

R. 17,103

MANUAL
DEL
CONSTRUCTOR

CONTENIENDO

los conocimientos indispensables que deben poseer los
ingenieros para dirigir ó ejecutar las obras públicas ó particulares
en los casos de más frecuente aplicación,

POR

EL JOSÉ A. REBOLLEDO

VOCAL DEL REAL CONSEJO DE SANIDAD

Inspector General de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, etc., etc.

~~~~~  
CUARTA EDICIÓN, CORREGIDA Y REFORMADA  
~~~~~

MADRID

Benigno de Jubera, Hermanos, Editores
10—CAMPOMANES—10
1893.

2 400 40



R. 17.103

MANUAL
DEL
CONSTRUCTOR

CONTENIENDO

los conocimientos indispensables que deben poseer los
encargados de dirigir ó ejecutar las obras públicas ó particulares
en los casos de más frecuente aplicación,

POR

D. JOSÉ A. REBOLLEDO

VOCAL DEL REAL CONSEJO DE SANIDAD

Inspector general de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, etc., etc.

~~~~~  
CUARTA EDICIÓN, CORREGIDA Y REFORMADA  
~~~~~

MADRID
Sáenz de Jubera, Hermanos, Editores
10—CAMPOMANES—10
1893.

ADVERTENCIA

Esta obra es propiedad del autor, quien ha hecho el depósito legal y se reserva todos los derechos que le concede la ley.

La necesidad de que España desarrolle las obras públicas y particulares, si ha de alcanzar el puesto que le corresponde entre las naciones civilizadas, es harto sentida por todos, é inútil por lo tanto de encarecerla 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 solo en circunstancias excepcionales son de aplicación necesaria, como de la ciega rutina que no se da cuenta de lo mismo que ejecuta, es la idea cardinal 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.

Con esta mira se ha dividido en este libro el estudio

de la construcción en cuatro partes, refiriéndose las dos primeras á la exposición de los principios y reglas generales en que se funda el conocimiento, preparación y empleo de los materiales que entran en las obras, consideradas en general, y 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.

La favorable acogida que ha tenido este libro nos ha impuesto el deber, en esta nueva edición, de corregirle y reformarle, con el fin de hacer que sea mayor su utilidad. Con este objeto hemos incluido todas las materias referentes á la construcción contenidas en los últimos programas oficiales para el ingreso en la clase de Ayudantes de obras públicas, y además hemos añadido varios estados y datos prácticos de uso frecuente y necesario á cuantas personas tienen que aplicar las reglas del arte de construir (1).

Abreviaturas de las medidas métricas.

Kilómetro.....	=km.	Metro cúbico.....	=m ³ .
Metro.....	=m.	Centímetro cúbico...	=cm ³ .
Decímetro.....	=dm.	Milímetro cúbico....	=mm ³ .
Centímetro.....	=cm.	Hectólitro.....	=hl.
Milímetro.....	=mm.	Litro.....	=l.
Metro cuadrado.....	=m ² .	Tonelada (1.000 kgs).	=t.
Centímetro cuadrado	=cm ² .	Kilogramo.....	=kg.
Milímetro cuadrado..	=mm ² .	Gramo.....	=g.

(1) Las materias contenidas en los párrafos precedidos de un asterisco, no están incluidas en el último programa oficial; pero las hemos conservado por creerlas de utilidad en la práctica de la construcción.

MANUAL

DEL

CONSTRUCTOR

1. **Generalidades sobre la construcción.**—El objeto de la construcción 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 definición anterior se deduce, que para hacer un estudio ordenado de este arte será conveniente dividirlo en dos partes, que son: 1.^a *Conocimiento y preparación de los materiales*; y 2.^a *su empleo ó colocación en las obras*. Además será útil presentar algunos casos ó ejemplos en que se apliquen los principios establecidos en las dos partes anteriores, detallando la *construcción de las obras más usuales*, como fundaciones, muros, bóvedas, suelos, escaleras y cubiertas de los edificios, y las *especiales*, que con más frecuencia ocurren en la práctica, como los puentes de piedra y los de madera. Por último, la determinación de las dimensiones de las partes que constituyen una construcción es del mayor interés para su estabilidad y duración.

Estas serán, por lo tanto, las materias cuyo estudio forma el objeto de este libro.

Facil es apreciar, por lo que se lleva dicho, el extenso 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 conveniente limitarse en estas páginas á reseñar los conocimientos generales y los datos prácticos 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 de solidez y economía en cada caso.

PARTE PRIMERA

CONOCIMIENTO Y PREPARACIÓN DE LOS MATERIALES

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

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

Desde luego se comprende que el estudio detenido de todas las cualidades de estos materiales, de sus condiciones de yacimiento en la costra terrestre, de su agregación ó crecimiento, etc., nos llevaría demasiado lejos, siendo por lo tanto indispensable concretarse á hacer indicaciones generales acerca de su composición é importancia en las aplicaciones, y á enumerar los principales caracteres distintivos de cada especie.

CAPÍTULO PRIMERO

Conocimiento de las piedras.

3. **Definición y disposición de las piedras.**— Bajo esta denominación, ó con la de *rocas*, comprenderemos no sólo las substancias que por su dureza y resistencia han recibido vulgarmente este nombre, sino también las que provienen de su descomposición 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 extensos *bancos*, en cuyo caso forman capas sobrepuestas ó estratificadas, de espesor variable y en posición próximamente paralela. Las primeras ofrecen generalmente una textura cristalina ó compacta, ocasionada por el intenso calor central de la tierra, y en las segundas suele ser granuda, fibrosa ó laminar, según sean las substancias que entran en la composición y el calor más ó menos activo ó la presión que hayan experimentado.

4. **Condiciones que en general deben tener las piedras de construcción.**— Desde 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 construcción, deberán aparecer en la naturaleza en masas bastante grandes y abundantes para que sean explotables; poseer una dureza y cohesión suficientes para resistir las presiones y choques que tengan que experimentar, y no alterarse por las acciones exteriores y agentes atmosféricos. Pocas piedras reúnen simultáneamente estas condiciones; pero al menos deberán llenar las más importantes en cada caso particular, para lo que puede servir de guía al constructor el examen de las obras en que se haya empleado la misma clase de piedra que piensa utilizar, averiguando su antigüe-

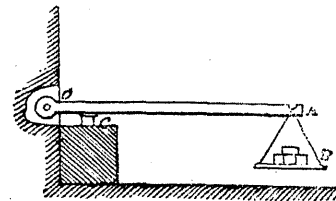
dad, los esfuerzos y acciones exteriores que han sufrido, y el estado de su conservación. Si esto no fuera posible, ó la cantera de donde se ha de sacar el material no hubiera sido nunca explotada, hay que proceder á experimentos directos: 1.º con el objeto de apreciar su dureza, estructura y fractura; 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 cohesión 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. La estructura es el carácter que resulta de la disposición de las partes constitutivas de un cuerpo en el interior de su masa, y puede ser homogénea ó sin ninguna distinción perceptible de un punto á otro, ó bien compuesta de partes distintas que estén unidas entre sí por la agregación. 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 percusión, la cual puede aparecer más ó menos curva, astillosa, etc.

Estas propiedades sirven para conocer, aunque solo sea aproximadamente, las dificultades que ofrecerá la explotación 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 5 á 10 *cm*, y sometiéndole con ciertas precauciones á la

acción de pesos conocidos, que se van aumentando hasta romper el ejemplar. Para conseguirlo, se coloca este sobre una base incompresible (figura 1), y por la parte superior sirve de apoyo á una palanca *OA*, fija por uno de sus extremos en un fuerte muro



(Figura 1).

pudiendo girar alrededor del eje ó pasador O , y en el platillo B que pende del otro extremo se colocan los pesos.

Haciendo abstracción 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 de P' , cuando el ejemplar empieza á romperse, nos da la presión total que ha experimentado, la que dividida por la superficie de la cara, que generalmente se expresa en centímetros cuadrados, da á conocer la resistencia que por unidad superficial, ó sea por centímetro cuadrado y para la compresión, tiene el material ensayado. (1).

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

5. Influencia de las heladas.—La acción atmosférica más destructiva para los materiales de construcción, es la del hielo. Sabido es que al solidificarse el agua aumenta de volumen, y como hay muchas 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 fríos congelan el agua, desarrollando una fuerza de expansión inmensa, lo que origina desagregaciones y desprendimientos de fragmentos y láminas de más ó menos espesor, ó bien alteraciones 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 5 *cm.*; después se disuelve en una cantidad proporcionada de agua

(a) Véase el Apéndice I.

y en frío todo el volumen posible de una sal llamada sulfato sódico y vulgarmente *sal de Glauber*, 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 después y se los suspende en el aire por medio de hilos, colocando debajo de cada ejemplar un vaso con la disolución en la que han hervido; pero ya reposada, fría y sin pesos en el fondo. Al cabo de veinticuatro horas las piedras se cubren de una cristalización en forma de agujas blancas y salinas, que produce el mismo efecto que la congelación del agua, y entonces se sumergen en el vaso que tienen debajo para quitar estas primeras eflorescencias, y después se vuelven á sacar para repetir esta operación 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 menos 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. Estos experimentos deben proseguirse durante cuatro ó cinco días, al cabo de los que se ha hecho experimentar á la piedra ensayada efectos análogos á los de las heladas fuertes (1).

Se ha observado que, por regla general, las piedras de una misma especie que son más densas y de color más obscuro

(1) Para conocer si una piedra contiene materias terrosas ó minerales fácilmente solubles, se desprenden con un cincel y martillo varios pedazos de la magnitud como de una peseta, y se los sumerge en un vaso con agua clara hasta $\frac{1}{3}$ de su altura próximamente, dejándolos en reposo una hora ó más. Después se agita el vaso, y si el agua permanece clara la piedra es resistente; pero si se enturbia contiene materias solubles.

Se prueba la piedra que se ha de emplear en poblaciones donde la atmósfera está viciada, por existir muchas fábricas, sumergiéndola por algunos días en agua que contenga 1 por 100 de ácidos sulfúrico é hidroclórico, y observando si la ataca.

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 sumergida una piedra absorbe con rapidez el agua, es poco á propósito para resistir la humedad. Los granitos absorben de 0,1 á 0,5 por 100; las areniscas de 8 á 10, y las calizas de 1,5 á 15 por 100 de su volumen.

6. **Preservación de los efectos de las heladas.**—Aun cuando hay varios procedimientos para contrarrestar el efecto de las heladas en las construcciones, uno de los más fáciles y de mejores resultados es el de Ransome, que consiste en extender é impregnar con brocha, sobre el material que se trata de preservar, una disolución de silicato soluble, y aplicar después otra mano de una disolución de cloruro de calcio. Así se produce por su mutua reacción un silicato insoluble de cal en el paramento del material.

Se pueden emplear otras preparaciones en vez de un silicato soluble y el cloruro de calcio; pero siempre se extienden sucesivamente dos disoluciones, las que, por su mútua reacción, producen una substancia insoluble que cubre y preserva el material.

Este procedimiento no sólo evita la degradación de las piedras nuevas, sino que impide que continúe en las que han empezado á desagregarse, y su eficacia se extiende también al ladrillo, cal, estuco, etc., con los mismos ventajosos resultados. Esto, no obstante, debe proibirse en absoluto el empleo en las construcciones de materiales que puedan degradarse por las influencias atmosféricas.

Pueden tener las piedras otros defectos, que, aunque menos importantes que el anterior, sean motivo para no admitirlas en las obras: tales son *las grietas ó pelos, las coqueras, los restos orgánicos y los riñones.*

7. **Clasificación de las rocas.**—Entre las numerosas clases de rocas ó 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 antes de comenzar este examen, debe

advertirse, que las substancias que caracterizan á cada clase no se encuentran por regla general perfectamente puras en la naturaleza, y si mezcladas con otras, que, según 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, según varían la naturaleza ó cantidad de las materias extrañas con que esté mezclada.

