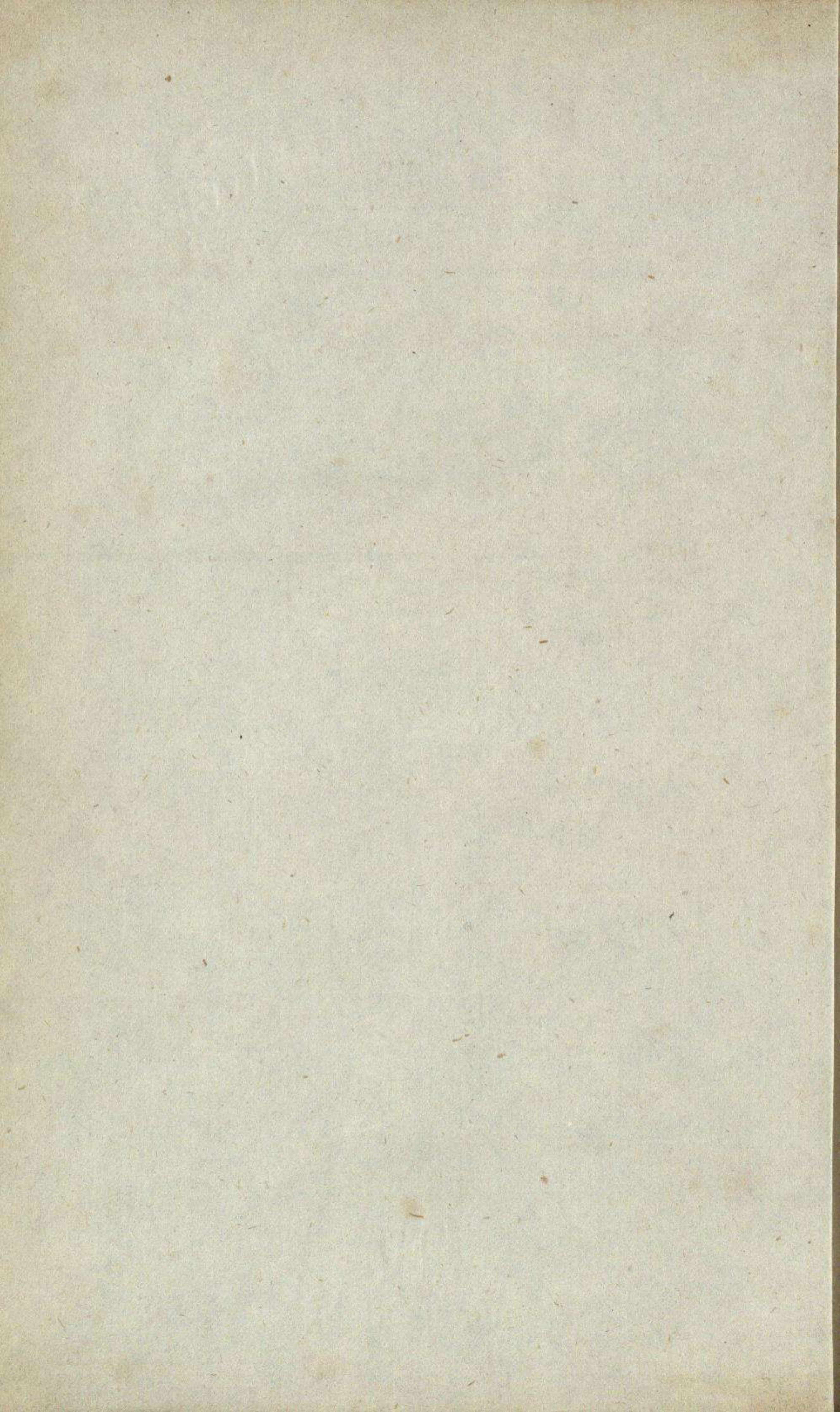
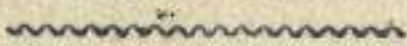


MANUAL DEL COMERCIO PRÁCTICO



MANUAL DEL CONSTRUCTOR PRÁCTICO.



VICENTE PEREZ
GUILLET
ARQUITECTO
PLAZA DE SAN FRANCISCO
N.º 10

2
7449

lit. 50135
Cd. 1067255

R. 2661

MANUAL

DEL

CONSTRUCTOR PRÁCTICO,

CONTENIENDO

LOS CONOCIMIENTOS INDISPENSABLES QUE DEBEN POSEER
LOS ENCARGADOS DE DIRIGIR Ó EJECUTAR LAS OBRAS
PÚBLICAS Ó PARTICULARES, EN LOS CASOS DE MÁS
FRECUENTE APLICACION.

por

D. J. R.

INGENIERO.



VICENTE PARRAS
ALBERTO GUILLET
ALBERTO GUILLET
FLORENCIA




MADRID.

Imprenta de Manuel Minuesa,
calle de Juanelo, núm. 19.

1869.

Esta obra es propiedad particular, y con arreglo á la ley se considerarán furtivos los ejemplares que carezcan de rúbrica y no tengan una contraseña reservada.



ADVERTENCIA.

La necesidad de que España desarrolle las obras públicas y particulares si ha de alcanzar el puesto que la corresponde entre las naciones civilizadas, es harto sentida por todos é inútil por lo tanto de encarcerarla aquí. Mas para conseguir este objeto es preciso, entre otros medios, tratar de difundir y vulgarizar los principios generales sobre que descansa el arte de la construcción.

Si bien es cierto que existen libros numerosos y de relevante mérito en los que se trata del arte de construir, también lo es que unos se concretan á una de las diversas ramas en que aquel se subdivide, otros están escritos en idiomas extranjeros que no todos conocen, y otros, por fin, son tan costosos que no están en general al alcance de la fortuna que poseen los encargados de dirigir ó ejecutar las obras en condiciones ordinarias, que por lo mismo son las de más frecuente aplicación.

Huir tanto de las elevadas investigaciones científicas que sólo en circunstancias excepcionales son de aplicación necesaria, como de la ciega rutina que no se da cuenta de lo mismo que ejecuta, tal es la idea que ha presidido á la redacción de esta obra, cuyo objeto es agrupar los conocimientos indispensables al constructor en los casos ordinarios de la aplicación, á fin de que adquiriera una práctica razonada.

Con esta mira se ha dividido en este libro el es

tudio de la construcción en cinco partes, refiriéndose las tres primeras á la esposición de los principios y reglas generales en que se funda el conocimiento ; preparacion, y empleo de los materiales que entran en las obras consideradas en general, tratando las dos restantes de la aplicación de estos mismos principios y reglas á la construcción de las obras más comunes, y de las especiales que tienen más inmediato y frecuente empleo.

El autor cree de su deber consignar en este lugar, que para la redacción de este libro ha tenido necesidad de consultar varias obras especiales, así nacionales como extranjeras; pero que no ha creído indispensable citarlas en detalle por no ser de utilidad á la mayor parte de las personas á quienes se dedica este trabajo, sin que por esto se crea que trata de apropiarse el mérito alcanzado por autores distinguidos.

En nuestro país se siente la necesidad de libros que generalicen los conocimientos principales referentes á la construcción, y si el presente puede llenar en mayor ó menor grado este vacío, ó sirve de ocasion á que personas experimentadas se ocupen de este asunto, como ha sucedido en otros países más adelantados en este concepto, el autor verá recompensado su trabajo y conseguirá el fin principal que se propuso al emprenderlo.

ÍNDICE.

<u>Num.</u>	<u>Pág.</u>	<u>Num.</u>	<u>Pág.</u>
1	1		
1 Generalidades sobre la construccion..			
PARTE PRIMERA.			
—			
CONOCIMIENTO DE LOS MATERIALES.			
2	3		
2 Division de los materia- les..			
CAPÍTULO I.			
Piedras.			
3	4		
3 Definicion y disposicion de las piedras..			
4	4		
4 Condiciones que en gene- ral deben tener las pie- dras de construccion.			
5	8		
5 Clasificacion de las pie- dras..			
ARTÍCULO I.			
<i>Piedras arcillosas.</i>			
6	9		
6 Generalidades..			
7	9		
7 Arcillas..			
8	10		
8 Arcilla plástica..			
9	10		
9 Arcilla margosa..			
10	40		
10 Esquistos..			
ARTÍCULO II.			
<i>Piedras calizas y yesosas.</i>			
11	11		
11 Piedras calizas..			
12	12		
12 Caliza sacaróide..			
13	12		
13 Caliza compacta..			
14	13		
14 Caliza terrosa..			
15	13		
15 Caliza silicea..			
16	13		
16 Piedras yesosas..			
		ARTÍCULO III.	
		<i>Piedras silíceas.</i>	
		17	14
		17 Generalidades..	
		18	15
		18 Cuarzo..	
		19	15
		19 Jaspe..	
		20	15
		20 Areniscas..	
		21	17
		21 Pizarras..	
		ARTÍCULO IV.	
		<i>Piedras compuestas.</i>	
		22	17
		22 Definicion..	
		23	17
		23 Granito..	
		ARTÍCULO V.	
		<i>Piedras desagregadas.</i>	
		24	18
		24 Su origen..	
		25	18
		25 Arenas..	
		26	49
		26 Tierras..	
		CAPÍTULO II.	
		Maderas.	
		27	20
		27 Estructura y crecimien- to de los árboles..	
		28	22
		28 Clasificacion de las ma- deras..	
		ARTÍCULO I.	
		<i>Maderas duras.</i>	
		29	23
		29 Encina..	
		30	24
		30 Castaño..	
		31	24
		31 Olmo..	
		32	24
		32 Haya..	

VIII

<u>Núm.</u>	<u>Pág.</u>
ARTÍCULO II.	
<i>Maderas resinosas.</i>	
33 Su definicion..	25
34 Pino.	25
35 Abeto	26
36 Generalidades acerca de las maderas.	26

CAPÍTULO III.

Metales.

37 Ideas generales.	28
-----------------------------	----

ARTÍCULO I.

Hierro.

38 Su division..	28
39 Hierro fundido.	29
40 Hierro forjado.	31
41 Acero.	32
42 Formas de los hierros.	33
43 Calzado y acerado de las herramientas.	34
44 Preservacion.	36

ARTÍCULO II.

Metales vários.

45 Plomo.	36
46 Zinc.	37
47 Estaño.	37
48 Soldaduras.	37

PARTE SEGUNDA.

PREPARACION DE LOS MATERIALES.

CAPÍTULO I.

Piedras.

ARTÍCULO I.

Piedras naturales.

49 Disposicion de las canteras.	39
---	----

<u>Núm.</u>	<u>Pág.</u>
50 Esplotacion..	39
51 Esplotacion á cielo abierto.	40
52 Rozas.	41
53 Barrenos.	42
54 Esplotacion en galería ó subterránea.	44
55 Desbaste.	46
56 Conduccion.	47

ARTÍCULO II.

Piedras artificiales.

57 Generalidades.	48
58 Ladrillos.	48
59 Fabricacion del ladrillo.	48
60 Eleccion de la tierra.	48
61 Preparacion.	49
62 Moldeado.	50
63 Máquina de amasar.	51
64 Máquina de moldear.	52
65 Deseccacion.	53
66 Coccion.	54
67 Hornos ordinarios.	54
68 Situacion y dimensiones de los hornos.	56
69 Generalidades acerca de los ladrillos.	57
70 Cualidades del buen ladrillo.	58
71 Adobes, tejas, baldosas, etc.	58

ARTÍCULO III.

Morteros y hormigones.

72 Generalidades sobre los morteros.	60
73 Clasificacion.	60
74 Cal.—Coccion de las calizas.	61
75 Propiedades y clasificacion de las calizas.	62
76 Cemento.	64
77 Arenas.	64
78 Puzolanas.	65
79 Agua.	65
80 Gales hidráulicas artifi-	

<u>Núm.</u>	<u>Pág.</u>	<u>Núm.</u>	<u>Pág.</u>
		107 Sillarejo.	91
		108 Mampostería.	91
		109 Hormigon.	92
		110 Ladrillo.	92
		111 Tapial	93
		112 Entramado	93
		113 Mistás.	94
ARTÍCULO II.			
<i>Ejecucion de las fábricas.</i>			
		114 Útiles y herramientas.	96
		115 Sillería.	97
		116 Sillarejo.	99
		117 Mampostería.	100
		118 Hormigon.	101
		119 Ladrillo.	103
		120 Tapial.	104
		121 Entramado.	106
		122 Mistás.	108
		123 Retundido y rejuntado.	110
		124 Revoques y enlucidos.	111
		125 Estucado.	112
		126 Observaciones generales.	113
PARTE CUARTA.			
—			
CONSTRUCCION DE LAS OBRAS MÁS USUALES.			
CAPÍTULO I.			
Fundaciones en general.			
ARTÍCULO I.			
<i>Naturaleza del terreno.</i>			
		127 Condiciones que debe tener el suelo.	117
		128 Incompresible.	118
		129 Insocavable.	120
		130 Impermeable.	120
ARTÍCULO II.			
<i>Reconocimiento del terreno.</i>			
		131 Diversas clases de reco-	
ciales.	66		
81 Fabricacion de los morteros.—Morteros de cal.	67		
82 Apagado de la cal.	67		
83 Condiciones del buen apagado.	68		
84 Cribado.	69		
85 Proporción de las materias.	69		
86 Mezcla de las materias.	72		
87 Mezcla á brazo.	72		
88 Mezcla con máquina.	73		
89 Mezclas particulares.	75		
90 Morteros de yeso.	76		
91 Coccion de las piedras yesosas.	76		
92 Cualidades del yeso.	77		
93 Morteros de arcilla.	78		
94 Hormigones.	78		
95 Mezcla de las materias.	79		
96 Betunes.	81		
CAPÍTULO II.			
Maderas.			
		97 Generalidades.	82
		98 Esplotacion.	82
		99 Corta	83
		100 Desbaste.	83
		101 Marco de maderas.	84
		102 Conduccion.	85
		103 Almacenaje.	86
		104 Preservacion.	87
PARTE TERCERA.			
—			
EMPLEO DE LOS MATERIALES EN LAS DIVERSAS CLASES DE FÁBRICA.			
CAPÍTULO I.			
Fábricas en general.			
ARTÍCULO I.			
<i>Naturaleza de las fábricas.</i>			
		105 Generalidades.	89
		106 Sillería.	89

<u>Núm.</u>	<u>Pág.</u>
nocimientos.	121
132 Sondeos.	122
133 Descripción y uso de las sondas.—Sonda de Pallissy.	122
134 Sonda de Degoussée.	123
135 Precauciones que deben tomarse en los sondeos.	126
136 Prescripciones generales.	128

ARTÍCULO III.

Diversas clases de fundaciones.

137 División de las fundaciones.	129
138 Fundaciones sobre terreno natural.	131
139 Construcciones ordinarias.	131
140 Construcciones sobre arena.	134
141 Construcciones hidráulicas.	135
142 Fundaciones sobre pilotes.	136
143 Construcciones ordinarias.	138
144 Construcciones hidráulicas.	138
145 Fundaciones sobre mal terreno.	141
146 Construcciones ordinarias.	141
147 Construcciones hidráulicas.	144
148 Fundaciones sobre terreno variado.	145

CAPÍTULO II.

Trabajos preliminares á la ejecución de las fundaciones.

149 Generalidades.	146
----------------------------	-----

ARTÍCULO I.

Ataguías.

150 División de las ataguías.	147
---------------------------------------	-----

<u>Núm.</u>	<u>Pág.</u>
151 Ataguías de recinto.	147
152 Ataguías de tierra perdida.	147
153 Ataguías de simple pared.	148
154 Ataguías de doble pared.	149
155 Ataguías de fondo.	151

ARTÍCULO II.

Agotamientos.

156 Clasificación.	153
157 Agotamientos á brazo.	153
158 Agotamientos con máquina.	154
159 Bombas de Letestu.	154
160 Medios de aislar y sofocar los manantiales.	156

ARTÍCULO III.

Dragado y preparacion del fondo.

161 Preliminares.	158
162 Dragas de brazo.	158
163 Máquinas de dragar.	159
164 Prescripciones generales.	160
165 Preparacion del fondo.	161
166 Aparatos de bucear.—Escafandra.	162
167 Prescripciones generales.	164

CAPÍTULO III.

Ejecucion de las fundaciones.

168 Preliminares.	165
---------------------------	-----

ARTÍCULO I.

Pilotajes.

169 Pilotajes de madera.	166
170 Pilotes.	166
171 Hincas de los pilotes.	168
172 Martinetes de brazo.	169

<u>Núm.</u>	<u>Pág.</u>
173	Martinetes de escape. . . 169
174	Prescripciones acerca de la hinca. 170
175	Arranque y aserrado de los pilotes. 173
176	Anotaciones. 175
177	Pilotajes de hierro. . . . 177
178	Pilotes. 177
179	Hinca de los pilotes. . . . 177

ARTÍCULO II.

Tablestacados.

180	Tablestacas. 179
181	Hinca y aserrado. 180
182	Tablestacado de hierro. . . 182

ARTÍCULO III.

Emparrillados y plataformas.

183	Emparrillados. 183
184	Plataformas. 185
185	Generalidades. 186

ARTÍCULO IV.

Cajones sin fondo.

186	Preliminares. 187
187	Cajones clavados. 187
188	Cajones apoyados. 187
189	Cajones de hierro. 188

ARTÍCULO V.

Inmersión del hormigón y formación de las escolleras.

190	Inmersión del hormigón. . . 188
191	Cajas. 189
192	Tolvas. 190
193	Marcha de las operaciones. 190
194	Formación de las escolleras. 192

<u>Núm.</u>	<u>Pág.</u>
-------------	-------------

CAPÍTULO IV.

Apoyos aislados y muros.

ARTÍCULO I.

Apoyos aislados.

195	Preliminares. 194
196	Apoyos de fábrica. 194
197	Apoyos de madera. 196
198	Apoyos de hierro. 196

ARTÍCULO II.

Muros.

199	Definición y clasificación de los muros. 198
200	Replanteo. 199
201	Clase de fábrica. 201
202	Ejecución de los muros. . . 202

ARTÍCULO III.

Aparatos y medios auxiliares.

203	Andamios. 206
204	Establecimiento y demolición de los andamios. 206
205	Aparatos para subir los materiales. 209
206	Pescante. 209
207	Gruas móviles. 210
208	Tornos. 211
209	Gruas con doble movimiento. 212
210	Embragado de los materiales. 213

CAPÍTULO V.

Bóvedas.

ARTÍCULO I.

Preliminares.

211	Definición y clasificación
-----	----------------------------

<u>Núm.</u>	<u>Pág.</u>
	de las bóvedas. 214
212	Montea. 216

ARTÍCULO II.

Cimbras.

213	Objeto de las cimbras 220
214	Cimbras de tierra ó piedra. 220
215	Cimbras de ladrillo. 221
216	Cimbras de madera. 222
217	Construcción de las cimbras. 225
218	Colocación de las cimbras. 227

ARTÍCULO III.

Ejecucion de la fábrica de las bóvedas.

219	Preliminares. 228
220	Bóvedas de sillería. 228
221	Bóvedas de materiales pequeños. 232
222	Bóvedas de ladrillo. 233
223	Bóvedas de mampostería hidráulica. 234
224	Bóvedas de hormigon. 235
225	Bóvedas tabicadas. 236
226	Bóvedas oblicuas. 237
227	Desagües. 242
228	Generalidades sobre la construcción de las bóvedas. 243

ARTÍCULO IV.

Descimbramiento y trabajos complementarios.

229	Generalidades sobre el descimbramiento. 244
230	Tacos y postes. 245
231	Dobles cuñas. 245
232	Cuñas con redientes. 246
233	Sacos de arena. 247
234	Cilindros de palastro. 248
235	Roscas. 249
236	Trabajos complementarios.—Contraroscas. 250

<u>Núm.</u>	<u>Pág.</u>
-------------	-------------

PARTE QUINTA.

CONSTRUCCION DE OBRAS ESPECIALES.

CAPÍTULO I.

Puentes.

237	Definición y división. 253
-----	------------------------------------

ARTÍCULO I.

Puentes de fábrica.

238	Descripción de sus partes principales. 255
239	Pilas. 255
240	Estribos. 257
241	Arcos. 258
242	Trazado de los arcos. 259
243	Generalidades sobre los arcos. 264
244	Timpanos, impostas y pretilos. 265
245	Replanteo. 266
246	Detalles de construcción. 267
247	Puentes de servicio. 270

ARTÍCULO II.

Puentes de madera.

248	Preliminares. 271
249	Disposición general. 271
250	Pilas y estribos de fábrica. 272
251	Palizadas. 273
252	Estribos. 276
253	Tramos. 277
254	Piso. 279
255	Barandillas. 281
256	Aceras. 282
257	Generalidades. 283
258	Puentes provisionales. 284

ARTÍCULO III.

Pontones, alcantarillas y tajeas.

259	Preliminares. 285
-----	---------------------------

<u>Núm.</u>	<u>Pág.</u>
260 Pontones.	285
261 Alcantarillas.	286
262 Tageas.	287
263 Generalidades.	289

ARTÍCULO IV.

Obras accesorias de los puentes.

264 Objeto de estas obras.. .	290
265 Zampeados..	290
266 Zampeados de fábrica. .	291
267 Zampeados de faginas. .	292
268 Defensa de las márgenes.	296

ARTÍCULO V.

Organizacion de los trabajos.

269 Generalidades.	298
270 Situacion y estension de los talleres.	299
271 Distribucion y cerramiento..	300
272 Datos para establecer los talleres.	301
273 Personal.	304
274 Notas y apuntaciones que deben tomarse en las obras.	306

CAPÍTULO II.

Obras varias.

ARTÍCULO I.

Suelos.

275 Objeto de los suelos. . .	308
276 Suelos de madera.—Entramados.	308
277 Forjado..	310
278 Solado.	311
279 Suelos de hierro.—Disposicion general.. . . .	312

<u>Núm.</u>	<u>Pág.</u>
280 Generalidades acerca de los suelos de madera y hierro..	314

ARTÍCULO II.

Escaleras.

281 Objeto de las escaleras.	315
282 Disposiciones usuales. .	315
283 Dimensiones y formas de los peldaños..	316

ARTÍCULO III.

Cubiertas.

284 Objeto y disposicion general de las cubiertas.	318
285 Armaduras..	319
286 Tejados y terrados.. . .	322

ARTÍCULO IV.

Conservacion y reparacion de las obras.

287 Ideas generales.	324
288 Muros.	325
289 Bóvedas.	329
290 Obras de madera.. . . .	330
291 Tejados..	331

APÉNDICE I.

DIMENSIONES DE LAS OBRAS.

292 Consideraciones generales..	332
293 Apoyos aislados.	332
294 Muros..	334
295 Muros aislados..	337
296 Muros de cerramiento. .	338
297 Muros de edificios formados por cuatro paredes cubiertas con un	

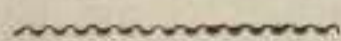
<u>Núm.</u>	<u>Pág.</u>
tejado.	338
298 Muros de casas.	338
299 Bóvedas.—Espesor en la clave.	339
300 Trazado de la curva de trasdós.	340
301 Espesor de los estribos.	341
302 Espesor de las pilas.	342
303 Puentes de fábrica.	342
304 Obras de madera.	344

APÉNDICE II.

—

<u>Núm.</u>	<u>Pág.</u>
TIEMPO INVERTIDO EN LA EJECUCION DE DIVERSOS TRABAJOS RELATIVOS Á LA CONSTRUCCION.	
Cales, morteros y hormigones.	350
Diversas clases de fábrica.	351

ERRATAS PRINCIPALES.

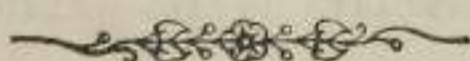


Página.	Línea.	Dice.	Debe decir.
61	15	de 0 ^m 10 á 0 ^m 20...	de 0 ^m 05 á 0 ^m 10
70	14	entran en la.....	entran en su
73	26	el mortero.....	al mortero
80	23	tablones.....	tableros
145	35	rebelaria.....	revelaria
174	23	de los brazos.....	de los buzos
213	24	puedan.....	pueda
223	25	podia	podria
229	18	de dovelas.....	de las dovelas
325	31	<i>a a</i>	<i>a a</i> (fig. 280)
337	2	muro seco.....	muro en seco
340	19	<i>O'</i>	<i>O</i>
340	19	<i>O'C</i>	<i>OC</i>
340	20	<i>OA</i>	<i>O'A'</i>
340	21	<i>CC' = O'B</i>	<i>CC' = OB</i> .

MANUAL

DEL

CONSTRUCTOR PRÁCTICO.

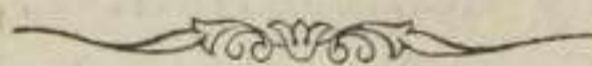


1. GENERALIDADES SOBRE LA CONSTRUCCION.—El objeto de la construccion es conocer, preparar y unir los materiales, convenientemente elegidos, que presenta la naturaleza, ó que obtiene la industria, de tal modo, que se pueda realizar con ellos una obra sólida, útil, bella y económica.

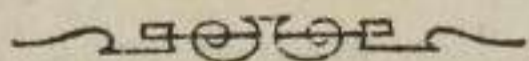
De la definicion anterior se deduce que para hacer un estudio ordenado de este arte, será conveniente dividirlo en tres partes, que son: 1.^a *Conocimiento de los materiales*; 2.^a *preparacion de los mismos*; y 3.^a *su empleo ó colocacion en la obra*. Además será útil presentar algunos casos ó ejemplos en que se apliquen los principios establecidos en las tres partes anteriores, detallando la *construccion de las obras más comunes*, y de las *especiales* que con más frecuencia ocurren en la práctica.

Este será, por lo tanto, el orden de esposicion de las materias contenidas en este libro.

Fácil es apreciar, por lo que se lleva dicho, el estenso campo que abraza cada una de estas partes si se hubieran de estudiar en toda su latitud, y los numerosos ejemplos de aplicación que con este objeto podrían presentarse; pero será preciso limitarse en estas páginas á reseñar los conocimientos que son indispensables al constructor de una obra pública ó particular, en las circunstancias ordinarias y de aplicación más frecuente, para que pueda realizarla con las mejores condiciones posibles en cada caso, adquiriendo de esta manera la base y fundamento para alcanzar más tarde una práctica razonada, que nunca pueda degenerar en rutinaria.



PARTE PRIMERA.



CONOCIMIENTO DE LOS MATERIALES.

2. Para que las construcciones llenen por completo el objeto á que se las destina, es necesario empezar por conocer la naturaleza de los materiales que las forman, para poder elegir en cada caso el que más convenga de los que se puedan obtener, segun sea la importancia, objeto y demás condiciones de la obra.

Todos los materiales empleados en la construccion pueden reducirse á tres clases principales, que son: *pie-dras, maderas y metales*; los cuales se usan aisladamente, ó reunidos, y en el estado en que los presenta la naturaleza, ó preparados de antemano.

Desde luego se comprende que el estudio detenido de todas las cualidades de estos materiales; de sus condiciones de yacimiento en la costa terrestre; de su agregacion ó crecimiento, etc., nos llevaria demasiado léjos, siendo por lo tanto indispensable concretarse á hacer indicaciones generales acerca de su composicion é importancia en las aplicaciones, y á enumerar los principales caractéres distintivos de cada especie.

CAPÍTULO I.

PIEDRAS.

3. Bajo esta denominacion, ó con la de *rocas*, comprenderemos no sólo las sustancias que por su dureza y resistencia han recibido vulgarmente este nombre, sino tambien de las que provienen de su descomposicion, y poseen cierta tenacidad, adherencia ó dureza que las hace susceptibles de aplicarse á las construcciones, y se llaman ordinariamente tierras ó arenas.

Estos materiales se presentan unas veces en grandes *masas* compactas sin subdivisiones de ninguna clase, ó atravesadas por grietas irregulares, y otras en estensos *bancos*, en cuyo caso forman capas sobrepuestas ó estratificadas de espesor variable y en posicion próximamente paralela. Las primeras ofrecen generalmente una estructura cristalina ó compacta, ocasionada por el intenso calor central de la tierra, y en las segundas suele ser granuda, fibrosa ó laminar, segun sean las sustancias que entran en la composicion y el calor más ó ménos activo ó la presion que hayan experimentado.

4. **Condiciones que en general deben tener las piedras de construccion.**—Bajo el punto de vista práctico se dividen las piedras en dos clases: *duras* y *blandas*. Para que unas y otras posean las buenas cualidades necesarias á su empleo en la construccion, deberán aparecer en la naturaleza en masas bastante grandes y abundantes para que sean explotables; poseer una dureza y cohesion suficientes para resistir á las presiones y choques que tengan que experimentar, y no alterarse por las acciones exteriores y agentes atmosféricos. Pocas pie-

dras reúnen simultáneamente estas condiciones; pero al ménos deberán llenar las más importantes en cada caso particular, para lo que puede servir de guía al constructor el exámen de las obras en que se haya empleado la misma clase de piedra que piensa utilizar, averiguando su antigüedad, los esfuerzos y acciones exteriores que han sufrido y el estado de su conservacion. Si esto no fuera posible, ó la cantera de donde se ha de sacar el material no hubiera sido nunca explotada, hay que proceder á esperiencias directas: 1.º con el objeto de apreciar su dureza, estructura y fractura; 2.º para conocer las condiciones de su resistencia; y 3.º para juzgar el efecto que las acciones atmosféricas más enérgicas pueden causar, desagregando ó destruyendo la resistencia de la piedra.

La dureza ó la cohesion de las moléculas de un cuerpo se mide por la mayor ó menor resistencia que opone al esfuerzo que se hace para rayarle con una punta de acero ó con las partes agudas de otro cuerpo cualquiera. La estructura es el carácter que resulta de la disposicion de las partes constitutivas de un cuerpo en el interior de su masa, y puede ser homogénea ó sin ninguna distincion perceptible de un punto á otro, ó bien compuesta de partes distintas que estén unidas entre sí por la agregacion. Se entiende por fractura el aspecto que en general ofrece la nueva superficie de un cuerpo producida al desprender una parte de él por la percusion, la cual puede aparecer más ó ménos curva, laminar, astillosa, etc.

Estas propiedades sirven para conocer, aunque sólo sea aproximadamente, las dificultades que ofrecerá la explotacion y labra de la piedra que se trata de emplear.

La resistencia de un material se conoce reduciéndole á la forma de cubo geométrico, cuyas aristas tienen usualmente de 0^m 05 á 0^m 10, y sometiéndole con ciertas precauciones á la accion de pesos conocidos, que se van aumentando hasta ocasionar la rotura del ejem-

plar. Para conseguirlo se coloca éste sobre una base incompresible (fig. 1, lám. I) y por la parte superior sirve de apoyo á una palanca empotrada por uno de sus extremos en un fuerte muro, la cual puede girar alrededor del eje ó pasador O , y en el platillo que pende del otro extremo A se colocan los pesos.

Haciendo abstraccion de los rozamientos y otras causas de error, y llamando P los pesos del platillo y de la carga que se coloca en él; p el peso por unidad de longitud de la palanca, y P' la presión que actúa sobre el cubo C , tendremos en el caso de equilibrio

$$P' \times OC = P \times OA + p \times OA \times \frac{OA}{2}; \text{ de donde}$$

$$P' = \frac{OA}{OC} \left(P + p \frac{OA}{2} \right).$$

Este valor del P' cuando el ejemplar empieza á romperse, nos da la presión total que ha experimentado, la que dividida por la superficie de la cara, espresa la resistencia que por unidad superficial y para la compresión tiene el material ensayado.

Hay otras máquinas más perfeccionadas para este mismo objeto, pero en cuyo exámen nos es imposible entrar.

La acción atmosférica más destructiva para los materiales de construcción es la del hielo. Sabido es que al solidificarse el agua aumenta de volúmen, y como hay varias piedras que tienen la facultad de absorber y condensar el vapor de agua que existe en la atmósfera, ó bien que contienen dicho líquido á mayor ó menor distancia de sus caras, sucede que los grandes frios congelan el agua desarrollando una fuerza de expansión inmensa, lo que origina desagregaciones y desprendimientos de fragmentos y láminas de más ó ménos espesor, ó bien altera-

ciones que, aun no siendo visibles, perjudican no obstante á la solidez y resistencia del material. Estas piedras reciben el nombre de *heladizas*.

Para comprobar este defecto se labran con esmero uno ó más ejemplares en forma de cubos con aristas de unos 0^m 05; despues se disuelve en una cantidad proporcionada de agua y *en frio* todo el volúmen posible de una sal llamada sulfato de sosa y vulgarmente *sal de Glaubero*, y se conoce que esto tiene lugar cuando queda algo de sal en el fondo del vaso. Esta agua, cargada de sulfato, se hace que hierva bien y se sumergen en ella los ejemplares que se van á ensayar, los cuales siguen al fuego é hirviendo media hora justa: se sacan despues y se los suspende en el aire por medio de hilos, colocando debajo de cada ejemplar un vaso con la disolucion en la que han hervido, pero ya reposada, fria y sin posos en el fondo. Al cabo de 24 horas las piedras se cubren de una cristalización en forma de agujas blancas y salinas, que produce el mismo efecto que la congelacion del agua, y entónces se sumergen en el vaso que tienen debajo para quitar estas primeras eflorescencias, y despues se vuelven á sacar para repetir esta operacion cada vez que se vean bien formadas las agujas.

Si la piedra ensayada no es heladiza, al desprender las eflorescencias no arrastrarán consigo, ni se verán en el fondo del vaso granos, hojuelas ni fragmentos. Si por el contrario lo fuera, se notará que al desprender las sales que se forman, llevan consigo fragmentos más ó ménos grandes de la piedra; el cubo pierde sus ángulos y aristas vivas, y por último se observa en el fondo del vaso el depósito de todas las materias arrastradas. Estas experiencias deben proseguirse durante cuatro ó cinco dias, al cabo de los que se ha hecho experimentar á la piedra ensayada efectos análogos á los de las heladas fuertes.

Se ha observado que por regla general las piedras de

una misma especie que son más densas y de color más oscuro suelen ser las más resistentes; que golpeadas con un martillo es mayor su resistencia á medida que el sonido es más claro y vibrante; y por último, que si mojada una piedra absorbe con rapidez el agua, es poco á propósito para resistir la humedad.

5. **Clasificación de las piedras.**—Entre las numerosas clases de piedras que presenta la naturaleza, nos limitaremos á examinar las que tienen más aplicación en nuestro país, reseñando únicamente los caracteres más perceptibles, sin entrar en los que exigen conocimientos especiales que no son de este lugar. Pero ántes de comenzar este exámen debe advertirse que las sustancias que caracterizan á cada clase, no se encuentran por regla general perfectamente puras en la naturaleza, y sí mezcladas con otras, que segun su preponderancia alteran las propiedades de la roca primitiva, ó llegan á convertirla en otra de especie distinta. Estos tránsitos y alteraciones son frecuentes, y á veces una misma roca recibe distintos nombres en puntos algo distantes de su masa, segun varían la naturaleza ó cantidad de las materias extrañas con que esté mezclada.

La clasificación de las piedras bajo el punto de vista que aquí las consideramos, es bastante arbitraria y vária con las diversas propiedades en que se funda; por esta causa nos limitaremos á dividir las en

PIEDRAS ...	}	ARCILLOSAS.....	Arcillas, esquistos.
		CALIZAS.....	Sacaroides, compactas, terrosas.
		YESOSAS.....	Yesos.
		SILÍCEAS.....	Cuarzos, areniscas, pizarras.
		COMPUESTAS.....	Granitos.
		DESAGREDADAS.....	Arenas, tierras.

ARTÍCULO I.

PIEDRAS ARCILLOSAS.

6. En general ofrecen en su estado natural poca dureza y resistencia para emplearlas desde luego como material de construcción; pero preparadas convenientemente pueden llenar muy bien este objeto. Muchas veces se encuentran mezcladas con la cal, hierro y otros varios cuerpos que modifican las propiedades características de las piedras arcillosas. Estas no dan chispas con el eslabon, son suaves al tacto, y suelen estar formadas por láminas sobrepuestas que presentan cierta adherencia mútua, aunque sin embargo se las separa con facilidad.

7. **Arcillas.**—Las arcillas son muy abundantes en la naturaleza, y se encuentran ordinariamente formando masas aisladas, ó bancos recubiertos unas veces con arenas ó calizas, y llegando otras hasta la superficie. El color de la arcilla es muy variable cambiando desde el blanco hasta el gris, azul, rojo, etc., y goza de la propiedad de hacerse untuosa al tacto y de adquirir cierta plasticidad y ductilidad. Cuando está seca se adhiere á los labios, y despide un olor particular echándola el aliento. Si despues de estraída de la cantera se espone la arcilla al aire, se seca, contrae y agrieta, perdiendo $\frac{1}{6}$ de su peso próximamente.

Despues de humedecer esta sustancia se hace correosa é impermeable, y con el agua forma una pasta resistente; pero pierde estas propiedades esponiéndola á un calor rojo, y se endurece hasta el punto de dar chispas con el eslabon. La accion del calor no sólo disminuye el volúmen y la densidad de la arcilla, sino que aumenta la intensidad de su color natural cuando esto proviene de cuerpos metálicos; y si es debido á materias vegetales

ocasiona una decoloracion. Su peso específico cuando está seca es de 1,70 término medio.

Entre las arcillas empleadas en la construccion citaremos:

8. La *arcilla plástica*, que es compacta y algo untuosa al tacto, desmoronadiza y aun casi suelta cuando seca; adquiere cierto pulimento frotándola con los dedos; forma con el agua una pasta ductíl, y adquiere espuesta al fuego una gran dureza. Estas arcillas se encuentran en bancos, capas y masas de testura terrosa, y á veces compacta ó pizarrosa; y se emplean principalmente en la confeccion de ladrillos y morteros refractarios, para lo cual deben tener muy poco hierro, así como tambien en la construccion de diques y ataguías.

9. La *arcilla margosa* está unida á cantidades variables de cal y puede desleirse en el agua con más ó ménos facilidad sin formar verdadera pasta, presentándose ordinariamente muy deleznable y algunas veces en estado pulverulento. Se la emplea en la fabricacion de los morteros destinados á obras provisionales ó poco esmeradas, y algunas veces en la de los ladrillos, tejas y otras especies de piedras artificiales, si bien para este objeto es preferible la arcilla plástica.

Entre estas dos especies de arcillas, que pueden considerarse como límites, hay otras muchas cuyos caracteres participan más ó ménos de las propiedades enunciadas, á medida que las sustancias componentes se acerquen á las que constituyen cada una de las especies de que nos hemos ocupado.

10. **Esquistos.**—Reciben en general este nombre várias clases de piedras; pero sólo nos ocuparemos de las que están formadas principalmente por las arcillas.

Se distinguen por su aspecto terroso ó satinado; por su divisibilidad unas veces en láminas ú hojuelas, otras en lajas de espesor variable, y otras, en fin, en forma

irregular, y por su poca dureza, que permite rayarlas con una punta de acero y hasta de cobre. Puede decirse que ordinariamente los esquistos arcillosos no son mas que arcillas influidas por el calor central de la tierra, y que han perdido por esta causa la propiedad de desleirse en el agua. La dureza que este efecto ocasiona es muy variable, existiendo algunas especies que, espuestas al aire, se destruyen con suma rapidez, al paso que otras resisten bien. Por esta razon es preciso someter esta clase de materiales á pruebas repetidas y cerciorarse de sus buenas propiedades ántes de emplearlos en las construcciones, donde tienen por regla general poco uso.

Ordinariamente se encuentran mezcladas con estos esquistos partes casi imperceptibles de otros cuerpos, los que si llegan á predominar ó constituyen por sí solos la roca, adquiere ésta propiedades ó denominaciones diferentes, segun los casos, como se indicará al tratar de las pizarras.

ARTÍCULO II.

PIEDRAS CALIZAS Y YESOSAS.

11. **Piedras calizas.**—Estas piedras forman masas inmensas en la costra terrestre y es el material que más se emplea en las construcciones, tanto en su estado natural, como convertido en *cal* por medio de una fuerte calcinacion ó coccion.

Las calizas no dan chispas con el eslabon y se dejan rayar por el acero, el vidrio, el cuarzo, etc.: producen efervescencia cuando se las vierte encima y en frio ciertos líquidos ácidos, como sucede con el *sulfúrico*, llamado vulgarmente aceite de vitriolo. Su peso específico varía de 2,50 á 2,90. Ordinariamente acompañan á estas rocas otras sustancias que modifican su primitivo color blanco en amarillento, azulado, rojo, verdoso y hasta negro.

Aunque esta clase de rocas comprende muchas especies, nos limitaremos á examinar las que más interés presentan para el constructor.

12. La *caliza sacaroide*, conocida usualmente con el nombre de *mármol* (1), es muy dura y tenaz; presenta en su fractura una porcion de puntos brillantes como en el azúcar, de donde proviene su nombre; es muy susceptible, de un bello *pulimento* y tiene una testura cristalina ó laminar. Cuando está perfectamente pura, es de un blanco brillante, traslúcida en los bordes, y se llama *mármol blanco*; pero generalmente se presenta teñida con vários colores, ó con vetas más ó ménos intensas, recibiendo en cada caso nombres particulares, y se emplea con preferencia en la escultura y arquitectura.

13. La *caliza compacta* tiene un grano más fino que la precedente, presenta un aspecto homogéneo y su fractura es unas veces lisa y conchoide, y otras astillosa, segun aumenta su dureza. Comunmente está visible el grano que la constituye, y hasta presenta algunas veces un aspecto terroso, por más que su testura sea siempre compacta. Esta caliza, que suele ser completamente opaca, es la más abundante en la naturaleza y muchas veces se encuentra mezclada con otros cuerpos, dotándola de la propiedad de proporcionar cales hidráulicas, como veremos más adelante.

La caliza compacta proporciona gran variedad de mármoles abigarrados; pero generalmente gozan de ménos estimacion que los de testura cristalina, por su menor dureza y pulimento. Las denominaciones de estos mármoles varían con los diversos colores que presentan;

(1) Aunque los constructores comprenden de ordinario con el nombre de mármol todas las piedras susceptibles de adquirir un pulimento fino, no se aplica esta denominacion mas que á las calizas de testura cristalina ó compacta que se puedan pulimentar.

mas este estudio no debe ser objeto de exámen por nuestra parte. Esta caliza da inmensa cantidad y excelentes materiales de construccion, de empedrados, afirmados, etc., en forma de sillares, sillarejos, mampuestos, piedra partida y cal; pero como hemos dicho que á veces contiene cierta cantidad de arcilla (en cuyo caso recibe el nombre de *caliza margosa* si la arcilla es abundante), puede desagregarse fácilmente por los agentes atmosféricos, y es preciso asegurarse de sus cualidades ántes de emplearla en las construcciones.

14. La *caliza terrosa* presenta una testura térrea, de grano grueso y á veces flojo, con una fractura escabrosa y un color amarillento pálido y sucio. Suelen estar aparentes los restos de las conchas que han entrado en su formacion, y hasta algunas especies vegetales; es completamente opaca y no adquiere pulimento. Cuando llena las condiciones de dureza, inalterabilidad, etc., se la emplea en las construcciones, como se ve en París, donde la generalidad de los edificios están levantados con este material.

15. La *caliza silíceá*, en la que entra cierta cantidad de cuarzo ó sílice, es tanto más dura y compacta cuanto más abunda la última sustancia, la que, si llega á dominar, hace que la piedra dé chispas con el eslabon y sea á veces susceptible de adquirir pulimento. La mezcla de estas dos sustancias es tan íntima, que no se las puede distinguir. Esta caliza proporciona, por regla general, muy buenos materiales de construccion.

Hay una porcion de variedades en las calizas, originadas, ya por las sustancias estrañas con que están mezcladas, ya por el diferente modo de agregacion, las cuales tienen ménos importancia en la construccion que las anteriores, y en cuyo exámen no entramos, porque nos llevaria demasiado léjos.

16. **Piedras yesosas.** — Estas piedras presentan

poca dureza, puesto que se las raya fácilmente con la uña; y sometidas á un fuego intenso se desagregan reduciéndose á polvo y desprendiendo el agua que contienen. Se encuentran alternando con las arcillas y afectan una testura compacta, granuda, laminar ó fibrosa, con un peso específico que varía entre 2,26 y 2,30. No se emplean en la construcción por su poca dureza y su alterabilidad á las acciones atmosféricas, pero convenientemente calcinadas proporcionan el *yeso*.

Entre las muchas variedades que se conocen, la más importante en la construcción es el *yeso sacaróide*, que se encuentra en masas ó capas muy estensas; es difícil de romper y conserva la impresión del martillo cuando se le golpea. Su fractura es un poco desigual; algunas veces astillosa, sembrada de pequeños puntos brillantes; y hay casos en que se observa una agregación de pequeñas masas laminares y hasta cristalinas que se cruzan en todos sentidos. Cuando su color es blanco de nieve, recibe el nombre de *alabastro yesoso*, con el que se hacen algunos objetos de decoración interior. Ordinariamente es muy variable el color de las piedras yesosas, que presenta el agrisado, amarillento, rojizo ó azulado, ofreciendo con frecuencia la propiedad de ser traslúcidas. Algunas veces están mezcladas con caliza terrosa ó margosa, lo que da al yeso una cualidad superior para las construcciones.

El yeso se emplea ventajosamente en las paredes interiores de los edificios, cielos rasos, escaleras, adornos, etc., y sirve para la confección del *estuco*.

ARTÍCULO III.

PIEDRAS SILÍCEAS.

17. La sílice ó *cuarzo* es la sustancia componente de estas piedras, cuyas especies son muy numerosas segun

varíe su modo de agregacion ó cambien las materias extrañas que suele tener mezcladas. Son inalterables al fuego, presentan una gran dureza, rayan al vidrio y dan chispas con el eslabon. Se encuentran ordinariamente con una testura compacta ó celular, una fractura conchoide más ó menos lisa y colores variables, desde el blanco al amarillento, rojizo ó agrisado. Su densidad está entre 2,50 y 2,80.

18. **Cuarzo.**—El *cuarzo*, cuyos caractéres generales son los espuestos, se presenta en masas ó bancos con una dureza ó resistencia notables, por cuya razon es difícil de esplotar y de labrar; pero salta fácilmente con el martillo, y en algunos casos son traslúcidos sus bordes. Si su testura es compacta, no se adhiere bien al mortero en las construcciones; y si presenta oquedades ó celdillas, las rellena la mezcla, trabando perfectamente unas piedras con otras. Sea cualquiera su testura, se emplea en muy buenas condiciones en los afirmados, sobre todo cuando se la mezcla con la caliza.

19. **Jaspe.**—El *jaspe* no es mas que un cuarzo que, á consecuencia de una mezcla mecánica muy íntima con diversas materias térreas colorantes, se hace completamente opaco; formando una pasta fina de fractura mate y con colores más ó menos vivos, que muchas veces cambian en el mismo ejemplar de un punto á otro. Es susceptible de pulimento, y se emplea con frecuencia en el decorado de las obras, del mismo modo que el mármol.

20. **Areniscas.**—Las areniscas son piedras compuestas de granos de arena cuarzosa de diferentes formas y dimensiones, aglutinados por un cemento cuarzoso ó calizo, ó bien granos de cuarzo simplemente soldados entre sí. Algunas veces entra la arcilla en la mezcla, en cuyo caso es más fácil de labrar la piedra; pero en cambio presenta menos resistencia. Se encuentran como las calizas, con las que alternan ordinariamente, formando bancos de más ó menos potencia é inclinacion.

Bajo el punto de vista de la naturaleza del cemento, se las puede dividir en *areniscas silíceas*, *calizas* y *arcillosas*.

Las *areniscas silíceas* son ordinariamente muy densas, formadas por granos finos perfectamente trabados por el cemento, por cuya causa se aproximan al cuarzo. Se las puede, sin embargo, labrar y hasta esculpir, y gozan de la propiedad de resistir mejor que las calizas á la accion destructiva de los agentes exteriores, siendo, por decirlo así, de duracion indefinida.

Las *areniscas calizas* tienen una dureza variable en razon de la abundancia y de la mayor ó menor coherencia del glúten calizo que reúne los granos. Se presentan ordinariamente con un color blanquecino ó amarillento y tienen gran aplicacion á las obras en general.

La *arenisca arcillosa* es de un color gris rojizo y tiene poca dureza cuando se la saca de la cantera, pudiéndola entónces labrar fácilmente; pero espuesta al aire aumenta su resistencia y la hace á veces buen material de construccion, aunque ordinariamente no suceda esto.

Las mejores areniscas son por regla general las que tienen el grano más fino, la masa más compacta y el cemento más existente. El color gris claro es un indicio de buena calidad, y el rojo, cuando proviene del hierro, proporciona un material escelente; pero si le da la arcilla, hace demasiado tiernas á estas piedras. Las más duras se emplean en los afirmados y empedrados; las ménos resistentes producen las piedras de afilar y de filtros, y las intermedias tienen una aplicacion muy conveniente en las construcciones.

Cuando las areniscas, que tambien se conocen con el nombre de *asperones*, se componen de granos redondeados de gran magnitud, como cantos ó guijarros, forman respectivamente los *conglomerados* ó *pudingas*, que pueden estar compuestos de fragmentos de una sola ó diver-

sas clases de rocas; y si estos fragmentos presentan una forma angulosa, recibe la piedra el nombre de *brecha*.

21. **Pizarras.**—Aunque las pizarras se han considerado como una piedra arcillosa, no lo son en realidad. Sus colores, muy variados, son verdosos, agrisados, rojizos, etc., y su fractura unas veces mate y otras con algun brillo. Resistien por mucho tiempo á las influencias atmosféricas, siendo susceptibles de dividirse en láminas muy delgadas. Si bien en algunos casos se emplean como material de construccion, no llenan bien este objeto por la poca adherencia que tiene el mortero, y su aplicacion principal se reduce á cubrir los edificios ó embaldosar los pisos.

ARTÍCULO IV.

PIEDRAS COMPUESTAS.

22. Damos aquí este nombre á las que están formadas por la mezcla bien perceptible de fragmentos de rocas de diversa naturaleza de las ya examinadas, unidos directamente, ó por un cemento; habiéndose visto estos casos en los conglomerados, pudingas, etc., que se han incluido en otras agrupaciones de piedras por estar formadas de las sustancias que más caracterizan á cada clase.

La piedra compuesta más empleada en España es el *granito*.

23. **Granito.**—El granito es una roca compuesta en general de cuarzo y otros cuerpos, formando estas sustancias en su union lo que se llama una cristalización confusa. La dureza que posee es generalmente proporcional á la abundancia del cuarzo; su testura es granular; su color más frecuente el gris, en el que se distinguen manchas oscuras, con una densidad de 2,50 á 2,75. Es indudablemente una de las mejores piedras conocidas

para la construcción, aunque su gran dureza la hace de ordinario difícil de esplotar y de labrar. Sin embargo, á causa de las masas inmensas en que se presenta y de su homogeneidad, se pueden sacar piedras de dimensiones mucho más considerables que las que proporcionan las demás rocas. El granito se presenta con gran abundancia en las cordilleras de Somosierra y Guadarrama, de donde se extrae el que se emplea en Madrid en la edificación.

No siempre se encuentran las mismas sustancias en la composición del granito, y otras veces puede reemplazar á alguna de ellas otra de distinta naturaleza, recibiendo la roca en cada caso nombres particulares.

ARTÍCULO V.

PIEDRAS DESAGREGADAS.

24. La acción constante de los agentes exteriores, y de las aguas principalmente, desmoronan las rocas que están en la superficie de la tierra, y arrastran los materiales desprendidos para depositarlos á cierta distancia; así es que las piedras desagregadas ofrecen en general los mismos caracteres que las rocas de donde proceden. Si estos materiales arrastrados han sufrido cierto desgaste y se encuentran reducidos á pequeñas dimensiones, reciben el nombre genérico de arenas; y si el desgaste ó trituración ha ido más lejos que en el caso anterior, forman las tierras.

25. **Arenas.**—Se da este nombre á las sustancias minerales que presenta la naturaleza en forma de granos más ó menos gruesos y resistentes. Del mismo modo que la roca que las ha originado, pueden ser las arenas cuarzosas, graníticas, calizas, volcánicas, etc., ó bien estar mezcladas dos ó más clases distintas. Respecto al tamaño

pueden dividirse en *arenas finas*, cuando suponiendo esféricos los granos, tienen un diámetro de 0,^m0005 á 0,^m001; *gruesa*, cuando varía entre 0,^m0015 y 0,^m003, y media la comprendida entre estos límites. Cuando el diámetro aumenta hasta estar comprendido entre 0,^m003 y 0,^m01, se llama *gravilla*; si llega á tener de 0,^m01 á 0,^m05, recibe el nombre de *grava*, y de *canto rodado* si excede de esta dimension. Tambien se dividen las arenas respecto á su yacimiento, ó situacion en el terreno, en *arena de rio*, de *mar* y de *mina*, estando ordinariamente estas últimas debajo de la superficie de la tierra.

Aunque por lo regular aparecen estos materiales redondeados, otras veces presentan formas angulosas, como sucede con la arena de mina; circunstancia que los hace preferibles para ciertas aplicaciones como veremos más adelante. Se conoce que una arena es de buena calidad y está limpia, si apretándola en la mano resulta áspera al tacto y cruje sin dejar polvo ó barro.

Por regla general los granos de las arenas, cualquiera que sea su magnitud, están mezclados con arcillas y tierras, por cuya causa hay que limpiarlas en muchos casos ántes de su aplicacion. Los principales usos de la arena son para confeccionar los morteros ó para cubrir los empedrados y afirmados.

26. **Tierras.**—Denominacion vaga con que se designan de ordinario un gran número de sustancias minerales, de aspecto mate y fácilmente deleznable, que presentan una composicion tan variable como las rocas de donde proceden, ó puede ocasionar su mútua mezcla. Segun esto reciben el nombre de tierras las arcillas sin coherencia, y otras várias rocas que hayan experimentado el máximo de descomposicion, siendo por lo tanto muy numerosas las especies que se pudieran citar aquí, aunque ya nos hemos ocupado de las más principales al hablar de las rocas respectivas.

La única de que conviene ocuparse en este lugar es de la *tierra vegetal*; capa superior ó superficial que cubre en estensiones inmensas la superficie terrestre y cuya composicion varía por las razones espuestas. Además de predominar en la tierra vegetal unas veces la arcilla y otras la cal, la arena, etc., contiene generalmente sustancias animales y vegetales que, descompuestas por los agentes atmosféricos, se mezclan con la tierra en la parte superior, y constituye lo que se llama *mantillo*. Cuando se aprieta fuertemente en la mano la tierra vegetal, y más si está humedecida, adquiere alguna coherencia; y esta propiedad, que se designa con el nombre de *hacer miga*, se utiliza para aplicarla á las construcciones, aunque en circunstancias muy limitadas.

CAPÍTULO II.

MADERAS.

27. **Estructura y crecimiento de los árboles.**—Las maderas empleadas en la construcción provienen del reino vegetal y de las plantas llamadas *leñosas*, conocidas usualmente con el nombre de árboles. Prescindiendo de las clasificaciones que entre los árboles establece la botánica, nos limitamos á examinar su estructura en general. Constan de raíces, tronco y ramas, siendo las primeras y últimas en mayor ó menor número, de formas variadas y adelgazándose en cada una de las repetidas ramificaciones que presentan; al paso que el tronco aparece único, con dimensiones mayores y una masa mucho más resistente que las demás partes que constituyen el árbol. Del tronco es por lo tanto de donde se obtiene la madera de construcción, si bien alguna que otra vez se aprovechan también las ramas, cuando á más de

la resistencia necesaria poseen las dimensiones ó formas más convenientes á cada caso de aplicacion.

El *suelo* en que se desarrolla un árbol influye eficazmente en la calidad de la madera; así es que en terrenos húmedos y pantanosos adquieren un grande y rápido desarrollo, si bien las maderas son blandas y poco convenientes para las construcciones. Por el contrario, en las localidades frias y secas no alcanzan tanto desarrollo; pero en cambio la madera tiene una notable resistencia á las fuerzas y agentes exteriores. Esta regla, aunque general, no debe mirarse como absoluta y presenta alguna excepcion.

La *esposicion* es otra causa que por sí sola, ó combinada con la anterior, ejerce una marcada influencia en los resultados que examinamos. Así es que los árboles espuestos al Este ó Mediodía tienen grandes copas, algunas veces son tortuosos y presentan en general una madera dura y buena. Espuestos al Norte, los árboles son más rectos y regulares, aunque su madera es mucho menos dura. Al Oeste aparecen frecuentemente torcidos y fatigados por los fuertes vientos, y su madera es por lo tanto torcida y repelosa.

Por último; otra circunstancia influyente es la *situacion* que un árbol puede tener respecto á los demás. En el centro de un bosque espeso y sombrío crecen mucho en longitud á espensas de las otras dimensiones, porque la única luz que puede decirse reciben es la zenital, y proporcionan maderas rectas y lisas. En las lindes que miran al Este aparecen lozanos y desarrollados, por estar protegidos de los vientos del Oeste por los árboles del lado opuesto, que sufren su influencia perniciosa.

Hay otra porcion de circunstancias de que depende el desarrollo de la vegetacion y cuya reunion constituye lo que se llama *suelo* y *clima* de una comarca ó localidad; pero no es posible detenernos en este exámen.

Si se corta el tronco de un árbol de nuestro clima perpendicularmente á su longitud (fig. 2), se observa desde luego que está formado de dos partes muy distintas: 1.º la exterior; de pequeño espesor y presentando un tejido flojo y poco consistente, la cual se llama *corteza*; y 2.º la interior; ofreciendo un tejido fibroso más ó ménos compacto y resistente, que es la *madera* ó *leñoso*.

La corteza y la madera están á su vez formadas por capas concéntricas, apareciendo en la primera la zona más exterior, ordinariamente grosera, rugosa, de color pardo y toda agrietada, y la parte adyacente á la madera que se llama *liber*; y en la segunda, la zona próxima al liber, de tejido flojo y poco consistente, de color más claro que el centro, llamada *albura*, y el resto que forma la madera propiamente dicha. Por último, entre el liber y la albura existe otra capa por la que reciben los árboles su crecimiento y que recorre la sustancia gelatinosa llamada *savia*, la cual produce en cada año una pequeña capa de liber y otra de albura que se unen á las respectivas inmediatas, pasando durante este tiempo una capa de albura al estado de madera perfecta.

Tambien se observa otra division radial en el tronco de los árboles, que parte del centro llamado *médula* ó *corazon*, y cuyos rádios son tanto más numerosos cuanta mayor edad tiene el árbol.

28. **Clasificacion de las maderas.**—Bajo el punto de vista de las aplicaciones á la construccion, se pueden dividir las maderas en dos grandes clases, que comprenden todas las que ordinariamente tienen un constante y ventajoso empleo en nuestro país.

MADERAS. { DURAS..... Encina, castaño, olmo, haya.
RESINOSAS.... Pino, abeto.

Cuando los árboles están en pié, se puede conocer la especie á que pertenecen por su aspecto general, por la

disposicion de sus ramas y por la forma de sus hojas, flores y frutos, así como tambien por el color y estado de la corteza. Si el árbol está cortado y sin ramas, hay que apelar al exámen de la corteza si la conserva, y en caso contrario al color de la madera, el de la albura y la disposicion del tejido fibroso.

ARTÍCULO I.

MADERAS DURAS.

29. **Encina.**—Es de aspecto elevado, corteza de un color gris rojizo con grietas finas, ramas tortuosas, hojas ovales y recortadas por escotaduras redondeadas (fig. 3), agrupadas en racimos, y fruto muy conocido, llamado bellota. Su madera es de un color amarillo algo parduzco cuando está recién cortada, y se oscurece hasta llegar á ser negra cuando ha estado espuesta por mucho tiempo al aire ó sumergida en el agua. Sus fibras son rectas y muy compactas. El crecimiento de la encina es muy lento y llega hasta los doscientos años, viviendo de cuatro á seis siglos; y adquiere un desarrollo medio de 27^m de altura total, 15^m el tronco y 0^m 80 de diámetro. Su peso específico es de 0,95.

Se distinguen diversas variedades en esta como en las demás clases de maderas, en cuyo exámen no podemos entrar, por no ser indispensable al objeto de estas líneas.

Bajo el punto de vista de la resistencia, la encina es la mejor madera de construccion que poseemos. Es fuerte, elástica, poco propensa á podrirse por las alternativas de la humedad, y tan duradera cuando está al abrigo de la humedad, ó bien sumergida constantemente en el agua, que puede decirse es eterna; adquiriendo en estas circunstancias tanta dureza, que apénas es posible trabajarla con los útiles ó herramientas ordinarias.

30. **Castaña.**—El castaño comun, único que se encuentra en algunos bosques de España, alcanza grandes dimensiones, con hojas largas, dentadas, lanceoladas y de un verde claro. Su madera tiene mucha analogía con la encina por la disposición de las fibras, calidad del grano y color; pero en esta aparecen muy marcadas las radiaciones, al paso que en el castaño difícilmente se perciben, siendo esta circunstancia suficiente para distinguirlas.

A los 70 años alcanza el castaño las dimensiones de las encinas que cuentan de 140 á 160, y su madera, aunque algo más ligera y de ménos resistencia que estas, se emplearía más en las construcciones, si no se pudiese cuando se la empotra en las obras de fábrica.

31. **Olmo.**—Este árbol, llamado vulgarmente en muchas partes *álamo negro*, presenta sus ramas bastante seguidas en las bifurcaciones y algo inclinadas hácia el suelo, formando una copa ancha y frondosa. Tiene las hojas ovales, ásperas por debajo y desigualmente dentadas en los bordes, con uno de los lados de su base más corto y algo más estrecho que el otro (fig. 4) y de un color verde oscuro. Su madera es rojiza oscura, muy fibrosa, dura y flexible, siendo difícil de trabajar.

Las dimensiones ordinarias del olmo, cuya vida es de siglos, son 24^m de altura total; 14^m la del tronco y 0^m 80 de diámetro, con un peso específico de 0,74. Se emplea esta madera en la construcción, especialmente para pilotes, aunque con este objeto y bajo el punto de vista de la resistencia sea inferior á la encina.

32. **Haya.**—Es un árbol notable por la rectitud de su tronco y de sus ramas y muy abundante en los montes del Norte de España. Su corteza es de un gris ceniciento, siempre lisa, aunque recubierta á veces por musgos que dejan manchas blancas, amarillas, pardas ó negras. Sus hojas (fig. 5) se parecen bastante á las del olmo, pero son de un verde más claro, muy brillantes, ligera-

mente dentadas, y su conjunto forma una gran copa. El color de la madera es pardo claro, con fibras muy compactas; pero resiste poco á la humedad, la atacan fácilmente los gusanos y se hiende al secarse.

Las dimensiones medias que tiene son 24^m de altura total; 14 la del tronco y 0,^m 76 de diámetro: su peso específico es de 0,72. Este árbol, que vive siglos y que proporciona maderas derechas y lisas, aunque poco elásticas, tiene limitadas sus aplicaciones en la construcción á las obras hidráulicas por las razones indicadas.

ARTÍCULO II.

MADERAS RESINOSAS.

33. Reciben este nombre las maderas que se encuentran impregnadas de la sustancia gelatinosa llamada *resina*, la cual sale al exterior del árbol si se practica una incision en su corteza. Estas maderas pueden reemplazar muchas veces y con ventaja á las duras, por tener casi tanta resistencia como éstas; proporcionan piezas ligeras y de gran longitud y economizan tiempo y dinero.

34. **Pino.**—Se conocen una porcion de especies, notables por lo alto, recto y color pardo más ó ménos claro de su tronco, saliendo de los anillos que presenta el tronco las ramas que forman como capas sucesivas: éstas tienen las hojas verdes, parecidas á agujas que se reúnen en su base dos ó cinco simultáneamente, dispuestas en espirales alrededor de los ramos; y el fruto del árbol es bien conocido con el nombre de *piña*. El pino, que vive por lo regular de 180 á 200 años, llega á su desarrollo á los 70 ú 80, y su madera, que es fuerte, resinosa y resistente á la humedad, presenta un color blanquecino con vetas rojizas más ó ménos intensas. Las dimensiones medias de este árbol son 24^m de altura total, 15 la del tronco, con

un diámetro de 0,^m 87, y presenta un peso específico de 0,61.

Es la madera más empleada en la construcción, principalmente en las obras provisionales; como medio auxiliar en las definitivas, y en los entarimados y suelos de los edificios, pilotaje y tablestacado de las cimentaciones. Es muy abundante en nuestro país, aunque no se la explota con la extensión y esmero que fuera de desear.

35. **Abeto.**—Este árbol, que en su forma y propiedades generales se acerca mucho al pino, sólo difiere de él en que sus hojas son mucho más cortas, dispuestas una á una en espiral y en derredor de los brazos y ramas, y en que sus piñas son de casi doble longitud. Las dimensiones que por término medio adquiere el abeto son 30^m de altura total, 18 la del tronco, un diámetro de 1^m 20, con un peso específico de 0,54.

Tiene las mismas aplicaciones que el pino y en condiciones análogas (1).

36. **Generalidades acerca de las maderas.**—Las cualidades que deben llenar en general las maderas son: que estén sanas; tengan fibras bien rectas; sean fuertes, elásticas y de duración, y carezcan de los defectos que perjudican á cualquiera de estas propiedades.

Los principales defectos que presentan las maderas de construcción, originados durante la vida del árbol, pueden reducirse á los *lagrimales*, *tumores*, *colainas* y *grietas*.

Los lagrimales tienen lugar cuando se seca, pudre ó desgaja una rama, lo que favorece la infiltración de las

(1.) Estas dos clases de madera y la del alerce, de que no es necesario ocuparnos, son las que abastecen el comercio de los materiales que conocemos con el nombre de *maderas ó pinos del Norte*. Unas veces son rojas y provienen de los alerces, y otras blancas sacadas de las otras dos clases, creciendo unas y otras con inmensa abundancia en la cuenca del mar Báltico y otros países del Norte.

aguas pluviales en el tronco, y una vez puestas en contacto con los líquidos propios del árbol se corrompen y destruyen las partes leñosas inmediatas.

Los tumores son una especie de úlceras, causadas generalmente por alguna contusion, en las que se acumula ó se desprende un líquido espeso y rojizo, acre y corrompido. Esta causa es la que da origen á los nudos.

Las colainas son una solucion de continuidad ó separacion entre dos capas concéntricas sucesivas. Algunas veces es de poca importancia; pero otras abrazan toda la circunferencia de la capa, y entónces presenta un cilindro hueco que encierra otro lleno y que se pueden separar fácilmente. Los fuertes vientos y las heladas pueden producir este defecto.

Las grietas suelen ser el resultado de las heladas, y consisten ordinariamente en rayas ó quiebras longitudinales, que en el exterior presentan un reborde visible, y que da lugar en el interior á una hendidura que hace á la madera más ó ménos impropia para las construcciones.

Despues de cortadas y escuadradas, las maderas pueden adquirir ciertos defectos que perjudiquen á las buenas cualidades que deben llenar en las aplicaciones.

Si empieza á experimentar cierta descomposicion el tejido leñoso, que se manifiesta ordinariamente por un olor desagradable y por manchas negras, blancas ó rojas en la superficie, se dice que la madera está *calentada*.

Podrida, si á causa de las alternativas de humedad y sequedad llega la descomposicion al máximo, convirtiéndose el leñoso en una sustancia pulverulenta, oscura ó blanca.

Cariada, cuando este mismo resultado se indica por la presencia de escrecencias vegetales, como setas, hongos, etc., que se desarrollan en la superficie.

Carcomida, siempre que haya gusanos, llamados car-

comas, que nacen y se desarrollan en la masa de la madera, destruyendo despues todo el tejido fibroso.

Las condiciones que en general deben llenar las buenas maderas de construccion, se reducen á presentar un color uniforme y el característico de cada especie; á dar un sonido claro y vibrante cuando se la golpea colocada sobre dos apoyos; á esparcir un olor fresco y agradable al trabajarlas con una herramienta cualquiera y á tener fibras rectas y contínuas en toda la longitud del ejemplar ensayado.

CAPÍTULO III.

METALES.

37. **Ideas generales.**—Aunque los metales empleados en la construccion son bastante numerosos, nos limitaremos aquí á examinar los únicos que para nuestro objeto tienen importancia y que entran como material principal en los casos más frecuentes de la práctica.

Los metales se presentan en general en la corteza sólida del globo, formando capas más ó ménos abundantes que constituyen las minas, de las que se extraen mezcladas con otras sustancias que se desprenden despues, por ciertos procedimientos industriales de que no podemos ocuparnos. Así se obtiene el metal bastante purificado para poderle emplear desde luego en la generalidad de los casos de aplicacion.

ARTÍCULO I.

HIERRO.

38. La industria presenta el hierro en tres estados diferentes, con propiedades peculiares á cada uno, y reci-

biendo los nombres de *hierro fundido*, *hierro forjado* y *acero*. Siempre se verifica que contiene sustancias extrañas que modifican y alteran las propiedades generales de este metal, y la más importante es la que proviene del combustible con que ha estado en contacto para purificarle. Este combustible es el carbon y de él proviene el cuerpo llamado *carbono*, que unido al hierro le dota de distintos caracteres y cualidades, segun sea la proporcion en que entra.

39. **Hierro fundido.**—Esta especie contiene siempre más cantidad de carbono que las otras dos, y esta abundancia da al hierro un color gris más ó menos oscuro. Con arreglo á las proporciones relativas en que entran estas dos sustancias, se subdivide en tres variedades distintas, llamadas *fundicion blanca*, *gris* y *mezclada*.

La fundicion blanca, que es la variedad que ménos carbono contiene, presenta un color argentino muy brillante, el cual tiende al gris claro, formando cierto matiz tornasolado. Su testura es unas veces algo fibrosa, y por lo comun laminar, presentando una gran resistencia al aplastamiento y al rozamiento, hasta el punto de no ser atacable por la lima; pero si se la golpea con un martillo se rompe sin que éste deje impresion alguna, por lo que se la llama ordinariamente *fundicion agria* ó *saltadiza*, siendo por esta causa muy poco empleada en la construccion, aunque su gran dureza sea una cualidad preciosa para ciertas aplicaciones especiales.

La fundicion gris contiene más cantidad de carbono, apareciendo con un color gris más ó ménos oscuro, una fractura aplomada, testura granuda y siempre porosa. Es ménos frágil y dura que la anterior, posee cierto grado de tenacidad y ductilidad, siendo la que ordinariamente se emplea en las construcciones, porque se la puede trabajar fácilmente con herramientas de acero. Tambien goza de la propiedad de que, espuesta á un intenso calor,

adquiere un estado de mayor liquidez que la fundicion blanca, y se contrae ménos que ésta al enfriarse.

Por ciertos procedimientos especiales puede convertirse la fundicion gris en blanca y viceversa.

La fundicion mezclada no es más que un estado intermedio entre las dos anteriores, presentando un aspecto manchado de pintas blancas y grises, la que por sus cualidades tiene un empleo frecuente en las construcciones.

Hay, por último, otra variedad llamada fundicion negra, que sólo se diferencia de la gris en que tiene aun más cantidad de carbono, presentando una fractura negruzca y de grano grueso: queda marcada la impresion del martillo cuando se la golpea y se rompe fácilmente. Aunque su ductilidad es grande, goza de poca dureza y resistencia para las aplicaciones de la construccion.

El hierro fundido ó colado, que sometido á un fuerte calor adquiere un estado de fluidez ó pastoso tal, que toma la forma de la capacidad que lo contiene (1), presenta mucha dureza á la presion y al rozamiento; apénas le ataca la humedad atmosférica, y se funde con facilidad; pero en cambio tiene muy poca elasticidad y resistencia á la estension; no es posible soldarle consigo mismo; al enfriarse despues de la fusion se contrae con desigualdad, y á veces se quiebra repentinamente sin causa ostensible, produciendo la ruina total de la obra. En el centro de su masa existen muchas veces ampollas ó escorias, que recubiertas con una capa de hierro sano, hacen suponer en el material una fuerza y resistencia de que carece por completo.

Cuando el hierro fundido contiene cierta cantidad de azufre ó fósforo, se hace agrio y quebradizo, inutilizándole para las construcciones.

(1) Esta propiedad es la base del *moldeado*, en cuyos detalles no podemos entrar aquí.

El término medio del peso específico es de 7,50 en la fundición blanca y 7,00 en la gris.

40. **Hierro forjado.**—Este hierro, que es la especie que menos carbono y sustancias extrañas contiene, es naturalmente granudo, y á medida que su grano es más fino y brillante, es tanto mejor su calidad, pudiéndose convertir en fibroso martillándole convenientemente. En el comercio se divide el hierro forjado en *dulce* y *agrio*.

El hierro dulce presenta una testura fibrosa en pequeños pedazos y granuda en los grandes, pero los granos están erizados de pequeñas puntas retorcidas y dispuestas en fibras: estas fibras deben ser largas, de un color blanco mate, ó bien oscuro y brillante. Tiene la propiedad el hierro dulce de dejarse doblar en frío ó en caliente y en sentidos opuestos sin romperse; pero cuando poseen esta facultad en grado excesivo, son hierros *blandos*, poco á propósito para las construcciones, á no ser que sólo sufran esfuerzos de tensión. El hierro dulce es muy tenaz, resistiendo bien á la rotura de cualquier modo que se la quiera efectuar, y es el que se emplea generalmente en las obras.

El hierro agrio tiene el carácter distintivo de quebrarse por el choque en frío, ó á una temperatura más ó menos elevada, y presenta una estructura laminar con un color blanco y brillante. Hay algunos hierros agrios que son fibrosos, pero sus fibras aparecen agrietadas y no están retorcidas como en los dulces. Cualquiera que sea la causa de que un hierro sea agrio, se le debe proscribir en absoluto de las aplicaciones á la construcción, por el peligro constante que originaría su empleo.

En el hierro dulce como en el agrio hay ejemplares que poseen en diversas escalas la dureza ó fragilidad, recibiendo denominaciones especiales en cada caso; pero no podemos entrar en este exámen.

El hierro forjado tiene la propiedad de que calentán-

dolo convenientemente, se suelda consigo mismo sin el intermedio de ninguna otra sustancia, no conociéndose después la soldadura y quedando la union tan resistente como en cualquier otro punto. Con un calor aun menor se reblandece y se le puede forjar, dándole las formas necesarias al objeto á que se le destine, y en frio le atacan fácilmente las herramientas de acero, pudiéndole pulimentar, torneear, etc.

Espuesto al aire húmedo se descompone, cubriéndose de una capa amarillenta llamada *orin*, que le quita parte de su resistencia, por cuya razon hay que preservarle de este efecto bañándole con materias especiales.

El hierro forjado es más ductil y elástico que el fundido, y la mayor resistencia á la estension le hace más aplicable á las construcciones; consiguiéndose que su masa tenga una gran homogeneidad y que escupa las escorias y demás sustancias estrañas que contenga, apelando á la percusion ó forja y á otros medios análogos. A consecuencia de las propiedades antedichas, experimenta una deformacion muy perceptible ántes de llegar á la rotura, lo que sirve de indicio para apreciar el estado de resistencia de la obra en que se emplee.

Para conocer si una barra de hierro forjado es dulce ó agrio, se le aplica en frio un cincel bien acerado, al que se golpea. En el primer caso cortará á la barra como si fuera una sustancia blanda y sin que ésta se quiebre, al paso que en el segundo la herramienta hará que se rompa la barra haciéndola saltar y sin cortarla. Tambien se puede cortar una parte del espesor solamente y quebrarla después doblándola las veces necesarias, dando á conocer el exámen de la fractura la naturaleza del hierro ensayado.

El peso específico del hierro forjado varía entre 7,70 y 7,90.

41. **Acero.**—El acero, que contiene más carbono que el hierro forjado y ménos que el fundido, es un estado in-

termedio entre estos dos. Puede adquirir un buen pulimento; su testura presenta granos muy finos, iguales y compactos, y es sonoro golpeándole ligeramente. Comparándole con el hierro forjado presenta de ordinario más ductilidad, dureza y elasticidad, es más difícil de soldarse y se le obtiene también como aquel en estado muy homogéneo por medio de la forja ó percusión, ó por otros procedimientos parecidos.

Los caracteres distintivos del acero, son: el *temple* y el *recocido*: el primero se consigue elevando su temperatura y enfriándolo repentinamente, sumergiéndole en agua, aceite, etc., lo que le dota de una dureza tal que puede rayar el vidrio; y si después de esta operación se le caldea de nuevo y se le deja enfriar de una manera lenta, disminuye en dureza y aumenta en ductilidad. De este modo se consigue darle las propiedades más convenientes al uso particular á que se le destine en cada caso.

Aunque en el acero hay diversas variedades, se prescindirá de ellas en este lugar, por no ser necesario su estudio para nuestro objeto.

Un buen acero se conoce en que su dureza es uniforme en toda la masa; templado á un calor conveniente se endurece mucho; después del temple resiste á los choques sin romperse, y sólo disminuye su dureza por un fuerte recocido: puede soldarse sin hendirse, y por último, presenta una fractura de grano muy fino é igual, con una densidad media de 7,70.

Estas importantes propiedades le hacen de gran aplicación á las artes y á las construcciones, y es muy probable que ántes de mucho tiempo reemplazará al hierro forjado en sus aplicaciones á las obras, como ya sucede hoy en algunos casos.

42. **Formas de los hierros.**— Los hierros que ordinariamente presenta el comercio para las construcciones, y en particular el forjado y el acero, son prismas de

más ó ménos longitud, y segun varíe la seccion trasversal reciben diversos nombres, siendo los característicos los de *barras*, *flejes* y *planchas*.

El primero se refiere siempre á una seccion circular, cuadrada ó poligonal, de seis, ocho, etc., lados y de dimensiones muy variables: si éstas son muy pequeñas y la seccion es circular, la barra se convierte en *alambre*.

Las barras suelen presentar una seccion cuadrada de 0,^m 04 á 0,^m 05 de lado, y si se reduce hasta 0,^m 01 se llaman *cuadradillos*, recibiendo el nombre de *balaustrés* ó *cabillas* si la seccion es circular y su diámetro tiene de 0,^m 02 á 0,^m 03.

En los flejes la seccion es rectangular, siendo los lados mayores de mucha más longitud que los otros dos opuestos, y teniendo por lo regular 0,^m 01 de grueso por 0,^m 04 á 0,^m 05 de ancho.

La longitud de las barras y flejes, aunque muy variable, suele ser de 4 á 5 metros.

Si la relacion entre los lados de la seccion trasversal aumenta más aún, el fleje se convierte en una lámina ú hoja de metal, y se llama *plancha* ó *palastro*, cuyo espesor varía ordinariamente de 0,^m 0005 á 0,^m 015 y aun más.

Otras veces presenta los hierros la industria en forma de escuadras de diversas dimensiones, como se ve en seccion en la (fig. 6), ó bien en piezas de simple y doble T (figs. 7 y 8); cruces (fig. 9); dobles escuadras (fig. 10); pernos, clavazon, etc., etc.

En todos los casos conviene que las dimensiones de la seccion trasversal del ejemplar que se examine sean siempre las mismas.

43. **Calzado y acerado de las herramientas.**

—Las herramientas que se emplean en la construccion se hacen generalmente de hierro forjado y se aceran sus extremos ó puntas para dotarlas de la dureza conveniente.

La primera de las operaciones de que ahora nos vamos

á ocupar, tiene por objeto reponer en una herramienta la parte que se ha desgastado por el uso ó por cualquier rotura, y por lo tanto se reduce á aumentar su longitud añadiendo la cantidad de hierro ó de acero que sea necesaria.

Si se quiere calzar una herramienta con acero, es preciso tener mucho cuidado en dar á éste una temperatura bastante ménos elevada que la que necesita el hierro para soldarse, porque despues hay que poner en contacto ambas sustancias para martillarlas, y entónces tiende á equilibrarse el calor, y pudiera aumentar tanto el del acero, que perjudicase notablemente sus cualidades. Hecho esto y caldeado de nuevo, pero sólo lo indispensable, se da á la parte calzada, por medio del martillo, la punta ó corte que corresponda á la herramienta.

Cuando se calce con hierro se sueldan los dos trozos caldeándolos á la misma temperatura, se los pone inmediatamente en contacto y se los martilla lo necesario para que formen un solo todo: despues se introduce el extremo, si conserva bastante calor, en una caja con carbon, ó mejor en la misma fragua á través del carbon incandescente. De esta manera se reblandece el hierro, se ensanchan sus poros, y el carbono de la combustion viene á rellenarlos hasta cierta profundidad, dando esta union por resultado un buen hierro acerado que casi puede tomarse por acero.

Debe tenerse muy en cuenta en esta clase de operaciones, que el acero pierde el carbono y se deteriora á una temperatura relativamente poco elevada.

Aunque hay en la industria medios poderosos para forjar, cortar y dar en general la forma más conveniente al hierro, en las aplicaciones ordinarias del constructor sólo se emplean para el primer objeto los martillos de forja que obran por percusion, y para el segundo los cinceles y cortafrios bien acerados, sobre los cuales se golpea con mazas ó martillos apropiados al objeto.

44. **Preservacion.**—Hay varios medios de preservar el hierro de las acciones atmosféricas ó agentes exteriores que pueden destruirle. Uno es empleando la brea ó el asfalto, que se estiende hirviendo sobre la superficie y del que se suelen dar dos ó tres capas: debe cuidarse de no poner una capa hasta que esté perfectamente seca la anterior. Otro consiste en dar tres manos ó capas de pintura al óleo de minio de la mejor calidad: la primera es algo clara y las demás con pintura más espesa. Este medio se emplea con mucha frecuencia en los puentes, faros, boyas, etc. En el caso de estar el hierro espuesto á la accion de las aguas de mar, se hace uso con buen éxito del barniz *Peacock*, nombre de su inventor, que se estiende de la misma manera que la pintura al óleo.

Cualquiera que sea la preparacion empleada para preservar el hierro, es indispensable que éste se encuentre de antemano perfectamente limpio, sin cuya condicion son ineficaces todos los medios propuestos.

ARTÍCULO II.

METALES VÁRIOS.

Aunque en la construccion se hace uso de varias clases de metales á más del hierro, sólo se indicarán aquí los que tienen una aplicacion más frecuente.

45. **Plomo.**—Este metal es de un gris azulado, muy brillante en las caras recién cortadas y muy blando, puesto que se deja rayar con la uña; lo que basta para distinguirle del zinc y del estaño, con los que tiene bastante analogía en su aspecto exterior: es muy maleable, algo ménos fusible que el estaño, y presenta un peso específico de 11,35.

Se emplea con frecuencia en las construccion, ya en láminas ó planchas para cubiertas de edificios, ya en tu-

bos para pequeñas conducciones de aguas y otros usos parecidos. Estos tubos pueden ser una plancha arrollada de las que presenta el comercio y soldada despues, ó lo que es preferible, laminados.

46. **Zinc.**—El zinc es un metal de un blanco azulado, de testura laminar, bastante maleable, ductíl en frio, y con una densidad variable de 6,80 á 7,20. A la temperatura ordinaria y en un aire húmedo se descompone en la superficie, pero la película que se forma y que la empaña, preserva á la masa central de las influencias sucesivas de la atmósfera.

Las principales aplicaciones del zinc en las obras son para cubiertas de edificios, y con este objeto le presenta la industria en láminas ó planchas de dimensiones variables.

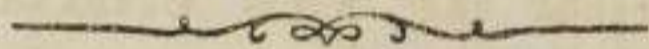
47. **Estaño.**—El estaño se parece mucho al plomo y al zinc; pero le distingue el crujido especial que produce cuando se le dobla. Es más fusible y duro que el plomo; espuesto á las acciones atmosféricas, se recubre de una capa muy delgada que preserva el resto de la masa, y tiene una densidad de 7,30.

Sus aplicaciones en la construccion se reducen á servir de cuerpo intermedio para soldar otros metales, y á producir aleaciones de uso poco frecuente. Las planchas muy delgadas de hierro bañadas con estaño forman la hojalata.

48. **Soldaduras.**—Las soldaduras se forman con aleaciones de plomo y estaño, que sirven para reunir las piezas de plomo, zinc y hojalata. Es preciso que las estremidades de las hojas que se van á unir estén cortadas con la igualdad suficiente para que coincidan en toda la estension de la soldadura, y que las superficies de contacto estén perfectamente limpias. Aplicando sucesivamente á un trozo de la aleacion hierros cuyos extremos acaben en forma prismática ó piramidal, y elevados previamente á

una alta temperatura, funden en parte á la aleacion y sacan adherida una gota que se estiende en la junta que se trata de formar; y se repite la operacion las veces necesarias, hasta obtener una capa intermedia que se adhiera con fuerza al metal que se trata de soldar.

No obstante de que en las obras se emplean tambien el cobre, laton y bronce, no entramos en su exámen por su menor importancia respecto á los considerados, siendo más bien materiales accesorios que elementos principales de la construccion.



PARTE SEGUNDA.

PREPARACION DE LOS MATERIALES.

CAPÍTULO I.

PIEDRAS.

ARTÍCULO I.

PIEDRAS NATURALES.

49. **Disposicion de las canteras.** — Las grandes masas de rocas que presenta la naturaleza susceptibles de poderse emplear desde luego en la construccion, reciben el nombre de *canteras*; y las piedras que las forman aparecen unas veces en grandes masas y otras en bancos, como se ha dicho más arriba, ya llegando hasta la superficie de la tierra, ó bien quedando á una profundidad mayor ó menor. En todas las canteras sucede que la piedra que está cerca de la superficie y que ha estado espuesta á las acciones atmosféricas, no es tan compacta como la que se encuentra más abajo; y generalmente hablando, la dureza y resistencia de la piedra de una cantera aumenta con la profundidad.

50. **Esplotacion.** — Al esplotar una cantera cualquiera, debe tenerse muy en cuenta qué medios de estrac-

cion de las piedras serán los más económicos, para que adoptados, obtengamos el material lo más barato posible; y en este resultado influye mucho la cantidad ó volúmen total de piedra que se haya de sacar. Segun sea mayor ó menor la profundidad á que se encuentre la cantera de la superficie, la disposicion en que aparezca, ya en el escarpe de una cortadura del terreno, ya en una planicie, etc., así hay que adoptar distinto sistema de explotacion, reduciéndose todos á dos, llamados *á cielo abierto* y *en galería*, ó *en subterráneo*.

51. **Explotacion á cielo abierto.**—Este sistema tiene una aplicacion frecuente, siempre que la cantera aparece cerca de la superficie, estando recubierta por una capa de tierra, arcilla, etc., de más ó ménos espesor, pero sin ser excesivo.

Primero se empezará por *descubrir ó desbrozar la cantera*, esto es, quitar la tierra *a b c d* que la cubre (fig. 11) y llevarla á un punto tal, que no sea necesario removerla de nuevo al continuar la explotacion. La roca puede aparecer en bancos con inclinaciones variables, ó bien en masa; siendo preciso en ambos casos subdividirla para que, con las dimensiones convenientes, puedan llevarse las piedras que resulten á la obra á que se las destina (1).

Si la roca se presenta en bancos, aparece ordinariamente con muchas grietas en la parte superior, é introduciendo entre ellas grandes palancas de hierro, llamadas *perpales*, se van separando trozos de diversas magnitudes hasta estraer toda la parte *f* del banco 1.º, continuando del mismo modo con los bancos 2, 3, 4 y siguientes.

A cierta profundidad faltan las grietas, y entónces

(1) Los procedimientos que se emplean para esta subdivision, se aplican por regla general lo mismo á las explotaciones á cielo abierto que á las en galería, y sólo dependen de la naturaleza de la roca.

hay que practicar la subdivision por medio de *rozas* ó de *barrenos*.

52. **Rozas.**—Las rozas consisten en una série de aberturas en forma de cuñas *a* (fig. 12) hechas en la cara superior del banco, ó en su *sobrelecho*, que siguen las líneas que han de limitar el contorno de la piedra, y cuya mútua separacion depende principalmente de la dureza de la roca. En estas aberturas se introducen cuñas de hierro ó acero *C*, poniendo á sus costados unas chapetas, tambien de hierro, para que las cuñas puedan correr con facilidad, y se las va golpeando en sus cabezas con una fuerte maza de 5 á 10 kilógramos de peso, recorriéndolas todas, hasta que, repetida esta operacion algunas veces, se hiende la roca, siguiendo las líneas determinadas por las rozas como se ve en *b d e h i f*. Para obtener la separacion entre los dos bancos contiguos *A* y *B*, se pueden introducir tambien cuñas en su mútua union *f b g*, ó sea entre el *lecho* del banco que se explota y el *sobrelecho* del inferior, desprendiendo despues por medio de fuertes palancas el prisma que se trataba de extraer. Si la roca se presenta en masa, habria necesidad de abrir rozas en otras diversas direcciones, segun las caras del prisma que se quiere obtener, procediendo en lo demás como se ha dicho.

Cuando la dureza de la roca no es grande, se sustituyen á las cuñas de hierro otras de madera bien seca y fuertemente introducidas en la roza; se forma alrededor de cada una un reborde con arcilla y se echa agua en el interior: al cabo de poco tiempo se hincha la madera y hiende al banco.

Las rozas se practican con *punteros* ó *cinceles* (fig. 13 y 14), que constan de una varilla de hierro, terminando por un extremo en una pirámide ó corte bien acerados, á los que se golpea por el otro con una maceta ó martillo de hierro (fig. 15), cuyas *bocas* ó extremos no están ace-

rados y que ordinariamente tiene un peso de 3 kilogramos.

53. **Barrenos.**—Los barrenos ó petardos son agujeros cilíndricos más ó menos profundos, de 0,^m 02 á 0,^m 03 de diámetro, en cuyo fondo se pone una sustancia inflamable echada á granel ó envuelta en un cartucho, á la que se hace llegar hasta el centro de su masa el extremo de una *mecha de seguridad*, llamada de Bickford, la cual es un tubo de 0,^m 005 á 0,^m 008 de diámetro, formado con una tela impermeable, quedando el otro extremo fuera del agujero (fig. 16). Hecho esto se *ataca* ó llena el resto del barreno con arena fina ó arcilla bien secas, y comprimidas perfectamente; despues se da fuego al extremo libre de la mecha, la que contiene en su interior una composicion que se quema con una velocidad media de 0,^m 6 por minuto, dando así lugar á que se ponga el obrero al abrigo de los efectos de la esplosion que se origina al llegar el fuego al cartucho. Esta esplosion hace romper y á veces saltar el banco en distintas direcciones y en trozos más ó menos grandes, aunque siempre de forma irregular.

Si el barreno está muy húmedo ó lleno de agua, se recubre el cartucho y su union con la mecha por medio de una tela, que se hace impermeable impregnándola con una mezcla de partes iguales de brea, pez y resina ablandada con sebo.

La carga contiene pólvora llamada de mina, ó lo que es mejor, y sobre todo mucho más barato, una mezcla de 60 partes en peso de nitro (nitrato de potasa), 15 de flor de azufre y 25 de serrin fino de madera dura. Despues de reducir á polvo grueso las sustancias que no lo estén, se secan perfectamente y se verifica la mezcla, la cual tiene la propiedad de arder con poca fuerza y lentamente al aire libre, y de producir una esplosion instantánea como la pólvora cuando está comprimida en el fondo del barreno.

Los barrenos ordinarios suelen tener de 0,^m 30 á 0,^m 40

de profundidad, y se cargan hasta el tercio; debiéndose cuidar que la esplosion no haga más que agrietar la roca, sin que lance á grandes distancias los trozos arrancados.

Los útiles que se emplean en los barrenos son: la *barrena* (fig. 17), barra cilíndrica de hierro terminada en sus extremos ó *bocas* por cinceles acerados, que tienen cierto ensanche para que el resto de la barrena no roce con las paredes del agujero, y con las que se ataca la roca por la percusion: debe cuidarse al manejarla de que el filo de la boca ataque en distintas direcciones el fondo del barreno, y se echa agua en éste para que la boca de la barrena no se destemple; la *cucharilla* (fig. 18), especie de cuchara con mango largo, que sirve para sacar del agujero el polvo á que reduce la roca la percusion de la barrena, ó el lodo, si se echa en el barreno agua, como se hace ordinariamente; y el *atacador*, que es una barra de hierro de forma prismática ó cilíndrica, con la que golpeando por uno de sus extremos se comprime la arcilla ó arena que ataca el barreno.

Algunas veces se sustituye la mecha de seguridad por una larga aguja (fig. 19), que se clava en el cartucho ó carga á granel que está en el fondo del barreno, y que despues de atacado como se ha dicho, se saca dejando un agujero, que se llena de pólvora, y en la superficie de la roca se forma un reguero más ó ménos largo y un cebo, para que trascorra algun tiempo entre la inflamacion de éste y la esplosion del barreno. Este sistema, además de necesitar más tiempo que el anterior para atacar y cebar el barreno, tiene el grave inconveniente, si la aguja es de hierro, de que se puede producir, por un golpe fortuito, una chispa que inflame la carga mientras se ataca, ocasionando las desgracias consiguientes; razon por la que son preferibles las agujas de cobre. De todos modos deben emplearse las mechas de seguridad siempre que sea posible.

La explotación por medio de barrenos es mucho más espedita en general que la de rozas, pero no tiene aplicación justificada cuando la roca es de elevado precio, como el mármol, por los muchos desperdicios que ocasiona, y por quebrantar la masa de los trozos que resultan, produciendo grietas acaso invisibles, pero no por esto ménos perjudiciales á la resistencia del material. Las rozas proporcionan desde luego piedras de la forma aproximada que deben tener, y es el medio preferible cuando hay que sacar sillares de dimensiones más ó ménos grandes y con un contorno definido.

54. **Explotacion en galería ó subterránea.**

—Si las capas que recubren la roca que queremos explotar son de tanto espesor, que resultara más costoso el desmontarla y trabajar á cielo abierto que el atacarla por medio de galerías, debe preferirse este último sistema.

Para la subdivision de la roca se emplean los mismos procedimientos que acabamos de explicar, y por lo tanto nos fijaremos únicamente en la disposicion general que deben tener las galerías, ya aparezca la cantera en el escarpe de una ladera, ya se encuentre á gran profundidad en una planicie.

En el primer caso, conviene en general abrir una galería de ataque *a* (fig. 20) que sirve al mismo tiempo para la extraccion de las piedras explotadas; y á cierta distancia de la superficie, cuando el banco ó la masa de roca es homogénea y resistente, se practica otra galería trasversal de explotación *b*, y continuando de este modo se forma una red de donde puede sacarse la cantidad de material necesaria al objeto. Si la cantera está en bancos se van siguiendo éstos en la explotación, dejando á ciertas distancias pilares ó piés derechos sin extraer, para evitar que el banco superior pueda caer y causar las desgracias consiguientes, obstruyendo al propio tiempo los trabajos anteriores. Aun presentándose en masa hay necesidad de

dejar estos puntos de apoyo con el mismo objeto, si bien entónces no hay que seguir una direccion dada como en el caso anterior.

De todos modos, los detritus que resultan de la explotacion se depositan en las galerías abandonadas, para evitar el gasto de su estraccion al exterior, á no ser que sean aprovechables para ciertas partes de las obras, como firmes, hormigones, mamposterías, etc.

Las galerías deben tener las dimensiones necesarias para que la estraccion de los materiales pueda hacerse en carros.

Ordinariamente se encuentra en el interior de todas las canteras más ó ménos cantidad de agua, que proviene de las filtraciones de los terrenos adyacentes; y con objeto de evitar su acumulacion, lo que haria difícil ó imposible proseguir los trabajos, se da á la galería de ataque una ligera pendiente al exterior lo mismo que á las demás hácia su empalme con la primera, facilitando así el desagüe de toda la zona explotada.

Si la cantera se encuentra situada á gran profundidad en una planicie estensa, hay que empezar por abrir un pozo vertical *ab* (fig. 21) hasta llegar á la capa que se quiere atacar, y de aquí parten las galerías de explotacion *cb*, *bd* en las mismas condiciones que en el caso anterior. Se ve, pues, que hay necesidad de extraer por el pozo los materiales arrancados y las aguas de la cantera, para lo cual hay que establecer en su boca ciertos aparatos especiales cuya descripcion no es de este lugar.

En todas las explotaciones en galería es necesario renovar el aire que contienen, el cual es impropio para la respiracion por las muchas causas que tienden á viciarle, y por lo tanto se tienen que establecer ventiladores más ó ménos poderosos, segun los casos, los que tampoco podemos entrar á describir.

Se ve por lo espuesto que la explotacion á cielo abier-

to es por regla general más barata que la de galería, puesto que los obreros trabajan con más desahogo sin necesidad de medios auxiliares; producen más cantidad de obra, y la estraccion de los materiales es ordinariamente más fácil. Sólo en el caso de que los gastos para descubrir la cantera sean tales que compensen estas ventajas, se podrá preferir razonadamente el segundo sistema, el que por otra parte tiene muy rara vez aplicacion á las obras públicas.

55. **Desvaste.**—Despues de desprendidas las piedras de la cantera se las trasporta á un punto lo más cercano posible y convenientemente dispuesto, llamado *taller de desvaste*. Este transporte se hace unas veces moviendo el sillar sobre vários rodillos de madera colocados paralelamente entre sí, que se apoyan en el suelo despues de haberle regularizado y endurecido, y siempre que presente un descenso constante desde la cantera (fig. 22); y otras cargándole en un carro de poca altura, llamado *cangrejo ó carretón*, del que suelen tirar dos ó más hombres. Una vez la piedra en el taller, se procede á darla en tosco la forma aproximada que ha de tener en la obra, cuya operacion recibe el nombre de *desvaste*; dejándola con ciertas *creces* ó dimensiones algo mayores que las necesarias, para atender á las roturas y desportillos que puedan ocasionarse en las operaciones ulteriores, ántes de colocarla en su sitio.

Si de cada piedra se pueden sacar dos ó más, se la subdivide de una manera análoga á la dicha en la explotacion de canteras, y despues se regularizan sus caras empleando martillos y picos de distintas formas y dimensiones. Cuando la forma de la piedra en obra haya de diferir poco de un paralelepípedo rectangular, se la deja con esta al desvastarla; pero si no fuera así se la hará afectar próximamente la figura que debe tener, dejando siempre las creces necesarias, y de esta manera se evita el

trasportar un peso del todo inútil. Con este objeto se dan al cantero las *plantillas* convenientes, como se enseña al tratar de la labra en el corte de piedras.

Las únicas herramientas que se suelen emplear en el desvaste de las piedras, son: la *maza* ó *martillo* (fig. 23), cuyo peso varía de 4 á 8 kilogramos, compuesto de una cabeza de hierro con mango de madera, teniendo la primera bien acerados sus extremos *a b*, y el *pico* (fig. 24), con un peso de 3 á 4 kilogramos, que termina en dos pirámides aceradas cerca de sus vértices *c d*, al que se une un mango parecido al del martillo: estas herramientas se manejan con ambas manos.

La operacion del desvaste debe hacerse á poco de sacar el sillar de la cantera, porque entónces está impregnado de la humedad de que ya hemos hablado, llamada *agua de cantera*, y presenta generalmente ménos dureza que si se deja trascurrir algun tiempo, al cabo del cual pierde esta agua.

56. **Conduccion.**—Despues de desvastada la piedra, se la carga y trasporta al *taller de labra*, situado lo más cerca posible de la construccion en donde se ha de emplear, y en este taller se da al sillar desvastado la forma y dimensiones exactas que debe tener en obra. Segun cambien la distancia entre el taller de desvaste y el de labra y las demás circunstancias de la localidad, así convendrá adoptar el medio de transporte que produzca más economía, empleándose con este objeto carretones como los indicados más arriba, *carretas* y *carros* tirados por bueyes ó caballerías.

Si la distancia entre los talleres de desvaste y labra resultara bastante pequeña, se podrán reducir las operaciones de que nos hemos ocupado, haciendo que la piedra estraida de la cantera no sufra más operaciones que las de conduccion y labra al pié de la obra.

ARTÍCULO II.

PIEDRAS ARTIFICIALES.

57. No siempre se encuentran canteras en las inmediaciones del punto en que hay que construir una obra, y las que existan pueden estar á tal distancia ó ser de tan difícil explotación, que de utilizarlas resultase la obra con un costo excesivo é inadmisibile. En tal caso hay que proceder á confeccionar materiales artificiales que puedan sustituir á las piedras.

Aunque estas piedras artificiales son muy numerosas, nos limitaremos á examinar las más importantes y los procedimientos ordinarios de su fabricacion.

58. **Ladrillos.**—La propiedad que posee la arcilla, de endurecerse y formar una verdadera piedra cuando se la espone á un calor bastante intenso, sirve de base á la fabricacion del ladrillo.

Los ladrillos ordinarios afectan por regla general la forma de un paralelepípedo rectangular, y son de un uso constante desde las obras más pequeñas hasta las de mayor importancia.

59. **Fabricacion del ladrillo.**—Consta de diversas operaciones distintas, que son: la eleccion y preparacion de la tierra; el moldeado; la desecacion y la coccion.

60. **Eleccion de la tierra.**—Para evitar la contraccion y el agrietamiento que experimenta la arcilla en general al secarse, y sobre todo al esponerla á un fuerte calor, es conveniente que contenga cierta cantidad de arena; mas no tanta que produzca un ladrillo poroso, absorbente y sin consistencia. Con este objeto se hacen las mezclas necesarias, no de estas dos sustancias, pues que rara vez se encuentran puras en la naturaleza y próximas una á otra, sino de tierras más ó ménos arcillosas, que unidas

proporcionen la pasta más conveniente y con un costo pequeño. Las tierras no deben contener gravas ni cantos, lo que alteraría la homogeneidad de la pasta, así como tampoco sustancias que se descompongan por la acción del calor; razón por la cual deben estar privadas de materias calizas, según veremos más adelante.

Antes de emprender una fabricación en grande de este material, es conveniente hacer un ensayo, cambiando las proporciones de la mezcla entre las tierras de que podemos disponer, y sometiéndolas á todas las operaciones que se describen á continuación.

Después de obtenidos los ladrillos se ensayan, como se dirá más adelante, y se elige la mezcla que dé mejores resultados: de esta manera se conoce de antemano el éxito de la fabricación.

61. **Preparacion.**—Una vez elegida la tierra ó tierras que han de formar los ladrillos, se la extrae en el invierno y se la estiende para que espuesta á las influencias atmosféricas, se divida, reblandezca y purifique, desagregándose las partes más compactas, y arrastrando las lluvias las materias solubles que pueda contener. Al cabo de cierto tiempo, que ordinariamente es en la primavera, se procede al *amasado*.

Para esto se dispone en el terreno un estanque con una profundidad de 1^m próximamente, y de la estension necesaria en cada caso, el que se reviste con más ó menos esmero, según sea la cantidad de ladrillos que se quiera fabricar. En él se echa la tierra después de haberla zarandeado, como se explicará en el núm. 84, y el volumen de agua necesario para que se empape, dejándola en este estado uno ó dos días, y después entran obreros descalzos, que pisan en distintas direcciones la pasta formada, la remueven y baten principalmente con los pies, y con palas, batideras ú otros instrumentos análogos. Desde luego se comprende que cuanto menor sea el espesor de

la pasta, tanto mayor esmero se obtendrá en su amasado. La cantidad de agua empleada varía entre un tercio y una mitad del volúmen de la tierra.

De todos modos, el buen amasado influye tanto en la calidad del ladrillo é igualdad de las demás operaciones de la fabricacion, que puede aumentar su resistencia en un doble próximamente.

62. **Moldeado.**—Despues de bien amasada la tierra se trasporta en porciones que puedan contener unos 100 ladrillos al taller en que se han de moldear, y cuya distancia al punto en que se hace el amasado deberá ser la menor posible. Este taller, que estará al abrigo de las lluvias por cobertizos, consta de una ó más mesas *A* (fig. 25) fuertes y resistentes, provistas de una vasija ó cubo con agua, y un cajon con arena fina y seca, que se colocan á un costado. El molde ó *gradilla C*, es un bastidor de madera dura ó chapeado interiormente, con cantoneras de palastro, que deja un claro igual á las dimensiones que ha de tener el ladrillo, mas lo que se contrae al secarse y cocerse, haciéndose algunas veces doble como se ve en *C'*. Los lados mayores se prolongan lo bastante para que sirvan de agarraderos ó mangos, y siempre hay el número de gradillas suficientes para que el moldeador no sufra ninguna interrupcion en su trabajo. Habiendo puesto la tierra amasada *B* á un lado de la mesa, empieza el moldeador á espolvorear con arena la parte de la misma en que va á trabajar; coloca encima el molde mojado previamente en el cubo, le espolvorea tambien por sus costados interiores y va echando pelladas de la masa *B* hasta llenarle: iguala y comprime con la mano la pasta, y despues de haber mojado una fuerte regla de madera dura, y mejor de hierro llamada *rasero*, la pasa por encima y quita el escedente de masa. Inmediatamente coge el molde, le inclina un poco para que no se desprenda la masa, se lo entrega á uno de los muchachos ó auxiliares

que debe tener, y empieza de nuevo otra operacion, continuando así todo el tiempo de su trabajo. El auxiliar lleva el molde al secadero, deja allí la pasta y vuelve á tomar otro para repetir la misma operacion.

Se ve por lo dicho que el número de gradillas y auxiliares que necesita un moldeador, aumenta con la distancia á que se encuentra el secadero, por cuya razon debe estar lo más próximo posible; y la cantidad de ladrillos que puede moldear al dia cuando ha adquirido bastante práctica, llega á 8.000, término medio.

A veces se prepara una era en el terreno, sobre la que se moldea lo mismo que sobre la mesa, levantando despues la gradilla con cuidado para dejar la pasta en el mismo sitio en que se ha moldeado y se seque, repitiendo esta operacion en todos los puntos de la superficie de la era. Así se evita el trasporte al secadero; pero en cambio es más molesto para el obrero el moldeado, por la posicion violenta en que tiene que estar; la cantidad de trabajo hecho es menor, y el ladrillo obtenido no sale tan bien perfilado como empleando las mesas.

Tanto para el amasado de las tierras como para el moldeado, se emplean aparatos especiales que disminuyen el trabajo de los obreros y dan productos económicos, cuando se quiere mejorar la calidad del ladrillo, o se tenga que fabricar en gran cantidad.

63. **Máquina de amasar.**—Con el primer objeto se emplean toneles (fig. 26) de hierro fundido ó de madera reforzada con aros de hierro, en cuyo centro hay un eje vertical con varios brazos, de los que salen unas puas ó dientes que pasan por los claros, que dejan otras que están unidas á otro sistema de brazos análogo al primero; pero que no giran con el eje y están unidos á las paredes del tonel: el eje vertical ó árbol, los brazos y las puas son de hierro. Dando movimiento al árbol, ya sea por caballerías unidas á la palanca horizontal en que

termina, ó por cualquier otro medio, y echando por la parte superior del tonel las tierras que se van á amasar y el agua necesaria para que resulte pasta, se produce un batido constante de estas materias, las que al cabo de cierto tiempo forman un barro homogéneo. A éste se le da salida por la parte inferior, abriendo la compuerta *a*. Este mismo resultado se consigue por otros medios parecidos, como se ve en las (figs. 27 y 28), reduciéndose en la última el tonel á un rebajo circular hecho en el suelo y revestido con el cuidado que en cada caso sea necesario.

64. **Máquina de moldear.**—Un tonel análogo al descrito, sirve para el moldeado del ladrillo ordinario, y sobre todo de los huecos de que hablaremos despues; pero en este caso, en lugar de los brazos inferiores del árbol central y de los inmediatos que están unidos al tonel, lleva el primero dos chapas en forma de hélice (figura 29), y dando movimiento de rotacion al árbol, como se ha indicado más arriba, los brazos superiores baten y amasan las tierras, y las chapas inferiores comprimen la pasta y tienden á hacerla salir por el orificio ó compuerta inferior. Si en vez de una compuerta ordinaria se pone una plancha de hierro atornillada al tonel, con una abertura igual á la seccion transversal del ladrillo que quiere obtenerse, la pasta pasará á través de esta abertura en forma de un prisma *pp* de más ó ménos longitud (fig. 30), que puede correr sobre una mesa de rodillos que está al frente de la abertura, cortándole despues el obrero en ladrillos de la longitud deseada, por medio de alambres de laton ó hierro que están unidos á un bastidor *abcd*. Haciendo girar á este bastidor alrededor de la charnela *cd*, los alambres bajan y cortan el prisma de arcilla, que queda dividido en ladrillos.

Cuando el amasado y moldeado se hacen á máquina, no necesita la arcilla tanta agua para reducirse á pasta,

ni ésta resulta tan blanda como por el procedimiento ordinario; pues la gran presión que ejerce el aparato dota á esta pasta de mayor densidad y resistencia, resultando menores las mermas, y por lo tanto las creces que hay que dar á los moldes; saliendo el ladrillo con las caras y aristas sumamente limpias y tan consistentes, que parece haber ya experimentado la desecación.

Esta máquina, llamada de Clayton, nombre de su inventor, es de producción continua si se cuida de tener constantemente lleno el tonel de las materias que han de formar la pasta del ladrillo, y su empleo presenta grandes ventajas bajo el doble punto de vista de la calidad del producto y de la economía que proporciona. Ordinariamente tiene dos planchas en situación opuesta que sirven de molde para la salida de dos prismas de arcilla.

65. **Desecación.**—A poca distancia del sitio en que se moldea el ladrillo, se prepara en el terreno una superficie plana próximamente horizontal y bien endurecida, en la cual se deposita la arcilla moldeada que lleva el auxiliar en la gradilla, para lo cual da á ésta un pequeño golpe en el suelo: á este sitio se da el nombre de *secadero*. El ladrillo queda entónces durante unos dos días apoyándose en el suelo por una de sus caras mayores, y se colocan los demás al lado, dejando un pequeño intervalo y formando hileras en dos direcciones *A* (figura 31). Cuando han adquirido los ladrillos bastante consistencia para que apretándolos con los dedos apenas se note la impresión, se los coloca de canto *B* ó se apoyan dos á dos por sus bordes superiores si son muy delgados, cuidando de no deformarlos; y continúan en esta disposición los días necesarios hasta que se presenten bastante compactos y consistentes, para poder formar pilas llamadas *rejales*, de poco más de 1^m de altura, formadas por ladrillos puestos de canto, dejando entre sí cierto intervalo y en posición cruzada los de dos capas sucesivas.

Así se consigue que los inferiores no pierdan su forma, corra el aire por los intervalos y quede libre la parte del secadero que ocupaban.

Es muy conveniente que el secadero esté cubierto para evitar que la acción del sol seque con demasiada rapidez los ladrillos y los agriete, preservándolos al mismo tiempo de las lluvias, que los deformarían y hasta llegarían á destruirlos.

Cuando se quiere obtener un producto muy esmerado, se perfilan los ladrillos después de secos, alisando sus caras con una hoja de hierro humedecida, ó prensándolos en aparatos especiales.

66. **Coccion.**—La calidad del ladrillo depende mucho de la coccion ó quemado, y requiere por lo tanto que se tomen varias precauciones para obtener el producto de la naturaleza que convenga.

La coccion puede verificarse en hornos ó en pilas, empleando de combustible leña, turba ó hulla; y aunque hay procedimientos muy diversos en esta operacion, nos concretaremos á examinar el más usualmente seguido en nuestro país. Este consiste en un horno ordinario y en el empleo de la leña.

67. **Hornos ordinarios.**—Un horno comun consta de cuatro muros (fig. 32), que se cortan en ángulo recto, y si son de bastante altura, llevan refuerzos ó contrafuertes *aa*. Están formados ordinariamente de ladrillos secos y sin cocer, unidos por un mortero de arcilla, por ser materiales que resisten bien á la acción del fuego.

Apoyándose en los dos muros laterales *bc*, se construyen arcadas cuyo espesor vertical es el largo de los ladrillos, y el horizontal el ancho de los mismos: entre cada dos arcadas consecutivas, hay un claro ó separacion de 0^m 14 á 0^m 16 para que pueda penetrar el calor y la llama á la parte superior ú horno, sirviendo la inferior

de hogar. Estas arcadas se hacen de ordinario con ladrillos bien aireados y secos, de la misma naturaleza que los que se van á cocer, aunque á ser posible convendria fueran refractarios, y despues se enrasan horizontalmente por la parte superior con materiales de desecho ó poco cocidos de las hornadas anteriores. Al frente del hogar está su *boca*, que debe poderse abrir y cerrar á voluntad, empleando una portezuela de hierro ú otro medio semejante.

Hecho esto, se procede á la *carga del horno*, para lo cual se colocan sobre las arcadas consecutivas, dos de las cuales están proyectadas horizontalmente segun *abcd* y *efgh* (fig. 33), ladrillos de canto á lo largo que dejen entre sí algun espacio libre, formando en toda la estension del horno una capa horizontal de ladrillos paralelos unos á otros: sobre esta capa se pone otra en las mismas condiciones, pero la direccion de los ladrillos es á ángulo recto con los inferiores; y así se continúa, alternando esta direccion en cada capa, hasta llegar á la parte superior ó *boca del horno*. Para evitar que los obreros rompan los ladrillos si anduvieran directamente sobre ellos, se ponen tablones sobre cada capa para colocar la superior, los que se van subiendo á medida que adelanta la carga. La separacion entre las filas de los ladrillos que forman una capa no debe ser constante y sí crecer desde el centro hácia las paredes, y aumentar tambien en las diversas capas á medida que están más altas, con objeto de que el calor esté repartido con la mayor igualdad posible. Esta separacion varía de 0^m 02 á 0^m 06, debiéndose cuidar de que los extremos de los ladrillos de la misma capa que forman una fila, dejen un claro de 0^m 02 próximamente. Sobre la última capa se colocan ladrillos puestos de plano, recubiertos con barro de tierra ó arcilla, dejando dos ó más aberturas ó respiraderos para alimentar y graduar el fuego.

Concluidas estas operaciones se va introduciendo la leña en el hogar y se *da fuego*, el cual debe ser poco intenso durante los dos primeros días, con objeto de que se sequen lentamente y por completo las piezas, sin sufrir deformaciones y agrietamientos. Terminado este tiempo, se da más fuerza al fuego aumentando el combustible y quitando parte de la cubierta superior para que sea mayor el tiro; y se continúa de esta manera 8 ó 10 días, al cabo de los que baja la carga ó se *asienta* más ó menos: se observa si los ladrillos superiores están cocidos como á la mitad del punto que deben tener, y se vuelven á tapar las aberturas de la cubierta con ladrillos poco cocidos y arcilla, á fin de conservar el calor y retardar el enfriamiento, que dura de 4 á 6 días. Despues se descubre el horno y se le descarga con precaucion para evitar roturas y pérdidas del material.

Se conoce que está concluida la coccion cuando la llama sale sin humo y blanquecina, aunque la práctica del hornero le hace apreciar en cada caso el momento más oportuno de terminarla.

68. Situacion y dimensiones de los hornos.—Siempre que el terreno lo permita, se sitúa el horno en una ladera, en la que se hace una escavacion, donde se construyen los muros, quedando tres enterrados hasta cierta altura, y en el cuarto, que está al descubierto, se practica la boca del hogar: debe cuidarse de elegir este lado de modo que no le azoten los vientos reinantes del país. Para impedir que la lluvia caiga dentro de los hornos, se los suele cubrir con un techado que se apoya en pilares levantados sobre los ángulos de los muros; y cuando reinan vientos fuertes y frios, se ponen pantallas de estera ó lona para evitar sus efectos. Empleando leña ó retama se queman de 1.000 á 1.300 kilogramos de combustible por cada millar de ladrillos, para obtener una buena coccion.

Los hornos que hemos considerado pueden contener hasta 20 ó 30 mil ladrillos, teniendo sobre el hogar por término general 5^m de largo por otro tanto de ancho, y una altura de 3^m, con muros de 0^m 5 de grueso; pero si sus dimensiones son mayores, hay necesidad de subdividir en dos ó más partes el hogar, teniendo cada una su boca particular con objeto de repartir lo más igualmente posible el combustible y el calor, para que la cochura salga uniforme.

69. **Generalidades acerca de los ladrillos.**

—En toda coccion se pierde $\frac{1}{10}$ próximamente del total de ladrillos, los que resultan de tres clases: una muy cocida y aun vidriada, que si no ha perdido su forma sirve bien para los paramentos de las obras por su mucha dureza: otra que presenta una coccion y dureza media, y la última, que resulta poco cocida y que sólo se emplea en los rellenos y obras interiores. Los ladrillos de la primera clase, llamados *recochos*, suelen tener un color encendido ó amarillo bajo, segun sea la calidad de la arcilla, y son los que han estado más próximos al hogar; los que están en la parte central de la hornada se llaman *rosados*, á causa del color que presentan; y *porteros*, los poco cocidos que resultan de la parte superior del horno (1). Los pequeños fragmentos de cal viva que tienen algunos ladrillos y aparecen como pintas blancas, se llaman *caliches*, los cuales perjudican á las buenas cualidades de este material.

Aunque la forma general de los ladrillos es la de un paralelepípedo rectangular, como ya se ha dicho, son sin embargo muy variables sus dimensiones, si bien para po-

(1). Suponemos en el testo que el horno ha estado en marcha anteriormente: si estuviera recién construido hay que secarle con lentitud ántes de verificar la carga, para lo que se enciende un fuego poco intenso.

derlos enlazar y combinar mejor en la construcción, se les da próximamente doble longitud que ancho, y un espesor distinto en cada caso, que depende de la naturaleza de la arcilla y objeto á que se los destina. Este espesor deberá siempre ser tal, que la acción del calor alcance á la parte central de la masa, para que su cocción sea uniforme en cuanto es dable. Las dimensiones ordinarias del ladrillo comun en nuestro país son 0^m 28; 0^m 136 y 0^m 04, aunque tambien se hacen cambiando bastante estos valores; así es que el ladrillo comun de Madrid tiene 0^m 278 de largo, 0^m 139 de ancho y 0^m 023 de grueso. En Francia suelen tener 0^m 22 por 0^m 107 y 0^m 05, y los de Lóndres 0^m 23 por 0^m 11 y 0^m 065 de grueso. Alguna vez, aunque rara, se les da forma de cuña para construir arcos.

70. **Cualidades del buen ladrillo.**—Para que un ladrillo sea de buena calidad, deberá ser duro, impermeable y resistente á las heladas. La dureza se prueba golpeando ó rompiendo un ladrillo con otro: en el primer caso debe dar un sonido metálico, y en el segundo presentar una testura uniforme y compacta. La permeabilidad se conoce pesando el ladrillo en seco y despues de haber estado sumergido en el agua unas 24 horas, tiempo suficiente para saturarse: el bien cocido absorbe $\frac{1}{7}$ próximamente de peso; el recocho, y más el vitrificado, apenas absorben alguna; pero el mal cocido es muy absorbente. Sometiendo el ladrillo al mismo procedimiento espuesto en el núm. 4, se ve si resiste convenientemente á las heladas. El peso específico del ladrillo ordinario varía de 1,50 á 2,00.

71. **Adobes, tejas, baldosas, etc.**—Siguiendo la misma marcha indicada en la fabricación del ladrillo, si bien con las modificaciones convenientes, se obtienen los *adobes*, que no son mas que ladrillos sin cocer, mezclando á veces en la pasta una corta cantidad de paja machacada ó recortada, ó bien arena para que la contracción que es-

perimenta al secarse no los agriete. Sus dimensiones suelen ser las del ladrillo ordinario, aunque con mayor grueso ó espesor, y son de uso frecuente en España para construcciones de poca importancia.

Las *tejas* (fig. 34), conocidas de todos, tienen una forma muy variable que proviene de la que afecta la gradilla especial en que se moldean, única cosa en que difieren del ladrillo, aparte de la conveniencia de que la pasta sea más fina y homogénea para que resulten poco porosas. Las más usadas en nuestro país son de forma abarquillada, algo más estrechas por un extremo que por otro, con longitud de 0^m 26 próximamente, 0^m 13 de ancho medio y de 0^m 01 á 0^m 02 de espesor. Se emplean para cubrir los edificios, enchufando ó recubriendo unas con otras.

Las *baldosas* son ladrillos más delgados que los descritos, de forma cuadrada y alguna vez poligonal, que se emplean por lo comun en el solado de los pavimentos. La pasta debe ser fina, esmerado el moldeado, y la coccion completa para resistir el rozamiento del tránsito. Las ordinarias tienen generalmente 0^m 28 en cuadro y 0^m 02 ó 0^m 03 de espesor, pudiéndose hacer con diversidad de colores y dibujos. Cuando sus lados son de 0^m 15 á 0^m 20, se llaman *baldosines*, y si además tienen una cara vidriada reciben el nombre de *azulejos*.

Tambien se fabrican ladrillos *huecos* (fig. 35) de formas y dimensiones muy diversas, cuyo moldeado se hace de ordinario á máquina, como ya se ha indicado, y que tienen grande aplicacion para formar muros que no den paso á la humedad ni á los cambios de temperatura; para construir suelos incombustibles y ligeros, y para rellenar sin gran aumento de carga y aun construir arcos y bóvedas. Cuando la seccion transversal es circular, resultan los *caños*, que suelen tener vidriada su cara interior; presentan un ensanche por un extremo para poderlos enchufar, y son de útil empleo en muchos casos.

ARTÍCULO III.

MORTEROS Y HORMIGONES.

72. **Generalidades sobre los morteros.**—

Los *morteros* ó *mezclas*, tienen por principal objeto trabar ó unir entre sí las piedras, naturales ó artificiales, que forman una construcción, y están constituidos por la mezcla de dos ó más sustancias, llamadas *cal*, *arena*, *cemento* y *puzolana*, reducidas á estado pastoso por el batio que experimentan con alguna cantidad de agua, adquiriendo al cabo de cierto tiempo la resistencia de una piedra más ó menos dura. Las dos sustancias que de ordinario forman la mezcla son la cal ó el cemento, con la arena ó puzolana.

Las condiciones generales que debe llenar todo mortero son: 1.º que pueda emplearse en estado pastoso para que sirva de cuerpo elástico entre dos piedras y puedan por su intermedio estar en contacto las dos caras contiguas, aunque presenten algunas irregularidades: 2.º que á poco de emplearse en un sitio dado, pueda adquirir una dureza comparable con la de las piedras y se adhiera bien á los materiales de construcción: 3.º que su dureza y adherencia aumente con el tiempo; y 4.º que se consiga este resultado con el menor gasto posible.

73. **Clasificación.**— Hay dos especies distintas de morteros: los *ordinarios*, que tienen la propiedad de no endurecer mas que al aire seco despues de transcurrido un espacio de tiempo variable; y los *hidráulicos*, que se endurecen por el contrario con mayor ó menor rapidez dentro del agua ó en un aire húmedo.

Antes de pasar á los detalles de la fabricación de los morteros, debemos examinar las cualidades de las sustancias que entran á formarlos.

74. Cal. Coccion de las calizas.— Ya hemos dicho (núm. 11) que esponiendo las piedras calizas á un fuerte calor producen la *cal*. Esta operacion se ejecuta ordinariamente en España construyendo hornos como los descritos al tratar del ladrillo; eligiendo despues las piedras de mayor tamaño que hay que calcinar para voltear con ellas los arcos en claraboya que cubren el hogar, y colocando por último sobre estos arcos las demás piedras puestas de canto, para que los huecos que dejan proporcionen buen tiro á la llama; teniendo cuidado de situar las mayores cerca del hogar y en la parte central del horno donde es más intenso el calor: de este modo se obtiene una calcinacion bastante igual en toda la carga, cuando se han partido las piedras hasta reducirlas á la dimension de 0^m 10 á 0^m 20.

Hecho esto se puede prender fuego á la leña ó retama del hogar, proporcionando un calor moderado durante 10 ó 12 horas; pues si fuera violento podria descomponer las piedras que forman la bóveda y las que están encima, ó bien formar una costra exterior que impida se calcine la parte central si hay alguna arcilla mezclada con la caliza. Transcurrido el tiempo indicado, pierde la piedra toda el agua de cantera que contenia; entónces se ennegrece y debe sostenerse el fuego hasta que recobre su color: desde esta época puede cargarse el hogar con más combustible y aumentar la intensidad del fuego.

Se conoce que la calcinacion está terminada cuando la llama sale por la boca del horno sin humo y con un color blanquecino, notándose unas cinco horas ántes de terminarse la operacion, que la carga ha experimentado un asiento de $\frac{1}{6}$ próximamente de su altura. Tambien puede darse por concluida si al introducir una barra de hierro entre las piedras penetra con cierta facilidad sin experimentar choques marcados y como si fuera entre cal ordinaria, en cuyo caso indicará que no han quedado partes

de caliza sin calcinar, á las cuales se llaman *huesos*. La calcinacion suele durar de tres á cuatro dias.

Concluida la coccion se reduce el fuego hasta apagarle para disminuir lentamente el calor, siendo conveniente mantener cerrada la boca del hogar y aun tapar la del horno : unas seis horas despues se le puede ya descargar, cuidando en lo sucesivo de preservar á la cal de las influencias atmosféricas ó empleándola pronto.

Hay que tomar várias precauciones para que la marcha del calor sea bien regular y evitar los golpes de viento, como se dijo en la coccion de los ladrillos; pero esto corresponde mas bien á la práctica del calero.

La cantidad de cal que da un volúmen determinado de piedra caliza es muy variable, encontrándose disminuido éste de 0,1 á 0,2, y el peso, cuando la calcinacion es perfecta, viene á reducirse á 0,55 del primitivo. El consumo de leña es de 1,80 metros cúbicos por metro cúbico de cal, ó la cantidad equivalente cuando el combustible es más delgado y está en haces.

75. Propiedades y clasificacion de las calles.—Al salir la cal del horno se la llama *cal viva*, y si se la echa agua la absorbe con cierta rapidez desarrollando bastante calor, aumenta de volúmen ó se *hincha*, agrieta y desmorona, reduciéndose por último á polvo fino y seco. Si despues se vierte aun más agua, la absorbe de nuevo con un ruido semejante al que produce el hierro enrojecido al sumergirlo en el agua, desprendiendo al mismo tiempo abundantes vapores y desarrollando un calor bien perceptible. Cuando han concluido estos fenómenos por verter suficiente agua, deja la cal de ser caústica, ó lo que es lo mismo, puesta en la lengua no produce el calor acre y ardiente que caracteriza la cal viva, habiéndose convertido en *cal apagada*.

Estos mismos fenómenos tienen lugar, aunque de una manera mucho más lenta, cuando se espone la cal viva al

aire húmedo; y sólo se manifiestan en parte ó con ménos intensidad, cuando la cal está mezclada con otras sustancias que modifican sus cualidades, á veces de un modo muy ventajoso para las construcciones, como veremos más adelante.

Hay algunas cales que sumergidas en el agua adquieren al cabo de un tiempo variable una dureza más ó ménos grande, y otras que carecen por completo de esta propiedad. Las primeras se llaman cales *hidráulicas* y las segundas cales *comunes*.

Para conocer si una cal viva es ó no hidráulica, se rocía con agua el trozo que se quiere ensayar; y si despidе vapores, se calienta y se hincha mucho al poco tiempo para quedar despues reducida á polvo, es un indicio de que es muy poco ó nada hidráulica: si por el contrario, se calienta con lentitud y se hincha poco ántes de convertirse en polvo, es señal de que puede serlo (1).

Apagada la cal, se va echando poco á poco agua y se bate bien con una paleta hasta formar una pasta consistente, con la que se hacen bolas de unos 0^m 05 de diámetro, las que se depositan con cuidado en una vasija llena de agua. A las 48 horas se acerca á la pasta la punta de una varilla delgada de hierro puesta verticalmente, que tiene en el extremo superior cierto peso, y si al dejarla no entra en la masa, es prueba de que la cal se ha endurecido ó es hidráulica. Si sucede lo contrario, se repite la experiencia 24 horas despues, continuando del mismo modo hasta que resista la pasta. Cuando esto tiene lugar despues de 20 dias, la cal es poco hidráulica; y si al cabo de seis meses la pasta sigue blanda, carece entónces de tal propiedad.

(1.) Cuando la cal es muy hidráulica, apénas son perceptibles estos fenómenos; por cuya razon debe triturarse y reducirse de antemano á polvo, para que pueda tomar el agua y apagarse.

Se conoce tambien que la cal está endurecida cuando resiste á la presión del dedo con la fuerza media del brazo, ó cuando no puede cambiar de forma sin romperse.

Las cales comunes, lo mismo que las hidráulicas, presentan sus cualidades características con distinta energía, por cuya razón se subdividen las primeras en *cales grasas y áridas* y las segundas en *poco hidráulicas, hidráulicas y eminentemente hidráulicas*. Verificando en cada una de estas cales el experimento anterior, resulta que la grasa no se endurece, y se disuelve por el contrario cuando se remueve ó agita el agua que contiene la vasija en que está sumergida; la árida tampoco se endurece, pero no se disuelve totalmente como la grasa, y deja un residuo que no tiene consistencia; la poco hidráulica se endurece ó *fragúa* al cabo de uno ó seis meses; la hidráulica á los seis ó veinte días, y la última aparece *fraguada* entre el segundo y cuarto día.

76. Cemento.—Los cementos se distinguen de las puzolanas en que mezclados solos con cierta cantidad de agua y bien batidos hasta formar una pasta consistente, producen morteros más ó menos hidráulicos. En general, no son mas que variedades de cales eminentemente hidráulicas, que tienen la propiedad notable de endurecerse en pocas horas, ya estén en contacto con el aire, ya se encuentren sumergidas en el agua.

Estas sustancias provienen de calizas con más ó menos cantidad de arcilla y con diversos grados de calcinación ocasionada por el calor central de la tierra.

77. Arena.—Ya hemos indicado (núm. 25) las cualidades más principales de las arenas, y aquí sólo nos limitaremos á consignar, que en general no poseen la menor propiedad hidráulica, y que sólo entran en los morteros como materias inertes para dividir la cal y reducir en lo posible el precio de la mezcla. Hay, sin em-

bargo, algunas que tienen la cualidad hidráulica, lo que se reconocerá fácilmente como veremos despues.

Las arenas deben siempre estar limpias, disminuyendo las dimensiones de su grano á medida que el mortero deba ser más fino.

78. **Puzolanas.**—Las puzolanas son arenas volcánicas ó rocas del mismo origen, que por medios mecánicos se rompen y reducen al estado de arena ó polvo fino. Todas las puzolanas son hidráulicas, pero con más ó menos energía, y hay algunas que mezcladas en pequeñas cantidades á una pasta de cal grasa, la comunican inmediatamente propiedades hidráulicas bastante activas, al paso que otras, unidas en mayor proporcion, apénas hacen sensible esta propiedad; razon por la que deben siempre ensayarse ántes de emplearlas en las construcciones. Mezcladas con el agua no producen pasta, y es necesario unir las con la cal grasa para que resulten morteros hidráulicos. Tambien se obtienen artificialmente puzolanas, triturando el ladrillo, las tejas y otras várias sustancias.

Para apreciar la energía hidráulica de cualquiera de estas materias, se reduce á estado de pasta, como ya se ha dicho, cierta cantidad de cal que préviamente se ha comprobado ser grasa, y se añade una dósis conocida de la materia que se quiere ensayar, haciendo que la mezcla sea lo más íntima posible, por medio del batido, y echando el agua indispensable. Obtenida de este modo una pasta consistente y bien homogénea, se forman bolas que se sumergen en el agua, y se continúa el experimento como se ha dicho más arriba, apreciándose de la misma manera la hidraulicidad de la materia ensayada. Si fuera un cemento, se puede hacer la esperiencia en un todo igual á la descrita para conocer la hidraulicidad de una cal cualquiera.

79. **Agua.**—La calidad del agua ejerce mucha influencia en el apagado de las cales y en la resistencia de

los morteros. La más conveniente es la que se presenta más pura, como la de manantiales que no sea mineral ó salina, y la de arroyos y rios de lecho de grava ó arena. La que pasa por terrenos yesosos y la estancada ó pantanosa, no se debe emplear en lo posible; y la de pozo debe airearse ántes. Tampoco conviene usar el agua de mar, si se puede disponer de agua dulce.

80. **Cales hidráulicas artificiales.**—Sometidas á una coccion análoga á la que sufre la cal, un gran número de calizas que contengan arcilla, proporcionan naturalmente las cales más ó menos hidráulicas que se encuentran en el comercio; el que tambien presenta puzolanas naturales, que sólo han necesitado una trituracion para reducirlas á polvo; y por último, se obtienen por la coccion de las piedras arcillo-calizas los cementos tambien naturales.

Cuando no haya medio de proporcionarse cales hidráulicas naturales, se pueden obtener artificialmente siguiendo dos procedimientos distintos.

El primero consiste en mezclar cal grasa apagada y hecha pasta con la cantidad conveniente de arcilla, segun la energía de que se la quiera dotar, adoptando una de las proporciones que se indican á continuacion.

Por el segundo se mezcla con la arcilla, y en las proporciones indicadas, la piedra caliza sin calcinar y triturada, reduciendo todo á pasta, para lo que se vierte cierta cantidad de agua. Este medio, aunque muy usado, es ménos conveniente que el anterior, y en ambos pueden influir para las proporciones, las cualidades especiales de cada arcilla.

Cualquiera que sea el procedimiento que se siga, se mezclan perfectamente las dos sustancias hasta que resulte una masa homogénea, para lo cual se emplean aparatos semejantes á los descritos al tratar del amasado de las tierras en la fabricacion del ladrillo; pues que la

bondad de la cal hidráulica artificial, depende tanto de la mezcla íntima de las materias, como de su naturaleza y propiedades: despues se forman bolas, ó prismas como ladrillos, que se secan y se someten á la coccion, procediendo luego como con la piedra caliza calcinada. De todos modos conviene hacer ensayos prévios para conocer la naturaleza del producto obtenido, entrando las materias componentes en las proporciones generales que á continuacion se espresan:

	ARCILLA.	CAL.
Cales hidráulicas.. . . .	0,10	0,90
	0,34	0,66
Cementos.. . . .	0,40	0,60
	0,61	0,39
Puzolanas...	0,70 creciendo.	0,30 disminuyendo.

81. **Fabricacion de los morteros. Morteros de cal.**—Las operaciones necesarias para esto son: el *apagado* y *cribado* de la cal, la *proporcion* de las materias y su *mezcla*.

82. **Apagado de la cal.** — Aunque hay vários procedimientos para apagar la cal, sólo nos fijaremos en los dos más usuales y convenientes, llamados *ordinario* y por *aspersion*.

Siguiendo el método ordinario, se dispone horizontalmente un suelo seco, en el que se echa la cal, y alrededor se forma un reborde con arena, vertiendo á continuacion sobre la primera el agua necesaria para que forme una pasta consistente. Despues se echa la arena sobre la pasta de cal y se mezclan groseramente estas sustancias, que se dejan reposar por algunos dias, y cuando hay que

emplear el mortero, se baten de nuevo y con más cuidado. Este método, muy generalizado, es poco recomendable.

Si se quiere más esmero en el apagado, se pone la cal en una alberca de madera *A* (fig. 36), que tiene una compuerta *B*, y se la reduce á pasta suelta echando el agua suficiente. Despues se quita la compuerta y cae la pasta en una zanja abierta en el suelo, donde pronto adquiere más consistencia. Cuando la cal no es hidráulica se la puede conservar indefinidamente en este estado, si se cuida de cubrirla con arena. Este método es siempre preferible al anterior.

Por este medio resultan las cales grasas con 2 ó 3 veces el volúmen que tenían ántes de apagarse, y las demás con el mismo ó 1,5 á lo sumo.

El apagado por aspersion se verifica formando con la cal uno ó más montones con un volúmen aproximado de $\frac{1}{4}$ de metro cúbico cada uno; se los riega por medio de cubos, regaderas etc., é inmediatamente se cubren con arena sin removerlos. Despues, se tiene cuidado de ir tapando con arena las grietas que se forman en la superficie de los montones á consecuencia de la hinchazon que experimenta la cal, para oponerse así al escape de los vapores, y se obtiene de esta manera una cal perfectamente apagada y reducida á polvo muy fino. Tambien se forman montones de más volúmen, aunque entónces el apagado no resulta tan igual.

La relacion entre los volúmenes de la cal ántes y despues de apagada por este método, es de 1 por 1,50 á 1,70 para la grasa, y para las demás de 1 por 1,80 á 2,20.

83. **Condiciones del buen apagado.**—En general no se debe echar más cantidad de agua que la necesaria, pues de lo contrario se *ahoga* la cal, como se dice vulgarmente. Para determinarla, se hace una experiencia prévia tomando un volúmen conocido de cal viva y pe-

sándolo; se le echa el agua necesaria para que se apague perfectamente formando pasta, y despues se vuelve á pesar: la diferencia de pesos es el del agua conveniente para el volúmen dado.

Para conocer si una cal está bien apagada, se introduce en la masa un palo, y si al sacarle está cubierto de cal pastosa, indica que la operacion está bien hecha; pero si en algunos puntos aparece un polvo seco, y si del agujero que se ha formado se desprenden vapores, es señal de que han quedado algunas partes sin apagar, y hay que verter más agua.

El método seguido en el apagado influye en el resultado de la operacion, y el órden de preeminencia adoptado es el siguiente:

Para las cales grasas y poco hidráulicas: 1.º, el de aspersión; 2.º, el ordinario.

Para las hidráulicas y eminentemente hidráulicas: 1.º, el ordinario; 2.º, el de aspersion.

84. **Cribado.**—Una vez apagada la cal y reducida á polvo, se debe pasar por una zaranda ántes de emplearla en la fabricacion de los morteros, para separar las piedrecillas y terrones demasiado voluminosos. Las zarandas más usadas consisten en un bastidor rectangular (fig. 37) de un metro próximamente de ancho por 1,50 á 2,00 de altura, con un enrejado de alambre cuyas mallas tienen unos 0^m 015 de abertura; y otras veces con varillas de hierro ó listones de madera, formando filas que dejan un claro de 0^m 01. Esta operacion se verifica colocando la zaranda inclinada unos 45°, y echando encima la cal apagada: las partes finas pasan á través del enrejado, y las demás ruedan por éste hasta el pié del bastidor.

85. **Proporción de las materias.**—Cuando se conoce de antemano la proporción en que deben entrar las materias para formar el mortero, se reducen estos componentes al estado de polvo ó de pastas susceptibles

de poderse mezclar íntimamente, y se miden por medio de carretillas; cubos; cubetas, ó espuertas que tengan poco volúmen, para poderse manejar con facilidad. Para esto, se echan de uno de los componentes, una, dos ó más medidas, segun sea la relacion en que deba entrar respecto á los demás; luego se pone la parte correspondiente á otro, y despues el volúmen proporcional del tercero, si son tres las materias mezcladas, y estas operaciones se repiten hasta formar la cantidad total que se ha de mezclar.

Como se puede formar un mortero que satisfaga á las condiciones particulares de cada caso, empleando proporciones muy diversas de las materias que en general entran en la composicion, se concibe que es imposible dar *á priori* soluciones decisivas acerca de este asunto; debiendo siempre el constructor inquirir el costo de los diversos ingredientes de que puede servirse, para que, llenando el mortero las condiciones impuestas, resulte lo más barato posible.

Por esta razon nos limitaremos aquí á dar la composicion de algunos morteros; pero teniendo presente que esto debe considerarse únicamente como punto de partida ó de comparacion, para cuando se tenga que resolver un problema de este género. De todos modos el volúmen de cal nunca debe ser menor que el de los huecos que quedan entre los granos de arena.

Para conocer estos huecos se llena una vasija, cuya capacidad se conoce, con la arena que se quiere emplear, despues de limpiarla y secarla convenientemente, y luego se vierte agua hasta que aparezca en la superficie: el volúmen de agua que se ha vertido es el buscado. La relacion entre los huecos y el volúmen de la arena, es como sigue:

Para la arena muy fina y tierras.	$\frac{2}{7}$
Para arenas finas de 0 ^m 0003 de diámetro. . .	$\frac{1}{3}$

Para arenas medias de 0 ^m 001.	$\frac{2}{3}$
Para arenas gruesas de 0 ^m 003 de diámetro. . .	$\frac{5}{12}$
Para gravas de 0 ^m 01 á 0 ^m 015.	$\frac{1}{2}$
Para piedra partida de 0 ^m 030 á 0 ^m 050. . . .	$\frac{1}{2}$

Esto no obstante, en los morteros ordinarios la proporción habitual varía desde partes iguales de cal apagada y arena, hasta 1 de la primera materia y 3 de la segunda; pero conviene en cuanto sea posible acercarse á la primera relación.

En la confección de los morteros hidráulicos aumenta la dificultad de establecer una proporción definida para que llenen las condiciones generales establecidas en el número 72, porque su objeto y las circunstancias locales varían en cada caso de aplicación. Sin embargo, Mr. Vicat ha dado algunas indicaciones, que siempre deben tenerse en cuenta, y son las siguientes:

Para obtener morteros que puedan adquirir una gran dureza *en el agua; bajo tierra, ó en sitios constantemente húmedos*, se debe mezclar: con las cales *grasas*, puzolanas naturales ó artificiales *enérgicas*; ó bien puzolanas *muy enérgicas atenuadas por la mezcla con una mitad de arena próximamente*: con cales *eminentemente hidráulicas ó cementos*, materias *inertes*, como arena, etc.

Para que los morteros sean susceptibles de adquirir gran dureza *al aire libre y de resistir á la lluvia, al calor y á las heladas fuertes*, sólo deben mezclarse *arenas ó materias inertes*, con cales *hidráulicas ó eminentemente hidráulicas*.

Por último, para las construcciones que se ejecutan *en el mar, ó que se encuentran sometidas á sus emanaciones salinas*, los morteros que en general endurecen y resisten mejor, son los compuestos de cal *más ó menos hidráulica* y materias *silíceas inertes*.

El ingeniero citado admite en tésis general, que en las mezclas de cal grasa y puzolana, vale más pecar por falta

de cal que por exceso; é inversamente para las cales hidráulicas ó eminentemente hidráulicas mezcladas con arenas inertes; y recomienda que siempre se hagan ensayos previos, para adoptar las proporciones más convenientes.

CUADRO DE LA COMPOSICION DE 1 METRO CÚBICO DE ALGUNOS MORTEROS.

Cales.	Volúmen.				Observaciones.
	Cal apagada en polvo.	Arena.	Cemento.	Puzolana.	
Grasa.....	0,37	0,95	.....	.....	Para muros.
Id.....	0,34	.....	0,82	.....	Para empedrados.
Id.....	0,25	0,94	.....	0,20	Para depósitos de agua, algibes, etc.
Hidráulica (muy energética).....	0,36	1,00	.....	0,04	Para debajo del agua.
Id. (energía regular)....	0,33	1,02	.....	.....	Para sumideros y construcciones hidráulicas.
Id.....	0,37	0,95	.....	.....
Id.....	0,38	1,02	.....	.....	Empañetados y enlucidos.
Id.....	0,44	1,00	.....	.....
Poco hidráulica (mortero energético).....	0,45	0,45	.....	0,45	Mamposterías en los canales.
Hidráulica (mortero muy energético).....	0,48	1,00	.....	.....	Obras marítimas.

86. **Mezcla de las materias.**—Esta operación puede hacerse á brazo, ó con máquinas para las obras en grande, y las sustancias se miden en volúmen y en polvo, ó en pasta consistente.

87. **Mezcla á brazo.**—Adoptando el primer siste-

ma, se iguala en el terreno la estension necesaria y se cubre con tablas, ladrillos ó lajas de piedra, que formen una superficie plana: se establece con la arena un cordon circular y en el centro se echa la cantidad conveniente de cal en pasta. Despues se procede á la mezcla de la cal y la arena por medio de *batideras* de hierro (fig. 38), que comprimen las materias contra el suelo con la paleta del extremo; las recoge despues volviéndola y mezclando así por pequeñas porciones las sustancias depositadas, hasta que la pasta sea homogénea: á medida que se estiende la mezcla con las batideras, la va reuniendo un obrero con una pala.

Si la cal está algo dura y la arena demasiado seca para que se pueda hacer la mezcla con facilidad, se reblandece la primera echando encima cierta cantidad de agua en la que se ha diluido un poco de cal, la que recibe el nombre de *lechada de cal*.

88. **Mezcla con máquina.**—En los trabajos en grande, se hace la mezcla con máquinas movidas por caballerías ó por el vapor, las que pueden referirse á dos tipos principales.

El uno compuesto de ruedas verticales (fig. 27), que giran alrededor de un árbol central sobre un rebajo circular, cuyo fondo se reviste con lajas duras; este rebajo tiene en un punto una compuerta para dar salida á voluntad el mortero fabricado. Detrás de cada rueda y partiendo del brazo que la une con el árbol, va una chapa de hierro en forma de reja de arado, que al moverse desprende las materias que se han adherido á las paredes y fondo del rebajo, y las presenta ya removidas á la accion de la rueda siguiente; continuando estas operaciones hasta que sea bien homogénea la mezcla, en cuyo caso se quita la compuerta antedicha y va cayendo el mortero á un depósito inferior. Conocida la proporcion de las materias, se echa en el rebajo circular, y se estiende lo más igualmen-

te posible, la cal que debe entrar en una molienda, la que se mide por el número de carretillas descargadas, y se empieza á dar movimiendo á las ruedas; despues y sin detenerlas en su marcha, se van vertiendo por igual tambien las carretillas de arena necesarias, para que resulte la proporcion buscada.

El otro tipo está reducido á un tonel como el ya descrito (fig 26) al hablar de la fabricacion del ladrillo. Mezcladas las materias componentes y humedecidas con el agua necesaria, como siempre se hace, se echan por la parte superior y salen por la compuerta inferior formando pasta (1).

En general, y cualquiera que sea el procedimiento adoptado, se hace con frecuencia esta operacion en dos veces cuando el mortero no es hidráulico. Se empieza por mezclar groseramente las materias y se las deja descansar dos ó tres dias, volviéndola despues á someter á la mezcla definitiva inmediatamente ántes de emplearla.

En los trabajos de importancia bien ordenados, se hace la fabricacion de los morteros en barracas ó tinglados, divididos en vários compartimientos para almacenar la cal apagada; la arena; la puzolana ó el cemento, y en los que hay tres ó cuatro artesones en que se van echando las mezclas preparadas y el mortero completamente fabricado, para gastarle en el dia. La llave que cierra estas barracas está en poder de un guarda para evitar que se altere maliciosamente la proporcion de las mezclas.

Cuando á la arena se sustituye en parte ó en todo la puzolana, para obtener morteros hidráulicos, la fabricacion es igual á la descrita, ya se haga á brazo ó con

(1) Examinando el cuadro anterior, se ve que la manipulacion da siempre por resultado reducir el volúmen total de las materias componentes del mortero, y se aprecia por término medio este efecto en $\frac{1}{3}$ ó $\frac{2}{7}$ cuando la mezcla está bien hecha.

máquina; cuidando siempre de emplearlos ántes de que den indicios de empezar el fraguado.

89. **Mezclas particulares.**—Si el mortero está formado únicamente por cemento y arena, hay que empezar por mezclar estas dos sustancias en *seco* y con el mayor esmero posible, para evitar que en el tiempo que se invierte en esta operacion, pueda fraguar el mortero si se echase desde luego el agua.

Para esto, y cuando la cantidad que hay que fabricar es pequeña, se miden la arena y el cemento en polvo que han de formar la mezcla, cuidando de que no pase el volúmen total de 6 litros, y se echan en un *cuevo* (fig. 39), que sólo tiene tres paredes, removiendo perfectamente estas sustancias. Despues forma el obrero con ellas un reborde en la parte en que no hay pared, y vierte en el centro del cuevo, y de una sola vez si es posible, el agua necesaria; comprimiendo inmediatamente en ésta con la punta de una paleta de hierro (fig 40), y en pequeñas porciones, las materias que forman el reborde, hasta que se haya absorbido toda el agua. Hecho esto agita y remueve bien esta pasta preparatoria y la pone á un lado del cuevo, haciéndola luego pasar por pequeñas partes, que aprieta con la hoja de la paleta para triturarlas en lo posible, y repite esta última operacion las veces necesarias hasta que la masa sea homogénea en todas sus partes, y puesta en monton con la paleta, presente un aspecto brillante y como aceitoso, en cuyo estado se lleva al punto de su empleo.

Teniendo que fabricar gran cantidad de mortero, conviene mezclar perfectamente el cemento y la arena con batideras como las ya descritas (87); despues se forma con estas materias un reborde circular, en cuyo centro se vierte la cantidad de agua necesaria, operándose la trituracion como ántes se dijo.

