

DL
CCL

LECCIONES

CARRETERAS, CAMINOS DE HIERRO

LECCIONES

NAVIGACION INTERIOR Y EXTERIOR

DE

CARRETERAS, CAMINOS DE HIERRO

Y

D. CAYETANO COSTANZA DE LA VEGA

NAVIGACION INTERIOR Y EXTERIOR.



PARTES SEGUNDA

Caminos de Hierro. — Navegacion Interior
y Exterior.

BURGOS.

Imprenta de D. Cayetano Costanza de la Vega, Calle Mayor, 2

188

LECCIONES

DE

GARRETERAS, CAMINOS DE HIERRO

y

NAVEGACION INTERIOR Y EXTERIOR,

EXPLICADAS EN LA ESCUELA DE AYUDANTES DE OBRAS PÚBLICAS

POR

D. CAYETANO GONZALEZ DE LA VEGA,

INGENIERO JEFE DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS.

PARTE SEGUNDA.

Caminos de hierro.—Navegacion interior
y exterior.

BURGOS.

Establecimiento tipográfico de D. Sergio de Villanueva, Plaza Mayor, 2.

1868.

LECCIONES

DE

CARRERAS, CAMINOS DE HIERRO

NAVIGACION INTERIOR Y EXTERIOR.

EXPLICADAS EN LA ESCUELA DE AVANZADOS DE CIENCIAS FÍSICAS

POR

D. CAYETANO GONZALEZ DE LA VEGA,

INGENIERO JEFE DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS.

PARTES SEGUNDA.

Caminos de hierro.—Navegacion interior
y exterior.

BURGOS

Establecimiento tipografico de D. Segundo Villanueva, Calle Mayor, 2.

1888.

10 Curvas 10
 11 Radios generalmente adoptados 11
 12 Métodos de atenuar los inconvenientes de las curvas 12
 13 Datos experimentales sobre la influencia de las pendientes y curvas en la tracción 13
 14 Influencia de las pendientes y curvas en la magnitud de las obras y su coste 14

ÍNDICE.

15 Ejecución de las obras 15
 16 Descripción general de la vía 16
 17 Caminos de hierro de las diversas dimensiones generales 17
 18 Formas de las curvas 18
 19 Curvas con cogidos—El ángulo de los dobleces 19
 20 Homajes de la curva superior á la inferior 20
 21 Curvas 21
 22 Clases de material, dimensiones y peso de los carriles 22

SEGUNDA PARTE.

SECCION PRIMERA.—CAMINOS DE HIERRO.

CAPITULO PRIMERO.—Su origen é importancia.—Condiciones de su trazado.—Pendientes, curvas.—Influencia de estas en la magnitud y coste de las obras.

	Páginas.
1 Breve reseña histórica.	1
2 Importancia y utilidad de los caminos de hierro.— Causas á que son debidas.	3
3 Breve examen de estas causas.	id.
4 Condiciones generales del trazado.	5
5 Necesidad de su buen estudio.	id.
6 Condiciones especiales del trazado.	6
7 Rozamientos.	id.
8 Resistencia del aire.	7

	Páginas.
9 Pendientes.	7
10 Curvas.	9
11 Radios generalmente adoptados.	10
12 Medios de atenuar los inconvenientes de las curvas.	11
13 Datos experimentales sobre la influencia de las pendientes y curvas en la traccion.	id.
14 Influencia de las pendientes y curvas en la magnitud de las obras y su coste.	12
15 Ejecucion de las obras de explanacion y fábrica.	13

CAPITULO SEGUNDO.—De la vía.—Descripcion general.—Materiales.

16 Descripcion general de la vía.	15
17 Caminos de una ó de dos vías.—Dimensiones generales de la explanacion y de la vía.	id.
18 Forma de los carriles.	17
19 Carriles con coginetes.—De simple ó de doble cabeza.	18
20 Bombeo de la cara superior ó de rodadura.	19
21 Carriles sin coginetes.	20
22 Clase de material, dimensiones y peso de los carriles.	21
23 Asiento y sujecion del carril á las traviesas.—Coginetes.	22
24 Cuñas.	id.
25 Sujecion del carril á la traviesa.	23
26 Grapas ó alcayatas.	id.
27 Enlace de unos carriles á otros.	24
28 Traviesas.	25
29 Dimensiones de las traviesas.	26
30 Clase de madera.—Condiciones principales.—Preparacion.	id.
31 Preparacion de las traviesas.	id.
32 Balasto.—Objeto y clase de material preferible.	27

CAPITULO TERCERO.—Asiento y colocacion de la via —Diferentes sistemas de via. Su comparacion.

	Páginas.
33 Condiciones de la explanacion.	29
34 Extension del balasto.	30
35 Colocacion de las traviesas.	id.
36 Asiento de los carriles.	31
37 Elevacion del carril exterior.	32
38 Aumento del ancho de la via en las curvas.	33
39 Contracarriles.	34
40 Segunda capa de balasto.	35
41 Otros sistemas de via.	36
42 Via sobre largueros.	id.
43 Observaciones acerca de este sistema de via.	id.
44 Via sobre apoyos de piedra.	37
45 Via sobre apoyos y traviesas de hierro.	38
46 Comparacion entre la via con coginetes y sin ellos ó con carriles americanos.	id.

CAPITULO CUARTO.—Accesorios de la via. Pasos superiores é inferiores.—Pasos á nivel.—Cerramiento de la via—Cambios y cruzamientos de vias.—Plataformas giratorias.—Carros móviles.

47 Pasos superiores é inferiores á la via.	41
48 Pasos á nivel.—Observaciones acerca de su conveniencia.	42
49 Su construccion.	43
50 Cerramiento de los pasos á nivel.	44
51 Cerramiento de la via.	45
52 Cambios de via.	46
53 Importancia de los cambios de via.	id.
54 Idea general de un cambio de via.	47

	Páginas	
55	Diferentes sistemas de cambios de via.	47
56	Cambio de carriles movibles.	48
57	Cambios de contra-carriles movibles.	id.
58	Cambio de via por agujas.	49
59	Agujas iguales y desiguales.	50
60	Adelgazamiento y forma de las agujas.	51
61	Manejo de los cambios de via.	52
62	Cruzamientos de via.	53
63	Cruzamiento de ángulo ó de corazon.	54
64	Medios de aumentar la resistencia del cruzamiento ó corazon.	id.
65	Material de las agujas y cruzamientos.	55
66	Asiento de los cambios y cruzamientos.	56
67	Cruzamiento de otra via.	id.
68	Plataformas giratorias.	57
69	Plataformas giratorias para máquinas.	60
70	Carros móviles ó de servicio.	61

CAPITULO QUINTO.—Edificios y dependencias de la via.

71	Clasificación de los edificios segun su objeto y destino	63
72	Estaciones.—Edificio de viajeros.	64
73	Andenes.	65
74	Vias.	id.
75	Situación de las estaciones.	67
76	Servicio de mercancías.	id.
77	Disposición de los almacenes.	68
78	Suelo de los muelles.	69
79	Almacenes abiertos y cerrados.	id.
80	Depósitos de carruajes.	70
81	Depósito de máquinas.	71
82	Vias de servicio de los depósitos.	74
83	Depósitos de combustible.	id.

	Páginas.
84	Distancia entre los depósitos de combustible. 75
85	Depósitos de agua. id.
86	Medios de preservar el agua de la acción del hielo. 78
87	Distancia entre los depósitos de agua. id.
88	Talleres. id.
89	Edificios de la vía. 80

CAPITULO SEXTO — Material de tracción y transporte.—Descripción de la locomotora y demás medios de locomoción empleados en los caminos de hierro.—Coches y wagones de todas clases.

90	Locomotoras.—Su importancia.—Descripción general	83
91	Aparato de vaporización.	86
92	Del hogar y tubos.	id.
93	Hogares fumívoros.	88
94	Cuerpo cilíndrico de la caldera.	89
95	Caja de humo, chimenea.	90
96	Aparatos accesorios ó dependientes de la caldera.— Tubo de toma de vapor.—Manómetros.	92
97	Niveles de agua y llaves.	94
98	Silbato.	id.
99	Válvulas de seguridad.—Tapon fusible.—Llaves y tapones de limpieza.	95
100	Cilindros.—Embolos.	96
101	Distribución del vapor y transmisión del movimiento. Cajas de distribución.—Correderas.—Bielas.— Manivelas.—Excéntricas.	97
102	Avance de la corredera.—Ensanche de sus bordes.— Expansión fija y variable.	100
103	Bombas de alimentación.—Aparato Giffard.	102
104	Bastidor y soportes de la máquina.—Ruedas, ejes etc.	104
105	Cálculo del efecto útil de las locomotoras.	106

	Páginas.
106	Diferentes tipos de máquinas. 110
107	Furgon ó tender. 111
108	Máquinas tenders. 112
109	Otros sistemas de locomocion.—Máquinas fijas. . . 113
110	Caminos de hierro servidos por caballos. 114
111	Planos automotores. 115
112	Sistema atmosférico. 117
113	Material de transporte.—Condiciones generales. . . 118
114	Coches para viajeros.—Bastidor de soporte.—Aparatos de traccion y choque.—Suspension. 119
115	Ejes y ruedas. 121
116	Cajas. 123
117	Wagones de mercancías. 124
118	Frenos.—Su objeto y disposiciones principales mas en uso. 125

SECCION SEGUNDA.—NAVEGACION INTERIOR.

CAPITULO PRIMERO.—Rios.

119	Division de la navegacion interior. 129
120	Condiciones para que un rio sea navegable. id.
121	Conocimiento del régimen de los rios. 131
122	Mejora de sus condiciones de navegacion. 132
123	Rectificacion del curso de los rios. 133
124	Disminucion de la velocidad. id.
125	Aumento de profundidad. id.
126	Limpia ó dragado. id.
127	Estrechamiento del lecho por diques trasversales y longitudinales. 136
128	Presas en los brazos de los rios. 137
129	Presas vertederos.—Su objeto. id.
130	Efectos de las presas en el régimen de la corriente. 138
131	Efectos de las presas en las crecidas. 140

XIII

	Páginas.
132 Situacion, direccion y altura de las presas.	140
133 Forma y construccion de las presas.	141
134 Presas móviles.	144
135 Portillos de navegacion.	145
136 Esclusas, su objeto y descripcion general.	146
137 Su situacion.	147
138 Sistemas de navegacion en los rios.	148
139 Caminos de sirga.	id.
140 Defensa de las márgenes.	149
141 Escolleras.	150
142 Empedrados.	151
143 Plantaciones.	id.
144 Enfaginatedos.	152
145 Espigones.	153

CAPITULO SEGUNDO.—Canales de navegacion.

146 Idea general de esta clase de vias.	155
147 Division de los canales.	158
148 Forma y dimensiones de un canal.	id.
149 Caminos de sirga.	159
150 Condiciones especiales de la explanacion de un canal.	160
151 Medios de hacer impermeable la explanacion. 1.º Por aguas turbias.	161
152 2.º Por zanjas laterales rellenas de tierra apisonada.	162
153 3.º Por camadas de tierra.	id.
154 4.º Por camadas ó soleras de hormigon hidráulico. .	163
155 Filtraciones causadas por los topos y otros animales.	id.
156 Esclusas.—Forma y descripcion general.	164
157 Su construccion.	166
158 Esclusas de madera.	167
159 Puertas de esclusa.—Su forma y construccion general	id.
160 Rotacion y manejo de las puertas.	169
161 Compuertas de las puertas de esclusa.	170

	Páginas.
162	Manejo de las compuertas. 171
163	Otros medios de llenar y vaciar el cuenco de la esclusa id.
164	Puertas curvas.—Puertas de madera y hierro. . . 172
165	Union de los caminos de sirga en las esclusas. . . id.
166	Pasos subterráneos. id.
167	Pasos difíciles.—Travesía de poblaciones. . . . 173
168	Cruzamientos del canal con carreteras y otras vías. . id.
169	Paso de las corrientes de agua. 175
170	Puentes—Canales. 176
171	Casos en que pueden suprimirse. 177
172	Corrientes de agua sobre el canal. id.
173	Alimentacion en los canales laterales. 178
174	Id. en los tramos intermedios. id.
175	Id. en los canales de division. 179
176	Vertederos para desaguar los tramos. 180
177	Dependencias y obras accesorias de un canal.—Puer- tos, almacenes y caminos de servicio. . . . 181
178	Casas de escluseros.—Arbolado. 182
179	Trazado de los canales.—Situacion del tramo superior ó de division. id.
180	Longitud de los tramos, caida de las esclusas. . . 183
181	Alineaciones rectas y curvas. 184
182	Trazado en las laderas. id.
183	Cantidad de agua necesaria para un canal. . . . 185

CAPITULO TERCERO.—Canales de riego.

184	Canales de riego.—Su objeto. 189
185	Cantidad y calidad de las aguas. 190
186	Pendiente y seccion de los canales de riego. . . . 191
187	Toma de aguas. 192
188	Distribucion. id.
189	Construccion de las obras. 193
190	Trazado. id.

191	Canales de navegacion y riego.	193
192	Aprovechamiento del agua, como motor en los canales	194

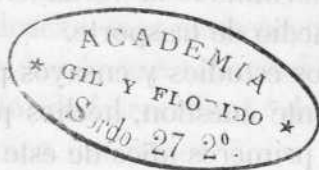
SECCION TERCERA.—NAVEGACION EXTERIOR.

CAPITULO PRIMERO.—Puertos.

193	Objeto é importancia de los puertos.	197
194	Mareas.—Su intensidad y períodos notables.	198
195	Olas.—Sus causas.—Efectos sobre las obras.	201
196	Resacas y otros movimientos del agua.	202
197	Diferentes partes de un puerto.	203
198	Radas ó fondeaderos.	204
199	Muelles de abrigo ó rompeolas.—Fundaciones.	205
200	Macizos de fábrica de los muelles.	208
201	Perfil y dimensiones de los muelles.	210
202	Diques ó espigones.—Su objeto, forma y direccion.	211
203	Su construccion.	212
204	Efectos é inconvenientes de los diques.	213
205	Antepuerto.—Sus partes y elementos principales.	214
206	Dársenas de flotacion.—Su objeto, dimensiones y partes principales.—Limpias del antepuerto y canal	216
207	Muelles embarcaderos de madera.	219
208	Id. id. de hierro.	220
209	Efectos del agua del mar sobre los materiales de construccion.—Piedras.	221
210	Morteros y hormigones.	id.
211	Maderas.	222
212	Metales.	223
213	Proyecto de las obras de puertos.—Datos y fundamentos de este estudio.	224

CAPITULO SEGUNDO.—Faros, boyas y valizas.

	Páginas.
214 Faros, su objeto y origen.	229
215 Division de los faros segun su alcance y posicion. . .	230
216 Diversidad de luces de los faros.—Aparatos catóptricos	232
217 Aparatos catadióptricos.—Luz giratoria ó de eclipses	233
218 Aparatos de luz fija.	236
219 Id. id. variada por destellos.	237
220 Luces de colores.	238
221 Resúmen de las principales apariencias de las luces. id.	id.
222 Lámparas.	239
223 Linternas.	240
224 Aparatos de los diferentes órdenes de faros.	id.
225 Fanales ó luces de puerto.	241
226 Alcance y altura de los faros.	id.
227 Situacion ó emplazamiento de los faros.	244
228 Dependencias ó capacidad, forma y construccion de los faros.	245
229 Servicio de los faros.	249
230 Valizamiento general de las costas.—Su objeto.	id.
231 Boyas.	250
232 Boyas de amarra.	252
233 Valizas.	id.
234 Marcas y señales de tierra.	253



SECCION PRIMERA.

CAMINOS DE HIERRO.

CAPÍTULO PRIMERO.

SU ORIGEN E IMPORTANCIA.—CONDICIONES DE SU TRAZADO.—PENDIENTES, CURVAS.—INFLUENCIA DE ESTAS EN LA MAGNITUD Y COSTE DE LAS OBRAS.

1. **Breve reseña histórica.** Los primeros caminos de hierro, servidos por motores animados, han sido construidos en varios distritos de Inglaterra en el último tercio del siglo pasado, para el servicio de varias fábricas y establecimientos mineros; pero el verdadero origen de estas vías de comunicacion, tales como hoy día se conocen y emplean en el transporte á *gran velocidad* de las mercancías y viajeros, está en la aplicacion

del vapor como motor, y en la invencion de la máquina locomotora que, produciendo velocidades hasta entonces desconocidas, ha determinado la verdadera importancia de este admirable medio de transporte.

Despues de varios estudios y ensayos para la resolucion de esta importante cuestion, hechos principalmente en Inglaterra en los primeros años de este siglo, se construyó en 1829 por el célebre ingeniero inglés Jorge Stephenson el primer camino de hierro de Liverpool á Manchester, servido por la locomotora de invencion del mismo ingeniero, perfeccionada despues por su distinguido hijo Roberto, uno de los mas eminentes ingenieros de su pais. Este camino de hierro y la locomotora de Roberto Stephenson con la caldera tubular y otras modificaciones presentadas en *El cohete*, en el concurso de Liverpool de 1830, deben pues considerarse como el verdadero origen de los caminos de hierro, y la base que de una en otra perfeccion ha conducido la via y el material de traccion y transporte al estado en que hoy dia se hallan.

Pocos años despues los caminos de hierro fueron construidos con pasmosa rapidez en Inglaterra y sucesivamente y casi al mismo tiempo en los Estados Unidos de América, Bélgica, Francia y Alemania. En España, prescindiendo de algunos trozos ó lineas de corta extension, como la de Barcelona á Mataró, de Jerez al Puerto de Santa María, de Langreo á Gijon, de Madrid á Aranjuez y parte de la de Alar del Rey á Santander, toda nuestra red de caminos de hierro, de cerca de seis mil kilómetros, ha sido construida desde 1856 hasta el dia.

2. Importancia y utilidad de los caminos de hierro.—Causas á que son debidas. Apesar de su origen tan moderno, los caminos de hierro son las vias de comunicacion mas perfectas que existen, y tienen sobre todas las demás una superioridad incontestable.

Esta superioridad procede: 1.º del aumento de fuerza por la sustitucion del vapor á los motores animados; 2.º de la disminucion del rozamiento que resulta de la constitucion especial de la via; 3.º del aumento de velocidad que producen las causas anteriores; 4.º del servicio mas económico, fijo, constante, regular y casi completamente exento de los inconvenientes de la intemperie y de las estaciones.

3. Breve exámen de estas causas.—Empleo del vapor como motor. Las locomotoras ordinarias empleadas hoy poseen una fuerza media de 250 caballos. Si se observa además que la fuerza nominal de un *caballo de vapor* equivale poco mas ó menos á la de dos caballos ordinarios, que el mas vigoroso de estos está fatigado y con sus fuerzas agotadas despues de ocho horas de trabajo, mientras que en rigor una locomotora puede trabajar durante las 24 horas del dia, se vé que una locomotora es realmente capaz de ejecutar un trabajo diario representado por la fuerza animal de 1500 caballos.

ROZAMIENTO. La resistencia al movimiento, representada por el *rozamiento de rodadura* de los carruajes sobre la via, es en los caminos de hierro de 0,004 á 0,005 próximamente ó sea *diez veces menor que en las carreteras ordinarias*. De esta importante consideracion, y

de la expuesta en el párrafo anterior, se deduce que una locomotora á la cabeza de un tren produce una fuerza efectiva *doscientas cincuenta veces mayor* que la fuerza *máxima* aplicada á una galera ó diligencia. Esta cifra sorprendente es sin embargo insuficiente para dar una idea de la benéfica influencia que la invencion de los caminos de hierro ha ejercido y está llamada á ejercer en los destinos de la humanidad.

VELOCIDAD. El mayor efecto ó *trabajo* que resulta del empleo del vapor como motor, y de la mayor perfeccion de la via, no está representado solo por la carga arrastrada, sino por el camino recorrido ó la velocidad. Esta que en las carreteras ordinarias no excede de 10 á 12 kilómetros por hora para los viajeros y de 4 á 5 para las mercancías, es en los caminos de hierro cinco ó seis veces mayor en los casos ordinarios. Este resultado práctico es de la mayor trascendencia en todas las relaciones económicas y sociales.

ECONOMIA Y REGULARIDAD EN LOS TRASPORTES. Además de la economía de tiempo, indicada en el párrafo anterior, las causas expresadas producen en el coste de los trasportes una economía, que por término medio no puede valuarse en menos del 70 por 100.

La organizacion que estos elementos permiten dar al servicio de los caminos de hierro, ocasiona la consiguiente regularidad y puntualidad, y por regla general sin los retrasos y averías propias de otras vias de comunicacion.

El conjunto de estos resultados es tal que los caminos de hierro, salvas circunstancias especiales, han sostenido

la competencia con éxito favorable no solo con las carreteras, sino con la navegacion fluvial y por canales que, como indicaremos en su lugar, parecen encontrarse en mejores condiciones respecto al coste de los trasportes.

4. **Condiciones generales del trazado.** Como en las carreteras, los caminos de hierro deben satisfacer á las condiciones *económicas, administrativas y políticas, técnicas ó facultativas*, exigidas por los intereses generales del pais y de las localidades que aquellos atraviesan. Sin repetir aqui lo expuesto al hablar del trazado de las carreteras, recordaremos en resúmen que, para satisfacer estas condiciones, debe procurarse que la línea del trazado tenga la menor longitud posible; que recorra ó cruce las localidades mas productoras y pobladas; que sus obras se proyecten y ejecuten con la mayor economía, á fin de reducir en lo posible el coste de los trasportes, y que los productos del camino correspondan al interés del capital invertido; que se atiendan debidamente los altos intereses administrativos y de gobierno, cuando la via haya de recorrer ciertas localidades, como las inmediaciones de las plazas fuertes, el paso de las fronteras, divisorias ó rios de primer orden, y en general de todas aquellas zonas que interesan á la buena administracion y defensa del pais, y por último que se haga un estudio detenido de las circunstancias del terreno para elegir y fijar con todo conocimiento los puntos principales para el paso de las divisorias, estribaciones y corrientes de agua.

5. **Necesidad de su buen estudio.** Por lo mismo que los caminos de hierro son notablemente mas

costosos que las carreteras y que tan poderosamente influyen en el desarrollo y mejora de los intereses y destinos del país, debe procurarse que las condiciones, antes citadas, queden satisfechas del mejor modo posible, y que el resultado de estas importantes vías corresponda debidamente á los inmensos sacrificios que exige su establecimiento.

6. **Condiciones especiales del trazado.** Las diferencias esenciales entre el trazado de una carretera y el de los caminos de hierro proceden de las resistencias que debe vencer el motor, según la constitución especial de la vía y del material de transporte. Las principales de estas son

- 1.^a Los rozamientos.
- 2.^a La resistencia del aire.
- 3.^a La *gravedad relativa* ó la resistencia que ofrecen las pendientes.
- 4.^a El paso de las curvas.

7. **Rozamientos.** El movimiento de traslación del wagon sobre la vía da lugar á dos clases de rozamientos, uno de *resbalamiento* de los husillos del eje en los coginetes y otro de *rodadura* de las ruedas sobre los carriles.

Es difícil apreciar separadamente estos dos rozamientos, y su valor total, representando por P el peso total del wagon con inclusión de sus ruedas y ejes, varía de 0,004 á 0,005 de P según la clase del engrasado, el diámetro de las ruedas, la naturaleza de los coginetes, la carga y el estado de la vía. Este valor es próximamente una décima parte del observado en las carreras ordinarias.

8. **Resistencia del aire.** La resistencia opuesta por el aire al movimiento de los carruajes es poco sensible en las carreteras por la pequeña velocidad y extension superficial de aquellos, pero en los caminos de hierro esta resistencia tiene alguna importancia.

Segun las experiencias mas acreditadas, la resistencia del aire es *proporcional al cuadrado de la velocidad y á la proyeccion de la superficie móvil sobre un plano perpendicular á la direccion del movimiento. Es además tanto mas pequeña cuanto mayor es la longitud del cuerpo móvil en el sentido del movimiento.*

Así representando por
 q esta resistencia,
 V la velocidad,
 S la proyeccion de la superficie del móvil sobre un plano perpendicular á su direccion,
 e un coeficiente variable con la longitud del cuerpo,
 c un coeficiente constante,

La resistencia estará representada por

$$q = c e S V^2$$

Segun algunos datos experimentales el valor de ec es de 0,005064, de donde

$$q = 0,005064 S V^2$$

9. **Pendientes.** El peso de un wagon sobre una rasante en pendiente se descompone en dos fuerzas, una perpendicular al plano inclinado ó rasante, y otra paralela. Representando por

P el peso total del carruaje,
 q su componente normal al plano,
 F la componente paralela á este,

l la longitud de la rasante,
 L su proyeccion horizontal,
 h su altura entre los puntos extremos,
 f el valor del rozamiento,
 R la fuerza total de traccion,
se tendrá (Mecánica)

$$R=fq+F; \quad q=P \times \frac{L}{l} \dots\dots\dots F=P \times \frac{h}{l} \text{ de donde}$$

$$R=f P \frac{L}{l} + P \frac{h}{l}.$$

Tomando á l por unidad y observando que en los casos ordinarios $\frac{L}{l}$ es casi igual á la unidad, resultará

$$R=f P + P h=(0,005+h) P.$$

De aquí se deduce que cuando h sea de 0,005 la resistencia será doble, triple si $h=0,01$ etc. En los caminos de hierro las pendientes tienen por consiguiente una importancia mayor que en las carreteras, relativamente al aprovechamiento del esfuerzo motor, porque el valor del rozamiento en estas es diez veces mayor que en aquellos.

Las pendientes tienen tambien mucho interés en las bajadas; el término $P h$ es entonces negativo y se convierte en

$$R=(0,005-h) P$$

lo que expresa que, cuando la pendiente sea mayor de cinco milímetros por métro, el tren bajará por la sola accion de la gravedad, siendo entonces necesario acudir al empleo de los frenos, para moderar la velocidad y evitar las consecuencias funestas de una velocidad exagerada, particularmente en el paso de las curvas de pequeño radio.

Las pendientes medias, adoptadas en los primeros caminos de hierro, fueron de dos á tres milímetros por méτρο, y la de cinco milímetros era considerada como el límite superior admisible en una explotación regular; pero las lecciones de la experiencia por un lado, y por otro las mejoras sucesivas hechas en la potencia y mecanismo de la locomotora, y la necesidad de extender los caminos de hierro á países accidentados sin empeñarse en los gastos excesivos de construcción que habian exigido los primeros, han ido sucesivamente aumentando aquel límite hasta el de 15 y 20 milímetros, adoptado hoy en muchos ferro-carriles así extranjeros como de nuestro país, sin contar con el de 25 y 30 admitido en algunos caminos de trazado difícil y excepcional y solamente en rasantes de corta extensión.

10. **Curvas.** El paso de los carruajes por las curvas ocasiona en los caminos de hierro aumentos de resistencia, desgaste del material fijo y móvil, y exposición á descarrilamientos. Estos resultados son debidos

- 1.º á la fijeza de los ejes á las ruedas:
- 2.º al paralelismo de los ejes:
- 3.º á la fuerza centrífuga.

FIJEZA DE LOS EJES A LAS RUEDAS. Siendo las ruedas de un mismo diámetro, debiendo recorrer cada par de ellas la misma línea y siendo la curva exterior de mayor desarrollo que la interior, es indispensable que haya *resbalamiento* de cada rueda sobre el carril.

El *paralelismo de los ejes* hace que las ruedas, en vez de ser tangentes á los carriles, tomen la dirección de la cuerda; por consiguiente las ruedas de adelante tienden

á echarse fuera de los carriles y las de atrás hácia dentro. No pueden quedarse por tanto sobre el carril sino por un movimiento de *resbalamiento* en el sentido del radio de la curva y de aquí un nuevo rozamiento.

El movimiento curvilíneo de un cuerpo dá lugar á la *fuerza centrífuga*, que obra en sentido del radio de la curva, y que tiende por consiguiente á echar los carruajes fuera de la via, cuyo efecto está evitado por las presiones que el reborde de las ruedas exteriores ejerce sobre la cara interior del carril. Aquella fuerza, y por consiguiente estas presiones, están representadas por la fórmula

$$\frac{P}{g} \times \frac{V^2}{r} \quad (1) \quad \text{en que}$$

P es el peso del carruaje ó tren,
 V la velocidad de la marcha,
 r el radio de la curva y
 g la aceleracion debida á la pesantez igual á 9,81^m

Se vé por la fórmula (1) que la accion de la fuerza centrífuga es proporcional al cuadrado de la velocidad, y está en razon inversa del radio, y que por tanto en las curvas de pequeño diámetro debe moderarse la velocidad todo lo posible.

11. Radios generalmente adoptados. En la época de la construccion de los primeros caminos de hierro los inconvenientes de las curvas, como los de las pendientes, fueron apreciados exageradamente, y por regla general se adoptaron curvas de un radio superior á 800 méetros. Posteriormente las mismas causas y razones que han motivado el aumento del límite superior de

las pendientes, han disminuido sucesivamente el radio de las curvas hasta 300 metros, empleado hoy día en muchos ferro-carriles que cruzan países accidentados y montañosos, y también hasta 200 y 150 adoptado en algunas curvas de poco desarrollo y en casos notablemente excepcionales y difíciles, así como en los cambios de vías y otras curvas de las estaciones en que los trenes circulan á pequeña velocidad.

12. Medios de atenuar los inconvenientes de las curvas. Entre los medios propuestos y empleados para destruir el efecto de las curvas son los principales:

1.º La conicidad de las llantas de los carruajes y máquinas.

2.º La elevación del carril exterior de la vía y el ensanche de esta.

3.º Los contra-carriles.

4.º Los sistemas articulados adoptados para el material móvil.

Estos medios no destruyen por completo los malos efectos de las curvas y esto á expensas de un gran desgaste en el material fijo y móvil. Nos volveremos á ocupar de estos medios al tratar del material y establecimiento de la vía.

13. Datos experimentales sobre la influencia de las pendientes y curvas en la tracción. Consecuencias. De las observaciones prácticas más acreditadas resulta:

1.º Que cada milímetro de pendiente hasta 16 milímetros produce un aumento de esfuerzo de $0,90^k$ por tonelada.

2.º Que entre las mismas pendientes desde el radio de 1500 méetros hasta el de 300 hay, por solo el efecto de la curva, un aumento de traccion de 3,90 kilógramos por tonelada, ó sea 0,325, término medio, por cada 100 méetros de disminucion en el radio.

Así tomando 4 kilógramos para esfuerzo por tonelada en línea recta y horizontal, el necesario en una pendiente de 16 milímetros y curva de 300 méetros seria de

$$4+16 \times 0,90+12 \times 0,325=4+14,40+3,90=22,30 \text{ kilóg.}^s$$

Estos resultados son aplicables, sin gran error, á pendientes superiores hasta 20 y 25 milímetros, y á velocidades medias de 25 kilómetros por hora. Para radios superiores á 1500 méetros el aumento de traccion es casi insensible.

Conviene no emplear curvas de pequeño radio en las grandes pendientes, no solo por el aumento considerable en la traccion, necesario en la subida, sino por las terribles consecuencias de una gran velocidad en las bajadas.

Aunque este aumento es relativamente mayor en los tramos de nivel ó de pequeña pendiente, es sin embargo menos sensible por el exceso de potencia de las máquinas y mayor facilidad en moderar la velocidad.

14. Influencia de las pendientes y curvas en la magnitud de las obras y su coste. Las consideraciones precedentes, acerca de las pendientes y curvas, se refieren principalmente á la influencia de aquellas en la seguridad, carga y velocidad de los trenes.

La limitacion en las pendientes y radios de las curvas impone una gran sujecion en el trazado y ejecucion de

las obras de explanacion y fábrica, y por consecuencia la mayor importancia de estas relativamente á las de las carreteras. Mientras que en estas se ejecutan pocas veces desmontes y terraplenes de mas de 5 á 6 métrros de altura, obras de fábrica mayores de 8 á 10, y casi nunca pasos subterráneos, en los caminos de hierro son necesarias con frecuencia explanaciones de 20 á 25 métrros de altura, viaductos hasta de 40 y aun mas métrros, y largos y dificiles subterráneos; esta diferencia, unida al coste del material fijo y móvil de la via y de sus dependencias, hace que por término medio el coste kilométrico de los caminos de hierro sea de 8 á 10 veces mayor que el de las carreteras, y demuestra la atencion que debe prestarse á los principios generales antes expuestos (4 y 5) relativamente al trazado de esta clase de vias.

15. Ejecucion de las obras de explanacion y fábrica. Estudiado ya en otras lecciones lo relativo á la ejecucion de estas obras con aplicacion á todas las vias de comunicacion, creemos innecesario detenernos aquí mas sobre esta materia.

CAPÍTULO SEGUNDO.

DE LA VIA.—DESCRIPCIÓN GENERAL.—MATERIALES.

Fig. 1.^a

16. **Descripción general de la vía.** La vía de un camino de hierro consta de dos *barras ó carriles de hierro*, paralelos, apoyados sobre *largueros ó traviesas de madera ó dados de piedra*, sentado todo sobre una calzada ó capa de piedra ó grava, llamada *balasto*, extendida sobre la explanación.

17. **Caminos de una ó de dos vías.—Dimensiones generales de la explanación y de la vía.** La explanación de un camino de hierro se hace para una ó para dos vías, según la importancia probable del movimiento y las dificultades del terreno. Los primeros caminos de hierro han sido construidos casi todos

con dos vias, por creerse que con una sola la explotacion era muy dificil y peligrosa.

La experiencia, el uso generalizado del telégrafo eléctrico y las debidas precauciones reglamentarias en la vigilancia, han hecho ver que una sola via es suficiente para una explotacion regular, aun en caminos de un movimiento considerable y de un producto kilométrico anual de 160,000 rs. Hemos tenido ocasion de observar este mismo resultado en el ferro-carril de Alar á Santander, uno de los mas frecuentados de España y aun del extranjero.

En nuestro pais varias líneas han sido concedidas y ejecutadas para una sola via; en otras la explanacion ha sido hecha para dos vias, pero solo se ha establecido una, aplazando el asiento de la segunda para cuando lo exijan las necesidades y aumento del tráfico. En uno y otro caso las dimensiones de latitud de la explanacion y obras de fábrica están fijadas por disposiciones superiores en la forma siguiente:

En terraplen ..	}	Para 2 vias.....	9,05 m	
		Para 1 via.....	6,00 m	
En desmonte..	}	Para 2 vias.....	8,50 m	} sin las cunetas.
		Para 1 via.....	5,15 m	
En los túneles			7,80 m	} para dos vias.
Obras de fábrica entre pretilas.....			7,80 m	

En la prevision de un aumento considerable en la circulacion, y aun cuando la explanacion se ejecute para una sola via, podrá ser muy conveniente en algunos casos la adquisicion de los terrenos y ejecucion de las obras de fábrica para dos vias.

El ancho de la via, medido entre las caras interiores de los carriles, es en nuestro pais de 1,67 méetros (6 pies españoles) para todos los caminos de hierro de servicio general. Esta dimension, adoptada despues de oir los dictámenes de las personas mas competentes, ofrece no solo las ventajas consiguientes á la uniformidad en todas las líneas, sino que este aumento relativamente al de la generalidad de las vias de Francia, Inglaterra y Bélgica, que es de 1,44 méetros, se presta mejor á la construccion de locomotoras mas poderosas y *estables*, con ruedas de mayor diámetro, mayor facilidad para la colocacion de todos los órganos de trasmision del movimiento y para reparar y visitar las diferentes partes de las máquinas.

La dimension de 1,67 méetros ofrece además en nuestro pais alguna garantía para no emplear material móvil que haya servido en otros caminos extranjeros.

En los caminos de dos vias, el ancho entre una y otra ó la *entrevia* es de 1,80 méetros. Con las actuales dimensiones del material móvil esta dimension es suficiente para que no se toquen los estribos de los carruajes y aun queda entre ellos espacio para estar en pié una persona; sin embargo convendria aumentarle hasta 2 méetros, y en las estaciones hasta 2,50 á 3 méetros.

18. **Forma de los carriles.** La primera condicion de los carriles es que estén dispuestos de tal modo que las ruedas, que deben recorrerlos, no puedan separarse ó salirse de ellos. En los primeros caminos de hierro servidos por motores animados para la explotacion de las minas, se conseguia este objeto por medio de carriles en forma de escuadra, llamados de *llanta plana*, com-

Fig. 2.^a

puestos de una parte plana horizontal sobre la que pasan las ruedas y de otra parte saliente y vertical que impide á estas salir de la via. Esta forma favorece la permanencia del polvo y lodo, lo que aumenta el rozamiento; se ha renunciado á este sistema para sustituirle el de carriles de *llanta saliente* en que el reborde ha sido trasladado del carril á la rueda.

En esta misma clase de caminos, y en los destinados á trabajos de explanacion, se emplean con frecuencia simples barras de hierro, colocadas de canto en entalladuras hechas sobre las traviesas y sujetas por medio de cuñas de madera. Estos carriles, á no ser muy pesados, no ofrecerian bastante resistencia para el material móvil que hoy se usa, y destruiria con facilidad las llantas de las ruedas, por cuya razon no tienen otra aplicacion que las antes indicadas.

Los carriles hoy generalmente empleados pueden dividirse en dos grandes grupos:

- 1.º Carriles sentados sobre coginetes.
- 2.º Carriles sentados *directamente* sobre traviesas ó largueros de madera.

19. **Carriles con coginetes.**—**De simple ó de doble cabeza.** Las figuras 4 hasta 8 representan la forma ó seccion transversal de los carriles de simple *T* ó de simple cabeza. En estos como en todos los carriles se distinguen tres partes principales: 1.^a la cabeza ó parte superior *a* sobre que marchan las ruedas; 2.^a el cuerpo ó vástago *b*, y por último la base *c* que se apoya sobre el coginete; esta base tiene un reborde de un solo lado ó bien simétrico *d* á uno y otro lado.

Figs. 4, 5,
6, 7 y 8.

Figs. 9
y 10.

En muchos caminos se han empleado carriles en que la base ó asiento a' es exactamente igual á la cabeza y por esto se llaman de *doble T* ó de *doble cabeza*. El objeto propuesto con esta forma es el de poder volver el carril de arriba abajo, cuando la parte superior está ya muy gastada ó deformada y por consiguiente aumentar la duracion del carril. Este objeto no se ha conseguido por completo, y esto con exposicion á contínuas roturas y otros inconvenientes; cuando la parte superior está deteriorada, la inferior está tambien alterada por su compresion sobre el coginete, y al volver el carril, trabajado ya en un sentido, la cara superior no sienta bien sobre el coginete, los carriles duran despues poco tiempo y se rompen con mucha frecuencia y bruscamente. El carril de doble cabeza necesita además coginetes mas anchos y mas pesados, por cuyas razones los Ingenieros prefieren por regla general los de simple *T* ó simple cabeza, que á igualdad de peso ó material ofrecen mas resistencia.

Los carriles están cortados generalmente á *escuadra* ó normalmente á su longitud; algunas veces las juntas se han hecho oblicuas ó á medio hierro, pero estas disposiciones han sido abandonadas, porque estas uniones costosas no se hacen con bastante precision para evitar por completo los choques que tienen lugar al paso de las ruedas por las juntas.

20. **Bombeo de la cara superior ó de rodadura.** Para facilitar el paso de las curvas, la superficie de las llantas, en vez de ser cilíndrica como en los carruajes ordinarios, es cónica y si el carril estuviese terminado superiormente por un plano, habria en las líneas

rectas el mismo rozamiento de resbalamiento, por cuya razon dicha superficie se hace generalmente convexa y se termina por un arco de círculo de 20 centímetros de radio y 0,03 de desarrollo, á fin de no exagerar la convexidad y que la presion no se verifique sobre una extension demasiado pequeña. La cabeza, el cuerpo y base del carril están redondeados y unidos por medio de superficies cilíndricas de seccion circular, no solo para facilitar la construccion del carril, sino para la mayor resistencia, manejo y colocacion de este, y evitar que en ningun caso las aristas salientes puedan rayar el material móvil.

21. **Carriles sin coginetes.** De esta clase de carriles los mas notables son el *carril americano*, llamado tambien de Vignolles, y el carril hueco de Brunel. El carril americano se diferencia solo de los antes descritos en la base *b*, que es suficientemente ancha para sentarse directamente sobre largueros ó traviesas á que se sujeta por medio de alcayatas ó fijas de hierro. A pesar de las objeciones hechas á esta clase de carril, se ha generalizado modernamente su empleo en Europa, y, en nuestro juicio, tiene sobre las demás marcadas ventajas, que indicaremos al comparar los diferentes sistemas de via.

El carril hueco de Brunel, á pesar de presentar una forma muy racional por tener una base muy ancha, y porque la parte sometida á la accion de las ruedas está muy bien sostenida en los puntos en que los demás carriles se aplastan ordinariamente, y á pesar de haberse empleado en algunas líneas sobre todo en Inglaterra y Alemania, está hoy sin embargo poco generalizado, no

Fig. 11.

aletas rectas

Figs. 12
y 13.

solo por las mayores dificultades del laminado, sino porque, sentándose ordinariamente sobre largueros de madera, esta clase de via ofrece notables inconvenientes que mas adelante indicaremos.

Hay otras muchas formas de carriles que en rigor son solo modificaciones de las antes expuestas, y de que no nos ocuparemos por ofrecer poco interés práctico.

22. Clase de material, dimensiones y peso de los carriles. En los caminos de hierro de gran velocidad, y aun en los de pequeña ó servidos por motores animados, los carriles son hoy dia de hierro dulce y fabricados en cilindros laminadores. Los carriles de hierro fundido, empleados en los primeros caminos de hierro, están hoy abandonados; son frágiles y á igualdad de resistencia, son tan costosos como los de hierro dulce, porque siendo este mas resistente exige menos material; además la fundicion no permite dar á los carriles una longitud mayor de 1,20 á 1,50 méetros, lo que cuadruplica el número de las juntas, y esto es por sí solo un gran inconveniente para el buen establecimiento de la via.

Los carriles hoy en uso tienen ordinariamente 6 méetros de longitud y de 11 á 13 centímetros de altura; el ancho total de la cabeza es de 6 á 7 centímetros y el espesor ó grueso del cuerpo varia de 15 á 20 milímetros.

Estas dimensiones y el peso de los carriles han ido aumentando á medida del peso de las máquinas y wago-nes. En los primeros caminos de hierro este peso era de 15 á 17 kilogramos por méetro lineal y sucesivamente ha ido aumentando á 25, 30, 34 y hasta de 37 á 42 kilogramos, que tienen los fabricados en estos últimos años. El

carril Vignolles, adoptado y empleado últimamente en el ferro-carril de Alar á Santander, pesa cerca de 40 kilogramos por méτρο lineal, y cada carril tiene 6 méetros de longitud; el peso de las máquinas de mercancías de este camino es de 45 toneladas.

23. Asiento y sujecion del carril á las traviesas.—Coginetes. En el primer sistema de carriles se apoyan estos sobre la traviesa por medio de los *coginetes*. El coginete es una pieza de hierro fundido que sostiene el carril, y que sirve de intermedio entre este último y el soporte propiamente dicho; su objeto principal es el ensanchar artificialmente la base del carril, con el cual viene á formar un cuerpo por medio de las cuñas, clavijas, etc., oponiéndose al mismo tiempo á todo movimiento lateral. Las diferentes formas de coginetes difieren poco entre sí; en todos se distinguen tres partes principales; la base sobre que descansa el carril, las caras que le sostienen lateralmente y los rebordes ó nervios destinados á reforzar las caras. Los coginetes de *junta*, si bien de la misma forma, son algo mayores y de mas resistencia. El peso de los coginetes ordinarios es de 8 á 10 kilogramos y el de los de junta de 13 á 14.

24. Cuñas. La cuña es una pieza prismática *c*, que se coloca entre el cuerpo del carril y la cara del coginete á fin de establecer el necesario enlace entre los dos; son de madera ó hierro, pero se emplean casi exclusivamente las primeras porque son mas elásticas y rompen menos los coginetes, así al colocarlas como despues. Se colocan del lado exterior de la via, á fin de que las presiones laterales de la rueda sobre el carril, sobre todo en las

Figs. 14
y 15.

curvas, se transmitan al coginete por medio de un cuerpo compresible; esta disposicion permite además dar á las cuñas mayor altura y cubrirlas con el balasto.

Las cuñas deben hacerse de madera bien dura y seca, sujetarlas además á una fuerte compresion por medio de una prensa ó molde de una forma semejante, pero un poco mayor que la del espacio que deben ocupar entre el carril y el coginete; la longitud es algo mayor que el ancho del coginete y se las hace entrar entre este y el carril á golpe de martillo. Las cuñas de *junta* son un poco mas largas que las ordinarias.

25. Sujecion del carril á la traviesa. En la via de coginetes se sujeta este á la traviesa por medio de dos clavijas de madera ó hierro, colocadas en diagonal, ó sea una á cada lado de los ejes de figura del coginete.

Por temor á la oxidacion de las clavijas de hierro, se emplearon en un principio con preferencia de madera, (fig. 16) ligeramente cónicas, hechas generalmente á máquina y con madera muy dura y seca. A pesar de estas precauciones, las clavijas de madera se pudren con frecuencia y no establecen una sujecion bastante resistente, por cuya razon están casi abandonadas y sustituidas con las de hierro. Estas tienen ordinariamente la forma indicada en la figura 17, pero creemos mejor la clavija retorcida ó en forma de espiral prolongada, que representa la figura 18; unas y otras entran á golpe de martillo y la forma especial de las clavijas retorcidas hace que agarren mejor á la madera, sobre todo en traviesas de roble, y que sea mas difícil su salida.

Figs. 16,
17 y 18.

26. Grapas ó alcayatas. En la via sin cogine-

Figs. 19,
20 y 21.

tes se sujeta directamente el carril á la traviesa por medio de las grapas ó alcajatas de hierro, representadas en las figuras 19, 20 y 21. Este medio de asiento y sujecion ha sido considerado como insuficiente, particularmente con traviesas de pino y para curvas de menos de 400 métrós de radio; en estos casos, y para evitar además la accion directa del carril sobre las traviesas, y mas aun en las juntas, se ha colocado aquel en algunos caminos sobre una placa de hierro forjado *aa*, representada en la figura 21, sujeta por medio de cuatro alcajatas. Esta placa de hierro tiene á veces un reborde ó uña que sujeta la base del carril, é impide su movimiento lateral en las curvas. Para estas y para las juntas en las alineaciones rectas, nos parece muy conveniente este sistema que nosotros hemos adoptado en la seccion de Reinosá á Bárcena, en el ferro-carril de Alar á Santander.

Fig. 21.

27. Enlace de unos carriles á otros. En el sistema de via de coginetes el enlace de los carriles de cada fila se verifica simplemente por medio del rozamiento debido á la presion de la cuña en el coginete. Este medio nos parece insuficiente, y constituye, en nuestro juicio, el principal defecto de este sistema de via, segun veremos mas adelante.

En la via Vignolles ó americana los extremos de cada carril se sujetan y enlazan por medio de dos piezas de hierro *ee*, en forma de *cepo*, llamadas generalmente *eclis-sas*, unidas por medio de cuatro pasadores de rosca y tuerca. A veces se ha suprimido esta y se ha practicado en una de las eclisas, pero esto es mas complicado y acaso menos seguro.

El buen enlace y sujecion de los carriles en las juntas es muy esencial, es la parte expuesta á mayores movimientos y en donde se destruye mas el material, por cuyas razones se han discurrido muchos medios para obtener la mejor union posible.

Figs. 22
y 23.

Con este objeto se han empleado los *coginetes eclisas*, figuras 22 y 23, que en rigor es la union por cada lado, en una sola pieza, de las eclisas y placas de que antes se ha hablado. Este medio, casi igualmente aplicable á los dos sistemas de via, es muy seguro, pero complicado para las reparaciones de la via y algo mas costoso.

Figs. 24
y 25.

A veces se han colocado *al aire* los extremos del carril, sujetos por medio de eclisas, aproximando las dos traviesas contiguas. Este medio, que hemos tenido ocasion de ensayar, nos parece muy bueno para emplearse en una via de coginetes, sentada ya y en explotacion, sin desaprovechar casi nada del material existente. En cuanto á su seguridad y suavidad en el movimiento, nuestros resultados han sido completamente satisfactorios. En este sistema se ha unido tambien una de las eclisas al coginete, lo cual es ya mas complicado y dispendioso.

Fig. 26.

28. **Traviesas.** Las traviesas tienen el doble objeto de servir de apoyo á los carriles y de conservar invariable la distancia entre las dos filas de estos. Su forma ó seccion es generalmente rectangular, pero, con objeto de economizar material, se han empleado tambien de seccion triangular y *rollizas*, hendidas ó serradas por el diámetro y apoyadas sobre el balasto por su cara plana. Las traviesas triangulares se apoyan sobre una de sus aristas, pero esta posicion es poco estable y están por esta razon

casi abandonadas. Las traviesas rectangulares son hoy las generalmente empleadas y preferidas, porque están casi enteramente limpias de albura.

29. **Dimensiones de las traviesas.** Las traviesas tienen 2,80 metros de longitud y 0,23 á 0,25 metros de ancho por 0,13 de alto. Las empleadas en las juntas necesitan mayor ancho y tienen generalmente de 0,28 á 0,32 metros.

30. **Clase de madera.—Condiciones principales.** Las traviesas son generalmente de roble ó pino; sean de cualquiera clase, la madera debe ser sana y seca, sin albura, bastante resistente, y no tener hendiduras, nudos, retorceduras ni otros defectos que aminoren su resistencia, sobre todo en los dos tercios extremos de su longitud.

El roble es generalmente preferible al pino por su mayor resistencia y duracion; las traviesas de esta última clase no se emplean casi nunca sin ser antes preparadas.

31. **Preparacion de las traviesas.** La experiencia ha demostrado que las traviesas de roble, aun en buenas condiciones de conservacion, no duran mas de 45 años y que las de pino duran mucho menos, con cuyo motivo se han ideado muchos medios de aumentar aquella duracion. El objeto de estos medios es evitar que la corrupcion de la savia, y la presencia del agua y el aire, descompongan y hagan pudrir la madera, para lo que se ha procurado extraer toda la savia y sustituirla con sustancias metálicas incorruptibles, como el sublimado corrosivo, la creosota impura, el sulfato de hierro, el sulfato de cobre etc.; estos reactivos se introducen en la

madera, ya por medio de una simple inmersión en una disolución hirviendo, ya mejor por presión y aspiración ó succión por medio de la acción del vapor. El sistema generalmente preferido en Francia es el llamado de Bucherie, por medio del sulfato de cobre. El resultado de estas preparaciones es muy variable, según que las sustancias inyectadas penetren más ó menos en el interior de la madera; así hemos visto traviesas de pino preparadas que estaban podridas á los dos ó tres años de su empleo, mientras que otras estaban en muy buen estado, así como se conservaban sanas traviesas de roble empleadas sin preparación alguna.

32. **Balasto.—Objeto y clase de material preferible.** El suelo desigualmente duro y resistente de la explanación, según la naturaleza del terreno y según esté en desmonte ó terraplen, hace necesario que se interponga entre el terreno natural y la vía una calzada artificial, permeable al agua, que reparta con uniformidad las presiones y evite los inconvenientes de la excesiva rigidez ó depresión del suelo natural y los consiguientes movimientos y desniveles á que sin esto estaría sujeta la vía.

Con este objeto se emplean diferentes materiales, como la arena, la grava y las piedras machacadas.

La arena fina es poco permeable al agua, es fácilmente arrastrada por esta ó levantada por los vientos, lo cual es no solo perjudicial á la vía, sino también al material móvil, carruajes y máquinas, porque, penetrando en el mecanismo de estas, raya y destruye los usillos de los ejes y órganos de transmisión del movimiento. Por esto

es preferible la arena de grano grueso y la grava hasta de 6 á 8 milímetros. Debe desecharse la arena y grava que está mezclada con la arcilla en una gran proporción, porque con las aguas forma lodo; pero si la arcilla está en pequeña cantidad es admisible y hasta útil, porque dá á la arena una consistencia muy conveniente.

Las piedras machacadas son menos homogéneas que la arena, dan mas rigidez á la via y hacen mas difícil la conservación. Deben desecharse las piedras heladizas ó que formen mucho lodo. Las piedras areniscas, medianamente duras y poco arcillosas, nos parecen preferibles á las calizas y silíceas duras; unas y otras deben reducirse al tamaño de 2 á 4 centímetros.

Se han empleado tambien con buen éxito los detritus de ladrillo y tejas, las escorias y la hulla, pero esta última sustancia, siendo inflamable, podria dar lugar á incendios al paso de la locomotora.

CAPÍTULO TERCERO.

ASIENTO Y COLOCACION DE LA VIA.—DIFERENTES SISTEMAS DE VIA.
SU COMPARACION.

33. **Condiciones de la explanacion.** Antes de proceder á la colocacion de la via debe replantearse con toda exactitud el eje ó directriz, así en las alineaciones rectas como en las curvas, nivelando además y perfilando la explanacion hasta dejarla en la rasante y forma adoptada en el proyecto.

Es asimismo esencial que la explanacion esté tan seca como sea posible, no desechando ningún medio de dar salida á las aguas que puedan destruirla, por los procedimientos de saneamiento ya explicados.

El suelo de la explanacion debe tener una ligera in-

clinacion desde el eje hácia los dos costados, sobre todo en los desmontes; en los terraplenes, cuyo asiento es generalmente menor en el centro, esta precaucion no es tan necesaria.

34. Extension del balasto. Sobre el suelo así preparado se extiende una capa de balasto de 25 á 30 centímetros de espesor y de 90 centímetros mas ancha, en su cara superior, que la longitud de las traviesas. En los suelos impermeables y expuestos á humedades conviene dar á esta primera capa de balasto una altura mayor, de 40 á 50 centímetros.

Se aconseja ordinariamente apisonar el balasto; pero esta operacion sobre ser larga, nos parece de poco efecto, porque en el asiento y retacado de las travesías es necesario removerle con frecuencia. En las obras de fábrica deberá adoptarse tambien un espesor de 40 á 50 centímetros para la primera capa de balasto, é interponer entre esta y la mampostería una camada de tierra apisonada y de un espesor por lo menos igual, á fin de evitar por un lado la dureza del movimiento y por otro la desunion de las mamposterías, particularmente si están frescas, causada por la trepidacion consiguiente al paso de los trenes.

35. Colocacion de las traviesas. Las traviesas se colocan sobre la primera capa de balasto normalmente al eje de la via, así en las alineaciones rectas como en las curvas. La distancia de unas á otras, medida de eje á eje, es generalmente de 0,90 métrós en las intermedias y de 0,70 métrós entre la de junta y cada una de las contiguas. Cuando la via es de coginetes, este se co-

loca y fija generalmente en la traviesa fuera de la via, lo que se verifica por medio de una *cercha* ó *patron*, que marca exactamente la posicion del coginete sobre la traviesa, que por tanto se presenta sobre el balasto completamente preparada para recibir el carril.

36. **Asiento de los carriles.** Los carriles se *presentan* generalmente sobre las traviesas de junta y una ó dos intermedias para alinearlos y nivelarlos segun la rasante adoptada, lo cual se hace por medio de las niveletas y corriendo á uno ú otro lado, y elevando ó bajando las traviesas antes dichas. Cuando el carril, ó mejor una série de carriles, está en la alineacion y rasante debidas, se fijan definitivamente á todas las traviesas, se macean estas ligeramente por la parte superior y se *retacan* por la inferior, de modo que su asiento sobre el balasto sea completo y seguro, cuidando que en los tercios extremos de la traviesa el balasto esté mas comprimido que en el tercio central, porque como los trenes pesan mas directamente sobre aquellas partes que sobre la del medio, el balasto baja mas en las extremidades de la traviesa, esta se doblaria y la via perderia su estabilidad.