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

ROCAS...	{	ARCILLOSAS.....	Arcillas, esquistos.
		CALIZAS.....	Sacaroídes, compactas, terrosas.
		YESOSAS.....	Yesos.
		SILÍCEAS.....	Cuarzos, areniscas, pizarras.
		COMPUESTAS....	Granitos.
		DESAGREGADAS .	Arenas, tierras.

ARTICULO PRIMERO

ROCAS ARCILLOSAS

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. Se componen de tierra aluminosa, de sílice y de óxido de hierro, encontrándose á veces mezcladas con la cal y otros varios cuerpos que modifican sus propiedades características. Estas rocas no dan chispas con el eslabón, son suaves al tacto, y suelen estar formadas por láminas superpuestas que presentan cierta adherencia mútua, aunque sin

embargo se las separa con facilidad. Generalmente son refractarias al fuego ordinario.

8. **Arcillas.**—Las arcillas son muy abundantes en la naturaleza, y se encuentran ordinariamente formando masas aisladas, ó bancos cubiertos 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 despiden un olor particular echándola el aliento. Si después de extraída de la cantera se expone la arcilla al aire, se seca, contrae y agrieta, perdiendo $\frac{1}{6}$ de su peso próximamente.

Después de humedecer esta substancia, se hace correosa é impermeable, y con el agua forma una pasta resistente; pero pierde estas propiedades exponiéndola á un calor rojo, y se endurece hasta el punto de dar chispas con el eslabón. La acción del calor no solo disminuye el volumen y la densidad de la arcilla, sino que aumenta la intensidad de su color natural cuando este proviene de cuerpos metálicos; pero si es debido á materias vegetales ocasiona una decoloración. Su peso específico cuando está seca es de 1,70 término medio.

Entre las arcillas empleadas en la construcción, citaremos las siguientes:

9. **Arcilla plástica.**—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 ductil, y adquiere expuesta al fuego una gran dureza. Estas arcillas se encuentran en bancos, capas y masas de estructura terrosa, y á veces compacta ó pizarrosa, y se emplean principalmente en la confección de ladrillos y morteros refractarios, para lo cual deben tener muy poco hierro y es conveniente mezclarlas con otras substancias que no las permitan agrietarse con el calor, así como también se usan en la construcción de diques y ataguías.

10. **Arcilla caliza.**—Está unida á cantidades variables de cal, y puede desleírse en el agua con más ó menos facilidad sin formar verdadera pasta, presentándose ordinariamente muy

deleznable y algunas veces en estado pulverulento. Se la emplea, aunque poco, en la fabricación 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 intermedia á la plástica y caliza, que recibe el nombre de *figulina*, y es la que ordinariamente se encuentra.

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

11. **Esquistos arcillosos.**—Reciben en general este nombre varias 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 más que arcillas influidas por el calor central de la tierra, y que han perdido por esta causa la propiedad de desleírse en el agua. La dureza que este efecto ocasiona es muy variable, existiendo algunas especies que, expuestas al aire se destruyen con suma rapidez, al paso que otras resisten bien. Por esta razón es preciso someter esta clase de materiales á pruebas repetidas y cerciorarse de sus buenas propiedades antes 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; pero si llegan á predominar, ó constituyen la parte principal de la roca, adquiere ésta propiedades ó denominaciones diferentes, según los casos, como se indicará al tratar de las pizarras.

ARTICULO II

ROCAS CALIZAS Y YESOSAS

12. **Rocas 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 calcinación ó cocción.

Las calizas están compuestas de cal y ácido carbónico, no dan chispas con el eslabón y se dejan rayar por el acero, el vidrio, el cuarzo, etc.: producen efervescencia cuando se vierte encima y en frío ciertos líquidos ácidos, como sucede con el *sulfúrico*, llamado vulgarmente aceite de vitriolo, y por la acción del fuego se reducen á cal. Su peso específico varía de 2,50 á 2,90. Ordinariamente acompañan á estas rocas otras substancias que modifican su primitivo color blanco en amarillento, azulado, rojo, verdoso y hasta negro.

Esta clase de rocas es muy resistente y comprende varias especies; pero nos limitaremos á examinar las que más interés presentan para el constructor.

13. **Caliza sacaróide.**—Se conoce usualmente con el nombre de *mármol* (1); es muy dura y tenaz; presenta en su fractura una porción de puntos brillantes, como en el azúcar, de donde proviene su nombre; es muy susceptible de un gran *pulimento*, y tiene una textura cristalina ó laminar. Cuando está perfectamente pura es de un blanco brillante, traslúcida en los bordes, y se llama *mármol blanco estatuario*; pero generalmente se presenta teñida con varios colores, ó con vetas más ó menos intensas, recibiendo en cada caso nombres par-

(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 denominación más que á las calizas de textura cristalina ó compacta, que se puedan pulimentar.

ticulares, y se emplea con preferencia en la escultura y arquitectura.

14. **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, según aumenta su dureza. Comunmente está visible el grano que la constituye, y hasta presenta algunas veces un aspecto terroso, por más que su textura 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 menos estimación que los de textura cristalina, por su menor dureza y pulimento. Las denominaciones de estos mármoles varían con los diversos colores que presentan; más este estudio no debe ser objeto de examen por nuestra parte. Esta caliza da inmensa cantidad y excelentes materiales de construcción, 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 arcillosa*, si la arcilla es abundante) puede desagregarse fácilmente por los agentes atmosféricos, y es preciso asegurarse de sus cualidades antes de emplearla en las construcciones.

15. **Caliza grosera.**—Presenta una textura 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 formación, 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 Paris, donde la generalidad de los edificios están levantados con este material.

También se presenta la caliza con una textura terrosa y más ó menos deleznable, siendo el tipo de esta variedad la *creta*.

16. **Caliza silícea.**—Entra en esta especie cierta cantidad de cuarzo ó sílice, y es tanto más dura y compacta cuanto más abunda la última substancia, la que, si llega á dominar, hace que la piedra dé chispas con el eslabón y sea á veces susceptible de adquirir pulimento. La mezcla de estas dos substancias es tan íntima, que no se las puede distinguir.

Esta caliza proporciona, por regla general, muy buenos materiales de construcción.

Hay una porción de variedades en las calizas, originadas, ya por las substancias extrañas con que están mezcladas, ya por el diferente modo de agregación, las cuales tienen menos importancia en la construcción que las anteriores, y en cuyo examen no debemos entrar.

17. **Rocas yesosas.**—Estas piedras presentan poca dureza, puesto que se les 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 textura 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 sacaroide*, que se encuentra en masas ó capas muy extensas; es difícil de romper, y conserva la impresión del martillo cuando se le golpea. Su fractura es un poco desigual y 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*.

ARTICULO III

ROCAS SILÍCEAS

18. **Caracteres.**—La sílice ó *cuarzo* es la substancia componente de estas piedras, cuyas especies son muy numerosas, según varíe su modo de agregación 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 eslabón. Se encuentran ordinariamente con una textura 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.

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

El *jaspe* no es más que una variedad del cuarzo, que, á consecuencia de la mezcla mecánica muy íntima con diversas materias terreas 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 marmol.

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 inclinación.

Según sea 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 acción destructiva de los agentes exteriores, siendo por decirlo así, de duración indefinida.

Las *areniscas calizas* tienen una dureza variable en razón 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 aplicación 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 entonces labrar fácilmente; pero expuesta al aire aumenta su resistencia y la hace á veces buen material de construcción, 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 consistente. El color gris claro es un indicio de buena calidad, y el rojo, cuando proviene únicamente del hierro, proporciona un material excelente; pero si le da la arcilla, hace demasiado tiernas á estas piedras. Las más duras se emplean en los afirmados y empedrados: las menos resistentes producen las piedras de afilar y de filtros, y las intermedias tienen una aplicación muy conveniente en las construcciones.

Cuando las areniscas se componen de granos redondeados de gran magnitud, como cantos ó gujarros, forman los *conglomerados ó pudingas*, que pueden estar compuestos de fragmen-

tos de una sola ó diversas 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 algún brillo. Resisten 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 construcción, no llenan bien este objeto por la poca adherencia que tiene el mortero, y su aplicación principal se reduce á cubrir los edificios ó embaldosar los suelos.

Las dimensiones ordinarias de las pizarras varían desde 25×15 *cm.* hasta 65×35.

ARTICULO IV

ROCAS COMPUESTAS

22. **Caractéres.**—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 substancias que más caracterizan á cada clase.

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

22. **Granito.**—Es una roca compuesta en general de cuarzo, feldespato y mica, formando estas substancias en su unión lo que se llama una cristalización confusa. La dureza que posee es generalmente proporcional á la abundancia del cuarzo; da chispas con el eslabón; su textura es granular; su color más frecuente el gris, en el que se distinguen manchas obscu-

ras, y presenta 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 explotar 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 la cordillera de Guadarrama, de donde se extrae el que se emplea en Madrid, así en la edificación como en el adoquinado.

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

ARTÍCULO V

ROCAS DESAGREGADAS

24. **Su origen.**—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 podemos considerarlas como piedras desagregadas que ofrecen en general los mismos caracteres que las rocas de donde proceden. Si estos materiales arrastrados han sufrido algún 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 substancias 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 cla-

ses distintas. Respecto al tamaño, pueden dividirse en *arenas finas*, cuando suponiendo esféricos los granos, tienen un diámetro que no pasa de 1 mm, y *gruesas*, cuando varía entre 1 y 3 mm. Cuando el diámetro aumenta hasta estar comprendido entre 3 y 10 mm, se llama *gravilla*; si llega á tener de 1 á 6 cm, recibe el nombre de *grava*, y de *canto rodado* si excede de esta dimensión. También se dividen las arenas respecto á su yacimiento, ó situación en el terreno, en *arena de río*, 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 antes de su aplicación. Los principales usos de la arena son para confeccionar los morteros ó para cubrir los empedrados y afirmados.

26. **Tierras.**—Denominación vaga con que se designan de ordinario un gran número de substancias minerales, de aspecto mate y fácilmente deleznable, que presentan una composición tan variable como las rocas de donde proceden, ó puede ocasionar su mutua mezcla. Según esto, reciben el nombre de tierras las arcillas sin coherencia, y otras varias rocas que hayan experimentado el máximo de descomposición, 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 extensiones inmensas la superficie terrestre y cuya composición varía por las razones expuestas. Además de predominar en la tierra vegetal unas veces la arcilla y otras la cal, la arena, etc.,

contiene generalmente substancias 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 mi-ga*, se utiliza para aplicarla á las construcciones, aunque en circunstancias muy limitadas, como se verá más adelante.

CAPÍTULO II

Preparación de las piedras.

ARTICULO PRIMERO

PIEDRAS NATURALES

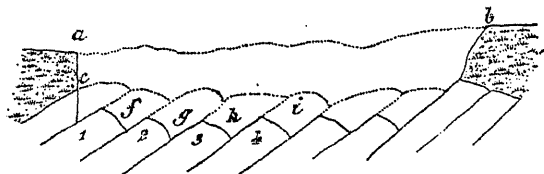
27. **Disposición de las canteras.**—Las grandes masas de rocas que presenta la naturaleza, susceptibles de poderse emplear desde luego en la construcción, reciben el nombre de *canteras*; y las piedras que las forman aparecen unas veces en grandes masas y otras en bancos, como se ha dicho más arriba, 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 expuesta 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.

28. **Explotación.**—Al explotar una cantera cualquiera, debe tenerse muy en cuenta qué medios de extracción de las piedras serán los más económicos, para que adoptados, obten-gamos el material lo más barato posible; y en este resultado influye mucho la cantidad ó volumen total de piedra que se haya de sacar. Según sea mayor ó menor la profundidad á que se encuentre la cantera de la superficie, la disposición en que aparezca, ya en el escarpe de una cortadura del terreno, ya en una planicie, etc., así hay que adoptar distinto sistema de explotación, reduciéndose todos á dos, llamados *á cielo abierto* y *en subterráneo ó en galería*.

29. **Explotación á cielo abierto.**—Este sistema tiene una aplicación frecuente, siempre que la cantera aparece cerca de la superficie, estando cubierta por una capa de tierra,

arcilla, etc., de más ó menos espesor, pero sin ser excesivo.