En la manipulacion no se debe echar nunca más agua

que la absolutamente necesaria, la cual no pasa de la mitad del cemento en polvo; y aunque al principio parece insuficiente y el mortero forma una pasta dura, se va reblandeciendo por la trituracion, y al poco tiempo se ve que era la que convenia.

Cuando el mortero está compuesto de cal, arena y cemento se comienza por mezclar sólo las dos primeras sustancias, y despues que forman un buen mortero, se añade el cemento en polvo y se procede á la trituracion, como se acababa de decir.

90. **Morteros de yeso.**—Ya se dijo (16) que sometidas la piedras yesosas á una calcinacion conveniente, resultaba el yeso.

La esplotacion de las canteras de esta clase de piedras; su estraccion, y las demás operaciones preliminares, son las mismas que para las calizas; y por lo tanto comenzaremos desde luego á examinar su coccion.

91. **Coccion de las piedras yesosas.**—Se puede verificar esta operacion al aire libre ó en hornos; pero como para las construcciones no hay gran inconveniente en que el yeso contenga algunas materias inertes que hacen el papel de la arena en el mortero; y por otra parte, la piedra necesita poco calor para desprenderse de una porcion del agua que contiene y adquirir las cualidades necesarias en las aplicaciones, de aquí que, aun empleando hornos, se reduzcan por lo regular á tres muros, que se encuentran en ángulo recto, cubiertos con un techado cualquiera (fig 41). Paralelamente á los muros laterales, se forman diversas bóvedas de 0^m 50 de claro por unos 0^m 65 de alto, con los trozos mayores de la misma piedra que se va á cocer. Los claros que se dejan; la posicion de la carga; la colocacion del combustible y demás, es semejante á lo dicho al tratar de la cal, debiendo sin embargo advertir que el fuego en este caso es ménos intenso.

La coccion dura de 10 á 15 horas, indicando la prác-

tica del yesero el momento oportuno de terminarla para que el yeso resulte de la mejor calidad posible, y se suele quemar de 0,15 á 0,20 metros cúbicos de leña por metro cúbico de yeso obtenido: la piedra despues de la coccion disminuye próximamente $\frac{1}{4}$ de su peso por el agua desprendida. Terminada esta operacion, y despues de enfriado lentamente el horno, se saca el yeso y se tritura hasta reducirle á polvo más ó ménos fino, unas veces á brazo con mazas ó pisones, y otras empleando ruedas, ó mejor rodillos de piedra, dispuestos en lo esencial como aparece en la (fig. 27); cuidando de emplearle, en cuanto sea posible, á poco de haberle fabricado: si fraguase en este estado demasiado pronto, se le tiene 4 ó 5 dias ántes de usarle, lo que amortigua su energía.

92. **Cualidades del yeso.**—El yeso obtenido de esta manera absorbe con gran rapidez la humedad atmosférica; y amasado con agua, forma una pasta que se endurece en un tiempo generalmente muy corto, adhiriéndose bien á los materiales de construccion. A pesar de esto, el yeso tiene las desventajas de disminuir de dureza con el trascurso del tiempo, y más si está espuesto á la humedad, y de aumentar de volúmen con el tiempo tambien; circunstancia muy atendible, para evitar que las obras en que se emplee este material se alabeen ó agrieten, á causa de estos cambios de dimensiones.

Para el amasado, despues de cribarlo de una manera análoga á la dicha cuando se trató de la cal, se echa primero en un cuevo el agua necesaria, la que varía entre 1,20 y 0,6 en volúmen para 1 de yeso; se va vertiendo éste poco á poco, y se le remueve con una paleta de cobre mejor que de hierro. Si se quiere un yeso que fragüe pronto y con energía, se echa bastante cantidad para que forme una pasta consistente, que se emplea desde luego; y si por el contrario conviene que el fraguado sea lento, se aumenta la proporcion de agua y da una pasta suelta.

93. **Morteros de arcilla.**—La proporcion de las materias destinadas á este objeto es la misma que se dijo en la fabricacion del ladrillo: se estiende sobre una era hecha en el suelo cierta cantidad de arcilla ó de tierra arcillosa, y despues de verter el agua necesaria, se bate y mezcla con batideras ó rastras, hasta que adquiriera una consistencia pastosa.

En este caso se emplea para enlazar los adobes con que se fabrican ordinariamente los hornos; para revestir á éstos interiormente formando una costra delgada que los preserva de la accion del fuego, y para construcciones de poca importancia ó provisionales.

94. **Hormigones.**—El hormigon es una mezcla de mortero hidráulico y de piedras partidas ó de fragmentos de ladrillos, entrando el primero en cantidad suficiente no sólo para llenar los intersticios que dejan las piedras, sino para impedir que éstas estén en contacto entre sí. Conviene que las piedras tengan aristas salientes para que se indroduzcan en la masa del mortero y haya una perfecta trabazon, lo que no se conseguiria en tan buenas condiciones si tuvieran la forma redondeada de las gravas y guijos.

Ya se ha dicho (85) los claros que dejan las piedras partidas cuya dimension varía entre 0^m 03 y 0^m 05, que es la adoptada para formar los hormigones; y en la fabricacion se mezcla el volúmen de mortero determinado por estos claros, aumentado en $\frac{1}{4}$ ó $\frac{1}{2}$.

Como indicacion general de las proporciones en que entra el mortero y las piedras partidas que no pasen de 0^m 05 de lado, para formar un metro cúbico de hormigon, se pone el siguiente cuadro:

Mortero.	Piedra.	APLICACIONES.
0, m ³ 55	0, m ³ 77	Para zampeados, depósitos, etc., espuestos á una gran presión del agua.
0, m ³ 52	0, m ³ 78	Para obras hidráulicas de mampostería y desagües de cañerías.
0, m ³ 48	0, m ³ 84	Para obras de canalización; cimientos en las pilas de los puentes; muelles, etc.
0, m ³ 43	0, m ³ 90	Para cimientos de edificios en terrenos húmedos y movibles.
0, m ³ 38 0, m ³ 20	1, m ³ 00	Para macizos, fundaciones, etc., en terrenos secos y movibles.
0, m ³ 50		
0, m ³ 57	0, m ³ 85	Para sumergirle fresco en el mar.

95. **Mezcla de las materias.**—Conocida la proporción de piedra y mortero que debe entrar en la mezcla, se miden estas materias en carretillas que tengan la misma capacidad, y se echan de cada clase el número necesario para que el volumen total esté en la proporción pedida; y suponiendo que en un caso dado sea de 2 á 3, se llenarán dos carretillas de piedra, que se extenderá en una era igual á la descrita al tratar del mortero (85); encima, y para facilitar la mezcla, se echa el volumen de mortero contenido en tres carretillas que tengan la misma capacidad que las anteriores, estendiéndole bien uniformemente: despues se sobrepone otra capa de piedra como la primera; y luego otra de mortero como la segunda, formando de este modo cuatro ó seis capas distintas de la extensión conveniente. Hecho esto, se van esparciendo las materias mezcladas, alrededor del monton que se habia formado, para lo que se emplea una *rastra* de hierro de tres puas (fig. 42); luego se recoge la masa con la pala y se forma de nuevo el monton, volviendo despues á estenderle con la *rastra* y repitiendo estas operaciones hasta

que la mezcla sea completa y las piedras estén envueltas perfectamente con el mortero.

Cuando hay que fabricar una gran cantidad de hormigon, se hace uso de una caja rectangular (fig. 43) de 1 metro por 0^m 80 de seccion y unos 2^m 50 de altura, formada con tablas, dentro de la que hay una serie de planos inclinados en sentido inverso. Despues de mezclados groseramente y como se acaba de indicar, la piedra partida y el mortero, se echan estas materias por la abertura superior, y al chocar de un plano inclinado á otro, se va verificando la mezcla, la que llega á ser perfecta en la parte inferior del aparato. Este reduce el gasto de manipulacion á la mitad próximamente del que ocasiona el método anterior.

Cualquiera que sea el modo de fabricacion que se adopte, deberá siempre emplearse la piedra bien partida y limpia de polvo, para lo cual se la zarandea; y si esto no bastase se la mojará perfectamente, sin cuyos requisitos se perjudica de una manera notable la naturaleza y resistencia del hormigon.

Para fabricar piedras artificiales con el hormigon así preparado, se dispone un cajon sin tapa ni fondo, formado por cuatro tablones que se unen por pasadores de hierro y se coloca sobre una superficie plana y horizontal, en la que se estiende la cantidad necesaria de arena para que no se adhiera al suelo el hormigon. Despues se va vertiendo éste por capas horizontales de unos 0^m 25 de espesor que se apisonan con cuidado, empleando pisones de hierro fundido ó de madera, para rellenar los huecos y repartir uniformemente el mortero en toda la masa. De esta manera se llega hasta la parte superior de los tableros sobreponiendo capas, y la última se enrasa y reviste con mortero para que presente una cara lisa, si ha de formar parte del paramento de la obra; debiendo advertir que, para alcanzar una buena aglomeracion, es ne-

cesario evitar á toda costa el exceso de agua. Cuando el hormigon se ha endurecido bastante, se quitan los tableros y se puede emplear como otra piedra cualquiera.

96. **Betunes.**—Además de los morteros de que nos hemos ocupado, se emplean tambien en ciertos trabajos particulares, aunque en pequeña cantidad, várias mezclas ó pastas que se conocen con el nombre de betunes ó *mastics*, y que tienen diversas composiciones segun su objeto.

Uno de los principales betunes empleados en la construccion es el *asfalto*, que sirve para formar las aceras, terrados, etc., y se obtiene mezclando perfectamente esta sustancia, ya sea natural ó artificial, despues de hallarse calentándola en estado de fusion ó pastoso, con cierta cantidad de arena fina y seca. Removiendo la mezcla hasta que resulte una pasta homogénea, y dejándola despues enfriar, forma una verdadera piedra.

El betun llamado de fontanero, no sólo sirve para re-juntar, sino tambien para unir los tubos y los materiales espuestos constantemente á la humedad: está compuesto ordinariamente de 12 kilogramos de limaduras de hierro, mezcladas algunas veces con limaduras de cobre, y de 1^k 50 de sal marina. Esto se pone en infusion durante 24 horas, en 2 litros de vinagre, á los que se suele añadir medio litro de orinas y cuatro ajos; y al cabo de este tiempo, se obtiene por la mezcla íntima de las materias un betun, que se emplea inmediatamente.

Tambien se hace uso con el mismo objeto y para re-juntar los sillares que están debajo del agua, otra composicion que produce una de las mezclas hidráulicas más fuertes. Se compone de 11 partes en volúmen de cal hidráulica apagada y cernida; 3 de aceite de sardinas, ó en su defecto de atun, y 1 de estopa picada; se amasa primero la cal y el aceite en un cuevo y despues se mezcla la estopa bien macerada á fuerza de pison de cuña.

Fácil sería multiplicar las composiciones de esta especie; pero en el día son de un uso mucho más limitado que ántes, y generalmente se las sustituye con ventaja empleando buen mortero hidráulico.

CAPÍTULO II.

MADERAS.

97. Los árboles de donde se extraen las maderas de construcción, forman ordinariamente bosques más ó menos estensos, en cuya conveniente explotación, para que este producto no desaparezca ó por lo ménos disminuya considerablemente, no podemos entrar aquí. De todos modos conviene que los árboles explotados para la construcción hayan alcanzado su completo desarrollo y que no presenten indicio alguno de vejez ó enfermedad que pueda afectar á la resistencia de la madera.

98. **Explotación.**—Antes de proceder á la corta de los árboles y siempre que pueda disponerse del tiempo suficiente, se debe empezar por descortezarlos hasta llegar á la albura, consiguiéndose por este procedimiento la ventaja de que la savia cese en su circulación, endureciendo la madera y aumentando algo el volúmen de ésta por la mayor densidad y resistencia que adquiere una parte de la albura que pasa al estado de madera perfecta. Generalmente se descortezan los árboles durante la savia de primavera, y se los corta en el invierno siguiente.

También se hace algunas veces una hendidura ó corte circular á raíz de la tierra, que atraviesa la corteza y hasta parte de la albura, interrumpiendo la zona por donde sube la savia; pero las ventajas de este procedimiento son menores que las del anterior, porque los jugos, que

tan nocivos son á la madera, se desprenden con más lentitud, y no queda la albura en tan buenas condiciones para convertirse parcialmente en madera.

Ya haya recibido el árbol cualquiera de estas preparaciones, ó ya carezca de ellas, se admite en general que la época del año más á propósito para proceder á la corta, es aquella en que contiene ménos cantidad de savia, lo que tiene lugar durante el invierno.

99. **Corta.**—La corta de los árboles destinados á la construccion, puede hacerse con hacha ó con sierra, y siempre debe cuidarse de practicarla á flor de tierra para aprovechar la parte inferior del tronco, que es la más dura; debiendo ántes atar á la parte superior del mismo dos ó tres cuerdas que se mantienen á una tension conveniente y sirven para dirigir el árbol en su caída. Si se emplea el hacha se hace un corte por el lado á que deba caer el árbol y que penetre más allá del corazón; despues se hace otro por el lado opuesto, y se van templando las cuerdas hasta que tiene lugar la caída. Haciendo uso de la sierra se prosigue la operacion desde un lado hasta el opuesto, tomando las mismas precauciones para que caiga el árbol, y cuidando de poner cuñas á medida que penetra la sierra, para que no impida su movimiento la presion de la parte superior del tronco.

La corta empleando la sierra, es en general más breve, más cómoda para los trabajadores, y se aprovecha más madera que con el hacha.

Una vez el árbol en el suelo, se procede á separar las ramas por medio tambien de la sierra ó del hacha, se le corta por el extremo superior del tronco y se le quita la corteza si ántes no se habia hecho, formando lo que en la práctica se llama un *palo ó viga sin escuadrar*.

100. **Desvaste.**—Ordinariamente se hace esta operacion en el monte con las herramientas ya citadas, y consiste en inscribir en la circunferencia del extremo más del-

gado el cuadrado ó rectángulo *abcd* (fig. 44) de la seccion transversal de la pieza que se quiere obtener, de modo que el centro del círculo y de la figura inscrita coincidan; pero teniendo cuidado de que la parte central de los lados de la última figura entre por lo ménos unos 0^m 05 en la madera perfecta, aunque los vértices comprendan alguna, aunque siempre poca, albura: despues se inscribe otro cuadrado igual en el otro extremo en las mismas condiciones dichas, y teniendo sus lados paralelos á los del primero, para lo cual se hará uso de reglas como se enseña en el estudio de la estereotomía. Prolongando dos lados paralelos y correspondientes en las figuras inscritas hasta llegar á los extremos *AC A'C'* de las secciones respectivas, y sujetando en los puntos *A* y *A'* por ejemplo, una cuerda tensa é impregnada de color, ésta señalará levantándola por su centro la línea *AA'*, que está en el plano de las rectas citadas. Análogamente se obtendria la línea *CC'*, y de esta manera resultarian cuatro directrices para labrar cada una de las caras de la pieza buscada.

Las partes que se desprenden como la *AC C'A'*, llamadas *costaneras*, pueden utilizarse si se ha hecho uso de la sierra, lo que no sucede empleando el hacha.

Si en vez de sacar una sola pieza del tronco se quiere obtener mayor número, hay que apelar siempre al empleo de la sierra, y se empieza por señalar en la superficie las trazas de los diversos planos de division como se acaba de decir. Hecho esto, se apoya el tronco así preparado sobre dos *caballetes* de bastante altura, para que pueda un hombre por la parte inferior y otro por la superior actuar en los extremos de la sierra.

101. **Marco de maderas.**—Las dimensiones de las piezas que de este modo se pueden obtener, varían extraordinariamente; pero no obstante hay ciertos tipos admitidos en el comercio, con nombres y dimensiones particulares, como son los siguientes:

MARCO DE MADERAS DE CUENCA, LLAMADO CASTELLANO (1).

NOMBRES.	DIMENSIONES USUALES.			DIMENSIONES MÉTRICAS.			
	Largo en pies.	Tabla ó ancho en dedos.	Canto ó grueso en dedos.	Largo. — Metros.	Tabla. — Metros.	Canto. — Metros.	
Grandes piezas.	Medias varas..	30	24	20	8,359	0,418	0,349
	Pié y cuartos..	30	20	16	8,359	0,349	0,279
	Tercias.....	30	16	12	8,359	8,279	0,209
	Cuartas.....	30	12	12	8,359	0,209	0,209
	Sesmas.....	30	12	9	8,359	0,209	0,157
Maderaje.	Viguetas.....	22	11	8	6,130	0,192	0,139
	Medias viguetas	12	11	8	3,344	0,192	0,139
	Dobleros de 18.	18	10	8	5,015	0,174	0,139
	Id. de 16.	16	8	6	4,459	0,139	0,104
	Id. de 14.	14	7	5	3,901	0,122	0,087
Tablazon.	Tablas alcaceñas.....	9	24	3	2,508	0,418	0,052
	Id. portaleñas.	9	20	2½	2,508	0,349	0,044
	Id. chillas. . . .	7½	16	2	2,090	0,279	0,035
	Id. ripias.....	6¼	12	1½	1,742	0,209	0,026

102. **Conduccion.**—El transporte de las piezas de madera, cuando hay que hacerlo por sendas estrechas, se verifica por *arrastre*, tirando de cada pieza vários hombres, y con más frecuencia una caballería, por el intermedio de una cuerda. Cuando existen caminos carreteros, se emplean carros ó carretas de diversas formas, que no necesitamos detallar; y por último, si hay una corriente de agua, se pueden transportar las maderas por *flotacion*, ya abandonándolas aisladamente, ya formando balsas, ó bien cargándolas en barcos.

(1) Aunque hay otros marcos de madera distintos, éste es el más generalmente adoptado.

103. **Almacenaje.**— Si se dejaran las maderas al aire libre, espuestas á las acciones alternativas del sol y de las lluvias, empezarian por descomponerse y concluirian más ó ménos pronto por llegar á un estado de putrefaccion tal, que las haria completamente inútiles para las construcciones. Esto se evita almacenándolas convenientemente, hasta que se las emplea en las obras.

Todo almacén debe llenar las condiciones de presentar una fácil ventilacion; de evitar las alternativas violentas de temperatura, y las de humedad y sequedad. Como consecuencia de esto, deberá hacerse que el suelo esté perfectamente seco, para lo cual se le cubre á veces con un empedrado, ó mejor con una capa de hormigon; en las fachadas se abren ventanas y claraboyas que puedan cerrarse á voluntad, para establecer la ventilacion conveniente, y se toman cuantas precauciones sean necesarias para conseguir el objeto apetecido.

El apilamiento puede tener lugar colocando sobre dos ó más apoyos paralelos que descansan en el suelo, una capa de piezas en direccion perpendicular á los primeros, y dejando entre sí claros más ó ménos grandes (fig. 45). Sobre esta capa se pone la segunda en las mismas condiciones, pero dirigidas las piezas perpendicularmente á las inferiores; encima se establece la tercera como está la primera, y así sucesivamente. Este procedimiento tiene la desventaja de que hay mucha superficie de contacto de unas piezas con otras.

Otra disposicion, preferible á la anterior (fig. 46), consiste en colocar la primera capa sobre apoyos como se ha dicho, aunque la separacion entre las piezas que la forma no necesita ser tan grande como ántes. Encima, sobre los apoyos inferiores y paralelos á ellos, se disponen otros que sirven de base á otra capa igualmente dispuesta que la inferior, repitiéndose las capas cuantas veces sea necesario. De este modo se consigue que quede

una gran parte de la superficie de las piezas en contacto con el aire.

Si el apilamiento se hace al aire libre, es necesario cubrirle con un tejadillo de tablas bien sanas, para que no puedan perjudicar á las piezas inferiores, renovando la cubierta cada vez que dé indicios de alteracion ó putrefaccion.

El almacenaje de las maderas debe hacerse clasificándolas; esto es, formando con las de las mismas dimensiones y calidad, pilas separadas; y es necesario examinar con frecuencia estas pilas, para ver si hay alguna pieza, apoyo ó cuña, que dé indicios de descomposicion ó enfermedad, en cuyo caso se debe quitar ó reemplazar desde luego, para evitar que se contagien las demás.

104. **Preservacion.**—Al año de cortada y apilada la madera, pierde próximamente la mitad de la savia y agua que contenia cuando verde, la que generalmente sale por los extremos de las piezas, siendo apénas sensible esta pérdida en los años sucesivos, tal vez porque al secarse la madera se cierran los poros en los extremos; razon por la que es conveniente aserrar ó cepillar todos los años las cabezas de las piezas apiladas.

La cantidad de savia y otras sustancias que conserva la madera al cabo de uno ó dos años de cortada, es suficiente para ocasionar su fermentacion, y conviene por lo tanto extraerlas. Para esto se la sumerge completamente, despues de cortada, en una corriente de agua, de modo que ésta sea paralela á la longitud de las piezas; y á los tres ó cuatro meses ya se ha desprendido la cantidad suficiente, para que apiladas puedan desecarse como se ha dicho, habiendo extraido una gran parte de las materias que pudieran fermentar.

Se puede conservar bien la madera despues de haberla empleado en las construcciones, preservándola ó revisitiéndola, unas veces con pintura al óleo á tres capas; y

otras por medio del embreado compuesto de brea ó alquitran mineral, $\frac{1}{15}$ de asfalto y $\frac{1}{10}$ de cal: una vez estendido sobre la madera, se recubre con polvo de arena muy fina. Siempre es necesario que la madera esté seca ó curada; pues de lo contrario no pudiendo evaporarse el agua interior despues de puesto el enlucido, se podria más pronto.

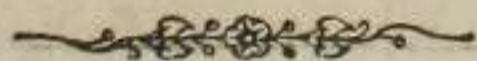
En algunos casos se secan al fuego las maderas labradas, y se las sumerge inmediatamente despues en un baño de brea y aceite caliente de lino, ó en sebo derretido; penetrando estas sustancias hasta cierta profundidad y aumentando la resistencia de las piezas.

Por ultimo, la sustancia que ha dado mejores resultados para conservar las maderas y aumentar su duracion es la *creosota*, nombre con que vulgarmente se conocen los productos líquidos que resultan destilando el alquitran de la hulla. Dicha sustancia reúne todas las condiciones de un excelente preservativo, es de gran fluidez y se volatiliza á baja temperatura. Basta para su empleo calentar las maderas y empaparlas con aceites mezclados con creosota, y al salir el vapor con la savia, dejan un vacío que hace penetrar en los poros la mezcla.

Cuando no es necesario que la materia preservatriz penetre mucho en las piezas de madera, se pasan éstas por la llama que se produce quemando ramajes, y los vapores de creosota que se desprenden de la combustion de estas ramas, recubren la superficie y preservan el interior.

Aunque hay otros vários procedimientos para conservar y preservar las maderas, no creemos de necesidad entrar en su exámen.

PARTE TERCERA.



EMPLEO DE LOS MATERIALES EN LAS DIVERSAS CLASES DE FÁBRICA.

CAPÍTULO I.

FABRICAS EN GENERAL.

ARTÍCULO I.

NATURALEZA DE LAS FÁBRICAS.

105. **Generalidades.**—En la construcción se da el nombre genérico de *fábrica*, á la calidad, forma y trabazon que en cada caso pueden afectar los materiales que constituyen una obra cualquiera. Todas las fábricas pueden reducirse á las llamadas de *sillería*, *sillarejo*, *mampostería*, *hormigon*, *ladrillo*, *tapial*, *entramado* y *mistas*. El *aparejo* ó sistema de colocacion de los materiales debe ser tal, que la masa que resulte presente en su conjunto la mayor resistencia posible, prescindiendo de la cohesion que en muchos casos puedan darla los morteros.

106. **Sillería.**—La fábrica de sillería consiste en piedras naturales de forma paralelepípeda, que tienen por lo ménos 0^m 30 á 0^m 40 de espesor ó altura, conservándose ésta constante en cada una de las hiladas que forman la construcción. Las demás dimensiones se subordi-

nan á la altura, habiendo admitido la experiencia las relaciones siguientes:

Siendo la altura ó espesor.	Conviene que sea.		Para las piedras.
	El ancho.	La longitud.	
1	1,5	2	Blandas.
1	1,5 á 2	2 á 3	De mediana dureza.
1	2	4 á 5	Duras.

Se dice que los materiales están colocados á *soga*, siempre que afectando una forma regular presentan su mayor dimension paralelamente al paramento de la obra; á *tizon*, si su longitud es perpendicular al paramento, y si el tizon abraza de un paramento al opuesto, recibe la piedra el nombre de *llave*.

La sillería puede ser *regular* y *pseudo-regular*. En el primer caso todas las hiladas de la obra tienen la misma altura, si bien las piedras que forman cada hilada se suelen disponer de tres maneras distintas. En la primera (fig. 47), aparecen en cada hilada una sucesion de sogas y tizones; y en las hiladas superior é inferior coinciden los tizones con el centro de las sogas de la que se considera. En la segunda disposicion (fig. 48) una hilada está toda constituida por piedras á *soga* y la siguiente toda á *tizon*, repitiéndose alternativamente este orden en las demás. Por último, en la tercera (fig. 49) todas las piedras están á *soga*.

Es pseudo-regular la sillería (fig. 50) en el caso de no ser constante la altura de las diferentes hiladas, ó de no estar las piedras colocadas en un orden regular, como en los ejemplos anteriores.

107. **Sillarejo.**—Si la altura de las piedras no pasa de 0^m 20 á 0^m 25, y la relacion con las otras dimensiones es próximamente la indicada más arriba, se tendrá la fábrica de sillarejo, que sólo difiere de la sillería, en el menor volúmen de los materiales principales que entran á componerla.

Aunque los sillarejos afectan en general la forma paralelepípeda, su labra es mucho ménos esmerada que en los sillares, y sólo se emplea con este objeto el *picon*.

108. **Mampostería.**—Esta fábrica se distingue de las anteriores, en que cada hilada no presenta una altura constante en toda su estension; y recibe diversos nombres, segun sea el esmero con que se labren ó preparen las piedras, siendo los más usuales los de mampostería *concertada, careada, ordinaria, en seco* y de *carretales*. Las piedras que entran en la formacion de las mamposterías, aunque afectando formas más ó ménos irregulares, deben tener por lo ménos de 0^m 20 á 0^m 25 en su menor dimension, siendo muy variables su ancho y longitud.

Siempre que las piedras están labradas en toseo con el picon, y presentan en el paramento formas próximamente geométricas, asentándose sobre una cara plana más ó ménos perfecta y estensa, y teniendo algunas veces ángulos entrantes, á causa de la desigual altura de las piedras de cada hilada (fig. 51), se dice que la mampostería es concertada.

Si la preparacion se hace sólo con el martillo, en cuyo caso no se puede dotar á las piedras de ángulos entrantes, aparecen más toscas que las anteriores y carecen de forma bien determinada, entónces hay necesidad de emplear materiales pequeños, llamados *ripios* ó *cuñas*, que rellenen los huecos que resultan, y sirven para que cada piedra tenga el mayor número posible de puntos de contacto con las inmediatas (fig. 52). Esta mampostería recibe el nombre de *careada*.

Si se suprime por completo la preparacion, ó sólo se regularizan con el martillo las caras que van á formar el paramento (fig. 53), se llama ordinaria la mampostería que resulta, y se comprende desde luego que por la misma irregularidad de las piedras tendrá aquí el *ripiado* ó *acuñado* mucha más importancia que en el caso anterior.

La mampostería en seco sólo difiere de la precedente en que la trabazon de las piedras se verifica sin mortero y depende principalmente del *ripiado*.

La de carretales consta de piedras de grandes dimensiones con una forma prismática aproximada, tal como salen de la cantera cuando se la explota por rozas, ó preparadas ligeramente con el picon (1).

Tambien se dividen las mamposterías atendiendo á la naturaleza de la mezcla que une las piedras, y reciben entónces las denominaciones de mampostería en *seco*, *ordinaria* ó *con cal*, é *hidráulica*.

109. **Hormigon.**—Esta clase de fábrica, formada con el material artificial que la da nombre, y cuya calidad, disposicion y trabazon son por regla general siempre los mismos, se detallará más adelante al tratar de la manera de ejecutarla.

110. **Ladrillo.**—Conocida la forma regular y geométrica de este material, es fácil deducir que las fábricas de que forme parte presentarán hiladas continuas, con una altura igual al espesor constante del ladrillo.

Los ladrillos pueden estar colocados á soga y tizon análogamente á lo dicho (106), y presentar en el paramento disposiciones que se combinen de diversas maneras. La situacion que ocupan en el interior de la obra,

(1). No es posible señalar una línea divisoria entre cada una de estas mamposterías, pasando en la práctica de una á otra por grados insensibles, y presentándose con frecuencia casos en que la misma zona de una obra tiene dos ó más clases de mampostería.

cuando el espesor de esta es bastante grande, puede tambien cambiar, y recibe en cada caso nombres particulares. Si el macizo es un muro que tiene de grueso el ancho del ladrillo, se llama *cítara de sogá* ó *á media asta* (fig. 54): si tiene el largo se dice *cítara de asta*, y puede variarse la disposicion de los ladrillos (fig. 55): para gruesos mayores se disponen *á asta y media*, como se ve en la fig. 56; y si aumentan aún este grueso, se forman combinaciones de dos, dos y medio, tres, etc., largos de ladrillo, siguiendo la misma marcha que en los casos anteriores para su colocacion. Si la parte superior ó coronacion del muro se hace tambien de ladrillo, se coloca éste de canto (fig. 57), de modo que su cara menor esté en el paramento, y en este caso recibe el nombre de *sardiné*.

A veces se disponen los ladrillos de canto en las paredes ó tabiques de poco grueso, y reciben el nombre de *panderetes* cuando el canto de un ladrillo forma el espesor de la pared. Tambien se construyen panderetes dobles ó *doblados*, que tienen el grueso de dos ladrillos.

La fábrica de adobes no es más que un caso intermedio entre la del ladrillo y la de tapiales.

111. **Tapial.**—Los tapiales se forman con tierras coherentes, más ó ménos arcillosas, que se comprimen lo necesario, y se disponen en tongadas sucesivas de una altura constante.

La disposicion de los materiales es siempre la misma y su calidad y trabazon difieren muy poco; reservando para el siguiente artículo los detalles de su ejecucion.

112. **Entramado.**—Aunque los entramados son en rigor una fábrica mista por entrar en su composicion por punto general el ladrillo y la madera, los consideramos sin embargo en este lugar, en razon á que siempre constan de los mismos materiales, dispuestos bajo iguales principios, y á causa de la frecuencia con que se construyen.

Los entramados verticales, únicos de que ahora nos ocuparemos, consisten en una red de piezas de madera situadas en un plano, y que sirven de refuerzo á los otros materiales que rellenan los claros.

Esta red se reduce, en último análisis, á una série de *piés derechos* ó *postes* *P* (fig. 58), ensamblados á la pieza horizontal *S*, llamada *solera*, que se apoya en el suelo ó sobre un muro, y á la superior *C*, análogamente dispuesta, que recibe el nombre de *carrera*. Para dar más estension á la superficie de apoyo de la carrera, se suele coronar á los piés derechos con unas pequeñas piezas horizontales *z* llamadas *zapatas*; pero si fuere muy grande el espacio entre dos postes, se atenúa la flexion que experimentaria la carrera, colocando debajo la *sopanda* *s*, apoyada sobre los dos *jabalcones* *jj*. Algunas veces se colocan piezas oblicuas que enlazan dos piés derechos consecutivos; y si se quiere establecer una puerta muy ancha, se pone encima la armadura *gh*, para aliviarla del gran peso que sobre ella gravitaria.

Los entramados que forman las paredes de fachada de un edificio, deben ser en lo posible de mampostería ó ladrillo; construyéndose siempre la parte inferior ó *zócalo*, de piedra con una altura de 0,6 á 1 metro por lo ménos, para que la humedad no ataque las maderas, poniéndose sobre este zócalo la solera del entramado.

Las paredes interiores pueden rellenarse con fábrica de ladrillo, ya de panderete sencillo ó doble, ya á cítara de sogas; y otras veces con material de desecho y de forma irregular unidos con yeso.

113. **Mistas.**— Se da esta denominacion á las fábricas en que aparecen unas partes construidas con materiales de dimensiones ó calidad diferentes á las del resto de la obra.

Como á más de las fuerzas constantes están espuestas en general las obras á acciones exteriores, como las

influencias atmosféricas, las corrientes de las aguas, el choque de los cuerpos, etc., que actúan de una manera irregular, hay necesidad de dotar á las partes que más directamente tienen que resistir á estos agentes, de mayor resistencia que á lo restante de la construcción.

Las fábricas mistas pueden existir en el interior sin aparecer en los paramentos; presentarse en éstos sin tener lugar en el interior, y por último, encontrarse en ambos.

Cuando las influencias exteriores actúan en toda la obra y pueden perjudicar á la resistencia de los materiales, se ponen otros, convenientemente elegidos, que cubran los paramentos (fig. 59), y ya se indicó esta aplicación al tratar de los ladrillos recochos y porteros.

En el caso de acumularse en algunos puntos mayores fuerzas que en los demás, ó de estar más espuestos, como sucede en general en todos los ángulos salientes (fig. 60), se refuerzan con materiales de elección, recibiendo el nombre de *cadenas* cuando tienen la posición vertical *CC* en un muro, y de *fajas* ó *bandas* si están horizontales y tienen bastante ancho *ff*, ó *verdugadas* cuando son más estrechas *vv*; teniendo las dos últimas disposiciones por objeto regularizar los asientos de la fábrica menos resistente, y limitarlos á la zona comprendida entre dos fajas ó verdugadas consecutivas.

Si se reúnen las dos causas que acabamos de señalar, hay que formar una fábrica mista en el interior y en los paramentos de la obra, empleando tres clases de materiales distintos; la menos resistente en el interior; la más fuerte en las cadenas, fajas, etc., y la intermedia en el resto de los paramentos.

A las zonas reforzadas en el paramento que se acusan por medio de las fajas ó cadenas, se las da de ordinario un pequeño resalto sobre el resto de la construcción, que suele ser por término medio de 0^m 05, lo que proporciona á la obra un aspecto de mucha robustez en estos puntos.

ARTÍCULO II.

EJECUCION DE LAS FÁBRICAS.

La bondad de las fábricas depende no solamente de la calidad, forma y disposicion de los materiales empleados, sino tambien del esmero con que se ejecuten estos trabajos, ó sea de la mano de obra.

114. **Útiles y herramientas.**—Los útiles que usa el albañil son poco numerosos, y los siguientes pueden considerarse como los principales.

Una *regla* de un metro de longitud con divisiones; un *nivel de albañil* igual al estudiado en topografía, y un *reglon* de 2 ó más metros de largo, que sirven para comprobar líneas horizontales.

Un *nivel de pendiente ó de talud* (fig. 61), que consiste en una tabla en forma de trapecio con una plomada paralela al lado *ab*, dejando al lado opuesto con la pendiente ó inclinacion que deba tener el paramento del muro, cuando la plomada coincida con la línea de fé. El representado en la fig. 62, sirve para colocar las dovelas de las bóvedas, para lo cual se hace coincidir la plomada con la division que corresponde á la inclinacion de la línea de junta, y entónces el lado *ab* señala esta inclinacion.

La *plomada* igual á la descrita en topografía.

Un *cordel*, que unas veces se fija á dos clavos de hierro, á los que suele ir arrollado (fig. 63), y otras se sujeta á dos listones de madera que se colocan convenientemente en el paramento; sirviendo en ambos casos para alinear las juntas horizontales de la obra.

Una *paleta* de hierro (fig. 40) cuando trabaja con morteros de cal, y de cobre cuando usa el yeso, teniendo en ambos casos el mango de madera: sirve para estender el mortero y ajustar los materiales pequeños en el sitio que deben ocupar.

Una *llana* de hierro y de forma rectangular, con el mango en el centro (fig. 64), teniendo de ordinario dentado uno de sus bordes: sirve tambien para estender el mortero y para raspar ó hacer asperezas en algunas fábricas. Cuando es de madera y sirve para alisar los paramentos que se van á enlucir, se llama *talocha*.

El *palustrillo* es un hierro triangular que sirve para introducir la mezcla en las juntas, al tiempo de tomarlas ó de rejuntar.

El *martillo* (fig. 65), que tiene por un lado una cabeza de seccion rectangular ó cuadrada, con objeto de golpear las piedras y hacerlas sentar bien en el mortero, y por el otro extremo un corte acerado, para desvastarlas ó recortarlas.

Una *alcotana* (fig. 66), terminando uno de sus extremos en forma de azuela y el otro en la de hacha: sirve para cortar los materiales y demoler mamposterías, tabiques, etc.

Además de estos útiles se usan *palancas* y *palanquetas* de madera ó de hierro, *poleas*, *tróculas*, *tornos*, *rodillos*, etc., aparatos bien conocidos, y cuyo estudio y descripción corresponde á la mecánica.

115. **Sillería.**—Suponemos que los sillares que se van á colocar están cerca del punto de su empleo: ya veremos más adelante cómo se consigue esto en la práctica.

Ante todo, es preciso *enrasar* ó poner bien horizontal la superficie sobre que van á sentarse las piedras que han de formar la hilada que se trata de construir, si esta hilada es la inferior de la obra; ó el sobrelecho de las piedras de la hilada inmediata inferior, si ya se han construido algunas. Para esto se emplean reglones bien comprobados y un nivel de albañil ó de aire. Hecho esto, se empieza por *presentar* la piedra en el sitio que debe ocupar, apoyándola sobre cuatro cuñas de madera, cuya altura sea igual al espesor que se quiere dar á la junta de

mortero; esto es, de 0^m 004 á 0^m 010: estas cuñas se alejan 4 ó 5 centímetros de las aristas de las piedras, para que éstas no se desportillen. En tal situación comprueba el obrero si la cara de paramento del sillar coincide con el de la obra, para lo que hace uso de la plomada si el paramento ha de ser vertical; del nivel de pendiente si tiene talud, y de medios especiales en otros casos, desechando la piedra que presente algun defecto notable, para que la repase el cantero.

Despues se la vuelca ó inclina sobre la parte opuesta al paramento, llamada *cola* del sillar, como aparece en la fig. 67; se limpia y moja el sobrelecho de la hilada inferior y la piedra que se va á colocar, si es tierna y absorbente; se estiende en toda la superficie que deba ocupar el lecho del sillar una capa de mortero fino de 0^m 015 á 0^m 020 de espesor, y se vuelve á colocar con cuidado la piedra, en la posicion que próximamente tenia al presentarla, para lo que se hace uso de las palanquetas de hierro. En este estado se la golpea por el sobrelecho y lateralmente con pisones de madera, hasta que ocupe con toda exactitud la posicion que le corresponda y el mortero refluya por todas partes, teniendo el espesor fijado.

Cuando está bien colocada la piedra sobre un buen lecho de mortero, hay que llenar la junta vertical que la une con la de al lado, para lo que se emplea mortero fino, que se echa con la paleta, si de antemano se hace quedar la junta bastante ancha, golpeando despues lateralmente á la piedra con una maza de madera; ó lo que es mejor, se deja desde luego á esta junta con el ancho que la corresponde, que suele ser el mismo de la junta horizontal, y se llena con mortero fino y algo más fluido, por medio de una larga paleta con dientes, llamada *fija* (fig. 68), que le estiende y comprime en toda la superficie que debe ocupar.

Sucedede con frecuencia que las caras de hilada y de

junta no ocupan toda la estension que las corresponde, siendo el sillar más estrecho por la cola *abcd* que en el paramento, estando la primera muy en basto ó enteramente en tosco (fig. 69). Entónces hay que acuñar la cola del sillar con pedazos de piedra dura, que se introducen en el mortero á golpe de martillo. Otras veces estas caras aparecen rebajadas en el interior (fig. 70), y aunque de esta manera resultan en el paramento *pqr* juntas muy finas é iguales, es fácil que la presion haga saltar ó desportille la piedra en el borde exterior, y produzca un asiento grande y desigual en toda la obra; siendo un procedimiento vicioso que se debe proscribir en todos los casos. Por último, puede hacerse el rebajo sólo en el paramento *pqrs* de las piedras (fig. 71), en cuyo caso recibe la sillería el nombre de *almohadillada*, dando un carácter de gran robustez á la construccion, y empleándose con frecuencia en obras muy esmeradas por no presentar ningun inconveniente bajo el punto de vista de la resistencia. El almohadillado puede aparecer en todo el contorno del paramento de cada piedra, ó sólo en las líneas que indican los lechos y sobrelechos; esto es, en las líneas de hilada de la fábrica.

Cuando siguiendo el sistema indicado se hayan puesto todas las piedras de una hilada, sucede casi siempre que unas quedan algo más altas que otras, y hay necesidad de enrasar el sobrelecho de la hilada, quitando todas las partes salientes, como se dijo ántes: además se ripian con mucho esmero los huecos que hubieran podido quedar en el interior, de modo que cada hilada forme un todo continuo y bien trabado que se enlace perfectamente con el resto de la construccion.

116. **Sillarejo.**—La ejecucion de esta fábrica está sujeta á las mismas reglas que la de la sillería, pues lo único en que esencialmente difieren ambas, es en las dimensiones menores de los sillares, como se dijo en el ar-

título anterior, siendo por esta causa de más fácil manejo.

Después de enrasada, limpia y mojada la superficie en que se va á asentar un sillarejo, y de hacer con él las dos últimas operaciones, se estiende una capa ó tortada de mortero de 0^m 02 á 0^m 03 de espesor, y se le coloca directamente golpeándole con mazos de madera hasta que su cara forme parte del paramento que debe resultar: se comprueba su posición con los cordeles de los listones que sirven de guías (114), y se reduce el espesor de las juntas á 0^m 01 ó 0^m 015. Puesto un sillarejo se guarnece con mortero la cara libre que ha de formar la junta vertical; se coloca el inmediato como se acaba de decir, y se le empuja lateralmente sobre el primero hasta que la junta vertical no esceda de 0^m 02. Siempre se ha de cuidar de que el mortero envuelva bien á todas las piedras, ó como se dice prácticamente, que estén á baño flotante de mortero, y de que no resulte ningún vacío ó hueco interior en la fábrica.

117. **Mampostería.**—A medida que la forma de las piedras es más irregular, depende más la resistencia de la construcción del esmero en la mano de obra, á igualdad de las demás circunstancias.

La ejecución de las diversas clases de mamposterías que hemos considerado, se verifica de la misma manera que para el sillarejo, sólo que, como no existen hiladas horizontales continuas, hay que elegir las piedras ó *mampuestos* de modo que llenen lo mejor posible los claros más ó menos regulares que presente la hilada inferior, tratando de que el espesor del mortero en las juntas sea próximamente uniforme.

Para colocar un mampuesto se limpia y lava, así como el hueco de la hilada inferior que va á ocupar; se estiende sobre éste una tortada de mortero de 0^m 03 á 0^m 05 de espesor, según sea más ó menos regular la forma de la piedra, y después se asienta ésta enrasando una de sus

caras con el paramento de la obra y golpeándola con el martillo que usa el mampostero, para comprimir el mortero. Por lo dicho se deduce que será necesario acuñar ó rpiar esta fábrica, no sólo en el interior, si que tambien en los paramentos, introduciendo á través del mortero ó entre dos mampuestos inmediatos, pedazos de piedra que rellenen en cuanto es posible los intervalos que los separan.

El rpiado en las mamposterías adquiere más importancia á medida que los mampuestos son de forma más irregular, á igualdad de volúmen; pues que de él depende la solidez de la construccion, y su influencia llega al máximo en las mamposterías en seco.

Los mampuestos, aunque irregulares, deben acusar formas angulosas, pues si fueran redondeados, tendrian por sí mismos poca estabilidad, y los huecos que dejaran con los inmediatos, serian por su forma difíciles de llenar bien con el rpio y las cuñas que ordinariamente se emplean.

118. **Hormigon.**—Fabricado el hormigon como se ha dicho (95), se le trasporta de ordinario en carretillas al punto de su empleo. Atendida la poca coherencia que al principio posee este material, hay que limitar la forma de la capacidad que va á ocupar, revistiendo unas veces con mampostería ú otra fábrica, y otras con tablones, las zanjas, si se emplea en un cimiento ú obra bajo tierra; ó bien formando, si la obra está sobre el suelo, un encajonado que consta de dos tableros convenientemente reforzados (fig. 72), dejando entre sí el claro que ha de llenar el hormigon, y conservando siempre una posicion invariable por medio de cuatro varillas de hierro *aa*, *a'a'*, *bb* y *b'b'*, que terminan por sus extremos en un filete, las cuales se sujetan al exterior con tuercas, despues de atravesar los tableros.

Una vez limitada de esta manera, ó por otro medio pa-

recido, la capacidad que ha de llenar el hormigon, se vierte éste con rastras ó palas, cuidando de que caiga desde una altura de 1,5 á 2 metros, con objeto de que se comprima al llegar al fondo, estendiéndole en capas horizontales de 0^m 20 á 0^m 25 de espesor, á fin de que resulte el macizo con la mayor homogeneidad posible. Siempre que se crea necesario, se apisonan á medida que se las estiende estas capas con pisones de hierro fundido ó de madera, para llenar los huecos que hayan podido quedar y repartir con igualdad el mortero. Debe cuidarse en este caso de que los pisones no actúen por choques fuertes, que harian refluir á la superficie el mortero y perjudicaria á la homogeneidad del hormigon, y se tratará siempre de que los obreros encargados de este trabajo lo efectúen desde un andamio superior, prohibiéndoles en absoluto que pisen las capas que se van estendiendo.

Cuando el hormigon contenido entre los dos tableros ha adquirido bastante consistencia para conservar su forma, ó ha fraguado, se desmontan aquellos y se colocan á continuacion, para lo cual se sacan las tres varillas *aa*, *a'a'* y *b'b'*, y se arman de nuevo los tableros, haciendo que los extremos de la varilla *bb* que queda invariable, entren ahora por las aberturas *b'*. Despues de concluida la construccion se rellenan los huecos que dejan las varillas con hormigon más fino que el empleado, ó con mortero hidráulico.

Como generalmente hay necesidad de interrumpir la ejecucion de las capas, se las termina siempre por redientes ó planos inclinados *cd*, á fin de que la parte construida un dia se pueda unir bien con la que se ejecute al siguiente, para lo cual se limpia perfectamente el plano inclinado si ha tenido lugar de fraguar el hormigon, se estiende encima una capa de mortero hidráulico fresco y sobre ella se sigue echando el hormigon nuevo. Esto mismo se practica para unir dos capas consecutivas

cuando la inferior haya podido fraguar; y atendido el corto tiempo en que lo verifica el hormigon y la perfecta adherencia de cada una de sus partes, puede decirse que las obras ejecutadas con este material forman un solo todo, ó constan de una sola pieza, por cuya razon reciben el nombre de *monolitas*.

Aunque una de las aplicaciones más importantes del hormigon es la de formar macizos en puntos cubiertos por el agua, nos ocuparemos de este caso particular al tratar de las fundaciones.

119. **Ladrillo.**—La mucha dureza del buen ladrillo, su perfecta adherencia á los morteros y su forma completamente regular, hacen que esta fábrica, cuando se ejecuta con esmero, dé escelentes resultados bajo el doble punto de vista de la economía y resistencia.

Antes de colocar los ladrillos en obra, debe cuidar el albañil de mojarlos, pues sin esta precaucion absorberian una parte del agua de los morteros, la cual es necesaria para su buen fraguado y sin la que podrian convertirse en pulverulentos, en lugar de adquirir al cabo de cierto tiempo la dureza de la piedra (1). Hecho esto y enrasada la hilada inferior, se estiende una capa de mortero llamada *tendel*, de unos 0^m 02 de espesor, teniendo cuidado de que no llegue hasta el paramento, con objeto de que al colocar encima y comprimir el ladrillo, no se vierta mucho mortero, recogiendo sin embargo con la paleta el que pueda caer. Al comprimir el ladrillo se le da cierto movimiento lateral para acercarle al contiguo de la misma hilada, y de esta manera se hace refluir el mortero y llenar la junta vertical que los separa, golpeando des-

(1) Este mismo efecto podria tener lugar si despues de colocado un ladrillo se le tuviera que quitar para ponerle de nuevo, en cuyo caso se debe reemplazar el mortero que habia servido en el primer asiento, por otro fresco.

pues ligeramente la cara superior del ladrillo con el mango de la paleta, para darle la posición exacta que debe ocupar.

El espesor de las juntas horizontales debe estar comprendido entre 0^m 005 y 0^m 010, pudiendo ser un poco mayor el de las verticales.

Como la forma y dimensiones de todos los ladrillos que se emplean en una obra son las mismas en la generalidad de los casos, sucederá en varios de los aparejos de que se ha hablado en el artículo anterior, como los representados en la fig. 56 y otros, que existirán en el interior de un muro juntas verticales continuas en toda la altura, lo que no tiene lugar en la sillería y sillarejo, por poderse cambiar algo el ancho y largo de las piedras. Esto, sin embargo, no es inconveniente para la solidez de la obra, pues la extensión horizontal de estas juntas es siempre pequeña, y el material se encuentra bien enlazado y dispuesto para que no haya la menor tendencia á la separación entre las diversas partes de la fábrica.

En la construcción de los tabiques de panderete (110), en lugar de ponerse el mortero sobre los ladrillos ya colocados, se recubre con él un lecho y una junta del ladrillo que el albañil tiene en la mano y va á colocar; y en este estado le pone y oprime con fuerza contra los inferiores y el adyacente del panderete, con los cuales debe quedar en contacto. En todos los panderetes el largo del ladrillo corresponde siempre á la junta horizontal y el ancho á la vertical.

Ya vimos (69) que el ancho del ladrillo es ordinariamente algo menor que la mitad de su largo, lo cual tiene por objeto que dos anchos más el espesor de la junta compongan el largo, y puedan de esta manera corresponderse perfectamente las juntas verticales.

120. **Tapial.**—Las sustancias que entran en la composición de los tapiales son las mismas y están prepara-

das igualmente que las empleadas en la confeccion de los adobes (71). Esta fábrica, que sólo se aplica á la construccion de los muros que no necesitan gran resistencia, se ejecuta, análogamente á lo dicho para el hormigon, por medio de dos tableros *aa, a'* (fig. 73), dejando entre sí una distancia igual al espesor del muro y apoyándose sobre cuatro travesaños *bb*. Cada uno de éstos tiene en sus extremos dos largas cajas en las que entran las espigas de los montantes *cc*, llamados *costales*, los que se pueden aproximar ó separar apretando más ó ménos las cuñas *dd*, estando unidos en la parte superior por la pieza *ee*, tambien acuñada. Los tableros suelen tener unos 3 metros de largo y 1 de alto; los montantes 1,^m 40 y otro tanto próximamente los travesaños, con una seccion transversal de 0^m 10 \times 0^m 08.

Dispuestos de esta manera los tableros, se va echando la tierra por capas de 0^m 10 á 0^m 15 de espesor, y por medio de pisones de madera dura en forma de cuña, se comprime cada una hasta reducirla como á la mitad de su altura primitiva; y cuando de este modo se llega hasta la parte superior de los tableros, se quitan las cuñas y se los traslada á continuacion como se dijo más arriba (118). Cada una de estas capas se retira un poco sobre la inferior hasta formar una junta inclinada *ab* (fig. 74), que forma unos 60° con el horizonte, sobre la que viene despues á apoyarse la tongada inmediata. Las juntas correspondientes á una misma hilada tienen la inclinacion en el mismo sentido, y en sentido opuesto para dos hiladas consecutivas.

Los huecos que quedan en el muro al sacar los travesaños, se rellenan despues con tierra bien preparada, comprimiéndola lateralmente para que forme un sólo todo con el resto del tapial.

En lugar de humedecer con agua clara las tierras que entran en la formacion de los tapiales y apisonarlas des-

pues, como de ordinario se hace, se reemplaza algunas veces el agua con una lechada de cal, lo que proporciona á esta fábrica un aumento de resistencia notable. Otras veces se sustituye la lechada por cal apagada en polvo, que se estiende sobre las diversas capas, la que en presencia del agua que humedece las tierras, fragúa al cabo de cierto tiempo y dota de una gran dureza al tapial. Estos tapias, en cuya fabricacion entra la cal, se llaman *calicestrados*.

121. **Entramado.**—La ejecucion de las paredes de entramado, se compone de dos partes muy distintas: una que consiste en la armazon de madera llamada *telar*, que corresponde al carpintero, y la otra que comprende el relleno y pertenece al albañil.

Los postes del telar llevan en sus cabezas espigas que entran en cajas abiertas en las soleras y carreras ó en las zapatas, y los jabalcones suelen ensamblarse á junta plana con las sopandas, y á barbilla ó á caja y espiga con los postes. Algunas veces se consolidan los rectángulos que resultan, apelando á piezas oblicuas, ó cruces de San Andrés.

Cuando el entramado corresponde á un muro de fachada de un edificio, en cuyo caso recibe el nombre de *maestro*, y comprende dos ó más pisos, se hace que las vigas del piso superior, de cuya disposicion nos ocuparemos más adelante, las cuales aparecen en la fig. 58 segun sus cabezas, descansen sobre la carrera; y encima de ellas se tiende la *sobre-carrera ef*, que sirve á su vez de solera al telar del segundo tramo, debiéndose colocar los postes en la misma línea vertical que los correspondientes en el piso inferior. De la misma manera pueden levantarse los demás pisos, cuidando siempre de que los postes de los ángulos salientes del edificio, llamados *cornijales*, posean mayor resistencia que los demás. Cuando se hayan de dejar vanos ó aberturas en el tabique, se limita su

contorno por dos postes y las piezas horizontales, inclinadas ó curvas que sean necesarias.

Si el entramado es para un simple tabique interior, en cuyo caso recibe el nombre de *colgado*, se empotran en los dos muros paralelos, que generalmente son perpendiculares al plano del entramado que se quiere construir, dos postes *aa* (fig. 75), que hacen las veces de cornijales; y se colocan despues las piezas horizontales *bb*, *b'b'*, *cc*, que vienen á ser la carrera y solera. Como el relleno de estos tabiques se suele hacer empleando el yeso que se dilata despues de haber fraguado (92), hay necesidad de dejar algun juego entre el entramado y el suelo y techo, disponiendo á este fin las piezas horizontales de modo, que la superior no llegue al techo, ni la inferior toque al suelo; ensamblándose unas y otras á los cornijales y á los postes *ee*, que en el caso representado en el dibujo limitan una abertura. Los jabalcones *dd* refieren la mayor parte del peso del entramado á sus puntos de union con los cornijales, y de aquí proviene el nombre que se da á esta clase de construccion.

Los postes en los entramados maestros suelen tener unos 0^m20 ó 0^m25 de lado en su seccion transversal, estando más ó ménos próximos entre sí, segun sean las cargas superiores que tengan que sufrir.—En los colgados sólo tienen de 0^m08 á 0^m12 en la escuadría, y distan unos de otros de 1 á 2 metros.

Para que la fábrica del relleno tenga alguna adherencia con la madera y no pueda desprenderse de ella con facilidad, se hace á las piezas del telar una ranura *aa* (fig. 76), en la que se encajona el relleno cuando el entramado es maestro. En los interiores basta por punto general arrollar á las piezas de madera una cuerda de esparto *b*, llamada tomiza, á la que se adhiere bien el yeso con que se construyen de ordinario.

El relleno de los entramados maestros puede hacerse

con mampostería, ladrillos á soga y adobes revocados despues, dejando unas veces visible el armazon de madera, y recubriéndole otras con el enlucido de la fachada. En el primer caso debe pintarse la madera para que no se deteriore, y en el segundo ha de estar completamente seca para que no se pudra al poco tiempo. Los tabiques interiores se rellenan con panderetes sencillos ó dobles, ó con trozos de yeso que se sacan de otras fábricas que se han derribado, los que reciben el nombre de *yesones*. Estos tabiques se recubren despues con un enlucido como se verá más adelante.

122. **Mistas.**—Es preciso tomar várias precauciones en la ejecucion de esta clase de fábricas para que den los resultados apetecidos. Como una parte de los materiales que entran en su composicion tienen más volúmen ó formas más regulares que los restantes, resultará que en una misma cantidad de obra entrarán con los primeros ménos número de juntas, ó serán más delgadas que empleando los segundos; y atendida la compresibilidad del mortero que rellena estas juntas, el efecto total que esta causa origina, ó sea el descenso de la obra, que recibe el nombre de *asiento*, será tanto mayor cuanto menores y más irregulares sean las piedras que forman la fábrica, ó en general, cuanto más puedan comprimirse los materiales de que está compuesta. Hay por lo tanto que procurar, en cuanto sea posible, que las diversas clases de fábricas que entran en una construccion mista, esperimenten todas el mismo asiento; pues de lo contrario se originarian grietas ó aberturas en sus zonas de contacto, que á más de disminuir la solidez de la obra, perjudicarian notablemente su aspecto.

Los medios de atenuar estos inconvenientes son los mismos en todos los casos; pero con objeto de fijar las ideas, consideraremos un muro de mampostería (fig. 77) con una cadena de sillería, en la que aparecen los resal-

tos $fe f'e'$, para que la trabazon entre ambos materiales sea lo más íntima posible. Para esto se pone sobre las partes salientes aa de los sillares una capa de mortero de 0^m03 á 0^m04 de espesor, fabricado de manera que fragüe un poco despues que el resto del mortero empleado en la mampostería; luego se colocan los mampuestos sobre esta capa, teniendo cuidado de que su junta con las caras $f'e'$, de los lechos inferiores de los sillares, sea por el contrario lo más delgada posible, y formándola con la misma clase de mortero que la a , así como la junta vertical bd . De esta manera, si tiene lugar un asiento mayor en la mampostería que en la cadena, se comprimirá la capa a por no haber aún fraguado, lo que permitirá algun movimiento á la mampostería sin ocasionarse grietas ni roturas. A consecuencia de esta compresion las juntas $f'e'$ se ensancharán, y se las rellena de mortero como á las bd , cuando se rejuntan los paramentos (123).

Si se usara el yeso habria necesidad de tomar análogas precauciones, pero en sentido contrario, por el aumento de volúmen que adquiere con el fraguado y con el tiempo. Empleando mortero hidráulico se evitan estos inconvenientes por la rapidez con que frágua y la invariabilidad posterior de su volúmen.

Cuando el material de que se hace la cadena, ó en general el refuerzo, es de menores dimensiones que el del resto de la construccion, como sucede al ladrillo respecto á la mampostería, se forman los resaltos poniendo cuatro ó cinco hiladas cortas y otras tantas largas (fig. 78), pudiendo así entrar en los rebajos los mampuestos, para que traben lo mejor posible ambas fábricas.

El órden decreciente que tienen en la práctica las fábricas estudiadas para servir de refuerzo á las demás, suponiendo que sea el mismo el mortero que traba los materiales, es por regla general el siguiente: sillería, sillarejo, ladrillo, hormigon, mampostería y tapial.

Cada una de estas clases puede formar cadenas, fajas, etc., en construcciones hechas con algunas de las clases que las siguen; pero debiendo las obras presentar cierta armonía en la resistencia de sus diversas partes integrantes, se reúnen siempre en una misma construcción fábricas cuya resistencia no difiera demasiado. Así, por ejemplo, en una obra de tapial no se construyen cadenas de sillería ó sillarejo, porque tendrían éstas en general un exceso de solidez, ó de ser necesarias para la resistencia habria debilidad en el tapial.

123. **Retundido y rejuntado.**—Si en la colocación de las piedras de sillería ha habido algun descuido y aparecen en los paramentos pequeños defectos, como sería que una de las dos aristas que comprenden una junta no estuvieran en el mismo plano del paramento de la obra (fig. 79), habria necesidad de segregarse el triángulo *abf*, apelando á una labra difícil y costosa, por el cuidado que debe tenerse en no destruir las aristas de los sillares inmediatos. El esmero en la ejecución de la fábrica hace innecesario el retundido y ahorra este gasto.

El objeto del rejuntado es, sustituir en el paramento, al mortero que forma las juntas, por otro ordinariamente más hidráulico, para que las influencias atmosféricas no perjudiquen á la parte interior. Para esto se empieza por extraer con una punta de hierro el mortero que forma la junta, en una profundidad vez y media ó dos veces el espesor que presenta (fig. 80); despues se limpia y moja con cuidado, á fin de que se adhiera perfectamente á los materiales el mortero nuevo; y por último se rellena con éste el hueco, empleando la paleta, comprimiéndole con fuerza y alisándole en el paramento cuando haya adquirido cierta consistencia. Si se hace uso del cemento que frágua con rapidez, se le comprime y alisa á medida que se le va colocando.

En el paramento aparecen las juntas de ordinario en

el plano ó superficie que afecta la obra, y debe cuidarse de que no ocupen en la parte que queda visible más ancho que el grueso interior que las corresponde.

Esta operacion, que sólo tiene lugar en las fábricas esmeradas, debe hacerse en tiempo húmedo y al abrigo de los rayos del sol, para que no se seque con demasiada rapidez el mortero, lo que ocasionaria un agrietamiento perjudicial.

124. **Revoques y enlucidos.**—Así como el rejuntado tiene por objeto preservar sólo el mortero interior de las juntas, de las acciones atmosféricas, así también preservan los revoques y enlucidos todo el paramento de las mismas influencias. Aunque ambas operaciones son en la esencia iguales, reciben el primer nombre cuando se refieren á una fachada ó construccion espuesta directamente á las influencias exteriores, y el segundo cuando se practica en una parte más ó ménos preservada, como los tabiques interiores de un edificio, etc.

Lo primero que hay que hacer, es preparar convenientemente la superficie sobre que se va á operar. Si ésta pertenece á una fábrica nueva, se descarnan las juntas, en las que se introducen pequeños pedazos de piedra y despues se barre y moja el paramento. El objeto de estas operaciones es dotarle de las asperidades necesarias para que se adhiera bien el revoque ó enlucido. Si por el contrario es una construccion vieja, se descarnan bien las juntas; despues se pica todo el paramento con el picón, la alcotana ó la piqueta, y por fin se limpia con escobas fuertes y se lava, para que quitando el polvo se aumente la adherencia.

Si el paramento es vertical, que es el caso más frecuente, y se emplea para revestirle el mortero de cal, arroja el obrero con fuerza pelladas del mortero sobre el paramento, hasta recubrir cierta estension con una capa grosera, que se la deja adquirir alguna consistencia,

mientras se sigue en esta operacion en las zonas inmediatas. Hecho esto, se vuelve á igualar la primera zona aplicando otra capa ordinariamente de mortero fino, pasando varias veces de plano la hoja de la paleta, para que quede una superficie bien lisa, y siguiendo de la misma manera en el resto del paramento. De cuando en cuando hay que volver á repasar el enlucido ya colocado, para cerrar las grietas que se forman al secarse, hasta que el mortero haya adquirido bastante dureza.

En el caso de hacerse uso del mortero de cemento, y una vez preparado perfectamente el paramento como se ha dicho, se le cubre de la misma manera; pero como fragúa con rapidez, hay que hacer esta operacion bastante de prisa para emplear todo el mortero que contiene el cuevoo ántes de que empiece á endurecerse. El enlucido se va arreglando á medida que se le pone, y se hace que el mortero tenga un espesor constante, quitando las protuberancias con el filo de la paleta y echándolas en las depresiones: despues se alisa del modo ya indicado. Concluida la primera zona *ac a'c'* (fig. 81), se hace lo mismo con la inmediata *cb c'b'*; teniendo cuidado al alisarla de que el movimiento de la paleta sea hácia la parte ya enlucida, como indica la flecha de la figura, para aumentar la mútua adherencia entre ambas zonas; y con el objeto de facilitar la union de una parte con la contigua ya colocada, se habrá debido terminar ésta segun un plano *cd c'd'*, oblicuo al paramento y al horizonte.

125. **Estucado.**—Algunas veces se recubren las paredes de los edificios con una composicion llamada *estuco*, que á más de preservarlas de las acciones exteriores, sirve para el decorado, pudiéndose imitar el mármol y otras piedras parecidas. Se emplean dos clases de estucos llamados de cal y de yeso; teniendo el primero su mayor aplicacion ó los muros exteriores de los edificios, y el segundo á las partes interiores.

El estuco de cal se obtiene mezclando una parte de polvos finos de mármol con 5 de cal hidráulica apagada, que se pasa por un tamiz, á lo que se añade la cantidad de agua necesaria para que, removidas estas sustancias, resulte una pasta. En esta pasta se vierte y mezcla el color del mármol que se trata de imitar, y despues de ponerla en obra se forman las vetas con un pincel.

Para aplicar el estuco es preciso preparar ántes la pared, si ya no lo estuviere, empleando un enlucido fino, ordinariamente hidráulico, y remojando el paramento en el caso de estar seco. Despues se estiende aquel con cuidado por medio de una espátula ó cuchara pequeña sin punta y redondeada en su extremo, hecho lo cual se da á la superficie con jabon de sastre ó agua de legía espesa; luego se la pulimenta frotando con una muñeca de trapo fino, y por último se hace el veteado.

El estuco de yeso se obtiene del mismo modo que el anterior, moliendo y tamizando este material despues de cocido, y formando luego pasta con agua de cola fuerte, á la que se añade muchas veces cola de pescado ó goma arábica. Para que imite el mármol, se vierten los colores convenientes en el agua de cola, que deberá estar caliente para que no fragüe el yeso con demasiada rapidez.

Se estiende y pulimenta este estuco de la misma manera que el de cal.

126. **Observaciones generales.**— En nuestro clima conviene en general suspender la ejecucion de las fábricas desde principios de Noviembre hasta primeros de Marzo, para evitar la accion destructiva que las heladas ejercen sobre los morteros frescos. Al paralizar los trabajos, se abruga la parte superior de la construccion con esteras ó paja, y al comenzarlos de nuevo se la limpia con esmero, se quitan las partes de mortero que se hayan deteriorado, y despues se moja con agua ó con lechada de cal la superficie sobre que se va á continuar

la obra. Esto último se hace siempre que se interrumpen los trabajos por algunos dias y se quieren continuar.

Las construcciones deben llevarse por igual horizontalmente en toda la estension que sea posible, para que las presiones sobre los cimientos y partes inferiores de la obra, estén distribuidas de una manera próximamente uniforme

Es conveniente tener la obra constantemente limpia, para lo que se obliga á los peones que tengan necesidad de andar sobre ella, que marchen sobre tablones, que se colocan encima de la fábrica recién hecha, y no pisen los morteros frescos, que perjudicarian notablemente. Si por cualquier circunstancia se ensuciara la parte que se está construyendo de una obra, se la debe lavar con agua ó con lechada de cal ántes de continuar los trabajos.

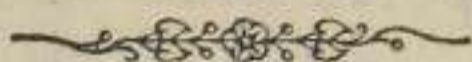
A continuacion se inserta un estado referente al volúmen de mortero ó yeso que entra en cada metro cúbico de las diversas clases de fábrica.

Desde luego se comprende que el volúmen de la mezcla varía en cada fábrica particular, segun sean las dimensiones de las piedras, la mayor ó menor regularidad de su forma, y el espesor que se dé á las juntas; así es que sólo deben aceptarse los resultados que aparecen como indicaciones generales y aproximadas.

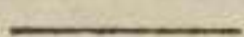
VOLÚMEN DE MORTERO Ó YESO QUE SE EMPLEA EN CADA METRO CÚBICO DE DIFERENTES FÁBRICAS.

CLASE DE FÁBRICA.	Volúmen de la mezcla en metros cúbicos.
Sillería ordinaria con hiladas de 0 ^m 50 á 0 ^m 80 de altura.	0,052
Id. id. id. de 0 ^m 30 á 0 ^m 50.....	0,060
Id. id. id. de 0 ^m 25 á 0 ^m 30.....	0,064
Bóvedas planas.....	0,068
Id. en cañon.....	0,072
Fábrica de sillarejo.....	0,250
Mampostería de carretales.....	0,072
Id. concertada.)	0,320
Id. careada ...)	0,400
Id. ordinaria ..)	0,450
Fábrica de ladrillo (entrando unos 550 en cada metro cúbico).....	0,250

PARTE CUARTA.

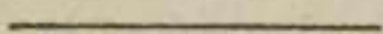


CONSTRUCCION DE LAS OBRAS MÁS USUALES.



CAPÍTULO I.

FUNDACIONES EN GENERAL.



ARTÍCULO I.

NATURALEZA DEL TERRENO.

127. **Condiciones que debe tener el suelo.**
—A más de la buena ejecucion de la fábrica de que está compuesta una obra, es indispensable, para que llene la condicion esencial de solidez, que la sustente una base resistente é inalterable; pues de lo contrario, se arruinaría la construccion por bien ejecutada que estuviera. El estudio y preparacion de esta base, á la que se da el nombre de *fundacion* de la obra, es por lo tanto de la mayor importancia, y exige un detenido exámen de la naturaleza del terreno sobre que se va á *fundar*, para dotarle de las cualidades que debe tener, en el caso de no poseerlas naturalmente.

A tres pueden reducirse las cualidades indispensables que debe satisfacer el terreno para que la fundacion cumpla su destino por completo, debiendo ser *incompre-*

sible, insocavable é impermeable, no sólo en la superficie sobre que se va á sentar la obra, sino hasta cierta profundidad, con el objeto de que las causas fortuitas de destruccion no puedan alterarlas. Como es imposible conocer *á priori* y de una manera general si un terreno dado reúne estas tres propiedades, hay necesidad de proceder á observaciones ó esperiencias en cada caso para comprobarlas, y subordinar á los resultados que se obtengan la naturaleza de la fundacion.

128. **Incompresible.**—El medio más directo y eficaz para conocer si un terreno dado se comprimirá por el peso de la construccion que haya de sustentar, sería cargarle con un peso igual al de la obra, actuando un tiempo bastante largo; pero como esta operacion sería larga y difícil, en la mayor parte de los casos, se prefiere observar los efectos del choque de un cuerpo duro y pesado que, si bien proporciona resultados ménos exactos, da sin embargo bastante aproximacion. Los efectos producidos por este choque, se pueden comparar hasta cierto punto con los que ocasiona la presion de una carga; así es, que si llamamos P el peso de un cuerpo que termina inferiormente por un plano paralelo á la superficie del terreno; A la altura desde la que cae libremente, contada sobre la superficie del suelo ántes del choque; a la depresion vertical que experimenta la superficie del terreno despues del choque; Q una carga capaz de deprimir el suelo, por sólo la presion, la misma cantidad a ; y si admitimos que las superficies cargada y chocada sean iguales, se puede establecer la igualdad de trabajos de estas fuerzas, por la ecuacion

$$Qa = P(A + a).$$

Como las cargas necesarias para producir la misma depresion son proporcionales á la superficie sobre que

actúan, tendremos que llamando S al área de la base plana del peso P , el trabajo que desarrolle, referido á la unidad de superficie, será $\frac{P}{S} (A + a)$; y si el choque se ha repetido n número de veces sobre un mismo punto para producir la depresion a , el trabajo total de P en la unidad superficial será $\frac{nP}{S} (A + a)$; de modo que para esta unidad se tendrá

$$Qa = \frac{nP}{S} (A + a) : \text{ó bien, } Q = \frac{nP}{S} \left(\frac{A}{a} + 1 \right).$$

Así, por ejemplo, si se quiere saber á qué carga por presion equivaldrá el efecto producido por el choque de un peso $P=300$ kilogramos, teniendo de base una superficie $S=0^m204$ que cae $n=30$ veces seguidas de una altura $A=1^m30$, ocasionando en la superficie del terreno una depresion $a=0^m05$, se tendrá sustituyendo

$$Q = \frac{30 \times 300}{0,04} \left(\frac{1,30}{0,05} + 1 \right) = 6.075000 \text{ kilogramos.}$$

Los valores de Q que resultan de estas fórmulas, son siempre escesivos, porque la accion continúa por mucho tiempo de una carga permanente, puede destruir la elasticidad del terreno y ocasionar su deformacion, al paso que el choque instantáneo no altera esta elasticidad; y á causa de la reaccion que la misma produce, da indicaciones erróneas, apareciendo depresiones mucho menores que las verdaderas. Por esta razon, en la práctica sólo se toma entre $\frac{1}{20}$ y $\frac{1}{90}$ de los valores que da la fórmula para Q .

En cierta clase de terrenos muy elásticos, no hay á veces otro medio de apreciacion mas que el de cargar las primeras hiladas de la obra y durante todo un invierno

por lo ménos, con un peso igual ó mayor que el de la construccion que se quiere erigir.

129. **Insocavable.**—Hay ciertos terrenos que es-
puestos á las influencias atmosféricas, se descomponen
con rapidez, aunque aparezcan con bastante dureza y
coherencia; y otros que se dejan atacar y destruir por las
aguas corrientes. Siendo muy difícil conocer estos defec-
tos por medio de esperiencias, hay que limitarse á la ins-
peccion de los escarpes y cortaduras, tanto naturales
como artificiales, estudiando la naturaleza y resistencia
del terreno en el punto en que se quiere fundar ó en sus
inmediaciones; y si la construccion ha de realizarse en
una corriente de agua, como sucede en los puentes, debe
examinarse detenidamente su lecho, para poder apreciar
hasta qué profundidad podrán llegar las socavaciones en
las mayores crecidas, que es cuando las aguas adquieren
la velocidad máxima.

A continuacion se inserta un estado de la velocidad
que en 1 segundo de tiempo necesita tener el agua en el
fondo de una corriente, para socavar su lecho, segun sea
la naturaleza de éste.

CLASES DE TERRENOS.	Velocidad en metros.
Tierras remojadas.....	0,076
Arcillas tierras y arenas finas.....	0,152
Arenas gruesas y gravas como guisantes.....	0,215
Gravas como habas.....	0,305
Gravas de 0, ^m 025 de diámetro.....	0,675
Cantos rodados de 0 ^m 038 de diámetro.....	1,000
Piedras partidas y angulosas.....	1,220
Cantos aglomerados, ó pundingas; esquistos tiernos.	1,520
Rocas en bancos.....	1,830
Rocas duras.....	3,050

130. **Impermeable.**—Se dice que un terreno es
impermeable, cuando sometido á una cierta carga de

agua no da paso al líquido é impide la menor filtracion. Aunque existen muy pocos que llenan en absoluto esta condicion, como sucede á las arcillas plásticas, hay en cambio otros muchos que la alcanzan en mayor ó menor grado, siempre que no contengan en su masa grietas que puedan dar paso al agua.

La permeabilidad del terreno es causa de que en muchos casos presente grandes dificultades la fundacion de una obra; y las filtraciones que son el resultado de esta manera de ser, pueden llegar á impregnar la base de la fundacion y hasta socavarla en un tiempo más ó ménos largo, ocasionando en ambos casos la destruccion completa de la obra, ó por lo ménos una alteracion perjudicial á su solidez. Para evitar estos perniciosos efectos, se toman precauciones especiales, como se verá más adelante.

ARTÍCULO II.

RECONOCIMIENTO DEL TERRENO.

131. **Diversas clases de reconocimientos.**—

El completo conocimiento del suelo sobre que se va á levantar una obra, es de la mayor importancia para fijar acertadamente la clase de fundacion más apropiada en cada caso particular; y las investigaciones necesarias á este fin, no sólo se refieren al exámen de la naturaleza del terreno en la superficie ó cerca de ella, sino que se estiene á una profundidad aun mayor de la que deba tener la construccion que se trata de realizar. Estos reconocimientos se hacen de ordinario practicando en el sitio en que se haya de fundar, zanjas, pozos ó *sondeos*, como se dirá á continuacion, que den una idea exacta de las cualidades del terreno.

A veces podrá bastar el exámen de los pozos que existan en las inmediaciones, ó bien el de los escarpes na-

turales ó cortes artificiales, como los de una vía de comunicacion, canal, etc.; pero siempre debe tenerse muy en cuenta, que las diversas capas que forman la corteza terrestre cambian con frecuencia de naturaleza y de espesor de un punto á otro, y que por lo tanto estos medios indirectos sólo proporcionan indicaciones aproximadas. Tambien debe averiguarse, por los prácticos y ancianos del país, si en el sitio de la fundacion se han hecho algunas escavaciones que despues se hayan llenado.

Si existieran otras obras en las inmediaciones, se pedirán noticias á los albañiles de la localidad acerca de la clase de terreno sobre que están fundadas, de los accidentes que hayan podido experimentar, y todos cuantos datos puedan contribuir á fijar la naturaleza de la fundacion que deba adoptarse.

132. **Sondeos.**—Si no es posible utilizar las indicaciones que proporcionan estos medios indirectos, y si la profundidad que hay necesidad de reconocer es bastante grande y de alguna estension, en cuyo caso resultarian las zanjas y los pozos con un coste excesivo, es preciso apelar á los *sondeos*, que son perforaciones verticales, hechas á través de los terrenos para conocer su naturaleza y cualidades, ó con otros vários objetos de los que aquí no nos podemos ocupar: el útil con que se verifican estas perforaciones, recibe el nombre de sonda.

133. **Descripcion y uso de las sondas. Sonda de Palissy.**—Cuando no hay que atravesar mas que una profundidad de 1^m 70, se usa la sonda de Palissy (fig. 82), que se compone de un vástago de hierro terminado por una de sus estremidades en un ojo que atraviesa un mango *aa*, y por la otra en una cuchara cilíndrica *b* que acaba en un gusanillo *c*. Su longitud total es de unos 2 metros, y puede manejarla y trasportarla un solo hombre.

Para emplear este útil, se aplicará el gusanillo al sue-

lo, y despues de comprimirla, se la da un movimiento de rotacion por medio del mango, de un modo parecido á como se mueven las grandes barrenas de carpintero al atravesar la madera. Cuando ha penetrado como 0^m 40, se eleva la sonda sacándola del agujero, y se examina la naturaleza de los detritus que se han ido alojando en la cuchara en el mismo órden de superposicion que tenian en el terreno atravesado: se eligen las muestras más convenientes y se toman las notas necesarias, como se verá despues. Hecho esto, se vuelve á introducir la sonda en el taladro, haciéndola girar hasta que llegue á unos 0^m 80, repitiendo entónces las mismas operaciones dichas, y se sigue de esta manera en toda la profundidad que se haya de atravesar.

Si el terreno está demasiado seco y no se adhieren los detritus á la cuchara para que se sostengan al sacarla, se echa agua en el taladro, con el fin de conseguir este objeto; y siempre conviene cuidar de que la barrena no penetre más de 0^m 25 ó 0^m 30, sin asegurarse por un ligero esfuerzo de traccion de que se podrá sacar sin grandes dificultades, cuando haya atravesado los 0^m 40 que en cada operacion suele alcanzar. Cuando se encuentra accidentalmente una piedra que no se puede atravesar, se abandona este ensayo para repetirle en un punto inmediato, anotando esta circunstancia.

134. **Sonda de Degousée.** — En el caso de tener que verificar un reconocimiento á mayor profundidad que la indicada, es preciso recurrir á otra clase de sondas que constan de diferentes partes, las cuales se empalman con mucha facilidad á medida que van penetrando en el terreno, y que despues se desarman al tenerlas que sacar.

La más sencilla de estas sondas, que se emplea en perforaciones de hasta 10 metros, se compone de las principales partes siguientes: 1.º Una cabeza de sonda (fig. 83). 2.º Una llave de retencion ó *grifo* (fig. 84). 3.º Una llave

elevatoria ó *pié de cabra* (fig. 85). 4.º Una alargadera de 1 metro de longitud (fig. 86). 5.º Cuatros vástagos ó varillas de 2 metros (fig. 87). 6.º Un trépano acerado ó rompe-piedras (fig. 88). 7.º Una barrena abierta terminada en gusanillo (fig. 89). 8.º Una válvula de charnela (fig. 90). 9.º Un mango de maniobra con rosca de presión (fig. 91). 10.º Dos desatornilladores (fig. 92). 11.º Un caracol, aranca sonda (fig. 93). Y 12.º Una cábria de tres montantes con una polea (fig. 94).

Todos estos útiles, excepto la cábria, que ordinariamente es de madera y tiene de 3 á 3,5 metros de altura, son de hierro forjado; y el trépano, la barrena y la válvula, que son las herramientas que atacan directamente al terreno, están aceradas por su extremo inferior. Las varillas son todas iguales, de sección cuadrada en su parte central; pero presentando dos caras planas opuestas de mayor longitud que las otras dos, y teniendo en ambos extremos refuerzos cilíndricos, de los que uno termina en un tornillo saliente, y otro en una tuerca entrante, fileteados siempre en el mismo sentido para que se puedan empalmar unas varillas con otras. La alargadera sólo difiere de las varillas en su menor longitud; y por último, la cabeza de sonda termina inferiormente en una tuerca igual á las anteriores, que se atornilla en la cabeza de las varillas, de la alargadera ó de las herramientas, según los casos, y acaba superiormente en un estribo que puede girar alrededor del eje vertical de la parte inferior, sin arrastrar á ésta en su movimiento.

El trépano se emplea en los terrenos de roca ó piedras sueltas de grandes dimensiones, atacándolas por percusión de la misma manera que se abren los barrenos: la barrena se aplica si el terreno es consistente como en las arcillas, margas, etc., y actúa por rotación siempre en el mismo sentido en que se atornillan las varillas, para que no se puedan separar: y la válvula se usa si el terreno

presenta muy poca consistencia y está impregnado de agua, obrando unas veces por simple presion, y otras por presion ó percusion y rotacion.

Supongamos ahora que se trata de practicar un sondeo de 10 metros de profundidad. Se empieza por atornillar á la herramienta, que supondremos sea la barrena, la alargadera; y á ésta la cabeza de sonda, uniendo á su estribo una cuerda que, despues de pasar por la polea de la cábria, se sujeta á un punto de ésta como se ve en la fig. 94: despues se fija el mango de maniobra apretando el tornillo de presion que tiene y colocándole en la parte prismática de la alargadera, ó de la cabeza, de modo que tenga la altura conveniente para que, actuando uno ó más obreros en cada extremo, hagan girar á la sonda siempre en el mismo sentido, y vaya penetrando la herramienta á través del suelo. Cuando la sonda se ha introducido bastante, se destornilla y sube el mango y se fija de nuevo á otro punto de la alargadera, para que los operarios trabajen con comodidad.

Si de esta manera se ha introducido la barrena $0^m 40$, ó sea la altura de la cuchara, se la saca tirando de la cuerda, lo que es fácil, porque la altura de la herramienta, de la alargadera y de la cabeza, no escede de $2^m 25$ á $2^m 50$, y la polea está á unos tres metros: aquí, como en la sonda Palissy, se debe cuidar de no introducir la barrena de una manera continúa mas que $0^m 25$ ó $0^m 30$ sin ensayar el poderla sacar.

Cuando, repitiendo estas operaciones, ha entrado tanto la sonda que no se puede fijar á una altura cómoda el mango de maniobra, se la saca y sustituye la alargadera por una varilla, continuando despues el trabajo del mismo modo que anteriormente, con la única diferencia de que cada vez que haya necesidad de sacar la sonda, será preciso desarmarla.

En efecto, ahora tendria una longitud de $3^m 25$ á

3^m 50, y por lo tanto la cabeza tropezará en la polea ántes de salir la herramienta del taladro, siendo por esta causa necesario subir la sonda únicamente hasta que salga á la superficie la parte inferior *a* del refuerzo de la herramienta (fig 94). Hecho esto, y teniendo la precaucion de colocar en el suelo dos tablones que comprendan la abertura, ó uno solo con un tablado por el que pueda pasar la herramienta, se pone por debajo del refuerzo de esta el grifo *g*, impidiendo que pueda caer la sonda ya levantada: se desatornilla entónces la rosca que une la varilla con la herramienta, para lo que se emplean los dos desatornilladores que se colocan en la parte prismática de la primera; despues se separa de la misma manera la cabeza y la varilla, y por último se atornilla la cabeza con la herramienta, pudiéndose ya tirar de la cuerda y sacar de la abertura el resto de la sonda.

Claro está que si en vez de una sola varilla se hubiera llegado á una profundidad tal que exigiera dos ó más, tendrian que repetirse estas operaciones cada vez que al subir la sonda apareciese la parte inferior de los refuerzos, desarmándose siempre por longitudes de varillas; y en este caso se suele sustituir á la cabeza de sonda la llave elevatoria que coge inferiormente á los refuerzos por su parte más corta, despues de haberlos sujetado con el grifo por la parte más larga.

Para volver á introducir la sonda y continuar los trabajos, hay que armarla tambien por partes, segun las mismas reglas, aunque en sentido inverso.

135. **Precauciones que deben tomarse en los sondeos.**—Hay que tomar várias precauciones en estas maniobras para evitar entorpecimientos ó dilaciones. Una es la igualdad del esfuerzo que deben desarrollar los peones que actúan en los extremos del mango de maniobra para hacer girar la sonda, y siendo esto muy difícil de alcanzar, se evitan las oscilaciones que necesaria-

mente tendrian lugar, colocando tres cuerdas ó vientos sujetas por un extremo á los montantes de la cábria y por el otro al estribo de la cabeza de sonda; si bien tiene este sistema el inconveniente de tener que templar con demasiada frecuencia estos vientos, si no ha de cabecear la sonda. Algunas veces no basta el esfuerzo de dos ó más hombres tirando de la cuerda para arrancar la sonda al subirla, y en este caso se fija el mango de maniobra á poca altura sobre el suelo, y se actúa en sus extremos por el intermedio de dos palancas ordinarias que se introducen por debajo: á ser posible, puede hacerse que el extremo libre de la cuerda se arrolle á un torno, y verificar por su medio el arranque de la sonda. Despues de elevada 0^m 20 ó 0^m 30, se ha destruido la adherencia entre la herramienta y las paredes del taladro, y por lo tanto es fácil seguir subiéndola, como se ha dicho más arriba.

Si en la perforacion de las diversas capas del terreno se llega á una demasiado dura para que la barrena pueda penetrarla por rotacion, hay necesidad de sustituirla por el trépano y hacerle entónces obrar por percusion, elevando la sonda 0^m 25 ó 0^m 30 y abandonándola en seguida á su propio peso, despues de haberla hecho girar un poco para que el filo se presente en otra posicion y produzca un agujero cilíndrico. Cuando de este modo el trépano ha descendido 0^m 30 ó 0^m 40, se le saca para introducir de nuevo la barrena y estraer los detritus, que se mojarán si es necesario aumentar su adherencia.

Muchas veces sucede que á los 6 ó 7 metros de profundidad se atraviesa alguna capa permeable; y si el terreno es flojo, se reblandecen las sustancias de tal modo, que no tienen bastante cohesion para sostenerse en la cuchara de la barrena cuando se la saca, y entónces es preciso usar la válvula que penetra á través del terreno semifluido: éste abre la válvula, entra en el tubo, y al sacar la sonda la cierra por su propio peso,

y sube á la superficie encerrado en la herramienta.

Siempre que por descuido ó por la rotura de alguna varilla, haya una separacion entre las partes que forman la sonda, cuando ésta se encuentra introducida en el tala-dro, hay que recoger la parte inferior que habrá quedado en el fondo de éste al sacar la primera. Para esto se mide la longitud de la parte estraida y se conocerá la profun-didad á que está la parte restante; se une el caracol á las varillas necesarias para que pueda bajar algo más que el primer refuerzo que encuentre; y cuando se ha consegui-do esto, se le hace girar en el sentido conveniente hasta que abrace la parte prismática, y al sacarle tropezará con el refuerzo superior, arrastrando consigo la parte de son-da que habia quedado en el fondo de la abertura.

136. **Prescripciones generales.**—Antes de em-pezar el sondeo en un sitio dado, convendrá: 1.º Elegir un punto fijo en el terreno que sirva de referencia á to-das las alturas que sea necesario determinar. 2.º Medir y numerar de antemano todas las partes del aparato de sonda, para saber siempre á qué profundidad se encuen-tra la perforacion. 3.º Examinar con atencion los dife-rentes detritus que se estraigan, con objeto de conocer el grueso y la profundidad de las capas de terreno que se atraviesan. 4.º Elegir y guardar las muestras más prin-cipales de detritus de las capas perforadas, así como las conchas, etc., que salgan entre aquellos. 5.º Indicar la especie de herramienta empleada en la perforacion y el adelanto del trabajo en cada caso. 6.º Anotar los acci-dentes que hayan podido ocurrir en la marcha de las ope-raciones. Y 7.º La profundidad á que se hayan encontra-do manantiales.

Todas estas observaciones, y cuantas se crean necesarias para dar á conocer las condiciones y naturaleza del terreno perforado, se deberán consignar en un cuaderno ó en un estado con las casillas convenientes, y estos datos

servirán de base para apreciar las dificultades que se tendrán que vencer en la construcción de las fundaciones, así como la profundidad á que se deberán bajar, para conseguir que la obra posea la solidez deseada.

ARTÍCULO III.

DIVERSAS CLASES DE FUNDACIONES.

137. **Division de las fundaciones.**— La fundación más á propósito en cada caso, varía con la naturaleza y circunstancias del terreno sobre que se haya de asentar; pero todas se pueden comprender en dos clases, llamadas *fundaciones ordinarias* y *fundaciones hidráulicas*.

A la primera corresponden en general las que se establecen en un terreno seco, que se puede escavar hasta la profundidad necesaria sin encontrar agua en bastante abundancia para que entorpezca los trabajos, y cuando después de terminada la obra no está espuesta á la acción directa de las aguas corrientes. Si cualquiera de estas circunstancias no tiene lugar, será hidráulica la fundación.

Pueden presentarse cuatro casos principales, tanto en las fundaciones ordinarias como en las hidráulicas, y son:

1.º Que el terreno sea bastante resistente para recibir desde luego la base de la construcción, en cuyo caso recibe el nombre de *fundaciones sobre terreno natural*. Este suelo resistente podrá estar recubierto con una capa de mal terreno, con tal que tenga poco espesor y que sea fácil de quitar. La resistencia del terreno es relativa á las circunstancias; así es que algunos pueden llenar bien esta cualidad para una fundación ordinaria, y ser sin embargo inacceptables por completo si hubiera de ser hidráulica.

2.º Que se encuentre el suelo firme á bastante profun-

didad para que no convenga desmontar el mal terreno que le recubre; pero que no resulte demasiado bajo y que se le pueda alcanzar por medio de grandes piezas de madera ó hierro que entran verticalmente á través del mal terreno: estas piezas se fijan bien en el subsuelo resistente, y unidas entre sí por la parte superior proporcionan completa seguridad á la construccion que sobre ellas descanse. En este caso se llaman *fundaciones sobre pilotes*.

3.º Que el terreno poco resistente y malo tenga demasiado espesor, para que se le pueda atravesar como en el caso precedente, pudiéndole considerar en la práctica como de espesor indefinido. Entónces hay que apelar á las *fundaciones sobre mal terreno*.

4.º Que presente, por último, el terreno en que se haya de fundar, unos puntos en distintas condiciones ó con diversa resistencia que otros, siendo necesario establecer medios particulares para dotar á todos de la fuerza conveniente; y en este caso, se dice que son *fundaciones sobre terreno variado*.

Cuando el agua recubre ó llena una fundacion, se pueden seguir dos procedimientos generales para construirla. Uno consiste en limitar el recinto en que se ha de fundar, por medio de paredes impermeables que se introducen á través del terreno hasta la profundidad necesaria, y en extraer despues el agua que queda en el interior, pudiendo entónces trabajar como si el líquido no existiera; y en tal caso, se dice que la *fundacion es con agotamiento*. El otro se reduce á verificar los trabajos sin prévia preparacion, teniendo que atravesar la capa acuífera que cubre la superficie sobre que se va á fundar, y entónces recibe el nombre de *fundacion sin agotamiento*.

Por lo dicho, se comprende el aumento de trabajo y gasto, que á igualdad de las demás circunstancias, llevan consigo las fundaciones hidráulicas comparadas con las

ordinarias; pues unas veces hay que dotarlas de una gran resistencia para que las aguas no puedan destruirlas despues de ejecutadas, y otras es necesario vencer las dificultades que origina la presencia de este líquido en la marcha de las operaciones, siendo preciso apelar á medios auxiliares, á veces muy poderosos, ó á precauciones en la mano de obra, lo que en ambos casos hace elevar de una manera notable el importe de la construcción.

138. Fundaciones sobre terreno natural.—

Todo terreno no compresible se presta en general á esta clase de fundaciones, cuando la obra no es hidráulica; así es que todas las rocas coherentes, las margas y arcillas secas ó muy poco húmedas, las gravas, y hasta las arenas sueltas pueden servir á este objeto, no obstante que en el último caso hay necesidad de tomar algunas precauciones, como se dirá más adelante.

Si la construcción es hidráulica, se limitan, puede decirse, á las rocas duras y coherentes los casos en que conviene emplear esta fundacion desde luego, aunque hay otros terrenos, como ciertos bancos de grava, de arena ó arcilla, que en agua estancada y con poca presión, pueden tambien utilizarse con este objeto; pero si el agua es corriente ó tiene mucha profundidad, es necesario revestir estos terrenos á una distancia bastante grande alrededor del pié de la construcción, por medio de una superficie artificial de suficiente resistencia, para evitar socavaciones, la cual recibe el nombre de *zampeado*. Algunas veces no basta esto, y hay que impedir el paso á las filtraciones inferiores por medio de una pared, ordinariamente de madera, que rodea la construcción y se introduce á través del terreno hasta cierta profundidad. En otros casos basta este último medio, sin necesidad del zampeado para conseguir el objeto.

139. Construcciones ordinarias.—Examinare-

mos los casos más frecuentes de aplicación, empezando por las fundaciones ordinarias.

Cuando el terreno resistente aparece con poca inclinación en la superficie, basta desmontar en la extensión que deba ocupar la obra hasta una profundidad que varía entre $0^m 05$ á $0^m 10$ en las rocas muy duras, y $0^m 20$ á $0^m 40$ en las ménos resistentes, y enrasar despues horizontalmente el fondo: sobre este rebajo, que recibe el nombre de *caja*, y á baño flotante de mortero, se asienta la primera hilada de la construcción.

En el caso de estar recubierto el suelo firme por una capa no consistente de poco espesor, se desmonta ésta, continuando despues como se acaba de decir.

Puede presentarse el terreno natural con una inclinación bastante marcada, para que si se pusiera horizontal el fondo de la caja, se ocasionasen grandes desmontes; y no siendo conveniente establecerle con la inclinación del suelo, es preciso formarle de una série de escalones (fig. 95), quedando siempre los puntos más próximos á la superficie unos $0^m 20$ por lo ménos enterrados.

Ocurre á veces tener que construir una obra en el escarpe de una roca formada por bancos (fig. 96), y dispuestos de modo, que si los superiores se corriesen hácia el escarpe, arrastrarian consigo la construcción. En este caso, hay que bajar la fundación hasta llegar á los bancos *bb* que entran en el suelo por bajo del pié del escarpe, ó por lo ménos hasta uno que presente bastante resistencia y esté recubierto por otros vários para no temer su ruina. En todos los casos es conveniente inclinar el fondo de la caja en sentido contrario á las juntas de separación de los bancos, con objeto de disminuir en lo posible la componente del peso de la construcción paralela á dichas juntas: con el mismo objeto se pueden amarrar posteriormente las primeras hiladas de la obra, por medio de barras de hierro, bifurcadas por un es-

tremo (figs. 97 y 98), y con un ojo en el otro, por el que entra un barrote. Este extremo se empotra en la fábrica de la obra, y el otro entra en un taladro abierto con la barrena en los bancos interiores, cuidando ántes de poner una cuña en la bifurcacion, para que introduciendo con fuerza la parte bifurcada hasta el fondo del taladro, separe la cuña ambos brazos y los apriete contra las paredes. Hecho esto, se rellena el taladro con plomo ó mortero hidráulico, y se tiene la obra sólidamente amarrada.

Aunque en el caso de ser la roca atacable por las acciones atmosféricas, se pueden obviar muchos de estos inconvenientes construyendo un muro que contenga los bancos (fig. 99), es siempre preferible, á poder ser, alejar las obras de los escarpes todo lo necesario, para que éstos no tengan influencia alguna en la estabilidad y duracion de aquellas.

Hay ocasiones en que por bajo de la roca ó del suelo resistente hay un espesor más ó ménos grande de mal terreno, y á veces está en hueco por escavaciones que se hayan practicado anteriormente ó por otra causa cualquiera. Entónces hay que examinar con el mayor cuidado si el suelo fuerte tiene por sí mismo bastante resistencia para soportar el peso de la construccion, y en caso contrario, hay que proceder como si se fundara sobre mal terreno, cuando la capa inferior sea muy profunda, y de no serlo ó de estar en hueco, se refuerzan inferiormente por medio de pilares *pp* (fig. 100) los puntos principales en que carga el peso de la obra.

Si el terreno perfectamente sólido se presenta sólo en algunos puntos aislados y en los intervalos hay masas profundas sin resistencia, se puede verificar la fundacion cuando estos intervalos no son muy grandes, construyendo bóvedas de un punto fijo á otro, llamadas *bóvedas de descarga*, y apoyando sobre ellas el resto de la obra (fig. 101).

Sucedede tambien que las rocas sobre que se va á fundar presentan á veces tantas irregularidades, que es difícil enlazar bien con ellas una fábrica regular; y en este caso, lo mejor es formar una base ó macizo de hormigon, que se hace vertiéndole entre tableros semejantes á los descritos en el número 118: así se enrasan ó igualan superiormente las irregularidades más notables, y despues se sigue la fábrica.

140. **Construcciones sobre arena.**—Se puede fundar sobre la arena suelta cuando aparece en capas de gran espesor. Para esto se empieza por abrir la zanja de la fundacion solamente en la estension que se pueda rellenar en un dia con la fábrica que deba ocuparla, y hasta una profundidad tal, que sea menor que la necesaria, en la altura de la hilada inferior de los cimientos. Hecho esto, con la mayor prontitud posible, escava un albañil en uno de los extremos de la zanja, el sitio únicamente necesario para poner la primera piedra de la hilada inferior, la que coloca al momento en un baño flotante de buen mortero hidráulico. Inmediatamente escava el sitio de la segunda piedra de la misma hilada, y la coloca como la primera, continuando así en toda la estension de la zanja abierta. Cuando este albañil ha hecho bastante cantidad de su hilada, y sin que deje de continuar trabajando, entra otro á poner las piedras de la hilada segunda, en el mismo órden en que se va haciendo la primera; y á veces entra despues un tercer albañil, si no han de incomodarse en su respectivo trabajo, adelantando de esta manera la obra por escalones.

Al dia siguiente se prosigue la escavacion que podrá rellenarse, y el primer albañil continúa despues colocando las piedras de su hilada, siguiendo los demás en su trabajo respectivo, hasta que al cabo de cierto tiempo se haya enrasado la fundacion en toda la superficie que deba ocupar. A veces se ven oscilar las primeras hiladas, y

parece que la obra no podrá tener gran solidez; pero esto no debe preocupar, porque el rápido fraguado de los morteros las consolida al poco tiempo; y se continúan los trabajos, cuidando sin embargo de llevar la obra lo más igual posible en dirección horizontal, para que no haya puntos de la arena muy cargados, y á poca distancia otros que apenas sufran presión.

Todas ó una gran parte de las dificultades enumeradas, se pueden presentar en una misma localidad, y los medios de vencer los inconvenientes que resultan pueden combinarse de una manera más ó menos acertada; indicando al constructor inteligente el detenido estudio de la naturaleza y circunstancias del terreno, cuál es la solución más conveniente y eficaz al mismo tiempo que menos costosa, para que llene por completo el objeto deseado.

141. **Construcciones hidráulicas.**—Cuando la obra háya de ser hidráulica y se emplean los agotamientos, se empieza por formar el dique ó la pared impermeable, llamada *atajuia aa* (fig. 102), que comprenda la superficie de la fundación; debiendo cuidar de rebajar el pié de las ataguías hasta un terreno impermeable, siempre que sea posible: se agota después el agua interior, y se enrasa el suelo, ya de nivel ó en escalones, como si fuera una fundación ordinaria. Si la fundación se encuentra espuesta á fuertes corrientes, se puede aumentar su estabilidad inclinando un poco su base en sentido contrario al de la marcha del agua (fig. 103).

Bajo el punto de vista económico, no se debe apelar á los agotamientos, sino cuando la altura de las aguas pasa de 2 metros.

En el caso de que convenga ejecutar la fundación sin agotamiento, se pueden seguir varios métodos. Uno, llamado de *cajones sin fondo*, consiste en limpiar é igualar la base de la fundación, en cuanto sea realizable, á través del agua, para cuyo objeto se emplean aparatos lla-

mados *dragas* y *escafandras* (161 á 166); y despues se sondea el contorno de esta base con la mayor exactitud, para conocer sus diversas irregularidades, refiriéndolas á un plano fijo horizontal. Hecho esto, se construyen y arman en el suelo, cerca de la orilla ó sobre balsas, los tableros de madera necesarios que han de formar las paredes del cajon, y una vez armados y puestos en el sitio que les corresponde, se rellena su interior con hormigon.

Estos tableros (fig. 104) deben tener una altura próximamente igual al calado del agua, y se cortan por la parte inferior de modo que se adapten con la mayor exactitud posible á las desigualdades del fondo. Se los lleva ya armados al sitio en que se los va á colocar, haciéndolos flotar por medio de barricas ó toneles vacíos, y se fija exactamente su posicion empleando las amarras y anclas necesarias; despues se va introduciendo el agua en los toneles para hacer el sistema más pesado, el cual va bajando poco á poco hasta que el borde inferior de los tableros coincida con el suelo. Si esto se consigue desde luego, no hay más que llenar la caja con hormigon, poniéndole á través del agua, como se verá más adelante, y establecer despues sobre este macizo de hormigon la primera hilada de la fábrica, como se haria sobre el terreno natural; pero si el cajon no se ha sumergido convenientemente, se le levanta un poco sacando agua de los toneles por medio de una bomba, y despues se le hace bajar con cuidado para que ocupe el lugar que le corresponde.

Alguna vez, aunque rara, se construye en medio del agua un macizo de piedras que tienen dimensiones bastante grandes, echadas á granel, el cual se eleva hasta la superficie del líquido, y recibe el nombre de *escollera*; ejecutándose encima y como sobre terreno natural el resto de la obra.

142. **Fundaciones sobre pilotes.**—Se da la de-

nomination de *pilotes*, á vigas de madera redondas ó escuadradas y á fuertes barras redondas de hierro, introduciéndose unas y otras á través de los terrenos poco resistentes, ya para dotarlos de más consistencia, ya para alcanzar inferiormente una capa bastante fuerte y dura. Algunas veces estos pilotes de hierro son huecos interiormente, y presentan un diámetro más ó ménos grande, recibiendo en este caso el nombre de *tubos*.

La penetracion de los pilotes en la masa de los terrenos, puede conseguirse por medio de la *percusion*, ó sea golpeándolos por la parte superior; por *rotacion*, análogamente á como entra la barrena del carpintero en la madera; y finalmente por *presion*, cargándolos con los pesos necesarios. El primer medio se adopta de ordinario para los pilotes de madera, el segundo para los de hierro, y el último para los tubos.

A la reunion de los pilotes introducidos en el terreno y cuya parte superior proporciona los puntos de apoyo necesarios para establecer una construccion cualquiera, se da el nombre de *pilotaje*; y sobre la cabeza de los pilotes se pone por regla general un fuerte bastidor ó cuadrícula, formada por piezas horizontales que se cruzan á escuadra, ensambladas entre sí y con los pilotes, la cual recibe el nombre de *emparrillado*, sobre el que se levanta la construccion.

Una variedad del sistema de pilotes, es la *fundacion sobre pilares*, que se ejecuta escavando pozos á intervalos regulares en la superficie que ha de ocupar la construccion, los cuales bajan hasta el terreno resistente, y rellenándolos despues de mampostería, sirven de pilares ó piés derechos á un sistema de arcos que van de uno á otro, sobre los que se establece la primera hilada de la obra, despues de haberlos enrasado de nivel (fig. 105). Otras veces se construyen sobre estos arcos enrasados un

sistema de bóvedas (fig. 106), cuando la base de la fundacion necesita ser muy ancha.

143. **Construcciones ordinarias.**—Aunque se han prodigado innecesariamente las fundaciones sobre pilotes de madera, no se puede justificar su empleo en las *construcciones ordinarias* sino cuando es posible llegar hasta el terreno firme con el pié de los pilotes, sin darlos una longitud escesiva. Siempre debe evitarse el formar un pilote de dos piezas empalmadas, por la poca resistencia que en tal caso presenta; y si hay necesidad de que tengan más de 7 á 8 metros de longitud, se debe por regla general desechar los pilotes de madera, y adoptar otra disposicion, para que la obra tenga la solidez necesaria. No existe la misma limitacion en las fundaciones sobre pilares y aun sobre pilotes de hierro y tubos, por la conveniente longitud y resistencia de que se los puede dotar en cada caso, debiéndose preferir siempre el sistema que proporcione la solucion más económica, á igualdad de solidez.

144. **Construcciones hidráulicas.**—En las fundaciones hidráulicas son mucho más numerosos los casos en que se debe apelar al empleo de los pilotes, pues no sólo son indispensables cuando el terreno resistente se encuentra á demasiada profundidad para que convenga desmontar el malo que le recubre, sino en el caso de que el terreno superior, aunque inalterable á la presion vertical que haya de sufrir, no lo sea á la accion de las filtraciones ó á la erosion de las aguas corrientes, como sucede con los bancos de marga ó de grava, sobre los cuales se podria establecer con seguridad completa una fundacion ordinaria. En estos casos y cuando no conviene desmontar la capa superior de terreno flojo, hay necesidad de bajar los puntos de apoyo lo necesario para que las socavaciones posteriores no dejen la fundacion al descubierto, ó *descalcen* la obra, como se dice en la práctica.

Si se hace uso de los agotamientos, se construyen las ataguías y se deja en seco el recinto que comprenden, procediendo despues como si fuera una fundacion ordinaria. Para preservar el terreno sobre que insisten las fundaciones, de la accion erosiva de las aguas, se reviste ordinariamente todo el contorno del pilotaje, ó por lo ménos las partes situadas aguas arriba y abajo, con tablestacados *tt* (fig. 107), los cuales no son otra cosa mas que paredes formadas por tablones que están en contacto lateralmente, y que se introducen en el terreno como los pilotes.

Si la fundacion debe hacerse sin agotamiento, se pueden emplear tambien cajones sin fondo, como se ha dicho en el número 141, para lo cual se hincan los pilotes centrales y las paredes de pilotes y tablestacas que forman el contorno y cierran el pilotaje, hasta que sus cabezas lleguen á flor de agua. Hecho esto, se draga el terreno hasta la profundidad que sea posible entre los pilotes centrales, y despues se rellena todo el interior del contorno, que limitan las tablestacas, con hormigon, que llega hasta unos 0^m 50 por bajo del *estiage*, ó sea la menor altura que alcanzan las aguas anualmente. Por último, se cortan los pilotes á la profundidad dicha por debajo del nivel del agua, y se los corona con un emparrillado *A* (fig. 108).

Siempre debe cuidarse de que la cara superior del emparrillado quede en todos los casos recubierta por las aguas, para que esté la madera en buenas condiciones de conservacion.

Si despues de colocado el pilotaje central y sin hacer uso del cajon de tablestacas, se rellenan los claros que dejan los pilotes con grandes piedras irregulares echadas á granel, y se igualan de nivel las cabezas de estos pilotes para colocar encima un emparrillado, entónces se dice que la fundacion es sobre escollera. El pié de ésta debe

estenderse más allá que el de los pilotes, para no dar lugar á movimientos ó socavaciones de ninguna clase. Este procedimiento apénas tiene aplicacion en la actualidad.

En el dia se hace uso en las obras hidráulicas de importancia, de los *pilotes de rosca*, que constan de una fuerte barra *a* de hierro forjado, terminada inferiormente por un disco horizontal de hierro fundido *b* (fig. 109) y más abajo un gusanillo como en las barrenas. Para clavarlos, se les hace girar de un modo parecido á como se dijo al hablar de la barrena en los sondeos (134), y la rosca penetra en el terreno sin alterar su estructura, hasta que llega á una capa bastante resistente, en la que se introduce el disco, y sirve de punto de apoyo á la parte superior de la construccion, una vez arriestradas perfectamente las cabezas de todos los pilotes.

En otros casos se emplean tambien tubos de hierro fundido ó de palastro, de 1 á 3 y más metros de diámetro, como se ve en seccion vertical en la (fig. 110), formados por anillos sobrepuestos, uniéndose unos á otros por medio de roblones que atraviesan los rebordes interiores en que termina superior é inferiormente cada anillo. Se introducen en el terreno cargándolos superiormente con grandes pesos, y en el interior van trabajadores que escavan el suelo sobre que insisten, sacándose los productos de la escavacion, por procedimientos que no podemos entrar á describir, y dotando á los obreros del aire necesario por medio de bombas. De esta manera van bajando los tubos verticalmente en virtud de la carga superior, y una vez introducido su pié en la capa fuerte del terreno, se rellenan interiormente de hormigon en toda su altura, colocando encima fuertes placas horizontales de hierro fundido, que enlazan entre sí dos ó más tubos, las cuales sirven de base al resto de la construccion.

145. **Fundaciones sobre mal terreno.**—Atendidas las condiciones desfavorables en que tienen lugar esta clase de fundaciones, es necesario de parte del constructor la mayor atención y detenimiento, para elegir entre las diversas disposiciones que pueden adoptarse, aquella que exija ménos gastos á igualdad de solidez y resistencia.

146. **Construcciones ordinarias.**—Entre los diversos procedimientos adoptados para ejecutar las fundaciones *ordinarias* en mal terreno, se indicarán los siguientes:

La fundación *sobre terreno natural despues de comprimido*, puede tener aplicación en general á todos los terrenos que sean poco compresibles, y aun á los terrenos turbosos recubiertos con una gruesa capa de tierra vegetal, y tambien se puede emplear sobre masas de arena fangosa ó arcilla reblandecida, que tengan en la superficie una costra sólida de más ó ménos espesor. Las precauciones particulares que se deben tomar en estos diversos casos, son: 1.º Desmontar lo ménos posible la capa ó costra superficial, para no disminuir su resistencia. 2.º Comprimir por el choque de grandes mazas ó pisones movidos á brazo ó con máquina, el fondo de la zanja ó caja, con objeto de apretar el suelo y disminuir en lo posible el asiento, que de lo contrario resultaria por su natural compresibilidad. 3.º Dar á la base de la fundación un gran ensanche, á fin de que repartiéndose la carga sobre una superficie mayor, se reduzca la presión en cada punto. 4.º En fin, levantar uniformemente la fábrica sobre todos los puntos á la vez, para no cargar el terreno por un lado más que por el otro, obteniéndose de este modo asientos regulares.

La magnitud del ensanche necesario en cada caso particular, se puede apreciar con bastante aproximación, por medio de las consideraciones espuestas en el número 128.

La fundacion *sobre emparrillado* tiene una aplicacion justificada, siempre que el terreno es demasiado malo para que pueda emplearse el procedimiento anterior. Consiste en una *parrilla* ó cuadrícula de madera, formada de vigas colocadas horizontalmente, que se ensamblan entre sí á ángulo recto, recubriéndolas despues con un fuerte entablonado ó piso. Este emparrillado tiene por objeto repartir las presiones sobre el suelo con igualdad; pero tiene el inconveniente de podrirse con bastante rapidez, ocasionando esto á veces la ruina de la obra. Cuando hay necesidad de apelar á este procedimiento, se deben tomar todas las precauciones posibles para preservar la madera de la putrefaccion, segun lo espuesto más arriba (104).

Tambien debe cuidarse de colocar el emparrillado á cierta profundidad bajo la superficie del suelo, para que la obra no pueda descalzarse, y para preservarle en lo posible de las alternativas de humedad y sequedad del suelo, las que destruirian la madera en poco tiempo.

De todos modos es conveniente, cuando se emplea este método en terrenos muy flojos y para construcciones de importancia, cargar el emparrillado durante un tiempo más ó ménos largo y ántes de empezar la construccion, con un peso igual por lo ménos al de la obra; consiguiéndose de esta manera que el terreno haga su asiento, lo que evita accidentes unas veces de trascendencia y otras irreparables.

Si por la naturaleza del terreno se cree que será conveniente formar un encajonado con pilotes y tablestacas que se enlace por la parte superior con el emparrillado, debe hacerse uso de este medio de consolidacion.

La fundacion *sobre pilotes* está reducida al empleo de pilotes cortos, pero hincándolos tan cerca unos de otros cuanto sea posible, á fin de formar una capa ó banco artificial de madera, sobre el que descansa la construccion.

Este sistema , además de lo costoso, tiene los mismos inconvenientes que el anterior para la conservacion de la madera.

Muchas veces se reemplazan con buen resultado los pilotes ordinarios por pilotes de *arena* ó de *hormigon*, para lo cual se clava en el terreno un pilote de madera ligeramente cónico, de unos 2 metros de largo por 0^m 20 de diámetro; se le arranca despues, y la abertura que deja se llena con hormigon, ó bien con arena fina y seca bien comprimida, repitiéndose esta operacion tantas veces como pilotes deba haber y en los puntos convenientes. Este procedimiento tiene la ventaja de que de la carga que actúa sobre la cabeza del pilote de arena, sólo la mitad próximamente tiene que experimentar el pié, trasmitiéndose el resto á las paredes laterales de la abertura.

El sistema de fundacion sobre *escollera*, tiene buena aplicacion en los terrenos fangosos y sin consistencia, en cuyas circunstancias es preferible á los métodos anteriores. Se ejecuta, como siempre, arrojando á granel grandes piedras que se introducen en el suelo por su propio peso, hasta que lleguen á la altura conveniente; despues se enrasa de nivel la parte superior y se carga con un peso igual al de la otra, rellenando con piedra nueva los asientos que tengan lugar, hasta que no se produzca ningun movimiento. Al cabo de algun tiempo de no experimentar asientos, se puede ejecutar la construccion.

En los terrenos del caso anterior, se emplean tambien *macizos de hormigon*, que consisten en capas que se forman con este material, echándole en una zanja bastante profunda, cuyas paredes se sostienen con tableros de madera. Despues de fraguar el hormigon constituye un verdadero banco de piedra, que puede sostener con toda seguridad la construccion, si tiene el espesor necesario.

En algunos casos se funda en terrenos malos con soli-

dez y una gran economía, formando una capa gruesa de arena fina y seca, estendida y apisonada en la zanja de la fundacion. Este medio no difiere en la esencia del llamado por pilotes de arena.

147. **Construcciones hidráulicas.**—Si en lugar de ser la fundacion ordinaria fuera hidráulica, hay que adoptar medios especiales para dotarla de la conveniente resistencia, siendo los siguientes los más usuales.

Apelando á los agotamientos, se pueden emplear los *emparrillados* cuando el suelo es incompresible y un poco socavable, teniendo por objeto repartir la presion uniformemente sobre el fondo, que se nivela de antemano con cuidado despues de formada la ataguia y sacada el agua. Para evitar las socavaciones, se hincan en la direccion más conveniente filas de tablestacas *tt* (fig. 107), y si esto no se cree suficiente, se rodea el pié de la fundacion con un zampeado más ó ménos estenso.

En el caso de que el terreno sea muy permeable en una gran profundidad, lo que daria lugar á numerosos manantiales, si despues de formada la ataguia como de ordinario, se tratara de agotar el agua interior, se draga el fondo hasta bastante profundidad (fig. 111) y luego se vierte á través del agua una gruesa capa de hormigon *A*, que se deja fraguar ántes de verificar los agotamientos; y despues de verificados éstos, se ejecuta sobre esta capa y en seco, la construccion. En este caso hay que tomar la precaucion de bajar las ataguias lo bastante, para que no sean descalzadas al hacer el dragado interior. Otras veces se forma la capa de hormigon *A* (fig. 112) en la escavacion que se hace con la draga, lo más uniforme posible y á la profundidad conveniente, y en su contorno se forman despues los rebordes *B*, tambien de hormigon, que se suben hasta por cima del nivel del líquido. Una vez fraguado el hormigon de la capa horizontal y de los rebordes, queda un verdadero cuenco que se puede agotar

fácilmente, y proporciona una base muy sólida á la construcción.

Tambien se emplean en este caso como en las fundaciones ordinarias, pilotes de madera de 2 á 3 metros de longitud, que despues de construir las ataguías y agotar el recinto que comprenden, se hincan muy próximos unos á otros, apretando el terreno y formando un banco artificial bastante fuerte para resistir la acción erosiva de las aguas. Estando constantemente sumergidos en el agua estos pilotes, una vez concluida la obra, se conservan mejor que si fuera ordinaria la fundación.

No empleando los agotamientos, se puede hacer uso del hormigon como se acaba de ver, formando, no una gruesa capa en la extensión que comprende la ataguía, sino una serie de capas que constituyan un verdadero macizo hasta llegar al nivel del agua y que sirva de base al resto de la construcción.

Si la obra es de gran importancia, se hace uso tambien de los tubos, los cuales sirven de ataguías durante la construcción de la fábrica con que se rellenan interiormente, y despues quedan como de refuerzo y revestimiento sólido á esta fábrica, que es de ordinario el hormigon: estos tubos se introducen á veces hasta 20 y 25 metros de profundidad.

148. Fundaciones sobre terreno variado.
—Esta clase de fundaciones son acaso las más difíciles de ejecutar; pues así como los asientos de las construcciones se verifican de una manera uniforme cuando el terreno es igualmente malo en toda la extensión que ha de ocupar la obra, si se tiene la precaución de cargarle por igual, así tambien cuando presenta unos puntos fijos é inalterables y otros más ó menos compresibles, el asiento que pudiera ocasionarse, no siendo igual en toda la extensión de la obra, se rebelaria por agrietamientos y separa-

ciones entre las diversas partes de las fábricas que forman la construcción.

Por esta causa es preciso reforzar los puntos débiles, de modo que el peso de la obra no produzca en ellos una alteración mayor que la que tenga lugar en los demás, á cuyo objeto se cargará á los primeros después de haberlos preparado convenientemente por espacio de bastante tiempo, con un peso igual por lo ménos al de la parte de la obra que deban sostener. Este resultado se puede conseguir apelando según las circunstancias á los varios métodos que acabamos de indicar, en las diversas condiciones en que el terreno se presenta para establecer una fundación sólida y resistente.

Si la construcción no carga igualmente por unidad de superficie en toda la extensión que ocupa, tampoco será necesario que la base de la fundación posea la misma resistencia en todos sus puntos; pero siempre convendrá partir del supuesto más desfavorable, con objeto de atender á los cambios que se ocasionan en la distribución de las cargas por los asientos de las fábricas y otras varias causas.

CAPÍTULO II.

Trabajos preliminares á la ejecución de las fundaciones.

149. Una vez conocida por los medios espuestos en el capítulo anterior la naturaleza del terreno sobre que se opera, y fijada en su consecuencia la clase de fundación que se crea más apropiada, hay que proceder á la ejecución de ciertas operaciones ántes de comenzar la fundación propiamente dicha, siendo las más importantes las que á continuación se espresan.

ARTÍCULO I.

ATAGUIAS.

150. **Division de las ataguías.**—Segun lo indicado más arriba (141), el objeto de las ataguías es interceptar, en cuanto sea posible, la comunicacion entre el sitio que han de ocupar las fundaciones y las aguas exteriores. Estas pueden penetrar por los costados ó por el fondo de la fundacion, y de aquí las dos especies llamadas *ataguías de recinto* y *ataguías de fondo*.

151. **Ataguías de recinto.**—La forma que se da á estas ataguías depende de la que tiene la fundacion, paralelamente á cuyo contorno se trazan las primeras á 1,50 ó 2 metros de distancia, á fin de dejar únicamente el espacio necesario para colocar las máquinas de agotamiento y no interrumpir á los obreros en su trabajo. A medida que varía la naturaleza ó disposicion de los materiales que entran á formar las ataguías, así cambian sus denominaciones, siendo las siguientes las más usuales.

152. **Ataguías de tierra perdida.**—Las ataguías de esta clase consisten en un simple terraplen bien apisonado, cuya seccion trasversal es un trapecio (fig. 113), y que presenta interiormente el talud natural de las tierras, el cual se aumenta en la parte exterior hasta alcanzar 1,50 ó 2 de base por 1 de altura, cuando es bastante grande la velocidad de las aguas, á no ser que se le revista con céspedes, faginas ó empedrados.

Generalmente se las da en la parte superior ó *cresta*, un ancho igual á la profundidad del agua, cuando es necesario tener bastante espacio libre para las necesidades del servicio; pero cuando éstas no lo exigen, basta dar un metro de ancho ó grueso á la cresta, cuidando siempre

de que ésta se encuentre por cima de la mayor altura que alcanzan las aguas en las crecidas.

Conviene que la tierra que se emplee en las ataguías sea bastante arcillosa, para conseguir la impermeabilidad; pero cuando hay poca de esta clase para formar con ella toda la ataguía, se la reserva á fin de hacer en la parte central un macizo prismático con un espesor igual por lo ménos al $\frac{1}{3}$ de la carga de agua, echando en el resto las tierras ménos arcillosas. Otras veces se forma un dique de perfil triangular *A* (fig. 114) con tierra ordinaria, gravas, etc., y luego se recubre exteriormente con una capa de buena tierra arcillosa de un metro de espesor medido en direccíon horizontal.

Se pueden emplear estas ataguías en ríos que no pasen de 1 metro de profundidad, y en aguas estancadas que tengan hasta 2 y 3 metros; pero siempre es preciso que el fondo sobre que insisten sea impermeable, pues de lo contrario no llenarian el objeto.

153. **Ataguías de simple pared.**—Las ataguías de simple pared sólo difieren de las anteriores, en que el talud interior se reemplaza por una pared de madera ó entablonado, sostenido verticalmente ó con cierta inclinación.

La más usada (fig. 115), consiste en una fila de pilotes clavados á 1 ó 1,50 metros de distancia unos de otros y reunidas sus cabezas por un cepo ó simple carrera, sirviendo de apoyo á vários tablones puestos horizontalmente, los que para evitar que floten, se sujetan con algunos clavos que despues son inútiles, cuando la presión de las tierras los aplican contra los pilotes. Constituyen un tablero vários tablones ensamblados á junta plana que se consolida por medio de los travesaños *tt*, debiendo cada uno de éstos quedar entre dos pilotes, y siendo la longitud de cada tablero igual por lo ménos á la distancia que separa á los ejes de tres pilotes con-

secutivos. Los tableros se enlazan entre sí al *tope* ó á junta plana, recubierta unas veces con otro travesaño clavado *r*, y otras con una tablestaca; adoptando en algunos casos la disposicion que aparece en *a*, en la que se solapan los dos tableros contiguos. Algunas veces se hacen los tableros bastante largos para que se apoyen sobre 4 ó 5 pilotes; pero siempre se ha de disponer su longitud de modo que el medio de su ensamblaje vaya exactamente al centro de un pilote.

En los terrenos permeables se sustituyen los tableros por filas de tablestacas unidas, que se clavan tomando todas las precauciones que se dirán en el capítulo siguiente al tratar de los tablestacados. Otras veces se hinca una fila de tablestacas en claraboya y se recubren los claros con otra fila igualmente dispuesta (fig. 116); pero si bien esta disposicion no exige una tierra de tan buena calidad como la anterior y resiste más á la corriente, necesita en cambio más sujecion en las operaciones, y resulta bastante más cara.

154. **Ataguías de doble pared.**—Estas ataguías están reducidas á un macizo de tierra sostenido por dos paredes de madera semejantes á las primeramente descritas en el caso anterior (fig. 117).

Se da ordinariamente un espesor á estas ataguías igual á la altura de agua que tienen que sostener, siempre que esta altura no pase de 3 metros; pero si es mayor la carga de agua, se determina el espesor por la fórmula práctica

$$E = 3^m + 0^m 32n,$$

siendo *E* el espesor buscado y *n* el número de metros que á más de 3 tiene el agua de profundidad. Cuando estas ataguías deban tener una altura muy grande, resultarian, aplicando esta fórmula, con un espesor excesivo, y en tal caso sólo se las da en la cresta el estrictamente nece-

sario para las necesidades del servicio, y se las sostiene en el interior por jabalcones a , b , que se apoyan en uno ó más órdenes de riostras r convenientemente distribuidas, ó bien se las constituye en gradas ó escalonadas (fig. 118).

Para ejecutar las escalonadas, se empieza por construir la doble pared ó el encajonado A ; luego se le llena de tierra bien apisonada, y despues se empieza á agotar el recinto interior: cuando el agua haya bajado una altura igual próximamente al ancho ab y llegue al nivel v , se hincan los pilotes p' poniéndolos despues la carrera c , y luego se colocan los traveseros t , formando así otro encajonado B , que se rellena como el anterior; y por último, se repiten estas operaciones cuando se haya vuelto á agotar cierta altura de agua, continuando de la misma manera hasta el agotamiento completo del recinto. Los pilotes, en las ataguías de simple y doble pared, deben ser de la longitud suficiente para que tengan por lo ménos 1^m 50 de hincas por bajo del plano de la primera capa de la fundacion, con un grueso proporcionado, como se verá más adelante; y siempre debe cuidarse de poner los traveseros en las cabezas de los pilotes únicamente, pues si se pusieran más bajos, podrian dar paso á filtraciones que arruinarían la ataguía, ó por lo ménos la harían hasta cierto punto ineficaz. Los tableros se construyen y colocan como se ha dicho en las ataguías de simple pared, reemplazándolos con tablestacas cuando el terreno es permeable y de mala calidad.

Una vez construido el encajonado, se empieza por dragar el terreno en el interior hasta la profundidad que se crea necesaria, y despues se rellena el intévalo entre las paredes con tierra bien apisonada. No se necesita que la tierra sea tan arcillosa en esta clase de ataguías como en las anteriores, porque no está espuesta á la acción directa de las aguas, dando buenos resultados la tierra franca, la vegetal, y hasta la arena fina; pero si se

tiene que emplear la muy arcillosa, conviene hacer uso de pisones cuya base presente redientes, para desagregar los terrones que se forman y rellenar bien los intersticios, que de lo contrario quedarían.

Las *ataguías de tela*, que sólo se emplean cuando el calado de agua no pasa de 1^m 50, consisten en la armazón de madera de una ataguía de simple pared recubierta exteriormente con una fuerte lona impermeable, bien extendida y clavada, que se la hace coincidir con el terreno lastrándola con pesos suficientes.

155. **Ataguías de fondo.**—Estas tienen aplicación cuando la cantidad de agua que sale del fondo de las fundaciones es tal, que no bastan los medios ordinarios de extracción para agotarla.

Se construyen formando una capa de hormigón más ó ménos gruesa, que recubra todo el fondo del recinto en que se va á fundar y el que de antemano se habrá dragado hasta la profundidad conveniente: para conseguir este objeto, se vierte el hormigón con máquinas, que se describirán más adelante, á través de la capa de agua que exista. Es preciso tener mucho cuidado de enlazar bien la capa de hormigón con la ataguía de recinto, pues de lo contrario pasarían las aguas interiores por entre ambas ataguías é inundarían la fundación: después que ha fraguado por completo el hormigón, se hace el agotamiento del recinto, y se continúa la fundación como en los demás casos.

Muchas veces que es necesario emplear el hormigón para la ataguía de fondo, se le usa también para formar la de recinto, á cuyo fin se empieza por establecer una pared de pilotes y tablestacas unidas, que limiten las dimensiones de la fundación; después se draga la parte interior, y se coloca la capa que recubre el fondo, clavando á continuación en ella varios montantes *mm* verticales ó inclinados (fig. 119), y situados á la distancia conve-

niente de la pared de tablestacas, segun sea la carga de agua, con cuya pared se unen por medio de traveseros ó riostras como en las ataguías de doble pared. Hecho esto, se colocan los tableros, y el encajonado que resulta se llena con hormigon hasta por cima del nivel del agua, el que una vez fraguado permite hacer el agotamiento del cuenco interior que resulta y proseguir la fundacion. Las ataguías de recinto formadas de esta manera, se podrian demoler como las demás una vez terminada la construccion; pero generalmente se las deja subsistir, y se une con ellas la fábrica que se construye bajo el nivel del agua (fig. 120), á cuyo objeto se quita la pared de madera interior de la ataguía de recinto cuando el hormigon ha fraguado, y se forma en este hormigon redientes para enlazarle bien con la fábrica de la fundacion.

El espesor de la capa de hormigon que forma la ataguía de fondo depende de la fuerza de abajo á arriba ó ascensional que experimentará cuando se ponga en seco el recinto. Llamando A la altura de agua que equilibra esta fuerza, altura que ordinariamente se mide por el calado del agua ántes de agotarla y despues de dragado el fondo; E el espesor buscado de la capa de hormigon; d la densidad del agua y D la del hormigon, se tendrá, para el caso de estricto equilibrio entre el peso del hormigon y la fuerza ascensional:

$$dA = DE.; \text{ de donde } E = \frac{d}{D}A.$$

Cuando la fuerza ascensional del agua es pequeña, se puede sustituir la capa de hormigon por otra de arcilla de 0^m 30 á 0^m 40 de espesor, que se apisona cuanto es necesario, con objeto de hacerla bien compacta y homogénea.

Para que las ataguías de fondo den buenos resultados, es necesario que se establezcan sobre el terreno natural

ó sobre un simple emparrillado; pues si se las quisiera formar entre un pilotaje apénas producirian efecto, en razon á que atravesando los pilotes la capa de hormigon, servirian de paso ó vehículo para que los manantiales subieran por las caras de contacto de estos dos materiales, é innundasen el recinto, á no ser que se tomaran precauciones especiales.

ARTÍCULO II.

AGOTAMIENTOS.

156. **Clasificacion.**—Los agotamientos pueden hacerse á brazo ó con máquinas de diversas clases; pero nos limitamos aquí á indicar los procedimientos que en uno y otro caso tienen un uso más frecuente en la práctica.

157. **Agotamientos á brazo.**—En el agotamiento á brazo pueden emplearse cubos ó *baldes*, de donde recibe tambien el nombre de *baldeo*, para lo cual entran los trabajadores en el recinto que se ha de agotar, y cuya altura de agua no debe pasar de 1 metro; llenan los cubos de líquido, que despues vierten en caces ó canales de madera, que están encima de la ataguia, y de esta manera hacen salir el agua al exterior. La altura sobre el suelo á que puede echarse el agua por este procedimiento, no excede de 1^m 50.

Tambien se emplean *achicadores*, ó largas palas cóncavas, provistas de un mango (fig. 121), que se pueden manejar desde la cresta de la ataguia vertiendo por el lado opuesto á donde se encuentra el trabajador el agua que recogen, razon por la que tiene que verificarse la extraccion á lo ancho del recinto. Cuando de esta manera ha descendido el nivel del agua y sólo tiene unos 0^m 50 de altura, pueden entrar en ella los obreros y proseguir el agotamiento hasta su terminacion.

Otras veces se saca al exterior el agua, colocándose los trabajadores sobre las ataguías y tirando directamente de cuerdas atadas á cubos; modificándose los detalles de esta sencilla operacion segun las circunstancias locales de cada obra.

158. **Agotamientos con máquina.**—Aunque en la construccion de las fundaciones de importancia se han empleado máquinas muy diversas, tanto en su disposicion general como en sus detalles, en el dia sólo tienen aplicacion para este objeto las bombas más ó ménos perfeccionadas, siendo las de más uso las que se llaman de Letestu, nombre de su constructor.

159. **Bombas de Letestu.**—Una bomba de esta clase está formada en su parte esencial por dos cilindros iguales de palastro *AA* (fig. 122), que se ven, el de la derecha en proyeccion y el otro en seccion por su eje, colocados verticalmente; los cuales se enlazan en su parte inferior con un tubo horizontal *B*, y en la superior con otro análogo *C*, teniendo los primeros las aberturas ó cajas laterales *DD*, que se cierran con tuercas, y sirven para examinar la válvula, de que hablaremos despues, sin necesidad de sacar el émbolo, así como para vaciar la bomba y para limpiarla. Cada émbolo *E* consta de un disco algo esférico de hierro fundido lleno de taladros, como aparece en la vista inferior y en escala doble en *F*, reforzado por debajo con seis nervios en direccion de los rádios, y superiormente está recubierto con dos hojas de cuero, que se ven asímismo aumentadas en la proyeccion horizontal *G*, cuya estension total es mayor que la del émbolo; así es que se recubren ó solapan por sus extremos y forman en su contorno exterior un reborde, que se puede aplicar perfectamente á las paredes de los cilindros *AA*. Estos cueros sólo se unen al disco por su centro, sujetándolos con una tuerca á un pasador *P* que forma la barra del émbolo, la cual se une por medio de un per-

no al balancin de hierro QQ , cuyo centro es un punto fijo y bien resistente alrededor del cual gira. En la parte inferior de cada cilindro AA existe una válvula V , que consta de un disco plano con un perno perpendicular en el centro y hácia abajo, reforzado con tres nervios: á la cara inferior de este disco va unida una corona de goma elástica que descansa sobre una plancha anular fija al cilindro formando rebordes; y por último, en el centro del tubo B hay una abertura circular á la que se ajusta un tubo, llamado de *aspiracion* ó de *absorcion*, cuya estremidad inferior se sumerge en el agua que se quiere agotar.

Dando un movimiento alternativo al balancin, suben y bajan los émbolos, absorbiendo el agua inferior hasta llenar los cilindros ó cuerpos de bomba A . En este estado cuando el émbolo baja, cierra la válvula V y atraviesa el agua que llena el cuerpo de bomba (1): esta agua pasa á través de los agujeros del émbolo y empuja á los cueros que se repliegan ó arrollan entre sí, en cuya disposicion aparecen en la figura G ; pero apénas cambia el sentido del movimiento subiendo el émbolo, el peso del agua que está encima hace aplicar perfectamente los cueros al disco del mismo émbolo y á la pared del cilindro A , de suerte que esta agua se eleva sin experimentar pérdida alguna; y al llegar á la parte superior, sale por una abertura central en forma de rectángulo que tiene el tubo C , provista de un pequeño caz Z . Al verificar el émbolo su marcha ascensional, deja inferiormente un vacío que trata de ocupar el agua que llena el tubo B y el de aspiracion, con una fuerza bastante intensa para elevar la válvula y ocupar del cilindro A la parte que queda por bajo del émbolo.

(1) Los mismos fenómenos tienen lugar al empezar la operacion, sólo que entónces el cuerpo elevado es el aire en vez del agua.

Los émbolos de estas bombas presentan grandes ventajas en las aplicaciones, pues siendo su diámetro algo menor que el de los cilindros, sólo se ajustan á éstos en el movimiento ascendente por el reborde de los cueros; lo que tiene lugar, aunque la cara interior del cilindro no esté muy bien trabajada ni alisada, á causa de la mucha flexibilidad de los cueros, que los permite adaptarse perfectamente á la cara, cerrando herméticamente la comunicacion entre la parte superior é inferior del émbolo y suprimiendo casi por completo el rozamiento entre el mismo émbolo y el cuerpo de bomba. Por esta razon se aplican ventajosamente al agotamiento de las aguas fangosas, aunque contenga tambien grava menuda, la que sube sin dificultad á la parte superior de los cilindros *AA* de la bomba.

Se construyen tres modelos distintos de esta clase de bombas, provistos cada uno de diversas piezas y pudiendo elevar, segun los diámetros de los cuerpos de bomba y el número de hombres que actúe en el balancin, desde 0,16 hasta 1,30 metros cúbicos de agua por minuto.

Estas bombas apénas se decomponen ó desarreglan en los trabajos, por la sencillez de sus órganos; los cueros de los émbolos se pueden reponer con mucha facilidad por cualquier operario; se instalan y trasportan sin dificultad, ocupando un espacio muy reducido mientras funcionan; su precio es relativamente poco elevado; y por último, cuesta muy poco su conservacion, y duran largo tiempo. Estas cualidades tan ventajosas han hecho que se las use en el dia de una manera casi esclusiva, en la fundacion de todas las obras que exijan agotamientos de alguna importancia.

160. Medios de aislar y sofocar los manantiales.—Las máquinas destinadas á los agotamientos, se sitúan sobre las depresiones que se forman en el fondo de las zanjas, á las que vienen á reunirse todas las

aguas, ya corriendo naturalmente, ya dirigiéndolas por medio de regueras. Estas depresiones ó sumideros se practican, en cuanto pueda ser, entre la superficie que debe ocupar la fundacion y la ataguia, de manera que reciban pronto el agua de los manantiales más caudalosos, cuidando además de que las regueras que desaguan en estos puntos vayan por el camino más directo, y si es posible por la zona comprendida entre la ataguia y la fábrica de la fundacion.

Si no se puede llenar esta última prescripcion, se las dirige por debajo de la fábrica, cuidando de levantar ésta á los costados *AA* como se ve en seccion (fig. 123), siguiendo despues la construccion por encima como si no existiese la reguera; y cuando ha fraguado la fábrica, se rellenan estos claros con hormigon ó mortero bien hidráulico, que se inyecta como se dirá á continuacion. Si por las circunstancias locales es preciso que los sumideros estén entre la fábrica, se empieza por aislarlos, circunscribiéndolos un tubo *t* de madera ó de palastro (fig. 119), bien calafateado y de bastante altura para que el agua no se vierta por arriba; despues se construye la fábrica á su alrededor, y cuando ha fraguado perfectamente, se inyecta hormigon ó buen mortero hidráulico por medio de un émbolo ó piston *p* que se maneja desde arriba.

Cuando los manantiales no son muy abundantes, se los puede sofocar directamente echando en sus bocas arcilla seca, que se comprime, la que una vez impregnada de agua se hincha, obstruyendo por completo la salida del líquido; ó lo que en general es preferible, se las llena con mortero hidráulico muy enérgico.

A veces hay necesidad de recurrir simultáneamente á vários de estos diversos medios para obtener el resultado apetecido.

ARTÍCULO III.

DRAGADO Y PREPARACION DEL FONDO.

161. **Preliminares.**—Cuando hay que escavar una zona de terreno recubierto por pequeña altura de agua, si el primero no se impregna y deslíe por la acción de la segunda, se puede proceder como de ordinario, poniendo trabajadores que escavarán hasta 0^m 50 por debajo del nivel del líquido; pero si el calado del agua es mayor ó es susceptible el suelo de desleirse, hay que apelar al empleo de aparatos llamados *dragas*.

Aunque se conocen multitud de dragas de formas muy distintas, todas pueden reducirse á dos clases principales, que son las *dragas de brazo* y las *máquinas de dragar*. Respecto de estos aparatos, lo mismo que de todos los análogos empleados en las construcciones, puede decirse en general que los más sencillos ó las dragas de brazo, tienen mejor aplicación para las obras de poca importancia; al paso que los más perfectos llenan completamente el objeto en los grandes trabajos.

162. **Dragas de brazo.**—La más sencilla, llamada *draga de bolsillo*, consta de un círculo de hierro (fig. 124), que tiene una uña acerada *a*, al cual se cose un saco de lona fuerte, que sirve para recoger la arena fina, el fango y las demás materias sin consistencia, y deja pasar el agua. La draga conocida con el nombre de *ordinaria* ó de *mano*, tiene la forma de una caja de palastro fuerte, llena de agujeros (fig. 125), abierta por arriba y por delante, terminando de ordinario su cara inferior por redientes acerados: sirve para dragar los suelos de arcilla, de grava y de guijos.

Estas dos especies de dragas están unidas á mangos flexibles y bastante largos para alcanzar el fondo de la

zanja que se trata de formar, y cuando atacan tierras poco coherentes, las maneja un solo hombre desde la cresta de la ataguia, ó bien colocado sobre una balsa ó ponton; pero si el terreno presenta mayor resistencia, hay que poner otro hombre provisto de un bichero ú horquilla que apoya sobre el cubo *cc* de la draga, empujando á ésta en el mismo sentido que el dragador, para que entre en el suelo y produzca su efecto. En el intervalo de tiempo que el dragador invierte en sacar la draga y vaciarla, el otro desagrega el terreno con la punta del bichero. A veces, y cuando el suelo no es muy consistente, se pone un solo trabajador con horquilla para ayudar á dos dragadores.

Con estos instrumentos se dragan fácilmente las arenas compactas y aun los terrenos pedregosos y resistentes hasta 5 metros de profundidad bajo el agua, siendo sobre todo su empleo muy útil para los ángulos entrantes y las partes estrechas de una fundacion, en las que sería difícil que entrasen otras máquinas más poderosas.

163. **Máquinas de dragar.**—La parte esencial de estos aparatos consiste en dos rodillos ó tambores *AA* (fig. 126), uno cerca del suelo y el otro situado por cima del nivel del agua, á los que se arrolla una cadena sin fin cuyos eslabones llevan cucharas de palastro *ttt* parecidas á las dragas de mano. Los ejes ó gorriones de los tambores entran en un bastidor inclinado, movable alrededor de una fuerte charnela *B*, pudiendo de esta manera subir ó bajar el extremo inferior del bastidor por medio de cuerdas *c*, y hacer que las cucharas ataquen más ó ménos al terreno: haciendo girar el tambor superior, bien sea por una cigüeña ó por otro medio más poderoso, que puede ser hasta una máquina de vapor, entra en movimiento la cadena y las cucharas, cavando estas últimas el terreno á distinta profundidad, segun sea la inclinacion que se dé al bastidor. Todo el aparato se

monta sobre un andamio ó sobre un ponton, y á él se une el extremo de una ó más cuerdas que se sujetan por el otro á puntos fijos, de modo que tirando convenientemente de estas cuerdas, se consigue que recorra la máquina toda la superficie que se ha de dragar.

No puede tener lugar aquí la descripción de los detalles y las modificaciones que experimentan estos aparatos, según los casos particulares de las aplicaciones.

164. **Prescripciones generales.**—Cualesquiera que sean los instrumentos ó aparatos con los que se ejecute el dragado, siempre debe verificarse éste con la mayor regularidad posible, para lo cual se practican una serie de surcos contiguos unos á otros, quitando así un espesor uniforme de terreno en toda la extensión que se quiere dragar. Hecho esto, se trazan nuevos surcos, ya en la misma dirección, ya cruzados con los anteriores, y se prosigue del mismo modo hasta alcanzar la profundidad conveniente. Para dirigir el trabajo, se establecen señales ó guías por medio de pilotes ó de puntos fijos, á los que se refieren las operaciones del dragado.

Cuando es necesario dragar el fondo horizontalmente en el lecho de un río, la corriente modificaria pronto el trabajo ejecutado, ya ocasionando el desmoronamiento de las paredes de la zanja que se hubiera hecho, ya depositando en ella las materias que suele acarrear; y para evitar ambos efectos, se cuida de sostener y reforzar las paredes de la zanja con tableros de madera ó con faginas, que se sujetan á los pilotes de los andamios en que se colocan los trabajadores y las máquinas.

Por último, sucede á veces que se encuentran entre las arenas, gravas ó fangos que se están dragando, algunas piedras gruesas, troncos de árboles, etc., que no pueden sacarse con la draga; en cuyo caso hay necesidad de descarnar el suelo alrededor de estos objetos, y después se los extrae por medio de fuertes pinzas ó tenazas

(fig. 127) sujetas á un mango, que se cierran por la parte inferior cuando se tira del extremo superior de la cuerda *c*.

165. **Preparacion del fondo.**—Como el trabajo de la draga deja siempre desigualdades que á veces es necesario quitar, como por ejemplo, cuando se tiene que poner un emparrillado, es preciso en tal caso dejar el fondo en un plano perfectamente horizontal; y para este objeto se usa ordinariamente una *tolva*, que consiste en un tronco de pirámide formado por cuatro tableros de madera, que se refuerzan y consolidan exteriormente con las piezas necesarias (fig. 128). Todo el aparato se sostiene verticalmente en el agua por medio de balsas ó pontones, ó bien por andamios *AA*, *BB*, sobre los que se apoya la tolva por el intermedio de ruedecillas que la permiten recorrer las guías *AA*, y despues se llena esta tolva de grava, arena, ó lo que es mejor, de hormigon: hecho esto, se mueve el aparato de modo que recorra toda la superficie de la fundacion, cuidando de echar con frecuencia en el interior de la tolva los materiales de relleno necesarios para que tengan siempre dentro de esta la misma altura, y se da por terminada la operacion cuando en todas las posiciones que pueda ocupar el aparato se conserva esta altura la misma, sin necesidad de verter nuevos materiales, pues esto indica que no se depositan en el fondo de la fundacion.

En el orificio inferior de la tolva se suelen colocar dos rodillos *rr*, entre los que pasa el hormigon ó la arena, y sirven para comprimir é igualar las capas que se depositan de éstos materiales á medida que se van formando. Estos rodillos facilitan además el movimiento de la tolva en dos sentidos opuestos, el cual se obtiene por cuerdas *c* unidas por un extremo al aparato, y arrollando el otro á tornos ó cabrestantes colocados en puntos fijos exteriores, ó sobre las ataguías.

166. **Aparatos de bucear. Escafandra.**—

Cuando es necesario practicar debajo del agua un trabajo cualquiera que exija exactitud y esmero en su ejecucion, es preciso hacer que bajen á la profundidad conveniente algunos obreros, y que trabajen allí, en cuanto sea posible, con la misma facilidad que si estuvieran al aire libre. Con este objeto se han dispuesto vários aparatos llamados de *bucear*, recibiendo el nombre de buzos los obreros referidos; pero el sistema que hasta ahora ha dado mejores resultados, es el de la *escafandra*.

Esta consiste esencialmente en un casco de cobre, de forma esférica por lo regular (fig. 129), que recubre la cabeza del buzo y descansa sobre los bombros por medio de dos placas *pp* que cubren el pecho y la espalda formando coraza, á las que se une en su parte inferior un vestido completo impermeable al aire y al agua. El casco tiene ordinariamente tres aberturas circulares *a* situadas en la parte anterior á la altura de los ojos y cubiertas con un fuerte cristal, las que para mayor seguridad llevan una placa fija *ss* en forma de doble sector, y detrás otra igual que puede girar alrededor del centro de la abertura por medio de un boton exterior, y cerrarla instantáneamente si se rompiese el cristal, lo que es muy raro. Tambien tiene en la parte posterior un tubo *t* largo y flexible, provisto de una válvula que se abre hácia el interior del casco, y sirve para inyectar aire puro por medio de una bomba situada sobre el agua, corriendo este aire por tubos que hay en la zona superior é interna del casco, hasta salir cerca de las aberturas *a*; consiguiéndose por esta disposicion que en el caso de romperse el tubo *t*, no entre el agua dentro del casco. Al nivel del pecho del buzo hay otra válvula *V*, llamada de seguridad, que éste puede abrir ó cerrar á voluntad, haciendo girar á uno ú otro lado el boton en que termina, y sirve para dar salida con alguna frecuencia

al aire comprimido interior, viciado por la respiracion.

Para vestir al buzo, se principia por ponerle una camiseta y calzoncillos de lana fuerte y un par de medias de la misma tela, ó dos si lo exigiese la temperatura; despues se le viste un traje perfectamente impermeable y de una sola pieza, hecho de cautchuc, el cual es preciso poner cerca del fuego, á fin de que se reblandezca si estuviera demasiado rígido, pues sin esta precaucion se podria cortar el cautchuc. Este traje forma en su parte superior un escote con pequeños ojales que corresponden exactamente á los tornillos *zz*, que llevan en el contorno el peto y espaldar: colocando el escote entre las placas *pp* y la estrecha plancha que sigue su contorno, y apretando los tornillos *zz*, queda la parte inferior de la coraza perfectamente unida al traje impermeable.

Despues de vestir el traje de cautchuc y ántes de ponerse el peto y espaldar, se coloca el buzo sobre los hombros una almohadilla acolchada de forma anular, sobre la que descansa el casco y la coraza sin que le molesten para el trabajo. Hecho esto, se cubre la cabeza del buzo con un fuerte gorro de lana, cuidando siempre de que tape bien los oidos, y para dotarle del peso específico suficiente para que se sumerja, se le carga con unos 50 kilogramos de planchas de plomo, repartidas entre las plantas de los piés y sobre el peto y el espaldar, de modo que tienda siempre á conservarse en la posicion vertical cuando se encuentre sumergido. En este estado y poco ántes de bajar el buzo al agua, se le cubre la cabeza con el casco, que se une á rosca con la coraza, y desde este momento es necesario inyectarle aire por el tubo flexible.