Los extremos de los carriles no se colocan al tope, sino que se deja, entre cada dos consecutivos, un espacio de 3 á 4 milímetros para que puedan dilatarse libremente por la influencia del calor. Con este mismo objeto los taldros en los carriles de eclisas deben ser ovalados en sentido del carril.

En la via de coginetes las cuñas deben entrar en el sentido de la pendiente, esto es, de arriba á bajo, á fin de evitar el corrimiento de los carriles; en los tramos de

nivel ó de pequeña pendiente el acuñado debe hacerse alternado, ó en los dos sentidos á partir del medio del carril.

Recapito
Para que la llanta de la rueda se apoye sobre la cara superior del carril en la mayor extension posible, se da generalmente á dicha cara una inclinacion de $\frac{1}{20}$ hacia el eje de la via, inclinacion igual á la conicidad de las ruedas. Esta inclinacion se obtiene ó sobre la entalladura de la traviesa en que se coloca el coginete, ó lo que hoy es ya mas general, sobre el mismo coginete, haciendo inclinada la cara en que se apoya el carril. En la via sin coginetes ó americana la inclinacion debe obtenerse por el primer medio.

37. **Elevacion del carril exterior.** En los terraplenes algo elevados y en las medias laderas conviene colocar el carril exterior un poco mas elevado que el interior, no solo por el mayor asiento del terraplen sino por los funestos efectos de un descarrilamiento por aquella parte de la explanacion.

Se recordará (12) que uno de los medios de atenuar los inconvenientes de las curvas consistia en la elevacion del carril exterior. Esta elevacion, que hace de los dos carriles un plano inclinado, debe ser tal que la gravedad relativa del tren sobre este plano destruya la accion de la fuerza centrífuga $\frac{P}{g} \frac{V^2}{r}$ (10).

Siendo x esta elevacion ó altura del plano inclinado,
 $a=1,67$ metros su base ó el ancho de la via,

P el peso del tren,

V la velocidad del tren,

r el radio medio de la curva,

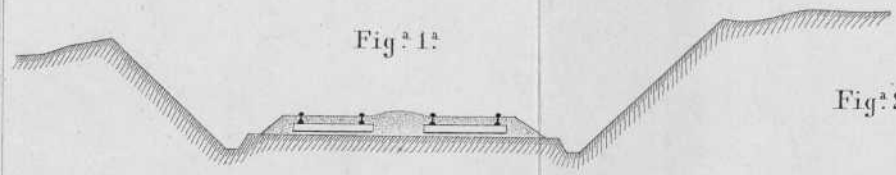


Fig.^a 1.^a

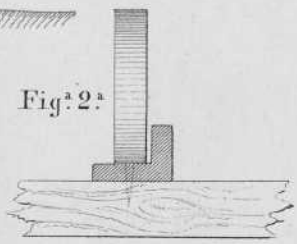


Fig.^a 2.^a

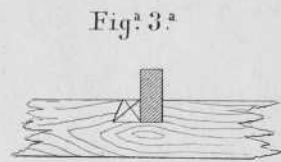
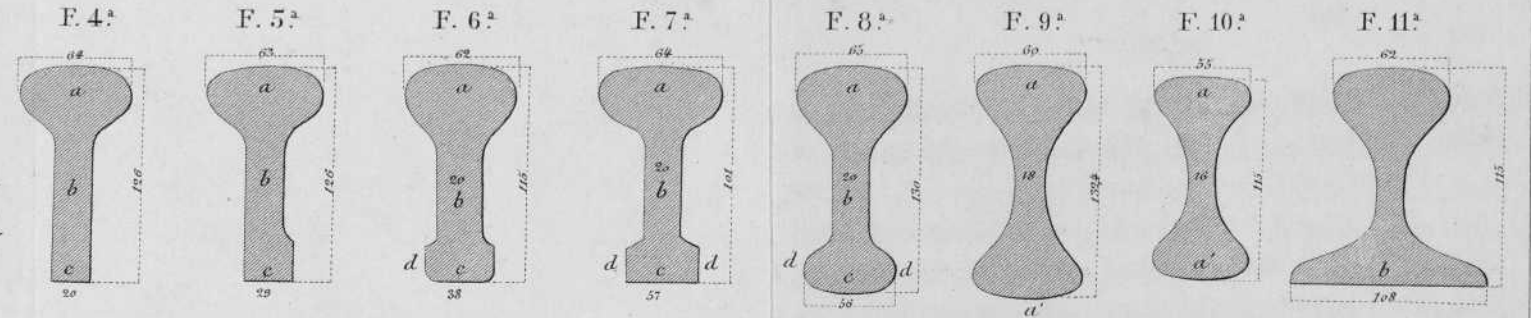


Fig.^a 3.^a



F. 4.º

F. 5.º

F. 6.º

F. 7.º

F. 8.º

F. 9.º

F. 10.º

F. 11.º

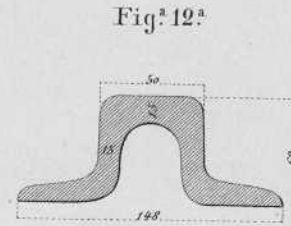


Fig.^a 12.^a

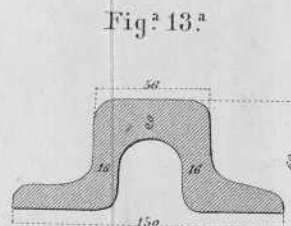


Fig.^a 13.^a

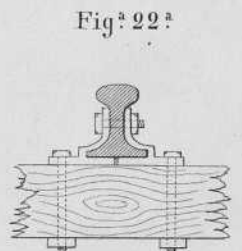


Fig.^a 22.^a

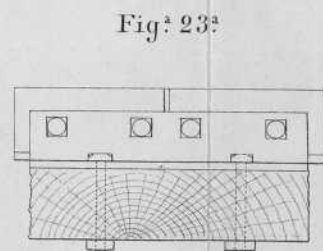


Fig.^a 23.^a

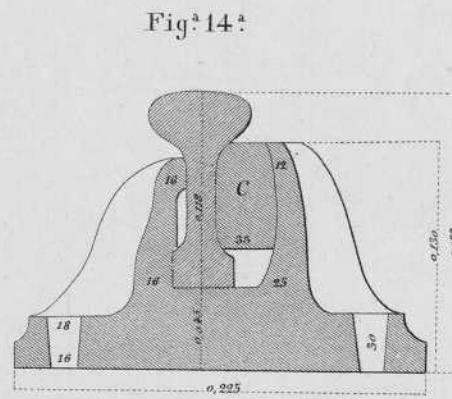


Fig.^a 14.^a

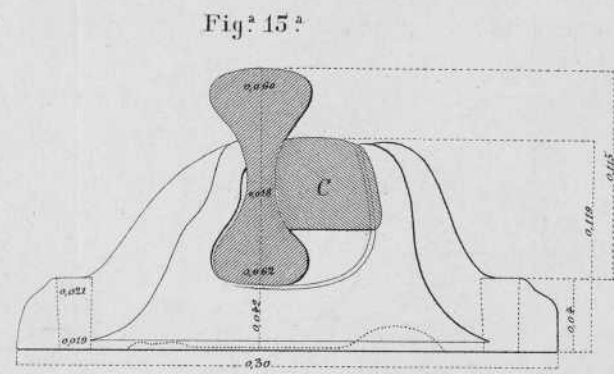


Fig.^a 15.^a

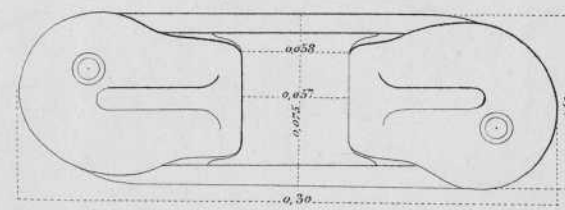
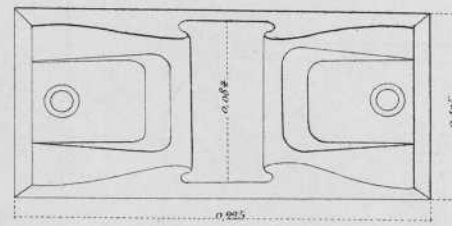
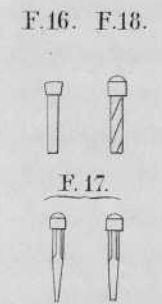


Fig.^a 26.^a



F. 16. F. 18.

F. 17.

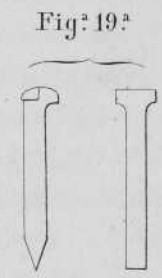


Fig.^a 19.^a

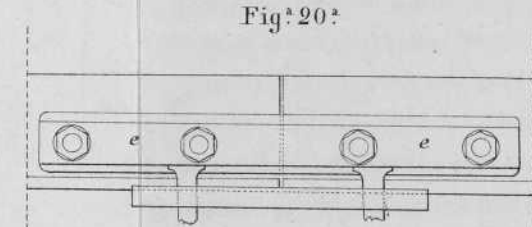


Fig.^a 20.^a

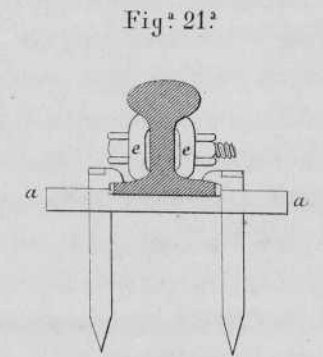


Fig.^a 21.^a

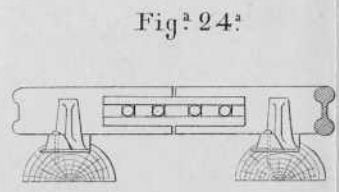


Fig.^a 24.^a

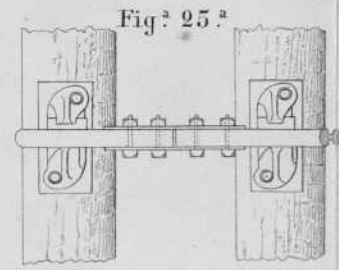


Fig.^a 25.^a

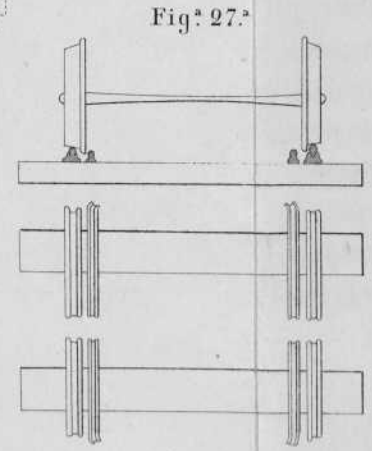
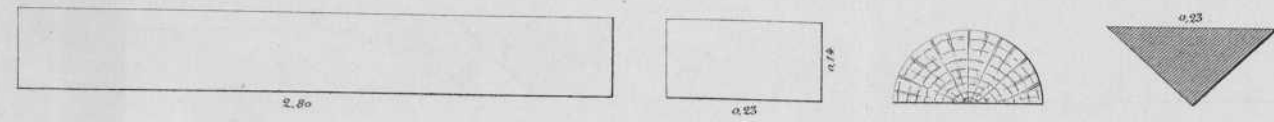


Fig.^a 27.^a

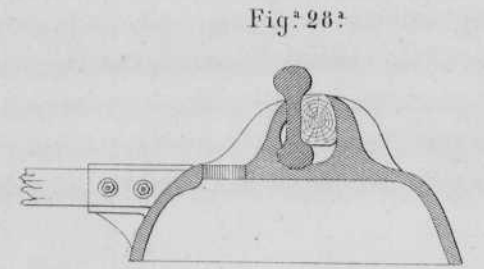


Fig.^a 28.^a

$g=9,8088$ la acción de la gravedad,

Se sabe (Mec.) que la gravedad relativa del tren es

$F = \frac{P x}{a}$ y por tanto

$$\frac{P x}{a} = \frac{P}{g} \frac{V^2}{r} \dots x = \frac{1,67}{9,8088} \frac{V^2}{r} = 0,170 \frac{V^2}{r}$$

Dando á r distintos valores, se deducirán los correspondientes de x para una velocidad dada; esta no puede ser constante en la marcha de los trenes; pero como el efecto de un exceso de elevacion para velocidades menores, seria echar el tren hácia el interior de la via, este resultado es poco temible y está además corregido por la conicidad de las llantas y el reborde de las ruedas, por lo que la seguridad y la facilidad en la circulacion aconsejan que debe adoptarse para V el valor de las mayores velocidades de marcha en la seccion ó camino de que se trate, y de esta manera se pueden formar y se forman tablas aplicables á todas las curvas.

Esta mayor elevacion se obtiene aumentando en un milimetro por métro la pendiente del carril correspondiente de las alineaciones rectas anterior y siguiente á la curva, de modo que, al llegar á esta, el carril exterior tenga ya toda la elevacion correspondiente á su radio. La rasante de la via se fija y conserva sobre el carril interior.

38. Aumento del ancho de la via en las curvas. La rigidez del plano comun de las ruedas de cada carruaje, que resulta del paralelismo de los ejes, necesita además entre los rebordes de las ruedas y las caras interiores de cada carril un juego ó exceso de ancho

de via, proporcionado á la separacion de los ejes extremos, y tanto mayor cuanto menor sea el radio de la curva. Insertamos á continuacion una tabla de exceso de ancho de via y elevacion del carril exterior para diferentes radios, adoptado con ligeras diferencias en algunos caminos y de que nosotros hemos hecho tambien uso con buen resultado.

RADIOS.	Exceso de ancho de via.	Elevacion del carril exterior.
290	0,02	0,116
320	0,017	0,108
350	0,014	0,102
400	0,011	0,093
450	0,007	0,087
500	0,004	0,082
600	0,003	0,071
750	0,002	0,054
900	»	0,038
1100	»	0,015

En algunos caminos como en el Semmering, el exceso de ancho de via varia de 0,047 metros á 0,03 para radios comprendidos entre 190 y 316 metros y la elevacion del carril exterior de 0,12 metros á 0,07 entre los mismos radios.

39. **Contracarriles.** En las curvas de pequeño radio situadas en terraplenes y puentes muy elevados, en laderas muy escarpadas ú otros pasos peligrosos es conveniente el empleo de contracarriles. Consisten estos en otros carriles de hierro ó en largueros de madera fijos

Fig. 27.

sobre las traviesas del lado interior de la vía y á la distancia de 7 á 8 centímetros de los carriles, de modo que entre unos y otros pasen sin dificultad los rebordes de las ruedas. La profundidad de esta ranura es generalmente la misma que la del carril sobre la traviesa, aunque en rigor bastan de 4 á 5 centímetros.

Los contracarriles de madera tienen sobre los de hierro la ventaja de retener mejor las ruedas por la mayor altura que es posible darles y la de no rayar ó desgastar estas tanto por el costado interior de la llanta. En unos y otros debe cuidarse de encorvar sus extremos hácia el eje de la vía, á fin de facilitar la entrada de las ruedas entre el carril y el contracarril. Debe igualmente cuidarse mucho de tener constantemente bien expedita la ranura y sin piedras ni algun otro cuerpo, pues en este caso los contracarriles, mas que para prevenir, servirian para ocasionar los descarrilamientos; este temor es precisamente su principal y casi único inconveniente.

40. **Segunda capa de balasto.** Sentada la vía, en la forma explicada, se extiende una segunda capa de balasto que envuelva completamente las traviesas y las preserve de los efectos debidos á su exposicion á la intemperie. Esta capa puede tener de 25 á 30 centímetros de altura en el centro, y en los costados la necesaria para que los rebordes de las ruedas no toquen en su marcha en la superficie de balasto. Se perfila la cara superior con este bombeo y en los costados se le dá el talud de $1 \frac{1}{4}$ á $1 \frac{1}{2}$ de base por 1 de altura.

El material para esta segunda capa se trasporta ya generalmente en trenes de wagoes conducidos por la

locomotora, lo que economiza tiempo y gastos en esta parte del trabajo de la via.

41. Otros sistemas de via. En todo lo expuesto nos hemos referido mas especialmente á la via sentada sobre traviesas, porque es la generalmente hoy empleada, y porque será así mas fácil comprender lo que brevemente vamos á indicar sobre algunos otros sistemas de via mas notables entre los muchos propuestos ó ensayados.

42. Via sobre largueros. En esta via los carriles, casi siempre del sistema americano ó de Brunel, están sentados en toda su longitud sobre largueros de madera, unidos los de una fila á los de otra por medio de traviesas distantes de 3 á 4 méetros. Los carriles están sujetos á los largueros por medio de pasadores de hierro de rosca y tuerca ó por grapas ó alcaiyatas como las antes descritas; este último medio es considerado mas sencillo y de menos inconvenientes.

43. Observaciones acerca de este sistema de via. A primera vista el sistema de largueros parece preferible al de traviesas, porque los carriles sostenidos en toda su longitud, parecen colocados en mejores condiciones que los que no lo están mas que de distancia en distancia. La via sobre largueros es mas suave y atenúa el peligro en caso de rotura de un carril. Al lado de estas ventajas se ofrecen notables inconvenientes; las juntas son muy imperfectas, los largueros se desarreglan, sobre todo en las curvas de pequeño radio, y exigen una mano de obra mas costosa, no pudiendo además emplearse madera rolliza ó groseramente escuadrada como en las traviesas; la sujecion del carril á los largueros es

complicada y defectuosa y los diferentes trabajos de conservación de la vía son mucho más difíciles; los largueros además, por el hecho de correr todo á lo largo de la vía, dificultan la salida de las aguas hácia los costados y cunetas. Estos graves inconvenientes han hecho dar la preferencia casi en todas partes al sistema de vía sobre traviesas. El asiento de la vía sobre largueros es muy conveniente en los puentes de madera ó hierro y aun en algunos de fábrica por las ventajas antes indicadas, y porque los inconvenientes en tan cortos trechos se evitan con el debido esmero en la mano de obra.

44. **Vía sobre apoyos de piedra.** En los primeros caminos de hierro construidos en Inglaterra y también en algunos de Francia y otros países, los carriles se apoyaban sobre piedras de forma prismática ó *dados* de treinta centímetros de altura y sesenta de lado en la base, colocados generalmente *en diagonal*, esto es, que el carril sigue la diagonal de la cara de asiento del dado. Este sistema ofrece grandes dificultades por la desigualdad del asiento y descenso de los carriles, sobre todo en los terraplenes. Las traviesas reparten mejor la presión sobre el suelo natural, facilitan los trabajos de reparación, conservan invariable el ancho de la vía y dan á esta una gran elasticidad que hace mucho más suave el movimiento de los carruajes, circunstancia muy favorable para la mejor conservación del material móvil y para la menor molestia de los viajeros. Estas marcadas ventajas de las traviesas sobre los dados han hecho casi abandonar este sistema de vía en todas partes en que la madera no es muy cara.

45. **Via sobre apoyos y traviesas de hierro.**

Fig. 28.

Con objeto de economizar el empleo de la madera, escasa en algunos países, se han ideado algunos sistemas de via, formados todos de piezas de hierro. Indicaremos dos de los mas notables: el de coginete en forma de *campana* y el de *carril huecó* de Barlow.

En el primero el carril se apoya sobre coginetes de fundicion, en forma de campana, unidos los de una fila á la opuesta por medio de barillas ó tirantes de hierro. Este sistema tiene muchos de los inconvenientes del de dados de piedra, y además las frecuentes roturas de estos platillos ó apoyos hacen la conservacion muy costosa.

El carril hueco de Barlow descansa directamente sobre el balasto; las juntas están formadas y sujetas por medio de chapas de hierro clavadas por roblones ó remaches en los dos carriles consecutivos y unidos los de una fila á otra por medio de tirantes de hierro en forma de escuadra. Este sistema de via ha sido objeto de encontrados pareceres, pero sus inconvenientes se consideran generalmente mayores que sus ventajas, sobre todo en la dificultad de tener siempre balasto á propósito, porque la piedra machacada no puede ser empleada con este carril; su buena fabricacion parece además muy difícil, y deben ofrecer tambien no pocas dificultades su buen asiento en las curvas y los trabajos de recalce y otros necesarios en la conservacion de la via. Estos dos sistemas de via son hoy poco empleados.

46. **Comparacion entre la via con coginetes y sin ellos ó con carriles americanos.** Hemos indicado que la via generalmente hoy adoptada es la

sentada sobre traviesas de madera, pero que aun así pueden emplearse dos clases de carriles y hacerse su asiento con coginetes ó sin ellos; estos dos medios constituyen en realidad dos sistemas de via que han sido objeto de largas discusiones y muy diferentes opiniones entre los ingenieros. La cuestion está hoy generalmente resuelta en favor de la via sin coginetes, y, segun nuestra pequeña experiencia de estas dos vias, con fundado motivo. La principal objecion presentada á esta via era que el carril no quedaba bien sujeto á las traviesas y no ofrecia por tanto suficiente estabilidad, sobre todo en las curvas, pero la experiencia ha acreditado lo contrario, sobre todo cuando se emplean traviesas de roble, en las que las grapas ó alcajatas agarran mas fuertemente y se añaden además las placas de asiento en las juntas de los carriles.

La condicion mas esencial de la seguridad de la via reside en las juntas, cuyo enlace es indudablemente mas perfecto en el sistema de eclisas que con las cuñas de los coginetes. Estas no impiden que se eleve el carril por sus extremos y ocasione un verdadero choque ó caída al paso de cada rueda por las juntas, que no solo destruye el carril por sus extremos, sino que hasta produce un ruido acompasado y desagradable. En la via americana el movimiento es mucho mas suave, sin sacudidas y sin ocasionar estos desperfectos del material fijo y móvil.

Los coginetes están expuestos á continuas roturas, sobre todo en los descarrilamientos, y el uso de las cuñas exige en la conservacion, no solo un gasto crecido, sino una vigilancia extraordinaria. La conservacion de la via

es por esta razón mucho más económica y sencilla en la vía americana que en la de coginetes, pues la extracción de las grapas no es más difícil que la de las clavijas de los coginetes.

La vía americana es además más económica y expedita para su primer establecimiento.

CAPÍTULO CUARTO.

OBRAS Y APARATOS ACCESORIOS DE LA VIA.

PASOS SUPERIORES É INFERIORES.—PASOS Á NIVEL.—CERRAMIENTO DE LA VIA.—CAMBIOS Y CRUZAMIENTOS DE VIA.—PLATAFORMAS GIRATORIAS.—CARROS MÓVILES.

47. **Pasos superiores é inferiores á la via.**
Cuando otra via, ferro-carril, carretera ó camino vecinal cruza el camino de hierro, puede hacerlo por *encima*, *debajo* ó *al nivel* de este último. Siempre que sea posible, deben preferirse los dos primeros medios, construyendo al efecto en el primer caso un *punte-via* de *paso superior* y en el segundo un *punte-via* de *paso inferior*. Estos pueden ser de fábrica de cantería, hierro ó madera segun su importancia y las circunstancias especiales de cada

caso. Si las condiciones locales lo permiten, deben preferirse casi siempre los pasos superiores al ferro-carril, que, por regla general, son mas económicos y de mas fácil establecimiento, y su desarreglo ó rotura de consecuencias menos graves y de mas pronto remedio. Los pasos superiores se sitúan casi siempre en los desmontes y los inferiores bajo el terraplen. Los puente-vias de paso superior deben tener entre estribos el ancho de la explanacion del ferro-carril y entre los antepechos el correspondiente á la via á que dan paso. Los inferiores, al contrario, deben tener entre estribos la latitud de la via que sirven, y la longitud de estos debe arreglarse segun la altura y taludes del terraplen, y si suben ó llegan hasta la rasante de la explanacion, el ancho entre los antepechos es el indicado en el número 17. En ocasiones un puente-via inferior se aprovecha tambien para el paso de una corriente de agua, afirmando el suelo por medio de un encachado, ó dividiendo el ancho en dos partes, separadas por un muro y antepecho, y destinando la una al paso de la via ordinaria, y la otra al de la corriente de agua, sobre todo si esta no es muy importante ó no es permanente. Este medio se adopta muchas veces para los caminos de servidumbre de las fincas rústicas.

48. Pasos á nivel.—Observaciones acerca de su conveniencia. Los pasos á nivel son muy perjudiciales en los caminos de hierro, sobre todo si están situados en la inmediacion de las estaciones, ó á la salida de los desmontes ó subterráneos en curva, de modo que no puedan verse los trenes á una gran distancia. Una gran parte de las desgracias ocurridas en la explo-

tacion de los ferro-carriles es debida á los pasos á nivel; la seguridad en la marcha de los trenes y la conveniencia de no detener la circulacion ó paso en la otra via que cruza, recomiendan por tanto que los pasos á nivel se empleen lo menos posible. Si por las condiciones de localidad su establecimiento es indispensable, deben situarse en las alineaciones rectas, ó en las curvas en terraplen, y en la direccion menos oblicua posible respecto á la via de hierro.

A pesar de que el coste de primera construccion de un paso á nivel es mucho mas económico que el de un puente-via, como además aquel exige gastos constantes de conservacion y vigilancia, el capital representado por este interés y coste inicial es por regla general mayor que el coste de un puente-via, cuya circunstancia apoya tambien la conveniencia de la supresion de los pasos á nivel, siempre que las condiciones del terreno lo permitan.

49. Su construccion. Si el paso á nivel no debe servir mas que para peatones, la via no sufre modificacion alguna, porque los carriles, teniendo poca altura, son un obstáculo de escasa importancia á través de la via; pero, si por esta han de pasar carruajes, es necesario adoquinarla en toda su anchura. Los carriles quedan entonces ocultos en el empedrado, con su cabeza al nivel de este, y los carruajes pasan sobre el carril sin dificultad alguna, como la habria si quedasen salientes sobre el firme de la carretera. Para el paso del reborde de las ruedas de los wagoes hay del lado del eje de la via de hierro una ranura de 7 á 8 centímetros de ancho practicada en el empedrado; el lado exterior de esta ranura

está formado por el carril mismo y el interior por un contra-carril de igual forma, ó de un larguero de madera, defendido en su ángulo por una chapa de hierro en forma de escuadra, el contra-carril debe estar encorvado en sus extremidades para facilitar la entrada de las ruedas en la ranura.

Fig. 31.

Algunas veces el carril queda bajo el nivel del empedrado y se practica una ranura mas ancha terminada lateralmente por dos largueros de madera, como el antes indicado; las ruedas de los carruajes pasan entonces sin tocar en la cabeza del carril, pero con algun mayor choque y sacudimiento, porque el ancho de la ranura es mayor. La primera disposicion es la generalmente adoptada como mas económica y sencilla, y porque en la segunda es mas difícil conservar bien limpia la ranura, y no evita, como se pretende, los inconvenientes de la interposicion de una piedra ú otro cuerpo extraño.

Fig. 32.

50. Cerramiento de los pasos á nivel. La via ordinaria, que cruza el ferro-carril, está generalmente abierta hasta momentos antes de la llegada de un tren, en cuyo instante se cierra é interrumpe el paso por medio de unas barreras de madera, de una ó de dos hojas, que giran sobre postes fijos en los encuentros de las líneas exteriores de las dos vias. La puerta de una hoja solo suele emplearse para comunicaciones vecinales, pero para las carreteras, en que el ancho es ya mayor, se emplean de dos hojas, por ser cada una de menor peso y mas fácil manejo. Con este objeto debe tambien procurarse que las barreras se coloquen normalmente á la via, á fin de que tengan la menor longitud posible.

Algunas veces, sobre todo en cruzamientos muy oblicuos, se han dispuesto las barreras de modo que el ferro-carril está constantemente cerrado por estas, y solo se abren cerrando la carretera, para el paso de los trenes. Esta disposicion no carece de ventajas, sobre todo en noches muy oscuras, pero ofrece el grave inconveniente de que exige barreras muy anchas y de que un tren inesperado, ó el descuido de un guarda en no abrirles á tiempo, puede ocasionar su rotura y tal vez consecuencias mas funestas. Esta circunstancia muy importante ha hecho abandonar este sistema de barreras.

51. **Cerramiento de la via.** Los caminos de hierro están ó deben estar cerrados por los dos lados: el paso público por ellos está limitado á los puente-vias ó pasos á nivel. Este cerramiento se verifica generalmente por medio de palizadas de madera de 1,40 á 1,50 métrros de altura, formadas por postes y largueros horizontales ó alambres galvanizados fijos á los mismos postes, ó tambien por latas ó *costillas* de madera muy delgadas, entrelazadas por medio de un tejido de alambre, sujeto asimismo de trecho en trecho á postes verticales. Este último medio es el mas generalmente empleado, porque estos tejidos, aunque muy ligeros, ofrecen una gran resistencia y se rompen con dificultad. Los cerramientos con largueros horizontales de madera, sujetos á postes, son generalmente mas económicos; pero no apróximándolos mucho, no impiden bien el paso á las personas y animales.

Todos estos cerramientos no deben considerarse mas que como provisionales á causa de su pronta destruccion por la influencia atmosférica, y mas ó menos tarde deben

reemplazarse por otros permanentes; el mejor y mas económico de estos es generalmente el seto vivo, formado por plantaciones de arbustos de fácil crecimiento y enlace, como el sauce, el mimbre, el espino etc. segun las condiciones especiales del clima y de la naturaleza del terreno.

Fig. 33.

En los países montañosos y húmedos, en que los cerramientos de madera se destruyen fácilmente y en que es necesario oponer un obstáculo fuerte al paso de los ganados, se adopta con muy buen éxito el cerramiento de zanja y vallado; la tierra de aquella sirve para formar este y su cara exterior se dispone vertical por medio de un ligero revestimiento de piedra ó céspedes, y el interior en talud se fortifica además por medio de las plantaciones que despues forman un seto vivo y perfeccionan el cerramiento. La zanja exterior puede tambien en muchos casos servir de cuneta para las aguas y de saneamiento á la explanacion de la via.

52. Cambios de via. En la explotacion de los caminos de hierro hay frecuente necesidad de hacer pasar los carruajes ó máquinas de una via á otra, particularmente en las estaciones y apartaderos. Los aparatos por medio de los cuales esto se consigue son de dos clases.

Los de la primera permiten pasar todo un tren de una via á otra, cuya maniobra se hace generalmente con la misma máquina; esta clase comprende los que ordinariamente se llaman *cambios de via*.

Los de la segunda exigen una maniobra especial para cada carruaje ó máquina y estos son las *placas ó plataformas giratorias* y los *carros de servicio*.

53. Importancia de los cambios de via. La

estadística de los caminos de hierro prueba que los cambios de via han producido una quinta parte del número de descarrilamientos y choques de los trenes. Los mismos datos estadísticos demuestran también que el coste de los cambios de via es próximamente de cinco mil reales por kilómetro, y que el gasto de su conservación y reparación puede calcularse en 0,15 á 0,20 del de su establecimiento. Estos números prueban la importancia de esta parte de la via y la necesidad de emplear el sistema de cambios mas conveniente, así para la mayor seguridad en la marcha de los trenes, como para la mayor economía en los gastos de su primer establecimiento y despues en los de su conservación.

54. Idea general de un cambio de via. Si se supone que un tren viene por la via V , se concibe fácilmente que por medio de aparatos especiales colocados en aa puede el tren continuar su marcha por la via recta V' ó por la oblicua V'' ó bien inversamente pasar de cualquiera de estas vias á la única V . Los aparatos situados en aa son el cambio de via propiamente dicho.

Fig. 34.

En cc , en donde se cortan los carriles de las dos vias, es necesaria otra disposicion particular que permita el paso á los rebordes de las ruedas; esta disposicion es el *cruzamiento de via*. Nos ocuparemos sucesivamente de estas dos partes.

55. Diferentes sistemas de cambios de via.
Los cambios de via pueden reducirse á tres clases:

- 1.^a Cambio de carriles movibles.
- 2.^a Cambio de contracarriles movibles.
- 3.^a Cambio de agujas.

56. **Cambio de carriles movibles.** La disposición mas sencilla para formar un cambio de via consiste en hacer movibles al rededor de un perno ó pasador, situado en una de sus extremidades, los carriles que preceden á la bifurcacion de manera que se coloquen en frente de una de las vias a con quien se trata de comunicar. Para asegurarse de la exactitud de la maniobra se arriostan estos carriles movibles ó agujas á fin de que su separacion sea siempre igual al ancho de la via. Esta disposición puede aplicarse á cualquiera número de vias que se trate de enlazar. Estos cambios de via son muy sencillos y permiten suavizar mucho el cambio de direccion alargando las agujas; además, como antes se ha indicado, pueden disponerse con mucha facilidad para servir un gran número de vias que se encuentran en un mismo punto, pero son muy peligrosos, porque si un tren viene de la via V'' , por ejemplo, en la direccion $V''V$ y encuentra las agujas mal situadas, descarrila indispensablemente.

Se han ideado algunas modificaciones á este sistema, para evitar este grave inconveniente, pero no habiéndose conseguido por completo, esta clase de cambios está generalmente abandonada para la via definitiva, y casi solo se emplea hoy en las vias provisionales de los trabajos de explanacion, minas y otros análogos.

57. **Cambio de contra-carriles movibles.** Para evitar la interrupcion de los carriles de la via, se ha usado un sistema en que las filas exteriores de los carriles, abc , def sean continuas y se han prolongado las interiores iB , hD' hasta que sus distancias bB , $D'e$

Fig. 35.

Fig.^a 29.

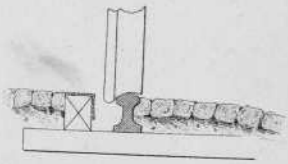


Fig.^a 30.

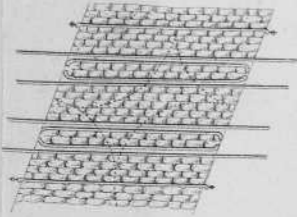


Fig.^a 31.

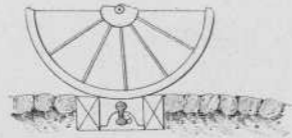


Fig.^a 32.

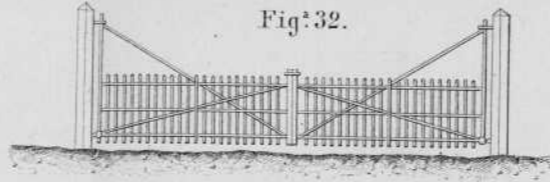


Fig.^a 33.



Fig.^a 34.

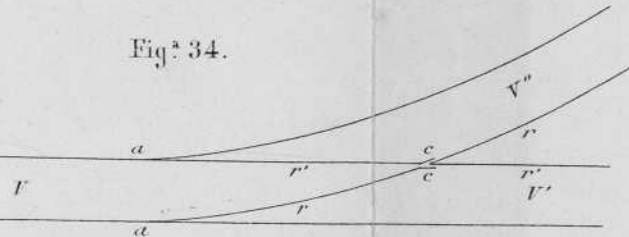


Fig.^a 35.

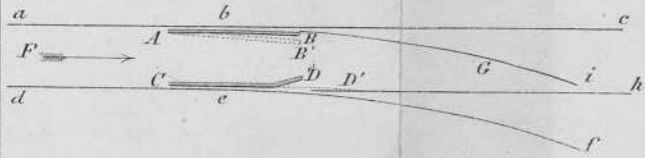


Fig.^a 36.

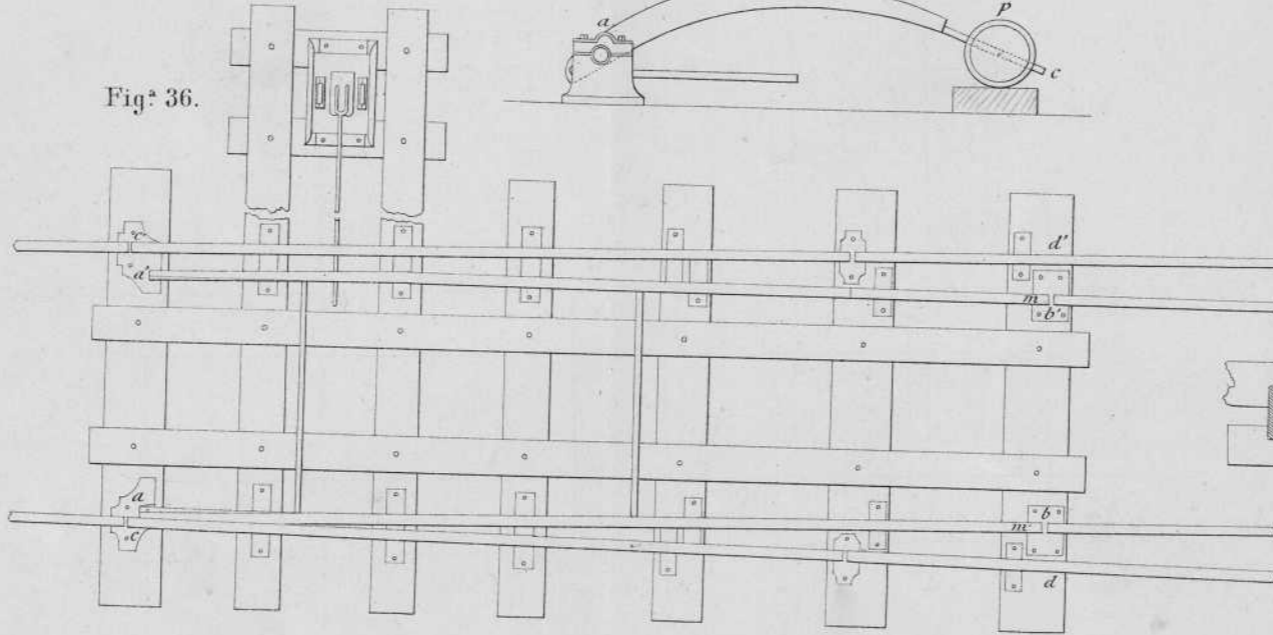


Fig.^a 37.

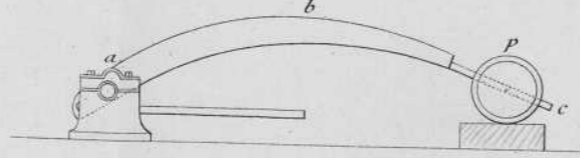


Fig.^a 38.

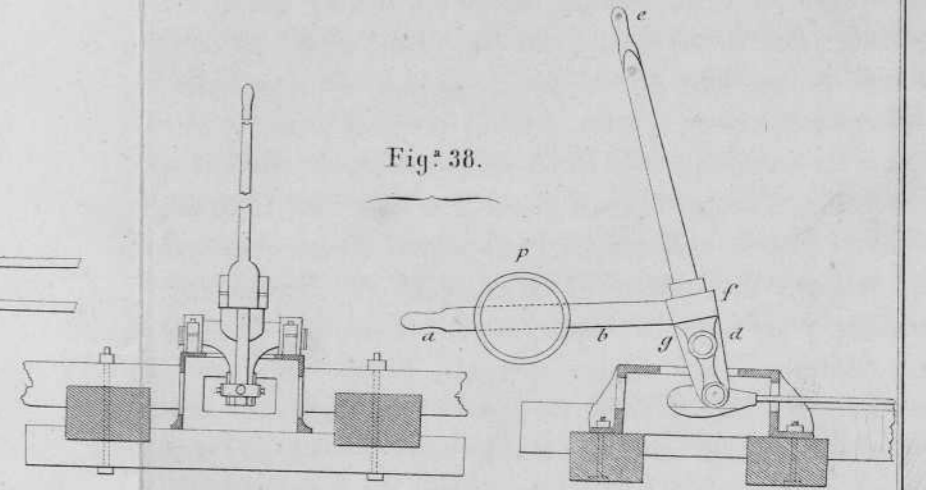


Fig.^a 39.

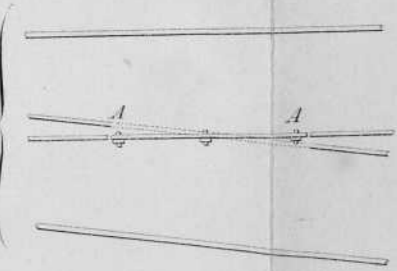


Fig.^a 40.

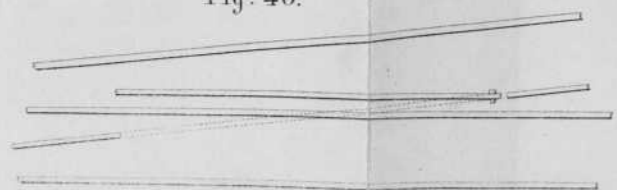


Fig.^a 41.

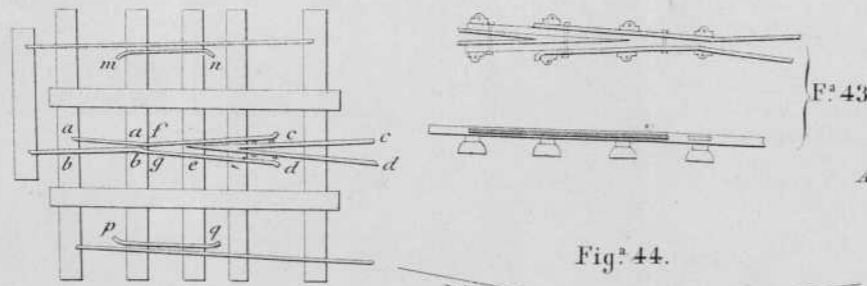


Fig.^a 43.

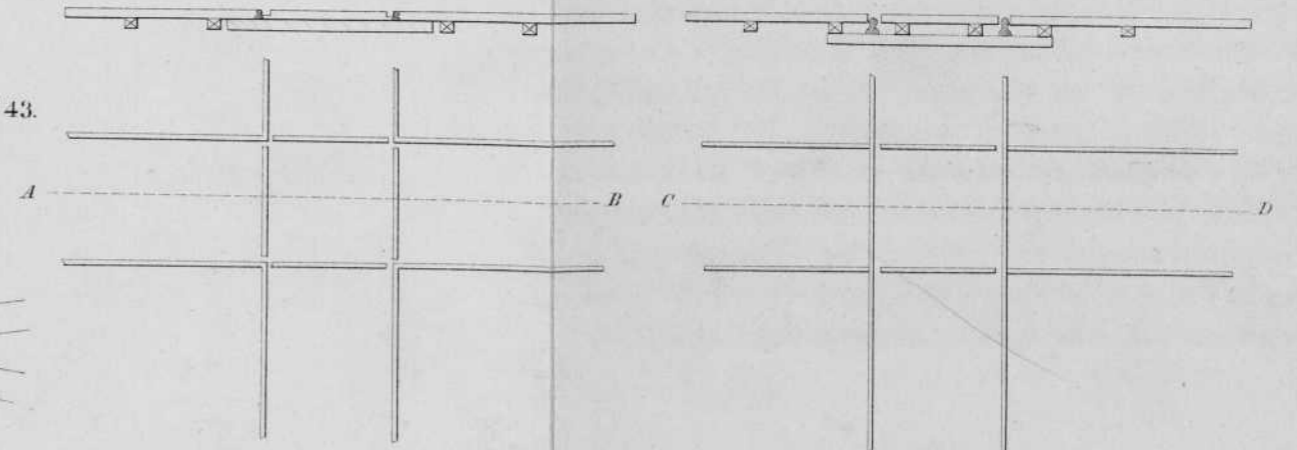


Fig.^a 44.



Fig.^a 42.



Fig.^a 45.

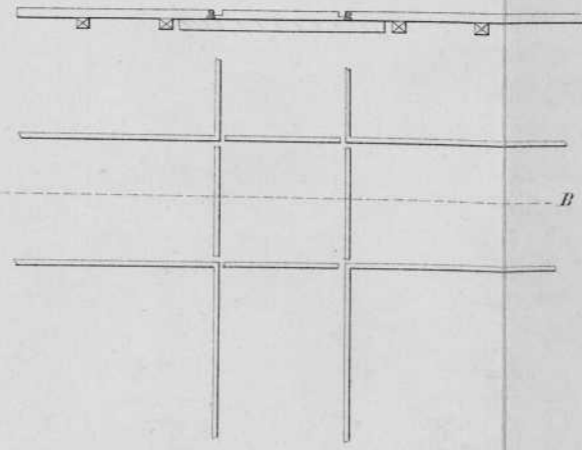
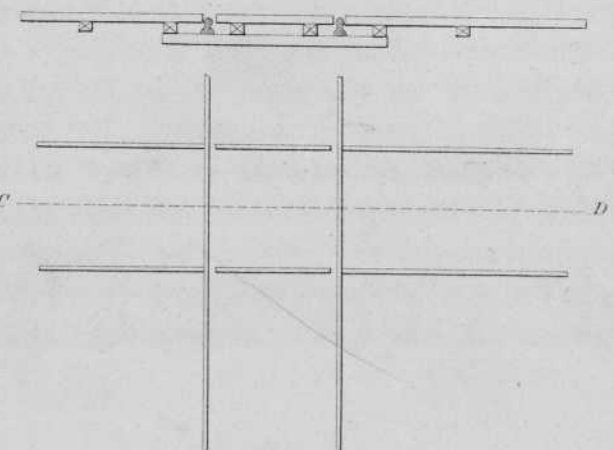


Fig.^a 46.





á las dos primeras sean solamente las necesarias para dejar pasar los rebordes de las ruedas, dirigiendo los trenes á una ú otra via por medio de dos contracarriles AB, CD , encorvados en sus dos extremos y movibles al rededor de los pernos ó pasadores A, C . Estos contracarriles son mas altos que los carriles desde A y C hasta b y e desde donde se doblan para formar un plano inclinado.

Cuando las agujas ó contracarriles ocupan la posicion indicada por las líneas llenas, el tren, marchando de F á G , queda dirigido por la via recta; cuando ocupan la posicion indicada por las líneas de puntos, el convoy toma la línea curva ó de desviacion. En efecto una de las ruedas delanteras al llegar á e no puede pasar á la via recta, porque se lo impide el contracarril CD' que es mas alto y se ve obligada á seguir la via oblicua ó curva; la otra rueda pareada ó del mismo eje toma tambien el otro carril paralelo de esta misma via pasando de b á B .

Este sistema de cambios no ocasiona descarrilamientos como el primero, si las agujas están mal colocadas, pero da lugar á movimientos violentos y sacudidas muy bruscas, perjudiciales para el material y molestas para el viajero; por esta razon apenas es aplicable mas que á las desviaciones, y su empleo en la union de vias curvas seria peligroso y ocasionado á descarrilamientos, por cuyo atendible motivo se hace ya poco uso de esta clase de cambio.

58. **Cambio de via por agujas.** En este sistema las dos agujas son trozos de carriles ba y $b'a'$ afilados en sus extremos a y a' que giran al rededor de pernos situados en m y m' . Las líneas llenas indican las agujas dispuestas para el servicio de la via recta.

Fig. 36.

El primer cambio de via de agujas adelgazadas es debido á Stephenson; no tenia mas que una aguja móvil y era en resúmen el mismo sistema anterior en que estaba fijo uno de los contracarriles y adelgazado ó afilado tambien en su extremidad el carril interior para dar paso al reborde de las ruedas. Este adelgazamiento del carril interior tenia graves defectos y se reemplazó por otra aguja móvil análoga á la primera, pero mas corta.

59. **Agujas iguales y desiguales.** El sistema de agujas desiguales tenia por objeto impedir que las ruedas de un mismo carruaje entrasen á un mismo tiempo en dos vias diferentes. En efecto, si se supone que se introduce una piedrecilla que impide cerrar completamente las agujas ó que estas se queden en una intermedia entre las dos posiciones normales, correspondientes á tener abierta la via recta ó la via oblicua, ó que el mecanismo se haya descompuesto y no funcione bien, entonces al presentarse una máquina delante de las agujas, el reborde de la rueda que corresponde á la punta de la aguja grande entrará por detrás de esta en la via recta, empujará esta aguja hácia el otro lado, y la pequeña, siguiendo el movimiento que se ha dado á la aguja grande, por el enlace que tienen las dos por medio de las barras de union, se aplicará contra el carril fijo. La otra rueda del mismo par de delante, como no encuentra á la punta de su aguja sino despues del movimiento que se ha explicado, marcharia por la via recta como la otra rueda sin ningun obstáculo. Por el contrario, si las agujas fuesen iguales, ó lo que es lo mismo, las dos ruedas encontrasen al mismo tiempo las puntas de las agujas,

una rueda seguiria la via recta y otra la via curva.

Esta objecion tiene poca importancia, porque las agujas están casi siempre manejadas por guardas especiales ó se fija la palanca de maniobra por medio de una cadena, y así es que desde hace ya tiempo solo se emplean cambios de agujas iguales en todas las grandes líneas, porque tienen la ventaja de simplificar mucho no solo la construccion, sino la conservacion de la via, permitiendo emplear los mismos cambios para desvios á derecha é izquierda, mientras que el antiguo sistema necesitaba el uso de dos modelos diferentes.

Los cambios de agujas desiguales deben colocarse de modo que la aguja pequeña esté siempre en la via recta, porque si no la desviacion seria demasiado brusca y podria dar lugar á descarrilamientos. En el caso en que se reunan dos vias curvas en sentido contrario, entonces es indispensable que las dos agujas sean iguales.

60. **Adelgazamiento y forma de las agujas.**

Las primeras agujas estaban adelgazadas en toda su altura por ambas caras, y se protegía su punta haciendo una entalladura de 15 á 20 milímetros en el carril inmediato. Esta disposicion da lugar á que haya choques en las puntas al entrar las máquinas en el cambio de via, cuyo inconveniente y el de la pequeña resistencia de la punta de la aguja se evitan hoy, cortando esta de tal modo, que su extremidad pueda colocarse debajo de la cabeza del carril, para que no aparezca en el plano de rodadura mas que desde el punto en que su seccion tiene ya la resistencia suficiente para aguantar la accion de las ruedas de los vehículos.

Las agujas pueden pertenecer á uno de los sistemas de carriles que quedan descritos, pero son preferidas y empleadas generalmente las del sistema Vignolles, que tienen la ventaja de descansar sobre coginetes ó sobre chapas por una base plana, y por consiguiente de no volcarse, como sucede con los carriles de doble cabeza cuya base curva está en equilibrio inestable.

61. **Manejo de los cambios de via.** Las dos agujas están unidas invariablemente por medio de una barra de hierro, y á esta misma ó en otro punto de una de las agujas se une otra barra ó tirante articulado por su otro extremo á la palanca de cambio de marcha ó del manejo de las agujas. Esta palanca está provista de un contrapeso p que puede ser fijo como en la figura 37 ó móvil como en la 38.

Figs. 37
y 38.

En el primer sistema el contrapeso p no puede estar levantado, como no lo sostenga el guarda aguja y su empleo es por tanto conveniente cuando se pasa muy poco por la via que corresponde á la posición del contrapeso levantado, pero es peligroso para los trenes que vienen en la dirección de la punta de las agujas, porque si el guarda suelta la palanca antes de que haya pasado todo el tren, una parte de este toma la via recta y otra la oblicua. En este mismo sistema de contrapeso fijo, la palanca ab suele ser acodada, uno de los brazos sirve para su manejo y el otro, situado bajo el nivel del terreno en una caja de fundición, lleva el contrapeso. Esta clase de palanca se emplea ya muy poco y se adopta con preferencia la del segundo sistema ó de contrapeso móvil.

En esta, figura 38, se fija el contrapeso p á una barra

de hierro *ab* que se enlaza á la palanca *ed* por medio de una articulacion *f*, de manera que para desviar las agujas no hay mas que hacer girar el contrapeso.

Por medio de un pasador, que atraviesa la articulacion *f* y la palanca, se puede fijar el contrapeso y evitar el movimiento de aquella.

Este sistema, además de la mayor seguridad, tiene la gran ventaja de poder disminuir el número de guarda-agujas en las estaciones de gran servicio, porque uno solo de estos puede, poco antes de la llegada ó salida de un tren, colocar todos los cambios y abrir todas las vias que aquel debe recorrer.

Los cambios de via pueden ser no solo para dos vias sino tambien para tres; en este último caso se manejan por medio de dos palancas análogas á las que se acaba de describir.

Fig. 39. **62. Cruzamiento de via.** En el número 54 hemos explicado el objeto de esta parte de la via. El cruzamiento mas sencillo se compone de un carril comun *AA* que se apoya en su punto medio y en sus extremos por medio de coginetes. El coginete del medio ó uno de los extremos no se fija mas que por una clavija que sirve de eje de rotacion al carril movil, el cual se mantiene en su sitio, fijando los coginetes de los extremos con clavijas ó pasadores.

Este sistema, que no deja libre mas que una via, se emplea únicamente en los movimientos de tierras.

Fig. 40. La figura 40 representa otro sistema de cruzamiento de carril móvil en que no se interrumpe la via principal, pero en que esta debe quedar mas baja que la primera. Este medio suele emplearse en los trabajos de reparacion

de las vias ya en explotacion, pero exige una vigilancia grande, para no ocasionar algun accidente á los trenes en marcha.

63. **Cruzamiento de ángulo ó de corazon.**

Para dejar paso libre á los rebordes de las ruedas, cualquiera que sea la via por donde venga un tren, se acodan los carriles $a a$, $b b$ á partir del punto f , dejando una distancia entre ellos de cinco centímetros y encorvándolos despues de modo que puedan servir de contracarriles. Los otros dos carriles $f c$, $g d$ que forman el ángulo del cruzamiento ó *el corazon* se continúan hasta un punto poco distante de la interseccion de las caras exteriores de los carriles.

Figs. 41
y 53.

La interrupcion de la vía en la punta e hace necesaria la colocacion de dos contracarriles $m n$, $p q$ para guiar el movimiento de las ruedas é impedir que sus rebordes choquen contra la punta ó que tomen una via distinta de la que deben seguir.

Entre los puntos e y f se observa que hay un espacio en que las llantas de las ruedas no tienen apoyo sobre los carriles, lo cual destruye mucho el material y conviene por tanto disminuirle, haciendo el ángulo del cruzamiento el menor posible, y además que el radio de la curva del cambio sea de suficiente magnitud.

64. **Medios de aumentar la resistencia del cruzamiento ó corazon.**

Como el paso de las ruedas de los carruajes y máquinas desde cada carril á la punta del cruzamiento y vice-versa no se verifica sin sacudidas y choques bruscos, dicha punta y los carriles acodados se desgastan rápidamente, por lo que además

de hacerse ya hoy generalmente de acero, se han ideado algunas disposiciones con objeto de aumentar la resistencia y duracion de las diferentes piezas y establecer un seguro enlace entre todas ellas. Daremos una idea de estas principales disposiciones.

Fig. 42. En primer lugar la punta se hace de una sola pieza forjada y no de dos carriles unidos. Para proteger esta del efecto producido por las llantas de las ruedas desgastadas, se colocan, segun el sistema de Burleigh, en el ángulo de cruzamiento unas piezas de fundicion *a a*, *b b*, sujetas por medio de pasadores y en las cuales se apoyan los rebordes de las ruedas. Sirven además estas piezas para enlazar fuertemente los carriles acodados y la punta, dando de este modo una gran rigidez al cruzamiento muy conveniente, porque, sin un completo enlace entre todas las piezas, se mueven estas al paso de los trenes y se producen choques tan perjudiciales á la via como al material móvil.

Este sistema se ha perfeccionado haciendo el cruzamiento de dos caras, de modo que despues de desgastada la una, puede invertirse y utilizarse la cara inferior.

Fig. 43. En el sistema de Burleigh se remachan tambien los carriles del cruzamiento á una chapa general de palastro colocada sobre los largueros. Numerosas experiencias manifiestan de una manera concluyente la utilidad del empleo de esta pieza en los cruzamientos.