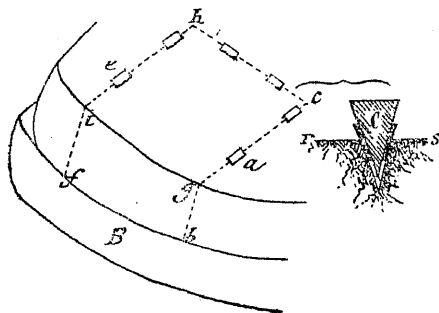
Primero se empieza por *descubrir* ó *desbrozar la cantera*; esto es, quitar la tierra *a b c d* que la cubre, según aparece en perfil en la fig. 2, y llevarla á un punto tal, que no sea nece-



(Fig. 2.ª)

sario removerla de nuevo al continuar la explotación. 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 destinan (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 extraer toda la parte *f* del banco 1.º, continuando del mismo modo con los bancos 2, 3, 4 y siguientes.



(Fig. 3.ª)

Á cierta profundidad faltan las grietas, y entonces es ya aprovechable la piedra, para lo cual hay que practicar la subdivisión por medio de *rozas* ó de *barrenos*.

30. Rozas.—

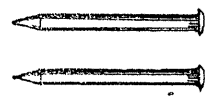
Las rozas consisten en una serie de aberturas ó rebajos en forma de cuñas *a* (fig. 3), hechas en la cara superior del ban-

(1) Los procedimientos que se emplean para esta subdivisión,

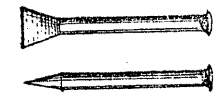
co, ó en su *sobrelecho*, que siguen las líneas que han de limitar el contorno de la piedra, y cuya mutua separación depende principalmente de la dureza de la roca. En estas aberturas se introducen cuñas de hierro ó acero, según se ve aparte, en sección y mayor escala en *C*, poniendo á sus costados unas chapetas de palastro, para que las cuñas puedan correr con facilidad, y se las va golpeando en sus cabezas con una fuerte maza de 5 á 10 *kg.* de peso, recorriéndolas todas, hasta que, repetida esta operación algunas veces, se hiende la roca, siguiendo las líneas determinadas por las rozas, como se ve en *g a c h e i*. Para obtener la separación entre el banco que consideramos y el inferior *B*, se pueden introducir también cuñas en su mutua unión *f b*, ó sea entre el *lecho* del banco que se explota y el sobrelecho del inferior, desprendiendo después por medio de fuertes palancas el prisma que se trataba de extraer. Si la roca se presenta en masa, habría necesidad de abrir rozas en otras diversas direcciones, según 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 las cuñas de hierro con 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 el banco de piedra.

Las rozas se practican con *punteros* ó *cinceles* (figs. 4 y 5),



(Fig. 4.ª)



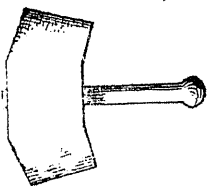
(Fig. 5.ª)

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. 6), cuyas

se aplican, por regla general, lo mismo á las explotaciones á cielo abierto que á las subterráneas, y sólo dependen de la naturaleza de la roca.

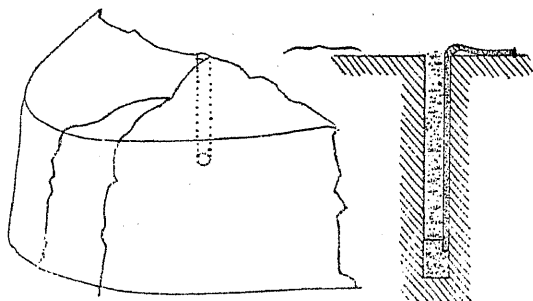
bocas ó extremos no están acerados y que ordinariamente tiene un peso de 3 kg.

31. **Barrenos.**—Los barrenos ó petardos son agujeros cilíndricos más ó menos profundos, de 2 á 3 cm. de diámetro, en cuyo fondo se pone una substancia 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 flexible de 5 á 8 mm. de diámetro, formado con una tela impermeable, quedando el otro extremo fuera del agujero (fig. 7). Hecho esto, se *ataca* ó lle-



(Fig. 6.)

metro, formado con una tela impermeable, quedando el otro extremo fuera del agujero (fig. 7). Hecho esto, se *ataca* ó lle-



(Fig. 7.)

na el resto del barreno con arena fina ó arcilla bien secas y comprimidas perfectamente; después se da fuego al extremo libre de la mecha, la que contiene en su interior una composición que se quema con una velocidad media de 60 cm. por minuto, dando así lugar á que se ponga el obrero al abrigo de los efectos de la explosión que se origina al llegar el fuego al cartucho. Esta explosión 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 cubre el cartucho y su unión 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.

Hasta hace pocos años se cargaban los barrenos con pólvora llamada de mina, ó con una mezcla de 60 partes, en peso, de nitro (nitrato de potasa), 15 de flor de azufre y 25 de serrín fino de madera dura. Después de reducir á polvo grueso las substancias 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 explosión instantánea como la pólvora cuando está comprimida en el fondo del barreno.

En el día se emplea con preferencia la *dinamita*, que no es más que sílice muy porosa empapada de una substancia llamada nitroglicerina, formando un cuerpo que tiene la consistencia de una pólvora viscosa y un aspecto semejante al del azúcar morena. Se emplea en masa, y más comunmente en cartuchos de papel, verificándose la explosión por medio de una cápsula de fulminato, que por lo regular se sujeta al extremo de una mecha de seguridad. La fuerza expansiva de la dinamita es de ocho á diez veces la de la pólvora de mina; su efecto es rápido, bastando un sencillo taco para utilizar toda su fuerza, y aun sin él se obtienen grandes resultados. Puede mojarse impunemente, y es muy á propósito para los trabajos en terrenos húmedos ó submarinos, en cuyo caso el agua sirve de taco.

Los barrenos ordinarios suelen tener de 30 á 40 cm. de profundidad, su dirección es próximamente normal á los bancos ó á la superficie de la cantera, y se cargan con la pólvora hasta el tercio ó el cuarto; debiéndose cuidar que la explosión no haga más que agrietar la roca, sin que lance á grandes distancias los trozos arrancados.

La cantidad de roca desprendida, á igualdad de las demás condiciones, es próximamente proporcional al cubo de *la línea de menor resistencia*, que es generalmente la más corta distancia desde el centro de la carga á la superficie de la roca. Si *C* representa la carga explosiva en kilogramos y *L* la línea de menor resistencia en metros, se tendrá

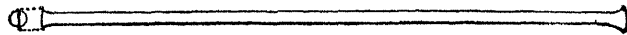
$$C = A L^3$$

teniendo la constante *A* los valores respectivos de 0,536 y

0,0505 cuando se emplea la pólvora de mina y la nitroglicerina ó dinamita.

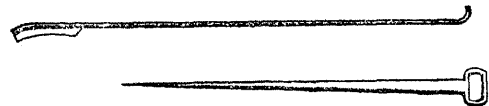
En la práctica se admite 1 kg. de pólvora por cada 2,3 m³ de roca que se ha desprendido; pero varía con la naturaleza de ésta y su mayor ó menor compacidad, exigiendo en el segundo caso más cantidad de carga.

32. **Útiles empleados.**— Los útiles que se emplean en los barrenos son: la *barrena*, representada en dos proyecciones en la (fig. 8,) que es una barra cilíndrica de hierro, terminada



(Fig. 8.ª)

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 percusión: debe cuidarse al manejarla de que el filo de la boca ataque en distintas direcciones el fondo del barreno para que resulte cilíndrico, y se echa agua en éste para que la boca de la barrena no se destemple; la *cucharilla* (fig. 9), especie de



(Figs. 9 y 10.)

cuchara con mango largo, que sirve para sacar del agujero el polvo á que reduce la roca la percusión 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.

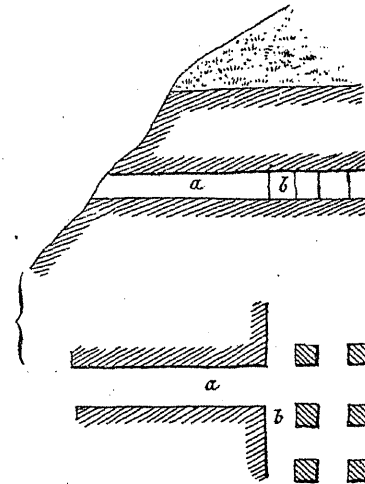
Algunas veces se sustituye la mecha de seguridad por una larga aguja (fig. 10), que se clava en el cartucho ó carga á granel que está en el fondo del barreno, y que después de atacado, como se ha dicho, se saca dejando un agujero que se llena de pólvora, y en la superficie de la roca se forma un reguero más ó menos largo y un cebo, para que transcurra al-

gún tiempo entre la inflamación de éste y la explosión 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; razón 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 expedita 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 menos 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 menos grandes y con un contorno definido.

El tiempo invertido; el coste de extracción de las tierras y rocas, y el de su transporte se consignan en el Apéndice V.

33. **Explotación subterránea ó en galería.**— Si las capas que cubren 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.



(Fig. 11.)

Para la subdivisión de la roca se emplean los mismos procedimientos que acabamos de explicar, y por lo tanto, nos fija-

remos únicamente en la disposición 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 a*, como se representa en un corte vertical y otro horizontal en la fig. 11, que sirve al mismo tiempo para la extracción 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 transversal de explotación *b 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 pies derechos sin extraer, para evitar que el banco superior pueda caer y causar las desgracias consiguientes, obstruyendo al propio tiempo los trabajos ulteriores. Aun presentándose en masa, hay necesidad de dejar estos puntos de apoyo con el mismo objeto, si bien entonces no hay que seguir una dirección dada como en el caso anterior.

De todos modos, los detritus que resultan de la explotación se depositan en las galerías abandonadas, para evitar el gasto de su extracción 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 extracción de los materiales pueda hacerse en carros ó vagones.

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

Si la cantera se encuentra situada á gran profundidad en una planicie extensa, hay que empezar por abrir un pozo vertical *a b* (fig. 12) hasta llegar á la capa que se quiere atacar,

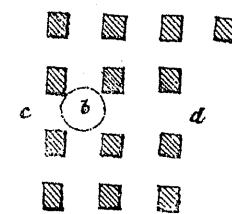
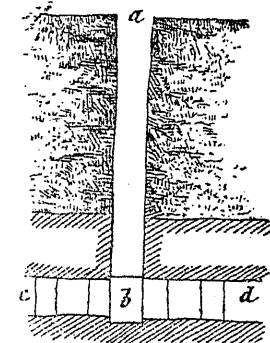
y de aquí parten las galerías de explotación *cb*, *bd*... en las mismas condiciones que en el caso anterior.

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 descripción no es de este lugar.

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

Se ve, por lo expuesto, que la explotación á cielo abierto 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 extracción de los materiales es ordinariamente más fácil. Solo 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 rara vez aplicación á las obras públicas.

34. **Explotación por desprendimientos.**—Un sistema especial de explotación que se emplea en las canteras de Monjuich, cerca de Barcelona, para las diferentes obras, empedrados y puerto de dicha ciudad, da excelentes resultados. La montaña citada está constituida en la parte central de su altura por una serie alternada de bancos de arenisca dura y de arcillas y margas, presentando en la ladera los primeros, á causa de su mayor resistencia á los agentes atmosféricos, hasta ocho salientes ó escalones bien marcados.



(Fig. 12.)

Para verificar la explotación se empieza por abrir, en una de las capas inferiores de marga, galerías perpendiculares á la ladera ó frente de la montaña y después otras que cruzan á escuadra las primeras, siendo variable la longitud de unas y otras, según sea el trozo de montaña que en altura y extensión se trate de desmontar. Estas galerías, cuya altura permite trabajar cómodamente á los obreros, se van ensanchando sucesivamente y reduciéndose, por lo tanto, los prismas que sostienen el banco de arenisca superior; hasta que éste, á causa de la falta de apoyo, empieza á crujir y agrietarse, rompiéndose después y cayendo en trozos enormes, que luego se reducen á las dimensiones necesarias por medio de barrenos.