Ordinariamente sube el buzo á la superficie del agua cuando está sumergido agarrándose á una cuerda que lleva consigo y va sujeta á un bote ó ponton situado en la superficie, y en el cual está tambien la bomba que inyecta el aire por el tubo *t*; pero si quisiera subir con ra-

pidez, deja cerrada la válvula de seguridad, y entónces el aire llena todo el vestido impermeable, obligándole á flotar al poco tiempo. Cuando el agua está turbia lleva el buzo además una lámpara especial, que le permite distinguir los objetos á bastante distancia; pero en cuya descripción no es posible entrar aquí.

Con estas escafrandas, llamadas de Heinke, nombre de su constructor, puede un buzo permanecer debajo del agua de una á dos horas, y ejecutar várias clases de trabajo, como se ha observado en obras de gran importancia.

167. **Prescripciones generales.**—La forma que se da á las zanjas depende de la que tiene la fundacion, y sólo deben alcanzar las dimensiones estrictamente necesarias, para dejar alrededor de la mampostería de la fundacion un paso estrecho á fin de que puedan trabajar los albañiles, obteniéndose de esta manera el máximo de economía. Con este mismo objeto se dejan las paredes ó taludes de las zanjas lo más verticales que sea posible, y se las sostiene si es necesario por medio de entibaciones, como se verá más adelante.

Cuando los muros están espuestos á empujes laterales, se debe hacer que una de las paredes de la zanja sea completamente vertical y que se apoye sobre ella una cara de la mampostería que forma la fundacion (fig. 130); pues así no puede en general haber movimiento alguno, lo que no sucederia si, despues de escavar la zanja alrededor de toda la fundacion, se terraplenase. De todos modos, los terraplenes que se forman alrededor de la fábrica que constituye la fundacion deben hacerse con el mayor cuidado, echando capas de un espesor variable entre 0^m 25 á 0^m 30 y apisonándolas perfectamente.

Para ejecutar las operaciones antedichas y todas las demás que se refieren á las fundaciones de las obras, es necesario generalmente la construcción prévia de *andamios* que se eleven por cima de las aguas, sobre los cuales

se colocan los trabajadores y aparatos; y si bien algunas veces se los reemplaza con balsas, botes ó pontones, es raro que, aun en este supuesto, se pueda prescindir totalmente de los primeros para ciertas operaciones.

La construcción de los andamios es por regla general sencilla, constando de dos ó más filas de pilotes verticales cuyas cabezas se reúnen por carreras ó cepos, sobre los que se colocan tablones que forman el piso á cierta altura por cima del nivel de las aguas en las crecidas. Estos pilotes entran en el terreno de 1^m 50 á 2^m, estando separados unos de otros de 3 á 4 metros; y siempre debe construirse el andamio de modo que se desmonte con facilidad una vez terminada la obra.

No es posible fijar de una manera absoluta la disposición general que deben tener los andamios de las fundaciones, porque esto depende del objeto á que se los destina y de las circunstancias locales de cada caso, debiéndose preferir siempre la combinación que llene mejor y con más economía las necesidades del trabajo.

CAPÍTULO III.

EJECUCION DE LAS FUNDACIONES.

168. **Preliminares.**—Por lo que se lleva espuesto respecto de las fundaciones, es fácil comprender la variedad de sistemas que pueden adoptarse en la generalidad de los casos, á medida que cambie la naturaleza de los terrenos; pero no pudiendo entrar en los detalles de estos sistemas para cada circunstancia particular, examinaremos por partes las operaciones comunes á muchos de estos procedimientos.

ARTÍCULO I.

PILOTAJES.

169. **Pilotajes de madera.**—Un pilotaje se compone de varios pilotes clavados en el terreno, formando cuadrícula en su proyección horizontal y separados entre sí de 0^m 75 á 1^m 50. Los pilotes pueden atravesar el terreno flojo hasta alcanzar inferiormente un suelo firme y penetrar algo en él, ó si esto no es posible, se encuentran sostenidos por la presión lateral y el rozamiento del terreno poco resistente: por regla general se los hincan verticalmente; pero si la obra está espuesta á fuerzas inclinadas, se clavan con alguna oblicuidad los que forman la primera fila exterior y en sentido contrario al de las fuerzas (fig. 131).

170. **Pilotes.**—Aunque para este objeto pudiera servir la madera de la mayor parte de los árboles, se prefiere en general la del tronco de la encina; pero á causa de su carestía se la sustituye en la actualidad con las maderas resinosas, siendo el pino la que más frecuentemente se emplea. Los pilotes deben ser bien rectos y de forma cilíndrica ó algo cónica, presentando una superficie lisa para facilitar su hincan; por cuya razón se descortezan los troncos de los árboles que se hayan de emplear, y se quitan todas las astillas y desigualdades que tengan en la superficie.

Las dimensiones de los pilotes se subordinan á su longitud y á la carga que tienen que experimentar; así es que si se llama P el peso total de la construcción, n el número de pilotes sobre que descansa, y R' el límite de la carga permanente que puede sostener la madera em-

pleada, la menor seccion trasversal de cada pilote se deducirá por la fórmula

$$S = \frac{P}{nR'}$$

Los valores de R' en la práctica son los siguientes: para pilotes cuyo pié llega á un suelo firme, 70 kilogramos por centímetro cuadrado de seccion, y para los que tienen toda su longitud en terreno flojo, 14 kilóg. por centímetro cuadrado. El diámetro de los grandes pilotes varía de 0^m 20 á 0^m 25, siendo su longitud máxima unas 20 á 25 veces el diámetro.

Los pilotes se sierran ó cortan á escuadra por su extremo superior ó cabeza, donde se les hace un pequeño rebajo circular en el que se coloca un cincho de hierro (fig. 132), para que no se hiendan cuando se los golpea para hincarlos en el terreno.

Algunas veces se forman dos caras planas y opuestas en la superficie lateral del cilindro, y otras, por último, se hace que tenga cuatro, resultando en la seccion un cuadrado ó rectángulo, en cuyo caso recibe el pilote el nombre de *escuadrado* en vez de *rollizo* que tenia cuando la seccion era circular. Para facilitar su hinea se le termina inferiormente ó por su pié, con una punta en forma de pirámide cuadrangular, á la que se da de altura vez y media ó dos veces y media el diámetro del pilote, segun sea mayor ó menor la resistencia del terreno; y con objeto de que no se deforme, se la chaflana en la punta con otra pirámide algo más obtusa.

Cuando el suelo no es muy fuerte, basta quemar un poco la punta del pilote á un fuego de virutas para que adquiera la dureza necesaria y no se embote al clavarle; pero si el terreno presenta más cohesion ó está mezclado con cantos, es necesario *calzar* el pié ó cubrirle con *azu-*

ches de hierro forjado, que se reducen á cuatro flejes reunidos en un punto (fig. 133), los cuales se sujetan á las caras de la punta por medio de clavos. Cuando es necesario calzar los pilotes se corta su punta á escuadra á una distancia tal del extremo, que el lado *ab* del corte tenga de 0^m 06 á 0^m 08.

171. **Hinca de los pilotes.**—La hinca de los pilotes de madera se efectúa con unos aparatos llamados *martinetes*, que constan principalmente de dos montantes ó guías *aa* (fig. 134) ensamblados á caja y espiga con una solera *b*, los cuales se mantienen á una distancia de 0^m 10 á 0^m 12 uno de otro por medio de jabalcones *cc*, colocándose entre los montantes y en su parte superior una fuerte polea *e*. Todo este aparato se mantiene en posición vertical estableciendo otros jabalcones provistos de listones que sirven de peldaños, ensamblándose los primeros á los montantes *aa* por su parte superior, y por la inferior con la pieza *hh*, llamada cola, la que á su vez se enlaza con la solera *b* por medio de las piezas *dd*. En algunos martinetes sólo existen las piezas *a b* y *c*, y se mantienen las primeras verticales, ó más ó ménos inclinadas, sujetando á la parte superior cuerdas ó vientos que se fijan á fuertes piquetes clavados en el suelo. Sobre la polea pasa una cuerda unida por un extremo á la *maza m*, terminando por el otro en 30 ó 40 cordones, de los cuales tiran los hombres para subirla, ó lo que es preferible, se arrolla este extremo á un torno ó tambor movido por dos manubrios ó cigüeñas. Se guía el movimiento ascensional y de descenso de la maza por dos espigas *ss* que pasan por el intervalo de los dos montantes, poniendo una llave en su extremo opuesto á la maza. Para facilitar el movimiento se enseban perfectamente las caras de contacto de los montantes con la maza, la espiga y la llave.

La maza es algunas veces de madera dura reforzada con cinchos de hierro; pero ordinariamente se hace toda

de hierro y pesa 200 á 600 kilogramos, si los hombres actúan directamente en la cuerda, ó de 800 á 1000 haciendo uso del torno: en el primer caso, cada hombre puede elevar por término medio de 12 á 15 kilogramos; sirviendo este dato para conocer el número de trabajadores necesarios para este objeto.

172. **Martinetes de brazo.**—Cuando los trabajadores actúan directamente en la cuerda, en cuyo caso se dice que el martinete es de *brazo*, suben la maza 1^m 20 á 1^m 50 y dan 30 golpes seguidos, lo que constituye una *andanada*; descansando despues un rato, que suele ser de medio minuto. Generalmente no pasan las andanadas de 120 al dia; pero si se hace esta operacion á destajo, pueden llegar á 160; y con objeto de que todos los hombres suelten á un tiempo los cordones y pueda producir la maza al caer su máximo efecto, se hace por el que dirige la operacion una señal en el momento oportuno.

173. **Martinetes de escape.**—Si se emplea un torno ordinario para elevar la maza, ó el martinete es de *escape*, se hace uso de unas tenazas (fig. 135), cuyos brazos tienen la forma aproximada de un 3, los que se cruzan únicamente por su parte central uniéndose por un pasador, y á éste se ata el extremo de la cuerda. Estas tenazas están naturalmente cerradas por la presion de un resorte, y para que se desprenda la maza se colocan en los montantes y á la altura conveniente dos piezas de madera *aa*, que dejan entre sí cierto intervalo, el cual se va estrechando hácia arriba. Al tropezar con estas piezas la tenaza cuando se tira de la cuerda, se cierra por la parte superior y se abre por la inferior, dejando caer la maza.

En el dia se hace un uso muy general para subir la maza de un torno de engranaje de hierro fundido, el cual consta de un tambor *a* (fig. 136) que tiene en un extremo la rueda dentada *d* con la que engrana el piñon *p*. Este

piñon forma parte de una barra que puede moverse algo en sentido de su longitud, de manera que el piñon pueda ó no engranar á voluntad con la rueda *d*. Si se quiere subir la maza, se engrana el piñon con la rueda y se hacen mover las cigüeñas ó manubrios en que termina la barra del primero, á fin de arrollar la cuerda al tambor *a*; y para soltarla cuando haya llegado á la altura conveniente, tiene el torno un freno que se aprieta y fija la posicion del tambor, anulando momentáneamente el efecto del peso de la maza sobre el piñon; despues se desengrana éste, y aflojando el freno cae la maza por su propio peso, desarrollando la cuerda y haciendo girar el tambor. Se continúa el trabajo engranando de nuevo el piñon y moviéndole convenientemente por medio de las cigüeñas.

Hay otras muchas disposiciones en el escape de los martinets y en las demás partes que entran en su formacion, habiéndose empleado como fuerza motriz el vapor actuando de diversas maneras; pero estos medios perfeccionados, que sólo se aplican como escepcion en la generalidad de los casos, no se pueden describir aquí.

En los martinets de escape, la altura de caida de la maza varía entre 3 y 5 metros; pero en todos los casos debe siempre cuidarse de hacer que esta altura sea más pequeña al comenzar á clavar un pilote, hasta que haya entrado en el suelo lo bastante para que no se desvíe fácilmente de la direccion que le corresponde; y entónces se va aumentando la altura de la caida hasta la cantidad asignada.

174. Prescripciones acerca de la hinea.— Para evitar que el pilote se desvíe de la direccion que le corresponda, se le sujeta con fuerza á las guias interponiendo un taco de madera; á cuyo objeto se coge el pilote á cierta altura sobre el suelo con una pequeña cuerda sin fin (fig. 137), la que se retuerce y pasa por el

intervalo de los montantes, abrazando por el lado opuesto un palo corto que se hace girar lo bastante para que esté en contacto con las guías: esta disposición recibe el nombre de *garrote*. Durante la hincada tiene apretado el palo del garrote un trabajador, dejándolo sin embargo de manera que á medida que baje el pilote descienda también el taco; y cuando éste dista poco del suelo, se afloja el garrote y se vuelve á colocar á la altura conveniente.

En general, cuando la naturaleza del terreno exige para la hincada de los pilotes un efecto más poderoso que el que resulta del choque de una maza de 500 kilogramos cayendo de 1^m 30 de altura, hay ventaja, y casi necesidad, de emplear los martinetes de escape; pero hasta entonces se usan de ordinario los de brazo.

Sucede algunas veces que á pesar de todos los esfuerzos que se hacen para mantener en la dirección conveniente el pilote que se está hincando, éste se desvía á causa del choque; y cuando se supone que esta separación puede perjudicar al resto de la obra, se le arranca como se dirá más adelante, ó se clava otro pilote al lado, que es lo que suele hacerse en la práctica. En el caso de arrancarle, se trata después de extraerle de destruir el obstáculo que ha producido la desviación, el que ordinariamente es una piedra, para lo cual se hace uso del trépano de la sonda; y una vez conseguido esto, se vuelve á hincar el pilote sujetándole fuertemente en la dirección que debe tener, á cuyo efecto se le ponen varios garrotes, ó bien se le guía con cuerdas ó cadenas unidas á puntos fijos.

La operación de la hincada se continúa hasta que el pilote no se introduce nada, ó hasta que al cabo de un número de golpes determinado sólo se origina un pequeño descenso; por cuyo medio se deduce que la carga que debe sostener será insuficiente para hacerle bajar de nuevo en una cantidad apreciable. Se dice que un pilote

se ha hincado al *rechazo absoluto*, cuando no entra la menor cantidad despues de una andanada de 30 golpes de un martinete de brazo, cayendo la maza de 1^m 20 de alto, ó de 10 golpes de un martinete de escape, siendo la altura de caida 3^m 60; cuando en estas circunstancias la hinca que se consigue es muy pequeña, se llama *rechazo relativo*, que es el que generalmente tiene lugar en las aplicaciones.

Con arreglo á las consideraciones espuestas en el número 128 y á los datos consignados anteriormente respecto á la carga que puede sostener un pilote por centímetro cuadrado de seccion, es fácil deducir el rechazo que en cada caso deben tener los pilotes para que presenten la resistencia necesaria, ó lo que es lo mismo, el límite de la hinca.

En cierta clase de terrenos, como sucede con los turbosos, se observa que despues de introducir fácilmente un pilote hasta una profundidad dada, parece que ha llegado al rechazo absoluto, y sin embargo no sucede así; debiéndose atribuir este efecto á la elasticidad de las capas que se atraviesan. En este caso se hinca el primer pilote hasta que indique el rechazo, haciendo lo mismo con todos los demás; despues se vuelve á comenzar por el primero y se prosigue con los restantes, hasta que de nuevo presentan el rechazo, continuando de este modo la hinca por intérvalos ó tandas, mientras se atraviesa la capa de terreno elástico. Si el espesor de ésta es mayor que la longitud de los pilotes, se debe dejar á éstos 8 ó 10 dias de descanso, ántes de dar la última tanda de choques con la maza.

En la hinca de los pilotes se empieza ordinariamente por los del centro de la fundacion y se acaba por los del contorno, con objeto de evitar la compresion que se produciria en el terreno si se hiciera en órden inverso, lo que dificultaria notablemente la introduccion de los pilo-

tes centrales. Si el objeto del pilotaje es comprimir el terreno (147), es preferible comenzar por los pilotes exteriores y terminar por los del centro.

Ordinariamente se hincan los pilotes con su extremo más delgado hácia abajo; pero en algunos terrenos se observa que la trepidacion ocasionada por el choque al clavar un pilote hace subir á los inmediatos, en cuyo caso se los pone con el extremo más grueso por la parte inferior, ó lo que es mejor, se los clava como de ordinario, pero haciendo en el pié y hasta cierta altura, unas muescas ó cortes oblicuos para evitar que suban una vez clavados, sin que por esto se dificulte su hinca.

Cuando es necesario introducir la cabeza del pilote más abajo que la solera del martinete, se hace uso de un *falso pilote*, ántes de que las espigas de la maza choquen con la solera. El falso pilote se reduce á una pieza de madera con cinchos de hierro en sus extremos, que se pone sobre la cabeza del pilote para que pegue en ella la maza y trasmita el efecto del choque al pilote; pero á causa de los inconvenientes que esto produce, debe evitarse su empleo siempre que sea posible.

175. Arranque y aserrado de los pilotes.— El arranque de los pilotes se verifica por medios diversos, empleando á veces grandes palancas (fig. 138), ó tornillos (fig. 139), que se van elevando á medida que se hace girar la tuerca *t* con las palancas *p*, lo cual ocasiona la subida del pilote; haciéndose uso tambien de toneles en los sitios sujetos á mareas, los cuales se amarran perfectamente á las cabezas de los pilotes con cuerdas ó cadenas en la marea baja, y cuando ésta sube se elevan los toneles y arrancan el pilote. El amarrado puede hacerse por medio de una cuerda con un nudo corredizo, ó con dos piezas de hierro *h*, unidas entre sí por medio de eslabones ó sujetas á un cuerpo *c*, las cuales cogen á un pasador introducido en el pilote: se facilita

mucho el arranque de éste golpeándole lateralmente.

En la práctica se da á los pilotes unos 0^m 50 de longitud más que la estrictamente necesaria, á fin de que terminada la hinca se puedan quitar las partes que más hayan sufrido por el choque de la maza, y tambien para proporcionar un aumento en la longitud por si lo exigiese alguna ligera variacion en la resistencia del terreno. Por esta causa sucede con frecuencia que los pilotes clavados al mismo rechazo en un pilotaje, tienen sus cabezas á muy distintas alturas por cima del plano que deben formar, y es preciso por lo tanto cortarlos todos al nivel conveniente.

Cuando las fundaciones son ordinarias, ó aun siendo hidráulicas se apela á los agotamientos, la operacion de la corta es sumamente sencilla, y está reducida á fijar con exatitud, refiriéndola á puntos fijos situados fuera de la fundacion, la altura á que deben quedar las cabezas de los pilotes; á señalar en cada uno esta altura y á quitar la parte escedente con una sierra. Si la cabeza de los pilotes está recubierta por el agua, aumenta la dificultad; habiéndose dispuesto con este objeto aparatos complicados que en el dia se sustituyen ventajosamente por el trabajo de los brazos. Para esto se fijan encima del nivel del agua y en un andamio, cierto número de puntos situados en un plano horizontal, que sirven de referencia y que estén á una altura constante y conocida sobre el plano de la fundacion: esta altura se señala en una varilla rígida que se va colocando verticalmente en cada punto, y cuando su extremo superior enrasa con la señal del andamio, indicará su terminacion inferior la altura que le corresponde á cada pilote, en el cual traza el buzo una raya, serrándole á continuacion.

Generalmente se dejan espigas en algunos pilotes para ensamblarlos con las piezas que forman el emparrillado, en cuyo caso es necesario aserrarlos convenientemente,

siguiendo el mismo procedimiento que se acaba de indicar.

176. **Anotaciones.**—En las obras ejecutadas con esmero se lleva un estado en el que se anotan todas las circunstancias de la hinca de los pilotes, el cual tiene por objeto no sólo poderse dar cuenta de los accidentes que pudieran sobrevenir y remediarlos con más eficacia, sino justificar en todo tiempo las condiciones de solidez de la obra, las que pueden servir de término de comparacion en el caso de establecer despues otras construcciones en el mismo terreno.

Aunque la forma de estos estados puede ser muy variable, á continuacion se presenta una que llena bien este objeto.

Todos los pilotes que forman un pilotaje se numeran, y su posicion se refiere á dos ejes paralelos al largo y ancho de la fundacion; debiéndose formar además del estado un croquis en el que aparezcan numerados y próximamente en el lugar que les corresponda.

Hinca de los pilotes de la fundación..... empleando un martinete de..... (brazo ó escape), con una maza de..... kilogramos, cayendo de..... metros de altura.

Número de orden.	DEL PILOTE.		Número de andanadas de <i>n</i> golpes.	Hinca observada en cada andanada.	Hinca total.	Desviaciones en la cabeza del pilote.		OBSERVACIONES.
	Diametro medio.	Longitud.				A lo ancho.	A lo largo.	
	Metros.	Metros.		Metros.	Metros.	Metros.	Metros.	
4	0,28	7,00	1	0,70		+0,02(a)	+0,05(a)	En esta columna se indica la profundidad á que se encuentra el buen terreno; la clase de madera de los pilotes; los azuches empleados; los pilotes que se han hendido, y todas las demás circunstancias dignas de conocerse.
			2	0,65		-0,02	-0,05	
			3	0,55				
			∴	∴				
			19	0,01				
			20	0,01	3,00			
5	0,27	6,90	1	0,66		+0,01	-0,04	

(a) El signo + se pone cuando la desviacion es á la derecha de la corriente, y el - cuando es á la izquierda, refiriéndose al ancho de la fundación; si se refiere al largo, el signo + indica la desviacion hácia aguas arriba, y el - hácia aguas abajo.

177. **Pilotajes de hierro.**—Los pilotajes de esta clase se componen, análogamente á los de madera, de varios pilotes hincados en el terreno, que se colocan segun posiciones muy variables y dependientes siempre de la forma que afecte la construccion. Los pilotes de rosca, únicos de que aquí nos debemos ocupar, tienen su mejor aplicacion en la práctica cuando despues de atravesar un terreno flojo pueden introducir su rosca en otro más resistente, y segun los casos se colocan unas veces en la posicion vertical, y otras en la inclinada.

178. **Pilotes.**—Como se ha visto anteriormente (144), consisten de ordinario en una barra forjada de seccion circular, á cuyo pié se fija una lamina ó plancha de hierro fundido en forma de rosca, la que pocas veces ocupa más de una vuelta del cilindro. El diámetro de la lámina varía de 2 á 8 veces el de la barra, estando comprendido ordinariamente entre 0^m 40 y 1^m 20, y siendo mayor á medida que el terreno es ménos resistente. La altura que alcanza la hélice ó rosca suele ser $\frac{1}{2}$ ó $\frac{1}{4}$ de su diámetro. Estas dimensiones están sin embargo limitadas por la naturaleza del metal que forma la rosca, el cual debe aumentar de espesor á medida que el diámetro crece, pues en la práctica no sólo está sujeto á una presion, sino que además no resultan uniformemente distribuidas las cargas en toda la estension de la rosca, y por lo tanto, ésta tiene que experimentar un esfuerzo de flexion al que resiste poco el hierro fundido. A causa de lo espuesto sólo se carga en las aplicaciones á estos pilotes con 7 ú 8 kilogramos por centímetro cuadrado de la proyeccion horizontal de la rosca.

Las principales aplicaciones que tienen estos pilotes, son en la construccion de muelles-embarcaderos, de faros y de amarras.

179. **Hinca de los pilotes.**—La hinca de los pilotes de rosca se verifica presentándolos en el punto en

que se han de clavar, ya en posicion vertical, ó ya con la inclinacion que les corresponda segun los casos, y para guiarlos durante su introduccion en el terreno se hace uso de cuerdas que van desde la cabeza del pilote á toros situados y fijos en el suelo convenientemente; despues se coloca á cierta altura una fuerte corona de madera reforzada con hierro (fig. 140), provista en su contorno exterior de várias aberturas, en las cuales se introducen piezas de madera *p* que sirven de palancas, y cuya longitud llega algunas veces á 10 y 12 metros. Para sujetar bien la corona al pilote, y conseguir que giren ambos simultáneamente, se practica en la cara lateral de este una pequeña ranura á cincel, por la que se introduce una cuña de hierro, que entra tambien en un rebajo practicado en el contorno interior de la corona; con objeto de facilitar esta union, se da algunas veces á los pilotes la forma de prisma octogonal, en lugar de la cilíndrica. Hecho esto, y preparado é igualado el suelo inmediato al pilote que se clava, la mejor manera de hincarle es actuar directamente en el extremo de las palancas por medio de hombres ó bien por caballerías, que describen un círculo en su movimiento. Cuando de esta manera ha bajado la corona bastante para hacer incómodo el trabajo, se la afloja y sube lo necesario, continuando del mismo modo hasta que el pié del pilote haya alcanzado la profundidad que se necesita.

Durante la hinca se comprueba con frecuencia la direccion que tiene el pilote, y si se observa que ha experimentado alguna desviacion en la que debe llevar, se atirantan ó tesan de un lado las cuerdas que sirven para guiarle, hasta que tome la posicion que le corresponde.

Una vez verificada la hinca deben hallarse todas las cabezas de los pilotes en un mismo plano, pues que previamente se ha debido sondear el terreno para conocer la naturaleza y posicion de las diversas capas que le forman,

y despues se suelen coronar dichas cabezas con otras piezas de hierro de forma muy variable segun los casos de aplicacion y preparadas para este objeto, las cuales sirven de puntos fijos al arriestrado que enlaza á todos los pilotes, y constituye la base sobre que descansa el resto de la construccion.

ARTÍCULO II.

TABLESTACADOS.

180. **Tablestacas.**—Ya se ha dicho (144) cuál es el objeto de los tablestacados; y ahora indicaremos que están constituidos por tablones de 0^m 05 á 0^m 10 de grueso, con un ancho de 0^m 25 á 0^m 35 y con una longitud variable, puestos en contacto por sus cantos; recibiendo estos tablones el nombre de *tablestacas*. Estas se introducen en el terreno por la percusion como los pilotes, y pueden ser de las mismas clases de madera que éstos, aunque ordinariamente son de pino.

A fin de impedir en lo posible el paso del agua por debajo de la fábrica de la fundacion, se hincan las tablestacas por tableros ó trozos consecutivos, que reciben el nombre de *filas de tablestacas*; pero á causa de las desviaciones más o ménos grandes que experimentan al clavarlas, por efecto de la desigual resistencia del terreno, rara vez se consigue obtener una pared completamente impermeable. Se ha tratado de alcanzar este objeto apelando á vários sistemas de ensamblajes laterales, así como tambien dando diversas formas á la parte aguzada del pié; pero ordinariamente no se consigue ningun resultado por estos medios. En el dia sólo se hace uso de la junta plana para ensamblar lateralmente las tablestacas (fig. 141) y su pié se termina algunas veces con cuatro

chaflanes formando pirámide (fig. 142); otras con dos (fig. 143), y otras por fin con uno solo (fig. 144).

Las dos primeras disposiciones facilitan la entrada de la tablestaca en la dirección que recibe el choque, á no ser que encuentre en el terreno un cuerpo duro que la haga desviar, y la última tiende á hacer que la tablestaca se corra lateralmente del lado en que está la punta del chaflan; así es que para formar una fila de tablestacas de esta clase se hincan la mitad con el chaflan á un lado, y en sentido inverso la otra mitad, colocando en el centro una con doble chaflan, como se ve en proyección vertical en la figura 145: de esta manera se consigue que todas las tablestacas de un lado se aprieten lateralmente unas con otras, y resulta una pared casi continua, que apenas deja paso al agua.

Siempre conviene poner en la cabeza de las tablestacas cinchos de hierro para evitar que se hiendan por el choque de la maza; y cuando el terreno es duro ó pedregoso se colocan azuches, ya de fuerte palastro (fig. 146), á bien de hierro forjado (fig. 147); pero si la naturaleza del terreno exige el empleo de los azuches, puede temerse con razón que el tablestacado producirá muy poco efecto, por las irregularidades que habrán de resultar en la posición relativa de las tablestacas después de clavadas.

181. **Hinca y aserrado.**— Antes de proceder á la hinca propiamente dicha de las tablestacas, es preciso adoptar los medios convenientes para asegurarse en cuanto es posible de que formarán una pared continua, y para guiarlas en su descenso.

Uno de estos medios consiste en clavar á intervalos de 2 á 3 metros una fila de pilotes *a* (fig. 148), paralelamente á la fila de tablestacas; coronarlos después con una carrera *cc* de 0^m 15 á 0^m 25 de lado en la escuadría, y apoyándose en ella hincar las tablestacas, cuyas cabezas se fijan después á la carrera con clavos. Esta disposición

es poco recomendable porque las tablestacas pueden salirse hácia adelante ó atrás de la pared que se trata de formar. Otro medio, que sólo es una modificacion del anterior, se reduce á coronar una fila de pilotes con dos carreras formando cepo, sujetas por pasadores (fig. 145); y á introducir por el intervalo que dejan, las tablestacas que han de constituir la pared. Aunque preferible este sistema al anterior, es sin embargo difícil que ajusten bien los tableros comprendidos entre cada dos pilotes, porque al hincar éstos rara vez quedan exactamente paralelos. Por último, el medio que proporciona más exactitud en el trabajo, si bien á costa de un aumento bastante grande en los gastos por cuya razon sólo se emplea en las obras más esmeradas, consta de dos filas de pilotes algo convergentes por la parte superior (fig. 149), coronadas por dos carreras que dejan entre sí un intervalo igual al grueso de las tablestacas. Estas se hincan pasando por dicho intervalo, y forman una sola pared ó tablero continuo que segun se verá á continuacion, puede clavarse sin ocasionar separacion entre las tablestacas.

Cualquiera que sea la disposicion que se adopte, es conveniente tomar algunas precauciones al proceder á la hinca de las tablestacas. Siempre debe tratarse de presentar á un tiempo todas las que forman una pared y de clavarlas sucesivamente una pequeña cantidad, empezando por los extremos de cada tablero y acabando en el centro; de modo que la tablestaca central sirva como de cuña para apretar las demás del tablero, á cuyo objeto siempre va algo ménos clavada que las inmediatas, así como éstas lo están á su vez algo ménos que las extremas; en este órden se repite la misma operacion por tandas y las veces necesarias hasta que todas hayan bajado lo conveniente, quedando como aparecen en la figura 145.

Cuando no es posible presentar de una vez todas las tablestacas, se pone por lo ménos el mayor número que

se pueda, y se sujeta la última por medio de un taco *b* (fig. 150), que entra en dos grapones de hierro *aa* clavados en las carreras, colocando despues entre el taco y la última tablestaca una cuña *c*, que se aprieta á golpe de mazo: hecho esto se procede despues á la hinca simultánea y por tandas de las tablestacas, como en el caso anterior. Si el tablestacado ha de tener alguna altura sobre la superficie del suelo y ésta llega á 2 metros, se colocan dos cepos, uno en la cabeza de los pilotes y otro al nivel del suelo, asegurando de esta manera la direccion de las tablestacas en la operacion de la hinca.

La corta ó aserrado de las tablestacas se verifica exactamente del mismo modo que se dijo al tratar de los pilotes, á cuyo objeto se las da una longitud de 0^m 40 á 0^m 50 mayor que la necesaria, para quitar despues toda la parte deteriorada por la hinca.

182. **Tablestacado de hierro.**—En el dia se hace uso con alguna frecuencia en las construcciones de gran importancia de paredes de tablestacas de hierro, apoyándose en pilotes tubulares ó de otra sección apropiada al objeto, que tambien tienen arriostradas sus cabezas para servir de guia á las tablestacas. Estas suelen ser planchas de hierro fundido, que á veces alcanzan hasta 3 metros de longitud, 2 de ancho y 0^m 025 de grueso, reforzadas con vários nervios verticales y con un nervio horizontal en el borde superior. Los bordes laterales están dispuestos para formar una junta solapada, y el extremo inferior termina con dos ó más chaflanes formando cuñas. La manera de hincarlas es análoga á la que se ha dicho para los tablestacados de madera, cuidando sin embargo de que la maza no choque directamente á la tablestaca, que podria romper con facilidad por el material de que está formada, á cuyo objeto se interpone un cuerpo elástico como la madera.

ARTÍCULO III.

EMPARRILLADOS Y PLATAFORMAS.

183. **Emparrillados.**—Hay dos clases de emparrillados: la una apoyándose sobre un pilotaje, y la otra descansando directamente sobre el terreno; pero como las disposiciones principales en la colocacion de las piezas son las mismas en ambos casos, bastará describir el primer sistema para conocer completamente el segundo, si se prescinde de los ensamblajes que sirven para unir el emparrillado con el pilotaje.

Ya se ha visto (146) en qué consiste un emparrillado; debiendo aquí añadir, que consta de cuatro ó más piezas *cc* (fig. 151) formando marco ó bastidor, las que se ensamblan entre sí, y á los pilotes del contorno de la fundacion. Sobre este bastidor se ensamblan ordinariamente á media madera, una série de piezas horizontales *tt* paralelas entre sí, y puestas á lo ancho de la fundacion, las que reciben el nombre de *traveseros*, y sobre estas, cruzándolas á media madera tambien en la generalidad de los casos y formando cuadrícula, se ponen otras piezas *ll* llamadas *largueros*. Se empieza de ordinario la construccion de los emparrillados por los traveseros, porque habiendo de insistir sobre las cabezas de los pilotes, es más fácil alcanzar que éstos formen una alineacion exacta cuando son en pequeño número y abrazan poca longitud, que cuando hay muchos y ocupan gran estension, lo que sucederia adoptando el órden inverso en la colocacion de los largueros y traveseros.

Esto no obstante, hay ocasiones en que conviene cambiar este órden, puesto que debiéndose ensamblar á caja y espiga los pilotes con las piezas más bajas del emparrillado, ya sean traveseros ó largueros, puede suceder

que la construcción que se apoye sobre el emparrillado esté sometida á un empuje P en dirección de los largueros, en cuyo caso sería fácil que se rompiesen las espigas a que entran en las cajas de los traveseros, por presentarse al esfuerzo en la posición que tienen ménos resistencia. Fuera de este caso, siempre se adopta el orden de colocación establecido más arriba.

Si sucediera que la obra superior se encontrase expuesta á fuertes empujes ó á presiones de abajo á arriba, entónces se hace que todos los pilotes se ensamblen al emparrillado; pero si estas fuerzas son nulas ó de pequeña importancia, basta dotar con espiga á un corto número de pilotes, porque el peso de la construcción incrusta bien pronto la cabeza de los pilotes restantes en las piezas del emparrillado, ahorrándose de esta manera la mano de obra del ensamblaje, sin disminuir por esto la resistencia del emparrillado.

Cuando la presión de abajo á arriba sea muy fuerte, como tiene lugar en el zampeado de las esclusas, la espiga de los pilotes se hace en forma de cola de milano (fig. 152) y las piezas del emparrillado se ensamblan entónces lateralmente, rellenando después el hueco que resulta, para lo cual se clava un trozo de madera: si el pilote es escuadrado, puede hacerse que el espesor de la cola de milano sea la mitad ó las dos terceras partes del grueso del pilote, y entónces no queda hueco alguno.

No siempre resulta que los ejes de todos los pilotes estén exactamente en una misma alineación, y por lo tanto, las primeras piezas del emparrillado no pueden descansar igualmente sobre todas las cabezas de aquellos. Si la desviación es pequeña, se colocan estas piezas promediando las separaciones (fig. 153); pero si fuera considerable (fig. 154), se pone en la cabeza del pilote ó pilotes más desviados, una pieza a sujeta con pernos, sobre la

que descansan las piezas *b* del emparrillado en todo ó en parte. Es inútil advertir que debe tenerse el mayor cuidado en la operacion de la hinca de pilotes para que no haya necesidad de apelar á estos paliativos, que siempre son costosos y más ó ménos perjudiciales á la solidez de la construccion.

Los ensamblajes de las piezas que forman el contorno del emparrillado, se hacen á media madera, ó como aparece en la figura 155: los que unen á los largueros y traveseros con las piezas del contorno, se verifican generalmente á media madera, ó á tercio de madera, sencillos unas veces, y otras con descansos ó refuerzos (fig. 156), que proporcionan á las piezas en sus puntos de union casi tanta resistencia como en el resto, sin que sea necesario apelar á ensamblajes más complicados. Los largueros y traveseros se unen entre sí por ensambladuras cruzadas á media madera ó como indica la figura 157, que es de uso frecuente.

Antes de colocar el emparrillado es preciso quitar con esmero y en la profundidad que se conceptúe necesaria, la cual suele variar de 0^m 30 á 0^m 60, todo el terreno flojo que haya entre los pilotes, y sustituirle con un relleno bien comprimido y apisonado de piedra en seco ó de arena silíceas y sin humedad, si la fundacion ha de ser ordinaria, ó bien con mampostería hidráulica, y mejor con hormigon, cuando deba serlo hidráulica. Hecho esto, se coloca el emparrillado como se ha dicho, y se rellenan de la misma manera indicada los huecos que resultan entre las piezas que le forman, hasta enrasar con la cara superior de las más altas; y apoyándose directamente sobre esta base, puede continuarse ejecutando el resto de la construccion.

184. **Plataformas.**—Las plataformas consisten en tablones prismáticos que tienen próximamente las dimensiones de las tablestacas, ensamblados á junta plana por

sus cantos y sujetos convenientemente, formando un plano horizontal.

Aunque se han empleado algunas veces estas plataformas poniéndolas encima de los emparrillados, no se puede justificar semejante práctica, porque el emparrillado cuando se le liga bien con el relleno proporciona por sí solo una distribución bastante uniforme en las presiones, y permite enlazar perfectamente la fábrica superior; al paso que las plataformas causan una separación ó discontinuidad entre la fábrica superior y la inferior, por su poca adherencia con los demás materiales de construcción. Estas causas, unidas al aumento de gasto que originan, son las razones que motivan su poco uso y por qué no tienen en el día la importancia que ántes habían alcanzado.

Modernamente se han usado plataformas de hierro fundido en las fundaciones sujetas á una gran presión de abajo á arriba, como tiene lugar algunas veces en las esclusas; pero no es posible entrar aquí en detalles acerca de este procedimiento.

185. **Generalidades.**—Las maderas que se emplean en la construcción de los emparrillados y plataformas, son la encina por su duración, y en su defecto el pino, debiendo estar todas las piezas escuadradas y sin ninguna albura. Debe cuidarse de que estén constantemente bajo el agua, para que no se deterioren. Se eligen las piezas del emparrillado de la longitud suficiente para no tener necesidad de empalmarlas; pero si esto no es posible, se las empalma con todo esmero á rayo de Júpiter.

Las dimensiones ordinarias de las piezas de un emparrillado, son las siguientes:

	Espesor ó altura.	Ancho.
Piezas del contorno . . .	0 m 30 á 0 m 35 . . .	0 m 30 á 0 m 35.
Traveseros	0 m 20 á 0 m 30 . . .	0 m 25 á 0 m 35.
Largueros	0 m 20 á 0 m 25 . . .	0 m 25 á 0 m 30.

ARTÍCULO IV.

CAJONES SIN FONDO.

186. **Preliminares.**—Estos cajones pueden clavarse en el suelo hasta cierta profundidad, ó simplemente apoyarse sobre él: los primeros se forman con paredes de pilotes en contacto unos con otros, ó bien de pilotes y tablestacas, análogamente á como se ha dicho más arriba; y los segundos se componen de bastidores de piezas ensambladas, revestidos con tablones.

Los cajones, además de facilitar la escavacion del suelo que comprenden para poder depositar en ella el hormigon, como se dira más adelante, sirven tambien para proteger á este de la accion destructiva de las aguas corrientes. Cuando el cajon es de hierro, se le deja de ordinario formando parte de la fundacion de la obra, lo que la da un aumento de resistencia notable.

187. **Cajones clavados.**—En el dia no se hace uso apénas de los cajones formados por pilotes en contacto, por la sujecion, dificultades y coste que presenta su hinca, reemplazándolos ventajosamente con cajones de hierro.

Los que están compuestos de pilotes y tablestacas, puede decirse que en nada difieren respecto á su formacion y colocacion de los tablestacados que se han descrito en los números 180 y 181, exigiendo el mismo cuidado y precauciones en su hinca para obtener una pared contínua que impida el paso del agua corriente.

188. **Cajones apoyados.**—En general se da á estos cajones dimensiones algo mayores en la base que en la parte superior, con objeto de dotarlos de mayor estabilidad, y constan de paredes formadas con tablones (fig. 158) sujetos por dos ó más órdenes de cepos *cc*, uni-

dos entre sí por medio de pernos. En los ángulos se ensamblan como de ordinario y se refuerzan con escuadras de hierro y pasadores, dotando á las paredes de la resistencia necesaria en cada caso, bien por tirantes de hierro que van de una pared á la opuesta, bien colocando en la parte interior bastidores (fig. 159) cuyo plano es perpendicular al de la pared, los que se arriostran convenientemente.

El borde inferior de estas paredes se corta, en cuanto es posible, de manera que se aplique exactamente á las desigualdades del terreno que deba ocupar la fundacion, las que se conocen de antemano por un sondeo hecho con esmero (141); y si algunas veces se dejan los cepos sin apretar con el objeto de que despues de colocado el cajon puedan bajar los tablones por medio de mazas hasta que coincidan con el suelo, esto tiene el inconveniente de originar cierta separacion de unos tablones con otros y de facilitar la entrada del agua exterior.

189. **Cajones de hierro.**—En el dia se hace un uso frecuente en las obras de mucha importancia de cajones formados por tablestacas de hierro fundido, como se ha dicho más arriba (182), ó bien por cajones de palastro perfectamente roblonado, cuyo borde inferior se corta con arreglo á las desigualdades del terreno, los que se transportan, sumergen y clavan más ó ménos en el punto conveniente, haciendo uso de medios análogos á los descritos en el número 141.

ARTÍCULO V.

INMERSION DEL HORMIGON Y FORMACION DE LAS ESCOLLERAS.

190. **Inmersion del hormigon.**—Si el fondo en que se va á depositar el hormigon no está cubierto con

una altura de agua considerable, se le puede poner con una pala, cuidando de que atraviese el líquido despacio y con precaucion, para evitar que se deslíe el mortero; pero si esta altura pasa de dos metros, es necesario hacer uso de *cajas* ó *tolvas* de várias especies, á fin de conseguir el mismo resultado.

191. **Cajas.**—Las hay de distintas formas, y unas están formadas por cuatro paredes laterales y un fondo que puede abrirse girando alrededor de una charnela *a* (fig. 160). Este fondo va cerrado con un pestillo *p* durante la bajada, y cuando llega cerca del suelo se levanta el pestillo tirando de la cuerda *c*, y el hormigon que lleva la caja cae por su propio peso, estendiéndose en la base de la fundacion: debe hacerse que las cajas tengan mayores dimensiones abajo que en la parte superior, con objeto de facilitar la salida del hormigon una vez abierto el fondo.

Hay otras de fondo fijo, afectando una forma prismática (fig. 161), ó semi-cilíndrica, que penden de dos puntos fijos algo más bajos que el centro de gravedad; de manera que se puedan volcar fácilmente cuando al llegar al suelo de la fundacion se tira de una de las cuerdas *cc*, las que sirven tambien para que la caja conserve su posicion conveniente, mientras está bajando á través del agua. Esta clase de cajas es preferible á la anterior, porque el hormigon se deposita en masa más compacta y está ménos espuesto á desagregarse por la accion del líquido.

Tambien se hace uso á veces de cajas abiertas por arriba y un costado (fig. 162), que se vuelcan por medio de una cuerda; pero preservan ménos al hormigon que las disposiciones anteriormente descritas.

Las cajas se manejan desde la parte superior del agua, disponiendo tornos en las ataguías ó en los andamios que se establecen con este objeto. Deben en general hacerse las cajas lo más sencillas posible, y disponerlas de modo

que se deposite en masa el hormigon en el fondo de las zanjias, sin darle lugar á que se desagregue por la corriente del agua.

192. **Tolvas.**—Unicamente tenemos que añadir á lo dicho en el número 165, respecto á las tolvas, que exigen para su empleo la construccion de andamios que ocupen toda la estension de la superficie que se va á cubrir con el hormigon.

El trabajo de las tolvas presenta más rapidez y regularidad en su ejecucion que el obtenido por las cajas; pero en cambio éstas no necesitan la instalacion de andamios tan costosos como las primeras, se manejan con mucha más facilidad y pueden depositar el hormigon en todos los ángulos entrantes y salientes de la fundacion, lo que no siempre es fácil de conseguir empleando las tolvas. Estas pueden depositar en el fondo capas continuas de un metro de espesor por dos metros de ancho, al paso que con las cajas sólo se las suele dar unos 0^m 30 de grueso, teniéndolas que formar por pequeñas porciones que se adhieren y unen lateralmente. En general puede decirse que en las construccion de gran consideracion é importancia convendrá el empleo de la tolva, siendo preferible el uso de las cajas en los casos ordinarios de la práctica y en las obras ménos considerables.

193. **Marcha de las operaciones.**—La inmersion del hormigon en el agua presenta en general más dificultades y exige más cuidados que cuando se emplea en seco; debiendo en todos los casos llenar las condiciones de que no se desagregue por la corriente, que no presente soluciones de continuidad la capa que se forme, y que se apoye siempre sobre una base bastante sólida que no esté recubierta con fango ó con la cal que se desagrega del mortero que entra á formar el hormigon, la que desleida y arrastrada por el agua se deposita en forma de barro líquido y recibe el nombre de *lechada*. Es preciso quitar

con el mayor cuidado estas sustancias, para evitar que se formen en la masa del hormigon ó en su base depósitos de esta naturaleza, que perjudicarian notablemente á la homogeneidad y resistencia de la fábrica que se trata de ejecutar.

Cuando la profundidad del agua no pasa de 1^m 50, se vierte primero por medio de cajas una cierta cantidad de hormigon para formar el talud natural hasta que llegue á la superficie; despues se va vertiendo el hormigon desde fuera del agua en la cresta de este talud, haciéndole adelantarse progresivamente como si se construyera un terraplen á tierra perdida. El hormigon va echando delante de sí la lechada que se deposita en la base, la que se quita, á medida que se forma, con la draga de mano ó con bombas.

Si la profundidad del agua escede de 1^m 50 á 2^m, se hace uso como hemos dicho de cajas ó tolvas, cuidando de sumergir el hormigon sin sacudidas, á fin de evitar que se desagregue. La caja se debe llenar completamente, igualando la superficie con la hoja de la pala hasta dejarla casi lisa, con objeto de que no penetre fácilmente el agua en la masa.

Aun haciendo uso de las cajas se pueden construir las capas de hormigon hasta cerca de un metro de grueso, y con objeto de que la cal que se desprende para formar la lechada no sea en perjuicio de la calidad del hormigon, se echa al mortero que se emplea en la fabricacion de éste una cantidad algo mayor que la necesaria, cuando se tiene que poner en obra á través del agua.

Las cajas se vierten en un mismo punto hasta que el hormigon llegue á la altura que se quiere dar á la capa, y despues se mueve el torno superior de que penden las cajas para continuar la capa en la direccion conveniente, teniendo siempre cuidado, á medida que se pone el hormigon, de comprimirle un poco por medio de pisones con

mangos bastante largos, pero sin producir choques ó percusiones, que perjudicarian mucho las cualidades del material. La lechada se va depositando en la base del talud que se forma, de donde es preciso quitarla ántes de poner encima más hormigon, á cuyo fin se la va separando con una escoba hácia la capa inferior ó á un punto de la base de la fundacion, en el que se hace un hoyo ó sumidero, estrayéndola despues con una draga de mano, ó mejor con la bomba Letestu. Cuando de esta manera se ha formado una capa ó tongada, se coloca encima otra, continuando del mismo modo hasta que llegue á la altura deseada el macizo de hormigon.

En el caso de que el agua tenga alguna corriente, se lleva la formacion de las capas ó tongadas desde aguas arriba hácia aguas abajo, con objeto de favorecer la salida de la lechada que la arrastra el agua á la capa inferior, de donde se la estrae como se acaba de decir. Cuando por cualquier circunstancia hay necesidad de interrumpir las operaciones, se quitan de la misma manera los depósitos que se forman en la parte baja de cada capa, ántes de proseguir el trabajo ó de empezar otra nueva tongada. En lugar de verificar la inmersion del hormigon por capas completamente horizontales, se facilita la salida de la lechada dándolas un talud de 6 ó 7 de base por 1 de altura, disposicion con que se obtienen muy buenos resultados.

Siempre es necesario, ó por lo ménos conveniente, dejar descansar algun tiempo al hormigon ántes de cargarle con grandes pesos, á fin de que en este intervalo pueda fraguar completamente; porque se ha visto por recientes observaciones, que una presion intensa retarda el fraguado de este material.

194. **Formacion de las escolleras.** — Esta construccion, sumamente sencilla, se reduce á cargar en barcos ó pontones las piedras que han de formarlas, á

conducirlas despues al sitio en que se tengan que emplear, y por último, á echarlas en el agua.

Las piedras empleadas con este objeto deben ser duras y de buena calidad, para resistir la corriente de las aguas, y presentar además una forma que, aunque irregular, se aproxime á la cúbica. Las dimensiones son muy variables en la generalidad de los casos, siendo necesario emplear materiales pequeños que rellenen los intersticios que dejan las piedras principales; y éstas necesitan tener cierta magnitud para que resulte en cada caso una construcción sólida. Así es que en los rios, las piedras que se acostumbra emplear, varían de 0,04 á 0,10 de metro cúbico; al paso que en el mar alcanzan hasta 2 y más metros cúbicos, siendo indispensable en algunos casos formar piedras artificiales de hormigon (95) ó de mampostería hidráulica, que llegan á tener 15 y 20 metros de volúmen con un peso de 30 y 40 toneladas.

Despues de cargar y trasportar estas piedras al punto de su empleo, se las eleva por medio de tornos ó gruas poderosas, y se las deposita en el agua, cuidando de poner las más grandes y resistentes en los puntos más espuestos de la obra, y disponiéndolas en cuanto sea posible de modo que enlacen bien unas con otras. Si las aguas, como sucede de ordinario, arrastran légamo, arenas ú otras materias análogas, éstas se introducen entre los huecos que dejan las piedras y rellenan sus intersticios, dando así al cabo de cierto tiempo más homogeneidad y trabazon á la obra.

Unas veces se arroja la piedra sin dar ninguna preparacion al fondo que ha de servir de base á la escollera; otras se draga préviamente este fondo, y alguna vez se la pone entre tablestacados que la contienen; pero fuera de este último caso, de rara aplicacion, se hace que forme un talud bastante tendido para disminuir la accion del agua corriente, el cual suele tener 2 de base por 1 de al-

tura, si bien en ciertas circunstancias se hace mucho más suave.

Pueden simplificarse las operaciones enumeradas cuando la escollera parte de un punto de tierra firme para internarse en el agua; en cuyo caso basta arrojar directamente las piedras hasta que el talud llegue por encima del nivel del líquido, y apoyándose en la cresta que se forma, conducir y echar las demás piedras exactamente lo mismo que se hace al formar un terraplen á tierra perdida.

De cualquier manera que se construya una escollera, es conveniente dejarla descansar por lo ménos un año, para que produzca su asiento natural, y pasado este tiempo se limpia la superficie superior y se enrasa horizontalmente con hormigon, asentando despues sobre esta base el resto de la obra que se trata de levantar.

CAPÍTULO IV.

APOYOS AISLADOS Y MUROS.

ARTÍCULO I.

APOYOS AISLADOS.

195. Se da el nombre de apoyos aislados á los prismas ó cilindros cuya base es generalmente pequeña con relacion á su altura ó longitud, los cuales pueden afectar formas muy diversas, y tienen por objeto proporcionar puntos de apoyo á bóvedas, suelos, ó en general cargas situadas superiormente.

196. **Apoyos de fábrica.**—Los apoyos aislados pueden hacerse de fábrica, de madera ó de hierro. Los primeros reciben el nombre genérico de *pilares*, llamándose *macho* ó *machon* cuando su seccion trasversal es un

rectángulo; *pilastra* si la forma de la seccion es cuadrada y la altura guarda ciertas proporciones arquitectónicas con la base; y finalmente *columna* cuando la seccion es circular y se fija la relacion entre el diámetro y la altura con sujecion á ciertas reglas.

Los apoyos de fábrica pueden construirse de sillería, tomando todas las precauciones enumeradas al tratar de esto (115), formando cada hilada de una sola piedra si esto no ocasiona gastos escesivos, y reduciendo en todo caso su número al menor posible, con objeto de disminuir el asiento que tiene lugar por la compresion del mortero cuando las hiladas son numerosas. En este caso tienen muy buena aplicacion los materiales de testura homogénea, como es el granito, que proporciona piezas de grandes dimensiones, y del cual se ven muchos ejemplos de apoyos aislados en Madrid y otros puntos. Cuando el diámetro ó grueso del pilar no permite formar cada hilada con una sola piedra, se emplean várias, que se ligan entre sí con grapas de hierro ú otro medio semejante, cuidando en todos los casos de hacer uso de un buen mortero y de que las juntas verticales estén interrumpidas.

Si se construyen con ladrillo los apoyos, hay que satisfacer á las condiciones espuestas cuando se trató de esta clase de fábrica (119); y si fueran de seccion circular, es conveniente el empleo de ladrillos fabricados en forma de sectores de círculo ó semicirculares, los que dan muy buenos resultados bajo el punto de vista de la solidez y economía. Tambien se hacen algunas veces los pilares de sillarejo y otras de mampostería, sin embargo de la menor resistencia que los últimos presentan por razones espuestas en otro lugar (117).

Cuando un apoyo aislado se construye con materiales pequeños, se hace ordinariamente con piedra de sillería la *base* ó *basa*, que á veces tiene una seccion algo mayor que el resto del apoyo, lo mismo que la parte superior,

llamada *capitel* ó *imposta*. Tambien se establecen á intervalos regulares en la altura algunas hiladas de sillería, con el objeto de dar más resistencia al pilar, si bien esta disposicion se emplea raras veces.

197. **Apoyos de madera.**—En el caso de emplear la madera para construir un apoyo, éste recibe el nombre de *poste* ó *pié derecho*, constituyéndole una pieza generalmente escuadrada que se coloca verticalmente, entrando su pié en una caja abierta en la cara superior de un *zócalo* ó dado de piedra *A* (fig. 163), bastante alto sobre el terreno, para preservar al primero de la humedad del suelo. La parte superior de los postes se ensamblan unas veces á caja y espiga con las vigas del piso que sostienen (fig. 164); otras simplemente á junta plana; otras haciendo uso de una tenaza (fig. 165), y finalmente, otras por el intermedio de zapatas (fig. 166), ya sencillas, ya reforzadas con jabalcones. En algunas ocasiones se verifica esta union poniendo encima de la cabeza del poste una placa de hierro fundido (fig. 167), cuya forma y disposicion para fijarla bien puede variar de muchas maneras, y sobre la cual descansan y se sujetan las vigas superiores.

Si los postes no se apoyan en el suelo, sino sobre un piso más ó ménos elevado, se suprimen los dados y zócalos, enlazándose su pié directamente con las vigas que forman el piso, por medio de ensamblajes parecidos á los que se acaban de señalar en el caso anterior para la cabeza.

En la actualidad se hace mucho ménos uso que ántes de los apoyos aislados de madera, pudiendo decirse que en las construcciones de importancia los han reemplazado casi por completo los de hierro.

198. **Apoyos de hierro.**—Como el hierro fundido posee tanta resistencia á la presion, se presta muy bien á este objeto, especialmente cuando la longitud del apoyo

no es excesiva. La mejor forma que se los puede dar, es la de un cilindro hueco que constituye una columna, y el espesor de sus paredes rara vez es menor que $\frac{1}{12}$ del diámetro.

Para proporcionar más resistencia y estabilidad á estas columnas, se ensanchan sus extremos en forma de capitel y basa, terminando en dos superficies planas, hechas á torno, que sean perpendiculares al eje del cilindro ó columna. Por igual causa y cuando el apoyo ha de estar formado de dos ó más trozos ó anillos sobrepuestos, se termina cada uno de éstos por superficies planas y perpendiculares también al eje, uniendo uno con otro, bien por cuatro roblones por lo ménos que atraviesen los bordes interiores, como se ha visto en otro caso análogo (144), bien por medio de enchufes que se refuerzan y fijan convenientemente.

En la generalidad de los casos se hacen estas columnas de una sola pieza, y por el empleo de este material se puede sustituir un grueso apoyo de fábrica ó de madera con una delgada y elegante columna de hierro.

En el día se hace uso con este mismo objeto del hierro forjado ó laminado; pues en virtud de numerosas experiencias practicadas á este fin, se ha deducido que el mejor material para una columna cuya longitud no pase de unas 20 veces su diámetro, es el hierro fundido; pero cuando excede de este límite, es preferible el forjado. La naturaleza de este último material no se presta fácilmente á darle la forma de un cilindro hueco, y se adopta en su sección la de una cruz formada por dos barras cuya sección transversal es una *T* (fig. 168), roblonadas por sus cabezas, ó una plancha *aa* (fig. 169), con otras dos más estrechas *bb*, y cuatro hierros en ángulo que se roblonan con las primeras.

Sin embargo de lo dicho, el hierro fundido se emplea de una manera casi exclusiva en los apoyos aislados que

se construyen en los edificios, reservando los forjados para ciertas partes de los puentes de hierro, en cuyo exámen no podemos entrar.

ARTÍCULO II.

MUROS.

199. **Definicion y clasificacion de los muros.**—Se da el nombre de muros á las construcciones destinadas á cerrar un espacio ó á resistir ciertos esfuerzos, como pisos; cubiertas; bóvedas; tierras; etc. La forma general que afectan es la prismática, llamándose *base* á la cara inferior que asienta directamente sobre el terreno; *paramentos* á las superficies que le limitan lateralmente, ya sean verticales ó inclinadas, y *coronacion* á la cara superior con que termina.

Los muros se clasifican no sólo por los materiales de que se forman, sino por el objeto á que se destinan, recibiendo las denominaciones de muros de *sostenimiento*, de *revestimiento* y de *contencion* cuando, como indica su nombre, sirven para contrarestar el empuje lateral de las tierras, para revestir ó preservar el talud de un desmonte y para contener la presion del agua: los muros de *cerca* y los de *fachada* tienen respectivamente por objeto cerrar un espacio sin sufrir ningun esfuerzo exterior, y limitar el contorno de un edificio; y por último, los de *carga* ó *crujía* y los *divisorios* ó *tabiques*, que á su vez forman los unos las grandes divisiones interiores de los edificios, y establecen los otros la subdivision del mismo en habitaciones.

Siempre que un muro tenga que resistir un esfuerzo inclinado ú horizontal, es conveniente hacer que sus paramentos presenten cierta inclinacion, con objeto de que la obra alcance la mayor estabilidad posible. En los edi-

ficios en que son próximamente verticales las fuerzas que actúan sobre las fachadas, se da á éstas un talud ó inclinacion respecto á la vertical, que rara vez pasa $\frac{1}{100}$, y que en muchas ocasiones sólo llega á $\frac{1}{500}$; pero en los muros de sostenimiento y de contencion espuestos á empujes muy inclinados y hasta horizontales, se hace que aumente este talud, variando en la generalidad de los casos de $\frac{1}{10}$ á $\frac{1}{20}$.

Cuando la altura de un muro en talud deba ser mayor que 8 á 10 metros, no sólo deja de producir buen efecto á la vista, sino que es muy difícil que los paramentos resulten perfectamente planos por mucho esmero que se tenga en la ejecucion. En este caso se sustituye el talud continuo *ab* (fig. 170) por una série de escalones ó retallos *c d e f* formados por planos horizontales y verticales, cuya construccion es mucho más sencilla. Por este medio se puede además rectificar y corregir cualquier pequeño error que se haya cometido en la parte inferior de la construccion, para lo que bastará modificar algo la posicion de los retallos superiores, lo que da á cada parte de la obra la situacion precisa que debe ocupar, sin que sean perceptibles las pequeñas desigualdades que resultan en las caras horizontales de los retallos.

Si el muro debe sostener el empuje de las tierras, por ejemplo, se forman tambien estos retallos en el paramento posterior, dándole así más estabilidad, no sólo por el aumento de base, si que tambien porque tiende á este objeto el peso del prisma de tierra *g h j k*.

200. **Replanteo.**—Antes de comenzar la ejecucion de un muro, es preciso señalar en el terreno el espacio que deba ocupar su base, con arreglo á los planos que se han debido formar de antemano, y en los cuales se representan en una escala bastante grande todos los detalles necesarios. Esta operacion recibe el nombre de *replanteo*.

Puede suceder que la base del muro esté limitada por

líneas rectas, que es el caso más frecuente (fig. 171), y entónces se empieza por fijar en el suelo, ó en la cara superior de la fundacion, el eje ab , haciendo uso de un cordel que se sujeta en sus extremos con piquetes ó clavos: hecho esto, se mide *horizontalmente* la longitud ab que debe tener el muro, y en sus extremos se trazan las líneas cd , ef perpendiculares á la primera, ó con el ángulo que resulte de los planos. En estas líneas se miden las distancias ac , ad ; be , bf , iguales al semi-ancho del muro en cada punto; y como se ha dicho ántes, se tiende un cordel de c á e y de f á d , señalando de esta manera las líneas inferiores de los paramentos.

Si limitan á la base líneas curvas ó quebradas, se sigue en principio el mismo procedimiento, trazando un eje ya curvo ó rectilíneo, levantando las perpendiculares necesarias y tomando en ellas las longitudes convenientes, cuyos extremos se señalan con clavos. Por este medio se obtiene en el primer caso gran número de puntos de la curva, que despues se enlazan entre sí de una manera continua, y en el segundo se fija la posicion de todos los vértices que haya, los cuales se unen por cuerdas atirantadas.

Una vez hecho el replanteo de la base, se fija la posicion de los paramentos por medio de listones ó reglones de madera, que se colocan verticales ó inclinados segun el talud que deba resultar. En las construcciones esmeradas se señalan en los listones las alturas de las hiladas, y poniendo cordeles horizontales que pasen por las señales correspondientes, se proporciona á los albañiles una guia segura para elevar con regularidad la construccion.

Los demás detalles del replanteo de los muros, como los huecos de puertas y ventanas; salientes; rebajos; etc., se señalan en las hiladas mismas de la fábrica á medida que se va elevando: debe cuidarse de hacer estos diversos replanteos con el mayor cuidado y exactitud posibles.

201. **Clase de fábrica.**—En la construcción de los edificios no se suele emplear más fábrica en los muros de fachada que el ladrillo y la mampostería, con zócalos de sillería; y si la obra es de más importancia, se refuerzan los puntos débiles ó más cargados con cadenas ó fajas de sillería: en los de crujía y tabiques basta por punto general el ladrillo ó el entramado, aunque en algunos casos se hacen los primeros de mampostería.

En las obras públicas sólo se hace uso generalmente del ladrillo y de la mampostería más ó menos esmerada para la construcción de los muros. Por las razones ya espuestas (113), se forma hasta cierto punto una fábrica mixta, eligiendo según los casos para construir el paramento los ladrillos más resistentes y mejor moldeados, ó las piedras más regulares: la parte posterior se rellena con materiales no elegidos, pero que estando convenientemente trabados con los del paramento proporcionan suficiente estabilidad y resistencia. Alguna vez se hacen los paramentos de sillarejo, y únicamente en las obras monumentales ó que exigen una gran resistencia se emplea para este objeto la sillería, reservándola por regla general para los refuerzos que pueda necesitar el muro.

En todos los casos conviene elegir los materiales que presente la localidad con bastante abundancia y en condiciones favorables, para que resulte la construcción del muro lo más económica posible.

Cuando las tierras que cargan un muro de sostenimiento se pueden impregnar de agua durante las grandes lluvias, ocasionarian en estas condiciones un empuje lateral tan enérgico, que podría arruinar la obra; y con objeto de evitarlo, se facilita la salida del agua á través del muro por medio de *mechinales* *mm* (fig. 172), que no son mas que aberturas de sección cuadrada ó rectangular con un ancho de 0^m 10 próximamente y una pendiente sensible para favorecer la marcha y salida del agua. Or-

ordinariamente se coloca un mechinal en cada 3 ó 4 metros cuadrados de paramento.

Si el terraplen que sostiene el muro está formado con arena ó grava, de modo que el agua pueda filtrarse con facilidad y salir por los mechinales, únicamente se necesita cuidar, al formarle, de apisonar bien las capas que le constituyen; pero si el terraplen no diera paso al agua, como sucede con la arcilla, se debe colocar entre la tierra y el muro una capa vertical ó escalonada de piedra partida ó grava gruesa de 0^m 30 de espesor por lo ménos, la cual absorbe el agua del terraplen y facilita la salida al exterior: este mismo objeto se consigue, aunque en menor escala, haciendo la cara interior del muro de mampostería en seco. Si el terraplen se formase con tierra legamosa que al impregnarse de agua diera lugar á un barro suelto, hay que dar al muro el espesor conveniente para que resista el empuje de este semifluido.

202. Ejecucion de los muros.—Despues de replanteada la base del muro, se empieza por establecer el zócalo ó hilada horizontal que forma la parte inferior del mismo hasta la superficie del suelo ó algo más arriba. Esta hilada, que ordinariamente es de piedra labrada con más ó ménos esmero, se asienta sobre la cara superior de la fundacion ó cimiento, ya sea ordinaria ó hidráulica. Cuando el muro no es de mucho espesor, como sucede de ordinario en los edificios, se forma todo el zócalo con sillares á tizon ó soga; pero en las obras públicas en que las dimensiones suelen ser mayores, se construye solamente el paramento exterior con sillería de 0^m 40 á 0^m 50 de altura, y el resto del zócalo se hace con carretales bien ripiados: el mortero que se use en su ejecucion deberá ser ordinario ó hidráulico, según sean las circunstancias de la obra, y en todos los casos se cuidará de que la mano de obra sea lo más esmerada posible.

El zócalo forma por lo regular una saliente ó retallo

de 0^m10 próximamente con respecto al paramento; y conviene inclinar la cara superior de este retallo para que no se detengan en ella las aguas de lluvia, que filtrándose podrían perjudicar la fábrica. En algunas obras se establecen dos y tres zócalos sobrepuestos, para dar más ensanche á la base del muro, existiendo siempre de uno á otro el retallo de que se ha hecho mérito.

Respecto á la ejecucion de la fábrica nada se tiene aquí que decir despues de lo espuesto en la página 96 y siguientes; y sólo conviene añadir que despues de construido el zócalo debe replantearse sobre él la base del resto del muro, para corregir cualquier pequeño error de posicion que se haya podido cometer en el primero, y dar al cuerpo del muro la que exactamente deba ocupar.

Si se hace uso de fajas ó verdugadas, éstas deberán abrazar todo el espesor del muro, ó por lo ménos una gran parte de él, para que llenen bien el objeto de regularizar el asiento de la fábrica. En el caso de emplear las cadenas, debe cuidarse de que traben perfectamente con el resto del muro, y de uniformar los asientos en toda la estension de la obra. Este último objeto ya se ha indicado (122) cómo puede obtenerse, y el primero se consigue haciendo que las hiladas de la cadena estén aparejadas de mayor á menor (figs. 173 á 176). A veces se da á este refuerzo un ancho constante (fig. 177), en cuyo caso recibe el nombre de *pilastra*; pero esta disposicion, que como ornato arquitectónico tiene un uso muy frecuente, no llena la condicion de reforzar y enlazar entre sí los diversos materiales del muro en tan buenas condiciones como la realiza la forma anterior, razon por la que se la debe disponer como aparece en la figura 178. Tambien es muy conveniente que las cadenas ocupen gran parte del espesor del muro, para que produzcan el resultado á que se las destina.

La coronacion de los muros que entran á formar los

edificios, varía mucho en dimensiones y disposición, presentando un perfil más ó ménos complicado con arreglo á la importancia de la construcción; pero en las obras públicas se simplifica extraordinariamente su forma, reduciéndose en la mayor parte de los casos á una loseta *a* (fig. 179) de 0^m 15 á 0^m 30 de altura por lo regular, y con una saliente sobre el paramento de unos 0^m 10. Es preciso impedir á toda costa que las aguas de lluvia puedan filtrarse en el cuerpo del muro por las diversas juntas que presente la coronación, y con este objeto se las debe dejar bastante estrechas y hacer que haya el menor número posible, cuidando en todo caso de rejuntarlas perfectamente con buen mortero hidráulico.

A fin de evitar en los muros aislados que las aguas pluviales se detengan en la cara superior de la coronación, se la inclina al exterior, ya con una sola ó con dos vertientes (figs. 179 á 182), y con objeto de que estas aguas no puedan seguir el contorno de la coronación y descender despues por el paramento, se forma en la cara inferior de aquella un rebajo ó ranura *r*, que obliga á desprenderse el agua sin lavar al muro.

Cualquiera que sea la clase de fábrica con que se construya un muro, es conveniente que se vaya levantando por zonas horizontales en toda la extensión que ocupe, con el objeto, no tan sólo de que la carga sobre la fundación se reparta con la mayor igualdad posible, sino también por la facilidad de la ejecución. Si por circunstancias especiales no se puede seguir horizontalmente la obra en toda su longitud, deben dejarse formando escalones los extremos de las hiladas, para continuar despues la ejecución del trozo contiguo, en el cual se tomarán todas las precauciones ya dichas para que el asiento de la obra nueva no produzca agrietamientos y separaciones con la antigua.

Puede suceder también que, aun construyendo por

completo un muro para un destino dado, se tenga que unir otro con él al cabo de cierto tiempo, como sucede con las fachadas de las casas contiguas; y en tal caso hay que levantar verticalmente los extremos del muro primero y dejar á ciertos intervalos algunas hiladas ó partes salientes *aa* (fig. 178), llamadas *adarajas*, para que se enlacen bien las fábricas de ambos muros, cuidando siempre de tomar las precauciones necesarias para evitar agrietamientos en su mútua union.

Cuando dos muros se encuentran ó se cruzan, deben disponerse los materiales de que se componen de modo que formen parte á la vez de ambos, como se ve en proyeccion horizontal en *aa* (fig. 183); y si por su pequeñez ú otra circunstancia no fuera esto posible en toda la zona que ocupa el encuentro ó cruzamiento, se deberán colocar de manera que no resulte ninguna superficie de junta vertical corrida en la altura de los muros. Algunas veces, y con especialidad cuando se emplea el ladrillo, sucede que en los ángulos entrantes del encuentro ó cruzamiento aparece una *línea de junta* vertical corrida en toda la altura, proyectada en *o* (fig. 184); pero esto no perjudica en nada á la solidez de la construccion, pues que las *superficies de junta oa* y *ob* que van á terminarse en la línea *o*, se cruzan de una hilada á la inmediata.

Si los muros se construyen de ladrillo, es preciso tomar algunas precauciones al colocar el material en los ángulos salientes. La disposicion de las figuras 185 y 186 es buena, porque la menor dimension que aparece en los paramentos es respectivamente $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{8}$ de la longitud del ladrillo; pero no sucede lo mismo con la adoptada en la figura 187 por los $\frac{1}{4}$ de ladrillo que resultan, lo que hace mal efecto á la vista y proporciona poca solidez. En el cuerpo del muro pueden adoptarse diversos aparejos con arreglo á lo espuesto en el número 110; así es que unas veces aparecen en el paramento todos los ladrillos á ti-

zon; otras están todos los de una hilada á tizon y los de la siguiente á sogas, repitiéndose las hiladas en este mismo orden en todo el paramento; otras se presentan en la misma hilada un ladrillo á sogas y otro á tizon, colocando la siguiente en la misma disposicion, si bien los tizones vienen al centro de las sogas inferiores; pero el sistema preferible de aparejo, llamado inglés, consiste en disponer la primera hilada de modo que resulten en el paramento todos los ladrillos á tizon, la segunda á sogas y la tercera tambien á sogas, tal como aparece en la figura 186, reproduciéndose este mismo orden en las demás hiladas del muro. Está de más advertir que en estos aparejos, como en cualesquiera otros que pudieran adoptarse, siempre se debe cuidar de que las juntas verticales estén interrumpidas.

ARTÍCULO III.

APARATOS Y MEDIOS AUXILIARES.

203. **Andamios.**—Como los muros alcanzan á veces alturas muy considerables sobre el terreno, es preciso establecer aparatos especiales, llamados *andamios*, para llevar á cabo su construccion y verificar el rejuntado, retundido y todas las demás operaciones que sean necesarias ántes de dar por concluida la obra, sirviendo al mismo tiempo para depositar y tener á la mano el albañil los materiales de poco peso, como sucede con los ladrillos.

204. **Establecimiento y demolicion de los andamios.**—Los andamios más sencillos consisten en algunos toneles, cajas ó caballetes que se ponen sobre el suelo ó sobre un piso ya formado, los cuales sirven de punto de apoyo á una ó más tablas horizontales que van de uno á otro, y forman de esta manera un piso provisional sobre el que trabajan los operarios. De este modo

se pueden subir las fábricas hasta 3 ó 4 metros de altura del suelo.

Cuando esto no basta se clavan en el terreno cierto número de *almas* ó postes verticales *aa* (fig. 188), que distan próximamente unos de otros 2 metros y se encuentran separados del muro 1^m 50, los cuales se enlazan entre sí y con el muro á medida que éste se va levantando, por medio de várias piezas horizontales *bb*, que se clavan ó atan con cuerdas á los postes cada 1^m 75 de altura próximamente; y por otras *pp*, llamadas *puentes*, que se apoyan por un extremo sobre las anteriores y por el otro se sujetan ó entran en el muro 0^m 10 por lo ménos. Estos últimos sirven de punto de apoyo á las tablas ó tablones que se colocan encima y sobre los que marchan los obreros.

El grueso de las *almas* varía entre 0^m 15 y 0^m 25 en el pié, segun sea su longitud, que suele alcanzar de 5 á 10 metros: los *puentes* tienen ordinariamente unos 2^m 50 de longitud y de 0^m 10 á 0^m 15 de diámetro: los *tablones* son por lo regular de pino de 0^m 04 á 0^m 05 de grueso, con 0^m 30 á 0^m 35 de ancho y unos 4 metros de longitud, reforzados en sus extremos con cinchos de hierro para evitar que se hiendan. Debe cuidarse de que asienten bien sobre los *puentes* y de que no escedan mucho en longitud á la zona que comprenden los primeros, para que no se vuelquen cuando se apoya el pié en la parte que queda fuera del último puente. La madera de los andamios debe ser bien sana, para evitar los accidentes que ocasionaria su rotura.

En obras de gran importancia se establecen andamios más fuertes y esmerados, aunque afectan disposiciones análogas á las descritas. Los postes se forman en tales casos con piezas escuadradas, que se acoplan á junta plana, teniendo una la mitad de altura que las demás (fig. 189), colocando despues la pieza *c* sobre la cabeza de *a*, y la *d*

sobre la de *b*, y enlazándolas fuertemente con cuerdas. Se unen unos postes á otros por medio de riostras, cepos ó cruces de San Andrés, de manera que se forme un verdadero entramado, el cual se enlaza al muro con los puentes, presentando la disposicion general que aparece en la figura 190. Si no se pueden dejar en el muro los huecos que resultan de colocar los extremos de los puentes como se ha dicho ántes, se establecen postes verticales apoyados en el muro, ó por lo ménos muy próximos á él, á los que se unen estos puentes.

En el caso de tener que hacer reparaciones, y aun para terminar las obras de un muro, se emplean andamios muy ligeros, que constan de uno ó dos tablones *t* (fig. 191) apoyados en sus extremos en dos puentes, cada uno de los que se sujetan con una cuerda *c*, la que por medio de poleas y tornos, se puede acortar ó alargar, subiendo ó bajando por consecuencia el andamio. La cuerda puede pasar superiormente por una polea *p*, y volver al andamio; en cuyo caso, los mismos trabajadores que están en él le suben ó bajan á voluntad, como se ve en la línea de trazos; ó bien puede ir á un torno fijo desde el cual dirijan otros operarios el movimiento. Esta clase de andamios reciben el nombre de *colgados* ó *volantes*.

Siempre que la construccion está aislada, como tiene lugar en las torres; faros; columnas; etc., se establecen alrededor cierto número de postes dispuestos y enlazados entre sí como se ha dicho más arriba, formando como una torre de madera, cuyas paredes sirven de punto de apoyo á un extremo de los puentes, mientras que el otro descansa sobre la fábrica que se levante ó en otros postes convenientemente colocados: los andamios de esta forma reciben el nombre de *castillejos*; los cuales pueden estar aislados, ó en union con un andamio fijo cuando la obra sea un muro de bastante longitud. Siempre que el hueco interior de la construccion aislada no sea muy

grande, se puede suprimir el andamio exterior, y entónces se ponen interiormente unas cuantas viguetas que se apoyan sobre la fábrica que se va levantando, y encima se colocan vários tablones: á medida que la obra sube se va subiendo tambien el andamio, que es fácil quitar cuando aquella ha llegado á terminarse.

Los andamios afectan con frecuencia formas muy distintas y más complicadas que las descritas, las cuales sería imposible explicar sino apelando á numerosos ejemplos, que no pueden tener cabida aquí.

Cuando se ha terminado la construccion, se quitan los andamios sin dificultad, empezando por la parte superior; y á medida que se va bajando con el rejuntado ó el enlucido se desmontan las piezas que ya no son necesarias, tapando los agujeros que resultan en el paramento por empotrar en él los extremos de los puentes.

205. **Aparatos para subir los materiales.**

—Aunque estos aparatos son muy numerosos y difieren esencialmente en su forma, segun las circunstancias de cada caso, nos limitamos á reseñar los que tienen un uso más frecuente en las obras.

Si es pequeño el peso de los materiales que se han de subir para la construccion de un muro, se pueden poner tornos sobre los mismos andamios, que cogen del suelo los materiales y los elevan á la altura en que está la obra; pero muchas veces es necesario adoptar otras disposiciones que dan más seguridad y proporcionan mayor economía.

206. **Pescante.**—El *pescante* (fig. 192) se compone de una viga de pino, ó de várias convenientemente ensambladas, llenando la condicion de alcanzar una altura de 1 ó 2 metros más de elevacion que el muro que se trata de construir. Está provisto en su pié de un eje ó pivote *r*, el cual puede girar sobre un tejuelo que se fija sólidamente al suelo; y por arriba tiene igualmente otro

eje que entra en un collar y provisto de anillos, que sirven para unir á ellos los vientos que fijan la posición del pescante. De lo dicho se deduce que el árbol vertical puede girar alrededor de este pivote y tomar las posiciones más convenientes en cada caso.

A cosa de 1^m 50 de la extremidad superior se unen al árbol vertical dos fuertes piezas de madera *a*, que se encepán y están consolidadas por pernos y por los jabalcones *b*. Las primeras tienen en sus extremos las poleas *c* que giran alrededor de dos pernos, y en el punto *d* se pone otra polea en una caja abierta en el mismo árbol.

Además de cierto número de listones de madera ó de hierro que atraviesan el árbol y sirven de escalones, hay un torno de engranaje *e* en su parte inferior, al cual se arrolla la cuerda que despues de haber pasado por las poleas *c* y *d* viene á coger los materiales que se han de subir, ya sea directamente, ya por el intermedio de poleas ó polipastos. Algunas veces, el torno está á cierta distancia del pescante, en cuyo caso se pone en *e* una polea para dirigir la cuerda al punto que se ha de arrollar.

Por lo espuesto se ve, que puede girar este aparato alrededor de la vertical en la dirección más conveniente para coger los materiales que se han de elevar, y que habiendo llegado éstos á la altura en que deben colocarse, no hay mas que hacer girar de nuevo el pescante la cantidad necesaria para ponerlos encima del muro ó del andamio establecido para su construcción.

207. **Gruas móviles.**—Paralelamente al muro y sobre el suelo (fig. 193), se establece á 1^m 50 de distancia un camino formado con vigas ó tablones *a b*, y sobre el cual se apoyan las ruedas que sostienen la base del aparato: éste se compone de dos fuertes postes sólidamente ensamblados que se consolidan con jabalcones, en cuyo extremo superior se dispone una viga *d* con su polea *e*, la que debe estar por cima de la altura que ha de alcan-

zar el muro. Además lleva en su base un torno, ó si no una polea, para dar direccion á la cuerda que se arrolla al torno *c* situado á cierta distancia.

Se asegura la estabilidad del aparato por medio de cierto número de cuerdas ó vientos sujetas á la cabeza y que se atan á puntos fijos del suelo: de distancia en distancia y entre los dos postes principales, se ponen pasadores de hierro, que á más de consolidar el aparato, sirven de peldaños ó escalones para subir á la parte superior cuando sea necesario.

Esta grua se puede trasportar fácilmente sobre el camino de tablones y hacer de esta manera el servicio de un extremo al otro del muro; pero si se quiere regularizar aún más este movimiento, se puede establecer un camino de hierro en vez del de madera, teniendo las llantas de las ruedas un reborde para evitar movimientos laterales.

208. **Tornos.**—Hácia el centro del muro que se trata de construir, ó bien de distancia en distancia cuando la obra tenga mucha longitud, se establece uno ó varios castillejos (204) formados con fuertes postes, que se consolidan lo necesario por medio de cepos; riostras; cruces de San Andrés, etc.

Estos castillejos se elevan hasta un nivel algo superior al que debe alcanzar el muro, y en su parte más alta se establece un torno ordinario de madera ó una polea *a* (fig. 194), puesta en comunicacion por otra polea inferior *b* con un torno *c* situado á alguna distancia y perfectamente amarrado al suelo, al cual viene á arrollarse la cuerda que desde el material que se sube pasa por las dos poleas anteriores. De esta manera se pueden elevar á la altura que convenga las piedras y demás materiales necesarios á la construccion del muro; y cuando hayan llegado al nivel de la hilada en construccion se los transporta haciendo uso de rodillos ó de otro medio distin-

to, bien sobre los andamios fijos que suelen formarse de un castillejo á otro, bien sobre el mismo muro hasta el punto en que deban sentarse en obra.

209. **Gruas con doble movimiento.**—Hay otra disposicion más perfeccionada que las anteriores y de uso ventajoso en las construcciones importantes.

Se establecen, como andamios principales de la obra que se va á levantar, los entramados de madera *A B* (fig. 195), que se ensamblan y refuerzan bien, y se colocan en posicion vertical paralelamente uno á otro, de manera que comprendan la obra en el intérvalo que los separa. Estos entramados se coronan con carreras ó cumbres *cc*, que recorren toda su longitud y sirven de apoyo á dos líneas de carriles de hierro.

Estos carriles sustentan las ruedas de un largo bastidor *D*, compuesto de dos largueros en forma de vigas armadas con varillas de hierro, reunidos en sus extremos por dos traveseros. Se da movimiento á las ruedas por un engranaje provisto de una manivela, que permite moverse el bastidor sin dificultad en el sentido longitudinal de los andamios, los que recorre fácilmente de uno á otro extremo, pudiéndole detener en el punto conveniente.

Los largueros del bastidor llevan á su vez sobre la cara superior dos carriles, los cuales tienen por objeto sostener las ruedas de un torno de engranaje *e*, que puede por medio de una manivela mover las ruedas y marchar de un extremo á otro del bastidor. Por último, se pone una ligera balaustrada ó sea balconcillo de hierro sobre el bastidor, para la seguridad de los operarios encargados de su manejo.

Por medio de este aparato se puede hacer marchar una piedra, elevada hasta la altura que tenga la obra, en dos direcciones perpendiculares entre sí, y llevarla exactamente encima del punto que debe ocupar en el muro; y despues, no hay mas que hacerla bajar con cuidado

por medio del torno *e* que ha servido para subirla.

210. **Embragado de los materiales.**—Esta operacion, que tiene por objeto ligar ó atar los materiales que se han de subir, de tal modo que unidos despues á la cuerda del aparato elevatorio no se desprendan ni se deterioren, exige várias precauciones en cada caso particular.

Si se trata de piedras de sillería, sobre todo si tienen grandes dimensiones, se las rodea á lo ancho con una fuerte cuerda de cáñamo sin fin (fig. 196), despues de haber puesto trozos de estera ó paja en los puntos en que esta cuerda toca á las aristas, aunque lo más frecuente es utilizar con este objeto las espuestas que se han desechado en el trabajo: así se evita que puedan saltar las aristas de la piedra por la presion de la cuerda, ó que ésta se corte. Hecho esto, se coge la cuerda sin fin con un gancho de hierro en que termina la cuerda del aparato elevatorio, cuidando de que entre el gancho por el cruzamiento que presenta la cuerda en la parte superior de la piedra, despues de embragada.

Al ojo de este gancho se suelen atar uno ó dos cordones, por cuyo medio dirigen desde el suelo los operarios el movimiento ascensional de la piedra, é impiden que puedan chocar con la fábrica ya construida, rompiéndola ó deteriorándose ella misma, así como tambien con las piezas del andamio ó castillejo.

Aunque hay otros vários procedimientos además de este, no son de uso frecuente en la ejecucion de las obras públicas, por cuya razon se prescindirá aquí de su exámen.

Los sillarejos se embragan de la misma manera que la sillería; pero como presentan ménos volúmen y peso, se reunen dos ó más atándolos perfectamente y se los sube de una vez. Por el menor esmero que en general tiene la labra de este material, comparada con la sillería, no es

necesario guiarlos con tanto cuidado como á esta; pero en caso contrario se toman las mismas precauciones ya citadas.

Para elevar los mampuestos; ladrillos; morteros y demás, se emplean cestos, espuestas ó cubos provistos de asas, por cuyo medio se los suspende de la cuerda destinada á subirlos. Si la altura á que se han de llevar estos materiales de poco volúmen es pequeña, ó se puede dividir en partes, como en los edificios por ejemplo, se los sube á brazo ó cargándolos á las espaldas los obreros, que recorren las escalas provisionales que se establecen de un andamio ó de un piso á otro.

Todos estos medios auxiliares sufren modificaciones más ó menos importantes en cada caso particular, con arreglo á los recursos de que se puede disponer, y segun sea la práctica y conocimiento del encargado de ejecutar la construccion.

CAPÍTULO V.

BÓVEDAS.

ARTÍCULO I.

PRELIMINARES.

211. **Definicion y clasificacion de las bóvedas.**—Se da en general el nombre de *bóveda* á la construccion que salva una cortadura del terreno, el intervalo comprendido por dos ó más muros, etc., dejando siempre en su parte inferior cierto espacio sin ocupar.

Si bien la disposicion y forma de las bóvedas es muy variable, nos limitaremos aquí á examinar las que están constituidas por un cilindro de generatriz horizontal que

se apoya directamente sobre el suelo, ó sobre dos muros paralelos y de igual altura. Si á este cilindro se da una seccion recta, resultará la curva directriz *abc* (fig. 197), y se llama *luz* de la bóveda á la distancia ó línea *ab* que une los extremos de esta curva, y *flecha* al desnivel *ad* entre el punto más alto de la curva y la línea que determina la luz.

Se da el nombre de *intradós* á la superficie cilíndrica proyectada en *acb*; *trasdós*, á la que lo está en *efg*; *arranques*, á las superficies de separacion entre la bóveda y los muros, las que están proyectadas en *ea* y *bg*; *espesor* á la distancia *ef* en direccion normal al intradós (1); *riñones*, á las zonas *hifk* y *lmno* intermedias entre el centro de la bóveda y los arranques; y por último, *cabezas* á los dos planos, por lo regular verticales, que limitan la longitud de la bóveda cilíndrica. Los dos muros *aevx* y *bgyz* que sirven de apoyo y sustentacion se llaman *estribos*.

Estas bóvedas, que reciben el nombre de *cañon recto* ó *seguido*, se dividen en tres clases principales atendiendo á la forma de su seccion recta, y todas son ordinariamente simétricas respecto á la vertical que pasa por el punto medio de la luz: la 1.^a, ó sean las *bóvedas peraltadas*, tienen una flecha mayor que la mitad de la luz y presentan las variedades de las *ojivas* (fig. 198), formadas usualmente por dos arcos de círculo de igual rádio y cuyos centros respectivos son los puntos *a* y *b*, y las *moriscas* (fig. 199) que comprenden más de media circunferencia: la 2.^a clase, llamadas *de medio punto*, constan exclusivamente de un semicírculo (fig. 197) para directriz del cilindro, siendo en estas la flecha igual á la semiluz;

(1) Este espesor puede ser constante en toda la estension de la bóveda, ó aumentar desde el centro á los arranques, como aparece en la figura.

y por último la 3.^a, conocidas con el nombre genérico de *bóvedas rebajadas*, tienen la flecha menor que la semiluz, y se subdividen en cuatro grandes grupos con las denominaciones de *bóvedas escarzanas* (fig. 200), cuando la directriz del cilindro es menor que media circunferencia; *bóvedas carpaneles* (fig. 201) cuando la curva directriz está formada por varios arcos de círculo tangentes entre sí; *elípticas* si es una semielipse esta curva; y finalmente, *bóvedas planas* (fig. 202) cuando la directriz es una recta, en cuyo caso la flecha se reduce á cero.

Tambien se dividen las bóvedas con arreglo á los materiales que entran en su composicion, recibiendo segun los casos las denominaciones de bóvedas de sillería; sillarejo; ladrillo; mampostería ú hormigon. Cuando sus dimensiones son pequeñas, se puede hacer uso para su ejecucion de las piedras que proporcionan algunos bancos muy delgados de caliza ó de pizarra, las que se colocan con una ligera preparacion análogamente á como veremos más adelante al tratar del ladrillo: en este caso se dice que la bóveda es de *rajuela*.

En las bóvedas, lo mismo que en los muros, se combinan de ordinario las fábricas de distinta resistencia, eligiendo la más fuerte para los puntos más espuestos, como sucede en las cabezas, las aristas salientes, etc.; debiendo tomar en esta fábrica mista las precauciones anotadas anteriormente (122) para su mejor trabazon y solidez.

212. **Montea.**—Antes de proceder á la ejecucion de una bóveda cualquiera, y especialmente si sus dimensiones han de ser algo considerables, es preciso tener un dibujo exacto de la obra. Para conseguir este objeto no bastan los planos que en escala reducida se hayan formado de antemano; pues si bien es cierto que al tratar de los muros los consideramos suficientes, esto consiste en que en esta clase de construcciones todas las piedras

tienen de ordinario una forma ya conocida de prismas rectos de base rectangular ó trapezoidal, cuyas dimensiones es fácil deducir y comprobar al ponerlas en obra; pero no sucede generalmente lo mismo con las bóvedas, en las que pueden y suelen tener unas piezas distinta forma que las demás, y cuyas dimensiones han de ser rigurosamente las que les corresponde, pues de lo contrario resultaria la construcción con irregularidades y deformaciones, que perjudicarian no sólo á su aspecto y belleza, sino que tambien á su solidez y seguridad.

Es preciso por lo tanto hacer un dibujo esmerado y en tamaño natural del conjunto de la obra y de los principales detalles necesarios para la ejecución: este dibujo se forma cerca del punto en que se va á construir la bóveda, y recibe el nombre de *montea*.

Pudiera obtenerse la montea aumentando en la relación necesaria cada una de las líneas que forman el plano reducido hecho en el papel, haciendo uso de los procedimientos conocidos en geometría para trazar figuras semejantes; pero este medio exacto en teoría, aumenta y multiplica en la práctica los errores, por cuya razón no se hace uso de él. Es preciso por lo tanto ejecutar directamente el dibujo de la bóveda en escala natural y en un plano bien preparado.

Para esto se puede hacer uso, cuando la obra es de cortas dimensiones, de un muro que tenga el paramento bien plano y que no presente asperidades; pero si la bóveda es de mayor importancia, se prepara el plano en el suelo, tomando ciertas precauciones para que no se deteriore. Se empieza por igualar el terreno en la superficie necesaria para que quepa el dibujo de la obra; despues se forma un embaldosado con ladrillos y mortero de cal ó yeso, de modo que resulte próximamente plano, y por último, se reviste con un enlucido de yeso ó de cal hidráulica, aplicando con frecuencia el canto de una re-

gla, que de antemano se ha debido comprobar y corregir, para cerciorarse de que la superficie es completamente plana. Si el canto de la regla se ajusta perfectamente al plano en todas las posiciones que se la den, se puede empezar desde luego el trazado de la montea; pero si no se verificase la coincidencia en alguna posición, se igualará echando con cuidado una capa consistente de yeso ó de cal, y con otra regla se la extiende y regulariza, hasta dejar una superficie que se pueda considerar como un plano perfecto.

La montea debe estar cubierta, en cuanto sea posible, para lo que se puede utilizar algún almacén ó edificio inmediato á la obra, en cuyo caso se emplea en su construcción el yeso; pero si esto no pudiera ser y tuviese que estar al aire libre, es preciso usar la cal hidráulica, con objeto de que las lluvias y la humedad no deterioren la superficie en que se va á hacer el trazado. Para evitar que las aguas permanezcan sobre la montea y que los arrastres de las lluvias puedan depositarse en ella y estropearla, se la da una ligera inclinación en vez de hacerla completamente horizontal, y se forma una pequeña zanja por el lado en que pudieran llegar los arrastres.

Hecho esto, se procede á dibujar en escala natural, como se ha dicho, las dos proyecciones principales de la obra, y todas las auxiliares y secciones que sean necesarias, con objeto de tener todos los datos indispensables para su ejecución. Este dibujo es en su esencia igual al que se hace sobre el papel en el tablero, y sólo difiere en que los instrumentos son algo más toscos, si bien se puede obtener la exactitud deseada en el resultado, cuando se verifican las operaciones con el cuidado conveniente.

En vez de compás, se usa un cordel ó bramante fino y bien hilado, que se embrea para que la humedad no le ataque fácilmente haciéndole cambiar de longitud, y se

fija por un extremo en el centro del arco de círculo que se quiere trazar, y en el otro se une á la distancia conveniente un lápiz ó puntero fino: estendiendo el cordel con una fuerza constante y moviendo el lápiz, éste describirá el arco de círculo buscado. Cuando se desea obtener más exactitud en el trazado de los arcos, se sustituye el cordel con un alambre fino y resistente que posee casi tanta flexibilidad como el primero y no se alarga al trazar el arco. Tambien se usa algunas veces una regla puesta de canto *aa* (fig. 203), la cual está unida por un extremo á dos chapas metálicas *cc* que se reunen inferiormente y terminan en una punta de acero, y por el otro á otras chapas iguales, pero sosteniendo abajo un lápiz: esta segunda armadura puede correr á lo largo de la regla y se la coloca á la distancia conveniente de la primera apretando el tornillo *tt*. Este aparato da mucha exactitud en el trazado de los arcos cuando se le maneja con cuidado.

Las reglas no difieren de las que se emplean en la delineacion ordinaria mas que en sus mayores dimensiones; debiéndose siempre comprobar la rectitud de sus cantos y en caso necesario rectificarlos.

Hay ocasiones en que se puede evitar el trazado de una gran parte de la montea, como sucede en bóvedas que tengan un espesor constante y cuyas dovelas sean todas iguales entre sí, en cuyo caso bastará obtener las dimensiones de una sola, ya gráficamente como se acaba de explicar, ya deduciéndola de los datos de la obra, como luz; flecha; desarrollo del arco total; número de dovelas y espesor de la bóveda, lo cual no presenta gran dificultad.

ARTÍCULO II.

CIMBRAS.

La construccion de las bóvedas consta de operacio-

nes muy diversas, y puede considerarse que comprende cuatro fases distintas, las cuales se presentan en la práctica en el orden siguiente: 1.^a *la construcción y colocación de las cimbras*; 2.^a *la ejecución de la fábrica*; 3.^a *el des-cimbramiento*; y 4.^a *los trabajos complementarios*.

213. **Objeto de las cimbras.**—La ejecución de las bóvedas exige necesariamente el empleo previo de un andamio especial, que tiene por objeto evitar el resbalamiento de unas dovelas sobre otras y su caída hasta que la bóveda se halle terminada, en cuyo caso se sostienen mutuamente todas las dovelas, y puede quitarse este andamio, que recibe el nombre de *cimbra*.

Las cimbras se dividen con arreglo al material que se emplea en su formación, y las más usadas son las de *tierra ó piedra*; las *de ladrillo*; y las *de madera*, siendo estas últimas las que tienen más aplicación en la práctica.

214. **Cimbras de tierra ó piedra.**—Las cimbras de tierra ó piedra se construyen formando un terraplen perfectamente apisonado y comprendido entre los dos muros ó estribos en que se apoya la bóveda, y otros dos que se establecen provisionalmente en la dirección de las cabezas: si la cimbra es de piedra, se rellena este espacio limitado por los cuatro muros con una mampostería en seco, ó á veces con una escollera menuda. Hecho esto se da á la parte superior de la cimbra la forma cilíndrico-convexa, sobre la cual se ha de apoyar el intradós de la bóveda: esta forma se obtiene con bastante exactitud recubriendo el terraplen ó la piedra con una capa ó revestimiento de mortero ó yeso, y para que afecte la forma buscada se fijan en las cabezas de la bóveda la posición de varias generatrices del cilindro, las que se forman con el mortero ó yeso de modo que aparezcan como nervios salientes, y por último se unen después transversalmente con el revestimiento, para lo cual se hace uso de cerchas que presentan la sección recta del cilindro.

Estas cimbras sólo tienen aplicación en las obras públicas para bóvedas de muy poca importancia, si bien son útiles en ciertos casos por la facilidad y economía de su ejecución. Tienen en cambio el grave inconveniente de obstruir la abertura durante la construcción, lo que puede ocasionar perjuicios considerables si en este intervalo de tiempo, y á causa de alguna tormenta, se produce una corriente de agua en la depresión en que se ejecuta la obra.

215. **Cimbras de ladrillo.**—Las cimbras de ladrillo son de un uso conveniente para la construcción de las bóvedas de materiales pequeños é irregulares, como sucede con las de hormigón. A este fin, se forma primero una ligera bóveda, uniendo cada ladrillo con sus inmediatos por los cantos, y poniendo de esta manera una ó más capas sobrepuestas; así es que el espesor de la bóveda provisional que sirve de cimbra es solamente el grueso de un ladrillo para cada capa, aumentando el número de éstas á medida que las dimensiones de la bóveda son mayores. Esta delgada bóveda de ladrillo se construye haciendo uso de cimbras muy ligeras de madera, como se verá á continuación, y cuando ha fraguado el hormigón que forma la bóveda definitiva, se procede á demoler toda la parte ejecutada con madera y ladrillo, pudiéndose aprovechar en otras construcciones este último material.

Los ladrillos de estas cimbras se unen entre sí con yeso de buena calidad que fragüe con energía, y por la parte superior se iguala y comprueba con esmero la superficie cilíndrica que debe resultar, de una manera análoga á como se ha dicho en las cimbras de tierra ó piedra.

Estas cimbras tienen una útil aplicación y resultan muy económicas, por poderse utilizar después los ladrillos que han servido para su formación, y por la pequeña cantidad de madera que se necesita para montarlas.

216. **Cimbras de madera.**—Las cimbras de madera consisten en vários entramados verticales y paralelos llamados *cuchillos*, que distan entre sí 1,20 á 2 metros, terminando en su contorno superior por una curva paralela á la seccion recta del intradós de la bóveda: estos entramados se enlazan unos con otros y se arriostran perfectamente haciendo uso de piezas trasversales, y en el contorno superior se colocan otras piezas paralelas al eje del cilindro, que sirven para sostener directamente la fábrica de la bóveda.

La parte esencial de un cuchillo se compone de dos porciones distintas: la una resistente y de forma invariable, consta de las piezas *ac*, *cb* (fig. 204), que se llaman pares, y de la *ab* ó *tirante* que cierra el triángulo y evita la deformacion de la figura; y la otra son várias piezas aplantilladas *mn* afectando la forma del arco, las que se apoyan directa ó indirectamente sobre los pares, y se denominan segun los casos, *camones*, *cerchas* ó *cerchones* (1). Sobre éstos se fijan invariablemente las piezas que aparecen en la figura segun sus cabezas, las que van de un cuchillo á otro en toda la longitud de la bóveda y reciben el nombre de *correas*, y encima de éstas vienen unas veces á descansar directamente las dovelas, y otras se recubren con un entablonado que se coloca en posicion cruzada con las correas, y sobre el que carga la fábrica de la bóveda.

No obstante lo espuesto, cuando las dimensiones de la bóveda son de cierta importancia, presentan ordinariamente mayor complicacion las cimbras, teniendo que reforzarlas con otras piezas dispuestas de modo que resulte un sistema de forma invariable. Además de los pares y del

(1) Se llaman *camones* cuando son vigas escuadradas y aplantilladas segun la forma de la curva del arco; y *cerchas* ó *cerchones* cuando están compuestas de tablones, unas veces sencillos y otras sobrepuestos ó dobles, que tienen en uno de sus cantos la forma curva antedicha.

tirante, se coloca el *pendolon ab* (fig. 205), que puede ser de una sola pieza, á la que vengan á ensamblarse á barbi-lla los pares por la parte superior, y por la inferior puede estar encepado por el tirante (que en tal caso consta de dos piezas paralelas), uniéndose otras veces el *pendolon* y el tirante por medio de una armadura de hierro. En otros casos se forma el *pendolon* con dos piezas paralelas que encean por la parte superior á los pares, y por la inferior al tirante, á cuyo objeto tienen las entalladuras necesarias, y se consolidan con pernos ó pasadores. Si los pares resultasen de una longitud escesiva, se los suele dotar tambien de un *pendolon* pequeño *ed*, llamado *mangueta*, que puede constar igualmente de una sola pieza ó de dos formando cepo, á cuyo extremo superior vienen á ensamblarse, ya otros pares secundarios si la distancia es aún bastante grande, ya directamente las cerchas ó camones *cc*. Para evitar que el peso de la bóveda transmitido en la direccion de las manguetas pueda doblar á los pares *ar*, se pone la pieza *tt* paralela al tirante, la que se conoce con el nombre de *falso tirante*.

Hay ocasiones en que bien sea por la gran luz de la bóveda, bien por no poder obstruirla inferiormente durante su ejecucion, hay necesidad de suprimir el tirante y la parte *fb* del *pendolon*; y sin embargo la cimbra que quedase podia llenar perfectamente su objeto, pues las piezas subsistentes forman un sistema triangular y por lo tanto invariable en su forma.

Con la mira de sostener los diversos cuchillos que constituyen una cimbra, se establecen al lado de los muros sobre que va á descansar la bóveda vários postes verticales *pp*, ó machones de ladrillo situados en el plano de cada cuchillo, y sobre estos postes se establece la carrera *q*. Para conseguir además que todos los cuchillos se conserven en el plano vertical que deben ocupar, se los arriestra entre sí por medio de las piezas *nn* que aparecen

en la figura segun sus cabezas, las cuales pueden ser sencillas ó cepos y ocupar una posicion paralela al eje de la bóveda ó con cierta inclinacion, pudiendo en este último caso formar un sistema triangular de un cuchillo á otro que los enlaza perfectamente.

Los cuchillos de las cimbras afectan formas sumamente variadas, que dependen á la vez de la curvatura de la bóveda y de sus dimensiones; pero siempre se pueden disponer con arreglo á tres formas diferentes, que son: 1.º cuando sólo están sostenidos en los arranques de la bóveda ocupando la estension necesaria para dotar al cuchillo de la rigidez conveniente, en cuyo caso se dice que la cimbra es *recogida*, como se ve en la figura 206; 2.º cuando existen de un arranque á otro vários puntos fijos (fig. 207) sobre los cuales carga directamente el cuchillo, y entónces se llama *fija*; y 3.º siempre que se establecen los cuchillos de manera que puedan sostenerse sólo por sus arranques, y que despues ó durante la construccion se refuerzan por medio de cierto número de apoyos fijos situados en la parte intermedia, recibiendo en tal caso el nombre de *mista*.

Cualquiera que sea la disposicion y forma de las cimbras, se prefiere para el ensamblaje de las diferentes piezas que entran en su composicion, los procedimientos más sencillos y que proporcionan más exactitud de los que se han estudiado en el corte de maderas. Así es que en los ensamblajes de ángulo se suele adoptar la media madera; en los de encuentro la barbilla sencilla ó con caja y espiga unas veces, y otras la media madera á cola de milano; en los cruzados la media madera tambien, y en los empalmes el rayo de Júpiter: todas estas uniones se refuerzan en caso necesario con clavijas de madera ó hierro, cinchos, etc.

Todas las piezas que entran en la composicion de una cimbra deben ser de una madera sana, resistente y bien curada, adoptándose con preferencia el pino, porque ade-

más proporciona una gran ligereza, lo que facilita las operaciones de su manejo y colocacion.

Aunque en otros paises se ha hecho uso alguna vez para bóvedas de cortas dimensiones de cimbras de hierro compuestas de cuchillos ligeros, aunque suficientemente resistentes, cubiertos con planchas laminadas, pudiendo correr estas cimbras á lo largo de la bóveda por apoyarse sobre carriles, no es esta ocasion de entrar en su exámen, atendido el poco uso que han alcanzado.

217. **Construccion de las cimbras.**—Esta tiene lugar en un suelo ó montea sobre la que se hace el dibujo de la cimbra y del que se sacan todas las plantillas necesarias: para esto se presenta cada pieza en la posicion que debe ocupar; luego se pica ó señala la forma que debe tener en los puntos de union con las demas piezas; despues se la labra ó dan los cortes convenientes, y por último, cuando se ha hecho esta operacion con las demás, se ensamblan todas con arreglo al proyecto, debiendo ocupar sobre la montea la posicion que las corresponde y ajustar perfectamente todos los ensamblajes.

Cuando las condiciones de la localidad lo permitan, se establece la montea en el mismo sitio en que se ha de armar la cimbra, á cuyo objeto se dejan todas las piezas ensambladas sobre esta montea y se hace girar cada cuchillo 90 grados, para lo cual se emplean tornos, gruas ú otras máquinas, hasta que esté en la posicion vertical, y elevándola en este estado hasta la altura conveniente, se consiga que ocupe con toda exactitud el lugar que le corresponda, procediéndose por último al arriostrado de todos los cuchillos y á la colocacion de las correas. Cuando hay que hacer esta operacion en un rio, como sucede en la construccion de un puente, se arma cada cuchillo sobre un piso, que sostienen barcas, pontones ú otros cuerpos flotantes, los que despues se hacen marchar hasta el sitio en que se ha de construir la bóveda: una vez en él,

se sube el cuchillo por medio de tornos ó gruas; se le da la posicion que debe ocupar, y de esta manera se monta la cimbra apelando á procedimientos análogos á los indicados en el caso anterior. Si las circunstancias locales no se prestan á seguir estos procedimientos, hay necesidad de ensamblar sobre la montea las piezas que forman cada cuchillo, para examinar si ajustan todas bien y corregir las inexactitudes que se hayan podido cometer; despues se deshace el cuchillo y se llevan las piezas al punto de su empleo, donde se arman de nuevo, y se coloca el cuchillo unas veces completo y otras por partes, para lo cual se establecen andamios provisionales que pueden quitarse cuando se ha concluido de montar la cimbra.

Algunas veces se da á los cuchillos una elevacion ó flecha un poco mayor que la estrictamente necesaria, con objeto de contrarestar aproximadamente el descenso que suele resultar en la parte superior de la bóveda, tanto por el asiento de la cimbra durante la construccion, cuanto por el de la bóveda misma despues de quitar la cimbra. Este aumento de flecha ó *peralte* no se puede conocer *á priori*, pues depende del esmero en la construccion de la cimbra y de la bóveda, del número de juntas que ésta tenga y de otras várias causas; pero siempre debe tenerse en cuenta que á igualdad de luz el asiento en las bóvedas de medio punto es menor que en las rebajadas, y que en éstas aumenta este efecto á medida que disminuye la relacion entre la flecha y la luz.

Sin embargo de esto, se da por lo regular á la cimbra la forma exacta que debe tener, y se disminuye el asiento de la bóveda por el esmero en su construccion. Aunque despues esta esperimentará algun asiento, resultará en general una curva que se separa muy poco de la proyectada, teniendo próximamente las mismas condiciones de estabilidad; y como la altura de la bóveda casi nunca es preciso que sea exactamente la proyectada, pudiendo

resultar en su parte superior con un pequeño descenso que en nada afecta á las condiciones de resistencia de la obra, es preferible no dar ningun peralte á la cimbra, simplificando así notablemente su construccion.

218. **Colocacion de las cimbras.**—No es posible dar reglas fijas y generales acerca de esta operacion, que se modifica segun sean las condiciones locales y los medios de que se puede disponer. Así, por ejemplo, si se quiere colocar la cimbra de la figura 205 despues de establecer los postes *p* y las carreras *q*, y se supone que cada cuchillo está armado, hay que empezar por establecer un andamio superior á la bóveda, y desde él, haciendo uso de tornos ó gruas, elevar el cuchillo, el que despues de llegar á la altura conveniente se apoyan sus arranques sobre la carrera, ocupando exactamente los puntos que les corresponde. Hecho esto, se hace girar el cuchillo alrededor de la línea que une los dos puntos de apoyo hasta que esté en un plano vertical, á cuyo objeto se atan á su parte superior dos ó más vientos. De la misma manera se coloca el cuchillo más próximo, y despues se arriostran ambos, formando así un todo estable y sin tendencia á caer, como sucedia cuando estaba solo un cuchillo. Despues se coloca el inmediato y sucesivamente todos los que entran á formar la cimbra.

Una vez puestos los cuchillos y arriostrados entre sí, se establecen las correas; y si los materiales que han de constituir la bóveda son de pequeñas dimensiones, se las recubre con tablas en posicion trasversal, las que al aplicarse sobre estas correas van formando la curva del arco. Para fijar á las correas este entablonado, se ponen de cuando en cuando clavos ó clavijas, y á fin de conseguir que la superficie exterior de la cimbra resulte bien igual, se establecen las tablas en contacto lateral formando de esta manera un verdadero piso. Cuando las dovelas de cabeza deban formar resalto ó saliente sobre el intradós

de la bóveda, hay necesidad de rebajar las correas ó el entablonado de la cimbra en toda la estension que ocupen estas dovelas y en una profundidad igual á la saliente que deban presentar; á no ser que se adopte el medio de dar más altura á la parte central de la cimbra entre las cabezas, clavando una ó dos capas de tablas delgadas.

En el caso de no ser posible colocar de una vez cada cuchillo, se hace esta operacion por partes que despues se ensamblan entre sí, empleando para esto las máquinas y aparatos necesarios. Se empieza por establecer los arranques del cuchillo; luego se ensamblan las partes inmediatas; y por último se pone la central, siguiendo en el resto del trabajo la marcha que se acaba de indicar.

ARTÍCULO III.

EJECUCION DE LA FÁBRICA DE LAS BÓVEDAS.

219. **Preliminares.**—En la construccion de las bóvedas es preciso tomar diversas precauciones, que si bien á primera vista parecen minuciosas, son sin embargo esenciales para que la obra tenga la solidez y belleza necesarias.

Supondremos en lo que sigue que las cimbras no tienen peralte, habiéndose construido exactamente como resultan en la montea.

220. **Bóvedas de sillería.**—Una vez labradas las dovelas al pié de la obra con arreglo á los principios establecidos en el corte de piedras, se procede á su colocacion. Para esto, se empieza por señalar á cada una de las dos estremidades ó cabezas de la cimbra los puntos á que han de venir las líneas de junta de la bóveda, con arreglo al dibujo de la montea, marcando estos puntos sobre la cubierta de la cimbra, ya por medio de pequeñas muescas, ya clavando puntas de París, y despues se unen cada dos

puntos correspondientes de ambas cabezas por medio de reglas, ó tendiendo un cordel.

Las dovelas se suben encima de la cimbra por cualquiera de los medios esplicados anteriormente (203 á 210), para lo cual se establecen los andamios necesarios; y á fin de hacer que los planos de junta resulten normales al intrados de la bóveda, se hace uso de una ó varias falsas escuadras *abc* sacadas de la montea (fig. 208), teniendo en uno de sus brazos cierta longitud del arco de intradós y en el otro una normal á este arco. Si el intradós es una curva de vários centros ó elíptica, se necesitan várias escuadras y á veces una para cada hilada de dovelas. En el dia se sustituyen las falsas escuadras ya sea trazando en el taller de labra sobre la cabeza de cada dovela una recta bien marcada que deba resultar vertical cuando esté puesta en obra, ya haciendo uso de la escuadra de talud de que se ha tratado en otra ocasion (114).

Estos medios de comprobar la posicion de dovelas, aunque muy empleados, no son suficientes cuando se trata de grandes bóvedas, como sucede en los arcos de los puentes. En este caso se fija la posicion de las líneas de junta de cada dovela, lo mismo en el intradós que en el trasdós de la bóveda, por medio de sus coordenadas rectangulares; esto es, por la abscisa *ab* (fig. 209), que es una horizontal pasando por los arranques de la bóveda, y por la ordenada *bc*, que es la vertical correspondiente al punto *c*. Por medio de este procedimiento se pueden determinar exactamente tantos puntos como se quieran: así por ejemplo, los puntos *cc'* que fijan la posicion de una junta, tienen respectivamente por abscisas las longitudes horizontales *ab ab'*, medidas á partir del punto *a*, cuyos valores se deducen fácilmente de la montea, y por ordenadas las alturas *bc b'c'*, por encima de la horizontal *ab*.

Este método de comprobar la posicion de las dovelas de los grandes arcos, es además necesario bajo otro punto

de vista. Por mucha que sea la resistencia que se dé á las cimbras, á cuyo fin se combinan de la mejor manera posible todas las piezas que entran á formarlas, sucede casi siempre que se deforman más ó ménos por la carga de las dovelas que van recibiendo sucesivamente, lo que ocasiona cierta elevacion en la parte superior de la curva en que termina, cuando se cargan mucho en los riñones. El conocimiento de la posicion exacta de cada dovela, permite rectificar siempre que sea necesario las variaciones de curvatura que experimenta la cimbra, á cuyo objeto el medio más usado consiste en cargar las partes que se elevan con la cantidad suficiente de los mismos materiales que se destinan á la construccion de la obra, hasta que vuelvan á ocupar la posicion que corresponda.

Para sentar las dovelas de una hilada, despues de enrasar perfectamente la inferior, se recubre esta con una capa uniforme de mortero, cuyo espesor puede variar de 0^m 008 á 0^m 015. Al poner esta capa, se debe cuidar mucho de que no caiga nada de mortero sobre el entablado de la cimbra, ó si éste no existe, sobre la correa en que se va á apoyar la hilada que se está construyendo, porque de lo contrario no se podria aplicar bien la cara de la dovela que ha de formar el intradós de la bóveda con la parte de la cimbra que la corresponde, á causa de la interposicion del mortero, lo que ocasionaria cambios de posicion perjudiciales á la solidez, y resaltos desagradables á la vista que sería preciso retundir despues de quitar la cimbra. El albañil debe apretar cada dovela á medida que la pone, por medio de un fuerte mazo ó pison de madera, hasta reducir el espesor de la capa de mortero como á la mitad del que tenia; y ha de cuidar de acuñar perfectamente á baño de mortero los huecos que puedan resultar entre los lechos y las juntas, á causa de algun pequeño defecto en las dovelas, tomando cuantas precauciones sean necesarias para que resulte una fábrica esmerada.

La marcha que se sigue en la colocacion de las dovelas es la de construir la bóveda por hiladas simétricas á partir de los arranques hasta llegar á la parte superior, á fin de que los empujes que ocasionan sobre la cimbra no la destruyan, ó por lo ménos no la deformen de una manera irregular, y tambien para que adquiriendo los morteros la misma consistencia por ambos lados de la bóveda, sea el asiento uniforme y simétrico con relacion á la flecha. Tambien es conveniente no comenzar el asiento de las dovelas de una hilada hasta que la inferior está completamente concluida.

La parte más delicada en la ejecucion de una bóveda es su *cerramiento*, ó sea la colocacion de la clave, la que debe ejecutarse de manera que se disminuya en lo posible el descenso de la parte superior cuando se quite la cimbra, descenso que como ya se ha visto (122) depende en gran parte de la compresion de los morteros. La manera más conveniente de hacer esta operacion y que se usa con más frecuencia, es como sigue.

Cuando sólo quedan por colocar la clave y las contraclaves, se empieza por cerrar la bóveda en sus cabezas y tambien en algun punto intermedio si es grande la longitud que comprende la obra. Para conseguir este resultado, se ponen en estos puntos las dovelas que forman las contraclaves, conforme á lo espuesto más arriba, y despues se saca una plantilla exacta del claro que dejan entre sí, labrándose la clave con arreglo á esta plantilla (1). Hecho esto, se recubren los planos de junta de las contraclaves con una capa de mortero muy fino, algo consistente

(1) A veces se hace esta misma operacion con la clave y las contraclaves, con el objeto de distribuir entre las tres los errores que se hayan podido cometer : de lo contrario podria suceder que la clave resultase mucho más delgada ó más gruesa que las demás dovelas, lo que perjudicaria el aspecto de la obra.

y bien manipulado; despues se presenta la clave por medio de un torno ó grua, y cuando sus caras de junta se apoyen sobre las capas de mortero, se la desembraga y se la introduce apretándola con un pison de madera de 40 á 50 kilogramos de peso, hasta que su cara de intradós se apoye bien sobre la cimbra. En este caso debe refluir el mortero por todas partes, y los puntos de las juntas en que no haya perfecta coincidencia se acuñan con todo cuidado. Ejecutada esta operacion en una de las cabezas de la bóveda, se cierra de igual manera por la otra cabeza y en algun punto intermedio de la hilada de las claves si es necesario, y despues se cierran los claros que quedan siguiendo el mismo procedimiento.

221. **Bóvedas de materiales pequeños.**—El sistema de ejecucion de las bóvedas construidas con sillarejos, rajuela, etc., es en la esencia el mismo que para las de sillería, sólo que en lugar de comprobar la posicion de cada hilada, basta hacerlo de cuando en cuando, teniendo siempre cuidado de llenar las condiciones esplicadas en la estereotomía respecto á la posicion relativa que deben tener las piedras. Se pone cada una de éstas frótándola sobre el entablonado de la cimbra, y comprimiéndola sobre la capa del mortero que la liga á la hilada inferior: los sillarejos deben tener siempre la forma de cuña con más grueso en el trasdós que en el intradós; pero de no ser así, se rellenan los huecos que resultan en el trasdós con un fuerte acuñado hecho con esmero y á baño flotante de mortero.

Cuando los frentes ó cabezas se forman de sillería y los materiales del centro de la bóveda son de pequeñas dimensiones para que alcancen todo el espesor que la corresponde, se puede seguir la marcha de construir las cabezas y no poner en la parte central mas que los materiales del intradós, hasta cerrar la bóveda en toda su longitud: hecho esto se completa el espesor de la bóveda entre las

cabezas, poniendo los demás materiales sobre la primera capa ó *rosca* ya construida. Desde luego se ve que por este procedimiento se disminuye la carga que experimentan las cimbras, carga que se va colocando progresivamente en toda la estension comprendida entre las cabezas, razon por la que se adopta con preferencia en la actualidad.

222. **Bóvedas de ladrillo.**—El material empleado en esta clase de construccion puede ser aplantillado con arreglo á la curvatura del arco, ó de la forma ordinaria, que es el caso más frecuente. En el primer supuesto, se construye la fábrica como se ha dicho más atrás (119); pero en el segundo hay que tomar várias precauciones segun sea el sistema de colocacion que se adopte y conforme varíen las dimensiones de la bóveda. Estos sistemas son los siguientes:

Cuando el espesor de la bóveda no escede la longitud de un ladrillo, ó de ladrillo y medio, se los dispone como en los muros, cuidando solamente de que los lechos sean normales al intradós, á cuyo fin tiene el mortero que ocupa las juntas mayor espesor en el trasdós que en el intradós; pero si el espesor pasa de ladrillo y medio, se forma la bóveda de várias capas concéntricas ó *roscas*, cuyo espesor es vez y media el largo del ladrillo, las que sólo se unen entre sí por una capa continua de mortero (fig. 210). Si la curvatura del intradós es grande, tambien lo será el espesor de las juntas en el trasdós de cada *rosca*, y en tal caso se acuñan con delgadas lajas de pizarra ú otro material introducido en el mortero.

El otro sistema, llamado inglés por ser el que se usa más generalmente en aquel país, consiste en construir la bóveda, cualesquiera que sean su curvatura y espesor, por *roscas* concéntricas que tengan de grueso el ancho del ladrillo. Unas veces no están unidas entre sí estas *roscas* mas que por la resistencia del mortero

ordinario ó de cemento empleado en la construcción, lo cual perjudica á la solidez de la bóveda, á ménos que el cemento adquiriera pronto una dureza igual á la del ladrillo. Otras veces se ponen á ciertos intervalos hiladas de ladrillos á tizon, que comprenden y ligan entre sí zonas más ó ménos estensas de dos roscas. La ejecución puede hacerse, ya ensanchando las juntas de la rosca superior, acuñando con lajas los ladrillos que la forman, de tal modo que haya el mismo número de hiladas en las dos roscas comprendidas entre cada dos tizones, como se ve en la parte *A* (fig. 211), ya colocando los tizones á distancia conveniente, para que cada dos comprendan una hilada más en la rosca exterior que en la interior, segun aparece en el lado *B*. El primer procedimiento es preferible para arcos de gran radio ó poca curvatura, y el segundo para los de radio pequeño.

En las bóvedas construidas por el sistema inglés, son mucho menores los asientos que en las ejecutadas por el primero, á igualdad de las demás circunstancias, resultando además la fábrica más igual y homogénea. Por estas razones se le suele dar la preferencia en la práctica.

En los dinteles y bóvedas planas, ya se ha visto en estereotomía que las juntas deben venir á concurrir al punto *O* (fig. 212), y cuando hay que ejecutar estas construcciones con ladrillos, se puede adoptar también la disposición que aparece en la figura 213.

223. Bóvedas de mampostería hidráulica.
—Conocidas las propiedades de las cales hidráulicas y cementos (75 y 76), se comprende desde luego que su empleo debe ser ventajoso para la construcción de las bóvedas, pues que fraguando el mortero en muy poco tiempo, la bóveda una vez terminada forma una sola pieza ó gran dovela cuando se procede á quitar la cimbra.

Se puede emplear con este objeto una mampostería hidráulica muy enérgica, cuidando en todos los casos de

evitar las roturas que ordinariamente tienen lugar en los arranques y riñones de las bóvedas durante su ejecución, originadas casi siempre por el descenso y deformación que experimentan las cimbras á medida que se las va cargando. Para conseguir este resultado, se acostumbra dividir la bóveda en cuatro grandes dovelas ó trozos, separados entre sí por un intervalo de un metro próximamente (fig. 214), distribuidos uno en cada arranque, otro en cada riñon, y el último en la clave. Se establece un fuerte encajonado de madera en los intervalos *a* y *b* en los arranques y riñones, con objeto de sostener la mampostería de los trozos superiores é impedirlos que resbalen sobre la cimbra. Hecho esto, construyen los albañiles simultáneamente los cuatro trozos ó grandes dovelas, pudiéndolas dar desde luego el espesor que deban tener, apoyando la fábrica de cada una sobre la cimbra y sobre el encajonado inferior.

Concluida esta primera parte del trabajo, se empieza por desmontar los encajonados de los arranques en longitudes parciales de unos 2 metros, en dirección de las generatrices del intradós y empezando por las cabezas; luego se van rellenando estos claros que resultan con mampostería hidráulica hasta cerrarlos en toda la longitud de la bóveda; despues se hace el relleno de la misma manera en los claros que se han dejado en los riñones, y por último se concluye por la clave. Cuando por la pequeña inclinación que presenta la cimbra no tengan los trozos de bóveda tendencia á resbalar sobre ella, se pueden desmontar de una vez todos los encajonados y llenar simultáneamente los claros que resultan, para lo que se ponen en cada uno los trabajadores necesarios. Debe cuidarse en estos rellenos de tomar cuantas precauciones sean necesarias para que la union de la fábrica nueva con la antigua sea lo más perfecta posible.

224. **Bóvedas de hormigon.**—Cuando se hace uso del hormigon, es preciso contenerle en un molde

cuya forma sea la de la bóveda. Este molde puede formarse de madera sobre el entablonado de la cimbra; pero la disposición más frecuente consiste en construir las cabezas de las bóvedas de sillería, sillarejo, etc., y rellenar después con hormigón el espacio comprendido por estas cabezas y el entablonado de la cimbra. Para llevar á cabo la ejecución de estas obras, se puede empezar á construir la bóveda dándola desde luego el espesor que la corresponde; en cuyo caso es conveniente subdividirla en trozos siguiendo la misma marcha que en las bóvedas de mampostería. También puede adoptarse el medio de estender sobre la cimbra una capa de hormigón de pequeño espesor, y sobre ésta formar después el resto de la bóveda con el grueso que deba tener, siguiendo un procedimiento parecido al de roscas sobrepuestas ó sistema inglés en la construcción de las bóvedas de ladrillo. Este último medio tiene la ventaja de cargar bastante uniformemente las cimbras, las que apenas experimentan cambios de forma, pues la primera capa de hormigón contribuye á darlas un gran aumento de resistencia.

En las bóvedas de hormigón es preciso tomar todas las precauciones enumeradas al tratar de esta fábrica (118) para conseguir que haya una perfecta unión entre todas sus partes constitutivas, y que resulte una obra consistente y de una sola pieza ántes de proceder á quitar la cimbra. También debe cuidarse, así en las bóvedas como en las demás fábricas de hormigón que estén espuestas al aire, de que no se sequen con demasiada rapidez, lo que podría ocasionar agrietamientos perjudiciales á su resistencia; y con este objeto se las riega si es preciso, ó se las cubre con telas ó esteras mojadas para conservar alguna humedad.

225. **Bóvedas tabicadas.**—Las propiedades que poseen los morteros de cemento de fraguar con suma rapidez, adquirir una gran dureza, tener una fuerte co-

hesion con los materiales y no cambiar de volúmen despues de fraguar, han proporcionado el medio de aplicar el ladrillo para la construccion de bóvedas de una gran luz y de muy pequeño espesor, que reciben el nombre de *tabicadas*.

El sistema de construccion es el mismo que el indicado al tratar de las cimbras de ladrillos, constando en general de una ó más capas sobrepuestas de ladrillos colocados de plano, que se unen entre sí por sus cantos: estas bóvedas pueden reemplazar con ventaja á los pisos de madera y á las cubiertas de los edificios, cuando se las recubre con una chapa de cemento para dar salida á las aguas de lluvia, produciendo empujes muy pequeños sobre los muros ó estribos en que descansan.

Cuando hay necesidad de proporcionar una gran ligereza y la bóveda no está sometida á ninguna otra carga mas que á la de su propio peso, se pueden sustituir los ladrillos ordinarios con los huecos ó con tubos de alfarería, medio que tiene muy buena aplicacion en las cubiertas de ciertos edificios.

Las bóvedas tabicadas se han empleado con buen éxito en las cubiertas de iglesias y grandes talleres, y para recubrir los depósitos de agua destinados al abastecimiento de las poblaciones.

226. **Bóvedas oblicuas.**—Además de dibujar en la montea todas las proyecciones y desarrollos necesarios para la ejecucion de una bóveda oblicua con todo el esmero y cuidado posible, como se ha dicho en otro lugar, es indispensable que el constructor encargado de ejecutar esta clase de obra reuna á una gran práctica un perfecto conocimiento de la geometría descriptiva y de la estereotomía, para dar á los obreros todas las plantillas y reglas necesarias en la labra y colocacion de las dovelas y en el establecimiento de las cimbras.

Como los principales movimientos que tienen lugar

en esta clase de bóvedas se producen por regla general durante su construcción, es preciso emplear todos los medios posibles para evitar que las cimbras experimenten el menor cambio de forma. Además de la contracción que sufren las cimbras de madera mientras se ejecuta una bóveda recta, á causa de la compresión de los ensamblajes, el empuje al vacío, que como se demuestra en la estereotomía experimenta una bóveda oblicua, tiende á imprimirlas un movimiento de torsión que tiene por efecto echarlas hácia fuera de los planos de cabeza por el lado de los ángulos obtusos de los estribos, y hácia dentro por el de los agudos, segun aparecen en proyección horizontal en la figura 215, indicando las flechas el sentido en que tiende á verificarse el movimiento. Este mismo efecto se produce en las dovelas, las que verifican sobre sí mismas y de arriba abajo un movimiento de rotación, que es la causa de que á pesar de todas las precauciones que se tomen en los casos ordinarios, resulten muy rara vez perfectamente planas las cabezas de las bóvedas en esviaje, sobre todo cuando son de grandes dimensiones; apareciendo casi siempre un poco en saliente del plano que las corresponde, por el lado del ángulo obtuso y en entrante por el del ángulo agudo.

Con objeto de impedir estos movimientos, se ponen riostras ó cepos cuidadosamente ensamblados y sujetos con pasadores, que colocados en dirección perpendicular á las cabezas, ligan perfectamente entre sí todos los cuchillos que forman la cimbra. Además es muy conveniente impedir que los cuchillos de cabeza puedan moverse hácia el exterior por el lado de los ángulos obtusos, y para conseguir este objeto, se colocan fuertes jabalcones ó puntales, cuyo pié se fija con toda seguridad en el suelo. Una vez colocados y consolidados los cuchillos de las cimbras, se pasa á poner las correas, cuidando de fijarlas bien sobre cada cuchillo por medio de clavos, de

manera que sirvan tambien como riostras: se da á várias de estas correas bastante longitud para que salgan 0^m 05 por lo ménos del plano de las cabezas *ab a'b'*, á fin de poder señalar en ellas la posicion de los arcos de cabeza; pero no se deja que sobresalgan todas, por la dificultad que esto ocasionaria cuando se tendieran los cordeles que sirven para situar las caras de las dovelas en los planos de las cabezas. Generalmente se deja cierta separacion entre las correas, y se recubren con tablas puestas transversalmente, como se dijo más arriba al hablar de las cimbras.

Cuando se ha terminado la cimbra, se fijan verticalmente en cada cabeza y á la altura de los arranques, dos reglones ó montantes, cuidando de situarlos en los estribos, á fin de que siendo independientes de las cimbras, no participen de los movimientos que éstas pudieran experimentar. De un reglon á otro, á la altura del trasdós y en el plano de la cabeza, se tiende un cordel ó mejor un alambre que esté horizontal, y con una plomada se bajan vários puntos á la cubierta de la cimbra: reuniendo con una regla flexible los puntos así obtenidos, la línea que resulte indicará la posicion de la curva de intradós, que se tiene cuidado de señalar sobre la cimbra, y segun la cual se deben poner las aristas extremas de las dovelas de cabeza. Es indispensable comprobar de cuando en cuando, mientras dura la construccion de la bóveda, si se deforman á causa de cualquier movimiento de la cimbra estas curvas de intradós de las cabezas, debiéndolas rectificar en caso necesario.

Antes de comenzar la colocacion de las dovelas, ó siempre que sea necesario, se cargan las cimbras en su centro ó punto más alto, como se ha dicho en las bóvedas rectas, cuidando de disponer los materiales que sirven de carga paralelamente á las generatrices del cilindro de intradós, á fin de repartir uniformemente el peso.

Tambien se debe señalar en la cimbra la division de los arcos de cabeza que se haya hecho en el dibujo, marcando en cada cabeza el sitio que deberá ocupar cada dovela, y trazando igualmente sobre la cimbra, por medio de cordeles ó reglas flexibles, todas las líneas de juntas, así continuas como alternadas, con arreglo á la monteá; esto es, segun la direccion y forma que deben tener, atendido el aparejo que se adopte.

Una vez conocida la posicion de las cabezas, se empieza á colocar las dovelas, dando á cada una la situacion que debe ocupar en la cimbra, por cuyo medio se conoce desde luego el menor error que haya en su labra. Esta labra debe hacerse con esmero, no sólo en los paramentos, si que tambien en las caras de junta, á fin de que no perjudique á la solidez de la obra; sin embargo, se puede remediar en parte un pequeño defecto de labra en las juntas, acuñándolas perfectamente á baño flotante de buen mortero hidráulico. Cada dovela labrada tiene una señal y un número de órden, para que el albañil pueda colocarla en el sitio que la corresponde, con arreglo á las instrucciones que reciba del director ó encargado de la obra.

Cuando se teme que pueda haber algun movimiento en las dovelas de cabeza, se enlazan dos á dos las cuatro ó cinco primeras dovelas por medio de fuertes pasadores ó graponés de amarra, que se empotran en su trasdós y en el cuerpo de las piedras ó de los estribos. Tambien se forman, en cuanto es posible, de una sola pieza las dos primeras dovelas de los ángulos obtusos, á fin de que tengan bastante dimension en la cola y que no terminen en ángulos muy agudos en el interior de la bóveda.

Despues de colocar las cremalleras ó escalones de arranque de la bóveda, se construye el resto de ésta, cuidando de que la fábrica adelante por igual á partir de los arranques, de modo que las zonas oblicuas que forman

las hiladas se terminen por redientes cuyos vértices estén en una paralela á los arranques, ó sea en una generatriz. Se debe observar con todo rigor este adelanto de las hiladas de una manera simétrica y paralelamente á las generatrices, á fin de que el peso de la bóveda sea igual á ambos lados de la cimbra.

Con el fin de atender á las modificaciones de curvatura que el asiento ocasiona en las cimbras, se cuida de no labrar la clave y contra-claves, hasta que se haya colocado todo el resto de la bóveda, sacando con toda exactitud la plantilla del claro que dejan, como se ha dicho más atrás.

Se pueden evitar en parte y aun por completo, las dificultades del aparejo de las bóvedas en esviaje, sustituyendo la piedra de sillería con materiales de pequeñas dimensiones trabados con mortero de buen cemento. A causa de la dureza y cohesion que adquiere inmediatamente este mortero, reúne los materiales y forma de toda la bóveda un monolito que resiste bien al empuje al vacío.

En el caso de que las bóvedas en esviaje se construyan con materiales pequeños, como sillarejo ó ladrillo, no hay que hacer más dibujo que el necesario para construir la cimbra, tomando la precaucion de poner los materiales por hiladas helizoidales (que es el aparejo que en estos casos se adopta más generalmente), deteniéndolas en su longitud por redientes que terminen en una misma generatriz de la bóveda.

Tambien se pueden construir estas bóvedas haciendo uso de la sillería para las cremalleras y las dovelas de cabeza, y el resto de materiales pequeños. En tal caso debe cuidarse de ligar perfectamente las dos clases de fábrica, á cuyo fin se hace uso de un buen mortero de cemento. En el dibujo sólo es necesario detallar la parte construida con sillería, ejecutando el resto como se acaba de decir.

227. **Desagües.**—Una de las cosas que más en cuenta se deben tener en la ejecución de toda bóveda, es evitar que las aguas de lluvia, si la obra está al descubierto, ó las que provienen de las filtraciones cuando se encuentra recubierta con una capa de tierra, puedan detenerse sobre la fábrica y entrar en el interior perjudicando su resistencia.

Para conseguir esto se disponen *desagües*, que pueden ser ocultos ó aparentes, cuya forma y disposición varía extraordinariamente, según sea el objeto de la obra; los primeros tienen una aplicación muy general en los edificios, y los segundos, puede decirse que siempre se emplean en las obras públicas. La disposición que aparece en la figura 216 consiste en los planos inclinados *abcde* y *defgh*, y en los *jkba* y *lkbc*, inclinados también, los cuales cubren las bóvedas comprendidas entre los muros de fachada de un edificio. Cada cuatro de estos planos vienen á concurrir á la boca de un tubo de bajada que se forma en el interior de los estribos, el que á su vez desagua en otro tubo subterráneo que lleva las aguas al exterior ó á un depósito: los tubos de bajada pueden ser de plomo, zinc ó hierro fundido, y muchas veces se construye en la misma fábrica del estribo, formando una verdadera chimenea de 0^m 20 ó 0^m 30 en cuadro, revistiéndola interiormente con el mayor cuidado por medio de un enlucido de cemento bien alisado con la paleta.

Cuando la bóveda esté recubierta con tierra, que es el caso más frecuente en las obras públicas, se pudiera adoptar la disposición descrita; pero con objeto de no disminuir la resistencia de los apoyos y separar lo más pronto que sea posible las aguas que se filtran por el terraplen, se forman mechinales *mm* (fig. 217), que atraviesan la bóveda en uno ó más puntos de su longitud, los cuales están también formados por tubos de plomo, zinc ó hierro fundido, con un diámetro que regularmente

varía de 0^m 05 á 0^m 10. Con objeto de evitar que la boca del mechnal se obstruya por los arrastres que puedan llevar las aguas, se la tapa con una placa de palastro llena de agujeros pequeños, y para mayor seguridad se recubre esta placa con alguna cantidad de piedra partida, la que sirve como de filtro, en el que el agua deposita sus arrastres ántes de llegar á la boca de entrada del mechnal.

Todos estos medios para facilitar el desagüe de las bóvedas, pueden modificarse de muy diversas maneras en sus detalles, aunque la disposicion general es siempre la que se ha descrito.

228. Generalidades sobre la construccion de las bóvedas.—Las bóvedas de hormigon presentan muchas ventajas sobre las demás, por la baratura; sencillez, y resistencia de que están dotadas, y por la rapidez con que se puede llevar á cabo su ejecucion. Su homogeneidad y cohesion dan una solidez á la obra que no pueden alcanzar las mejores de sillería ó de ladrillo, y producen además bóvedas monolitas que reducen al mínimo el empuje sobre los estribos.

Las de sillería, por el contrario, exigen una mano de obra tan difícil como costosa; requieren máquinas y andamios resistentes para mover pesadas masas, y el empleo de obreros prácticos é inteligentes para la ejecucion de la fábrica; y como generalmente es bastante mayor el peso de la piedra de sillería que el del hormigon, tambien lo es el empuje horizontal que ocasionan, lo que lleva consigo un gran aumento de espesor en los estribos para contrarestar este efecto. Otro tanto puede decirse de las bóvedas de sillarejo; rajuela, y ladrillo, aunque bajo otro punto de vista, si bien las últimas presentan ventajas sobre las otras dos por la rapidez y economía de la ejecucion.

ARTÍCULO IV.

DESCIMBRAMIENTO Y TRABAJOS COMPLEMENTARIOS.

229. **Generalidades sobre el descimbramiento.**—Cualquiera que sea el cuidado con que se construya una bóveda, siempre está sujeta á experimentar ciertos movimientos ó asientos cuando se quita la cimbra que ha servido para su ejecucion. Por lo tanto, es de la mayor importancia verificar esta operacion con una gran prudencia y cuidado, sobre todo cuando se trata de grandes bóvedas como en los puentes, en los que un movimiento un poco brusco puede desarrollar fuerzas vivas capaces, si no de romperlas completamente, de desviar más ó ménos sus apoyos ó estribos, ó bien de ocasionar roturas en las piedras ó agrietamientos á veces de difícil reparacion y siempre de mal efecto. En las bóvedas de uno ó dos metros de luz apénas son sensibles estos efectos.

Por regla general debe hacerse el descimbramiento de tal manera, que las cimbras no se separen de las bóvedas sino insensiblemente, y por grados que dejen entre sí un intérvalo de tiempo bastante largo. Además es conveniente que se pueda detener el descimbramiento en un instante dado, de tal suerte, que la cimbra se apoye de nuevo contra la bóveda como ántes de empezar la operacion, con objeto de amortiguar un descenso demasiado rápido que la última pudiera experimentar.

De lo dicho se deduce que las cimbras se deben quitar de una manera paulatina y progresiva; pero hay divergencia de opiniones acerca de si es preferible descimbrar las bóvedas inmediatamente despues de cerrarlas, ó si conviene esperar un tiempo bastante largo para que el mortero haya fraguado por completo. En el primer caso

está el mortero más ó ménos fresco, y se puede plegar sin romperse á los movimientos de la bóveda que siempre tienen lugar, á ménos que se haga uso de cementos enérgicos; pero en cambio el descenso de la obra es naturalmente más grande que cuando ha fraguado el mortero: en este último caso, por el contrario, el descenso de la bóveda es ménos sensible, pero es de temer la rotura ó el aplastamiento del mortero.

En la práctica se adopta un término medio, y no se procede al descimbramiento de las bóvedas de cierta importancia hasta los 15 ó 20 dias despues de cerrada; adoptando para este objeto diversos procedimientos, de los que los siguientes son los más generalizados.

230. **Tacos y postes.**—En muchos casos se coronan los piés derechos con una carrera *aa* (fig. 218) paralela á los estribos, poniendo encima de ésta cierto número de tacos ó trozos de madera *b*, sobre los cuales descansa la cimbra. Si en esta disposicion se quiere proceder al descimbramiento, se pican los tacos *b*; esto es, se los va adelgazando por el pié dejándole en forma de cuña, hasta que el peso superior los aplaste cierta cantidad, y así tiene lugar el descenso de la cimbra de una manera bastante regular.

Si la cimbra se apoya directamente sobre la carrera que corona los postes, y éstos descansan á su vez sobre dados de piedra ó soleras de madera tendidas en un suelo incompresible, se puede picar el pié de estos postes adelgazándolos tambien en forma de cuña, de manera que cedan por la carga superior; obteniéndose de esta manera un descenso progresivo y sin grandes sacudidas de la bóveda, á medida que va bajando la cimbra.

231. **Dobles cuñas.**—Como la operacion de picar los postes ó los tacos no siempre está exenta de inconvenientes y hasta de peligros, se ha tratado de obtener un resultado más favorable, colocando cuñas dobles,

bien sea bajo el pié de los postes, bien entre la carrera que los corona y la cimbra, cuyas caras presenten muy poca inclinacion, semejantes á las representadas en la figura 219. Es evidente que golpeando estas cuñas con una maza en el sentido que indican las flechas, se disminuye de una manera casi insensible su altura total, y se obtiene el descenso de la cimbra de un modo más regular que por los procedimientos anteriores.

Sin embargo, en la práctica ha dado alguna vez lugar este medio á desgracias ó dificultades, por más que en muchos casos haya producido buenos resultados. Las cuñas, á causa de la gran carga que sostienen, y no obstante de ensebar bien sus caras de contacto, se incrustan en algunas ocasiones una con otra, siendo muy difícil y á veces hasta imposible poder aflojarlas; y otras por el contrario al primer golpe han salido súbitamente con una velocidad semejante á la de un proyectil, capaz de herir á las personas que encuentre en su trayecto. Por estas razones se ha tratado de buscar otros procedimientos más seguros y perfectos, como son los siguientes.

232. Cuñas con redientes.—En los grandes puentes se ha adoptado con muy buen éxito para descimbrarlos un sistema parecido al anterior. Para conseguir este objeto, si los cuchillos son de una cimbra recogida (fig. 220), terminan inferiormente en una *zapata a* que por abajo presente cierto número de redientes; sobre las carreras que coronan los postes se ponen otras piezas transversales *b*, cuya cara superior tiene asimismo redientes, y por último en el intervalo que dejan estas dos piezas se coloca una cuña, también con redientes *c*, cuyas caras inclinadas están en contacto con las correspondientes de las piezas *a* y *b*, presentando la cuña cierta saliente hácia el centro del arco.

Para proceder al descimbramiento se empieza por quitar las clavijas ó topes que se introducen entre cada dos

redientes, tanto superiores como inferiores, cuando se montan los cuchillos para que la cuña *c* se conserve en la posición que deba ocupar, clavijas que se representan en la figura por pequeños paralelógramos rayados; después se golpean con mazos las cuñas *c* en el sentido que indican las flechas, y á consecuencia de esta percusión corren las cuñas hácia el exterior del arco y bajan progresivamente las zapatas superiores y con ellas la cimbra.

233. **Sacos de arena.**—Tambien ha dado este sistema muy buenos resultados para el descimbramiento de los grandes arcos, el cual consiste en hacer descansar la cimbra sobre sacos de fuerte ióna llenos de arena perfectamente seca, y que basta abrirlos por un punto para que salga la arena y tenga lugar el descimbramiento.

Para obtener este resultado se empieza por secar perfectamente la arena tostándola en una estufa; después se ata uno de los extremos del saco con un cordel fuerte y se le llena con la arena, y por último se ata el otro extremo de la misma manera. Con objeto de evitar que la arena adquiriera humedad, lo que la impediría salir fácilmente en el momento necesario, no se ponen los sacos bajo la cimbra sino cuando se va á proceder al descimbramiento: hasta entónces se la sostiene en su sitio por medio de tacos ó cuñas ya sencillas ó dobles, como se ha dicho anteriormente.

En el momento del descimbramiento se pone el saco entre dos maderos *a* y *b* (fig. 221), por encima ó debajo de uno de los cuales se colocan las dos cuñas *c* y *d*, todo esto se sitúa al lado del soporte en que se apoye la cimbra y al que va á reemplazar después. Hecho esto, aprietan los operarios fuertemente las cuñas *c* y *d* á golpe de mazo hasta que la arena del saco adquiriera por la compresión la dureza de la piedra, y entónces es fácil quitar á golpe de mazo ó con el hacha el soporte inmediato, que

ya está sustituido por el saco: esta misma operacion se hace en todos los demás apoyos de la cimbra.

Una vez terminadas estas operaciones preliminares, se sitúan al lado de cada saco uno ó dos trabajadores encargados de abrirlos con cuidado, desatando los cordeles y examinando la salida de la arena que empieza desde luego. Cada trabajador tiene una medida, que suele ser un medio litro de hoja de lata, en el cual recibe la arena que sale, y cuando se llena esta medida, aprieta el cordel, y vuelve á cerrar el saco hasta que reciba nueva órden para repetir la operacion. A veces sucede que se detiene la salida de la arena, y en tal caso se evita la obstruccion y se la desprende por medio de una varilla de hierro que tiene el trabajador. De esta manera se continúa la operacion con suma regularidad, hasta que la bóveda deja de apoyarse en la cimbra.

234. **Cilindros de palastro.**—Este sistema, que sólo es una modificacion perfeccionada del anterior, y que tiene por objeto evitar las obstruccion s en la salida de la arena, consiste en sustituir á los sacos con cilindros de fuerte palastro *A* (fig. 222) de 0^m 30 de diámetro por otro tanto de altura, provistos en su parte inferior de cuatro tubos *bb*, por los que puede salir la arena; pero que están cerrados con tapones de corcho, hasta el momento de empezar á descimbrar. Los cilindros se fijan á placas cuadradas *c*, que á su vez descansan sobre las carreras de los postes; se llenan de arena bien seca, poniendo encima de ésta y bien ajustado al cilindro un émbolo *d* de madera, que termina superiormente en una fuerte cabeza sobre la que descansa el cuchillo de la cimbra.

Estas cajas de palastro tienen sobre los sacos la ventaja de poderse colocar cuando se establecen las cimbras sin que haya temor de que se humedezca la arena durante la construccion de la bóveda, porque se recubre superiormente con yeso la junta circular que resulta entre el

émbolo y la caja: este yeso se quita con facilidad en el momento en que se empieza á descimbrar.

Para verificar esta operacion basta destapar los tubos *b*, y la arena cae inmediatamente formando conos que se van elevando hasta tapar la boca de los tubos: en este momento cesa la salida; pero se la puede facilitar de nuevo, quitando á una señal convenida los pequeños conos de arena que obstruyen los orificios. Repitiendo estas operaciones las veces necesarias, se obtiene de una manera muy regular y progresiva la separacion completa entre la cimbra y la bóveda.

235. **Roscas.**—Las roscas, cuyo empleo ha dado muy buenos resultados en la práctica, consisten en unos dobles tornillos de hierro *aa* con cabeza cuadrada (figura 223), teniendo los filetes en sentido inverso y con un paso ó separacion muy pequeña: cada dos tornillos entran en una doble tuerca *b* fileteada la mitad superior en sentido contrario que la inferior, la cual se puede hacer girar por medio de una palanqueta *c*. Haciendo girar á esta tuerca, los dos tornillos se introducen en ella ó salen, segun sea el sentido del movimiento.

Se comprende que con estos aparatos colocados en suficiente número bajo las zapatas de los cuchillos de las cimbras, se puede arreglar su descenso con toda la exactitud deseable, detenerla en el punto que se crea necesario y hasta volverla á apretar por un tiempo más ó menos largo. Estas roscas se colocan al lado de los tacos ó de las dobles cuñas que sirven de apoyo á la cimbra durante la construccion de la bóveda. Moviendo la tuerca de modo que separe un poco las piezas de madera entre las que están los tacos ó las dobles cuñas, se pueden quitar éstas fácilmente, y entónces queda sólo sostenida la cimbra por las roscas: hecho esto, se hace girar la tuerca en el sentido conveniente hasta que la cimbra haya bajado lo necesario desprendiéndose de la bóveda,

Este sistema es tan sencillo como seguro, y aunque en obras pequeñas pueda resultar algo costoso, no sucede lo mismo en las de alguna importancia, siendo posible en todos los casos aprovechar las mismas roscas para el descimbramiento de varias obras que no disten mucho entre sí, lo que produce en definitiva un resultado muy económico.