65. **Material de las agujas y cruzamientos.**

Apesar de todas las reformas antes expuestas, las agujas y cruceros se destruyen con una rapidez notablemente mayor que el resto de la via. Con este objeto se ha em-

pleado para estas piezas el hierro cementado, el acero forjado y mejor aun el acero fundido, pues, si bien el coste de este es mayor, la experiencia acredita que su duracion aumenta en una relacion mucho mayor que la de su coste.

66. Asiento de los cambios y cruzamientos. Todo el sistema de agujas, cruceros y contracarriles descansa sobre una plataforma general de traviesas de suficiente longitud para servir de apoyo á las dos vias; si no hay traviesas de bastante longitud, se emplean traviesas comunes alternadas. En uno ó en otro caso se enlaza y consolida el todo por medio de largueros de madera colocados debajo, particularmente en los cruzamientos.

Como las agujas deben separarse de su posicion para dejar libre el paso del reborde de las ruedas, se facilita este movimiento, haciendo que se apoyen en placas de hierro ó coginetes de fundicion que disminuyan cuanto sea posible el rozamiento; estos coginetes llamados de *talón* tienen un solo nervio vertical que sirve para sujetar el carril del lado exterior.

La aguja se mueve por su extremo en un coginete doble, llamado de *junta*, que abraza tambien el carril de la otra via. En el carril Vignolles se reemplaza el coginete de junta por una placa de palastro.

67. Cruzamiento de otra via. Cuando una via de hierro corta á otra bajo un ángulo mas ó menos agudo sin venir á empalmar con ella, son necesarios dos *cruzamientos* *CC* iguales á los explicados en los números anteriores, y además una disposicion análoga *AA*, llamada *corte de las vias*.

Los dos contracarriles *AA* son indispensables para

evitar que un tren metido en una de las vias pueda pasar á la otra.

Si el cruzamiento se hace bajo un ángulo recto ó casi recto, se rebajan algunas veces los carriles de las vias transversales y principales de modo que permitan el paso de los rebordes de las ruedas; pero en este caso es preferible no alterar una de las vias y elevar la otra de modo que los rebordes de las ruedas no toquen en la primera.

Figs. 45
y 46.

La primera disposicion se indica en la figura 45 y la segunda en la 46:

68. **Plataformas giratorias.** Consisten estas en una placa ó amazon de hierro circular *A*, que gira sobre unas ruedecillas al rededor de un eje colocado en su centro, y que por tanto forma un trozo de via móvil, que puede colocarse en prolongacion de otras cualesquiera. Así para hacer pasar un wagon de la via *V* á la *V'* se le hace entrar á brazo en la plataforma, y haciendo despues girar esta hasta que sus carriles *a, a* se coloquen en prolongacion de los *b, b* de la via *V'*, se le empuja hasta hacerle entrar en esta última. Estas placas, como se vé, interrumpen todas las vias excepto una.

Fig. 47.

Las plataformas giratorias se emplean generalmente en las estaciones para la formacion ó composicion de los trenes; sirven entonces vias paralelas cortadas por otra á ángulo recto, de modo que sostienen dos vias en cruz, en cuyo caso es preciso, para dar paso á los rebordes de las ruedas, practicar en los carriles rebajos ó entalladuras análogas á las indicadas en el número anterior y fig. 45.

La figura 48 hace ver, como por medio de las plataformas *P, P', P''* situadas respectivamente en las vias

Fig. 48.

paralelas V, V', V'' se pueden hacer pasar los carruajes de una á otra por medio de la via transversal XY , ó bien de aquellas á esta última ó vice-versa; entre cada dos plataformas es necesario un pequeño trozo de via fija $aa\ bb$.

Fig. 49.

Cuando las vias están demasiado próximas, ó al establecerlas no hay suficiente terreno disponible para colocar las placas sobre una perpendicular al eje de aquellas, se les dispone oblicuamente como indica la figura 49, y para simplificar las maniobras se colocan sobre cada placa tres vias simétricas ó segun el ángulo de $120.^{\circ}$

El diámetro de las plataformas, destinadas al servicio de carruajes, fué primitivamente de 3 á 3,50 metros, pero el aumento dado á las dimensiones del material móvil y la consiguiente mayor separacion de los ejes, ha hecho que las plataformas hoy empleadas tengan generalmente 4,50 metros de diámetro y, en la prevision de un aumento ó modificacion en la separacion de los ejes, conviene siempre dar á las placas mayor diámetro que el que se considere en cada caso estrictamente necesario.

Sin exceder los límites prescritos por estas lecciones, no podemos ocuparnos de los detalles de composicion y construccion de las plataformas, de que por esto daremos solo una idea. Estas son muy variadas, pero las hoy mas generalizadas consisten en una parte fija y otra móvil. La primera se compone de un círculo de rodadura torneado con esmero, de seis brazos ó rayos y del tejuelo, fundido todo en una sola pieza. Las prolongaciones de los seis brazos sirven para fijar el circuito de la *caja* ó *cuba* formada por seis segmentos de fundicion, unidos

entre sí por pasadores á rosca y tuerca; esta parte fija se apoya sobre un cimiento generalmente de arena. En las placas primitivas las cajas eran casi siempre de mampostería; pero se han abandonado por los continuos desarreglos de la fábrica.

La parte móvil consta de otro círculo de rodadura, de los brazos y del eje ó cubo. Los brazos son cuatro, paralelos dos á dos, y á la distancia del ancho de la vía; el cubo está unido al círculo móvil y brazos por medio de otros brazos en cruz, cuyas extremidades terminan en las intersecciones de los principales.

Las ruedecillas para el giro de la plataforma son cónicas y se mueven entre los dos círculos de rodadura, también cónicos, que antes se han citado; y estas ruedecillas están unidas al centro de la placa por medio de varillas de hierro dirigidas según sus ejes ó según los radios de las placas y fijas entre dos abrazaderas que rodean el tejuelo.

Las plataformas se cubren por medio de placas metálicas ó un tablero de madera. Este es menos caro que la primera, y menos sujeto á romperse que la fundición, cuando descarrila un carruaje. Los tableros de madera facilitan además los engrasados y las frecuentes reparaciones á que las plataformas están sujetas, por los sacudimientos y choques consiguientes al paso y giro de los carruajes y máquinas.

La parte móvil lleva también uno ó más cerrojos que giran al rededor de un eje horizontal. Cuando se quiere hacer girar la placa se levanta el cerrojo, sirve como de palanca para imprimir el giro, y cuando los carriles han

llegado frente á los de la via en que se quiere colocar el wagon, se deja caer el cerrojo en una de las entalladuras practicadas en la cuba ó caja antes dicha. Si este giro no se hace con mucha suavidad y cuidado, suele experimentarse en el momento de la caída del cerrojo un fuerte sacudimiento en todo el aparato.

69. Plataformas giratorias para máquinas.

Para poder dar vuelta á las máquinas sin desenganchar el tender, se emplean hoy generalmente plataformas giratorias de 12 metros de diámetro, formadas por una viga de hierro, compuesta de planchas en forma de doble *T* como las de los puentes; esta viga gira sobre un eje colocado en su centro y se apoya en sus extremidades sobre ruedas que se mueven en un círculo de hierro fijo en la caja de la plataforma; el movimiento se imprime por medio de uno ó dos tornos de engranaje, colocados en los extremos de la viga, ó simplemente por medio de la impulsión á brazo sobre palancas dispuestas al efecto, cuando el montaje del aparato es bastante perfecto para dar lugar á pocos rozamientos. La caja se construye generalmente de sillería y con mucha solidez, sobre todo la cimentación del eje, por la presión considerable que sobre él se ejerce. La via se coloca sobre una plancha de hierro que forma el suelo de la plataforma, que suele además estar provista de una pequeña barandilla de hierro.

Hay otras placas mas sencillas, formadas por dos vigas de madera convenientemente reforzadas y apoyadas sobre un eje de fundición; pero las vigas metálicas son hoy generalmente preferidas y empleadas como mas seguras y permanentes.

Estas plataformas solo se sitúan en los depósitos de máquinas, en donde hay precision de dar á estas vuelta, despues de haber terminado su marcha y antes de volver á salir en direccion contraria.

70. **Carros móviles ó de servicio.** En las cocheras, y mas particularmente en los talleres, se reemplazan las plataformas por un carro que, sosteniendo una porcion de via, rueda sobre un camino de hierro perpendicular á las vias paralelas que se quiere servir; la via fija sobre el carro está al mismo nivel que las demás, y colocado sobre él el carruaje ó máquina se le trasporta á la via paralela á que se le destina.

La plataforma del carro, de madera ó hierro, está montada sobre dos ejes que llevan cada uno tres ruedas, cónicas las dos extremas y cilíndrica la del centro; estas ruedan sobre una via de servicio sentada en el fondo de un foso, practicado á través de las vias, y cuyo ancho es igual al del carro. Como se vé, este sistema interrumpe todas las vias, y para evitar este inconveniente, se han ideado y empleado otra clase de carros, cuya explicacion omitimos, porque su mecanismo es bastante complicado y su manejo poco expedito, por lo que sus aplicaciones se han generalizado muy poco.

CAPÍTULO QUINTO.

EDIFICIOS Y DEPENDENCIAS DE LA VIA.

71. Clasificación de los edificios segun su objeto y destino. La explotación de un camino de hierro exige la ejecución de ciertos edificios y dependencias que, segun el servicio á que se destinan, pueden clasificarse en los grupos siguientes:

- | | | |
|--|---|--|
| 1.º Explotacion y movimiento | } | Servicio de viajeros.—Estaciones. |
| | | Servicio de mercancías.—Almacenes. |
| 2.º Material de traccion y transporte. | } | Depósitos de locomotoras y de carruajes.—Depósitos y toma de aguas y carbon.—Talleres. |
| 3.º Via. | | Casetas de guardas. |

72. Estaciones.—Edificios de viajeros. Aunque bajo el nombre genérico de *estacion* se comprenden en rigor todos los edificios y dependencias, construidos en aquellos puntos determinados en que los trenes se detienen en su marcha para llenar el servicio segun las cláusulas de concesion del camino y los reglamentos de su explotacion, el nombre de *estacion* se aplica casi siempre al edificio destinado al movimiento de viajeros, y en este sentido usaremos ahora de esta palabra.

Las estaciones se dividen en *extremas* é *intermedias* y segun su importancia se clasifican en *estaciones* de 1.º, 2.º, 3.º y 4.º orden. Sea cualquiera su clase, una estacion comprende *el edificio, los andenes y las vias*.

El edificio de una estacion debe contener: un vestíbulo, despacho de billetes, de equipajes, sala ó salas de espera ó de descanso, despacho ú oficina del Jefe y demás empleados, excusados ó comunes con separacion para los dos sexos. La capacidad ó extension de estas dependencias debe ser apropiada á la importancia de la estacion, y en su distribucion debe cuidarse muy especialmente de que haya la mayor expedicion y facilidad en el servicio, y sin esos movimientos encontrados y la confusion y desorden que son consecuencia de una mala distribucion.

La de una estacion y la clase y capacidad de las salas de espera, que han sido objeto de detenidos estudios, perderian mucho de su importancia, si se permitiese la libre entrada del viajero en los andenes; esta disposicion es muy cómoda y agradable al público, y en la práctica de este sistema, que hemos tenido ocasion de

observar de cerca, no existen, á nuestro parecer, los inconvenientes que temen muchas compañías que se resisten á adoptarle.

73. Los **andenes** deben tener una longitud proporcionada á la de los trenes que recorren la via; en general no debe ser menor de 80 á 100 métrros, correspondiente á 15 carruajes por término medio. Su latitud ó ancho, para que haya desahogo en el servicio, sobre todo si se adoptase la libre entrada indicada en el parrafo anterior, no debe ser menor de 7 á 8 métrros.

Los andenes estrechos entorpecen mucho la buena disposicion del servicio. Su altura sobre el nivel de la via debe ser menor que la del estribo de los carruajes.

Los andenes deben tener un pavimento asfaltado ó enlosado, con una ligera inclinacion hácia la via, y al abrigo de la intemperie por medio de cubiertas ó armaduras de hierro ó de madera.

En las estaciones extremas el edificio consta generalmente de dos cuerpos y por tanto de dos andenes, uno con destino á la salida y otro á la llegada de los viajeros.

Son tambien necesarios dos andenes en las estaciones intermedias en que hay cruzamiento de trenes. Con un solo anden, en estos casos, el servicio se entorpece y dificulta mucho y ocasiona á veces algunas desgracias.

74. **Vias.** El número de vias de una estacion depende de la importancia de esta, y su buena disposicion y arreglo es uno de los elementos que exige un gran conocimiento práctico de la explotacion y movimiento y que mas influye en la expedicion del servicio, en la rapi-

dez de las maniobras y por consiguiente en la economía de gastos y tiempo.

Una de las bases de una buena disposicion de las vias y dependencias de una estacion consiste en su distribucion por grupos de viajeros, mercancías y material, (cocheras, depósitos etc.) Esta separacion facilita mucho la independencia de las maniobras que exige cada servicio.

El número de vias situadas entre andenes para el servicio de viajeros varia de 2 á 6 ó mas en las estaciones extremas. Las dos laterales ó contiguas á los andenes sirven para el embarque ó desembarque de los viajeros, las intermedias para depósito de carruajes.

Todas estas vias deben estar á cubierto de la intemperie por una armadura de hierro ó de madera que enlaza los dos cuerpos laterales de la estacion. Del lado del frente ó cabeza de esta terminan generalmente las vias en un andén trasversal que une los dos laterales antes indicados; al extremo de cada via debe haber *topes fijos* que paren los choques de los carruajes en movimiento, y eviten los desperfectos que sin aquellos podrian originarse.

Del lado opuesto todas las vias deben estar reunidas por plataformas giratorias y por cambios de via. Cuando las máquinas no penetran al extremo de estas vias, se emplean tambien carros móviles como los indicados en el núm. 70. Para que pueda circularse libremente y sin riesgo entre las vias, y pueda hacerse con facilidad la vuelta de los carruajes en las giratorias, el ancho de la entrevista debe ser de 3 á 4 metros.

En las estaciones intermedias, cuando el camino es de una sola via, solo se emplean generalmente dos vias para que los trenes puedan cruzarse y además uno ó mas *apartaderos* para depósito de wagoes segun las necesidades de cada estacion. La longitud del *desvio* ó segunda via de una estacion debe ser suficiente para contener los trenes mas largos que circulen por la línea; por regla general es conveniente una longitud de 300 á 400 méetros *libres*, esto es, sin contar nada de las curvas que exigen los cambios y cruceros.

75. **Situacion de las estaciones.** En cuanto sea posible las estaciones deben situarse:

1.º Lo mas próximo á las poblaciones y del lado de estas.

2.º Con facilidades para su acceso y en la confluencia de otras vias de comunicacion.

3.º En alineaciones rectas que permitan ver á uno y otro lado una grande extension del camino.

4.º En tramos de nivel que comprendan, no solo la parte entre las agujas extremas, sino hasta 200 á 300 méetros mas á cada lado, á fin de poder moderar bien la velocidad á la llegada y facilitar el arranque á la salida de los trenes.

5.º Al nivel del terreno natural, á fin de evitar los grandes gastos y complicaciones en el servicio que resultan de construirse en desmonte ó terraplen.

Siendo muy obvias las razones en que se fundan las precedentes condiciones, creemos innecesario detenernos mas en su exposicion detallada.

76. **Servicio de mercancías.** Segun la natura-

leza de estas se hace su servicio sobre andenes ó muelles cubiertos ó descubiertos. En los muelles descubiertos se colocan comunmente las maderas, materiales de construccion y en general aquellos efectos que, ó por su excesivo volúmen ó difícil manejo, no pueden tener entrada en los almacenes cubiertos, ó que no son susceptibles de averiarse por su exposicion á la intemperie.

77. Disposicion de los almacenes. Los andenes ó almacenes se disponen ó *paralelos* ó *perpendiculares* á la direccion de las vias; los primeros son casi siempre preferidos por la mayor facilidad y expedicion que prestan al servicio y manejo de las mercancías. En uno ú otro caso su disposicion es casi siempre la misma en todos los caminos de hierro.

Fig. 51.

Algunas veces el servicio se hace sobre un muelle que tiene á un lado la via de hierro y del otro una via ordinaria; las mercancías que han de trasportarse son traídas de este lado por los carros ordinarios y cargadas por el otro sobre los wagoes, y vice-versa para las mercancías que han venido por el ferro-carril.

Otras veces el muelle está dividido en dos por la via de hierro y los caminos para carruajes ordinarios están á uno y otro lado; esta disposicion, cuando el terreno la permite, es económica y facilita mucho el servicio, sobre todo para hacer una division entre las mercancías que llegan por el ferro-carril y las que han de expedirse por el mismo.

La extension superficial de los muelles depende de la naturaleza de las mercancías, del transporte ó movimiento por dia y del tiempo que estén en depósito. Es

por tanto muy difícil apreciar aquella con alguna exactitud, si todos estos datos no son bien conocidos; pero en general, y según los resultados estadísticos y de observación, deben calcularse por término medio *cuatro metros superficiales por tonelada diaria de movimiento.*

78. **Suelo de los muelles.** El apisonado de arcilla, arena ú hormigon se destruye con facilidad y produce muchísimo polvo.

Los suelos de piedra ó losa, si no están hechos con mucho cuidado, son desiguales en la superficie, lo que hace difícil el manejo de algunas mercancías, y destruye algunas veces los bultos, ó les causa averías.

Los suelos asfaltados se destruyen también pronto y además ocasionan á veces averías en las mercancías, comunicándoles mal olor.

Los suelos, á nuestro parecer, preferibles para los almacenes cubiertos son los de madera, si bien son de construcción y conservación más costosa.

En los muelles descubiertos se emplea con buen éxito la grava ó arena gruesa.

En todo caso el suelo de los muelles cubiertos ó descubiertos debe estar al nivel del de los wagones ó sea próximamente á 1,20 metros sobre los carriles de la vía. De otra manera se hace más difícil y costosa la carga y descarga de los efectos.

79. **Almacenes abiertos y cerrados.** Los almacenes cubiertos pueden ser abiertos ó cerrados lateralmente. En las grandes estaciones sería muy costoso cerrar los almacenes como en las intermedias; se les deja

enteramente abiertos, vigilando de noche los efectos que encierran.

Fig, 52.

En las estaciones intermedias, en que ni la importancia de los almacenes exige, ni el personal disponible permite igual vigilancia, los almacenes se construyen generalmente cerrados, y la disposicion mas expedita y conveniente es la indicada en la figura 52. El costado adyacente á la via de hierro está enteramente cerrado de madera ó con un tabique á media asta, con ventanas altas para la luz y con dos portones en los extremos para cerrar la via de hierro. El costado opuesto, de acceso á los carros ordinarios, está provisto de puertas de 2 á 3 méetros de ancho, de dos hojas, y dejando entre una y otra una distancia próximamente igual. Para que estas puertas no entorpezcan las maniobras se hacen generalmente de *corredera* y por la parte *interior* del almacen; la parte comprendida entre puerta y puerta se cierra generalmente ó de ladrillo ó de un fuerte entablonado sobre el mismo entramado de madera, que resulta de los pies derechos de las armaduras y construccion de las puertas. La construccion toda de madera resiste mejor á los choques y movimientos tan frecuentes en estos sitios.

En un extremo, en los almacenes de alguna importancia, se dispone generalmente un pequeño apartado con destino á la oficina de la *factoría* del almacen.

Los almacenes se cubren con armaduras generalmente de madera y cubierta de pizarra, teja, tablas ó planchas metálicas, segun las circunstancias de cada localidad.

80. **Depósitos de carruajes.** En la generalidad

de las líneas los carruajes, que no están de servicio, están depositados en las vías cubiertas de las estaciones extremas (74) y en algunas de las intermedias mas principales.

Las cocheras ó depósitos especiales consisten de ordinario en simples cobertizos de planta rectangular, en donde algunas veces se establecen pequeños talleres de evanistería, pintura etc., por cuya razon deben de estar bien alumbrados y ventilados, y abrigados en tiempo de invierno.

Las vías paralelas de estos depósitos se comunican, bien por medio de giratorias ó mejor aun por un carro de servicio establecido transversalmente (70) á aquellas en todo el frente del edificio. La cubierta de este puede ser de madera ó mejor de hierro por razon de su incombustibilidad.

Conviene que las entrevías de estos depósitos sean muy anchas, á fin de poder circular con mucha libertad, y ejecutar con comodidad las faenas y trabajos que sean necesarios.

81. Depósito de máquinas. Cuando el depósito ha de servir para un pequeño número de máquinas, dos á cuatro, el edificio se reduce generalmente á un cobertizo de forma rectangular; pero esta disposicion es ya hoy poco empleada para los depósitos que han de encerrar mayor número de aquellas, y se han reemplazado por otros, cuya forma permita poner en movimiento cada máquina independientemente de todas las demás, como sucede con las cocheras *poligonales*, cuya planta comprende á veces la circunferencia completa como en las

rotondas, ó solo media circunferencia como en las *semi-rotondas*, ó en fin un arco mas ó menos grande.

Fig. 53.

Con esta disposicion se comprende que, colocando en el centro una plataforma giratoria de máquinas, y dirigiendo las vías del depósito segun los rádios rectos del polígono *a b c d.....* cada máquina puede salir ó entrar sin tocar á ninguna de las demás. La cara interior del depósito es otro polígono semejante y paralelo al exterior; el ancho del depósito se hace generalmente de 15 á 16 méetros libres, á fin de poder, no solo contener la máquina, sino circular libremente y establecer detrás los bancos y útiles que exigen las pequeñas reparaciones.

Segun las circunstancias locales, el terreno disponible y el número de máquinas que ha de contener la cochera, el radio de esta se hace mayor ó menor y la giratoria queda dentro ó fuera del edificio. En un principio se cubrieron completamente las rotondas, pero hoy dia generalmente solo se cubre el depósito propiamente dicho, y se dejan al descubierto las giratorias. Esta disposicion nos parece muy preferible, porque simplifica mucho la construccion, la giratoria solo se deteriora á la intemperie como las demás obras, y el abrigo dentro del depósito, sobre todo en invierno, puede conseguirse sin necesidad de cubrir todo el edificio.

El principal inconveniente de las cocheras poligonales consiste en que, si hay un desarreglo en la giratoria, todo el depósito se inutiliza y las máquinas no pueden salir ni entrar. No son, es cierto, frecuentes estos desarreglos, pero precisamente para evitarlos mas, son necesarias algunas reparaciones de mas ó menos importancia, pero

Fig. 54.

durante las cuales la giratoria no puede funcionar, y para evitar en lo posible estos inconvenientes se ha adoptado últimamente el empleo de dos *semi-rotondas*, separadas por un espacio rectangular, necesario para la colocacion de una giratoria en el centro de cada una de aquellas. Hemos adoptado esta forma en el depósito de la estacion de Santander para catorce locomotoras y nos parece del mejor efecto para atenuar los inconvenientes en las cocheras con una sola giratoria. Cada una de estas sirve la mitad del depósito, y los espacios rectangulares *A* y *B* se destinan á taller de pequeña reparacion, para el jefe del depósito, maquinista y fogoneros de guardia etc. Las dos giratorias están descubiertas y la armadura de madera con cubierta de plancha de hierro está apoyada interiormente sobre columnas de fundicion, situadas en los ángulos del polígono. El muro exterior es todo de fábrica de mampostería con zócalo y ángulos de sillería.

En resúmen, las condiciones que deben llenar los depósitos de locomotoras son

1.^a Que una máquina pueda entrar ó salir fácilmente sin tocar á ninguna de las demás, porque la maniobra de una máquina apagada exige mucho trabajo, emplea muchos brazos y origina muchos gastos, si se repite con frecuencia.

2.^a Que el humo y el vapor que se producen cuando se enciende una máquina encuentren fácil salida, á fin de que ni se cause molestia á los operarios, ni se oxiden las piezas de las demás máquinas.

3.^a Que haya bastante luz para que se pueda trabajar fácilmente bajo las máquinas y en todas sus partes.

4.^a Que el espacio libre al rededor de cada máquina sea suficiente para depositar las piezas que se desmontan, sin perturbar los movimientos ó el trabajo de las máquinas contiguas.

5.^a Que en invierno se pueda conservar en la cochera la temperatura suficiente para evitar la congelacion del agua.

82. Vias de servicio de los depósitos. Además de la via ó vias, que desde la general conduzcan al depósito, debe haber una de cierta extension, en donde las máquinas puedan *pasearse* para surtirse de agua y activar el fuego en los momentos antes de ponerse en marcha; otra ú otras vias de *espera*, en donde las máquinas se estacionan, esperando el momento de su partida. Estas vias deben estar provistas de *botafuegos*, los cuales consisten en unos fosos de 80 centímetros á 1 méτρο de profundidad, 1,20 á 1,40 méetros de ancho, y de una longitud casi igual á la de la máquina, colocados entre los dos carriles de la via. Estos fosos de mampostería ó de ladrillo, que se construyen tambien en las vias del depósito y en muchas de las estaciones intermedias, tienen por objeto *picar* y *tirar* el fuego, limpiar el hogar, y en fin, poder visitar y reparar la máquina y todos sus órganos y mecanismos, situados en la parte inferior de la caldera.

Fig. 50.

83. Depósitos de combustible. El combustible generalmente empleado en las locomotoras es el cok y la hulla, y aun cuando hay una diferencia sensible entre el efecto calorífico de un peso de cok seco y el del mismo peso mojado, sin embargo, como el cok no puede apilarse

en montones de grande altura sin muchas pérdidas ó detritus, y se necesitarian por tanto extensos cobertizos para contener acopios de alguna consideracion, en todos los caminos de hierro se encuentra generalmente el cok en grandes depósitos al aire libre, situados lo mas cerca posible del depósito de máquinas ó de las vias en que estas se estacionan.

Para surtir de carbon las máquinas se establece generalmente una plataforma ó andén de madera ó fábrica, sobre el que el carbon se deposita en cestos, y desde donde se descargan estos en el furgon de la máquina. Este andén se sitúa al lado de aquella via de la estacion en que se detienen las máquinas y generalmente próximo á la toma de aguas, de tal modo que, para economizar tiempo, el surtido de ambas materias se haga simultáneamente.

84. Distancia entre los depósitos de combustible. Esta depende de las condiciones del trazado del camino, de la capacidad del furgon y del consumo por kilómetro. Por término medio la capacidad del furgon para el carbon es de 1,5 á 2 toneladas, y siendo el consumo de las máquinas de 10 á 12 kilogramos por kilómetro, habrá suficiente para un trayecto de 150 á 200 kilómetros; pero como los depósitos de máquinas se establecen generalmente á la distancia de 60 á 100 kilómetros segun las circunstancias, es en estos depósitos en donde se sitúan tambien los del combustible.

85. Depósitos de agua. La eleccion de las aguas que se destinan á la alimentacion de las locomotoras es de una importancia capital; de su buena ó mala

calidad depende la conservacion ó la destruccion rápida del hogar y tubos de la caldera. Las aguas de manantiales están generalmente cargadas de sales calizas, sulfato y carbonato de cal, que por efecto de la ebullicion del agua se depositan sobre las paredes de la caldera. De estas deposiciones, unas se reunen en el fondo de la caldera, pero sin adherirse á sus paredes, otras experimentan una especie de cristalizacion y se adhieren á las paredes del hogar y de los tubos, formando una costra hasta de 4 centímetro de espesor de una dureza extraordinaria y muy difícil de separar de las paredes metálicas. Con este enlucido sedimentario el calor desarrollado por la combustion del cok se trasmite mas difícilmente á la masa líquida y las chapas del hogar y tubos de la caldera se requeman y destruyen, todo lo que es una causa permanente de mal servicio, de inseguridad en la marcha y de reparaciones frecuentes y costosas en el material, por cuya razon deben hacerse todos los sacrificios posibles para procurarse aguas que no tengan estos inconvenientes. Por estos motivos las aguas de los rios son para este efecto generalmente mejores que las de manantial, y deben tomarse en el lecho mismo del rio con preferencia á pozos abiertos á una cierta 'distancia de dicho lecho, en cuyo caso deben estos ponerse en comunicacion directa con el rio por medio de una zanja rellena de piedra gruesa. Sirviéndose de bombas, movidas generalmente por máquinas fijas de vapor, se eleva el agua á unos depósitos cilíndricos de chapa de hierro, establecidos de 6 á 7 méetros sobre la via en soportes ó apoyos de fábrica de cantería ó de madera.

Estos depósitos de palastro, de 4 á 5 metros de diámetro, y de 3 á 4 de altura, tienen una capacidad de 50 á 70 metros cúbicos. La máquina de vapor está generalmente establecida en el mismo edificio que forma cuerpo con el soporte del depósito de agua.

Esta se conduce y vierte al furgon de la máquina, desde el depósito antes dicho, de varios modos;

1.º Directamente por medio de mangas de cuero, en cuyo caso es necesario que los depósitos estén muy próximos á la vía.

2.º Por medio de las *gruas hidráulicas* establecidas al lado de la vía; consisten estas en dos tubos concéntricos verticales, de los que el interior es giratorio, y lleva en su parte superior un brazo horizontal en forma de grua, que ordinariamente está dirigido paralelamente á la vía y perpendicularmente á esta, cuando ha de alimentar la máquina. Este aparato es complicado y dispendioso y se ha simplificado sustituyendo al brazo móvil una manga de cuero, y haciendo fijo el tubo vertical. El pié de la grua comunica con el depósito de agua por medio de una cañería y se establece ó interrumpe la salida del agua por una válvula, maniobrada por medio de una rosca ó por medio de una simple palanca.

3.º *Gruas depósitos.* Como con las gruas ordinarias se emplean de 5 á 6 minutos para llenar el tender ó furgon de la máquina, lo cual puede ser un inconveniente para los trenes de gran velocidad, se han reemplazado aquellas por columnas cilíndricas, bastante elevadas, que contienen una cantidad de agua suficiente para llenar un tender (de 4 á 5 metros cúbicos), provistas de dos tubos

con mangas de cuero, establecidos en los extremos del mismo diámetro y en la parte inferior del depósito; de esta manera la salida del agua se hace casi á *boca llena* y el tender se surte en muy poco tiempo.

86. Medios de preservar el agua de la acción del hielo. Para evitar este grave inconveniente en las gruas se revisten estas de una caja ó tubo de madera, dejando entre esta envolvente y la grua un intervalo que se rellena de paja. En los países muy fríos este medio es insuficiente, y la congelación del agua impide, no solo su salida, sino que rompe la grua por el aumento de volumen.

Por esta razón más, en estos casos, son preferibles á las gruas los pequeños depósitos ó las *gruas depósitos*, porque no solo hay más dificultad para que el agua se hiele por su mayor cantidad, sino que es más posible establecer debajo caloríferos que calienten el agua é impidan por consiguiente su congelación.

87. Distancia entre los depósitos de agua. Como hemos indicado (84) al hablar de los depósitos de combustible, la distancia entre los de agua depende de varias circunstancias peculiares de cada camino; pero por término medio, como los tenders tienen una capacidad de 4 á 5 metros cúbicos y las máquinas consumen unos 100 litros de agua por kilómetro, la distancia entre los depósitos no deberá ser mayor de 40 á 50 kilómetros, y por regla general habrá casi siempre conveniencia en no llegar á este límite.

88. Talleres. Las reparaciones de pequeña importancia que exigen las máquinas, se verifican general-

mente en los depósitos, en donde se establecen los aparatos y útiles mas indispensables al efecto y que constituyen lo que se llama un taller de pequeña reparacion.

De los talleres de gran reparacion, en los que se ejecutan piezas nuevas, y que son, puede decirse, una verdadera fábrica, solo existe uno generalmente en cada línea, establecido allí donde pueden adquirirse con mas economía las primeras materias, los terrenos necesarios para los edificios y en donde pueden proporcionarse operarios mejores y á jornales mas bajos.

Cuando los talleres no tienen una grande extension, pueden establecerse bajo un mismo local ó edificio, lo cual tiene la ventaja de ser vigilado mas fácilmente por el jefe del taller; pero cuando los talleres pertenecen á una línea de grande extension, se componen generalmente de varios departamentos ó cuerpos, cuya comunicacion sea, no solo fácil, sino bien entendida en el orden en que han de hacerse los trabajos.

De todos modos, en pabellones diferentes, ó bajo un mismo edificio, los talleres se subdividen en grupos, en cada uno de los cuales se montan los aparatos ó útiles destinados á cada clase de reparaciones, como el montaje de las máquinas, las forjas, los tornos de ruedas, las máquinas-útiles para taladrar, cepillar etc. los metales, sierras mecánicas, talleres de carpintería, pintura etc. para los carruajes, fundicion de hierro, bronces etc.

El movimiento á los diferentes mecanismos y aparatos de los talleres se produce generalmente por una ó mas máquinas de vapor fijas, que necesitan un local independiente para su establecimiento. Los talleres exigen

además dependencias para habitacion y oficinas del director y empleados en la contabilidad y vigilancia de los trabajos. Los talleres deben estar muy bien alumbrados, ventilados y abrigados en tiempo de invierno, y dispuestos de modo que sea fácil la vigilancia de los obreros y que estos no entren y salgan mas que por una puerta.

Deben tener abundantes depósitos de agua, situados á bastante altura, no solo para la limpieza y trabajos del material, sino para casos de incendios.

Deben construirse en los talleres las vias necesarias en todas aquellas dependencias en que entran las máquinas, ó á donde se conducen y manejan grandes piezas, así como en el taller de carruajes.

Las armaduras de la cubierta de los talleres se hacen generalmente de madera y con mucha solidez, para que puedan servir de apoyo á los árboles ó ejes de trasmision del movimiento desde el motor principal á los diferentes operadores ó aparatos. Las armaduras de hierro se prestarian mal á resistir la trepidacion que aquellas transmisiones producen. El resto de la construccion se hace de fábrica de cantería ó ladrillo segun las circunstancias de cada localidad.

89. **Edificios de la via.** Los únicos edificios que exige la conservacion y vigilancia de la via, son las casetas de los guardas, análogas en su objeto á las de los peones en las carreteras ordinarias. Estas casetas son generalmente de un solo piso bajo de 8 á 10 métrros en cuadro, y su distribucion reducida á cocina y otras dos ó tres piezas, no ofrece particularidad alguna de interés. Se sitúan generalmente en los pasos á nivel y cuando se

construyen en otros puntos, conviene elegir aquellos desde los cuales se distinga á uno y otro lado la mayor extension posible de camino.

En los paises despoblados y montañosos es muy conveniente hacer las casetas para dos guardas, á fin de que puedan prestarse mútuo apoyo en ciertos servicios de noche, y sobre todo en épocas de grandes nevadas en que pueden quedar incomunicados. Las casetas en este caso tienen un frente de 14 á 15 méetros y de 8 á 9 de fondo. Las dos habitaciones se hacen independientes, pero con una misma puerta de entrada.

Las casetas se sitúan de ordinario con el frente principal paralelo á la via y de 4 á 6 méetros de distancia de la explanacion de esta ó algo mas, segun las circunstancias de la localidad.



construyen en otros puntos, conviene elegir aquellos donde las cosas se hallan a tiro y otro lado la mayor extensión posible de terreno.

En los países deshabitados y montanos es muy conveniente hacer las casetas para las guardias, á un lado que puedan prestarse mucho apoyo en ciertos servicios de noche y ademas todo en época de grandes nevadas, en que pueden quedar incomunicados. Las casetas en este caso deben ser frente de 12 á 15 metros y de 8 á 9 de lado. Las dos habitaciones se hacen independientes, pero con una misma puerta de entrada.

Las casetas se sitúan de ordinario con el frente principal paralelo á la vía y de 4 á 6 metros de distancia de la explotación de esta ó otra mina, según las circunstancias de la localidad.

En las localidades de minas, conviene que las casetas estén situadas en un terreno elevado y que se encuentren fuera de las explotaciones, para evitar el ruido y el polvo que se levanta en ellas. En las localidades de minas, conviene que las casetas estén situadas en un terreno elevado y que se encuentren fuera de las explotaciones, para evitar el ruido y el polvo que se levanta en ellas.

En las localidades de minas, conviene que las casetas estén situadas en un terreno elevado y que se encuentren fuera de las explotaciones, para evitar el ruido y el polvo que se levanta en ellas. En las localidades de minas, conviene que las casetas estén situadas en un terreno elevado y que se encuentren fuera de las explotaciones, para evitar el ruido y el polvo que se levanta en ellas.

CAPÍTULO SEXTO.

MATERIAL DE TRACCION Y TRASPORTE.

DESCRIPCION DE LA LOCOMOTORA Y DEMAS MEDIOS DE LOCOMOCION EMPLEADOS EN LOS CAMINOS DE HIERRO.—COCHES Y WAGONES DE TODAS CLASES.

90. **Locomotoras.—Su importancia.—Descripcion general.** Hemos dicho (1) que el verdadero origen de los caminos de hierro y su importancia para los trasportes á gran velocidad, estaban en la aplicacion del vapor á la locomocion, en la invencion de la locomotora. Cuantas mejoras y perfecciones se han introducido sucesivamente en el trazado y ejecucion de estas vias han sido una consecuencia inmediata de los adelantos progresivos en la mayor potencia, velocidad

y marcha mas segura de aquellas máquinas, y siempre que el trazado y explotación de un camino exigen condiciones excepcionales, es de todo punto indispensable asegurarse previamente de que la locomotora, que ha de emplearse, reúne las circunstancias apropiadas á aquellas condiciones. De aquí la inmensa importancia del estudio de la locomotora, del conocimiento detallado de sus diferentes partes, y de su modo de funcionar segun la clase ó destino de la máquina. En la imposibilidad, por muchos conceptos, de exponer aquí una teoría completa de este admirable aparato, creemos sin embargo muy útil indicar, al menos, su manera general de funcionar, y una ligera idea de sus órganos ó partes mas esenciales, prescindiendo á este efecto de la parte histórica, y fijándonos solo en el estado á que las máquinas han llegado hace ya algunos años.

Una locomotora es una máquina de vapor, de que, á diferencia de las fijas, forman parte la caldera, la chimenea, y hasta los depósitos de agua y combustible.

En general puede dividirse, como toda máquina, en cuatro partes esencialmente distintas.

1.^a *El aparato de vaporizacion, ó generador del motor ó caldera.*

2.^a *Los cilindros ó receptores del motor.*

3.^a *Los órganos de trasmision del movimiento, y*

4.^a *El bastidor ó soporte que sostiene todo el aparato, y que sirve á la vez de operador ó medio de propulsion.*

Ya como pieza separada, ó formando parte de la máquina, nos ocuparemos tambien del *furgon ó tender*, destinado principalmente á servir de depósito de combusti-

ble y agua, necesarios para la alimentacion de la máquina durante su marcha. Cada una de estas partes encierra á su vez varios elementos ú órganos mas ó menos esenciales, y de que sucesivamente se irá haciendo una mencion especial.

Considerado en conjunto, y prescindiendo por el momento de sus detalles, el modo de funcionar de una locomotora es muy sencillo. Por efecto de una combustion activa, el agua contenida en la caldera pasa sucesivamente al estado de vapor, que, despues de haber adquirido la *fuerza elástica ó tension* necesaria, se recoje en un tubo de *toma de vapor*, por el que se dirige á los *cilindros*, situados uno en cada costado de la máquina; en estos se encierra un *piston ó émbolo* análogo al de una bomba, que, empujado alternativamente en uno ú otro sentido por el vapor, produce un *movimiento rectilíneo alternativo ó de vaiven*, que se convierte en *circular continuo* por el intermedio de una *biela* ó palanca articulada por un extremo á la varilla del piston, y por el otro á un boton ó *manivela* fija á las ruedas motoras, y cuyo radio, ó distancia al eje de estas, es necesariamente igual á la mitad de la longitud del cilindro ó *carrera del embolo*; solicitadas así las ruedas motoras, y no pudiendo, en general, resbalar sobre los carriles á causa del rozamiento ó de la *adherencia*, la accion del vapor tiene por efecto hacerlas *rodar*, y de imprimir á toda la máquina, y al tren que esta remolca, un movimiento de propulsion y de avance sobre la via.

Tal es en general el modo de funcionar de la locomotora; réstanos ahora exponer, con algun mayor deteni-

miento y detalle, las diferentes partes de que consta, y la manera con que cada una está dispuesta para la mejor produccion de la locomocion.

Fig. 55.

91. **Aparato de vaporizacion.** La caldera ó aparato de vaporizacion se compone principalmente del *hogar*, de los *tubos de aire caliente*, de la *caldera* propiamente dicha, de la *caja de humo*, y de la *chimenea*, con las demás piezas accesorias y mas ó menos importantes de cada una de estas partes. La figura 55, que representa la seccion longitudinal de una locomotora con su furgon, servirá para la inteligencia de la descripcion general hecha, y de las partes principales de que hemos de ocuparnos.

92. **Del hogar y tubos.** El hogar *HH* se compone de una caja invertida, llamada *caja de fuego*, de forma ó seccion generalmente rectangular, y construida con chapas de cobre, que aunque mas caras que el hierro, resisten mejor á la accion del intenso calor á que están expuestas. En la posterior de estas caras ó paredes está practicada *la puerta* del hogar, destinada á la introduccion del combustible, y la pared opuesta ó anterior, llamada *placa tubular*, recibe los extremos de los tubos, de que se hablará despues.

La superficie exterior del hogar, excepto la correspondiente á la cara posterior ó de la puerta, está rodeada de una capa de 8 á 10 centímetros de agua, y para resistir á la presion del vapor, las caras laterales están unidas á la *envolvente exterior* por una série de riostras ó cilindros de cobre, bien remachados en las dos chapas, y el *cielo* ó *techo* del hogar está igualmente fortificado con

armaduras de hierro, que le impiden ceder y doblarse bajo la considerable presión del vapor que debe resistir.

El combustible depositado en el fondo de esta caja se apoya sobre la *parrilla*, formada por una serie de barras *ab* de hierro forjado ó laminado, apoyadas sobre un cuadro fijo ó móvil, y á la distancia media de 2 á 2,5 centímetros, ó menor segun la clase de combustible empleado, y de modo que por estos huecos pueda entrar la cantidad de aire necesaria y suficiente para una activa combustion.

Las barras de la parrilla se colocan siempre en el sentido de la longitud de la máquina, á fin de que se pueda limpiar y picar el fuego con mas facilidad, y que, en caso de accidente, se pueda arrojar ó hacer caer con toda brevedad. Con este mismo objeto se emplea tambien la parrilla de báscula, ó móvil al rededor de uno de sus lados, y sostenida por el otro sobre ganchos, que el maquinista puede quitar por medio de una varilla de hierro desde la plataforma de la máquina.

El *cenicero c c* es una especie de caja de palastro, de forma rectangular, abierta por delante y situada debajo de la parrilla con objeto de recoger las cenizas y pequeños fragmentos del combustible, que de otro modo pueden ser, y son en efecto, lanzadas á grandes distancias, y ocasionar incendios. A pesar de las objeciones presentadas acerca de la conveniencia del cenicero, no solo porque se oponga al tiro ó corriente de aire, sino por la dificultad de arrojar el fuego, limpiar el hogar etc. etc., creemos sin embargo que la existencia del cenicero es útil, y que sus principales inconvenientes pueden evitar-

se, ó al menos atenuarse, ya haciendo el fondo móvil, ya con otras disposiciones empleadas en algunas máquinas.

Uno de los principales inconvenientes con que durante muchos años se luchó en la construcción de las locomotoras fué la dificultad de aumentar la potencia de vaporización, y por consiguiente su velocidad. El ya citado Ingeniero inglés R. Stephenson venció prácticamente esta dificultad en 1829 en su máquina *el cohete*, haciendo atravesar la caldera por 25 tubos, con el objeto de aumentar en una considerable proporción la *superficie de calentamiento* ó sea de contacto de los gases calientes con el agua que debe convertirse en vapor. Esta fué la base de las sucesivas perfecciones; el número de tubos ha ido aumentando hasta 200 y aun mas, y su superficie de calentamiento total es hoy de 10 á 12 veces mayor que la del hogar. Los tubos hoy empleados son generalmente de latón, de 4 á 5 centímetros de diámetro, y de 2,5 á 3 milímetros de espesor; atraviesan toda la caldera desde la caja de fuego hasta la de humo, en cuyas caras se sujetan en los agujeros correspondientes por medio de casquillos de acero, metidos á fuerza de martillo, y que se remachan hasta cerrar bien las juntas.

93. **Hogares fumívoros.** Las pequeñas dimensiones de los hogares ordinarios hacen que, particularmente en el momento de la carga, no entre la cantidad de oxígeno suficiente para una completa combustión, y de aquí la producción de un humo muy denso, y la pérdida de las materias volátiles que tampoco se queman, y que no solo son causa de incomodidad y mal olor para el viajero, sino un perjuicio efectivo por la pérdida de los

elementos caloríficos no aprovechados. La necesidad, cada dia mayor, del empleo de la hulla en las locomotoras ha sugerido, para evitar estos inconvenientes, diferentes disposiciones, mas ó menos ingeniosas, pero que todas tienen por objeto el poder introducir y dirigir hácia la parte posterior del hogar cierta cantidad de aire fresco que, préviamente calentado por su paso á través de la hulla carbonizada, se mezcle con el humo y los productos gaseosos en las condiciones de temperatura convenientes, para que la combustion se verifique de una manera completa.

Los aparatos con este objeto empleados no parecen haber producido resultados muy completos. Uno de los que á nuestro juicio reúne mejores condiciones, no solo para este objeto, sino por ser un gran elemento de vaporizacion, por la ventaja de poder aprovechar el carbon menudo, y la facilidad de tirar, limpiar y encender el fuego, es el hogar de Belpaire, empleado en las máquinas sistema Vaessen, del ferro-carril de Santander, y que hemos descrito en la Revista de obras públicas de 1863.

94. **Cuerpo cilíndrico de la caldera.** La parte de la caldera atravesada por los tubos, y que contiene el agua, es un cilindro, generalmente de seccion circular, formado por chapas de palastro de 12 á 13 milímetros de espesor. Este cilindro está limitado por delante por la placa de la caja de humo, y posteriormente, solo en parte de su altura, por la placa tubular de la caja de fuego.

Para evitar el enfriamiento debido al contacto del aire con la caldera, se rodea la chapa de palastro, antes indicada, de otra mas delgada, entre las cuales se coloca

otra envolvente de madera y á veces de fieltro, ó mas sencillamente se considera como aislador suficiente la capa de aire contenida entre las dos envolventes.

La caldera no está toda llena de agua, sino solamente de la necesaria para envolver y cubrir todos los tubos y el cielo del hogar; en el resto superior se reúne el vapor producido por la ebullición del agua; es conveniente que este espacio sea el mayor posible, para obtener y tomar el vapor al estado de la mayor sequedad, y con este objeto, cuando no es posible aumentar el diámetro de la caldera, se sitúa en esta, ya sobre el hogar, ya en otro punto cualquiera de su longitud, una nueva capacidad *EE* llamada generalmente *cúpula de vapor*.

Fig. 55.

Hoy se construyen de preferencia las calderas con el mayor radio posible según el ancho de la vía, órganos de trasmisión etc., suprimiendo la cúpula de vapor, y entonces la envolvente exterior ó cúpula de la caja de fuego, es una continuación del cuerpo cilíndrico de la caldera.

Fig. 57.

95. **Caja de humo, chimenea.** La caja de humo es una capacidad *FF* situada en la parte anterior de la caldera á donde á través de los tubos van á parar los productos de la combustión, y de aquí á la atmósfera por medio de la *chimenea LL*, colocada sobre la parte superior de la caja de humo.

La chimenea es generalmente cilíndrica, abocinada ó ensanchada en su parte superior, y formada por chapas de palastro. No siendo posible darla, como en las máquinas fijas, toda la altura necesaria para producir un tiro ó corriente de aire, tan fuerte como exige la combustión activa del hogar, se consigue este objeto por medio de

un chorro de vapor, que, despues de haber actuado en los cilindros, verifica su salida á la chimenea, y de allí á la atmósfera por medio de un tubo de escape ó tobera *TT*, que, produciendo en la chimenea una fuerte aspiracion, hace pasar á través del combustible de la parrilla, y despues por los tubos la cantidad de aire necesaria para una activa combustion. El efecto de la tobera, como se ve, no es contínuo, pues á cada vuelta de la rueda corresponden cuatro escapes sucesivos, pero atendida la velocidad ordinaria de la marcha, aquel efecto puede mirarse como sensiblemente contínuo.

El empleo del vapor para aumentar el tiro es tambien debido á R. Stenenson; esta aplicacion y la de la caldera tubular son los dos grandes elementos de vaporizacion de la locomotora, y á los que esta debe toda su importancia.

Una de las mejoras despues introducidas ha sido la de hacer *variable* la seccion del tubo de escape por medio de un sencillo mecanismo, especie de válvula manejada por una palanca desde el puesto del maquinista, lo que permite aumentar ó disminuir la velocidad de salida del vapor, en proporcion al estado de la combustion, al gasto de vapor en los cilindros y á la contrapresion detras de los pistones, á fin de obtener del vapor el mayor efecto útil posible.

Para aminorar y aun destruir el tiro, mientras que las máquinas (encendidas) están paradas en los depósitos y estaciones, la chimenea tiene generalmente en su extremidad un capucho ó tapadera, formada de un disco de palastro, móvil al rededor de un eje fijo sobre el mismo borde de la chimenea.

Para evitar el escape y proyeccion á largas distancias por la chimenea de las chispas y pequeños fragmentos de carbon encendido, y los incendios que estos pueden ocasionar, la disposicion mas conveniente consiste en formar una especie de rejilla ó alambreira, sobre un marco ó cuadro de hierro, sujeto en la caja de humo, sobre la fila superior de tubos. Los pequeños trozos de cok, que atraviesan los tubos, tropiezan así contra esta rejilla, y caen al fondo de la caja de humo.

96. **Aparatos accesorios ó dependientes de la caldera.—Tubo de toma de vapor.—Manómetros.** Ya se ha indicado que á fin de evitar que el agua agitada por la ebullicion, por la presion del vapor, y por el mismo movimiento de marcha, no se mezcle al vapor que ha de actuar sobre los pistones de los cilindros, conviene hacer la toma de vapor á la mayor altura sobre el nivel de aquella. Esta toma se verifica por medio del *regulador*, que consiste generalmente en un disco móvil circular, en el que hay practicadas cuatro ó mas aberturas que corresponden á otras análogas y fijas en la extremidad del tubo, manejado á voluntad por el maquinista por medio de la palanca *M*. Otras veces el disco en vez de ser circular y móvil al rededor de un eje central, es de *corredera* y consiste en una placa rectangular móvil, penetrada de muchos orificios tambien rectangulares, y que *corre* ó resbala sobre otra placa fija, con sus aberturas correspondientes, y manejada desde el exterior del modo antes indicado. En uno y otro la entrada del vapor en el tubo se verifica cuando se corresponden en parte ó todo las dos séries de aberturas, y es conveniente

Fig. 58.

que su superficie sea la menor posible, á fin de que no ofrezca mucha resistencia para su manejo.

Fig. 55.

El tubo de toma de vapor *V V* recorre horizontalmente toda la parte superior de la caldera, atraviesa la placa tubular de la caja de humo, se encorva allí verticalmente, y se subdivide en dos ramas que conducen á las cajas de vapor de los cilindros, de que se hablará despues.

El manómetro tiene por objeto medir la tension del vapor en la caldera, cuyo conocimiento es á cada instante necesario al maquinista. Los manómetros de aire libre no son aquí aplicables como en las máquinas fijas á causa de la grande altura del tubo indicador, y los de aire comprimido son poco sensibles. Los mas generalmente empleados son el de Bourdon y el de Desbordes.

Fig. 59.

El manómetro de Bourdon consiste en un tubo metálico arrollado en forma de espiral, que el vapor tiende á rectificar, obrando en el interior de dicho tubo, y que pone en movimiento una aguja que, sobre un cuadrante, indica el valor de la presion.

En el manómetro de Desbordes el vapor actúa sobre un pequeño émbolo, cuya varilla se apoya en una lámina de acero, fija por sus extremos, y la obliga á tomar una curvatura mas ó menos grande. Esta lámina, á manera de palanca, mueve un arco dentado que comunica á un piñon, sobre el que está fija la aguja, la rotacion que indica la presion del vapor.

Esta se expresa generalmente en kilogramos por centímetro cuadrado, y mas frecuentemente aun en atmósferas, teniendo presente que la presion de una atmósfera equivale á 1,034 kilogramos por centímetro cuadrado.

Las locomotoras marchan generalmente con la presión de 7 á 8 atmósferas, y consultando las tablas que indican las relaciones que existen entre la tensión en atmósferas, en kilogramos por centímetro cuadrado, y la temperatura del vapor, se ve que á 8 atmósferas, por ejemplo, corresponden 8,268 kilogramos por centímetro cuadrado y una temperatura de 170°.

Siguiendo la costumbre y anotaciones inglesas, los manómetros están graduados muchas veces en libras por pulgada cuadrada, y para su reducción á atmósferas basta observar que una atmósfera equivale á 15 libras por pulgada cuadrada, ó próximamente á 30 pulgadas de mercurio, todo en medidas inglesas, que reducidas al sistema métrico equivale á 1,054 kilogramos por centímetro cuadrado, valor algo superior al antes indicado, pero casi insignificante en la práctica.

Los manómetros están colocados en el frente posterior de la máquina, encima de la puerta del hogar, y por tanto constantemente á la vista del maquinista.

97. **Niveles de agua y llaves.** Un tubo de cristal que, por medio de otros dos, comunica por su parte inferior con el agua y por la superior con el vapor, señala constantemente al maquinista el nivel que el agua tiene en la caldera. Este mismo objeto tienen tres llaves, llamadas de prueba, de las que la superior debe comunicar *siempre* con el vapor, la inferior con el agua, y la intermedia indicar el nivel mínimo de esta.

98. **Silbato.** Consiste este en una especie de campana de bronce como la de los relojes, sostenida sobre un eje vertical, y contra cuyo borde, cortado en bisel, viene á

herir el vapor que, por medio de una llave manejada por el maquinista, sale por una hendidura anular practicada en un casquete esférico, y situada muy cerca y frente del borde del silbato, produciéndose así un sonido fuerte y metálico, con el que se hacen las señales convencionales y reglamentarias que indican los varios accidentes y necesidades que el tren en marcha reclama.

99. Válvulas de seguridad.—Tapon fusible. Llaves y tapon de limpieza. Las válvulas de seguridad tienen por objeto impedir que el vapor adquiera una tension excesiva, dando salida á este antes que llegue á la tension límite marcada para cada máquina. Las válvulas son generalmente dos, situadas una al lado ó detrás de la otra, y en la parte mas elevada de la caldera. Cada válvula consta de un disco circular que cierra ó encaja perfectamente en una abertura ligeramente cónica. Ordinariamente el radio de este disco es de 0,05 metros, y si se supone que la tension límite del vapor sea de 7 atmósferas, el disco deberá tener una sobrecarga de $6 \times 1,034 \text{ kil.}^s \times 78,6 \text{ c. c.} = 487,32 \text{ kil.}^s$. Esta presion no se obtiene directamente, sino por el intermedio de una palanca de segundo orden, en cuyo extremo móvil actúa un resorte en espiral, cuya tension puede aumentar ó disminuir lo conveniente por medio de una tuerca, y segun la relacion de los brazos de la palanca, á la que el disco ó válvula está unida en su centro por medio de un vástago ó varilla vertical. En las máquinas fijas se emplea en vez de resorte un contrapeso inaplicable á las locomotoras, por las trepidaciones continuas de la marcha.

Fig. 61.