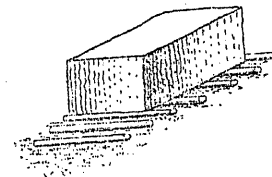
La galería de fondo y las dos laterales que son perpendiculares á la primera y al frente de la montaña, no se ensanchan, á fin de que en ellas no se verifique desprendimiento alguno y puedan servir de punto de refugio y salida á los operarios. Éstos llegan á adquirir tal práctica, que conocen casi por momentos el estado de seguridad que ofrecen las galerías, y determinan ordinariamente el desprendimiento disparando algunos barrenos á varios prismas de los que sostienen el banco superior, el cual se derrumba en cantidad tan grande que á veces cubica miles de metros, sin ocasionarse desgracias personales.

Este sistema de explotación, llamado en la localidad *enderroc*, proporciona grandes ventajas desde el punto de vista de la rapidez y economía, y puede emplearse en circunstancias análogas á las que presenta la montaña de Monjuich (1).

(1) El aumento de volumen que experimentan las tierras desmontadas es un factor que se debe tener muy en cuenta en muchos casos, y sus valores aparecen en el siguiente cuadro:

NATURALEZA DE LAS TIERRAS	Aumento inicial por 100.	Aumento permanente por 100.
Arenas.....	10 á 20	1 á 2
Tierras diversas.....	20 " 25	2 " 4
Margas diversas.....	25 " 30	4 " 6
Arcillas compactas.....	30 " 35	6 " 7
Rocas.....	35 " 50	8 " 15

35. **Desbaste.**—Después de desprendidas las piedras de la cantera, se las transporta á un punto lo más cercano posible y convenientemente dispuesto, llamado *taller de desbaste*. Este transporte se hace unas veces moviendo el sillar sobre varios rodillos de madera colocados paralelamente entre sí, que se apoyan en el suelo después de haberle regularizado y endurecido, y siempre que presente un descenso constante desde la cantera (fig. 13); 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 darle en tosco la forma aproximada que ha de tener en la obra, cuya operación recibe el nombre de *desbaste*, 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 antes de colocarla en su sitio.



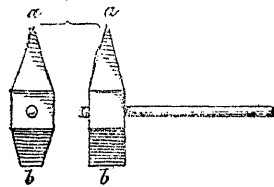
(Fig. 13.)

Si de cada piedra se pueden sacar dos ó más, se la subdivide de una manera análoga á la dicha en la explotación de canteras, y después 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 ésta al desbastarla; pero si no fuera así, se hará que afecte próximamente la figura que debe tener, dejando siempre unos cuantos centímetros en cada dimensión para las creces necesarias, y de esta manera se evita el transportar 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.

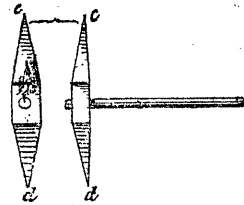
Las únicas herramientas que se suelen emplear en el desbaste de las piedras, son: la *maza* ó *martillo* (fig. 14), cuyo peso varía de 4 á 8 *kg.*, compuesto de una cabeza de hierro con mango de madera, teniendo la primera bien acerados sus extremos *a*, *b*, y el *pico* (fig. 15), con un peso de 3 á 4 *kg.*, 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.

También se emplean las sierras para el desbaste y corte de las piedras, ya por ser bastante blandas ó ya por su precio



(Fig. 14.)



(Fig. 15)

elevado aun siendo duras, como acontece con los mármoles. Con las primeras se usan sierras ordinarias, aunque con dientes más cortos y resistentes que para la madera, y con las segundas se emplean las llamadas *de arena y agua*, cuya hoja es lisa ó sin dientes y se va echando arena silíceo fina y mojada en la hendidura que abren.

La operación del desbaste debe hacerse á poco de sacar el sillar de la cantera, porque entonces está impregnado de la humedad de que ya hemos hablado, llamada *agua de cantera*, y presenta generalmente menos dureza que si se deja transcurrir algun tiempo, al cabo del cual pierde esta agua.

36. **Conducción.**—Después de desbastada la piedra, se la carga y transporta al *taller de labra*, situado lo más cerca posible de la construcción en donde se ha de emplear, y en este taller se da al sillar desbastado la forma y dimensiones exactas que debe tener en obra. Según cambien la distancia entre el taller de desbaste 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 y cangrejos como los indicados más arriba, *carretas* y *carros* tirados por bueyes ó caballerías, y hasta vagones marchando sobre una vía férrea.

Si la distancia entre los talleres de desbaste y labra resultara bastante pequeña, se podrán reducir las operaciones de que nos hemos ocupado, haciendo que la piedra extraída

de la cantera no sufra más operaciones que las de conducción y labra al pie de la obra.

De todos modos, la conducción se verifica utilizando los caminos que existan entre el taller de desbaste y el de labra, ó si no los hubiera abriendo vías provisionales que siempre se establecen de una manera muy económica, así como el arreglo de las existentes. La carga se verifica de diversas maneras, según las condiciones locales; así es que unas veces se establece en el primer taller un alto escalón, de suerte que su parte superior engrase con el bastidor del vehículo cuando éste está en la parte inferior, y en tal caso se transporta el sillar y se carga por medio de rodillos de madera, como se ha dicho en el número anterior. Otras veces no hay escalón, y entonces se aproxima al sillar el vehículo, se inclina su bastidor hacia atrás hasta que pegue en el suelo, y por medio de rodillos, palancas y cuerdas se hace que el primero llegue á la parte central del segundo, que se pone en su posición normal para la marcha. Por último, puede evitarse el establecer el escalón y el inclinar el vehículo, haciendo uso de gruas, tornos y otros aparatos, de que nos ocuparemos en el capítulo IV de la *Parte tercera*.

37. **Labra.**—Ya hemos dicho que esta operación tiene lugar lo más cerca posible de la obra, y para verificarla según las reglas establecidas en el estudio de la Estereotomía, se hace uso de las plantillas correspondientes á las diversas caras que ha de presentar el sillar. Estas plantillas suelen ser de madera, ya recortando su contorno en una tabla, en cuyo caso se llaman *llenas*, ya formándole por medio de listones ó tablas convenientemente ensamblados y haciendo que el conjunto resulte indeformable, y entonces se llaman *de marco*. También se emplean con el mismo objeto otras substancias, como palastro, hojalata, cartón, etc., en cuyo caso las plantillas son *llenas*.

La labra puede ser más ó menos esmerada, según sea la naturaleza y magnitud de la piedra, la posición que deba ocupar y la importancia de la obra á que se la destina; así es, que por regla general en la sillería se labra con el mayor esmero ó á *cincel* las artistas de los paramentos; á *bujarda*, ó sea

con un fuerte martillo de bocas anchas y erizadas de pequeñas pirámides, las caras vistas ó paramentos; á *martellina*, que es una gran azuela con doble filo dentado, los lechos y sobrelechos; y á *picón*, que como su nombre indica, es un doble y fuerte pico que tiene cada extremo terminado en una pirámide, las caras de junta.

Todas estas herramientas, excepto la primera, están atravesadas en su parte central por un mango ó astil de madera, se manejan á dos manos y actúan por percusión directa, por cuyo motivo tienen acerados sus extremos. Las pirámides de la bujarda y los dientes de la martellina, son más ó menos finos, según sea más ó menos esmerada la labra. Por último, el cincel, es un pequeño vástago acerado que termina por un extremo en filo, ya liso ó dentado, y se golpea por el otro extremo con un martillo de hierro dulce, llamado *maceta*.

ARTICULO II

PIEDRAS ARTIFICIALES

38. **Su empleo.**—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 fabricación.

39. **Ladrillos.**—La propiedad que posee la arcilla de endurecer y formar una verdadera piedra cuando se la expone á un calor bastante intenso, sirve de base á la fabricación del ladrillo.

Los ladrillos ordinarios afectan por regla general la forma de un paralelepípedo rectangular, y son de un uso cons-

tante desde las obras más pequeñas hasta las de mayor importancia.

40. **Fabricación del ladrillo.**—Consta de diversas operaciones distintas, que son: 1.º la elección y preparación de la tierra, 2.º el moldeo, 3.º la desecación y 4.º la cocción.

41. **Elección de las tierras.**—Para evitar la contracción y el agrietamiento que generalmente experimenta la arcilla al secarse, y sobre todo al exponerla á un fuerte calor, es conveniente que contenga cierta cantidad de arena; más no tanta que produzca un ladrillo poroso, absorbente y sin consistencia. Con este objeto se hacen las mezclas necesarias, no de estas dos substancias, pues rara vez se encuentran puras en la naturaleza y próximas una á otra, sino de tierras más ó menos 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 substancias 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 con varios ejemplares, cambiando en cada uno las proporciones de la mezcla entre las tierras de que podemos disponer, y sometiéndolos 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.

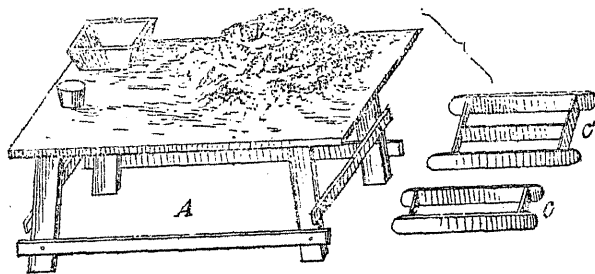
42. **Preparación.**—Una vez elegida la tierra ó tierras que han de formar los ladrillos, se la extrae en el invierno y se la extiende para que expuesta á las influencias atmosféricas se divida, reblandezca y purifique, desagregándose las partes más compactas, y arrastrando las lluvias las materias solubles que pueda contener. Al cabo de cierto tiempo, que ordinariamente es 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 extensión necesaria en cada caso, y 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. 66, 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 útiles 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 volumen de la tierra.

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

43. **Moldeo.**—Después de bien amasada la tierra se transporta 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 medio de cobertizos, consta de una ó más mesas *A* (fig. 16) fuertes y resistentes,



(Fig. 16.)

tes, provistas de una vasija ó cubo con agua, y un cajón con arena fina y seca que se colocan á un costado. El molde ó *gradilla* 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, más lo que se contrae al secarse y cocerse, según aparece en mayor escala en *C*, hacién-

dose 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 suficiente para que el moldeador no sufra ninguna interrupción 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 también por sus costados interiores y va echando pelladas de la masa *B* hasta llenarle: comprime é iguala con la mano la pasta, y después de haber mojado una fuerte regla de madera dura, y mejor de hierro, llamada *raser*, la pasa por encima y quita el excedente 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 operación, continuando así todo el tiempo de su trabajo. El auxiliar lleva el molde al secadero, deja allí la pasta, dando un pequeño golpe á la gradilla en el suelo, y vuelve á tomar otro para repetir la misma operación.

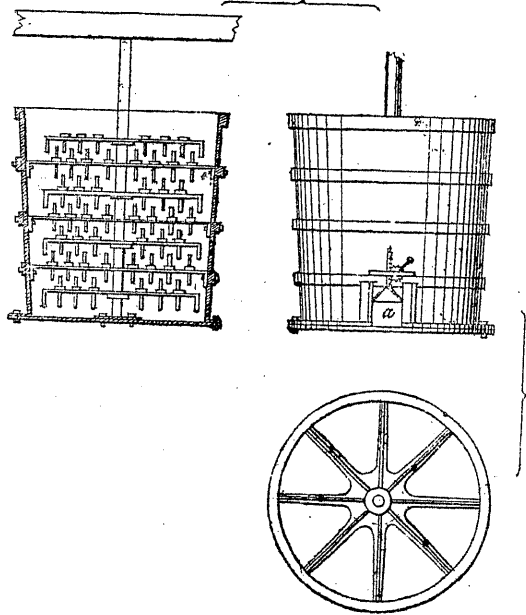
Se ve, por lo dicho, que el número de gradillas y auxiliares que necesita un moldeador aumenta con la distancia á que se encuentra el secadero, por cuya razón debe estar lo más próximo posible. La cantidad de ladrillos que puede moldear al día cuando ha adquirido bastante práctica, llega á 8.000; pero es mejor que no pase de la mitad y trabaje con pasta consistente.