Estos son los diferentes sistemas más generalmente usados para el descimbramiento, si bien en la actualidad los que tienen un empleo más frecuente en las grandes bóvedas y que siempre han dado buenos resultados, cuando se los aplica con los cuidados necesarios, son las roscas; los sacos, y los cilindros con arena. Los demás procedimientos tienen menos empleo y apenas se los usa mas que en bóvedas de no grande importancia, donde proporcionan buenos resultados cuando se los aplica con las precauciones convenientes.

236. Trabajos complementarios.—Contra-roscas.—Una vez terminada la ejecución de una bóveda, puede en unos casos quedar su trasdós al descubierto y en otros tenerse que rellenar con una capa de tierra de más ó ménos espesor. De todos modos es preciso preservar á la fábrica de las aguas pluviales ó de filtración, á cuyo efecto se pone ordinariamente sobre el trasdós de la bóveda un enlucido que recibe el nombre de *contra-roasca* ó *chapa*, formado por una capa de mortero hidráulico ó de mastic bituminoso con un espesor variable, análogamente á como se dijo al tratar de los muros; pero tomando mayores precauciones en su ejecución.

Este enlucido se compone generalmente de dos capas de la misma naturaleza, hechas con mortero más ó ménos hidráulico, segun que la contra-roasca deba ó no estar recubierta con tierra: ántes de aplicarle en obra se limpian las juntas de la fábrica de la bóveda hasta una profundidad de 0^m010 á 0^m015, y se lavan despues perfectamen-

te. El espesor de cada una de las capas del enlucido, puede variar desde 0^m 01 á 0^m 03, resultando una contra-rosca de 0^m 02 á 0^m 06 de grueso; y en todos los casos es preciso evitar que ninguna de estas capas se seque con demasiada rapidez, tapando con el mayor cuidado las grietas que pudieran formarse á causa de la contraccion.

Con objeto de evitar una desecacion demasiado rápida en estas capas, se las construye, á ser posible, en tiempo nublado; pero si hay necesidad de formarlas en dias despejados y calurosos, se recubre la obra hecha, á medida que se va construyendo, con esteras; cañizos, ó telas que se humedecen ántes. Para tapar las grietas que puedan formarse, se moja el mortero con agua clara ó lechada de cal en el punto en que se manifiesten, á fin de que se reblandezca, y despues se juntan los lados de la grieta, ya dando pequeños golpes con un pison de madera, ya con una suela de zapato sin tacon que se calza un trabajador.

Puestas ya las dos capas de la contra-rosca y tapadas las grietas que se hayan abierto, se procede á revestirlas, despues que se hayan secado bien, ya con cemento, que se alisa perfectamente con la llana ó paleta hasta que presente una superficie brillante, ya con una ó más capas de brea mineral bien caliente, ya, por último, con aceite de lino hirviendo, alisando de antemano el mortero con una piedra bien plana.

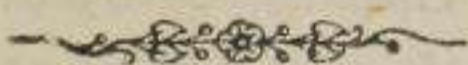
A veces se recubre despues la parte de la contra-rosca comprendida entre el punto más alto y los mechinales con una capa de piedra ó ladrillos partidos, que tenga un espesor de 0^m 07 á 0^m 10, la que facilita la absorcion ó salida de las aguas filtradas, adoptando para el resto de la bóveda disposiciones parecidas, á fin de conseguir el mismo objeto, como se verá al tratar de los puentes. Estas capas de piedra sólo se ponen cuando la contra-rosca está perfectamente seca.

Las chapas no deben construirse hasta que la bóveda haya hecho todo su asiento, pues de lo contrario se agrietarian á causa de este movimiento, no obstante el esmero que se tuviera en su ejecucion. En las bóvedas construidas con cemento, no es de temer este efecto; pero en las demás conviene dejar pasar bastante tiempo ántes de proceder á esta operacion complementaria, y si no urge la terminacion de la obra, se dejará trascurrir un año desde el descimbramiento.

Las sobrecargas que tienen generalmente las bóvedas en las obras públicas consisten en terraplenes cuya altura va disminuyendo desde los arranques á la clave, con objeto de presentar en su cara superior una superficie próximamente horizontal sobre la que tiene lugar el tránsito público. Estos terraplenes se empiezan á construir despues de terminados los trabajos anteriormente descritos y se forman sobreponiendo várias capas de 0^m 25 á 0^m 30 de altura, las que se comprimen perfectamente con pisones de cuña hasta reducirlas como á la mitad de su grueso, cuidando de no estropear por la percusion la contra-rosca que recubre la bóveda.

Las operaciones de retundido y rejuntado se ejecutan conforme á los mismos principios establecidos anteriormente (123), modificando, sin embargo, los medios auxiliares con arreglo á la forma y disposicion de la obra, acerca de lo cual no es fácil dar reglas fijas, dependiendo principalmente de la práctica del constructor.

PARTE QUINTA.



CONSTRUCCION DE OBRAS ESPECIALES.

CAPÍTULO I.

PUENTES.

237. **Definicion y division.**—Se da el nombre de *punte* á una construccion establecida entre dos porciones de una obra pública, como camino; canal, etc., interrumpida por una cortadura ó quebrada del terreno; un rio; arroyo, ú otro obstáculo de esta naturaleza.

Los puentes se dividen, segun la clase de materiales principales que entran en su construccion, en *puentes de fábrica*, de *madera*, de *hierro* y *mistos*, dándose esta última denominacion cuando están formadas unas partes con materiales de distinta naturaleza que las demás.

Tambien se dividen los puentes, bajo el punto de vista de su construccion, en *fijos*; *movibles*; *flotantes* y *volantes*. En los primeros, como su nombre lo indica, no hay parte alguna que cambie de posicion y pueden ser de *piedra*, *hormigon* ó *ladrillo*; de *madera*, de *hierro* y *mistos*. Los movibles son los que por circunstancias particulares y en momentos determinados establecen ó interrumpen la comunicacion, subdividiéndose en puentes *giratorios*, *cor-*

redizos y *levadizos*: los giratorios se abren y cierran girando su parte superior alrededor de un eje vertical que se apoya sobre una pila ó un estribo: los corredizos resbalan horizontalmente sobre un estribo ó sobre el piso del mismo puente; y los levadizos giran alrededor de un eje horizontal paralelo á la direccion de la corriente, subiendo el otro extremo de la parte movable por medio de cuerdas ó cadenas (1). Los puentes flotantes se forman con balsas, barcas ó pontones, sobre los cuales se ponen várias vigas destinadas á entrelazarlos, y encima de éstas se establece el piso: en los extremos del puente se colocan dos tableros unidos á charnela con él, apoyándose por su extremo exterior en el suelo, los cuales toman distintas inclinaciones segun suban ó bajen las aguas. Por último, los puentes volantes, como los anteriores, establecen un paso más ó ménos duradero y estable, y consisten en dos barcas unidas por un tablero, ó una balsa que navega de una orilla á la opuesta, sirviéndola de guia una cuerda ó cable tendido á cierta altura á través del rio y situado aguas arriba: una polea puede recorrer toda la longitud de este cable; y si á esta polea se une el extremo de una cuerda fijándose el otro en la balsa, y si se pone en direccion conveniente el timon, la misma corriente la hará correr de una orilla á otra.

Segun sea el objeto de los puentes fijos, así reciben los nombres particulares de *viaductos*, *acueductos*, etc. Los primeros se establecen por encima y á través de un camino, ó sobre terrenos irregulares, dejando libre la co-

(1) Se emplean los puentes movibles cuando hay que salvar un rio ó un canal navegables y la altura de la obra no es suficiente para que puedan pasar por debajo de los barcos. La parte movable es siempre un tablero más ó ménos resistente de madera ó de hierro, y si el ancho que se ha de dejar libre es considerable, se forma á veces de dos tableros distintos que se reunen en el centro de este ancho al cerrar el paso inferior.

municacion inferior de un lado á otro de la obra; y los segundos sirven para conducir el agua de un canal desde una márgen á la opuesta de un barranco ó depresion del terreno.

No obstante las diversas clases de puentes enumeradas, y los variados objetos á que se los puede destinar, nos limitaremos á entrar en el exámen general de los que con más frecuencia tienen aplicacion en los casos ordinarios de la práctica. Estos son los puentes fijos construidos de fábrica ó de madera.

ARTÍCULO I.

PUENTES DE FÁBRICA.

238. **Descripcion de sus partes principales.**

—Los puentes de fábrica se componen de una ó más bóvedas, que en este caso toman el nombre de *arcos*, las cuales se apoyan sobre machones ó muros paralelos entre sí. Los apoyos intermedios *PP* (fig. 217), sobre los que descansan simultáneamente dos arcos contiguos, reciben el nombre de *pilas*, y los extremos *EE* en que concluye la obra se llaman *estribos*: si una pila tiene bastante grueso para que pueda hacer las veces de estribo, se la denomina *pila-estribo*. El terraplen que cubre al puente y sostiene á la vía superior, se le contiene por dos muretes paralelos que enlazan las cabezas de los arcos inmediatos y que reciben el nombre de *tímpanos*; y encima de estos se construyen otros dos muretes, llamados *pretiles*, que limitan lateralmente la vía. Pasemos á examinar con algunos detalles cada una de estas partes.

239. **Pilas.**—La forma más sencilla de las pilas es la de un prisma recto cuya base es un rectángulo ó un paralelógramo; pero sólo se emplea esta disposicion en puentes construidos sobre agua estancada ó en los via-

ductos. Cuando hay que atravesar una corriente de agua, se terminan de ordinario las pilas por la parte de aguas arriba y aguas abajo por un macizo llamado *tajamar*, que forma saliente respecto á las cabezas de los arcos: estos tajamares se elevan siempre hasta por cima del nivel de las mayores crecidas, y á fin de preservar completamente á las pilas del choque de los cuerpos flotantes, se los hace llegar hasta el arranque de los arcos y se terminan superiormente por medio de semi-pirámides, semi-conos ó partes de esfera para que se enlacen con los tímpanos, recibiendo estas terminaciones el nombre de *sombbreroete*.

Tambien tienen por objeto los tajamares facilitar el paso del agua sin que produzca remolinos que pudieran socavar las pilas y ocasionar su ruina; y como estos remolinos se ocasionan lo mismo por la parte de aguas arriba que por la de aguas abajo, de ahí el poner dos tajamares en cada pila. A consecuencia de las esperiencias practicadas se ha deducido que los tajamares que tienen por seccion horizontal un triángulo equilátero con dos lados curvos en forma de ojiva (fig. 224), eran los preferibles para la marcha del agua, y evitaban más los efectos de los remolinos; pero como el ángulo agudo *c* se destruye fácilmente por los choques, se prefiere en general la seccion semicircular, teniendo por diámetro la recta *ab*.

Cuando no se cortan á ángulo recto la direccion general del puente y la de la corriente del agua, la base de la pila es un paralelógramo (fig. 225) y el tajamar aparece en seccion limitado por dos arcos de círculo *ac* y *bc* tangentes entre sí, á los paramentos de la pila y á una paralela *ef* á la cabeza *ab* del puente. Para conseguir esto se traza la recta *ef* á una distancia de la *ab* igual á la mitad del espesor *ad* de la pila; se levanta en *c*, punto medio de la *ef*, una perpendicular á esta, y su interseccion con las perpendiculares *ao* y *bo'* á los paramentos de la pila dará los centros *o* y *o'* de los arcos *ac* y *bc*. Los paramentos de

las pilas presentan muchas veces un talud que no pasa de $\frac{1}{20}$ á $\frac{1}{15}$.

240. **Estribos.**—Los estribos tienen formas mucho más variables que las pilas, las cuales dependen generalmente de las circunstancias de la localidad; pero de ordinario se componen de un muro paralelo á las pilas, que se refuerza convenientemente por el lado de las tierras, teniendo unas veces vivas las aristas que miran á la corriente, y otras, que es el caso más frecuente, redondeadas con medios tajamares *tt*, según aparece en proyección horizontal en la figura 226.

A consecuencia del talud natural que toman las tierras situadas detrás del estribo, se estenderían afectando la forma cónica al llegar á los extremos *ee* del mismo estribo, y obstruirían parte del primer ojo ó claro *A* del puente, ocupando una zona del lecho del río tanto mayor, cuanto más alto sea el terraplen, según se ve por las líneas de trazos en la figura citada. Con objeto de evitar los inconvenientes que esto originaría, se adoptan dos disposiciones principales. La primera consiste en construir dos muros *mm* paralelos entre sí y generalmente á escuadra con el del estribo, los que comprenden el terraplen hasta cierta distancia, desde la cual no pueda llegar el pie del talud de las tierras al paramento del estribo ó al punto que se crea conveniente: estos muros reciben el nombre de *muros en vuelta*. En tal caso las tierras terminan por un cuarto de cono *ab*, cuyo vértice *v* está en la estremidad superior del muro en vuelta, y cuya base descansa sobre el terreno natural de las márgenes. La segunda disposición se reduce á construir los muros *nn*, que van divergiendo á medida que se separan del estribo, hasta llegar á un punto conveniente y sólido de la margen del río; pero en lugar de tener la coronación horizontal ó poco inclinada, como en la solución anterior, presentan ahora una pendiente marcada desde el estribo

hasta su extremo, y estos muros se conocen con el nombre de *muros en ala*. Sobre la coronacion de estos muros, que pueden ser rectos ó curvos, viene á terminar el talud del terraplen.

Tanto en los muros en vuelta, como en los en ala, puede suceder que su longitud no sea la suficiente para preservar la parte inferior del terraplen de la accion erosiva de las aguas en las grandes crecidas, en cuyo caso conviene revestir esta parte del terraplen hasta cierta altura, con un fuerte empedrado hecho como mampostería en seco. Unos y otros muros presentan en el paramento exterior un talud variable entre $\frac{1}{20}$ y $\frac{1}{10}$, y en el posterior afectan la forma escalonada para aumentar su estabilidad (199).

Por regla general, la construccion de los muros en vuelta economiza gran parte del terraplen, y refuerzan bien el estribo; y si los en ala no dan tanto resultado en este doble concepto, presentan en cambio la ventaja de que su ejecucion es más barata que la de los otros. Por lo tanto, la abundancia de tierras ó rocas que presente la localidad, influirá principalmente en la adopcion del sistema más conveniente en cada caso.

241. **Arcos.**—La disposicion y clasificacion de los arcos de los puentes es la misma que se espuso al tratar de las bóvedas; pero generalmente no se emplean mas que los de medio punto y los rebajados, presentando cada especie cualidades particulares que la hacen preferible en ciertos casos determinados.

Suponiendo que en todos los arcos de que nos ocupamos ahora queda constante la luz y la altura de la clave sobre el terreno, los de medio punto ofrecen la ventaja de ser de gran solidez y fácil construccion; pero presentan el inconveniente de obstruir el paso del agua de una manera notable, pues que el ancho que queda libre va siempre disminuyendo á medida que sube el nivel del

líquido. Los carpaneles, lo mismo que los elípticos, no obstruyen el paso del agua tanto como los anteriores, y cuando la diferencia entre la flecha y la semiluz no es muy grande, se obtiene como en los precedentes mucha solidez, sin que presenten grandes dificultades en su construcción. Los escarzanos son en general los que permiten mayor desagüe á la corriente, por poderse subir más los arranques; pero en cambio producen un gran empuje lateral, que tiende á volcar ó destruir las pilas y estribos. Con objeto de que los tímpanos no originen un gran obstáculo á la marcha del agua, se establecen los arranques del arco, cualquiera que sea su forma y siempre que sea posible, por encima del nivel de las mayores crecidas.

Nada puede decirse de una manera precisa acerca de la elección que debe hacerse entre las formas que se acaban de describir, dependiendo por lo regular de las circunstancias locales que en cada caso se presenten. Como en general hay economía en dar á la obra la menor altura posible, y conviene que el arco esté siempre por cima de las aguas en las grandes avenidas, se adoptan con preferencia los arcos rebajados para satisfacer á esta doble condición; pero cuando no existen estas circunstancias, puede emplearse el medio punto á causa de su solidez y belleza.

242. **Trazado de los arcos.**—El trazado de los arcos de medio punto no ofrece ninguna dificultad cuando se conoce la altura de los arranques y la luz de la bóveda, usándose en este caso un reglon ó alambre, como se ha dicho más arriba. Tampoco la presenta el de los escarzanos, cuando se tienen los mismos datos, y se trazan como los de medio punto siempre que no tenga el arco una luz muy grande. Si la luz es considerable y la flecha pequeña, de modo que el centro se encontrase á mucha distancia, se pueden hallar las coordenadas de vá-

rios puntos, tales como acb (fig. 227), haciendo despues el trazado de los intermedios, á cuyo objeto se emplea una plantilla que conste de dos brazos formando el ángulo inscrito acb , y apoyando los bordes de estos brazos sobre los puntos a y b , el vértice c irá describiendo el arco.

En la práctica no se suele conocer en los arcos escarzanos mas que la luz y la flecha, y es necesario determinar el rádio con objeto de poder verificar su trazado, ó fijar al ménos algunos puntos. Para esto, y siendo de la semiluz y ef la flecha, tendremos en el triángulo edo ; $do^2 = ed^2 + eo^2$, y llamando R al rádio buscado del arco, l la mitad de su luz y f su flecha, y sustituyendo en la ecuacion anterior estos valores, resulta:

$$R^2 = l^2 + (R - f)^2;$$

y haciendo las operaciones,

$$R = \frac{l^2 + f^2}{2f}$$

obteniéndose así la relacion que liga al rádio con la luz y la flecha.

Los arcos carpaneles ofrecen más dificultades en su trazado, puesto que conocidas la luz y la flecha, que son los únicos datos que se suelen tener, y sabiendo que los arcos de esta clase han de llenar todos la condicion de que sea horizontal la tangente en su punto medio y vertical en los arranques, se pueden describir en cada caso particular una infinidad de curvas que satisfagan á estas condiciones. En todos los casos se adopta un número *impar* de arcos de círculo, para que la curva resulte simétrica con relacion á la flecha, recibiendo las denominaciones de carpanel de 3, 5, 7, etc., centros, cuando está compuesta por igual número de arcos.

Con objeto de fijar el trazado de los carpaneles quitando la indeterminacion que existe cuando sólo se lle-

nan las condiciones anteriormente espuestas, se establecen otras, siendo las más frecuentes que los ródios que pasan por el punto de contacto de dos arcos consecutivos, formen entre sí ángulos iguales cuyo valor sea el cociente de 180 por el número de arcos que componen la curva; así cuando el carpanel es de 3, 5, 7, etc. centros, los diversos ródios forman entre sí ángulos de $\frac{180}{3}=60^\circ$; $\frac{180}{5}=36^\circ$; $\frac{180}{7}=25^\circ$ 714. Además los ródios deben ser iguales al ródio de curvatura de la elipse que tenga los mismos ejes que el carpanel.

Si la flecha del arco está comprendida entre la mitad y la tercera parte de la luz, se pueden adoptar los carpaneles de tres centros, y para trazar la curva se describe una semicircunferencia sobre la luz aa' (fig. 228) como diámetro, la que se divide en tres partes iguales; trazando despues los ródios ce ce' , se tiran las cuerdas ae , ef , fe' y $a'e'$, y por el extremo d de la flecha se trazan las dh y dh' , paralelas respectivamente á las fe y fe' ; y las líneas ho y ho' paralelas á su vez á ce y ce' , determinan los tres centros k , o y k' . Como se encuentran en el mismo ródio los centros de dos arcos consecutivos, éstos son tangentes entre sí, llenando además las otras condiciones indicadas anteriormente

Cuando la flecha del carpanel sea menor que $\frac{1}{3}$ de la luz, la curva de 3 centros presenta á la vista cierta falta de continuidad, á causa de la gran diferencia que resulta en los ródios de los arcos contiguos, y en tal caso se adoptan arcos de más centros, cuyo número aumenta á medida que disminuye la flecha con relacion á la luz.

Con arreglo á las bases precedentemente espuestas para trazar esta clase de curvas, se ha calculado el siguiente cuadro, que da los valores de los ródios para las diversas dimensiones de las flechas, espresándose estos valores en funcion de la luz que se toma por unidad.

CARPANELES de 5 centros.		CARPANELES de 7 centros.			CARPANELES de 9 centros.			
Flecha.	Primer rádio.	Flecha.	Primer rádio.	2.º id.	Flecha.	Primer rádio.	2.º id.	3.º id.
0,36	0,278	0,33	0,228	0,315	0,25	0,130	0,171	0,299
0,35	0,265	0,32	0,216	0,302	0,24	0,120	0,159	0,278
0,34	0,252	0,31	0,203	0,289	0,23	0,111	0,148	0,268
0,33	0,239	0,30	0,192	0,276	0,22	0,102	0,138	0,252
0,32	0,225	0,29	0,180	0,263	0,21	0,093	0,126	0,237
0,31	0,212	0,28	0,168	0,249	0,20	0,083	0,114	0,222
0,30	0,198	0,27	0,156	0,236				
		0,26	0,145	0,223				
		0,25	0,133	0,210				

Para trazar el carpanel de 5 centros, se sigue la siguiente marcha: despues de haber tirado los rádios cd , ce , ce' y cd' (fig. 229) que dividen la circunferencia aba' en cinco partes iguales, y las cuerdas ad , de , eb , etc., se toma el primer rádio af igual al valor consignado en el cuadro precedente, y se traza gh paralela á cd . Tirando despues hi y li paralelas respectivamente á de y be y luego la io paralela á ce , se obtiene el segundo centro y el tercero o . Lo mismo se traza la parte situada al otro lado de cl , aunque tambien se puede empezar por el rádio oi' , por conocerse el punto o .

El trazado de un carpanel de 7 centros, se verifica de una manera semejante, tomando af igual al primer rádio del cuadro y tirando luego hg paralela al primer rádio divisor cd : despues se toma gh igual al segundo rádio de los consignados en el cuadro, y se traza desde g una paralela al segundo rádio divisor ce , determinando, por último, los centros tercero y cuarto de la misma manera que los segundo y tercero g y k en el caso precedente, y

continuando el trazado de la otra mitad de la curva como se ha dicho más arriba. Siguiendo una marcha completamente parecida, se trazan los carpaneles de 9 centros, siendo muy raro, por rebajado que sea el arco, que haya necesidad de apelar á curvas de más número de centros.

Modernamente se ha propuesto una nueva curva que se confunde prácticamente con la semielipse, y el trazado se puede hacer por ródios de curvatura sucesivos tan próximos como se quiera, esto es; con un número cualquiera de centros, de una manera completamente práctica y sin ningun cálculo. Para esto se divide la luz ab (figura 230) en várias partes iguales, seis por ejemplo, $ad=de=ec$, etc.; por los puntos de division extremos d, g , se trazan las líneas rdt y sgt que forman ángulos de 60° con la horizontal y que se cortan en un punto t sobre el eje vertical; despues se toma desde t hasta o una longitud igual á una de las divisiones ad, de , etc., y luego se une el punto o á los segundos puntos de division e, f por rectas indefinidas que cortarán en p y q á las líneas rdt, sgt . Los arcos de arranque se describirán desde los centros d y g y se detendrán en r y s ; los arcos intermedios se trazarán desde los centros p y q y se detendrán en l y n ; y por último el arco central lmn se describirá desde el centro o , cerrándose de esta manera la curva carpanel.

En muchos puentes de importancia contruidos desde principios de este siglo, se adopta la elipse para directriz del intradós, y á veces tambien del trasdós: aunque esta curva se puede trazar de distintas maneras, el medio más sencillo y de uso más frecuente en las obras para verificarlo en grande escala, es el siguiente: Si aa' (fig. 231) es la luz del puente ó el eje mayor de la elipse, y ob el semieje menor ó la flecha, se empieza por señalar en el canto de una regla cd tres puntos e, f y g tales que se tenga $eg=oa$ semieje mayor, y $fg=ob$ semieje menor; de donde resulta $ef=oa-ob$, diferencia de los semiejes. Dan-

do despues á la regla diferentes posiciones, de manera que el punto *e* se halle siempre en la recta *boh* y el punto *f* en la *aa'*, el *g* determinará el correspondiente de la elipse *aba'*, y de este modo se pueden fijar en el dibujo tantos puntos de la curva cuantos se quieran, pudiéndola trazar con toda la exactitud deseable en la práctica.

243. **Generalidades sobre los arcos.**—Una vez trazada la curva directriz del arco, y construido éste como se ha dicho al tratar de las bóvedas, se procede al descimbramiento tomando todas las precauciones espuestas al hablar de esta operacion. Hecho esto, se construyen las chapas ó contraroscas, como tambien se ha indicado en otro lugar, dejando siempre los desagües necesarios para que la humedad no pueda perjudicar á la fábrica de los arcos.

En los puentes que tienen bastante número de arcos, se puede verificar la construccion de éstos llevándolos todos igualmente adelantados, si bien este sistema exige tantas cimbras como arcos haya, y lleva consigo en muchas ocasiones un gasto de importancia en este concepto. Otras veces no se colocan las cimbras mas que en los tres primeros claros de un extremo del puente, y en cada arco se ponen las hiladas simétricamente á partir de los arranques; pero de manera que el número de hiladas puestas en el primer arco sea mayor que las establecidas en el segundo, y que á su vez tenga éste más que el tercero: de este modo se prosigue la construccion, hasta cerrar el primer arco cuando el segundo llegue á poco más de la mitad de su ejecucion, y el tercero esté aun más atrasado. Hecho esto, se quita la cimbra del arco concluido, y se monta en el cuarto claro, continuando despues como se acaba de indicar hasta la terminacion completa de la obra. Este procedimiento reduce el número de cimbras á tres; pero exige un gran esmero y cuidado en la ejecucion de la bóveda, y sólo es aplicable cuando todos los arcos

sean de igual forma y magnitud, y no tengan dimensiones muy grandes, ó cuando los apoyos presenten bastante resistencia.

244. **Timpanos, impostas y pretilos.**—Ya se ha dicho que en cada uno de los dos planos de cabeza de un arco se construye un murete llamado tímpano, el cual debe empezarse á ejecutar despues de descimbrar el arco y cuando haya hecho todo su asiento; y el espacio que comprenden cada dós tímpanos correspondientes, ó que están sobre el mismo apoyo, se rellena de ordinario hasta cierta altura con una fábrica más ó ménos esmerada, recubriendo el trasdós de los arcos y la cara superior de esta fábrica con una capa continua perfectamente alisada, para impedir el paso de las filtraciones superiores. Encima de esta capa se suele echar tierra que se apisona perfectamente, ó piedras de desecho, hasta alcanzar el nivel que debe tener la obra, que por punto general escede poco de la altura que tienen los arcos en el trasdós de la clave.

Algunas veces se sustituye el relleno de que se acaba de hablar con una série de muretes interiores paralelos á los tímpanos, que dejan entre sí ciertos claros, los cuales se cubren á una altura conveniente, ya sea con grandes piedras planas llamadas tapas, ya con pequeñas bóvedas que van de un murete á otro, teniendo por estribos extremos á los muretes que forman los tímpanos. En otros casos se construyen los muretes en direccion perpendicular á los tímpanos, terminando en éstos las cabezas de las pequeñas bóvedas que recubren á los primeros.

El objeto de estos aligeramientos, llamados *bóvedas de descarga*, es que el terraplen ó la fábrica llena no cargue inútilmente al puente en los riñones, y cuando se ha terminado su ejecucion, se pasa á construir la contra-rosca que recubrirá los aligeramientos y la parte superior de los arcos formando una capa continua y tomando to-

das las precauciones enumeradas al tratar de esto en las bovedas: por último se establecen los mechinales que atraviesan los arcos y desaguan hácia los riñones.

Encima de cada tímpano se construye una faja ó cornisa de forma variable, llamada *imposta general*, que corre en toda la longitud del puente segun una direccion horizontal ó con inclinaciones muy pequeñas, la cual sirve de base al pretil. Este pretil es por regla general un muro de fábrica de altura constante, terminando por sus extremos laterales en dos partes más resistentes que el centro, llamadas *pilastrones*, y su coronacion se refuerza tambien con materiales elegidos formando la *albardilla*. Algunas veces se hace el pretil de hierro, y hasta de madera, en cuyo caso recibe el nombre de *antepecho* ó *barandilla*; y en otras ocasiones se establecen á ciertos intervalos pilastras de fábrica que se unen entre sí por medio de una barandilla, ordinariamente de hierro. Como el objeto principal de los pretiles es dar seguridad al tránsito, su altura es siempre pequeña, y no suele esceder de un metro.

245. **Replanteo.**—Como la base sobre que descansan los puentes está reducida por lo que ya se ha visto, á una série de muros paralelos que forman las pilas y estribos, no hay mas que verificar el replanteo de estos muros como se ha dicho en otro lugar (200), cuidando de que sus puntos centrales se encuentren en el eje longitudinal del puente y á las distancias que les corresponda, segun sean las luces de los arcos.

Conocidas estas luces, se tiende á través de la corriente que hay que salvar y á poca altura sobre la superficie del agua, un alambre en el que van señaladas las distancias que ha de haber entre los ejes de las pilas y estribos. Este alambre que marca el eje longitudinal de la obra, se coloca normalmente á la marcha del agua si el puente ha de ser recto, ó con cierta inclinacion si ha de ser oblicuo;

apoyándole en caso necesario en uno ó más puntos intermedios para que se conserve en lo posible horizontal, á cuyo fin se clavan de antemano en el centro de la corriente algunos pilotes coronados con carreras. Ejerciendo una tension en el alambre desde las orillas, las señales que tiene indicarán los centros de los apoyos, en los cuales se clava un pilote y otros dos á los lados que limiten su ancho en direccion de este eje, levantando despues desde el centro el otro eje de cada apoyo y marcándolo de la misma manera. Hecho esto, se puede fácilmente señalar el contorno de la ataguia, si se apela á este medio de construccion, ó proceder desde luego á ejecutar las fundaciones adoptadas.

Una vez terminadas éstas, se verifica de nuevo otro replanteo para fijar la posion del zócalo ó zócalos con la mayor exactitud posible, corrigiendo cualquiera inexactitud que se haya podido cometer al situar las fundaciones. De aquí proviene que no siempre en los puentes ocupen los zócalos una posicion completamente central respecto á la fundacion; pero las pequeñas desviaciones que resultan no afectan de una manera sensible á la resistencia de la obra, y en cambio se obtiene que los apoyos disten entre sí exactamente la longitud que les corresponde dando á los arcos la verdadera luz que deben tener en la obra, lo cual es de la mayor importancia. En el caso de que el caudal de aguas sea poco considerable, se simplifican, como es natural, las operaciones del replanteo.

246. **Detalles de construccion.**—Construidas las fundaciones, que por regla general son de carretales, mamposterias hidráulicas, ó de hormigon ejecutadas con esmero, se pasa á colocar los zócalos que en los paramentos son de sillería, rellenándose su interior con buena mampostería. El paramento de las pilas ó estribos puede ser de sillería, mampostería ó ladrillo, é interiormente se emplean las dos últimas fábricas segun sean las condicio-

nes de la localidad; pero cualquiera que sea el material que se use, es necesario reforzar los ángulos salientes y todas las demás partes espuestas al choque directo de las aguas, empleando cadenas de sillería y tomando en este caso todas las precauciones consignadas en otro lugar para que se enlacen bien las distintas fábricas. Si la altura de los apoyos es considerable, se pueden poner fajas horizontales de sillería á fin de regularizar los asientos de la obra; y por último, se terminan superiormente todos los apoyos con una hilada de sillería en forma de cornisa de poca altura, que recibe el nombre de *impostilla de arranques*.

En la construccion de los muros en ala y en vuelta, se emplean los mismos materiales que en las pilas y estribos, estableciendo el zócalo con materiales de eleccion, y coronando el cuerpo del muro con sillería, losetas ó ladrillos puestos á sardinell. La coronacion ó albardilla de los muros en ala, puede prolongarse inferiormente hasta su encuentro con la fundacion; pero en las obras de importancia se reemplaza esta parte inferior con un pedestal *pp'* (fig. 232) de ladrillo ó sillería, descansando sobre un zócalo especial ó sobre el del muro en ala, y terminando por la parte superior con una coronacion *cc* que deberá combinarse con la albardilla del muro. Esta es por lo general de sillería, limitándose cada piedra con juntas quebradas *ts*, *sr*, normales respectivamente á la cara superior de la albardilla y al lecho del sillar, ó llenando solamente la primera de estas condiciones; pero las grandes dimensiones de las piedras que resultan, la labra complicada y el esmero en la mano de obra que exigen, produce un coste estremadamente crecido cuando se compara el gasto que ocasionan con el total de la obra, de la cual los muros en ala no son una parte muy principal. Por estas razones se adopta para coronar los muros en ala de las obras de menor importancia, como tajeas y alcantarillas, losas de espesor conveniente asentadas y unidas con buen mortero,

y de esta manera se llena por completo la condicion de economía sin perjudicar á la de estabilidad.

Al tratar de las bóvedas se han examinado los distintos materiales que pueden entrar en su composicion, y aquí sólo debe añadirse que generalmente se eligen los de mayor resistencia para las cabezas de los arcos, y los restantes para la parte central de los mismos. El arranque *aa* de estos nace siempre en la prolongacion *fg* del paramento de las pilas y estribos, quedando por lo tanto algo retirado respecto á la impostilla de arranques.

Sólo en los puentes monumentales se construyen los tímpanos de sillería, siendo en los casos ordinarios de mampostería ó de ladrillo. De todos modos se los ejecuta de manera que su paramento entre respecto á las cabezas del arco cierta cantidad, que generalmente es de 0^m 05. La imposta general se hace siempre que sea posible con el mismo material que se emplea en las cabezas de los arcos, y su saliente debe ser tal, que la ranura inferior, que como se dijo al hablar de la coronacion de los muros tiene por objeto desprender las aguas pluviales, no permita que éstas tropiecen con las cabezas de los arcos al caer verticalmente.

El cuerpo del pretil se forma con sillería, mampostería ó ladrillo, adoptando en general la misma fábrica que para los tímpanos; y los pilastrones y albardilla se construyen con materiales de eleccion, como la sillería, las losetas ó el ladrillo, cuidando de poner éste á sardinell al ejecutar la albardilla. Tanto ésta como los pilastrones se ponen al plomo del paramento de los arcos, y presentan una pequeña saliente respecto al cuerpo del pretil.

Estas son las disposiciones generales de las diversas partes que constituyen los puentes de fábrica, no obstante de que los detalles pueden variar en cada caso, con arreglo á la riqueza de la obra ó á los materiales de que se disponga, no pudiendo dar reglas precisas acerca de

este particular, que dependen principalmente del gusto y práctica del constructor.

247. **Puentes de servicio.**—Cualquiera que sea el sistema que se siga en la construcción de los arcos de un puente, siempre se verifica que los apoyos de la obra están separados entre sí por intervalos unas veces muy grandes, y generalmente cubiertos de agua; siendo por lo tanto indispensable la construcción de andamios ó puentes de madera provisionales, que los pongan á todos en comunicación entre sí y con las orillas ó márgenes en que están los talleres, sirviendo al propio tiempo para el transporte de los materiales.

Estos andamios ó puentes, llamados *de servicio*, se construyen unas veces sobre la fábrica de la obra, la que sirve de apoyo, y otras se los establece al lado de la misma en dirección paralela al eje longitudinal del puente. El primer medio es por lo general el más expedito y ménos costoso, sin embargo de que tiene el inconveniente de mover varias veces los andamios, á medida que se va subiendo la fábrica de las pilas en que se apoyan. Cualquiera que sea la disposición que se adopte, los puentes de servicio se componen de dos ó tres filas de largueros que se apoyan en los intervalos que dejan las pilas, ya sobre pilotes bien encepados ó coronados con carreras, ya sobre caballetes que descansan unas veces en el suelo y otras sobre las cimbras, ya, por último, sobre barcazas, pontones ú otros cuerpos flotantes, amarrados á las pilas ó sujetos por medio de anclas.

La resistencia de los puentes de servicio debe naturalmente aumentar á medida que los materiales empleados en la construcción sean de mayor peso, como sucede con la sillería. En las obras de gran importancia se facilita á veces el transporte de los sillares de mucho peso, cubriendo el puente de servicio con un camino de hierro, sobre el que ruedan carretones especiales que llevan las piedras

hasta el punto conveniente. Es preciso, en cuanto sea posible, que el puente de servicio para la construcción de los arcos se sitúe por cima del nivel de su trasdós en la clave, á fin de que no incomode mientras dura la construcción de éstos, que es la parte más difícil y delicada de la obra.

ARTÍCULO II.

PUENTES DE MADERA.

248. **Preliminares.**—De algunos años á esta parte ha disminuido extraordinariamente la importancia de los puentes de madera, no sólo por el constante aumento de precio del material, si que tambien por su corta duracion, sobre todo en climas como el nuestro, en que tan rápidas y frecuentes son las alternativas de humedad y sequedad. Por esta razon, puede decirse que en el dia sólo se construyen como obras provisionales, llenando en este concepto perfectamente el objeto, por el poco peso del material empleado y la rapidez con que se puede llevar á cabo la ejecucion de la obra, restableciendo en breve tiempo el paso interrumpido en una obra pública por un accidente cualquiera. En los puentes destinados á presentar un carácter de obra definitiva y una gran duracion, no se emplean actualmente otros materiales mas que la piedra y el hierro.

Aunque los puentes de madera afectan formas muy diversas, únicamente se suelen construir en el dia los que presentan la disposicion más sencilla, á causa de las razones que se acaban de esponer, y por lo tanto nos limitaremos aquí á examinar los que se conocen con el nombre de *puentes de largueros*.

249. **Disposicion general.**—Los apoyos sobre que descansan los puentes de madera pueden ser pilas ó

estribos de fábrica, como los descritos anteriormente, ó bien entramados verticales de madera; recibiendo en este caso el nombre de *palizadas* ó *cepas* los apoyos intermedios, y conservando el de *estribos* los que forman los extremos del puente. De un apoyo á otro se establece cierto número de largueros en posicion horizontal y paralelos entre sí, que sirven de base al *tablero* ó *piso* del puente, sobre el cual tiene lugar el tránsito público, el que se limita por uno y otro lado con *antepechos* ó *barandillas*. Cada porcion de puente comprendida entre dos apoyos recibe el nombre de *tramo*, haciéndose por regla general todos los tramos de la misma magnitud y con igual sistema de construccion, si bien en algunos casos se reduce algo la luz de los tramos extremos.

La forma y disposicion de los puentes de madera pueden variar mucho como se ha dicho; pero siendo la indicada la única que tiene aplicacion frecuente en la actualidad, detallaremos algo más cada una de las partes que entran en su composicion.

250. **Pilas y estribos de fábrica.**—Cuando en la construccion de los puentes de madera se emplean pilas y estribos de fábrica, se ejecutan éstos del mismo modo que se ha espuesto en el artículo anterior, y sólo hay que cuidar de disponer en su coronacion, que siempre deberá ser de sillería, ciertos rebajos que sirvan para recibir las cabezas de los largueros de los tramos contiguos. Al empotrar estas cabezas en la fábrica, se debe tratar á toda costa de que no pueda detenerse la humedad en los rebajos, y que se puedan airear bien para que la madera se encuentre en las mejores condiciones de conservacion.

Los extremos de los largueros entran en la fábrica de los apoyos de 0^m30 á 0^m40, descansando directamente sobre la sillería de la coronacion, ó si ésta no fuera de este material, sobre una carrera de madera ó loseta de piedra *a* (fig. 233), bien empotrada en la fábrica. Como

es conveniente que pueda circular el aire, no obstante la preparacion que siempre se debe dar de antemano á la madera para conservarla, se deja á los costados y á la cabeza del larguero una pequeña separacion ó hueco *bc*, en cuya parte inferior se puede practicar á cada lado una ranura *rr* que sirva para facilitar la salida del agua y separar del larguero la humedad que pudiera acumularse en su cara inferior.

Algunas veces sólo se preservan las cabezas de los largueros con pinturas, impregnándolas con brea ó envolviéndolas en una hoja de plomo ó de zinc; pero estos medios son en general de poca eficacia, tanto por no impedir que la humedad de la fábrica alcance á la madera, cuanto por dificultar su salida. Por lo tanto, siempre es preferible aislar la madera en cuanto sea dable segun se acaba de decir, para que se conserve lo mejor posible.

251. **Palizadas.**— La disposicion más sencilla para formar una palizada, consiste en una fila de pilotes coronados con una carrera ó un cepo en direccion paralela á la que lleva la corriente; pero este sistema sólo se emplea en puentes de poca importancia y de pequeña altura, puesto que la complicacion que presentan las palizadas aumenta con una y otra. Ordinariamente se refuerza la disposicion anterior por medio de riostras que se colocan á diversas alturas, ya horizontalmente, ó con cierta inclinacion, ya formando cruces de San Andrés, como se ve en las figuras 234, 235 y 236.

Cualquiera que sea el sistema de colocacion que se adopte, sucede, cuando se construye el puente en medio de una masa de agua susceptible de variar de nivel en diversas épocas del año, que las partes que se encuentran alternativamente dentro y fuera del líquido se pudren con mucha más rapidez que las que están constantemente sumergidas. Por esta razon se suelen formar las palizadas

de dos partes distintas, una que siempre permanece por bajo del nivel del agua, y se llama *palizada baja*; y otra que experimenta las alternativas de inmersión y emersión, que recibe el nombre de *palizada alta*. Esta disposición presenta la gran ventaja de que la palizada alta que está más espuesta á destruirse, se puede reparar fácilmente sin tocar á la palizada baja, la cual dura mucho más tiempo. Las palizadas bajas se construyen como se ha descrito más arriba, y aunque en las altas se sigue el mismo sistema, debe observarse sin embargo que los pilotes se remplazan por postes *pp* (fig. 237), los cuales en lugar de hincarse en el suelo se reúnen por su pié por medio de una solera sencilla ó en forma de cepo *ss*, la cual se une con cinchos ó pasadores á la carrera *cc* de la palizada baja.

Sucedé á veces que un solo entramado de madera ó una simple palizada, tiene suficiente fuerza para resistir el peso y las cargas superiores; pero el terreno es bastante flojo para ceder, atendido el corto número de puntos de apoyo: en tal caso se forma primero una palizada baja (fig. 238), compuesta de dos ó más filas de pilotes, las cuales distan entre sí cosa de un metro, y despues de reunir los pilotes de cada fila por medio de una carrera ó cepo *cc*, se enlazan estas carreras unas con otras con fuertes traveseros *tt*, sobre los que se colocan las soleras *ss* de la palizada alta. Esta última puede tambien necesitar ser doble cuando las cargas superiores sean muy considerables, y entónces se disponen las palizadas altas sobre las bajas, sujetando unas á otras y entre sí como se acaba de decir.

Como en la construcción de todos los puentes de madera se deben evitar en cuanto sea posible las cajas y espigas en las partes que tienen que sufrir grandes esfuerzos, se han adoptado vários medios de unir entre sí las piezas que entran á componer una palizada. Con este

objeto se hace que las carreras y soleras formen cepos que, consolidados con pasadores, comprendan y sujeten á los pilotes y postes; y si bien esto aumenta algo la cantidad de madera empleada, tambien se aumenta la resistencia de la construccion y se simplifica mucho la mano de obra. Las carreras y soleras sobrepuestas, se fijan unas á otras por medio de pasadores y de cinchos de hierro, y las riostras ya sencillas ó en forma de cepos, se establecen con rebajos ó entalladuras en los puntos necesarios, y se sujetan con pasadores ó fuerte clavazon, afectando la disposicion general que aparece en las figuras.

Con el fin de evitar el choque directo de los cuerpos flotantes que arrastran las aguas en las grandes crecidas, como témpanos de hielo, árboles, etc., y con objeto tambien de impedir que se detengan cuando las palizadas altas sean dobles, se preserva generalmente toda la altura comprendida entre el nivel de las más altas y bajas aguas, por medio de *rompe-hielos* ó estacadas, que hacen el oficio de los tajamares en los puentes de fábrica. Sólo hacen falta en la parte de aguas arriba, y los más sencillos para palizadas de un solo entramado consistente en una pieza inclinada *rr* (fig. 235), que se puede reforzar como convenga segun se indica por las líneas de trazos, y cuya cara exterior se reviste con una fuerte plancha de hierro. Cuando la palizada sea doble, el rompe-hielos consta de ordinario de dos entramados dispuestos oblicuamente, de manera que se encuentran segun la pieza inclinada *aa* (fig. 239).

Aunque por lo regular se construyen los rompe-hielos de manera que formen parte integrante de las palizadas, se los hace algunas, aunque raras veces, independientemente de éstas, debiendo entónces presentar por sí mismos bastante resistencia para que no los destruya el choque de los cuerpos flotantes que arrastre el agua.

252. **Estribos.**—Los estribos de madera (fig. 240) se componen por lo regular de una fila de pilotes *ppp*, que se hincan al rechazo, y se encepán á nivel del suelo, elevándose cada pilote hasta la altura conveniente para sostener las piezas superiores de la construcción. El intervalo que dejan los pilotes se rellena bajo tierra con tablestacas verticales, y por encima se forma un revestimiento de tablones horizontales puestos de canto, que se colocan por el interior del estribo, y sólo tienen por objeto impedir que las tierras de este estribo se viertan al exterior, no aumentando en nada la resistencia de la obra, puesto que sólo refieren los empujes del terraplen á los pilotes.

Cuando la altura de éstos es considerable, el empuje de las tierras tiende á romperlos por el punto en que enrasan con el suelo, echándolos hácia la corriente, ó por lo ménos inclinándolos en esta dirección. Este efecto se neutraliza por medio de pilotes de *amarra aaa* (figs. 240 y 241), situados á cierta distancia en el interior del estribo, los cuales se unen con los del contorno por medio de riostras *rr* de madera ó varillas de hierro, que se sujetan por sus extremos con pasadores. Para dar más estabilidad al sistema y evitar todo cambio de forma, se añade otra riostra *r'* que se sujeta perfectamente á los pilotes y á la riostra *r*, constituyendo un sistema triangular invariable.

Como los tablones del revestimiento interior se colocan de canto unos sobre otros, nunca ajustan lo bastante para impedir que las aguas pasen por las juntas é impregnen las tierras que forman el estribo, por cuya razón se deben colocar *faginas*, como se dirá más adelante (268), piedras partidas, ó gravas, detrás de los tablones, en toda la altura que puedan alcanzar las aguas; pues de lo contrario éstas irían arrastrando poco á poco las tierras, lo que ocasionaría al cabo de cierto tiempo asientos de con-

sideracion en los estribos y frecuentes reparaciones. Los pilotes se enlazan entre sí por la parte superior colocando cepos ó riostras horizontales que se sujetan con pernos, las cuales mantienen la separacion de los primeros, haciéndolos solidarios y contribuyendo á una distribucion igual de las cargas superiores. Tambien se forman filas de pilotes *en ala* con más ó ménos oblicuidad y revestidas como el resto del estribo, que sirven para contener lateralmente el terraplen de una manera análoga á la espuesta al tratar de los puentes de fábrica.

Algunas veces se inclinan las paredes de los estribos de madera, disminuyéndose por esta disposicion el empuje que sobre ellas producen las tierras del estribo; pero aparte de la dificultad de hincar los pilotes oblicuamente, se tiene que aumentar la luz del tramo ó reducir su seccion de desagüe, por cuya causa se emplea poco en la práctica.

253. **Tramos.**—Aunque la disposicion de los tramos puede variar de muchas maneras, sólo se tratará aquí de la que tiene una aplicacion más frecuente cuando hay que construir un puente con tramos de una luz pequeña ó regular, como sucede en los casos ordinarios, ó bien cuando es necesario restablecer un paso interrumpido por una causa cualquiera.

Esta disposicion, que se conoce con el nombre de sistema de *largueros*, consiste en la colocacion de cierto número de vigas colocadas desde 1,5 á 3 metros unas de otras, paralelas entre sí y al eje longitudinal del puente. Cuando los tramos no tienen mas que 4 ó 5 metros de abertura, basta establecer los largueros sobre las carreras que coronan las palizadas y estribos; pero si la luz está comprendida entre 5 y 8 metros, se refuerzan las vigas ya sea estableciendo sobre los apoyos una ó várias zapatas sobrepuestas (fig. 241), ya colocando zapatas *z* y torna-puntas *t* (fig. 242), ya poniendo solamente estas

últimas (1). Si la distancia que separa los apoyos es de 8 á 11 metros, se consolidan los largueros en su parte central con una sopanda *s* que descansa sobre los jabalcones *jj*, cuyos piés se fijan á los apoyos.

Rara vez se pueden hallar piezas de madera de esta longitud, y ya se ha visto (101) que el comercio no las proporciona; pero si no se pueden adquirir, se forma el larguero de dos piezas que se unen sobre el centro de la sopanda (fig. 243). Si bien esta disposicion hace cargar sobre los jabalcones que sostienen la sopanda más de la mitad del peso del puente, se puede evitar ó por lo menos reducir este efecto, empalmando de una manera conveniente y sólida las dos piezas que forman el larguero, y reforzando los jabalcones para que no se doblen por la carga, á cuyo objeto se colocan riostras ó cepos inclinados *mm*, que reciben el nombre de *manguetas*, las que se unen superiormente á los largueros ó zapatas.

Tambien se puede emplear el sistema de sopandas y jabalcones cuando la luz del tramo pase de 11 metros; pero en este caso hay que reforzar las zapatas que descansan sobre los apoyos, empleando torna-puntas, las cuales se ligan á los jabalcones de la sopanda por medio de riostras ó cepos en forma de manguetas como aparece en la figura citada, y de esta manera se pueden salvar luces hasta de 15 y 16 metros. Cuando las dimensiones trasversales de las piezas son pequeñas para resistir á las cargas superiores, se ponen á veces dobles y hasta triples sopandas y zapatas; pero esto es muy raro en los casos ordinarios de la práctica.

Tanto las sopandas como las zapatas se unen perfecta-

(1) Debe evitarse, siempre que sea posible, ensamblar directamente las torna-puntas con los largueros, porque éstos se debilitan en la cara de union. Esta es la causa de emplear en general las zapatas con las torna-puntas.

mente á los largueros, á cuyo fin se emplean cinchos de hierro ó pasadores bien apretados. Cada una de las piezas enumeradas constituye con el larguero un verdadero cuchillo más ó ménos complicado, y todos los cuchillos que entran en la formacion de un tramo se ligan entre sí por medio de riostras horizontales *rr* que aparecen en la figura segun sus cabezas, análogamente á lo dicho al tratar de las cimbras, y colocadas en direccion perpendicular al eje longitudinal del puente. En los tramos que tienen más de 10 ó 12 metros de luz y cuando los cuchillos que los forman tienen bastante altura, hay necesidad además de establecer un sistema de contravientos con piezas de madera ó varillas de hierro, dispuestas unas veces en direccion paralela á las riostras horizontales, que es el caso más frecuente en la práctica, y otras oblicuamente, de modo que su proyeccion horizontal forme una red triangular, lo que contribuye eficazmente á la invariabilidad de posicion de todos los cuchillos que entran á formar parte de la obra.

254. **Piso.**—Cuando los largueros ó los cuchillos del puente no distan entre sí más de dos metros, se forma el piso clavando inmediatamente sobre los largueros una capa de tablones de 0^m 10 á 0^m 12 de espesor que están en contacto lateral. Si se ha de colocar sobre el piso del puente un firme, como sucede algunas veces cuando la obra se destina á un camino, se recubre este piso con una capa de arena de unos 0^m 15 de grueso, que se contiene lateralmente por medio de fuertes tablones *tt* tendidos de canto y apoyándose en los postes de la barandilla, como se ve en la figura 244 que representa la seccion trasversal de la parte superior de un puente de madera, y encima se coloca el firme como de ordinario; pero esta disposicion ocasiona una gran carga sobre el puente, y la humedad que se filtra á través del firme tiende á podrir rápidamente el entablonado inferior y lateral, así como

los largueros sobre que insisten, razones por las que se emplea raras veces.

Si el piso no ha de sostener empedrado ó firme de piedra partida, se recubre la primera capa de tablones de que se acaba de hablar con otro entablonado que recibe el nombre de *falso piso*. Este tiene de ordinario la mitad de espesor que el entablonado inferior ó piso propiamente dicho, y algunas veces ocupa sólo la parte central del puente por donde transitan los carruajes: siempre se le construye con tablas de ménos valor que las del piso, y se le renueva ántes de que se desgaste demasiado para que deje de preservar al piso inferior, el que de esta manera no tiene que sufrir la accion destructiva del tránsito. Los tablones del falso piso se pueden poner cruzándose á ángulo recto con los inferiores ó paralelamente, recubriendo las juntas que estos dejan; pero en el caso que actualmente consideramos es preferible esta última disposicion, porque la madera presenta sus fibras transversalmente á la direccion del tránsito é impide que las cabaillerías se resbalen, lo que es muy frecuente en tiempos de lluvias cuando las fibras están paralelas al eje longitudinal del puente.

Cuando el intérvalo que resulta entre los largueros es mayor que 2 metros, se colocan encima y en posicion transversal con estos, un sistema de viguetas *vv* (fig. 243) llamadas *piezas de puente*, que aparecen segun sus cabezas y distan entre sí 2 metros, ó aún ménos cuando el piso necesite tener mucha resistencia. En los puntos en que las piezas de puente encuentran á los largueros, se hace á las primeras un pequeño rebajo ó entalladura, y se fijan por medio de clavijas, manteniendo de esta manera invariable la separacion entre los largueros. Sobre las piezas de puente se clava despues la primera capa del piso, disponiendo los tablones que la forman en direccion paralela al eje longitudinal del puente, y si se ha de esta-

blecer un falso piso, se clavan los tablones que le componen á escuadra con los inferiores.

Las piezas de puente, que suelen tener una escuadría de 0^m 20 á 0^m 25 de lado, presentan por lo regular 1 ó 1,5 metros más de longitud que distancia hay entre los largueros de cabeza, de manera que puestas en obra resulta de cada lado una saliente de 0^m 50 á 0^m 75, sobre la cual se ensambla el pié de los pequeños jabalcones, que como se verá á continuacion, sostienen la barandilla.

255. **Barandillas.**—A uno y otro lado del piso del puente se colocan las barandillas, cuya construccion y forma pueden variar de muchas maneras: si se clava directamente el entablonado sobre los largueros, la barandilla se suele componer de una série de montantes de 0^m 12 á 0^m 15 de escuadría, que se fijan á los paramentos exteriores de los largueros de cabeza por medio de bridas ó cinchos de hierro forjado, ó bien empleando cajas de fundicion *cc* (fig. 245); y se conservan en posicion vertical estos montantes por medio de un fleje ó varilla de hierro *h* inclinada hácia el interior del puente, que se ensambla con tornillos y tuercas por su extremo superior al montante y por el inferior al piso. Sobre los montantes, y ensamblada con ellos á caja y espiga, se coloca horizontalmente una pieza *p* llamada *pasamanos*, y en el intervalo que queda entre el pasamanos y los largueros, se suelen poner una ó dos piezas horizontales *l*, que unas veces se ensamblan á media madera con los montantes, y otras á caja y espiga. Algunas veces se forma en el intervalo que queda entre cada dos montantes contiguos, y ensamblándose con ellos, una cruz de San Andrés; pero esta disposicion presenta el inconveniente respecto á la anterior, de tener que aproximar algo más entre sí á los montantes.

Cuando se ponen sobre los largueros las piezas de puente que han de sostener el entablonado, como se ha di-

cho más arriba, se ensamblan los montantes de la barandilla á caja y espiga con las piezas de puente, poniéndolos en el plano vertical de los largueros de cabeza, y se los sujeta por medio de pequeños jabalcones *jj* (figs. 246 y 247), que pueden ser de madera ó de hierro, los cuales se ensamblan tambien con los montantes y con las piezas de puente, en el primer caso á caja y espiga, y en el segundo por medio de tornillos. El ensamblaje entre estas últimas piezas y los jabalcones puede presentar las dos disposiciones que aparecen en las figuras 244 y 246, siendo preferible la primera, porque no permite que se deposite la lluvia ni la humedad exterior en el fondo de la caja, como sucede con la segunda, evitando así una de las causas más activas de destruccion de la madera.

256. **Aceras.**—Cuando en los puentes ha de tener lugar un tránsito frecuente y la separacion entre las barandillas es bastante grande, se construyen *aceras* ó paseos con un ancho que varía entre 0^m 75 á 2 metros, y que segun sea la importancia del puente, se colocan en un solo lado ó en ambos, siendo esta última solucion la que con más frecuencia se adopta en la práctica.

Las aceras pueden construirse de diversas maneras. En la representada en la figura 246 forma el piso de la acera una série de tablones clavados paralelamente al eje longitudinal de la obra, los cuales descansan sobre las piezas *a* que están ensambladas á caja y espiga con los montantes de la barandilla por un extremo, y por el otro con los tacos *b*, que á su vez se ensamblan con las piezas de puente.

En las figuras 247 y 248 aparece formada la acera con tablones clavados en el sentido del eje trasversal del puente, que descansan sobre dos carreras, las cuales pueden estar hácia el interior de la barandilla (fig. 247), ó bien una en el interior y la otra al exterior (fig. 248); ó por último, una en el interior y la otra de manera que

sirva de solera á los montantes del antepecho, que se ensamblan con ella á caja y espiga. En la parte inferior de las carreras interiores que sostienen la acera, se forman rebajos á ciertos intervalos como se ven de frente en la figura 249, con el objeto de facilitar la salida de las aguas pluviales que caigan sobre el piso, sin cuya precaucion se podria rápidamente la madera, lo que tambien se puede evitar dejando un pequeño intervalo entre las carreras interiores *cc* y el entablonado que forma el piso. De todos modos se da á la acera una ligera inclinacion hácia el interior, para que las aguas se desprendan y salgan con facilidad.

257. **Generalidades.**—Toda la madera que se emplea en la construccion de esta clase de puentes, debe ser bien sana y estar perfectamente curada, sin cuyo requisito experimentaria alabeos y deformaciones que podrian comprometer la existencia de la obra, como se ve en algunos casos en que se ha prescindido de esta precaucion; y con el mismo objeto se deberán hacer con sumo esmero los ensamblajes que sean indispensables, para que las cargas y demás fuerzas exteriores no alteren la situacion y forma de las piezas que entran á componer la obra. Debe cuidarse igualmente de apretar bien todos los herrajes que sirven para consolidar estas construcciones, y repasar de cuando en cuando su estado, para que siempre llenen la condicion esencial de la solidez.

Todas las piezas que entran á formar los puentes de madera, deben preservarse con brea ú otra sustancia á propósito (104) desde el momento que se ejecuta la obra; pero conviene recubrir únicamente las caras espuestas á la accion directa de las lluvias, no haciéndolo con las demás sino al cabo de algunos años, cuando se tenga la seguridad de que la madera esté completamente seca. Así mismo conviene embrear todas las cajas y espigas á medida que se va levantando la construccion, y en general ha-

cerlo tambien con todas las superficies de contacto de los ensamblajes, así como con los pernos, cinchos, pasadores y demás herrajes que se puedan emplear para consolidarlos.

258. **Puentes provisionales.**—Cuando á través de un rio, cuya profundidad no pase de 2 metros, hay que establecer un paso provisional, ya sea para no interrumpir el tránsito, ya para el transporte de los materiales que han de entrar á formar una obra definitiva, se apela á la construccion de un puente de madera que se pueda levantar rápidamente y que presente gran salidez, el cual recibe el nombre de *puente sobre caballetes*, cuya disposicion general aparece en la figura 250.

En la confeccion de los caballetes, sólo se adoptan ensamblajes de entalladuras sencillas, por la facilidad en su ejecucion y la solidez que proporcionan, poniendo en todos los puntos de union pasadores de hierro bien sujetos, ó en su defecto calvazon ó cabillas de madera dura y seca. Un caballete consta de cuatro piés oblicuos *pp* que superiormente encepnan una carrera *c*, consolidando este sistema por medio de piezas horizontales é inclinadas *hh*, *ii*; y cada uno de estos caballetes se construye por completo aparte, fijando su altura y la longitud de sus piés con arreglo á la profundidad que tenga el rio en el punto en que se haya de colocar: se los dispone de manera que estén igualmente inclinados, y que la carrera resulte horizontal y á la altura que la corresponda. Cuando se han construido todos los caballetes, se los conduce flotando ó en botes á los puntos que deben ocupar.

A medida que se van poniendo los caballetes, se colocan encima los largueros, que se cruzan sobre las carreras en vez de empalmarse, y á las cuales se fijan con una fuerte clavazon ó con cuerdas. Encima de los largueros y cruzándolos á escuadra, se colocan los tablones que forman el piso, los que se fijan con clavos ó cabillas, ó sola-

mente por piezas *qq*, que cruzan á los tablones por sus extremos y que se fijan convenientemente á los largueros.

Cuando es rápida la corriente, se refuerza cada caballete con una pieza inclinada como la que aparece de trazos en la figura.

ARTÍCULO III.

PONTONES, ALCANTARILLAS Y TAGEAS.

259. **Preliminares.**—Los puentes reciben denominaciones distintas á medida que varían las dimensiones de la luz del claro ó claros que comprenden, sin que la altura de éstos influya nada de este concepto. Aunque las condiciones de construcción sean las mismas en todos los casos y no difieran esencialmente los materiales de que se forman unas obras y otras, es conveniente modificar, por razones de economía que nunca deben desatenderse en la práctica, algunos de los detalles espuestos al tratar de los puentes. Esta consideración es de tanta mayor importancia, cuanto que generalmente en las obras públicas el número de puentes es mucho menor que el de las demás obras de dimensiones más pequeñas; así es que un aumento de gasto en cada una de estas últimas influye notablemente en el costo total, por repetirse un gran número de veces.

260. **Pontones.**—Cuando la luz de un puente está comprendida entre 3 y 8 metros, recibe el nombre de ponton; y aunque su importancia se haya reducido por las menores dimensiones de la obra, debe llenar sin embargo las mismas condiciones de resistencia que los puentes, disponiéndose los materiales bajo los mismos principios que se han espuesto en el artículo anterior.

En virtud de esto, el zócalo, que es la base aparente de la construcción y la parte sobre que carga toda la

obra, siendo al mismo tiempo la más atacada por la corriente de las aguas, aparece siempre en los estribos y con mucha frecuencia en los muros en ala ó en vuelta, teniendo una altura proporcionada á la elevacion de la obra, y ejecutándose con materiales de eleccion y resistentes. Por regla general consta de una ó dos hiladas, y abraza una altura de 0^m 40 á 0^m 80 próximamente. La coronacion de los muros en ala se construye de preferencia con losetas ó ladrillo á sardinel, de dimensiones apropiadas á la magnitud del ponton; no obstante de hacerse algunas veces uso de la sillería como ya se tiene dicho: se subordina tambien á la importancia de la construccion la altura de los pretilos, altura que crece por lo regular á medida que aumenta la elevacion total de la obra; pero que siempre está comprendida entre 0^m 55 y 1 metro.

Atendida la menor importancia de estas obras respecto á los puentes, conviene reducir el empleo de las fábricas más costosas á los puntos en que sean indispensables, formando de sillería los zócalos; las cabezas ó aristones de las bóvedas; las aristas de los estribos y muros; la coronacion de éstos, y la de los pretilos: si por las circunstancias de la localidad resultase á un precio excesivo la piedra labrada, se podrán construir con ladrillo los aristones y aristas, así como tambien las coronaciones de muros y pretilos. En un gran número de casos conviene suprimir la impostilla de arranques, fajas y cadenas que no sean indispensables para la estabilidad de la construccion; y por último, siempre se tiende á ejecutar estas obras de modo que se cumplan las condiciones de economía sin perjudicar en nada las de solidez.

261. **Alcantarillas.**—En el caso de que la luz de la obra se encuentre comprendida entre 1 y 3 metros, se la da el nombre de alcantarilla.

Las mismas consideraciones que se acaban de esponer en los pontones para justificar la conveniencia de usar en

su construcción fábricas poco costosas, son aplicables con mayor motivo tratándose de las alcantarillas; así es que sólo en los aristones de las bóvedas, aristas de los estribos y algun otro punto espuesto á la acción directa de la corriente del agua ó de algun agente exterior cuya acción destructiva sea de temer, se emplean materiales de elección y fábricas más esmeradas que en el resto de la obra. La coronación de los muros en ala debe prolongarse inferiormente hasta su encuentro con la base de la fundación, á fin de suprimir la parte vertical ó pedestal con que generalmente terminan, el cual sin ser indispensable para la estabilidad de la construcción ni exigirlo tampoco la importancia de la obra, aumenta innecesariamente su coste.

En las alcantarillas se deben sin embargo construir los zócalos tan resistentes al ménos como en las demás obras examinadas precedentemente, puesto que estableciéndose en general las primeras en barrancadas de poca extensión pero muy pendientes, las aguas de lluvia corren con una gran velocidad, y podrian degradar los zócalos si careciesen de la dureza y resistencia convenientes.

262. **Tageas.**—Reciben esta denominación las obras de fábrica cuya luz no pasa de un metro y que puede reducirse hasta 0^m 50.

Los principios de economía adquieren en estas obras mayor importancia que en las anteriores, por la frecuencia con que se reproducen y repiten en las obras públicas de alguna extensión; así es que son aplicables á este caso todas las consideraciones que en este concepto se han espuesto anteriormente.

Si la luz de la tagea no escede de 0^m 75, se puede simplificar su construcción adoptando formas muy sencillas que reduzcan lo más posible el costo de la obra. Con este objeto, y siempre que la localidad proporcione sin grandes gastos piedras de dimensiones convenientes, se puede

sustituir la bóveda que forma el arco de la tagea por varios sillares *aa* (figs. 251 y 252) que se apoyan por sus extremos en los estribos de la obra, teniendo sin embargo cuidado de que la distancia *bc* ó entrega de los sillares sea por lo ménos de 0^m 20 á 0^m 25. Estos sillares que van de un estribo á otro cubriendo el claro, se llaman *losas de tapa*, y la obra en que se emplean recibe el nombre de *tagea de tapa*.

Tambien se puede adoptar en las tageas de poca luz una disposicion tal, que se supriman los ángulos entrantes ó salientes que resultan en los casos anteriormente examinados, y que provienen del encuentro de los muros en ala con los estribos; y á este fin se sitúan los muros en ala *df* (fig. 252) en prolongacion *gh* de los estribos, evitándose de esta manera las cadenas que forman las aristas de dichos ángulos y simplificando la construccion, lo que disminuye notablemente el importe ó costo de la obra.

Sucedede con mucha frecuencia que el punto en que se tiene necesidad de establecer una tagea presenta una fuerte inclinacion (fig. 253), y si en tal caso se terminase superiormente la obra con una bóveda ó tapas horizontales, como se ha supuesto hasta aquí, resultaria el claro con una altura *cd* en el desagüe de la corriente mucho mayor que la *ab* del lado opuesto. Con el objeto de economizar la altura de los estribos, que no es necesaria para el desagüe de la obra, se reemplaza la bóveda ó tapa única y horizontal por una série de bóvedas ó tapas en forma escalonada, que si es necesario se enlazan entre sí por pequeños muretes *m* trasversales á la direccion de los estribos, como aparecen en la figura, disponiendo á veces el suelo en escalones de una manera análoga, y ahorrándose por último en cada estribo la construccion de la parte limitada por el contorno superior á los sillares de tapa que aparecen rayados.

En ciertas circunstancias es necesario establecer la

tagea en una disposicion determinada por otras condiciones, y de manera que la altura de la vía pública sea igual ó inferior á la de la corriente (figs. 254 y 255), en cuyo caso es indispensable dar á la obra la forma de *pozo ó sifon* dentro del cual sigue el líquido la marcha indicada por las flechas, sin perjudicar la vía pública *ab*. Esta disposicion sólo se adopta cuando la corriente de agua es de poca importancia y no se puede alterar su nivel, cosa que tiene lugar muy frecuentemente con las aguas destinadas al riego.

263. **Generalidades.**—En las tageas, alcantarillas y pontones que se acaban de examinar, se ha supuesto que toda la obra se construye con piedras, ya naturales, ya artificiales, que es el caso más frecuente; pero hay varias circunstancias en las que, por las condiciones de la localidad, es preferible sustituir á los arcos de los pontones principalmente, vigas de madera ó de hierro, que apoyándose sobre los estribos sirvan de base al piso, bien se forme éste sólo de madera, bien tenga por objeto contener superiormente un pavimento de piedra machacada. En ambas circunstancias se procederá del mismo modo espuesto al tratar de los puentes de madera (253 y 254), puesto que el caso que aquí se examina no es mas que una aplicacion de las reglas allí establecidas de una manera general.

En la construccion de las tageas de pequeña luz y altura, principalmente en las que afectan la forma de sifon, se hace uso con mucha frecuencia de tubos de alfarería, cuyo diámetro llega hasta 0^m 40, los que revestidos con una capa de hormigon de dimensiones convenientes, como se indica en las secciones de la figura 255, ó reforzados de otra manera parecida, proporcionan una obra que reúne la condicion de la solidez al propio tiempo que la de economía.

ARTÍCULO IV.

OBRAS ACCESORIAS DE LOS PUENTES.

264. **Objeto de estas obras.**—Después de construido un puente, cualquiera que sea su magnitud, puede suceder que haya necesidad no sólo de asegurar el pié de los apoyos, como se dijo al tratar de las fundaciones, sino también de defender el suelo comprendido en los intervalos de las pilas, en los cuales aumenta la velocidad de la corriente en virtud del estrechamiento que ocasiona la obra. A fin de evitar las socavaciones que esto pudiera producir, se reviste el terreno con una faja resistente, cuyo ancho es generalmente mayor que la longitud de las pilas, la cual recibe el nombre de *zampeado*.

En otros casos es necesario defender las márgenes del río cuando presentan poca resistencia y son socavables por la corriente, sobre todo durante las crecidas; y con este objeto se revisten generalmente aguas arriba de la obra y en una longitud más ó ménos grande, á fin de que al llegar el agua al puente no pueda cambiar la dirección que debe tener para que haya un buen desagüe.

265. **Zampeados.**—El lecho del río en que se construya un puente, ú otra obra análoga, que ocasione un estrechamiento en la sección del agua corriente, puede presentar poca resistencia á la acción destructiva de ésta, ya en una parte de la extensión que abarca la obra, ya en toda la zona que ocupa; y de aquí la necesidad de revestir y fortificar el lecho en ciertos puntos solamente ó en todo el ancho del río, abrazando desde una margen á la opuesta. La primera construcción se llama *zampeado parcial* y la segunda *zampeado general*; pero como el sistema de ejecución es el mismo en ambos casos, nos fijaremos en la última clase de zampeados.

Los zampeados se construyen en unos casos de mampostería y en otros de faginas; pero algunas veces se forma solamente con mampostería la parte comprendida entre las pilas, y se completa la defensa del terreno poniendo aguas arriba y abajo unas zonas de enfaginado, cuyo ancho aumenta á medida que el suelo es ménos resistente.

266. **Zampeado de fábrica.**—Por regla general se forman los zampeados de mampostería ó *encachados*, empezando por establecer dos filas de pilotes y tablestacas como se ve en proyeccion horizontal (fig. 256), situada la una aguas arriba y la otra aguas abajo de las pilas, haciendo en muchos casos que estén en contacto con los cimientos de los apoyos, y reforzándolas superiormente con cepos *cc* cuyas caras superiores enrasan con el terreno. La parte comprendida por estas dos paredes se escava en cierta profundidad y se rellena despues con un fuerte empedrado ó con mampostería en seco, cuidando de que su paramento enrase con las caras superiores de los cepos, y de que las piedras ó mampuestos de mayores dimensiones se coloquen en la parte exterior del zampeado á fin de reforzar el interior. Si la velocidad del agua fuera tal que pudiera destruir este zampeado, lo que pocas veces sucede, se aumenta su resistencia enlazando las piedras con buen mortero hidráulico, ó construyéndole con hormigon.

En algunos casos se pueden suprimir las dos paredes de pilotes y tablestacas, estableciendo sobre el terreno ó sobre un emparrillado una capa de hormigon más ó ménos gruesa, recubierta despues con piedras aparejadas en cada cabeza del zampeado en forma de bóveda cóncava hácia el exterior del puente (fig. 257), y rellinando el interior con piedras de dimensiones más pequeñas. Este sistema puede presentar en algunos casos ventajas sobre el anterior, siempre que la velocidad del agua no socave

el terreno contiguo al zampeado en una profundidad mayor que el grueso de éste, el cual suele variar de 0^m 30 á 0^m 50.

En todos los casos debe enrasar la superficie superior del zampeado con el terreno, sin presentar ninguna saliente, á fin de que las aguas no puedan chocar con ningún obstáculo que tratarían de destruir, consiguiéndose al propio tiempo que corran fácilmente sin socavar el terreno.

267. **Zampeados de faginas.**—Aunque esta clase de zampeados tiene hasta ahora poco uso en nuestro país, conviene conocer la manera de formarlos, por la economía y rapidez con que se los puede ejecutar y los buenos resultados que proporcionan en la defensa del lecho y márgenes de los rios, y en otras circunstancias de análoga naturaleza.

Se da el nombre de *faginas* á los haces que se forman con ramas delgadas de sauces, mimbres, robles, fresnos, álamos y otros árboles, que se sujetan unas veces por medio de cuerdas y otras con las ramas más finas de sauce ó mimbre, las cuales se tienen sumergidas en agua algunos dias ántes de emplearlas, con objeto de que adquirieran la flexibilidad necesaria. Las ramas que entran á formar las faginas deben ser bastante iguales y conservar sus ramillas y hojas; su longitud varía segun las circunstancias entre 1^m 50 y 3^m 00, y el diámetro del haz en su parte central suele estar comprendido entre 0^m 10 y 0^m 20.

Se llaman *salchichones* á largos cilindros formados como las faginas, que se les confecciona tambien con ramajes semejantes á los que entran á constituir estas últimas. Para hacer los salchichones se empieza por establecer cierto número de caballetes compuestos cada uno de dos palos inclinados *pp* (fig. 258), que tienen próximamente 1^m 60 de largo por 0^m 10 de diámetro, y están

clavados en el suelo como $0^m 30$, atándolos en su cruzamiento con mimbres ó cuerdas: la distancia de un caballete al inmediato no debe pasar de $1^m 50$, y su número total depende de la longitud del salchichon. En la horquilla que forman los caballetes se coloca la cantidad de ramas necesarias, cuidando de enlazar bien unas partes con otras para que resulte un todo homogéneo; despues se aprieta con fuerza este ramaje por medio de un trozo de cuerda y dos palos a y b , el primero fijo y el otro movable en la direccion de la flecha, formándose de esta manera el salchichon, el cual se sujeta por último á cada $0^m 15$ ó $0^m 20$ de distancia próximamente, con fuertes ataderos, cuyas vueltas y nudos se forman todos en el mismo sentido. Estos salchichones pueden llegar á tener hasta 8 ó 10 metros de longitud, y un diámetro medio de $0^m 12$ á $0^m 20$.

Si se clava sobre el suelo ó sobre una plataforma construida de faginas, como se verá á continuacion, una fila de estacas que disten entre sí de $0^m 30$ á $0^m 50$ (fig. 259), y á su alrededor se tejen ó trenzan transversalmente varias capas formadas con ramas delgadas, como las que entran á formar las faginas, pero que sean además bien rectas, flexibles y resistentes, cuidando de cruzar las vueltas de cada capa con las de las capas superior é inferior, y de apretar bien unas con otras, resultará una ligera pared que recibe la denominacion de *zarzo*. La madera de las estacas, que siempre debe ser dura, puede pertenecer á varias de las clases enumeradas al tratar de su conocimiento; pero se prefiere generalmente la de encina ó roble: su longitud suele variar de 1 á 1,50 metros, con un diámetro medio de $0^m 10$. Algunas veces se usan estacas ó piquetes, que á una pequeña distancia de su cabeza ó extremo superior tienen un taladro, por el que pasa una clavija de encina de $0^m 15$ á $0^m 20$ de largo por $0^m 02$ de escuadría próximamente, y tienen por ob-

jeto evitar que el tejido del zarzo pueda subir y salirse de las estacas.

Un zampeado ó plataforma de faginas se compone en general de un sistema de salchichones *aa* (fig. 260), dispuestos en posicion paralela, y encima se colocan otros *bb* á ángulo recto con los primeros, formando una cuadrícula cuyos lados no deben pasar de 1 metro. En todos los puntos de cruzamiento de los salchichones del contorno y en muchos de los cruzamientos interiores, se atan entre sí los dos sistemas por medio de una cuerda embreada, sujetándose en los demás encuentros por medio de mimbres ó ramas delgadas y flexibles. En cada uno de los puntos en que se ponen las ataduras de cuerda, se clava á través de los dos salchichones un fuerte piquete ó estaca *p*, á cuya cabeza se sujeta uno de los extremos de la misma cuerda, sirviendo además estos piquetes para señalar la posicion de los salchichones y de guia al poner las capas de faginas con que se los recubre.

Paralelamente á los salchichones superiores del emparrillado que de esta manera se forma, y entre los claros que estos dejan, se estiende una capa de faginas *ff*, cuidando de alternar la posicion de los extremos más gruesos y delgados, con objeto de obtener superiormente una superficie uniforme y sin resaltos. Despues se coloca otra capa de faginas, disponiéndolas de la misma manera que la inferior, pero cruzándose con éstas á ángulo recto.

Hecho esto, y suponiendo que sólo se pongan dos capas de faginas, se sigue despues colocando encima otro emparrillado de salchichones semejante en un todo al inferior, y poniendo los de la parte más baja á escuadra con las faginas superiores que ya están colocadas. Los intérvalos que dejan estos salchichones y paralelamente á su direccion, se llenan con faginas que naturalmente se han de cruzar con las que forman el lecho inmediatamente inferior, y encima se establece por último el se-

gundo sistema de salchichones, que forman el emparrillado superior, los cuales descansarán sobre este último lecho de faginas y sobre el sistema de salchichones que se acaba de colocar. En esta operacion se tiene cuidado de que los cruzamientos del emparrillado superior correspondan perfectamente con los del inferior, guiándose á este objeto por los piquetes *p*, y se concluye la operacion reuniendo con la mayor solidez posible los dos emparrillados, atando los cruzamientos del superior con los extremos de las cuerdas que se han sujetado en las cabezas de los piquetes *p*, piquetes que se pueden arrancar como innecesarios cuando se han terminado estas operaciones.

Las plataformas más delgadas que se construyen por este procedimiento constan generalmente de dos ó tres capas de faginas, comprendidas superior é inferiormente como se ha dicho por dos emparrillados, teniendo por espesor mínimo 0^m 50; pero esta dimension puede aumentar hasta 1 metro, empleando mayor número de capas de faginas. En este último caso, no se colocan todas las capas cruzándose sucesivamente á ángulo recto, sino que de cuando en cuando se establece una que cruce diagonalmente á las otras, obteniéndose de esta manera una ligazon más perfecta. Cualquiera que sea el espesor que se dé á la plataforma, se terminará su construccion formando una red de zarzos más ó menos altos, y cuyas estacas la atraviesen de parte á parte en todo su grueso, haciéndose dobles estas paredes de zarzos en todo el contorno de la plataforma, dejando entre sí una separacion como de 1 metro de ancho, y en el interior aparecen sencillas con un poco menos de altura y á manera de tabiques cruzados, resultando cada cuadrícula con una superficie de 20 á 40 metros.

Concluida de esta manera la plataforma en la margen del rio cuyo lecho ha de defender, se la mueve con precaucion hasta llegar al agua, y una vez puesta á flote,

se la empieza á cargar lo más uniformemente posible, echando en los compartimentos que forman los zarzos, bien sea tierra, césped, arena, grava, ó bien piedras de mayores dimensiones. En este estado se la conduce flotando al punto que ha de preservar, á cuyo fin, y segun sea la importancia de la corriente de agua, se emplean pontones ó barcazas, y se fija la posicion que debe ocupar por medio de dos ó tres anclas. Para sumergir la plataforma se colocan á su alrededor várias barcazas cargadas con arena, grava ú otro lastre, y despues de sujetar el extremo de una cuerda en cada barcaza, se pasa el otro por uno de los cruzamientos de salchichones, y vuelve á la barcaza de donde salió. Hecho esto, se carga la plataforma con regularidad echando el lastre que contenian las barcazas, y cuando se considera que está suficientemente cargada por la tension que experimentan las cuerdas que la sostienen, se largan ó aflojan éstas á un mismo tiempo y por igual, hasta que la plataforma llegue al fondo del rio.

Aunque los enfaginados aparezcan de una construccion muy sencilla, exigen sin embargo en cada caso particular una porcion de precauciones para que den el resultado que se busca. En general conviene que las faginas estén perfectamente sujetas unas con otras en todos sentidos, y que los zarzos presenten una completa ligazon; y por último, que el todo posea la resistencia necesaria al objeto á que se destina.

268. **Defensa de las márgenes.**—Cuando las márgenes de un rio presentan poca resistencia á la accion erosiva de las aguas en las crecidas, puede suceder que la corriente se incline hácia una de estas márgenes y la socave, lo cual á más de perjudicar notablemente á las propiedades ribereñas, puede cambiar la direccion de la marcha del agua, y si algo más abajo existe un puente ú otra obra de fábrica, la encontraria la corriente con cier-

ta oblicuidad y podria producir remolinos y socavaciones que comprometiesen la solidez de la obra. Por esta causa conviene, siempre que las márgenes sean socavables, fortificarlas ya sea aguas arriba ó aguas abajo del puente, ya sea en ambos sentidos.

Para conseguir este objeto, pueden adoptarse vários medios, como la construccion de muros situados en las orillas y paralelos á la corriente; pero el sistema que con mayor economía produce el resultado que se busca, consiste en el empleo de los enfaginados. A este fin se abren en las orillas várias zanjas perpendiculares á la corriente y distantes entre sí unos 2 metros, en las cuales se sujetan, por medio de fuertes estacas, salchichones de bastante longitud semejantes en un todo á los que se han descrito al tratar de las plataformas. La mayor parte de estos salchichones quedan flotando sobre el agua, y este primer sistema se recubre con otros salchichones á escuadra con los inferiores y cuya separacion igual á 1 metro próximamente en la orilla, va reduciéndose á medida que se interna en la corriente, hasta llegar á ser de 0^m 50 en el otro extremo, cuidando de atar perfectamente ambos sistemas en los puntos de cruzamiento.

Sobre este emparrillado se colocan várias capas de faginas, cuidando de situarlas de manera que las que forman el perímetro hácia el interior del agua tenga sueltas las ramillas que están en el contorno, aunque el extremo que mira al interior de la plataforma se ate formando haz, como ya se ha dicho: las demás faginas se colocan como de ordinario, formando capas sucesivas en direccion perpendicular ó diagonal. Estas capas de faginas se sujetan unas veces por medio de estacas y zarzos en la parte superior, y otras por un mero emparrillado de salchichones cuyos cruzamientos se corresponden con los del inferior y que se sujetan como se ha manifestado más arriba. En ambos casos se construyen en la parte superior de la pla-

taforma los tabiques cruzados de zarzos, y despues de concluida esta operacion se lastra con gravas ó piedras, y al sumergirla queda recubierta la orilla que ha de defender.

En otros casos se defiende la márgen formando en la corriente una fuerte pared de zarzos á pequeña distancia de la orilla, cuyas estacas se clavan en el lecho del rio, y cuidando de retorcer las ramillas del tejido al llegar á las estacas de los extremos, segun se indica en la figura 259. La parte comprendida entre el zarzo y la orilla se rellena de tierra, y despues se planta de sauces ó mimbres, los que atenuando la velocidad de la corriente en las crecidas contribuyen á que el agua deposite allí el limo que lleva en suspension, consiguiéndose que abone y fortalezca la plantacion, la que una vez bien arraigada defiende perfectamente la márgen. Algunas veces basta sólo la plantacion sin necesidad de defenderla con zarzos; pero está espuesta en este caso á que una crecida la desarraigue y arrastre con facilidad.

Por estos medios es fácil no sólo defender una márgen que la corriente haya socavado en mayor ó menor estension, si que además se puede ir acercando de una manera lenta y entre ciertos límites las dos orillas de un rio, hasta encauzarle en la longitud que sea necesaria.

ARTÍCULO V.

ORGANIZACION DE LOS TRABAJOS.

269. **Generalidades.**—Cuando hay que llevar á cabo obras de fábrica de mucha importancia, como un estenso viaducto de ferro-carril, un gran puente ó un conjunto de construcciones parecidas, la organizacion de los trabajos, lo mismo bajo el punto de vista del material que del personal, es una cuestion que necesita un deteni-

do estudio y práctica para plantearla en buenas condiciones.

270. Situacion y estension de los talleres.

—El sitio destinado á los talleres, esto es, la zona de terreno en la que se verifican las operaciones previas para la construccion de que se trata, debe elegirse tan cerca de esta como sea posible, y en todo caso debe enlazarse con la obra que se va á construir por medio de buenos caminos. Se estudiarán bien todos los accidentes del terreno para aprovecharlos al establecer las máquinas y aparatos destinados á la fabricacion del mortero y del hormigon, y para la buena colocacion de los descargaderos, á fin de que se puedan depositar las piedras y demás materiales con el menor gasto posible. Se deberá aprovechar la fuerza motriz de cualquier corriente de agua de las inmediaciones para mover las máquinas de que se acaba de hablar, y por último se dispondrán los detalles de tal manera que resulten las operaciones lo más breves y económicas posible.

La estension depende de la importancia de la obra, debiendo en todos los casos presentar bastante amplitud para que se puedan depositar las piedras, ladrillos, arena, cal y demás materiales de construccion necesarios. La superficie deberá ser lo suficiente para establecer además almacenes en los que se guarden las materias susceptibles de deteriorarse al aire libre, formar tinglados y montar las máquinas necesarias para fabricar los morteros y hormigones; asimismo se deberán situar con desahogo las monteas y los talleres especiales de los canteros, del mismo modo que los caminos, con la anchura necesaria, destinados á poner en mútua comunicacion todas las partes que forman el taller y á éste con la obra que se trata de construir: finalmente, la oficina del jefe ó encargados de la construccion, será tan espaciosa como es necesario para que llene bien su objeto.

271. **Distribucion y cerramiento.**—A cada clase de trabajo y cada especie de material se debe destinar en los talleres un sitio especial, elegido de la mejor manera posible para evitar idas y venidas inútiles y pérdidas de tiempo perjudiciales.

El sitio destinado á la labra de las piedras debe elegirse lo más cerca posible del punto en que se descargan cuando llegan desvastadas de la cantera, y próximo además á la construccion en que deben colocarse despues de haberlas labrado. En análoga posicion se deben poner los ladrillos, y en una superficie bastante estensa para que se los pueda clasificar y escoger segun convenga. Todas las materias que entran en la formacion de los morteros y hormigones conviene almacenarlas, ya sea al aire libre, ya en barracas destinadas á este objeto, que se sitúan lo más cerca posible de las máquinas ó aparatos en que se han de manipular, y además inmediatas á los depósitos ó corrientes destinados á proporcionar el agua necesaria.

Las oficinas de los agentes encargados de la direccion y vigilancia de los trabajos deben situarse de manera que se vea bien toda la obra que se va á construir, del mismo modo que los diversos talleres, como los de labra de las piedras, manipulacion de los morteros, etc., y además que esté en fácil comunicacion con todas estas dependencias, para evitar pérdidas de tiempo en la trasmision de las órdenes é instrucciones, á fin de llenar la condicion esencial de que reine el órden más completo en todos los talleres y trabajos.

Los caminos deben tener inclinaciones suaves y estar bien conservados para que en todo tiempo sea fácil la comunicacion. En las construccion de gran importancia suelen ser de mucha utilidad pequeños caminos de hierro que enlacen los principales depósitos entre sí y con la obra que se levanta, y el gasto que exige su construccion se compensa por la economía que proporcionan en los trasportes.

Los talleres deben estar provistos con abundancia de todos los útiles necesarios para la comprobación y recepción de los materiales, como reglas divididas en fracciones de metro, básculas y balanzas de diversos tamaños, escuadras, niveles, compases, etc., etc. Para el transporte de los materiales debe haber carretones, carretillas, cuezos, cestos, cubos, etc., etc.; para elevarlos habrá cábricas, gruas, pescantes, cadenas, cuerdas, poleas y demás aparatos; y por último vigas de diversas dimensiones, tablarzon de distintas clases y demás madera necesaria en el montaje de los andamios. Todos estos objetos deben clasificarse y almacenarse en locales cerrados, ya estén preservados por medio de cobertizos, ya se encuentren al descubierto.

Toda la superficie ocupada por los talleres y oficinas debe estar cercada, no sólo para evitar robos, si que también para impedir que nada pueda salir ó entrar sino bajo la inspección de los encargados de este servicio, los cuales deben prohibir la libre entrada del público, para evitar que distraiga á los obreros de su trabajo. Esta cerca se forma ordinariamente de tablas ó con palizadas, y se cuida de aprovechar todos los obstáculos que presente el suelo en situación conveniente, como muros, zanjas, etc., para que uniéndolos entre sí por cercas de tablas ó palizadas, se tenga el cerramiento con la mayor economía posible. Siempre se dejan dos ó tres grandes puertas para el servicio, con un encargado para guardarlas.

272. Datos para establecer los talleres.—

Las piedras desvastadas ó en bruto se colocan en filas paralelas, no debiendo presentar en lo posible más altura que la de una sola hilada, y teniendo cuidado de dejar entre cada dos filas un paso de 0^m 50 próximamente de ancho, que permita llegar con facilidad hasta la que se necesite. Según esto, y sabiendo la cantidad de piedras

que deba existir siempre en el taller, es fácil calcular el espacio necesario para este objeto. Con la misma facilidad se puede determinar este espacio cuando excepcionalmente haya necesidad de apilar unas piedras sobre otras, ó de disminuir el número de los pasos que las separan.

Los ladrillos se depositan formando pilas ó montones de 2 á 5 metros de altura, y constando cada dos capas sucesivas de ladrillos que estén en contacto lateral y puestos de canto ó á sardinel, pero de modo que sus direcciones se crucen en ángulo recto.

Conociendo las dimensiones de los ladrillos ó el número de éstos que entran en 1 metro cúbico, es fácil calcular el espacio que se necesitará para tener almacenados el número de miles que deba haber.

La cal, arena, grava, piedra partida y teja ó ladrillo triturado, se almacenan en montones de 4 á 5 metros de altura, ya apoyándose en paredes verticales, ya completamente libres, adoptando estas materias su talud natural, que es de 45° próximamente. Estos montones forman troncos de conos ó de pirámides, ó una parte de sólidos de esta especie, cuya base se puede calcular cuando se conozca el volúmen y la altura del monton que se va á formar.

Los cementos y puzolanas se venden generalmente en sacos ó barricas de muy diversa capacidad; pero basta conocer la dimension de uno de estos sacos ó barricas y el volúmen de materia que contiene, para que sabiendo la manera como se los ha de apilar, se pueda determinar el espacio que ocuparán. El almacenaje de estas materias debe hacerse siempre en locales cerrados y perfectamente preservados de la humedad exterior.

La magnitud de las barracas en que se suele fabricar el mortero, se determina con arreglo á la cantidad de cal, arena y cemento que deban contener, así como tambien

segun el número de hombres que se destinen á esta manipulación, si es que se hace á brazo.

Cuando en la fabricación de los morteros, elevación de las piedras, etc., se emplean máquinas movidas por caballerías, como se indica en las figuras 27 y 28, es preciso contar con que cada uno ocupa por lo ménos un espacio circular de 8 á 10 metros de diámetro. También se puede admitir que una máquina para fabricar mortero, sea de ruedas verticales, sea de tonel movida por una caballería, producirá unos 24 metros cúbicos de mortero en 10 horas de trabajo. Con este dato se puede calcular el número de estos aparatos que se necesitarán para atender á una construcción dada, y apreciar el espacio que hayan de ocupar.

La extensión de la montea se fija con arreglo á la magnitud y número de dibujos que se tengan que hacer simultáneamente. Las oficinas del personal y sus habitaciones, se establecen conforme al número de encargados que deban residir en los trabajos: las primeras deben ser espaciosas, para que contengan grandes tableros de dibujo; armarios para guardar y clasificar ordenadamente los planos, que á veces son muy numerosos, y todos los demás documentos que deban estar en la obra; al paso que las habitaciones pueden reducirse á lo estrictamente necesario.

Las oficinas y habitaciones destinadas al personal se establecen en casillas que sólo duran el tiempo que se invierte en la construcción de la obra principal; así es que deben presentar el carácter de provisionalidad y de economía que distingue á todas las construcciones de esta naturaleza. Con este fin se las hace, así como los almacenes y demás obras provisionales, de planta baja únicamente, pues siempre se suele disponer de bastante terreno para que alcancen la amplitud necesaria; y la fábrica que se prefiere en la construcción de los muros de

fachada es la más barata en cada caso, como la mampostería ordinaria, el ladrillo colocado á media asta, y aún los adobes revocados con cal, habiendo algunos casos en que se hace uso hasta del tapial: tambien se emplean muchas de estas fábricas ligándolas á entramados de madera. Los tabiques interiores se suelen hacer de entramado con ladrillo de panderete ó con adobes revocados.

273. **Personal.** — En las grandes construcciones hay á veces á la cabeza del personal un ingeniero que inspecciona todos los trabajos y desarrolla los detalles de la construccion, los cuales sólo se indican de una manera general en el proyecto de la obra. A sus órdenes suele tener uno ó más ayudantes y los sobrestantes necesarios, todos los que á los conocimientos teóricos indispensables á cada clase, deben reunir una práctica razonada y de mucho tiempo. La mision de estos funcionarios consiste en organizar las cuadrillas de los operarios y distribuir á cada una el trabajo que deba ejecutar; en vigilarlas y asegurarse de que todas las operaciones se hacen bien y con la mayor economía posible, y finalmente, en tomar cuantas notas y datos sean necesarios para conocer el coste á que resulta cada clase de obra, y para arreglar la contabilidad de los trabajos.

Bajo la vigilancia de estos funcionarios están los maestros albañiles, canteros, carpinteros, etc., los cuales tienen la obligacion de ejecutar bien los trabajos que se los confia y de cuidar de todos los detalles referentes á su respectivo oficio: tambien deben apreciar las cualidades y aptitud de los operarios que están á sus órdenes, como oficiales, aprendices y peones, cuyo número será el necesario para que adelante la obra respectiva con bastante actividad, á fin de que se termine en el plazo que se haya fijado.

Esta parte de la organizacion del servicio se puede hacer á *priori*, cuando se sabe con bastante exactitud la

cantidad de obra que un oficial auxiliado de uno ó más peones puede ejecutar en su oficio respectivo, durante un dia de trabajo. Pero este elemento de apreciacion no es fácil de determinar, porque no sólo depende del esmero que se exige en el trabajo, sino además de las circunstancias locales ó condiciones en que deba ejecutarse. Así por ejemplo, un mismo volúmen de mampostería exige un espacio de tiempo muy distinto, ya forme un todo de forma sencilla, ya constituya un conjunto de muros presentando ángulos entrantes y salientes, y cuyos paramentos sean curvos ó con rebajos: lo mismo puede decirse segun que la mampostería se eleve poco sobre el suelo, ó esté á una gran altura, etc.

Por regla general se distribuyen los operarios *por tanteos*, colocando primero cierto número en los puntos en que deban trabajar y cuidando de distribuirlos de manera que no se molesten unos á otros: hecho esto, se puede despues ir aumentando ó disminuyendo sucesivamente la fuerza de las cuadrillas, cuanto sea necesario para impulsar el trabajo, hasta que éste adquiriera la regularidad y rapidez que convenga en cada caso.

El dato que por regla general sirve de base para fijar el personal de un taller, es el número de *paletas* empleadas, ó sea de albañiles que manejan la paleta. En efecto, cada albañil necesita por lo ménos un aprendiz ó ayudante para auxiliarle, y algunas veces dos, cuando los materiales se han de acercar desde una distancia algo considerable. En un dia de trabajo pone en obra una cantidad de piedras y de mortero, conocida por la comparacion con trabajos de la misma especie, ó que se puede fácilmente determinar por medio de una esperiencia; y con este dato se puede deducir el número de canteros necesarios para prepararle las piedras, el de los operarios encargados de conducir las al pié de la obra, y el de los que se destinan á la manipulacion y transporte del mortero.

Una vez determinado con arreglo á estos principios el número total de operarios, se fija el personal encargado de su vigilancia, distribuyéndole de manera que cada individuo tenga atribuciones especiales; á cuyo fin se encarga á uno que cuide de la fabricacion de los morteros, á otro de la clasificacion de los materiales, á otro de la buena ejecucion de las fábricas, etc.

Cuando la estension é importancia de la obra que se ha de construir no sea grande, no se necesita esta subdivision en los servicios del personal destinado á la vigilancia de los trabajos, pudiendo cada individuo cuidar de dos ó más operaciones distintas, aunque dependiendo siempre del jefe de la construccion, sea ingeniero, arquitecto ó ayudante.

274. Notas y apuntaciones que deben tomarse en las obras.—Es de suma importancia conocer la cantidad de obra que un operario puede ejecutar en un dia de trabajo, y el precio á que resulta la unidad de volúmen de la obra hecha; puesto que estos resultados pueden servir de guia para la apreciacion del importe de otras obras construidas en condiciones análogas, ó para calcular el valor de una construccion que se trate de ejecutar.

Para determinar la cantidad de obra que puede ejecutar un operario en un dia, que se admite generalmente como compuesto de diez horas de trabajo efectivo, se observa el número de dias que uno ó más operarios invierten en la ejecucion de un volúmen conocido de la obra de que se trata, y dividiendo este volúmen por el producto de los dias y trabajadores empleados, se deducirá el dato que se busca. Así por ejemplo, si se ponen 20 peones á escavar tierra compacta y en 3 dias han estraído 300 metros cúbicos, resultará que cada peon escava 5 metros cúbicos al dia: de la misma manera si se ponen 2 paletas con 2 peones auxiliares para construir un muro de mam-

postería que cubica 20 metros y tardan cuatro dias en su ejecucion, se deducirá que cada albañil con su peon construye al dia 2,5 metros cúbicos de esta fábrica. Los resultados de estas esperiencias varían con las condiciones particulares de la localidad, y los valores generales que se han deducido de numerosos ensayos, se consignan al final de esta obra en un cuadro especial.

La determinacion del importe á que resulta la unidad de volúmen de cada clase de obra, comprende el coste de diversas operaciones, siendo las principales: 1.º El precio de los materiales colocados en obra: 2.º El valor de la mano de obra: 3.º Gastos de útiles y aparatos y de imprevistos.

Los materiales que se emplean en las fábricas son, como ya se ha visto, los sillares, sillarejos, ladrillos, etc., etc., que muchas veces se compran de segunda mano á personas dedicadas á este comercio ó industria; y el mortero que fabrica el constructor con la cal, arena, cemento ó puzolana, sustancias que generalmente compra tambien de segunda mano. El precio de estos materiales es muy difícil de establecer con exactitud, no sólo por las variaciones que experimenta á causa de su calidad y consumo, si que tambien por los gastos de transporte para tenerlos al pié de la obra, gastos que conviene reducir todo lo posible, á cuyo fin se elige el material que, siendo de naturaleza y resistencia convenientes, sea de más fácil conduccion á la obra que se construye.

La mano de obra, que consiste en el precio que se paga á los operarios en general, como por ejemplo, al albañil y los peones que le auxilian en la ejecucion de un volúmen dado de la fábrica de que se trata, es un importe que generalmente se conoce bien en cada localidad, y que se puede además deducir fácilmente sabiendo el valor de los jornales y determinando la cantidad de obra que un operario puede hacer al cabo del dia.

Los gastos de útiles, que provienen de su uso, desgaste y desperfecto, así como el importe de la instalación de los aparatos que sean necesarios, del mismo modo que los gastos imprevistos, son sumamente variables; pero á falta de otros datos, se admite para su valor medio $\frac{1}{20}$ del precio que tiene la obra, deducido de las dos primeras partidas de que ántes se ha tratado. Al valor que se obtiene de esta manera hay que añadir, por último, el interés del capital invertido y el beneficio que se pueda obtener de esta industria.

Siguiendo este procedimiento, es fácil deducir, en cuanto es posible, datos exactos sobre la cantidad de trabajo del hombre en las diferentes operaciones que ejecuta y sobre los precios medios á que cada una de estas resulta.

CAPÍTULO II.

OBRAS VÁRIAS.

ARTÍCULO I.

SUELOS.

275. **Objeto de los suelos.**—Los suelos son entramados horizontales, que se apoyan sobre los muros de un edificio y dividen la altura de éste en varios pisos. Constan de varias vigas ó viguetas y de carreras, generalmente de madera y algunas veces de hierro forjado, que dejan entre sí intervalos más ó menos grandes, recubriendo este armazon con una superficie continua que sirve de piso al tránsito.

276. **Suelos de madera. Entramado.**— Las

disposiciones más frecuentes que en estos suelos se da á las viguetas, las cuales toman en este caso el nombre de *maderos de suelo*, se consignan en los cinco casos representados en la figura 261, apareciendo debajo los cortes correspondientes en escala aumentada al doble.

En el suelo *A* los maderos se apoyan sobre entramados de madera. En el *B* están el mayor número empotrados por ambos extremos en los muros. En el *C* descansan sobre carreras *d*, empotradas también en los muros. En el *D* se apoyan igualmente sobre carreras *g*, que están cerca de los muros, y que á su vez se encuentran sostenidas por *canecillos f*, que pueden ser de madera, piedra ó hierro, y que se empotran en los muros. Por último, en el suelo *E* sólo cierto número de maderos ó viguetas *i* se empotran en los muros; pero los demás *k'* se empotran también por un extremo, y por el otro se ensamblan á las piezas *y* llamadas *brochales*, que á su vez se ensamblan con las viguetas: las viguetas *k'* reciben el nombre de *maderos cojos*. En rigor se puede construir un suelo con maderos cojos únicamente, haciendo que los brochales *xy* se ensamblen con otros maderos cojos en vez de hacerlo con las vigas, como se indica en la figura por la prolongación de trazos de la pieza *y*, hasta los maderos *k'k'*.

Otras veces se establece una ó más vigas maestras, sobre las que vienen á descansar las cabezas de los maderos de suelo, que también se conocen con el nombre de *cabios*, según se ve en proyección horizontal con los cortes correspondientes en la figura 262.

En *F* se apoyan uno de los extremos de los cabios *a* en el entramado vertical *MN*, y el otro extremo descansa sobre la viga maestra *b*, sostenida por los entramados *MQ*, *NR*; y los cabios *c* tienen uno de sus extremos empotrados en el muro *QR* y el otro se apoya sobre la viga *b*, encontrándose al tope con los cabios *a*. Conviene reforzar

los puntos de apoyo de las vigas maestras por la gran carga que experimentan, colocando inferiormente en los entramados un pié derecho ó poste, que unas veces se le dota de más escuadría que á los demás, y otras se le consolida con jabalcones. Los cabios *f* están empotrados por un extremo en el muro *QR*, y por el otro entran en rebajos ó *descansos* practicados en la viga *i*; obteniéndose por este medio alguna reduccion en la altura que ocupan las vigas y los cabios, con perjuicio de la elevacion libre de los pisos. Tambien se establecen los cabios cruzándose unas veces sobre las vigas, como se ve en *e*, y otras apoyándose sobre piezas que se clavan á las caras laterales de las vigas, como aparece en *o*, si bien esta última disposicion es poco frecuente.

En ciertos casos conviene fijar bien á los muros los extremos de las piezas que entran á formar el suelo, y el medio más sencillo y frecuente de conseguir este objeto, consiste en un fleje *A* (fig. 263) torcido en el punto *b*, y sujeto con clavos ó pasadores á una de las caras laterales de la pieza. Este fleje se termina por un ojo *c* redondo ó cuadrado, en el que se introduce un barrote *d*: en vez de un fleje pueden ponerse dos, uno en cada cara, y el barrote puede aparecer en el paramento ó quedar embebido en el espesor del muro.

Cuando hay necesidad de establecer una chimenea, es preciso sustraer á las maderas del suelo de la accion del fuego, y con este objeto se dispone el entramado de manera que deje debajo del hogar un claro, el cual se rellena con mampostería. Para esto se colocan á los lados dos fuertes brochales *ss* (fig. 261) unidos á la viga *i*, limitando así la caja de la chimenea, cuyas dimensiones suelen ser de 1^m 50 de largo por 0^m 60 de ancho.

277. **Forjado.**—Una vez colocadas las piezas de madera que forman el entramado ó telar del suelo, se procede á su relleno ó *forjado*, que en general presenta en su

cara inferior dos formas distintas conocidas con los nombres de *bovedillas* y *cielo raso*.

El forjado de las bovedillas se ejecuta colocando entre cada dos viguetas contiguas y paralelas un *galápago* ó *formaleta*, que no es mas que una cimbra pequeña cuya luz es la separacion constante entre las viguetas, y rellenando con cascote y yeso los huecos de la parte superior hasta enrasar con la cara de las viguetas. La cara inferior de éstas queda visible, como aparece en seccion en la figura 264.

Los cielos rasos pueden hacerse tabicados ó con un enlistonado bajo bovedillas. Los primeros se forman entomizando los maderos de suelo, á cuyo objeto se ponen clavos en la parte inferior de sus caras laterales, despues se hace con tomiza un tejido entre estos clavos, y se coloca por debajo un tablero: echando luego por la parte superior cascote y yeso, se forma el tabique horizontal del cielo raso, que se enlucé por la cara inferior despues de quitar el tablero. Los cielos rasos enlistonados se forman clavando á la cara inferior de los maderos de suelo listones de tablas delgadas entomizadas y echando por la parte inferior pelladas de yeso con fuerza para que agarre, é igualándola despues con un enlucido. En vez de los listones se ponen muchas veces cañizos que se clavan á las viguetas y se forjan inferiormente con yeso.

El relleno de los claros que se dejan para las chimeneas, ó con cualquier otro objeto, se suele practicar formando de ladrillo ordinario ó hueco una bovedilla especial *A* (fig. 265), cuya flecha puede ser $\frac{1}{10}$ de la luz para que tenga bastante resistencia, la cual se apoya sobre el muro y una fuerte vigueta ó brochal, y estableciendo encima el piso del hogar.

278. **Solado.**—El solado tiene por objeto revestir la superficie superior del suelo con un material ligero y resistente, presentando muchas diferencias en su naturale-

za y cualidades. Para ejecutar el más sencillo se dispone una superficie plana y horizontal sobre el forjado poniendo una capa de yeso; pero generalmente se forma echando primero una capa de tierra, cascote ó escombros finos cuyo espesor no pase de 0^m 08 á 0^m 10 y que presente una superficie horizontal.

Hecho esto, se empieza por establecer alrededor de la habitacion una cinta de baldosas *fgf'g'* (fig. 266), coincidiendo uno de sus bordes con el perímetro, y comprobando con esmero, por medio de reglones y un nivel de aire ó de albañil, la posicion horizontal de sus caras superiores: despues se ponen várias filas contiguas de ladrillos ó baldosas, que sigan una direccion á 45° con las cintas, como se ve en *bb, b'b'*, á cuyo fin se hace uso de clavos, cordeles y reglones; y por último, se van colocando las demás filas á 45° hasta cubrir toda la superficie del suelo. Los claros triangulares *mm* que resultan entre el solado y la cinta se llenan con baldosas partidas, que por su forma reciben el nombre de *chuletas* ó de *remates*.

Cuando el embaldosado haya de estar á la intemperie, se sientan los materiales á baño flotante de mortero, y en caso contrario se hace uso del yeso, debiéndose entonces dejar cierto huelgo en algunas juntas y en las cintas, á causa del aumento de volúmen que adquiere este material al fraguar.

Al ejecutarse un embaldosado se debe cuidar de que los operarios no transiten por encima de él hasta que el mortero ó yeso haya adquirido cierta consistencia, á cuyo fin deben hacer su trabajo desde la parte no embaldosada. Tambien se debe tratar de que las juntas sean de un grueso pequeño y uniforme, y que la cara superior del solado resulte en un plano horizontal.

279. **Suelos de hierro. Disposicion general.**

—De algun tiempo á esta parte se reemplazan las piezas

de madera de los suelos por vigas de hierro laminado, que se sitúan horizontalmente de un muro á otro, estando entre sí á una distancia variable entre 0^m 90 y 1 metro.

La seccion transversal de estas vigas es de doble *T* (fig. 267), teniendo una entrega de 0^m 20 á 0^m 25 en los muros, en los que se fijan por medio de barrotes de una manera análoga á la representada en la figura 263, y su altura está generalmente comprendida entre $\frac{1}{30}$ y $\frac{1}{35}$ de su longitud. Estas vigas se enlazan entre sí de muy distintas maneras, si bien la más usal consiste en riostras *rr* formadas por varillas de hierro, distando unas de otras 0^m 80 ó 0^m 90, que se fijan bien en los muros y á las vigas, estando en posicion perpendicular con estas últimas. Sobre las riostras y cruzándolas á ángulo recto, se colocan otras varillas *vv* de seccion cuadrada de 0^m 010 á 0^m 011 de lado, que se encorvan formando un recodo en los puntos en que se cruzan con las riostras, para que bajen al nivel de la cara inferior de las vigas principales, y distan entre sí unos 0^m 25. Encima de estas varillas se forma el relleno con mampostería de yeso y cascote, ó mejor aún con ladrillos huecos, por la ventaja que proporcionan de dar un suelo seco, ligero, resistente y que trasmite poco el ruido de un piso á otro.

El relleno ó forjado puede ocupar toda la altura de las vigas, ó tan sólo una zona de la parte inferior, como aparece en la figura. En el primer caso se establecen directamente sobre el forjado las baldosas, ó ladrillos que se ponen á baño flotante de mortero ó yeso, y en el segundo se forma el embaldosado sobre una capa de yeso que recubre un entablonado, el cual descansa sobre las vigas de hierro, con las que se cruza á ángulo recto. La cara inferior de los suelos de esta especie se recubre con un enlucido que se aplica directamente y con fuerza á la mampostería de yeso y cascote ó á los ladrillos huecos, sin necesidad de enlistonados ni cañizos.

En vez de colocar las vigas de hierro de 1^m en 1^m y de enrasar á dintel el espacio que las separa, como se acaba de decir, se las sitúa en ciertos edificios de 3 en 3 y hasta de 5 en 5 metros, bien arriostradas con tirantes puestos por la parte superior, y se las une por medio de bóvedas tabicadas ó de ladrillo, que se apoyan sobre los rebordes inferiores de las dobles *T*, rellenando los senos ó tímpanos con hormigon. Tambien se suele reemplazar el solado ordinario de baldosas, ladrillos, etc., por un entarimado que se ejecuta de la manera usual.

280. **Generalidades acerca de los suelos de madera y hierro.**—Los suelos contruidos con vigas de hierro permiten reducir su espesor hasta 0^m 15 ó 0^m 20, al paso que los de madera tienen el doble y aún el triple. Los primeros proporcionan más rigidez y mayor duracion que los de madera, tanto por la mayor flexion de este material, cuanto por la putrefaccion á que están espuestos los empotramientos, especialmente en España, donde es tan difícil adquirir maderas bien curadas: si no se llena esta última circunstancia, los suelos se pandean fácilmente.

Se pueden construir los suelos de hierro de modo que sean completamente incombustibles, y por lo ménos lo son siempre en la mayor parte de su masa; resultando en muchos casos á un precio poco diferente del que tienen los de madera, y en algunas circunstancias salen $\frac{1}{3}$ ó $\frac{1}{4}$ más baratos que éstos: además la ejecucion es mucho más rápida cuando se emplea el hierro que usando la madera. Sin embargo, para que el hierro proporcione estos buenos resultados hay que preservarle de la accion de la humedad (44), sin cuya circunstancia experimenta una alteracion lenta que perjudica á su resistencia.

ARTÍCULO II.

ESCALERAS.

281. **Objeto de las escaleras.**—Se da el nombre de escalera á una sucesion de pequeños planos horizontales colocados á diversas alturas y sobre los que se sienta el pié al subir ó bajar, ya sea para ir de un piso á otro de un edificio, ó para otro objeto distinto. Cada una de las partes *AA* (fig. 268) recibe la denominacion de *peldaño* ó *escalon*, conociéndose con la de *huella* del peldaño la parte horizontal *dd*, y con la de altura ó *contra-huella* la distancia *dh* entre dos huellas sucesivas.

282. **Disposiciones usuales.** — Las escaleras pueden hacerse de piedra, madera ó hierro, recibiendo diversas formas segun sea la naturaleza é importancia de la obra á que están destinadas. El espacio que ocupa una escalera suele estar limitado por cuatro muros planos ó un muro cilíndrico, formando lo que se llama la *caja* de la escalera. En el primer caso es constante el ancho de la huella de los peldaños y la escalera es de *tramos rectos*; y en el segundo aumenta este ancho desde el centro al contorno de la caja, resultando la escalera en *espiral* ó de *caracol*.

La forma más frecuente que presentan las escaleras de tramos rectos es la representada en la figura, estando interrumpidos dos tramos consecutivos por un *descanso* ó *meseta* *M*, y para que la subida sea cómoda la altura entre dos descansos inmediatos no debe pasar de 2,5 á 3 metros.

Cuando la altura que hay que salvar es demasiado grande respecto á la estension que puede ocupar la escalera, se sustituyen los descansos con escalones (fig. 269); pero debe evitarse este sistema siempre que se pueda, por

lo mucho que dificulta la marcha haciéndola hasta peligrosa, y en tal caso es preferible aumentar la altura de los peldaños, como se verá despues.

Las escaleras de caracol se encuentran comprendidas exteriormente por un muro cilíndrico recto, y los peldaños pueden apoyarse por la parte interior en otro muro cilíndrico de menor rádio que el primero; ó en un cilindro macizo. En el primer caso se dice que la escalera es de *ojo*, y de *alma* en el segundo. Esta clase de escaleras están compuestas de una série no interrumpida de peldaños, midiéndose el ancho de su huella en la línea *mnpq*, que dista unos 0^m50 del ojo ó alma, y que por ser el trayecto que se suele recorrer al subir ó bajar la escalera, recibe el nombre de *línea de marcha* ó *de huella*. Este ancho se procura que sea suficiente en la parte más estrecha del escalon, para poder sentar el pié con seguridad, á cuyo fin se hace que el ojo ó alma interior sea del mayor diámetro posible.

Para dar seguridad al tránsito se limitan lateralmente las escaleras cuyos peldaños no estén comprendidos entre dos muros, por medio de una barandilla ó *pasamanos* de formas muy variables; pero que generalmente está compuesto, ya de cierto número de montantes arriostrados y coronados por una carrera que presenta la inclinacion de la escalera, ya de un murete de 0^m80 ó 1 metro de altura y que termina tambien superiormente con la misma inclinacion.

283. Dimensiones y formas de los peldaños.—La longitud de los escalones varia por punto general entre 1 y 1,50 metros, y la esperiencia ha fijado como proporciones las más convenientes entre el ancho de la huella y la altura del peldaño, que la primera sea doble de la segunda, teniendo respectivamente en la práctica 0^m32 y 0^m16 por término medio. Sin embargo, algunas veces hay que aumentar ó disminuir esta rela-

cion, teniendo el primer caso lugar siempre que se haya de ganar una altura bastante grande, siendo pequeña la superficie horizontal de la caja de la escalera.

En este caso es siempre conveniente que exista una relacion entre el ancho de la huella, que llamaremos h , y la altura de la contrahuella, que representaremos por a , y esta relacion está dada por la fórmula práctica

$$h + 2a = 64 \text{ centímetros:}$$

debiendo tener presente al aplicar esta fórmula, que el valor de a ha de estar siempre comprendido entre $0^m 12$ y $0^m 20$, con objeto de que al subir la escalera se ocasione la menor fatga posible.

Segun la expresion anterior, si en un caso la altura del peldaño debe ser de $0^m 14$ por ejemplo, el ancho de su huella será de $0^m 36$; y si la primera fuese de $0^m 18$, el segundo resultaria de $0^m 28$.

Los peldaños de piedra en las escaleras se empotran por sus extremos entre dos muros, ó sólo en uno, ó bien quelan al aire apoyándose únicamente unos en otros. En este último caso se confia la estabilidad de los peldaños á su orte, tal como se manifiesta en las figuras 268, 270 y 271, haciendo que la cara inferior de cada escalon ajuste bien con la superior del que está debajo: esta superficie de contacto, que deberá ser lo más sencilla posible, ocupará más ó ménos estension á medida que sea menor ó mayor la dureza de la piedra.

En las escaleras al aire de piedra, lo mismo que en las de madera y hierro, se terminan los extremos de los escalones dándoles formas especiales, que reciben el nombre de *zancas*, como se representan en las perspectivas (figs. 270 y 271); disposicion que aumenta la solidez de la escalera, aunque lleva consigo mayor cantidad de material. Estas figuras son un ejemplo de peldaños cuya se-

guridad depende del asiento de unos sobre otros, consistiendo la estabilidad total del tramo en la resistencia del cimientto del primer escalon, y por la parte superior en la buena sujecion del último, ya sea en la meseta, ya en el piso en que termine el tramo. Este mismo corte y disposicion se aplica á las escaleras de caracol al aire.

Cuando las escaleras, bien de tramos rectos ó en caracol, son de madera y están al aire, se aumenta su resistencia colocando en el interior entre cada dos peldaños consecutivos falsas espigas ó barras de hierro, que despues quedan ocultas; pero si la escalera fuese de herro, los peldaños constan sólo ordinariamente de las dos planchas *ab* y *cd* (fig. 272) que forman su altura y huella, terminándose las superficies de contacto de un peldaño con otro por medio de rebordes que se fijan perfectamente con tornillos y tuercas.

Al ejecutar esta clase de construcciones con madera ó hierro, se cuida principalmente de que la cara que forma la huella presente bastantes asperidades para sentar con seguridad el pié, y sin peligro de resbalarse al recorrer la escalera.

ARTÍCULO III.

CUBIERTAS.

284. **Objeto y disposicion general de las cubiertas.**—Se llama *cubierta* á la parte superior que cubre un edificio, preservando su interior de las lluvias é intemperies. Las hay de muchas especies, segun sea el material de que están compuestas ó la forma que afectan; pero ordinariamente se las clasifica en cubiertas planas, curvas y mistas, estando formadas las primeras, que son las más sencillas y usuales, por uno ó más planos inclinados que reciben el nombre de *alas* ó *faldones*.

Cuando la cubierta no presenta mas que un faldon (fig. 273), se la da el nombre de *una sola vertiente*; y á *dos aguas* (fig. 274) cuando consta de dos faldones que se encuentran segun la línea horizontal llamada *caballete*. Estas cubiertas se apoyan lateralmente en muros que acaban por la parte superior en forma triangular, la cual se llama *témpano* ó *fronton*; y si se sustituyen estas partes triangulares de los muros por medio de alas (fig. 275), la cubierta toma entónces el nombre de *á cuatro aguas*, recibiendo el de *en pabellon* si las cuatro alas concurren superiormente en un punto formando pirámide. La mútua interseccion *ab* de dos alas contiguas forman las *limas tescas* (1), y la parte inferior y voladiza que en todas estas cubiertas despide las aguas fuera del edificio, es el *alero*.

Las cubiertas están compuestas de dos partes completamente distintas: la primera formada por uno ó más entramados cuya inclinacion respecto al horizonte, es la misma que han de tener las alas, entramados que en este caso reciben el nombre de *armaduras*; y la segunda que recubre á la anterior y preserva al edificio de las lluvias, llamada *tejado* ó *terrado*.

285. **Armaduras.**—Las armaduras están compuestas de una série de cuchillos paralelos, de madera generalmente, análogos á los que se han descrito al tratar de las cimbras, y que tienen por objeto sostener uno ó más pisos inclinados que forman los faldones de la cubierta.

El cuchillo más sencillo se compone de dos *pares ab* (fig. 276) y de un tirante *c*, que se empotra unas veces directamente por sus extremos en los muros *MM* sobre que va á cargar la armadura, y otras descansa sobre ca-

(1) Cuando dos faldones inmediatos se encuentran formando un ángulo diedro entrante, lo que tiene lugar entre otros casos si la cubierta vierte las aguas á la parte interior del edificio, entónces recibe el nombre de *lima hoyá*.

necillos ó sopandas de madera *c* (fig 277) que reposan en los muros. Los dos pares se ensamblan entre sí á media madera ó en horquilla, formando el ángulo que les corresponde, y con el tirante á caja y espiga con barbilla. Se colocan paralelamente entre sí vários cuchillos como el descrito y á distancias de 3 á 4 metros, uniéndose todos por medio de una pieza horizontal *h* llamada *hilera*, que ordinariamente descansa sobre la horquilla producida por el cruzamiento en cada cuchillo de los dos pares, ó como aparece en la figura 277. Hecho esto, se establece sobre los pares otra série de piezas horizontales ó *correas dd*, que distan unas de otras 2^m 50 á lo más, y se apoyan por lo regular sobre topes de madera ensamblados á barbilla y clavados á los pares. De esta manera se obtiene el entramado de la cubierta; pero éste sistema no puede salvar espacios de más de 4 á 5 metros sin dar una gran escuadría á las piezas, y en tal caso se debe modificar.

Para dar más resistencia al cuchillo y evitar que las cargas puedan ocasionar una flexion en el tirante si éste alcanza mucha longitud ó se tiene que formar de piezas empalmadas, se coloca la pieza *pp* llamada *pendolon* (fig. 277), la cual se ensambla inferiormente con el tirante y por su extremo superior con los pares, los que se refuerzan empleando un puente ó *falso tirante e* que se ensambla directamente á los pares, ó á los *contra-pares f* si se quiere aumentar la resistencia del cuchillo. El falso tirante se coloca unas veces á la mitad de la altura del pendolon, á fin de que las dos partes en que divide á cada par se encuentran en las mismas condiciones de resistencia, y otras se sitúa á la tercera parte de la altura á partir de arriba, y entónces se fortalecen los pares colocando por la parte inferior los *contra-pares*. Adoptando este sistema de cuchillos, se puede disponer que el pendolon esté formado por dos piezas que encepén al tirante y á los pares, apretando los respectivos cruzamientos con

pasadores y tuercas, ó bien se pueden disponer inversamente, como aparece en la figura, ligando el pendolon con el tirante, falso tirante y pares, por medio de clavijas ó pasadores.

Este sistema de armaduras, que por otra parte puede afectar disposiciones muy numerosas y variadas, proporciona el medio de cubrir espacios que tengan de 20 á 25 metros de luz.

En ciertas obras de importancia se emplean en el dia armaduras de hierro, cuya disposicion, análoga á las de madera, se funda en las mismas consideraciones espuestas más arriba; pero que á causa de las menores dimensiones trasversales que exigen las piezas de hierro para resistir á una carga dada, presentan una ligereza, variedad y elegancia notables. Las uniones de las piezas de hierro se hace en general por medio de rebordes unidos con roblones ó tornillos y tuercas, con arreglo á los principios consignados en el corte de hierros.

Una vez fijada la clase de cuchillos que más convenga en cada caso, y ligados entre sí por la hilera y las correas para que permanezcan los primeros en posicion vertical, se clavan á ángulo recto sobre las carreras los *cabios nn* (fig. 277), que siguen por lo tanto la máxima pendiente de la cubierta y que suelen dejar entre sí una separacion de 0^m 30 á 0^m 50. Estos cabios se unen tambien á la hilera por medio de clavijas de hierro ó de madera, y superiormente se clavan entre sí los de dos faldones opuestos, de una manera análoga á como se indicó en la parte *yz* de la figura 262.

Sobre los cabios y á ángulo recto se clava un entablonado *mm* que sirve de base al tejado ó terrado propiamente dicho, en que termina el edificio.

Se ha supuesto hasta aquí que las armaduras correspondian á cubiertas de dos aguas; pero si tuvieran más alas ó presentaran limas hoyas, como se ve en proyec-

cion horizontal y en seccion vertical en la figura 278, se colocan los cabios desiguales *aa*, llamados *nudillos*, en las partes triangulares pertenecientes á cada faldon, procediendo en lo demás como se acaba de decir.

En las cubiertas se practican várias aberturas para dar paso á las chimeneas, guardillas, etc.; y estas aberturas se establecen en los intervalos comprendidos entre dos cuchillos de la armadura. Con este objeto se forma un recuadro comprendido entre dos correas, á las cuales se da más fuerza que á las demás, á causa de la mayor fatiga que han de experimentar, y á estas se ensamblan los cabios que deben interrumpirse en la parte de la abertura. Esta se encuentra, por lo tanto, limitada por las dos correas y dos cabios, afectando la disposicion general que se espuso al tratar de las aberturas en los suelos.

286. **Tejados y terrados.**—Una vez puesto el entablonado que recubre los cabios, se pasa á colocar encima la última parte de la cubierta, que por regla general está formada de tejas ordinarias (71).

Estas tejas se asientan formando filas contiguas unas á otras, y paralelas á los cabios, y cada una de éstas se compone de cierto número de tejas con la concavidad hácia arriba y solapando las superiores á las inferiores (fig. 279); estas filas *cc* reciben el nombre de *canales*. Despues se colocan otras filas *b* llamadas *cobijas*, en que las tejas se solapan como las anteriores, pero con la concavidad hácia abajo y recubriendo los bordes inmediatos de cada dos canales. En los caballetes y limas tesas se pone siempre una fila de cobijas; y en las limas hoyas se forma una canal, ya de tejas, ya de zinc ó de plomo.

La colocacion de las canales se dirige con cuerdas, de un modo parecido al indicado al tratar de los suelos (278), y se sientan sobre una tortada de mortero, cuidando de que cada teja recubra á la inferior $\frac{1}{3}$ ó $\frac{1}{4}$ de su longitud; y por último, se colocan tambien sobre mortero las cobi-

jas. Si no se rellenan con mortero los huecos que quedan entre las canales y se ponen directamente encima las cobijas, se dice que el tejado está á *teja-vana*.

Tambien sirven para formar tejados las pizarras, que en tal caso no son mas que unas tejas planas, y se colocan cubriendo los bordes de las inferiores con los de las superiores, y clavando cada una al entablonado por su parte superior. En vez de tejas curvas ó planas, se hace uso actualmente de planchas de plomo y aún más de zinc, y se recubren entre sí por los bordes, clavándose convenientemente al entablonado. Por último, se emplea en el dia con este objeto para edificios provisionales ó de poca importancia, *carton-piedra*, preparado para este objeto, y telas impermeables, que tambien se clavan como se acaba de decir.

Para despedir lo más pronto posible las aguas que bajan por las canales, se sitúa bajo el alero del tejado y formando á veces parte de la cornisa del edificio, una canal seguida llamada *canalon*, que presenta algunos puntos bajos, en los que se colocan tubos verticales de hierro, zinc, etc., que ya adheridos y aparentes, ó ya embebidos en los muros de fachada, llevan al suelo las aguas que recibe el tejado, sin perjuicio de los transeuntes. Hay que cuidar con todo esmero de que estos tubos sean completamente impermeables, para que la humedad no se trasmita á los muros, lo que perjudicaria mucho á la solidez del edificio.

Los *terrados* ó *azoteas* son cubiertas que tienen muy poca inclinacion y presentan una superficie bastante igual para poder andar con seguridad por encima. A este fin se emplea el plomo, zinc, hormigon y otros materiales; pero lo más comun son las baldosas, cuyas juntas se toman con buen mortero hidráulico ó betun. Tienen los terrados el grave inconveniente, de que á causa de su pequeña inclinacion es fácil que las aguas de lluvia no se

desprendan pronto, y que detenidas en cualquier punto formen goteras que destruyan las armaduras.

A continuacion se inserta un cuadro en que se consigna la inclinacion, el peso propio y el adicional que se considera generalmente en los tejados más usuales.

NATURALEZA DE LAS CUBIERTAS.	Angulo de inclinacion con el horizonte.	Peso del metro cuadrado del tejado en kilogramos.	Cubo de la madera por metro cuadrado.
Tejas planas puestas sin mezcla.	45° á 33°	60	0,063m. ³
Tejas ordinarias puestas en seco.	27° á 21°	75 á 90	0,058 id.
Tejas ordinarias con mezcla....	31° á 27°	136	0,068 id.
Pizarras.....	45° á 33°	38	0,056 id.
Zinc.....	21° á 18°	8,5	0,042 id.
Hormigon.....	21° á 18°	25	0,056 id.

En los climas frios y nevosos presentan las alas de los tejados una inclinacion de 60° ó más; pero en España sólo se les da por lo general de 20 á 27°.

ARTÍCULO IV.

CONSERVACION Y REPARACION DE LAS OBRAS.

287. **Ideas generales.**—Todas las obras se encuentran espuestas á la accion destructiva de los agentes exteriores, como la lluvia, las heladas, etc., ó á movimientos irregulares que producen asientos, bien sea en algunos puntos de la obra, ó bien en toda su estension. El constructor debe, pues, conocer estas diversas causas destructivas para anular su efecto, ó por lo ménos atenuarle, reparando en todo caso los desperfectos ó alteraciones que puedan ocasionar en una construccion cualquiera.

A ser posible se deben arreglar las degradaciones, aunque no sean de mucha importancia, á medida que aparezcan en la construccion, recibiendo este trabajo el nombre de *conservacion*; pero si esto no es posible, se procede de tiempo en tiempo al arreglo de las más peligrosas ó importantes, cuidando de dejar en buen estado una parte de la obra ántes de proseguir esta operacion en las demás partes, que es lo que constituye su *reparacion*. Se ve, por lo tanto, que el trabajo de conservacion es en esencia el mismo que el de reparacion, si bien éste es siempre más importante y costoso.

288. **Muros.**—La reparacion más frecuente en los muros es el rejuntado, que se practica de la misma manera espuesta más atrás (123). Cuando aparecen rotas ó inútiles algunas piedras ó ladrillos aislados del paramento, se reemplazan estrayéndolos por completo, quitando el mortero antiguo que haya en el hueco que resulte, y colocando por último una nueva piedra ó ladrillo que le llené por completo, teniendo ántes cuidado de revestir las paredes de la oquedad con buen mortero fresco. En el caso de que aparezcan en las juntas yerbas, se las arranca con la mayor parte que sea posible de la raiz, y se repasa la junta con mortero de buena calidad.

Si los muros han perdido su aplomo y amenazan caer, ya sea por asientos desiguales en la fundacion, ya por un empuje exterior, se puede en algunos casos volverlos á la posicion conveniente, siempre que se tengan vários puntos de apoyo bien resistentes por un lado del muro, y que éste no presente un gran espesor. En este caso se colocan ordinariamente, contra el muro y sobre los puntos de apoyo, fuertes tablones *aa*, entre los que se establece una fuerte pieza ligeramente inclinada *cd*, la cual se va comprimiendo convenientemente por uno de sus extremos, con palancas, crics ú otros medios parecidos, tratando de situarla en una posicion más próxima á la horizontal que

antes tenia. A medida que esta pieza, ó las várias que se hayan podido establecer, experimentan este esfuerzo, tienden á empujar el muro *A* en la direccion conveniente para que recobre su primitiva posicion. En esta operacion debe cuidarse de que el esfuerzo actúe de una manera regular y sin sacudidas. Este medio es bastante poderoso para los muros ordinarios de los edificios; pero si tienen mucho espesor hay que apelar á procedimientos más enérgicos.

Las grietas ó hendiduras que aparecen muchas veces en los muros, provienen por lo regular de asientos desiguales en la fábrica de que se componen, ó en el suelo sobre que descansa su fundacion. Cuando se manifiesta este accidente, es preciso observar con cuidado y durante algun tiempo, si las grietas van aumentando ó si han llegado al máximo de su abertura; y á este fin se introducen en la hendidura várias cuñas de madera ó piedra sin comprimirlas, y al menor ensanche de la grieta caerán ó experimentarán al ménos cierto movimiento.

En el caso de que la grieta no aumente, se la puede reparar demoliendo la fábrica á su derecha é izquierda; y de tal manera, que sea fácil ligar perfectamente con la fábrica antigua la nueva que se va á ejecutar en la parte demolida: á este fin se construye la nueva fábrica con materiales de la misma naturaleza que el resto, para no alterar la regularidad y aspecto de la obra; pero se eligen los más resistentes y que tengan las mayores dimensiones.

Si el movimiento del muro continúa hasta el punto de temer su caida en un tiempo más ó ménos largo, es preciso apelar á medios más enérgicos y reforzar su fundacion. Para esto se empieza por sostener el muro por medio de un *apuntalamiento*, que consiste en várias vigas de madera ó *puntales pp* (fig. 281) poco inclinados respecto á la vertical, que se apoyan por un extremo en

el suelo y por el otro se empotran en el muro: es conveniente que los extremos de los puntales se apoyen en fuertes tablones *tt*, los cuales reparten su acción sobre una superficie mayor, y que se los apriete fuertemente por medio de cuñas *cc*, que entran á golpes de maza.

Hecho esto, y por uno de los lados de la fundacion, se desmonta el terreno en una longitud de 1 á 2 metros, segun sea su naturaleza y la profundidad hasta donde se haya de llegar. Este desmonte se corta casi vertical, como se ve en la figura 282, y se mantiene en este estado por medio de fuertes piezas inclinadas *aa*, que apoyan sus cabezas sobre tablones *bb*, los cuales sostienen las paredes de la zanja ó desmonte; y este conjunto de piezas, cuya disposicion varía segun los casos, forma la *entibacion* de la zanja. Despues se escava el terreno *bbgg* que está por bajo de los cimientos, haciéndolo por partes más ó ménos grandes segun sea la naturaleza de la fábrica de la fundacion; y cuando se ha hecho este desmonte hasta el fondo de la zanja, se empieza á construir desde este punto la fábrica de los nuevos cimientos, que se va subiendo hasta llegar á los antiguos, contra los cuales se acuñan todo lo mejor posible. Si el terreno sobre que asienta el nuevo cimiento no fuese mejor que el de más arriba, se da á la fundacion un gran ensanche y se la une con la antigua por uno ó vários retallos. Cuando se ha reforzado de esta manera una parte del muro, se hace lo mismo con la adyacente, y se continúa así hasta dotarle de un nuevo cimiento en toda la estension que ocupe.

La operacion de reforzar ó aumentar los cimientos de un muro recibe el nombre de *recalce*.

En algunas circunstancias, en lugar de recalzar el muro de una manera continúa, como se acaba de decir, es preferible establecer de distancia en distancia recalces aislados formando verdaderos pilares, que sostienen el muro en los puntos que sufren más carga, y despues se

rellenan con fábrica los intervalos que separan estos pilares. En este caso se deben dejar lateralmente en los pilares las adarajas convenientes, para unirlos bien con el relleno de los intervalos.

A veces se apuntalan los muros de una manera más eficaz que la precedente, y que se debe emplear siempre que sea posible. Para esto se forma una especie de caballete de madera (fig. 283) compuesto generalmente de una carrera *aa* que atraviesa el muro de parte á parte, y de dos puntales *bb*. Si el muro tiene puertas ó ventanas, se toma la precaucion de *acodalarlas* todas, como se ve de frente en la figura 284, colocando dos tablones en las jambas de la abertura y apretándolos fuertemente con los codales inclinados *cc*. Por último, en algunos casos se puede sujetar el muro á otras construcciones empleando tirantes de hierro.

Cuando los materiales que forman el paramento del muro se separan del resto, lo que tiene lugar en muchos casos, aparece en la cara vista una protuberancia ó vientre si la separacion es muy grande, ó de no serlo, se conoce que existe, si golpeando con un martillo da un sonido sordo y oscuro, al paso que le daría claro y limpio si existiera perfecta union entre el paramento y el resto del muro. Para reparar un paramento de esta especie, se quita por completo toda la parte en que exista la separacion, se limpia y lava toda la fábrica que queda, y se construye de nuevo el paramento, uniéndole perfectamente á la antigua fábrica, tanto por los lados como por el interior. A este fin se pueden emplear en la nueva fábrica grandes tizonas que entren en cavidades abiertas en la antigua, ó fuertes grapas de hierro que se empotran por un extremo en los materiales antiguos y por el otro en los que forman el nuevo paramento: tambien se forman con este objeto en la fábrica antigua taladros ó barrenos horizontales de 5 á 6 centímetros de diámetro y

de 0^m 50 á 0^m 60 de profundidad, separados entre sí como 1^m 50, y en ellos se introduce la cola bifurcada de un ancla, cuya cabeza se empotra en piedras convenientemente elegidas del nuevo paramento, presentando la misma disposicion que se describió en el número 139.

289. **Bóvedas.**—Si una bóveda estuviera en estado ruinoso, ya por encontrarse deterioradas ó destruidas algunas dovelas, ya por presentar grietas más ó ménos grandes, hay necesidad de proceder á su reparacion.

En el primer caso y cuando las dovelas inútiles están aisladas y son poco numerosas, se tienen que reemplazar estas dovelas por otras nuevas, para lo cual se seguirá el mismo procedimiento que se ha espuesto al tratar de los muros para una operacion semejante. Debe, sin embargo, tenerse en cuenta, que por la forma de cuña de las dovelas es preciso colocar las nuevas por el trasdós, para lo cual será preciso desmontar total ó parcialmente la parte que cubra á la bóveda.

Si el número de dovelas deterioradas fuese grande, ó formase zonas contínuas, de tal manera que pudiera temerse la caida de la obra durante las operaciones de la reparacion, sería preciso sostenerla ó apearla; y el medio que indudablemente llena este objeto con más eficacia, es el establecimiento de una cimbra. Esto no obstante, basta en los casos ordinarios levantar uno ó dos cuchillos sobre los que venga á descansar el contorno de la zona que se trata de reparar, cuchillos que á veces se reducen á las piezas más indispensables, por la poca presion que tienen necesidad de resistir, á causa de estar ya cerrada la bóveda.

Algunas veces se presentan en las bóvedas, así como en los muros, grietas de mucha longitud y poco ancho; y para ligar entre sí las dos partes de la obra que separa, se apela al procedimiento llamado de inyeccion. Este consiste en limpiar y lavar en cuanto sea posible el interior

de la grieta, y despues se cubre el paramento con buen mortero de cemento, del mismo modo que se hace el rejuntado; pero de trecho en trecho se dejan algunos puntos sin rejuntar, apareciendo en el paramento como agujeros. Hecho esto, se llena con buen mortero de cemento algo claro una bomba en forma de jeringa, y comenzando por el agujero más bajo, se inyecta con fuerza el mortero en el interior de la grieta. Al verificar la inyeccion el aire interior sale por los agujeros superiores ó por el que se inyecta el mortero, para lo cual se cuida de no taparlo por completo al colocar la bomba, y se repite esta operacion en el mismo agujero hasta que el mortero salga por el inmediato superior, ó cuando ya no se pueda inyectar más. De la misma manera se sigue con los demás agujeros hasta llegar á la otra estremidad de la grieta.

290. **Obras de madera.**—Las partes de las piezas de madera que se deterioran con más rapidez, son las que forman su recíproca union ó ensamblaje, y por lo tanto es preciso examinarlos cuidadosamente y asegurarse de su estado de conservacion, para lo cual se practica una incision con el cincel, ó un taladro con el berbiquí ó la barrena.

En general se hace uso de la brea ó pintura para conservar las maderas empleadas en las obras, aplicando estas sustancias con las precauciones indicadas en otro lugar (104); pero si la putrefaccion de la madera estuviere tan adelantada que fuera preciso renovar várias de las piezas, conviene hacer esta operacion por partes, lo cual presenta pocas dificultades. Si alguna vez las piezas nuevas no se pueden unir á las que quedan con el mismo ensamblaje que ántes habia, se adopta otra especie distinta entre los que aparecen en el corte de maderas y que convenga á cada caso particular.

Cuando la reparacion haya de tener lugar en grandes obras de madera, como puentes, cubiertas, etc., hay ne-

cesidad muchas veces de sostenerlas ó apearlas durante los trabajos, á cuyo fin se hace uso de piezas provisionales, que presentan suma variedad en su disposicion, si bien se debe siempre tratar de que su establecimiento y demolicion sea lo más fácil posible.

A veces se consolidan las obras de madera y se aumenta su resistencia haciendo uso de varillas de hierro, que fileteadas por sus extremos se pueden atirantar cuanto convenga, ó bien empleando pernos, cinchos, etc., cuya forma y colocacion varían estraordinariamente en cada caso.

291. **Tejados.**—Ante todo, es necesario cuidar de que el entablonado sobre que descansa el tejado se conserve en buenas condiciones de resistencia, renovando en caso necesario las tablas deterioradas ó inútiles.

Se debe tratar con todo esmero de que se conserve en buen estado ó de reponer el mortero sobre que asientan las cobijas en general, y más particularmente las que forman los caballetes y limas tesas; y otro tanto debe hacerse con las canales y limas hoyas, en las que se acumula más ó ménos cantidad de agua durante las lluvias. Estas últimas deben estar constantemente limpias para dejar libre el paso de las aguas, sin cuya condicion se forman fácilmente goteras, por las que se infiltra el agua al entablonado inferior, que deteriora con rapidez.

Si el tejado es de pizarra, se debe examinar de cuando en cuando si los clavos que sujetan las pizarras al entablonado se aflojan ó desprenden, afianzándolos en tal caso con los mismos clavos ó con otros nuevos, ó renovando el entablonado si fuese necesario, ya en todo, ya en una parte solamente de su estension.

Cuando la cubierta es de hojas metálicas, las reparaciones se limitan ordinariamente á renovar las planchas que resulten rotas, hendidas ó perforadas, ó á practicar algunas soldaduras, que deben hacerse con mucho cuidado

para que no se rompan las planchas unidas, pues de lo contrario se las tendria que reemplazar con otras nuevas.

Aunque en la conservacion y reparacion de las obras entran otras várias operaciones á más de las indicadas, éstas puede decirse que son las de mayor importancia y de más frecuente aplicacion.

APÉNDICE I.

DIMENSIONES DE LAS OBRAS.

292. **Consideraciones generales.**—Atendido el carácter práctico de este libro, no entraremos aquí en las teorías que han servido de fundamento para deducir las fórmulas ó métodos gráficos que se emplean ordinariamente para determinar las dimensiones de las partes principales que constituyen una obra cualquiera. Nos limitaremos por lo tanto á consignar los resultados admitidos en la práctica para este objeto, los que segun comprueba la esperiencia, proporcionan dimensiones suficientes para dotar á las obras de una completa estabilidad y resistencia.

293. **Apoyos aislados.**—Ya se ha visto (195 á 199) que los apoyos aislados tienen por objeto sostener un peso ó carga superior, y en virtud de esto experimentan un esfuerzo de *compresion* más ó ménos intenso, al que tienen que contrarestar para dotar á la obra de la conveniente solidez.

La siguiente tabla contiene los datos que la esperiencia ha proporcionado acerca de la resistencia á la *compresion* de vários materiales.

Tabla de los pesos específicos y de las cargas capaces de aplastar los cuerpos espuestos á una compresion, tales como las columnas ó apoyos aislados, muros, etc., siendo su base ó seccion transversal un centimetro cuadrado.

NOMBRE DE LOS CUERPOS.	PESO del decímetro cúbico ó peso específico.	PESO que aplasta las piezas por centimetro cuadrado de seccion.	PESO de que se las puede cargar con seguridad cuando su lon- gitud es menor ó igual á 12 veces el lado de la seccion.
	Kilógramos.	Kilógramos.	Kilógramos.
Piedras.			
Granito de Guadarrama empleado en Madrid.....	2,50	350	35
Piedra silícea.....	2,53	460	46
Piedra arenisca muy dura.....	2,50	870	87
Id. arenisca blanda.....	2,49	4	0,4
Id. arcillosa.....	2,66	68	6,8
Mármol blanco.....	2,69	310	31
Caliza muy dura. } Empleadas en el acue-	2,75	468	46,8
Caliza ordinaria. } ducto de Madrid. .	2,43	224	22,4
Caliza tierna.....	1,82	60	6
Caliza inferior que resiste mal al agua.....	1,56	20	2
Ladrillo duro muy cocido.....	1,56	150	15
Ladrillo empleado en el acueducto de Madrid.....	1,59	100	10
Ladrillo rojo ó rosado.....	2,17	60	6
Id. mal cocido.....	2,09	40	4
Id. vitrificado.....	»	100	10
Yeso forjado con agua.....	1,57	50	5
Yeso forjado con lechada de cal...	»	60	6
Mortero de cal y arena de rio....	1,63	35	3,5
Mortero de cal y arena de mina...	1,59	40	4
Id. de cemento ó polvo de teja ó ladrillo.....	1,46	48	4,8
Id. de puzolana de Nápoles..	1,46	37	3,7
Maderas.			
Encina fuerte.....	1,00	300 á 400	30 á 40
Id. floja.....	0,90	100	10
Pino de Soria.....	0,48	262	26
Metales.			
Hierro forjado.....	7,78	2600	520
Hierro fundido.....	7,20	7680	1536
Acero.....	7,82	»	»

Cuando la longitud del cuerpo es mayor que 12 veces el lado de la seccion transversal, se admite que los números de las dos últimas columnas anteriores se reducen á las tres cuartas partes, si la longitud es de 12 á 24 veces el lado de la seccion; á una mitad cuando la relacion sea de 24 á 48 veces, y á un sétimo si es de 48 á 60.

Los pilotes clavados en el terreno hasta el rechazo, pueden resistir de 30 á 35 kilogramos y aún más por cada centímetro cuadrado de su seccion transversal.

En general se toma para carga de seguridad en las construcciones de madera y piedra el $\frac{1}{10}$ de la que las aplastaria, y á veces hasta el $\frac{1}{6}$ y aún el $\frac{1}{5}$; y en las de hierro se admite del $\frac{1}{5}$ al $\frac{1}{3}$.

Así por ejemplo, si se trata de un pilar cuadrado de ladrillo, que haya de sufrir una carga de 10000 kilogramos, y con arreglo á lo que se acaba de esponer y al cuadro anterior se admite para carga de seguridad 6 kilogramos, se dividirá el primer número por el segundo, y el cociente 1667 serán los centímetros cuadrados que deberá tener la seccion transversal, y el lado de ésta será la raiz cuadrada del cociente, ó sean en números redondos, 41 centímetros. Si en lugar de ser cuadrada la seccion del pilar fuese un rectángulo del que se conociera un lado, se dividiria por éste los 1667 centímetros cuadrados y el cociente daria el valor del lado desconocido. Por último, si la seccion fuera circular, se determina su diámetro multiplicando los 1667 centímetros cuadrados de la seccion por 1274, y la raiz cuadrada de este producto dará el diámetro buscado, que en el supuesto admitido resultaria de 46 centímetros.

294. **Muros.**—Los muros llamados de *sostenimiento*, porque sostienen tierras, presentan á veces en su seccion vertical (fig. 285) una forma rectangular, y en tal caso se determina su espesor *ab* por la fórmula práctica

$$e = 1,50 (H + h) \operatorname{tang.} \frac{1}{2} \alpha \sqrt{\frac{\pi}{3\pi'}} \dots\dots (a).$$

Siendo e el espesor buscado; H la altura ac del muro; h la dg de la sobrecarga; α el ángulo que forma el talud natural de las tierras con la vertical, y π y π' los pesos respectivos del metro cúbico de las tierras y de la fábrica del muro.

Esta fórmula se reduce para las tierras y mamposte-rías ordinarias á

$$e = 0,285 (H + h).$$

A continuación se inserta una tabla que da los espe-sores que deben tener los muros según la clase de su fá-brica y la naturaleza de las tierras que sostienen, en el supuesto de que éstas no forman sobrecarga.

	Tierra vegetal ordinaria. — Peso del metro cúbico. $\pi=1100$ k.	Tierra arcillosa. — Peso del metro cúbico. $\pi=1240$ k.	Tierra mezclada con grava gruesa. $\pi=1600$ k.	Tierra mezclada con grava pequeña. $\pi=1458$ k.	Arena cuyo metro cúbico pese $\pi=1340$ k.	Escombros, ripios, etc. $\pi=1750$ k.	Tierra jabonosa. $\pi=1580$ k.
Fábrica de ladrillo con un peso por metro cúbico, ó $\pi'=1750$ k.s.....	$e=0,16$ H	$e=0,17$ H	$e=0,19$ H	$e=0,19$ H	$e=0,33$ H	$e=0,24$ H	$e=0,54$ H
Mampostería ordinaria siendo $\pi'=2200$ k.s.....	$e=0,15$ H	$e=0,16$ H	$e=0,17$ H	$e=0,17$ H	$e=0,30$ H	$e=0,22$ H	$e=0,49$ H
Sillería; $\pi'=2700$ k.s.....	$e=0,13$ H	$e=0,14$ H	$e=0,16$ H	$e=0,15$ H	$e=0,26$ H	$e=0,17$ H	$e=0,44$ H
Hormigon; $\pi'=2360$ k.s.....	$e=0,14$ H	$e=0,15$ H	$e=0,17$ H	$e=0,16$ H	$e=0,30$ H	$e=0,21$ H	$e=0,47$ H
Fábrica mixta de ladrillo y mampostería; $\pi'=1950$ k.s.....	$e=0,16$ H	$e=0,17$ H	$e=0,19$ H	$e=0,18$ H	$e=0,32$ H	$e=0,23$ H	$e=0,51$ H

CLASE DE FÁBRICA.