El *tapon fusible*, de plomo, está situado en el cielo

del hogar, con el objeto de que cuando, por un descuido ó causa cualquiera, baja el nivel del agua y descubre el cielo ó cubierta del hogar, este tapon se funde, el vapor se precipita en el hogar, apaga el fuego y evita por consiguiente que el hogar se quemé, y se ocasionen mas funestas consecuencias.

En el fondo y paredes de la caldera se reúne de tiempo en tiempo una cierta cantidad de sales y depósitos terrosos, que se adhieren mas ó menos á la superficie, y de que las aguas están mas ó menos cargadas. Para evitar la aglomeracion de estos depósitos, tan perjudiciales á la conservacion de la caldera y rápida vaporizacion del agua, hay generalmente en la parte baja de la caja de fuego dos *llaves de limpieza* por donde se puede dar salida al agua de la caldera para lavar y limpiar esta. Con este mismo objeto la caldera tiene, ya una grande abertura circular especial, ya la correspondiente al asiento de la cúpula, que permite la entrada de una persona para visitar, limpiar y reparar la parte interior.

100. **Cilindros.—Embolos.** Se ha visto (90) que el vapor, despues de recorrer el tubo de toma de vapor, entra en dos cilindros, simétricamente dispuestos á uno y otro lado del eje de la máquina. Cada cilindro consiste en un tubo de fundicion, perfectamente liso en su interior, y cerrado por sus dos extremos por dos piezas tambien de fundicion, bien sujetas al cilindro por medio de abrazaderas y pasadores de rosca y tuerca. Los cilindros están generalmente situados debajo ó al lado de la caja de humo, ya horizontalmente, ó con una ligera inclinacion que no debe exceder de 20° á 25° , y perfectamente fijos

y bien sujetos al bastidor de la máquina. En los dos extremos inferiores de cada cilindro hay una llave de bronce, manejada á voluntad por el maquinista por medio de una varilla ó palanca, á fin de dar salida al agua condensada por el enfriamiento de los cilindros, y á la que es arrastrada allí muchas veces por la misma fuerza del vapor.

El cuerpo del *piston* ó *émbolo* consta de dos discos, de un diámetro algo menor que el cilindro, sujetos uno á otro por medio de pasadores de rosca, y en cuyo centro se fija por medio de un pasador ó clavija el extremo de la varilla terminada en forma de cono simple ó doble. Entre los dos discos ó platillos se fija la *guarnicion* del piston, compuesta de dos anillos superpuestos de bronce ó fundicion, y formados por varios segmentos á juntas encontradas, á fin de que por medio de resortes interiores puedan aplicarse siempre á las paredes del cilindro. Las guarniciones de cáñamo no son aquí aplicables, porque pierden pronto toda su elasticidad. La varilla del émbolo atraviesa la cubierta posterior del cilindro por medio de la *caja de estopas*, ó cavidad cilíndrica, en la que se comprimen las hebras ó trenzas del cáñamo bien ensabado, por medio de cubiertas bien sujetas por pasadores de rosca. Como, á pesar de los mayores cuidados, los pistones de fundicion se rompen con mucha frecuencia, se hacen hoy ya de hierro forjado, no obstante las dificultades que ofrece la forja de piezas de esta clase.

401. Distribucion del vapor y trasmision del movimiento.—Cajas de distribucion.—Correderas. — Bielas. — Manivelas. — Excéntricas. Veamos ahora como la fuerza elástica del vapor produce

Fig. 62.

sobre los émbolos el movimiento de vaiven al principio indicado. Cada cilindro tiene lateralmente en sus dos extremos una abertura prolongada *a a'* que constituye las *luces* ó conductos de entrada del vapor, que terminan en dos aberturas rectangulares, practicadas en una superficie plana, sobre la que se mueve la *corredera* de distribución, especie de caja invertida, que por medio de una varilla recibe como el émbolo un movimiento de vaiven, cerrada ó cubierta por una *caja* fija al cilindro, y á la que viene á terminar el tubo de toma de vapor. Entre estas dos aberturas hay otra *A* mas ancha, cubierta siempre por la corredera, y que por medio de un tubo dirigido á la chimenea comunica con la atmósfera y sirve por tanto para el *escape* del vapor, despues que ha funcionado en el cilindro.

En la posicion indicada en la figura, el vapor penetra en el cilindro por la abertura *a* y empuja al émbolo hasta el extremo opuesto; si ahora la corredera *c* por una combinacion del mecanismo sigue su marcha de avance hasta ocupar la posicion señalada de puntos, cuando el émbolo ha llegado al extremo de su carrera, el vapor, cesando de entrar por la abertura *a*, lo hará por la otra *a'* que la corredera ha descubierto, empujará al émbolo en sentido contrario, haciendo que este tome una marcha retrógrada, y que el vapor que está detrás de él marche á la atmósfera por la abertura y tubo de escape *A*. Un nuevo movimiento de la corredera, análogo al anterior, invierte el juego del vapor, cuando el émbolo ha llegado al final de su marcha retrógrada, y se produce en consecuencia el movimiento rectilíneo alternativo.

Fig.ª 47.

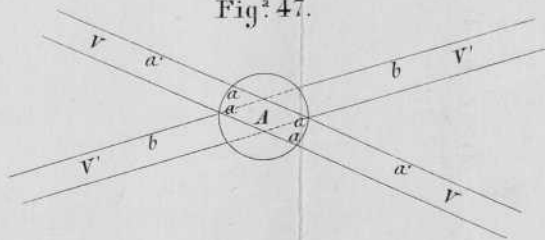


Fig.ª 51.

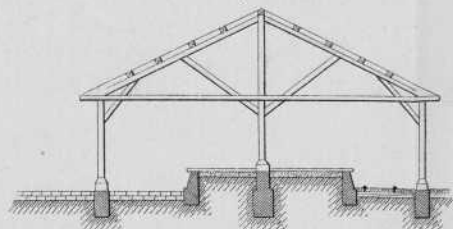


Fig.ª 54.

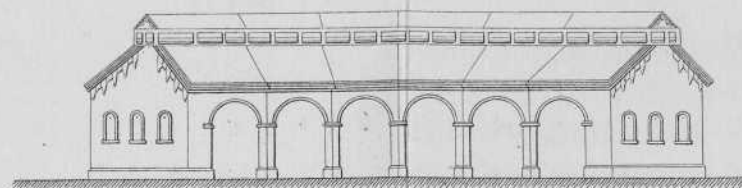


Fig.ª 48.

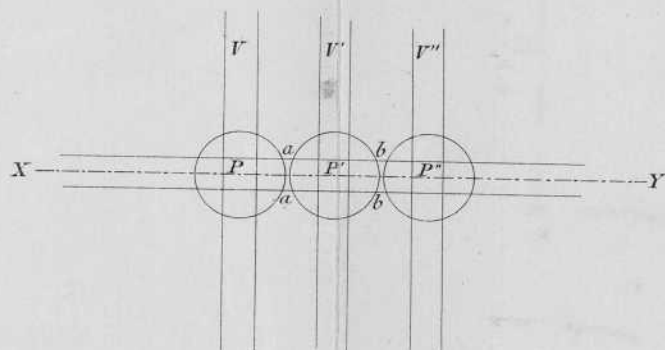


Fig.ª 52.

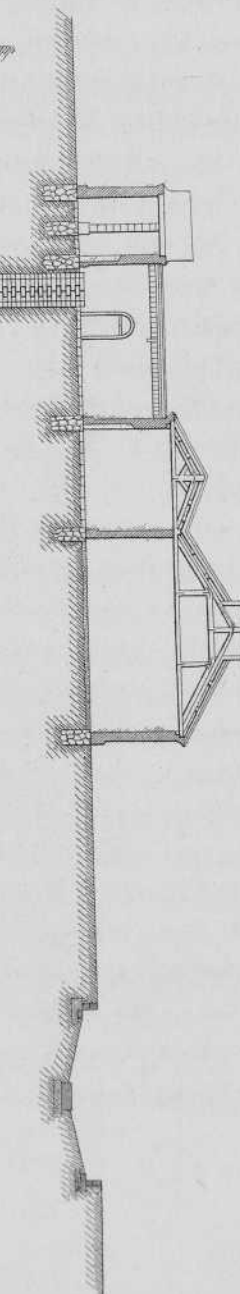
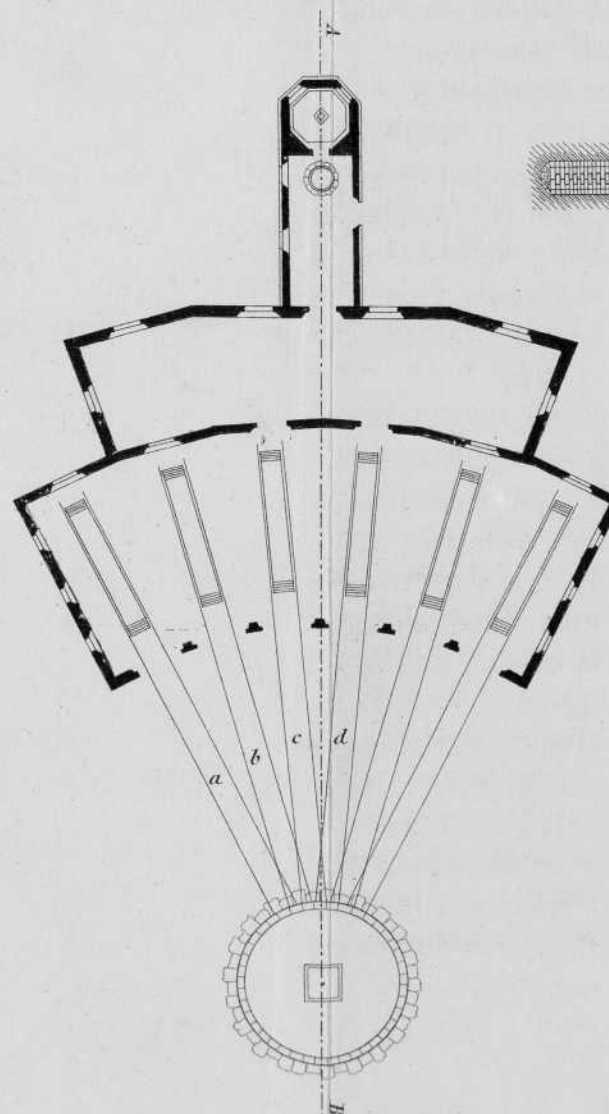
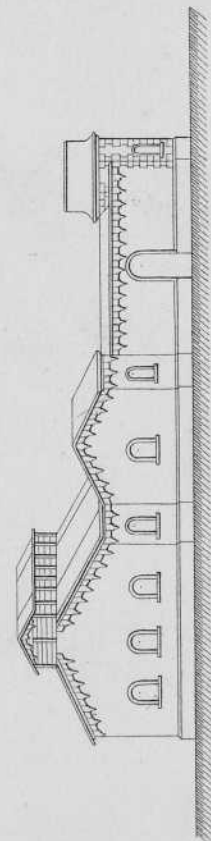
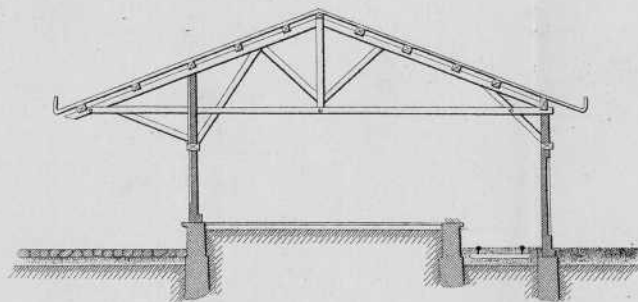


Fig.ª 49.

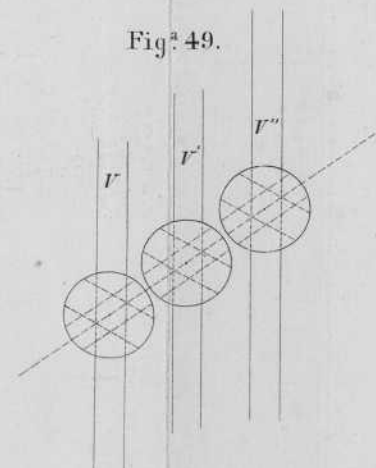


Fig.ª 53.

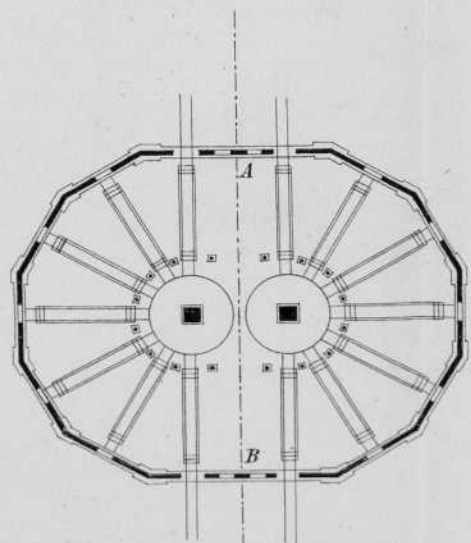
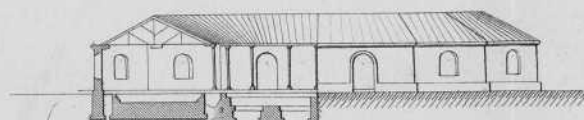


Fig.ª 50.



Escala 1/500 metros

El de la corredera está producido por el mismo *eje motor* ó que sostiene las *ruedas motoras*. La varilla del émbolo, por medio de la *biela*, barra articulada unida á aquella y á la *manivela* del eje, imprime á este un movimiento de rotacion continuo. Las manivelas de las dos ruedas están montadas á ángulo recto, con cuya disposicion y el efecto debido á la velocidad adquirida, se consigue que el movimiento no se retarde ó perturbe cuando una de ellas está en su *punto muerto*, es decir en la horizontal del eje del cilindro, pues entonces la otra está en su mayor velocidad, ó lo que es lo mismo que, cuando un émbolo está al final de su carrera, el otro está á la mitad de la suya. El eje, puesto así en movimiento, solicita á la corredera de distribucion por medio de otra manivela, ó mas generalmente por medio de una *excéntrica*, situada á ángulo recto respecto á la manivela del émbolo, de modo que, cuando el movimiento de este se amortigua para retrogradar, el de la corredera se acelera para llegar á su máximun y vice-versa. Así, si los dos rebordes extremos de esta tienen un espesor exactamente igual al ancho de las aberturas ó luces, y se arregla su marcha de modo que dichos rebordes cierren exactamente las aberturas, cuando el émbolo llega al fin de su carrera, en el momento en que empiece á retrogradar, la corredera descubrirá con mucha rapidez la abertura que dá paso al vapor.

Como se ve por esta descripcion, el vapor por medio de los émbolos trasmite su presion á la manivela del eje motor, y hace girar á este de una manera continua, y por tanto á las dos ruedas solicitadas por la accion com-

binada de una fuerza permanente, que obra á una distancia constante del eje.

En la mayor parte de las máquinas, las correderas están colocadas verticalmente al costado de los cilindros, y la varilla de cada una está solicitada por una excéntrica que consiste en un disco de metal, fijo al eje por un punto que no es su centro de figura, y rodeado de un collar ó anillo que mueve la biela de distribución ó *barra excéntrica*. El movimiento de la excéntrica equivale por tanto al de una manivela, cuyo radio es la *excentricidad* ó sea la distancia entre el eje motor y el del disco.

En las locomotoras es con frecuencia necesario *marchar hácia atras*, cuyo objeto se consigue hoy fácilmente por medio de *dos* excéntricas para cada cilindro, una para la marcha *adelante* y otra para la de *atras*, y por medio de la palanca ó mecanismo llamado de *cambio de marcha* se enraya ó une á voluntad la varilla de la corredera con una ú otra de las excéntricas.

102. **Avance de la corredera.—Ensanche de sus bordes.—Expansion fija y variable.** Las explicaciones precedentes se fundan en la *posicion normal* de la corredera; pero ya por falta de precision en el montaje, ya por el juego natural que con el uso toman las diferentes piezas, sucede casi siempre que la corredera se *retrasa* respecto á su posicion teórica, de lo que resulta que por no descubrirse la luz de admision del vapor y continuar abierta la opuesta, al retrogradar el émbolo se produce un vacío detras, y una contrapresion delante, y en resúmen un trabajo resistente en vez de un trabajo motor, lo que está remediado actualmente en casi todas

las máquinas, montando la excéntrica con un *avance angular* que produzca un *avance lineal* de 4 á 5 milímetros.

Para obtener resultados mas ventajosos, y aprovechar el vapor de la manera mas económica, ha sido necesario llevar aun mas adelante estas modificaciones. Cuando el émbolo, en el final de su carrera, empieza su marcha retrógrada, ni el vapor que está delante de él puede escapar instantáneamente á la atmósfera, ni el que le ha de empujar puede entrar sino gradualmente. Para remediar la pérdida de trabajo, debida á esta *contrapresion*, se ha aumentado el *avance* de la corredera, de manera que cuando el émbolo llegue al final de su carrera esté ya descubierta la *luz* de escape, y que por tanto una gran parte del vapor haya salido ya á la atmósfera. Este adelanto del escape tiene la ventajosa consecuencia de producir análogo adelanto en la admision, de manera que cuando el émbolo retrograda, el vapor, que al entrar en el cilindro experimenta una condensacion, adquiere ya toda su presion; pero como conviene que el avance al escape sea grande, y pequeño el de la admision, se satisface esta doble condicion, dando á la excéntrica el avance angular correspondiente al avance lineal del escape, y reduciendo el de la admision, ensanchando interiormente los bordes ó grueso de la corredera.

La aplicacion del avance y ensanche de los bordes de la corredera se ha ampliado además con el objeto de aprovechar el vapor de la manera mas económica por medio de su *expansion*, esto es, haciendo que el vapor entre en los cilindros hasta cierta longitud de la carrera

del émbolo $\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$ etc., por ejemplo, y cerrando entonces la luz ó abertura de admision, aprovechar para el resto de la carrera la fuerza *expansiva* del vapor allí encerrado, hasta el momento en que empiece su escape á la atmósfera. Este trabajo sobre el émbolo, *sin consumo de vapor*, es el debido á la *expansion* y, estudiando los movimientos relativos de la corredera y del émbolo, es fácil ver que puede obtenerse ensanchando *exteriormente* los bordes de la corredera en una longitud igual ó algo menor que el correspondiente al avance, ó segun el grado de *expansion* que quiera obtenerse.

La *expansion* así producida es la *expansion fija* de cada locomotora, que ordinariamente es de $\frac{1}{3}$ á $\frac{1}{2}$; cuando es mayor ofrece ya notables inconvenientes, sobre todo para el arranque del tren. Hay además en algunas máquinas la *expansion variable* por medio de dos y aun tres correderas, ó de otros mecanismos complicados, cuya descripcion nos separaria demasiado de los límites de estas lecciones.

103. **Bombas de alimentacion.—Aparato Giffard.** Entre los accesorios dependientes á la vez de la caldera y de los órganos de trasmision del movimiento, deben clasificarse las bombas destinadas á surtir de agua á la caldera. Estas son dos, correspondiente cada una á uno de los cilindros, de las llamadas aspirantes é impelentes, y compuestas en su esencia de un cuerpo de bomba, en que se mueve un émbolo, solicitado ya por la horquilla ó cabeza de la varilla del émbolo del cilindro, ó por una de las excéntricas.

Al cuerpo de bomba están unidos dos tubos, el de *as-*

piracion en comunicacion con el furgon y el de *impulsion* con la caldera, provistos uno y otro de sus correspondientes válvulas generalmente esféricas. Como las bombas funcionan constantemente cuando la máquina está en marcha, se puede arreglar y detener á voluntad la alimentacion por medio de dos llaves manejadas por el maquinista, y situadas una en un punto cualquiera del tubo de aspiracion y otra en el de impulsion.

En sustitucion de las bombas se ha inventado hace pocos años un aparato notabilísimo, cuya explicacion teórica no está aun dada por completo, y conocido por el *inyector Giffard*, nombre de su inventor, por medio del cual se produce á voluntad un chorro ó corriente continua de agua desde un tubo cónico, puesto en comunicacion con el depósito del furgon á otro tubo tambien cónico en comunicacion con el agua de la caldera, estando á muy pequeña distancia los orificios ó extremos de estos dos tubos. El primero puede ponerse además en comunicacion con el vapor de la caldera, y el chorro de vapor que por él se precipita parece producir la *aspiracion* del agua del furgon de una manera análoga á la corriente de aire que en la chimenea producen las inyecciones del vapor de los cilindros. Hemos visto funcionar estos aparatos de una manera satisfactoria en las máquinas-tenders del ferrocarril de Santander, y su aplicacion nos parece muy útil, porque entre otras tiene la inmensa ventaja de funcionar, lo mismo estando la máquina en marcha que parada. La explicacion detallada de este aparato puede verse en la Revista de obras públicas de 15 de marzo de 1861.

104. Bastidor y soportes de la máquina.—
Ruedas.—Ejes etc. El bastidor ó armazon que sostiene la caldera y cilindros es un cuadro formado por dos *largueros* de plancha de hierro, colocados de canto, y dos *traviesas* de madera que unen las extremidades de los largueros, y á las que además están fijos los ganchos de traccion y cadenas de seguridad. Las traviesas van tambien provistas en sus extremos de *topes* formados por materias elásticas á fin de evitar los efectos perjudiciales de los choques y reacciones bruscas, así sobre el furgon como sobre el carruaje ó tren que la máquina pueda empujar en ocasiones dadas. El bastidor, y toda la máquina á que sirve de apoyo, está sostenido por las ruedas en número variable desde 4 hasta 10. Cada par de ruedas está montado sobre un eje de hierro forjado, con el que puede decirse que aquellas forman un solo cuerpo; cada eje tiene exteriormente, si el bastidor es *exterior*, é interiormente si es *interior*, unas porciones llamadas *husillos*, perfectamente torneados y alisados, sobre los que se apoyan los *coginetes* de bronce ú otro metal, encerrados dentro de las *cajas de grasa*. Cada eje y husillo gira sobre su coginete, constantemente engrasado por el aceite ó grasa depositada al efecto en la parte superior de la caja de grasa, que sostiene la parte correspondiente de toda la máquina por medio de un *resorte* de acero fijo al larguero. Cada caja de grasa está además empotrada entre dos *placas de guia*, fijas invariablemente al larguero y por tanto al conjunto de la máquina, permitiendo únicamente el movimiento vertical correspondiente al juego de los resortes, que oscilan por el peso

de la máquina, y por la acción de los choques debidos á la desigualdad de la vía. Los husillos del eje (ó ejes) motor reobran por el intermedio de las cajas de grasa sobre las placas de guía, para hacer mover la máquina, y los de los demás ejes, no motores, son al contrario arrastrados por el bastidor, y ruedan, obedeciendo al movimiento de traslación de la máquina.

Fig. 63.

Las *ruedas* se componen de un *cubo* de hierro fundido, y ya hoy en muchas de hierro forjado, de *rayos* y *llanta* ó corona interior, y sobre esta la *llanta* propiamente dicha, todo de hierro forjado, y esta última con un reborde ó *pestaña*, que impide á la rueda salir del carril, y por consiguiente de la vía. Los rayos afectan diferentes formas, pero las mas veces son barras de sección rectangular empotradas por un lado en el cubo y terminadas por el otro en forma de *T*, cuyas cabezas unidas y soldadas sirven para formar la corona ó círculo interior sobre que entra la llanta. El gran desgaste y pronta deformación de estas han hecho estudiar modernamente la manera de dar al hierro la mayor dureza posible, y la mayor firmeza y consistencia, construyéndose llantas *sin soldadura* con el auxilio del martillo pilon.

Los *ejes* son tambien de hierro forjado, y entran en el cubo de las ruedas por una extraordinaria presión, comunicada por medio de la prensa hidráulica, sujetándose además el eje al cubo por medio de dos clavijas de acero, metidas á golpe de martillo.

El hierro fundido va desterrándose cada dia mas de todas estas partes de las máquinas, y en general de todo el material móvil, á causa de su gran fragilidad, y las

excepcionales circunstancias del movimiento, y sus bruscas sacudidas, hacen comprender tambien mas cada dia la necesidad de conciliar en lo posible la gran solidez y firmeza de todas las partes del material con su mayor resistencia y elasticidad.

Sin separarnos demasiado del objeto que nos hemos propuesto, no podriamos entrar en explicaciones mas detalladas, que los que quieran pueden ver en las obras especiales que tratan de esta materia. En lo que nos resta de ella, nos vamos por tanto á limitar á dar una *idea general* del modo de apreciar *el trabajo* de una locomotora, de las diferentes clases ó tipos de estas, del furgon ó *tender*, y de los diferentes vehiculos ó *carruajes de transporte*.

105. Cálculo del efecto útil de las locomotoras. Se sabe (Mec.) que *trabajo ó efecto útil* de una fuerza es el producto de su intensidad por el camino recorrido en el sentido de su direccion, y que en toda máquina, cuando su movimiento ha llegado á la uniformidad, *el trabajo motor debe ser igual al trabajo resistente*. Para apreciar estos trabajos en toda su extension, seria necesario exponer una *teoría completa* de la locomotora, y de la manera de obrar la accion del vapor en sus distintos períodos. No es este ni pudiera ser nuestro objeto, creyendo suficiente la exposicion de aquellas reglas mas admitidas y acomodadas á los resultados medios sancionados por la práctica. Sean

p la presion media útil del vapor en los cilindros,

d el diámetro de los émbolos, en centímetros,

l su carrera,

D el diámetro de las ruedas motoras, y

R la resistencia total ó suma de resistencias útiles y pasivas, y que puede asimilarse á una fuerza que obra tangencialmente á la circunferencia de las ruedas motoras.

Durante una revolucion de estas, el trabajo motor será

$$2 \times p \times \frac{1}{4} \pi d^2 \times 2l = p \pi d^2 l$$

y el trabajo resistente será

$$R \times \bar{n} D$$

y por consiguiente

$$RD = p d^2 l \quad \text{ó} \quad R = p \frac{d^2 l}{D} \quad (1)$$

resistencia total que el vapor tendria que vencer en el contorno de las ruedas motoras, y siendo T el número de toneladas del tren $R = \frac{p d^2 l}{D T}$ será la resistencia por tonelada.

En el capítulo primero hemos dado una idea general para apreciar estas resistencias, que Mr. Harding resume en la fórmula práctica siguiente:

$$R = 2^k,72 + 0,094 V + 0,00484 \frac{N V^2}{T} + 1000 i \quad (2)$$

en que

V es la velocidad en kilómetros por hora,

N la mayor seccion trasversal del tren,

T el peso de este en toneladas,

i la inclinacion máxima por métro.

Esta fórmula dá la resistencia por tonelada, que deberá aumentarse, para tener en cuenta las resistencias adicionales de la máquina y vapor, en $1/4$ para los trenes

de viajeros, y en $\frac{1}{5}$ para los de mercancías, cuyo resultado multiplicado por el peso bruto del tren en toneladas, dará la resistencia total buscada.

Las calderas de las locomotoras están generalmente timbradas ó trabajan á la presión máxima de 7 atmósferas, pero atendiendo á la disminución debida á los rozamientos del vapor en los diferentes conductos, á la expansión, al escape anticipado y compresión, el valor de p se aprecia prácticamente en 4,50 atmósferas ó 4,64 kilogramos por centímetro cuadrado.

El valor de R y por tanto el de p para una vaporización dada, tiene otro límite, el del *rozamiento de resbalamiento*, llamado generalmente, aunque con alguna impropiedad, la *adherencia* de la rueda sobre el carril. La adherencia se aprecia generalmente, y como término medio en $\frac{1}{6}$ del peso total de las ruedas y ejes motores, y del que sobre estos carga. Esta fracción es en efecto muy variable sobre todo con el estado atmosférico: en los días de hielos, nieblas, ó en que la vía está ligeramente húmeda, es mucho menor, y las ruedas *patinan* bajo menores cargas.

Mientras que el valor R de la resistencia del tren es menor que el de la adherencia, las ruedas solicitadas por la presión del émbolo se mueven *avanzando* sobre el carril; pero si la resistencia R es mayor que la adherencia, las ruedas resbalarán, *patinarán*, girando sobre sí mismas y por tanto sin avanzar sobre el carril. El *peso adherente* de una locomotora es pues su *potencia máxima*, por lo que, en las locomotoras destinadas á remolcar grandes cargas, se utiliza como *adherente* el mayor peso posi-

ble de la máquina, enlazando ó *acoplando* con las ruedas motoras otro, ó dos ó mas pares de la misma, por medio de bielas ó barras de *acoplamiento* que unen las diferentes manivelas. Todas las ruedas, así enlazadas, son entonces *motoras* y sus radios, así como los de las manivelas, deben ser iguales.

Supóngase, como ejemplo de lo expuesto, que se trata de determinar el peso adherente y demás dimensiones generales de una locomotora, capaz de remolcar un tren de peso bruto de 300 toneladas (con inclusion de la máquina y furgon) á la velocidad de 30 kilómetros por hora, y con la pendiente máxima de 1 por 100, ó 0^m,01 por méτρο. La fórmula (2) de Harding, antes citada, dará para este caso y próximamente:

$R=18,60$, que multiplicada por 300 produce 5580 kilogramos como resistencia total, cuyo número, *multiplicado por 6*, dará 33.480 kilogramos para peso *adherente* de la máquina, y como sobre cada eje no debe cargar un peso *mayor de 12 toneladas*, se ve que dicho peso total debe distribuirse sobre *tres pares de ruedas acopladas*.

Para no fatigar demasiado el mecanismo por una velocidad excesiva de los émbolos, el número de vueltas de cada rueda no debe ser mayor de 2,5 á 3 por segundo. Suponiéndole de dos en el ejemplo anterior, el diámetro igual de las ruedas acopladas sería

$$D = \frac{30.000}{3600'' \times 2 \times 3,1415} = 1^m,32.$$

Fijando además p en 4,64 kilogramos, restaría solo en la fórmula (1) determinar el valor de d^2l , para lo que

por tanteo puede establecerse entre d y l la relacion conveniente.

Segun M. Lechatelier la relacion $\frac{S}{S'}$ entre la superficie de calentamiento del hogar, y la de los tubos debe ser de $\frac{1}{10}$, aunque en algunas máquinas modernas es aun menor y varia de $\frac{1}{10}$ á $\frac{1}{15}$.

Segun el mismo, en la relacion entre la superficie total de calentamiento $S+S'$ y el volúmen de vapor gastado $\pi d^2 l$ á cada vuelta de rueda, expresada aquella en *métros* y el segundo en *decímetros*, ó $\frac{S+S'}{\pi d^2 l}$, la parte variable $\frac{S+S'}{d^2 l}$ debe ser próximamente igual á la unidad.

106. **Diferentes tipos de máquinas.** Segun la naturaleza del servicio á que las máquinas se destinan, se dividen estas generalmente en *máquinas de viajeros ó de gran velocidad*, *máquinas de mercancías ó de pequeña velocidad* y *máquinas mistas*, tipo *intermedio* entre los dos anteriores. Sus principales diferencias son una consecuencia de lo que acaba de decirse en el número anterior.

Las máquinas de viajeros marchan con pequeñas cargas á las considerables velocidades de 50, 60 y hasta 80 kilómetros por hora. Siendo pequeña la resistencia R , hay solo generalmente *un par de ruedas motoras*, cuyo diámetro es grande y varia de 1,70 á 2,10 metros, y aun mas segun que deban marchar á mayor velocidad.

La carrera del émbolo se reduce todo lo posible con arreglo al diámetro de las ruedas hasta el límite antes indicado, esto es que las oscilaciones muy repetidas del émbolo (2,5 á 3 por segundo) en la unidad de tiempo, no desarreglen el mecanismo.

En las *máquinas de mercancías* destinadas, al contrario, á remolcar grandes cargas y pesados trenes á pequeña velocidad, se utiliza como *peso adherente* el mayor posible, acoplando todos ó la mayor parte de los ejes que sostienen la máquina; el diámetro *igual* de todas las ruedas acopladas varia de 1,20 á 1,50 con émbolos de larga carrera y velocidades de 20 á 30 kilómetros por hora.

Las máquinas *mistas* son, como antes se ha dicho, un tipo intermedio entre los dos anteriores, de mucha aplicacion y conveniencia en la explotacion de la generalidad de los caminos de hierro. Marchan á velocidades de 30 á 45 kilómetros, tienen generalmente dos pares de ruedas acopladas de un diámetro de 1,40 á 1,50 métrros, y se destinan especialmente al servicio de los trenes *mistos* ó de viajeros y mercancías.

107. Furgon ó tender. El furgon es una especie de carreton, colocado inmediatamente detrás de la máquina, y cuyo objeto es servir de depósito al carbon y agua, así como á los crics ó gatos, llaves, palancas y otros útiles que pueden ser necesarios en la marcha del tren. Los depósitos de agua del tender varian de 4 á 8 métrros cúbicos y de 1000 á 3000 kilogramos los de carbon, segun las circunstancias especiales de la máquina y del camino.

Fig. 64.

El furgon se compone del bastidor ó soporte y de una caja, generalmente de palastro, montada sobre aquel. El bastidor se apoya de ordinario sobre dos ejes por el intermedio de los resortes y cajas de grasa, como en las locomotoras. Está unido á la máquina por medio del

gancho de atalage, y las cadenas de seguridad, estando además provisto de sus correspondientes *topes* que se aplican á la traviesa posterior de la máquina. En su parte posterior tiene un sistema completo de choque y traccion para su enlace al tren por medio de los *tensores*, *topes* y cadenas de seguridad.

Como parte de los tubos de comunicacion del agua del tender á la máquina debe tener la suficiente flexibilidad para seguir los variados movimientos y posiciones de los dos aparatos, se les hizo en un principio de cuero ó tela, pero eran imperfectos y de costosa conservacion. Se les sustituyó despues con otros enteramente metálicos, con sus correspondientes rotulas ó articulaciones, y por último se reemplazan hoy estos tubos metálicos con otros de caoutchouc vulcanizado, rodeado de una espiral de alambre para evitar las roturas que, sin esto, produciria la presion interior del vapor.

El mismo tubo de comunicacion del agua se une por el extremo del tender á otros dos procedentes de la parte superior de la caldera, y que por medio de llaves manejadas por el maquinista, sirven para aprovechar en calentar el agua del tender el exceso de vapor que se produce en ciertos casos. Por esto se les llama *tubos recalentadores*.

108. **Máquinas tenders.** Se llaman así aquellas máquinas en que el depósito de carbon y agua, en vez de estar en un vehículo separado, se halla formando parte de la misma máquina. En un principio estas máquinas se emplearon casi exclusivamente en el servicio de maniobras de las estaciones por su mayor ligereza, y la

facilidad que la falta del furgon presta en los variados movimientos que este servicio exige. Pero posteriormente, la conveniencia por una parte de disminuir el *peso muerto* del furgon y convertirle en *peso adherente*, y por otra la necesidad de construir calderas de gran longitud, para poder aumentar así su superficie de calentamiento y fuerza de vaporización en armonía con la adherencia, han hecho aplicar este sistema á máquinas destinadas á remolcar pesados trenes en grandes pendientes y á pequeña velocidad. A este sistema pertenece el renombrado tipo de las máquinas Engert, empleadas en el camino de hierro de Soemmering, y mas modernamente en nuestro país las máquinas de diez ruedas, de las que las seis posteriores son acopladas y las cuatro restantes forman un avantren giratorio, empleadas hace 6 años en la explotación del ferro-carril de Alar á Santander, ya citadas al principio de este capítulo. Estas máquinas, en buenas condiciones de marcha y de la vía, cumplen los términos estipulados en su compra de remolcar 200 toneladas, además de su propio peso, en rampa de 2 por 100, y á la velocidad de 20 kilómetros por hora.

109. **Otros sistemas de locomoción.—Máquinas fijas.** La locomotora es el sistema mas perfeccionado, seguro y económico para los trasportes á gran velocidad sobre las vías de hierro, pero se han empleado con mas ó menos éxito otros sistemas, de que vamos á dar una ligera idea.

Las máquinas fijas de vapor han sido empleadas en algunos puntos para la subida de los *planos inclinados* ó trozos de camino de gran pendiente, en que la locomó-

tora no era ya aplicable. Una máquina de vapor fija, situada en la parte alta del plano, pone en movimiento un tambor al que se arrolla un cable tendido y apoyado, á lo largo de la via, sobre poleas, y enganchado al extremo del tren, al que por consiguiente remolca hasta la extremidad superior del plano. La bajada se verifica con un movimiento inverso del mismo ú otro tambor, y auxilio de poderosos frenos para evitar las consecuencias de una velocidad acelerada. Los planos inclinados mejor establecidos han sido los de Lieja de cerca de 2 kilómetros de longitud cada uno, y pendiente máxima de 3 por 100 (*). El coste, las complicaciones en el servicio, y los graves riesgos á que expone han hecho que este sistema esté hoy dia casi generalmente abandonado, al menos para el transporte de personas.

110. Caminos de hierro servidos por caballos. Esta clase de caminos, conocidos ya generalmente con el nombre de tramways ó caminos de hierro americanos, está aun hoy limitada en Europa casi únicamente á la explotacion de las minas, al servicio de algunos grandes establecimientos industriales, ó de algunas poblaciones mercantiles, y de gran movimiento. Mas como este sistema permite reducir mucho el coste de establecimiento de la via, así en cuanto al material de esta, como en lo relativo á las obras de explanacion y fábrica, no dudamos que, económicamente establecidas estas vias, sean de muy útil y oportuna aplicacion en muchos casos, y preferibles á las servidas por locomotoras, sobre todo para las vias trasversales, llamadas á constituir una se-

(*) Estos planos inclinados se explotan hace ya años con locomotoras.

gunda ó tercera red de ferro-carriles, como poderosos auxiliares de las líneas generales ó de primer orden. En los Estados Unidos de América los tramways están muy generalizados, y segun una memoria publicada en 1860 por el Conde de Adhemar acerca de esta clase de vias, solamente el Estado de New-York poseia 19, que daban á sus accionistas grandes rendimientos, habiendo hecho además aumentar considerablemente el producto kilométrico de las líneas principales, mientras que en Inglaterra, en que los ramales se han construido y explotado por el mismo sistema que las vias principales, las utilidades se han reducido á la mitad.

La citada Memoria de Adhemar contiene interesantes datos técnicos y económicos acerca de la construccion, ventajas y tarifas de esta clase de vias, y en la imposibilidad de detenernos aquí en su exposicion despues de lo dicho en los primeros capítulos, acerca de la construccion de las vias de hierro, remitimos á dicha Memoria á aquellos que tuviesen necesidad de profundizar algun tanto este estudio.

111. Planos automotores. Cuando el transporte se verifica, todo ó en su mayor parte, en sentido descendente, como sucede en la explotacion de algunas minas, se hace uso de la accion de la gravedad por medio de los *planos automotores*, compuestos de dos vias, una para el tren cargado descendente, y otra para los wagones vacíos, ó mucho menos cargados, que suben. El primero al descender por su *gravedad relativa* desarrolla un cable arrollado á un tambor fijo en la parte superior del plano, al que, ó á otro tambor fijo sobre el mismo eje, se arrolla

en sentido contrario otro cable que remolca ó sube el tren vacío. Dada la inclinacion del plano, será fácil en cada caso determinar el peso, ó wagones descargados que podrán subir, por la accion del tren descendente, calculando para este y aquel la componente de la gravedad, y teniendo en cuenta además todos los rozamientos sobre la via y los tambores, de la manera indicada en el capítulo primero.

La via puede ser tambien una sola, verificándose entonces la subida del tren vacío por el movimiento de los tambores, producido por motores animados, rueda hidráulica etc. En este caso podria tambien suprimirse el cable y tambores; el tren con los frenos correspondientes podria bajar por la accion de la gravedad y emplearse caballos para la subida, como se verifica en el transporte de tierras de los grandes desmontes.

Las cuerdas ó cables son de cañamo ó alambre; estos últimos son mas seguros y preferibles; se apoyan de distancia en distancia sobre pequeñas poleas, fijas en medio de la via; en las curvas estas poleas son de eje vertical, ó con cierta inclinacion al horizonte, para que el cable no se salga de la garganta de aquellas.

Cuando hay dos vias, una para los trenes cargados y otra para los vacíos, se reunen en las partes superior é inferior del plano, y por medio de un cambio de via se pasan de una á otra para que la bajada y subida se verifique siempre sobre una misma via, si bien esto no es en muchos casos indispensable, y las dos vias pueden ser enteramente distintas ó verificarse por ellas alternativamente la subida y bajada de los trenes cargados y vacíos.

112. Sistema atmosférico. Uno de los sistemas de locomoción mas notables, y que por un momento pareció rivalizar con la locomotora, es el conocido con el nombre de *atmosférico*, aplicado en grande escala en un camino inglés, y en el de París á San German. Este sistema puede ser por *aspiracion* ó por *compresion*; el primero, único empleado hasta ahora, consiste en colocar en medio de la via un gran tubo de fundicion, en el cual se mueve un émbolo, á cuya varilla va fijo uno de los wagones del tren, el *wagon director*, por medio de una barra de enlace que recorre y atraviesa el tubo por una ranura longitudinal, practicada en su parte superior. Empujada esta barra por el émbolo en movimiento, se desliza en la ranura y arrastra el tren; la ranura está cubierta por una válvula que la barra abre, y que se cierra despues del paso de esta. Una máquina fija de vapor, por medio de una bomba neumática, produce el vacío en la parte del tubo, anterior al émbolo, á quien de este modo empuja por el lado opuesto la presión atmosférica.

Fig. 65.

Tal es en resúmen el principio del sistema atmosférico por aspiracion, que ha quedado, por decirlo así, en su infancia, porque en efecto, segun la opinion de la generalidad de los Ingenieros, no reúne condiciones técnicas ni económicas para competir ventajosamente con la locomotora, y para prestarse á las variadas necesidades y movimientos que exige la explotacion de una gran línea, á lo que no seria aventurado añadir que el sistema atmosférico nació un poco tarde, cuando ya la locomotora habia experimentado grandes perfecciones y adelantos, y cuando por consiguiente el nuevo sistema tenia

que luchar, no solo con la opinion de los Ingenieros identificados ya con la locomocion por el vapor, sino contra los grandes intereses creados por este sistema.

Pero si aquel no es aplicable á las grandes líneas de pendientes variadas, puede ser de muy útil y económica aplicacion, segun la opinion de Ingenieros competentes, para líneas cortas y de grandes pendientes, ya solo, ya en combinacion con la locomotora. «Suponiendo, dice M. Flachet, el tubo colocado bajo la via á un nivel suficiente para dejar pasar el carro que lleva el émbolo, al que se engancharia la locomotora, un tren podria salvar así sin retraso las mayores alturas.»

413. Material de transporte.—Condiciones generales. El material de transporte empleado en los caminos de hierro, conocido por el nombre genérico de wagones, puede dividirse en dos grandes secciones el de *coches* ó carruajes para viajeros y el de wagones ó carruajes destinados al transporte de toda clase de mercancías y equipajes. La construccion de unos y otros obedece á los mismos principios de una *gran solidez*, y de la *mayor ligereza* posible, á fin de disminuir el peso *muerto* arrastrado por la máquina. Este sistema de construccion difiere además esencialmente del empleado en los carruajes de tierra, en los que las ruedas giran independientemente de los ejes, y estos pueden tomar posiciones convergentes, segun lo exige la direccion del tiro, circunstancias incompatibles con la gran velocidad de los caminos de hierro, y la permanencia constante de la rueda sobre el carril, que obligan á que las ruedas giren con el eje, con quien forman un solo cuerpo, y que los

ejes de cada par de ruedas queden siempre sensiblemente paralelos. Por motivos análogos los carruajes de los caminos de hierro no pueden estar montados sobre un solo par de ruedas, como muchos de los de los caminos ordinarios, sino que lo están *al menos sobre dos ejes*, y á veces sobre tres y aun cuatro.

114. Coches para viajeros.—Bastidor de soporte.—Aparatos de traccion y choque.—Suspension. Se dividen generalmente en tres clases con los nombres de 1.^a, 2.^a y 3.^a clase, pero en cuanto á su construccion difieren casi únicamente en cuanto á la capacidad de las *cajas*, y mayor comodidad y desahogo de los asientos segun su clase.

Fig. 66.

Cada carruaje consta de dos partes esenciales, el tren ó *bastidor de soporte y la caja*. El bastidor se compone de un cuadro rectangular, formado de dos *largueros* de madera, ensamblados en dos *traviesas extremas*, enlazados además por otras intermedias, y fortificado todo por dos piezas en diagonal ó cruz de San Andrés. En el centro de este cuadro están los *resortes de choque y traccion*, formados por láminas de acero cementado ó fundido, y de los llamados generalmente de *ballesta*. A los dos extremos de cada resorte se unen las barras de choque, que en su otra extremidad tienen los correspondientes *topes* de madera. En el centro de cada resorte hay una abrazadera de fundicion en que termina la barra de *traccion*, ó que pone el carruaje en movimiento; se comprende que por esta disposicion, la accion del choque se modera y amortigua por la elasticidad de los resortes, asi como la que resulta ya al arranque del tren, ya en el movimiento

de este. Hay otras clases y disposiciones de resortes, pero los indicados son los empleados mas generalmente.

Este cuadro ó bastidor se apoya sobre los extremos de los *resortes de suspension*, que, sujetos por abrazaderas de hierro, insisten en su medio sobre las *cajas de grasa*, y estas sobre los *husillos* de los ejes, de una manera casi igual á la indicada al tratar de las locomotoras; como en estas, las cajas de grasa están además empotradas en las *placas de guia*, á lo largo de las que pueden resbalar en sentido vertical, segun las oscilaciones del resorte. Las placas de guia son de palastro ó de hierro laminado, en cuyo último caso suelen tener la forma indicada en la fig. 67, y sea cualquiera se sujetan por medio de pasadores á las caras interiores de los largueros del bastidor.

Fig. 67.

Hay una gran variedad en las disposiciones de las cajas de grasa, segun que el engrasado se haga con materias sólidas ó con aceite. En general constan de un *depósito D* para la grasa, cerrado por una cubierta *c* articulada, y que se abre para echar aquella del coginete generalmente de bronce, y del fondo de la caja que recibe la grasa del husillo é impide la entrada de materias extrañas arrastradas al paso del tren; todo el cuerpo de la caja y fondo es de hierro fundido. El engrasado con aceite produce menos rozamientos, y es generalmente preferido, particularmente en invierno, á las grasas mas ó menos sólidas; el uso del aceite va generalizándose, sobre todo para los coches de viajeros.

Fig. 68.

El enlace de unos wagones á otros se hace por el centro de las traviesas del bastidor, y además por cadenas de seguridad simétricamente dispuestas á uno y otro

lado. Este enlace se hace por cadenas de gancho, ó por barras rígidas, pero á fin de evitar los choques y movimientos bruscos, tan perjudiciales al material como á la comodidad de los viajeros, se emplean hoy con preferencia, sobre todo para los carruajes de viajeros, los llamados *tensores de enganche*, que consisten en dos mallas fija cada una á cada gancho de un wagon, con sus correspondientes tuercas, en las que se mueve un tornillo ó rosca, haciendo girar á voluntad la palanca *AB*, por cuyo medio es posible aproximar un wagon á otro, hasta que los topes y sus resortes estén bastante comprimidos, anulándose así casi por completo los choques que de otro modo se experimentan al arranque del tren, y las sacudidas laterales ó de oscilacion horizontal de los carruajes tan peligrosas y molestas en la marcha. Además del enganche de los tensores debe haber el de las *cadenas de seguridad*. Estas, en la marcha ordinaria del tren, no van tirantes, pero si el tensor ó el gancho de atalage, ó el aparato de traccion se rompiesen por cualquier accidente, las cadenas se tienden entonces y ejercen la traccion.

Fig. 69.

115. **Ejes y ruedas.** Los ejes son de hierro forjado, y como en las locomotoras se componen de los husillos *a b*, sobre que se apoyan las cajas de grasa, la parte *b c* empotrada en el cubo de la rueda por la fuerte presion de una prensa hidráulica, y fija á aquella por medio de una clavija, metida parte en el eje y parte en el cubo.

Fig. 70.

El resto del eje tiene generalmente la forma de dos conos truncados, unidos por un cilindro.

La rotura del eje de un wagon en marcha, aunque es siempre un accidente grave, no tiene, sin embargo, por

regla general, consecuencias tan funestas como las debidas á la de un eje de locomotora, porque las cadenas de seguridad suspenden á aquel y le conservan en la via y entre los demás carruajes, al menos hasta que el accidente se observa.

Las ruedas son de hierro fundido ó forjado, ó de estos dos materiales á la vez. Las de hierro fundido son poco ó nada empleadas en los wagones de velocidad, excepto en los Estados Unidos de América, en donde se emplean aun, pero la fragilidad de la fundicion las hace muy peligrosas; en Europa solo se hacen de fundicion las ruedas de los wagones destinados al trasporte de tierras, y aun en estos se emplean casi siempre rayos de hierro forjado. En los wagones y carruajes para trasportes á gran velocidad solo se hace uso de la fundicion para el cubo de la rueda, y aun este se hace ya de hierro forjado, soldando por medio de una compresion enérgica los sectores ó porciones que forman parte del extremo de los rayos. Asi las ruedas se componen del *cubo*, de los *rayos*, de la *corona*, formada por los extremos de estos, y de la *llanta* ó superficie de rodadura, colocada candente sobre la corona, para que al enfriarse se comprima fuertemente. La llanta se fija además á la corona por medio de remaches, pasadores ó tornillos. El primer medio es el mas empleado en las ruedas de los wagones, el segundo en las de las locomotoras, y el tercero está poco generalizado.

En los wagones, como en las máquinas, la superficie de rodadura de la llanta está *torneada* con el mayor esmero en forma de superficie cónica *d e* con la inclinacion ordinariamente de $\frac{1}{20}$, y terminada del lado inte-

rior por el reborde ó *pestaña p*, que impide su salida del carril. Segun se ha indicado en el capítulo primero, la forma cónica de la llanta es indispensable, así en las alineaciones rectas como en las curvas, para conseguir que el camino recorrido por cada rueda de un mismo par ó eje sea sensiblemente el mismo en todas sus posiciones, y evitar los resbalamientos de las ruedas sobre el carril, y los rozamientos consiguientes.

116. **Cajas.** Las cajas de toda clase de wagones difieren segun su objeto y destino. Las de viajeros tienen la forma general de las cajas de diligencia, y la principal diferencia en los de las tres clases consiste en la comodidad de los asientos, y adorno y mano de obra de su interior. Los de primera clase están divididos generalmente en tres partes ó departamentos distintos, con asientos mullidos y forrados de paño, y capacidad para 8 viajeros ó sean 24 por carruaje. Algunos de estos tienen uno ó dos departamentos con asientos en un solo frente, como las berlinas de las diligencias.

Los carruajes de segunda clase tienen tambien tres departamentos con 10 asientos ó sean 30 por carruaje.

Hay coches mistos de primera y segunda clase, muy útiles en el servicio ordinario de la explotacion, porque dispensan de añadir al tren un carruaje de una sola clase, por un solo viajero que se presente en alguna estacion intermedia.

En los carruajes de tercera clase los departamentos no están separados en toda la altura, como los de primera y segunda, sino solo hasta la mitad, por respaldos bien fuertes para enlazar las paredes laterales; los asien-

tos y respaldos son de madera, con capacidad para 40 á 50 viajeros cada uno. En la mayor parte de las líneas los carruajes de tercera clase no tienen cristales, y si solo una cortina de lona, lo cual nos parece hasta poco humano, sobre todo para ciertos climas y estaciones del año. Hay sin embargo algunas líneas en nuestro país, como las de Santander y Bilbao, en que los carruajes de tercera clase tienen ventanas con cristales, unos fijos y otros móviles. En estas dos líneas la caja de los coches es de madera, en vez del palastro empleado en las de la generalidad de las demás. Esta clase de construcción con maderas bien secas y fuertes nos parece preferible; los carruajes son mas abrigados en invierno, y se calientan menos en verano.

117. **Wagones de mercancías.** Las cajas de estos difieren tambien, segun la clase de objetos de transporte. Para los muy voluminosos ó pesados y que resisten la intemperie, como maderas, materiales de construcción y otros, la caja es descubierta, y se reduce á una simple *plataforma* de madera, montada sobre el bastidor.

Hay wagones *descubiertos*, pero con bordes mas altos, destinados al transporte de carbones y otros objetos, que en caso necesario se cubren con encerados ó *vacas* para preservar á las mercancías de la humedad y chispas de la máquina.

Los demás wagones, *cerrados y cubiertos*, difieren tambien algo en cuanto á la distribución interior, que exigen ciertos transportes, como el del ganado lanar, y el de caballos, á que se destinan los llamados *wagones cuadras*. Las puertas de esta clase de wagones giran sobre

un eje horizontal, y apoyándose sobre el andén, sirven de rampa de entrada. Las de los wagones ordinarios son de *corredera* sobre los costados fijos, á fin de no dificultar la carga y descarga.

Las cajas de los wagones se construyen de madera, generalmente roble y pino, empleando el primero en los montantes y partes mas resistentes del armazon, y el pino en el tablonaje del revestimiento. En su construccion debe conciliarse la mayor resistencia con la ligereza ó menos peso, á fin de disminuir el *peso muerto* arrastrado. La generalidad de los wagones pesan de 4 á 5 mil kilogramos, y pueden cargar un peso doble ó de 8 á 10 toneladas.

118. Frenos.— Su objeto y disposiciones principales mas en uso. Los frenos tienen por objeto moderar la velocidad de un tren en marcha, segun las necesidades del servicio ó la inminencia de un peligro. Todos los medios y aparatos empleados ó proyectados para conseguir este objeto parten del principio de convertir el rozamiento de *rodadura* del tren en rozamiento de *resbalamiento* de las ruedas sobre el carril, que por término medio es 40 veces mayor que el primero. Esta accion ó fuerza retardatriz del freno destruirá á la de impulsión ó de marcha del tren en un tiempo tanto mas corto, cuanto aquellas fuerzas se aproximen mas á la igualdad, resultando en este último caso un efecto análogo al de un choque mas ó menos violento segun la masa del tren y la velocidad de que esté animado. Los frenos deben por tanto *producir un efecto gradual* mas ó menos intenso, segun la fuerza viva del tren, y es por consi-

guiente un error muy grave el creer que el mejor freno seria el que pudiese detener instantáneamente un tren; tal freno evitaria *acaso* un peligro, pero ofreceria de seguro otro no menos grave. El olvido ó falta de conocimiento de estos principios han dado lugar á la invencion y elogio indebido ó exagerado de muchos frenos de aplicacion práctica complicada, difícil ó imposible, por cuya razon nos ocuparemos aquí solamente de los mas sencillos y habitualmente empleados en la explotacion de los ferro-carriles.

Figs. 72
y 73.

Los frenos ordinarios consisten en zapatas ó zoquetes de madera, que oprimen el contorno de las ruedas, de una manera mas ó menos fuerte. Estos zoquetes están sujetos á planchas de hierro que son empujadas por un sistema de palancas, mas ó menos sencillo, movidas por un agente especial, llamado *guarda frenos*.

La madera empleada en los frenos debe ser bien seca, dura y poco susceptible de pulimentarse con el rozamiento; la mas generalmente empleada es la de haya y chopo. Sea cualquiera el sistema de frenos, es siempre conveniente arreglar la longitud de sus piezas, de modo que avancen á medida del desgaste de las zapatas, que al efecto se preparan bastante gruesas.

Los frenos pueden disponerse con simples ó dobles zapatas para cada rueda, como indican las figuras 72 y 73.