Á veces, se prepara una era en el terreno, sobre la que se moldea lo mismo que sobre la mesa, levantando después la gradilla con cuidado para dejar la pasta en el mismo sitio en que se ha moldeado y se seque allí, repitiendo esta operación en todos los puntos de la superficie de la era. Así se evita el transporte al secadero, pero en cambio, es más molesto para el obrero el moldeo, por la posición 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 moldeo, se emplean aparatos especiales que disminuyen el trabajo de los obreros y dan productos económicos, cuando se quiere me-

jorar la calidad del ladrillo, ó se tenga que fabricar en gran cantidad.

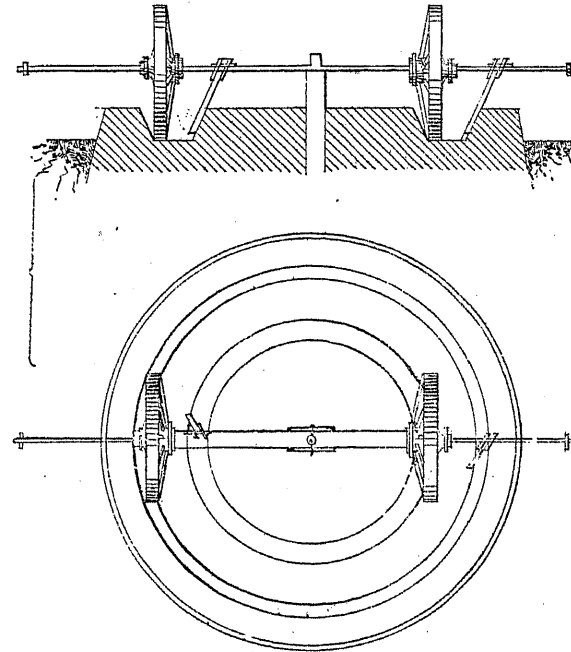
44. **Máquina de amasar.**—Con el primer objeto se emplean tonelés de hierro fundido ó de madera reforzada con aros de hierro, como el representado en dos proyecciones y una sección vertical en la fig. 17, en cuyo centro hay un eje vertical



(Fig. 17.)

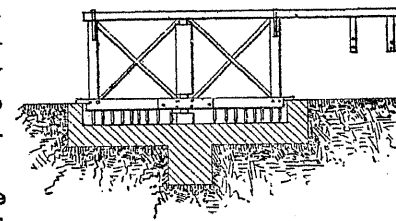
invariablemente unido á varios brazos horizontales, de los que salen unas púas ó dientes que pasan por los claros que dejan otras púas que están unidas á otro sistema de brazos análogo al primero, pero que no giran con el eje y están unidos á las paredes del tonel: el eje vertical ó arbol, los brazos y las púas son de hierro. Dando movimiento al arbol, 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 mate-

rias, las que al cabo de cierto tiempo forman un barro homogéneo. Á este se le da salida por la parte inferior, abriendo



(Fig. 18.)

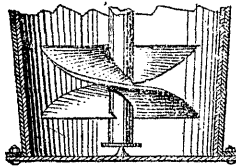
la compuerta *a*. Este mismo resultado se consigue por otros medios parecidos, como se ve en las figuras 18 y 19, reduciéndose en la última el tonel á un rebajo circular hecho en el suelo y revestido con el cuidado que en cada caso sea necesario.



(Fig. 19.)

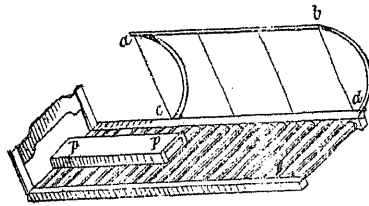
45. **Máquina de moldear.**—Un tonel análogo al descrito sirve para el molde del ladrillo ordinario, y sobre todo de los huecos, de que hablaremos después; pero en este caso, en lu-

gar de los brazos inferiores del arbol central y de los inmediatos que están unidos al tonel, lleva el primero dos chapas en forma de helizoide (fig. 20), y dando movimiento de rotación al arbol, como se ha indicado



(Fig. 20.)

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 sección transversal del ladrillo que quiere obtenerse, la pasta pasará á través de esta abertura en forma de un prisma *pp* de más ó menos longitud (fig. 21), que puede correr sobre una mesa de rodillos que



(Fig. 21.)

está al frente de la abertura, cortándole después el obrero en ladrillos de la longitud deseada, por medio de alambres de latón ó hierro que están unidos á un bastidor *abcd*. Haciendo girar 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 moldeo se hacen á máquina, no debe tener 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, cohesión 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.

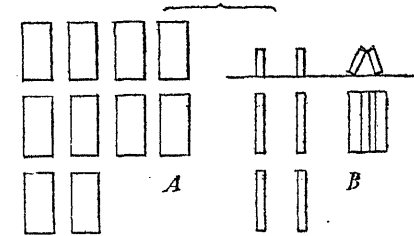
Esta máquina, llamada de Clayton, nombre de su inventor, es de producción continua si se cuida de tener constan-

temente lleno el tonel de las materias que han de formar la pasta del ladrillo, y su empleo presenta grandes ventajas desde 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, y puede producir de 4 á 5.000 ladrillos por hora.

46. **Desecación.**— Á 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 esta un pequeño golpe en el suelo: á este sitio se da el nombre de *secadero*. El ladrillo queda entonces durante uno ó 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* (fig. 22). 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 uno á dos metros 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

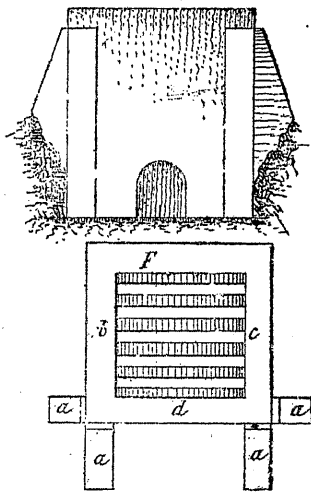


(Fig. 22.)

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; pero esto aumenta su precio.

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

La cocción ó *cochura* puede verificarse en pilas llamadas *hornigueros* ó en hornos, empleando de combustible leña, turba ó hulla. Los primeros se parecen en su disposición á los rejales, echando en su interior el combustible, cubriendo su superficie con una camisa de arcilla mezclada con arena y paja, y dejando huecos interiores que sirven de chimeneas



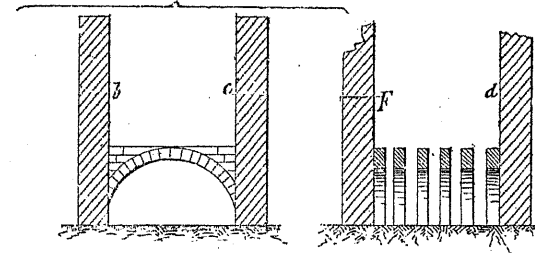
(Fig. 23.)

para la combustión; pero dan ladrillos muy desigualmente cocidos. Por esta razón se usan más los hornos, y aunque hay procedimientos muy diversos en esta operación, nos concretaremos á examinar el más usualmente seguido en nuestro país. Este consiste en un horno ordinario y en el empleo de la leña.

48. **Hornos ordinarios.**—Un horno común consta de cuatro muros (fig. 23); que se cortan en ángulo recto, y si son de bastante altura, llevan refuerzos ó contrafrerres *a a*. Están formados ordinariamente de la-

drillos 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 *b, c*, se construyen arcadas cuyo espesor vertical es el largo de los ladrillos, y el horizontal el ancho de los mismos, según se ve en dos sec-

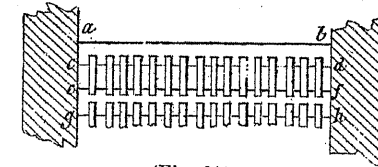
ciones verticales en la fig. 24. Entre cada dos arcadas consecutivas hay un claro ó separación de 14 á 16 *cm.*, para que pueda penetrar el calor y la llama á la parte superior ú horno, sirviendo la inferior de hogar. Estas arcadas se hacen de or-



(Fig. 24.)

dinario con ladrillos bien aireados y secos, de la misma naturaleza que los que se van á cocer, aunque, á ser posible, convendría fueran refractarios, y después 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 según *a b c d* y *e f g h* (figura 25), ladrillos de canto á lo largo, que dejen entre sí algún espacio libre, formando



(Fig. 25.)

en toda la extensión del horno una capa horizontal de ladrillos paralelos unos á otros: sobre esta capa se pone otra en las mismas condiciones, pero la dirección de los ladrillos es á ángulo recto con los inferiores; y así se continúa, alternando esta dirección 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 tablonces sobre cada capa para colocar la superior, los que se van subiendo á medida que ade-

lanta la carga. La separación entre las filas de los ladrillos que forman una capa no debe ser constante y sí crecer desde el centro hacia las paredes, y aumentar también en las diversas capas á medida que están más altas, con objeto de que el calor esté repartido con la mayor igualdad posible. Esta separación varía de 2 á 6 *cm.*, debiéndose cuidar de que los extremos de los ladrillos de la misma capa que forman una fila, dejen un claro de 2 *cm.* próximamente. Sobre la última capa se colocan ladrillos puestos de plano, cubiertos 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 ocho ó diez 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 cuatro á seis días. Después se descubre el horno y se le descarga con precaución para evitar roturas y pérdidas del material.

Se conoce que está concluida la cocción 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.

49. **Situación y dimensiones de los hornos.** — Siempre que el terreno lo permita, se sitúa el horno en una ladera, en la que se hace una excavación, 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 fríos, se ponen pantallas de estera ó lona para evitar sus efectos. Empleando leña ó retama, se queman de 1.000 á 1.300 *kg.* de combustible por cada millar de ladrillos, para obtener una buena cocción.

Los hornos que hemos considerado pueden contener hasta 20 ó 30.000 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 50 *cm.* 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.

50. **Generalidades acerca de los ladrillos.** — En toda cocción 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 cocción y dureza media, y la última, que resulta poco cocida, y que solo se emplea en los rellenos y obras interiores. Los ladrillos de la primera clase, llamados *recochos*, suelen tener un color encendido, ó amarillo bajo, según 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* ó *pardos*, 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 poderlos enlazar ó combinar mejor en la construcción, se les da próximamente

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

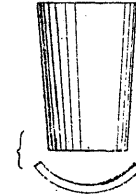
doble longitud que ancho, y un espesor distinto en cada caso, que depende de la naturaleza de la arcilla y objeto á que se los destina. Este espesor deberá siempre ser tal, que la acción del calor alcance á la parte central de la masa, para que su cocción sea uniforme en cuanto es dable. Las dimensiones ordinarias del ladrillo común en nuestro país son 280 *mm.*, 136 y 40, aunque también se hacen cambiando bastante estos valores; así es que el ladrillo común de Madrid tiene 278 *mm.* de largo, 139 de ancho y 23 de grueso. En Francia suelen tener 220 *mm.* por 107 y 50; y los de Londres, 230 *mm.* por 110 y 65 de grueso. Alguna vez, aunque rara, se les da forma de cuña para construir arcos.

51. **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 claro y metálico, y en el segundo presentar una textura uniforme y compacta. La permeabilidad se conoce pesando el ladrillo en seco, y después de haber estado sumergido en el agua unas 24 horas, tiempo suficiente para saturarse: el bien cocido absorbe $\frac{1}{7}$ próximamente de su peso; el recocho, y más el vitrificado, apenas absorbe alguna; pero el mal cocido, llega á absorber hasta $\frac{2}{7}$. Sometiendo el ladrillo al mismo procedimiento expuesto en el núm. 5, se ve si resiste convenientemente á las heladas. El peso específico del ladrillo ordinario varía de 1,50 á 2,00. El buen ladrillo debe estar bien perfilado y presentar vivas sus aristas.

52. **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 más 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 experimenten 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. 26), 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. Se usan mucho en nuestro país los de forma abarquillada, algo más estrechas por un extremo que por otro, con longitud de 26 *cm.* próximamente, 13 de ancho medio y de 1 á 2 de espesor. Se emplean para cubrir los edificios, enchufando ó cubriendo unas con otras.