Si en la construcción del muro no se hace uso del mortero, formando lo que se llama un muro seco, se halla su espesor aumentando en $\frac{1}{4}$ el que darían las fórmulas precedentes y en las mismas circunstancias para un muro de mampostería ordinaria.

En general, si un paramento tal como el exterior de un muro cualquiera, tuviese un talud menor que $\frac{1}{6}$ de la altura del muro, los mismos espesores hallados en el supuesto de que su sección vertical sea rectangular, determinarían el que le correspondería al $\frac{1}{9}$ de su altura total á contar desde la base, según se ve en la línea de trazos *ih* de la misma figura 285. De suerte, que en todos los casos se puede sustituir un muro de sección rectangular por otro en talud, que tenga la misma altura total que el primero é igual espesor que este al $\frac{1}{9}$ de esta altura; correspondiéndole por lo tanto, y á causa del talud, menor espesor en la coronación y mayor en la base.

Cuando el muro tenga sus paramentos verticales y deba sostener una masa de agua en lugar de tierras, no podrá existir sobrecarga, y la fórmula (a) se convierte en tal caso en

$$e = 1,50 H \sqrt{\frac{\pi}{3\pi'}}$$

Siendo conocido en esta ecuación el peso del metro cúbico del agua ó π , que es de 1000 kilogramos.

Si se quisiera que un paramento presentase un talud menor que el $\frac{1}{6}$ de la altura del muro, se procedería á verificar esta transformación de la misma manera que en el caso anterior.

295. **Muros aislados.**—El espesor que en la práctica se da á un muro que esté completamente aislado, se determina por la fórmula

$$e = 20 \sqrt{\frac{H}{\pi'}}$$

conservando las letras la misma significacion que se las ha dado más arriba.

296. **Muros de cerramiento.**—Si en lugar de estar aislado el muro se uniese á otros, como sucede por ejemplo en los cercados, se puede hallar su espesor por la fórmula

$$e = \frac{H}{n} \frac{l}{\sqrt{l^2 + H^2}}$$

en la que l representa la longitud del muro, y n vale 8; 10 ó 12, segun que se quiera obtener una estabilidad grande, regular ó pequeña. Pero como en general el término H^2 del radical es bastante pequeño respecto al l^2 , se puede prescindir del primero, y la fórmula se reduce éntonces á

$$e = \frac{H}{n},$$

lo que indica que el espesor en este caso es el $\frac{1}{8}$, el $\frac{1}{10}$ ó el $\frac{1}{12}$ de la altura del muro.

297. **Muros de edificios formados por cuatro paredes cubiertas con un tejado.**—Cuando la armadura del tejado está bien construida, éste sólo carga por su peso sobre los muros, y en tal caso se determina el espesor de éstos por la espresion

$$e = \frac{H}{12} \frac{l}{\sqrt{l^2 + H^2}},$$

siendo l el ancho del edificio.

298. **Muros de casas.**—En las casas ó edificios de vários pisos, se adoptan los siguientes valores para el espesor de sus diferentes paredes en el piso bajo.

	Paredes de fachada. — <i>Centímetros.</i>	Idem de medianería. — <i>Centímetros.</i>	Idem divisorias. — <i>Centímetros.</i>
En las casas particulares.....	40 á 65	42 á 55	32 á 48
En edificios públicos algo conside- rables.....	65 á 100	55 á 65	40 á 55
En los grandes edificios y palacios.	120 á 250	100 á 150	70 á 120

Los muros ó paredes de fachada pueden formar en su paramento exterior un solo plano vertical, ó dejar un pequeño escalon entrante en cada piso: el ancho de cada escalon suele aumentar con la importancia del edificio y varía desde 0^m 01 hasta 0^m 10 y más. Las medianerías y aun las paredes divisorias se levantan de ordinario á plomo ó verticalmente.

Las subdivisiones secundarias de los edificios ó *tabiques* se construyen usualmente de entramado de madera, cuyos claros se rellenan con ladrillos de panderete ó con yesones: el espesor que se los da es variable y puede reducirse hasta 0^m 05.

299. **Bóvedas. Espesor en la clave.**—Para que una bóveda presente la resistencia necesaria, debe tener cierto grueso en su parte central ó superior, que es lo que se llama *el espesor de la clave*, y para hallarle, se hace uso de la fórmula empírica siguiente

$$e = \frac{1 + 0,1d}{3},$$

en la cual *d* representa siempre la luz de la bóveda ó la distancia entre sus estribos. Este espesor *e* es aplicable lo

mismo á las bóvedas de medio punto que á las escarzanas y carpaneles.

Tambien puede determinarse el espesor de la clave en una bóveda de cualquiera de las tres clases citadas, haciendo uso de la fórmula

$$e = \sqrt{0,12 \times R} ,$$

en la que R es el rádio de curvatura del intradós en su punto más alto ó en la clave.

300. **Trazado de la curva de trasdós.**—Conocida la forma de la curva de intradós y habiendo fijado como se acaba de decir el espesor de la bóveda en la clave, se determina el trasdós trazando una curva equidistante del intradós, ó lo que es mejor haciendo que aumente su distancia desde la clave á los arranques.

Si el intradós es semicircular ó escarzano (fig. 286), se trazan sobre la línea horizontal OA que pasa por el centro del círculo, una paralela $O'A'$ y distante el espesor de la clave, ó sea $OO' = e$. Trazando despues desde el centro O' una línea cualquiera $O'C$ que corta en B á la recta OA , y tomando desde C en la prolongacion de OC la distancia $CC' = O'B$, se tendrá el punto de trasdós C' correspondiente al C .

Cuando las curvas de intradós sean carpaneles ó elípticas (fig. 287), se toma sobre la vertical del centro de la clave una longitud AO igual al rádio de curvatura en aquel punto del intradós, y sobre el punto O se traza la horizontal $O'D$ distando de O el espesor de la clave, y por lo tanto $OO' = e$. Para obtener el espesor en un punto cualquiera C , se traza en este punto la normal del intradós, y desde O se tira la OK paralela á esta normal: tomando OK igual al rádio de curvatura del intradós en el punto C ; uniendo el punto K con el A , y trazando desde H , inter-

seccion de la OK con la DO' una paralela HL á la AK , la OL se llevará en la normal desde C á C' , que será un punto del trasdós.

Las curvas de trasdós determinadas por estos procedimientos dan en los arranques de las bóvedas espesores excesivos, que á veces son infinitos, y para evitar este inconveniente sólo se toman de estas curvas la parte comprendida entre la clave y la normal al intradós que forma con la horizontal un ángulo de 30° . El punto límite M así obtenido, se enlaza con el N , que corresponde al espesor del estribo, y que se fijará despues, ya por una série de escalones, ya por un plano inclinado.

Estas curvas de trasdós pueden aparecer en los frentes de la bóveda, ó pueden sustituirse por líneas horizontales y verticales, para que las dovelas se enlacen bien con los sillares de los muros en que muchas veces termina la bóveda.

301. **Espesor de los estribos.** — Las fórmulas prácticas que sirven para calcular el espesor de los estribos, segun sea la naturaleza del arco de intradós de la bóveda, son las siguientes:

$$\text{Arco escarzano.....: } E = (0,33 + 0,212d) \sqrt{\frac{h}{H} \times \frac{d}{f+e}}$$

$$\text{Arco de medio punto: } E = (0,60 + 0,162d) \sqrt{\frac{h+0,25d}{H} \times \frac{0,865d}{0,25d+e}}$$

$$\text{Arco carpanel.....: } E = (0,43 + 0,154d) \sqrt{\frac{h+0,54b}{H} \times \frac{0,84d}{0,465b+e}}$$

En cuyas fórmulas representan: E el espesor de los estribos; d la luz de la bóveda; f la flecha ó altura de la misma; h la altura de los estribos, ó sea la distancia ver-

tical entre la parte superior de las fundaciones y el arranque de la bóveda; e el espesor de la bóveda en la clave; b en las bóvedas carpaneles se ha establecido en la hipótesis de ser el intradós una elipse que tenga por eje mayor $d=2a$, y por semieje menor $f=b$; y por último, H es la distancia vertical entre la parte superior de las fundaciones y la parte más elevada del terraplen que en muchos casos de aplicación recubre á la bóveda, y cuya altura ordinariamente es de $0^m 60$ en los puentes; así es que se tiene por punto general $H=h+f+e+0^m 60$.

En los mejores ejemplos de puentes, el espesor de los estribos varía entre $\frac{1}{3}$ $\frac{1}{5}$ del radio de curvatura correspondiente al arco de intradós en su punto más alto.

302. Espesor de las pilas.—Cuando hay una serie de arcos contiguos, como sucede muchas veces en los puentes, cada pila ó apoyo intermedio debe resistir por lo ménos al peso de los dos semiarcos inmediatos; pero en la práctica se las da ordinariamente de espesor, unas veces de $\frac{1}{6}$ á $\frac{1}{7}$ de la luz de los arcos, y otras el doble más un cuarto ó un medio del espesor de la clave. En algunos casos se reduce este espesor hasta $\frac{1}{10}$ de la luz de los arcos.

Dando á las pilas estas dimensiones, la caída de un arco arrastraría también la de los demás, y para evitar esto se colocan, cuando el número de arcos es grande, algunos apoyos que puedan por sus dimensiones resistir el empuje de los arcos inmediatos: cada uno de estos apoyos recibe en consecuencia el nombre de pila-estribo, como ya se dijo en otro lugar (238). Se puede hallar el espesor que necesitan en este caso, ya sea por medio de las fórmulas que determinan el de los estribos, ó ya tomando del quinto al cuarto de la luz de los arcos.

303. Puentes de fábrica.—Las dimensiones de las partes principales de un puente de fábrica, se determinan exactamente de la manera que se acaba de esponer

en las bóvedas; y si tiene muros de acompañamiento ó en ala, se fijan también sus dimensiones con arreglo á lo más arriba establecido.

Debe tenerse además en cuenta, que al construir un puente siempre se estrecha en las crecidas la sección de desagüe de la corriente que salva, ya sea por las pilas, ya por el espacio que ocupan los estribos si las primeras no existieran. Este estrechamiento produce aguas arriba de la obra una elevación en el nivel del líquido ó *remanso*, que si fuera grande podría ocasionar la inundación de los terrenos inmediatos á las márgenes.

Para conocer este efecto, supongamos que AC , BD (fig. 288) representa la proyección de una pila sobre un plano vertical paralelo á la corriente, y GEF la inclinación de la superficie del agua ántes de construir el puente: á consecuencia del estrechamiento de que se ha hecho mérito, la velocidad del agua en la extensión EF que ocupa la pila aumentará, así como también la altura de la superficie líquida, que aguas arriba de la obra estará representada por la línea HK .

Llamemos Ω el área de la sección transversal del río ántes de construir el puente, tal como apareceria en el plano vertical AC perpendicular al de la figura; V , la velocidad media que en este caso tendría el agua; ω el área de la sección despues de construir el puente; I la inclinación por metro del río; S la longitud AB ó EF de los apoyos; H la altura EK del remanso y g la fuerza de la gravedad, que en Madrid es igual á $9,^m 80$. En este supuesto la fórmula

$$H = \left(\frac{V^2}{2g} + SI \right) \left(\frac{\Omega^2}{m^2 \omega^2} - 1 \right)$$

dará la altura EK del remanso. El valor del coeficiente m es 0,95 cuando los tajamares de los apoyos tienen una

seccion semicircular; de 0,90 cuando terminan en ángulo obtuso, y 0,85 cuando tienen forma rectangular. Se admite que la superficie del agua que presentaba una inclinacion uniforme ántes de construir el puente, se transforma despues de construido en una superficie cóncava, que partiendo del punto K toca á la superficie primitiva en un cierto punto situado aguas arriba y á una distancia más ó ménos grande: por la parte de aguas abajo la nueva superficie se une á la primitiva en el punto F .

304. **Obras de madera.**—Cuando las piezas de madera sólo sufren esfuerzos en direccion de sus ejes, experimentan únicamente una presion ó una tension; pero si la direccion de las fuerzas es perpendicular á la longitud de las piezas, como sucede á los largueros de los puentes y á las vigas de los suelos, éstas tienden á doblarse y experimentan una *flexion*. Entre las diversas posiciones que pueden afectar las piezas de madera en una construccion, espondremos á continuacion las más frecuentes, señalando las fórmulas que en cada caso determinan la flexion y la carga de rotura de la pieza prismática. (En las fórmulas del siguiente cuadro, l representa la longitud de las piezas cuando están empotradas, y la mitad del intervalo entre los apoyos si están apoyadas por uno ó ambos extremos; indicando la letra B en las figuras correspondientes el punto en que la pieza tiende á romperse.)

DISPOSICION DE LAS PIEZAS.	PESOS Ó CARGAS que producen la rotura.	ESFUERZOS sobre cada apoyo.	FLECHA ó descenso debido á la carga.
1. Pieza empotrada horizontalmente y cargada de un peso P en la otra estremidad (fig. 289).....	$P = \frac{\sigma}{l}$	»	$f = \frac{P}{\epsilon} \frac{l^3}{3}$
2. Pieza descansando horizontalmente sobre dos apoyos y cargada en el medio de un peso $2P$ (fig. 290).....	$2P = \frac{2\sigma}{l}$	P	$f = \frac{P}{\epsilon} \frac{l^3}{3}$
3. Pieza empotrada horizontalmente y cargada uniformemente de pesos p cuya suma es pl (fig. 291)...	$pl = \frac{2\sigma}{l}$	»	$f = \frac{pl}{\epsilon} \frac{l^3}{8}$
4. Pieza descansando horizontalmente sobre dos apoyos y cargada uniformemente de pesos p (fig. 292).	$2pl = \frac{4\sigma}{l}$	pl	$f = \frac{pl}{\epsilon} \frac{5l^3}{24}$
5. Pieza descansando horizontalmente sobre dos apoyos cargada como la anterior y además de un peso $2P$ en el medio (fig. 293).....	$2P + pl = \frac{2\sigma}{l}$	$P + pl$	$f = \frac{P}{\epsilon} \frac{l}{3} + \frac{pl}{\epsilon} \frac{5l^3}{24}$
6. Pieza empotrada horizontalmente por una estremidad, descansando por la otra sobre un apoyo y cargada de un peso $2P$ distante z del punto de empotramiento (fig. 294)...	$2P = \frac{8\sigma l^2}{Z(z^2 - 6lz + 8l^2)}$	$2P \frac{z^2(6l - z)}{16l^3}$	$f = \frac{P}{\epsilon} \frac{z^2}{3} (2l - z) \sqrt{\frac{2l - z}{6l - z}}$
7. Pieza empotrada horizontalmente en sus dos extremos y cargada en el medio del peso $2P$ (fig. 295).....	$2P = \frac{4\sigma}{l}$	»	$f = \frac{P}{\epsilon} \frac{l^3}{12}$

Para determinar los valores de f de la última columna, hay que sustituir en lugar de ε sus valores, que son: si la sección transversal de la pieza es rectangular, cuyo lado horizontal es igual á a y el vertical á b (fig. 296)

$$\varepsilon = 1000.000000 \frac{ab^3}{12} .$$

En las fórmulas de la segunda columna se determina el valor de los primeros miembros si se pone en lugar de σ su equivalente, que es

$$\sigma = 1000000 \frac{ab^2}{6} ,$$

y de esta manera se deduce el peso que puede resistir la pieza con seguridad completa.

Si se quiere conocer, por ejemplo, el mayor peso $2P$ que puede sostener en el punto medio de su longitud una viga de madera apoyada por sus extremos, distando estos apoyos 4 metros, y teniendo la sección transversal de la pieza 0^m 1 de ancho por 0^m 14 de altura, tendremos aplicando las fórmulas del 2.º caso consignado en el cuadro

$$2P = \frac{2\sigma}{l} = \frac{2 \times 1000000 \frac{0,1 \times 0,0196}{6}}{2} = 326,67 \text{ kilóg.}$$

Para determinar la flecha que esta carga causaria, tendríamos la espresion

$$f = \frac{163,33}{1000.000000 \frac{0,1 \times 0,002744}{12}} \frac{8}{3} = 0^m 0071$$

próximamente.

En este ejemplo se ha prescindido del peso propio de la pieza; pero si se quisiera tener en cuenta, como debe hacerse, apelariamos al 5.º caso del cuadro anterior. Para conocer el peso propio de la pieza, sabemos que su volumen por metro de longitud es $0,1 \times 0,14 \times 1 = 0,014$ de metro cúbico, ó sean 14 decímetros cúbicos; y si la madera, suponemos que es de pino de Soria, cuya densidad es de 0,48 (293), tendremos que el peso buscado por metro lineal será $14 \times 0,48 = 6,72$ kilogramos, y la fórmula referida se convertirá en

$$2P + 2 \times 6,72 = \frac{2 \times 1000000 \frac{0,1 \times 0,0196}{6}}{2} = 326,67;$$

de donde

$$2P = 326,67 - 13,44 = 313,23 \text{ kilogramos.}$$

La flecha será en este caso

$$\begin{aligned} f &= \frac{163,33}{1000.000000 \frac{0,1 \times 0,002744}{12}} \times \frac{8}{3} \\ &+ \frac{6,72 \times 2}{1000.000000 \frac{0,1 \times 0,002744}{12}} \times \frac{5 \times 8}{24} \\ &= 0,0071 + 0,00098 = 0^m 00808; \end{aligned}$$

y la carga que experimentará cada apoyo tendrá por valor

$$163,33 + 6,72 \times 2 = 176,77 \text{ kilogramos.}$$

Si por el contrario, conociéramos la longitud de la pieza y la carga que deberá experimentar en su punto medio, y quisiéramos deducir las dimensiones trasversa-

les que debería tener para resistir convenientemente, despejaríamos el valor de σ en la segunda columna del 2.º caso, y resultaría

$$\sigma = Pl,$$

y como $\sigma = 1000000 \frac{ab^2}{6}$, tendríamos

$$ab^2 = \frac{6Pl}{1000000};$$

en cuya ecuacion se conoce el segundo miembro; y para deducir los dos factores del primero, basta establecer, que los dos lados contiguos del rectángulo que forma la seccion transversal de la pieza de madera guarden entre sí una cierta relacion, como se consignó en el cuadro inserto en el núm. 101. Así por ejemplo, si a es el lado menor, el otro lado valdrá en general $a\sqrt{2}$, y por lo tanto, el primer miembro de la ecuacion se podrá poner en la forma $2a^3$ y despejar desde luego el valor de a (1).

Si en lugar de estar colocada la pieza horizontalmente, como se ha supuesto en los casos anteriores, presentara una cierta inclinacion AB (fig. 297), se podrán admitir para las aplicaciones prácticas y siempre que el ángulo de inclinacion con la horizontal no esceda de 45° , las mismas fórmulas espuestas en el cuadro anterior, cuidando en todos los casos de poner respectivamente $P \cos. \alpha$ y $p \cos. \alpha$ en lugar de P y p , siendo α el ángulo que forma la pieza con el horizonte. Este caso es de uso frecuente en la determinacion de las dimensiones de los pares que entran á formar los cuchillos de las cubiertas; pero si se quieren simplificar aún más las operaciones

(1) Cuando una pieza de madera de seccion rectangular está sometida á una fuerza perpendicular á su longitud, se dispone de manera que su cara mayor sea paralela á la fuerza, en cuyo caso se encuentra en las mejores condiciones de resistencia.

para esta última clase de obras, se puede dar para lado de la sección transversal de los pares $\frac{1}{13}$ de su longitud; al tirante $\frac{1}{18}$ de su luz si cuelga de él un suelo, y en caso contrario $\frac{1}{24}$; á los puentes, sopandas y tornapuntas $\frac{1}{24}$ de su longitud; á las viguetas ó correas $\frac{1}{12}$ del intervalo de los cuchillos ó cerchas; á la cumbrera 16×18 centímetros; á los cabios 8×12 centímetros, y á las soleras 12×28 centímetros.

APÉNDICE II.

TIEMPO INVERTIDO EN LA EJECUCION DE DIVERSOS TRABAJOS RELATIVOS Á LA CONSTRUCCION.

Para poder determinar con exactitud el importe de una obra cualquiera, es necesario conocer el jornal que gana cada operario ocupado en ella y la cantidad de trabajo que puede ejecutar. Si alguno de los materiales que se emplean los presenta ya el comercio mejor ó peor preparados, como entre otros sucede muchas veces con el cemento, la madera, y principalmente el hierro, hay que saber el precio de la unidad puesta al lado de la obra en que se va á emplear.

Estos últimos precios, y sobre todo el jornal de los operarios, son sumamente variables aún en una misma localidad; pero se conocen fácilmente en cada caso de aplicación por los informes que pueden tomarse con este objeto.

La cantidad de trabajo que un operario puede realizar es ménos variable, y como términos generales de los resultados obtenidos en numerosas esperiencias practicadas en condiciones diversas, pueden aceptarse los que se consignan á continuación.

CUADRO

del tiempo que invierte uno ó más operarios en ejecutar diversas clases de trabajos.

CALES, MORTEROS Y HORMIGONES.

INDICACION de los trabajos.	RESULTADOS obtenidos por diversos autores. — Horas.	OBSERVACIONES.
Apagado de 1 metro cúbico de cal grasa (0 ^{mc} 45 de cal viva), comprendiendo el servicio del agua; un peon.	7,14; 8,00	En el precio del mortero se debe tener en cuenta el desperdicio que experimenta la cal cuando se apaga á causa de los trozos mal cocidos ó huesos.
Id. id. cal hidráulica (0 ^{mc} 62 cal viva); un peon.	10,00	
Fracturación y zarandeado de 1 ^{mc} de arcilla cruda; un peon.	3,33	
Fabricación de 1 ^{mc} de mortero de cal grasa	10,00; 14,50	El desperdicio que experimenta el mortero en su empleo, es próximamente $\frac{1}{20}$ de su volumen.
Id. id fabricado en tonel: La caballería que mueve el árbol.	2,00	
Un peon.	3,33	
Fabricación de 1 ^{mc} de mortero de cal hidráulica. . . .	15,00	Comprendiendo el apagado de la cal, la fabricación del mortero y la mezcla: entra 0 ^{mc} 70 de mortero y 0 ^{mc} 70 de piedra.
Id. id de hormigon.	16,00	
La mezcla con rastra del mortero y la piedra.	5,00	

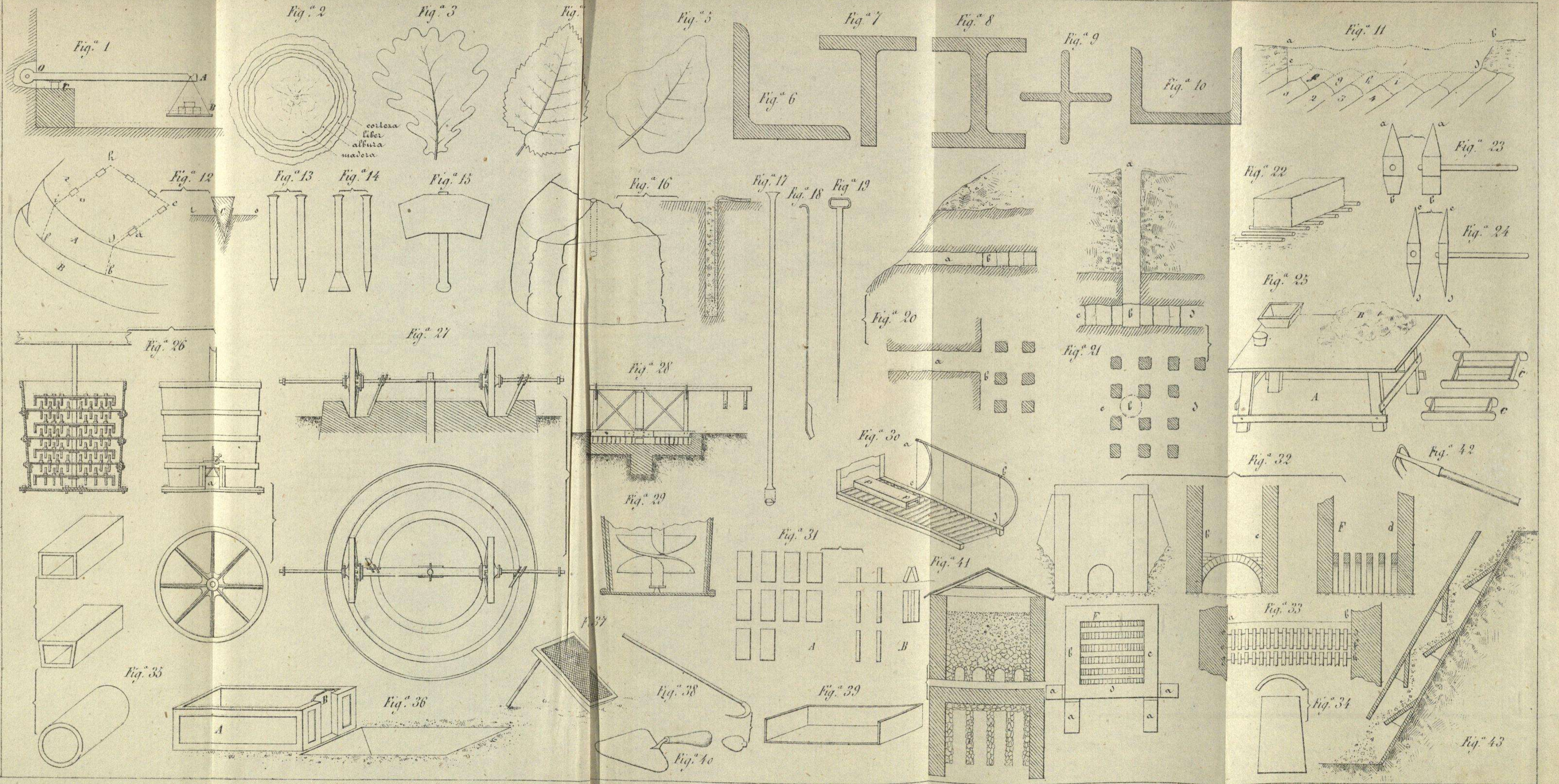
DIVERSAS CLASES DE FÁBRICAS.

INDICACION de los trabajos.	RESULTADOS obtenidos por diversos autores. — Horas.	OBSERVACIONES.
Estraccion de la cantera de 1 ^m de sillería de granito y desvaste; un cantero y un auxiliar.	25,00	
Id. id. de sillarejo con el mismo personal.	20,00	
Labra poco fina de 1 ^m cuadrado de sillería blanda entre cintas ó tiradas; un cantero.	7,73; 7,50	
Para la labra de los paramentos curvos una mitad más, y para las puntas $\frac{1}{3}$ de la de los paramentos.		
Labra fina de 1 ^m cuadrado de mármol.	21,01	
Id. id. de granito.	30,00	
Construccion de 1 ^m cúbico de sillería para paramentos de muro, bóvedas, pretiles, etc.; un albañil, dos oficiales y un peon.	4,00; 3,70	} 0,10 m cúbicos de mortero.
Construccion de 1 ^m cúbico de sillería para apoyos aislados, pilas, etc.; un albañil y un peon.	10,81	} 0,10 m cúbicos de mortero.
Id. id. para muros circulares; un albañil, un oficial, un peon y dos auxiliares.	4,05	
Id. id. para muros rectos, con el mismo personal.	3,38	
Id. id. para bóvedas y fustes de columnas, con el mismo personal.	6,75	
Metro lineal de rejuntado en la sillería; un albañil y un peon.	0,50	} Volúmen de mortero empleado; 0,001 metros cúbicos.
Metro cuadrado de labra de paramento visto de sillarejo de arenisca; un cantero.	12,50	

INDICACION de los trabajos.	RESULTADOS obtenidos por diversos autores. — Horas.	OBSERVACIONES.
Metro cuadrado de labra de paramento visto en sillarejo de granito; un cantero.	22,50	
Construccion de 1 ^m cúbico de sillarejo; un albañil y dos auxiliares.	5,00	} 0,20 á 0,25 ^m cúbicos de mortero.
Construccion de 1 ^m cúbico de carretales con mortero; un albañil y su auxiliar.. . . .	9,46	
Construccion de 1 ^m cúbico de mamposteria ordinaria; un albañil y su auxiliar.. . . .	4,50; 5,50; 6,00	} 0,33 á 0,40 ^m cúbicos de mortero.
Mamposteria ordinaria en macizos.	5,00	
Id. hasta 3 metros de altura con solo un paramento.	5,20	
Id. á dos paramentos . .	5,40	
Id. en estribos y riñones de bóvedas.	5,45	
Id. en bóvedas.	9,00	
Mamposteria concertada con el mismo personal. . .	7,00; 7,50	
Id. id. de mamposteria en seco, con el mismo personal	5,00; 7,50	
Estraccion de la tierra para un millar de ladrillos (1 ^{mo} 77); un peon.	4,00	} El volúmen de la tierra variará con las dimensiones del ladrillo.
Un peon amasador. . . .	3,75	
Moldeado; un taller compuesto de un maestro, un auxiliar y otros seis operarios para ayudar, conducir y colocar.	1,25	
Batido y enrejado; dos operarios.	1,25	
Colocacion en el horno; dos operarios y cuatro auxiliares.	0,63	

INDICACION de los trabajos.	RESULTADOS obtenidos por diversos autores. — Horas.	OBSERVACIONES.
Construccion de 1 ^m cúbico de fábrica de ladrillo; un albañil y su auxiliar. . . .	5,00	No se comprende la sujecion y aumento de tiempo que exigen los paramentos, El desperdicio de ladrillos es próximamente $\frac{1}{20}$. Se calcula el número de ladrillos que entran en un metro cúbico, segun su magnitud y la de las juntas: este mismo cálculo da la cantidad de mortero que hay que emplear.
En muros que exijan andamios.	7,00	
Construccion de 1 ^m cúbico de ladrillo empleando mortero hidráulico; un albañil y su auxiliar.	6,66	
Id. id. en paredes desde 0 ^m 22 de grueso en adelante, comprendiendo colocacion de materiales hasta 8 metros de altura; un oficial y su auxiliar.	15,00	0,20 ^m cúbicos de mortero
Id. id. en bóvedas.	16,00	0,22 id. id.
Id. id. en bóvedas de puentes.	14,00	0,10 id. id.
Construccion de 1 ^m cuadrado en tabiques de panderete; un oficial y un auxiliar.	0,80	0,016 ^m cúbicos de mortero ó yeso.
Id. id. cítara de sogá ó media asta.	1,80	0,03 id. id.
Id. id. de asta.	3,80	0,05 id. id.
Metro cuadrado de rejuntado en la fábrica de ladrillo:		
En muros rectos; un albañil.	1,00	
En bóvedas; un albañil.	1,60	
Relleno de 1 ^m cuadrado de entramado de 0 ^m 18 de grueso y enlucido; un albañil y un peon.	2,10	
Preparacion para el enlucido de 1 ^m cuadrado de paramento; un peon.	1,80	

INDICACION de los trabajos.	RESULTADOS obtenidos por diversos auteros. — Horas.	OBSERVACIONES.
Colocacion y alisado á la llana de 1 ^m cuadrado de enlucido de mortero de cal en paramentos verticales; un albañil y un peon.	1,30	El espesor del enlucido varia entre 0 ^m 02 y 0 ^m 03.
Id. id. mortero de cemento:		
Un albañil.	1,80	
Un peon.	0,90	
Dragado de 1 ^m cúbico de arena ó fango.	6,00	
Id. de arena á la profundidad media de 1 ^m 50. . .	10,00	
Id. de gravas, cantos y arcillas á la profundidad de 3 metros.	3,50	Máquina de dragar, servida por 4 hombres.
Manipulacion de la arcilla; humedecer, colocar y apisonar 1 ^m cúbico.	4,42 á 11,00	Segun que los obreros estén más ó menos ejercitados.



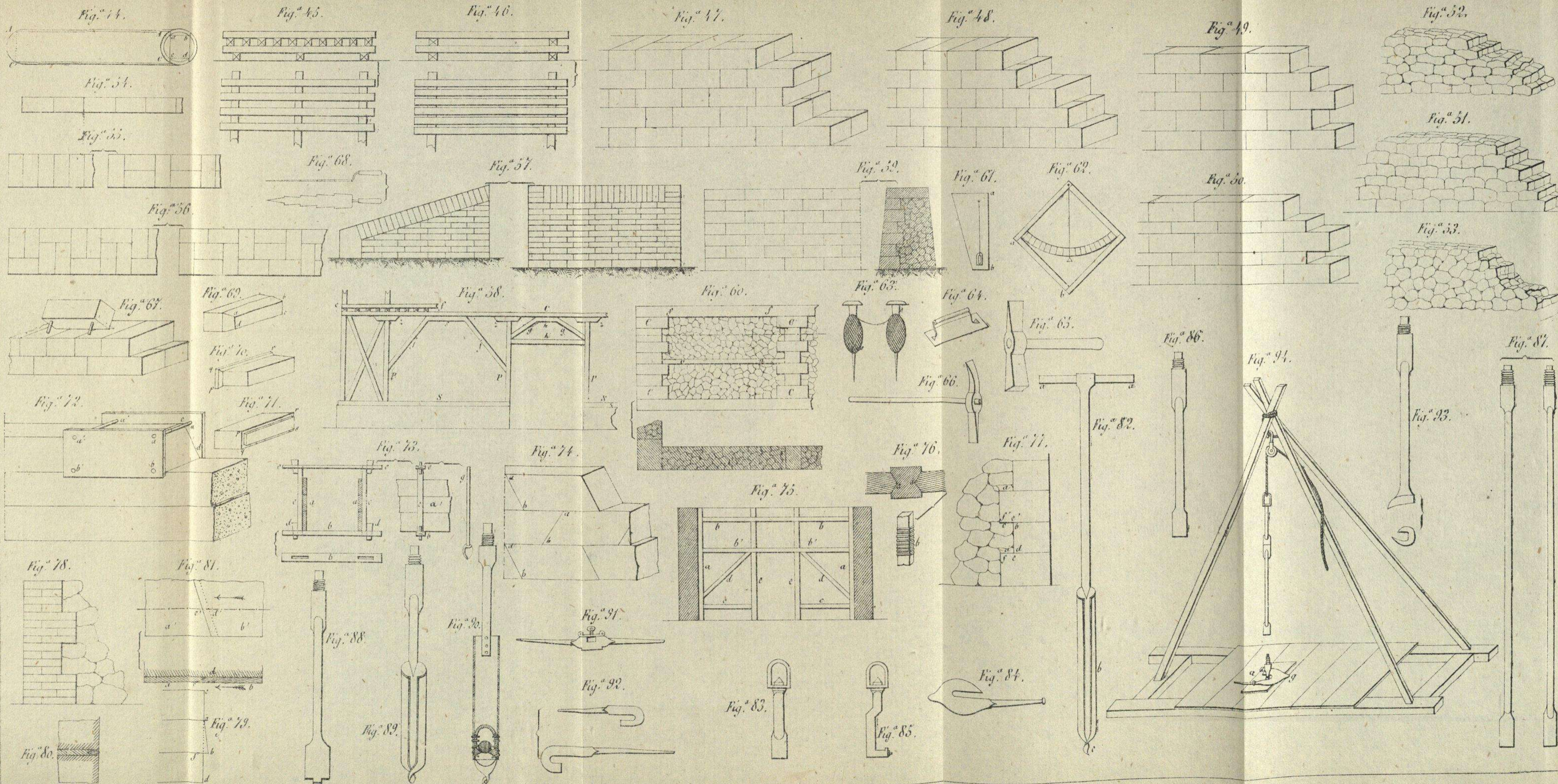


Fig.^a 95.

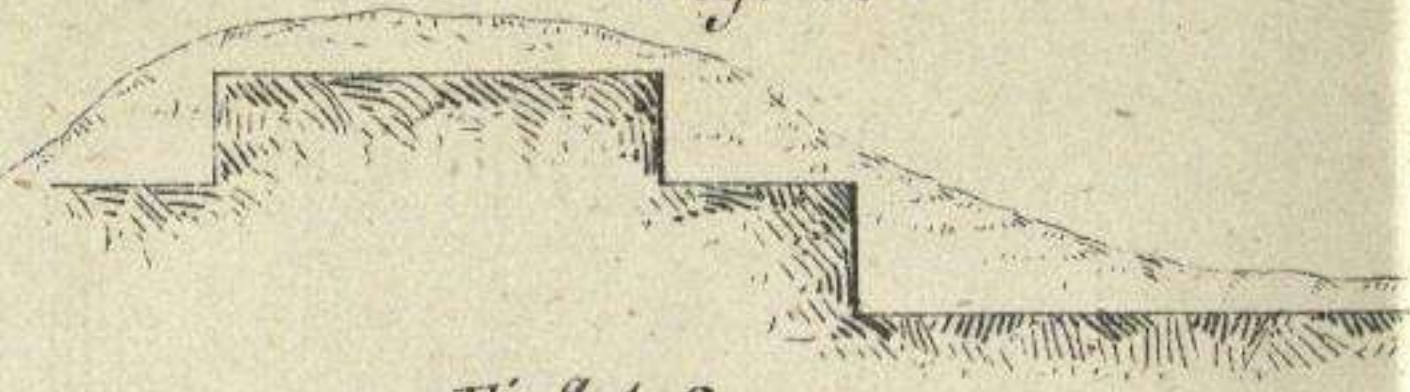


Fig.^a 96.

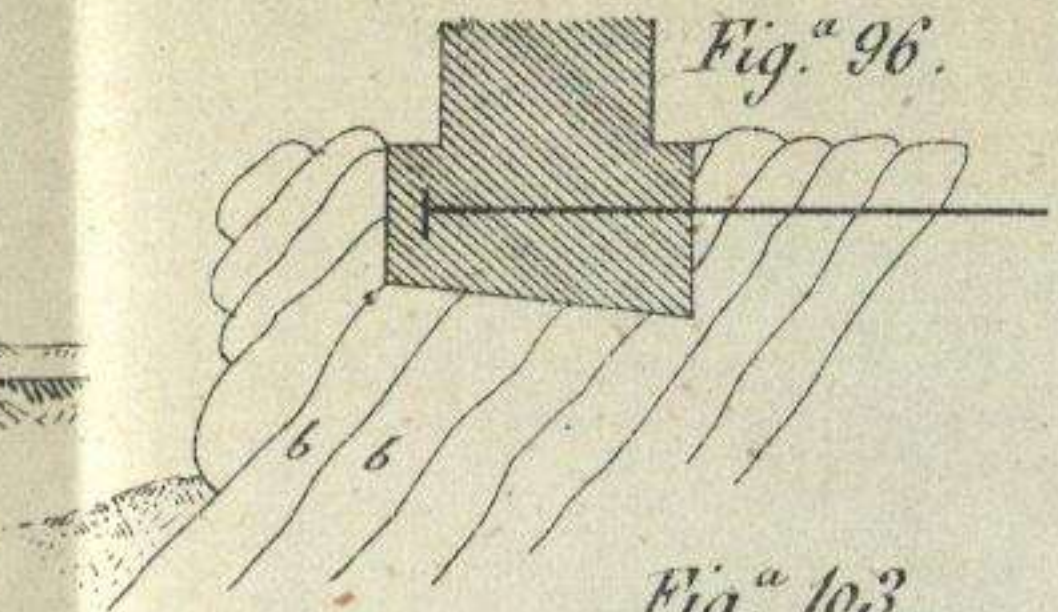


Fig.^a 97.

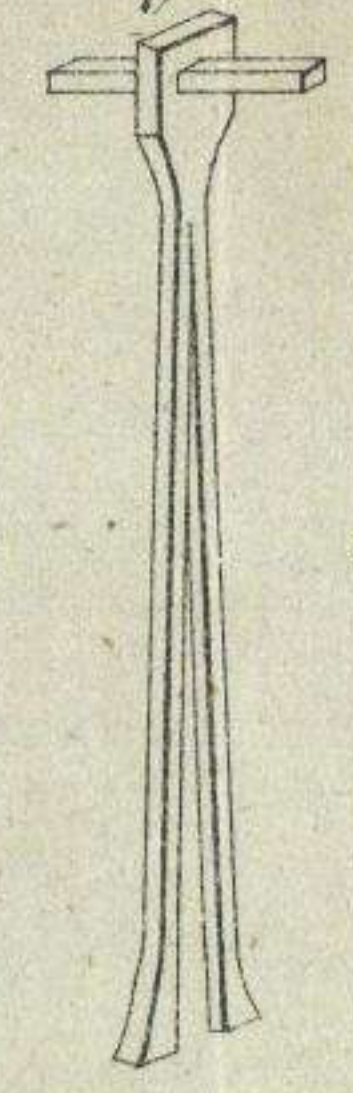


Fig.^a 98.

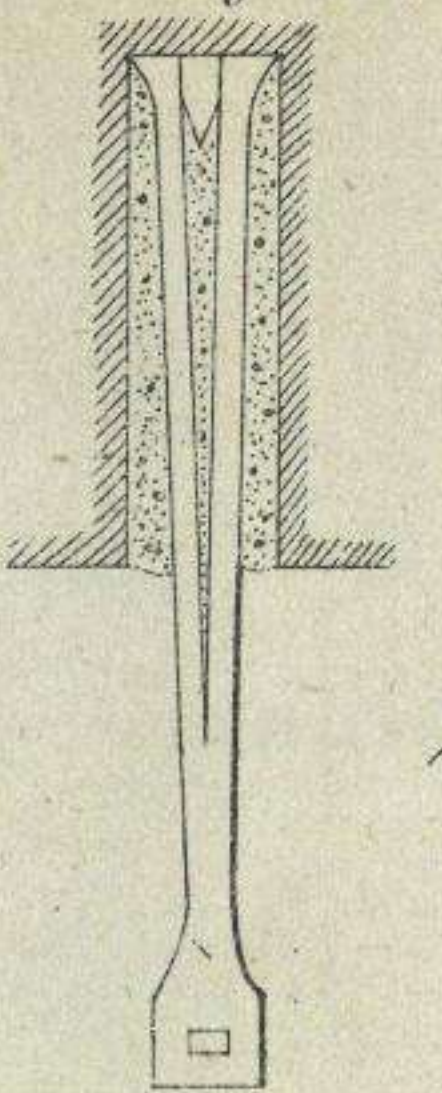


Fig.^a 99.

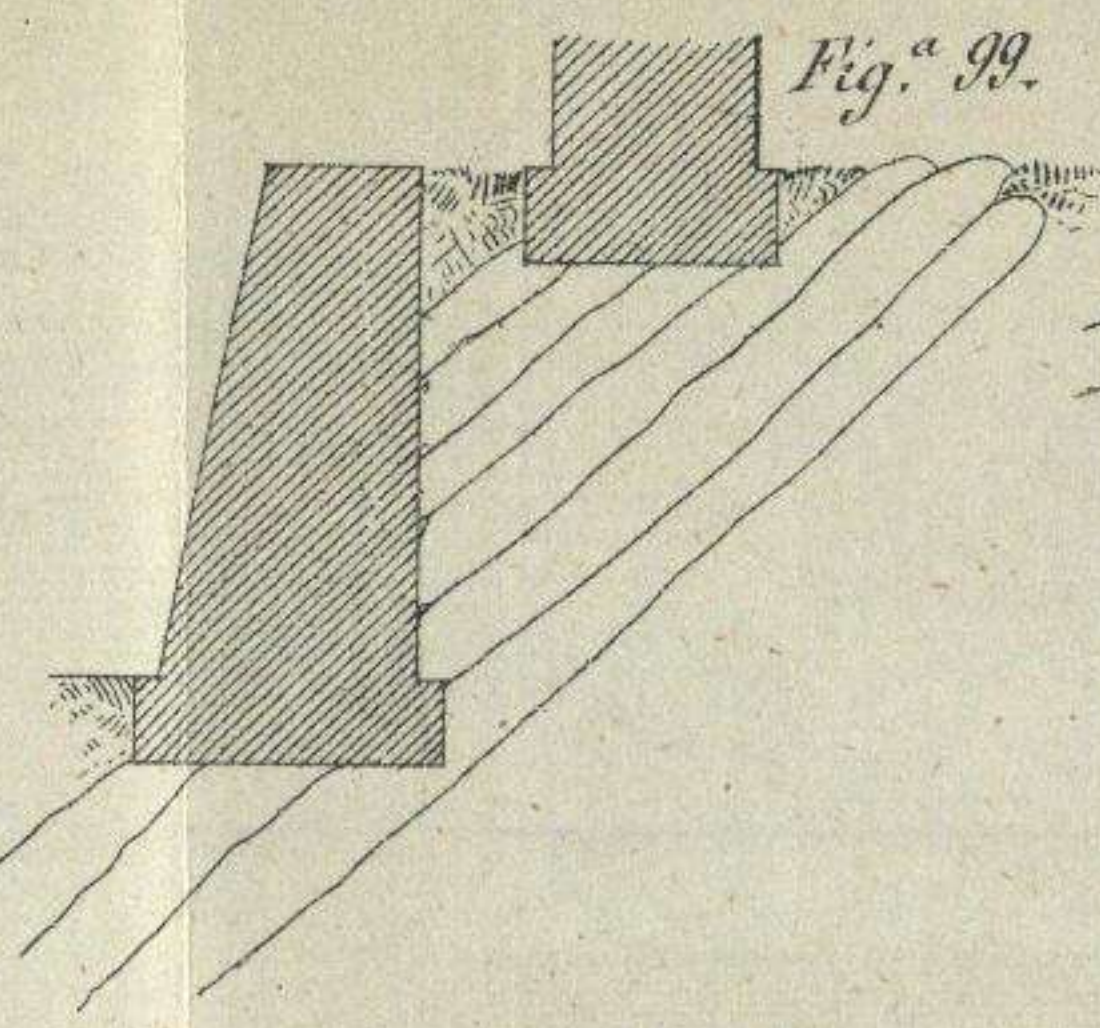


Fig.^a 100.

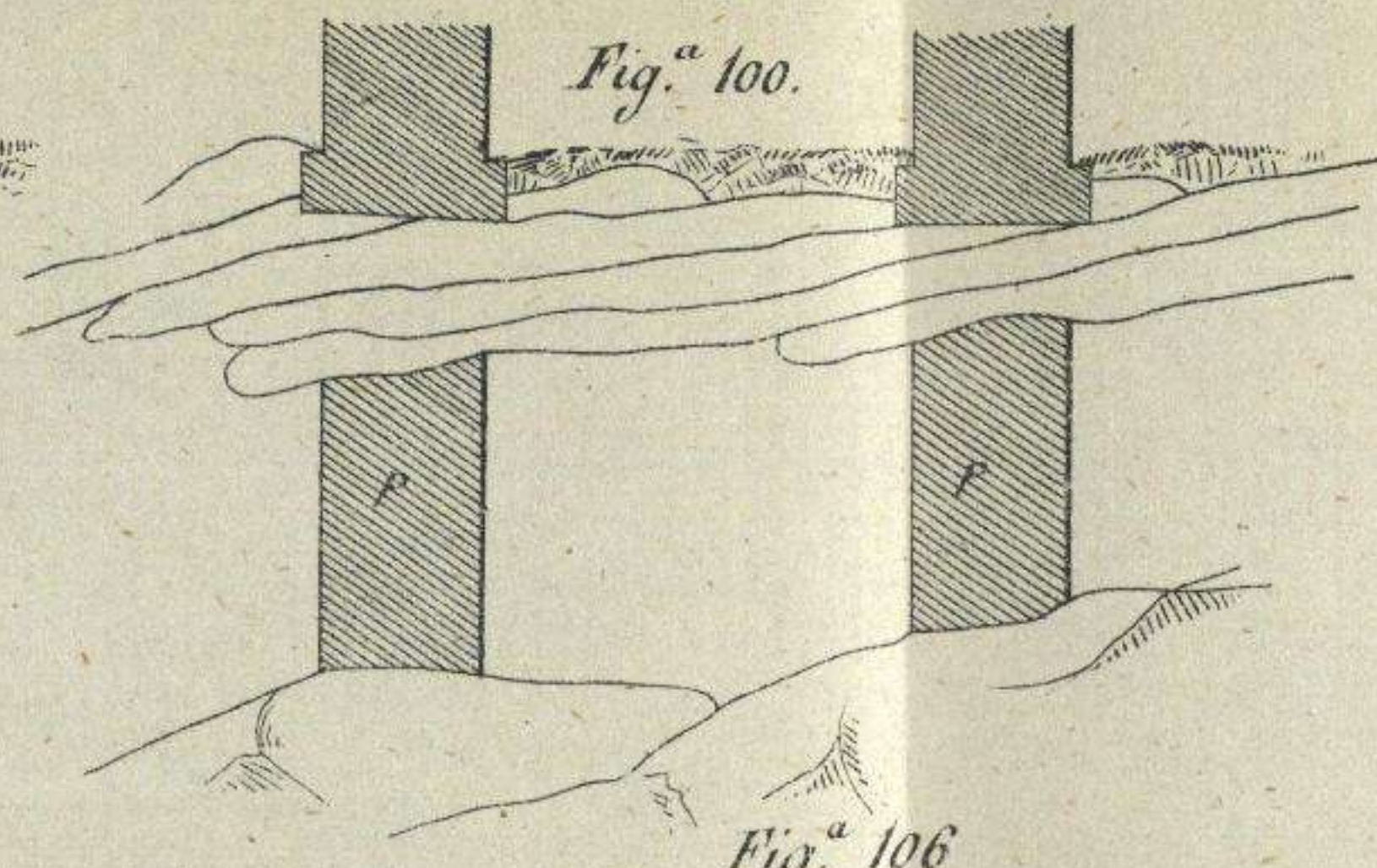


Fig.^a 101.

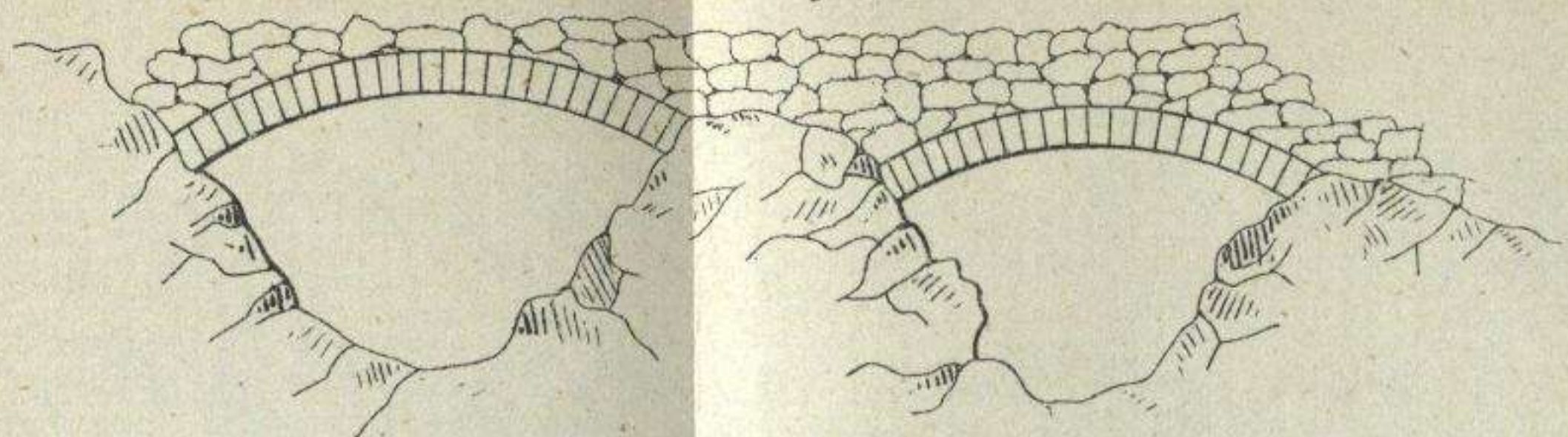


Fig.^a 102.

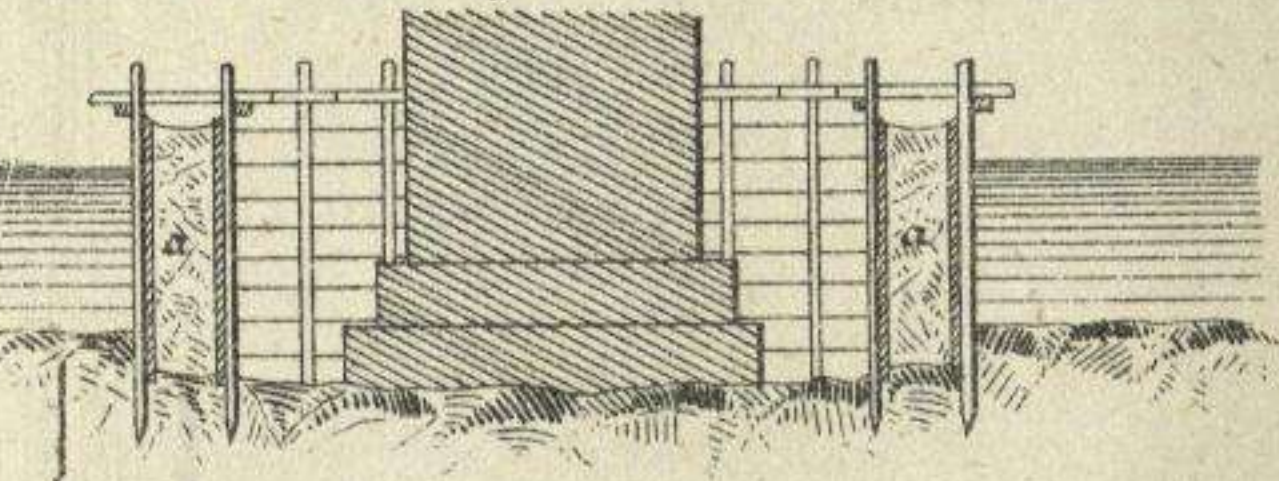


Fig.^a 103.

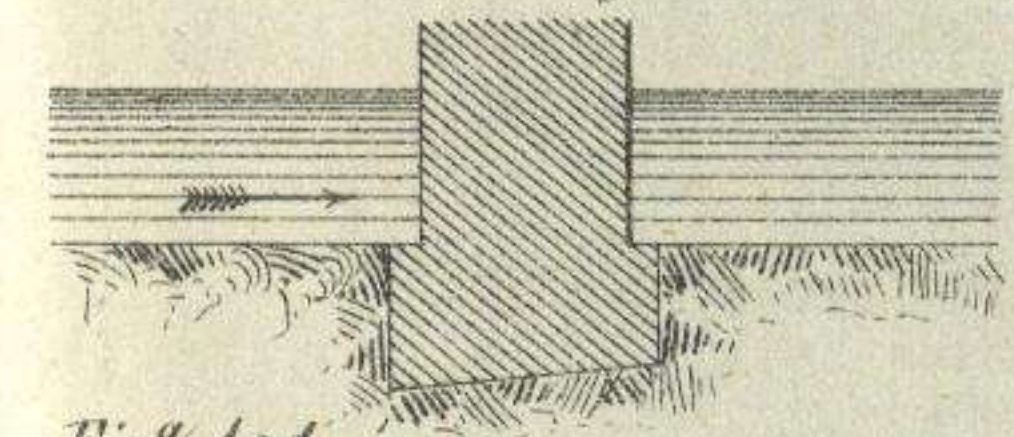


Fig.^a 104.

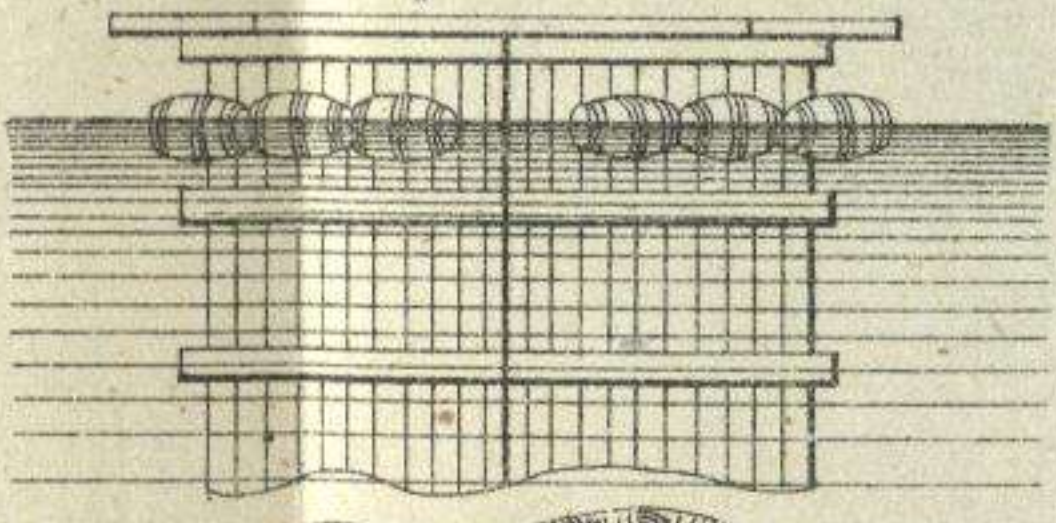


Fig.^a 105.

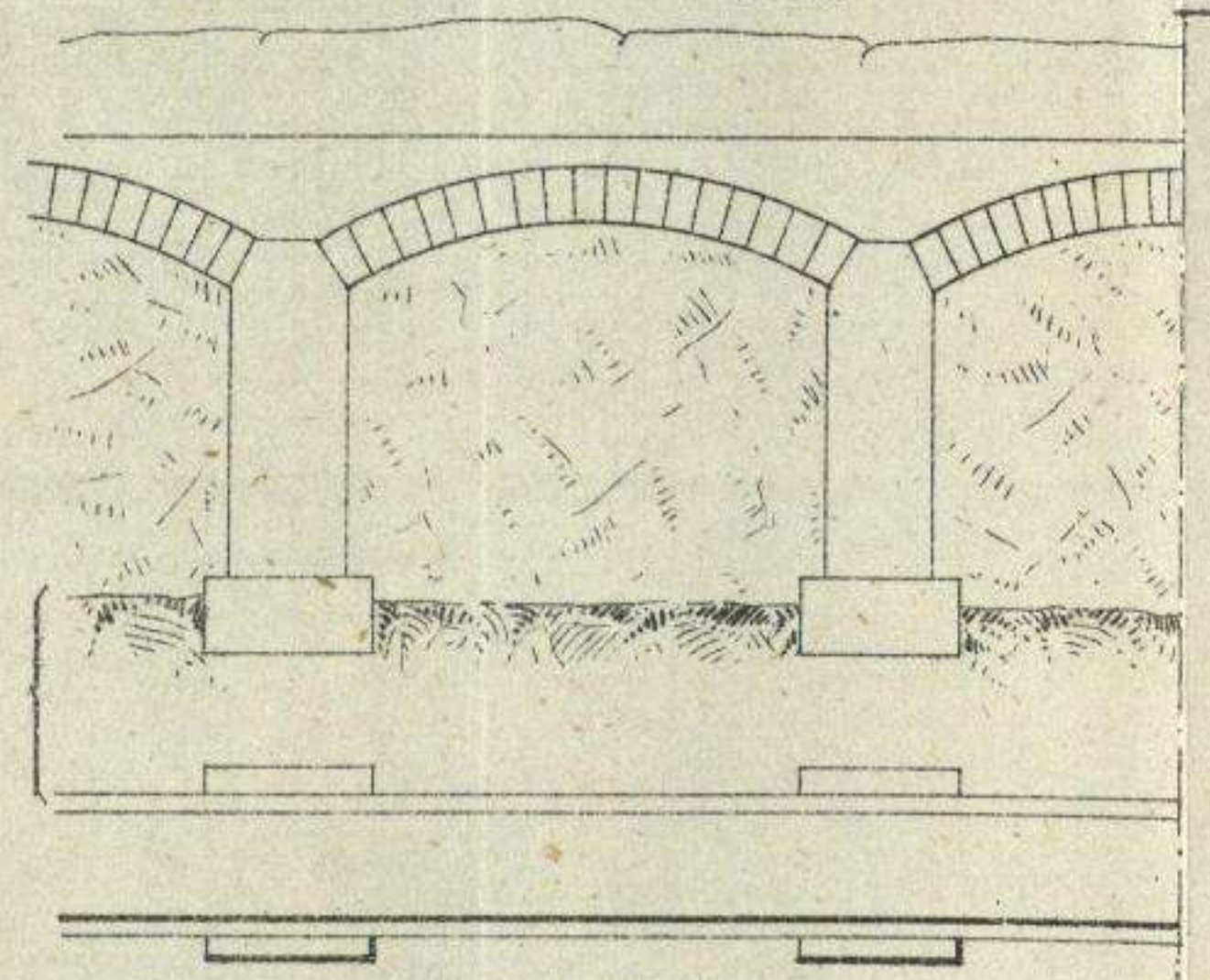


Fig.^a 106.

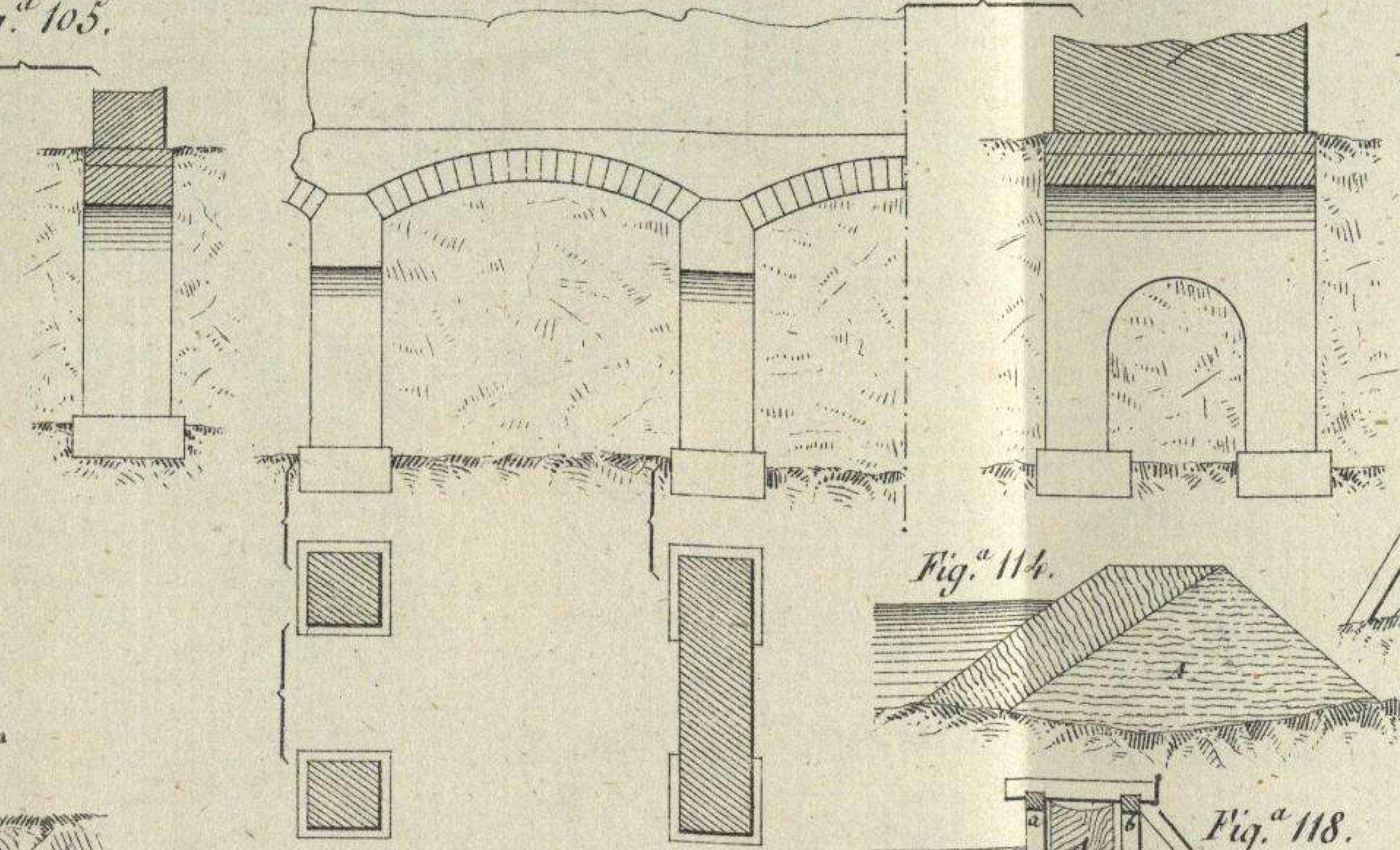


Fig.^a 107.

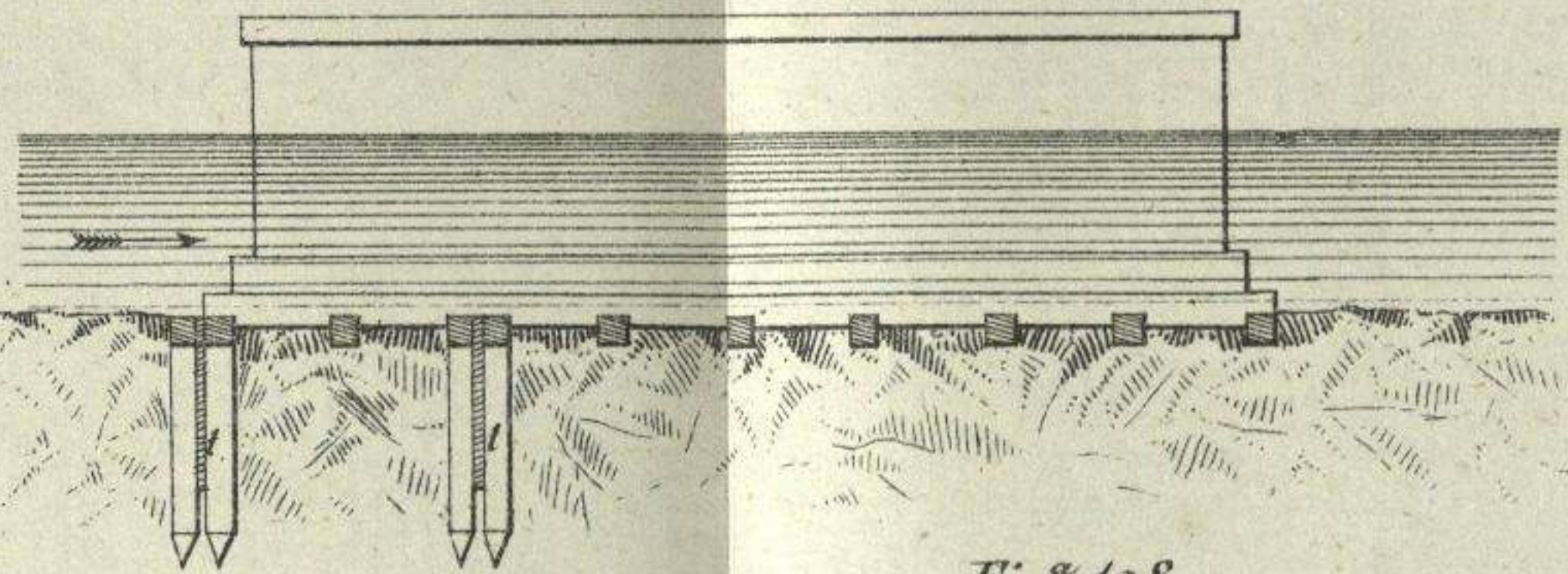


Fig.^a 108.

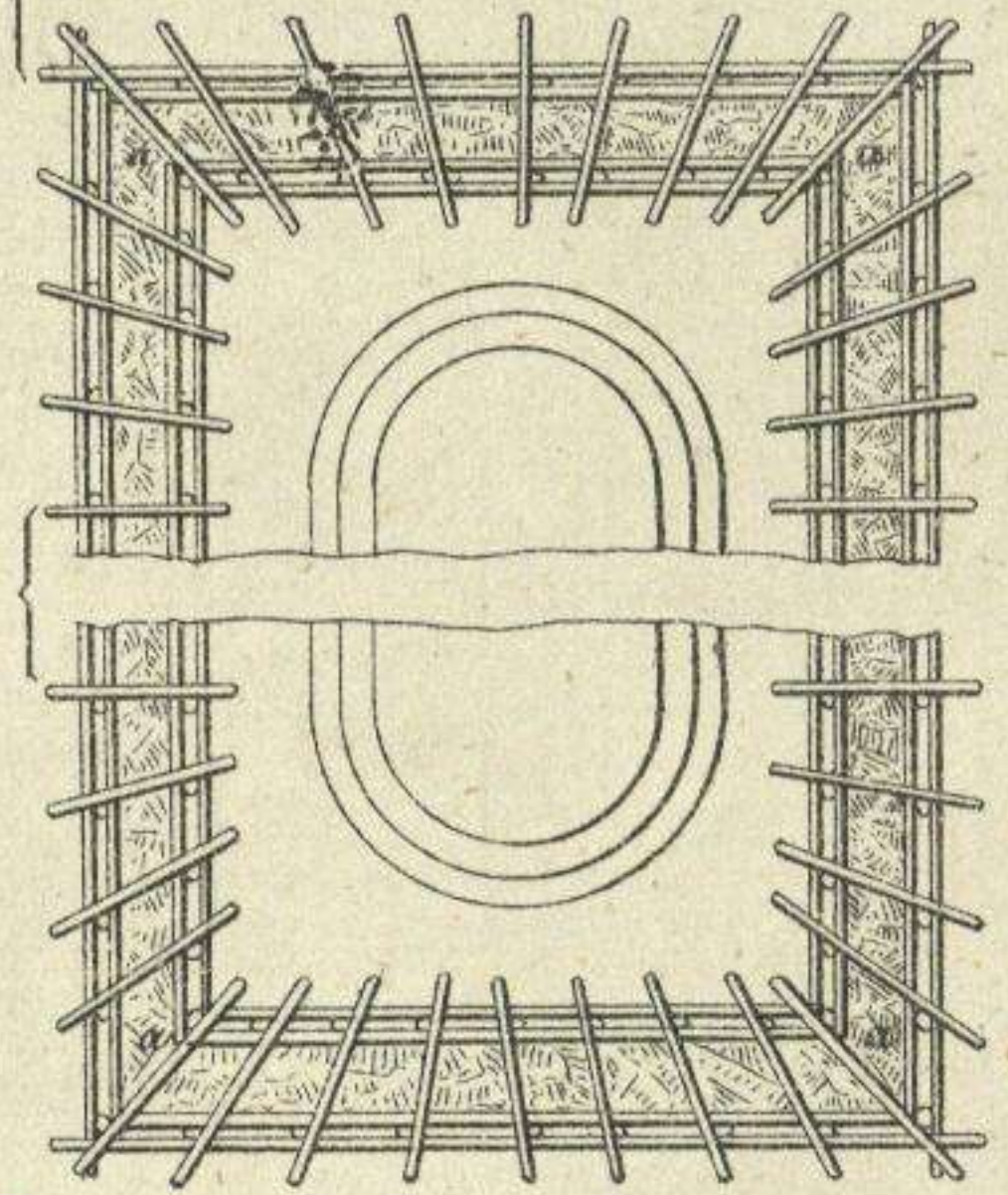
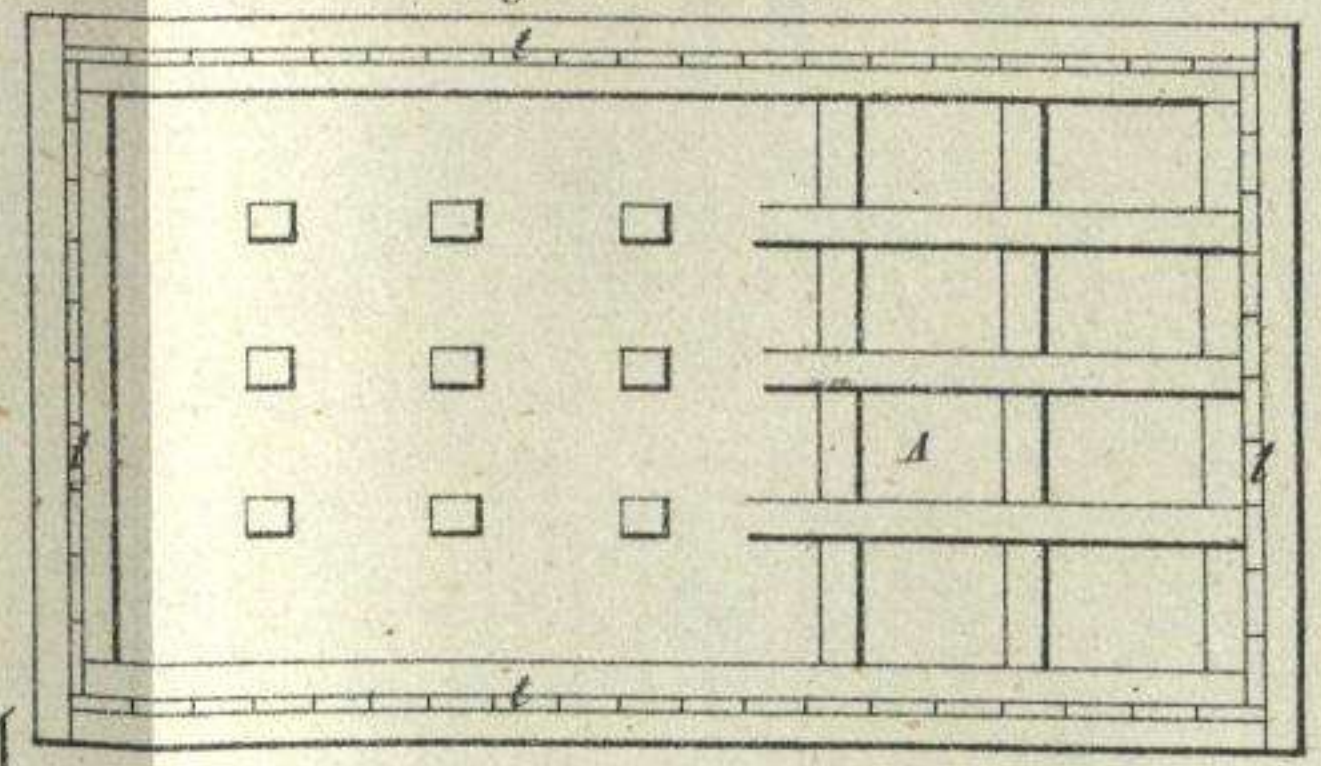


Fig.^a 109.



Fig.^a 110.

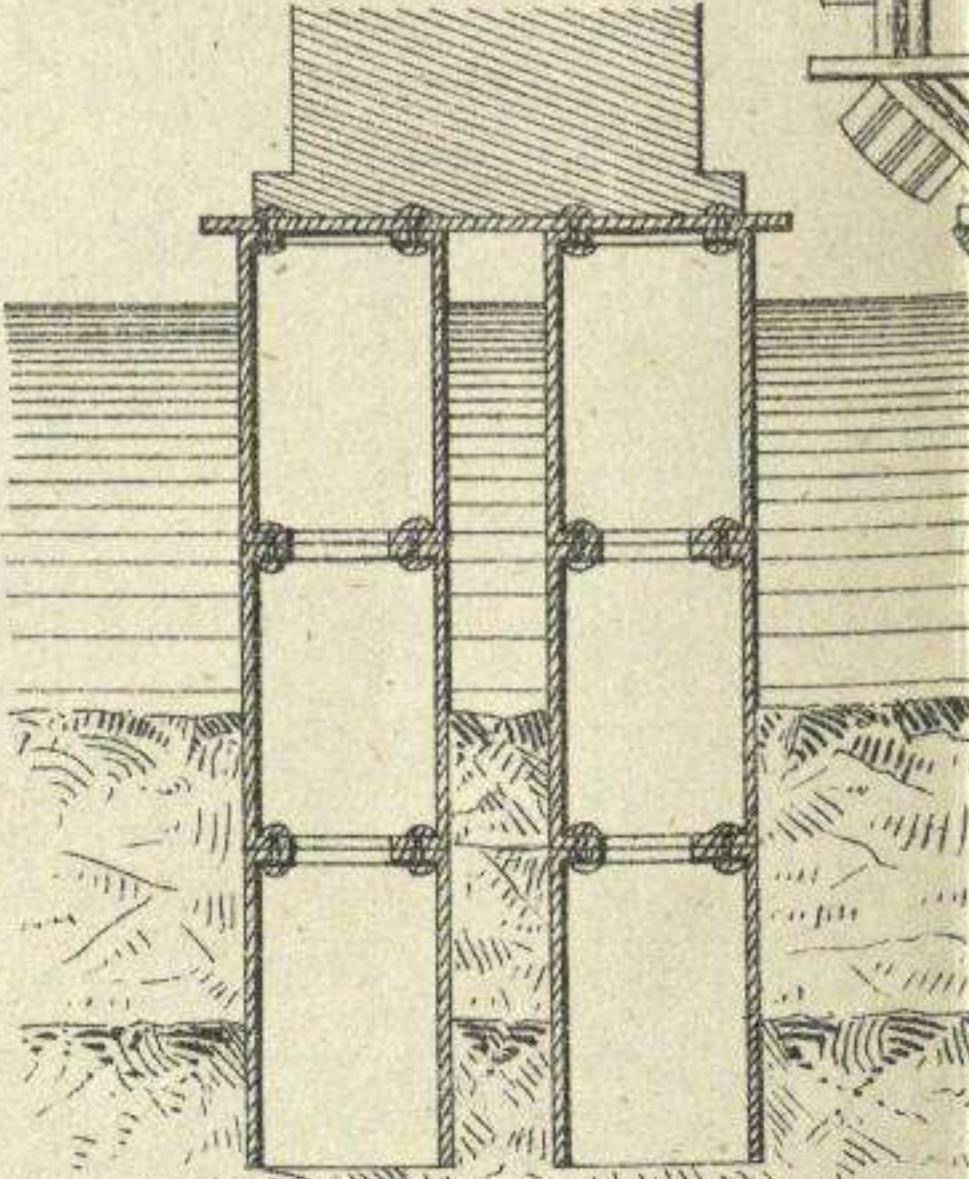


Fig.^a 111.

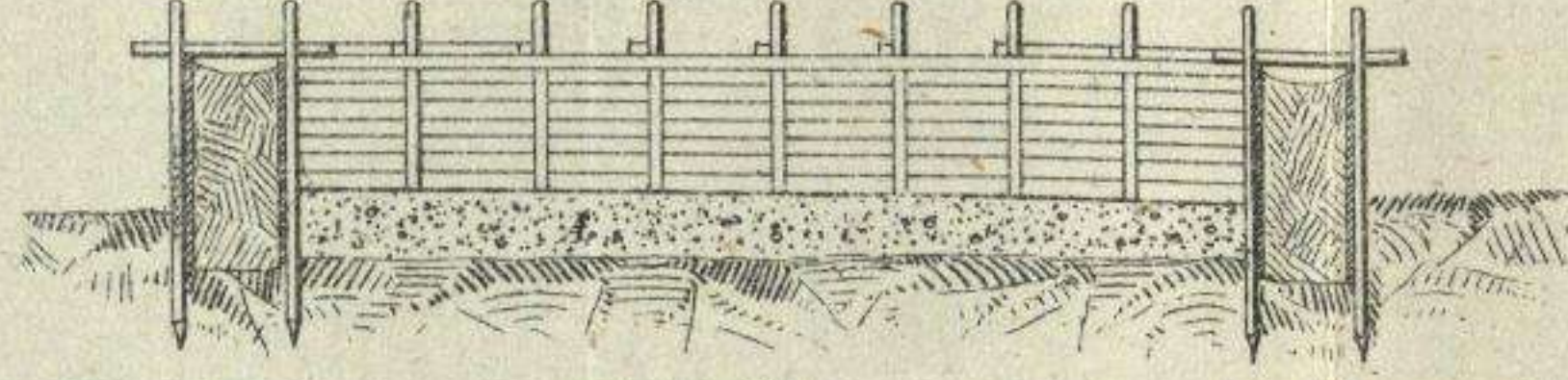


Fig.^a 112.



Fig.^a 113.

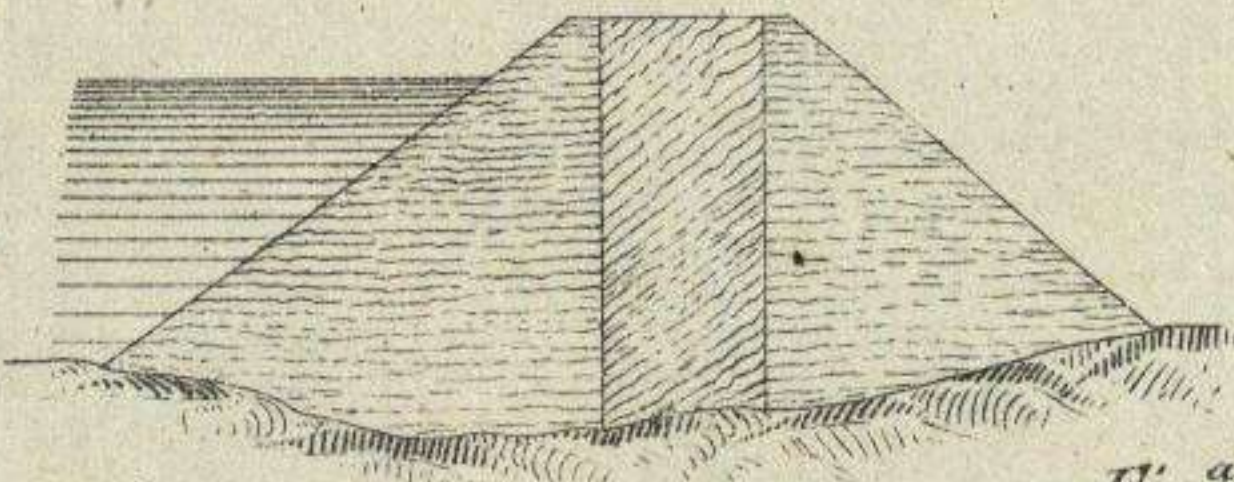


Fig.^a 114.



Fig.^a 118.

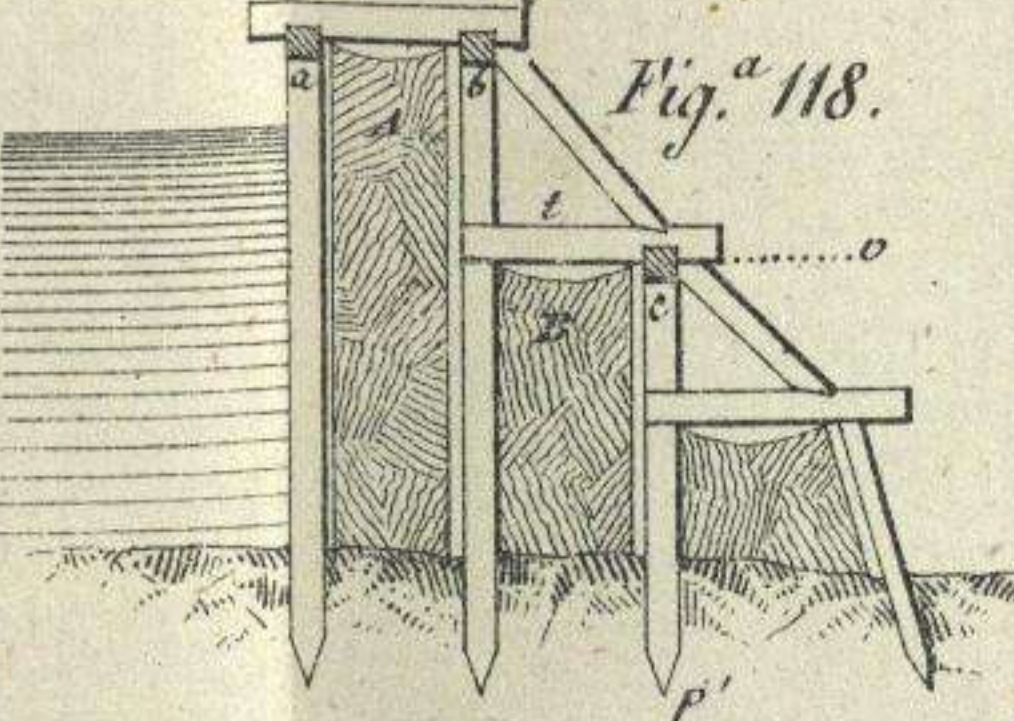


Fig.^a 117.

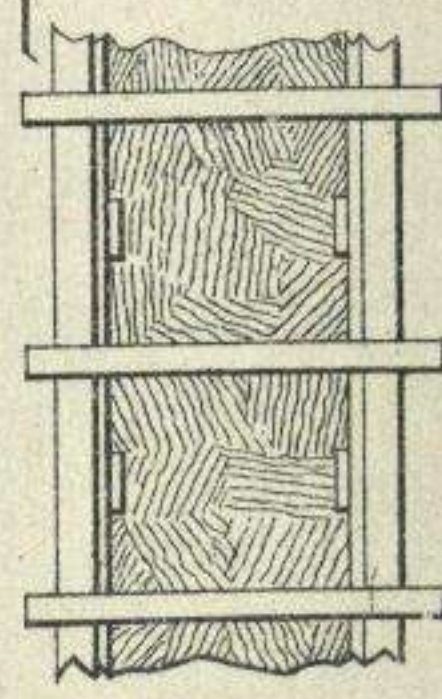
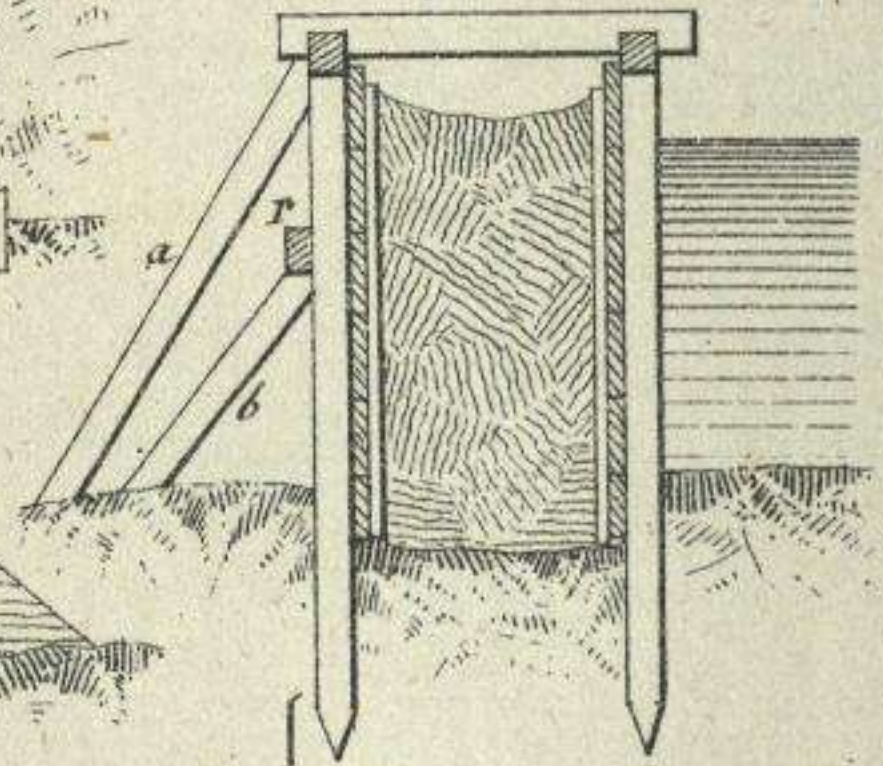


Fig.^a 119.

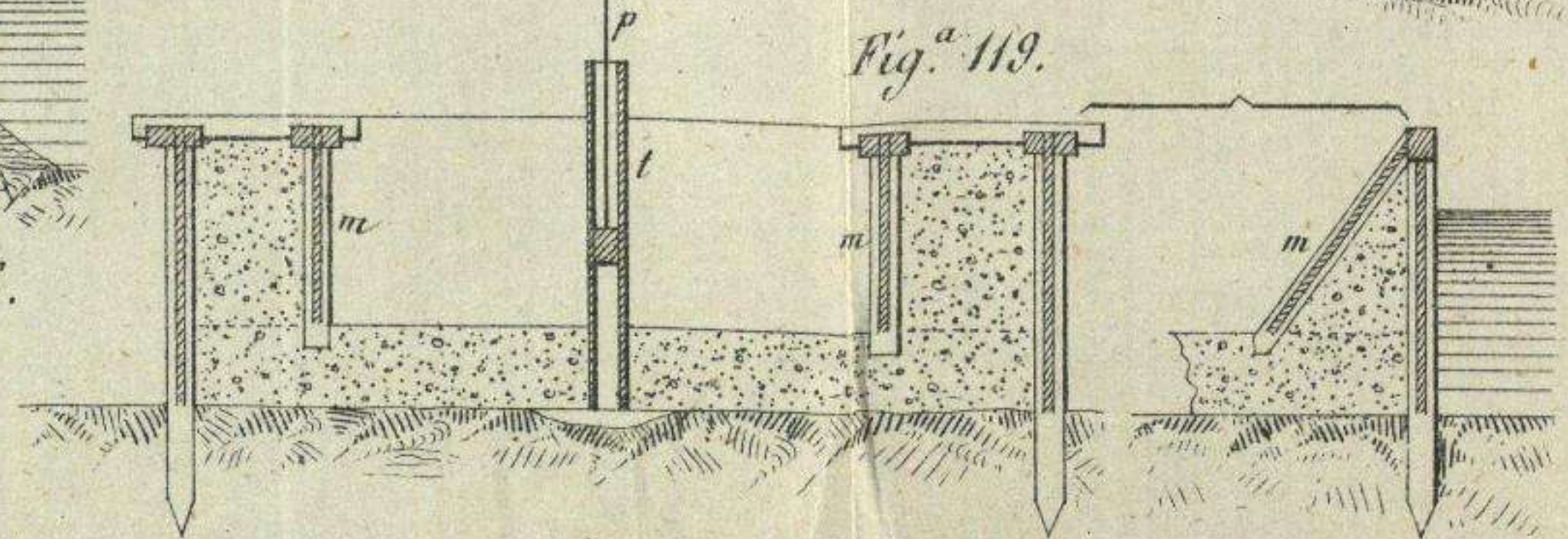


Fig.^a 115.

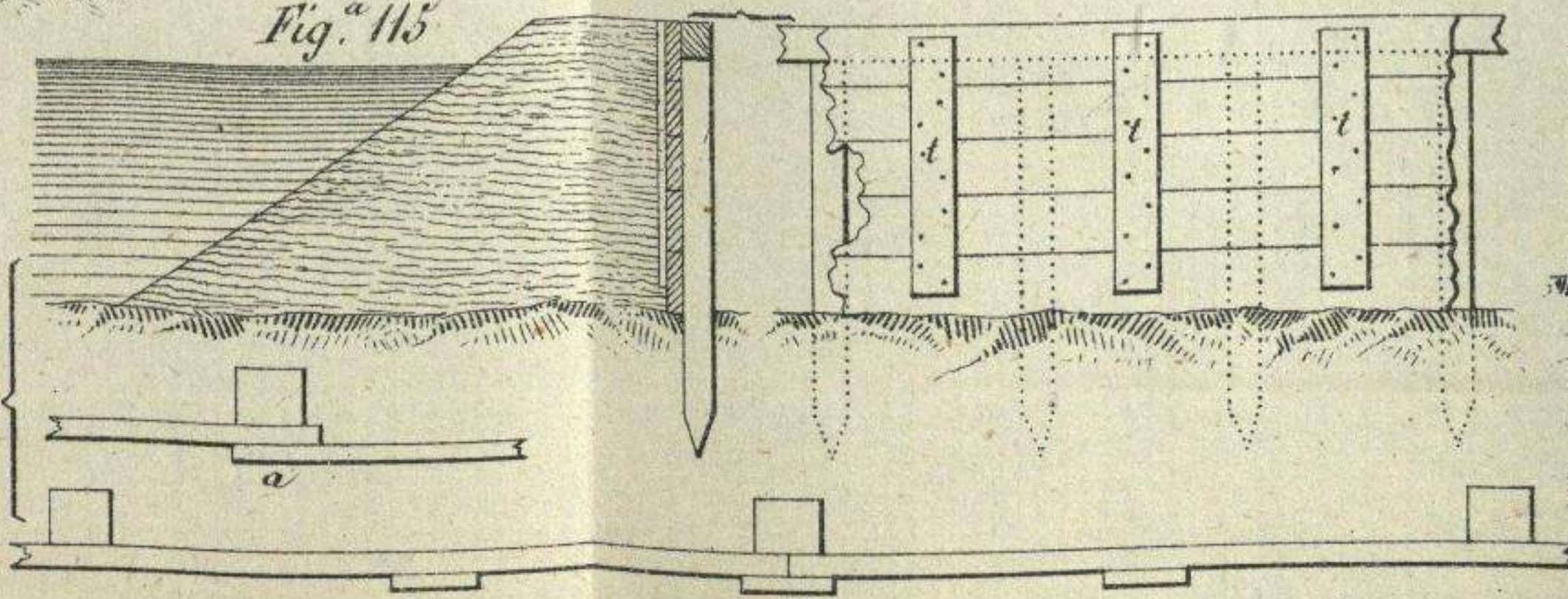
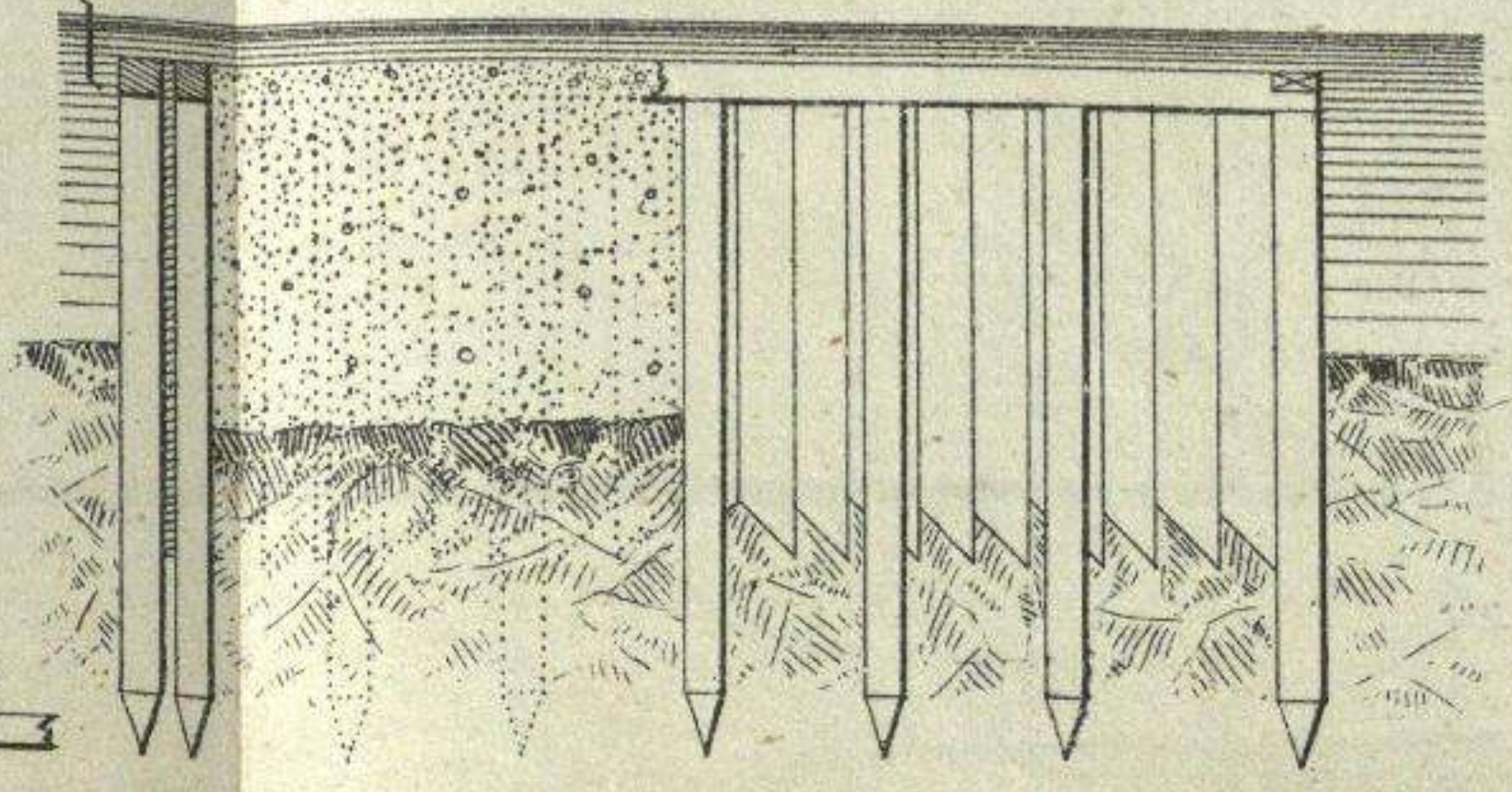
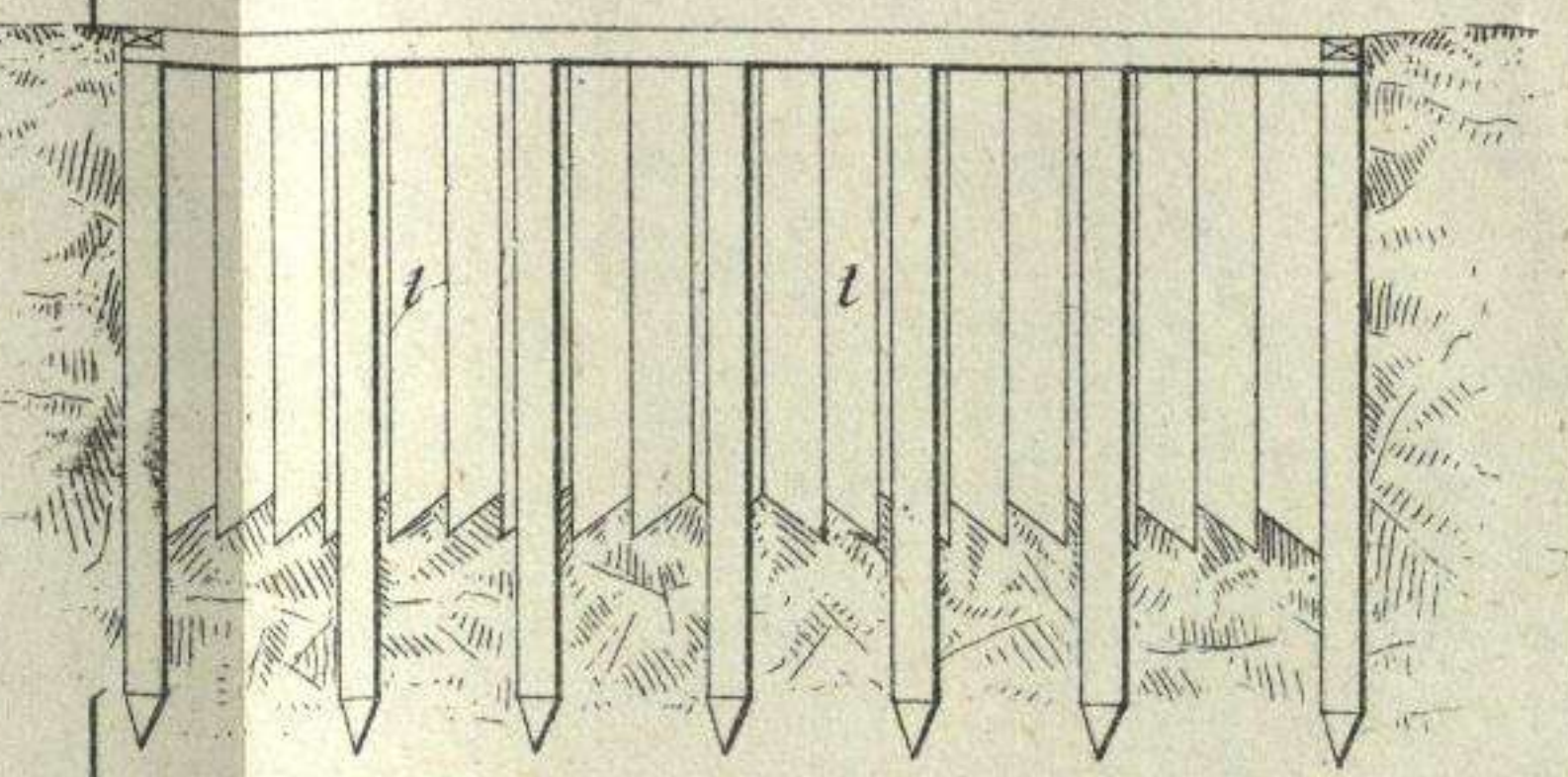
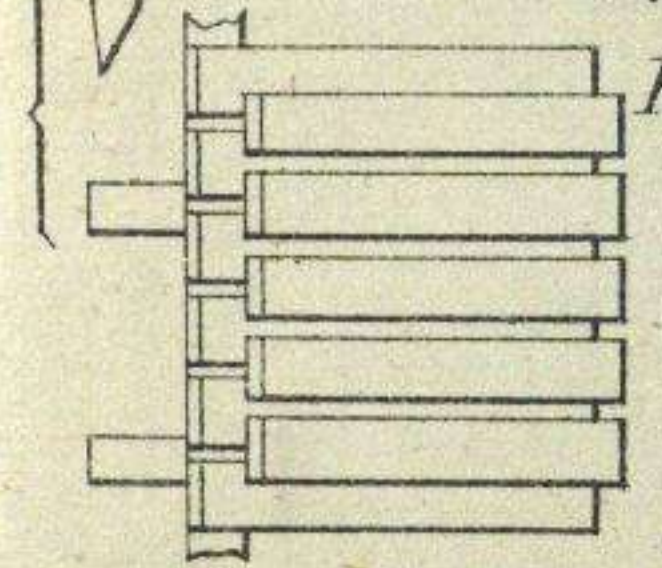


Fig.^a 116.



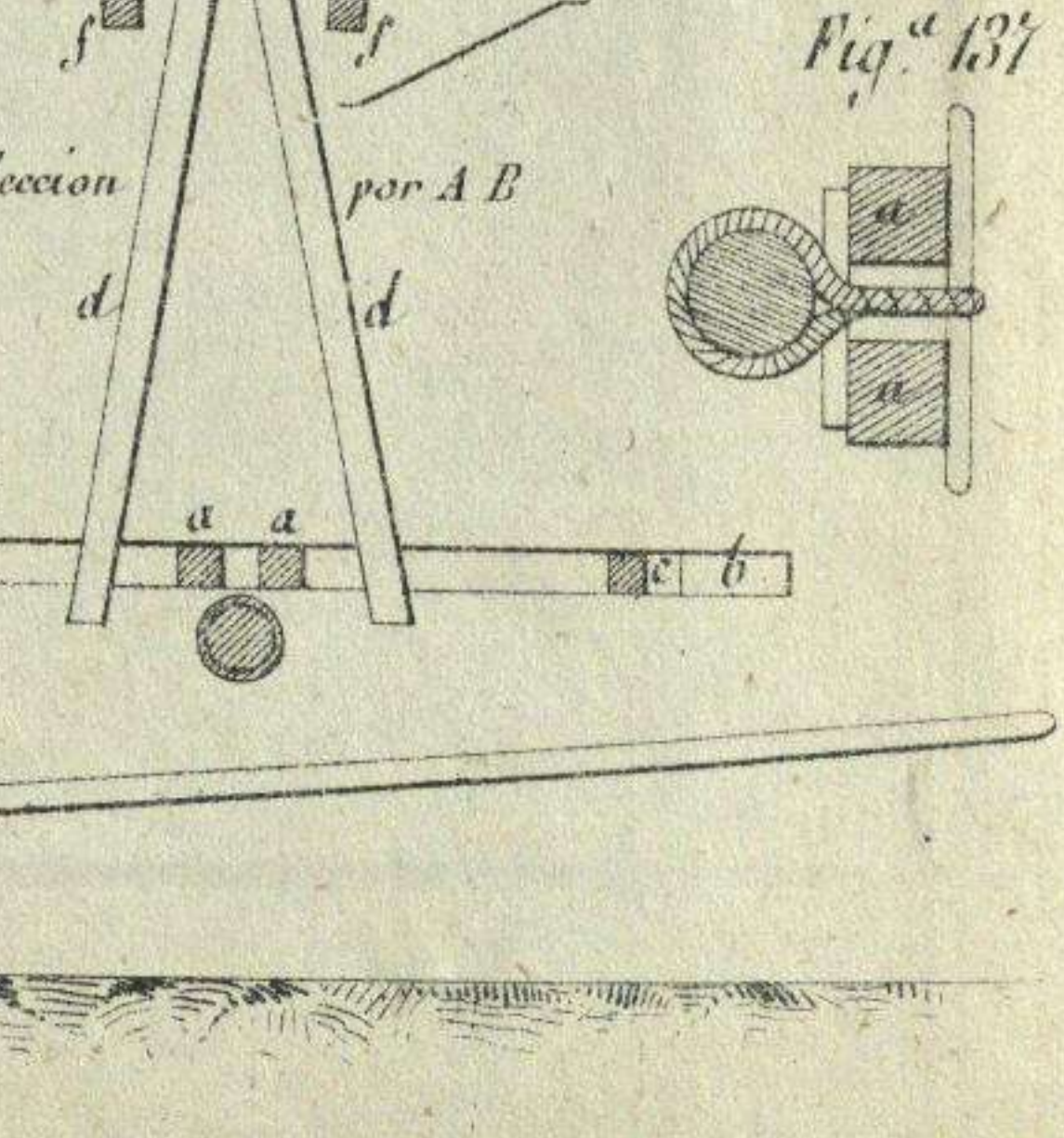
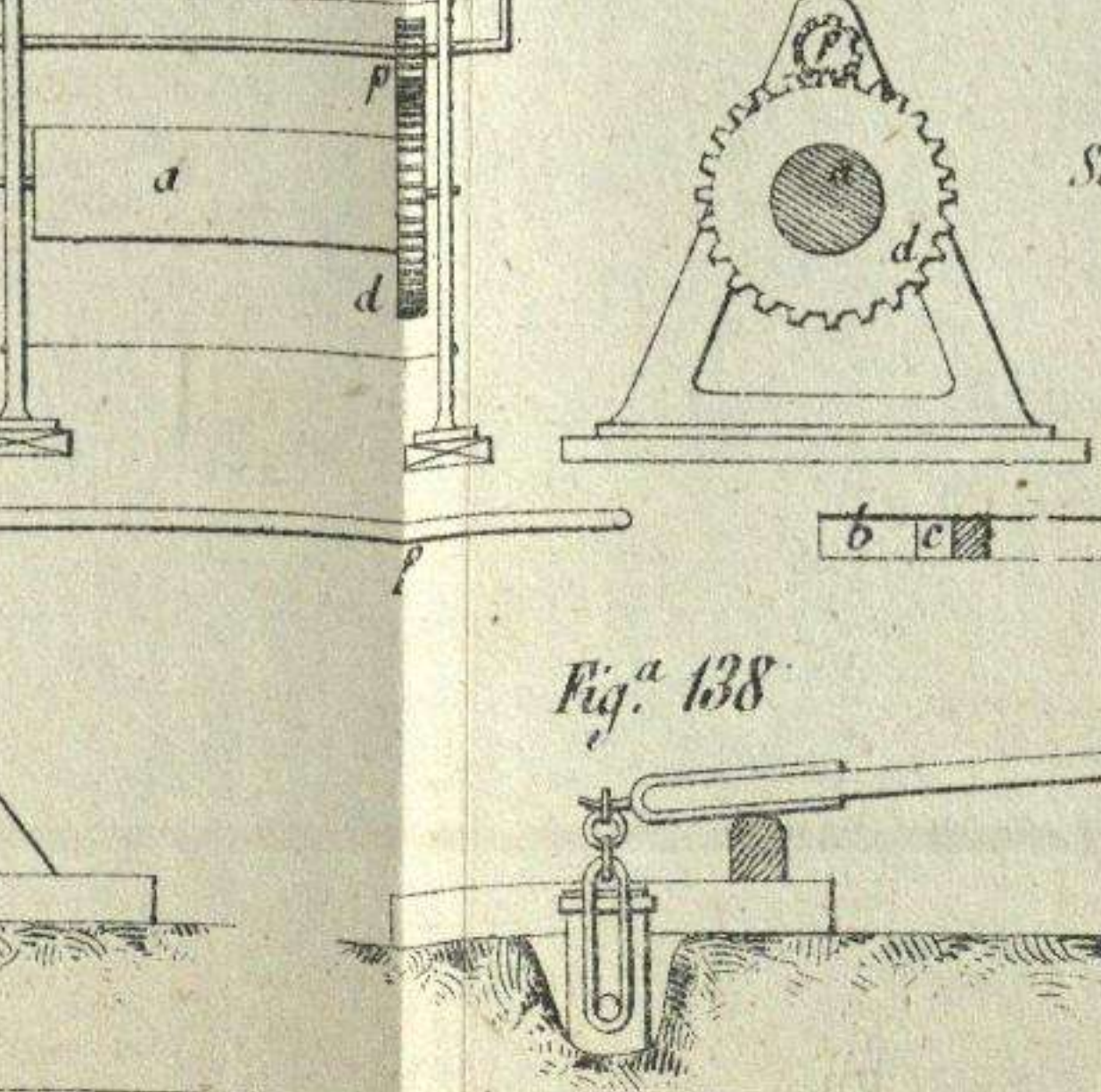
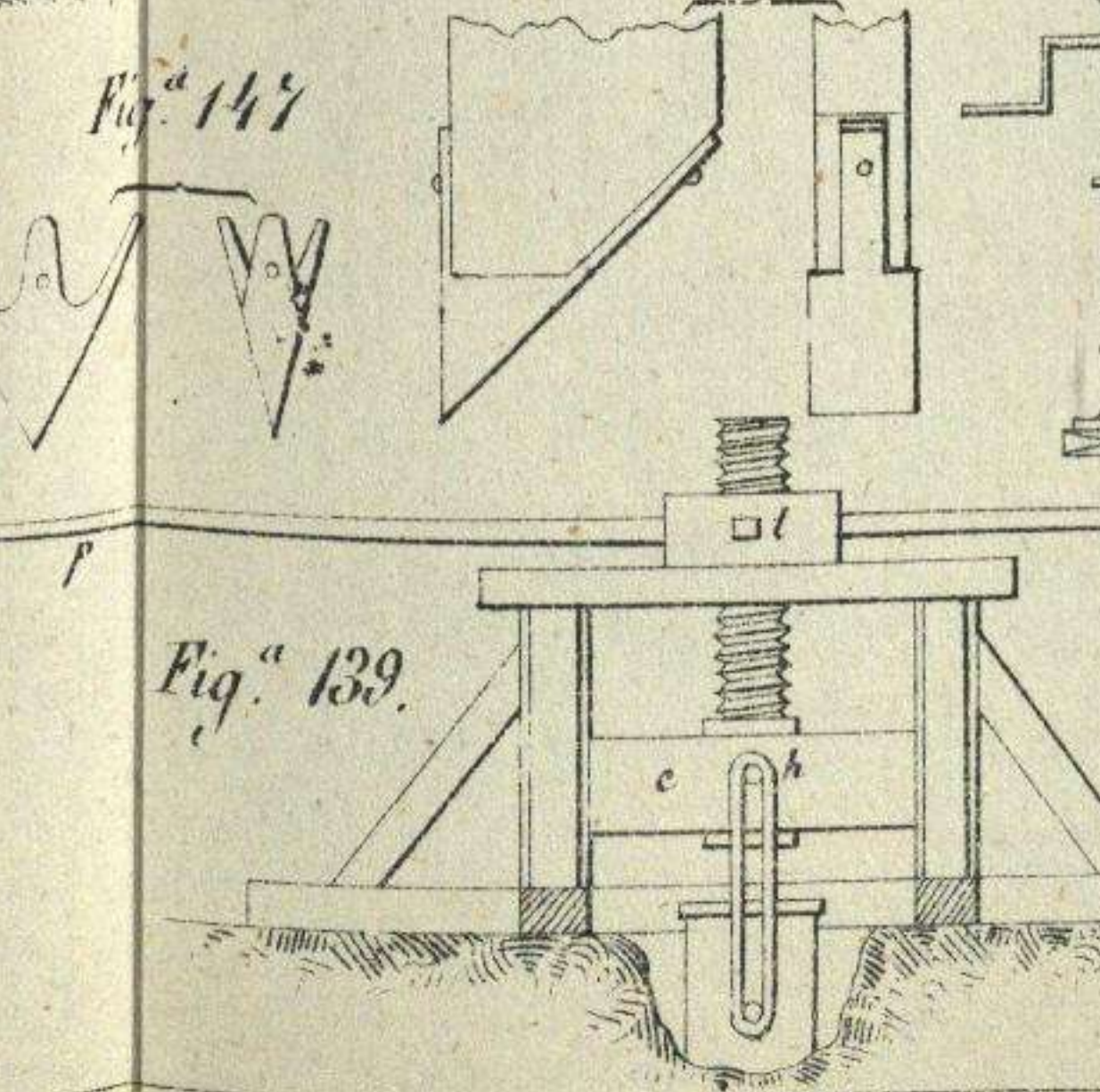
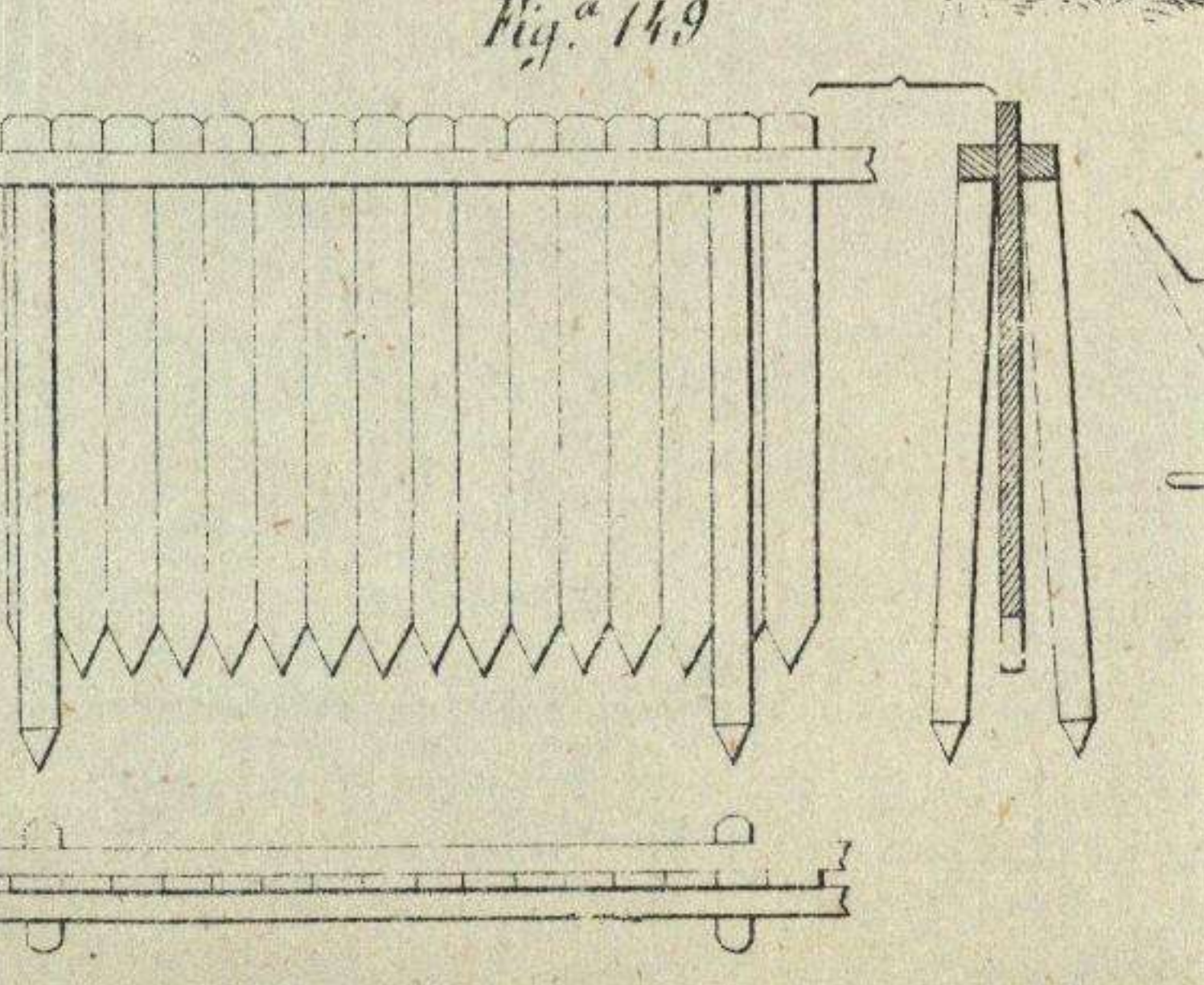
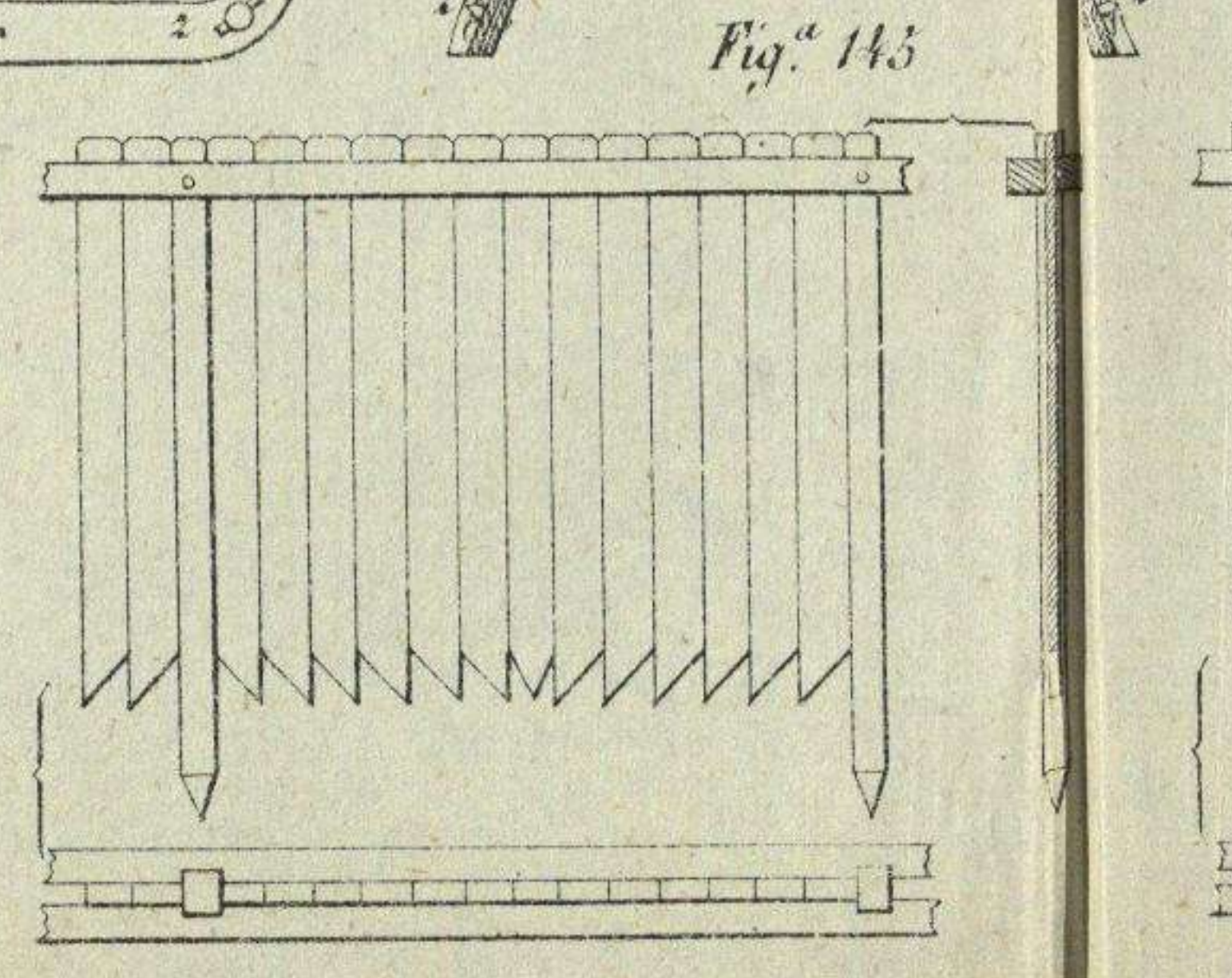
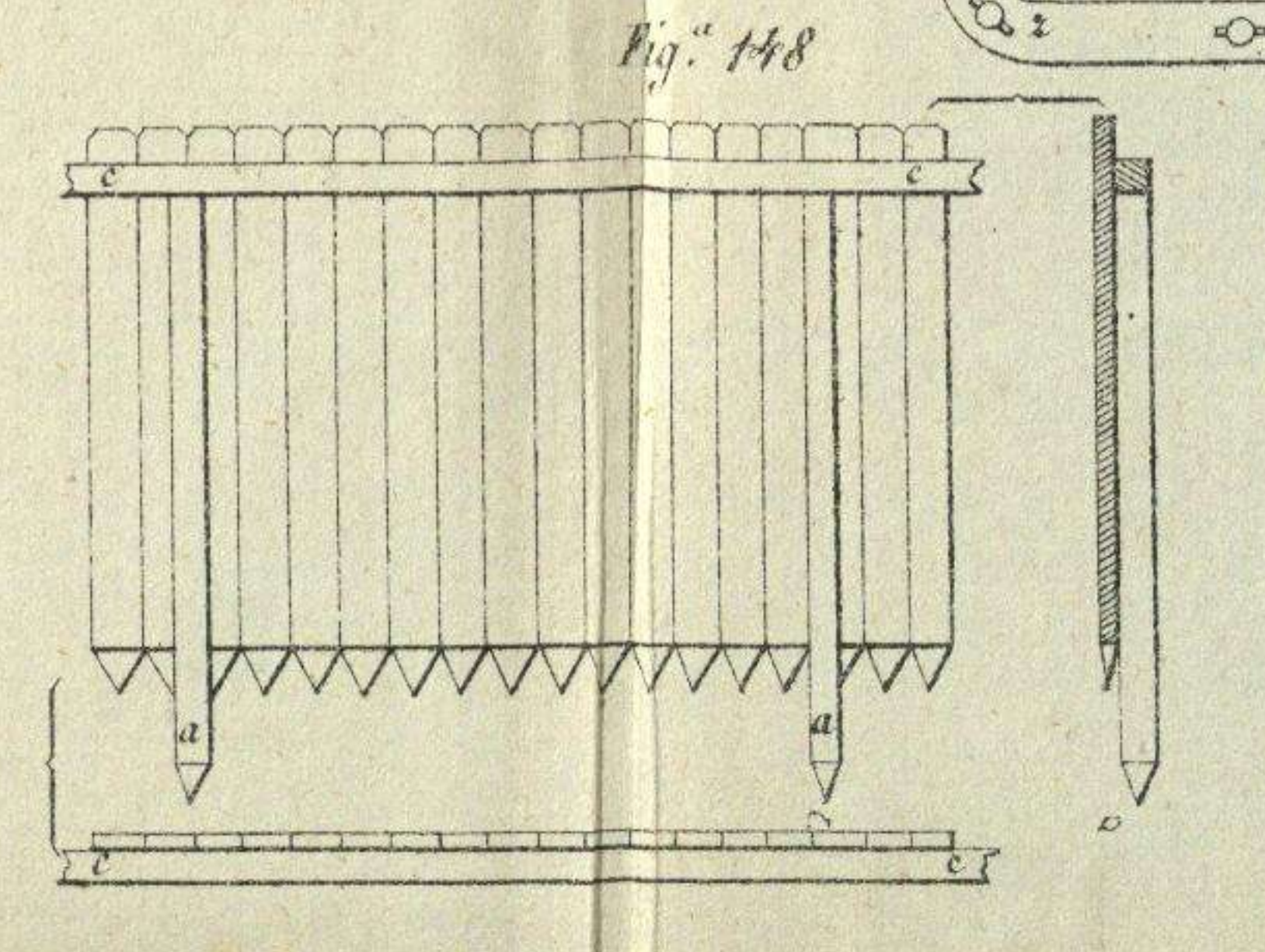
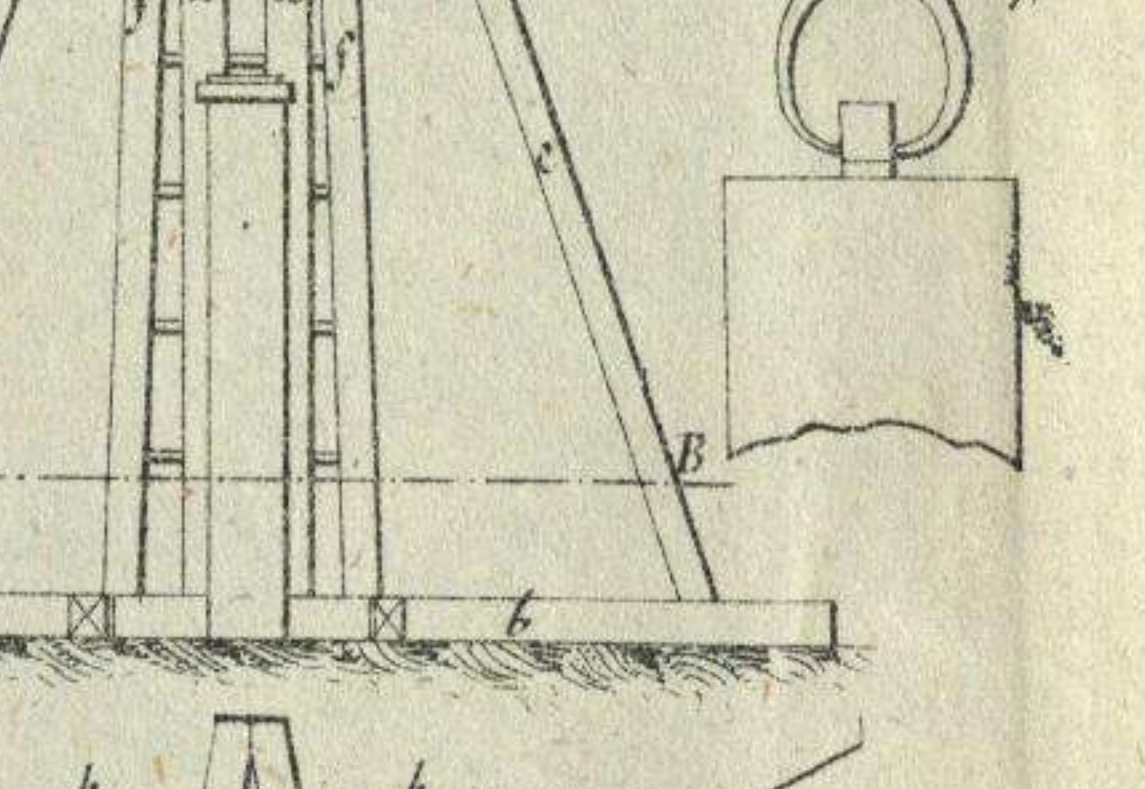
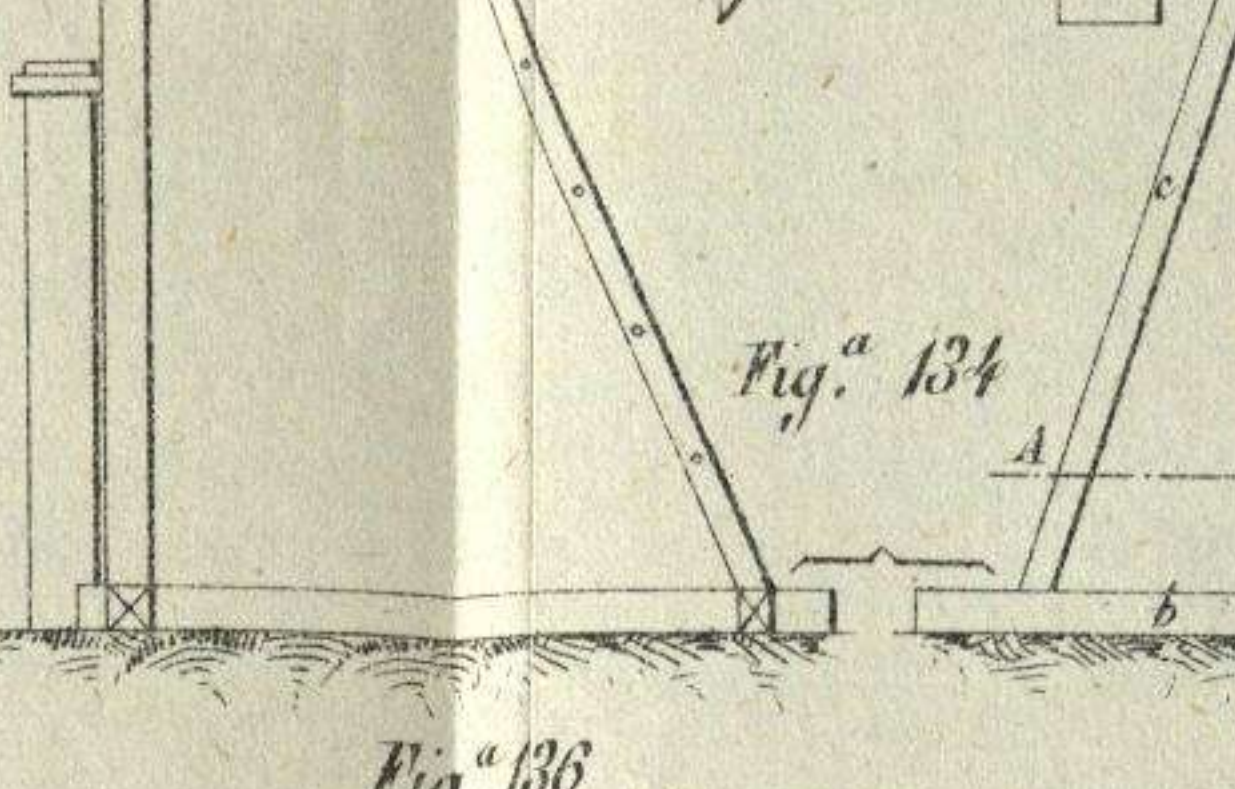
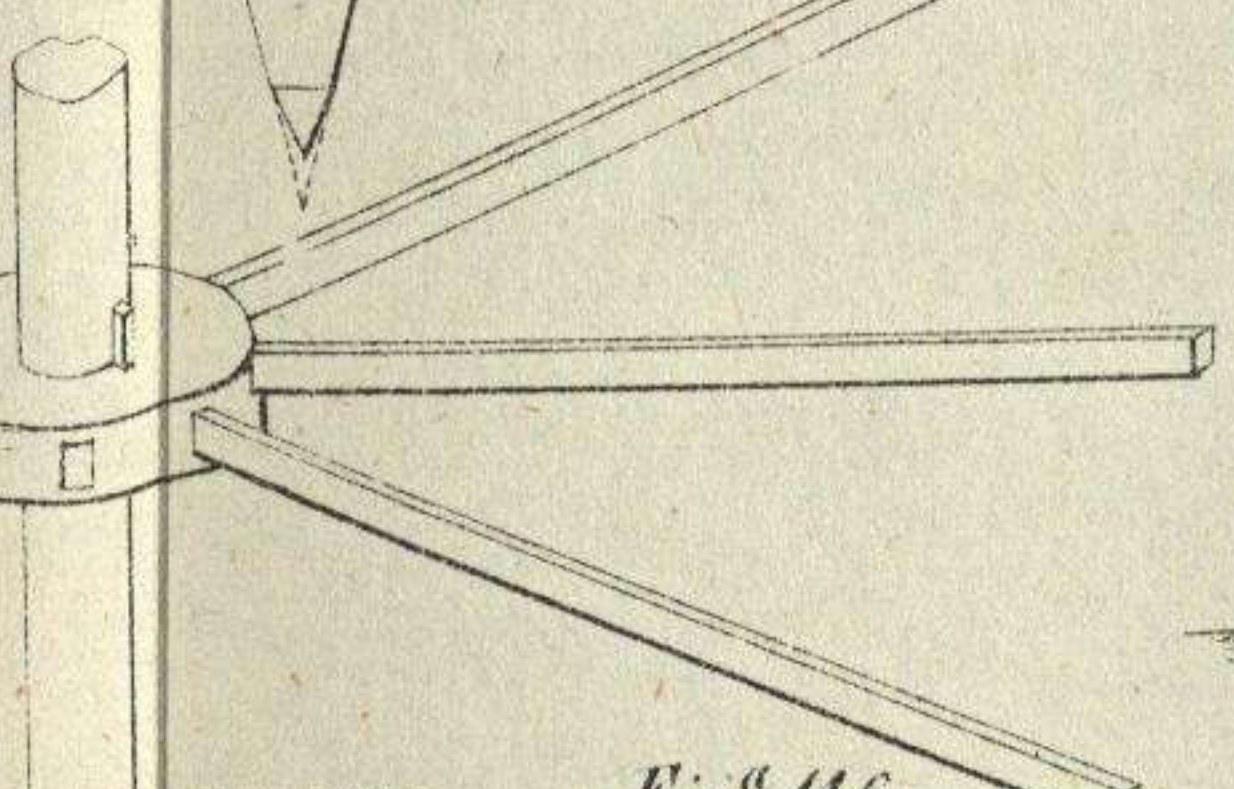
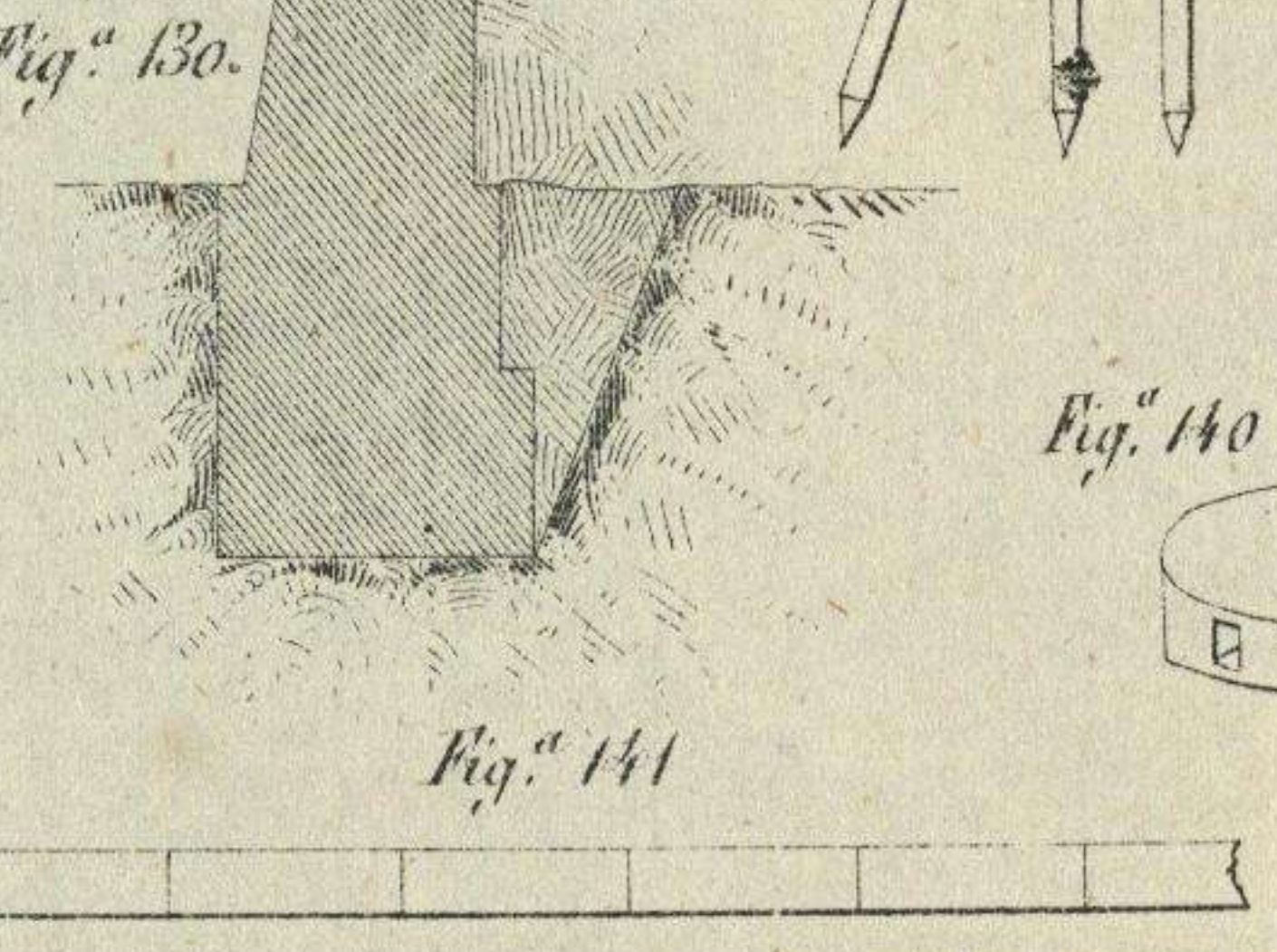
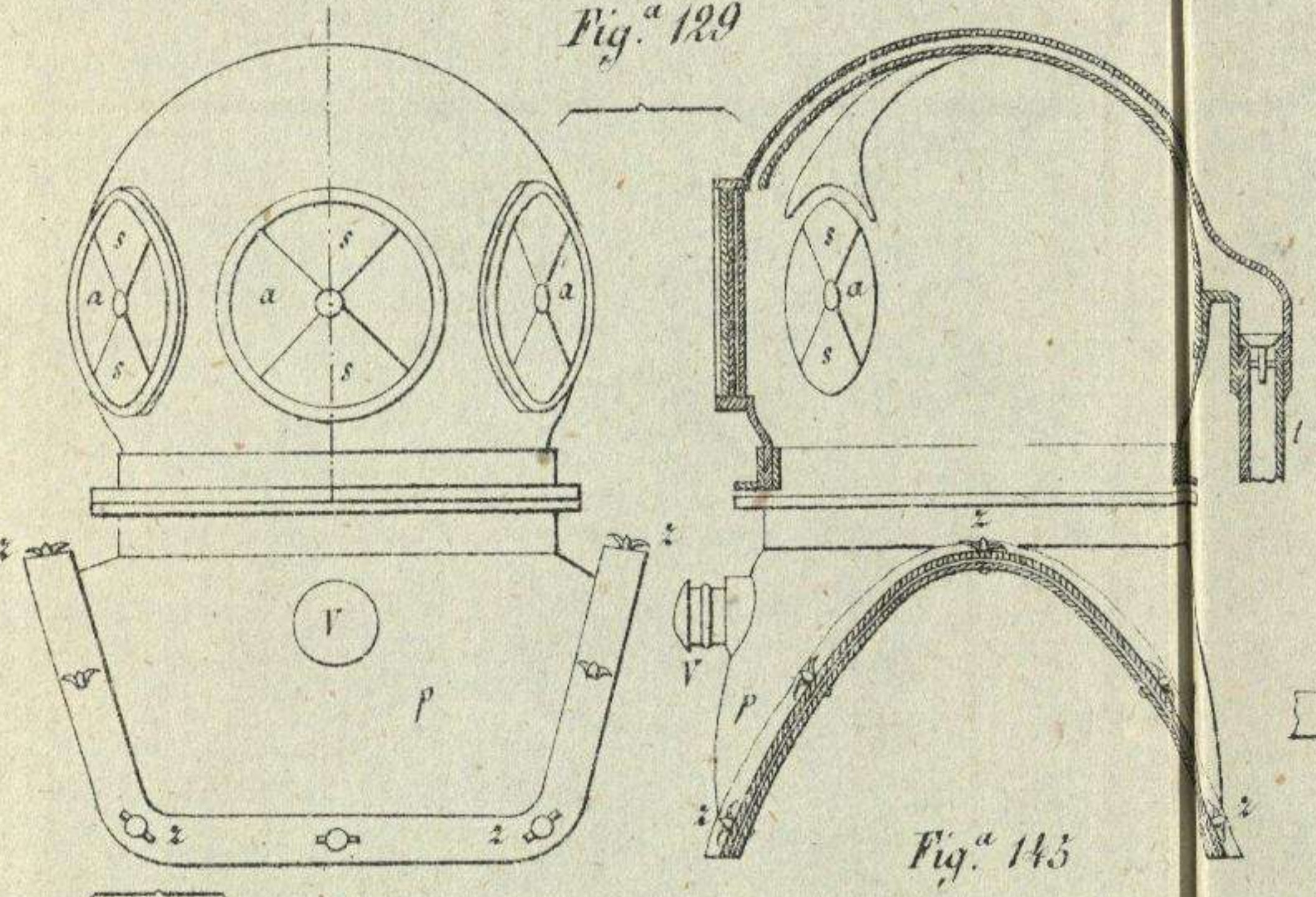
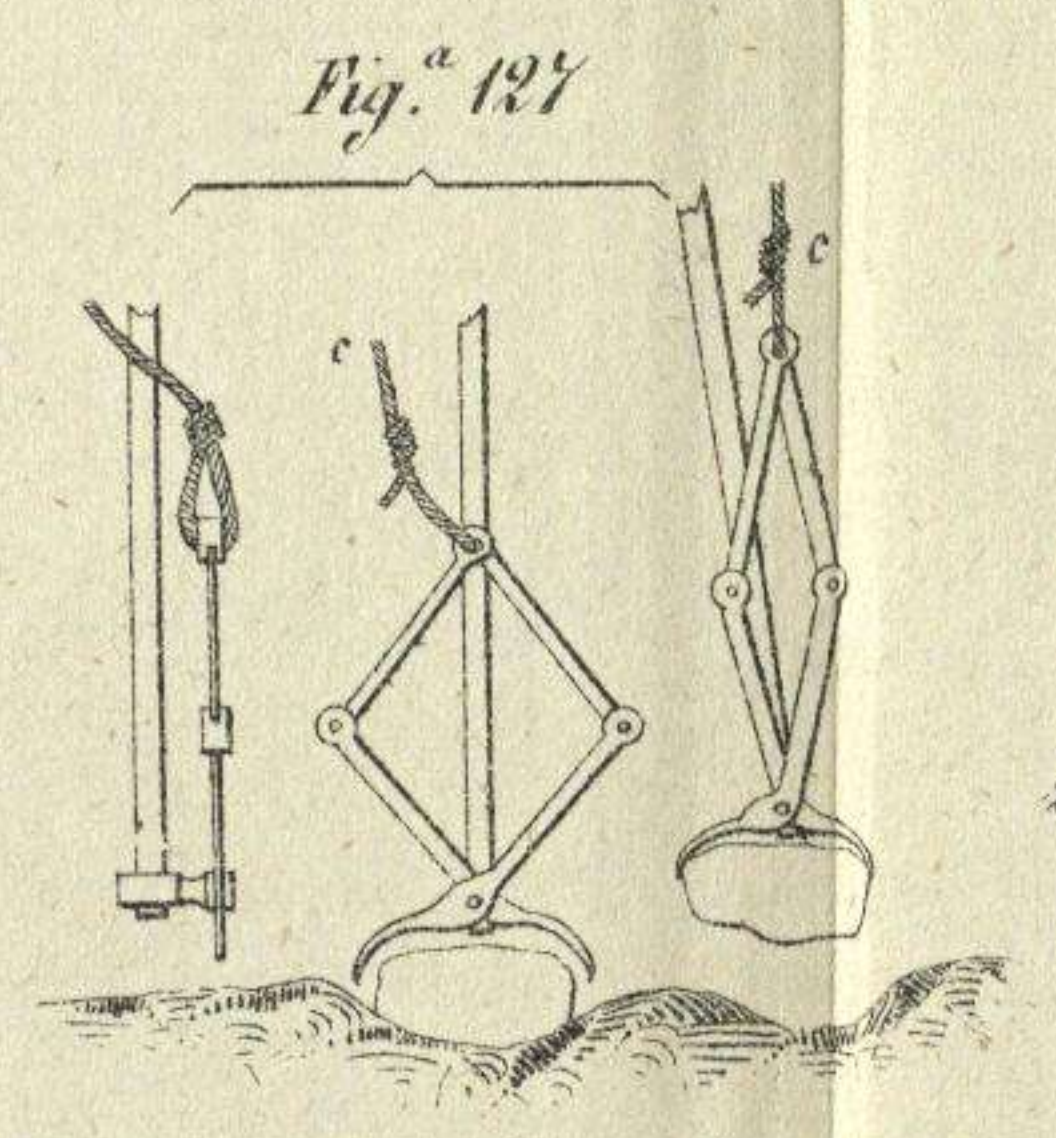
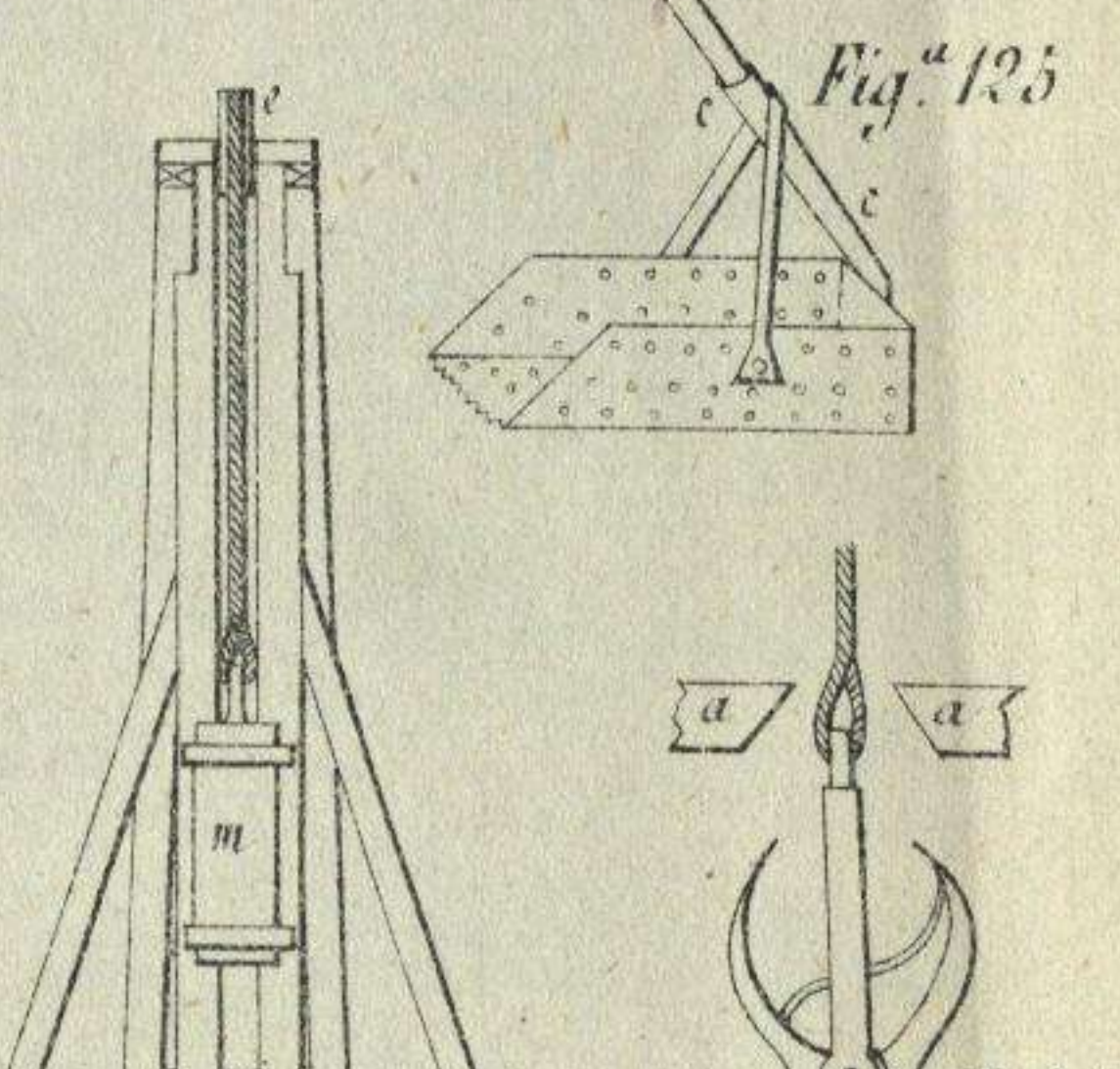
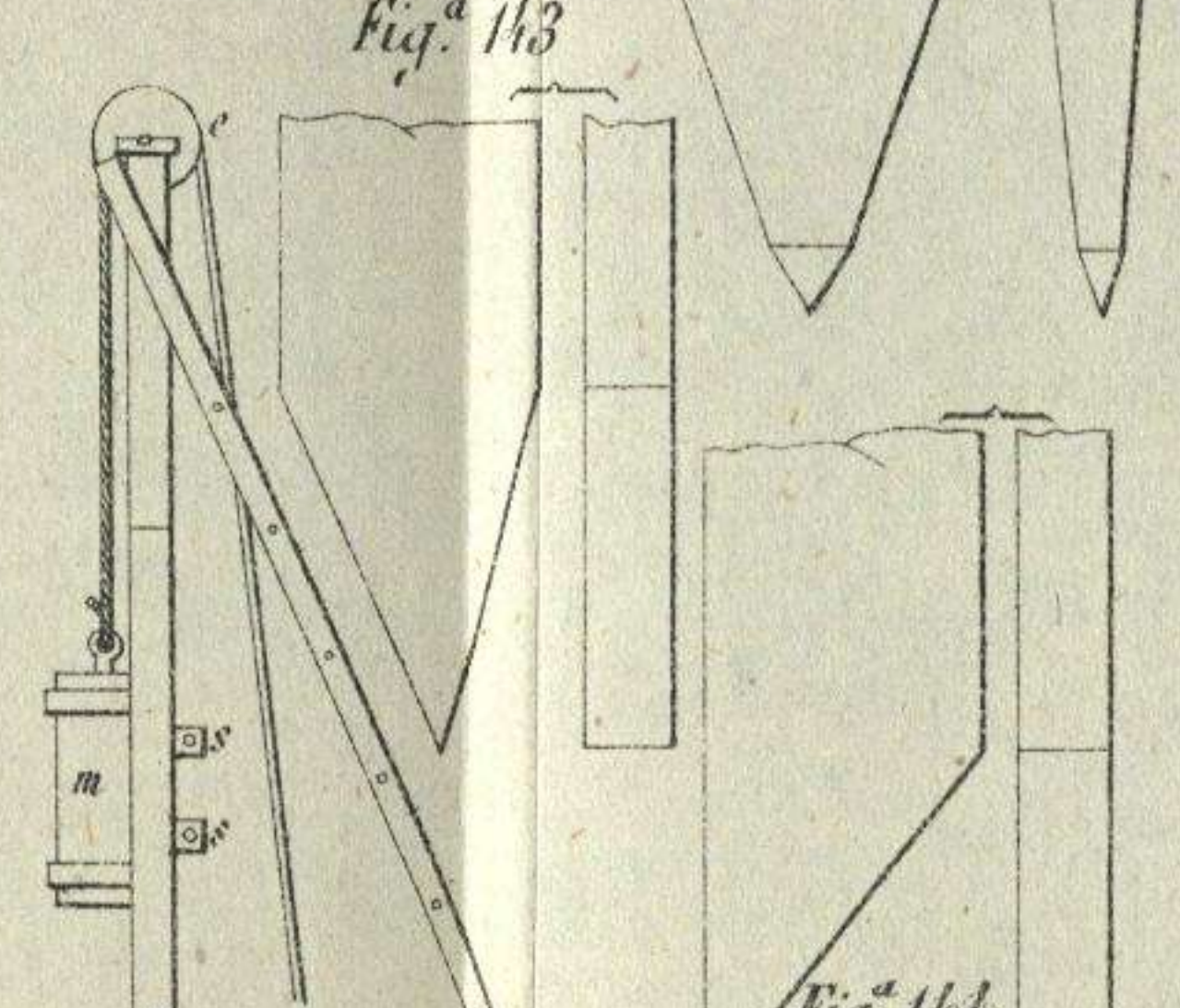
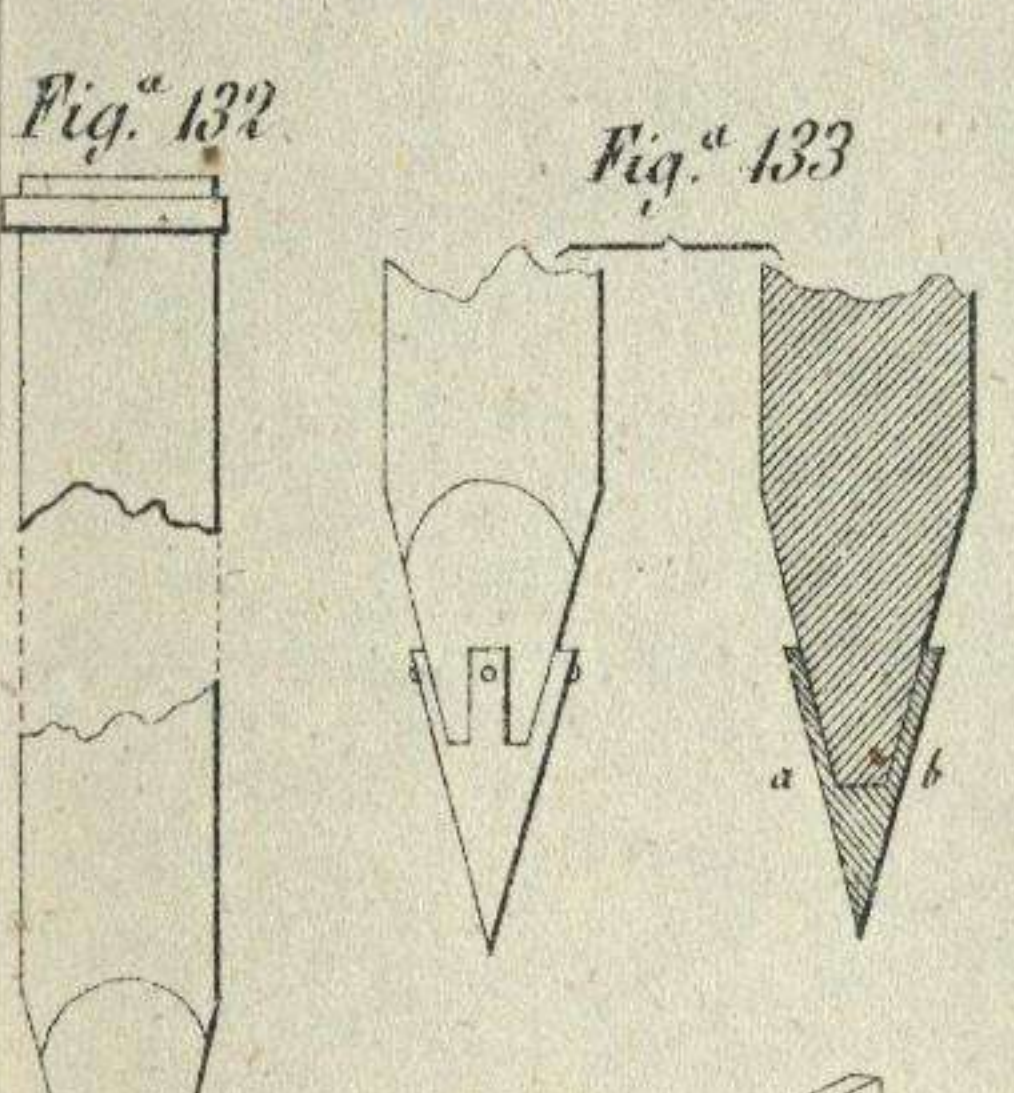
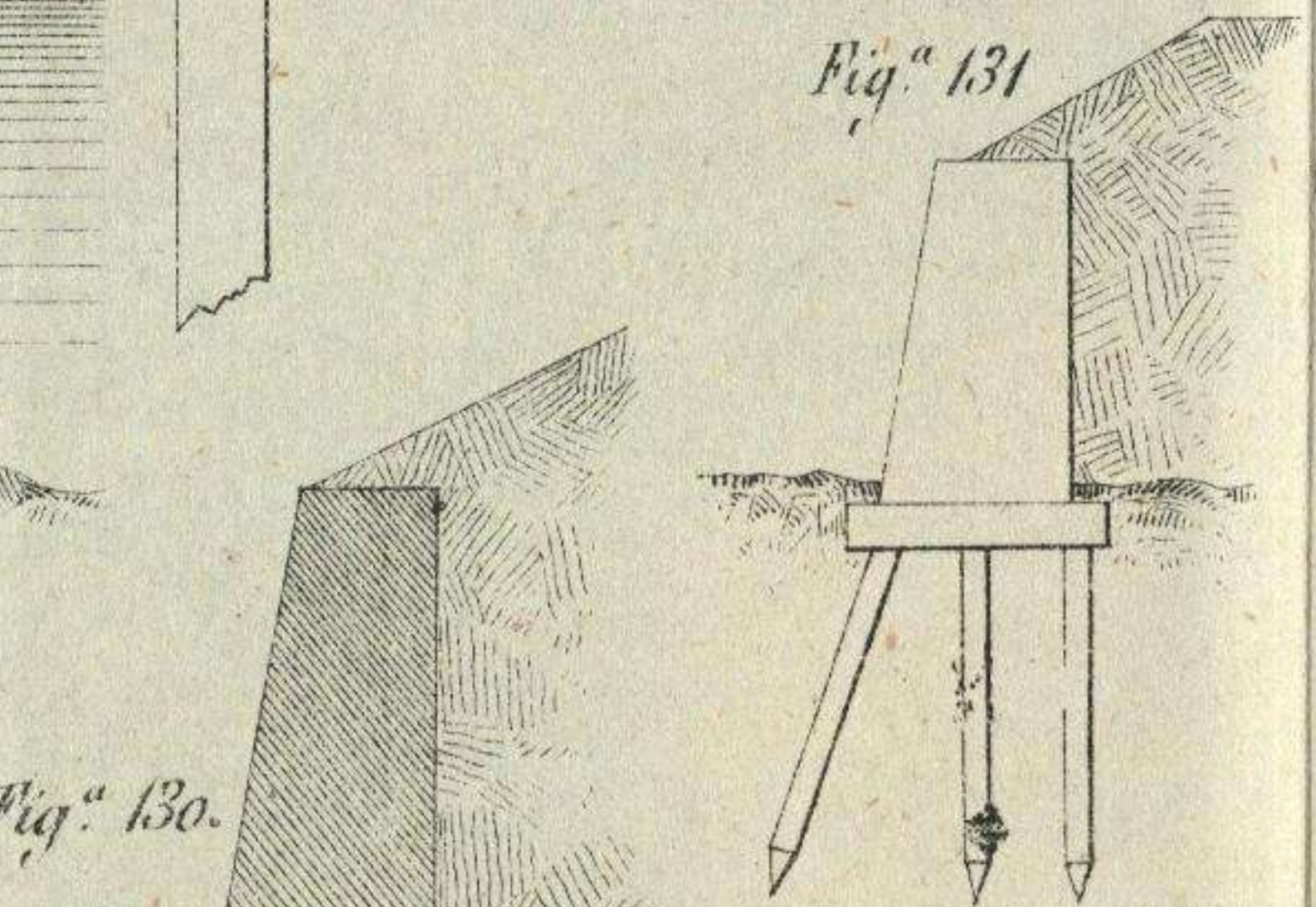
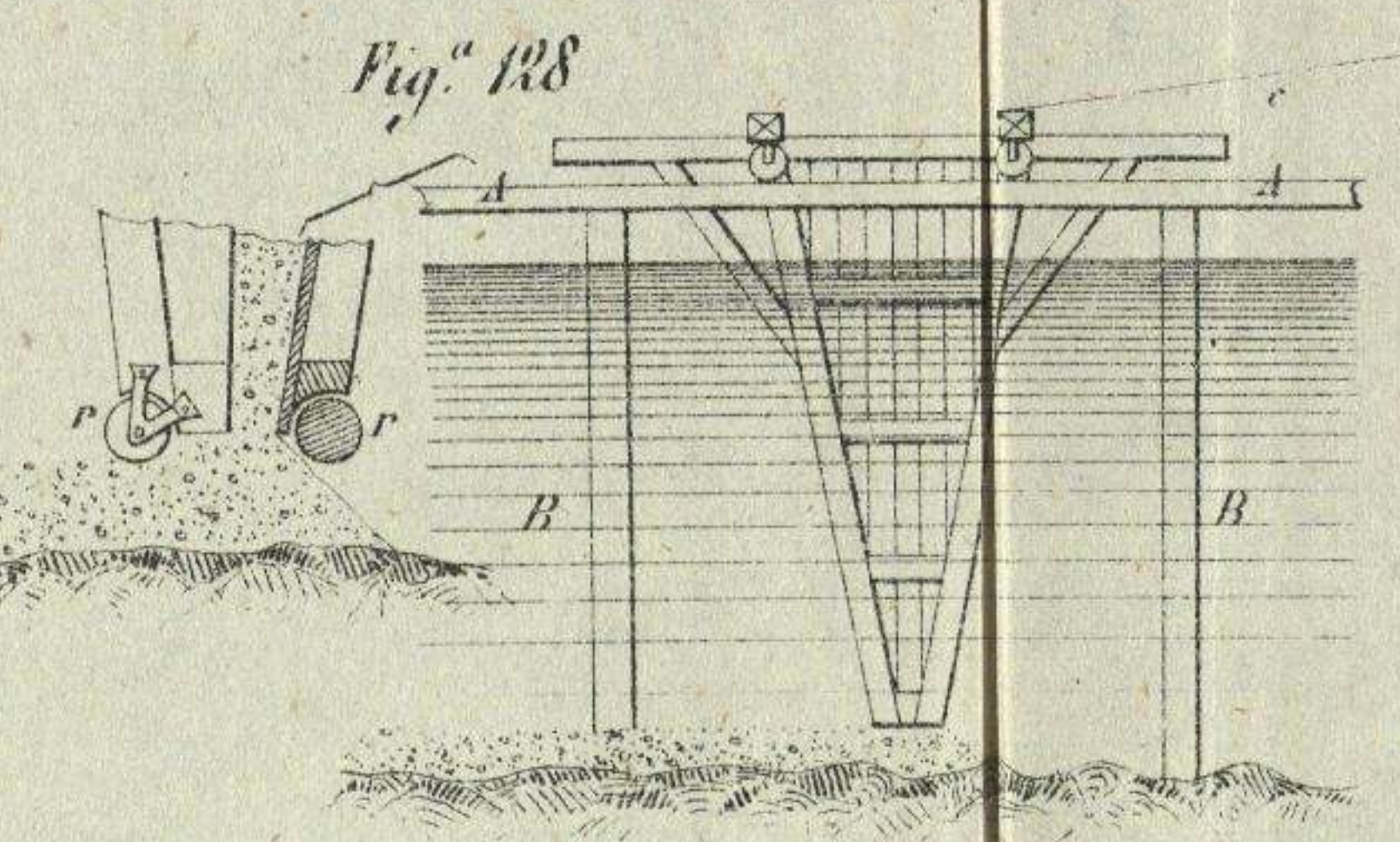
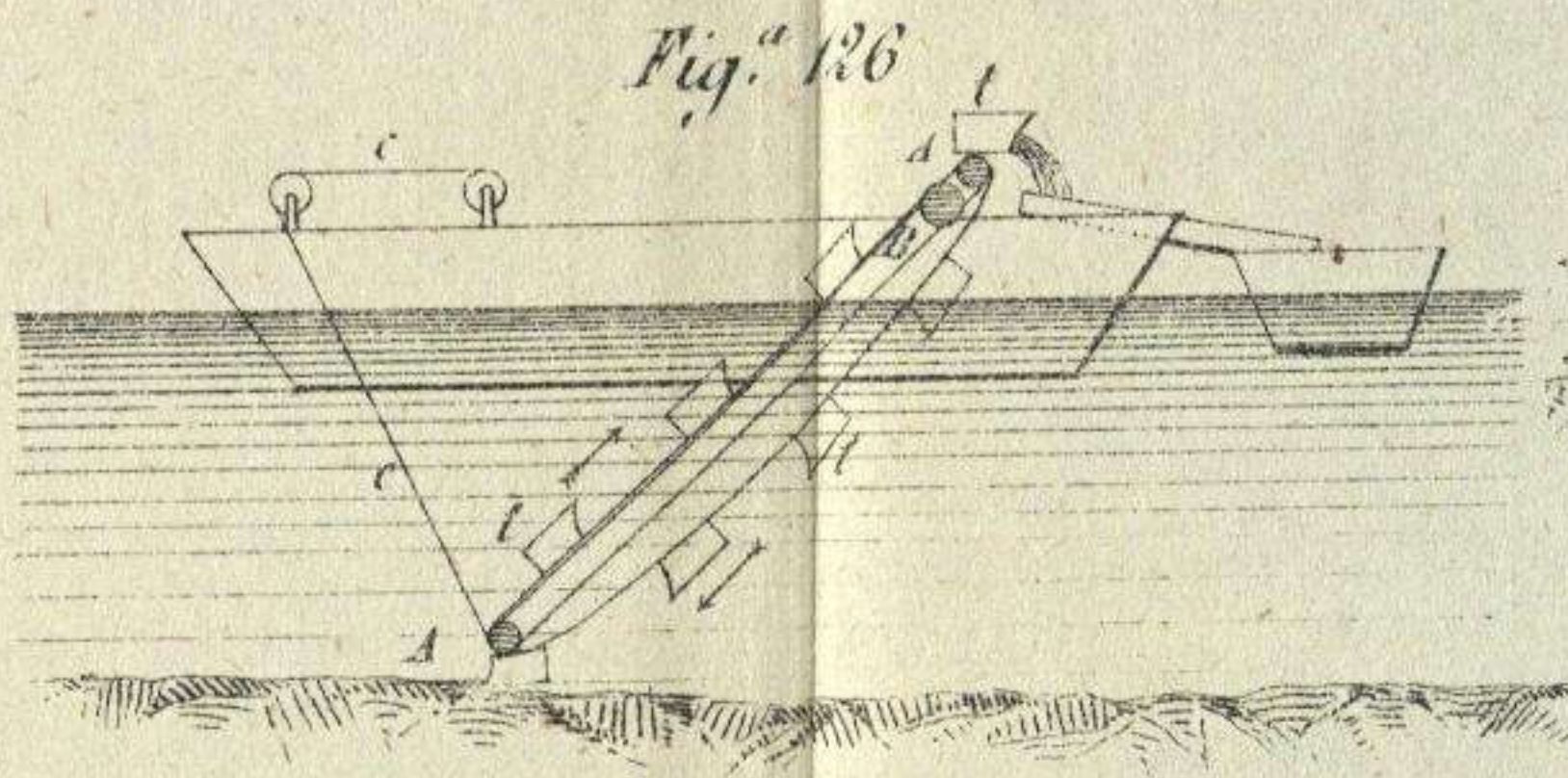
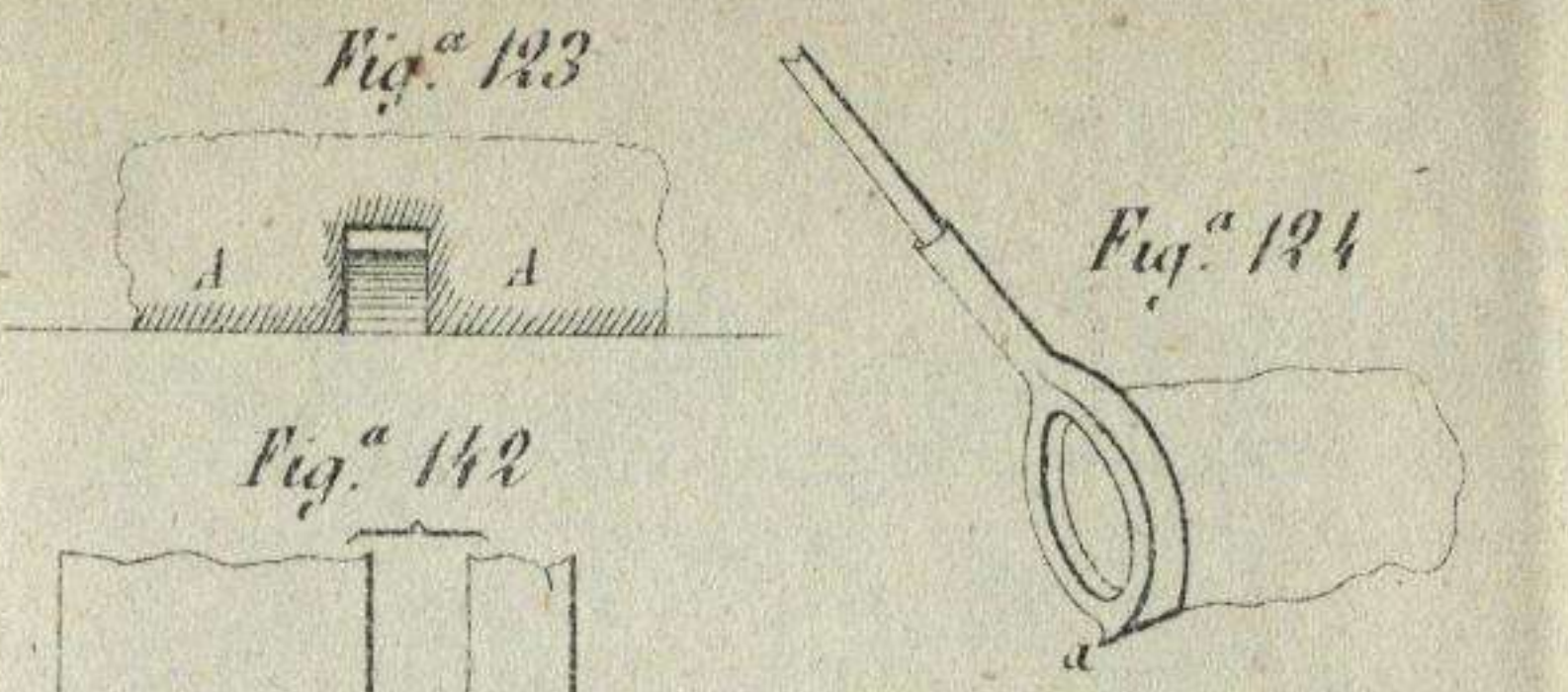
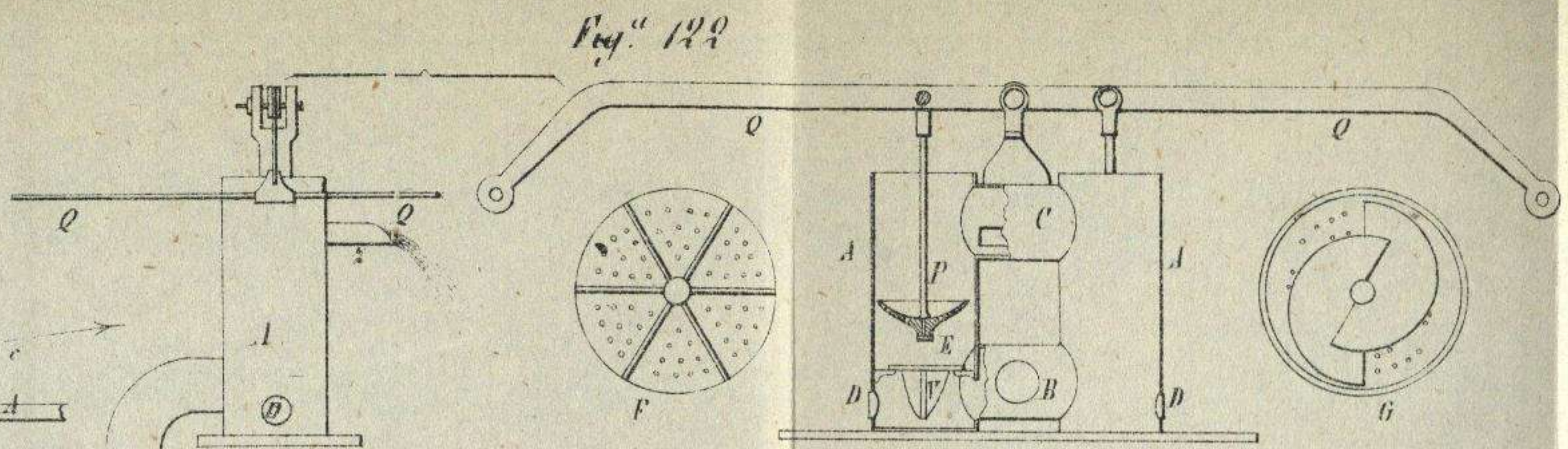
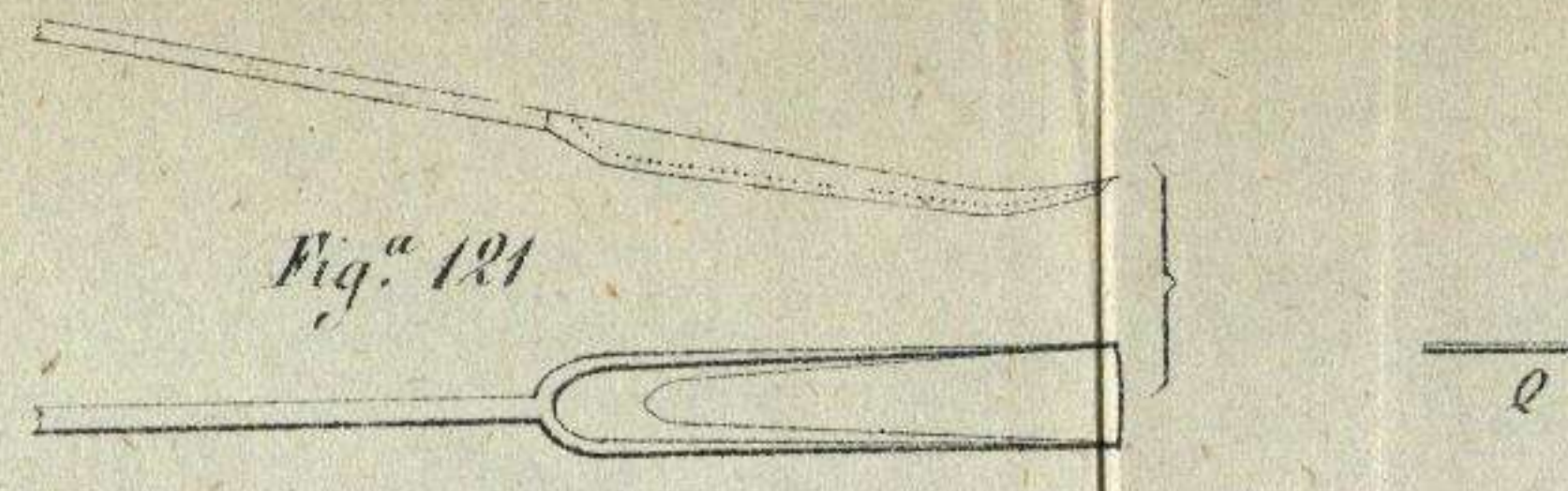
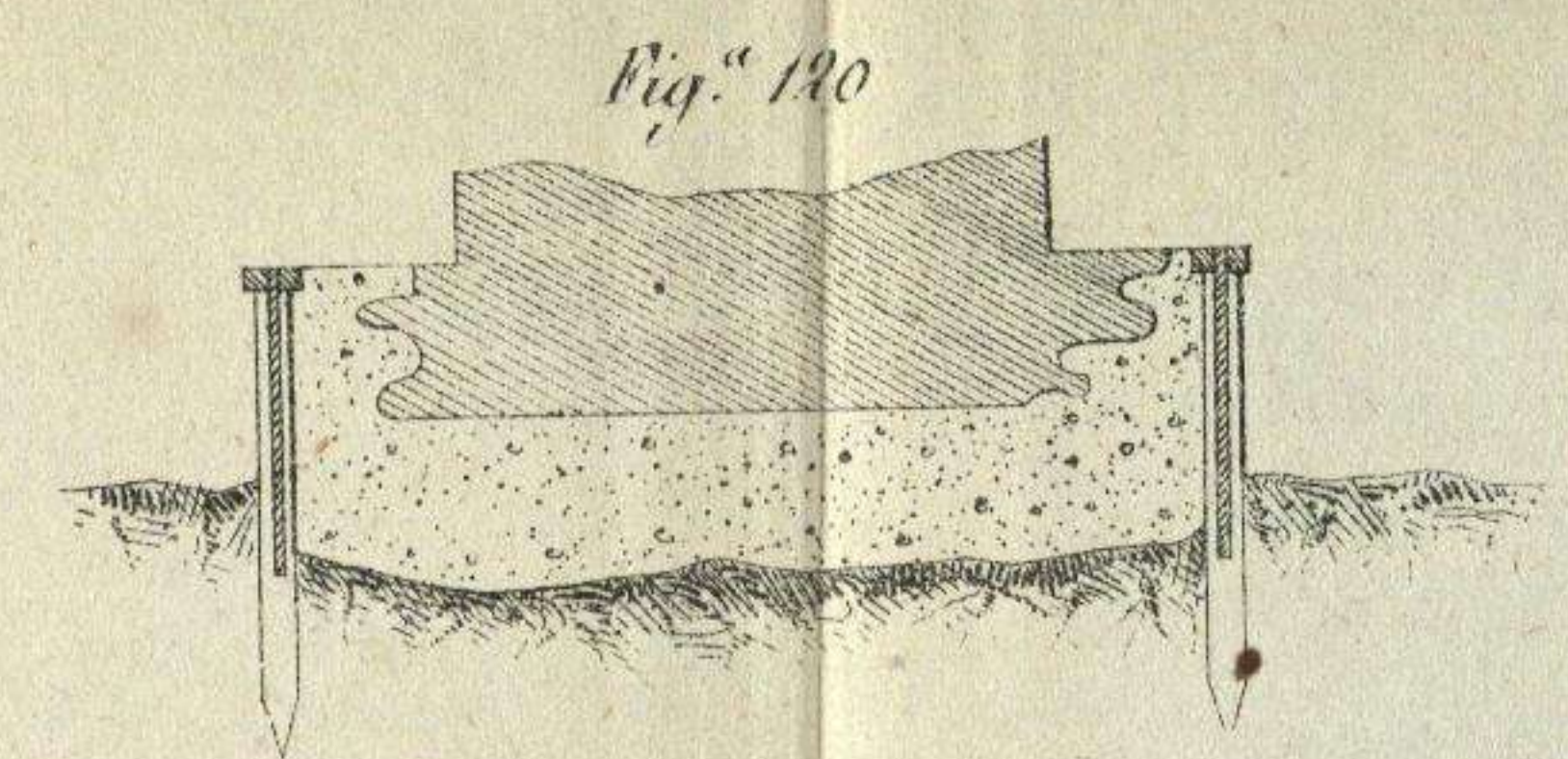