En nuestro concepto el primer medio es preferible, porque siendo el rozamiento proporcional á la presion, é independiente de la extension superficial, el primer medio es mas sencillo y aprovecha mas la fuerza empleada; además el desgaste desigual de cada zapata hace que el

freno no obre con igualdad y que se produzca no pocas veces un movimiento muy irregular y hasta peligroso, como sucede en los frenos llamados *continuos*, ó que enlazan todo el tren.

En general el freno debe disponerse de modo que la fuerza muscular del hombre ó su peso, pueda determinar un rozamiento superior al de adherencia de las ruedas, sin cuyo requisito estas continuarán girando, si bien absorbiendo siempre una parte del trabajo motor.

El número de frenos que debe haber en un tren, depende del número de wagones, de su carga y de las pendientes del camino, que aumentan en mas ó menos la velocidad. Este número está fijo por los reglamentos, segun la clase de trenes, y varia generalmente de $\frac{1}{3}$ á $\frac{1}{8}$. Los wagones frenos deben tener el mayor peso posible; además del de estos hay siempre el freno del tender ó furgon de la máquina.

La marcha á *contra-vapor* ha sido considerada generalmente como uno de los frenos mas poderosos para ciertos casos extremos y de inminente peligro; pero para poder emplearse de una manera ordinaria ofrecia notables inconvenientes, que evitan casi por completo, segun el resultado de las experiencias hechas al efecto, los aparatos inventados por Mr. Ricour, Ingeniero Jefe del material y traccion del ferro-carril del Norte y ensayador en las pendientes del Guadarrama. Los números 15 y 17 de la Revista de Obras públicas de 1867, contienen interesantes é instructivos artículos del Ingeniero Gutierrez Calleja acerca de tan útil innovacion.

SECCION SEGUNDA.

NAVEGACION INTERIOR.

CAPÍTULO PRIMERO.

RIOS.

119. **Division de la navegacion interior.**

La navegacion interior se divide en dos partes distintas, la fluvial ó *natural* por el cauce mismo de los rios, y la navegacion *artificial* por los canales abiertos por la mano del hombre.

120. **Condiciones para que un rio sea navegable.** Para que un rio sea navegable es necesario: 1.º que tenga la profundidad de agua ó calado suficiente para sostener á flote los barcos, segun la clase y condi-

ciones de estos. 2.º Que la velocidad de la corriente sea pequeña, á fin de poder verificarse la bajada de los barcos sin peligro, y la subida sin grandes dificultades y esfuerzos. 3.º Que sea posible establecer sobre una de las márgenes un camino de sirga, cuando, como es muy general, es preciso hacer uso de motores animados para el remolque de los barcos.

Cuando los rios reúnen estas condiciones son, á no dudarlo, el medio mas económico de transporte. En efecto, segun ya se ha indicado, un caballo puede arrastrar, sobre un tramo horizontal de una carretera bien conservada, una carga media de 1.200 kilogramos, y de 12.000 sobre un camino de hierro, mientras que sobre las aguas tranquilas de un canal ó de un rio de pequeña velocidad un caballo remolca de 40 á 50 toneladas, al mismo paso de 0,60 á 1 méτρο por segundo, esto es, cuatro veces mas que sobre la via de hierro, y cuarenta mas que en una carretera. Este resultado se reduce á la cuarta parte cuando la velocidad de las aguas llega á un méτρο, cuya resistencia crece como el cuadrado de la velocidad hasta que esta es de 2,50 métros, y los dos tercios del cuadrado para velocidades superiores, segun las observaciones mas admitidas. Esta indicacion basta para hacer comprender la importancia que en la navegacion de los rios tiene la velocidad de su corriente.

Pocas veces los rios reúnen las condiciones antes dichas; unos siguen un curso tortuoso, represado por bancos de roca ó depósitos de piedra y arena, que en las crecidas producen fuertes corrientes, que no pueden ser franqueadas con seguridad, y en las bajas aguas *altos fon-*

dos, sobre los cuales las barcas mas ligeras no pueden flotar; otros corren sobre un fondo de grava ó arena movable, que varia de lugar en cada crecida, y produce aterramientos accidentales que tienen los mismos inconvenientes que los altos fondos fijos. Los hay tambien cuyo lecho, abierto en la roca y en grandes piedras sueltas, ha conservado una pendiente tan considerable, que no se podria navegar por ellos sin peligro á causa de la gran rapidez de la corriente.

121. Conocimiento del régimen de los rios.

De lo antes expuesto se deduce que la navegacion natural de los rios es pocas veces practicable sin el auxilio de trabajos mas ó menos importantes, que deben ejecutarse en ciertos puntos y trechos de su lecho, para mejorar y completar las buenas condiciones de la navegacion. Antes de manifestar en qué consisten estos trabajos, creemos oportuno indicar que á su estudio debe preceder el conocimiento del régimen de la corriente, esto es, el nivel de las *mas bajas y mas altas* aguas, su pendiente, la velocidad segun la altura de las aguas y la accion que estas ejercen sobre el fondo y las márgenes. El nivel de las aguas mas bajas es variable de un año á otro, segun la cantidad de agua llovida, la temperatura, y la mayor ó menor rapidez de la evaporacion, y causas análogas hacen no menos variable el nivel de las aguas en las mayores crecidas.

El conocimiento exacto de estas particularidades es el punto de partida obligado de toda modificacion ulterior. Cuando el lecho es casi estable, es decir, cuando sus márgenes resisten á las aguas durante las crecidas, cuan-

do la velocidad del agua es, si no uniforme, al menos poco variable en cada una de sus partes, se dice que *el régimen del río está establecido*. Muchos ríos no llegan nunca á este estado de permanencia, y tal vez tampoco hay ninguno que realmente haya llegado á él. Sin embargo, las variaciones que á la larga experimentan todavía los que se consideran como relativamente libres de los movimientos que se observan frecuentemente en los demás, no influyen de una manera sensible en las condiciones de una buena navegacion, y se consideran además disminuidas por los cuidados constantes de una conservacion continua.

Los elementos esenciales para el conocimiento del régimen de un río son: el plano exacto de su lecho, la nivelacion longitudinal y trasversal, así de la superficie de las aguas como de su cauce, y por último el caudal de sus aguas en las épocas notables arriba indicadas, ó sea en las *mas bajas y mas altas* aguas. Habiéndose explicado en las lecciones de Topografía é Hidráulica cómo se toman los datos necesarios para la formacion del plano y perfiles, y los diferentes medios de medir la velocidad de una corriente de aguas, y *aforar* ó determinar el volúmen correspondiente á la unidad de tiempo, creemos innecesario insistir aquí sobre este particular.

122. **Mejora de las condiciones de navegacion de los ríos.** Los trabajos que deben hacerse para conseguir este objeto consisten en rectificar los cauces muy sinuosos, disminuir las corrientes muy rápidas y aumentar la profundidad.

123. **Rectificación del curso de los ríos.**

Las vueltas muy bruscas de un río navegable perjudican á la bajada de los barcos, alargan el trayecto y dificultan la sirga á la subida. Sin embargo, si las demás condiciones de la navegación son buenas, la rectificación del curso es muy expuesta, y de resultados inseguros, porque el acortamiento del cauce, aumentando la pendiente y velocidad de las aguas, altera el equilibrio que el desarrollo natural de aquel ha establecido entre su velocidad y la resistencia del terreno, y son por tanto temibles las socavaciones en unos puntos y los aterramientos en otros.

124. **Disminución de la velocidad.** Hay dos medios para disminuir la velocidad de una corriente, ó alargar el trayecto ó curso del río, ó elevar agua abajo el nivel de las aguas. El primer medio no parece practicable por las mismas razones expuestas en el párrafo anterior. El segundo se realiza por medio de las presas, de que hablaremos luego al tratar del aumento de profundidad. Este medio es naturalmente el mas seguro y eficaz.

125. **Aumento de profundidad.** La mayor imperfección de un río para la navegación es la profundidad insuficiente, ó cuando esta llega á ser bastante pequeña para hacer varar ó encallar los barcos y detener los trasportes. Cuatro medios principales se pueden adoptar para remediar este inconveniente, á saber: 1.º Las limpias ó dragado; 2.º el estrechamiento del lecho por medio de diques; 3.º las presas en los brazos secundarios y 4.º las presas-vertederos.

126. **Limpia ó dragado.** Antes de proceder á los trabajos de limpia es conveniente estudiar si estos

producirán ó no el efecto útil que se propone, lo cual dependerá de las causas á que sean debidos los aterramientos ó altos fondos. Si estos son debidos á una causa accidental, como la corrosion imprevista de una orilla ó la construccion de una obra nueva, el dragado producirá buen resultado, y es de esperar que no sea necesario repetirlo; pero si el depósito es una consecuencia del régimen del rio, es de temer entonces que el aterramiento vuelva á formarse y exija un dragado periódico. Aun en este último caso podria el dragado ser conveniente, si los gastos anuales eran inferiores á las ventajas obtenidas para la navegacion.

El dragado de las partes duras del lecho de una corriente de agua no presenta generalmente el mismo inconveniente, porque la velocidad que es impotente para excavar y profundizar un fondo resistente, puede ser suficiente para impedir la formacion de depósitos de las materias acarreadas por las aguas.

Antes de emprender el dragado de un banco es necesario además examinar con atencion si este alto fondo detiene las aguas de las partes mas profundas de aguas arriba, y si, encontrando estas mejor salida despues de la limpia, bajaria su nivel mas de lo necesario para la navegacion, en cuyo caso seria preciso apelar á otros medios para mejorar esta parte del rio.

La operacion del dragado es en sí misma muy sencilla. En terrenos blandos se ejecuta con la draga de mano ó con rosarios provistos de *cangilones* de dientes, movidos por animales ó por el vapor; en los fondos de piedra tierna se puede emplear una especie de arado que surca

la roca. Si la piedra es dura pero hendida, se colocan en las juntas pilotes de hierro que se introducen con el martinete, y despues se apalanca y desprenden los pedazos que se arrancan por medio de una cuerda atada á la extremidad de cada pilote. En fin, si la roca es compacta y de una dureza tal que es inatacable por el arado, la barra ó el pilote, se la hace estallar por la fuerza de la pólvora que se introduce por medio de cajas y tubos de hoja de lata en los agujeros cilindricos practicados con el barreno.

Sea cualquiera el medio empleado para desagregar las partes duras del fondo, se sacan los pedazos separados con tenazas manejadas debajo del agua por medio de un largo mango, y que se cierran y aprietan por una cuerda atada á la extremidad comun de los dos brazos articulados.

Fig. 74.

Se sirve tambien algunas veces de la misma corriente del rio para profundizar algunos puntos; á este fin, ó bien se surcan los altos fondos con un rastro de hierro sostenido sobre dos barcas, que, dividiendo el banco de tierra ó grava, permite á la corriente arrastrar las partes que la componen, ó bien colocando una larga barca transversalmente al agua, se hace resbalar una compuerta, unida contra el costado de aguas arriba, hasta una corta distancia del fondo; la fuerza del agua al marchar con una gran velocidad por debajo de la compuerta, hasta para arrastrar los bancos de arena fina, cuyo resultado se obtiene igualmente por medio de una compuerta suspendida entre dos barcas, y que se hace bajar hasta cerca del fondo.

127. **Estrechamiento del lecho por medio de diques transversales y longitudinales.** Se ha tratado de aumentar la profundidad de los rios de fondo móvil, por medio de diques transversales muy avanzados en el lecho, y que, estrechando la seccion, aumenten la altura ó calado.

La influencia de estos diques se hace sentir solo sobre una pequeña longitud del rio, y para una cierta extension seria necesario colocar á corta distancia los unos de los otros; es difícil determinar su separacion, y se concibe que si su aproximacion debiese ser tal que su longitud reunida excediese de la parte del rio que se quiere mejorar, habrá ventaja en construir un solo dique paralelo á la corriente, y unido á las márgenes por sus extremidades. El efecto de este dique longitudinal seria aun mas cierto, porque se habria disminuido el ancho del lecho sobre toda su longitud, evitando las consecuencias de los estrechamientos parciales en el sitio de cada dique transversal.

Los resultados que se obtienen de estos diques son muy inciertos, porque, siendo su primer efecto en las aguas bajas, elevar el nivel de aguas arriba y bajarle aguas abajo, resultan de aquí caidas con aumento de velocidad, remansos, remolinos, y cambios en la direccion de las corrientes, no solo complicados sino á veces hasta inesperados.

Ante la dificultad de prever estos resultados tan problemáticos, se considera conveniente que antes de aplicar en grande este medio de mejorar la navegacion, se hagan en cada caso algunos trabajos de ensayo.

128. **Presas en los brazos de los rios.** Cuando un rio se divide en dos ó mas brazos, se comprende que, dirigiendo el agua de todos á uno solo, aumente la profundidad de este, acerca de lo cual deberá tenerse presente que, como el gasto de un rio crece mas que su altura, porque esta aumenta mas la seccion que el perímetro mojado, resulta de este principio teórico, confirmado por hechos numerosos, que el represamiento de un brazo secundario eleva muy poco las aguas del brazo principal.

Estas presas se pueden construir de muy diversos modos, segun su importancia y las circunstancias y recursos locales, pero los principales medios de construccion empleados son las escolleras, la tierra con tepes ó céspedes, y los enfaginados, ya sueltos, ya formando salchichones rellenos de piedra. Sea cualquiera el sistema adoptado, debe observarse que no llenaria su objeto hasta que la presa sea impermeable, lo cual no se verificará generalmente hasta despues de algun tiempo que se vayan rellorando los huecos con los aterramientos producidos por los arrastres de la corriente. Bajo este concepto las presas de tierra y tepes son impermeables mucho antes que las de enfaginados, y mas aun que las de escolleras, cuya impermeabilidad es mas tardia y difícil de obtener.

129. **Presas vertederos.—Su objeto.** Colocando una presa artificial agua abajo de un alto fondo, y dándole una altura conveniente, se consigue elevar el nivel de las aguas lo suficiente para que las barcas tengan el calado necesario. Si se multiplica bastante el número

de estas presas, por encima de las cuales pasa el río en vertedero, se comprende que se obtenga un medio de hacer posible la navegacion, con tal que se practique en cada una de ellas un portillo, que abierto ó cerrado á voluntad por medio de compuertas, dé paso á las barcas, al mismo tiempo que el agua detenida pasa con violencia al tramo inferior. Esta maniobra difícil á la subida y peligrosa á la bajada, es sin embargo la única que se emplea aun en muchos rios, donde todavia las presas no están bastante próximas para obtener en todas partes la altura de agua necesaria para las barcas. En este último caso se hace la navegacion por la maniobra siguiente: se retiene el agua durante algunos dias en el tramo superior, y cuando el volúmen es bastante considerable se hace pasar al inferior, abriendo las compuertas, en donde esta crecida artificial, llamada impropiaemente *exclusada*, es detenida momentáneamente para pasar del mismo modo la caída siguiente. Este sistema, como se vé, facilita la bajada de las barcas, pero es susceptible tambien de favorecer la navegacion ascendente que, detenida en un tramo, recurre muchas veces á las sueltas de arriba para franquear la presa superior.

130. **Efectos de las presas en el régimen de la corriente.** El primer efecto de las presas es el de producir agua arriba un remanso, cuya extension es algo mayor que la del nivel correspondiente á la altura de la presa, respecto á las aguas bajas de la corriente; pero por una parte la pequeña diferencia, que para la altura ó profundidad del agua resulta de este remanso, y por otra la incertidumbre de los resultados del cálculo, hacen que

generalmente en la práctica se prescinda de este pequeño aumento de calado debido á la forma del remanso, y se sitúen las presas á aquella distancia en que *el nivel de la retencion inferior* deja de dar el calado suficiente para las barcas. Esta diferencia ó mayor altura, producida por el remanso, se aprecia prácticamente en *una dozava parte* de la altura ordinaria de las presas, y esta mayor elevacion de las aguas al extremo de la retencion, es conveniente para el caso de la formacion de los bancos de arena, que despues de las crecidas aparecen muchas veces agua abajo de la caida de las presas.

La menor velocidad de las aguas, debida á la disminucion de su pendiente, acumulada en la altura de la presa, parece que deberia ocasionar la formacion de depósitos en el lecho del rio; sin embargo, y es muy explicable, las presas no producen generalmente otros aterramientos que algunos, en forma de prisma triangular, apoyados sobre la cara de agua arriba, y cuyo plano inclinado parece facilitar el paso, sobre la presa, de los arastres de la corriente.

Agua abajo de la presa, el lecho no puede en general resistir á la caida continua de las aguas y cuerpos arrastrados por estas, y á no ser en rocas muy duras, son consiguientes las socavaciones del terreno, cuyo producto se deposita poco mas abajo, porque á corta distancia la velocidad de la caida se encuentra muy disminuida.

La accion producida sobre las márgenes por la elevacion de las aguas, debida á la construccion de una presa, puede causar sobre aquellas algunos corrimientos ó cam-

bio de talud, segun la clase del terreno, lo que puede hacer necesarias algunas obras de defensa.

131. Efectos de las presas en las crecidas.

La experiencia hace ver que los efectos de la caída de una presa disminuyen á medida que aumenta el caudal de aguas, lo que se explica, observando que la superficie de la capa de aguas que pasa sobre la presa, y la seccion de desagüe del rio, agua abajo de esta, se aproximan tanto mas á ser iguales, cuanto mayores son las crecidas, y que por consiguiente sucederá lo mismo con las velocidades, desapareciendo por tanto la caída, ó el efecto producido por la existencia de la presa.

132. Situacion, direccion y altura de las

presas La economía y las indicaciones del régimen de la corriente, recomiendan que las presas se sitúen al pie ó agua abajo de los altos fondos, á fin de darles la menor altura posible, cuya disposicion está en armonía con lo que vamos á indicar respecto á la longitud, porque ordinariamente los altos fondos corresponden á la mayor anchura del lecho.

La mampostería ó fábrica de una presa será tanto menos degradada por la accion de la corriente, cuanto menores sean el espesor y velocidad de la capa de agua que pasa sobre ella, lo que indica que la presa debe tener la mayor longitud posible, y ser por consiguiente oblicua á la direccion de la corriente.

Una grande oblicuidad es perjudicial á la navegacion y á la conservacion de las márgenes, porque la corriente se inclina hácia una de ellas, las corroe y produce aterramientos agua abajo. Para conciliar estos extremos y

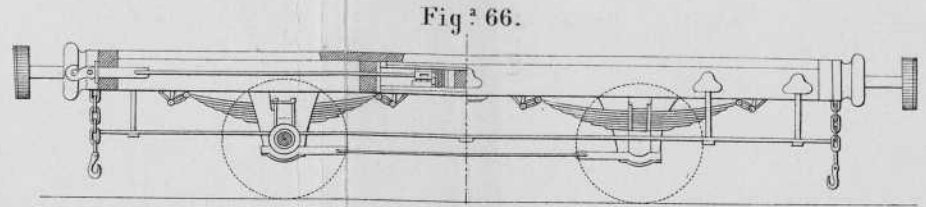


Fig.^a 66.

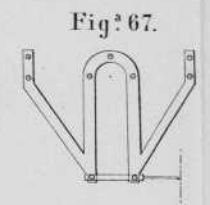
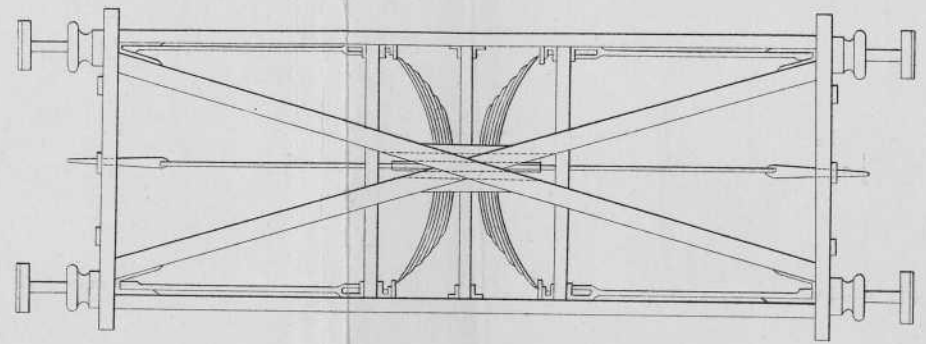


Fig.^a 67.

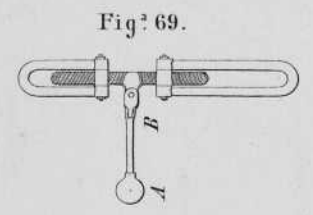


Fig.^a 69.

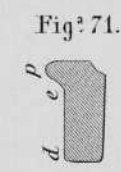


Fig.^a 71.

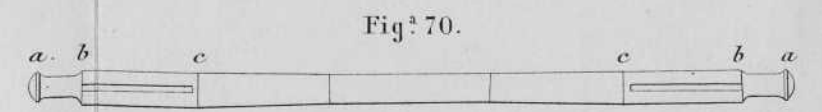


Fig.^a 70.

Fig.^a 68.

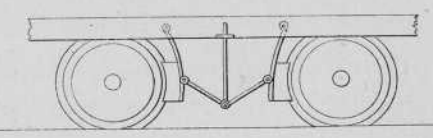
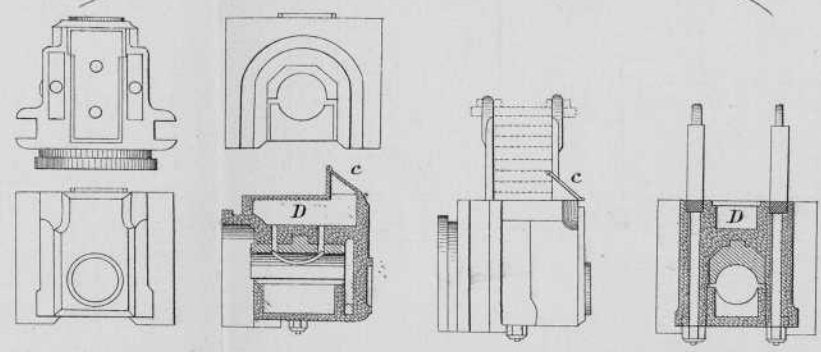


Fig.^a 72.

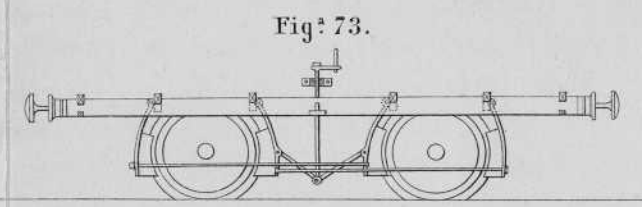


Fig.^a 73.

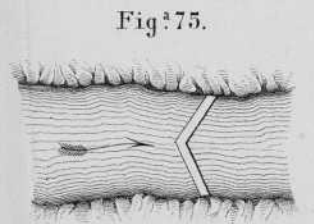


Fig.^a 75.

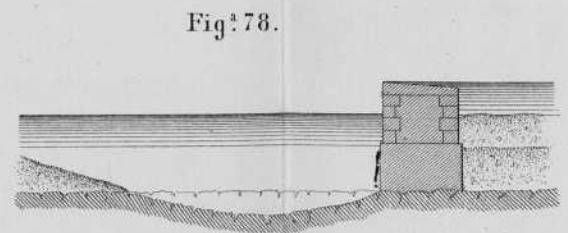


Fig.^a 78.

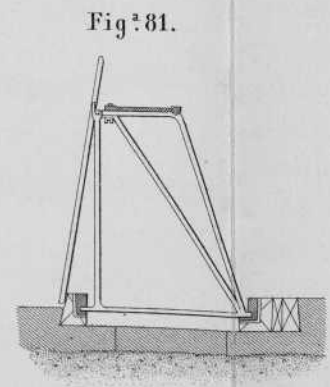


Fig.^a 81.

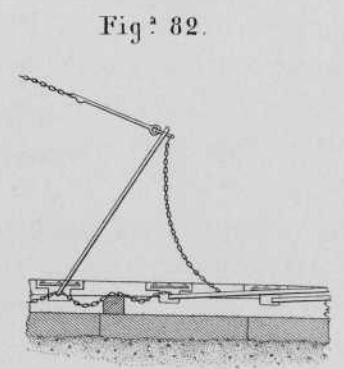


Fig.^a 82.

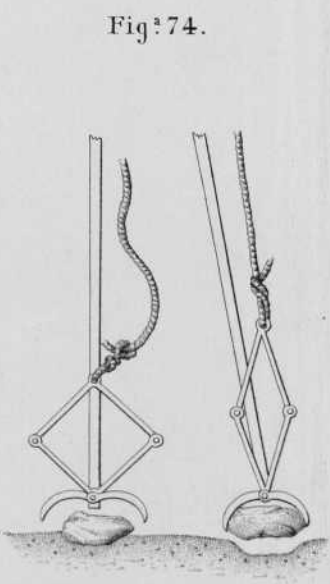


Fig.^a 74.

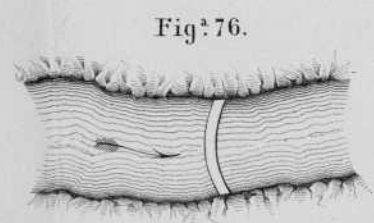


Fig.^a 76.

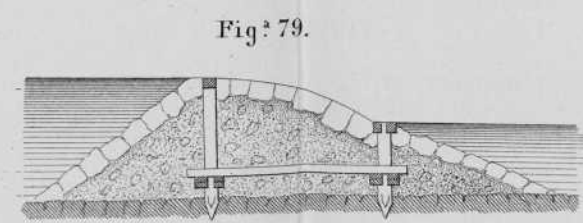


Fig.^a 79.

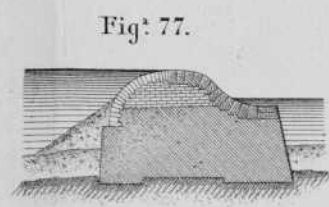


Fig.^a 77.

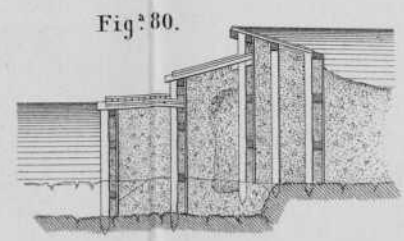


Fig.^a 80.

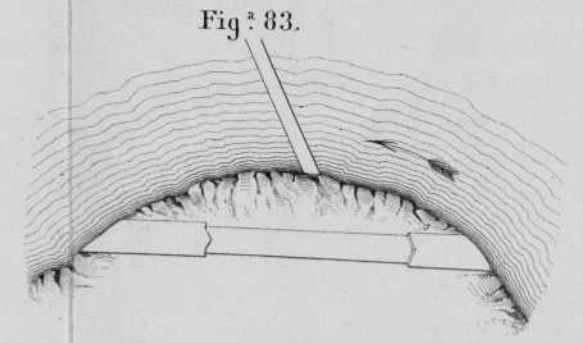


Fig.^a 83.

Figs. 75
y 76.

evitar sus inconvenientes, se han dispuesto á veces las presas en ángulo saliente hácia el centro de la corriente ó en arco de círculo de 60.º

Las presas en ángulo ó quebradas, y en arco de círculo, teniendo mayor desarrollo que la línea recta perpendicular á la corriente, son evidentemente menos económicas, y bajo este concepto será preferible esta última disposición, siempre que se pueda dar al *glasis* la solidez conveniente, y que el fondo del lecho sea bastante duro para no temer las socavaciones.

La altura de las presas debe limitarse á lo puramente indispensable para la navegacion. Las grandes alturas son muy perjudiciales al desagüe en las crecidas medias, y además por el poder destructor de la caída de las aguas; la experiencia aconseja no dar generalmente á las presas una altura mayor de dos metros.

La posición relativa ó el número de presas está determinado, según lo expuesto, por la situación de los altos fondos, el nivel de las retenciones anteriores y las condiciones del lecho favorables á la construcción y funciones del vertedero.

133. **Forma y construcción de las presas.**

La forma de la presa hácia agua abajo, ejerce también una grande influencia sobre los efectos de la caída, y se las dispone ya verticales, ya en talud continuo ó por escalones. Las primeras tienen un inconveniente muy grave en las crecidas medias; cuando un volumen considerable de agua cae verticalmente de una altura algo considerable, forma un remolino de eje horizontal, cuyos efectos son muy sensibles, y que no tardan en poner en peligro

la construcción entera, á cuyo pie, cuando no está fundada sobre roca bastante consistente, abre una socavación, aunque esté protegida por un zampeado general hasta 10 ó 12 metros agua abajo.

Fig. 77.

Por esta razón en los suelos socavables se emplean presas terminadas por un plano inclinado, ó por una superficie redondeada, convexa en la cresta ó parte superior, y cóncava en la inferior; pero esta última forma de escocia no ofrece ninguna garantía de solidez mas que los planos inclinados, y tiene además el defecto de exigir sillares de aparejo difícil y costoso.

Cuando la caída es demasiado grande se la divide por escalones en dos ó tres á lo mas; los glasis de estos escalones se revisten de dobles entablonados para recibir y resistir el choque del agua; el interior se rellena de piedra en seco, de mampostería ú hormigon.

A las presas vertederos se les ha dado generalmente un espesor casi igual á su altura sobre el fondo del rio, es decir, á la altura del agua que deben sostener.

Fig. 78.

Las presas pueden construirse de cantería, de hormigon, de escolleras paramentadas, y de armazones de madera rellenos con alguno de los macizos anteriores. La cantería con mezcla, bien paramentada, es principalmente aplicable á las presas de caras verticales, y su glasis ó cara superior se termina con una ligera contrapendiente.

La construcción de escollera es casi exclusivamente propia de las presas de caras planas y de paramento exterior vertical ó inclinado, y este sistema de construcción es la principal ventaja de esta clase de presas. Estas

Figs. 79
y 80.

construcciones se componen generalmente de dos filas de pilotes introducidos paralelamente de una á otra margen y algunas veces de otras filas dirigidas segun la mayor pendiente del glasis. Estos pilotés, cuyos intervalos se guarnecen con tablestacas ó tablones, van unidos ó encepados en ambos sentidos un poco mas abajo del nivel de las aguas bajas, y cubiertos por largueros, cuyas caras coinciden con el glasis. Este se paramenta con gruesos mampuestos desbastados, fuertemente apretados en las cuadrículas formadas por los largueros y traveseros del armazon de madera. El macizo interior de la presa se compone de piedra arrojada, con la precaucion de arreglar y mezclar las mayores con las de menor tamaño, de modo que resulte el menor hueco posible.

Fig. 79.

La madera que queda al descubierto se pudre con facilidad, y su reemplazo es difícil, por lo que, aunque sea preciso emplear en el paramento del glasis piedras de mayor tamaño, es conveniente que la madera quede empotrada y oculta en el macizo de la presa.

Las presas de escollera son permeables durante mucho tiempo, y sin la trabazon y sujecion de la madera, la presion del agua filtrada en el macizo, levantaria y descompondria los paramentos. Para conseguir cuanto antes la impermeabilidad, es conveniente no emplear piedras gruesas, sino de mediano tamaño, bien rellenos los huecos con otras menores, y tambien clavar arriba y abajo dos filas de tablestacas que, deteniendo las gravas y arenas, facilitan los aterramientos.

Los armazones de madera no son aplicables ni necesarios en terrenos duros, en los que se puede empotrar

bien en el terreno todo el cimiento de la construcción, y emplear para los paramentos piedras ó sillares de grueso tamaño.

En resúmen, se deduce de lo expuesto que la forma y sistema de construcción de las presas depende de la naturaleza del fondo. Si este es inatacable, puede hacerse la presa de paredes verticales con mampostería y sillería.

Si el terreno es firme, pero que á la larga son de temer algunas socavaciones, se puede emplear el mismo sistema de construcción, fortificando desde luego el pie con alguna escollera, ó dejando el empleo de esta para cuando empiecen las socavaciones.

Si el fondo es móvil y socavable, son entonces mas aplicables las presas de escollera paramentada, con los armazones de madera que quedan descritos.

En todo caso es muy importante apoyar bien los extremos de la presa en las márgenes del rio, ya empujando bien dichos extremos si estas son firmes, ya por medio de muros ó diques insumergibles.

134. Presas móviles. Las presas son principalmente útiles y necesarias en la época de las aguas bajas; durante las aguas medias las barcas tienen generalmente bastante calado, y las presas pueden entonces ser perjudiciales al desagüe y buen régimen de la corriente, y seria por tanto conveniente el poder suprimirlas, lo que se consigue por medio de las *presas móviles*.

El sistema mas modernamente practicado y que parece reunir mayores ventajas consiste en una série de cuchillos verticales, de hierro forjado, de forma trapezoidal, que gira sobre la arista horizontal inferior, y ple-

gándose á la solera los unos sobre los otros, sobreponiéndose como las tejas de un tejado. Los cuchillos están unidos entre sí por medio de una cadena, de modo que al elevar uno, este tiende fuera del agua la cadena del cuchillo siguiente, por medio de la cual es ya entonces fácil levantarle hasta la posición vertical en la que se sujetan todos por medio de una traviesa de hierro fundido, contra la cual y la solera del fondo se aplican las *agujas* ó tablones que forman la presa propiamente dicha.

Estas operaciones se verifican por dos ó tres hombres situados sobre unos tablones, que van echando sobre los cuchillos, formando un ligero puente de servicio.

Esta clase de presas ofrece la gran ventaja de que, combinándose con una porción de presa fija, se puede dar á la parte móvil la longitud necesaria, de modo que, aplicada sobre el suelo, se obtenga el remanso que se desee, dejando una abertura conveniente al desagüe.

135. **Portillos de navegacion.** Uno de los medios de salvar las barcas la caída de las presas consiste en practicar en estas unas aberturas, llamadas *portillos* de navegacion, que no solo tienen este objeto, sino el de ofrecer mayor desagüe á las crecidas, y el de la supresion temporal de la retencion ó remanso, cuando es necesaria esta medida para hacer algunas reparaciones en interés de la navegacion ó en el de los propietarios ribereños.

Estas aberturas se cierran generalmente por medio de compuertas formadas por piezas de madera verticales, llamadas *agujas*, que se aplican por el extremo inferior contra una pieza fija sobre el batiente, y arriba contra otra viga que gira á voluntad al rededor de un eje, y se

sujeta perpendicularmente á la corriente, cuando la compuerta está cerrada.

Algunas veces en lugar de agujas se emplean tablas horizontales colocadas las unas sobre las otras, contra piezas verticales con ranura; cada tabla lleva un mango que sube encima de la viga superior por medio del cual se hace la man'obra.

En fin, algunas compuertas se forman con viguetas horizontales que se hacen resbalar, las unas despues de las otras, en ranuras practicadas en los derrames de la abertura; cada vigueta tiene un anillo por medio del cual se la quita con un gancho ó bichero.

Creemos inútil insistir sobre los diversos detalles, así de la construccion de los portillos, como del modo y man'obras de su abertura y cerramiento, porque esta clase de construcciones adolece de gravísimos inconvenientes, y hasta peligros para la subida y bajada de las barcas, y por cuya razon va desapareciendo de dia en dia, para ser reemplazada por las *esclusas de cuenco*, al menos en lo que concierne al paso de las barcas.

136. **Esclusas; su objeto y descripcion general.** Los peligros que ofrece á las barcas el paso por un portillo, que dá al mismo tiempo salida á una corriente violenta, han conducido á sustituir á este sistema primitivo una obra compuesta de dos muros ó costados bastante largos, para que las barcas puedan colocarse entre ellos, y reunidos en sus extremos por puertas de dos hojas, que permiten conservar ó poner á voluntad la capacidad interior ó *cuenco* al nivel superior ó al de agua abajo. Por este medio, una barca que sube entra direc-

tamente en el cuenco, se cierran las puertas de agua abajo, se abren las compuertas practicadas en las puertas de agua arriba, el agua se eleva en el cuenco hasta llegar al nivel superior ó de la retencion, en cuyo estado es ya fácil abrir las puertas de agua arriba, y la barca sale. A la bajada la maniobra es invertida, pero no menos sencilla y fácil, y las barcas salvan en ambos sentidos, sin sacudidas, y con toda la seguridad posible, el desnivel producido por la presa. En el capítulo siguiente, al tratar de los canales, nos ocuparemos de los detalles mas importantes relativos á la forma, servicio y construccion de las esclusas.

137. **Su situacion.** Las esclusas construidas en los rios, para salvar el desnivel ó retencion de las presas, deben situarse del lado de la márgen en que se halla el camino de sirga, y en posicion tal que las aguas estén tranquilas arriba y abajo, de modo que sean fáciles el acceso, entrada y salida de las barcas.

Con este objeto, á fin de no acortar la longitud de la presa, y de construir y conservar las obras de un modo mas independiente de la corriente, se sitúan generalmente las esclusas en una pequeña derivacion, que parte un poco agua arriba de la presa, y aprovechando, si es posible, alguna convexidad de la márgen, para facilitar la direccion del canal de entrada y salida.

Fig. 83.

Cuando las circunstancias locales no permiten hacer una derivacion, se puede colocar la esclusa en el lecho mismo del rio, en uno de los extremos de la presa, pero entonces los cimientos y demás trabajos son mas difíciles y costosos, la navegacion se dificulta durante la cons-

truccion, y despues de esta, la obra es un obstáculo brusco en la época de las crecidas, sujeta á todas las degradaciones y desperfectos consiguientes á la fuerza de la corriente y á las socavaciones causadas por los remansos que se producen arriba y abajo.

Las esclusas pueden hacerse sumergibles ó insumer-gibles, esto es, inferiores ó superiores al nivel de las mayores crecidas. Cuando se sitúan en el lecho del rio, es difícil que sean insumer-gibles por la gran altura de algunas crecidas. Esta disposicion es mas realizable en las derivaciones laterales; de todos modos es preciso que los cimientos de estas obras se construyan con mucha solidez.

138. **Sistemas de navegacion por los rios.**

La navegacion á la vela no es generalmente posible sino en los rios muy anchos y poco tortuosos, porque en los estrechos y sinuosos no es posible *correr las bordadas*, y apenas podria marcharse sino con el *viento en popa*. Por otra parte la falta de quilla de las barcas empleadas en los rios hace que estas *gobiernen* mal á la accion del timon, por lo que el viento puede servir pocas veces de auxiliar á esta clase de barcos. Observaciones análogas pueden hacerse respecto á la navegacion al vapor, cuyo medio solo es igualmente aplicable en rios de primer órden, y sin ninguno de los inconvenientes á que se refieren las obras de cuya construccion nos hemos ocupado.

139. **Camino de sirga.** En esta clase de rios la navegacion se verifica generalmente por barcas remolcadas por motores animados, generalmente mulas ó caballos, cuya marcha hace indispensable la construccion de

un camino, llamado *de sirga* sobre una de las márgenes del río, y de puentes y pontones sobre todos sus afluentes.

El camino de sirga, de 2,50 á 3 metros de ancho, debe situarse sobre la margen mas próxima al talweg, ó á que los barcos se aproximan mas, siendo además conveniente, para facilitar la sirga, aproximar á la confluencia todo lo posible los puentes y pontones de los afluentes, y disponer los antepechos de estos de madera, hierro, ó fábrica, de modo que la cuerda de la sirga no se detenga ni enganche en ninguna de sus partes salientes.

Cuando hay puentes sobre el río navegable se interrumpe la sirga, al menos que el canal seguido por los barcos no pase por uno de los arcos extremos, en cuyo estribo haya sido posible construir el camino de sirga; á estos arcos se les da el nombre de *arcos marineros*.

Es fácil ver por una simple descomposicion de fuerzas, que para que la de los motores se aproveche lo mejor posible, es necesario que la cuerda de sirga sea lo mas corta, y su direccion con la orilla forme el ángulo mas agudo posible, pues en este caso es evidente que será tanto mayor la componente en el sentido del camino que el barco debe seguir.

140. **Defensa de las márgenes.** Ya que un río posea naturalmente buenas condiciones de navegacion, ya que estas se hayan mejorado por los medios que quedan expuestos, es casi siempre necesario conservar aquellas condiciones por medio de algunas obras, cuyo objeto es prevenir las alteraciones del lecho, es decir, impedir la deformacion ó corrosion de las márgenes y la formacion de los altos fondos.

Para conseguir este objeto se emplean las escolleras, empedrados, plantaciones, enfagados y espigones ó diques; la eleccion de uno de estos medios depende de los materiales y demás circunstancias locales, y de la direccion y fuerza de las corrientes. Sean cualesquiera las obras que se adopten para defender una márgen, es conveniente que se ejecuten al principio de las corrosiones, porque despues, alterado ya en parte el régimen de la corriente, seria mas difícil conseguir el objeto, la defensa seria inútil, y podrian llegar á formarse brazos secundarios.

Es asimismo muy conveniente y esencial que al reparar una márgen atacada, se procure *restablecer su direccion primitiva*, á fin de no alterar el régimen de la corriente, y de que no solo no se repitan las degradaciones, sino que la obra ejecutada no afecte á otras partes de la misma márgen ó de la opuesta.

141. **Escolleras.** Las escolleras ó macizos de piedra arrojada, son uno de los mejores medios de defensa de las márgenes de los rios, porque siguen todos los movimientos de las socavaciones, y su superficie áspera é irregular rompe la accion de la corriente, y la destruye y refleja en mejores condiciones que un macizo de piedra unido y compacto. Es conveniente emplear piedras de grueso tamaño, defender su pie por medio de una fila de pilotes, y paramentarla en sus caras, á fin de que las piedras tengan la mayor estabilidad posible. Las escolleras, como antes se ha indicado, son un excelente medio de defensa permanente, y en cuantas ocasiones las hemos empleado, aun en los mismos momentos de las crecidas, hemos obtenido siempre los mismos buenos resultados.

142. **Empedrados.** Ya por la escasez de la piedra ó porque la forma de la márgen y de sus degradaciones no exijan para su defensa macizos tan fuertes, se emplean á veces, sobre todo en la parte superior á las aguas bajas, los empedrados ó revestimientos de piedra para defender la superficie del terreno de la accion de la corriente.

El espesor de este revestimiento es proporcionado á su inclinacion ó talud, variable de uno á dos, y á la fuerza de la corriente; es generalmente de 30 á 40 centímetros en la coronacion, con un aumento de 8 á 10 por cada métro de altura.

Estos revestimientos deben estar bien sentados, ripiados ó acuñados y paramentados segun caras continuas, ó al menos sin desigualdades que puedan ocasionar su desunion ó remocion, y las degradaciones consiguientes. Su pie debe estar sólidamente apoyado, ya sobre escolleras, ó defendido por una ó mas filas de pilotes arriostrados. Con estas condiciones los empedrados producen generalmente resultados muy satisfactorios.

143. **Plantaciones.** Cuando la parte sumergida de una márgen está defendida por otros medios, y las corrosiones del resto de la misma márgen son muy lentas, se emplean generalmente con buen éxito en esta última parte las plantaciones, con el principal objeto de romper la accion de la corriente, y de que, disminuyendo su velocidad, se depositen el fango y arenas que el agua arrastra en las crecidas, haciendo crecer y avanzar los aterramientos, tanto cuanto en cada caso sea conveniente. Para estas plantaciones se emplean generalmente las

puas ó ramas del sauce, álamo, aliso y otros árboles que crecen con facilidad en las márgenes de los rios.

Las plantaciones son, como se ve, un medio económico de defensa, pero no inmediata, sino solo despues de algunos años, durante los cuales exigen contínuos cuidados para su conservacion y desarrollo.

✓ 144. **Enfaginados.** Las faginas se forman, como se sabe, por la reunion en haces ó manojos de muchas ramas de mimbre, sauce, álamo etc., sujetas por ligaduras en tres ó cuatro puntos. Estas faginas ó haces se colocan unas al lado de otras, formando un lecho que se fija ó clava al terreno ó al lecho inferior por medio de pequeñas estacas, que á veces se enlazan en sus cabezas por medio de un seto, ó nuevo tejido de ramaje, y las *cuadrículas ó casetones* que este tejido forma, se rellenan con piedra ó grava para dar al enfaginado la estabilidad, que no tendria sin estas materias. Multiplicando y avanzando á la vez en la márgen el número de capas ó lechos del enfaginado, se comprende que por este medio se obtenga una defensa bastante resistente, y avanzada á la corriente.

Estos trabajos no deben considerarse sino como provisionales; los enfaginados son en efecto muy útiles, para remediar con prontitud las roturas y otros accidentes producidos por el agua en las obras de tierra, y evitar por el momento las socavaciones debidas á una caída de agua.

Para estos casos tienen la ventaja de que en los puntos en que hay ramaje á propósito, se ejecutan con rapidéz, y como todo material flexible y de mútua trabazon,

resisten mucho, dividen la accion de la corriente, y amortiguan su velocidad, rodeándose por tanto de agua inerte. Sus principales inconvenientes están en su poca duracion, de seis á ocho años por término medio, y mucha ligereza; su estabilidad es principalmente debida á los materiales pesados de que se les carga.

Cuando la piedra escasea, y es necesario dar á los trabajos de defensa toda la estabilidad posible, se emplean los enfaginados en forma de escollera, para lo que, con el ramaje antes dicho, se construyen cestas prismáticas y faginas ó *salchichones* de 0,80 métrros de diámetro, y desde 4 á 15 métrros de longitud, que se rellenan de grava gruesa, y con los que se forma un macizo en talud de 2 á 3 de base por 1 de altura, que despues se protege y defiende, si es necesario, con un revestimiento de escollera.

145. **Espigones.** Se ha tratado tambien de proteger las márgenes de los rios por medio de *espigones* ó *diques* de escollera, madera ó faginas, que se avanzan mas ó menos á la corriente. Los espigones siendo una salida brusca en el lecho, estrechan la seccion, aumentan la velocidad y producen en consecuencia remansos y remolinos agua arriba, y depresion y cambio de corriente agua abajo; las consecuencias de esta funesta perturbacion en el régimen, son socavaciones inevitables en el extremo ó cabeza del espigon, y no siempre los aterramientos y depósitos que se esperan detrás de él, y á una cierta distancia.

Las ventajas de los espigones, siendo en todo caso proporcionales á su salida ó avance, se debe dar la pre-

ferencia á la direccion perpendicular á la corriente que, para igual longitud, dá una salida mayor, pero este avance está limitado por las socavaciones, tanto mayores, cuanto mayor es el estrechamiento de la corriente. En el caso mas favorable los espigones protegen una longitud de márgen cinco veces mayor que la salida de aquellos.

Siendo estas obras muy comprometidas, de resultados muy inciertos, y expuestas á muchos inconvenientes, sobre todo para la navegacion, son por esto de un empleo poco frecuente.

CAPÍTULO SEGUNDO.

CANALES DE NAVEGACION.

146. **Idea general y breve reseña histórica de esta clase de vias.** En el capítulo precedente se han descrito los diferentes trabajos propios para mejorar la navegacion de los rios en su propio lecho, ya dejando libre el curso de sus aguas, ya conteniéndolas por medio de presas que aumentan el calado y disminuyen la velocidad. Estos medios no siempre son aplicables; en los rios anchos y de mucha pendiente, las presas serian numerosas y de mucho coste, y en los rios tortuosos y de fondo móvil quedan ya indicados los obstáculos que seria preciso vencer. En estos casos es necesario abandonar el lecho natural, para establecer la navegacion artificial por medio de los *canales*.

Un canal es un gran cauce, en el que se puede introducir y conservar agua suficiente para la navegacion. Su longitud total se divide en un cierto número de *tramos* situados á diferentes niveles, y reunidos por medio de esclusas que sirven para pasar de uno á otro. Cada esclusa comunica así con dos tramos, y dá su nombre ó pertenece al tramo superior, con cuyas aguas se alimenta.

La construccion de los canales se remonta á la mayor antigüedad. Así que los hombres tuvieron algunas relaciones de comercio establecieron por agua sus comunicaciones y medios de trasporte, sirviéndose primero de los rios y costas del mar, y practicando despues grandes y numerosos canales. Los Fenicios y los Egipcios son, entre los pueblos primitivos, los que mas se han distinguido en la navegacion. Una de las primeras y mas notables comunicaciones de esta clase, que la historia menciona, es el canal del mar Rojo al Mediterraneo, puesto en duda por algunos, pero cuya existencia prueban Herodoto y Strabon. Este canal terminado por Dario segun unos, y por Tolomeo Filadelfo segun otros, tenia cuatro jornadas de navegacion, y el ancho suficiente para poder marchar de frente dos galeras.

Habia además en el Egipto otros muchos canales que este pueblo industrioso habia practicado para remediar la sequedad del terreno y la dificultad de los trasportes; pero de todos estos grandes trabajos solo quedan algunas tradiciones superficiales, suficientes apenas para hacernos conocer que los pueblos, cuyo origen é historia se pierden en la noche de los tiempos, tenian un conocimiento de esta clase de construcciones y de su importancia, tan

grande al menos como el que hoy dia honra y distingue á la moderna civilizacion.

Los Romanos, cuya existencia está ya mas próxima á nosotros, dieron á sus construcciones un grado de perfeccion que todavia nos admira. Sus caminos, sus acueductos, canales, y todos sus monumentos revelan el tipo de su grandeza y de su poder. En su vasto imperio construyeron numerosos canales, en los que no se sabe que admirar mas, si la celeridad en su ejecucion, ó los medios empleados para vencer las grandes dificultades del suelo, cuando no eran aun conocidas las esclusas de cuenco, sin las que no es posible tener una navegacion segura y fácil.

Los canales construidos por los chinos son, segun los viajeros, de un orden superior á todo cuanto en esto hay en Europa, y verdaderos monumentos del genio, y poder de aquel pueblo. El canal Real que atraviesa todo el imperio de norte á sur, tiene una longitud de trescientas leguas, y se ven navegar en él barcos tan grades como nuestras fragatas.

Los Italianos han dado á la moderna Europa los ejemplos mas completos y acabados, en cuanto se refiere á la construccion de canales, y á imitacion suya se han generalizado estas construcciones en Holanda, Inglaterra, Francia y otros paises, hasta que, hace apenas 40 años, los caminos de hierro vinieron casi á paralizar aquellas, aminorando acaso exageradamente su importancia.

A pesar de las ventajas que los canales hubieran ofrecido en nuestro pais, su número es por desgracia bien limitado y, prescindiendo de algunos trabajos practi-

cados por los Moros, y de que apenas quedan vestigios, solo podemos citar como los mas importantes el canal imperial de Tudela á Zaragoza, iniciado por el Emperador Carlos V, continuado en el reinado de Carlos III, y el canal de Castilla, desde Valladolid á Alar del Rey, con su ramal á Rioseco, que tan inmensas ventajas ha producido á la riqueza agrícola de toda Castilla la Vieja.

✓ 147. **Division de los canales.** Los canales se dividen en *laterales*, que siguen las corrientes de agua que deben suplir bajo el punto de vista de la navegacion, y con cuyas aguas se alimentan, y en *canales de division*, que sirven para establecer una comunicacion por agua entre dos rios navegables, separados por una divisoria mas ó menos elevada. El tramo situado en la parte mas alta de esta se llama *tramo de division*, porque el agua que recibe se divide en los dos ramales descendentes, cada uno de los cuales puede por tanto asimilarse á un canal lateral.

Vamos á examinar estas dos clases de canales, que por otra parte son de todo punto semejantes en cuanto al modo de construccion, y á la naturaleza de las obras á que cada uno de ellos da lugar, y cuya única diferencia consiste en los medios de alimentacion.

148. **Forma y dimensiones de un canal.** Como toda via de comunicacion, la caja y fondo del canal puede hallarse en desmonte ó terraplen, ó á la vez en desmonte y terraplen, ó en ladera. La forma de la caja de un canal es trapezoidal; su ancho en el fondo debe ser el necesario para que dos barcas puedan cruzarse fácilmente, para lo que basta, por regla general, dar á dicho

fondo un ancho de 10 metros. La altura ó profundidad de las aguas depende naturalmente del porte y calado de las barcas que hayan de frecuentar el canal; ordinariamente es de 1,60 á 2 metros, y en general deberán quedar 0,40 metros de agua bajo el fondo de las barcas cargadas.

Los taludes interiores dependen de la situacion y clase de terrenos, pero generalmente tienen de 1,5 á 2 de base por 1 de altura. Un resultado inevitable y consiguiente al contacto de las aguas con las tierras, y al oleaje y movimiento producido por la navegacion y los vientos, es el que los taludes interiores se alteren y pierdan luego su forma regular y primitiva en mas ó menos, segun la clase de tierras, lo que pudiera en ciertos casos exigir empedrados ú otros medios de consolidacion.

Los taludes exteriores, cuando el canal está en terraplen, tienen la inclinacion natural de las tierras, esto es, de 1,25 á 1,50 de base por 1 de altura.

Al paso de las poblaciones, ó en terrenos muy accidentados, ó de mucho valor, el ancho del canal puede reducirse al necesario para un solo barco, disminuyendo además su latitud total con el empleo de muros con mezcla ó en seco.

149. **Caminos de sirga.** Estos son indispensables para la *sirga* ó remolque por motores animados, y segun la clase de estos se adopta el ancho de aquellos. Cuando la *sirga* se hace por hombres, basta un ancho de 1,50 á 2 metros y próximamente doble para caballerías. Muchos canales tienen un solo camino de *sirga*, pero, aunque mas costosa, es conveniente la disposicion

con dos caminos, para facilitar el cruce de los barcos, y para en caso de grandes vientos elegir el camino situado del lado en que sople el viento, pues en otro caso este empuja el barco hácia la orilla desde que se sirga, y la marcha se hace casi imposible.

Por esta misma causa, y para consolidar el terraplen en los canales á media ladera, el camino de sirga se sitúa del lado exterior ó sobre el terraplen.

En los desmontes se hacen las cunetas al lado del camino de sirga para impedir que las aguas y sus arrastres caigan á la caja del canal, y en los terraplenes conviene tambien hacerlas al pie de su talud exterior, para recoger las aguas llovedizas ó de filtracion, impedir que perjudiquen á las propiedades contiguas y dirigirlas á los desagües naturales.

150. Condiciones especiales de la explanacion de un canal. Despues de lo que hemos expuesto en la primera parte acerca de la ejecucion de las obras de tierra y su saneamiento aplicable á toda clase de vias, solo nos ocuparemos aquí de lo que especialmente se refiere á la explanacion de los canales. Su condicion esencial es la *impermeabilidad*; pocos canales hay exentos de este defecto, porque ordinariamente el agua que contienen está á un nivel superior á las aguas que le rodean.

Las filtraciones dependen de la altura del agua en el canal, de la de las aguas adyacentes, y muy especialmente de las condiciones del terreno. Los mas permeables son los de tierras mezcladas con piedra, las gravas, cascajos, y las rocas esquistosas y hendidas ó agrietadas.

Las filtraciones pueden preverse desde luego por la

clase de terrenos, y adoptarse en consecuencia los medios preventivos de evitarlas, ó se manifiestan solo despues de echada el agua á los diferentes tramos del canal. Las pérdidas de agua son á veces sensibles á la vista, y se advierten por los remolinos en la superficie del agua y giros de los cuerpos flotantes; otras veces, las filtraciones no se conocen á la simple vista, ni con el exámen mas detenido, y solo se echan de ver por sus efectos en el descenso del nivel del agua.

Las filtraciones son, por regla general, mayores en los terraplenes que en los desmontes, sobre todo en el asiento del terraplen sobre el terreno natural, cuando no se ha cuidado de despejar bien este antes de construir el terraplen; estas filtraciones son casi siempre las mas seguras y difíciles de evitar.