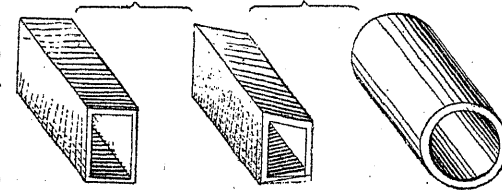
(Fig. 26.)

De algún tiempo á esta parte se hace también uso de *tejas planas*, solapando las superiores á las inferiores en los tejados, y encajando unas con otras por medio de lengüetas y ranuras convenientemente dispuestas.

Las *baldosas* son ladrillos más delgados que los descritos, de forma cuadrada y alguna vez poligonal, que se emplean por lo común en el solado de los pavimentos. La pasta debe ser fina, esmerado el moldeo, y la cocción completa para resistir el rozamiento del tránsito. Las ordinarias tienen generalmente 28 *cm.* en cuadro y 2 ó 3 de espesor, pudiéndose hacer con diversidad de colores y dibujos. Cuando sus lados son de 15 á 20 *cm.* se llaman *baldosines*, y si además tienen una cara vidriada reciben el nombre de *azulejos*.

También se fabrican ladrillos *huecos* (fig. 27), de formas y

dimensiones muy diversas, cuyo moldeo se hace de ordinario á máquina, como ya se ha indicado, y que tienen grande aplicación para



(Fig. 27.)

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 pequeños arcos y bóvedas. Cuando la sección transver-

sal 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.

Por último, también se emplean grandes ladrillos con taladros verticales, que á veces presentan molduras y adornos en sus paramentos y están fabricados con tierras especiales. Este material, llamado *terra-cotta*, tiene gran semejanza con la sillería por su color y resistencia, pero es mucho menos pesado; sus caras están vitrificadas por una intensa cocción; es inalterable á las acciones atmosféricas y al fuego; pesa la mitad que las calizas; proporciona una gran economía, y se ha empleado con buen éxito en la construcción de grandiosos edificios en Londres y otras capitales.

ARTICULO III

MORTEROS Y HORMIGONES

53. **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 substancias, llamadas *cal*, *arena*, *cemento* y *puzolana*, reducidas á estado pastoso por el batido que experimentan con alguna cantidad de agua, adquiriendo al cabo de cierto tiempo la resistencia de una piedra más ó menos dura. Las dos substancias 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.^a que pueda emplearse en estado pastoso, para que sirva de cuerpo elástico entre dos piedras y puedan por su intermedio estar en perfecto contacto las dos caras contiguas, aunque presenten algunas irregularidades; 2.^a 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.^a que su dureza y adherencia aumente

con el tiempo, y 4.^a que se consiga este resultado con el menor gasto posible.

54. **Clasificación.**—Hay dos especies distintas de morteros: los *ordinarios*, que tienen la propiedad de no endurecer más que al aire seco después 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 substancias que entran á formarlos.

55. **Calcinación de las calizas.**—Ya hemos dicho (número 12) que exponiendo las piedras calizas á un fuerte calor, producen la *cal*. Esta operación se ejecuta ordinariamente en España construyendo hornos como los descritos al tratar del ladrillo, eligiendo después 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 calcinación bastante igual en toda la carga, cuando se han partido las piedras hasta reducirlas á la dimensión media de 5 á 10 *cm*.

Hecho esto, se prende fuego á la leña ó retama del hogar, proporcionando un calor moderado durante diez ó doce horas; pues si fuera violento podría 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 contenía; entonces 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 calcinación está terminada cuando la llama sale por la boca del horno sin humo y con un color blanquecino, notándose unas cinco horas antes de terminarse la

operación, que la carga ha experimentado un asiento de $\frac{1}{8}$ próximamente de su altura. También 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 calcinación suele durar de tres á cuatro días.

Concluida la cocción, 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 después se le puede ya descargar, cuidando en lo sucesivo de preservar á la cal de las influencias atmosféricas ó empleándola pronto. Hay que tomar varias precauciones para que la marcha del calor sea bien regular y evitar los golpes de viento, como se dijo en la cocción de los ladrillos; pero esto corresponde más bien á la práctica del calero.

La cantidad de cal que da un volumen determinado de piedra caliza es muy variable, encontrándose disminuido éste de 0,1 á 0,2, y el peso, cuando la calcinación es perfecta, viene á reducirse á 0,55 del primitivo. El consumo de leña es de 1,80 m^3 por m^3 de cal, ó la cantidad equivalente cuando el combustible es más delgado y está en haces.

Aun cuando este sistema sea el más usual en nuestro país, se emplean otros, ya más sencillos, ya más perfeccionados. Entre los primeros, está la calcinación *en montón*, que consiste en disponer la piedra caliza, partida y mezclada con hulla, en un montón que se cubre con césped, se da fuego por la parte inferior y se continúa la operación, cuidando de evitar los golpes de viento y regularizando el tiro según la intensidad de la combustión. Este método, conveniente cuando hay que cocer en poco tiempo grandes cantidades de caliza y sea difícil ó costoso establecer hornos, puede ser muy económico en una fabricación temporal.

En los hornos de *calcinación continua* se carga de una manera constante la caliza y el combustible por la parte superior, y se saca la piedra calcinada por la inferior. Sus formas son sumamente variadas, si bien generalmente tienen una capaci-

dad como los ordinarios, estrechada en su parte inferior, variando el consumo de hulla con la naturaleza de la piedra y la forma del horno desde 2 hasta 5 hectólitros por m^3 de cal. Esta considerable economía depende de no enfriarse nunca el horno y de salir la cal casi fría, restituyendo á la piedra superior todo el calor que había adquirido. Aun cuando la calcinación no siempre sale igual, se puede en cambio abastecer con estos hornos á una obra cualquiera por importante que sea.

56. Propiedades y clasificación de las cales.— Al salir la cal del horno se la llama *cal viva*, y si se le echa agua la absorbe con cierta rapidez desarrollando bastante calor, aumenta de volumen ó se *hincha*, agrieta y desmorona, reduciéndose, por último, á polvo fino y seco. Si después se vierte aún 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 cáustica, ó lo que es lo mismo, puesta en la lengua no produce el calor acre y ardiente que caracteriza á la cal viva, habiéndose convertido en *cal apagada*.

Estos mismos fenómenos tienen lugar, aunque de una manera mucho más lenta, cuando se expone la cal viva al aire húmedo; y solo se manifiestan en parte ó con menos 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 menos 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 despiden vapores, se calienta y se hincha mucho al poco tiempo para quedar después 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 antes 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 5 *cm.* de diámetro, las que se depositan con cuidado en una vasija llena de agua. Á 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 el experimento 24 horas después, continuando del mismo modo hasta que resista la pasta. Cuando esto tiene lugar después de 20 días, la cal es poco hidráulica; y si al cabo de seis meses la pasta sigue blanda, carece entonces de tal propiedad.

Se conoce también 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 *eminente mente 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 *fragua* al cabo de uno á seis meses; la hidráulica á los seis ó veinte días, y la última aparece fraguada entre el segundo y cuarto día.

Las cales grasas aumentan de volumen y se calientan mucho con el agua, diluyéndose y formando una pasta blanca, fina, adherente y grasa al tacto, que permanece blanda en

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

los sitios húmedos y fuera del contacto del aire. El calentamiento llega hasta 300° y el volumen es de dos á cuatro veces el primitivo. Tomando 100 kg. de cal muy pura se obtiene 0,24 *m*³ de pasta. Se emplea mucho en las construcciones ordinarias; pero no en las hidráulicas.

Las cales áridas se calientan é hinchan poco con el agua. El volumen de la pasta no es más que 1,10 á 1,25 el primitivo y se endurece al aire.

Las cales hidráulicas no desarrollan calor y no se hinchan, ó poco menos. Se endurecen bajo el agua y fraguan en:

2 á 6 días si la arcilla contenida es el	30 por 100
6 á 8 días	25 "
9 á 15 días	20 "

57. **Cimento.**—Los cementos ó cements se distinguen de las puzolanas en que, mezclados sólo con cierta cantidad de agua y bien batidos hasta formar una pasta consistente, producen morteros más ó menos hidráulicos. Estas substancias provienen de calizas con cantidades variables de arcilla y con diversos grados de calcinación ocasionada por el calor central de la tierra ó por medios artificiales.

En general, no son más 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. Su peso varía de 900 á 1.100 *kg.* el metro cúbico en los cementos de fraguado rápido, y de 1.100 á 1.300 en los de fraguado lento. Estos son preferibles á los primeros por su mayor resistencia.

Los cementos no son susceptibles de apagarse; pero reducidos previamente á polvo y unidos á una cantidad de agua suficiente, se calientan hasta 65°, forman pasta consistente, y sumergida después en el agua se endurece, formando una cristalización confusa más ó menos resistente.

Por regla general, contienen de 30 á 60 por 100 de arcilla; fraguan en pocos minutos los rápidos (de 15 á 20) y adquieren la dureza de la piedra al cabo de un mes, sobre todo cuando están sumergidos en el agua, sin que presenten ninguna contracción ni la menor grieta. Estas notables cualidades de los

cimientos los hace ser de un uso constante en los trabajos hidráulicos, y especialmente en los marítimos.

58. **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 embargo, algunas que tienen la cualidad hidráulica, lo que se reconocerá fácilmente, como veremos después.

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

59. **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, variando ordinariamente su composición de 40 á 20 por 100 de cal por 60 á 80 de arcilla. 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 proporción, apenas hacen sensible esta propiedad: razón por la que deben siempre ensayarse antes 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. También se obtienen artificialmente puzolanas, triturando el ladrillo, las tejas y otras varias substancias.

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 previamente se ha comprobado ser grasa, y se añade una dosis 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 el experimento en un

todo igual al descripto para conocer la hidraulicidad de una cal cualquiera, con cuyo objeto se le reduce á polvo impalpable, se le mezcla con una espátula ó cuchillo con $\frac{1}{3}$ próximamente de su volumen de agua formando una bola, que al principio se eleva su temperatura, y cuando se ha enfriado se la sumerge en el agua, donde se observa su endurecimiento.

60. **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 ríos 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 antes. Tampoco conviene usar el agua de mar, si se puede disponer de agua dulce.

61. **Cales hidráulicas artificiales.**—Sometidas á una cocción 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 también presenta puzolanas naturales, que solo han necesitado una trituración para reducir las á polvo; y por último, se obtienen por la cocción de las piedras arcillo-calizas los cementos también 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, según la energía de que se la quiera dotar, adoptando una de las proporciones que se han indicado.

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 vierta cierta cantidad de agua. Este medio, aunque muy usado, es menos 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 substancias hasta que resulte una masa homogénea, para lo cual se emplean aparatos semejan-

tes á los descriptos al tratar del amasado de las tierras en la fabricación 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: después se forman bolos ó prismas como ladrillos, que se secan y se someten á la cocción, procediendo luego como con la piedra caliza calcinada. De todos modos, conviene hacer ensayos previos para conocer la naturaleza del producto obtenido.

62. **Cimentos artificiales.**—Entre los varios productos de esta clase que proporciona la industria, el que tiene más crédito por sus notables propiedades es el llamado *Cemento de Portland*, que está compuesto de una tierra arcillosa y creta, mezcladas y molidas juntas, calcinadas después á una alta temperatura, y molidas, por último, hasta formar un polvo fino. Este producto se divide en dos variedades, llamadas de *fraguado lento* y *rápido*, siendo el primero denso, de color gris muy azulado y mucho más fuerte que el segundo, que es moreno, menos resistente y en cuya composición entra por lo regular demasiada arcilla.