Fig.^a 150.

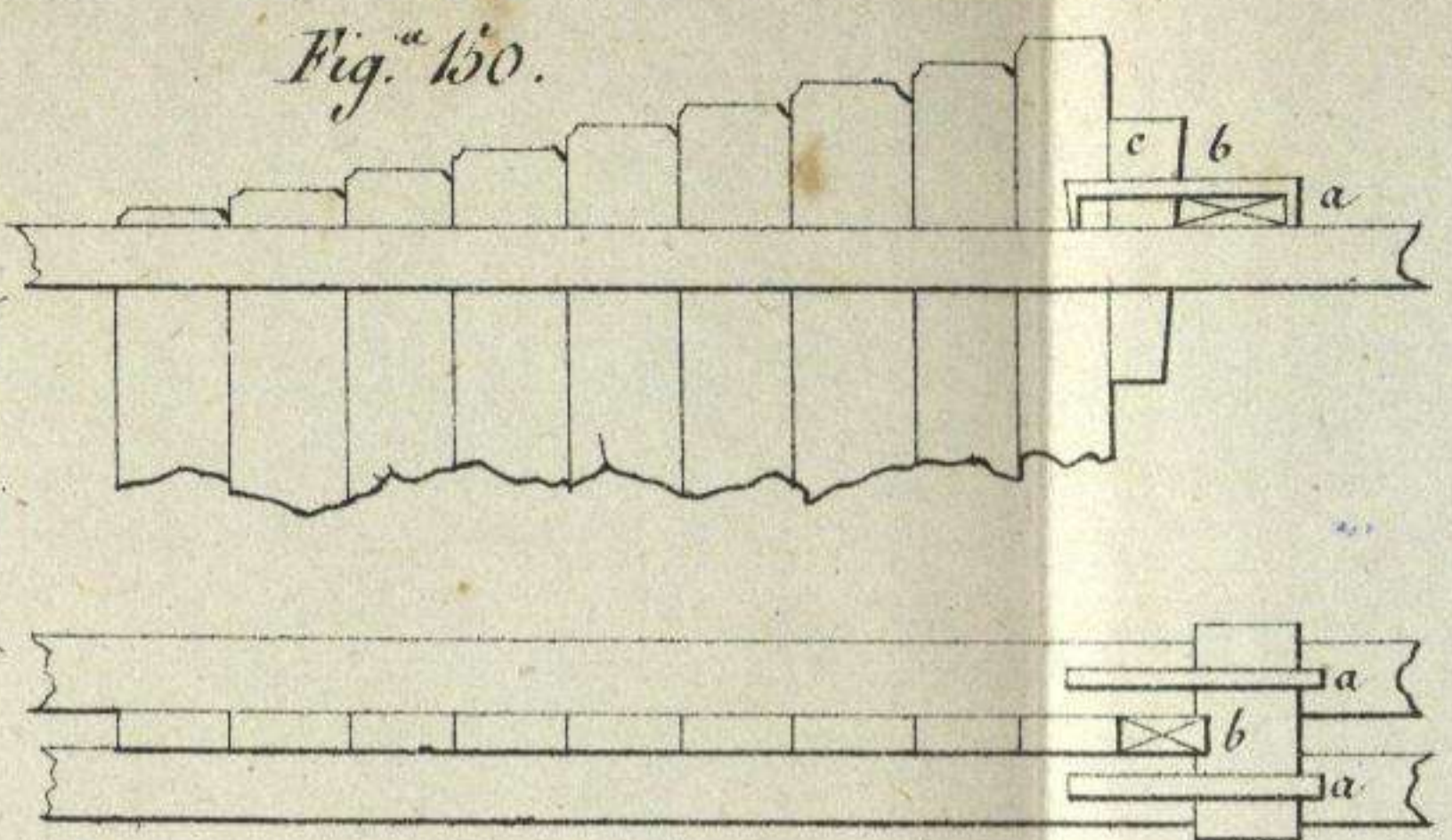


Fig.^a 151.

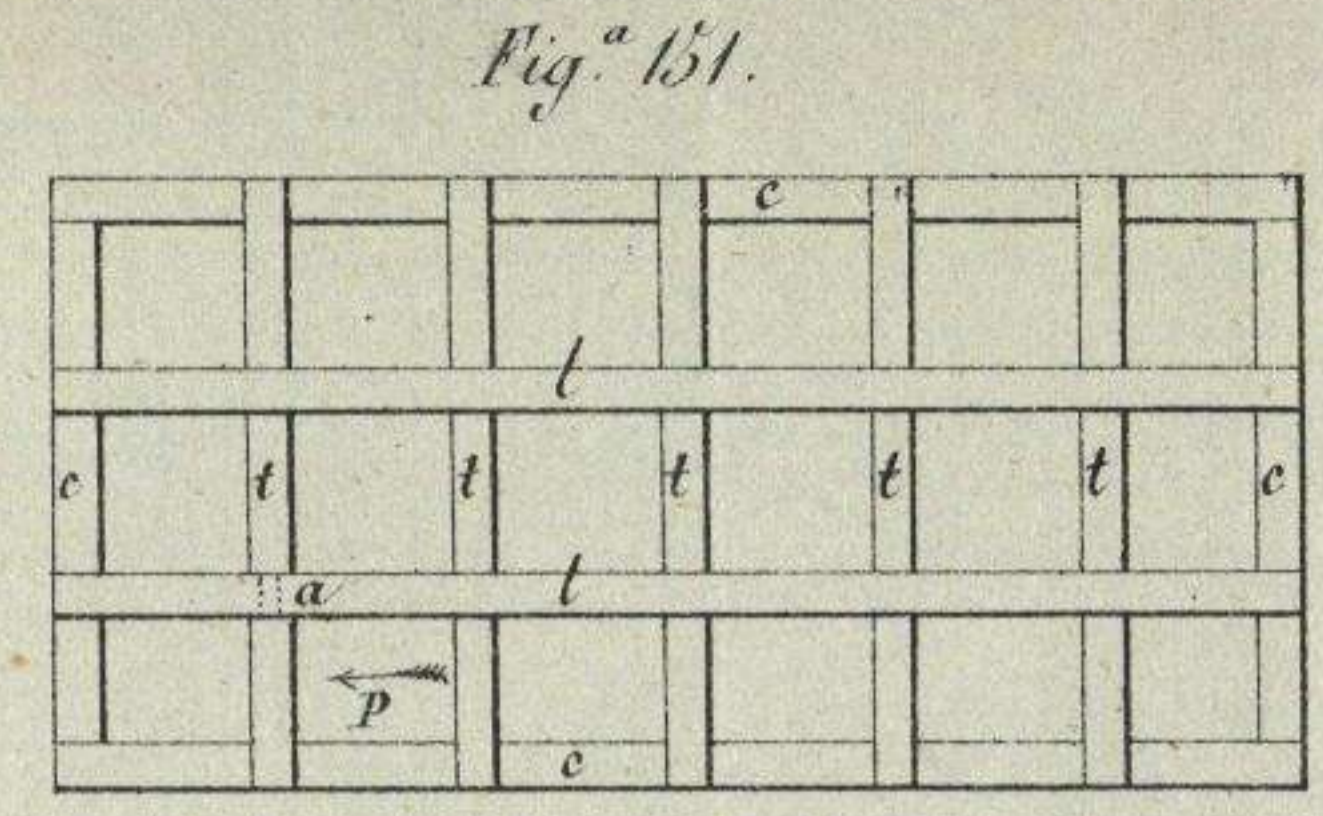


Fig.^a 152.

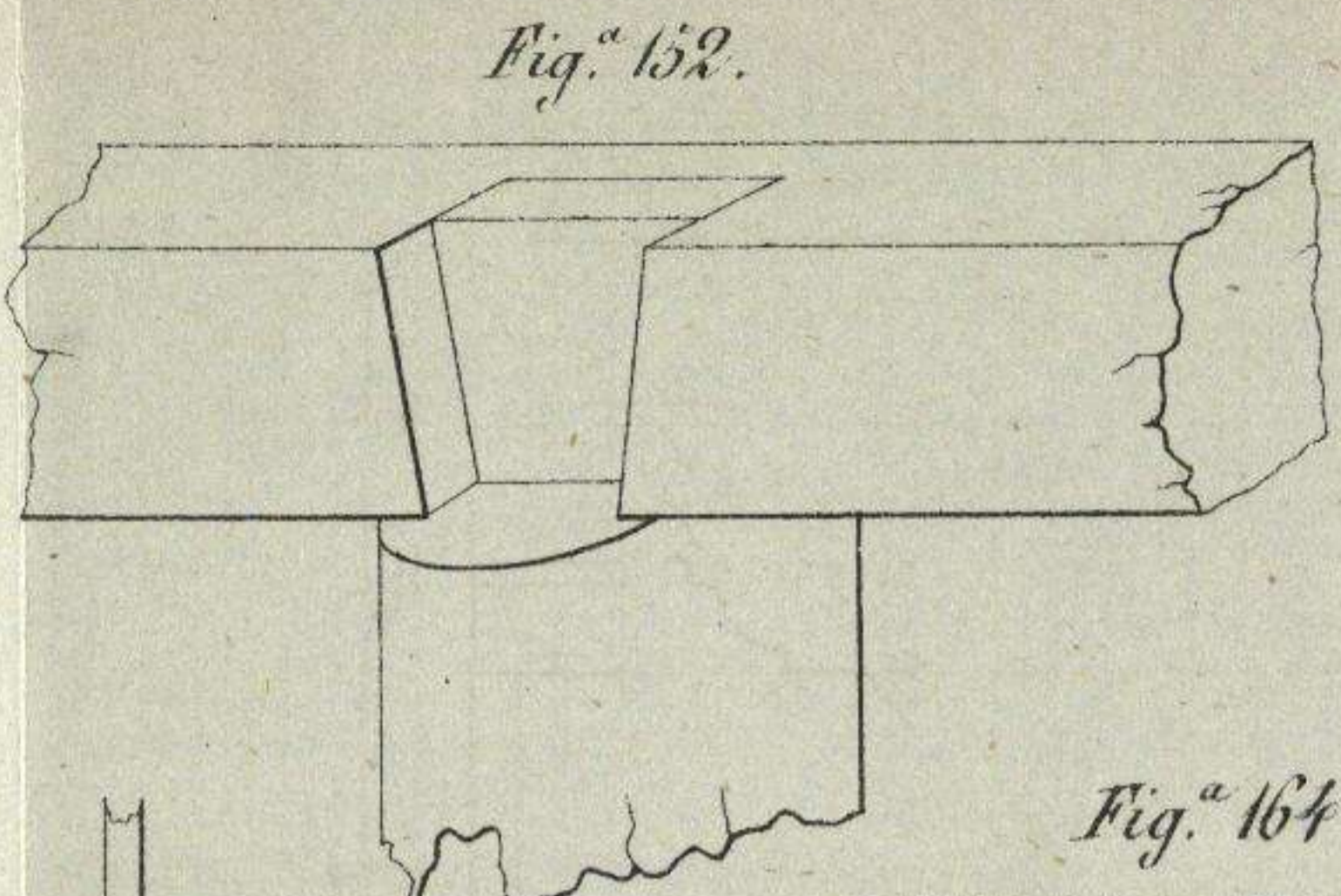


Fig.^a 153.

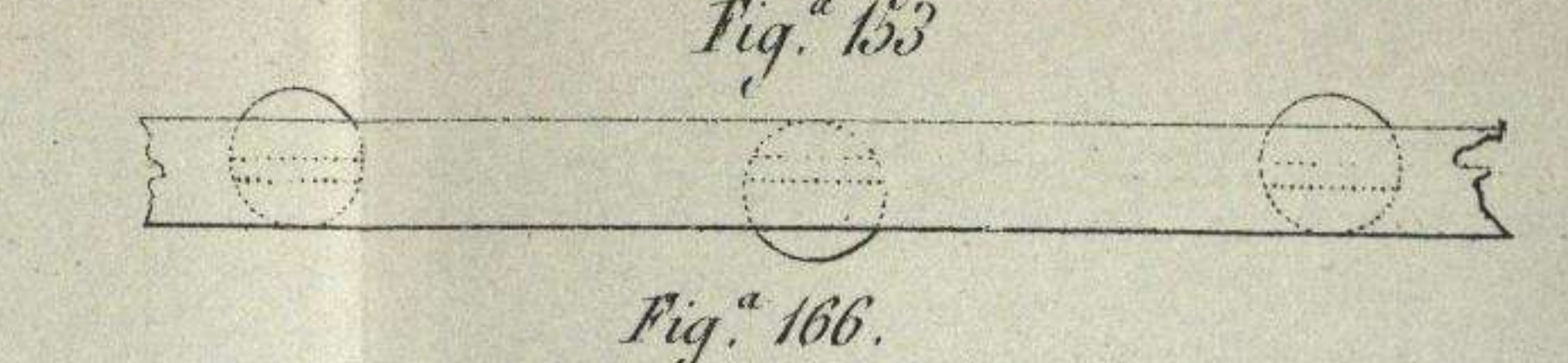


Fig.^a 154.

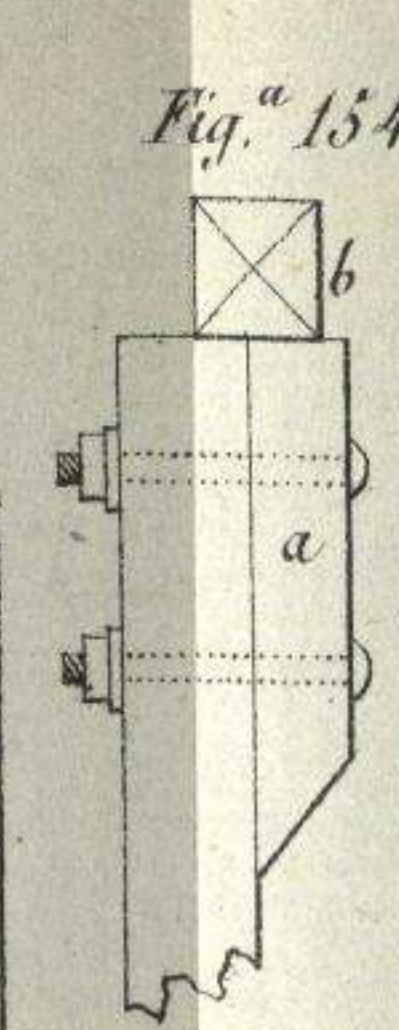


Fig.^a 155.

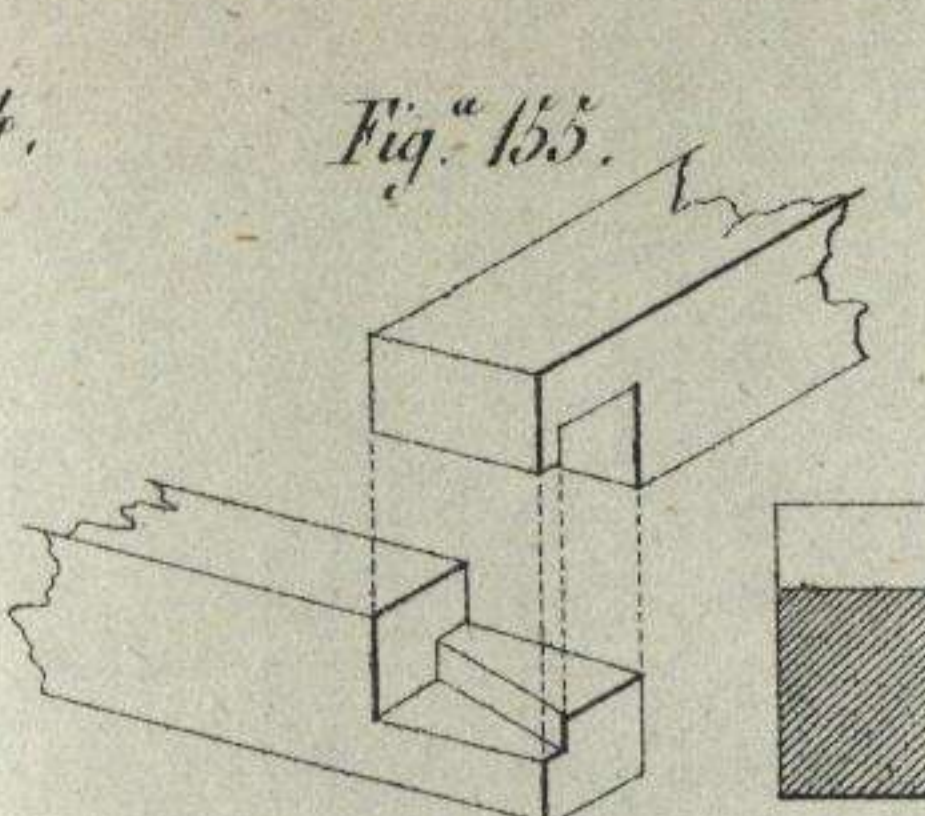


Fig.^a 156.

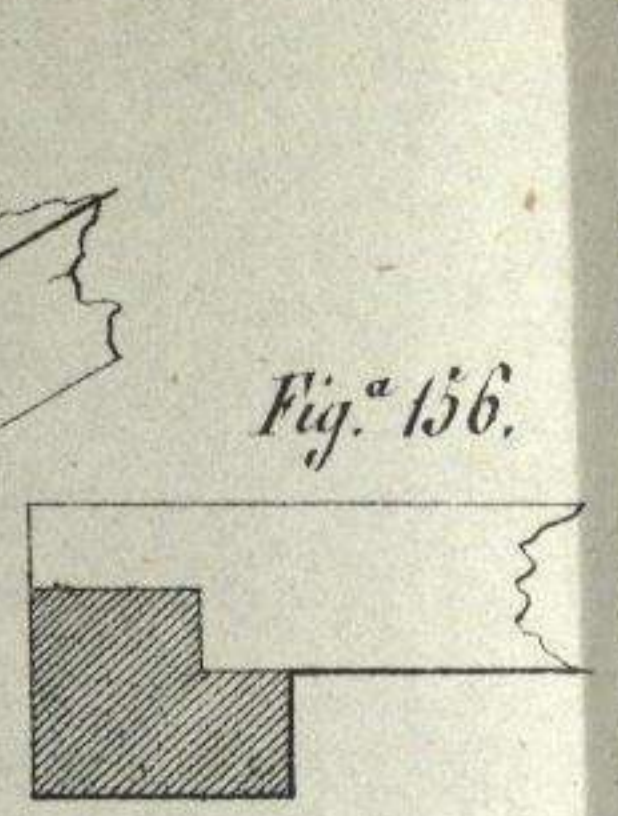


Fig.^a 157.

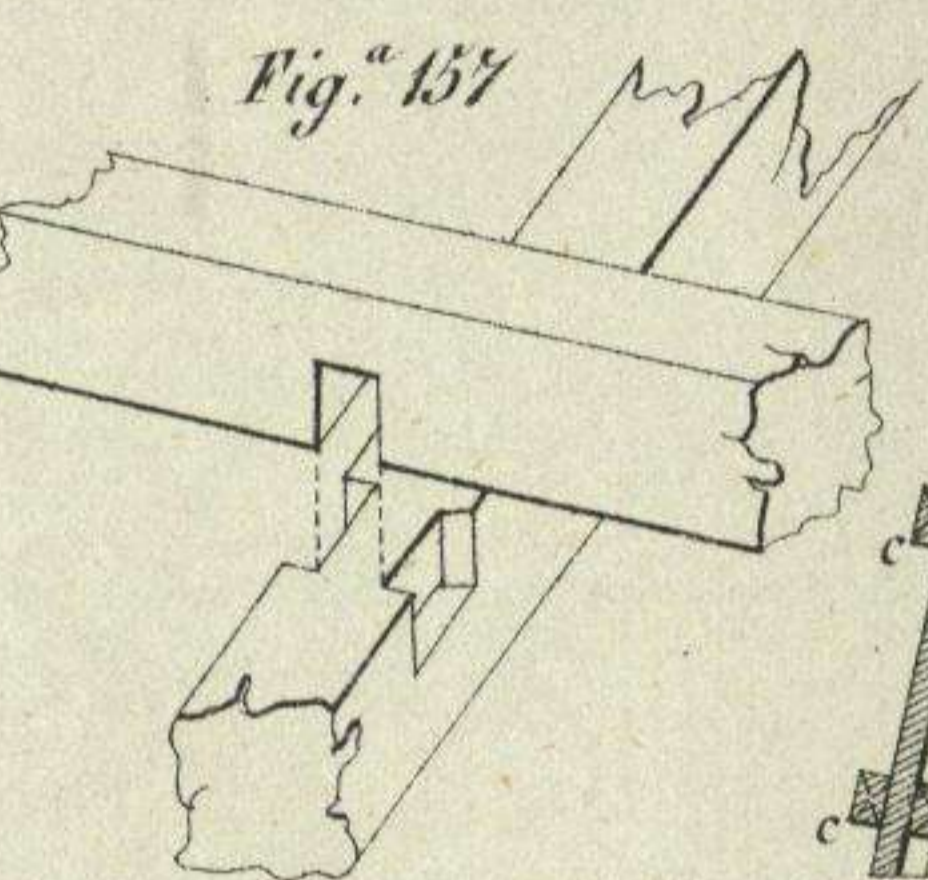


Fig.^a 158.

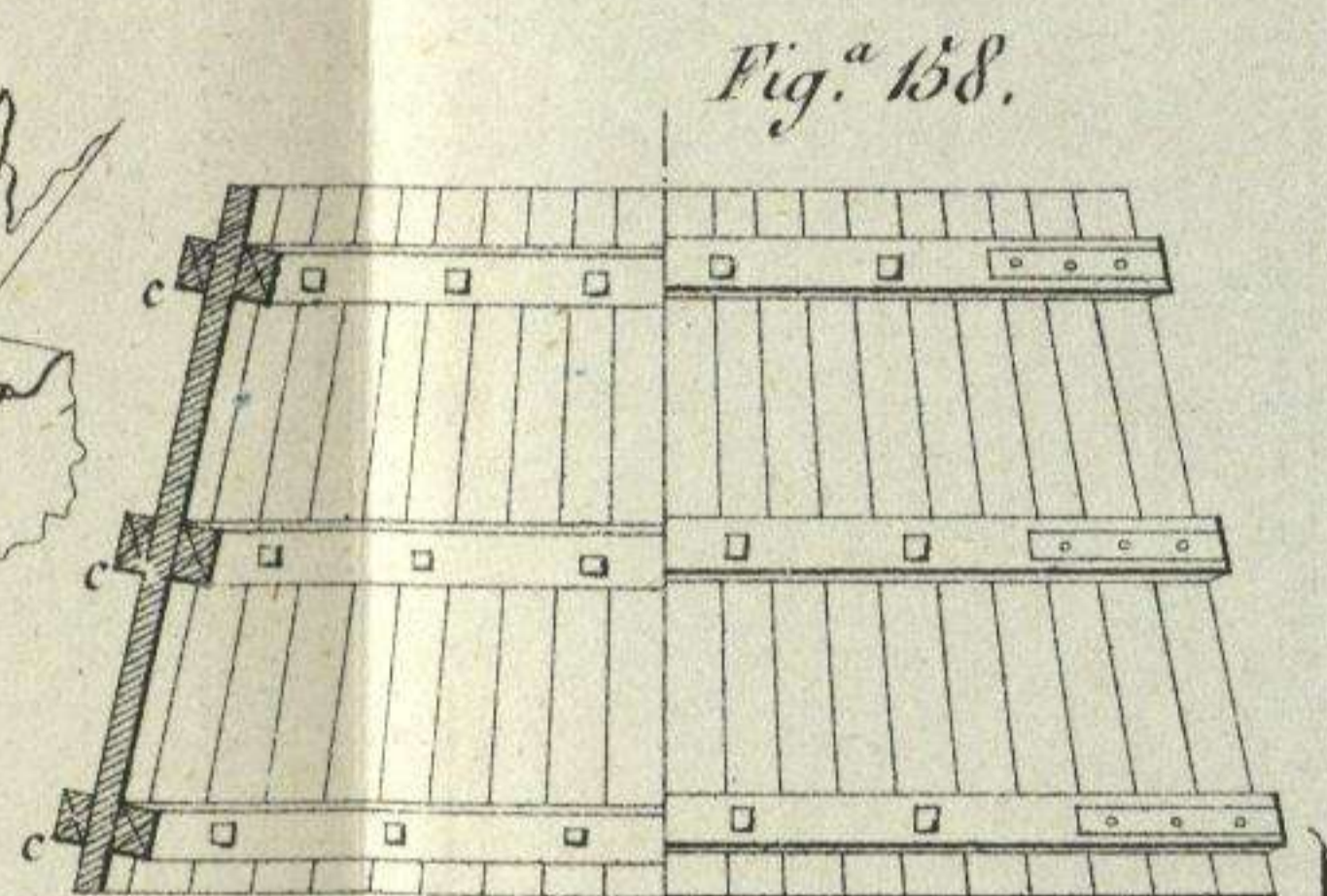


Fig.^a 161.

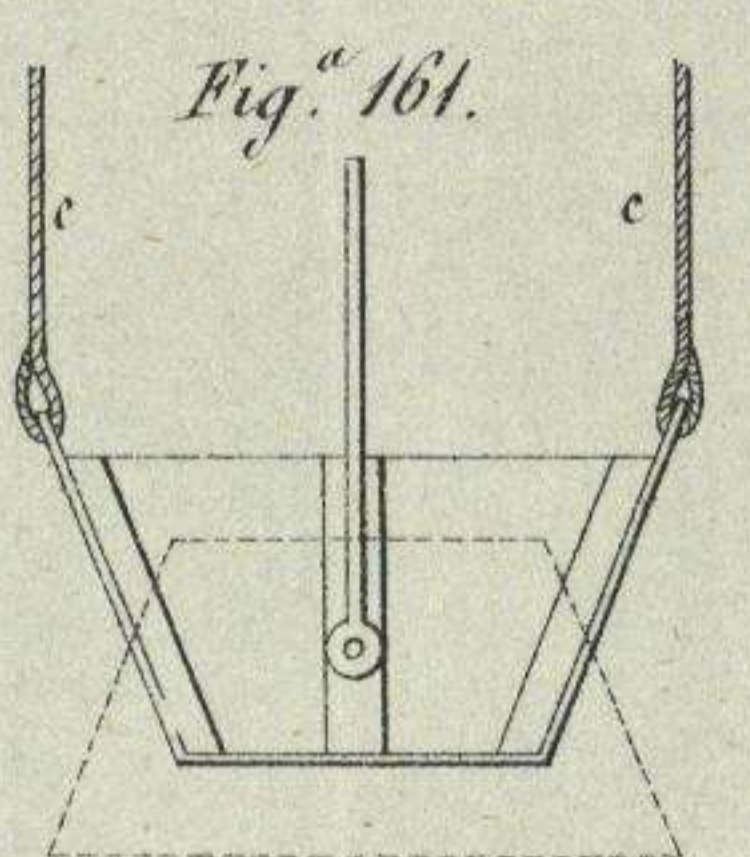


Fig.^a 162.

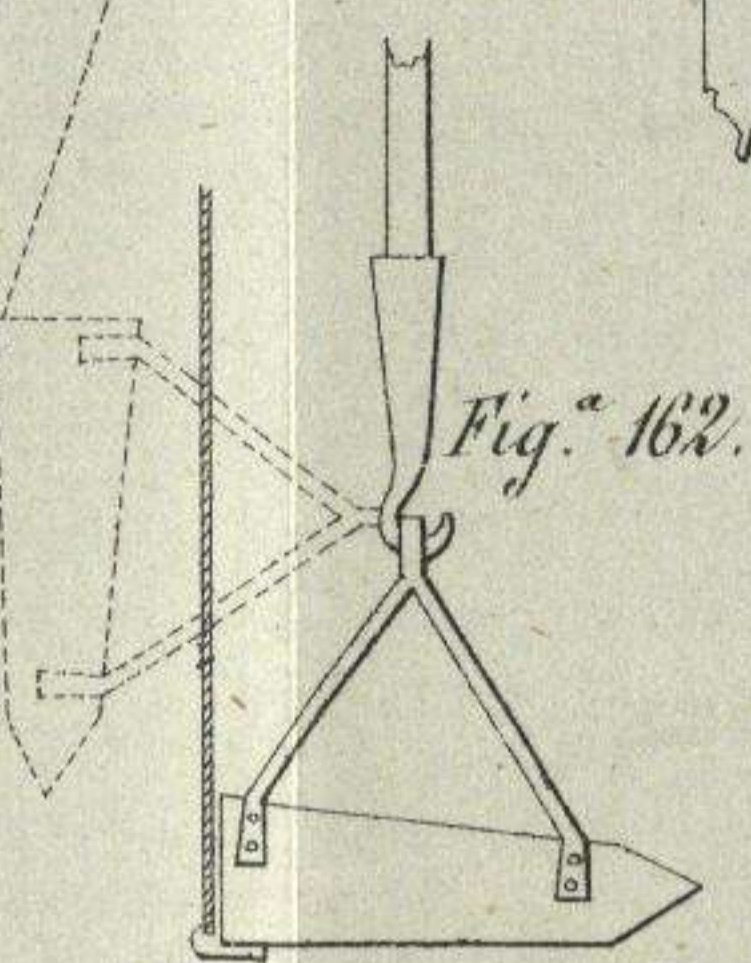


Fig.^a 163.

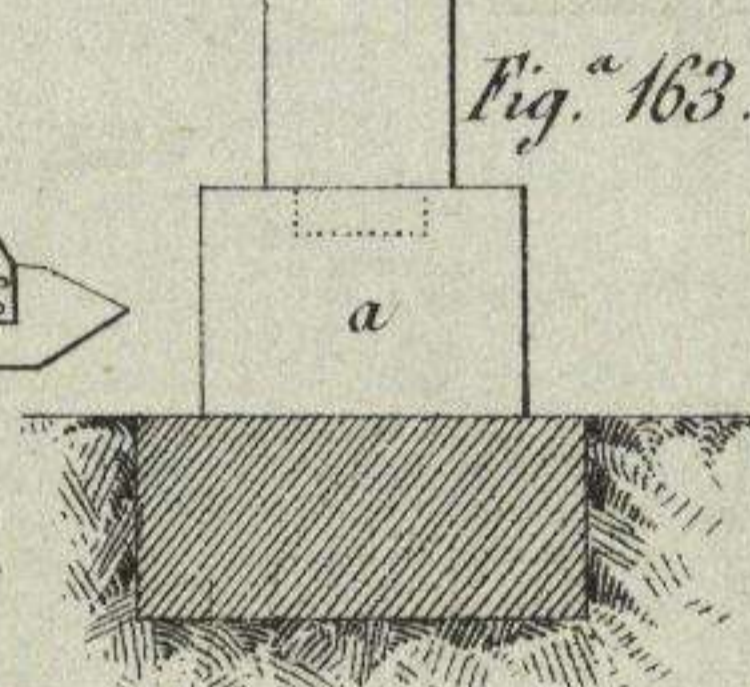


Fig.^a 164.

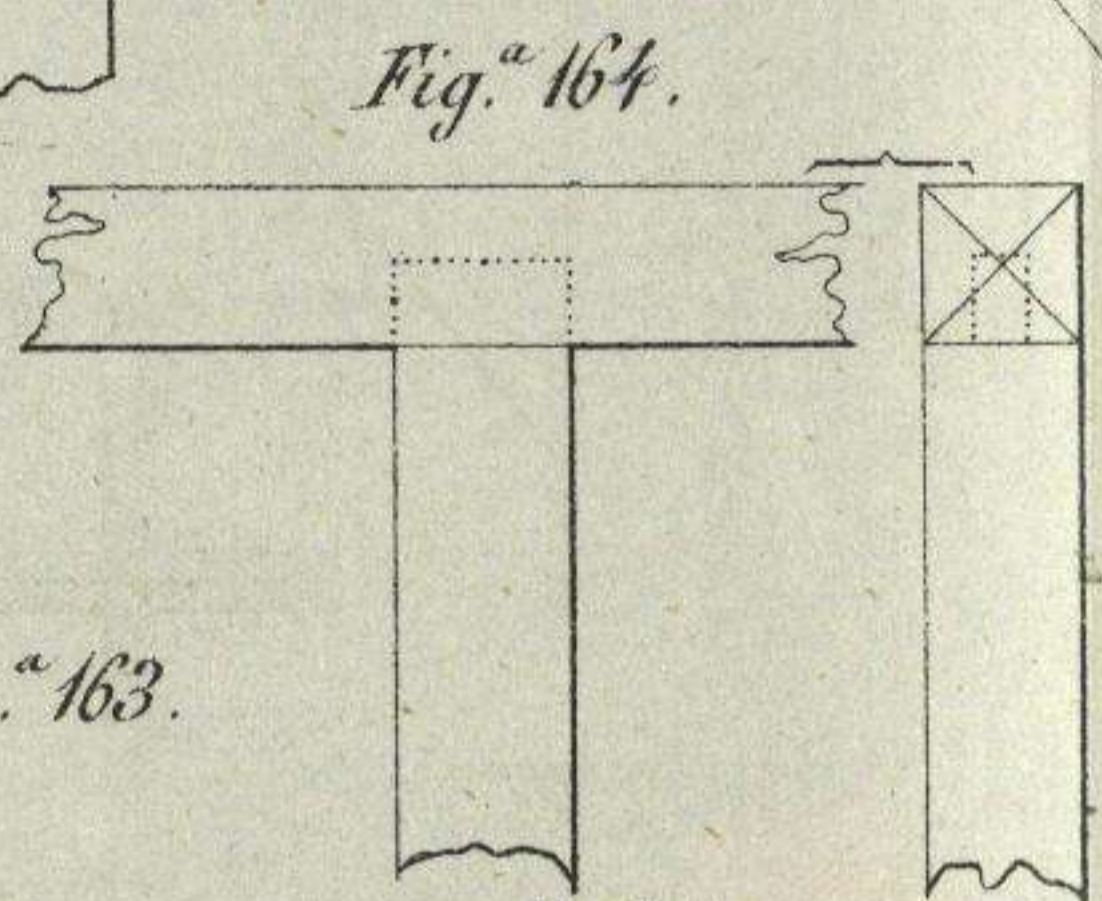


Fig.^a 168.

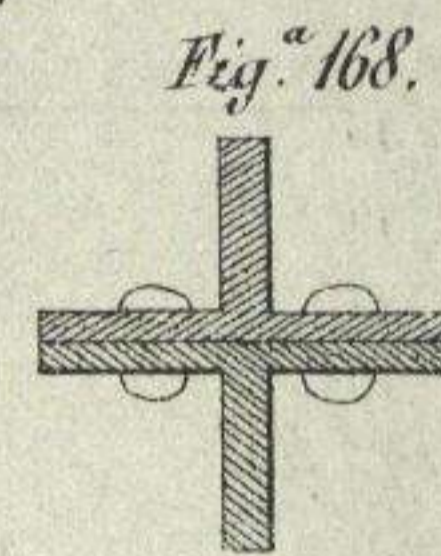


Fig.^a 169.

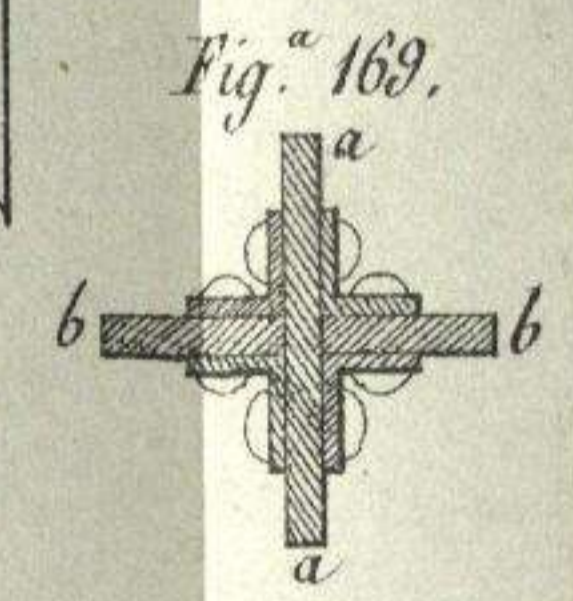


Fig.^a 165.

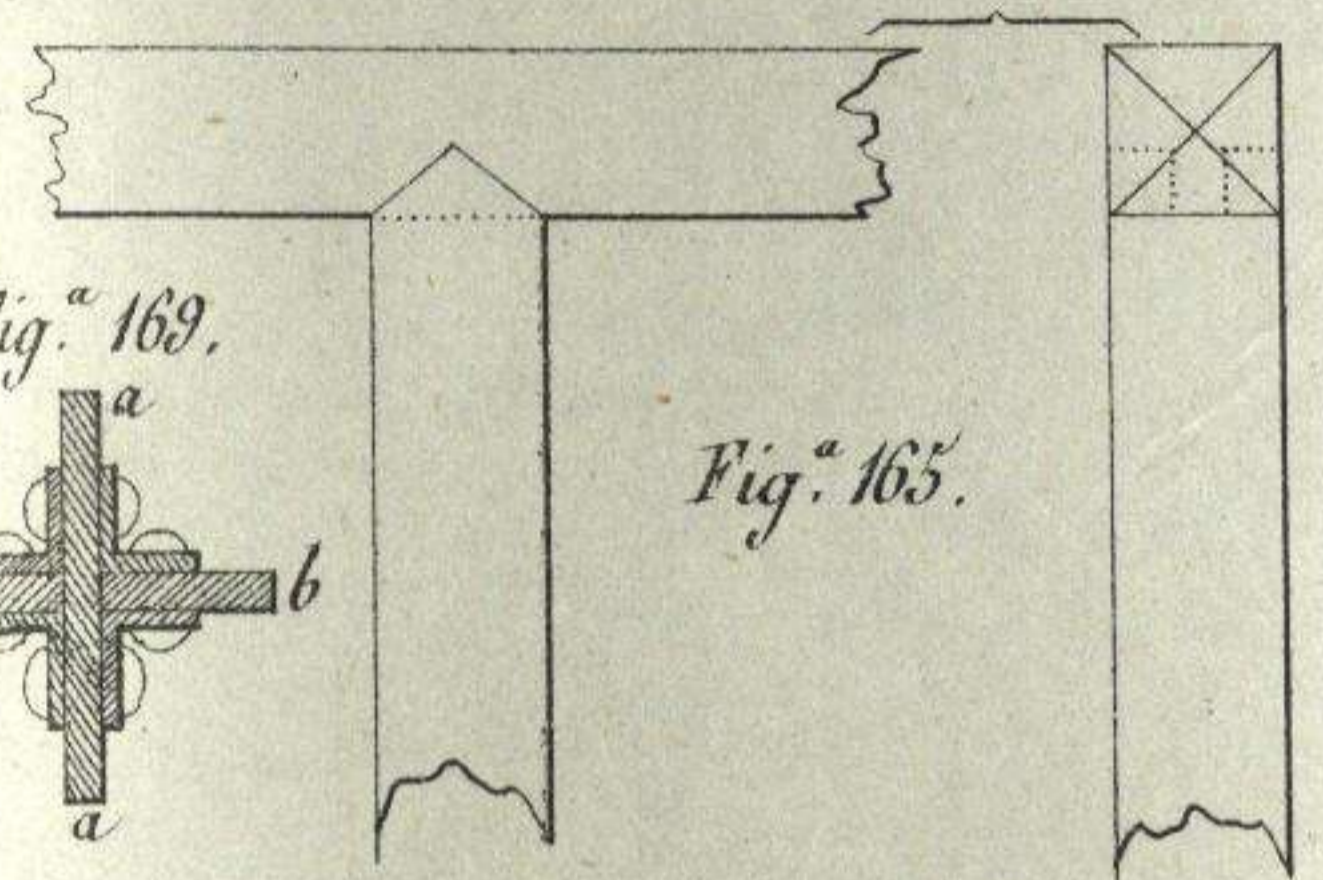


Fig.^a 167.

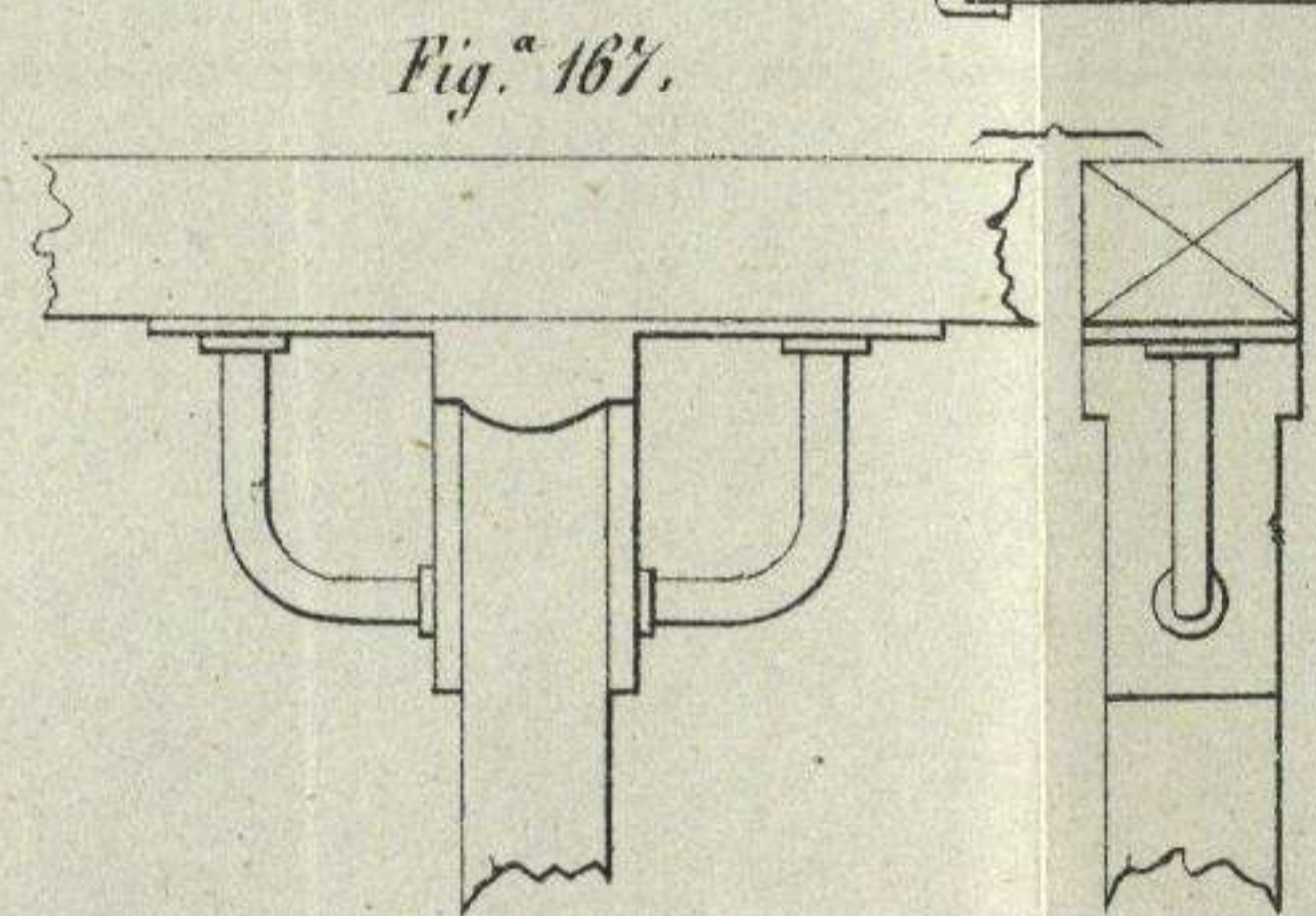


Fig.^a 170.

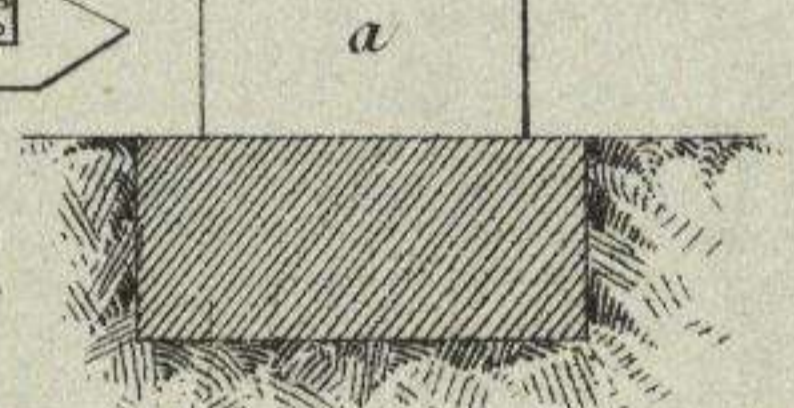


Fig.^a 172.

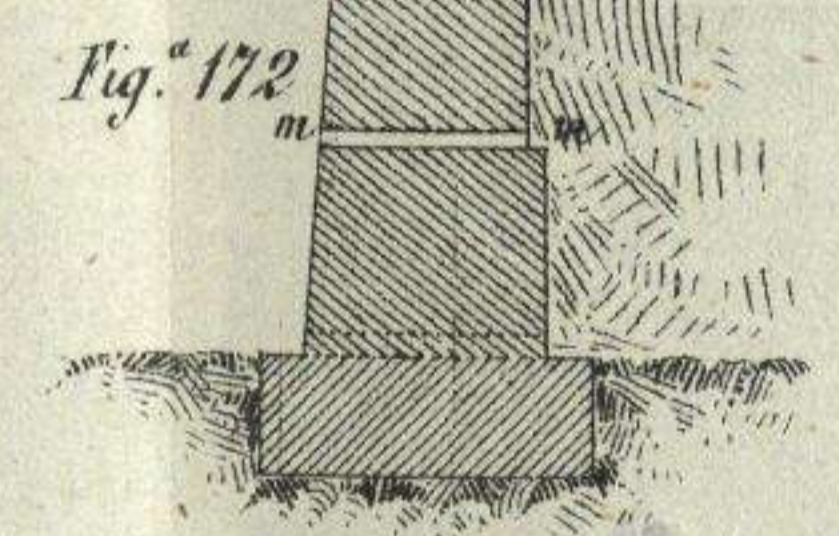


Fig.^a 173.

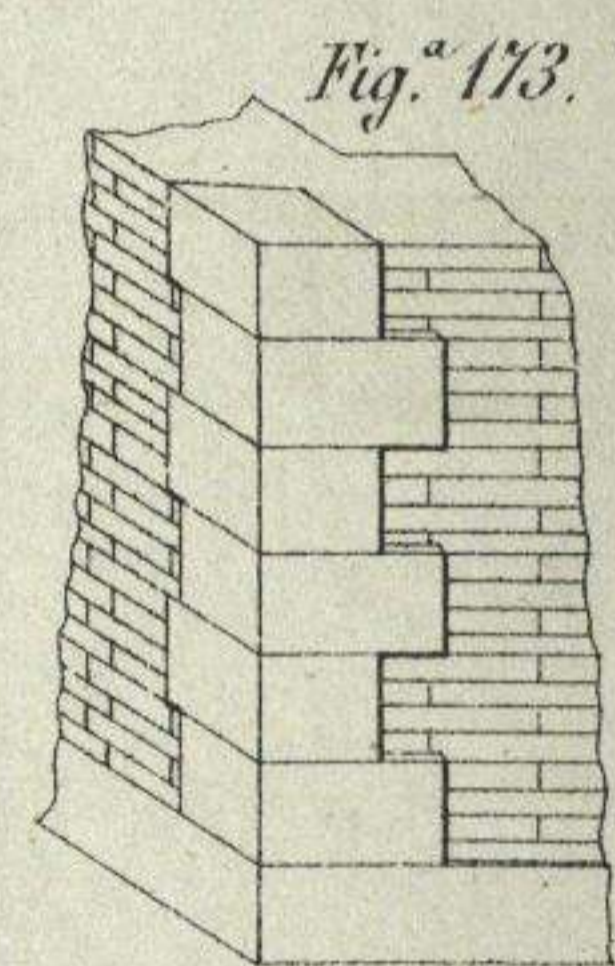


Fig.^a 174.

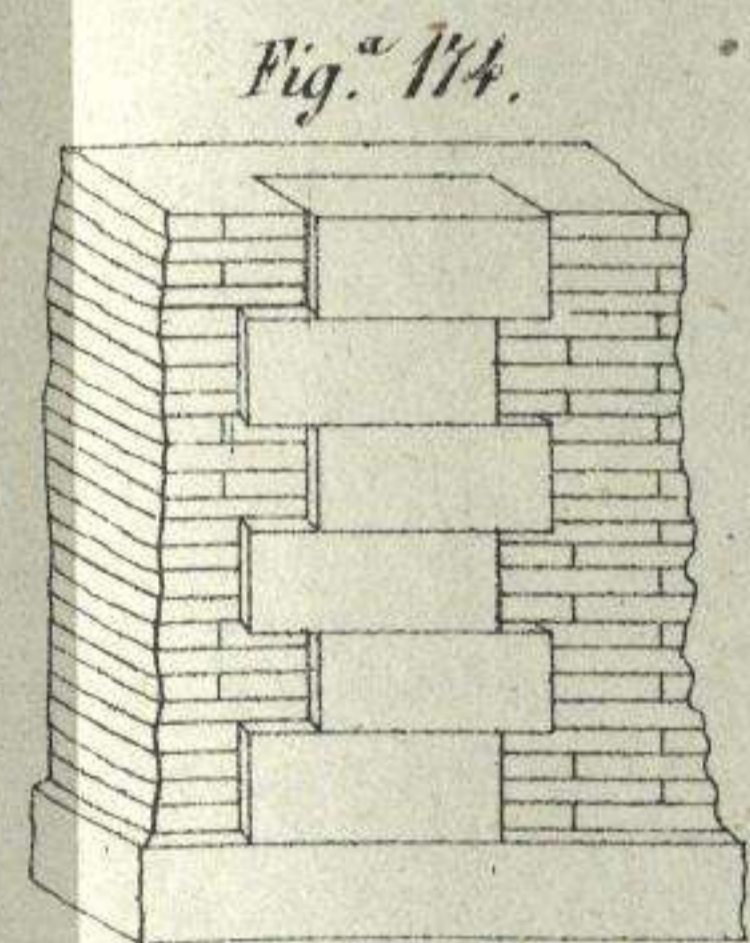


Fig.^a 175.

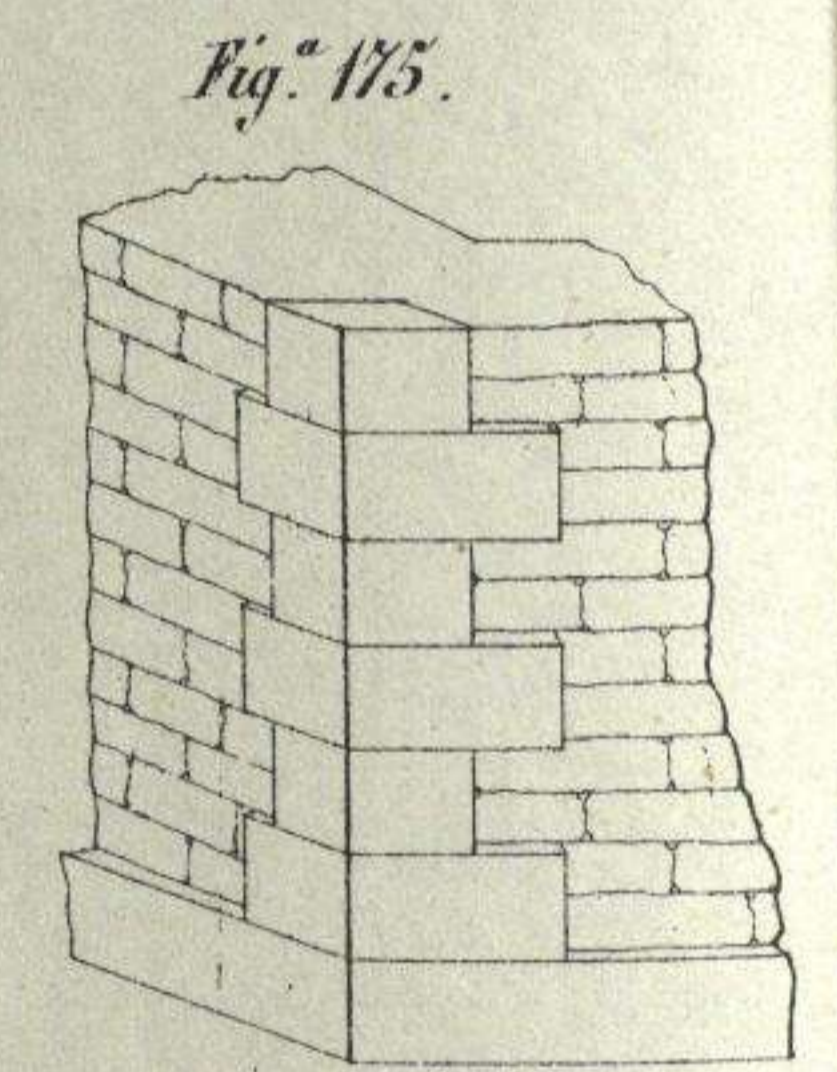


Fig.^a 159.

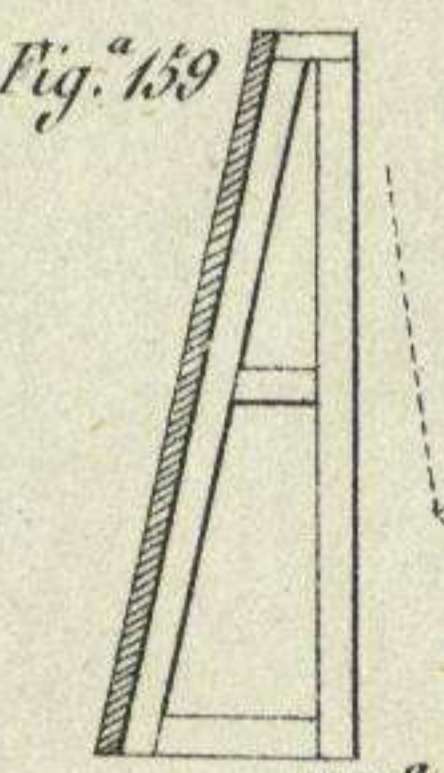


Fig.^a 160.

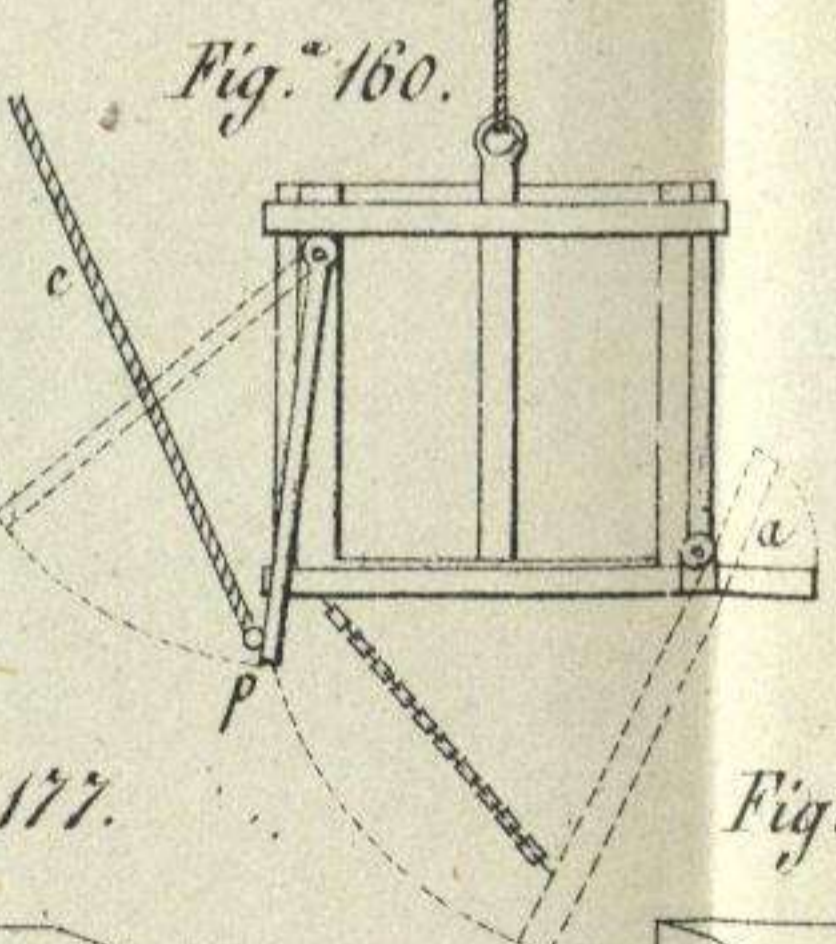


Fig.^a 177.

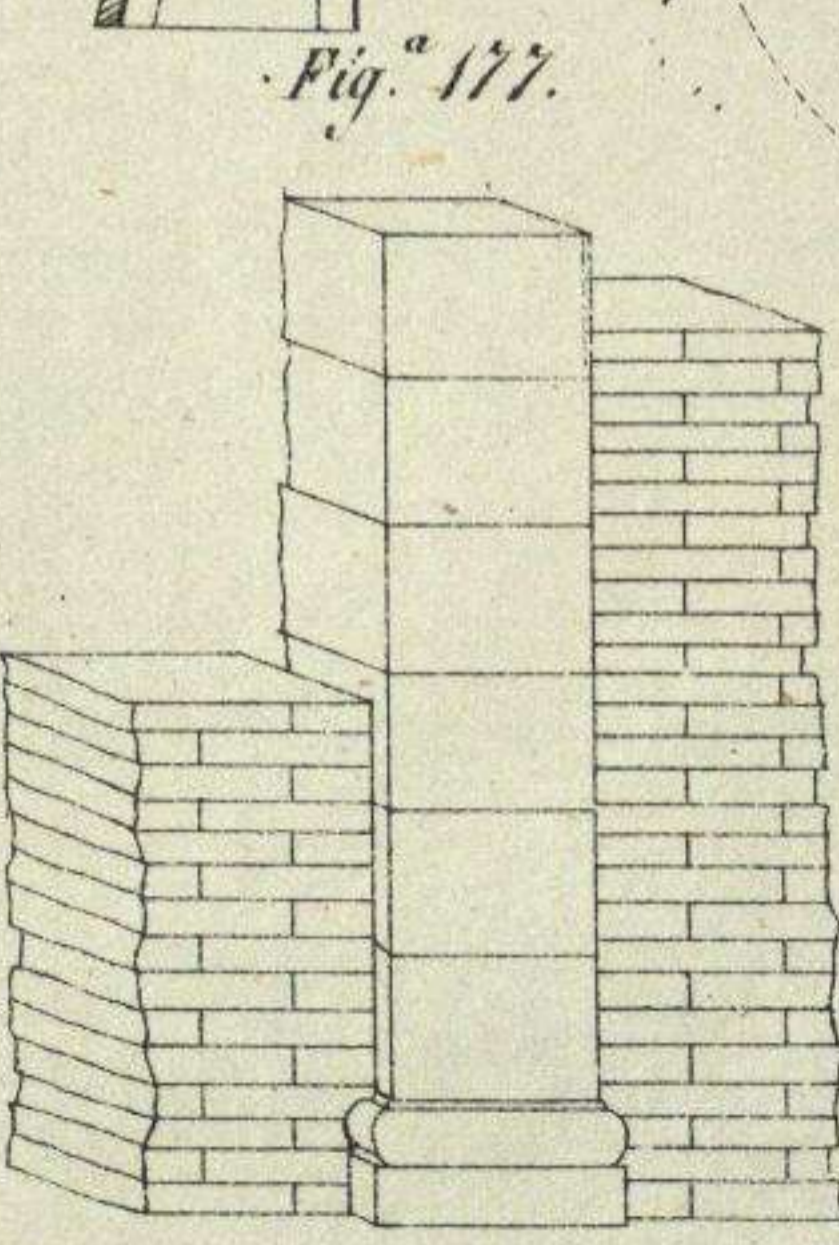


Fig.^a 178.

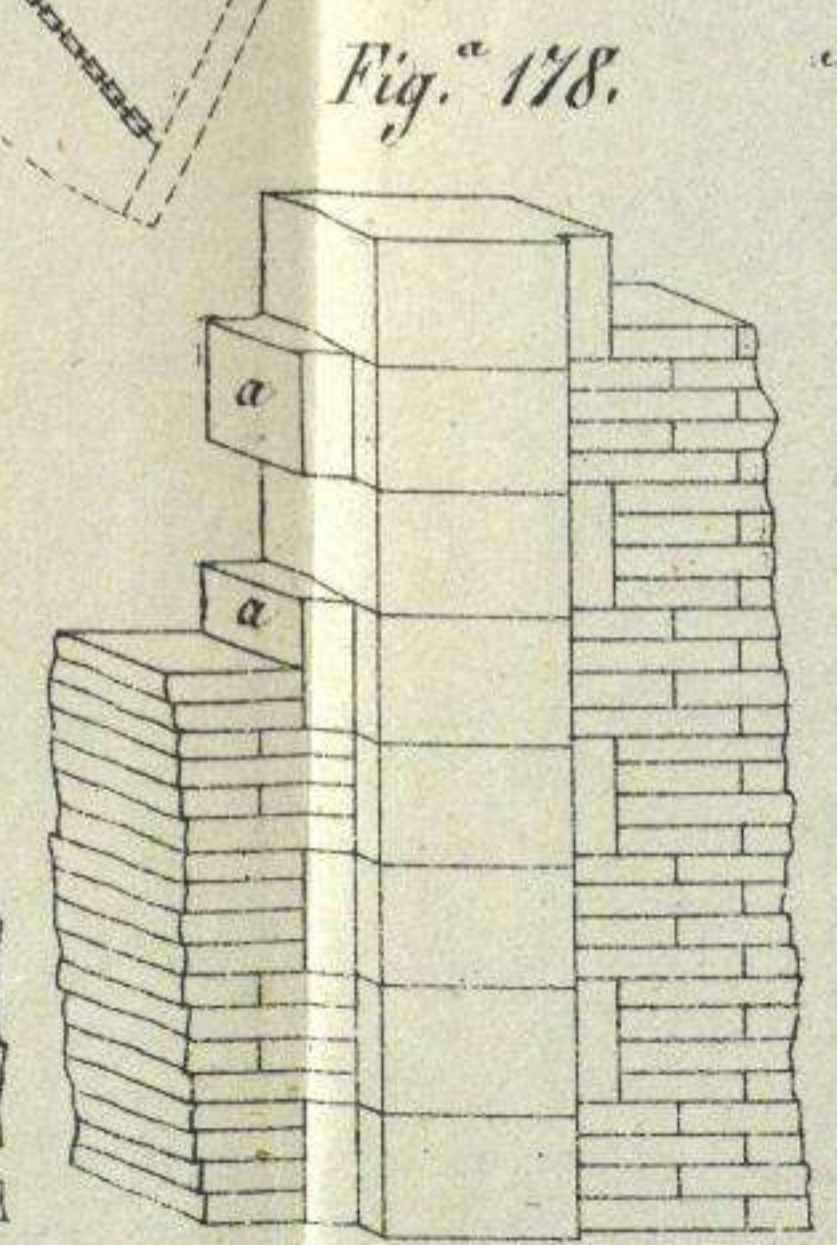


Fig.^a 178.

Fig.^a 179.

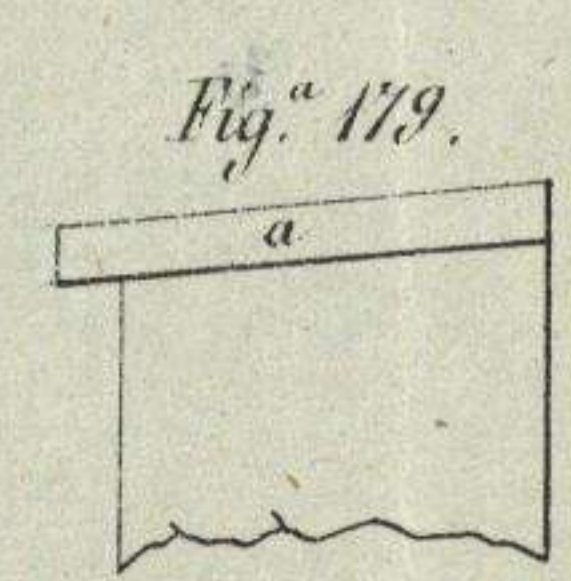


Fig.^a 180.

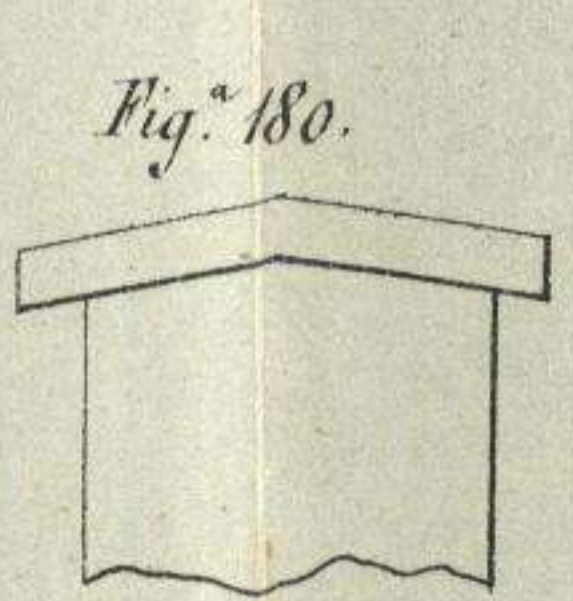


Fig.^a 182.

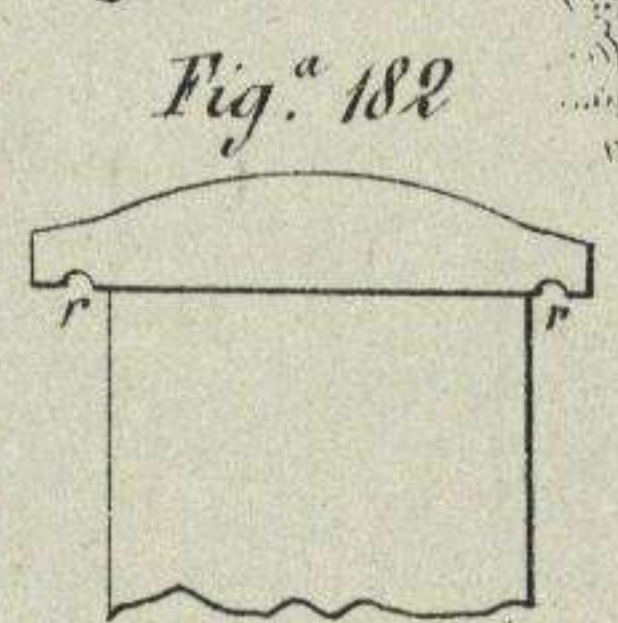


Fig.^a 171.

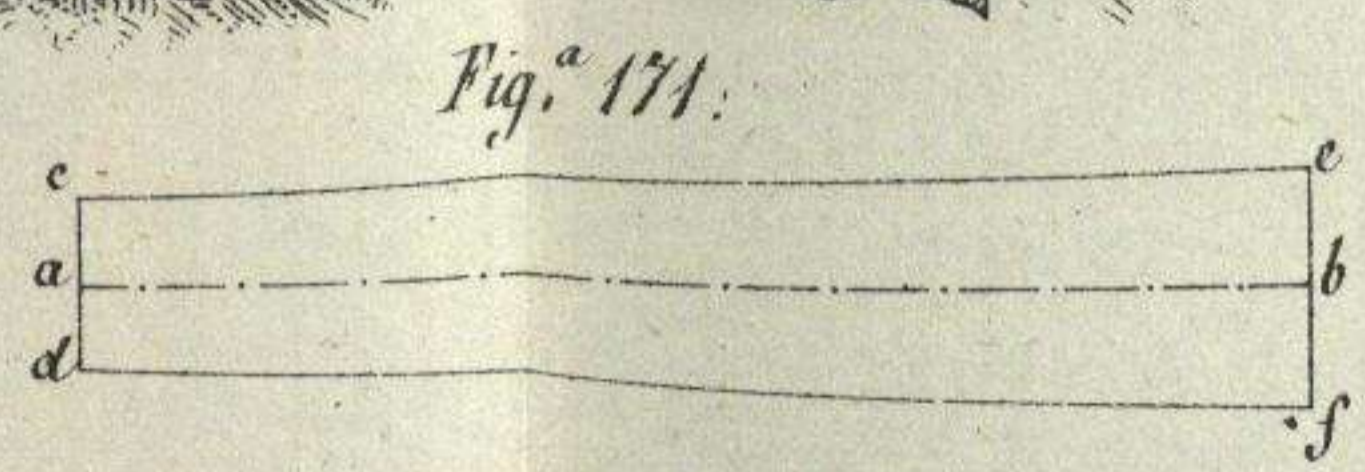


Fig.^a 185.

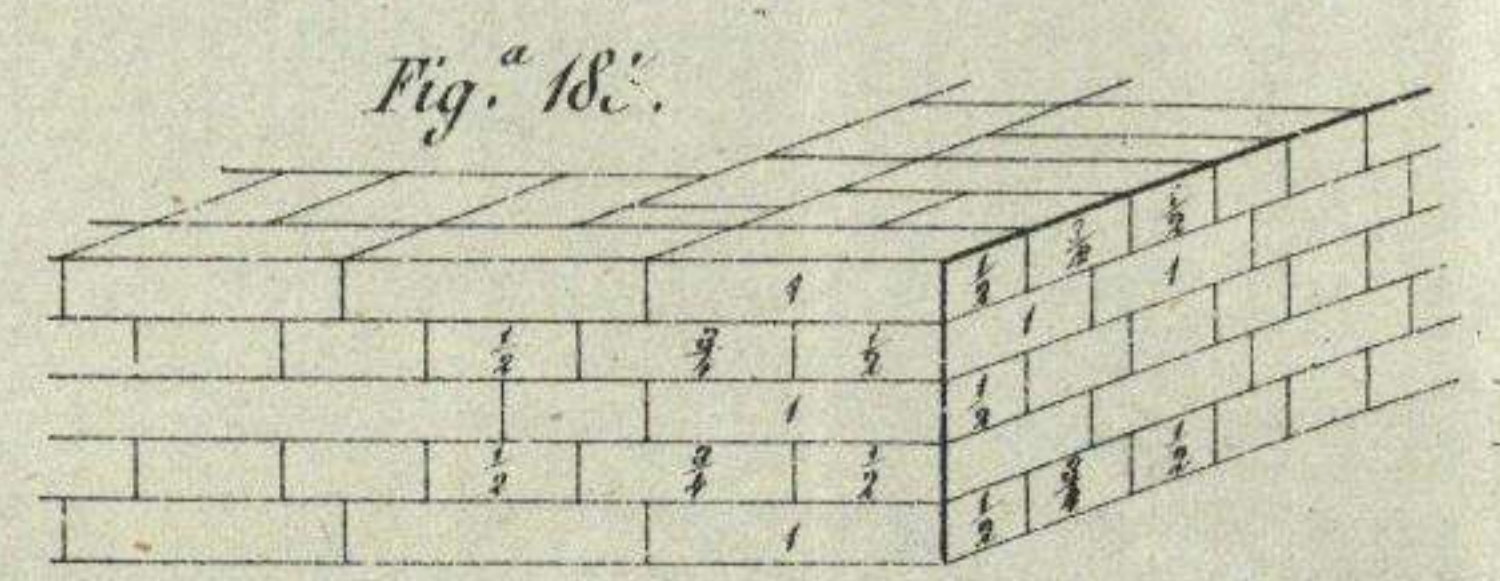


Fig.^a 186.

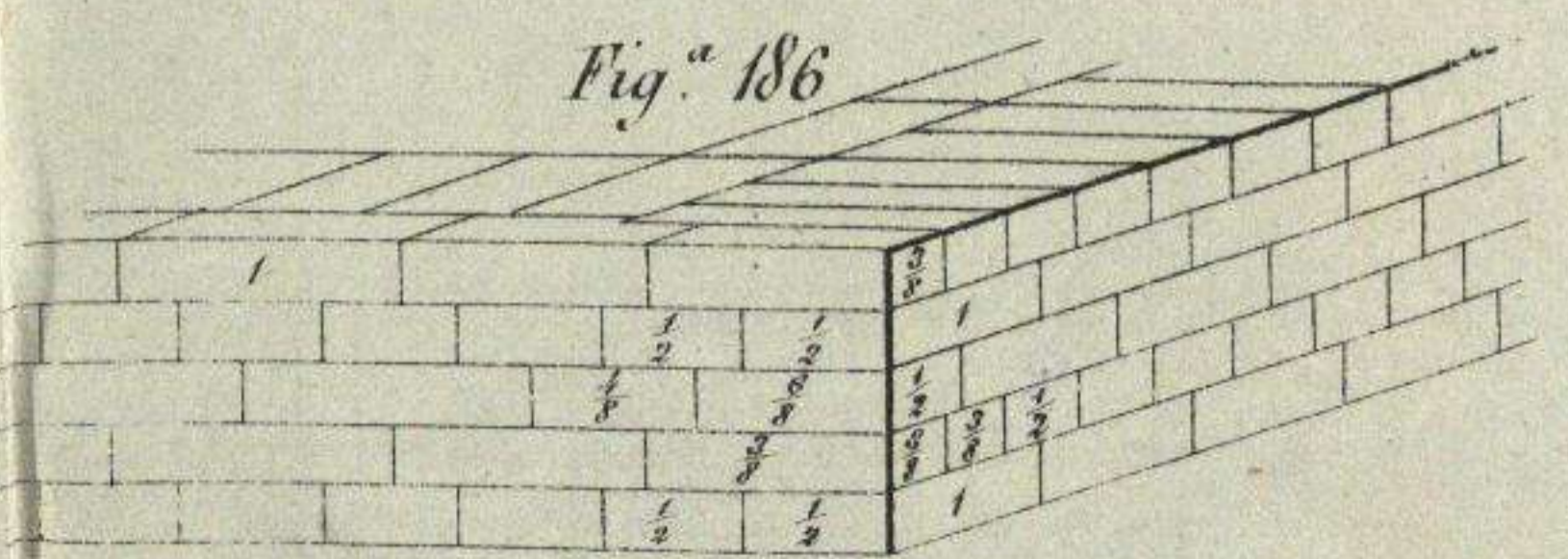


Fig.^a 187.

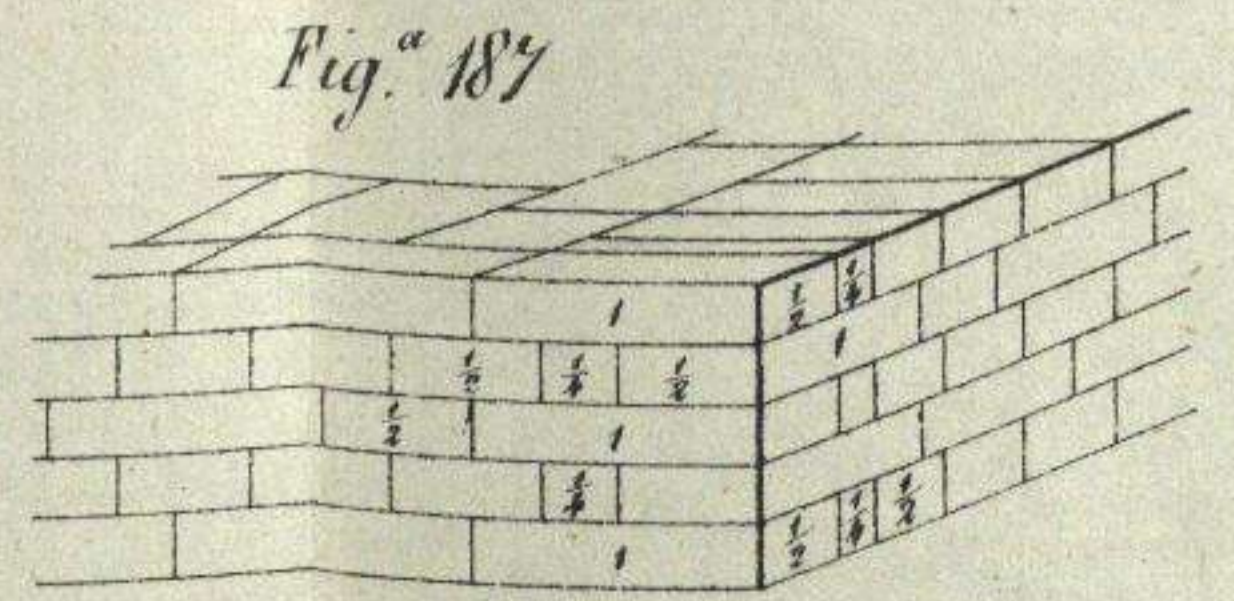


Fig.^a 176.

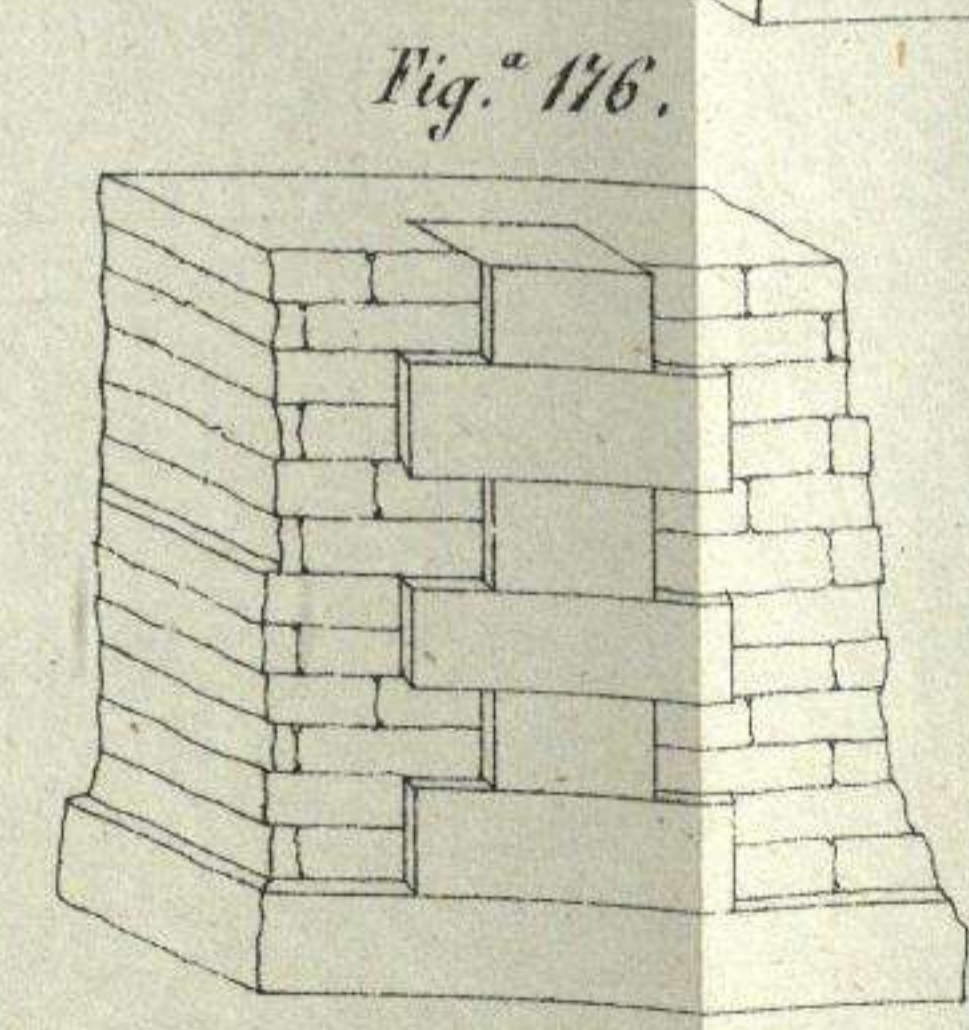


Fig.^a 183.

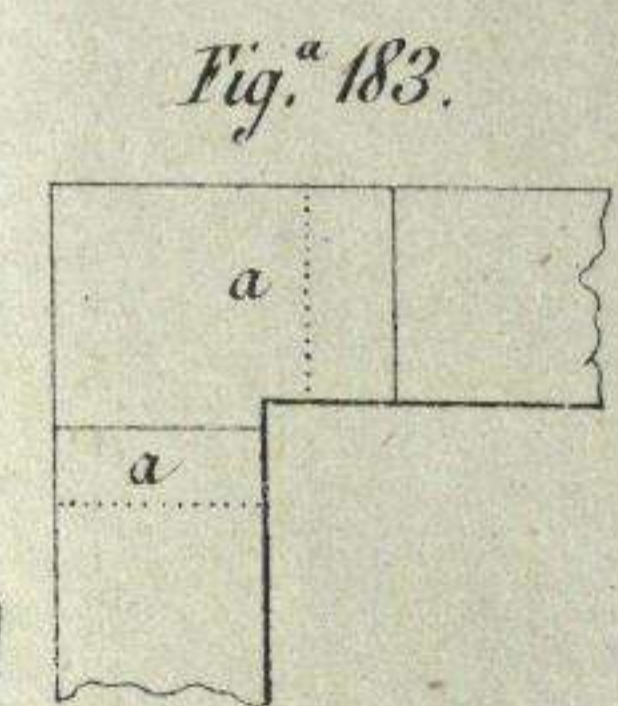


Fig.^a 184.

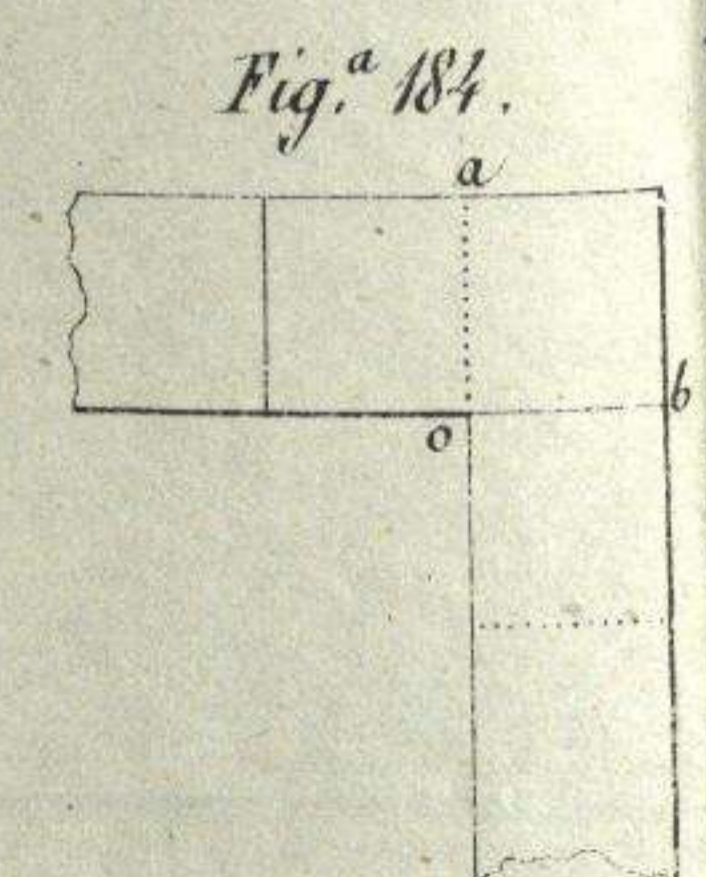


Fig.^a 188.

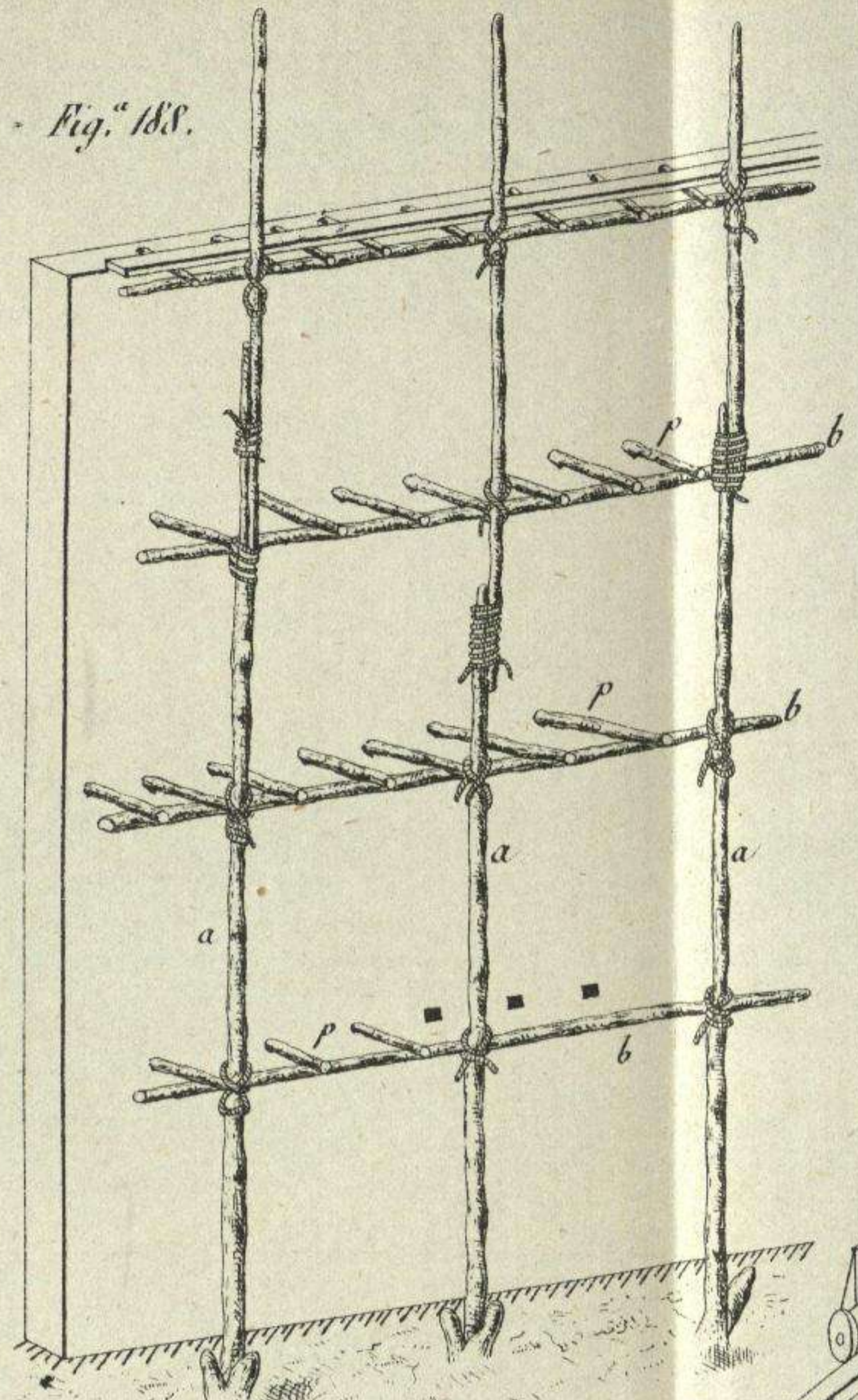


Fig.^a 189.

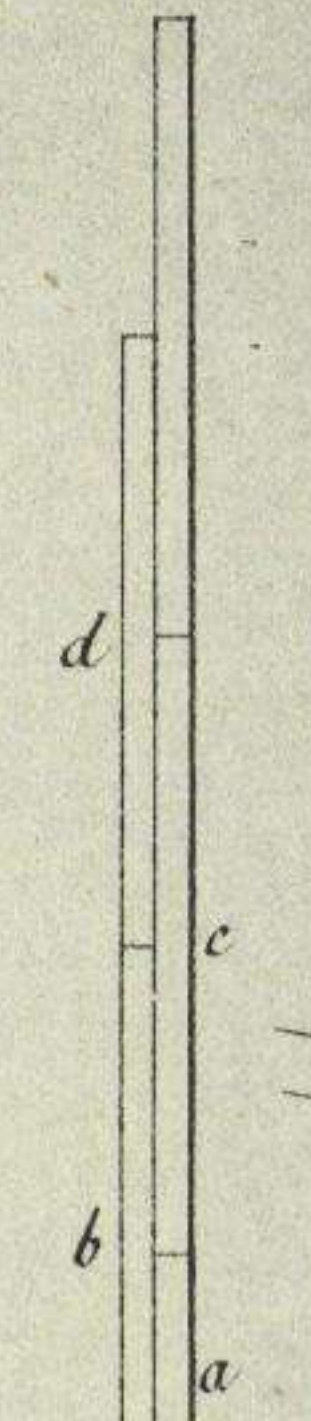


Fig.^a 190.

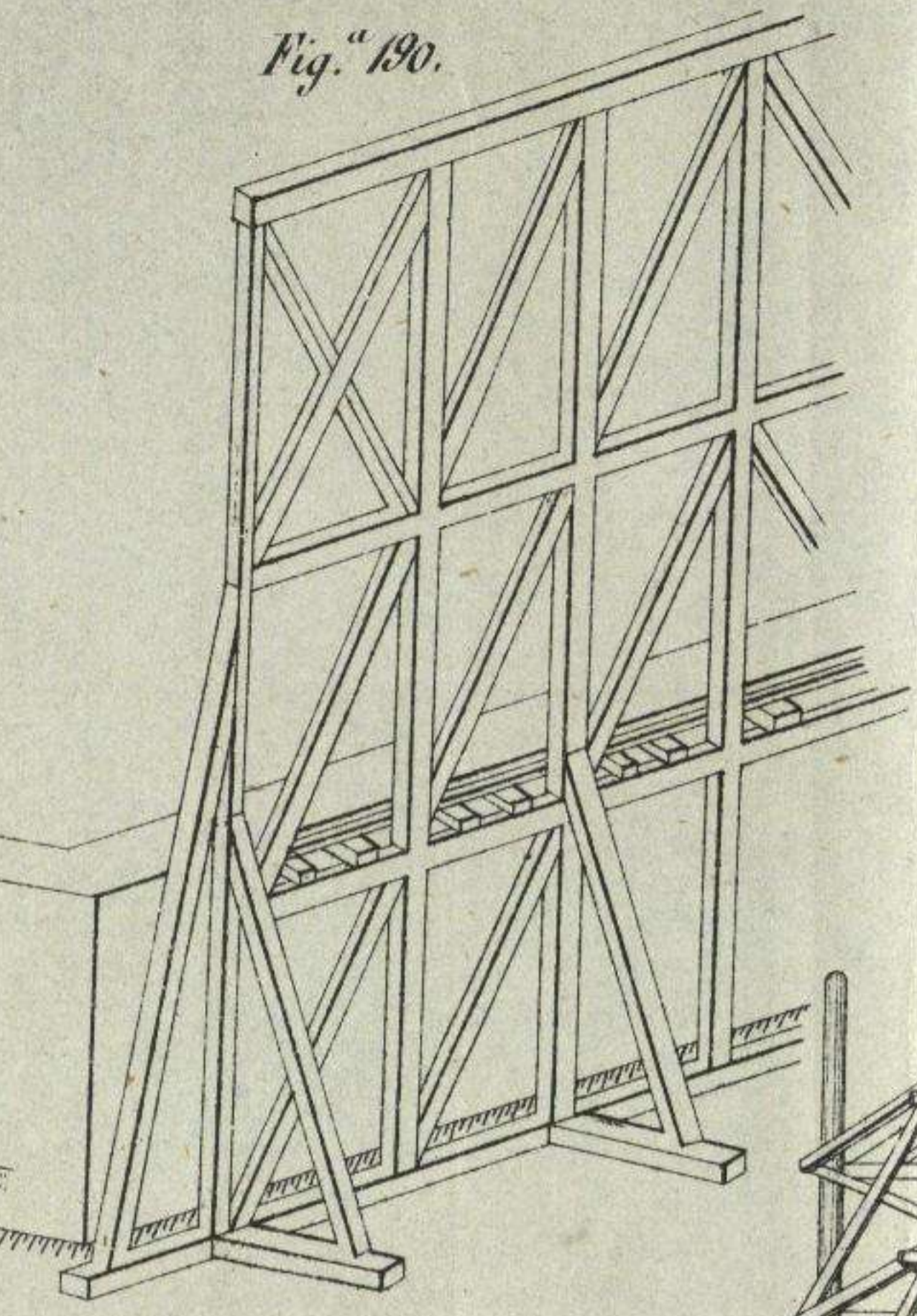


Fig.^a 191.

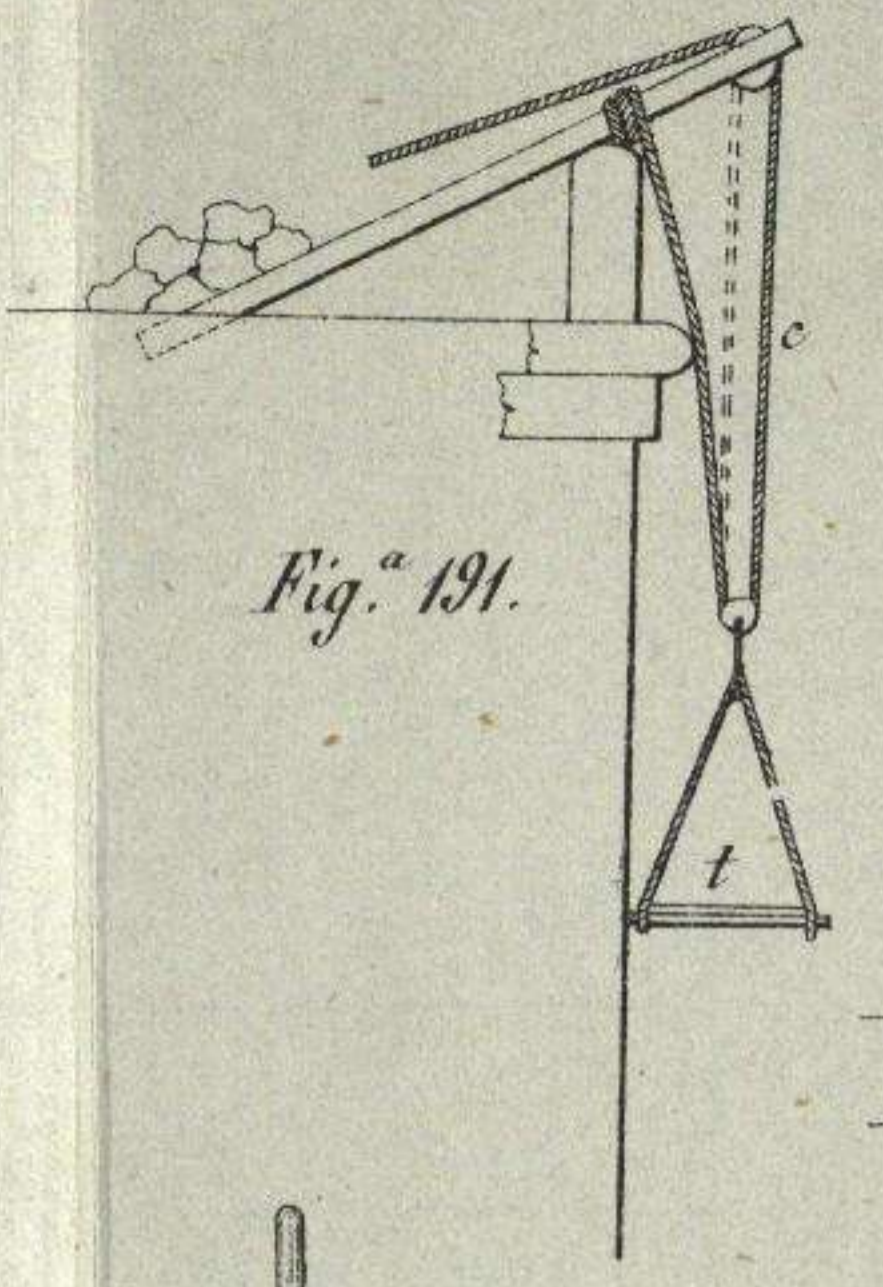


Fig.^a 192.

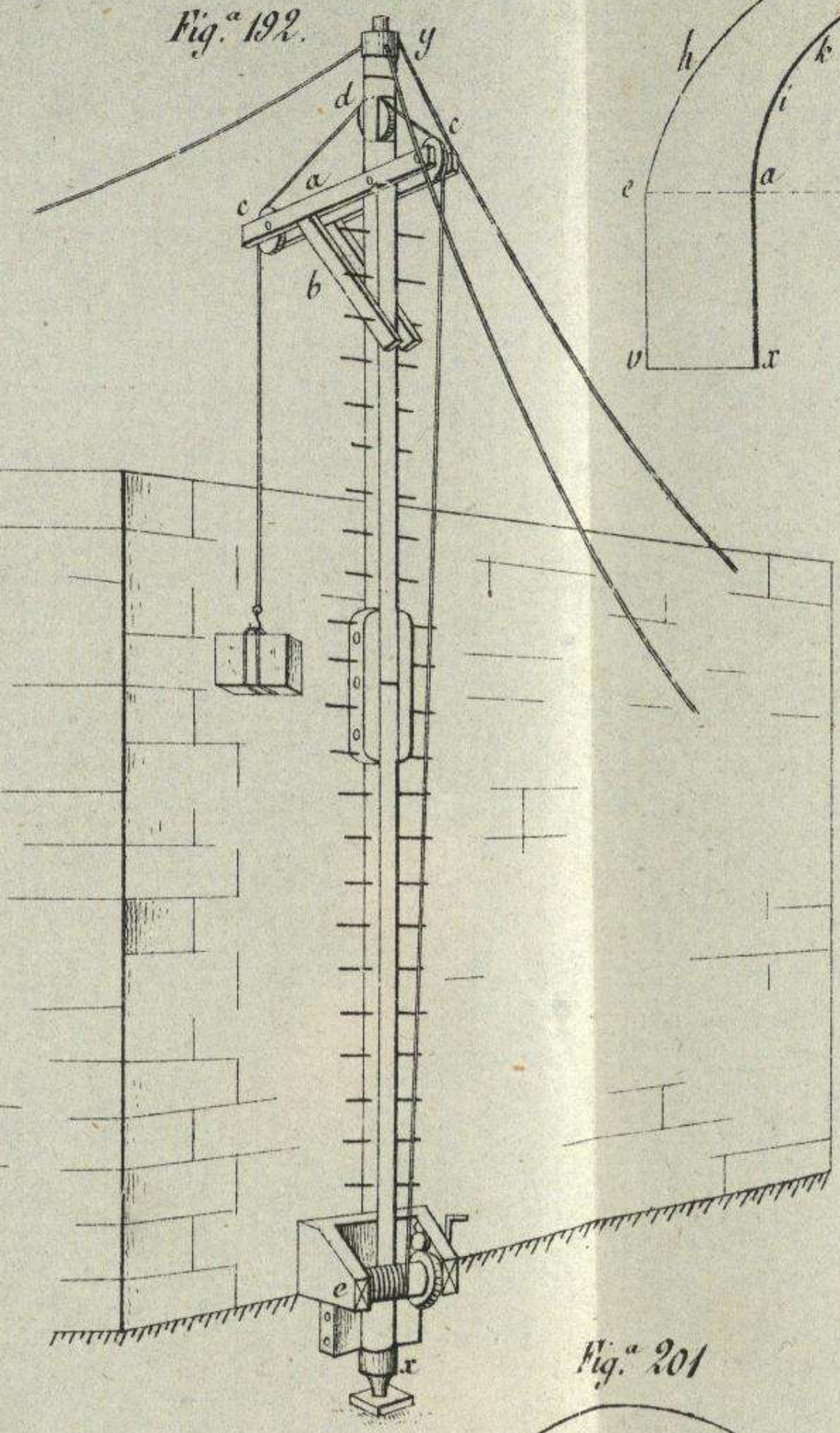


Fig.^a 197.

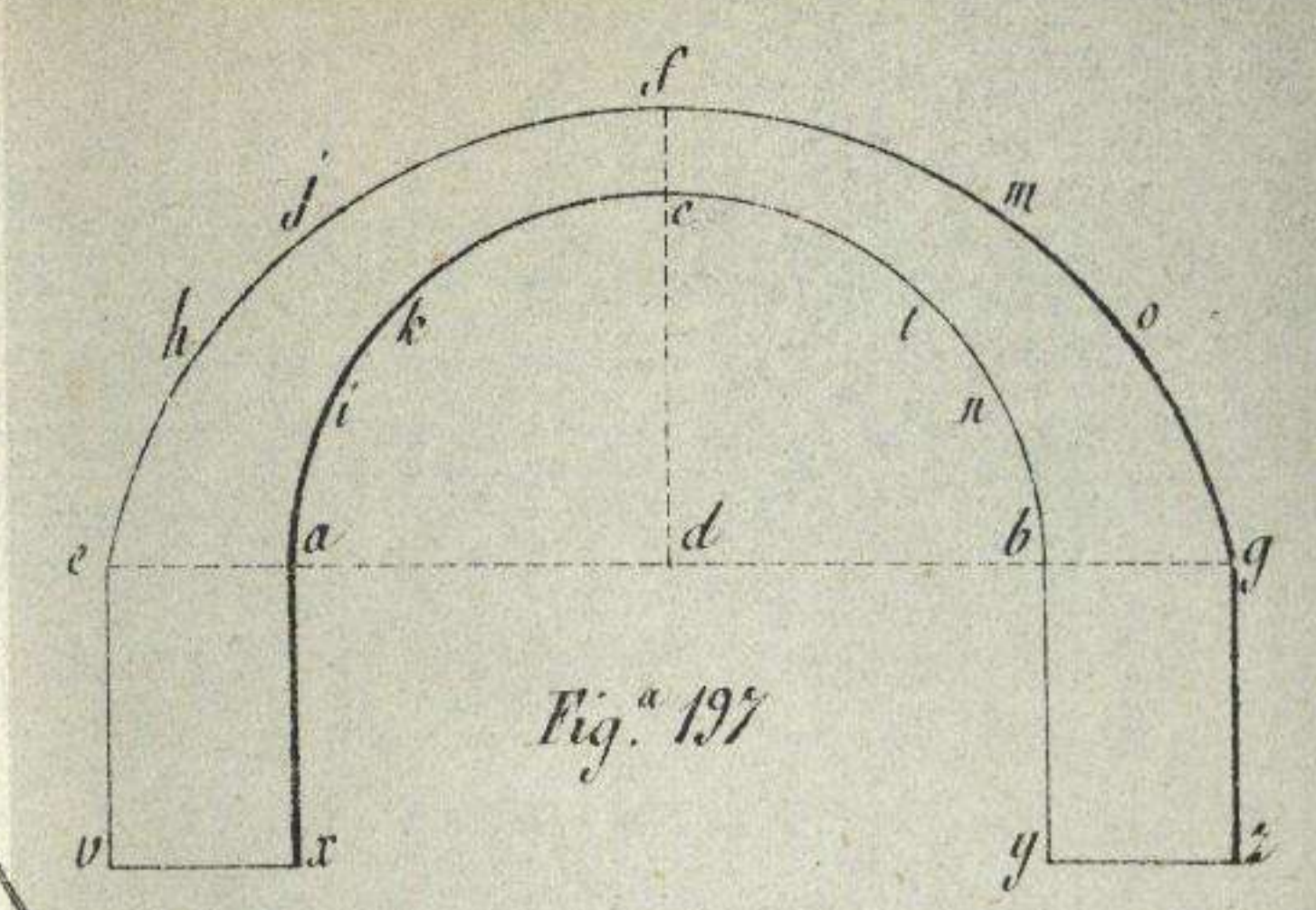


Fig.^a 193.

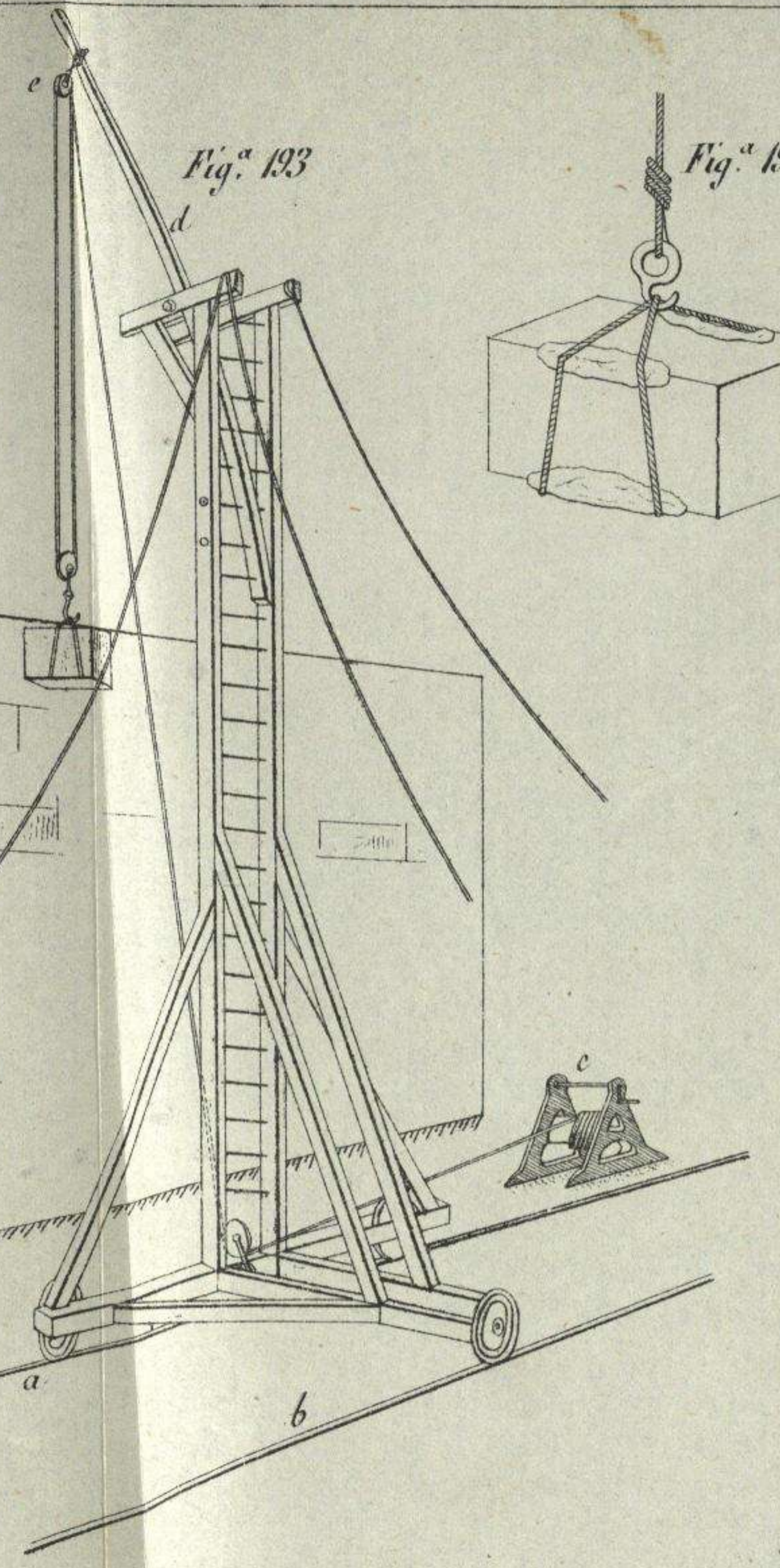


Fig.^a 196.

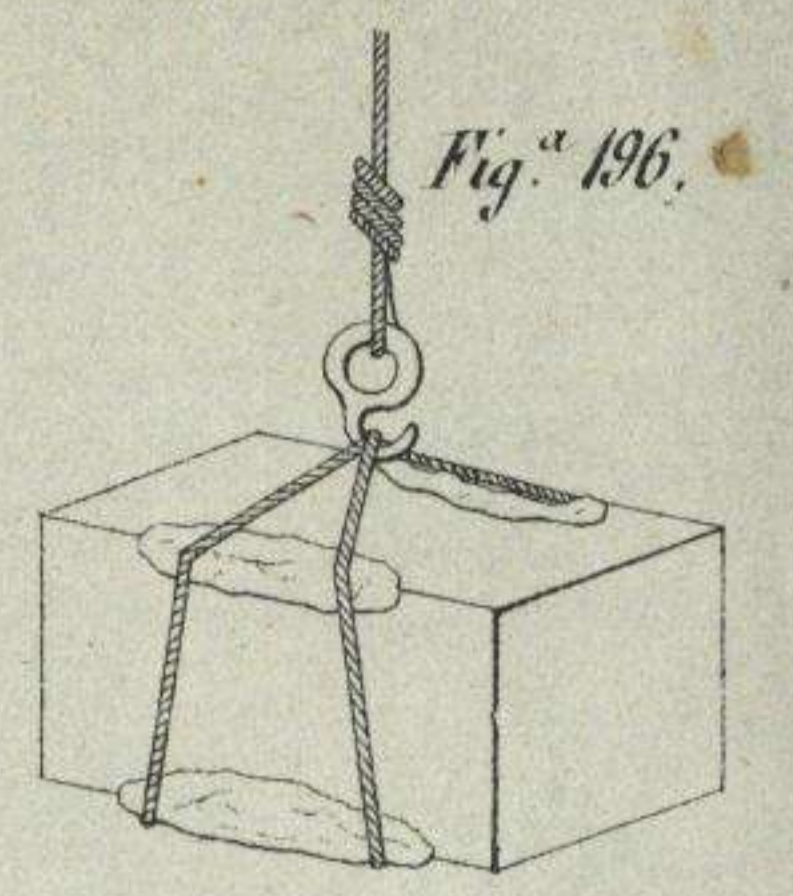


Fig.^a 195.

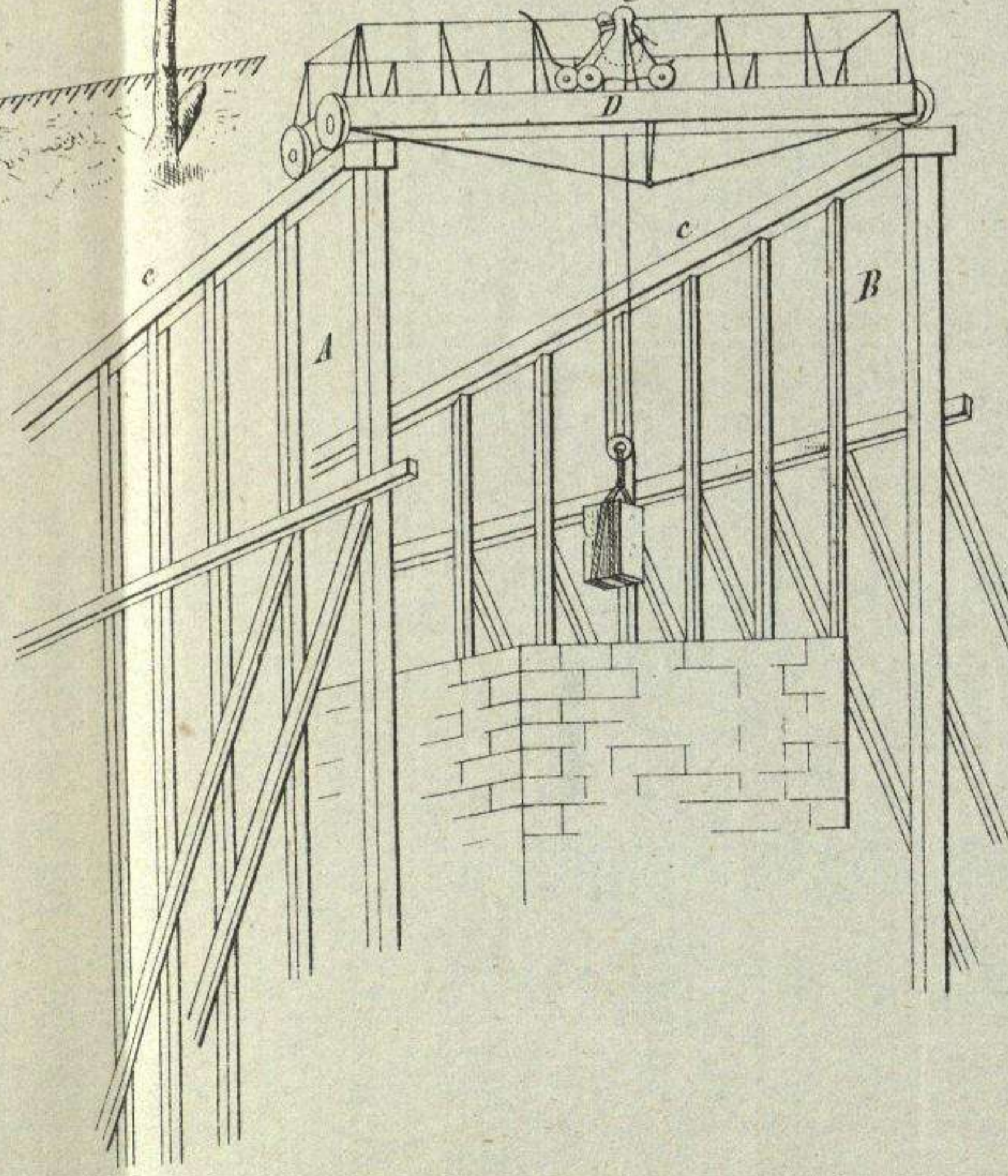


Fig.^a 194.

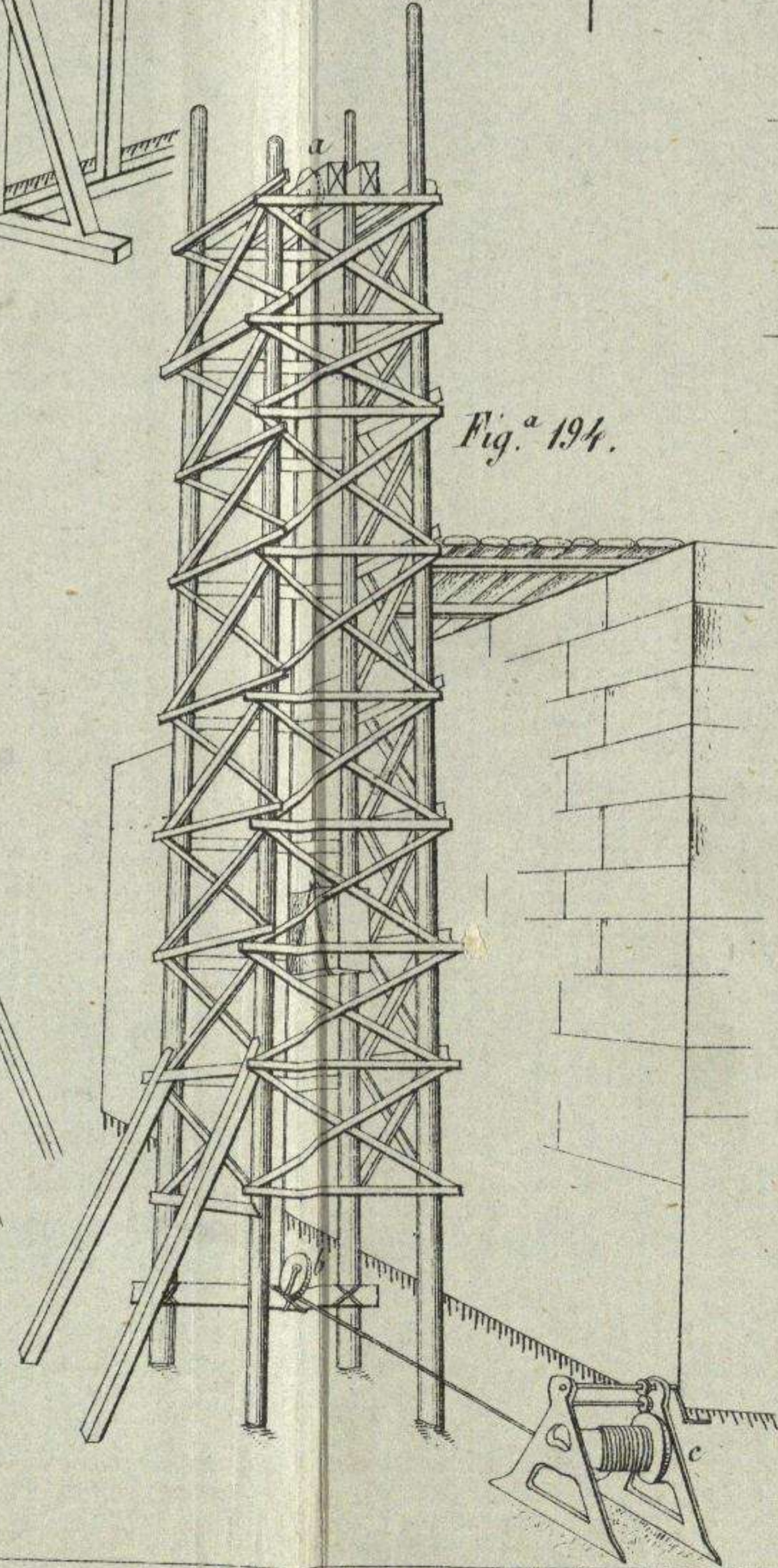


Fig.^a 201.



Fig.^a 202.