151. Medios de hacer impermeable la explicacion. 1.º Por aguas turbias. Cuando las pérdidas son muy pequeñas, se evitan muchas veces por el aterramiento ú obstruccion debidos á la deposicion del fango y arenas, que las aguas tienen en suspension, y así se explica que canales abiertos en terrenos permeables se han hecho impermeables por el solo hecho del depósito del fango y tierras sueltas, que arrastran las aguas de alimentacion.

Este procedimiento puede aplicarse, ó en seco, ó estando el canal con agua. En el primer caso se extiende sobre el fondo del canal ó sobre los taludes, segun los casos, tierra bien suelta pero grasa, se introduce agua poco á poco, se surca ó frota el fondo ó taludes con rastrillos de madera ó hierro, y se agita el fango claro que

se forma. El agua, que se filtra en las pequeñas grietas, arrastra la tierra y produce la obstrucción ó restañadura que se desea.

Cuando el canal está con agua se hace uso de arena fina, de la que se carga una barca que se conduce á las partes permeables, se arroja allí con la pala en pequeñas porciones, diseminándola sobre la superficie del agua, y los granos arrastrados por esta se dirigen, al caer, á las grietas ó hendiduras del fondo.

Fig. 86.

152. 2.º Por zanjas laterales rellenas de tierra apisonada. Cuando las filtraciones se verifican solo por el fondo y nada por los taludes, se puede hacer una cuneta *A*, que se rellena de tierra apisonada.

Cuando las filtraciones se verifican por el talud se hacen zanjas *B*, *D*, *D'* mas ó menos profundas, y que se rellenan igualmente de tierra bien apisonada. Este procedimiento con las zanjas *D*, *D'*..... tiene la ventaja de poder aplicarse, aunque el canal esté en servicio ó con agua. Este sistema es poco costoso y dá generalmente buenos resultados.

Fig. 87.

153. 3.º Por capas ó camadas de tierra apisonada. Cuando las filtraciones están á la vez en el fondo y taludes, entonces se remueve todo en un espesor de 0,50 á 0,60 metros, y se apisonan las tierras por capas, regándolas con lechada de cal. Los apisonados de los terraplenes deben hacerse por capas de 0,40 metros que se reducen á 0,06, quitando bien las piedras y regando las capas con lechadas de cal.

La mejor clase de tierras para los apisonados son las tierras arenosas, que, regadas con lechadas de cal, forman

Fig.ª 84.

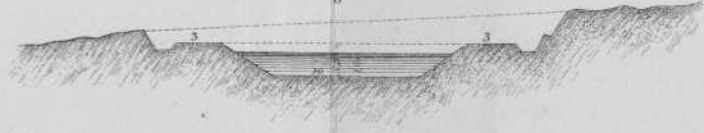


Fig.ª 85.

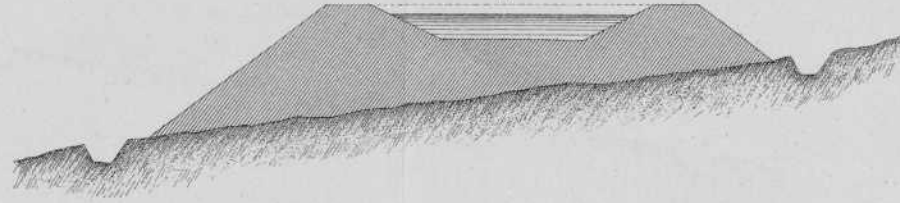


Fig.ª 93.

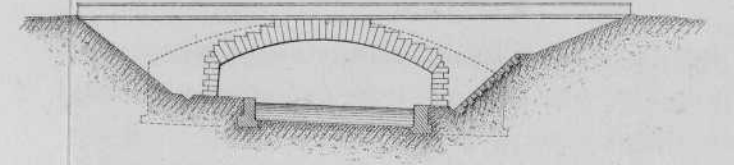


Fig.ª 86.

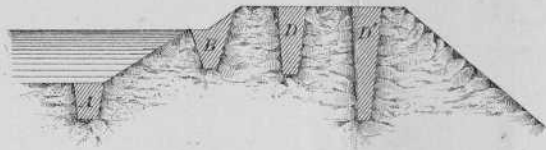


Fig.ª 89.

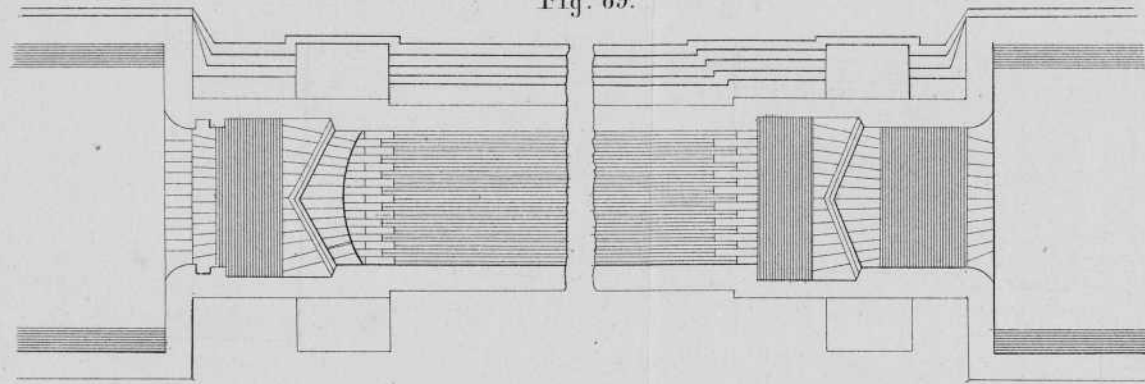


Fig.ª 94.

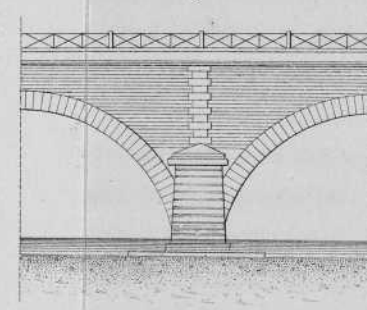


Fig.ª 95.

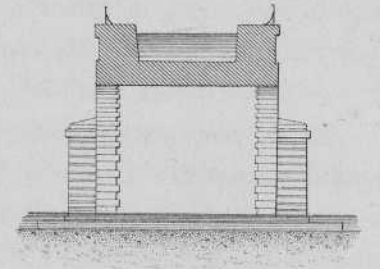


Fig.ª 87.

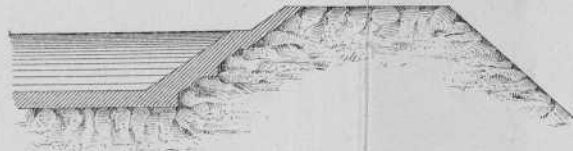


Fig.ª 90.

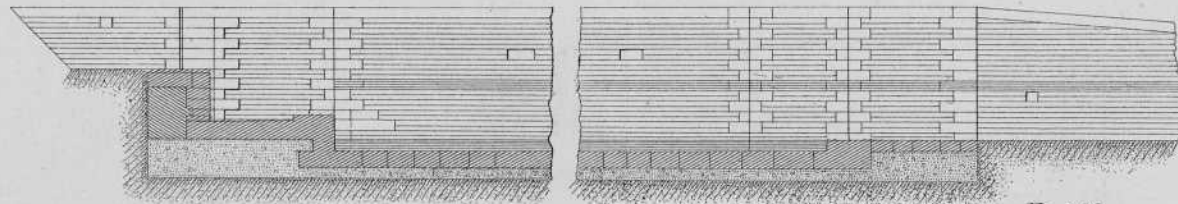


Fig.ª 96.

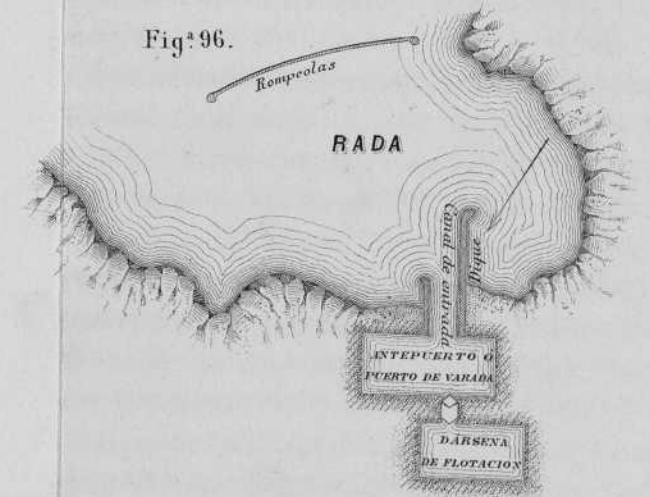


Fig.ª 88.

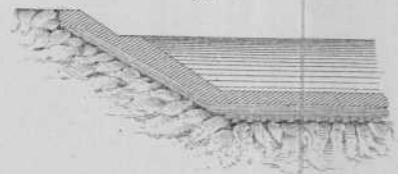


Fig.ª 91.

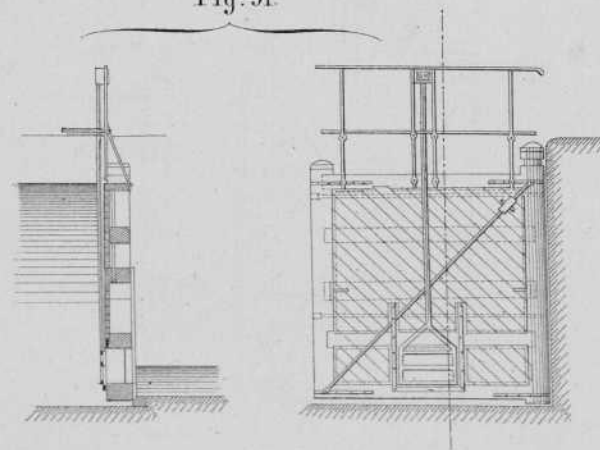


Fig.ª 92.

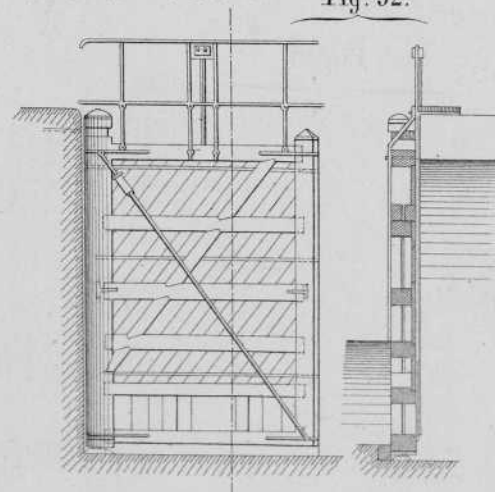
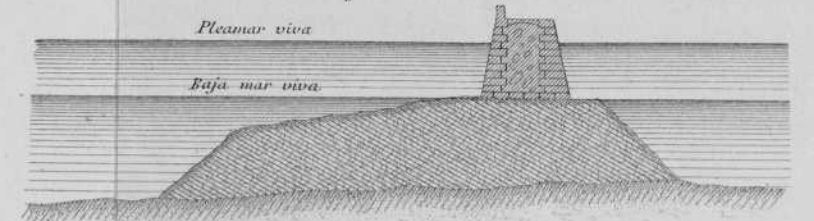


Fig.ª 97.



una especie de mortero magro que reemplaza, á este objeto, al hormigon, y cuesta mucho menos.

Las arcillas son de buen efecto, cuando han de emplearse en partes que estén constantemente debajo del agua, ó á cubierto de la accion atmosférica; de otro modo, es sabido que con la sequedad la arcilla se contrae y agrieta y dejaria paso al agua, al llenar los tramos del canal.

154. 4.º Por camadas ó soleras de hormigon hidráulico. Cuando las filtraciones son muy generales, y que proceden mas de la naturaleza del suelo, que de los defectos de ejecucion de la explanacion, el remedio mas eficaz para conseguir la impermeabilidad, es el hormigonado, ó sea una solera ó revestimiento general de hormigon de 0,15 á 0,20 méetros, bien manipulado y sentado.

Fig. 88.

Así por la economía del macizo de hormigon, como para preservarle de la accion del aire y del hielo, choque de los barcos y otros accidentes, es muy conveniente recubrirle de una capa de tierra apisonada de 0,30 á 0,40 méetros.

155. Filtraciones causadas por los topos y otros animales. Algunas veces las filtraciones son debidas á los agujeros hechos por los topos y otros animales que atraviesan las márgenes en terraplen. Se remedian estos defectos por medio de pequeñas zanjas abiertas en el terreno desde el fondo hasta el nivel del agua, y rellenas de hormigon ó arena. Las primeras no son atravesadas sin duda á causa de la causticidad de la cal, y las segundas porque la movilidad de la arena inutiliza y destruye el adelanto del trabajo del topo.

156. Esclusas.—Forma y descripción general. Hemos dicho que las esclusas tienen por objeto comunicar dos tramos seguidos del canal, haciendo que los barcos puedan pasar de uno á otro, salvando su desnivel ó *caída* sin peligros ni sacudidas bruscas, y en el capítulo anterior se ha expuesto cómo se verifica esta maniobra.

El cuenco ó capacidad de una esclusa está comprendido entre dos muros ordinariamente paralelos y verticales; en el frente de agua arriba se halla el muro de caída, cuya altura es generalmente igual á la diferencia normal de los niveles; encima de este muro se encuentra la cámara de las puertas de agua arriba, en la cual se mueven las puertas superiores, del mismo modo que en la otra extremidad se halla la cámara de las puertas de agua abajo; cuando las puertas están abiertas, cada hoja se coloca en la parte entrante, llamada *encaje*, practicada al efecto en cada muro de costado; cuando el paso está cerrado, las dos hojas vienen á apoyarse una contra otra, y en su extremo inferior, en una parte saliente del piso á que se ha dado el nombre de *batiente* ó *busco*.

Se llaman *quicioneras* las superficies cilíndricas verticales en que giran los largueros de las puertas en su movimiento; la directriz de estas superficies es generalmente un arco de círculo terminado por dos tangentes, una en prolongación del busco, y la otra paralela al muro de costado.

La economía de tiempo y gasto de agua al paso de cada esclusa recomiendan que sus muros laterales sean planos y verticales. En cuanto al paramento posterior ó

del lado de las tierras, en opinion de algunos ingenieros, es muy preferible el talud continuo de $\frac{1}{10}$ al sistema de escalones y contrafuertes, que ordinariamente se emplea. Con el talud continuo las tierras forman cuña, se comprimen á medida de su asiento, favorecen la impermeabilidad, evitan por consiguiente la comunicacion de las aguas de un tramo á otro, y disminuyen el empuje de las tierras sobre los muros.

El espesor medio de estos es generalmente 0,40 de su altura, que es de 0,60 á 0,80 mas que el nivel del agua en el tramo superior.

El muro de caida es ordinariamente cilíndrico y vertical, lo que permite aparejarle, así como el busco de arriba, en forma de bóveda para resistir mejor el empuje de las tierras. Su altura es desde la solera del cuenco hasta el busco de arriba, aunque muchas veces este se ha bajado algo, de manera que las compuertas de las puertas de arriba estén ocultas en parte por las aguas del tramo de abajo, evitando por tanto á las barcas el ser inundadas al salir el agua por dichas compuertas. Esta disposicion tiene sus ventajas y sus inconvenientes, entre los cuales son muy importantes la mayor altura que exigen las puertas de agua arriba, y las mayores dificultades de construccion y reparacion de toda la obra.

La altura del busco es de 0,25 á 0,30 méetros repartido entre 0,12 á 0,15 de batiente de las puertas, y otro tanto de juego entre estas y la solera de la cámara de las puertas.

La salida de los buscos respecto á la línea que pasa por los ángulos de las quicioneras es de $\frac{1}{5}$ á $\frac{1}{7}$ del an-

cho de la esclusa; cuanto mas obtuso es este ángulo las puertas son menos anchas, y ofrecen menor resistencia para abrirse, y menos tiempo, por tanto, se emplea en llenar y vaciar el cuenco.

El ancho de las esclusas, entre sus muros de costado, es el necesario para el paso de una barca, ó sea próximamente la mitad del de la caja del canal. Su longitud está arreglada á la de las mayores barcas, que deben navegar por el canal proyectado.

157. **Su construccion.** Las esclusas son las obras capitales y mas importantes de los canales, y si se observa la posicion de sus diferentes partes, y los constantes empujes y presiones á que están sujetas, así por el agua como por los macizos de tierra adyacentes, se comprende la necesidad de que la construccion de estas obras sea muy sólida y esmerada, á fin de resistir con toda eficacia, no solo la accion de dichas presiones, sino para evitar las filtraciones y las socavaciones, y desperfectos continuos que de otro modo serian consiguientes. Atendida la importancia de las esclusas, se comprende asimismo que su coste entre por mucho en el de la totalidad de las obras, y por término medio se calcula en $\frac{1}{4}$ á $\frac{1}{6}$ del total de las obras de un canal ordinario.

Por regla general se emplea la sillería en las partes expuestas á mayores presiones, como las quicioneras, los encajes de las puertas, los buscos, muro de caída, todos los ángulos ó esquinas y las coronaciones, reservando la mampostería ó el ladrillo para el resto de los frentes y macizos.

A fin de dar á las mamposterías, y en general á toda

la fábrica, el grado de consistencia é impermeabilidad tan necesario, deberá emplearse mortero hidráulico, sobre todo en los frentes, y aun sería conveniente en los macizos interiores.

Las fundaciones deberán ser fuertes, empleando aquel sistema de cimentacion que mejor se acomode á las condiciones y circunstancias del terreno, y en el fondo de la esclusa deberá construirse una solera general de mampostería hidráulica, recubierta con un fuerte enlosado en las partes próximas al muro de caída y fuera de las puertas de agua abajo, á fin de oponerse mejor á las socavaciones que causaría el choque del agua.

158. Esclusas de madera. En algunos países se han construido esclusas enteramente de madera, pero este sistema está hoy día completamente abandonado, por las malas condiciones en que la madera se encuentra, expuesta alternativamente dentro ó fuera del agua. Según la clase de fundacion, se emplea hoy únicamente la madera en la solera general del cuenco, en los buscos para debilitar la acción de los choques, y en otras partes situadas constantemente debajo del agua, además de las puertas de que pasamos á ocuparnos.

159. Puertas de esclusa.—Su forma y construcción general. Las puertas de esclusa son comunmente planas y de madera; cada hoja está esencialmente compuesta de dos largueros verticales, sobre los que se ensamblan varias traviesas horizontales, y el todo se recubre, del lado de agua arriba, de un sistema de tablonés que llenan los huecos de los bastidores y se opone al paso del agua. El larguero que gira se llama

larguero de quicio, el otro, que viene á aplicarse con la pieza análoga de la hoja opuesta, se llama larguero de busco, y las piezas horizontales *peinazos*.

El peso de cada hoja tiende necesariamente á desunir sus elementos, y se separaria bien pronto de su larguero de quicio, si no se colocase en diagonal, desde el pie del larguero de quicio al peinazo superior, cerca del larguero de busco, un *jabalcon* que impide al rectángulo de la puerta convertirse en paralelógramo, y como se dice *dar de nariz*. Se adopta tambien con el mismo objeto, y segun la otra diagonal, un tirante de hierro que une la parte superior del larguero de quicio á la inferior del larguero de busco.

Tambien se coloca algunas veces debajo de este una ruedecilla cónica que, rodando sobre una plancha circular de hierro, sostiene la puerta y facilita el movimiento; sin embargo, como la rueda sostiene un peso muy grande, se deteriora prontamente y viene á ser mas bien perjudicial que útil, por lo que su uso está poco generalizado.

No menores inconvenientes tiene otro medio empleado con el mismo objeto, el de un cerrojo vertical maniobrado á voluntad por un cric ó *gato*, y que, apoyándose sobre la solera, no solo sostiene la puerta, sino que podria hasta levantarla por una maniobra inconsiderada.

Si se tiene en cuenta el gran peso de las puertas de esclusa, las considerables presiones á que casi constantemente están sujetas, y su exposicion alternada á la accion de la humedad y sequedad, se comprende la necesidad de que su construccion sea sólida y esmerada, empleando

maderas bien sanas y de escuadria acomodada á las fuerzas que deben resistir, ensamblajes apropiados á la posicion de las piezas y que no debiliten su resistencia, fortificados además con fuertes abrazaderas y estribos de hierro.

Por consideraciones deducidas de la manera de resistir de todo el armazon, los peinaos se disponen equidistantes en toda la altura de los largueros, y los tablonos se colocan inclinados ó en diagonal, y del lado de que se verifican las presiones del agua. Toda la puerta debe estar bien calafateada y pintada de un modo análogo al de los barcos, á fin de oponerse á las filtraciones y prolongar la duracion de la madera, tan expuesta á pudrirse en las alternativas de la humedad y sequedad.

160. **Rotacion y manejo de las puertas.**

El larguero de quicio va sujeto en su parte superior por medio de un collar de hierro forjado, de seccion circular, fuertemente empotrado en la mampostería y dispuesto de tal modo que el larguero pueda girar fácilmente, y sin sacudidas ni grandes rozamientos.

El giro ó rotacion del larguero de quicio se verifica por medio de un *pivote* ó *gorron*, fijo al pie del larguero, y apoyado sobre una caja ó *tejuelo* cóncavo; algunas veces se ha invertido el sistema, colocando el tejuelo en el larguero y fijando en la solera el pivote con el objeto de evitar las arenas y otras materias que, depositándose en el tejuelo, aumentan el rozamiento y dificultan el giro. Estos inconvenientes no son sin embargo muy sensibles en la práctica, y por esto el primer medio está mas generalizado como mas sencillo y de mas fácil conservacion y engrasado.

El manejo ó movimiento de las puertas se verifica de varias maneras; ó bien los peinazos superiores se prolongan sobre los muros, viniendo á hacer contrapeso, y el esclusero les empuja con la mano; ó bien por medio de cuerdas ó cadenas sujetas á argollas, fijas en la parte superior del larguero de busco, y movidas por *cuatro* cabrestantes, dos para cada maniobra, ó bien por un arco dentado de fundicion, fijo perpendicularmente á la puerta, y movido por un piñon de eje vertical, establecido sobre el costado de la esclusa; y tambien finalmente por el mismo arco dentado, fijo en la solera de la esclusa, y en el cual engrana un piñon de eje vertical, situado en el larguero de busco, movido por el esclusero, que se mueve el mismo con la puerta.

Hay otros varios medios, pero los indicados son los mas usados, y entre ellos el primero como mas sencillo y de menor rozamiento.

161. Compuertas de las puertas de esclusa.

Estando cerradas las puertas, la maniobra para el paso de una barca exige que se ponga en comunicacion alternativamente el cuenco con el agua del tramo superior y con la del inferior; esta comunicacion se verifica generalmente por aberturas practicadas en las puertas entre los dos últimos peinazos inferiores, y que cierran á voluntad *compuertas* que resbalan verticalmente en unas ranuras laterales. Estas compuertas se reducen generalmente á unos tablones horizontales ensamblados á ranura y lengüeta, y unidos por un herraje en forma de herradura de caballo, terminada por un tirante vertical de hierro que sirve para la maniobra. Se emplean tambien com-

puertas de hierro fundido ó de palastro, fijas sobre un bastidor de hierro forjado.

162. **Manejo de las compuertas.** Para abrir ó cerrar las compuertas se emplean generalmente *crics* ó *gatos*, cuya barra dentada es el mismo tirante de la compuerta, mas exigiendo este medio demasiado tiempo, se ha vuelto al empleo primitivo de la palanca, pero perfeccionado á fin de disminuir el espacio ó altura recorrida por el brazo de la potencia, á cuyo efecto se divide el vano ú orificio de la compuerta en dos ó tres partes, cerradas por otras tantas pequeñas compuertas, que un solo golpe de palanca eleva á la vez. Este sistema ha sido aun mas perfeccionado, haciendo que una misma palanca sirva para dos compuertas establecidas sobre la misma hoja, cuyos pesos se equilibran, y que se abren á la vez, bajando la una y subiendo la otra.

163. **Otros medios de llenar ó vaciar el cuenco de la esclusa.** Para llenar ó vaciar el cuenco de las esclusas se emplean tambien acueductos ó tambores, practicados en el espesor de los muros laterales, que comunican del cuenco á los tramos de arriba y abajo, y que se sirven por medio de dos compuertas establecidas al nivel inferior de las puertas.

Este sistema tiene sus ventajas y ha sido muy empleado, pero como exige una construccion mas fuerte, complicada y costosa en los muros laterales, se prefiere generalmente el uso de las compuertas en las puertas de esclusa, bajando mucho el muro de caida y colocando la salida del agua del tramo superior lo mas baja posible con relacion al barco, á fin de evitar las averías que la

caída del agua puede producir sobre el barco ó sus mercancías, segun se ha dicho al describir la forma y construcción de las esclusas. (156.)

✓ 164. **Puertas curvas.—Puertas de madera y hierro.** Con el objeto de aumentar la resistencia de las puertas de madera, se han hecho tambien curvas, de modo que forman una superficie cilíndrica vertical, en cuya direccion deben colocarse los tablones del revestimiento. Indudablemente estas puertas resisten en mejores condiciones, y la única dificultad consiste en su mayor coste, y la de encontrar maderas de forma curva apropiada para los peñazos, pues si se cortan las fibras, se pierden en parte ó todo aquellas ventajas. La flecha, que se les ha dado, ha variado de $\frac{1}{20}$ á $\frac{1}{40}$ de la longitud de la hoja.

Las puertas en que se ha combinado la madera con el hierro forjado y con el fundido, no han producido en general buenos resultados; son mas caras, están expuestas á mas continuas roturas, y su empleo por estas razones es poco frecuente.

✓ 165. **Union de los caminos de sirga.** Al extremo de cada tramo del canal existe entre los caminos de sirga el desnivel del salto de la esclusa, que se salva por medio de una rampa de 0,06 á 0,08 metros por metro, trazada entre las dos cabezas de la esclusa, segun las condiciones del terreno lo permitan, ó desde el extremo de abajo.

✓ 166. **Pasos subterráneos.** En los canales los subterráneos se practican generalmente con el ancho necesario para un barco y 0,40 á 0,60 metros de juego

á cada lado. En unos se dispone en uno de los costados, en forma de andén, el camino de sirga, y en otros se ha suprimido por consideraciones importantes en la economía de construcción, y la sirga se verifica por medio de un pasamanos de hierro, fijo en las paredes del subterráneo, ó por una cuerda suspendida á anillos de hierro empotrados en la mampostería. Después del capítulo especial, que, al tratar de la explanación, hemos dedicado á esta clase de construcciones, solo creemos necesario añadir aquí, que en los canales la altura de los subterráneos sobre el agua es de 3,80 á 4 metros, para que los barqueros puedan estar cómodamente sobre los barcos, y manejar bien los remos y bicheros.

La profundidad de agua es algo mayor que en la generalidad del canal, consecuencia muchas veces de la forma de bóveda invertida que se dá al fondo, y porque, estando casi siempre los principales subterráneos en los tramos de división, estos sirven de depósito para los inferiores.

167. Pasos difíciles.—Travesía de poblaciones. En los trayectos en que el terreno es muy accidentado ó de mucho valor, así como al paso ó travesía de las poblaciones, el ancho del canal se reduce también al necesario para una sola barca, reemplazando los taludes, si conviniese economizar su latitud, por medio de muros de contención, como en las esclusas y demás obras análogas.

168. Cruzamiento del canal con carreteras y otras vías. Los canales interrumpen con frecuencia otras comunicaciones, sean caminos de hierro, carre-

teras ó caminos rurales, y de aquí la necesidad de un gran numero de puentes, generalmente de un solo tramo, con la abertura necesaria para el paso de los barcos; esta abertura se limita al ancho de un barco, aumentado en 0,50 á 0,60 métrros como en las esclusas, mas el del camino ó caminos de sirga, con 3,80 métrros de altura, junto á los estribos, sobre el agua, como en los pasos subterráneos. El ancho de estos puente-vias se arreglará al de la clase de via á que dá paso, y su forma y construccion dependen, como siempre en estos casos, de las alturas entre las respectivas rasantes, materiales y condiciones de la localidad; pero el paso cómodo por el camino de sirga recomienda los arcos rebajados ó tableros rectos de madera ó hierro. En algunos puente-vias se ha suprimido tambien el camino de sirga, y en efecto no parece indispensable, pues aun habiéndole, los barqueros prescinden de él con frecuencia, á fin de pasar con pequeña velocidad, y evitar las averías de algun choque.

En pocas ocasiones el paso de otra via se verifica por debajo del canal, lo que daria lugar á una obra generalmente mas costosa; aquí, como en los caminos de hierro, los puente-vias de paso superior son por regla general los mas convenientes y económicos.

Con objeto de economía y del mayor servicio que prestan, se sitúan muchas veces estos puente-vias en el extremo inferior ó al lado de las puertas de agua abajo de las esclusas, aprovechando como estribos la terminacion de los muros de estas, y ejecutando á la vez las dos construcciones; esta posicion de los puente-vias dificulta sin embargo la maniobra de las puertas y la de los barcos.

169. **Paso de las corrientes de agua.** Un canal, sobre todo si es lateral, cruza necesariamente todos los afluentes situados de aquel lado ú orilla; como el nivel del primero es constante, mientras que los de los afluentes son variables, no se puede dejar á estos penetrar en el canal, y se les debe proporcionar un paso libre por debajo de este. Su entrada en el canal, como hay en muchos, ya para alimentacion de agua á los tramos, ya por evitar acueductos, tiene además el inconveniente de encenagarse y exponerle á todas las averías y roturas que son consiguientes en la época de las crecidas.

Las obras destinadas á dar paso á las corrientes de agua por debajo del canal son los caños, tajeas y alcantarillas, cuando aquellas son de poca importancia. Cuando debe tener muchos arcos, ó uno solo de grande abertura se llama puente-canal ó ponton-canal. Las primeras son obras de poca importancia, y habiéndonos ocupado de ellas en general en las lecciones de la primera parte, nos limitaremos aquí á las observaciones peculiares al objeto presente.

Las bóvedas de estas obras tienen mas necesidad que ninguna otra de una fuerte resistencia, no solo para atender á la carga de aguas del canal, sino á la presion de abajo arriba de las del arroyo, cuando, estando aquel seco, se halla el último bajo la influencia de una crecida notable. Para evitar, en cuanto es posible, hacer en forma de sifon estas obras debajo de los canales, y en el caso de ser precisas, se emplean frecuentemente, de algunos años á esta parte, en lugar de bóvedas de mampostería, tubos de fundicion unidos por enchufe; el diámetro de

éstos tubos rara vez pasa de dos métrros, pero se colocan á veces muchos, los unos al lado de los otros en razon del gasto ó caudal del arroyo, cuyo paso se quiere asegurar en tiempo de crecidas.

170. **Puentes-canales.** Para corrientes de agua mas considerables es necesario establecer el canal sobre un *punte-canal*, cuya magnitud, importancia y gasto de construccion dependen del ancho, profundidad y régimen del rio sobre el que se construye. Esta clase de obras reune, como se vé, todas las dificultades de un puente ordinario con las especiales del establecimiento de la via de agua.

Figs. 94
y 95.

El ancho de esta se limita al necesario para un solo barco, y en general 0,30 á 0,40 métrros mas que el ancho de las esclusas, para que el agua pueda desalojarse por cada lado en el movimiento; segun que haya ó no camino de sirga sobre las dos orillas, para hombres ó caballerías, ó solo una senda para hombres, deberán añadirse 2 á 3 métrros ó solo 1 métrro de cada lado del *cajero*.

Ordinariamente se colocan una ó dos esclusas cerca de la salida de un puente-canal, porque, hallándose este naturalmente muy elevado, así como el canal mismo en sus inmediaciones, hay grande interés en volver á bajar lo mas pronto posible.

El punto capital de la construccion de un puente-canal, es la impermeabilidad de la cubeta ó cajero que el agua degradaria con el tiempo, si existiesen filtraciones; es por consiguiente necesario todo el cuidado que se ponga en la ejecucion de las mamposterías, en la confec-

cion de espesas capas de hormigon, colocadas sobre el trasdos *despues del descimbramiento y asiento definitivo de las bóvedas*; el hormigon hidráulico, y mejor aun el betun, no debe escasearse cuando se trata de conseguir un resultado tan importante.

Es además muy esencial introducir lo mas pronto posible el agua en el cajero, para evitar los efectos de una desecacion muy rápida, sobre todo en verano.

171. Casos en que pueden suprimirse. Cuando la corriente de agua, que hay que atravesar, es muy considerable, y su nivel ordinario es poco inferior al del canal, la construccion de un puente-canal seria muy costosa y de difícil realizacion. Se ha evitado muchas veces con éxito esta dificultad, introduciendo el canal en el rio, al que se baja por una esclusa, y subiendo por otra para entrar en el ramal opuesto. En estos casos suele construirse una presa agua abajo del cruzamiento del canal, para aumentar el calado é impedir que la corriente perjudique el paso de las barcas.

Esta solucion, sin duda muy natural, presenta á veces en la ejecucion dificultades que la hacen desechar, porque hace depender la navegacion del canal del régimen mas ó menos regular del rio, y porque, desde el punto de cruzamiento en adelante, el canal debe alimentarse de las aguas que acaba de atravesar.

172. Corrientes de agua sobre el canal. Cuando las corrientes de agua están poco distantes de su origen, y tienen fuertes pendientes, es difícil hacerlas pasar por debajo del canal, no es conveniente que entren en él por los aterramientos á que esto daría lugar, y la solu-

cion mejor en muchas ocasiones es hacerlas pasar *sobre el canal* por medio de un puente-acueducto, obra enteramente análoga á la de los puentes-canales. Encima de las bóvedas ó tramos de madera ó hierro del puente-acueducto será preciso, en vez de la via ordinaria de un camino, establecer una via de agua, cuya pendiente y seccion dependerán del máximo volúmen de aguas del rio, y de las necesidades de la flotacion ó navegacion, cuando sea flotable ó navegable, en cuyo caso seria necesario contar además con las banquetas de la sirga, como se ha dicho en los puentes-canales.

✓ 173. **Alimentacion en los canales laterales.**

En esta clase de canales hay generalmente medios abundantes de alimentacion de agua, por la derivacion que se hace del rio en la cabeza ú origen del canal; esta derivacion se verifica ordinariamente por un cauce, que parte de un punto bastante elevado del rio, para que las aguas puedan llegar al canal, si no tiene su origen en el lecho mismo de aquel. La introduccion del agua, suministrada por el cauce, se arregla por medio de compuertas colocadas en la boca de un *acueducto de toma de aguas*, practicado debajo del dique.

Estas compuertas son indispensables, ya para impedir la entrada de las crecidas, ya para poder dejar el canal en seco, cuando un motivo cualquiera reclama esta medida, ya, en fin, para interceptar momentáneamente la comunicacion, cuando las aguas son muy abundantes.

✓ 174. **Alimentacion en los tramos intermedios.** Lo mismo en los canales laterales que en los de

division, pero mas especialmente en estos últimos, el agua procedente de las acequias ó de los depósitos practicados al efecto con los diversos afluentes, se introduce algunas veces en el canal por acueductos que pasan bajo los costados del terraplen, ó mas sencillamente por un cauce compuesto de una solera encachada, dos muros laterales, y sobre estos un tablero ó puente de madera para el servicio de la sirga. Entre los dos estribos se coloca un bastidor de madera, en el que, segun su ancho total, se hacen mover en montantes verticales, una ó mas compuertas de 1 á 1,20 metros de abertura cada una.

175. **Alimentacion de los canales de division.** El tramo mas elevado de esta clase de canales alimenta necesariamente en todo ó parte á los demás tramos de los ramales descendentes. Cuando las corrientes de agua naturales no son bastante abundantes y regulares para alimentar el tramo de division, es necesario construir depósitos para las épocas de escasez, para satisfacer una navegacion mas activa, y en fin, para llenar el canal despues de los cortes de agua.

Con objeto de poder dar á estos depósitos el mayor volúmen con la menor extension superficial y gasto de obras, se sitúan, á ser posible, en valles de vertientes muy extensas, de laderas muy pendientes, y cuyo fondo sea poco inclinado, en cuyo punto mas estrecho se construye la presa que debe contener las aguas.

Estas presas se ejecutan, ó con terraplenes revestidos de escolleras, ó con muros con mezcla, ó combinando los dos medios. Segun las circunstancias locales, se elegirá el mas conveniente que, sea cual fuere, deberá tener

la fuerza necesaria para resistir el empuje del agua, y evitar eficazmente las filtraciones que pudieran manifestarse, ya lateralmente, ya por debajo, y que con el tiempo podrian causar averías desastrosas.

El agua de estos depósitos se dirige al tramo de division, ya por medio de compuertas establecidas á diferentes alturas en los conductos ó tubos, ya por medio de llaves de dimensiones suficientes.

Son además necesarios en un depósito un vertedero de superficie para dar salida al exceso de agua, y un desagüe de fondo para vaciar enteramente el depósito, limpiarle y hacer en él las reparaciones convenientes.

Las corrientes de agua que alimentan el tramo de division, ya inmediatamente, ya por medio de los depósitos, casi nunca llegan por su cauce natural, sino por acequias artificiales, derivadas á veces á distancias muy considerables, y desde una altura superior á la del tramo de division, de lo que se infiere la conveniencia de dar á estas acequias la menor pendiente posible, á fin de que sus puntos de origen ó de toma de aguas sean los mas bajos, y se pueda reunir la mayor cantidad de aguas que sea posible. Interesa sin embargo que la velocidad del agua en estos cauces sea de 0,20 á 0,40 méetros por segundo.

176. **Vertederos para desaguar los tramos.**

Cuando se quiere poner en seco el canal, el agua de cada tramo puede vaciarse al inferior, pero como esta operacion seria muy larga, y además aglomeraría al extremo toda el agua, puede esta salir de los tramos por medio de vertederos al valle principal.

A fin de tener la pendiente necesaria para la salida, estos vertederos se colocan generalmente en los teraplones, ó para disminuir la caída, cerca de su paso al desmonte.

Es asimismo conveniente su situacion en los tramos largos, y en que se reciben arroyos ó acequias de alimentacion, para poder dar salida al exceso de aguas en caso necesario, lo que aconseja que se sitúen cerca de las casas de los escluseros, para que estos hagan pronto la maniobra de las compuertas.

Los vertederos se construyen análogamente á las acequias de alimentacion, defendiendo su fondo con una solera fuerte, y dando despues la direccion conveniente á las aguas hasta las corrientes ó desagües naturales.

177. **Dependencias y obras accesorias de un canal.—Puertos, almacenes y caminos de servicio.** Sea en los puntos extremos ó en algunos intermedios de importancia mercantil, es necesario construir *puertos* con muelles en donde pueda verificarse la carga y descarga de los barcos, como en los puertos de mar, de que se tratará en el capítulo siguiente. En los canales estos puertos se reducen á un ensanche de aquellos con la extension superficial necesaria, segun el tráfico de la localidad.

Los muelles consisten en muros, generalmente de paramento vertical y de sillería, á los que puedan atracar las barcas, y cuya coronacion esté al nivel de estas, para facilitar las operaciones de la carga y descarga.

Algunas veces son tambien necesarios almacenes de propiedad y dependencia del mismo canal para el depó-

sito y guarda de aquellos efectos, que no pueden tener una entrega ó salida inmediata.

Puede ser asimismo necesaria la construccion de caminos de acceso, y enlace de estos puntos de depósito con las demás vias ordinarias ó de hierro, que vengán á afluir á dichos puntos.

178. **Casas de escluseros.—Arbolado.** Las casas de los peones ó guardas, destinados al servicio de las esclusas, se colocan generalmente frente á estas y del lado exterior del camino de sirga. Cuando las esclusas están muy próximas, una sola casa puede bastar para dos ó tres. Atendida la analogía de su objeto, la construccion y distribucion de estas casas puede hacerse segun lo que en su lugar se expuso respecto á las casillas de peones camineros.

El arbolado es no solamente útil en un canal, sino que, atendida la circunstancia de su mas fácil crecimiento y desarrollo por la proximidad y abundancia de las aguas, es no pocas veces una propiedad de mucho valor y produccion, y que por tanto merece una atencion preferente.

179. **Trazado de los canales.—Situacion del tramo superior ó de division.** Un canal, considerado como *un camino de agua estancada*, debe satisfacer en su trazado á las condiciones generales que en la primera parte se indicaron respecto á todas las vias de comunicacion, y le son igualmente aplicables los principios y reglas generales allí expuestas para el reconocimiento de los terrenos y trazado, bajo cuyo supuesto nos ocuparemos aquí solo de las circunstancias *especiales* de esta clase de vias, concretándonos mas á los canales de

division, que ofrecen mayores dificultades, así para su trazado, como para su alimentacion.

Es evidente, y conforme con todo lo expuesto, que el tramo de division ó mas alto debe situarse en la mayor depresion ó punto mas bajo de la divisoria, porque así será menor el número de esclusas necesarias, y será mas fácil conducir á él mayor cantidad de aguas. Hoy que la construcción de los subterráneos es ya mas conocida, y por tanto menos temible, puede esta circunstancia hacer bajar mucho la altura del tramo de division, por medio de un túnel mas ó menos largo, segun las condiciones del terreno, no fijándose precisamente en la menor depresion de la divisoria, sino en la *menor distancia horizontal subterránea* de una vertiente á otra, combinada con la mayor cantidad de agua de alimentacion.

180. **Longitud de los tramos.—Caida de las esclusas.** En los canales la pendiente de los diferentes tramos está toda acumulada en las esclusas, y por consiguiente del número y caida de estas depende el desarrollo ó longitud *mínima* entre dos puntos dados.

Las caidas pequeñas aumentan mucho el número de esclusas y su coste, así como el tiempo empleado en la navegacion.

Las esclusas de caidas grandes están expuestas á mayores pérdidas de agua por las puertas de abaje, y á filtraciones, socavaciones y degradaciones mas sensibles en toda la fábrica de la solera y muros. Las alturas mas generalmente adoptadas para las esclusas, como mas convenientes, varían de 1,50 á 2,50 méetros.

Deben evitarse asimismo las esclusas adosadas ó se-

guidas como muy costosas y embarazosas para la navegacion. Por economía en el gasto de agua, conviene hacer algo menores é iguales las caidas de las esclusas comprendidas entre el tramo superior y el primer punto de alimentacion inferior, y aumentar desde aquí la altura proporcionalmente al producto de agua introducida.

Los tramos muy cortos son perjudiciales, porque baja mucho su nivel con el agua de una *esclusada* y cuando son indispensables, es por esta razon conveniente darles mayor anchura. Además para no retrasar la navegacion, la longitud mínima de cada tramo debiera ser la recorrida por una barca, mientras otra pasa la esclusa anterior ó siguiente.

✓ 181. **Alineaciones rectas y curvas.** Como toda via, los canales se trazan en alineaciones rectas y curvas. Las esclusas deben siempre situarse de modo que á uno y otro lado haya de 100 á 150 méetros en línea recta.

Para los canales de seccion media el radio mínimo de las curvas es de 35 á 40 méetros, pero entonces conviene dar mayor ancho al canal, para que dos barcas puedan cruzarse fácilmente.

✓ 182. **Direccion del trazado en las laderas.** En la parte alta de estas el terreno es en general movedizo, pedregoso y por tanto permeable, y con fuertes pendientes trasversales, que aumentan las dificultades y gastos de la explanacion, resultando de aquí la conveniencia de descender lo antes posible á la parte baja, en donde, en general, es mas fácil contornear los contra-

fuertes, y se encuentran terrenos menos permeables y de tierras mas grasas para los terraplenes.

Ya en la parte baja de las laderas la situacion mas conveniente parece ser á la altura estrictamente necesaria para preservar al canal de las inundaciones del valle principal. Una posicion mas baja expondria las obras á continuas averías y dificultaria el paso de los afluentes.

183. Cantidad de agua necesaria. Uno de los cálculos que en el estudio de un canal merece fijar mas la atencion, es el del consumo ó gasto total de agua necesaria, teniendo en cuenta todas las causas que le ocasionan. Estas causas son: 1.^a La evaporacion; 2.^a las filtraciones; 3.^a las pérdidas por las puertas de las esclusas; 4.^a la navegacion y 5.^a el poner en seco el canal para las reparaciones anuales.

La evaporacion es muy variable y depende del clima y condiciones atmosféricas de la localidad, por lo que es muy difícil, si no imposible, apreciar exactamente el gasto debido á esta causa, del que en todo caso debe descontarse la parte repuesta por las lluvias. Hecha esta deducion, y colocándose en el caso mas desfavorable, se calcula ordinariamente de 4 á 5 milímetros la altura de agua evaporada en *cada dia*, que deberá multiplicarse por la superficie de los tramos y depósitos para tener el volúmen de agua perdido cada dia por esta causa.

El gasto de agua debido á las filtraciones es aun mas difícil de apreciar, pues depende de las circunstancias del terreno. En general las filtraciones son muy abundantes al principio, pero disminuyen á medida que las masas permeables se van saturando de agua, y sobre todo por

el depósito de los fangos y demás arrastres del agua, y en último término por las obras que en caso necesario se practican para hacer impermeable la caja del canal, según antes se ha expuesto. Se admite generalmente que la pérdida por las filtraciones es doble de la debida á la evaporacion, pero este dato necesita ser rectificado en cada caso para no incurrir en error.

Las pérdidas debidas á las puertas de esclusa dependen de su construccion y conservacion mas ó menos esmeradas. Lo que pierde un tramo, lo recibe el siguiente, lo que equivale á una corriente de agua, que para el tramo de division se aprecia por término medio en 400 á 500 metros cúbicos por cada 24 horas.

Cuando una barca sube de un tramo á otro, este dá al primero ó pierde un volúmen de agua igual al del cuenco entre los dos niveles, *mas* el del calado de la barca, y á la bajada el tramo dá al inferior el mismo volúmen del cuenco, *menos* el del mismo calado de la barca. Por manera que, contrayéndonos al tramo de division, el paso de cada barca produce un gasto total de agua representado por el de los dos cuencos de las esclusas extremas, comprendido cada uno entre los respectivos niveles de agua. Este volúmen, siendo

S la seccion horizontal del cuenco de cada esclusa,
 h y h' sus respectivas caidas,

estaria representado por $S(h + h')$.

Conociendo la *frecuentacion* del canal ó el número n de barcas diarias, el gasto de agua por dia debido á esta causa seria

$$V = n S (h + h').$$

El volúmen de agua necesario para llenar todos los tramos de un canal es en general mucho mayor que el de estos por las filtraciones y absorcion en tierras que han estado durante largo tiempo expuestas al aire. Como tambien se pierde mucha agua por las acequias de conduction, convendrá por esto hacerla llegar en el menor tiempo posible.

CAPÍTULO TERCERO



181. Canales de riego. En algunas de las partes de un valle muy fértil y poblado, como sucede en la industria agrícola de los países mediterráneos, se ve que falta la lluvia durante una gran parte del año, y en las que las evaporaciones son muy considerables, por una razón, el Estado se ve obligado a dar lugar a hacer con frecuencia canales de riego, para dar lugar a dicho objeto.

El gobierno generalmente conviene en la construcción de un canal de riego, siempre que el terreno de agua es abundante, y que el agua es de buena calidad.

182. Por lo común, se ve que en un valle muy fértil, como sucede en la industria agrícola de los países mediterráneos, se ve que falta la lluvia durante una gran parte del año, y en las que las evaporaciones son muy considerables, por una razón, el Estado se ve obligado a dar lugar a hacer con frecuencia canales de riego, para dar lugar a dicho objeto.

CAPÍTULO TERCERO.

CANALES DE RIEGO. (*)

184. Canales de riego.—Su objeto. Los riegos son un medio muy poderoso y eficaz para fomentar la industria agrícola en los países meridionales, ó en los que falta la lluvia durante muchos meses seguidos, y en los que las evaporaciones son muy considerables; por cuya razon el Estado y los particulares han hecho, y hacen con frecuencia considerables sacrificios, para conseguir este objeto.

El medio mas generalmente empleado consiste en la construccion de un cauce ó canal, alimentado por una corriente de aguas permanentes, y dirigido por la proxi-

(*) Por la analogía de sus obras se ha incluido este capítulo en la seccion de Navegacion interior.

midad de todos los terrenos regables, á suficiente altura sobre estos, para que el riego pueda verificarse en toda la extension necesaria, por medio de acequias ó pequeñas derivaciones, hechas en el canal principal, y dirigidas sobre las diferentes zonas de terreno, que deben disfrutar de este beneficio.

185. Cantidad y calidad de las aguas para riegos. La cantidad de aguas necesarias para el riego de una comarca depende de la extension de las tierras, condiciones y clase de produccion de estas, teniendo además en cuenta las pérdidas ocasionadas por las filtraciones y la evaporacion. Cuando las aguas están cargadas de un fango ó sedimento favorable á las tierras, y que se quiere extender sobre estas, se cuenta ordinariamente con una capa de agua semanal de 15 centímetros de altura, y segun la naturaleza de las tierras esta altura varia de 1,5 á 15 centímetros. En todo caso, segun las circunstancias de cada localidad, será fácil reunir los datos suficientes para determinar la extension de terrenos regables con un volúmen dado de aguas, ó el necesario para regar una comarca determinada.

No todas las aguas son igualmente buenas para los riegos, y cuando sus efectos no sean conocidos, será conveniente hacer ensayos previos acerca de su naturaleza y composicion, y de su influencia mas ó menos benéfica ó perjudicial á la vegetacion; hay aguas muy calcáreas ó cargadas de arenas ú otras materias que, lejos de fecundar, perjudican á la produccion agrícola.

Son tambien perjudiciales á la produccion las aguas demasiado crudas, que se reúnen al pie de las montañas,

y para su empleo en los riegos conviene construir depósitos ó albercas, en donde reposen por algun tiempo y pierdan su natural crudeza. Para activar los efectos del riego se aconseja asimismo, como muy útil, hacer pasar las aguas por montones de estiércol ú otro abono cualquiera, que debe renovarse cada dos ó tres años.

186. Pendiente y seccion de los canales de riego. La pendiente y seccion de los canales deben ser proporcionadas al volúmen de agua, que deban conducir en un tiempo dado en las diversas zonas de su longitud. Para este cálculo se hace uso de la fórmula del movimiento uniforme.

$$V = \sqrt{2736 \frac{ps}{c}} - 0,033 \quad \text{en que}$$

V es la velocidad por segundo de tiempo,
 p la pendiente del canal por métro,
 s el área de la seccion del cauce ó corriente de agua, y
 c el perímetro mojado; y el volúmen Q del agua será

$$Q = S V = S \left(\sqrt{2736 \frac{ps}{c}} - 0,033 \right)$$

Por medio de estas fórmulas se podrán determinar la velocidad y volúmen de agua correspondientes á una pendiente y seccion dadas, ó inversamente deducir la pendiente ó seccion que corresponden á una velocidad prefijada.

Cuando el canal debe trasportar aguas fangosas, es necesario darle mucha mayor pendiente, al menos entre la toma de aguas y los primeros riegos, á fin de evitar que las aguas turbias depositen, antes de su destino, el

fango y demás arrastres, y produzcan aterramientos en el fondo ó lecho del canal. Esta pendiente no debe ser por regla general menor de 0,10 á 0,15 métrors por kilómetro.

187. **Toma de aguas.** La toma de aguas en el río de donde estas se derivan, debe hacerse de modo que se tenga agua aun en la estacion de las sequías, y que, sin embargo, las crecidas no alcancen al canal mas allá de un cierto nivel; lo que generalmente hace necesario elevar este en el río, por medio de una presa situada agua abajo de la derivacion.

Con el objeto de atender á las épocas de escasez de agua, es tambien conveniente establecer, para estos casos, depósitos de reserva que se llenan en las épocas de abundancia.

La entrada de las aguas en el cauce de la derivacion se puede verificar sencillamente por medio de un sistema de compuertas manejadas á mano.

Para casos de crecidas, ú otros accidentes, es útil practicar vertederos de superficie en diferentes puntos de la longitud del canal de riego.

188. **Distribucion.** Segun la manera acordada para el reparto del agua, se distribuye esta á cada propiedad interesada, ya por medio de vertederos de determinada seccion y altura respecto al nivel de las aguas, ya por medio de compuertas ó de llaves. Cada derivacion parcial se reparte luego entre las propiedades de cada zona por medio de una red de accquias servidas por pequeñas compuertas y con pendientes de 0,10 á 0,15 métrors por cada 100 métrors, segun la naturaleza del terreno.

✓ 189. **Construccion de las obras.** Despues de lo expuesto en general acerca de las obras de explanacion, y de lo indicado especialmente respecto á la construccion de los canales de navegacion, nada creemos necesario añadir, pues son aquí aplicables los principios indicados acerca de la impermeabilidad de la explanacion, obras de fábrica, y demás propias de esta clase de trabajos.

✓ 190. **Trazado.** En el trazado de un canal de riego debe procurarse ocupar lo menos posible los terrenos útiles á la agricultura, conservando siempre el trazado con la pendiente adoptada, á la altura necesaria para poder beneficiar la mayor extension de tierras.

Atendido á que no hay dificultad en dar á las curvas radios pequeños, será posible contornear las laderas y encañadas y sostener la direccion y rasante del trazado á suficiente altura sobre los terrenos que deben participar de los beneficios del riego, realizando al mismo tiempo la mayor economía en la ejecucion de los trabajos.

✓ 191. **Canales de navegacion y riego.** Cuando un canal ha de servir á la vez para el riego y la navegacion, debe arreglarse su pendiente de modo que produzca una velocidad que no exceda de 0,20 á 0,25 métrros por segundo, sobre todo si la navegacion ascendente fuese de importancia. En su volúmen, ó gasto de aguas, deberá tenerse en cuenta la *consumida* por los riegos, y que deberá agregarse á la necesaria para la navegacion.

A pesar de que los riegos se suspenden necesariamente en las épocas en que es preciso dejar en seco el canal, para las reparaciones periódicas, y de que la velo-

cidad de las aguas perjudica á los trasportes ascendentes, por cuyas razones será en regla general preferible el tener dos canales distintos, uno para cada objeto, habrá no obstante circunstancias que aconsejen la ejecucion de un canal con estos dos destinos, en cuyo caso deberán verificarse las reparaciones en las épocas menos perjudiciales para el riego, y disponer el trazado y velocidad de las aguas dentro del límite antes indicado, conciliando en fin, en cuanto sea posible, las condiciones principales de uno y otro objeto.

192. **Aprovechamiento del agua como motor en los canales.** En los canales, así de navegacion como de riego, pero muy especialmente en los primeros por la existencia de las esclusas, puede hacerse del agua otra importantísima aplicacion á la industria fabril, la de su aprovechamiento como fuerza motriz, utilizando los saltos ó caidas de las esclusas, ó estableciéndolos allí donde se crea oportuno en los canales de riego.

Este nuevo gasto de agua produce en el canal una corriente continua, cuya velocidad no deberá exceder del límite antes indicado, para no perjudicar á la navegacion ascendente.

Aprovechado un salto de aguas, su influencia se hace sentir necesariamente en todos los tramos superiores, en los que el aprovechamiento de saltos iguales no produciria ya despues perjuicio ni alteracion alguna, cuidando siempre de volver al tramo inferior el agua de cada salto; y por igual consideracion se comprende la conveniencia de aprovechar igualmente las

caidas de los tramos inferiores, para no perder inútilmente la cantidad de agua empleada en el único salto aprovechado.

En los canales de riego, salva la pérdida de altura, hay la gran ventaja de que el agua utilizada por su peso, ó como fuerza motriz, *no se consume*, y por consiguiente puede toda emplearse despues en su primer destino de riego.