Este cemento mejora con el tiempo si se le conserva libre de humedad; es tanto más resistente cuanto más tarda en fraguar; si se le mezcla con arena, cuanto más limpia y áspera es esta, tanta más resistencia alcanza; y por último, cuanto menos agua se vierta para mezclarle, es mejor el resultado. Los experimentos han hecho ver que ladrillos formados con una parte de cemento y 4 ó 5 de arena son tan resistentes como los mejores ladrillos ordinarios, y que al cabo de un año una parte de cemento y una de arena tiene próximamente una resistencia igual á $\frac{3}{4}$ del cemento puro; 1 del primero y 2 de la segunda adquiere $\frac{1}{2}$ de dicha resistencia, y respectivamente 1 y 3 adquiere $\frac{1}{3}$; 1 y 4, $\frac{1}{4}$, y 1 y 5, $\frac{1}{5}$ próximamente.

El cemento fuerte de Portland pesa 1,38 *kg.* el litro, siendo menos pesada la otra variedad. En España existen buenos cementos de fraguado rápido, como son los de Zumaya, Iraeta y San Sebastián. Su peso es de un kilogramo por litro.

En el siguiente estado se consigna la composición usual de las cales y cementos:

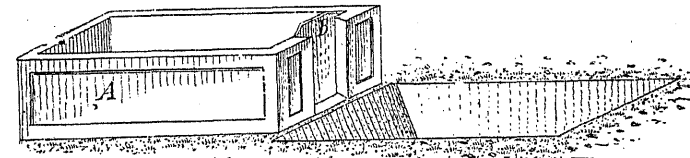
	Cal.	Arcilla.
Cal grasa.....	100	0
Cal magra.....	90	10
Cal débilmente hidráulica...	80	20
Cal medianamente id.....	75	25
Cal eminentemente id.....	70	30
Cal cemento.....	65	35
Cemento límite inferior.....	60	40
Cemento ordinario.....	50	50
Cemento límite superior.....	30	70
Puzolanas.....	20	80

63. **Fabricación de los morteros. Morteros de cal.**—Las operaciones necesarias para obtener un mortero son: el *apagado* y *cribado* de la cal, la *proporción* de las materias y su *mezcla*.

64. **Apagado de la cal.**—Aunque hay varios procedimientos para apagar la cal, solo nos fijaremos en los dos más usuales y convenientes, llamados *ordinario* y por *aspersión*.

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 continuación sobre la primera el agua necesaria para que forme una pasta consistente. Después se va echando la arena sobre la pasta de cal y se mezclan groseramente estas substancias, que se dejan reposar por algunos días, 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. 28), que tiene una compuerta



(Fig. 28.)

B; y se la reduce á pasta suelta echando el agua suficiente. Después 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 dos ó tres veces el volumen que tenían antes de apagarse, y las demás con el mismo ó 1,5 á lo sumo.

El apagado por aspersión se verifica formando con la cal uno ó más montones con un volumen aproximado de $\frac{1}{4}$ de m^3 cada uno, se los riega por medio de cubos, regaderas, etc., é inmediatamente se cubren con arena sin removerlos. Después, se tiene cuidado de ir tapando con arena las grietas que se forman en la superficie de los montones á consecuencia de la hinchazón que experimenta la cal, para oponerse así al escape de los vapores, y se obtiene de esta manera al cabo de algún tiempo una cal perfectamente apagada y reducida á polvo muy fino. También se forman montones de más volumen, aunque entonces el apagado no resulta tan igual.

La relación entre los volúmenes de la cal antes y después 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.

La cantidad de agua empleada para el apagado por el primer procedimiento, varía de 1 á 3,5 en volumen con relación á la cal, según sea más ó menos hidráulica, y por el segundo varía de $\frac{1}{4}$ á $\frac{1}{2}$.

65. 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 un experimento previo tomando un volumen conocido de cal viva y pesándolo; se le echa el agua necesaria para que se apague perfectamente, formando pasta, y después se vuelve á pesar: la diferencia de pesos es el del agua conveniente para el volumen 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 operación 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 que-

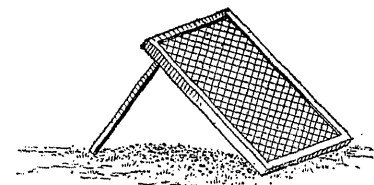
dado algunas partes sin apagar, y hay que verter más agua.

El método seguido en el apagado influye en el resultado de la operación, y el orden de preferencia que se debe adoptar 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 aspersión.

***66. Cribado.**—Una vez apagada la cal y reducida á polvo, se debe pasar por una zaranda antes de emplearla en la fabricación de los morteros, para separar las piedrecillas y terrones demasiado voluminosos. Las zarandas más usadas consisten en un bastidor rectangular (fig. 29), de un metro próximamente de ancho por 1,50 á 2,00 de altura, con un enrejado de alambre cuyas mallas tienen unos 15 *mm.* de abertura; y otras veces con varillas de hierro ó listones de madera, formando filas que dejan un claro de



(Fig. 29.)

1 *cm.* Esta operación se verifica colocando la zaranda inclinada unos 45°, y echando encima con palas la cal apagada: las partes finas pasan á través del enrejado, y las demás ruedan por éste hasta el pie del bastidor.

67. 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 espuelas que tengan poco volumen, para poderse manejar con facilidad. Para esto, se echan de uno de los componentes, una, dos ó más medidas, según sea la relación en que deba entrar respecto á los demás; luego se pone la parte correspondiente á otro, y después el volumen 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 su composición, se concibe que es imposible dar *a priori* soluciones concretas 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 razón nos limitaremos aquí á dar la composición de algunos morteros; pero teniendo presente que esto debe considerarse únicamente como punto de partida ó de comparación, para cuando se tenga que resolver un problema de este género. De todos modos, el volumen 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, después de limpiarla y secarla convenientemente, y luego se vierte agua hasta que aparezca en la superficie: el volumen de agua que se ha vertido es el buscado. La relación entre los huecos y el volumen total de la arena, es como sigue:

Para la arena muy fina y tierras.....	2/7
Para arenas finas de 0 ^m 0003 de diámetro....	1/3
Para arenas medias de 0 ^m 001.....	2/5
Para arenas gruesas de 0 ^m 003 de diámetro...	5/12
Para gravas de 0 ^m 01 á 0 ^m 015.....	1/2
Para piedra partida de 0 ^m 030 á 0 ^m 050.....	1/2

Esto no obstante, la proporción habitual en los morteros ordinarios, varía desde partes iguales de cal apagada y arena, hasta 1 de la primera materia y 3 y aun 4 de la segunda.

En la confección de los morteros hidráulicos aumenta la dificultad de establecer una proporción definida para que llenen las condiciones generales establecidas en el núm. 53, 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 du-

reza 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 cimentos, 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 tesis 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.

Como término de comparación que puede ser útil consultar en las aplicaciones para casos análogos, se inserta el siguiente cuadro:

Cuadro de la composición de un metro cúbico de algunos morteros.

CALES	VOLUMEN				OBSERVACIONES
	Cal apagada en polvo.	Arena.	Cemento.	Puzolana	
Grasa.....	0,37	0,95	"	"	Para muros.
Idem.....	0,34	"	0,82	"	Para empedrados.
Idem.....	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.
Idem (energía regular).....	0,33	1,02	"	"	Para sumideros y construcciones hidráulicas.
Idem.....	0,37	0,95	"	"	
Idem.....	0,38	1,02	"	"	
Idem.....	0,44	1,00	"	"	Empaquetados y enlucidos.
Poco hidráulica (mortero energético)	0,45	0,45	"	0,45	Mamposterías en los canales.
Hidráulica (mortero muy energético).....	0,48	1,00	"	"	Obras marítimas.

En Inglaterra se emplean las siguientes composiciones:

Cantidades medias de materiales que se emplean en formar varias clases de morteros.

PROPORCIONES	MATERIALES	VOLUMENES
1 á 3	Cal grasa (en pequeños trozos).....	1,00
	Arena.....	3,00
	Agua.....	1,50
1 á 2	Cal poco hidráulica (en pequeños trozos).....	1,00
	Arena.....	2,00
	Agua.....	0,83
1 á 2	Cal hidráulica (en polvo).....	1,00
	Arena.....	2,00
	Agua.....	0,67
1 á 2	Cemento de Portland.....	1,00
	Arena.....	2,00
	Agua.....	0,65
1 á 3	Cemento de Portland.....	1,00
	Arena.....	3,00
	Agua.....	0,84
1 á 4	Cemento de Portland.....	1,00
	Arena.....	4,00
	Agua.....	1,00

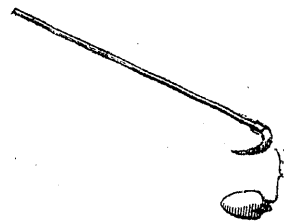
El siguiente cuadro da los volúmenes de cal y arena que deben mezclarse para formar un metro cúbico de mortero:

Relación entre el volumen de pasta de cal y el de arena	VOLUMENES PARA OBTENER UN METRO CÚBICO DE MORTERO	
	Pasta de cal. Metros cúbicos,	Arena. Metros cúbicos.
2 á 3	0,50	0,75
1 á 2	0,43	0,86
1 á 3	0,34	1,00
1 á 4	0,25	1,00

68. Mezcla de las materias.—Esta operación puede hacerse á brazo ó con máquinas para las obras en grande, y las

substancias se miden en volumen y en polvo ó en pasta consistente.

69. **Mezcla á brazo.**—Adoptando el primer sistema, se iguala en el terreno la extensión necesaria y se cubre con tablas, ladrillos ó lajas de piedra que formen una superficie plana: se establece con la arena un cordón circular, y en el centro se echa la cantidad conveniente de cal en pasta. Después se procede á la mezcla de la cal y la arena por medio de *batideras* de hierro (fig. 30), que comprimen las materias contra el suelo con la paleta del extremo; las recoge después volviéndola y mezclando así por pequeñas porciones las substancias depositadas, hasta que la pasta sea homogénea: á medida que se extiende la mezcla con las batideras, la va reuniendo un obrero con una pala.



(Fig. 30.)

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*.

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

El uno compuesto de ruedas verticales (fig. 18), 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 al 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 acción 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 proporción de las materias,

se echa en el rebajo circular, y se extiende lo más igualmente posible la cal que debe entrar en una molienda, la que se mide por el número de carretillas descargadas, y se empieza á dar movimiento á las ruedas; después, y sin detenerlas en su marcha, se van vertiendo por igual también las carretillas de arena necesarias para que resulte la proporción buscada.

El otro tipo está reducido á un tonel como el ya descrito (fig. 17) al hablar de la fabricación 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 operación en dos veces cuando el mortero no es hidráulico. Se empieza por mezclar groseramente las materias y se las deja descansar dos ó tres días, volviéndolas después á someter á la mezcla definitiva inmediatamente antes de emplearla.

En los trabajos de importancia bien ordenados, se hace la fabricación de los morteros en barracas ó tinglados, divididos en varios 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 día. La llave que cierra estas barracas está en poder de un guarda para evitar que se altere maliciosamente la proporción de las mezclas.

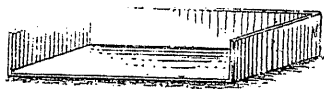
Cuando á la arena se sustituye en parte ó en todo la puzolana, para obtener morteros hidráulicos, la fabricación es igual á la descrita, ya se haga á brazo ó con máquina; cuidando siempre de emplearlos antes de que den indicios de empezar el fraguado.

71. **Mezclas particulares.**—Si el mortero está formado únicamente por cemento y arena, hay que empezar por mezclar estas dos substancias *en seco* y con el mayor esmero posi-

(1) Examinando los cuadros anteriores, se ve que la manipulación da siempre por resultado reducir el volumen total de las materias componentes del mortero, y se aprecia, por término medio, este efecto en $\frac{1}{8}$ ó $\frac{2}{7}$ cuando la mezcla está bien hecha.

ble, para evitar que en el tiempo que se invierte en esta operación, 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 volumen total de 6 litros, y se echan en un *cuezo* (fig. 31), que solo tiene tres paredes, removiendo perfectamente estas substancias. Después forma el obrero con ellas un reborde en la parte en que no hay



(Fig. 31.)