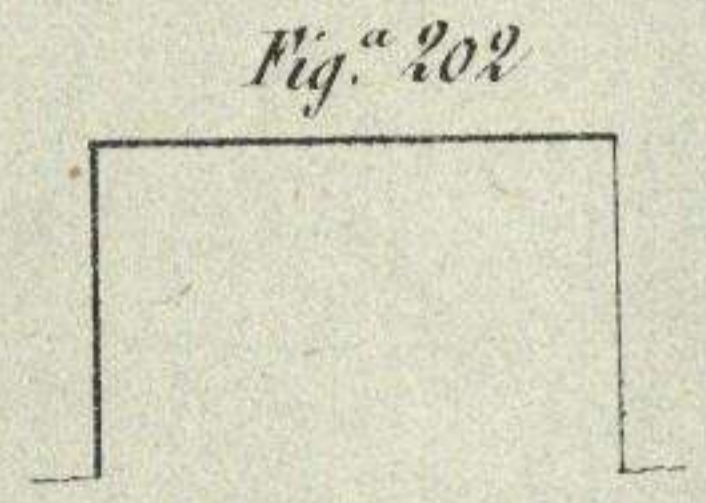


Fig.^a 198.

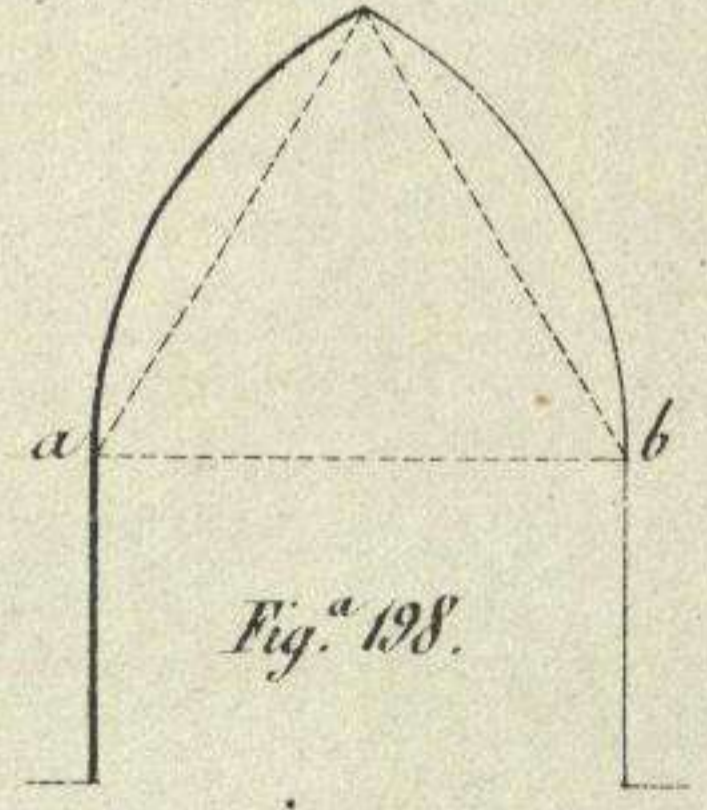


Fig.^a 199.

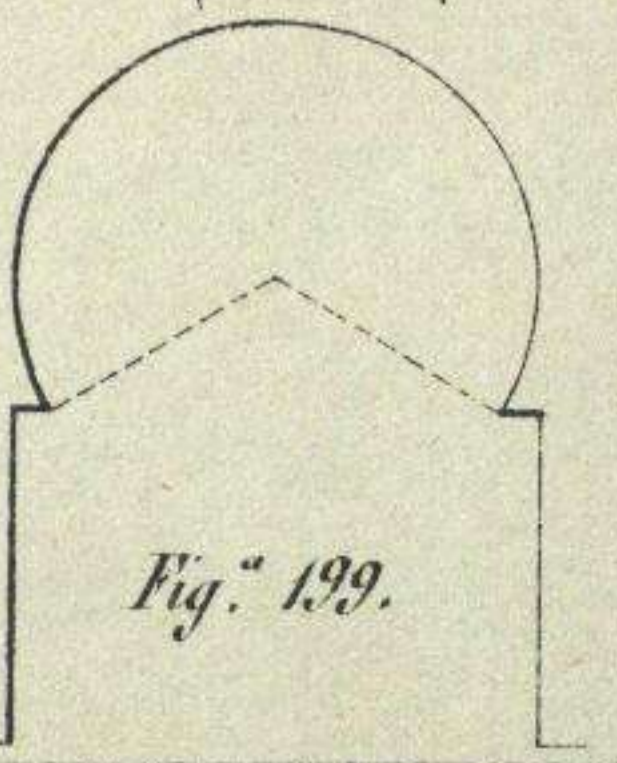


Fig.^a 200.

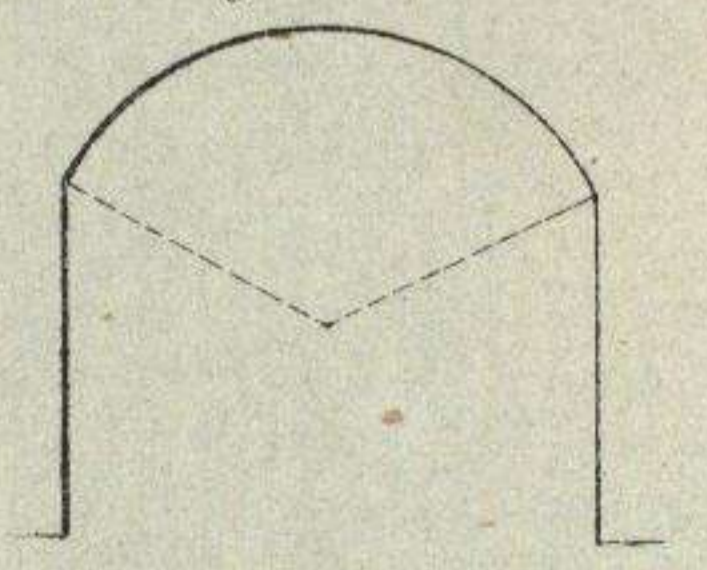


Fig.^a 203.

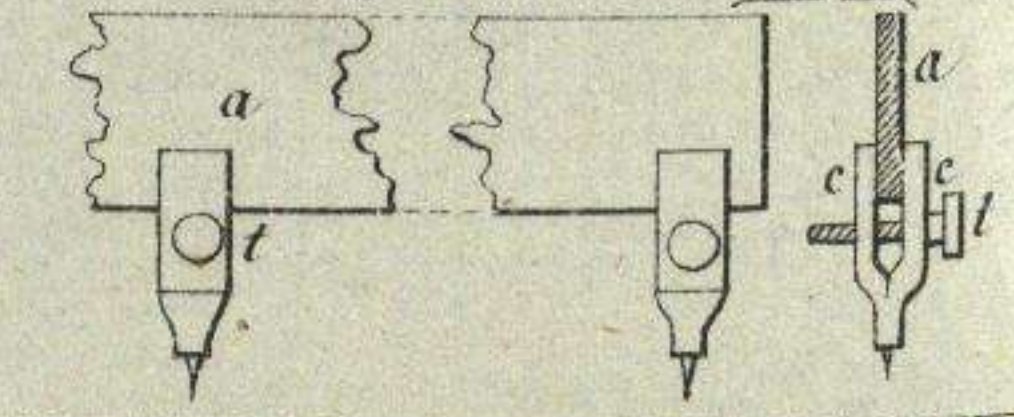


Fig.^a 204.

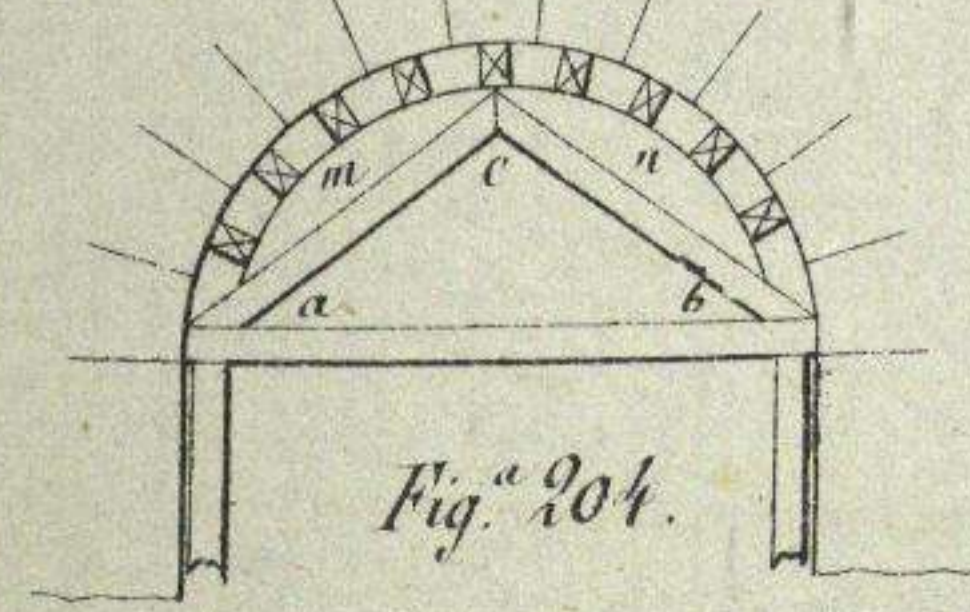
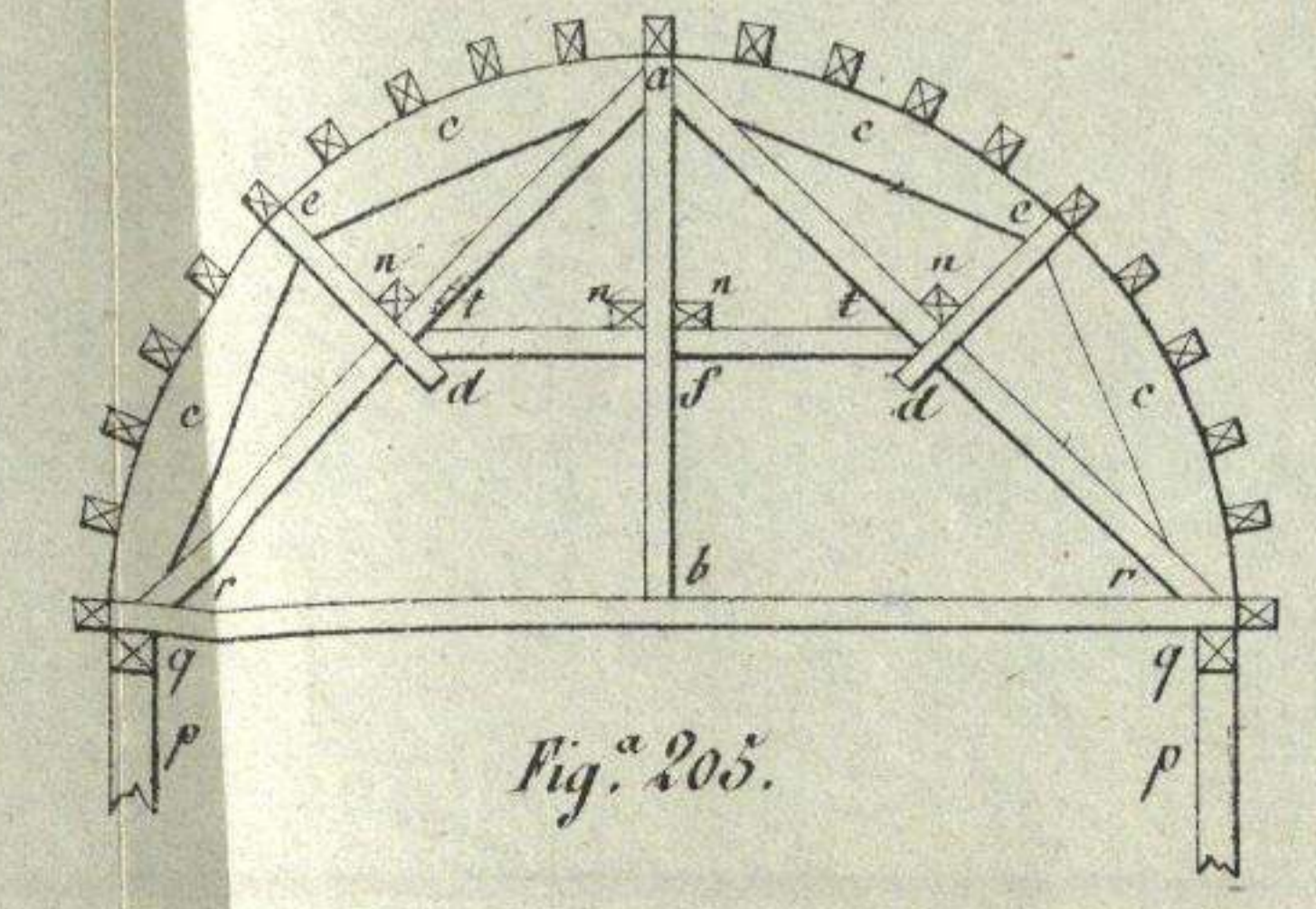


Fig.^a 205.



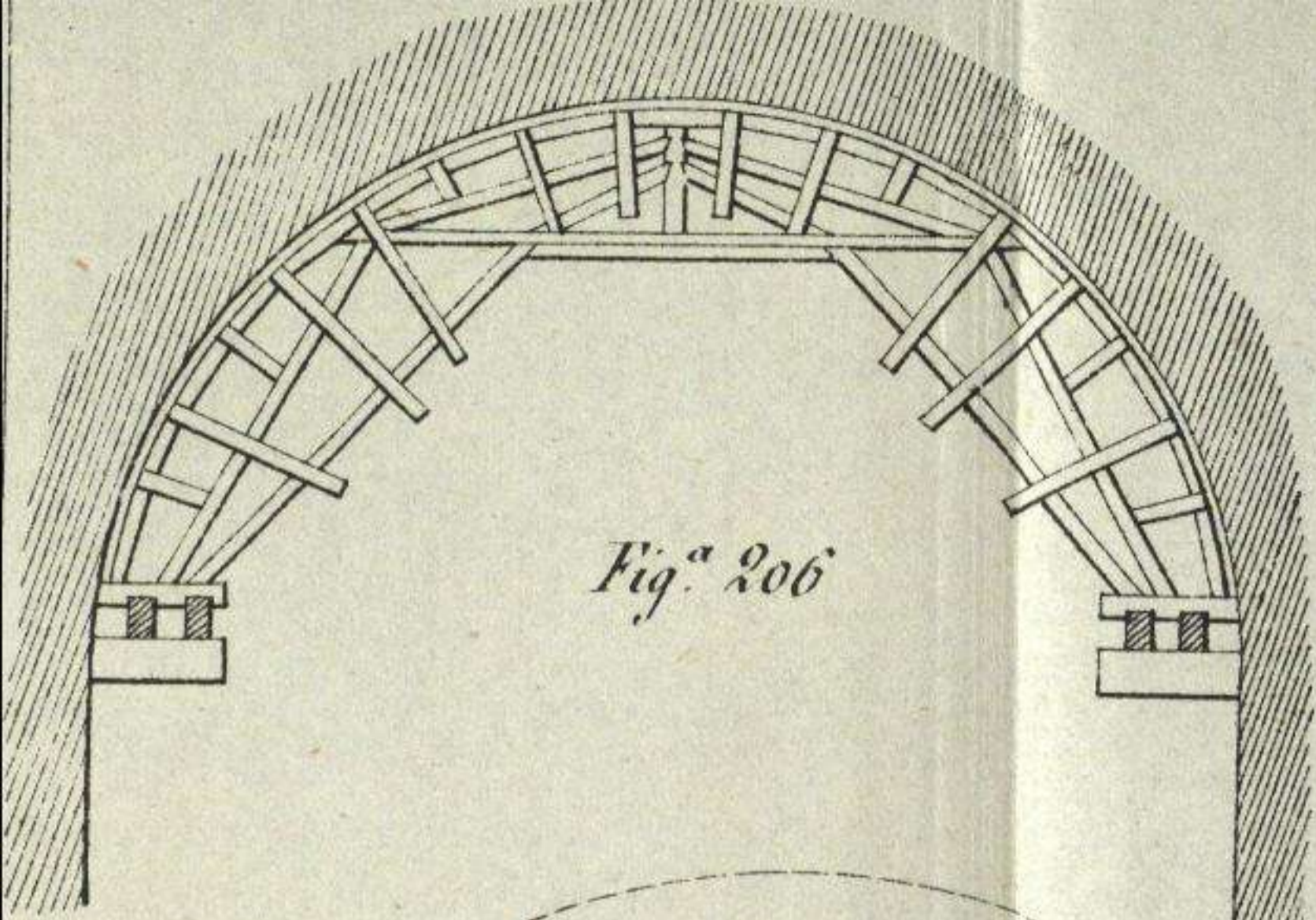


Fig.^a 206

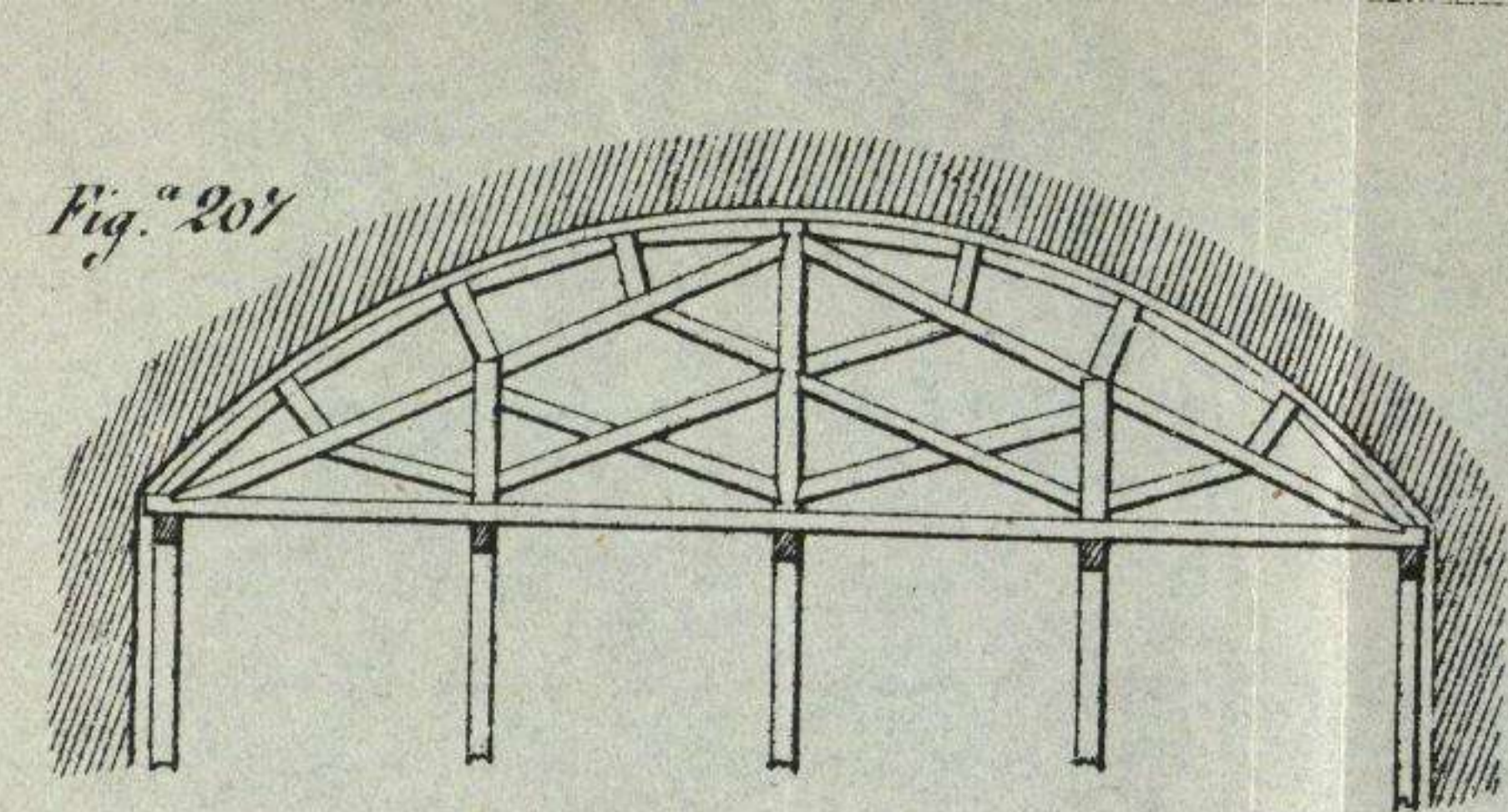


Fig.^a 207

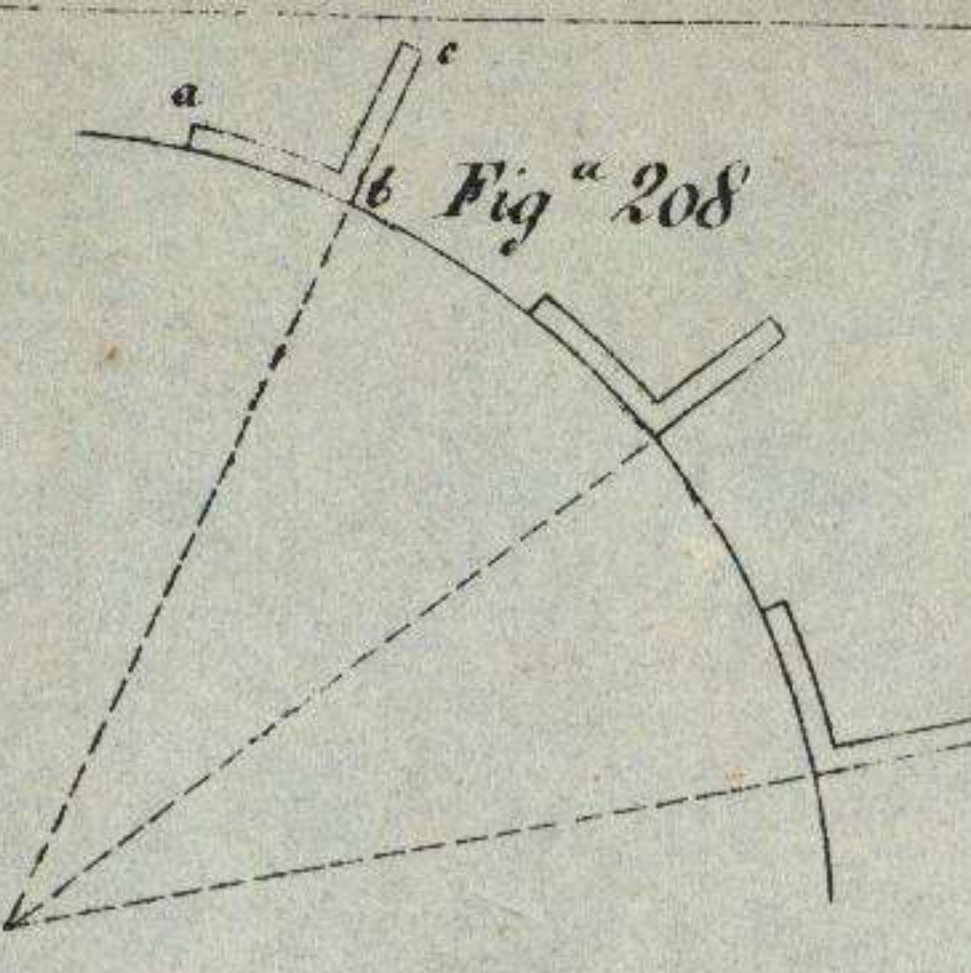


Fig.^a 208

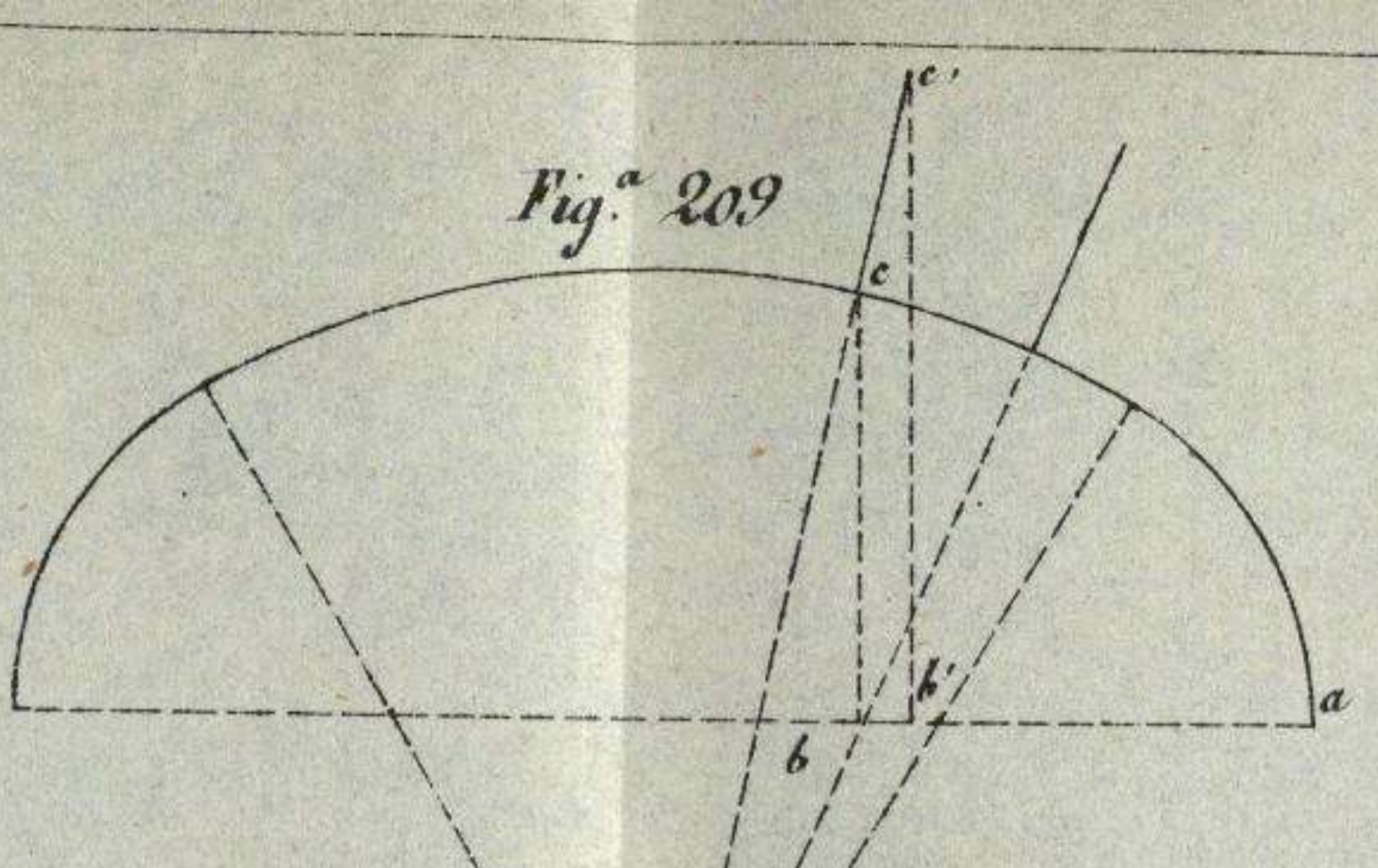


Fig.^a 209

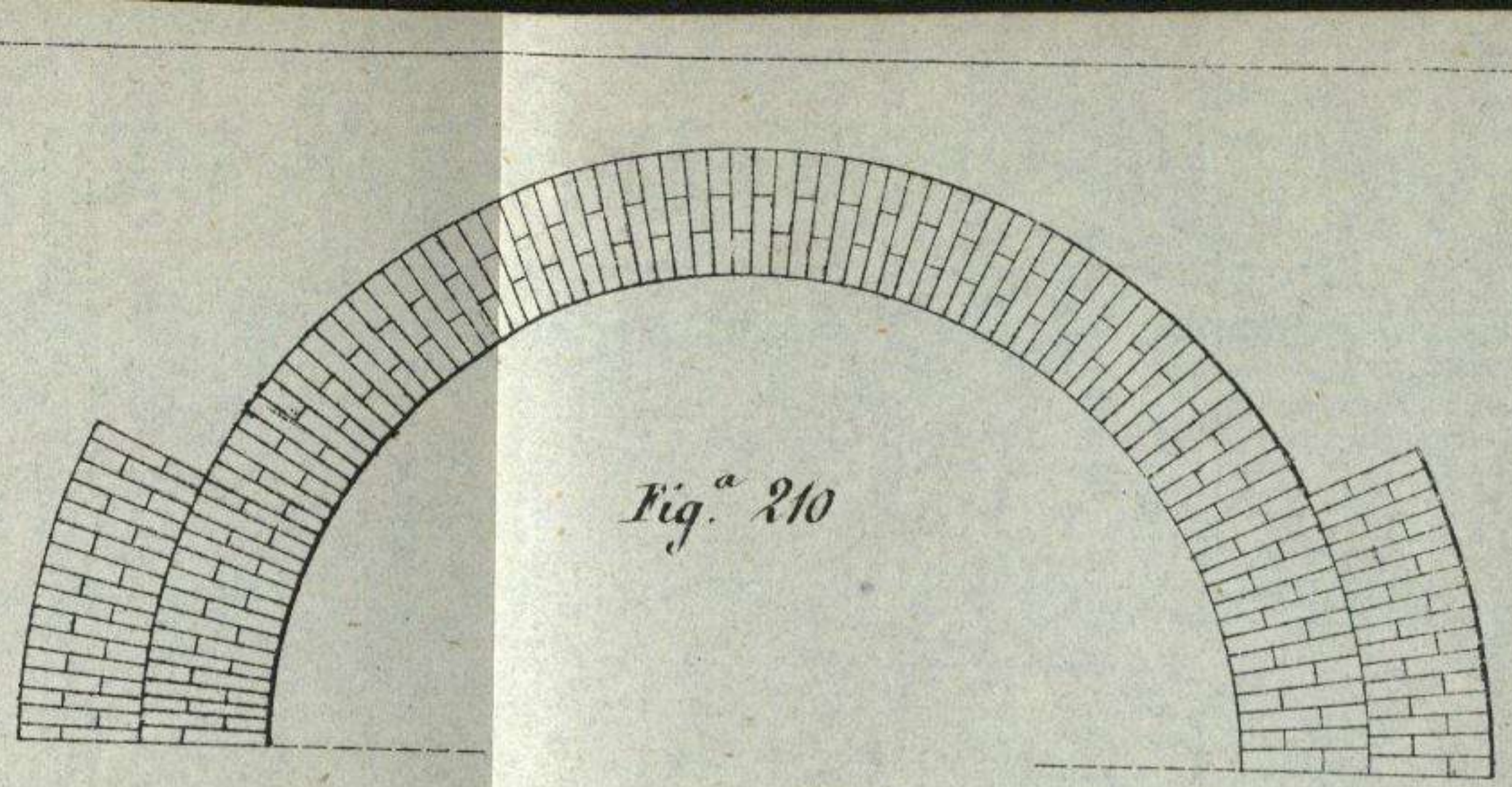


Fig.^a 210

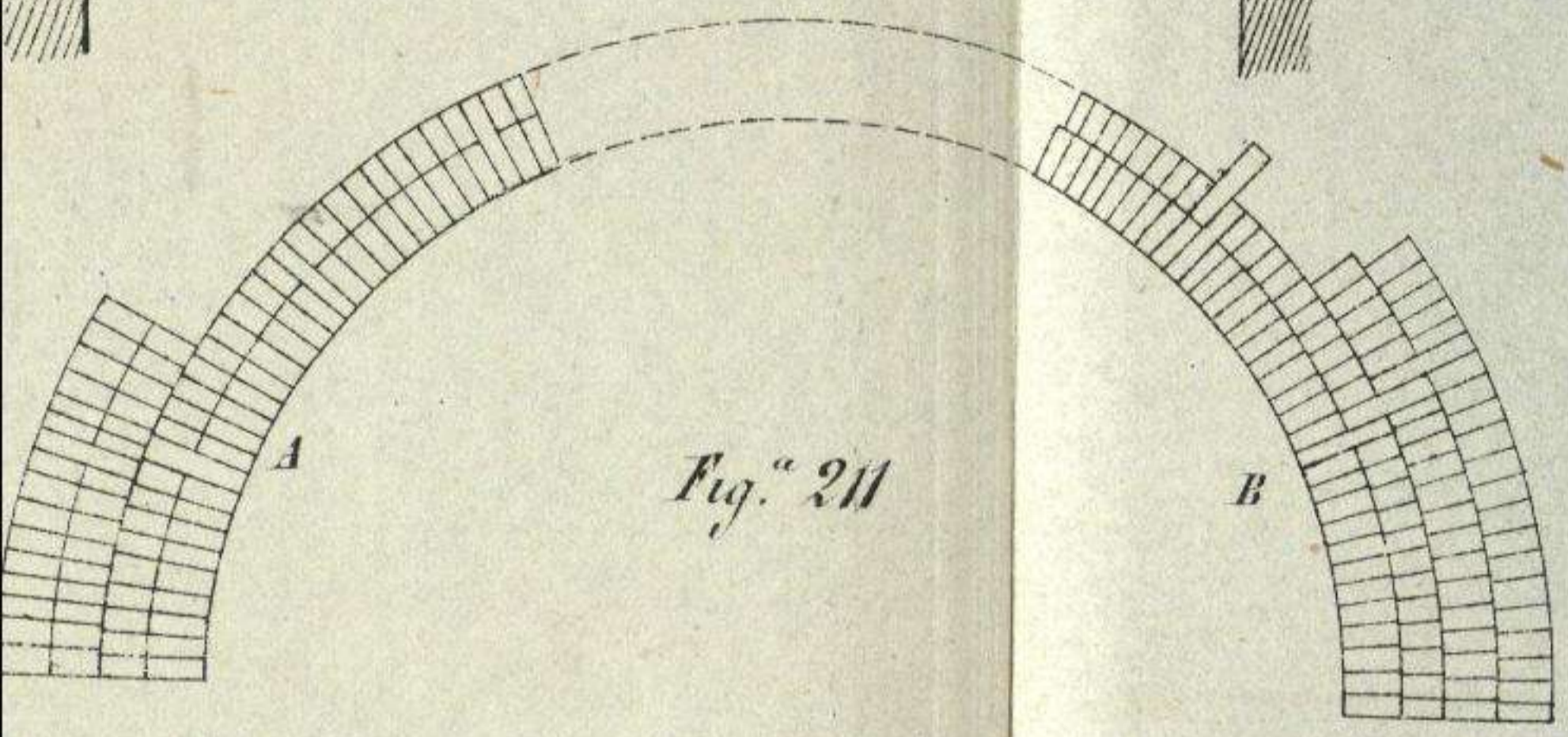


Fig.^a 211

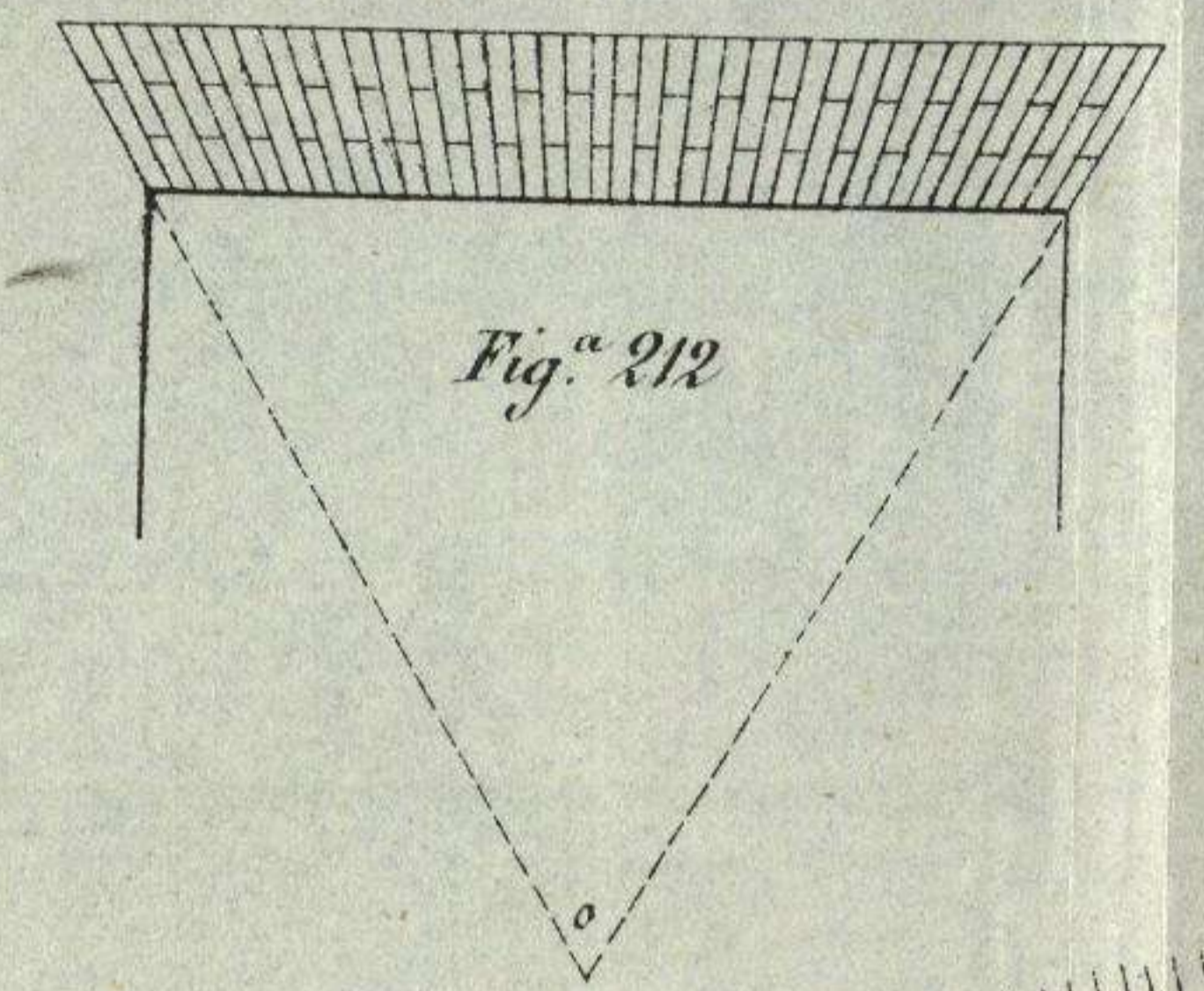


Fig.^a 212

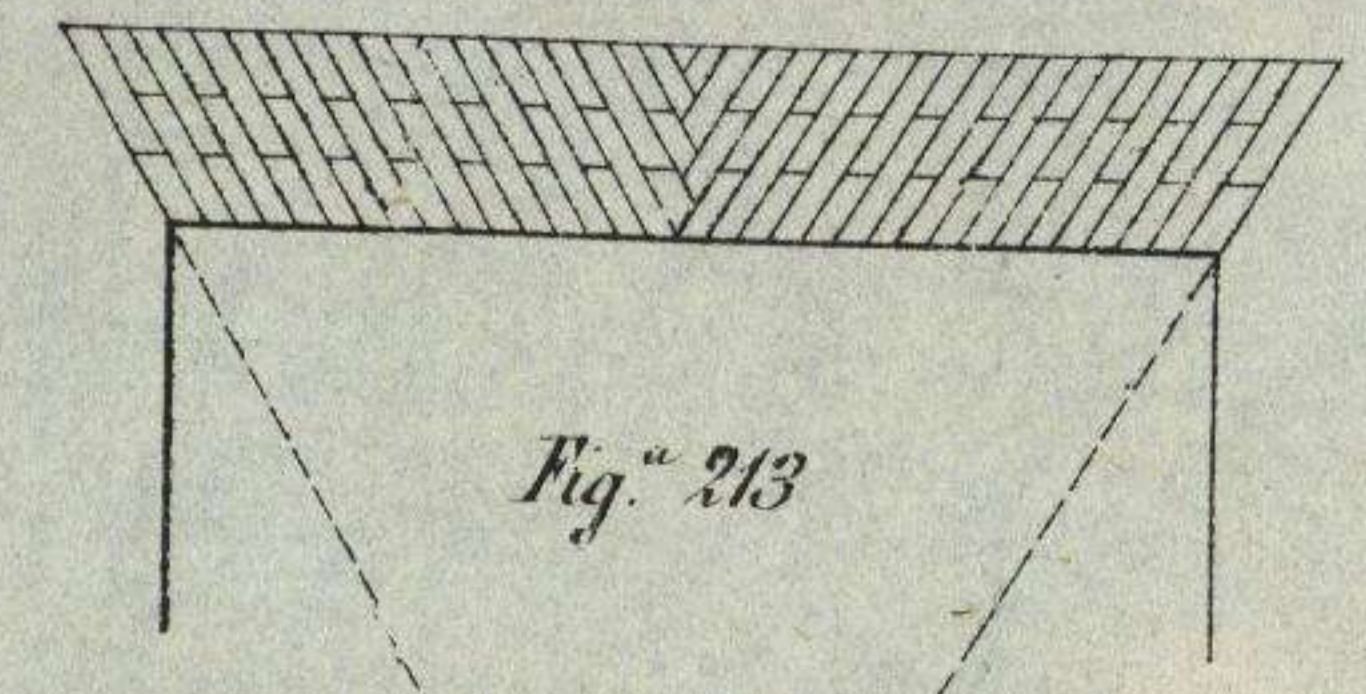


Fig.^a 213

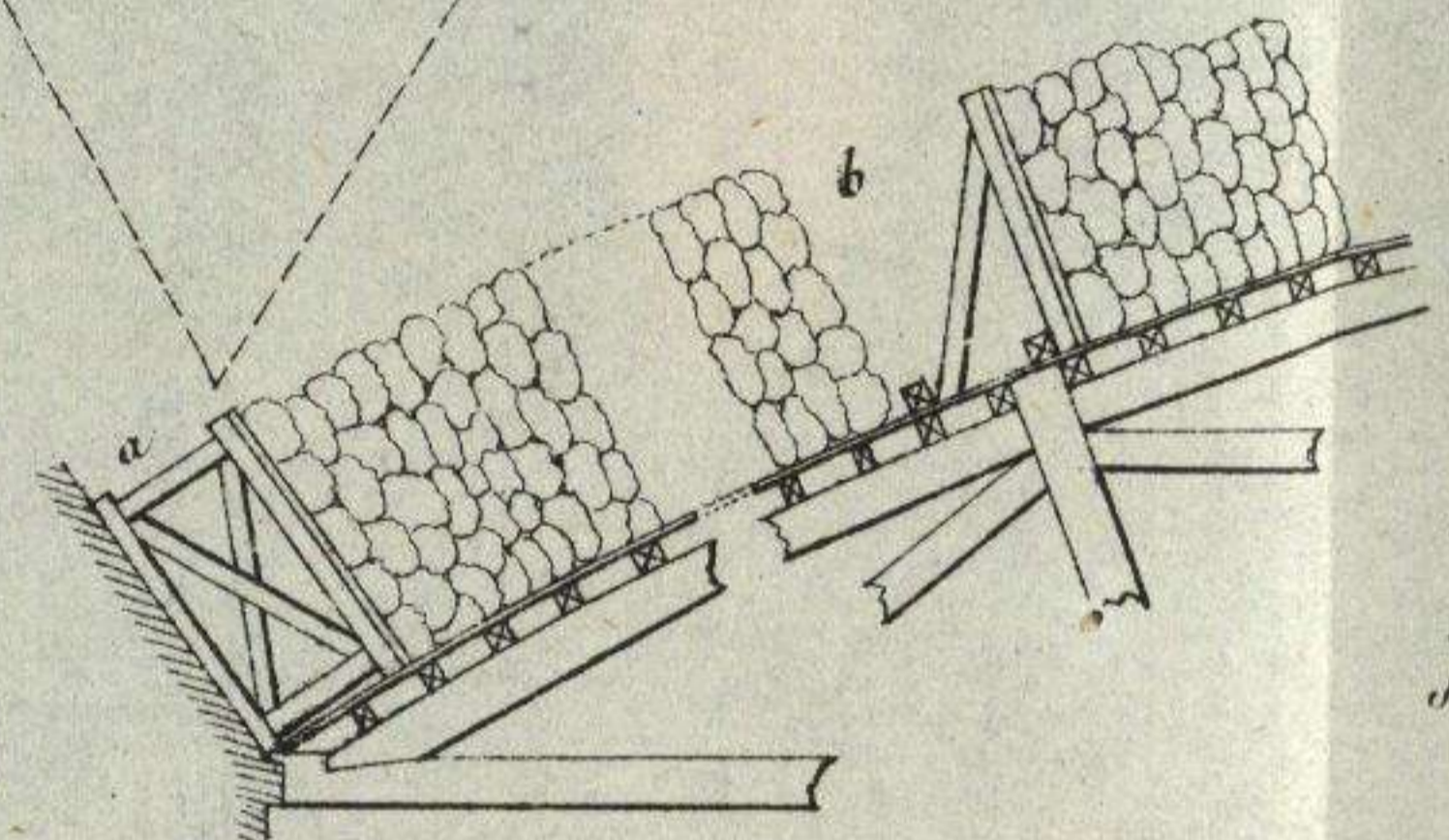


Fig.^a 214

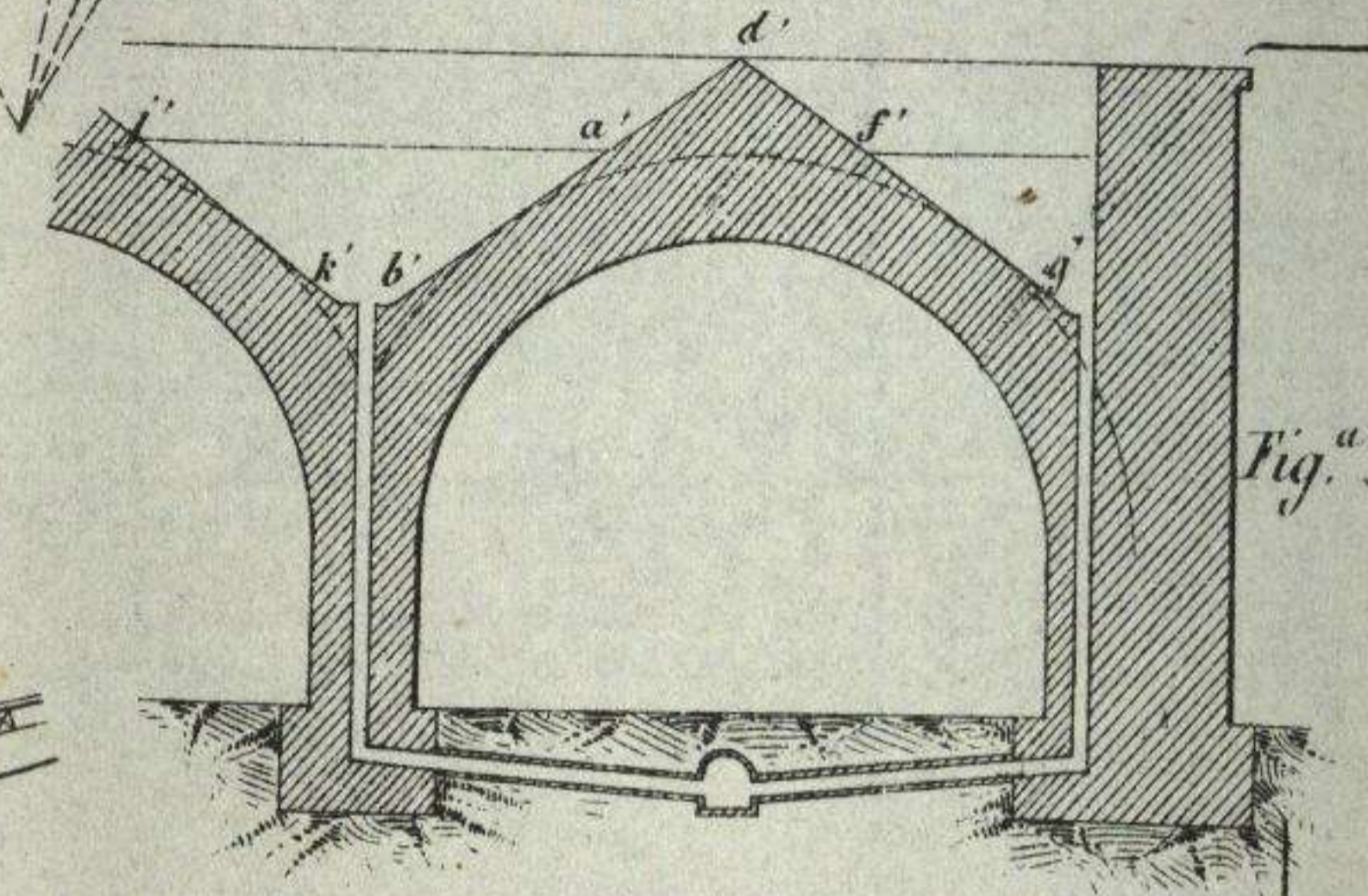


Fig.^a 216

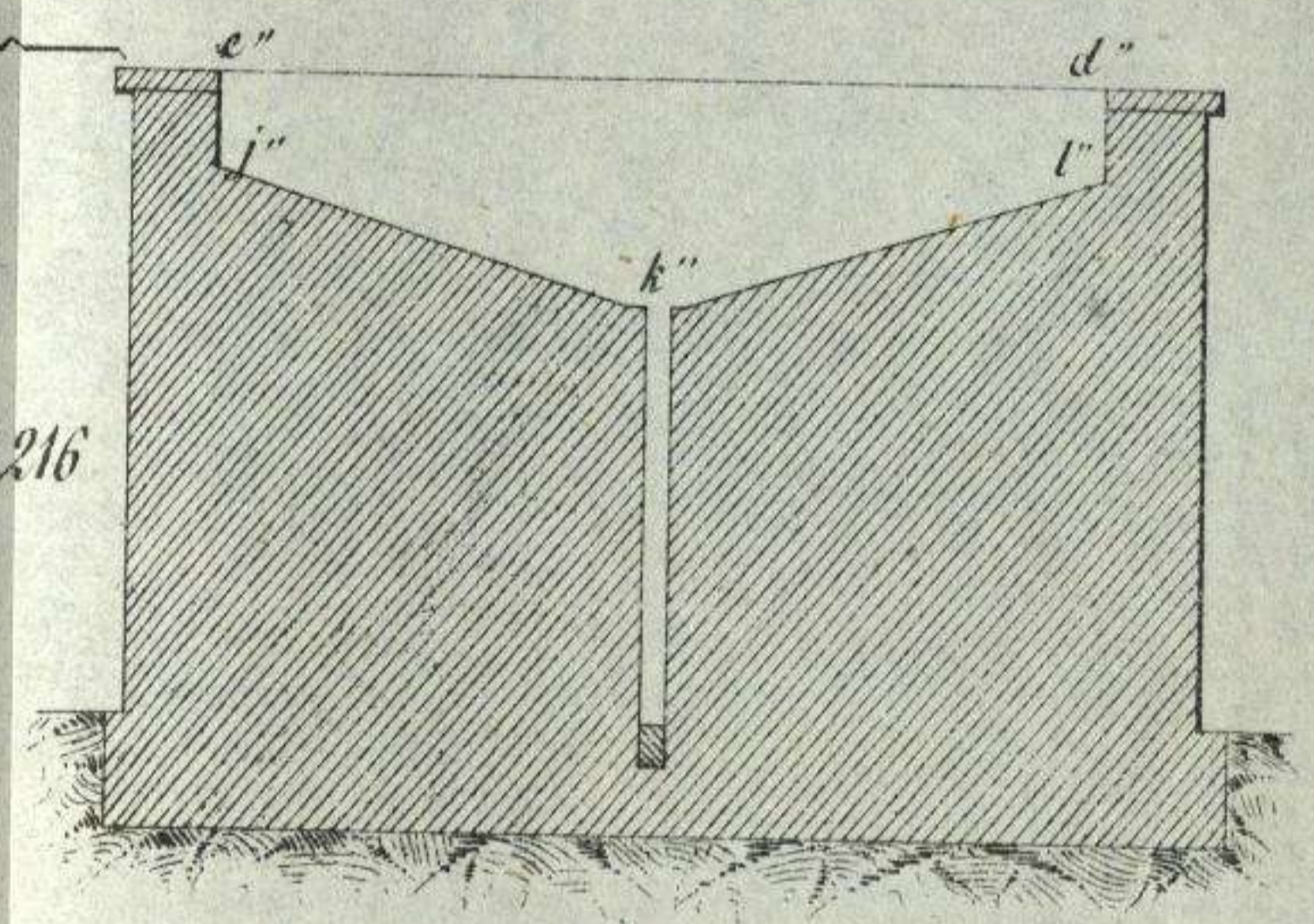


Fig.^a 215

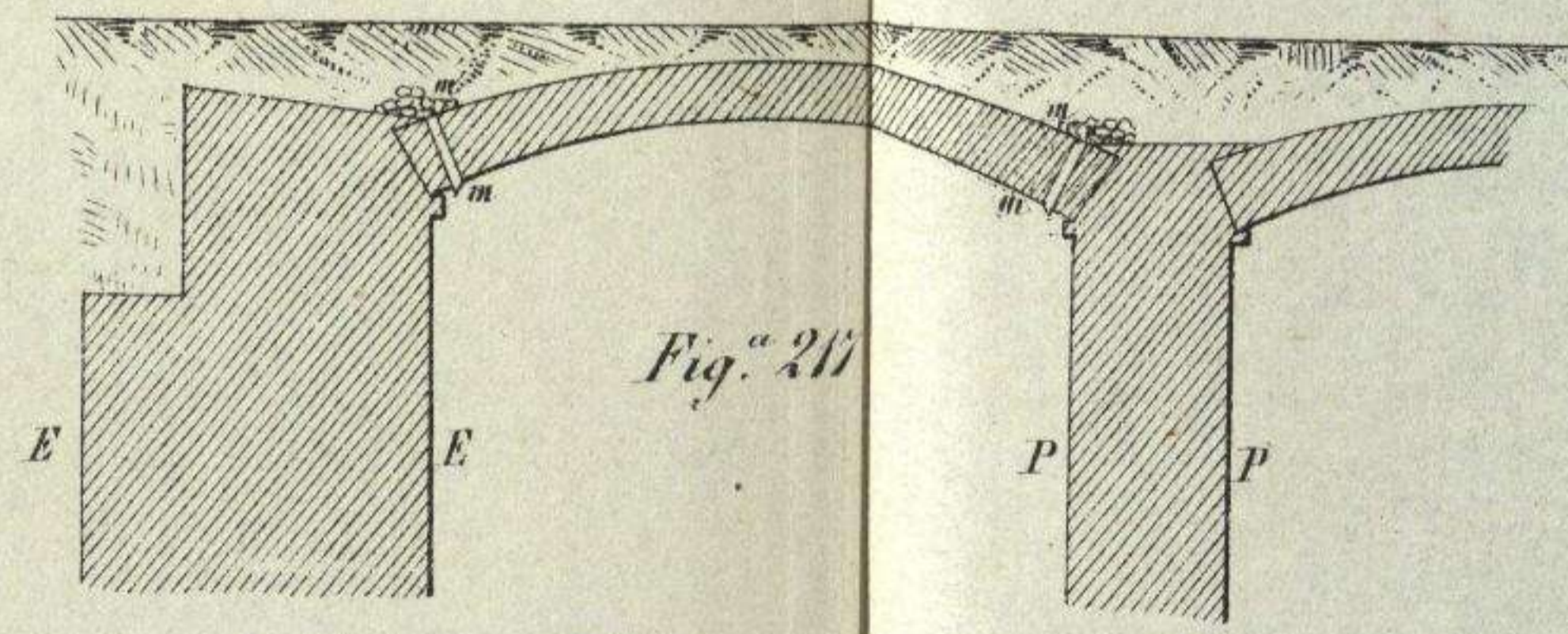


Fig.^a 217

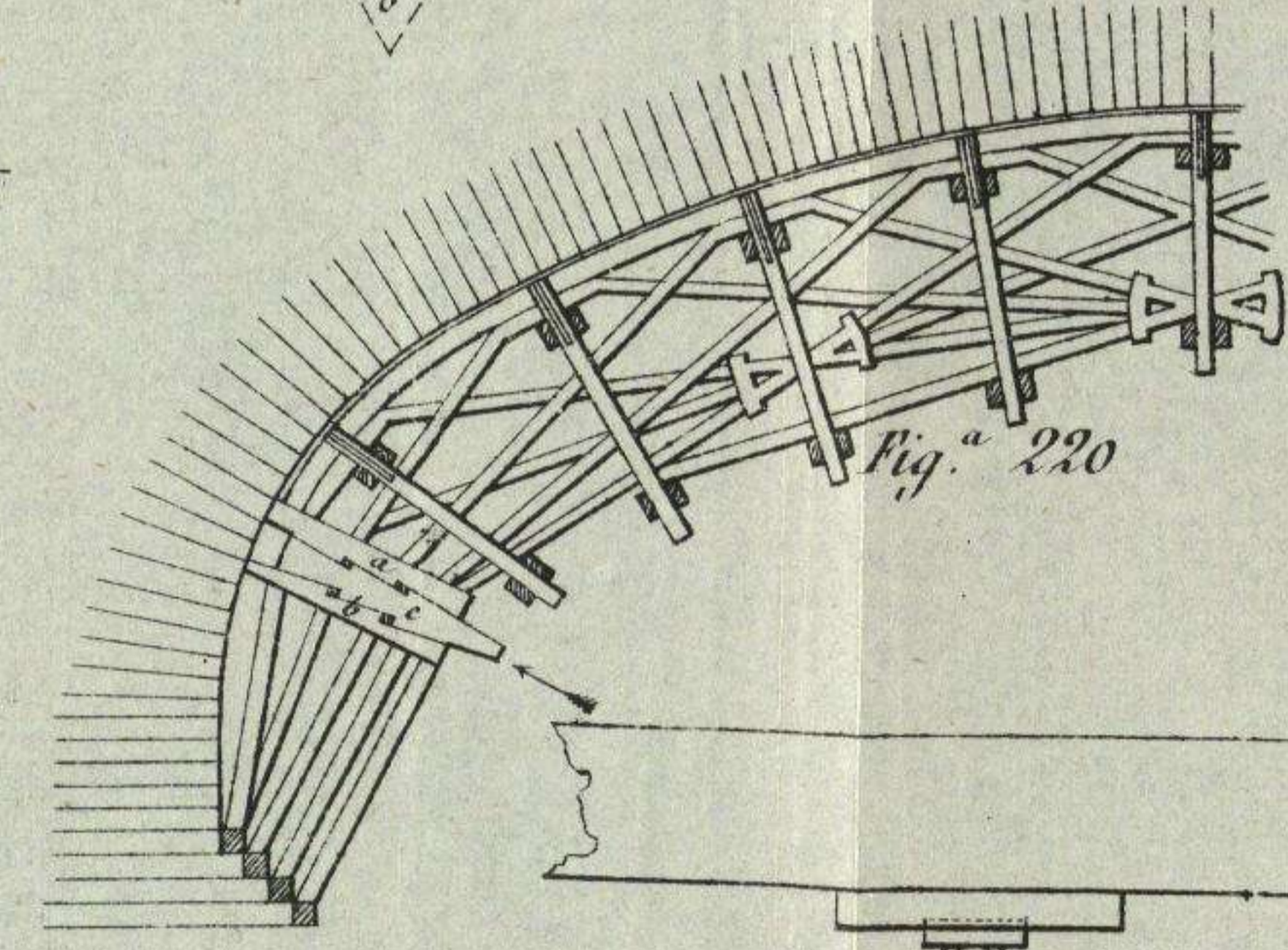


Fig.^a 220

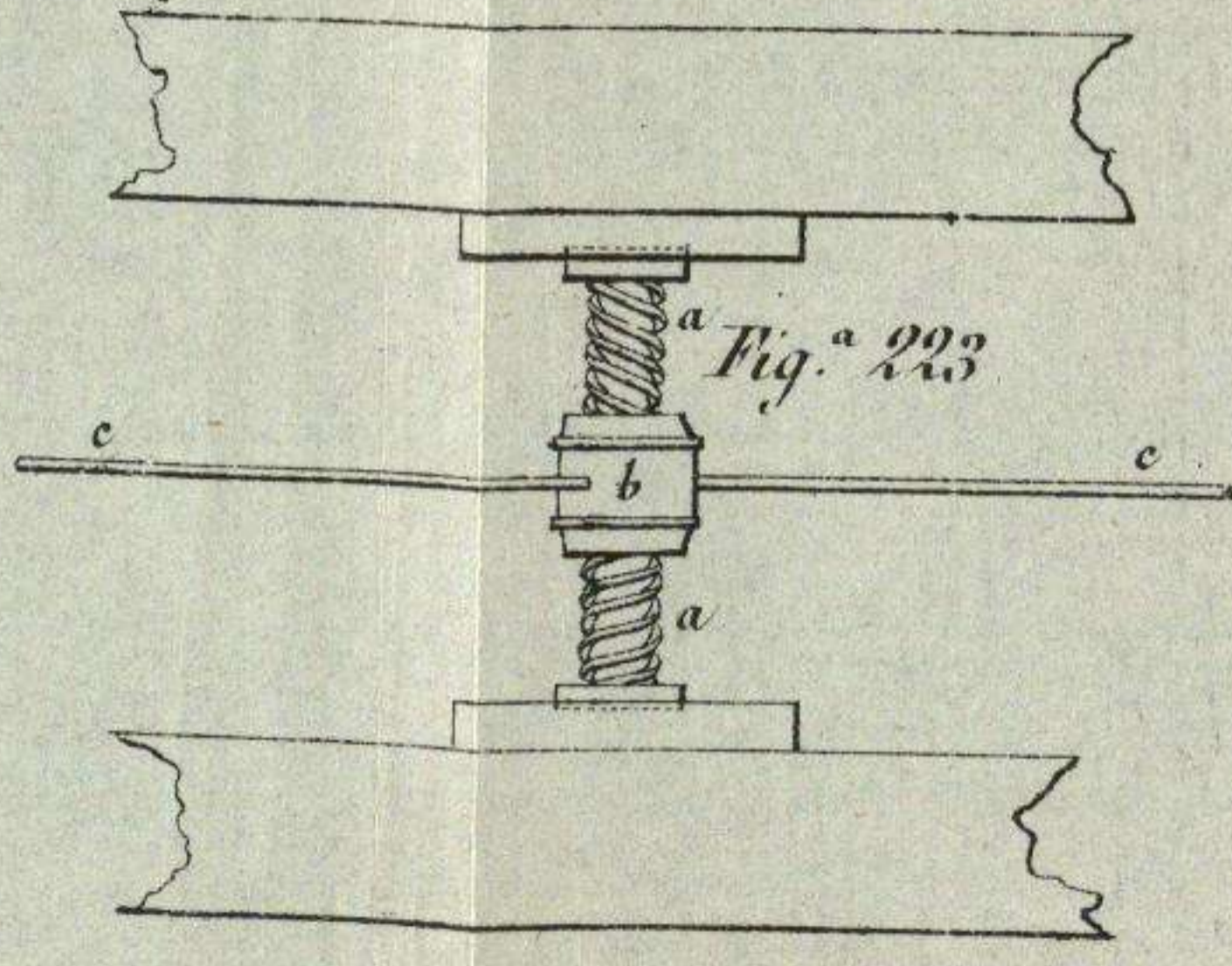


Fig.^a 223

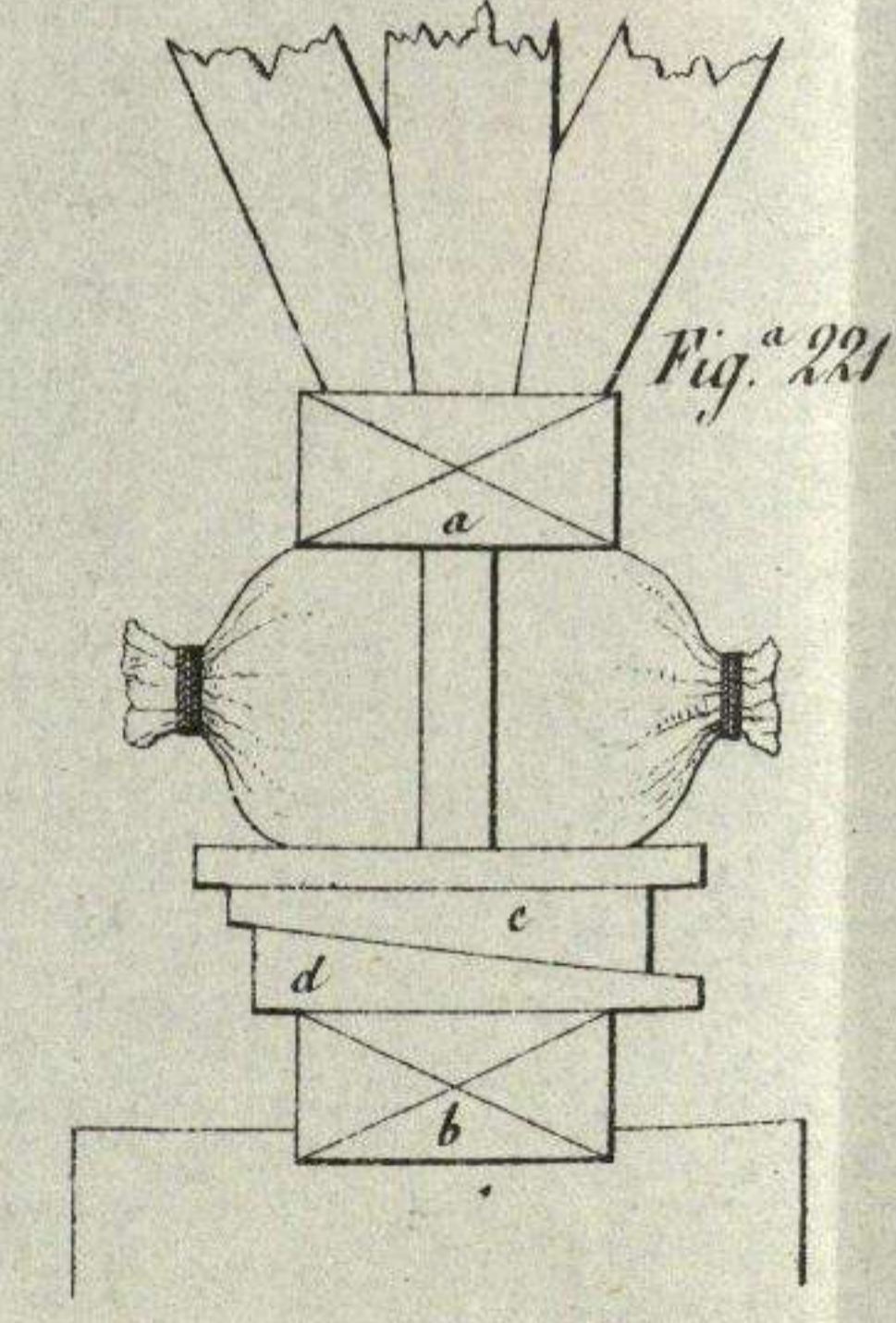


Fig.^a 221

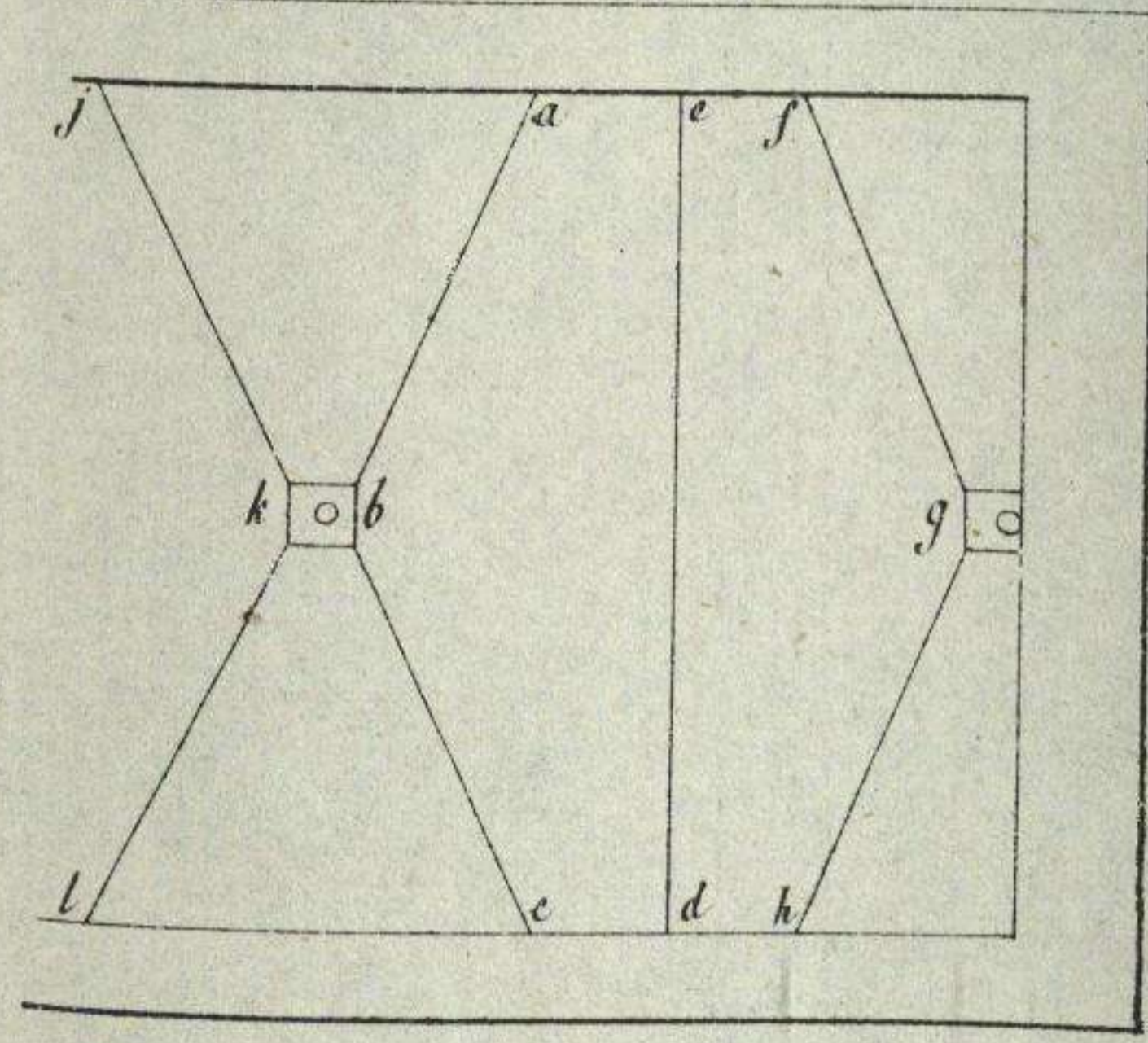


Fig.^a 218

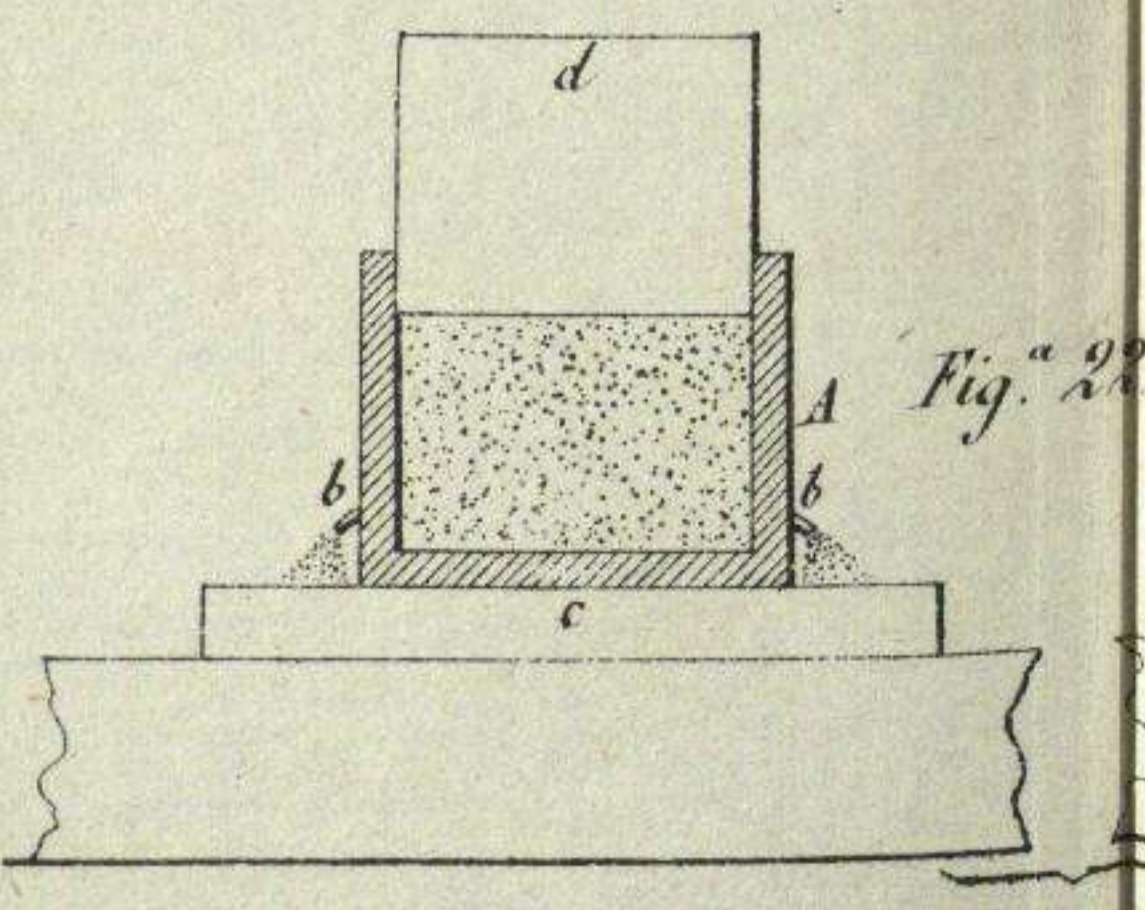


Fig.^a 222

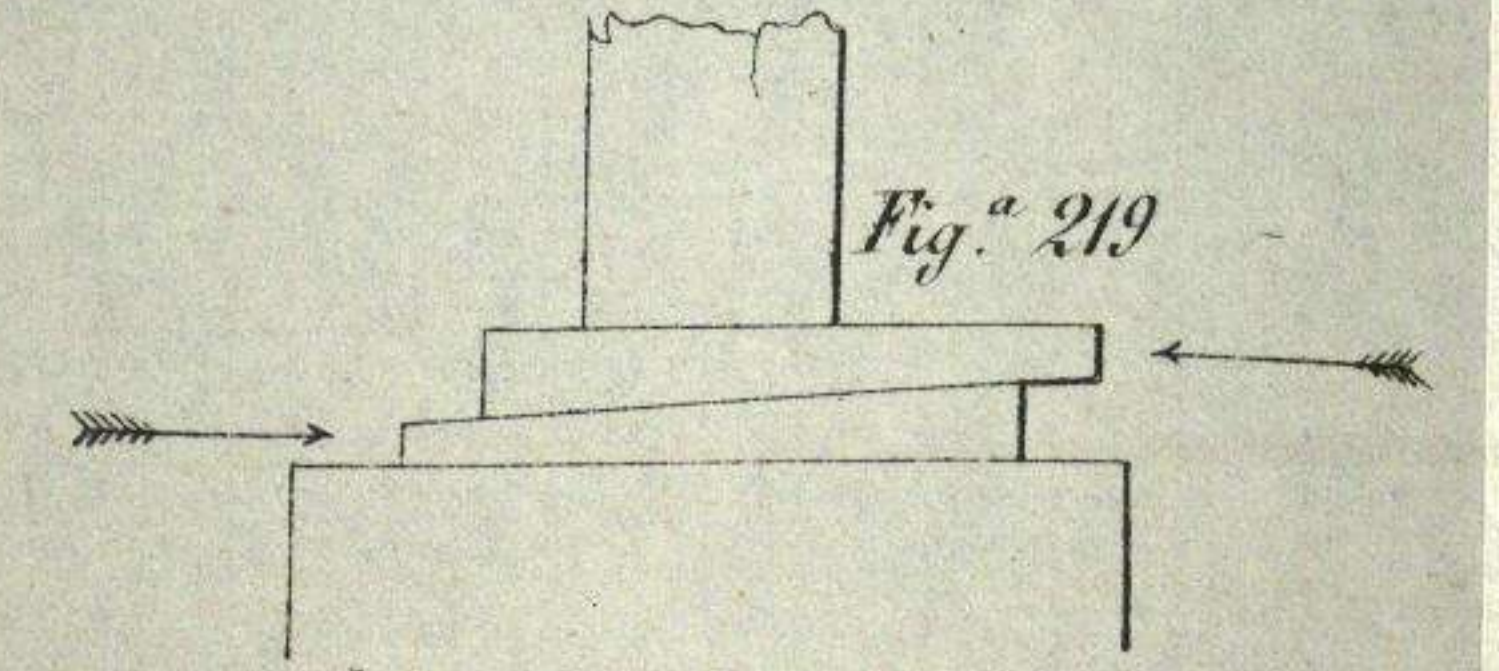
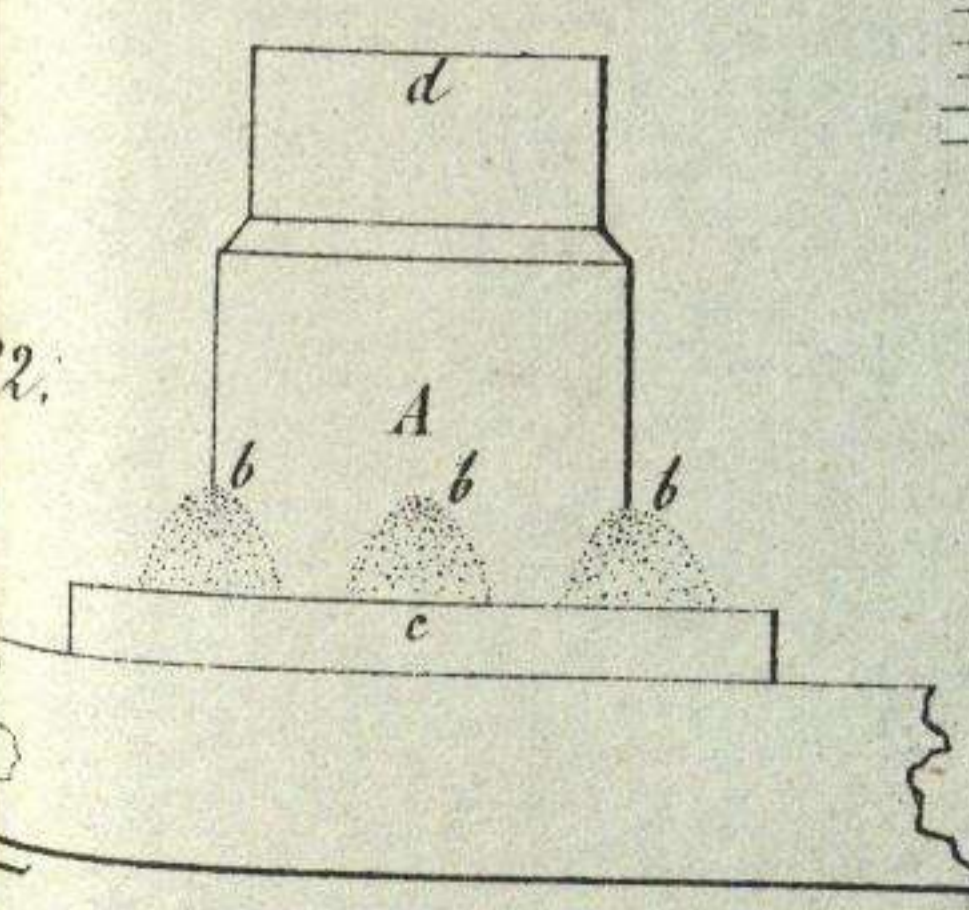


Fig.^a 219

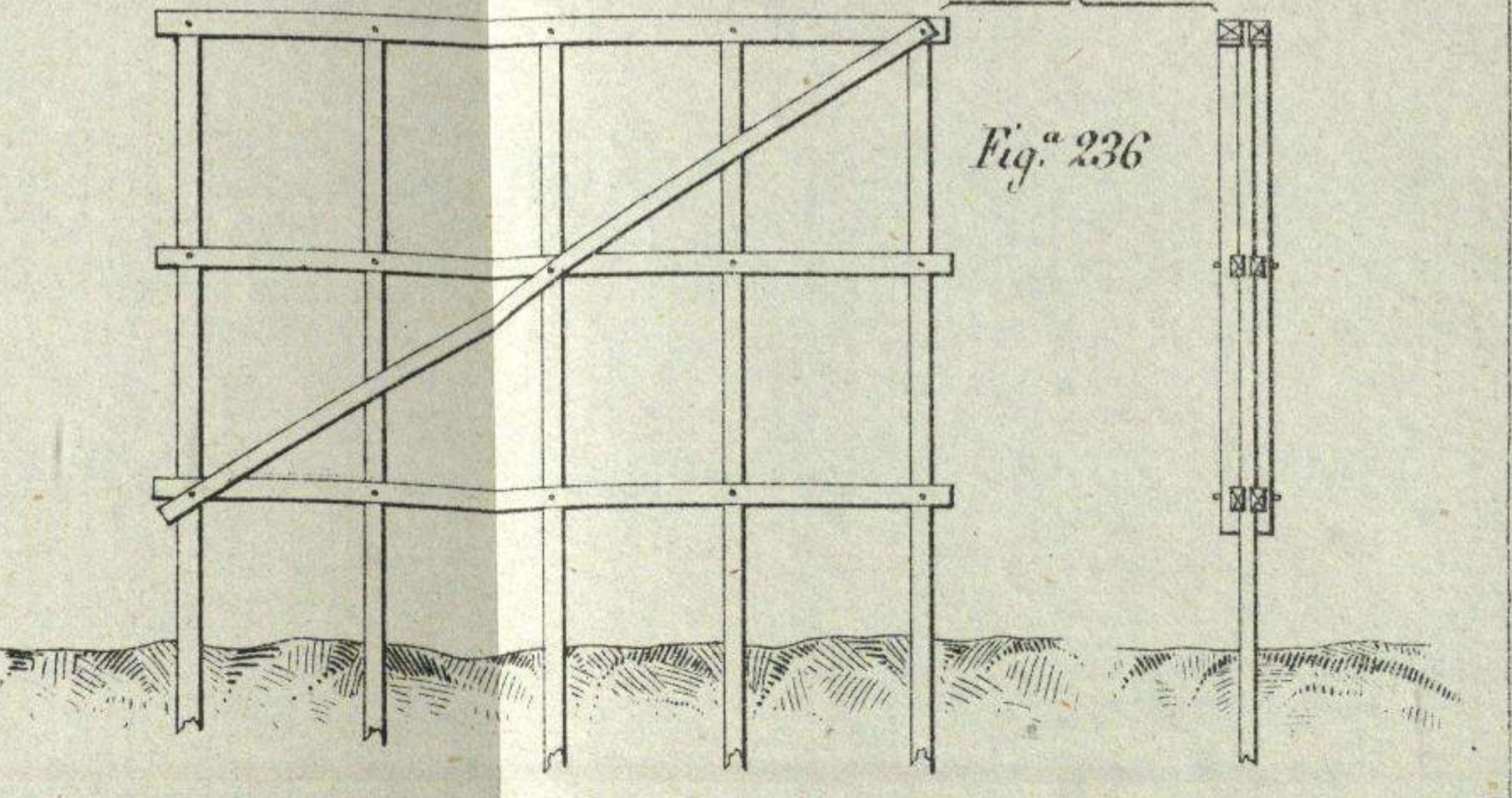
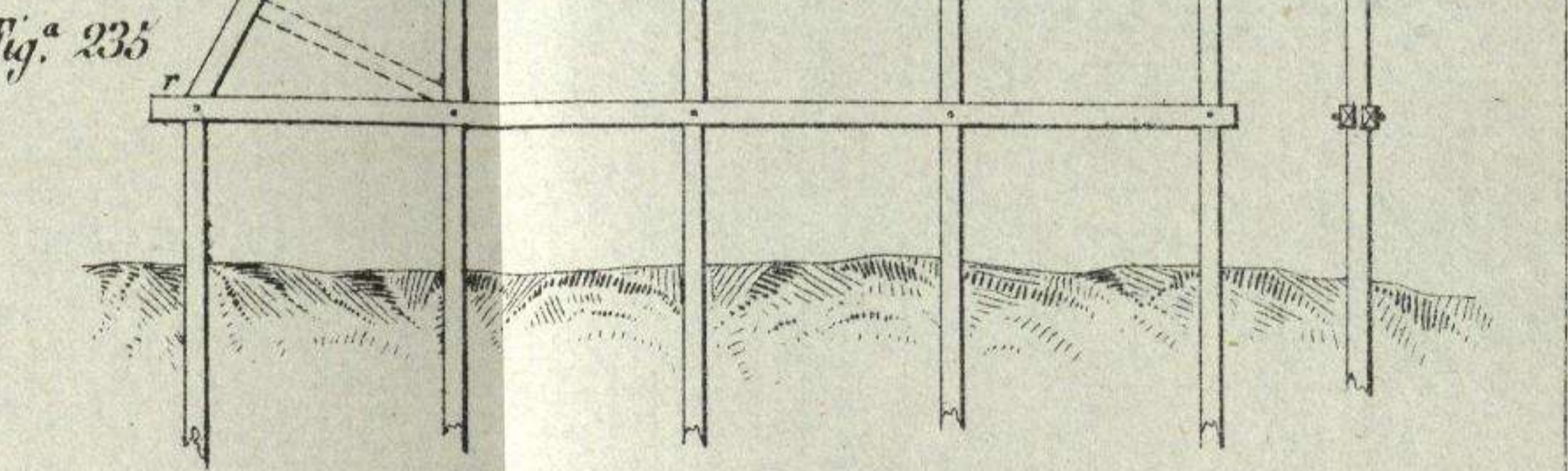
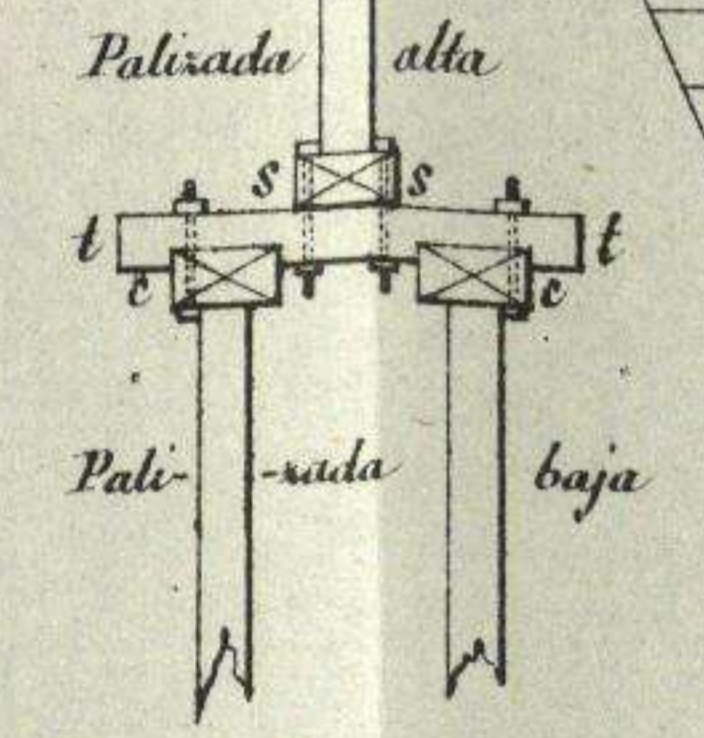
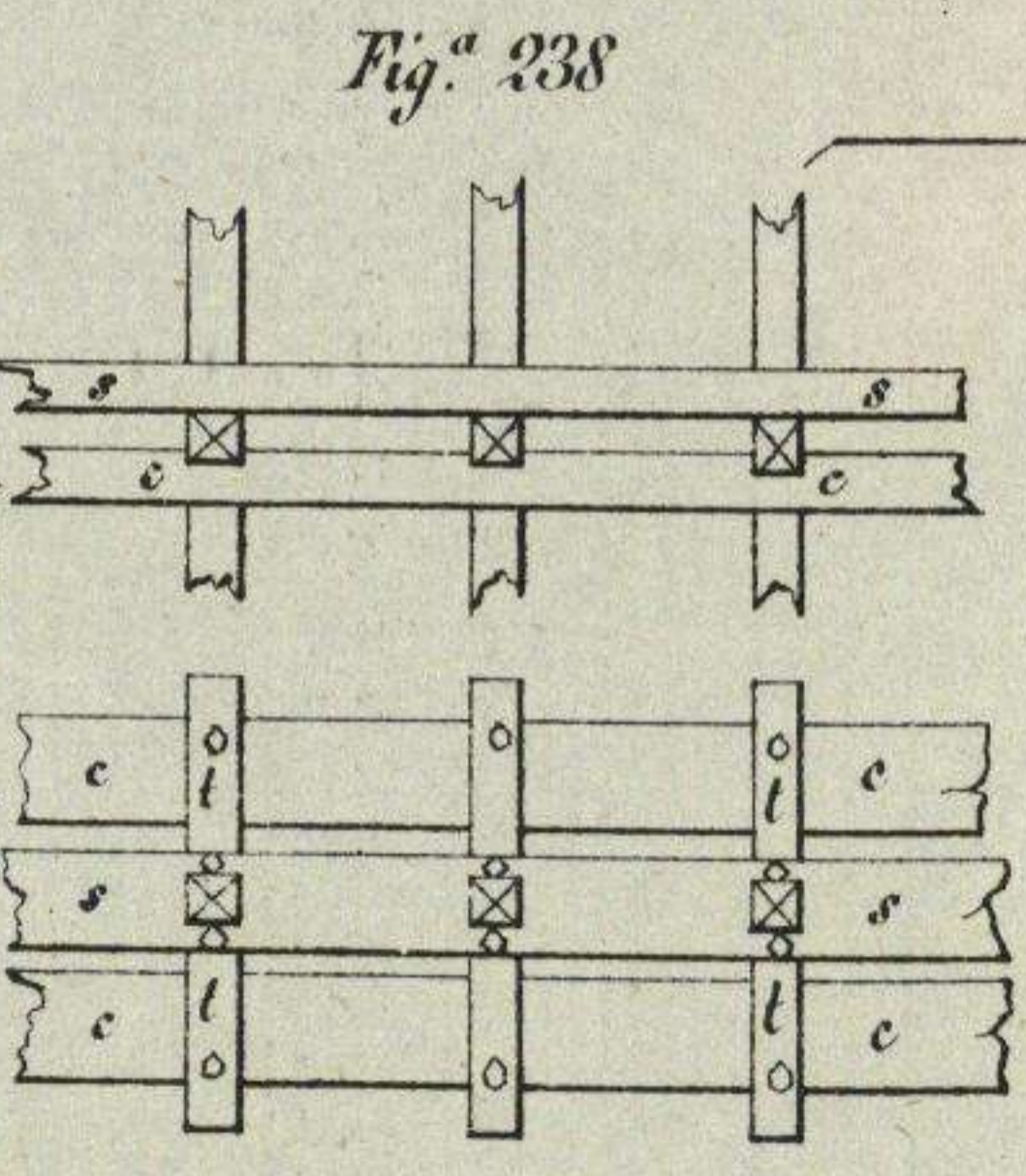
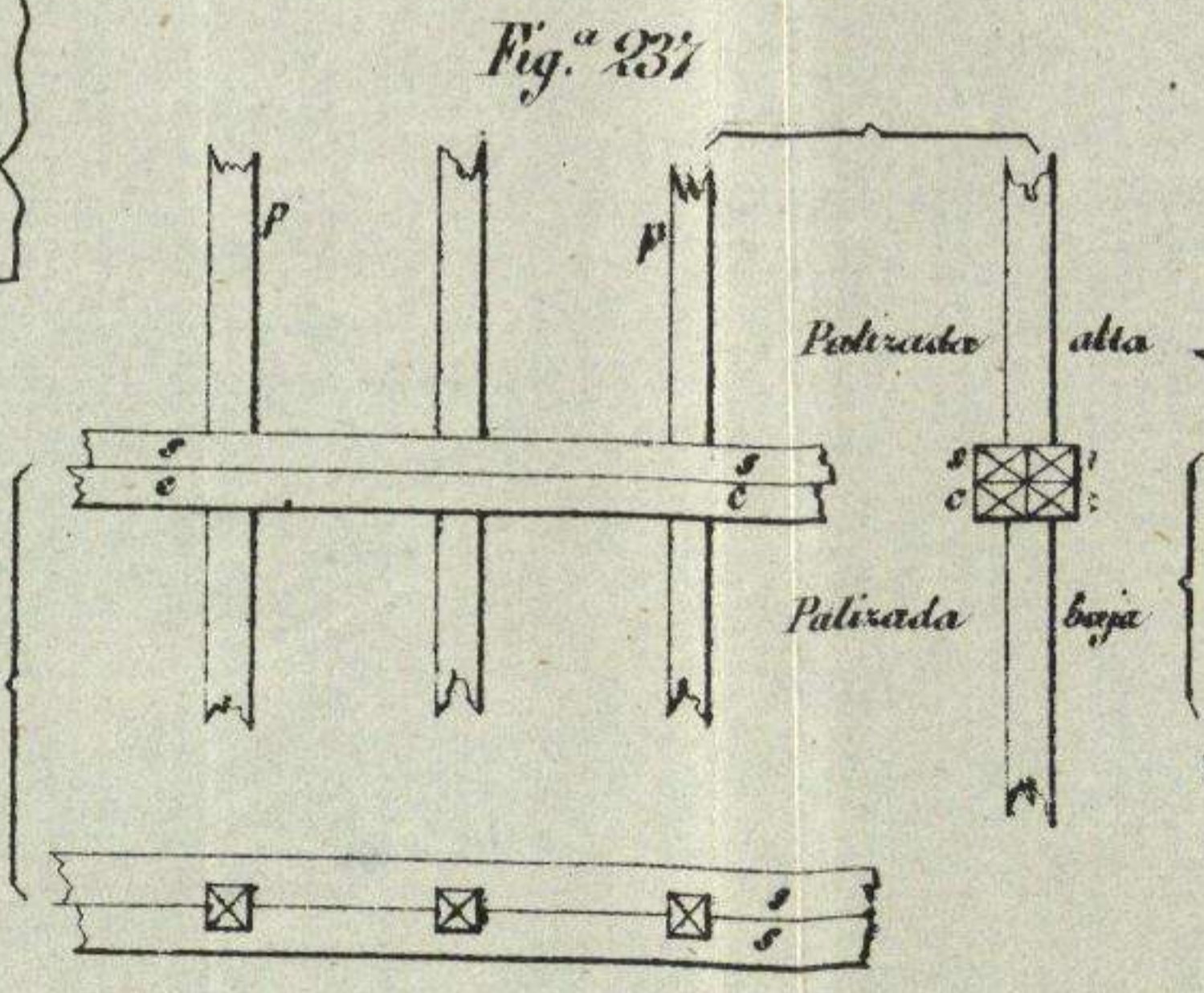
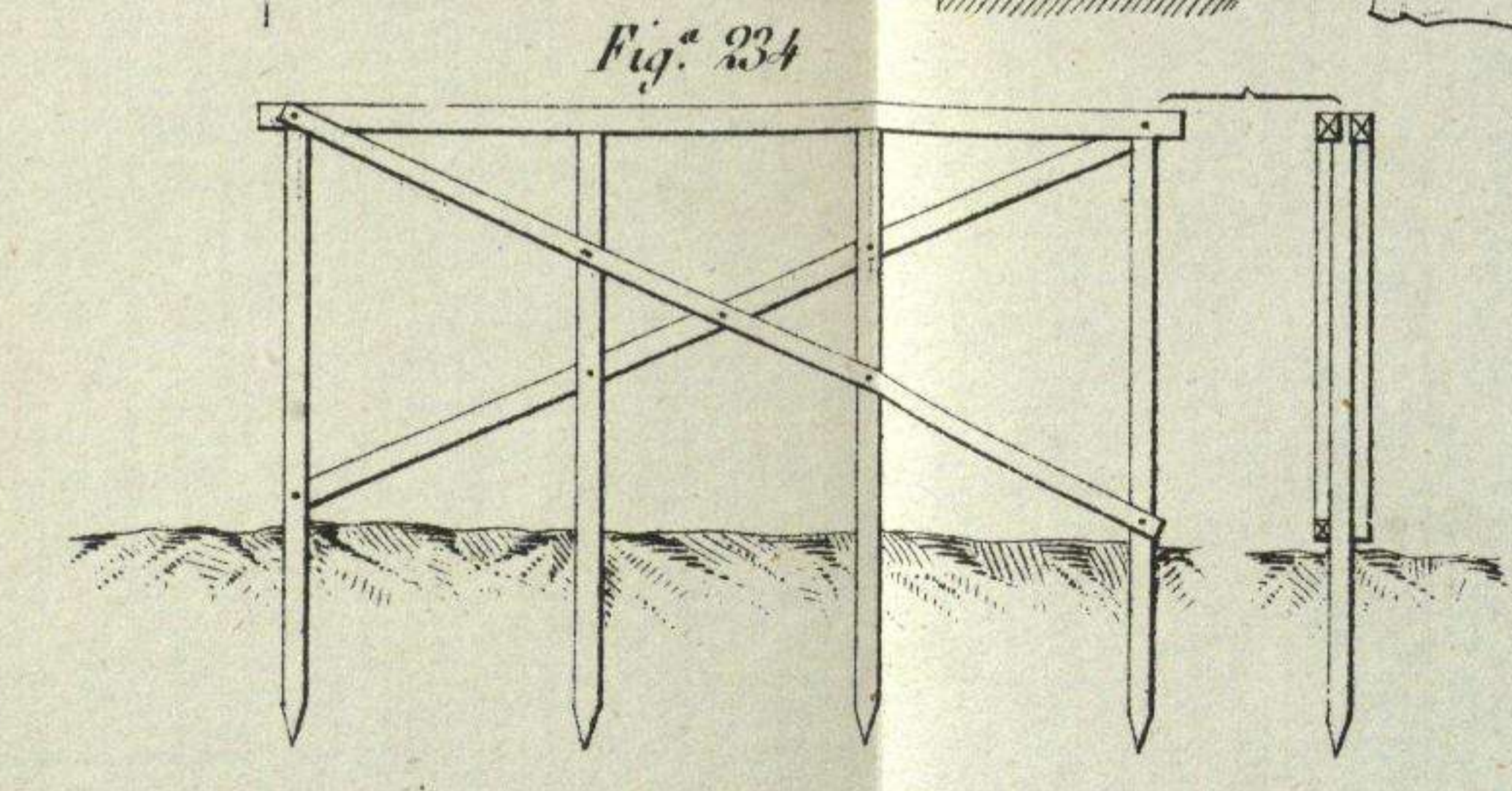
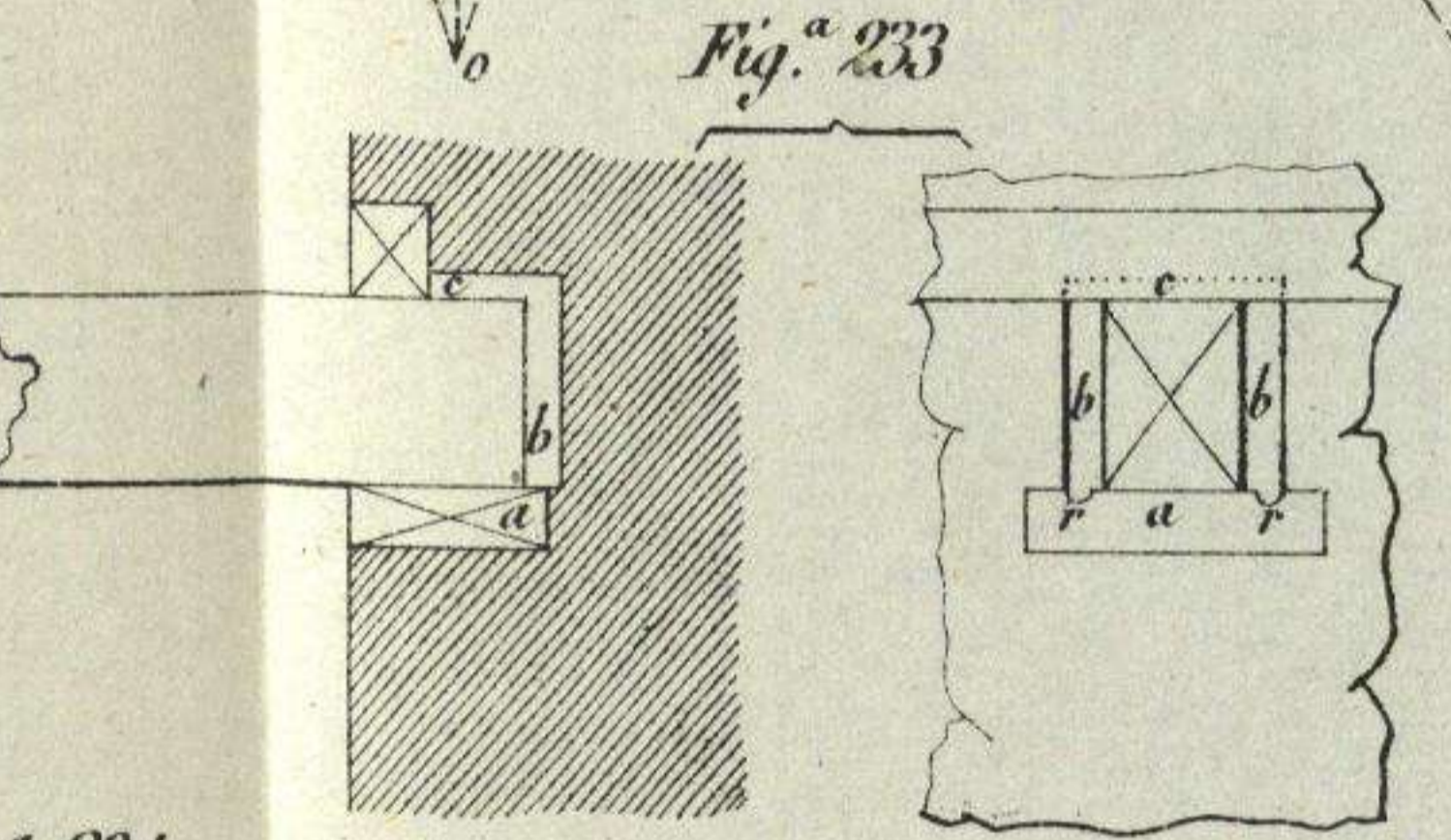
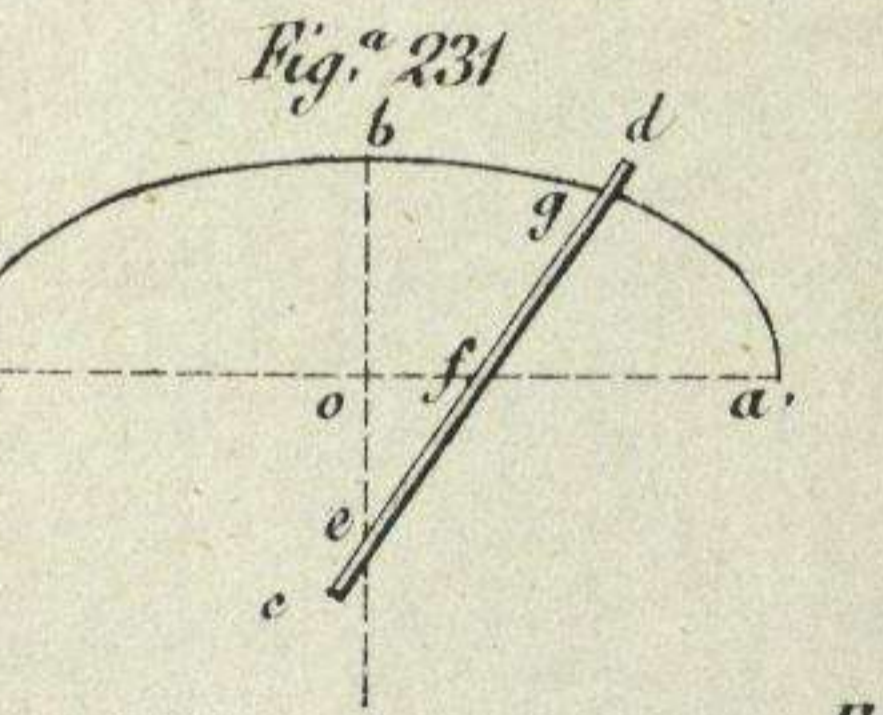
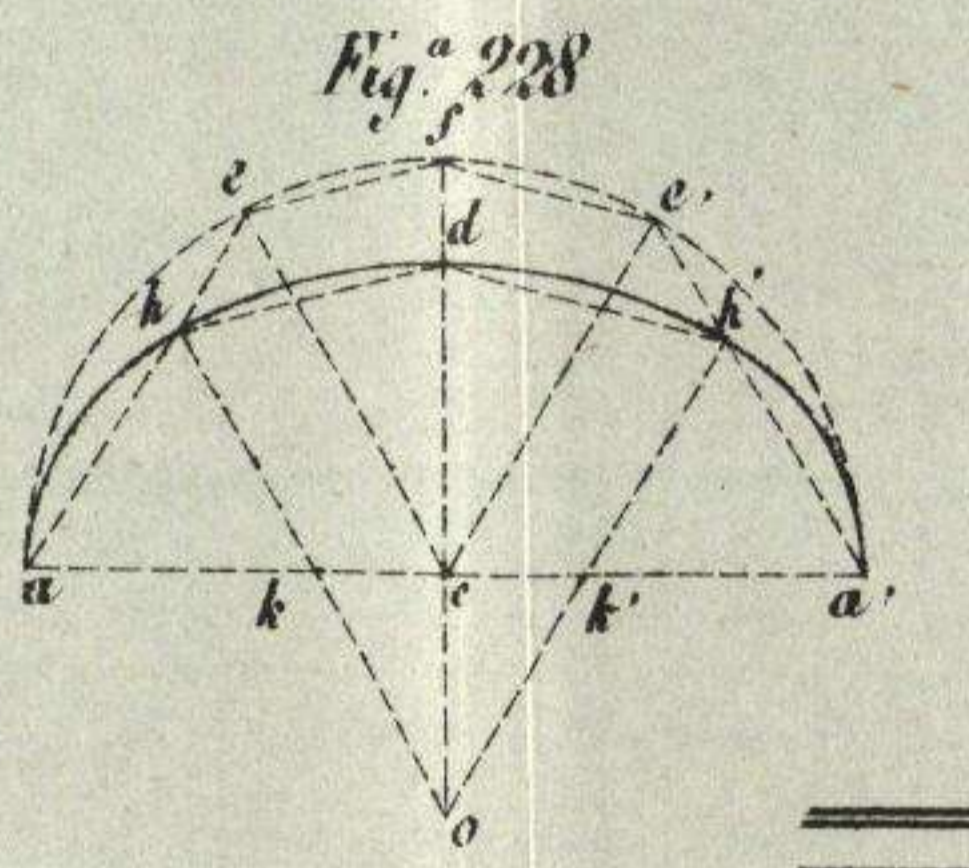
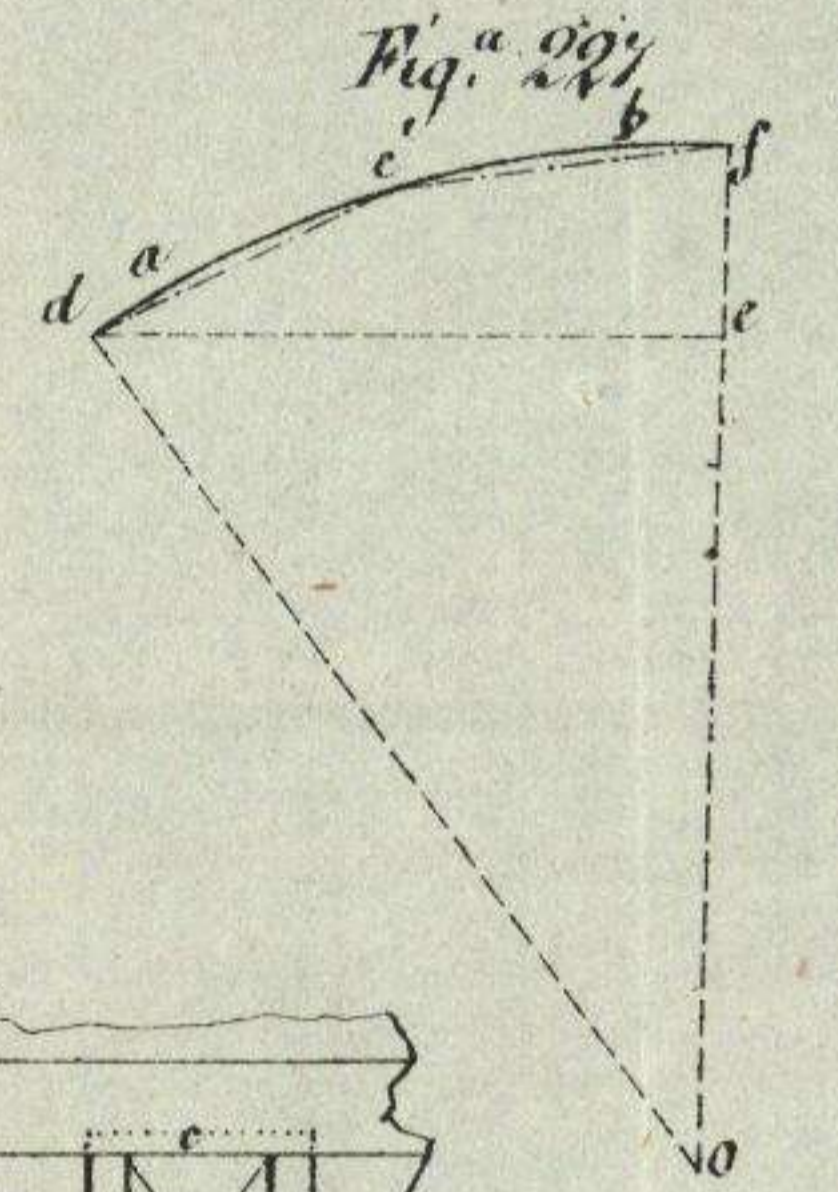
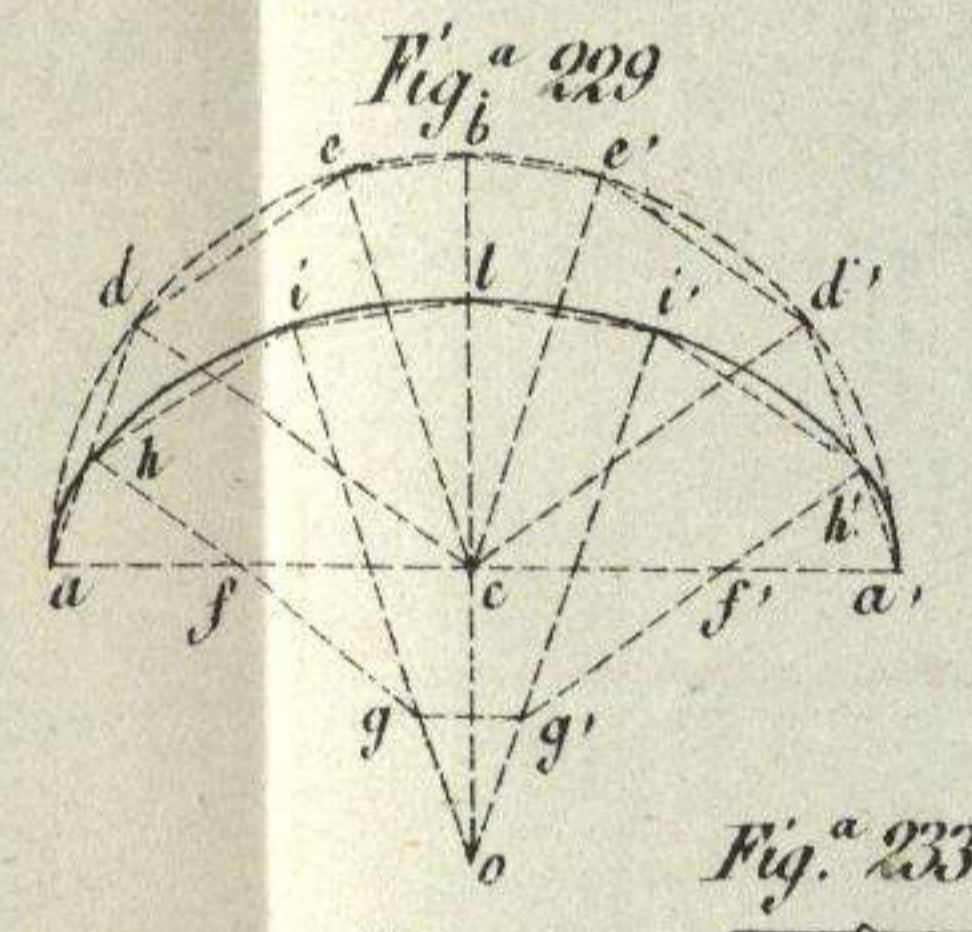
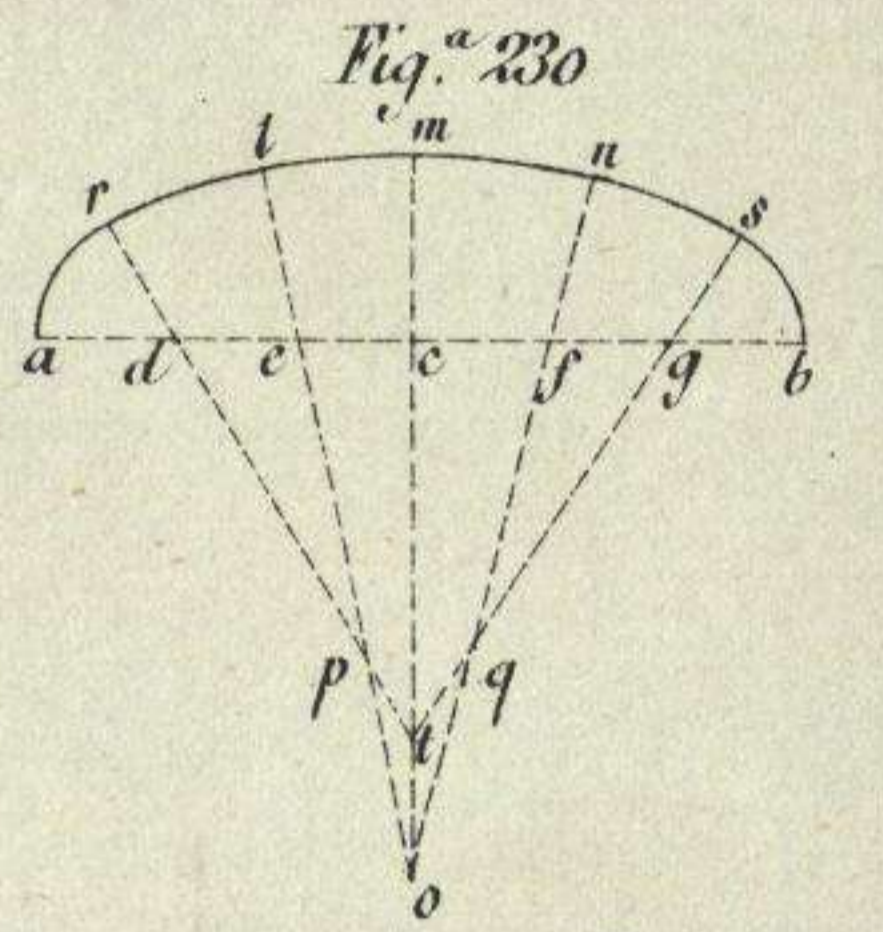
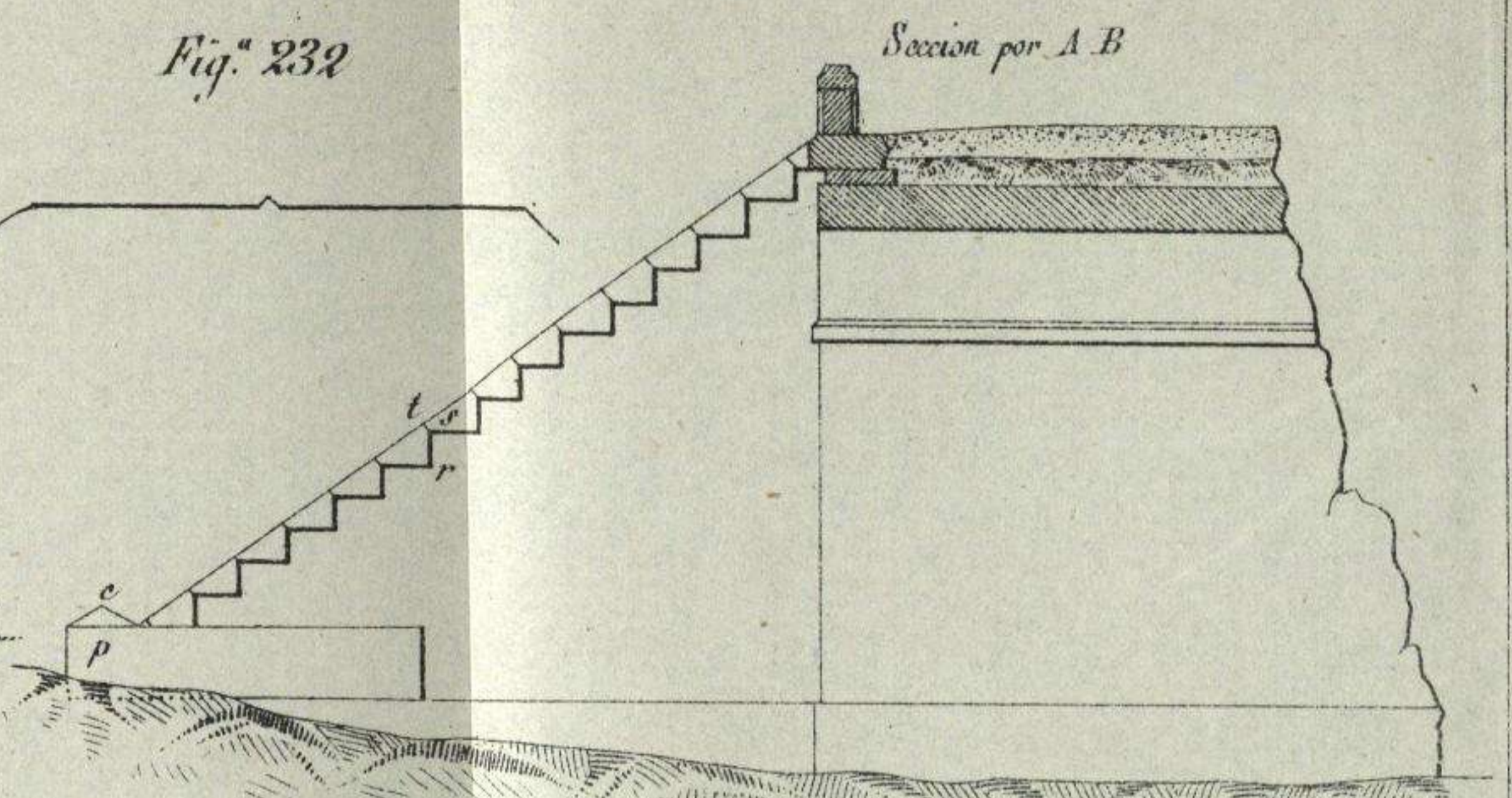
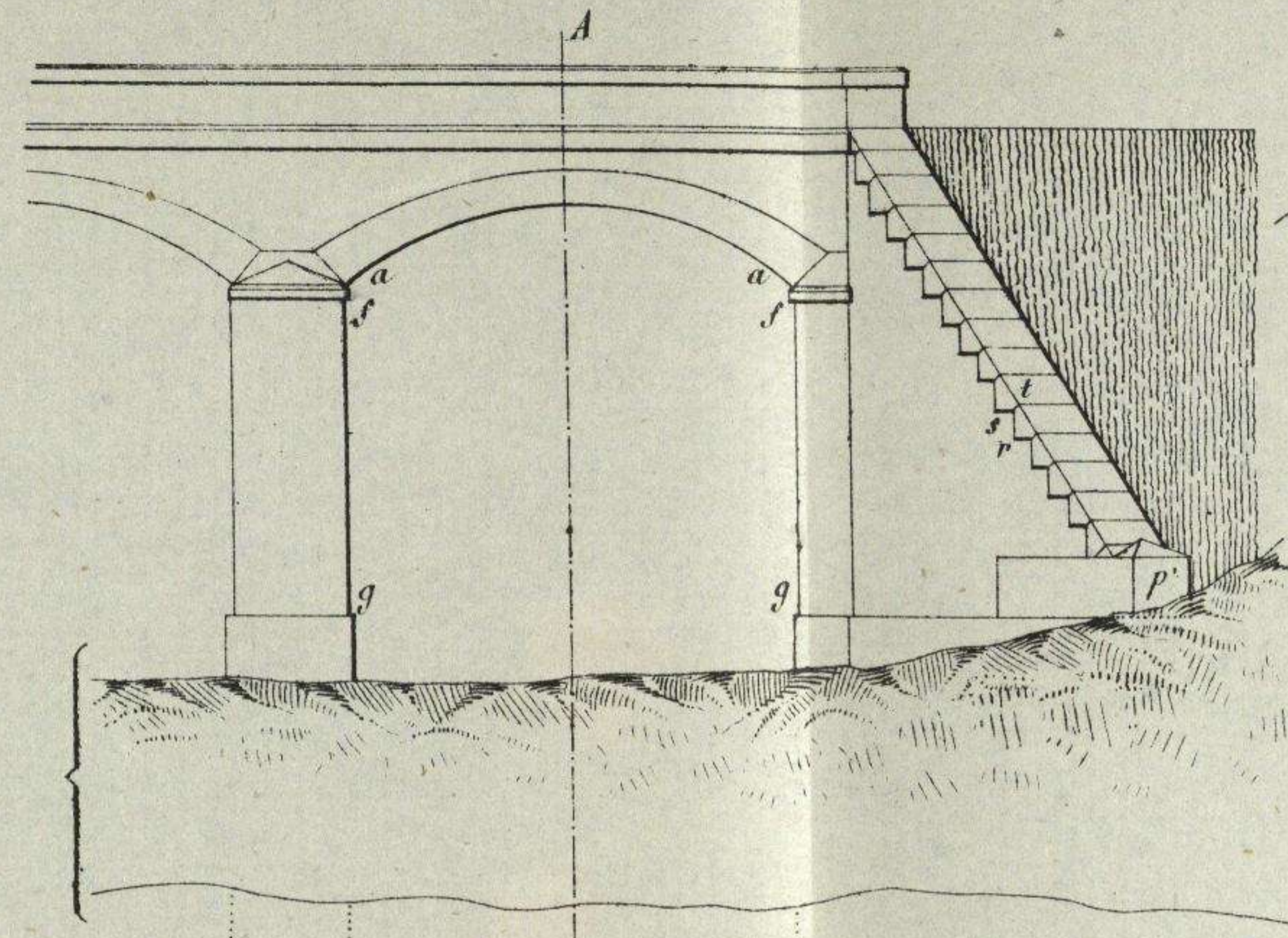
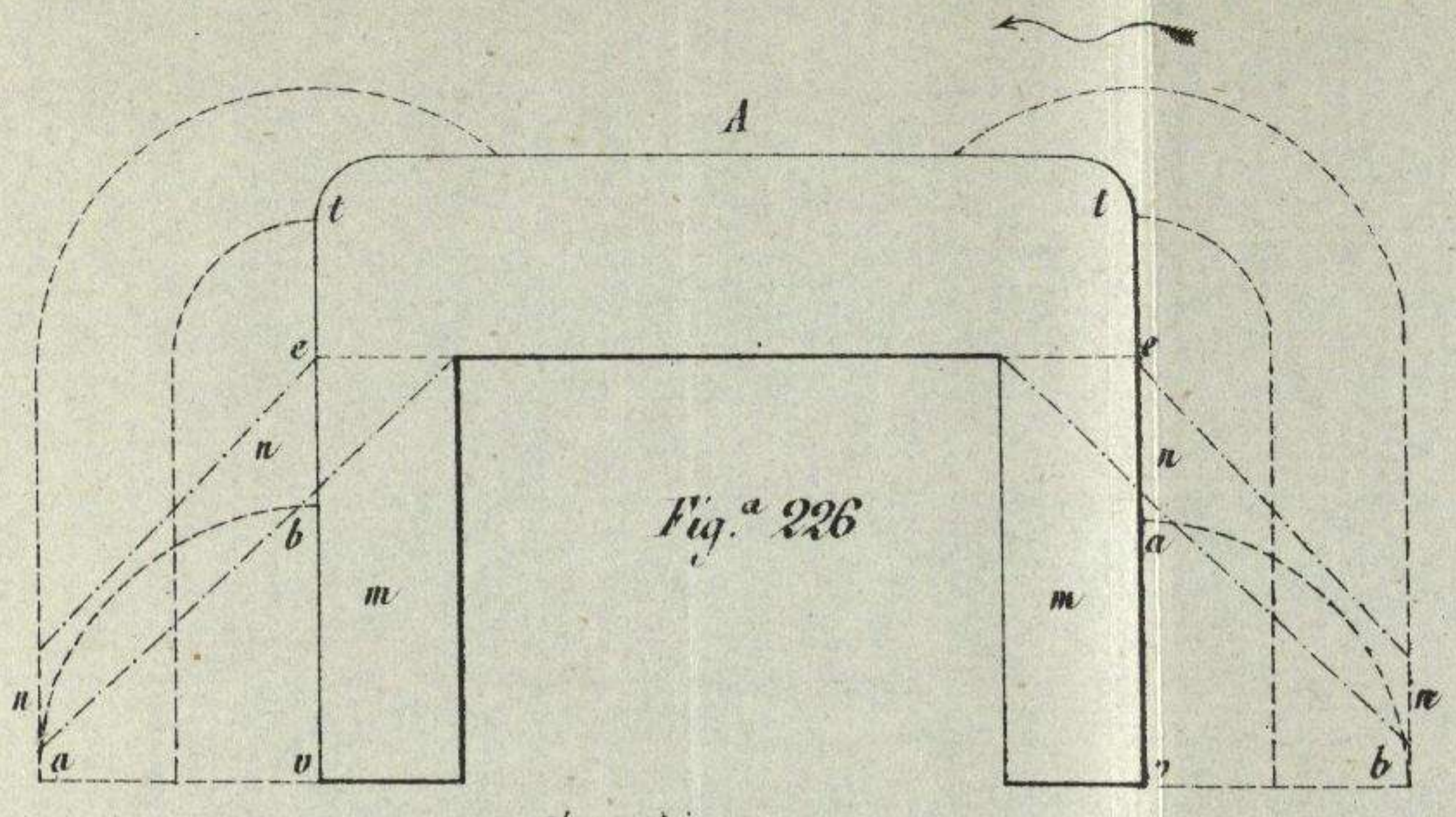
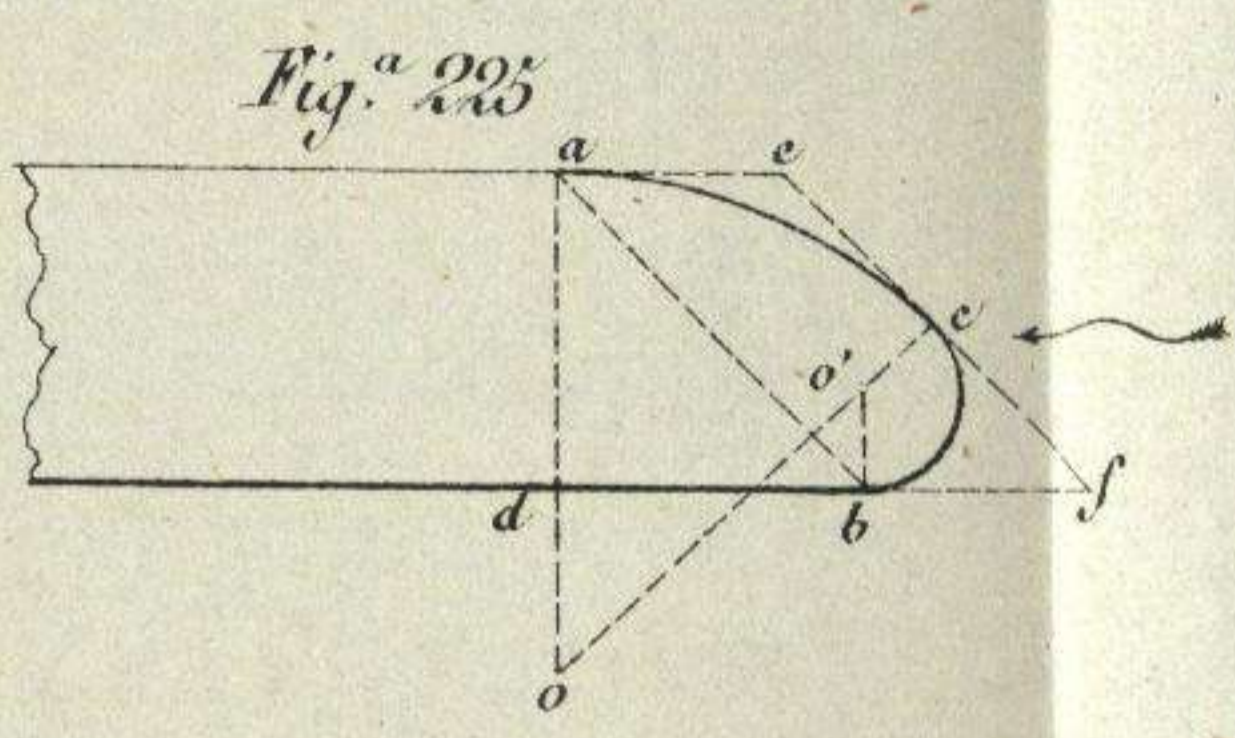
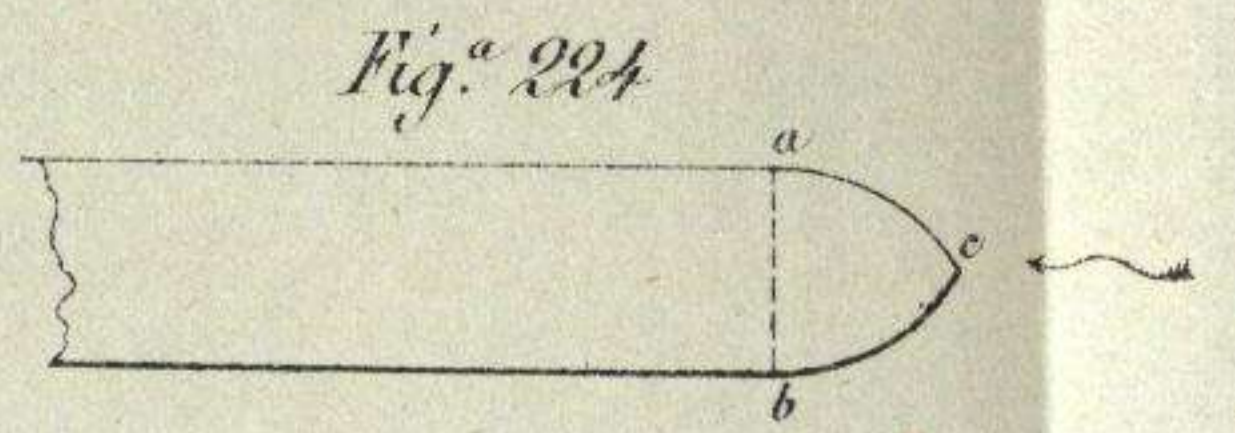


Fig.^a 239

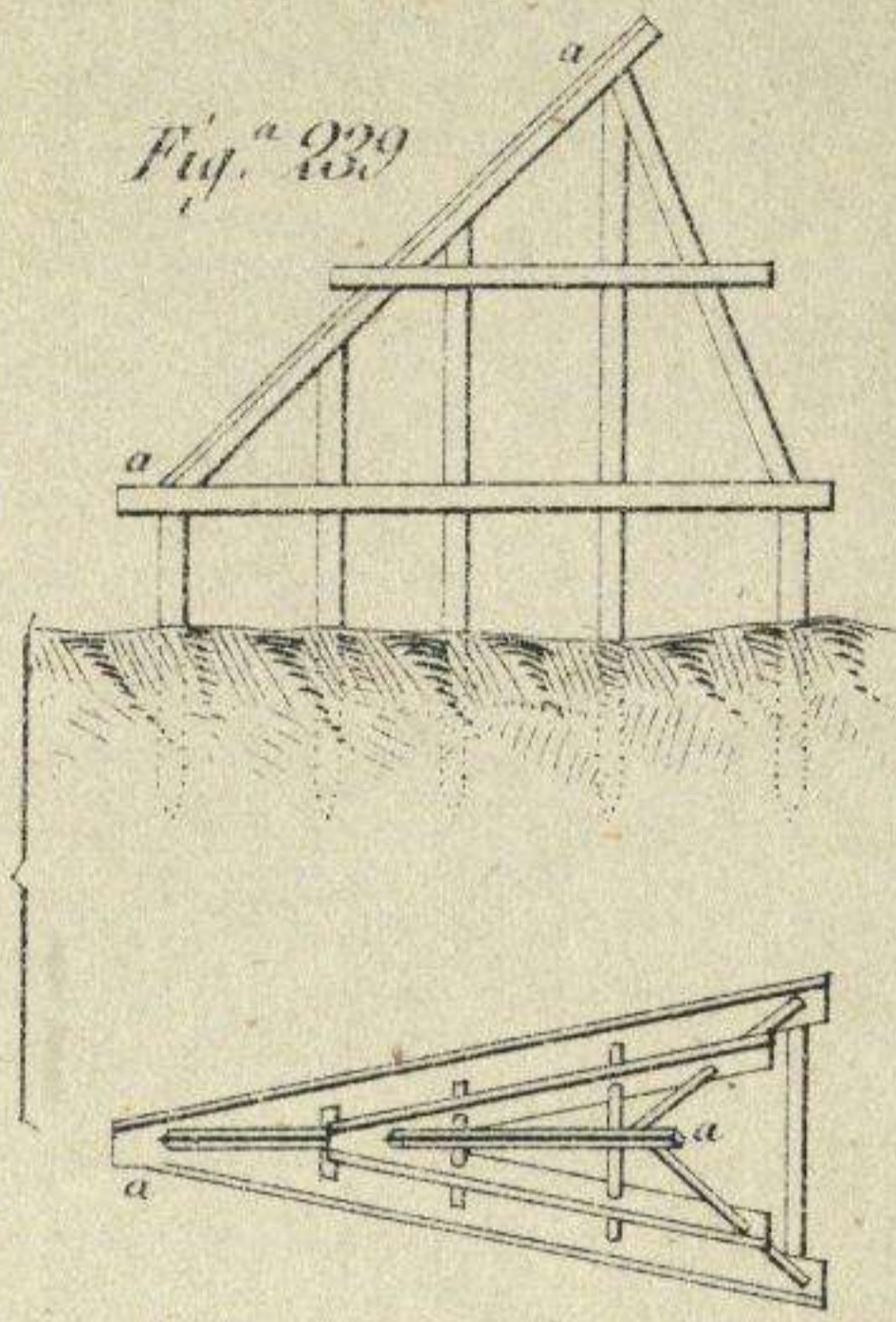


Fig.^a 233

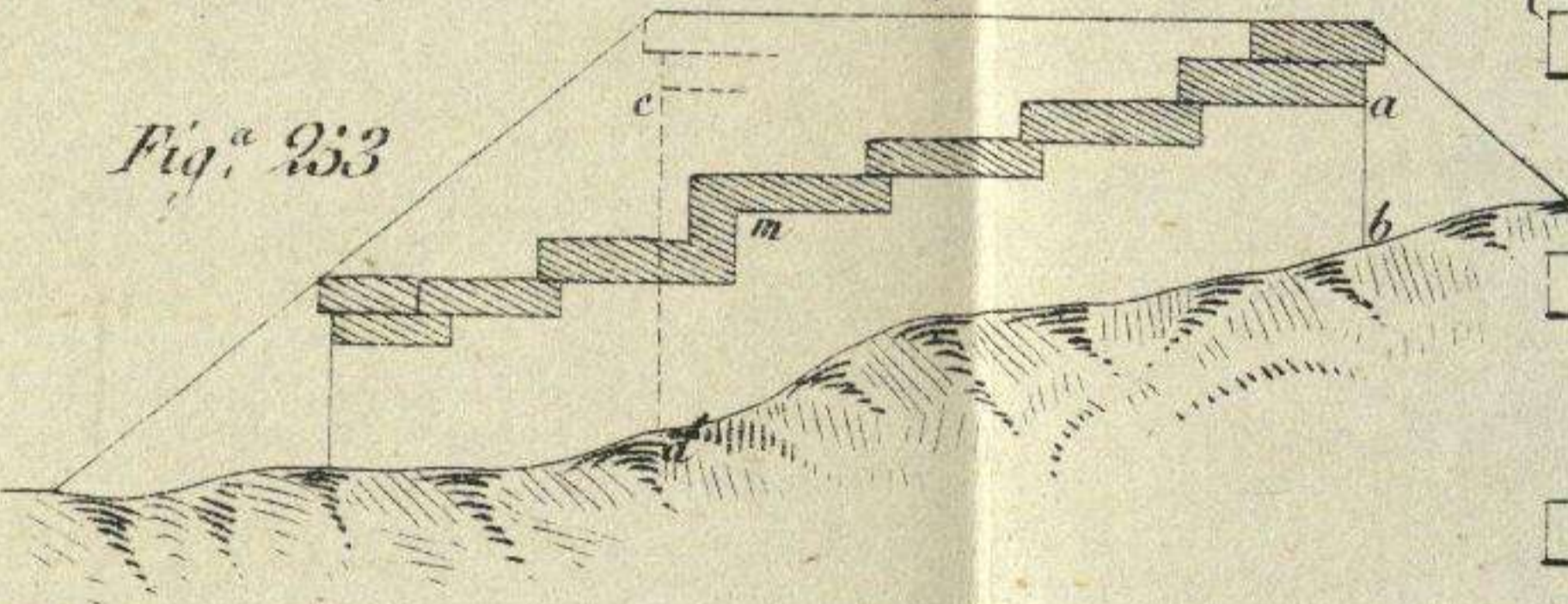


Fig.^a 230.