Este nuevo aprovechamiento del agua puede ser uno de los elementos mas productivos del canal, no solo por el valor real y efectivo de cada salto de agua, sino por los mayores trasportes que pueden proporcionarle las industrias creadas ó desarrolladas con esta fuerza, y el aumento de riqueza y movimiento que á ellas es consiguiente. Así es como el canal de Castilla ha aumentado notablemente sus productos y trasportes con las numerosas fábricas de harinas establecidas á lo largo del mismo, cuya vida propia le ha permitido sostener ventajosamente la competencia con el ferro-carril de Valladolid á Alar del Rey, que le es paralelo.

El efecto útil de un salto de agua está dado por la expresion PH , siendo P el peso en kilogramos del volumen de agua por segundo, y H la altura del salto ó caída en métrros; y $\frac{PH}{75}$ es el número de caballos que este efecto representa. Así, por ejemplo, si el canal conduce 2,50 métrros cúbicos de agua por segundo, y la altura de la caída es de 2,50 métrros, el efecto útil será:

$$2.500 \times 2,50 = 6.250 \text{ kilográmetros, ó de}$$

$$\frac{6.250}{75} = 83,33 \text{ caballos de vapor.}$$

SECCION TERCERA.

NAVEGACION EXTERIOR.

CAPÍTULO PRIMERO.

PUERTOS.

193. **Objeto é importancia de los puertos.**

Un puerto es un punto de la costa, en donde los barcos están al abrigo de la accion de las olas y del viento, con bastante fondo ó calado de agua para que puedan atracar á los muelles destinados á la carga y descarga, y en el que se puedan tambien construir los buques, ó al menos hacer las reparaciones mas necesarias.

Siendo generalmente los puertos los puntos por donde se verifican la extraccion é introduccion de los princi-

pales objetos de produccion y consumo de un pais, constituyen necesariamente los principales centros del movimiento mercantil, y trasmiten á las vias de comunicacion que en ellos terminan toda la vida é importancia que les es propia.

Los puertos son, por decirlo así, el complemento de las vias de comunicacion, y de aquí la necesidad del aumento y mejora de aquellos, para aumentar en las segundas el movimiento y los trasportes, y que los resultados de unos y otros concurren simultáneamente al progreso y mejora de las condiciones del pais.

Los trabajos necesarios para la construccion y conservacion de las obras de un puerto difieren en nuestro pais segun su situacion en el Océano ó el Mediterráneo.

194. **Mareas.—Su intensidad y períodos notables.** La marea es la elevacion y descenso, el *flujo y reflujó* periódicos de las aguas del mar, debidos á las atracciones combinadas del sol y de la luna, y principalmente al último de estos dos astros. Estos movimientos se verifican dos veces en el espacio de 24 horas y 48', igual al trascurrido desde el paso de la luna por el meridiano á su vuelta al mismo.

En nuestros puertos estos períodos son sensiblemente de igual duracion; *el flujo ó creciente* dura 6 horas y 12', y otro tanto *el reflujó ó menguante*.

La mayor intensidad de las mareas corresponde á las épocas del *novilunio y plenilunio* ó sea á la *conjuncion y oposicion* del sol y la luna, porque entonces se suman sus fuerzas atractivas, y las mareas menores se verifican

los dias de las syzygias, ó de los cuartos creciente y menguante de la luna, en cuyo período la atraccion de esta sobre las aguas está contrariada y disminuida por la del sol. Las primeras se llaman *mareas vivas* ó *mareas de agua viva*, y las segundas *mareas muertas* ó *mareas de agua muerta*. Las *mas altas* mareas vivas y las *mas bajas* se verifican generalmente en los equinocios; sin embargo, como los vientos ejercen una grande influencia en este movimiento de las aguas, ocurren con frecuencia, y hemos visto, mareas vivas extraordinarias fuera de la época de los equinocios.

La marea mas viva no se verifica precisamente el dia del novilunio y plenilunio, sino uno ó dos dias despues; este es un hecho casi constante y que hemos observado casi siempre en la ejecucion de algunas obras.

Para un mismo puerto la hora de la *pleamar* es siempre la misma los dias del plenilunio y novilunio, lo que se llama *el establecimiento del puerto*. A partir de ese dia se puede calcular aproximadamente para cualquiera otro la hora de la pleamar, añadiendo á la hora del establecimiento del puerto tantas veces 48' como dias han transcurrido desde el de la luna llena ó nueva.

Es muy útil para el proyecto, direccion y ejecucion de los trabajos de los puertos observar y anotar en ellos la *escala de las mareas*, y aunque sea difícil determinar el cero de esta escala ó el punto mas bajo de las aguas, es sin embargo utilísimo su conocimiento aproximado, así por lo relativo al desnivel absoluto de las aguas, como para la relacion entre los tiempos y las alturas correspondientes de la marea. Estas observaciones han hecho

ver que el movimiento de las mareas no es uniforme, esto es, que las aguas no suben alturas iguales en tiempos iguales, sino que para un mismo tiempo las alturas son mucho menores al principio y fin de la marea, así ascendente como descendente.

Las atracciones solar y lunar, produciendo efectos proporcionales á la masa y extension de las aguas, las mareas son muy sensibles en el Océano y poco apreciables en el Mediterráneo, el mar Negro y otros de pequeña extension. En el Océano la diferencia de las mareas ha llegado á ser hasta de 14 métrós; en las costas del norte de España este desnivel es ordinariamente de 5 á 6 métrós en las mareas vivas, y poco mas de la mitad en las muertas. En el Mediterráneo esta diferencia es generalmente de 15 á 30 centímetros y rara vez excede de 1 métró.

La marea se propaga y extiende á grandes distancias en los ríos, segun la pendiente de estos. Durante la construcción del puente de San Salvador, á 14 kilómetros de la embocadura del puerto de Santander, la marea viva subió no pocas veces á 4,80 métrós, y las corrientes eran aun muy fuertes. La pleamar y bajamar llegan en estos puntos bastante mas tarde que en la embocadura de los puertos.

Todas las particularidades, que ligeramente hemos indicado respecto á las mareas, son del mayor interés para el proyecto y ejecución de las obras marítimas.

De lo expuesto se desprende asimismo la gran diferencia que existe entre los puertos del Océano y los del

Mediterráneo. En estos los buques están siempre á flote, y los trabajos de los puertos deben cimentarse siempre á una gran profundidad, puesto que los buques mercantes necesitan al menos 6 metros de agua, y los de guerra 8 metros. En el Océano, los barcos que están á flote cuando la mar está alta, varan generalmente en la bajamar y exigen ciertas obras para la construccion de dársenas, donde tengan siempre el calado necesario, pero estas obras tienen la ventaja de poderse construir casi en seco en los intervalos de las mareas bajas.

195. **Olas.—Sus causas.—Efectos sobre las obras.** La agitacion superficial de las aguas, producida por los vientos es á lo que generalmente se dá el nombre de *ola*. En alta mar el principal movimiento de las olas es vertical, su movimiento de traslacion horizontal es mas aparente que efectivo y puede asimilarse al de una bandera agitada por un viento fuerte. Sin embargo, se debe creer que aun en alta mar las olas estén animadas en los vientos fuertes de una velocidad horizontal muy notable.

La experiencia ha hecho ver que esta agitacion de las aguas solo se hace sentir hasta una cierta profundidad que en el Océano se aprecia de 7 á 8 metros, y en el Mediterráneo solo hasta 5 metros.

En las costas los efectos de las olas son muy diferentes; su movimiento se complica con la reaccion del fondo, é interrumpidas en su desarrollo inferior, su movimiento vertical se trasforma en una velocidad horizontal muy marcada, y *rompiendo* bruscamente sobre la playa, ó contra los obstáculos que encuentran, se

elevan á alturas extraordinarias y la presion debida á este movimiento y elevacion invierte y destruye las obras mas sólidas.

La accion del viento sobre las olas está indicada por el hecho casi general de que la marcha de estas se verifica en la direccion de los grandes vientos, y cambia con esta última.

La accion de las olas sobre las construcciones es extraordinaria y muy difícil de apreciar. Segun observaciones hechas en muchos puertos, ha llegado á trastornar y remover bloques de hormigon de 10 y 12 metros cúbicos y de 22 toneladas de peso, produciendo una presion que se ha calculado en 3500 á 4000 kilogramos por méetro cuadrado. Aunque estos cálculos puedan ser algo inciertos, hacen sin embargo ver los inmensos efectos destructores de que las olas son capaces.

196. **Resacas y otros movimientos del agua.**

Entre los diferentes movimientos y corrientes de las aguas del mar, además de los indicados, los principales son las *resacas*, denominándose así generalmente toda agitacion fuerte ó accion del agua que no está trasmitida *directamente* de alta mar, sino por efecto del choque contra obstáculos bruscos, como un peñon, muelle etc., que además de poder producir socavaciones á su pie, ocasionan agitaciones que se reflejan horizontalmente y se trasmiten á distancias mas ó menos grandes, segun que estos obstáculos presenten una direccion mas ó menos normal á la de las olas, y de aquí las *resacas por reflexion* y *por el desvio gradual* de la direccion de las olas, que separadas así de su direccion primitiva, llegan

á veces á puntos muy distantes con direcciones enteramente opuestas á las que tenian en alta mar.

El efecto de las resacas es, por lo que se ve, muy notable y hace comprender la importancia que puede tener en las obras de un puerto la supresion de un obstáculo natural ó la construccion de otro, como un muelle ú otra obra cualquiera, sino se han apreciado bien los efectos de las corrientes.

Despues de esta ligera idea, acerca de los movimientos del agua que mas influyen en la construccion y estabilidad de las obras de los puertos, pasamos á ocuparnos de las partes principales de que estos constan, refiriéndonos mas especialmente á los del Océano en que las obras ofrecen generalmente mas variedad y dificultades de ejecucion.

197. **Diferentes partes de un puerto.** Los puertos del Océano se componen generalmente de una *rada ó fondeadero*, de un *canal ó entrada del puerto*, trazado entre dos *espigones*, de un *antepuerto ó puerto de varada* y de una *dársena*, en donde se deja entrar el mar cuando sube, y en la que se conserva cuando baja; y en fin, de *depósitos de retencion*, en donde se conserva el agua destinada á limpiar el canal para mantener su profundidad, y de donde se la deja marchar con violencia por medio de *esclusas de limpia*.

En el Mediterráneo, una vez elegido el emplazamiento de un puerto, su establecimiento consiste simplemente en formar un circuito, en que reine la calma mas completa posible, y en que se tenga siempre agua bastante para que los buques puedan atracar á los muelles de

carga y descarga. El circuito del puerto se forma por *muelles* que no son otra cosa que lo que antes hemos llamado espigones, con la sola diferencia de que estos tienen en tierra una de sus extremidades, mientras que los *muelles ó rompeolas* son obras aisladas que defienden la entrada de un puerto ó sirven para circunscribir su extension. Algunas veces se llama tambien muelle á la extremidad ó *merlon* de un espigon.

Vamos á dar algunos detalles acerca de cada una de las partes que se acaban de indicar.

198. **Radas ó fondeaderos.** Una rada es un espacio grande avanzado al mar, en donde los buques están abrigados de los vientos mas fuertes, y tienen un fondeadero seguro que les impide *garrear* sobre sus anclas. Los mejores fondos son los de arena fangosa; en la roca el ancla no agarra y los cables se gastan con rapidez.

Para los buques que llegan, la rada es un lugar de *surgidero* donde esperan, para entrar en el puerto, el viento conveniente ó la marea; y para los que van á salir, donde quedan al ancla hasta el momento favorable, en que el viento les permite *aparejar y darse á la vela*; y en fin, para los buques de paso es un sitio de refugio.

Si una rada es útil para los barcos mercantes, lo es aun mas para los de guerra, que salen á veces juntos y en gran número para sus expediciones.

En una rada es necesario una grande extension, un buen fondo, terrenos elevados que la abriguen, y disminuyan notablemente la agitacion de la pleamar; en una palabra, las condiciones de una rada son tan numerosas

y de tal magnitud, que excluyen casi la posibilidad de crearlas enteramente, sino solo mejorar las que la naturaleza presenta.

En cuanto es posible, un puerto se coloca en el fondo de una rada ó de una bahía, y la tranquilidad de sus aguas se obtiene ya cuando está lejano de la entrada de la rada ó golfo que le precede, ó cuando está separado de este por un canal tortuoso, ó en fin, cuando está cerrado y defendido por muelles ó diques que evitan la comunicacion con el oleaje ó agitacion de fuera.

199. **Muelles de abrigo ó rompeolas.—Fundaciones.** Consisten estos en fuertes macizos de mampostería y sillería, cimentados generalmente sobre grandes masas de escollera ó de hormigon, arrojadas al mar hasta el nivel de la baja mar viva, porque, ejecutándose estas construcciones avanzadas, en grandes profundidades de agua, no son, por regla general, aplicables los sistemas ordinarios de fundacion.

La posicion y direccion de estas obras depende de la extension que se quiere dar al puerto, de la profundidad del mar, de la direccion de los vientos y corrientes, y de las consideraciones y motivos relativos á la entrada y salida en el puerto.

Como, segun ya se ha indicado, la accion de las olas es mas enérgica desde la superficie hasta 6 á 7 metros de profundidad que en el resto hasta el fondo, esta parte exige menos base y talud que la primera para la estabilidad de las escolleras; por cuya razon, y como por la parte interior del muelle, las aguas están menos agitadas, se da generalmente á las escolleras un talud de 1,5 á 2 de

base por 1 de altura en su parte baja y exterior, y de 6 á 11 en la parte alta; del lado interior basta un talud general de 1 á 2.

Este mismo principio hace comprender que las piedras de mas volúmen y peso deben emplearse en la parte alta de las escolleras y las de menor tamaño en su parte inferior.

A fin de obtener en el macizo la mayor estabilidad, por su mejor trabazon y menor número de huecos, se emplean generalmente piedras de tres tamaños diferentes, destinando las menores y medianas para el macizo ó núcleo central y las mayores para el revestimiento exterior.

La experiencia ha hecho ver que las olas remueven y trastornan con facilidad piedras de un métro cúbico y aun mayor volúmen, y ante la dificultad de extraer y manejar piedras irregulares de mayor tamaño, se han fabricado artificialmente sillares de hormigon de un volúmen hasta de 10 y 12 méetros cúbicos, y por consiguiente de un peso de doble número de toneladas; sillares de esta clase y volúmen ofrecen, por regla general, una estabilidad completa, sin embargo de que su forma regular y sus caras lisas disminuyen el rozamiento, y hasta que por la fractura de sus ángulos y movimientos y asientos sucesivos llegan á tomar una posicion estable, son mas fácilmente removidos por la accion de las olas.

Para la ejecucion de estos macizos es preciso señalar su base y emplazamiento por medio de boyas, que indican sobre la superficie del agua el perímetro dentro del que debe arrojarse la piedra.

Siempre que sea posible se conduce esta desde las canteras hasta la misma costa ó playa sobre wagones movidos en un camino de hierro, y se carga despues en las lanchas ó gabarras, que la conducen al punto de descarga.

A medida de esta y del avance de la construccion, se deben practicar frecuentes sondeos, para procurar que el macizo se eleve con uniformidad en toda su extension y con los taludes proyectados.

Cuando el macizo está ya cerca del nivel de la baja mar, la descarga debe hacerse con mayor marea, y para facilitar la operacion en este período, se emplean generalmente *barcas chatas*, que cargan mas y calan menos. Los sillares de hormigon se fabrican generalmente en la misma costa, en cajas ó moldes de la dimension necesaria, segun el volúmen proyectado. Cuando han adquirido suficiente dureza, se les trasporta por un camino de hierro hasta el mismo embarcadero, desde donde, colocados ó suspendidos en balsas con flotadores, son conducidos hasta el punto de descarga, remolcados por lanchas ó barcos de vapor.

Cuando el macizo se ha elevado hasta el nivel de la baja mar viva, debe aplazarse el resto de la construccion por lo menos un año, durante el cual es probable que las escolleras hagan todo ó su principal asiento, y en cuyo tiempo ha lugar á observar el efecto ó accion de las olas sobre el macizo y las modificaciones de su perfil ó taludes.

Atendida la gran cantidad de material que entra en un macizo de esta clase, la extension de su base ó asiento, y el grave inconveniente de poder cegar y obstruir

así los canales de entrada como el interior del puerto, se han ejecutado en algunos escolleras *paramentadas* con grandes sillares de piedra ú hormigon, sentados y arreglados directamente con el auxilio de las campanas de buzo.

La Revista de Obras públicas de 1865 contiene interesantes artículos de los Ingenieros La Sala y Regueral, dando la preferencia al sistema de escolleras paramentadas, proyectado para el puerto de Gijon. En nuestro juicio, facultativamente consideradas, es innegable esta preferencia; pero este sistema es solo aplicable á *fondos firmes y resistentes*, mientras que los macizos ordinarios ó de piedra perdida lo son en todos los casos. El estudio de la cuestion económica y de los materiales disponibles es tambien aquí del mayor interés, y propio acaso para decidir la cuestion en cada caso particular.

Cuando la profundidad de las aguas es menos considerable, podran emplearse para las fundaciones macizos de hormigon encajonado, y defendido tambien con escolleras. Hemos empleado este procedimiento en las pilas del puente de San Salvador, á 4,67 metros bajo el nivel de la baja mar viva, sobre un suelo de roca recubierta de fango, que ha sido necesario extraer antes de la inmersión del hormigon.

200. **Macizos de fábrica de los muelles.** Antes de empezar el asiento de la fábrica de cantería de los muelles, es indispensable enrasar é igualar bien la coronacion de la escollera, extendiendo sobre esta una fuerte capa de hormigon hidráulico, que rellene bien todos los huecos y enlace sus diferentes partes, y sobre la que

se sienta una primera hilada general de grandes mampuestos.

Los paramentos se construyen generalmente de sillería, con piezas de grande entrada ó tizon, enlazadas además por cortes en cola de milano, ó tacos ó llaves de piedra, pero no de hierro ni de madera.

La mampostería de los macizos interiores debe sentarse con abundante mortero hidráulico, procurando no dejar hueco ni intersticio alguno, á fin de que no sea deslavada ni penetrada por las mareas.

Si en toda obra la buena organizacion de los trabajos produce economía de tiempo y coste, y aumento de perfeccion, este principio es mas recomendable en los trabajos interrumpidos por las mareas. Durante las horas en que la altura de la marea no permita el trabajo, es indispensable preparar y disponer todos los materiales, para su empleo en la baja mar siguiente, y aprovechar este período con el mayor orden y actividad posibles.

Para esto es además conveniente que el avance de los trabajos sea *escalonado*, no construyendo grandes hiladas continuas, sino que cada una esté casi inmediatamente cargada con el peso de las superiores, enlazando bien la sillería con el macizo de mampostería, y empleando morteros hidráulicos muy enérgicos. Sin estas precauciones es expuesto en algunos puntos á que la marea destruya el trabajo hecho en la baja mar anterior.

La actividad extraordinaria en esta clase de obras es además indispensable para obtener todo el adelanto posible en las campañas de verano, en que las aguas

están mas tranquilas, y que las tempestades del otoño no las sorprendan en curso de construccion.

201. **Perfil y dimensiones de los muelles.**
No pudiendo dar á los muelles una altura tan grande como la que á veces alcanzan las olas en las tempestades, se ha reducido esta altura generalmente á la mitad, ó sea por término medio á 7 métrós en el Océano y 5 en el Mediterráneo; además en el primero se elevan los muelles de 3 á 3,5 métrós sobre las pleamares, y en el segundo de 2 á 2,5 métrós.

El espesor de los muelles está determinado por muchas condiciones, la primera la de su estabilidad; deben ante todo resistir al choque de las olas, pero muchas veces se les hace servir además para facilitar la entrada en el puerto, practicando encima un camino de sirga; otras veces para la defensa militar, estableciendo baterías sobre su coronacion, y otras en fin para ser verdaderos muelles de carga y descarga. Estos diferentes usos pueden modificar su espesor, y así es que los hay desde 3 métrós hasta 40 y 50. En este último caso el muelle se reduce en rigor á dos muros, cuyo interior se rellena de grava y arcilla.

La superficie ó coronacion de los muelles se termina por un fuerte enlosado, ligeramente inclinado en uno ó dos sentidos para dar salida á las aguas, y defendido además del lado exterior por un parapeto de sillería de 1 á 1,5 métrós de altura, y de mas ó menos espesor segun los casos.

Los paramentos ó caras del muelle se disponen generalmente en talud continuo de $\frac{1}{6}$ á $\frac{1}{10}$. Los para-

mentos verticales del lado exterior rompen las olas de un modo mas brusco, pero del lado interior son convenientes, si el muelle ha de servir para carga y descarga.

202. Diques ó espigones.—Su objeto, forma y direccion. Los diques están principalmente destinados á formar la entrada ó canal que conduce al antepuerto, defendiendo á este de la accion de las olas.

La direccion de los diques debe ser oblicua respecto á la de las olas y á la de los vientos reinantes, para conseguir á la vez que el oleaje no se trasmita al interior, ni rompa tampoco normalmente sobre las caras del dique.

La longitud de los diques se limita generalmente por la línea de la baja mar, porque mas allá su construccion ofreceria mayores dificultades. La longitud de los dos espigones es desigual, y ordinariamente se hace mayor la situada del lado de los vientos reinantes, porque de este modo se facilita la entrada y salida de los barcos.

El ancho del canal debe ser suficiente para el paso de dos barcos, por lo que varia de 30 á 100 méetros. Hácia sus extremos es mayor que del lado del puerto, para facilitar las maniobras y evoluciones de los barcos.

La forma mejor *en plano* de los espigones parece ser la de dos líneas curvas, cuya convexidad está vuelta del lado de donde vienen los aluviones, por cuya disposicion la corriente de las limpias adquiere una cierta fuerza centrifuga que la dirige contra el depósito, formado ordinariamente en la cara interior de la cabeza del dique,

situada del lado de los aluviones. Pero las dificultades de construcción y lo incierto de los resultados sobre la transmisión del oleaje al interior del puerto, hacen que generalmente se construyan en línea recta.

Fig. 98.

La altura de los diques es de 2 á 2,5 metros sobre las pleamares vivas, y en su extremidad se terminan por *merlones* ó macizos de mayor altura y ancho que el resto, cuya diferencia de nivel se obtiene por medio de una rampa continua. El mayor ancho de los merlones es necesario por su mayor resistencia, por las maniobras que allí se hacen, para la seguridad de los barcos, para el establecimiento de luces de puerto, y á veces tambien de baterías de guerra.

203. **Su construcción.** Los diques se construyen de mampostería y sillería cimentados sobre escolleras, hormigon, pilotaje etc., segun las condiciones del terreno. La escollera tiene el grave inconveniente de estrechar el canal, y además con poca profundidad de aguas no es preciso acudir á este medio. En cuanto á la construcción de la sillería debe aplicarse aquí cuanto hemos dicho al tratar de los muelles, respecto á la necesidad de su buena trabazon, del uso de morteros hidráulicos, y de la actividad de los trabajos por mareas.

Se dá á los diques generalmente un espesor igual ó mayor que su altura, y si es necesario un ancho muy grande, pueden hacerse, como los muelles, con dos muros enlazados por medio de contrafuertes interiores, y relleno el resto del hueco por un macizo de piedra, grava etc.

Fig. 99.

Los diques de madera se componen de cuchillos tra-

pezoidales, sentados con firmeza sobre una *baja palizada* y á 3 métrors de distancia uno de otro, y forrados sus paramentos con fuertes tablones, se rellena ó no su interior con piedra en seco. El forro exterior es preferible al interior, por no dejar aristas ni partes salientes que ofendan á los barcos, y facilitar además las reparaciones.

La escollera interior no parece necesaria sino en su parte baja para dar mas estabilidad á la construcción.

Los diques de madera son de construcción pronta y económica, pero exigen una conservación muy costosa, y dejando pasar al interior la acción de las olas y de las corrientes, no llenan por completo su objeto, y ocasionan perjuicios á la navegación.

204. **Efectos é inconvenientes de los diques.**

De los resultados prácticos, observados en casi todos los puertos en que estas construcciones se han ejecutado, se deduce, que la parte de la costa en que un dique se ha establecido, ha avanzado generalmente al mar, convirtiéndose en un promontorio, de que el dique ocupa la parte mas elevada, y desapareciendo, por consiguiente, la ensenada ó parte entrante, en cuyo fondo estaba situado el puerto.

Estos resultados eran de prever y tienen una explicación muy sencilla. La salida brusca de los diques produce, como ya se ha indicado en los rios, corrientes y remansos, de que resulta que en la parte comprendida entre los diques y la costa, el agua queda tranquila; y de aquí los consiguientes aterramientos, y la necesidad del avance sucesivo de los diques.

La principal y casi única diferencia que existe entre

estos espigones y los de los rios, es el de no ocasionarse socavaciones en los extremos ó cabezas, como en estos últimos, porque las corrientes y limpias en el canal ciegan ó reparan las socavaciones que, sin ellas, produciria la corriente principal ó de costa.

205. **Antepuerto.**—**Sus partes y elementos principales.** El canal formado por los diques conduce al *antepuerto*, el cual debe tener las dimensiones suficientes, para que quepan en él un gran número de barcos, y que los atracados á los muelles no sean molestados por los que llegan, y recíprocamente. El antepuerto debe tener la misma profundidad que el canal, tres veces por lo menos su ancho, y 600 métrros de longitud ó en sentido de la direccion del canal, para que los barcos, al entrar, puedan ir perdiendo su velocidad.

Es conveniente que el fondo del antepuerto sea de fango ó arena, para que los barcos que varen en la baja mar no sufran averías en su casco y quilla.

El antepuerto está generalmente rodeado de muelles de carga y descarga, cuyo espesor debe ser bastante para resistir el empuje de las tierras humedecidas, y la sobrecarga de las mercancías que en ellos se depositan; y análogamente á los muros de las esclusas, se dá á estos muelles un espesor medio de 0,40 á 0,50 de su altura.

Para que los barcos puedan atracar con facilidad á los muelles, es conveniente que el paramento de estos tenga poco talud; así se hacen generalmente verticales, y si las condiciones del terreno lo aconsejan, puede aumentarse el ensanche por la parte inferior, por un talud en arco de círculo, lo cual permite la forma de los barcos.

Fig. 100.

Estos muelles se fundan al nivel de la baja mar, segun la clase y circunstancias del terreno, y se elevan hasta 1 á 2 métrors por encima de las pleamares vivas. Como están expuestos á frecuentes rozamientos y choques de parte de los barcos, se les defiende por postes de madera bien fijos á la mampostería del muelle, y que se reemplazan cuando se pudren. Por esta razon, y la de mayor economía, se han adoptado en algunos puertos muelles completamente de madera.

Ya por motivos de economía, sobre todo en las fundaciones, ya cuando los muelles tienen mucha longitud, como cuando su objeto es el de robar terrenos al mar para la edificacion ó el cultivo, se construyen tambien de escollera, bien paramentada del lado del mar. El talud de la escollera, por lo menos de 1 por 1, hace entonces imposible el atraque de los barcos á estos muelles, y la carga y descarga, sino valiéndose de los muelles avanzados de madera, de que hablaremos luego.

Los muelles de escollera de Santander, llamados de Maliaño, hechos con objeto de robar terrenos al mar, tienen un desarrollo ó longitud de mas de 6 kilómetros, y últimamente se está prolongando, tambien de escollera, el muelle de sillería, llamado de Calderon.

Son indispensables tambien en estos antepuertos ó puertos de varada, rampas y escaleras de embarque y desembarque. Las rampas, con inclinacion de $\frac{1}{5}$ á $\frac{1}{6}$, avanzan lo menos hasta la línea de baja mar, y las escaleras se practican en el espesor del muelle, procurando redondear bien los ángulos de los escalones, y evitar lo mas posible las partes salientes para que no ofendan ni

molesten á los botes y lanchas, que generalmente atracan á ellas.

Son asimismo convenientes grandes argollones de hierro, bien empotrados, y poco salientes en el frente de los muelles, para que sirvan de *puntos de amarra* á los barcos, con cuyo objeto se emplean tambien en los muelles fuertes pilotes y cañones de amarra.

206. **Dársenas de flotacion.**—**Su objeto, dimensiones y partes principales.** Despues del puerto de varada, es necesario en los del Océano, como anejo á todo puerto completo, una ó mas *dársenas de flotacion*, cuyo objeto es conservar constantemente á flote los barcos, y que puedan por consiguiente verificar su carga y descarga sin sufrir la varada.

La extension de una dársena se determina por el número de barcos que haya de contener, segun la importancia del puerto, y su profundidad debe ser acomodada al calado máximo de los barcos que le frecuentan; en todo caso su nivel superior será el de la pleamar, y á partir de este nivel la posicion y profundidad de la dársena dependerán de las condiciones del terreno y canal de entrada.

Es conveniente una profundidad algo mayor que la del calado de los barcos, para subvenir á las pérdidas inevitables de agua, á los aterramientos que se forman en el fondo, para facilitar la maniobra de las puertas de entrada, para las limpias y otros varios motivos.

Se conserva el agua dentro de estos depósitos por medio de dos puertas de *busco*, ó de forma igual á la de las esclusas, pero de mucho mayores dimensiones, deter-

minadas por el ancho ó *manga* de los barcos. Estas puertas se manejan de una manera análoga á la empleada en las de las esclusas de los canales.

Es conveniente que haya dos pares de puertas de *flujo ó retencion*, así para los casos de reparaciones, como para dividir la presión que resultaría sobre un solo par.

Del lado exterior debe haber otras puertas en sentido contrario, que ordinariamente están abiertas, y no se cierran sino para evitar la entrada en la dársena á las mareas extraordinarias, ó en casos de reparaciones.

Se ve pues que la esclusa de entrada en la dársena difiere de la de los canales, en que en rigor no tiene cuenco, sino solo dos muros laterales, en que funcionan los dos ó tres pares de puertas antes indicadas. La entrada y salida de los barcos se verifica en las pleamares, y por tanto con todas las puertas abiertas.

Sin embargo, una esclusa de cuenco es conveniente para facilitar la entrada y salida de los barcos de pequeño calado, sin esperar el momento de la pleamar.

Las puertas son generalmente de madera, pero á causa de los inconvenientes de este material en el agua del mar, se ha estudiado el empleo de la fundición y del hierro forjado, bien solos ó combinados con la madera.

La renovación y calma del agua en las dársenas produce necesariamente aterramientos y elevación de su fondo. Si los diques del canal son bastante largos y están bien dispuestos respecto á las corrientes, los cascajos y arenas llegan pocas veces al antepuerto, pero no así el lógamo que marcha por todas partes, á quien

la agitacion mas pequeña basta para tener en suspenso, y que por consiguiente penetra en el antepuerto y en la dársena.

Dos procedimientos se emplean principalmente para quitar los aterramientos, y conservar el fondo á su nivel ordinario en el antepuerto y el canal. El primero es el del dragado análogo al que hemos indicado al tratar de los rios, y que deberá aplicarse necesariamente á la limpia de la dársena, para evitar el dejarla en seco, é impedir así la entrada de los barcos, durante todo el tiempo que se emplease en la extraccion del légamo, y demás materias depositadas.

El segundo, mas eficaz y económico, consiste en las *limpias*, por medio de las corrientes de agua, retenida al nivel de la pleamar en la dársena de flotacion, ó en los depósitos especiales *de retencion*, y que se suelta con violencia en el momento de la baja mar. La corriente rápida, y la grande agitacion del agua, remueven y arrastran los aluviones.

El efecto mas ordinario de las limpias es profundizar el canal de 1 á 1,5 métrós bajo las aguas bajas.

Es casi inútil expresar que en el Mediterráneo no puede acudirse á este medio de las limpias, á causa del nivel casi constante de las aguas.

El conducto por donde debe salir el agua del depósito debe estar dispuesto de modo que se abra y cierre á voluntad y con la mayor prontitud posible, lo que se ejecuta por medio de compuertas de diversos sistemas; unas de corredera que se mueven verticalmente, y otras girando sobre un eje horizontal ó vertical, no situado en el medio

del orificio para que la presión del agua tienda á abrirla del lado de la parte mayor.

La eficacia de las limpieas depende de la masa y velocidad del agua, del tiempo de duración de la limpia, de la distancia desde la esclusa ó puntos de salida al canal de entrada, y de la capa de agua que quede en el canal en la baja mar. Depende también de las corrientes litorales y de la dirección y fuerza del viento, favorable si sopla de tierra, y perjudicial si viene del mar.

207. **Muelles embarcaderos de madera.** En los puertos del Océano, en que no hay dársenas de flotación, sucede casi siempre que los barcos de gran porte no pueden atracar á los muelles ordinarios de carga y descarga, y es por consiguiente necesario hacer los embarques y desembarques por medio de lanchas y pinazas, con grande aumento de gasto, y pérdida de tiempo. Para evitar este grande inconveniente pueden construirse muelles salientes de madera, que desde los ordinarios del puerto avanzan todo lo necesario, hasta que los barcos puedan atracar, y descargar á su otro extremo ó cabeza.

Estos muelles se reducen á una serie de tramos apoyados sobre una *doble palizada* de pilotes y pies derechos, formando un conjunto análogo al de un puente de madera. Al extremo y costados de los últimos tramos se colocan gruas ordinarias, apoyadas sólidamente en la construcción, y también carros-gruas, móviles sobre un camino de hierro fijo en una plataforma de madera elevada sobre el último tramo, por medio de los cuales se facilita la carga y descarga de los objetos voluminosos ó pesados.

El ancho del piso de estos tramos debe ser por lo

menos de 8 á 10 méetros para que los diferentes vehículos y medios de transporte se crucen con facilidad y sin entorpecerse. Este piso debe construirse con tablones de madera bien fuertes, y en casos dados convendrá establecer sobre él una ó mas vias de hierro, si hubiera comunicacion con alguna estacion de ferro-carril, ó estuviese adoptado este sistema de comunicacion con el interior de la poblacion.

En estos últimos años se han construido dos muelles de esta clase en el puerto de Santander por el Ingeniero D. José Peñaredonda; uno al extremo del muelle de Calderon y otro en la cabeza ó arranque del muelle de Maliaño, próximo á otro análogo que la empresa del ferro-carril habia construido hacia pocos años. Las figuras 101 y 102 representan el alzado y proyeccion horizontal de uno de estos muelles, cuya descripcion detallada ha publicado su autor en el número 10 de la Revista de Obras públicas de 1860.

Figs. 101
y 102.

208. **Muelles embarcaderos de hierro.** En el número 23 de la Revista del mismo año ha publicado el Inspector general Sr. Valle la descripcion de uno de los muelles flotantes de Liverpool, y de los muelles embarcaderos de hierro de Brighton, Gravesend, y Ride en Inglaterra. Sin poder detenernos aquí á reproducir dicha descripcion, nos limitamos á exponer que, en opinion del Sr. Valle, el principal inconveniente de estos muelles consiste en la poca fuerza de los pilotes de hierro para resistir á los continuos choques y percusiones de los barcos. Entre los diferentes medios ensayados ó propuestos para remediar este gravísimo inconveniente, y despues

del estudio hecho acerca de esta clase de construcciones, el Sr. Valle propone, como el mas eficaz y económico, el rodear la obra de un fuerte revestimiento ó blindaje de maderos hincados en el fondo, y ligados por sus cabezas con la plataforma ó piso de madera, por cuyo medio se logra tener un cuerpo avanzado para sufrir los choques, sin que causen daño alguno en los pilotes de hierro repartidos en el interior; bien entendido que esta defensa de madera solo es necesaria en la parte mas avanzada, ó embarcadero propiamente dicho, á donde atracan los barcos para su carga y descarga, pero no al resto del puente ó tramos que á él dan acceso desde tierra. La figura 103 representa la seccion trasversal de un muelle embarcadero con arreglo á las modificaciones indicadas por el Sr. Valle.

Fig. 103.

209. Efectos del agua del mar sobre los materiales de construccion.—Piedras. El agua del mar ejerce sobre los materiales de construccion una accion diferente de la del agua dulce.

Las piedras se recubren al poco tiempo de una multitud de plantas y mariscos que se adhieren á ellas fuertemente. Hemos observado este efecto á los pocos meses de construidas las escolleras de los cimientos del puente de San Salvador, recubiertas antes del año de millares de ostras y una abundante vegetacion, que, aunque poco, creemos que contribuyen á la mejor trabazon y estabilidad de esta clase de macizos.

210. Morteros. La vegetacion se desarrolla tambien rápidamente sobre los macizos de hormigon, segun hemos observado igualmente en la misma obra.

El agua del mar parece ejercer una accion perniciosa descomponiendo los morteros hechos con *algunos* cementos artificiales, pero no sobre los cementos naturales. Los hormigones y morteros hidráulicos, hechos con el cemento natural de Zumaya, que hemos empleado en el mar, han fraguado y resisten perfectamente, sin haberse advertido en ellos influencia alguna desfavorable por su inmersion en el agua salada.

Creendo que esta es perjudicial para la confeccion de los morteros y hormigones, se ha empleado algunas veces el agua dulce en vez de la de mar. Nada hay sin embargo que justifique esta preferencia en opinion de la generalidad de los Ingenieros, y por nuestra parte hemos empleado sin inconveniente alguno el agua salada, no solo en los morteros y hormigones constantemente sumergidos, sino en las mamposterías de fuera del agua.

211. Maderas. Las maderas se conservan bien debajo del agua, pero se alteran y pudren pronto las partes alternativamente expuestas á la humedad y sequedad, que, como la piedra, se recubren de plantas marinas, y gran cantidad de mariscos.

La principal causa de destruccion de la madera en la mayor parte de nuestros puertos del Océano consiste en la *broma*, gusano de mar oriundo de la India é importado á Europa hace doscientos años. Estos gusanos penetran muy pequeños en el interior de la madera, se desarrollan y crecen allí, y en pocos años la corroen y destruyen, á veces sin apercibirse al exterior.

Hemos visto los pies derechos del muelle embarcadero de madera de la estacion del ferro-carril de Santan-

der, construido por la empresa en 1858, casi completamente carcomidos á los cinco años, en que fué necesario reemplazarlos con otros nuevos forrados de zinc. Se ha empleado igualmente este forro de planchas de zinc en los pies derechos de los muelles embarcaderos construidos posteriormente en aquel puerto por el Ingeniero Peñaredonda, de que se ha hablado en uno de los párrafos anteriores.

Como preservativo contra la accion de estos insectos se ha empleado el forro de planchas de cobre ó zinc, el claveteado con clavos de cobre ó hierro, los enlucidos de verde-gris, de algunos cementos, y la penetracion de la madera con sustancias salinas.

El forro de planchas de cobre es mas eficaz y de mas duracion que el de zinc, pero es mas caro. El claveteado debe ser muy próximo, es muy caro, y se aplica principalmente á los ángulos entrantes, y demás partes que no es tan fácil forrar con planchas.

Los enlucidos y cementos son buenos, pero es difícil retenerlos y conservarlos bien sobre la superficie siempre húmeda de la madera, y sobre todo en el fango, pues se desprende al hincar el pilote.

212. **Metales.** Hasta hace poco se creía generalmente que el hierro, así forjado, como fundido, se oxidaba en su superficie y se alteraba en su interior al contacto del agua salada. Muchos resultados parecían justificar esta observacion. Otras sin embargo mas modernas no dan tanta importancia á este hecho, y en el párrafo anterior hemos hecho mencion de los muelles embarcaderos de hierro construidos en Inglaterra.

Lo que parece debe evitarse con cuidado en las construcciones submarinas, es el contacto de metales de diferente especie, que acelera su corrosion.

213. Proyectos de las obras de puertos.— Datos y fundamentos de este estudio. Entre los servicios propios de la profesion del Ingeniero, el proyecto y ejecucion de las obras para el establecimiento y mejora de los puertos, es uno de los que, no solo exigen mas conocimientos técnicos, sino que necesitan una gran experiencia y un profundo estudio y sensata apreciacion de todas las circunstancias locales.

Con nuestra insuficiencia por una parte, y con el corto tiempo que, por otra, podemos dedicar en estas lecciones á tan ardua materia, nos limitamos á indicar los puntos principales que deben ser objeto de un detenido exámen en el proyecto de un puerto del Océano, aplicable al Mediterráneo, con escepcion de lo que se refiere al juego de las mareas.

El primer trabajo que un proyecto exige es la formacion de un plano completo de toda la extension de mar y costa, que en el estudio sea de algun interés el comprender. Deben marcarse en este plano con toda exactitud las líneas ó perímetro de las mareas bajas y altas, *así muertas como vivas*, la posicion de los islotes, bancos de arena, tierra ó roca, edificacion existente y proyectada, confluencia de todos los rios y arroyos de alguna importancia, y en fin, todos los demás objetos y datos, así de la costa como de las aguas que en mas ó menos interesen al objeto propuesto.

Debe este plano completarse por medio de perfiles, y

de un sondeo general en las direcciones mas convenientes y marcadas en aquel. Desde puntos dados de tierra hasta las líneas de baja mar, estos perfiles pueden obtenerse por los procedimientos ordinarios de la nivelacion.

Desde la línea de baja mar los perfiles, en la *direccion* marcada desde tierra, se obtienen por medio de *sondas* formadas de una cuerda dividida por nudos y con un plomo á su extremidad, con las que en cada punto se mide la profundidad del agua. Como es algo difícil juzgar bien del momento preciso en que el plomo toca al fondo, es necesaria mucha costumbre para observar bien la altura media de la ola; como además la cuerda, aunque engrasada y bien preparada, sufre sin embargo algunas variaciones, y se dobla si hay corriente, se comprende que con todas estas desfavorables circunstancias, es indispensable mucho esmero para practicar una operacion tan delicada.

El punto de cada sonda se fija midiendo las distancias horizontales al anterior por la velocidad de un bote, apreciada por el número de remaduras ó golpes de empuje dados con el remo, con la posible igualdad, ó por dos ó mas visuales dirigidas por otros tantos observadores desde puntos fijos de la costa, ó enfilando el mismo bote á dos ó mas objetos del puerto ó costa, fijos en el plano, y en fin, por varios de estos medios á la vez.

En el momento en que se verifica cada sondeo es necesario anotar exactamente la hora, y que á la misma marque otro observador la altura del agua en la *escala de mareas*, á fin de poder referir todas las sondas ó alturas á un mismo plano de comparacion.

Practicada esta operacion en todas las direcciones y extension necesarias, se obtendrá una série de perfiles con los que se podrá formar una idea completa del relieve y fondo submarino, y acotarse las profundidades del agua en toda la extension del plano. Para que este resultado ofrezca alguna seguridad, se comprende que sea necesario repetir y comprobar tan delicadas operaciones.

Será muy conveniente hacer constar la naturaleza del fondo, valiéndose de agujas, ó de las sondas empleadas en la exploracion de los terrenos.

Despues de esto, y segun la clase de obras que hayan de proyectarse, se hará un detenido estudio de la influencia y magnitud de las corrientes litorales, y de los depósitos ó aterramientos que produzcan sus arrastres ó los de las corrientes de agua que vengan á desembocar al puerto, á fin de adoptar los medios de limpia proporcionados á la importancia de aquellos, ó las obras que eviten su formacion.

Los trabajos, que para la mejora de un puerto se ejecutan, producen generalmente mas tranquilidad ó menos agitacion en las aguas; y como esta circunstancia dá origen á nuevos aterramientos y depósitos, merece la mas seria atencion la ejecucion de toda obra para no agravar en vez de remediar los defectos anteriores.

Este principio de prevision es muy de apreciar siempre que se trata del avance de los muelles de carga y descarga, ó que robándose terrenos al mar para hacerlos productivos, se acortan la extension y amplitud de las mareas y el juego natural de estas no les deja despues suficiente velocidad para limpiar el fondo, y se producen

los necesarios aterramientos en los puntos mas importantes del puerto. Este resultado ha sido observado en no pocos puertos, en que ha sido preciso abrir nuevamente los diques, para dar ensanche á las mareas.

Respecto á la posicion y direccion de las obras es casi siempre conveniente dar la preferencia á la entrada de los barcos mas que á la salida, para la que es siempre mas fácil esperar los vientos y circunstancias mas favorables.

Por último, la profundidad de las aguas, la extension y magnitud de las obras de un puerto deben estar en armonía con la importancia mercantil del mismo, y acomodadas al número y clase de los barcos que le frecuentan.

CAPÍTULO SEGUNDO.

FAROS, BOYAS Y VALIZAS.

214. **Faros.—Su objeto y origen.** Los faros son focos luminosos ó luces establecidas en la extension de una costa con objeto de advertir de noche á los navegantes la proximidad de la tierra, y de que, reconociendo el punto en que se encuentran, puedan, ó tomar desde luego la direccion que les conduzca con seguridad y prontitud al lugar de su destino, ó esperar y mantenerse en la posicion conveniente hasta el siguiente dia.

El origen de los faros parece datar de la mas remota antigüedad, segun todas las tradiciones históricas, y la famosa torre de mármol, construida por el primero de los Tolomeos en la isla de Faro hace mas de dos mil años, para encender en lo alto de ella la fogata que por

la noche sirvió de guía á los navegantes en las inmediaciones del puerto de Alejandría, ha tenido el privilegio de dar su nombre á todas las demás de su clase, encendidas con igual objeto.

A pesar de tan remoto origen, hasta fines del siglo pasado todos los faros se iluminaban por medio de hogueras encendidas con carbon ó leña, ó con hachones embreados ó mechas introducidas en sebo y aceite. Su número era muy limitado, y su servicio por consiguiente distaba mucho del grado de perfeccion que hoy tiene con los modernos aparatos empleados en la iluminacion.

España, hace veinte años, contaba apenas veinte luces para el alumbrado de sus extensas costas, de las que solo en cuatro habia aparatos lenticulares. En 1847 una comision especial, compuesta de Ingenieros de caminos y de oficiales de marina, nombrada de órden superior, formó el plan general del alumbrado y redactó la memoria descriptiva, reglamento y demás documentos relativos al establecimiento de este importante servicio. De estos documentos tan instructivos y bien redactados, como correspondia al distinguido mérito y saber de los respetables individuos de la comision, y de los que despues les han sucedido en ella, así como de las memorias y artículos publicados por separado por el ilustrado Ingeniero D. Angel Mayo, secretario que ha sido muchos años de la citada comision de faros, hemos extractado casi todos los datos y noticias relativos á la materia que nos ocupa.

215. Division de los faros segun su alcance y posicion. Las primeras luces de los faros, que el

navegante descubrirá de vuelta de una gran travesía, serán las de mayor alcance, establecidas en los escollos aislados de las costas, ó en los cabos y puntos mas salientes; pero despues de las indicaciones facilitadas por el primer faro, necesita que otras luces de menor intensidad le auxilien, marcándole la direccion y enfilaciones que ha de seguir, para poder tomar puerto con toda seguridad, y por último, para que el sistema sea general, y satisfaga completamente las necesidades de la navegacion, son necesarias otras luces menores, que guien á las embarcaciones en la entrada de los puertos, hasta llegar al fondeadero en que puedan anclar con toda seguridad.

Otra circunstancia esencial, para el conjunto de luces de cierta extension de costa, es que el navegante no confunda unas con otras, ó con alguna estrella, ó con fogatas encendidas con malicia ó por casualidad. Este importante resultado se ha obtenido satisfactoriamente por una combinacion de luces de *distintos alcances y diversas apariencias*, colocadas á partir de un punto notable de la costa y siguiendo esta en ambas direcciones á derecha é izquierda, de tal modo que, en lo general de las costas, y sobre todo en los parajes de ellas que sirven de recalada, no se encuentren dos luces iguales, ó que la distancia que las separa sea mayor que el error que pueda suponerse á un buque en su posicion verdadera.

Con arreglo á estos principios, elocuentemente expuestos y desarrollados por la citada comision de faros, se propuso y aprobó por Real decreto de 13 de Setiembre de 1847 el plan general del alumbrado marítimo en toda la extension litoral de la Península é Islas Baleares, com-

puesto de 126 luces ó faros, divididos en seis clases ú *órdenes*, segun el grado del alcance é intensidad de la luz. Este plan, con ligeras modificaciones, ha ido realizándose desde entonces de una manera ordenada y regular, y hoy dia se halla casi completamente terminado con todos los aparatos y mejoras mas modernas.

216. Diversidad de luces de los faros.—Aparatos catóptricos. Los aparatos de iluminacion de los faros se distinguen en *catóptricos* ó de reflexion, *dióptricos* ó de refraccion, y *catadióptricos* ó compuestos de partes que reflejan la luz, y partes que la refractan.

Fig. 104.

Si $NA N'$ es un parabolóide de revolucion al rededor del eje AB , y en el foco F se coloca un punto ó cuerpo luminoso, se sabe que, materializada y pulimentada la cara ó superficie cóncava $NA N'$, todos los rayos de luz FM, FM', FN, \dots que caen sobre dicha cara, se *reflejan* segun rectas paralelas al eje AB , formando un haz luminoso.

Este es el fundamento de los espejos reflectores ó reverberos, que constituyeron una de las primeras mejoras introducidas en los faros por el célebre Borda, y aplicada por este en 1791 al notable faro de Cordouan.

Los reflectores empleados en los mejores faros son de plaqué, ó sea de un parabolóide de cobre, recubierto en su superficie cóncava por una capa de plata bien pulimentada.

Para iluminar todo el horizonte por la parte del mar, era preciso multiplicar el número de lámparas y reflectores, sobre el perímetro de la misma circunferencia, y aun colocarlas á diferentes alturas y en distintos ejes, de

modo que resultase una especie de cilindro luminoso. Este sistema se conserva aun en algunos faros extranjeros, y era el de los renovados hace pocos años en los de Málaga y Cádiz.

Los inconvenientes que presentan los aparatos catóptricos ó de reflectores son

1.º La gran absorcion de luz, pues con la misma cantidad de aceite se produce un efecto cuatro veces mayor en los aparatos lenticulares.

2.º El empleo de un gran número de lámparas y el cuidado de su vigilancia, lo cual hace que el servicio sea mas difícil y expuesto á alteraciones durante la noche.

3.º La facilidad con que se rayan y se empañan los reflectores, lo cual, además de disminuir el efecto de la luz, exige que se pulimenten continuamente.

4.º El enorme peso de los reflectores, lo que no permite aumentar su número mas que reduciendo sus dimensiones y su alcance.

5.º La dificultad de colocar exactamente, en la posición correspondiente, cada reflector y su lámpara, lo cual hace que se disminuya el efecto de la reflexion.

217. **Aparatos catadióptricos.—Luz giratoria ó de eclipses.** Los inconvenientes citados han hecho abandonar, casi por completo, los reflectores ó reverberos, y sustituirlos por los aparatos catadióptricos ó *lenticulares*, inventados hace unos 30 años por Mr. A. Fresnel, Ingeniero de puentes y caminos de Francia, y de cuyo sistema se empleó el primero en España en el actual faro de segundo orden de Santander.

Estos aparatos se componen de una lámpara de mechas concéntricas múltiples, colocada en el centro de una envolvente ó armazon de cristal cilíndrica ó poligonal, fija ó movable, que sirve para aumentar el brillo, y para hacer variar las apariencias de la luz.

Esta envolvente está dividida en tres zonas; la central ó *dióptrica*, y las dos superior é inferior *catadióptricas*, enlazadas todas por medio de una *armadura*, que se apoya en una columna hueca de fundicion.

El aparato, así formado, está cubierto con una linterna poligonal de cristal, que sirve para preservarle, y se apoya en el torreón del faro, dejando en el interior un espacio ó galería suficiente para hacer el servicio del alumbrado y limpieza.

El fundamento que sirve de base á estos nuevos aparatos consiste en la propiedad que tienen los cristales lenticulares ó convexos de emitir paralelos por refraccion los rayos *oa, on.....* de luz, que recogen en su foco *O*. Siendo este comun á todas las lentes, colocada en él la lámpara, y puesto en movimiento el armazon ó envolvente de cristal, por medio de un aparato de relojería, se produce la alternativa de la luz, presentando esta su mayor intensidad, cuando la visual *or* del observador coincide con el eje de una lente, y su mayor disminucion ó *eclipse*, cuando la misma visual pasa por la arista ó union *a* de dos lentes contiguas.

La parte mas esencial y costosa de un aparato de primer órden está formada por ocho grandes lentes de 1 méτρο de alto, 0,70 méetros de ancho cada una, y 0,92 de foco. Tambien se forma de igual modo un aparato de 12

Fig. 105.

Fig. 106.

ó 16 medias lentes, de igual espesor y altura, pero con la mitad del ancho de aquellas, lo que proporciona diferencias en la duracion de la luz, con poca disminucion de alcance, porque se aprovecha la porcion central, y por consiguiente la mas útil de cada lente.

La distancia de 0,92 de la lámpara á los cristales permite recojer en ellos todos los rayos luminosos comprendidos en un ángulo de 45° , y como de estar terminada la lente por una superficie esférica continua, hubieran resultado un espesor considerable difícil de obtener en los cristales, una gran disminucion en la luz refractada por ellos, y un peso enorme en el aparato, Fresnel supo vencer todas estas dificultades, dividiendo la lente en anillos *plano-convexos*, formados de diferentes piezas concéntricas, y reducidos al espesor preciso, para que, unidos sólidamente por los bordes mas delgados, se ajusten todos á un mismo plano. En el dia parece que ya se obtienen los anillos de una pieza, lo que produce un efecto equivalente á cierto aumento en la intensidad de la luz.

Las zonas superior é inferior están formadas por cristales planos azogados, ó con prismas *catadióptricos*, que recogen, sobre las grandes lentes, casi toda la luz que se dispersa por encima ó debajo de las mismas.

Estos aparatos giratorios hacen generalmente una revolucion completa en 8 minutos, y por tanto producen eclipses de minuto en minuto, ó de medio en medio minuto, segun que el aparato sea de 8 lentes ó de 16; pero á fin de evitar errores, se aprecia, como carácter invariable de cada aparato, el tiempo trascurrido desde el fin de

cada destello ó resplandor hasta el fin del siguiente, y no la duracion de estos, ni la de los eclipses, que puede parecer diferente, segun el estado de la atmósfera y la distancia desde que se observa, porque en efecto, los eclipses no son totales sino para la distancia en que no es visible la luz fija de las zonas catadiópticas superior é inferior, pero á la que alcanza la luz mas brillante de los destellos.

El movimiento de rotacion comunicado á todo el aparato, por medio de la máquina de relojeria antes indicada, ha hecho dar á estas luces el nombre de *giratorias*, á pesar de que la luz permanece realmente fija.

Fig. 107.

La figura 107 representa el alzado y seccion por el plano focal de un aparato de primer órden con 8 lentes, y eclipses de minuto en minuto.

218. **Aparatos de luz fija.** Si en lugar de ocho lentes se aumenta su número indefinidamente, se tendrá un anillo poligonal, compuesto de una série de refractores infinitamente pequeños, que distribuirá una luz *igualmente brillante* en todo el horizonte. La dificultad, sin embargo, de ejecutar la superficie de revolucion así engendrada por la seccion *aa* de una de las lentes, al rededor de la vertical *o*, aconsejó á Fresnel sustituirla por un polígono de suficiente número de lados, para que, en el ángulo de dos de sus caras, suministre una luz poco inferior á la que se produce en medio de ellas, y las hileras de espejos curvos superior é inferior están dispuestas tambien de esta manera, para evitar la pérdida de luz en los ángulos.

Fig. 105.

Así un aparato de primer orden de luz fija está compuesto de una envolvente de cristal cilíndrica, formada de tres partes ó zonas, como en las luces giratorias; la central ó dióptrica, y la superior é inferior catadióptricas, compuestas la primera de once anillos de seccion triangular y la inferior de seis anillos.

En este sistema no hay movimiento de rotacion del aparato, y la luz colocada en el foco emite los rayos incidentes que forman una luz igual y divergente en todo el horizonte, y en el sentido vertical un haz horizontal de toda la altura de la envolvente.