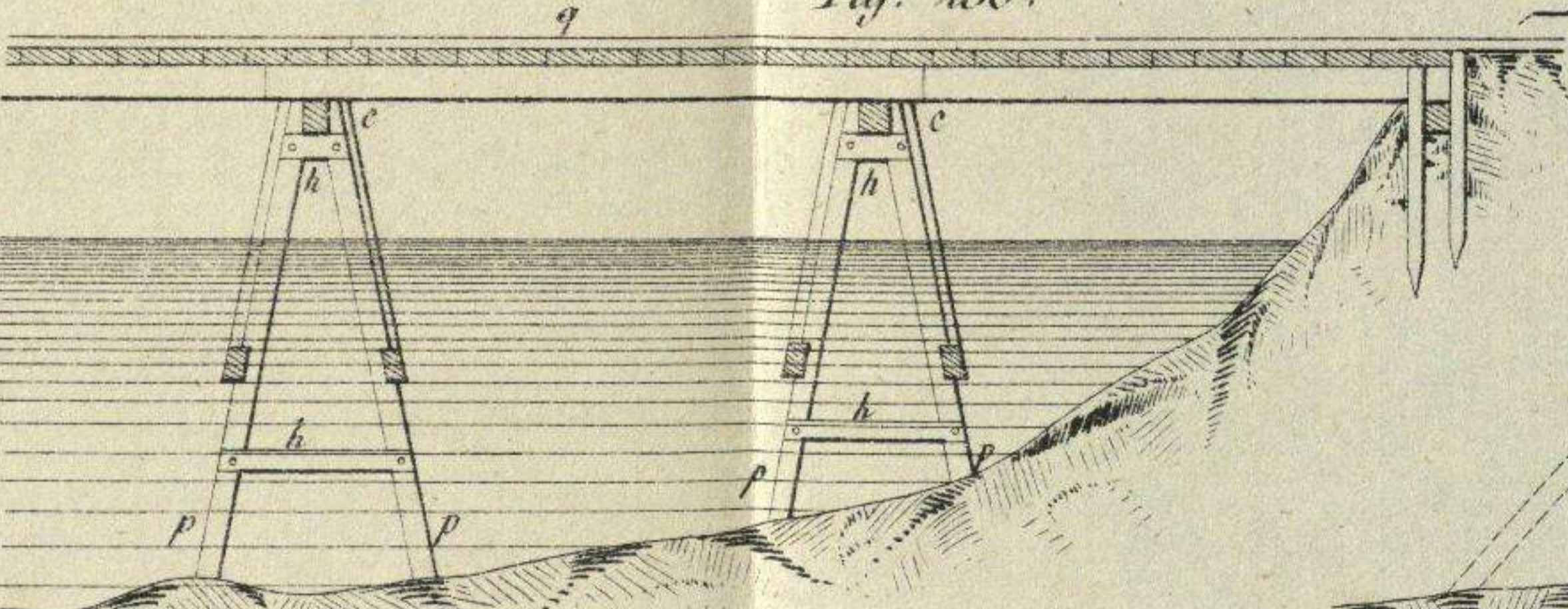


Fig.^a 231

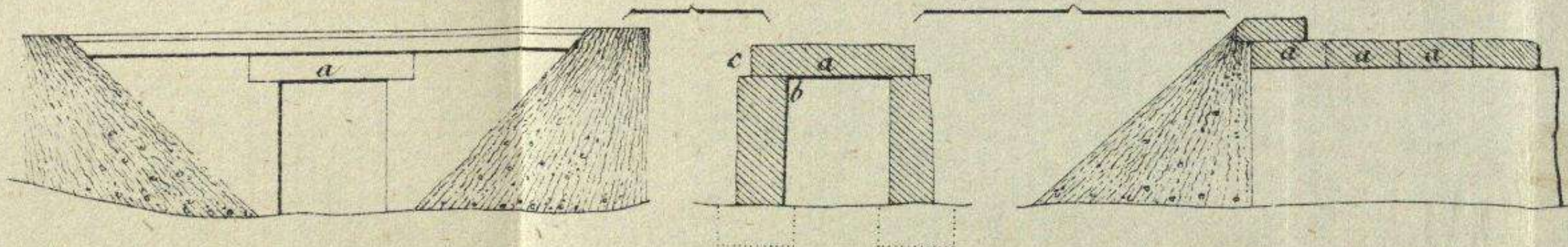


Fig.^a 241

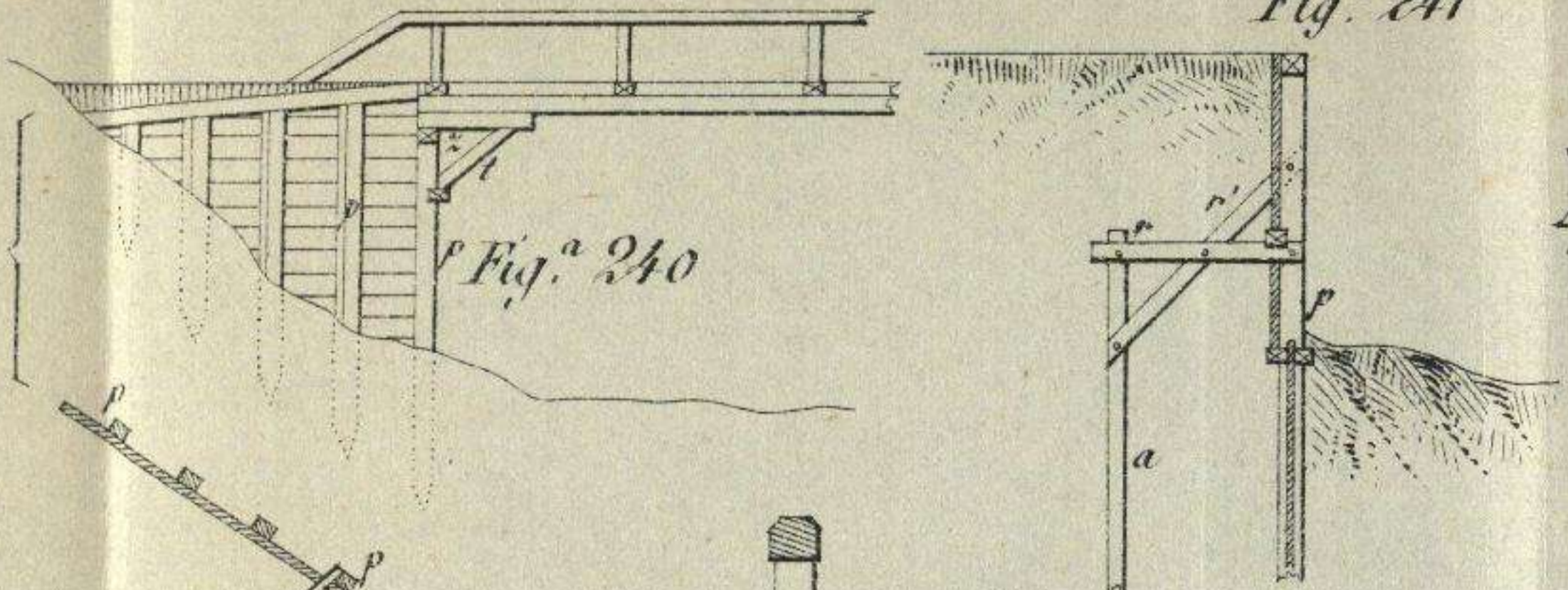


Fig.^a 240

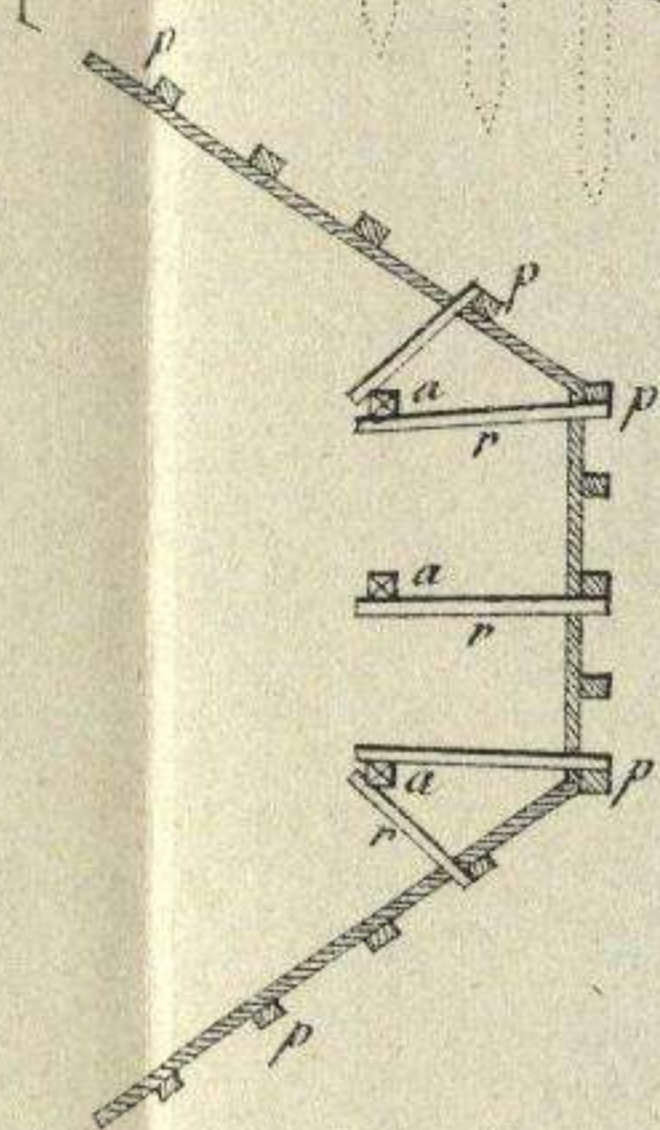


Fig.^a 246

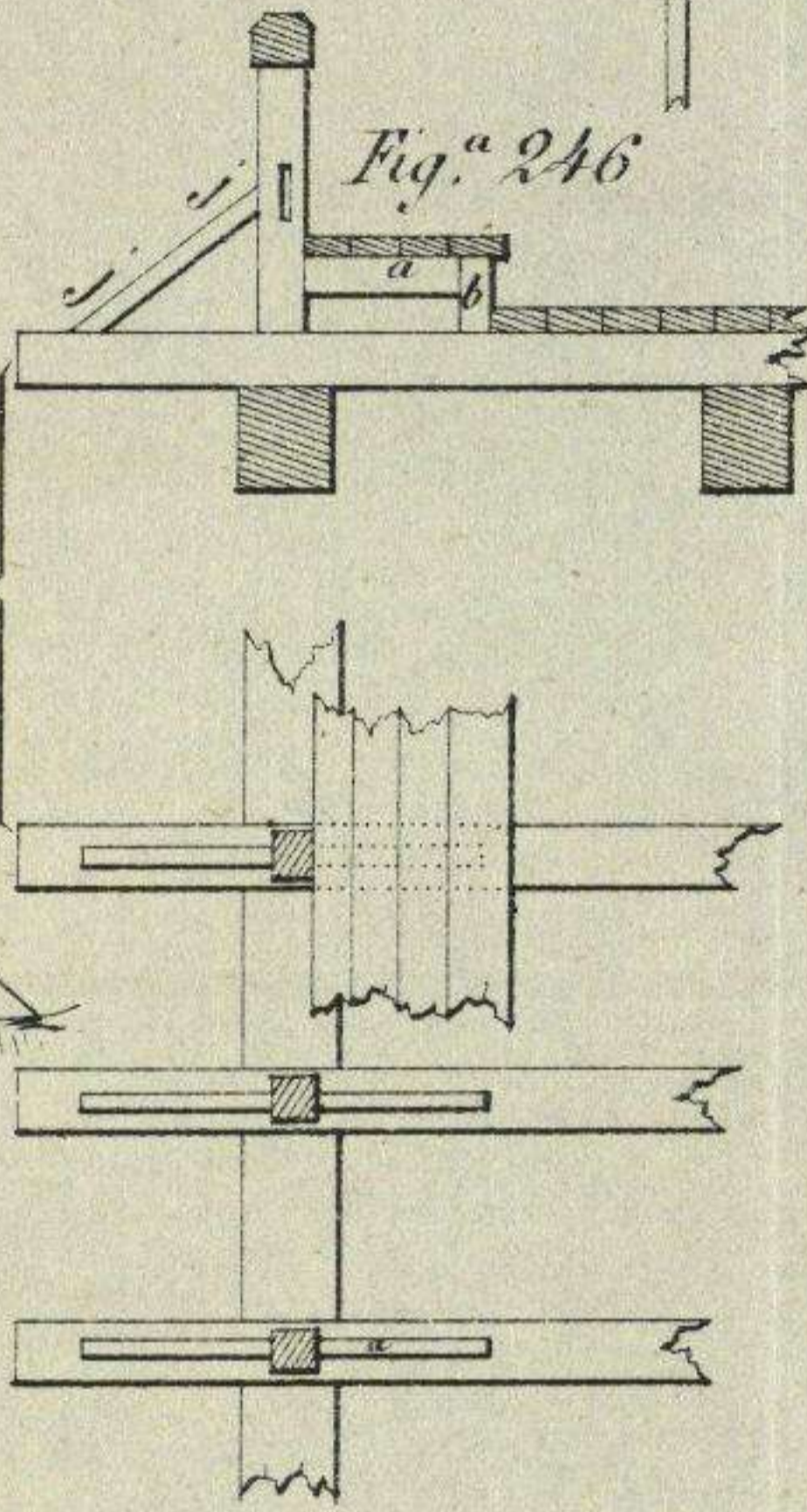


Fig.^a 257

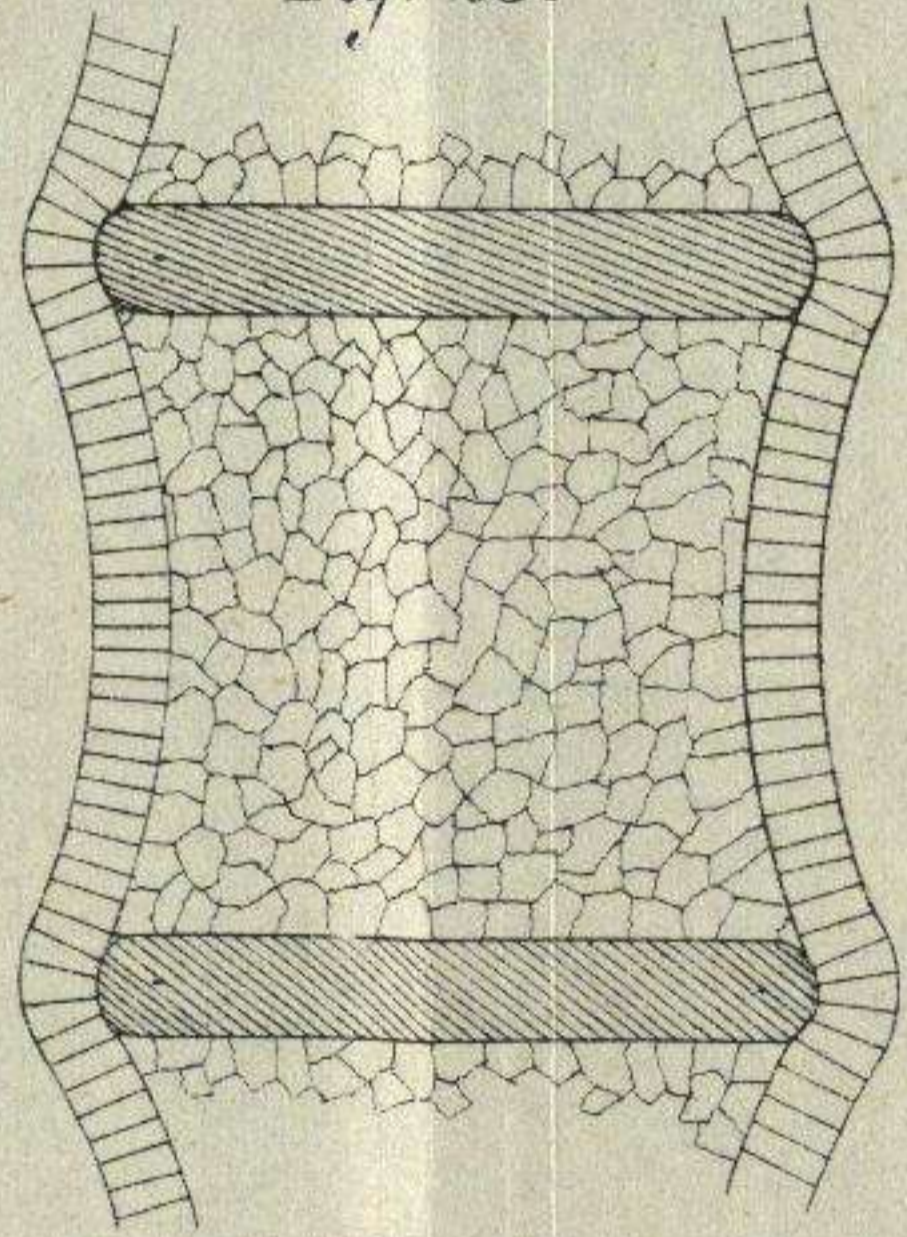


Fig.^a 242

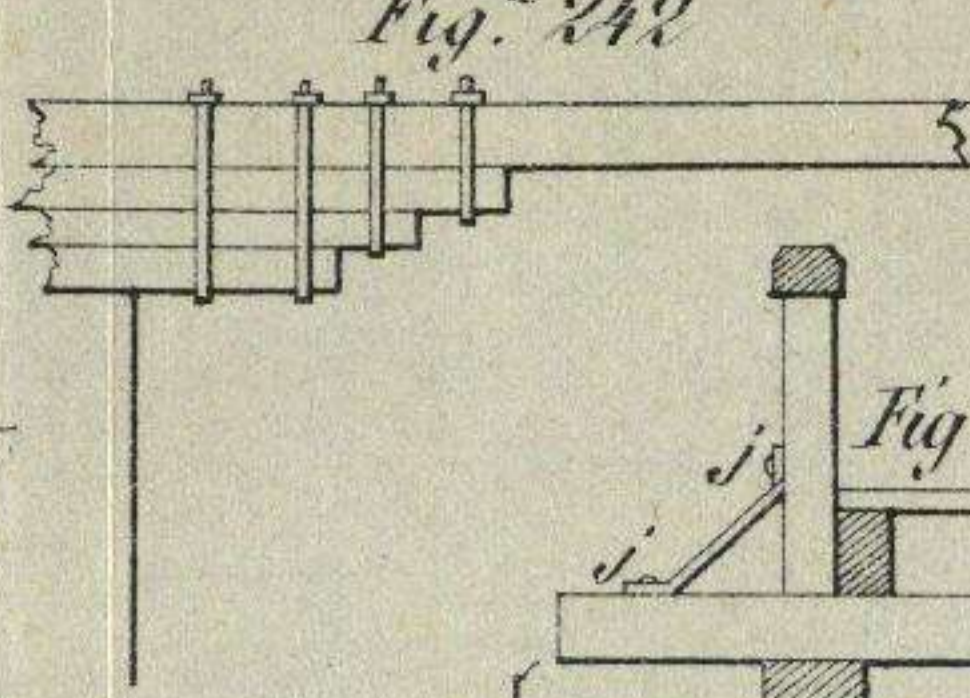


Fig.^a 247

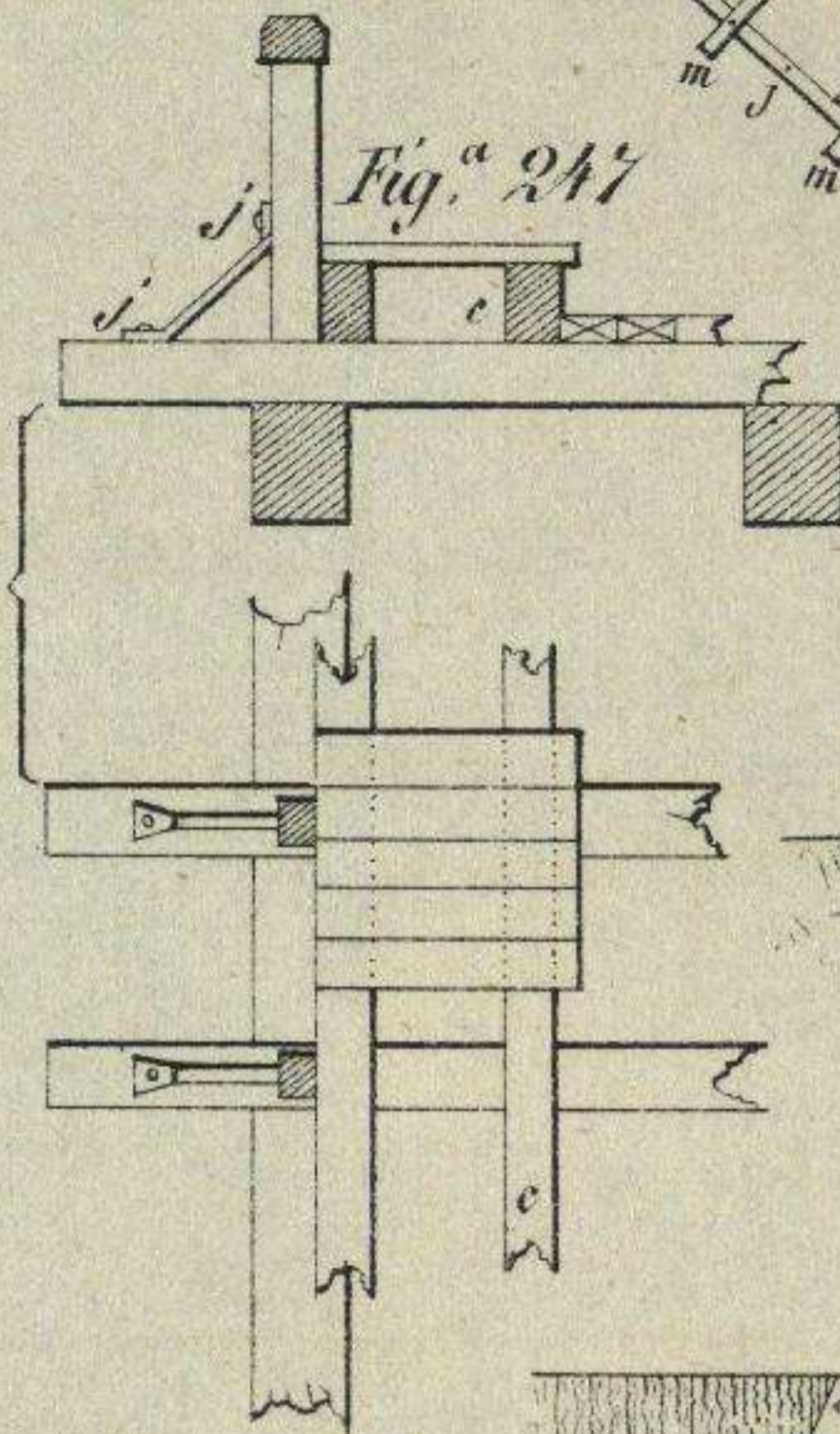


Fig.^a 243

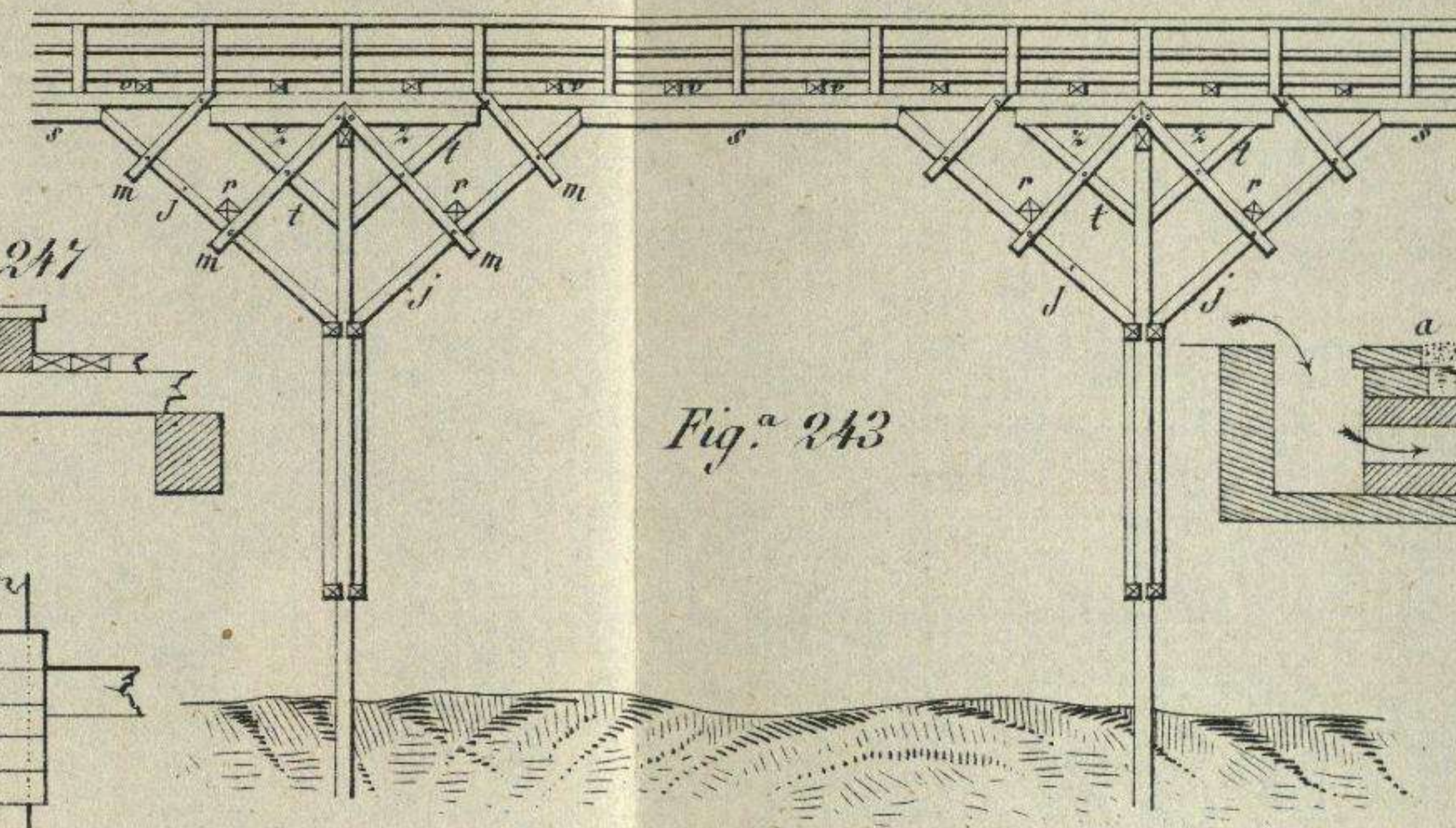


Fig.^a 252

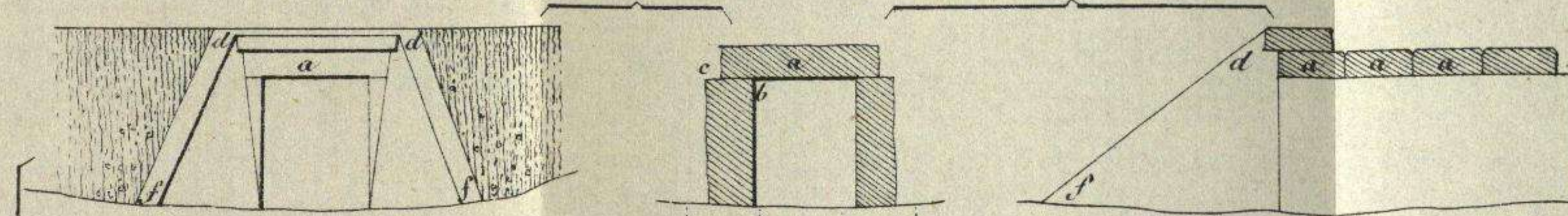


Fig.^a 254

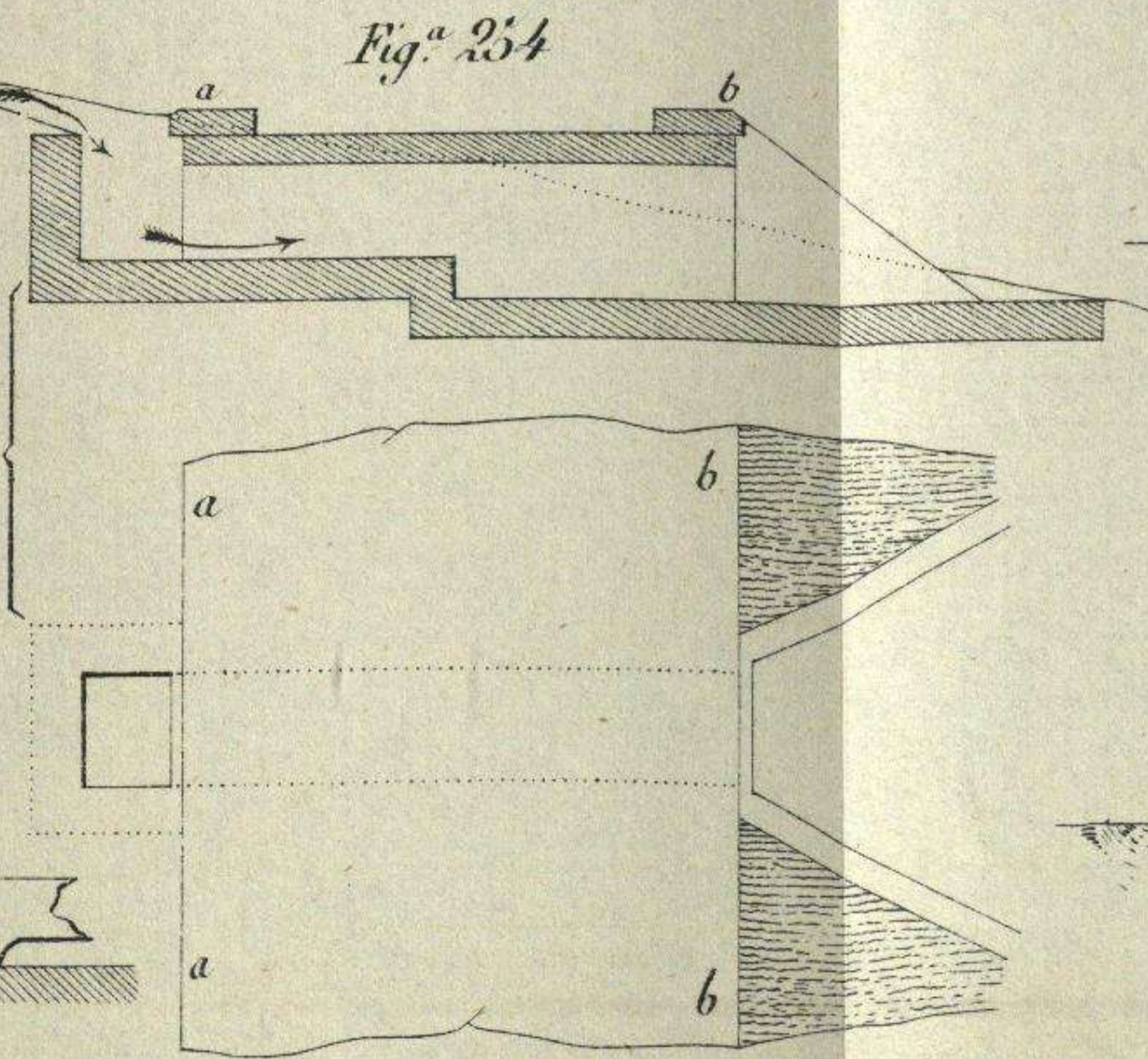


Fig.^a 249

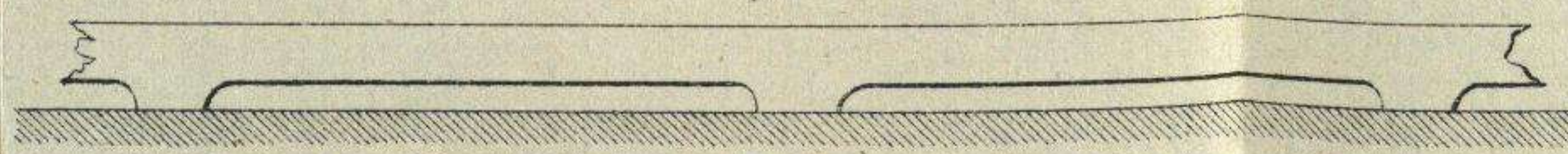


Fig.^a 244



Fig.^a 255

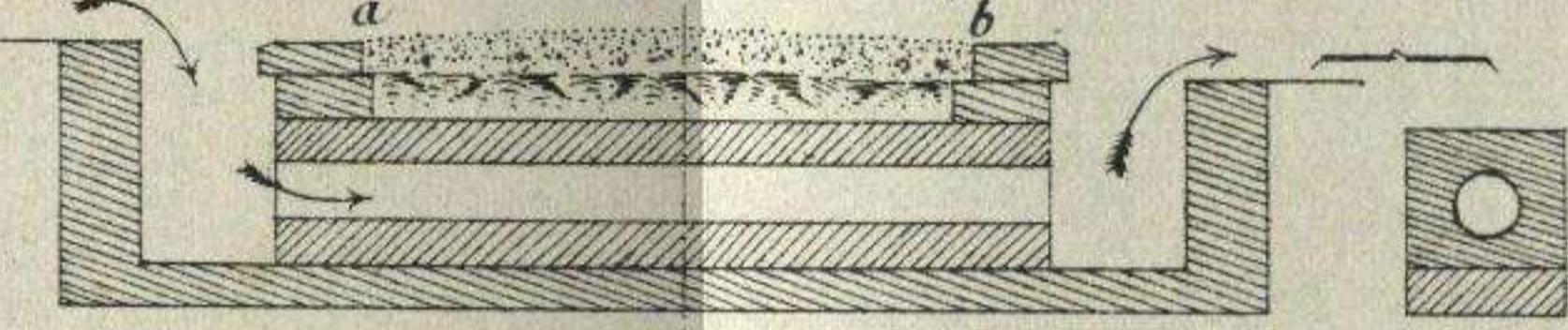


Fig.^a 248

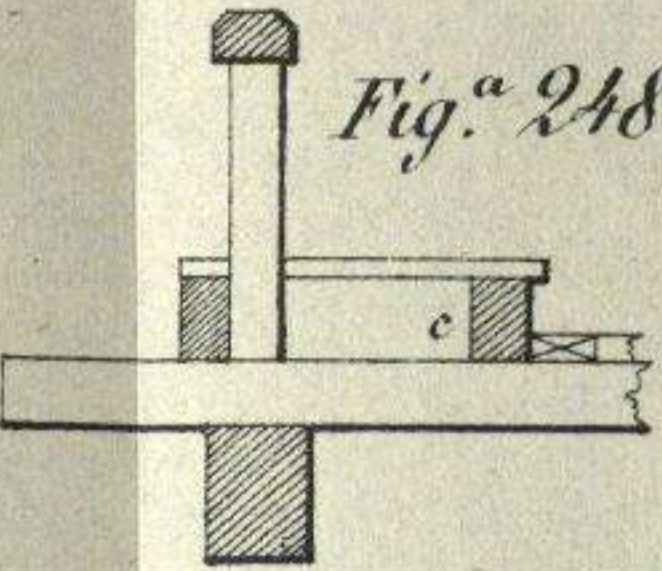


Fig.^a 245

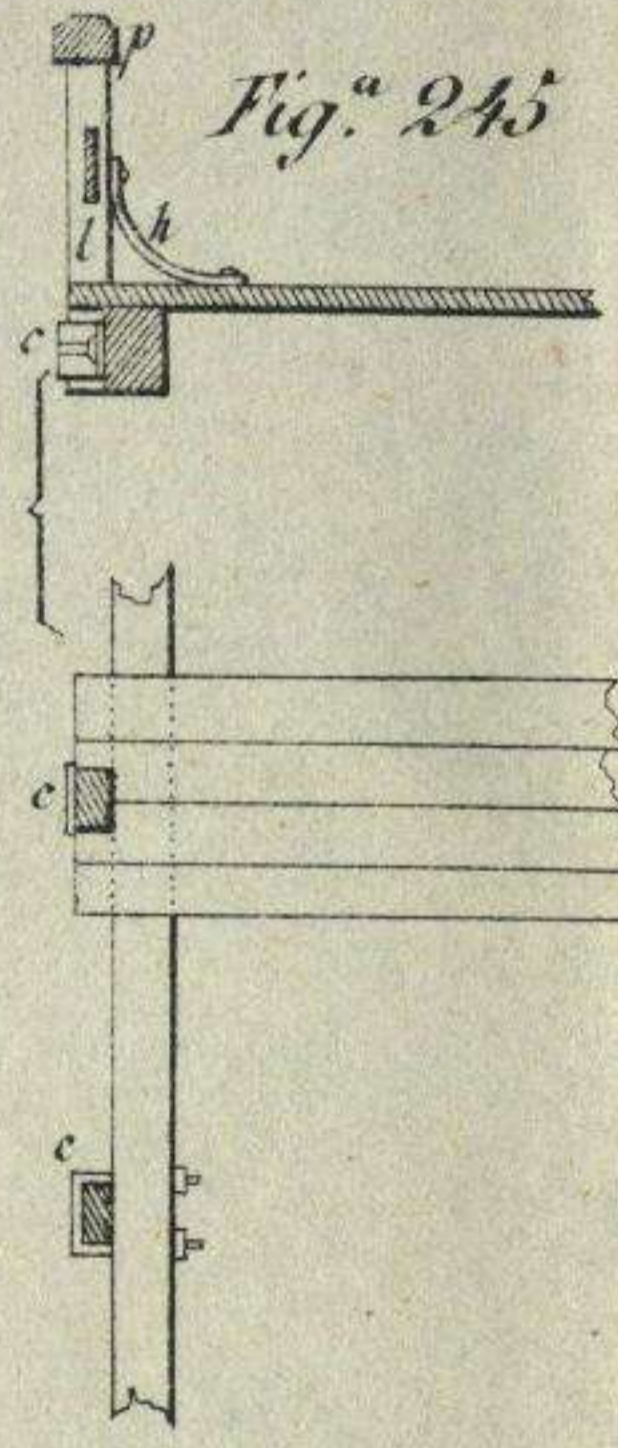
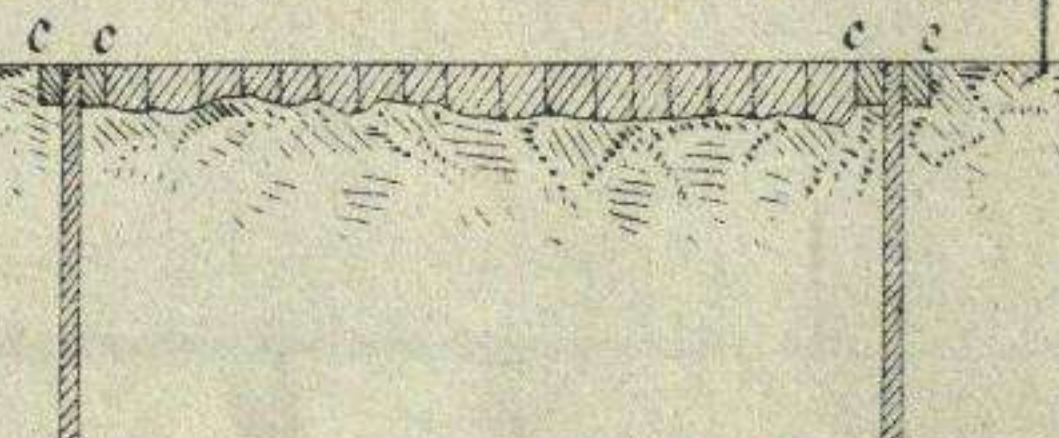
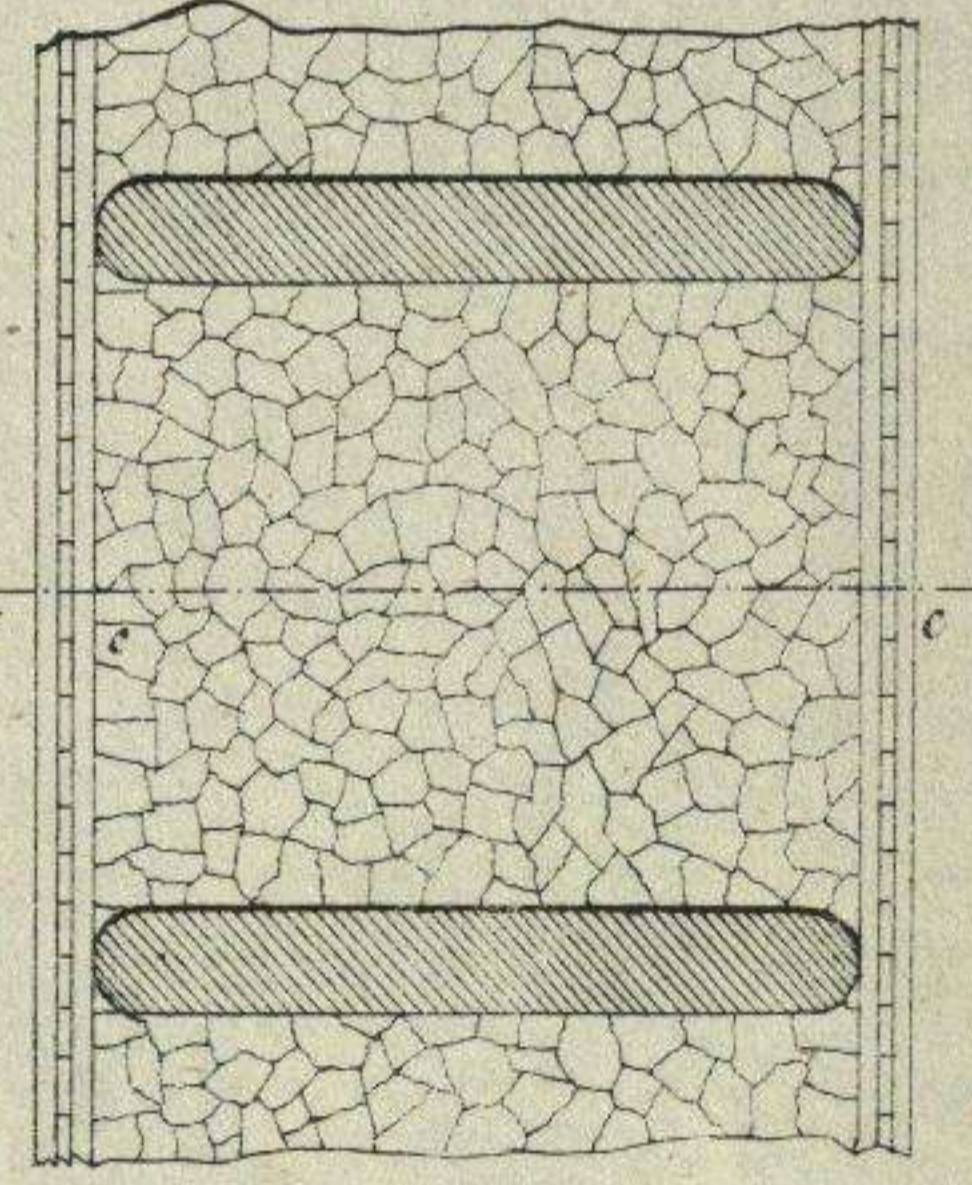


Fig.^a 256



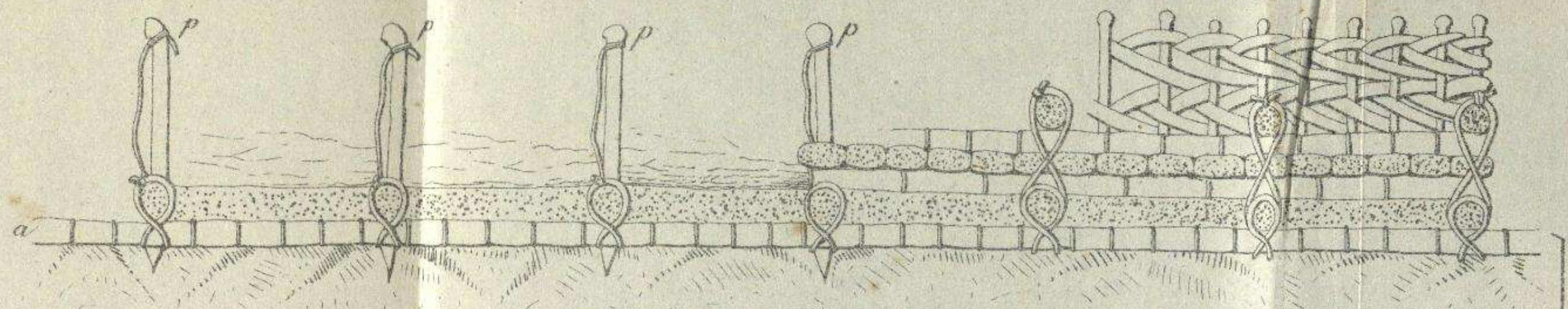


Fig.^a 260

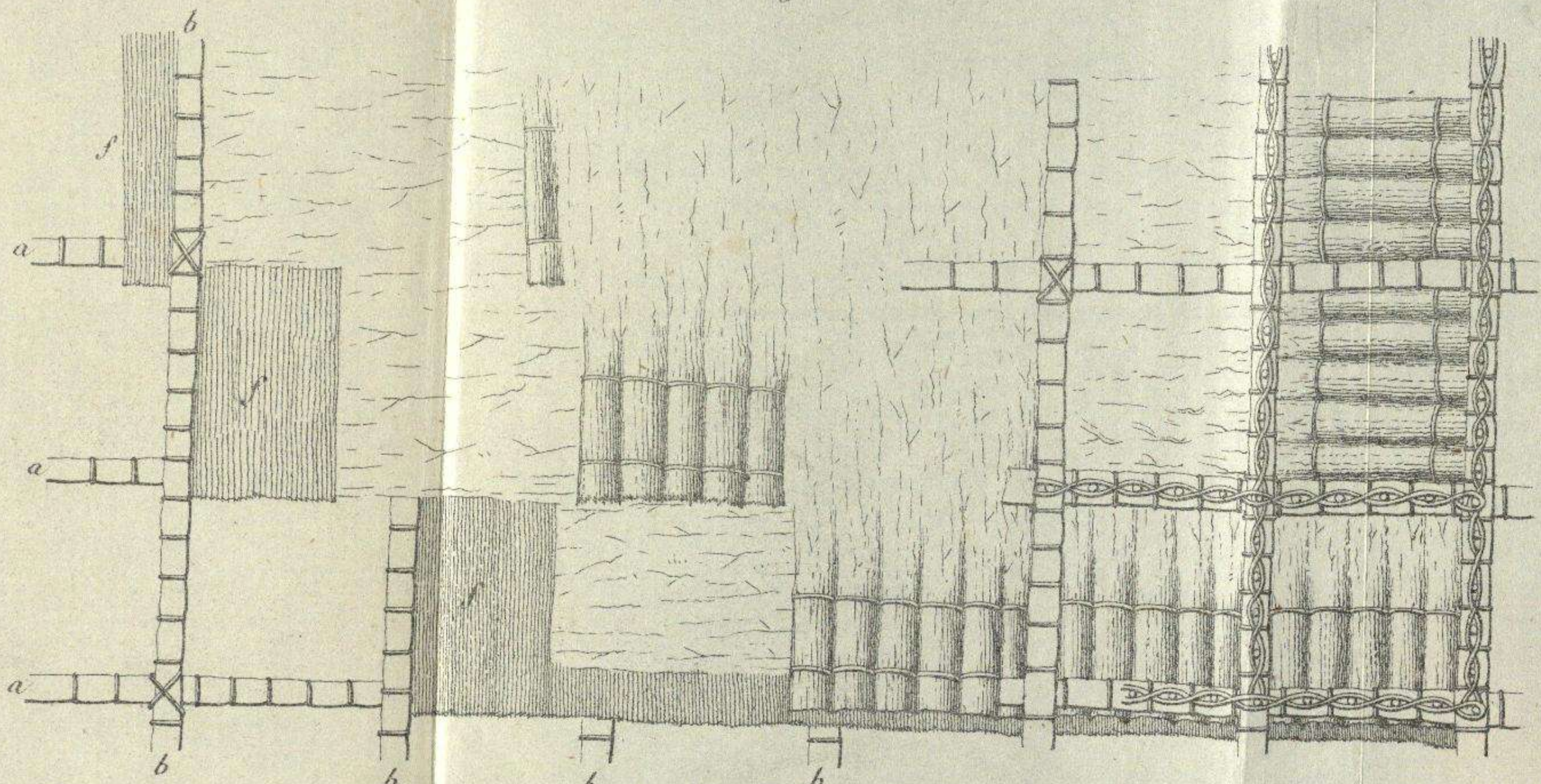


Fig.^a 261

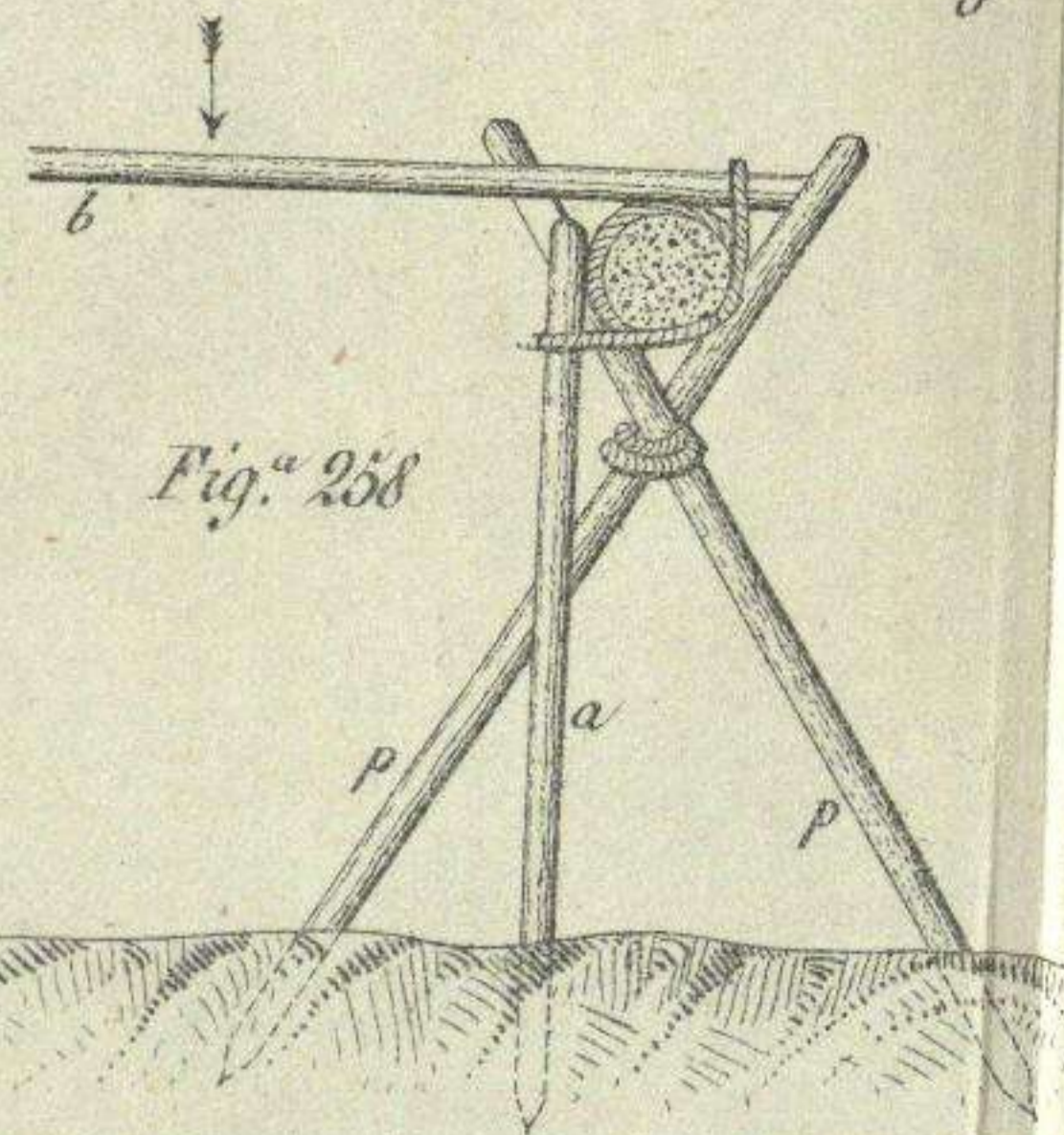


Fig.^a 262

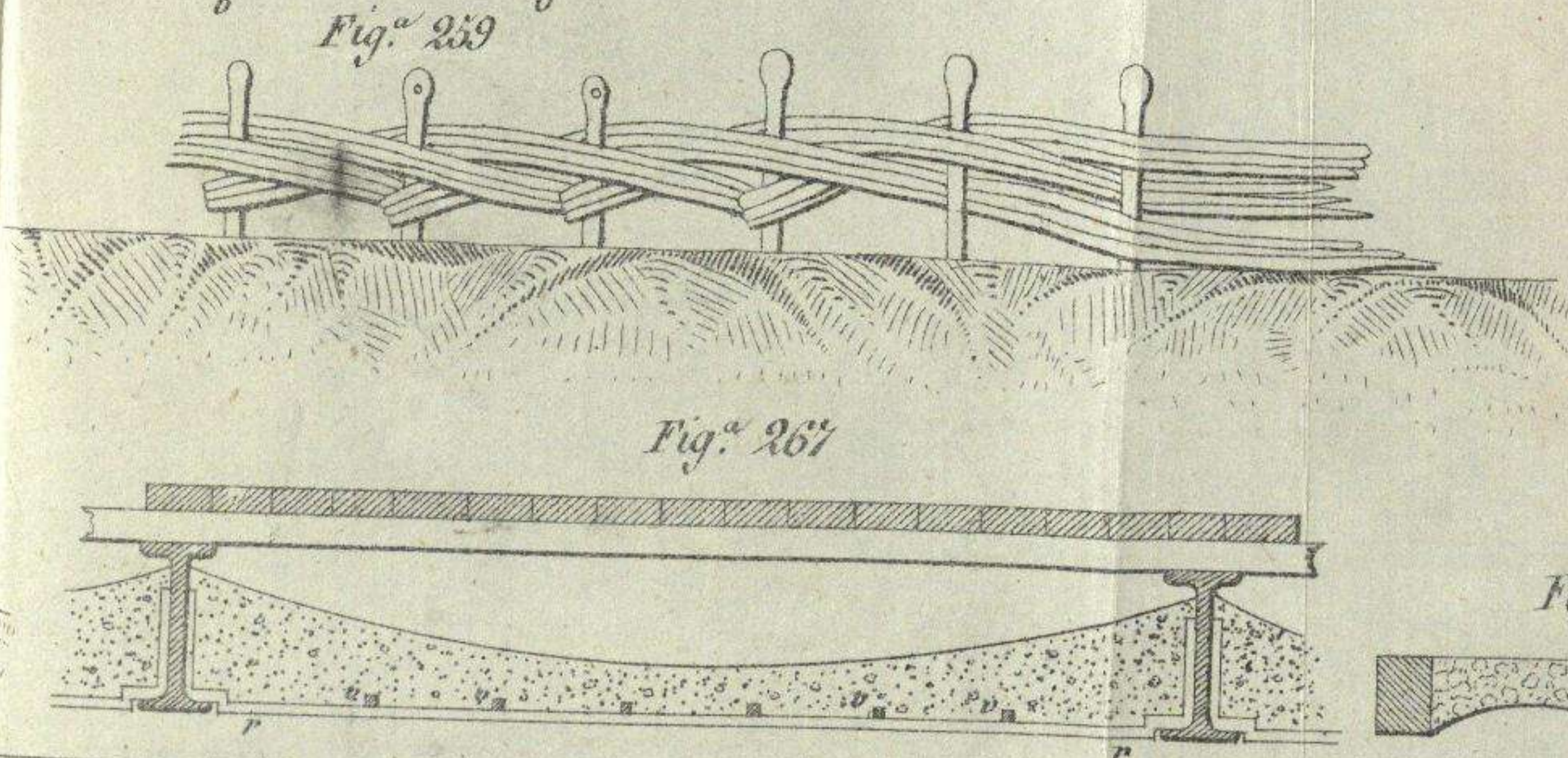


Fig.^a 263



Fig.^a 264

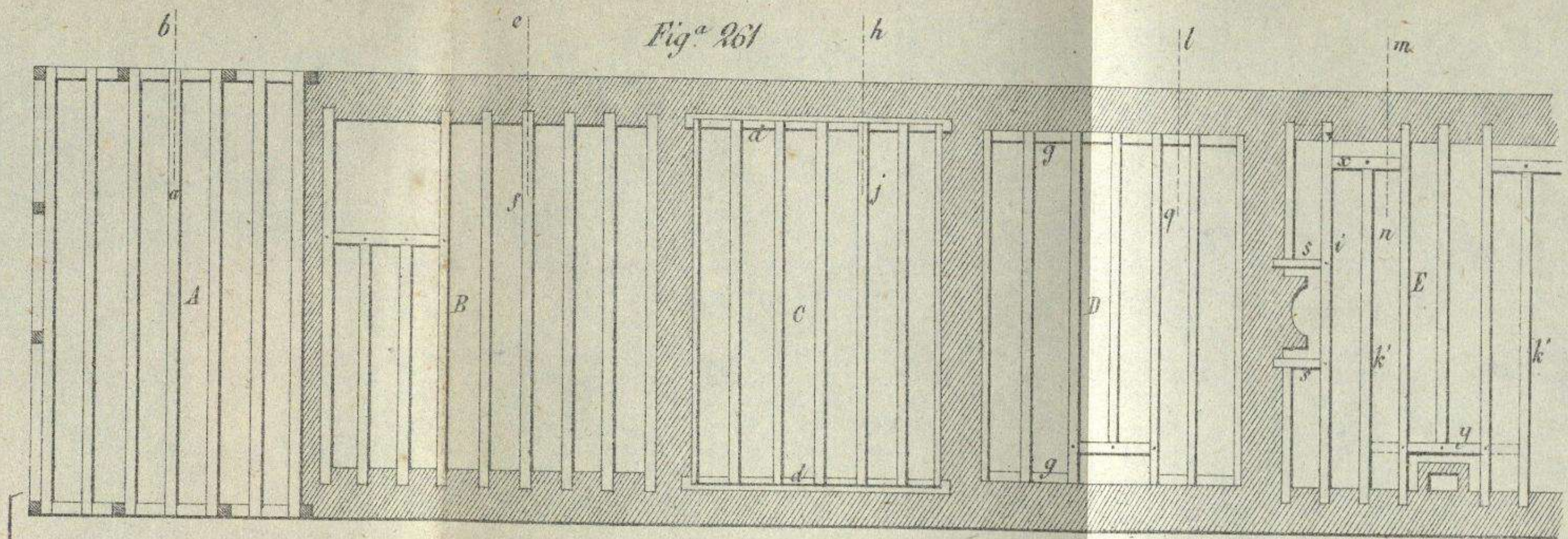


Fig.^a 265

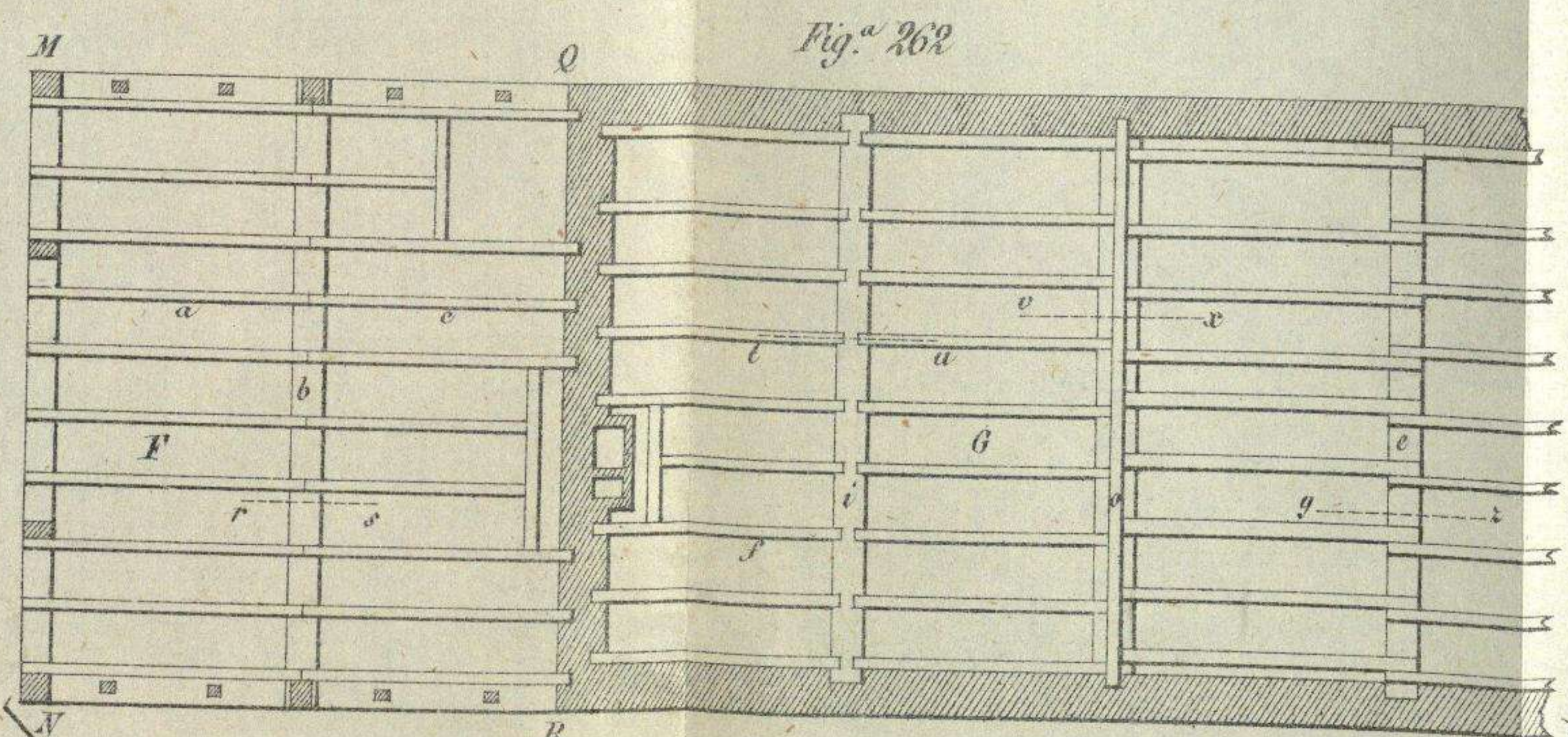
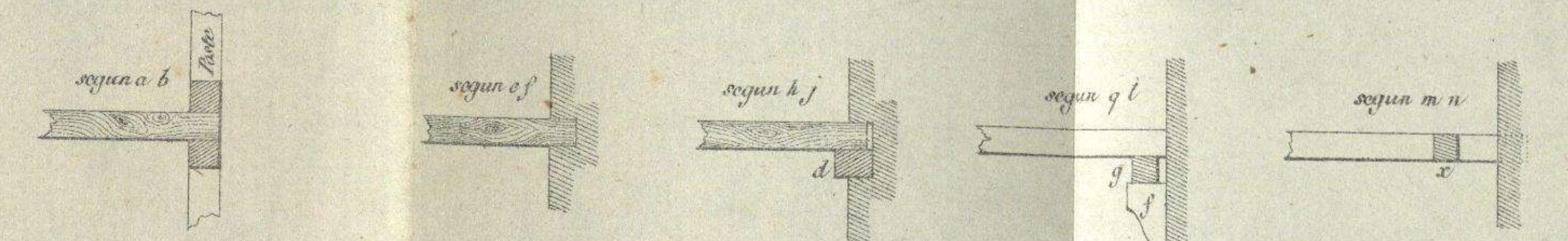


Fig.^a 267

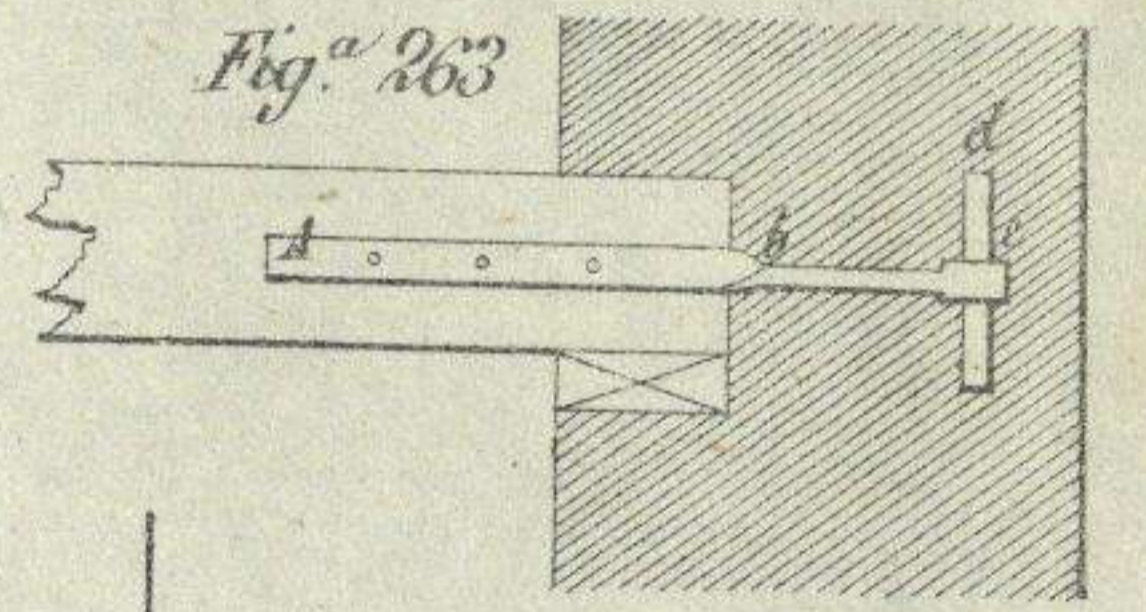
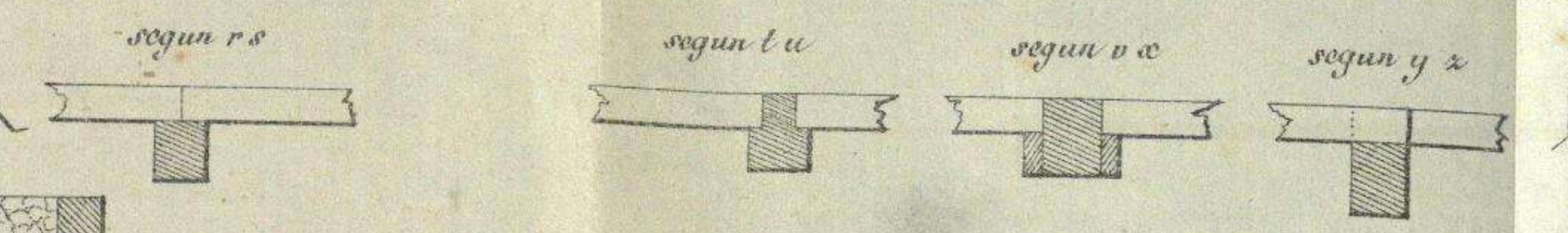


Fig.^a 269

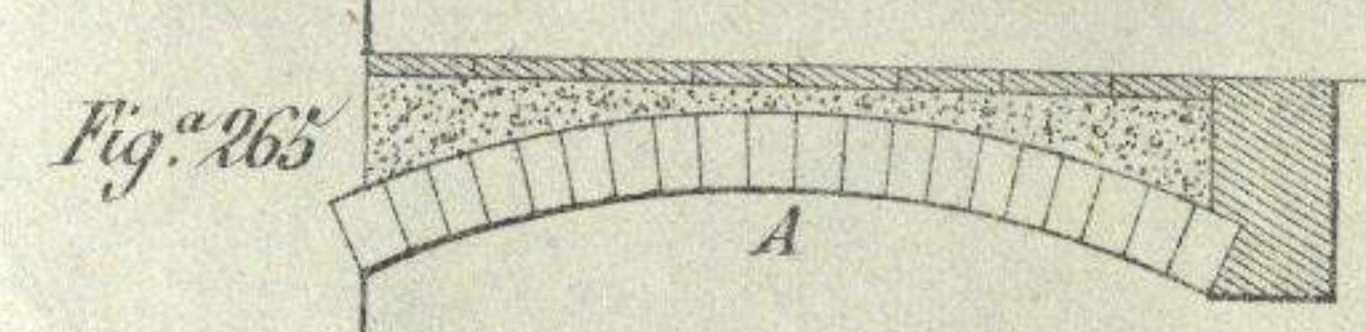


Fig.^a 270

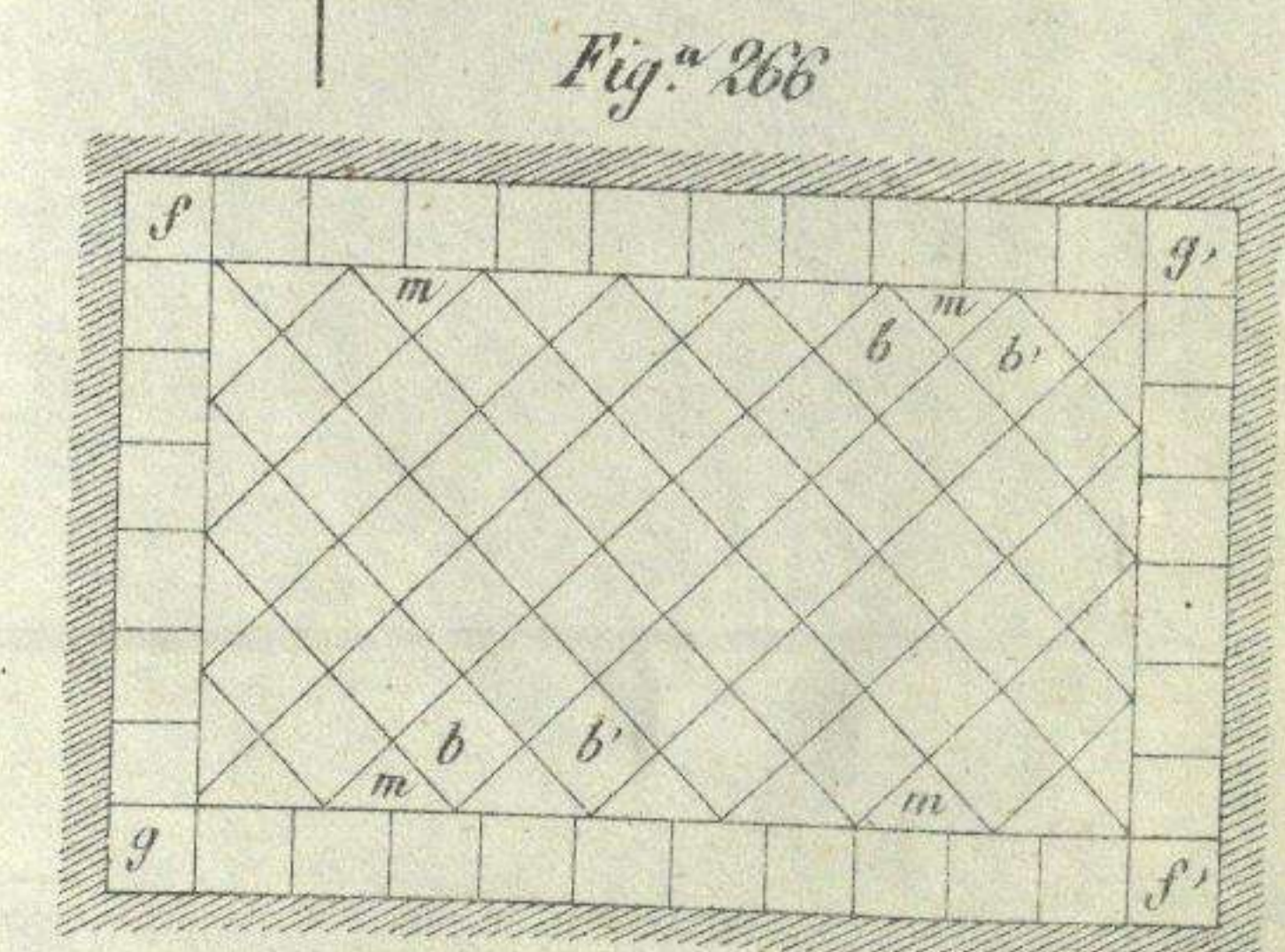
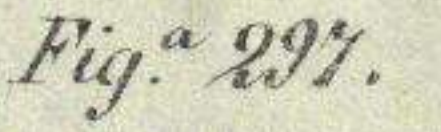
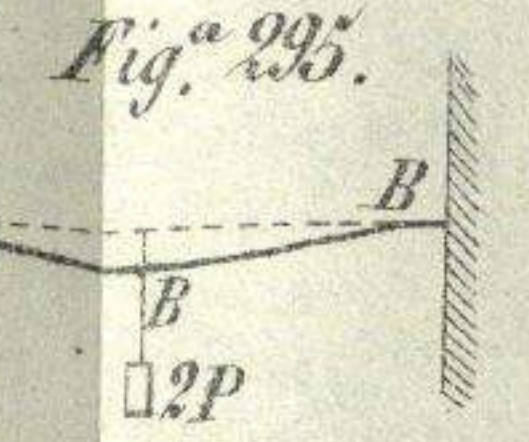
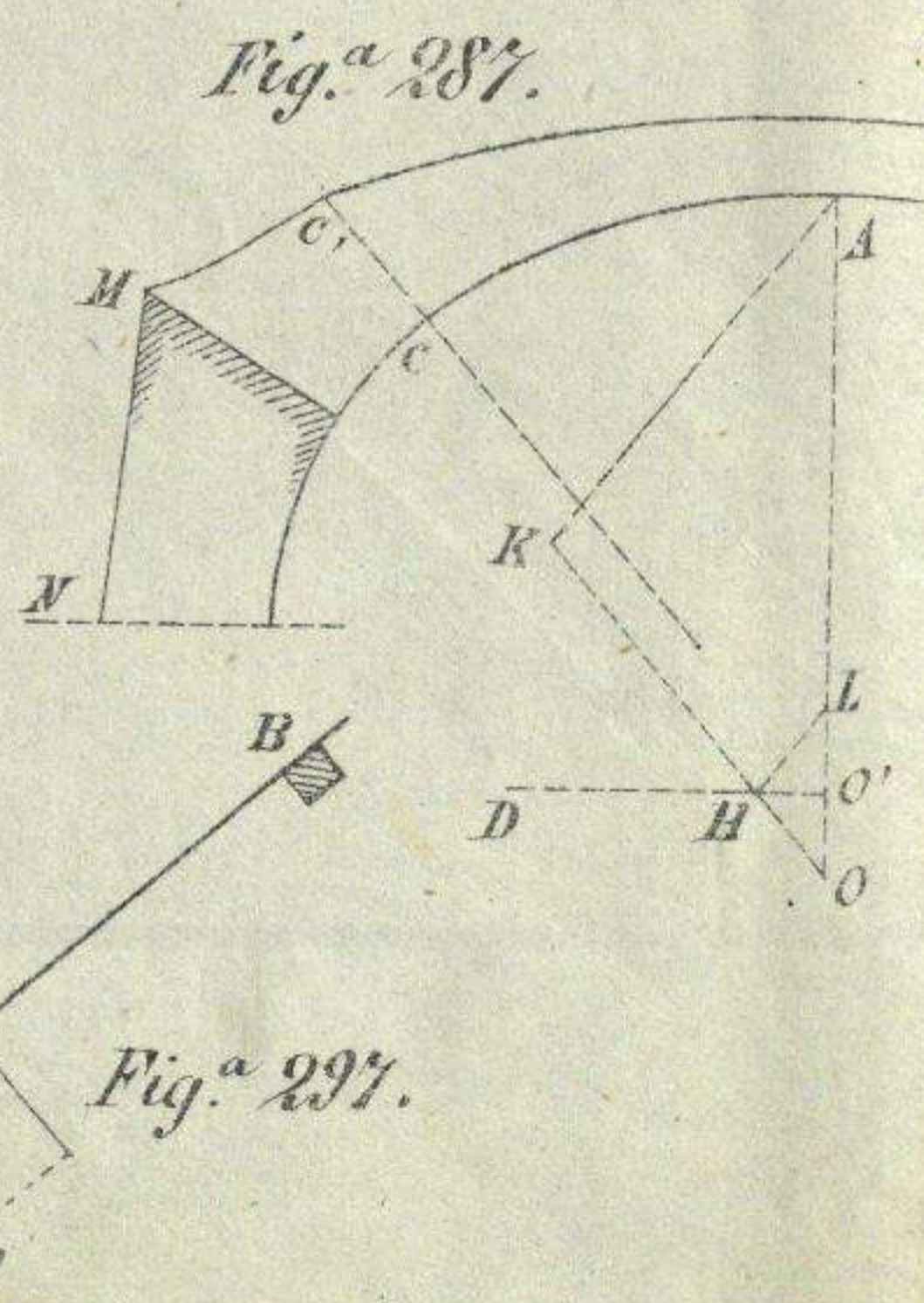
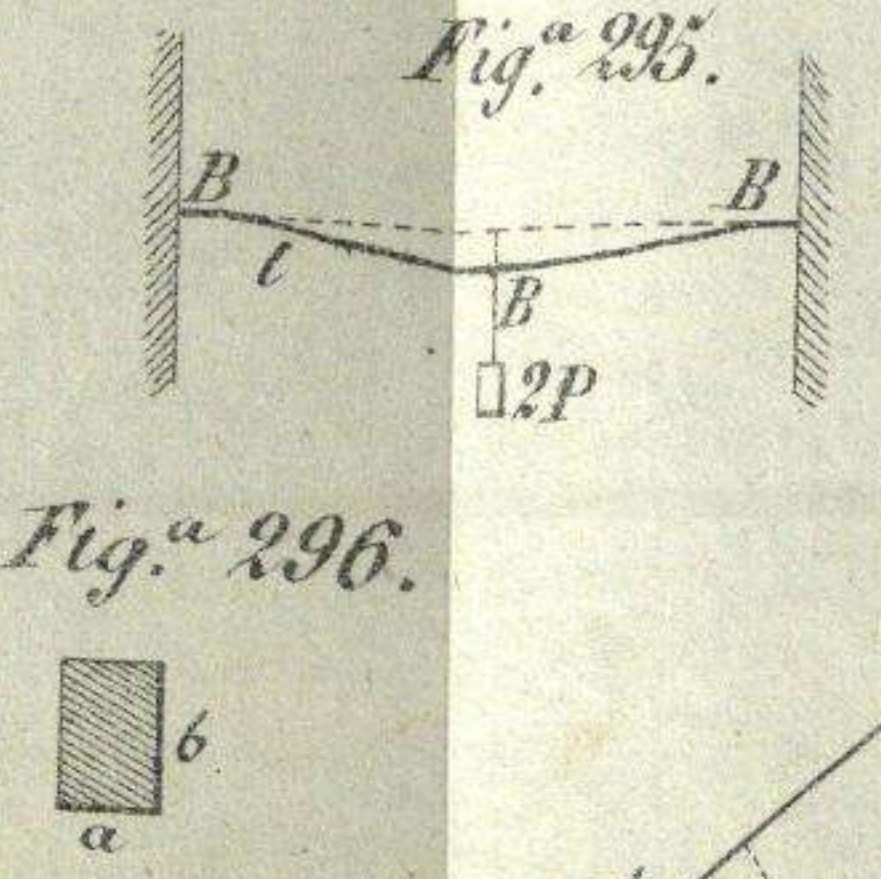
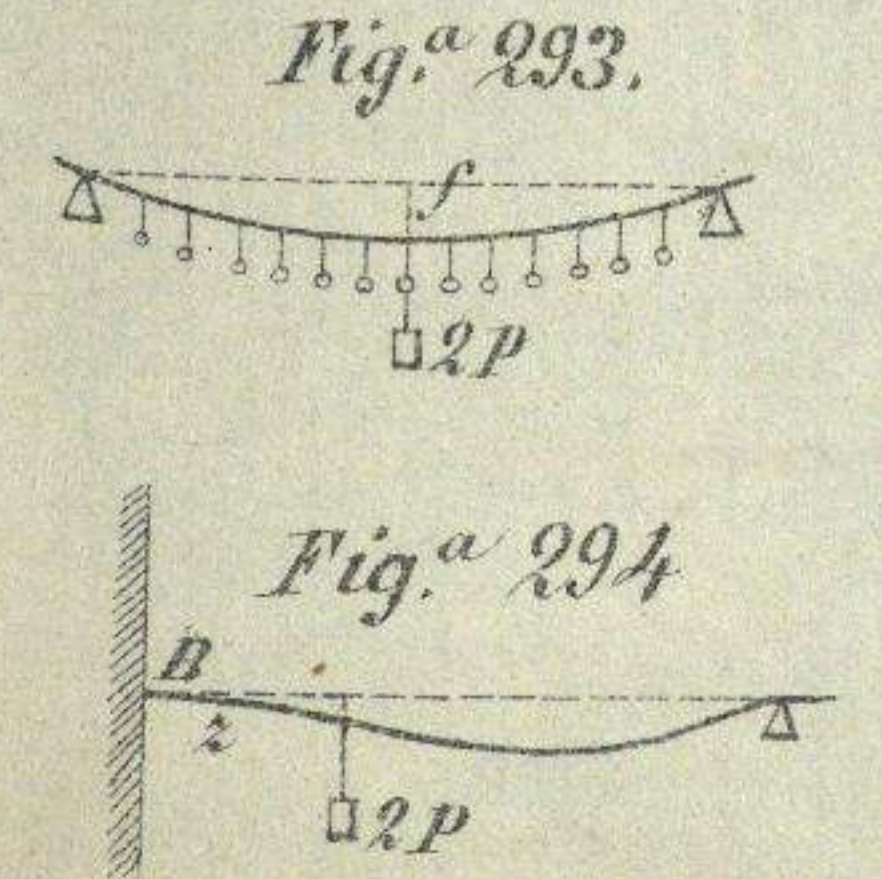
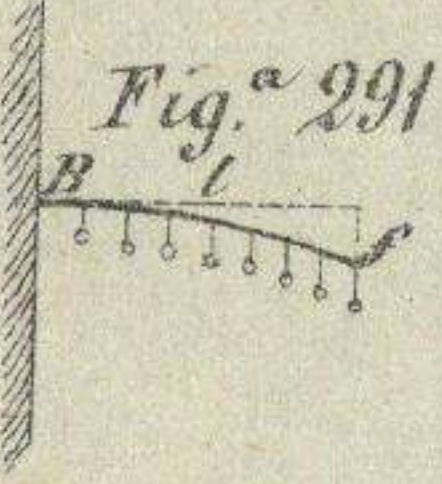
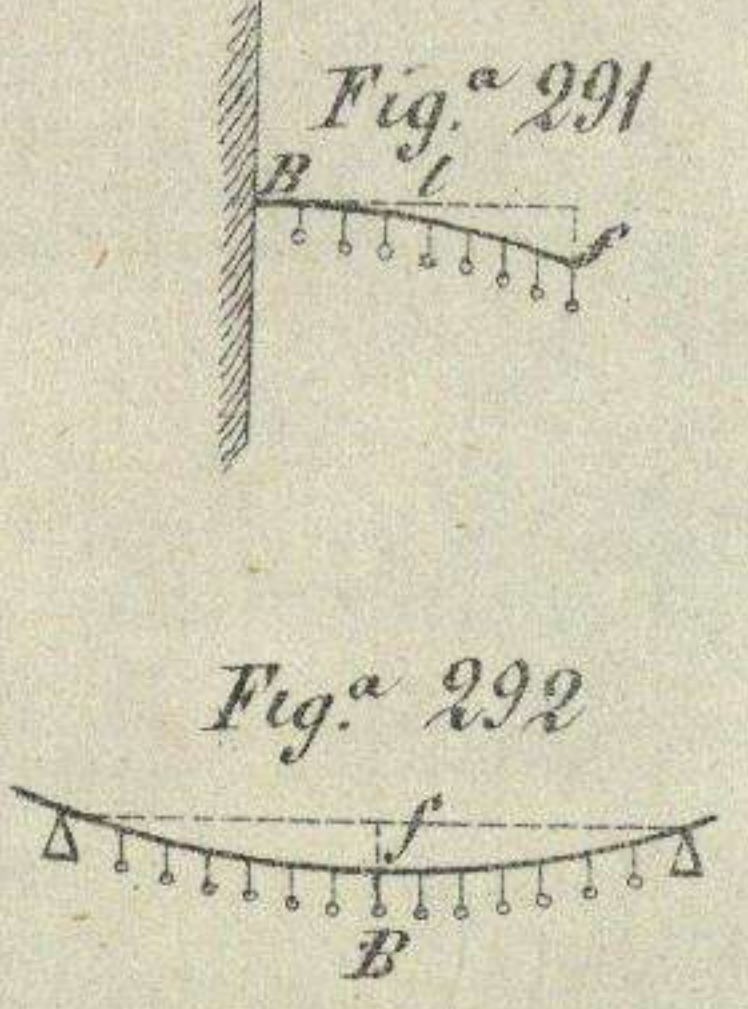
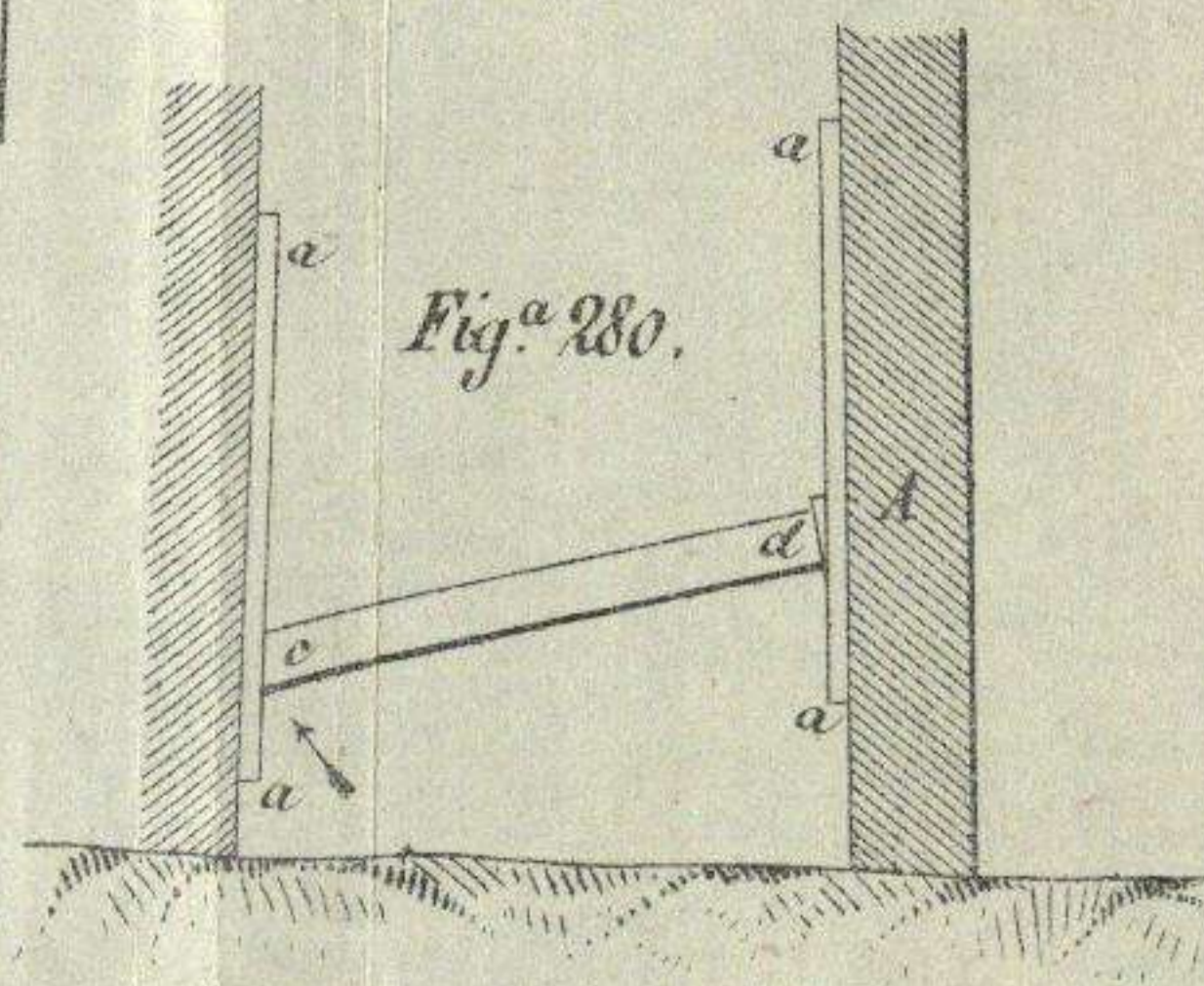
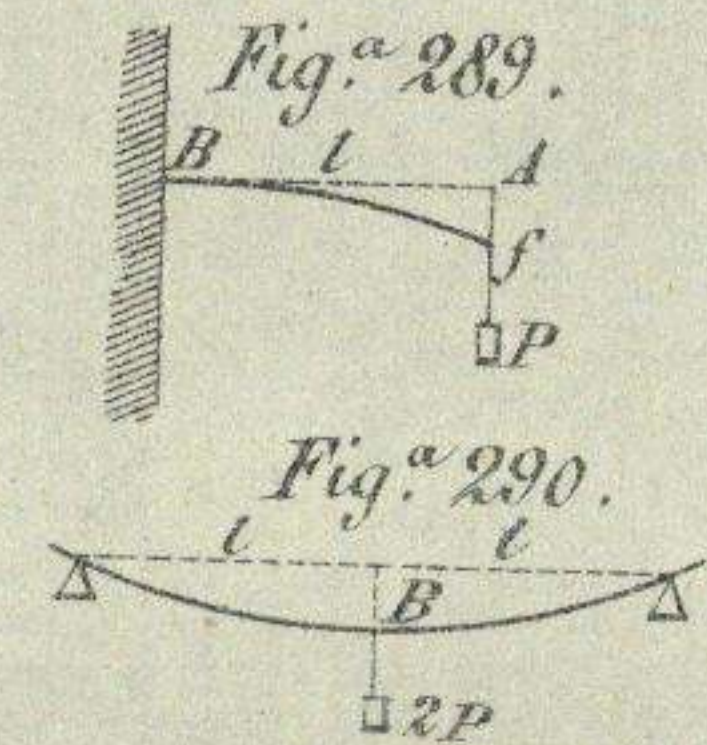
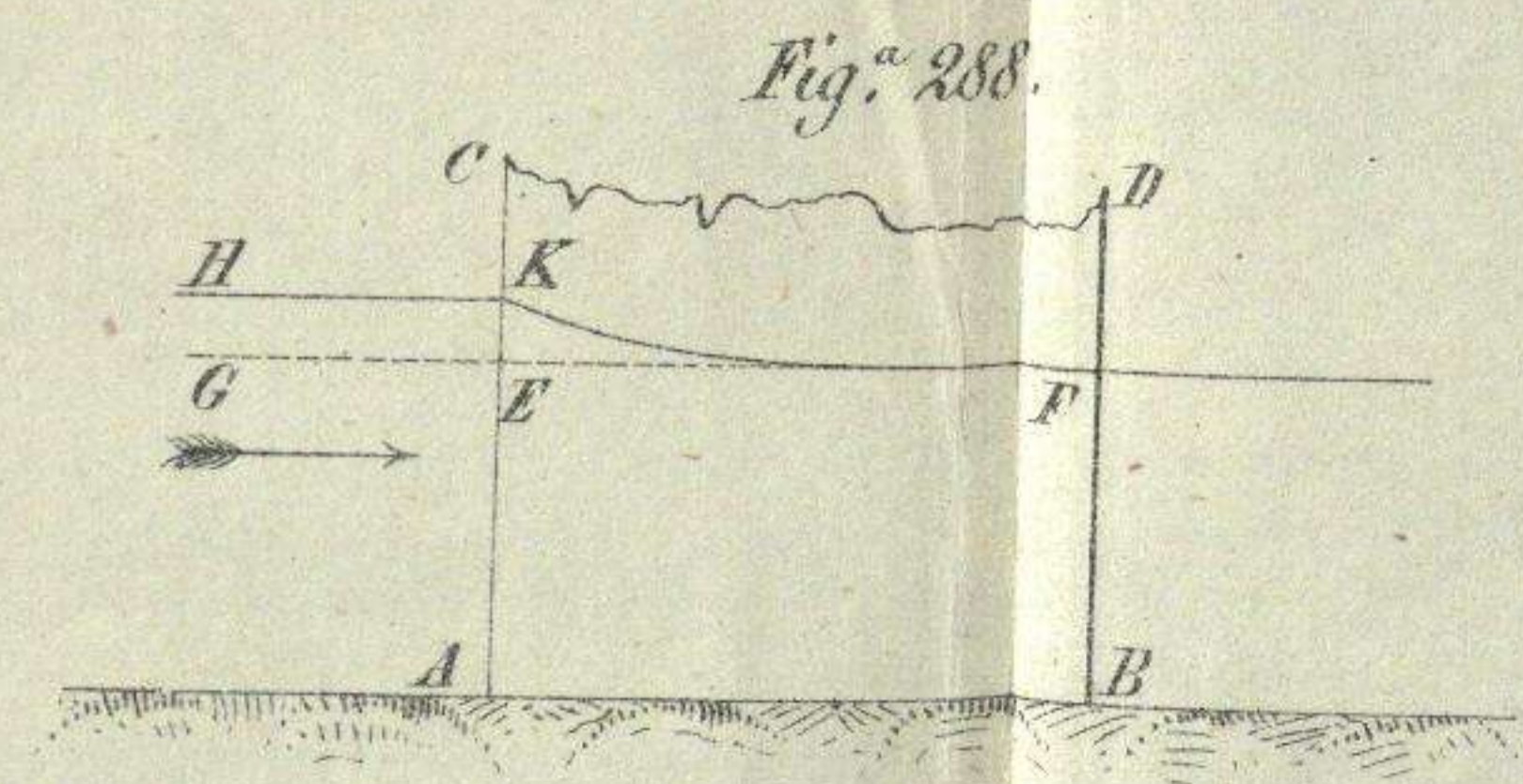
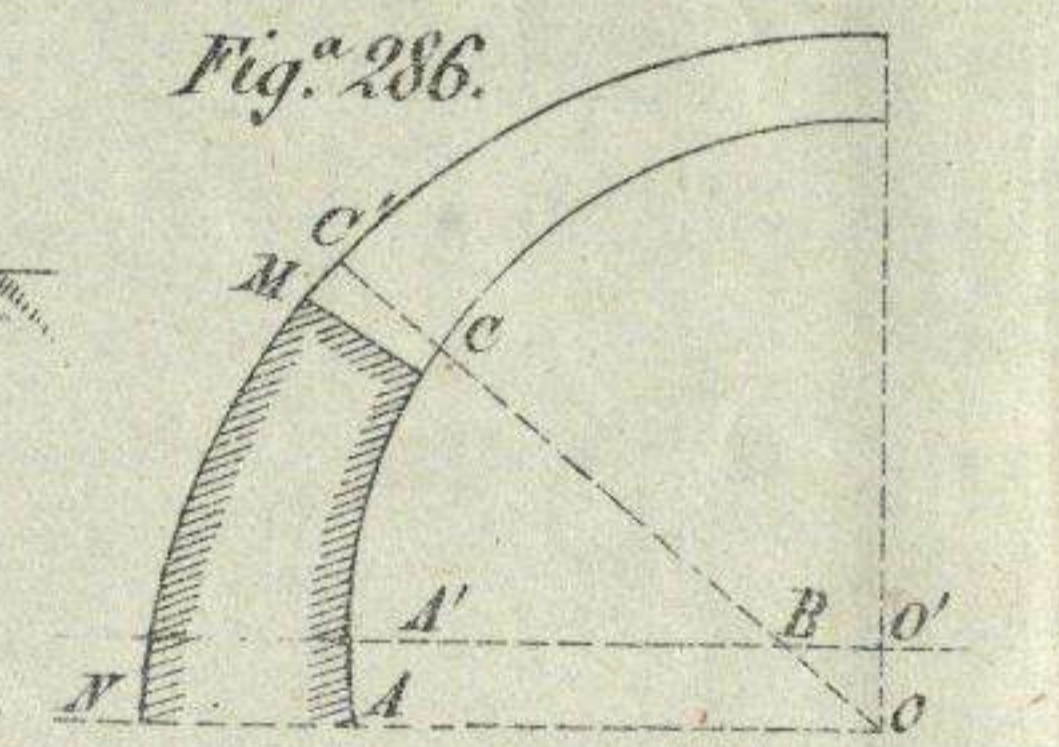
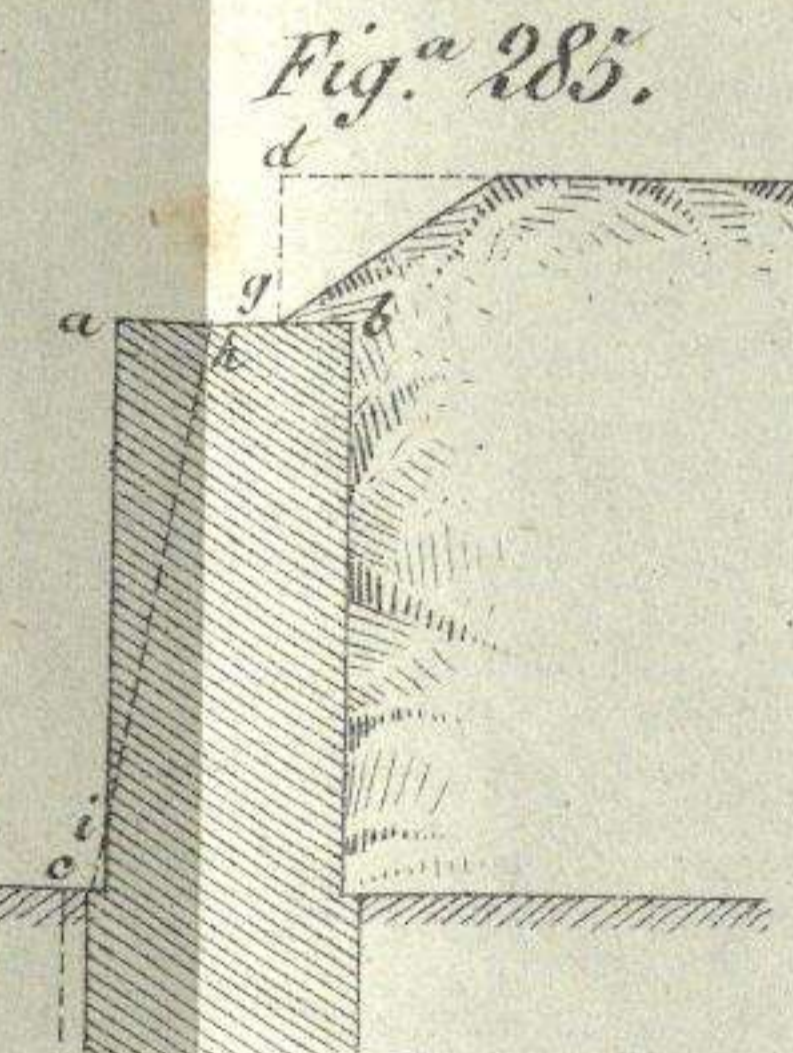
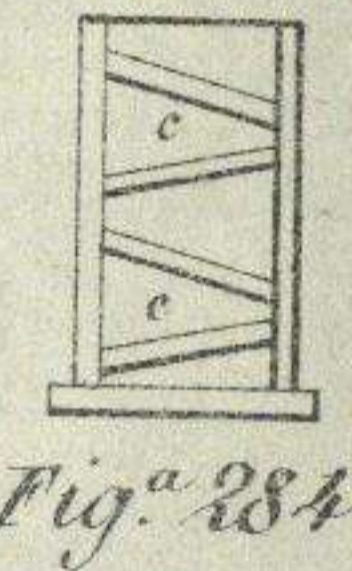
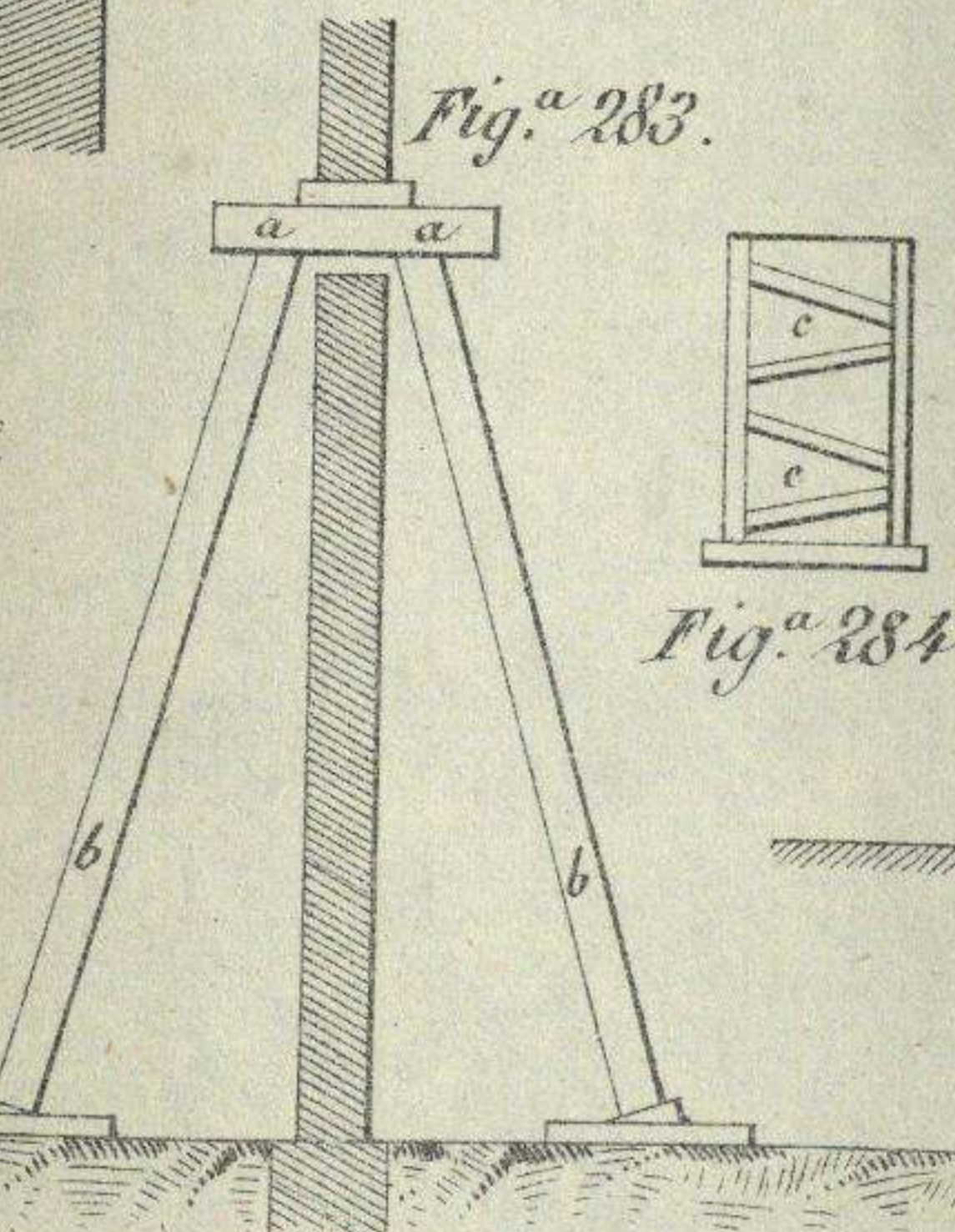
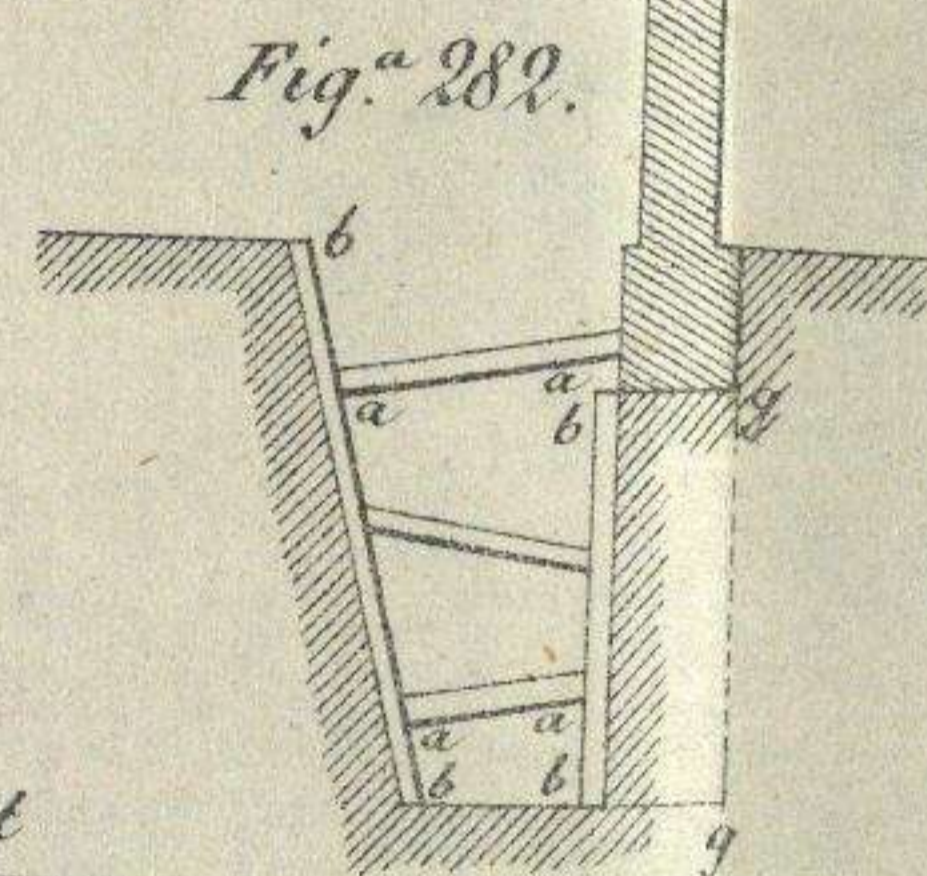
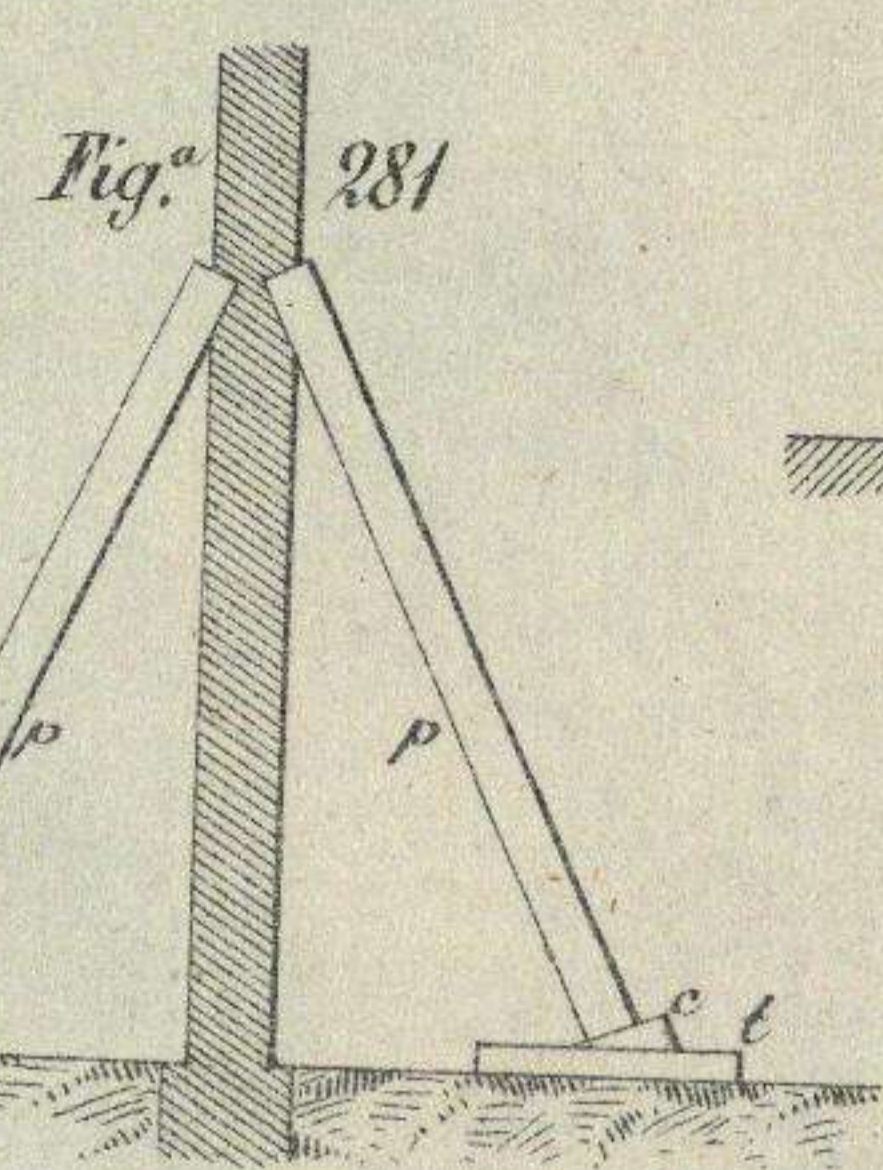
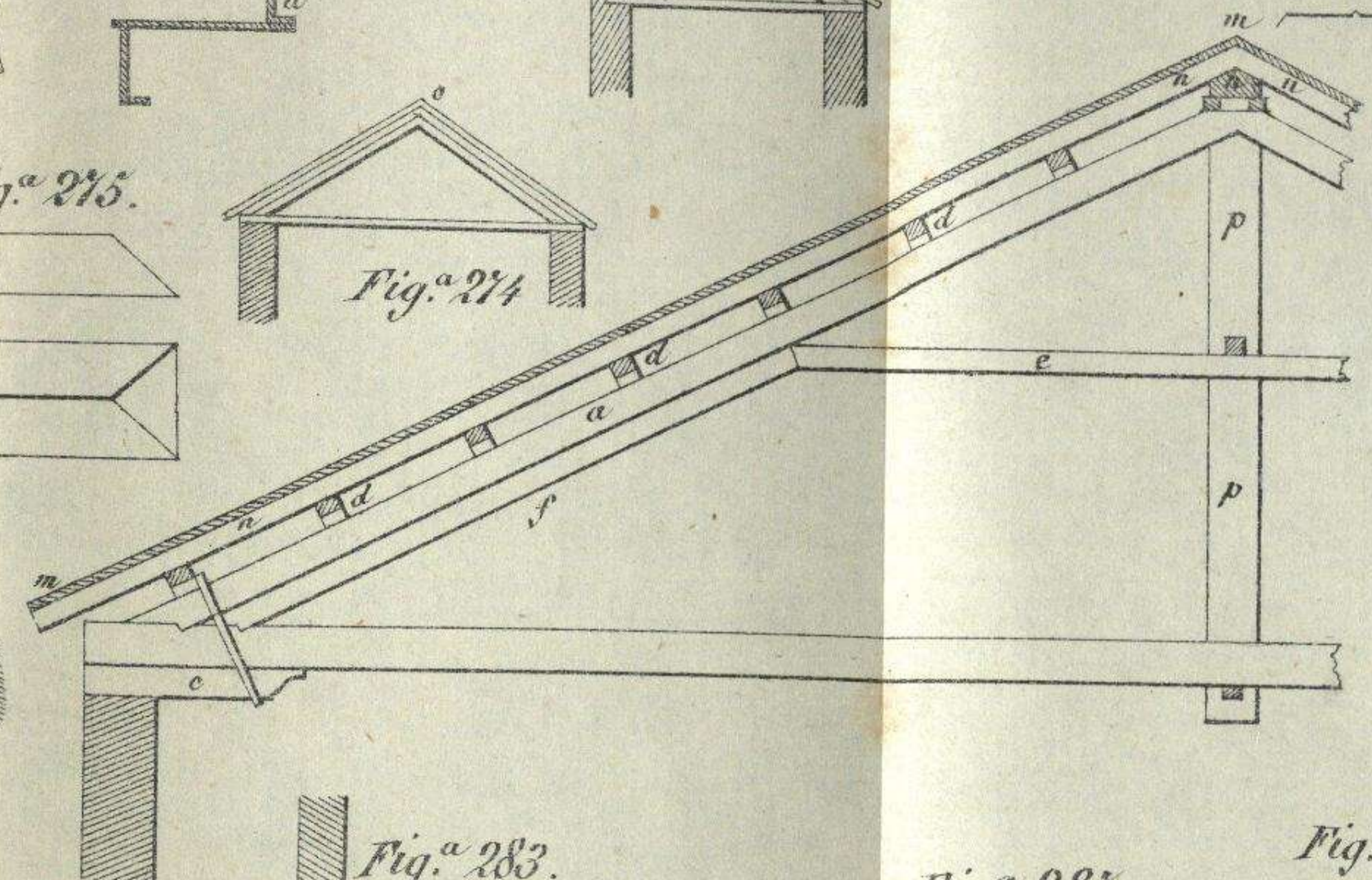
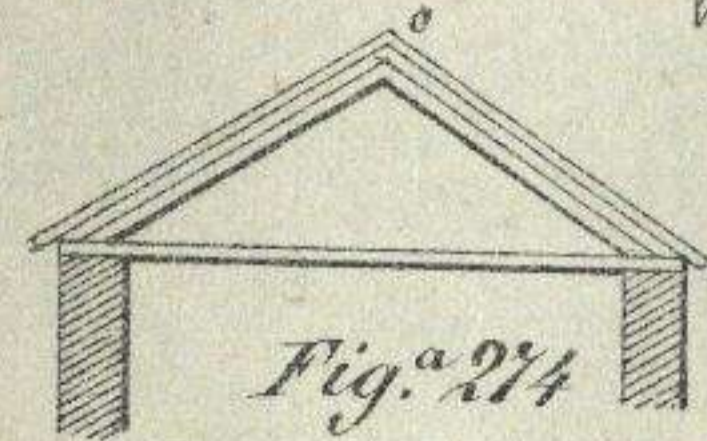
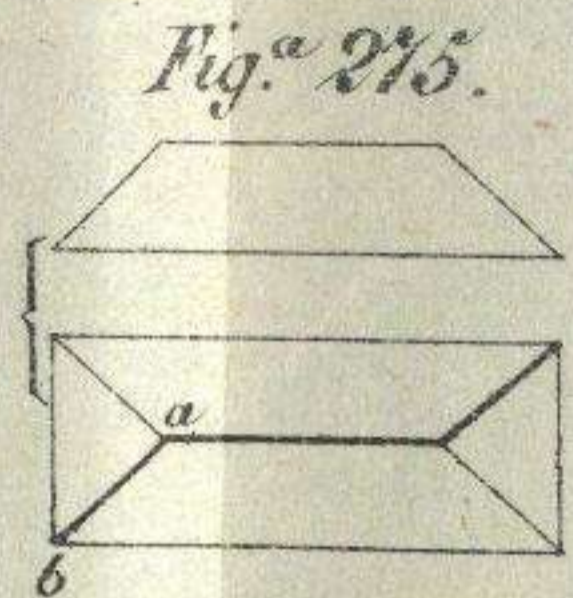
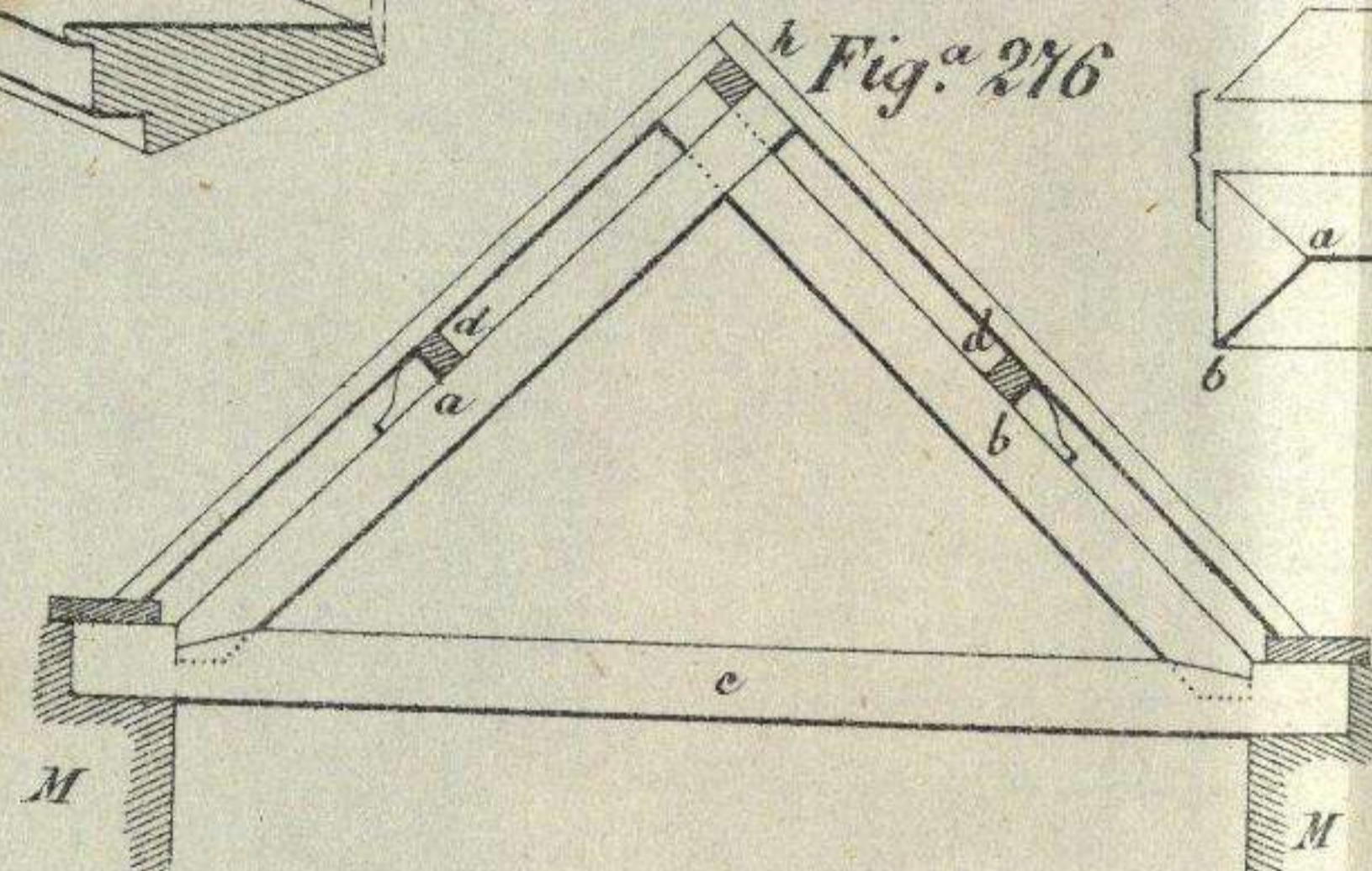
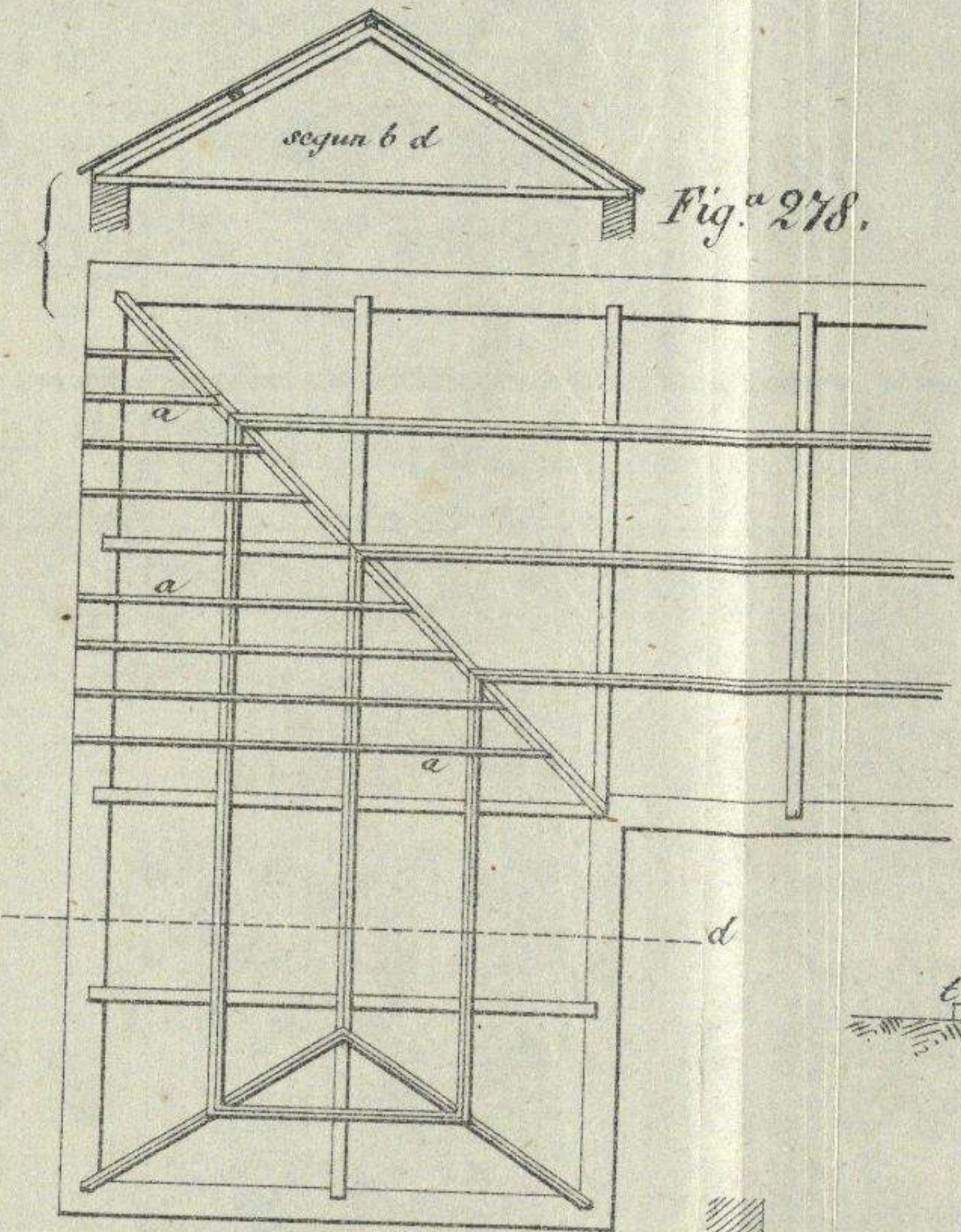
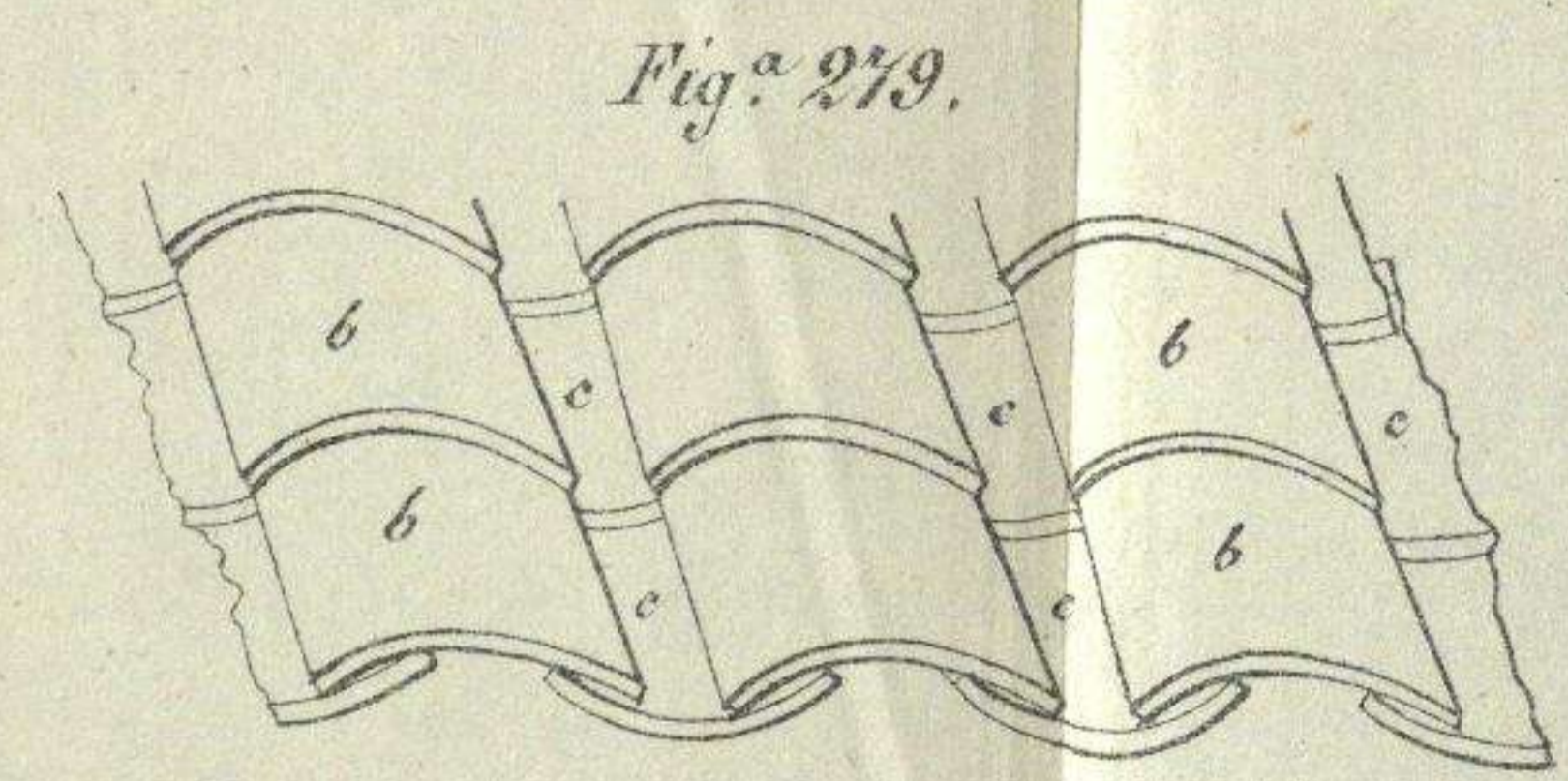
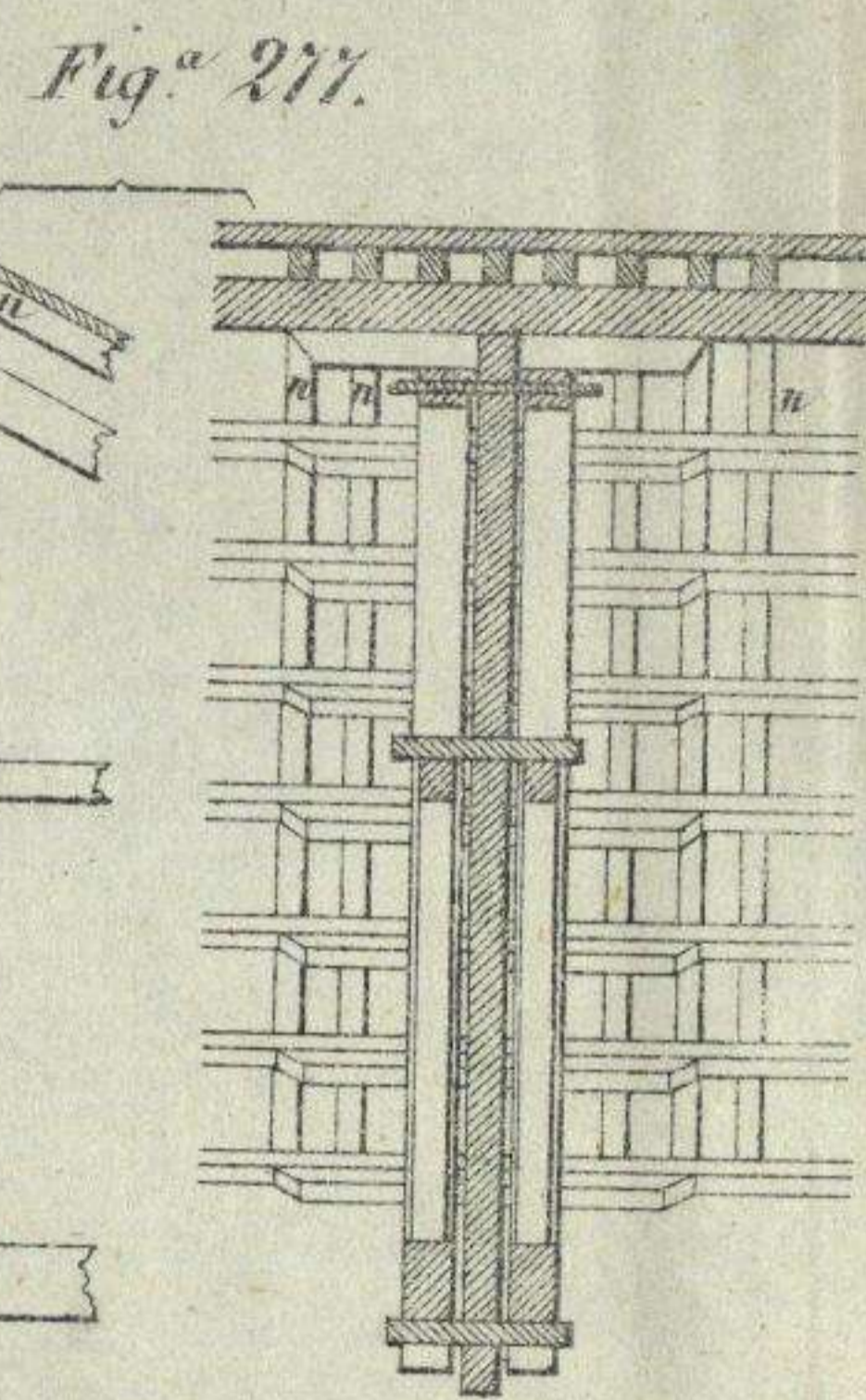
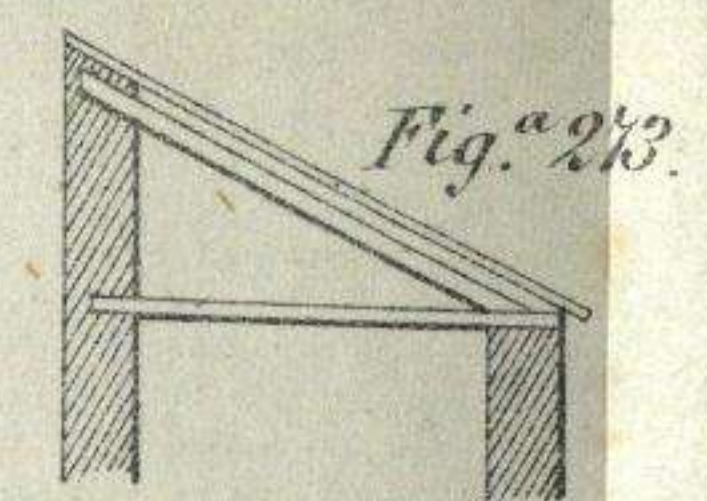
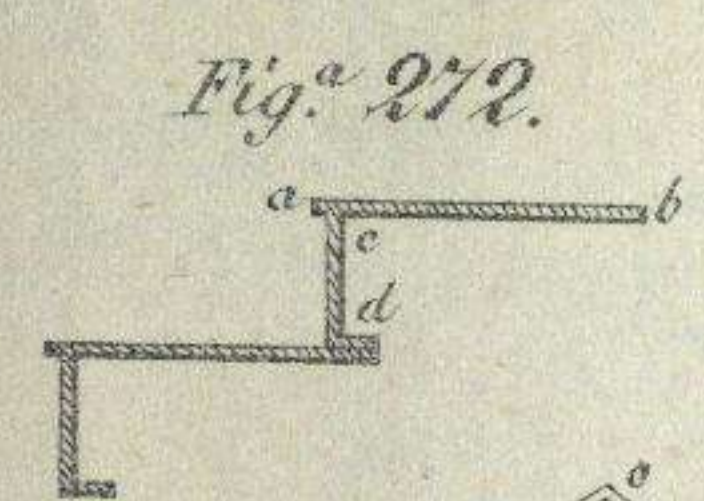
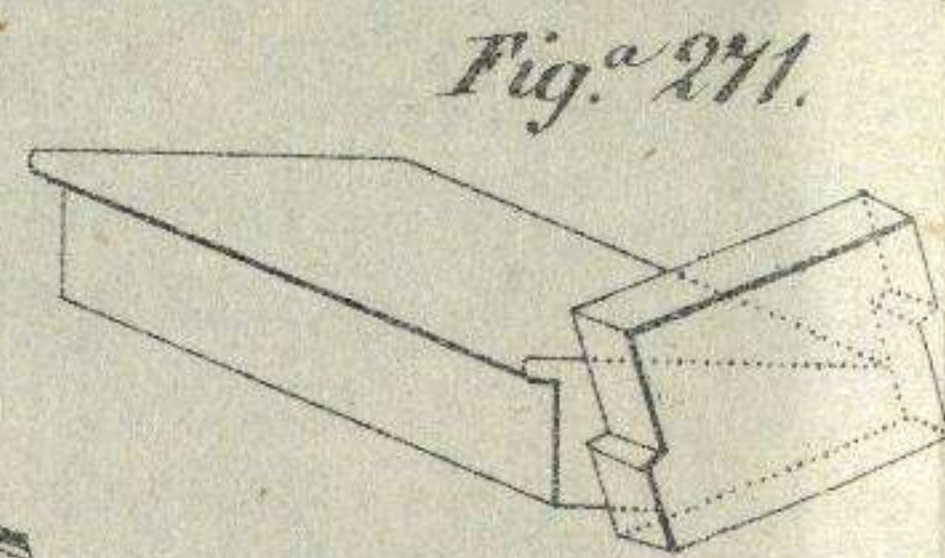
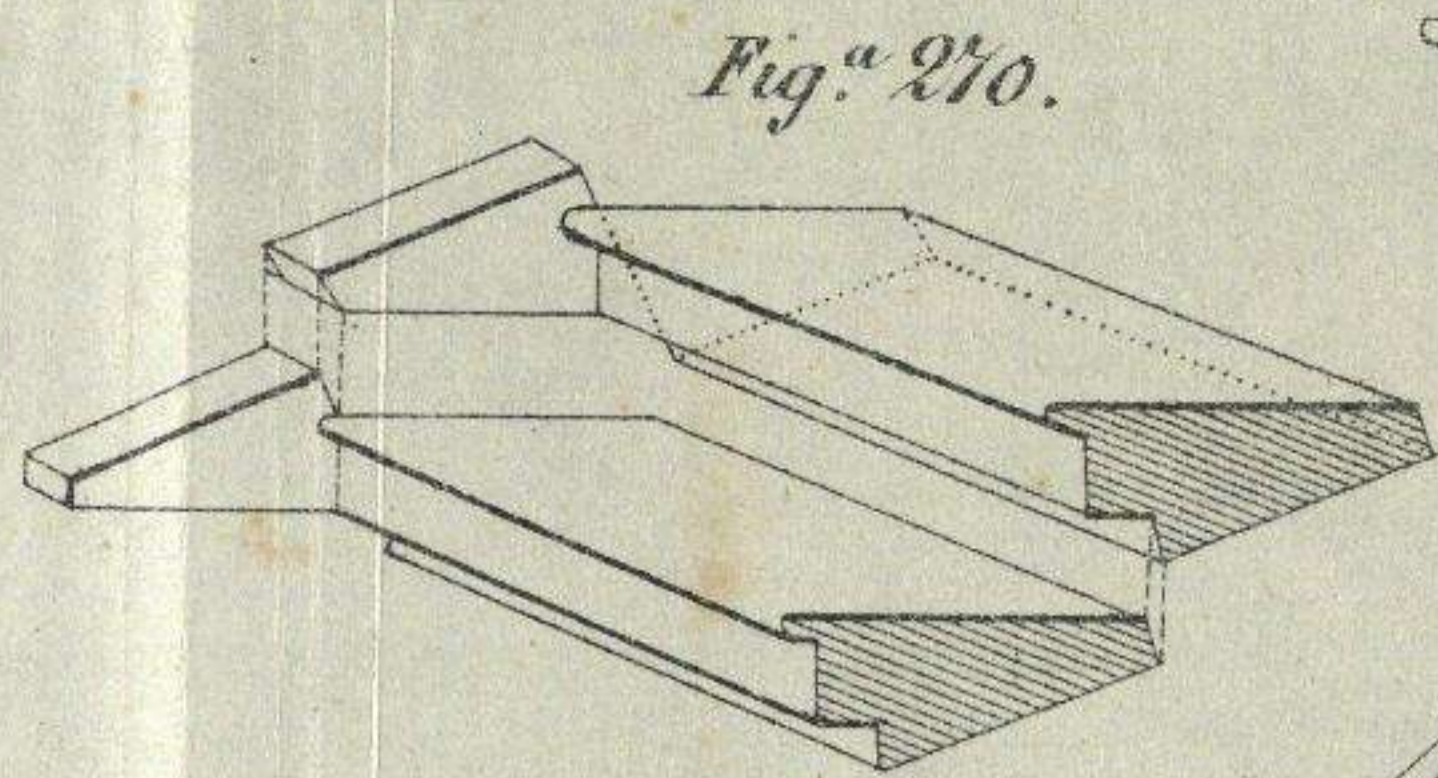
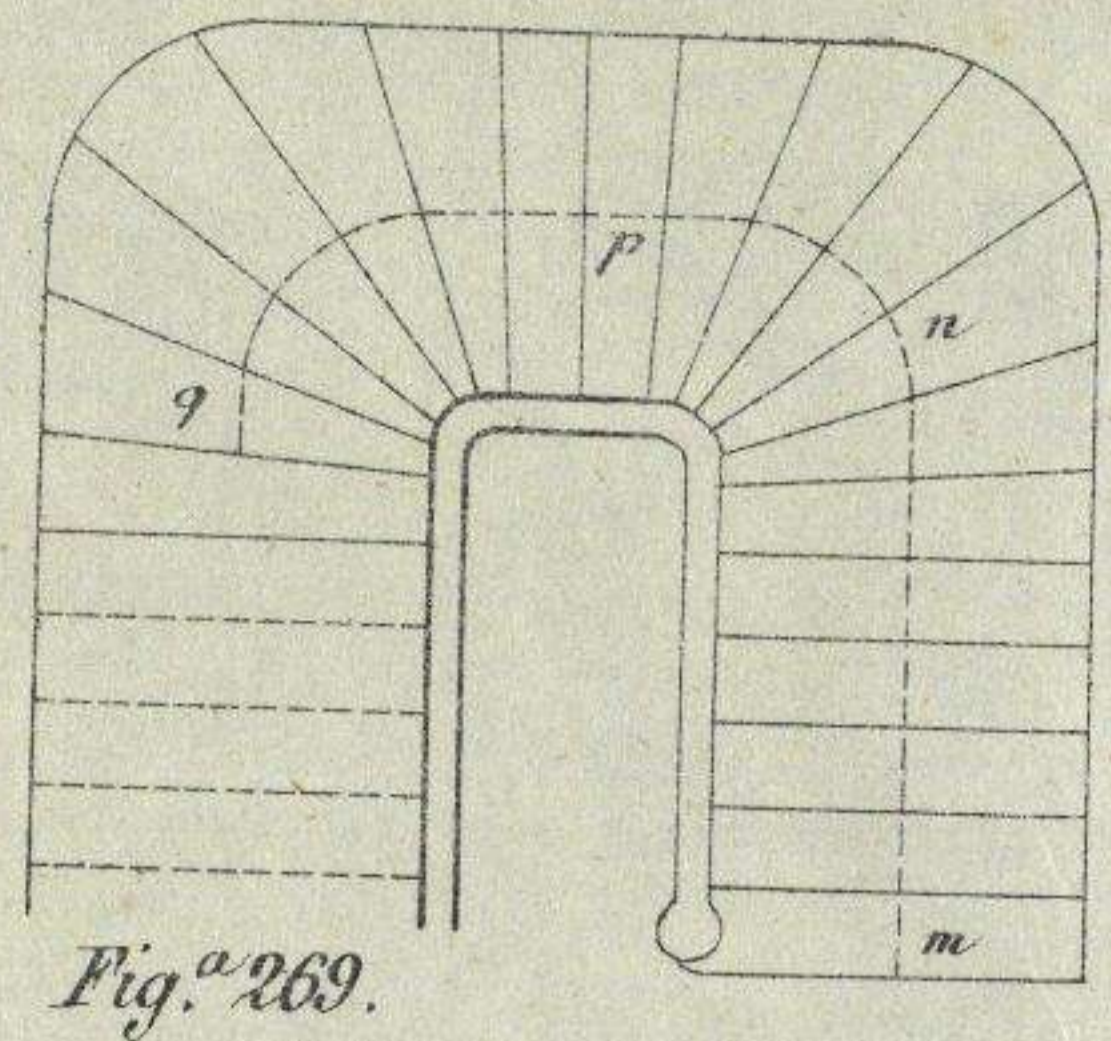
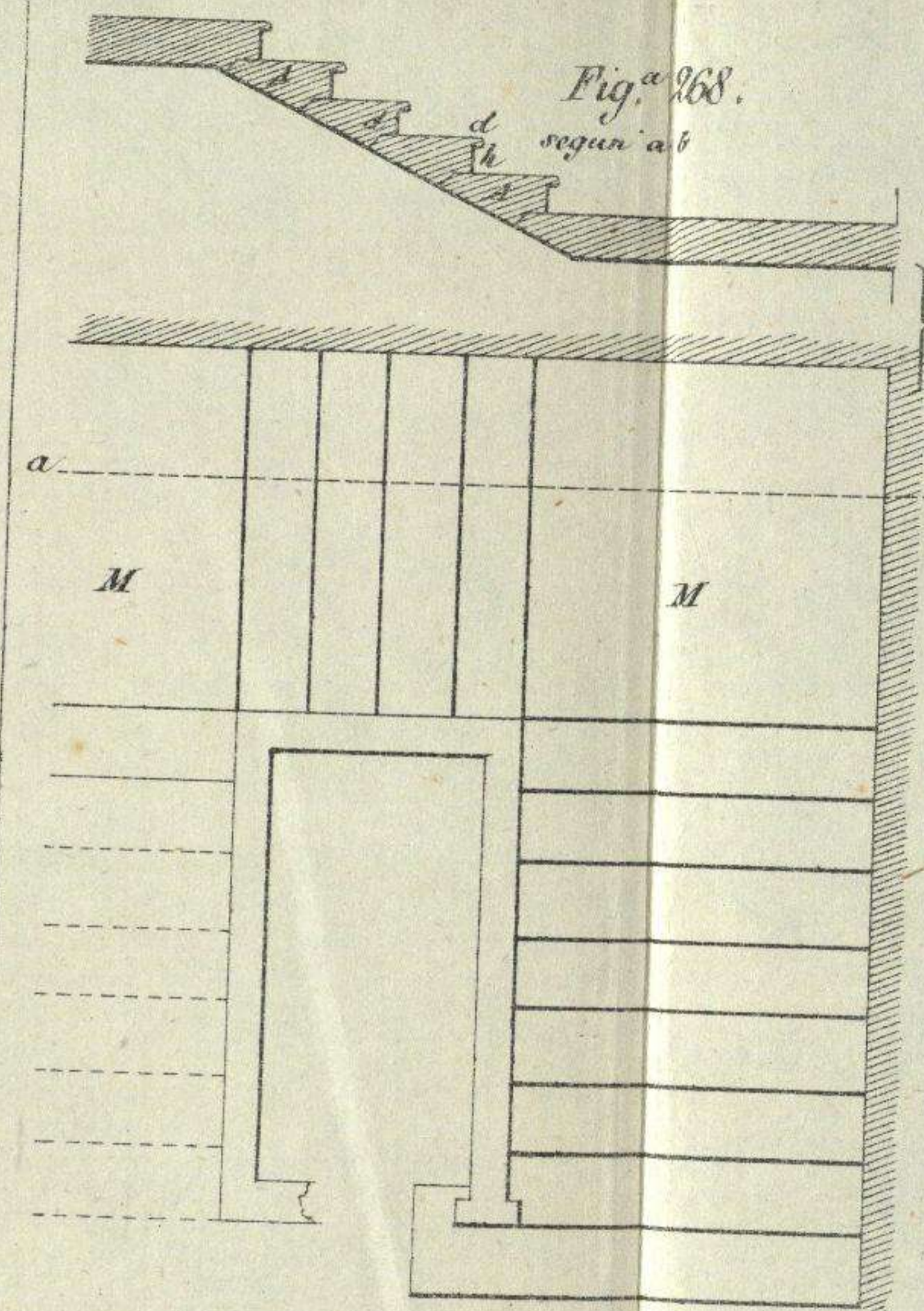
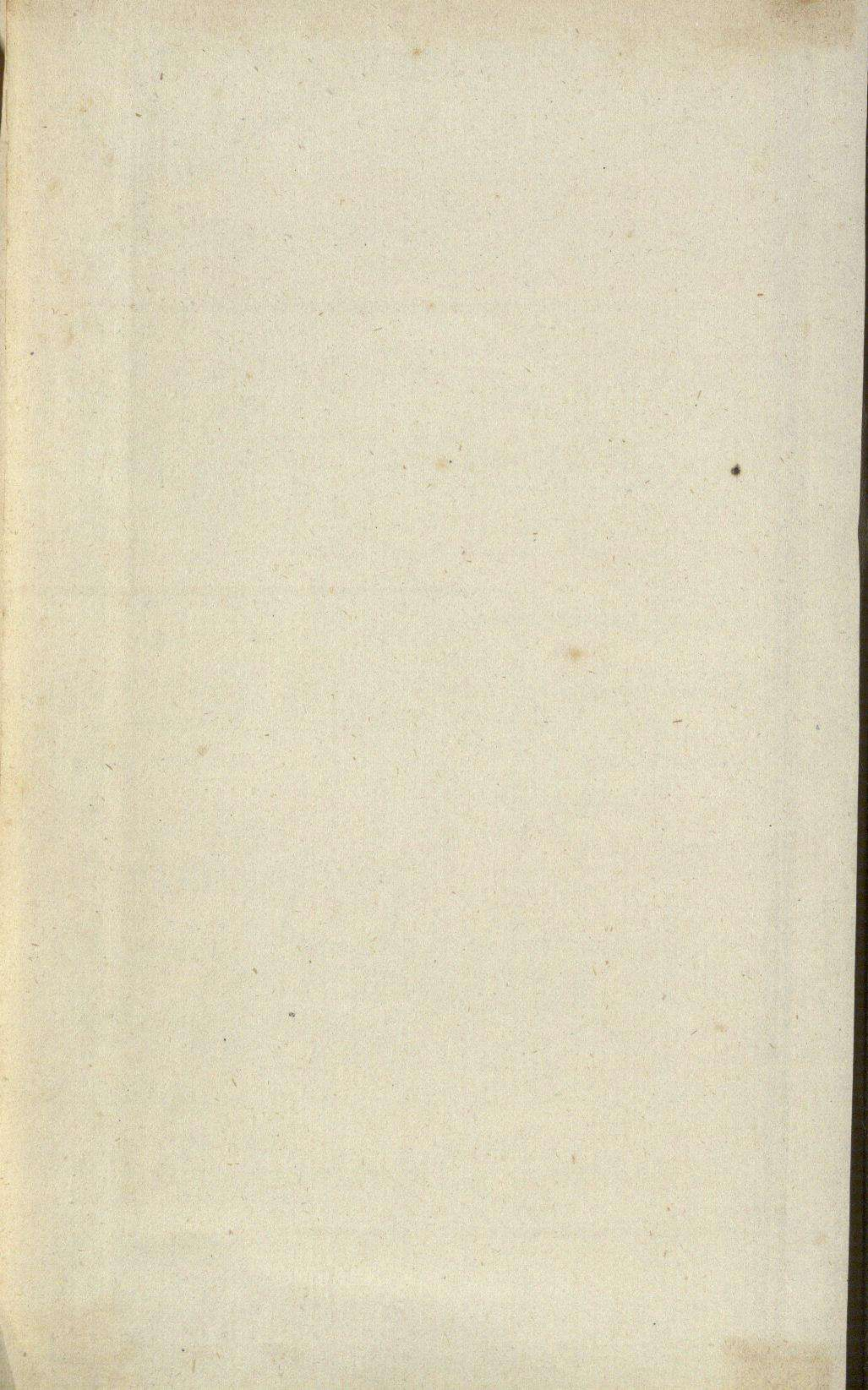


Fig.^a 271





Faller de Espelta y Noy = Ferlandina 5, Barcelona.

Tota de precios.

Palmas.	Imágenes madera tallada				Imágenes madera tallada Vestidas				Crucifijos, según medida			Niños Jesús, desnudos			Niños Jesús, vestidos.		
	3ª clase pesetas	2ª clase pesetas	1ª clase pesetas	clase superior pesetas	3ª clase pesetas	2ª clase pesetas	1ª clase pesetas	clase superior pesetas	2ª clase pesetas	1ª clase pesetas	clase superior pesetas	2ª clase pesetas	1ª clase pesetas	clase superior pesetas	2ª clase pesetas	1ª clase pesetas	clase superior pesetas
1	25	50	90	125	15	25	35	45	30	60	100	30	55	80	20	35	45
1½	30	65	105	150	20	30	45	55	40	90	140	35	65	95	25	45	55
2	40	80	125	200	25	35	50	70	50	120	180	40	75	110	30	55	70
2½	50	100	150	250	30	40	55	85	65	150	225	50	90	125	35	65	85
3	65	130	180	300	35	45	60	100	85	185	275	60	105	140	40	75	100
3½	80	160	210	350	40	50	65	115	105	225	335	75	125	160	45	85	115
4	100	190	250	450	45	55	75	135	130	270	405	90	145	180	50	100	135
4½	120	220	300	475	50	65	85	155	160	315	470						
5	150	250	350	600	55	75	100	185	190	360	540						
5½	180	285	400	650	60	85	120	220	220	410	615						
6	210	320	450	700	70	100	140	255	255	460	690						
6½	245	360	500	750	85	125	170	305	290	525	780						
7	280	400	560	800	100	145	200	355	325	580	870						
7½	315	450	630	850	125	175	240	420	360	640	960						
8	345	500	700	900	150	200	300	500	400	700	1050						

Sillas para niños que se quiezen sentados		Cunas para niños desnudos.		Crucifijos del Eucols clase única	
palmas	pesetas	palmas	pesetas	palmas	pesetas
½	20	½	25	2	20
1	25	1	30	1¾	16
1½	30	1½	40	1½	12
2	40	2	50	1¼	10
2½	50	2½	65	1	8
3	60	3	80	¾	6
3½	70	3½	95		
4	80	4	100		

Hay dos clases de sillas; pues aunque el trabajo de escultura es igual, le hace variar el precio de ser doradas con oro fino á ser doradas y pintadas.

Los mayores de este tamaño, la cruz será rústica, o bien lisa barnizada, sin peana, por que van asegurados en el sitio donde se apoyan. Hasta 4 palmas hay una combinación, que los de 2ª se colocan en cruz de 1ª, ó viceversa = formando así una clase entre 1ª y 2ª

En las cunas existe igual diferencia que en las sillas.

Importante.
El palmo, se entienda de 20 centímetros.

Observaciones.

El coste de las cajas y embalaje, portes y giros de letras, serán de cuenta del comprador.

Las condiciones de venta son siempre al contado.

Para más satisfacción del comprador, al hacer el encargo por conducto de nuestro Representante *D. G. González Ortiz Merino* se abonará la mitad del importe; y el resto al recibir el encargo.

Los pedidos deberán hacerse bien detallados para evitar dudas y errores pecuniosos; y firmados por el comprador y nuestro Representante.

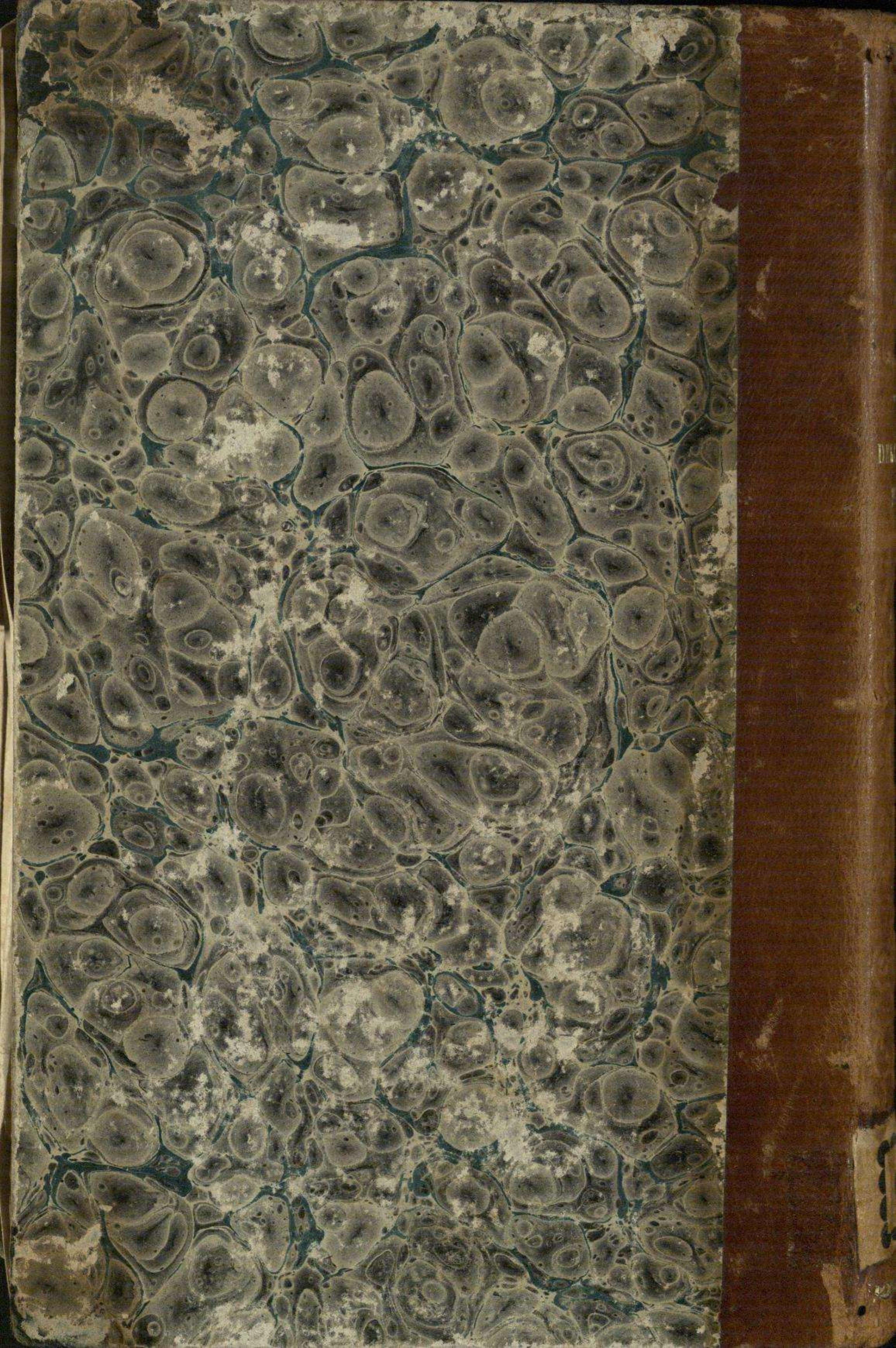
Nota: La Casa no responde de las averías producidas en el transporte.

Las imágenes de estas cuatro clases serán de diferentes modelos; las de clase superior serán de lo más perfeccionado que se hace en escultura; la pintura con colores extra y el decorado con órulas en oro, cinceladas y coloridas; colocadas sobre peana dorada y también cincelada. Las de 1ª serán bien perfeccionadas en escultura, pintura y decorado por el anterior estilo, colocadas sobre peana pintada al óleo ó barniz, con molduras doradas. Las de 2ª serán de diferente modelo, por el mismo orden de las de 1ª, pero más sencilla. Y las de 3ª en vez de órula, tendrán filete dorado y peana sin moldura. Las imágenes que tengan agregadas otras figuras ó tengan mástamano, serán á precios convencionales

Las imágenes que no tengan el vestido bordado, se les rebajará el 12%; y las que lleven niño, se le aumentará un 25%.

Uenas:
precio: Uenas de 2 á 6 palmas, de 2 columnas, 10 pesetas palmo; De 2 á 6 palmas, de 6 columnas, 20 ptas palmo

Los crucifijos de la clase superior, serán de lo más acabado en escultura y pintura, con cruz de caoba y peana en forma sepulcral, barnizada de negro con las molduras mate; ó bien cruz de cedro con filetes dorados mates, caso de no exceder de 4 palmas.



MANUAL
DEL CONTRUCTOR
PRACTICO

07449