219. Aparato de luz fija, variada por destellos. La apariencia de luz llamada *de destellos*, consiste en un aparato de luz fija, como el que acaba de indicarse en el párrafo anterior, y de un cierto número de lentes *aa* equidistantes entre sí, y colocadas sobre una armadura exterior movible, y que verifica su revolucion, en un período fijo, al rededor de la vertical que pasa por el centro del aparato, en donde está colocada la lámpara. Estas lentes compuestas de prismas rectos verticales, tienen la misma altura que el tambor ó zona central, y se pueden suponer engendrados por el movimiento de la seccion *aa* sobre una línea vertical; su curvatura está así en sentido opuesto de la del resto del tambor, y convierten en rayos paralelos los divergentes *Fa* producidos por la envolvente fija, y causan la sensacion de un destello brillante, análogo al de las lentes anulares.

Ultimamente se ha introducido en este sistema una importante modificacion, que consiste en suprimir la envolvente fija, y emplear un solo tambor giratorio com-

Fig. 108.

puesto de lentes anulares *a a*, y de lentes de luz fija *a b a*, cuyo número y distribución depende de la sucesión y número de destellos que deben producirse en una revolución del aparato.

Cuando este no debe iluminar todo el horizonte, se suprimen una ó mas caras ó panales ópticos, en el ángulo que debe quedar oscuro, reemplazándoles con reflectores, que sirven para aumentar el brillo de las partes que se conservan. Resulta una gran economía, pero que no puede tener lugar mas que en los aparatos de *luz fija*, ó en la *parte fija* de la luz variada por destellos.

220. **Luces de colores.** A fin de aumentar el número de apariencias de las luces, se emplean lentes de color, sobre todo para los destellos. El color preferido es el rojo que, á igualdad de intensidad, produce sobre la retina una impresión mas viva, estableciéndose de este modo aparatos de luz fija roja, y de luz natural variada por destellos rojos.

No es conveniente la alternativa de destellos blancos y rojos; porque, como los primeros alcanzan mas que los segundos, podría esto inducir á error al observador, desde el momento en que solo distinguiese los destellos blancos, y podría confundir el faro con otro que no tubiese destellos rojos.

Como el color verde no es visible sino á pequeñas distancias, solo se emplea en las luces locales, y principalmente para enfilaciones.

221. **Resumen de las principales apariencias de las luces.** Resulta de las indicaciones hasta aquí hechas, que se pueden obtener diez apariencias de

luz, enteramente distintas, y que no ofrecerian la menor confusion al observador, aunque todas á la vez se presentasen á su vista. Son estas:

Luces fijas. { Blanca ó de color natural, fija en todas direcciones.
Idem roja id. id.

Luces de destellos. { Blanca fija con destellos de 2 en 2 minutos.
Idem id. con id. de 3 en 3 minutos.
Idem id. con id. de 4 en 4 minutos.
Las mismas luces con destellos rojos á iguales intervalos.

Luces giratorias ó de eclipses. { Blanca con eclipses de minuto en minuto.
Idem con eclipses de $\frac{1}{2}$ en $\frac{1}{2}$ minuto ó 30'' en 30''.

222. **Lámparas.** El alumbrado de los faros se verifica por medio de lámparas, empleando, en nuestro pais, el aceite de oliva purificado. Las lámparas, de que hasta ahora se hace uso, son de varias clases, y difieren tambien segun el orden del faro á que se aplican. En la imposibilidad de detenernos aquí á hacer la descripcion detallada de estos aparatos, recomendamos á los que deseen ó necesiten conocer á fondo esta materia, así como todos los detalles y cálculos relativos á la forma y posicion de todas las diferentes partes de los aparatos de iluminacion, la interesante é instructiva descripcion publicada en 1860 por el ya citado Ingeniero de caminos D. Angel Mayo.

Fig. 107.

223. Linternas. La linterna de los aparatos de primer orden se compone de 16 montantes de hierro forjado, recubiertos exteriormente con varillas de bronce, empotrados en el muro ó torreón del faro, y enlazados á diferentes alturas por medio de riostras horizontales. En las cuadrículas ó bastidores formados por estas y los montantes, se colocan cristales de 7 á 8 milímetros de espesor, constituyendo así un espacio cerrado y transparente, coronado por una cúpula de cobre sobre los cuchillos ó armadura de hierro, terminado todo por una esfera que sirve de chimenea y ventilador, para establecer la corriente de aire necesaria para la combustion de la lámpara.

Todo el aparato y el edificio está protegido de las descargas eléctricas por medio de un para-rayos de cobre, terminado en una punta de platino, y cuyo conductor metálico desciende desde el pie de la barra, situada en lo alto de la linterna, por la parte exterior del torreón, hasta el pozo que le pone en comunicacion con la tierra.

224. Aparatos de los diferentes órdenes de faros. Toda la ligera descripción que precede, se refiere á los aparatos de primer orden; los de los cinco órdenes restantes se diferencian solamente en su menor distancia focal, y por tanto en su diámetro y dimensiones de todas las partes que de él dependen, en la altura, alcance é intensidad de las luces, consumo de aceite por hora etc. La citada memoria del Sr. Mayo contiene á su final dos cuadros en que se consignan todas estas diferencias, así como el coste de cada aparato, según la clase y apariencia de la luz.

225. **Fanales ó luces de puerto.** Además de los seis órdenes de aparatos, se emplean en el alumbrado marítimo otros aun mas pequeños que los de 6.º orden, llamados de *luz sideral*, y conocidos mas particularmente con el nombre de *fanales ó luces de puerto*, porque su objeto es marcar las embocaduras de los rios, el paso de las barras, de los estrechos y canales, y el surgidero interior de los puertos. Estos aparatos producen con una sola lámpara y dos espejos parabólicos, horizontalmente colocados, una luz sideral, blanca ó de color, que puede tener hasta unas 2 ó 3 millas de alcance. Tambien se disponen y construyen en el dia estas pequeñas lámparas con cristales lenticulares que contribuyen al mejor efecto de su luz.

226. **Alcance y altura de los faros.** Considerada sensiblemente esférica la superficie tranquila del nivel de los mares, se puede suponer confundida con la de la esfera osculatriz á la superficie de la tierra, en el punto en que se halla el observador; y por tanto la diferencia de alturas entre este B y el navegante situado sucesivamente en $A A'$ no será otra cosa que las diferencias $B D, B' D$ entre el nivel aparente y el nivel verdadero que vamos á calcular.

Fig: 109.

Llamando D á la distancia $A B$,

a á la altura $B D$.

R al radio $A C$,

el triángulo $B A C$, rectángulo en A , da

$$D^2 = (R+a)^2 - R^2 = a^2 + 2 R a \quad (1)$$

por cuya ecuacion podria calcularse el valor de a para un alcance D dado, pero como a es siempre muy pequeño

respeto á R , puede despreciarse sin error sensible su segunda potencia, con lo que la ecuacion (1) dará

$$D^2 = 2Ra, \text{ de donde } D = \sqrt{2Ra} \quad \text{ó} \quad a = \frac{D^2}{2R} \quad (2)$$

El resultado de este cálculo seria erróneo por causa de la *refraccion atmosférica* que, como se sabe, hace que los objetos aparezcan al observador mas altos que lo que realmente están; así el punto B estará realmente en b , pero como los rayos de luz enviados al observador situado en A , al atravesar las capas cada vez mas densas de la atmósfera, se refractan segun una curva ó trayectoria $b m A$ cóncava del lado de la superficie terrestre, y el observador en A ve el objeto segun la tangente AB de esta trayectoria, resultará de aquí el error de refraccion $Bb = x$ que es preciso calcular.

Si desde A , con un radio AD , se traza el arco Dpn se tendrá

áng. $BAD = \frac{1}{2}$ áng. ACB : áng. BAb :: $Dn : pn$,
y como Dn y pn se confunden sensiblemente con DB y bB ,

$$\frac{1}{2} ACB : \text{áng. } BAb \text{ ó de refraccion} :: DB : bB :: a : x.$$

Segun muchas observaciones el ángulo de refraccion es igual al ángulo en el centro multiplicado por un *coeficiente de refraccion*, variable con la temperatura y otras muchas circunstancias locales, pero que, como resultado medio, se aprecia en 0,0783: es decir que

$$\text{áng. } BAb = 0,0783 \text{ áng. } ACB, \text{ y por tanto}$$

$$\frac{1}{2} C : 0,0783 C :: a : x \quad \text{ó} \quad 0,50 : 0,0783 :: a : x,$$

de donde $x = \frac{0,0783 a}{0,50} = 0,1566 a$, y llamando a' la verdadera altura $D b$ será

$a' = a - x = 0,8434 a$, y por consiguiente según la ecuación (2).

$$a' = \frac{0,8434 D^2}{2R} = \frac{0,4217 D^2}{R}$$

Tomando para R su valor medio á la latitud de 45° que es $R = 6.366.669$ metros, resultará

$a' = 0,000000066235 D^2$ y $D = 3885,56 \sqrt{a'}$ por cuyas expresiones se puede determinar la distancia D ó la altura a á que los objetos podrian ser distinguidos.

Para aplicar estos cálculos á la determinacion de la altura de un faro sobre el nivel del mar, es necesario además fijar el alcance ó fuerza de refulgencia de una luz, porque si esta no puede hacer perceptibles sus rayos mas que hasta cierta distancia, seria inútil dar al faro mayor elevacion.

De muchas observaciones se ha deducido, que no es posible fijar el limite preciso del alcance de cada luz, que depende del estado atmosférico y otras causas.

La comision de faros ha publicado los alcances, deducidos de las observaciones y experiencias hechas en un estado medio de la atmósfera, y para cada una de las circunstancias de los diferentes aparatos de Fresnel, que se emplean hoy en nuestros faros. Partiendo de estos datos y teniendo presente que el observador no se encuentra realmente sobre la superficie del agua, sino á cierta altura $r s$, y que distinguirá el objeto b , cuando dicha altura llegue á la tangente $r A B$, el citado Ingeniero Sr. Mayo, secretario entonces de la comision de

faros, formó en 1858, y la comision aprobó, varias tablas en que se determinan la altura del foco luminoso sobre el nivel del mar, y otros elementos, suponiendo al observador, ya sobre la cubierta, ya en lo alto de los palos de los barcos, ó sea de 3 y 4 métrros en el primer caso, y de 40 métrros por término medio en el segundo.

227. **Situacion ó emplazamiento de los faros.**

Los puntos mas convenientes para situar un faro, son, por regla general, los cabos y puntas de la costa mas avanzados al mar, para no quedar cubiertos por algunos otros de sus inmediaciones, puesto que así será mas extenso el horizonte de la luz, y menor por consiguiente el espacio angular, que por el lado de la costa quede sin iluminar.

Otra de las situaciones convenientes para los faros, son los bajos ó escollos aislados, algo distantes de la costa, y que ofrecen á la navegacion graves peligros, que no pueden precaver los faros situados en la costa mas próxima. En este caso, el de la construccion en medio del mar, y sobre el mismo peligro, adquiere un grande interés por las dificultades y gastos que exigen, no solo la edificacion, sino el servicio y conservacion del faro.

En general, con arreglo al objeto y destino de cada faro, su situacion deberá ser materia de un prolijo estudio en cada proyecto, procurando conciliar las condiciones indicadas con las de la mayor facilidad y economía en la construccion, y en su ulterior servicio.

Elegida su situacion, una nivelacion hará conocer la altura de aquella sobre el nivel del mar, y por consiguiente

la que deba asignarse á la luz, segun el alcance para esta prefijado.

228. **Dependencias ó capacidad, forma y construccion de los faros.** El programa completo de un faro, puede resumirse en las disposiciones siguientes: un emplazamiento bastante elevado y espacioso para la linterna y aparato del alumbrado, con galería de circulacion; un cuarto en la inmediacion de la linterna, para la estancia de los encargados del alumbrado; almacenes para el depósito del aceite, utensilios, y otros efectos del establecimiento; habitaciones para los guardas ó torreros y sus familias; dos cuartos para el Ingeniero y demás encargados de la vigilancia y conservacion del faro; y por último, algibes ó cisternas para depósito de agua potable, cuando esta no se halle en las inmediaciones del faro.

En los terrenos insumergibles, ó que no están expuestos al choque de las olas, las habitaciones y almacenes se disponen generalmente en un cuerpo bajo de forma rectangular, poligonal ó circular, que sirve de basamento al cuerpo mas elevado destinado á la linterna, ó bien en un recinto exterior del mismo edificio, construido al efecto. La primera disposicion es la mas empleada y da al conjunto del edificio mejores formas y proporciones.

En cuanto á la forma general de los faros, ó de la parte destinada á apoyo del aparato de iluminacion, la mayor parte presenta, sobre su basamento, la figura de un tronco de cono ó columna. Son pocas las torres de esta clase construidas de forma cuadrada ó rectangular, porque su considerable elevacion y exposicion á la accion de todos los vientos, de que están generalmente poco res-

guardados, han hecho dar la preferencia á la forma circular, por su mayor resistencia, y por el mayor enlace y trazazon que procura á todas las partes de la construccion.

La escalera de esta torre se dispone en helizoide ó caracol, ya sobre un alma ó eje macizo de la torre, ya tambien helizoidal, pero anular, dejando hueco el espacio central en forma de pozo, y que sirve para dar paso á los materiales durante la construccion, y al aceite y demás provisiones y efectos del alumbrado, cuando está ya en servicio.

Cuando los faros están establecidos sobre escollos ó rocas aisladas, sumergibles y expuestas á toda la violencia del mar, es necesario colocar las habitaciones y almacenes en pisos dispuestos á diferentes alturas de la torre, lo que obliga á dar á esta mayores dimensiones, y á colocar la escalera en un costado ó fuera del eje de la torre, para que las habitaciones queden independientes unas de otras.

Estos edificios deben construirse con mucha solidez, por cuya razon los materiales empleados de preferencia, son la sillería y el ladrillo, y solo el primero cuando están expuestos al choque y accion de las olas. El faro de 5.º orden, luz fija, construido en el peñon ó isla de Mouro á la entrada del puerto de Santander, es todo de sillería con inclusion de la bóveda anular que recubre el basamento destinado á habitaciones y almacenes. Sin esta circunstancia es probable que las embravecidas olas, que pasan á veces á muchos méetros sobre la linterna, y han causado ya en esta y el aparato algunas averías, hubieran destruido todo el edificio.

En estos casos excepcionales es además indispensable practicar rampas de embarque, y á veces establecer gruas ú otros medios para facilitar la entrada y comunicaciones con el edificio.

Fig. 110.

Como ejemplo, algun tanto notable, de esta clase de construcciones, se representa en la figura 110 la planta, corte y alzado del faro de primer orden, construido en el Cabo de Palos, y cuya descripcion detallada ha publicado el Ingeniero Sr. Churruga en el núm. 20 de la Revista de Obras públicas de 1865, de la que tomamos los siguientes datos generales. La obra consta de un edificio cuadrado de dos pisos, construido en su totalidad de sillería, de cuyo centro se eleva la torre, tambien de sillería, formada de un primer cuerpo prismático de seccion octogonal, y de un segundo en forma de columna, de modo que el primero, aunque oculto casi todo en el edificio, sirve de pedestal al segundo. El fuste de la columna es ligeramente cónico, con inclinacion de 0,022 métrors por métror. El edificio ó cuerpo bajo tiene 20 métrors de lado y 11,60 métrors de altura con inclusion del pretil del terrado. El primer cuerpo de la torre tiene 12,50 métrors de altura, y 34,50 métrors el segundo hasta la cornisa, de modo que la altura de ambos es de 47 métrors, á la que si se agregan 2,20 del torreon, 1,14 métrors de la lámpara, y 30 métrors del desnivel entre el plano del emplazamiento y el mar, resultan 80,34 métrors para la altura de la luz sobre el nivel de este.

Entre los faros del Océano Cantábrico merece una especial mencion, no por la importancia del edificio, sino

por su posicion y obras de acceso, el de 5.º orden, luz fija, denominado «De la Punta del Caballo» situado á la entrada del puerto de Santoña y al pie de la escarpada roca en que termina al norte el monte de aquella plaza. El foco luminoso está á 26 métrros sobre el nivel del mar y á 5,80 métrros sobre la plataforma del terreno. Proyectado primitivamente por el Ingeniero D. Juan de Orense en el concepto de ser inaccesible por la parte de tierra, el Ingeniero D. José Peñaredonda realizó despues esta comunicacion por medio de una notabilísima escalera de *setecientos setenta y seis peldaños*, tan ingeniosa como atrevidamente ejecutada por administracion en las variadas é irregulares hendiduras y sinuosidades de la roca caliza, y por medio de la cual se salva la considerable altura de 201 métrros. Esta excepcional construccion hace del faro de Santoña uno de los mas notables, en su clase, entre los de nuestro alumbrado marítimo.

La madera se presta poco á esta clase de construccionnes, por su pronta destruccion, y exposicion á incendios.

Sin embargo, aunque solo con carácter de provisional, se ha hecho algunas veces uso de este material, y un ejemplo muy notable es el faro construido en Alicante en 1842 por el Ingeniero de caminos, hoy Inspector jubilado, D. Elías Aquino, y cuya descripcion publicó este en la Revista de Obras públicas de 1853. La altura total de este edificio es de 33,50 métrros y se compone de un basamento ó cuerpo bajo de planta exagonal, sobre el que se eleva un torreon tambien de seccion exagonal, con un pequeño talud, en cuya parte superior está colocada la linterna, como en la generalidad de los faros. Es

una construccion de esbeltas proporciones, muy bien combinada en todas sus partes, y que en nuestro humilde concepto honra á nuestro antiguo profesor el Sr. Aquino.

El hierro forjado y fundido ha sido tambien aplicado á la construccion de los faros, sobre todo en aquellos terrenos en que es muy dificil establecer otra clase de construcciones. Una de las aplicaciones mas modernas é importantes en nuestro país son los faros de las bocas del Ebro, construidos todos de hierro sobre pilotes de rosca, tambien de hierro, y cuyos proyectos y descripcion detallada, debidos al Inspector general Sr. Valle, publicó este en los números 10 y 11 de la Revista de Obras públicas de 1861.

229. **Servicio de los faros.** Este servicio se desempeña por el personal de torreros de faros, bajo la inspeccion y dependencia de los Ingenieros del cuerpo de caminos, y con arreglo al Reglamento é Instruccion aprobados por Real órden de 21 de Mayo de 1851. Como en estos documentos oficiales se prescriben todos los detalles relativos á los deberes y atenciones de este servicio, creemos innecesario detenernos aquí mas sobre este objeto.

230. **Valizamiento general de las costas.**
Su objeto. Para completar la seguridad de la navegacion, son necesarias algunas señales, naturales ó artificiales, que indican la proximidad de algun escollo ó cualquier punto peligroso, oculto bajo el agua, en lo interior de las bahías, en la entrada de los puertos y en la embocadura de los rios.

A este género de marcas ó puntos de reconocimiento, pertenecen tambien las torres de señales, que á la inmediacion de algunas poblaciones, cercanas al mar, están destinadas á dar aviso de las embarcaciones que se aproximan, y facilitar su correspondencia con el interior del puerto.

Atendida la importancia de este asunto, se encargó su estudio á la Comision de faros, y por Real órden de 30 de Junio de 1858, se aprobó el plan general de valizamiento de nuestras costas, propuesto por aquella, así como la clase de marcas y señales mas apropiadas al objeto, y de que la mencionada comision acompaña los correspondientes dibujos ó modelos, y una detallada é interesante descripcion, de todo lo cual tomamos los datos á este asunto relativos.

231. **Boyas.** Esta palabra se usa como sinónimo de *flotador* y comprende toda clase de cuerpos ligeros, como corcho y madera, y tambien de metal, dispuestos en forma de toneles ó barricas cónicas, esféricas, elipsoides etc., de manera que no puedan sumergirse. Cuando están cercanas á tierra, suelen amarrarse fuertemente á una cadena, fija en sitio á propósito de la misma costa, pero si el banco ó paraje peligroso está muy distante de tierra, se fijan generalmente las boyas por medio de dos ó tres anclas, unidas con cadenas, que en el fondo sirven de punto de retencion ó amarra á la de aquellas.

Las boyas se dividen en comunes ó sencillas, y en boyas-valizas ó valizas flotantes.

La figura 111 representa un modelo de boyas sencillas de mas frecuente aplicacion, de madera ó hierro; y

para que haya un sistema fijo y uniforme para poder distinguirlas en los casos en que se empleen en gran número, según la longitud y recodos de los canales de entrada en los puertos, se las pinta bajo diferentes figuras con colores negro, rojo y blanco, agregando á estas combinaciones de colores, las que resultan de hacerlas flotar punta arriba ó punta abajo.

Fig. 112.

De esta última manera es como generalmente flotan las boyas sencillas, empleadas en puntos en que la acción del mar es poco violenta, pero la conveniencia de distinguir bien unas boyas de otras, y á la mayor distancia posible, aconsejó su colocación inversa, es decir que floten punta arriba, que se remata por medio de un barrón ó astil, en cuya parte superior se coloca un globo ú otra señal cualquiera; cuya circunstancia ha hecho dar á estas boyas el nombre de *boyas-valizas* ó *valizas flotantes*. Las más notables de estas son las de Flerbert y la de doble cono, cuya descripción y planos pueden verse en el referido dictámen de la comisión de faros.

En sitios muy peligrosos, ya de alta mar, ya de la entrada de los puertos, en que los navegantes corren grandes riesgos en épocas de temporales, se han empleado como boyas-valizas, las llamadas de *campana*, que al mismo tiempo son de salvamento para casos de naufragio. La más importante de estas, empleada en Inglaterra, consiste en una lancha cubierta, de forma redondeada y sin quilla, cuyo mastelero tiene en su parte más alta una campana, dispuesta de modo que suene por efecto de las oscilaciones que el mar imprime á la boya, lo cual es importante para la noche ó días nebulosos. El casco de

la lancha está construido de planchas de palastro de 0,011 métrros de grueso, y en su fondo lleva unas masas de fundicion que le sirven de lastre.

A fin de que durante el dia aparezca con mas distincion, esta boya lleva en su extremo superior una esfera ó globo de 1,50 métrros de diámetro, formado de arcos de madera y hierro.

La gran movilidad de todo este aparato flotante, hace que la campana esté en continuo movimiento, y su sonido se ha oido algunas veces en la direccion del viento hasta tres millas de distancia. La elevacion total del aparato, comprendido el globo, sobre la línea de flotacion es de 6,60 métrros, y en tiempos claros puede distinguirse hasta 4 ó 5 millas.

232. **Boyas de amarra.** Esta clase de boyas, llamadas tambien *cuerpos muertos*, consiste en un flotador que generalmente tiene la forma de un tonel de base circular ó poligonal, con cinchos de hierro, de los cuales el del centro mas grueso que los otros, lleva dos argollos diametralmente opuestos, y destinados el uno á recibir la cadena con que está asegurado al ancla ó cuerpo muerto, y el otro al cable de las embarcaciones á cuya amarra se destina.

233. **Valizas.** Consisten estas en unas señales fijas, colocadas sobre los mismos bajos que indican, ó á su inmediacion en la costa.

La valiza mas sencilla, y mas generalmente empleada, consiste en una percha de madera, en cuya extremidad superior se coloca un globo pequeño ú otra marca conveniente. Se establecen en los sitios de poco fondo de

Fig.^o 98.

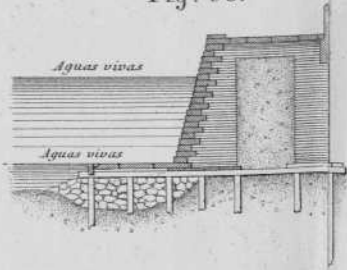


Fig.^o 99.

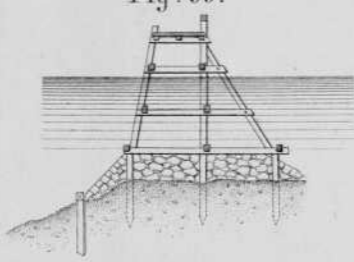


Fig.^o 100.

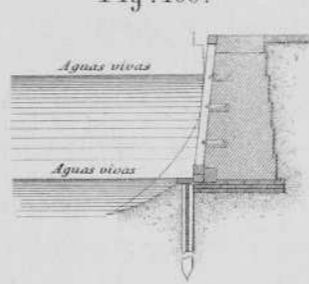


Fig.^o 103.

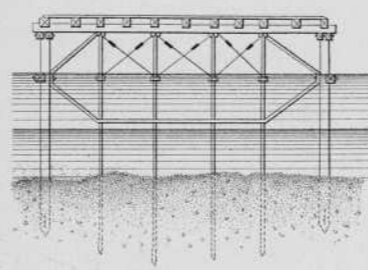


Fig.^o 104.

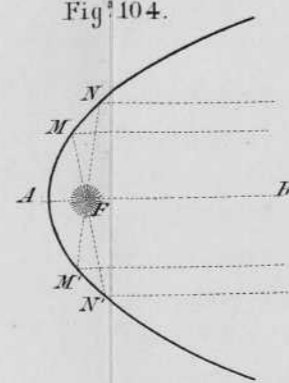


Fig.^o 110.

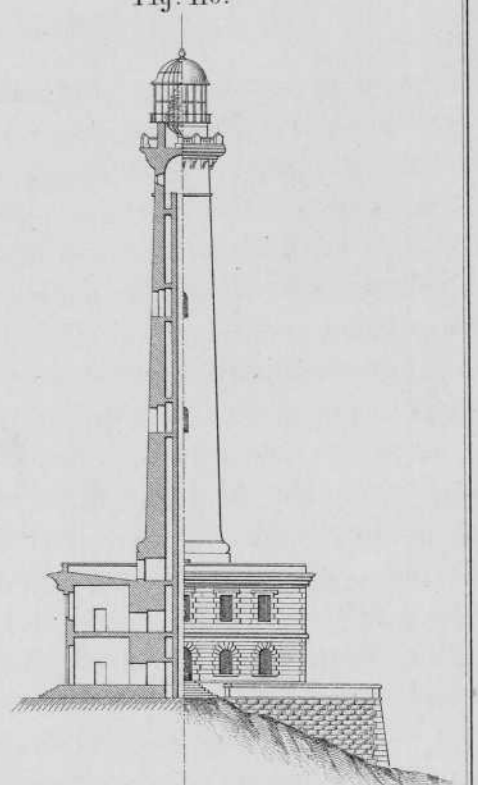


Fig.^o 101.

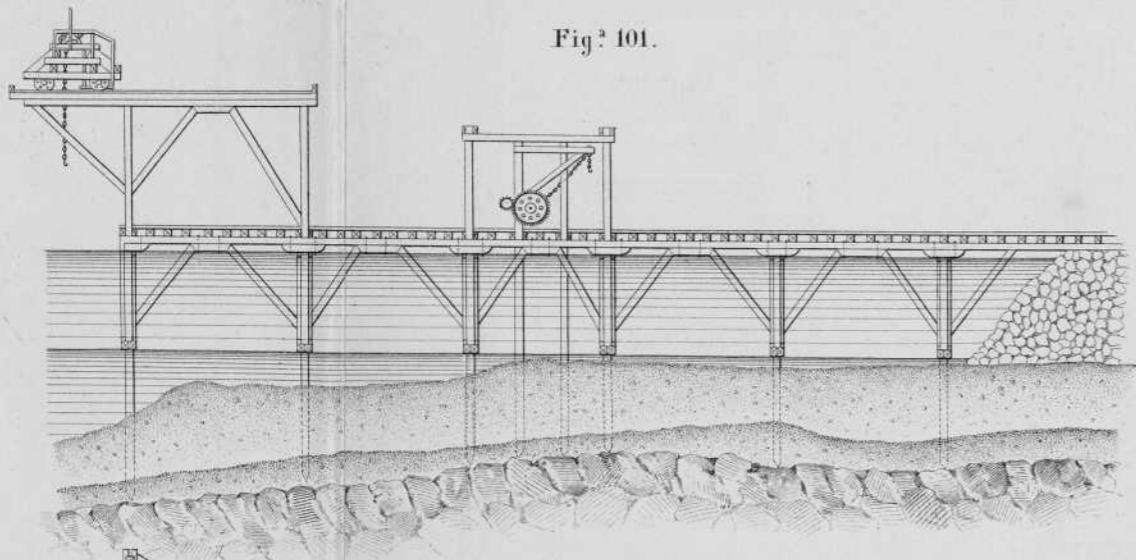


Fig.^o 105.

Eclipses de l'en l'

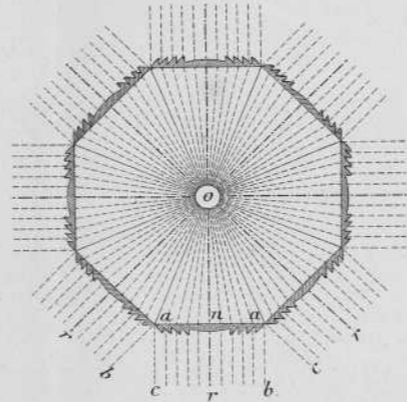


Fig.^o 106.

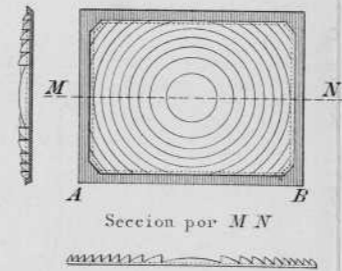


Fig.^o 107.

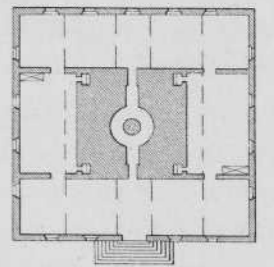
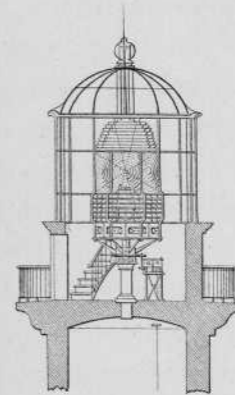


Fig.^o 102.

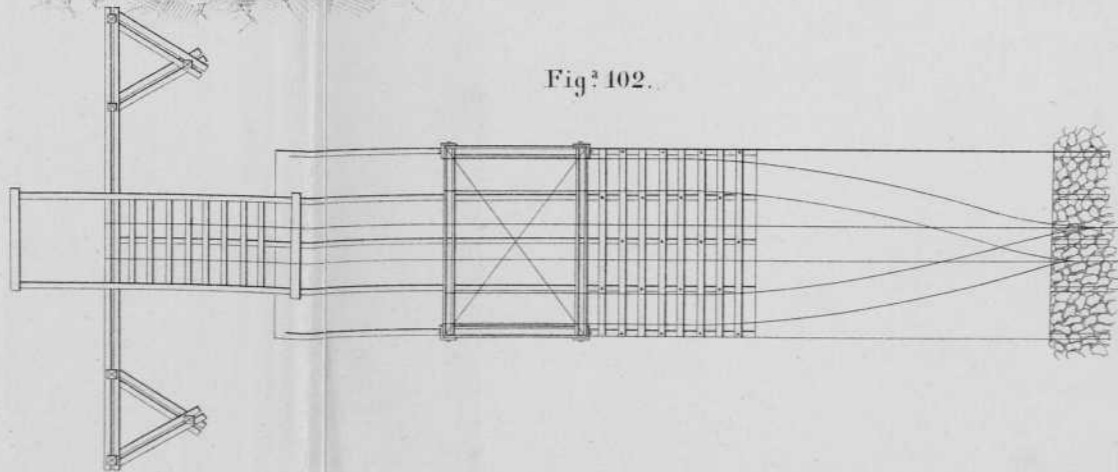


Fig.^o 108.

Luz fija variada por destellos de 3' en 3'

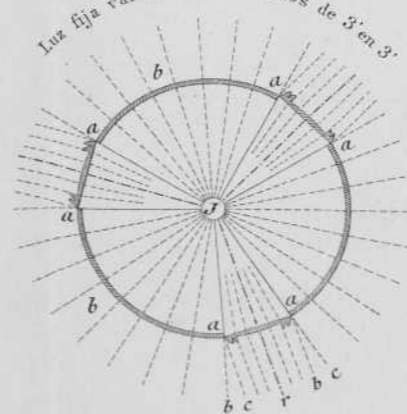


Fig.^o 109.

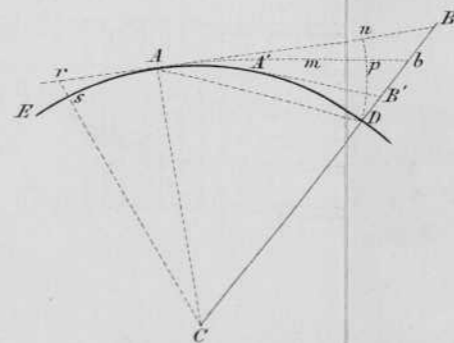


Fig.^o 111.

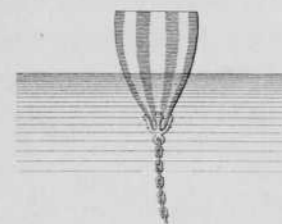
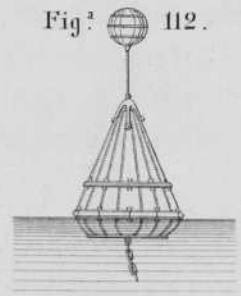


Fig.^o 112.



arena ó guijo, así como en las playas, en cuyo caso puede llevar driza para la bandera ó farol, así como tojinos ó escalas que permitan subir hasta su remate.

Estas valizas pueden servir tambien para marcar las enfilaciones que convenga seguir en los canales y pasos estrechos, y en ellas puede tambien marcarse la altura del agua por medio de una escala de mareas.

Segun la naturaleza del suelo, la distancia á que deben distinguirse, y otras circunstancias locales, se construyen tambien las valizas, ya de barrones de hierro, ya de columnas de fundicion, y por último, de sillería ó mampostería.

234. Marcas y señales de tierra. Además de las indicadas, sirven tambien de guia á los navegantes, para evitar peligros en la recalada de algunos parajes, ya ciertas construcciones, como las torres de vigía, ú otras hechas con este objeto, ya las mismas torres de los faros ú otros edificios como iglesias, molinos de viento, castillos etc., colocados en puntos notables de las costas, y por último, las puntas de las montañas y cerros, que por sus formas pronunciadas, y variado color con que se proyectan, son de grande auxilio para la navegacion costanera.

FIN DE LA PARTE SEGUNDA.

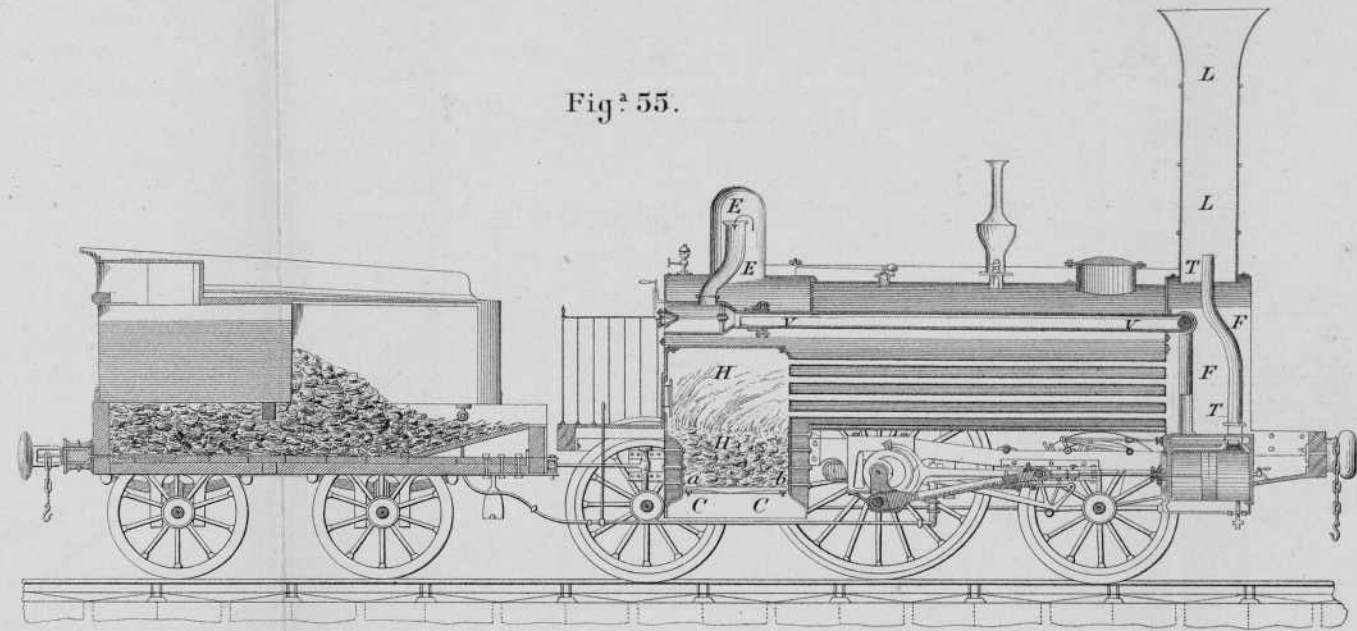


Fig.^a 55.

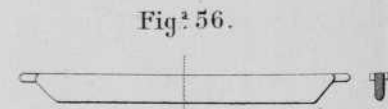


Fig.^a 56.

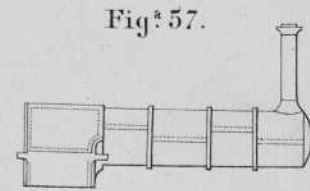


Fig.^a 57.

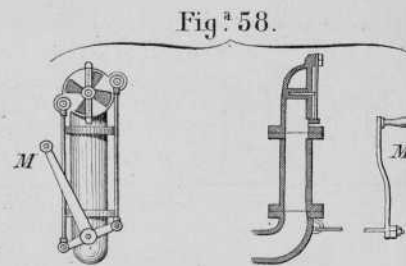


Fig.^a 58.

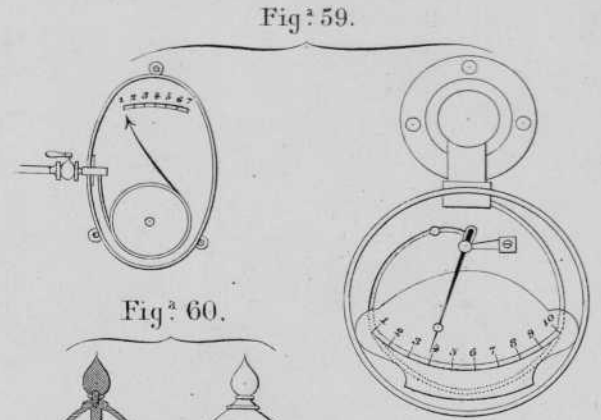


Fig.^a 59.

Fig.^a 60.

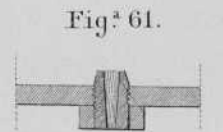
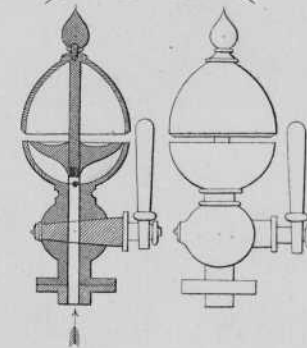


Fig.^a 61.

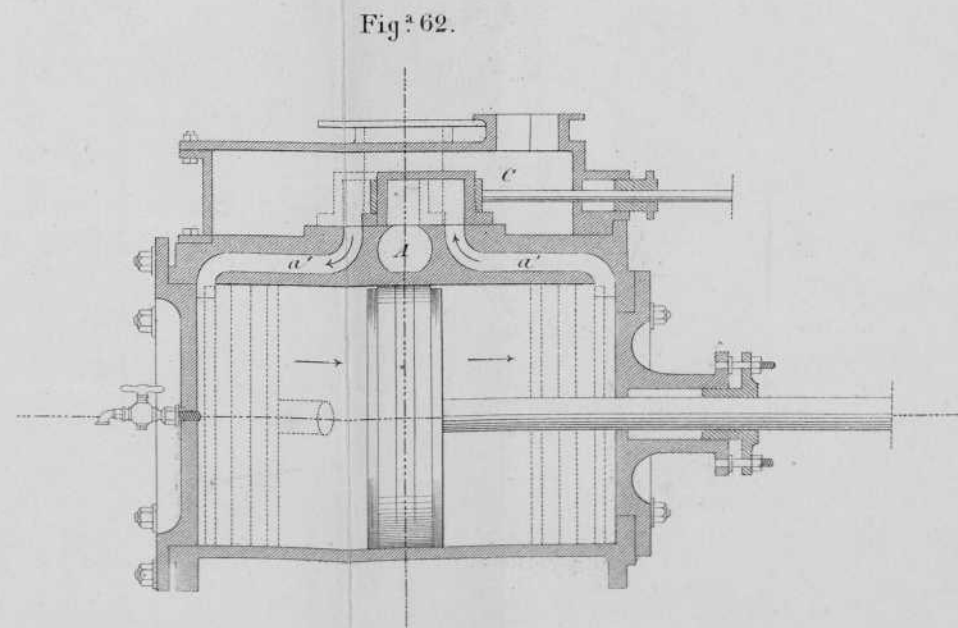


Fig.^a 62.

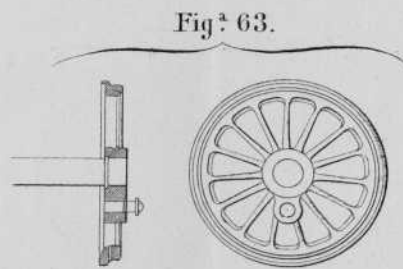


Fig.^a 63.

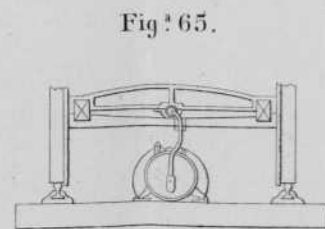


Fig.^a 65.

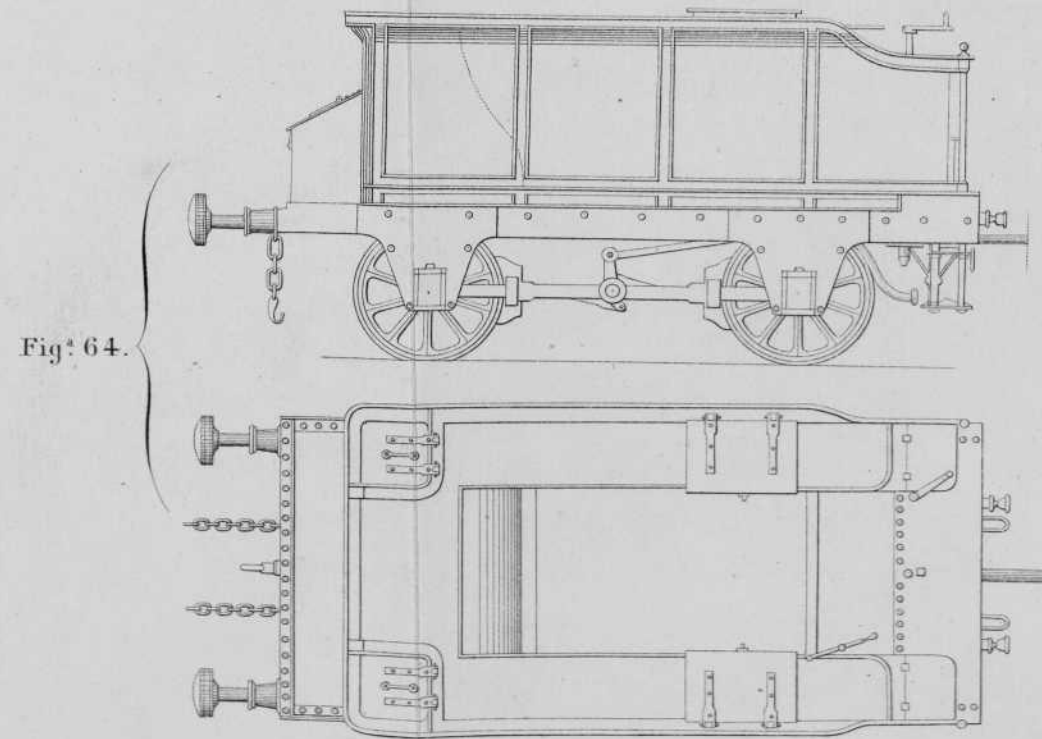
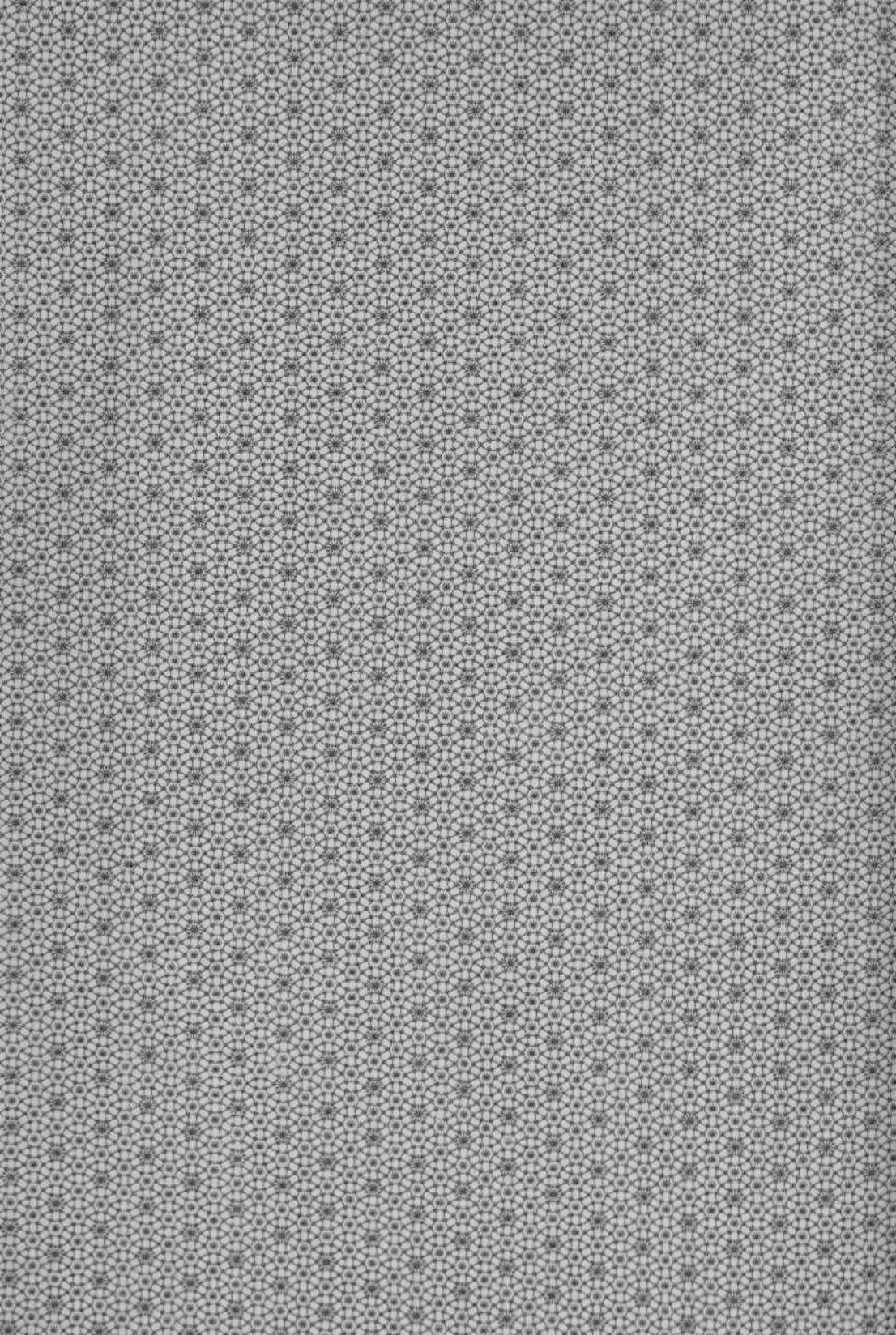
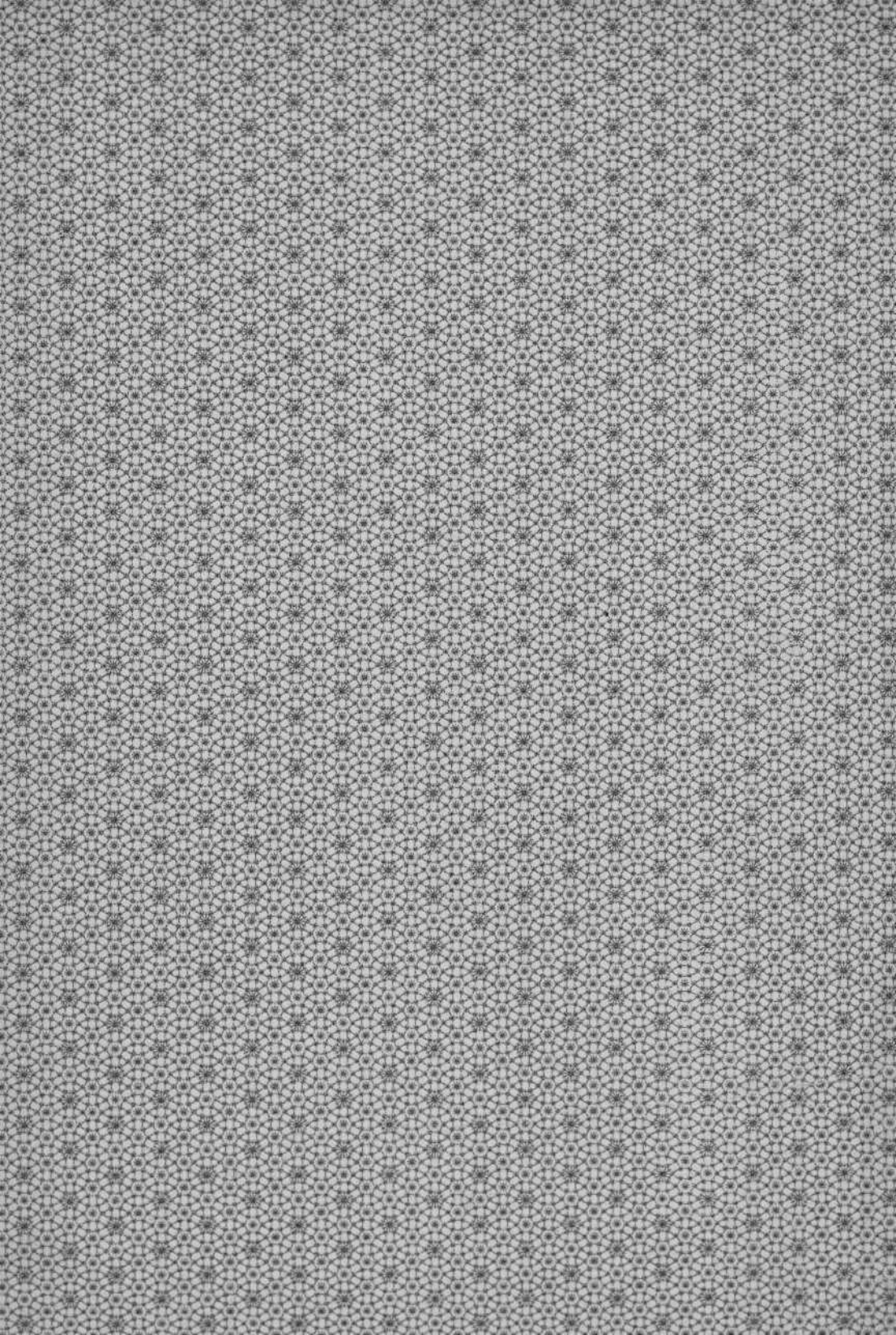
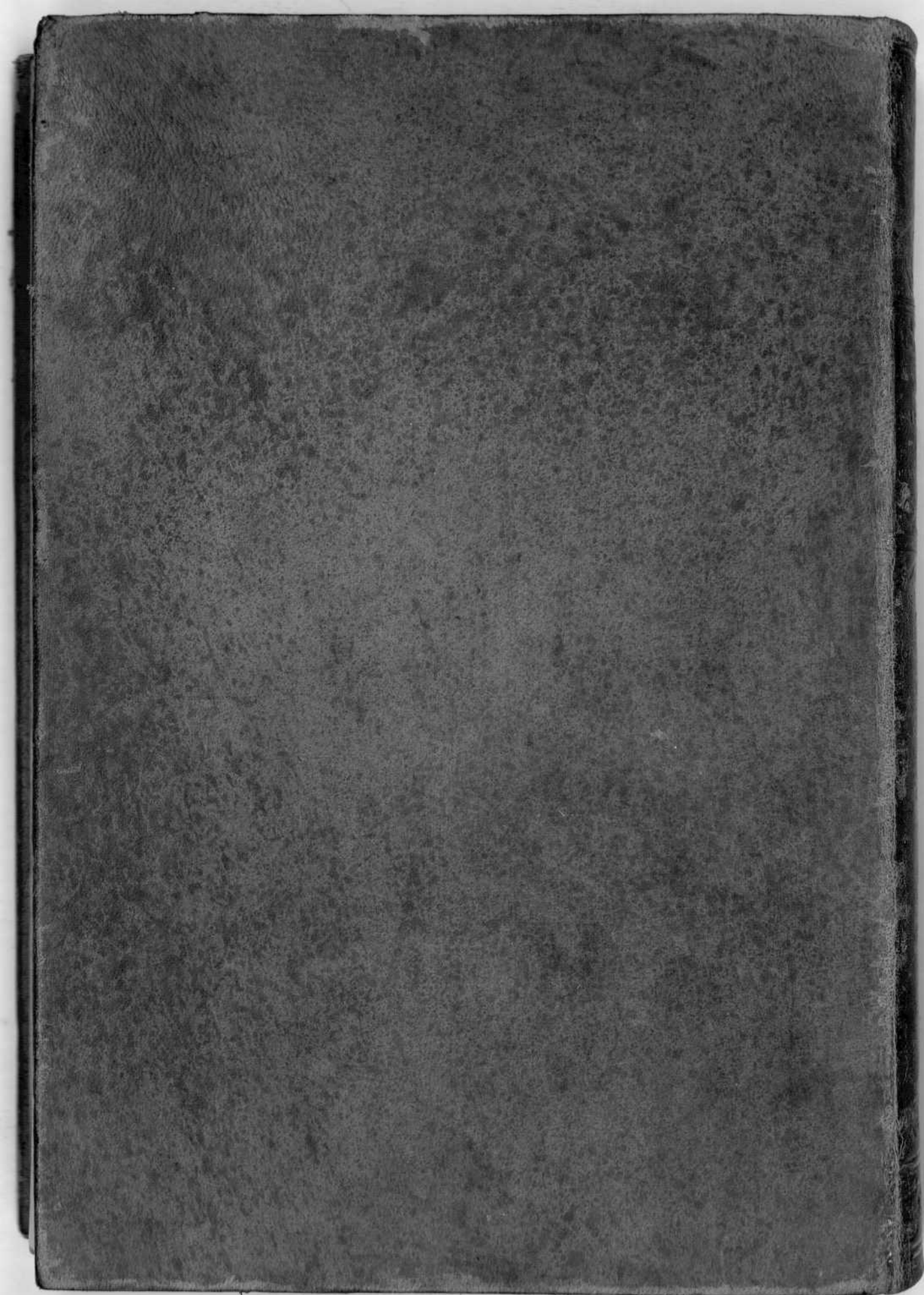


Fig.^a 64.









DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.

DE LA VEG.