(Fig. 32.)

pared, y vierte en el centro del *cuezo*, y de una sola vez si es posible, el agua necesaria; comprimiendo inmediatamente en ésta con la punta de una paleta de hierro (fig. 32), 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 *cuezo*, haciéndola luego pasar por pequeñas partes, que aprieta con la hoja de la paleta para triturarlas en lo posible, y repite esta última operación las veces necesarias hasta que la masa sea homogénea en todas sus partes, y puesta en montón 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 (69); después se forma con estas materias un reborde circular, en cuyo centro se vierte la cantidad de agua necesaria, operándose la trituración como antes se dijo.

En la manipulación no se debe echar nunca más agua que la absolutamente necesaria; y aunque al principio parece insuficiente y el mortero forma una pasta dura, se va reblandeciendo por la trituración, y al poco tiempo se ve que era la que convenía.

Cuando el mortero está compuesto de cal, arena y cemento

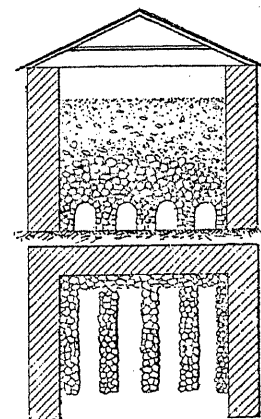
se comienza por mezclar sólo las dos primeras substancias, y después que formen un buen mortero, se añade el cemento en polvo y se procede á la mezcla como se acaba de decir.

72. **Morteros de yeso.**—Ya se dijo (17) que sometidas las piedras yesosas á una calcinación conveniente, resultaba el yeso.

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

73. **Cocción de las piedras yesosas.**—Se puede verificar esta operación 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 porción 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. 33). Paralelamente á los muros laterales se forman diversas bóvedas de 50 *cm.* de claro por unos 65 de alto, con los trozos mayores de la misma piedra que se va á cocer. Los claros que se dejan; la posición de la carga; la colocación 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 menos intenso.

La cocción dura de 10 á 15 horas, indicando la práctica 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 *m*³ de leña por metro cúbico de yeso obtenido; la piedra, después de la cocción, disminuye próximamente $\frac{1}{4}$ de su peso por el agua desprendida. Terminada esta opera-



(Fig. 33.)

ción y después de enfriado lentamente el horno, se saca el yeso y se tritura hasta reducirle á polvo más ó menos 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. 18, 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 días antes de usarle, lo que amortigua su energía.

74. 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 construcción. Á pesar de esto, el yeso tiene las desventajas de disminuir de dureza con el transcurso del tiempo, y más si está expuesto á la humedad, y de aumentar de volumen en $\frac{1}{2}$ próximamente con el tiempo también; circunstancia muy atendible para evitar que las obras en que se emplea este material se alabeen ó agrieten, á causa de estos cambios de dimensiones.

Para el amasado, después 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 volumen 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 proporción de agua y da una pasta suelta.

Si se amasa el yeso con cola fuerte ó gelatina, se le bruñe y se forman vetas de colores, se obtiene el *estuco de yeso ó escayola* y se puede imitar mármoles diversos. Este material no se debe emplear más que en el interior de los edificios y en parajes secos.

75. Morteros de arcilla.—La proporción de las materias destinadas á este objeto es la misma que se dijo en la fabricación del ladrillo: se extiende sobre una era hecha en el sue-

lo cierta cantidad de arcilla ó de tierra arcillosa, mezclada con mayor ó menor volumen de arena, y después de verter el agua necesaria, se bate y mezcla con batideras ó rastras, hasta que adquiera 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 acción del fuego, y para construcciones de poca importancia ó provisionales.

76. Hormigones.—El hormigón 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 introduzcan en la masa del mortero y haya una perfecta trabazón, lo que no se conseguiría en tan buenas condiciones si tuvieran la forma redondeada de las gravas y guijos.

Ya se ha dicho (67) los claros que dejan las piedras partidas, cuya dimensión varía entre 3 y 5 *cm*, que es la adoptada para formar los hormigones; y en la fabricación se mezcla el volumen de mortero determinado por estos claros, aumentado en $\frac{1}{4}$ ó $\frac{1}{2}$.

En la construcción de los edificios se obtiene un hormigón excelente mezclando *en seco* un volumen de cemento de Portland con un volumen igual de cal bien apagada, pasada por un tamiz fino. Hecho esto, se preparan 14 volúmenes de arena gruesa y grava, si es posible de distintos gruesos, ó piedra partida que pase por espacios de 5 *cm*: los materiales más finos llenan en parte los huecos de los mayores. La mezcla anterior de cemento y cal se añade á la piedra, mezclándolas *en seco*, y después se vierte *únicamente* la cantidad de agua necesaria para humedecer el todo: todo exceso de agua es perjudicial. No se debe empotrar soleras ni piezas de madera en los muros de hormigón.

Cuando se ha de colocar debajo del agua el hormigón, una de las mejores proporciones en volumen, es la siguiente:

Cimento.....	22	por 100.
Arena	22	»
Piedra partida (de unos 5 cm. de diámetro).....	56	»

Se mezclan en seco estas substancias; luego se vierte solamente el agua necesaria para humedecerlas, y después se mezclan completamente, colocándolas desde luego en su sitio.

El hormigón se ha de mezclar en pequeñas cantidades y emplearle fresco.

Como indicación general de las proporciones en que entra el mortero y las piedras partidas que no pasen de 5 cm. de lado, para formar un metro cúbico de hormigón, se pone el siguiente cuadro:

Mortero en metros cúbicos.	Piedra en metros cúbicos.	APLICACIONES
0,55	0,77	Para zampeados, depósitos, etc., expuestos á una gran presión del agua.
0,52	0,68	Para obras hidráulicas de mampostería y desagües de cañerías.
0,48	0,84	Para obras de canalización, cimientos en las pilas de los puentes, muelles, etc.
0,3	0,90	Para cimientos de edificios en terrenos húmedos y movibles.
0,38 0,20	1,00	Para macizos, fundaciones, etc., en terrenos secos y movibles.
0,50	1,00	
0,57	0,85	Para piedras artificiales sumergidas en el mar.
		Para sumergirle fresco en el mar.

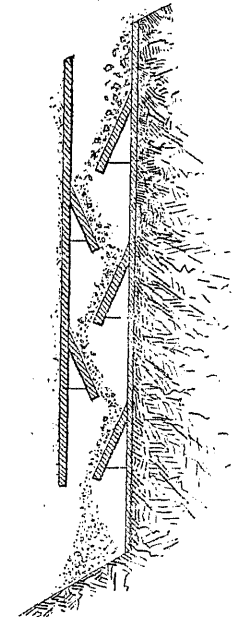
77. Mezcla de las materias.—Conocida la proporción de piedra y mortero que debe entrar en la mezcla, se miden estas materias en carretillas que tengan la misma capacidad, y se echan de cada clase el número necesario para que el volumen total esté en la proporción pedida; y suponiendo que en un caso dado 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 (69); encima, y para facilitar la mezcla, se echa el volumen de mortero contenido en tres carretillas que ten-

gan la misma capacidad que las anteriores, extendiéndole bien uniformemente; después 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 montón que se había formado, para lo que se emplea una *rastra* de hierro de tres púas (fig. 34); luego se recoge la masa con la pala y se forma de nuevo el montón, volviendo después á extenderle con la *rastra* y repitiendo estas operaciones hasta que la mezcla sea completa y las piedras estén envueltas perfectamente con el mortero.



(Fig. 34.)

Cuando hay que fabricar una gran cantidad de hormigón, se hace uso de una caja rectangular (fig. 35) de 1 m. por 0,80 de sección y unos 2,50 m. de altura, formada con tablas, dentro de la que hay una serie de planos inclinados en sentido inverso. Después 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, que llega á ser perfecta en la parte inferior del aparato. Este reduce el gasto de manipulación á la mitad próximamente del que ocasiona el método anterior.



(Fig. 35.)

Cualquiera que sea el modo de fabricación 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 hormigón.

Para fabricar piedras artificiales con el hormigón, se dispone un cajón sin tapa ni fondo, formado por cuatro tableros que se unen por pasadores de hierro y se coloca sobre una superficie plana y horizontal, en la que se extiende la cantidad necesaria de arena para que no se adhiera al suelo el hormigón. Después se va vertiendo éste por capas horizontales de unos 25 *cm.* 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 aglomeración, es necesario evitar á toda costa el exceso de agua. Cuando el hormigón se ha endurecido bastante, se quitan los tableros y se puede emplear como otra piedra cualquiera.

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

Uno de los principales betunes empleados en la construcción, es el *asfalto*; que sirve para formar las aceras, terrados, etc., y se obtiene mezclando perfectamente esta substancia, ya sea natural ó artificial, después de calentarla en una caldera hasta que llegue al estado de fusión ó pastoso, con cierta cantidad de arena fina y seca. Removiendo la mezcla hasta que resulte una pasta homogénea, y dejándola después enfriar, forma una verdadera piedra.

El betún llamado de fontanero no solo sirve para rejuntar, sino también para unir los tubos y los materiales expuestos constantemente á la humedad: está compuesto ordinariamente de 12 *kg.* de limaduras de hierro, mezcladas algunas veces con limaduras de cobre, y de 1,50 *kg.* de sal marina. Esto se pone en infusión durante 24 horas en dos 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 inti-

ma de las materias, un betún que se emplea inmediatamente.

También se hace uso con el mismo objeto y para rejuntar los sillares que están debajo del agua, de otra composición que produce una de las mezclas hidráulicas más fuertes. Se compone de 11 partes en volumen de cal hidráulica apagada y cernida; 3 de aceite de sardinas, ó en su defecto de atún, y 1 de estopa picada; se amasa primero la cal y el aceite en un cuevo y después se mezcla la estopa bien macerada á fuerza de pisón de cuña.

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

CAPITULO III

Conocimiento de las maderas.

*79. **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 bastante homogénea y 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 aplicación.

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 frías 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 excepción.

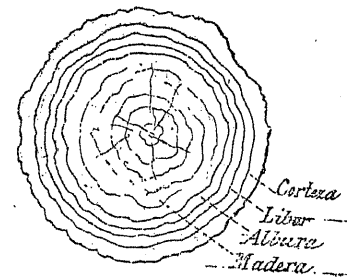
La *exposición* es otra causa que por sí sola, ó combinada con la anterior, ejerce una marcada influencia en los resultados que examinamos. Así es que los árboles expuestos en nuestro clima al Este ó Mediodía tienen grandes copas, algu-

nas veces son tortuosos y presentan en general una madera dura y buena. Expuestos 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 *situación* que un árbol puede tener respecto á los demás. En el centro de un bosque espeso y sombrío crecen mucho en longitud, á expensas 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 porción de circunstancias de que depende el desarrollo de la vegetación y cuya reunión constituye lo que se llama *suelo* y *clima* de una comarca ó localidad; pero no es posible detenernos en este examen.

Si se corta el tronco de un árbol de nuestro clima perpendicularmente á su longitud (fig. 36), se observa desde luego que está formado de dos partes muy distintas: 1.^a la exterior, de pequeño espesor y presentando un tejido flojo y poco consistente, la cual se llama *corteza*; y 2.^a la interior, ofreciendo un tejido fibroso más



(Fig. 36.)

ó menos 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 substancia gelatinosa llamada *sávya*, 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.

También se observa otra división radial en el tronco de los árboles, que parte del centro, llamado *médula* ó corazón, y cuyos radios son tanto más numerosos cuanto mayor edad tiene el árbol.

80. **Clasificación de las maderas.** — Desde el punto de vista de las aplicaciones á la construcción, 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.

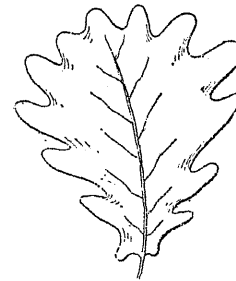
Cuando los árboles están en pie, se puede conocer la especie á que pertenecen por su aspecto general, por la disposición de sus ramas y por la forma de sus hojas, flores y frutos, así como también por el color y estado de la corteza. Si el árbol está cortado y sin ramas, hay que apelar al examen de la corteza si la conserva, y en caso contrario al color de la madera, el de la albura y la disposición del tejido fibroso.

ARTICULO PRIMERO

MADERAS DURAS

81. **Encina.** — Es de aspecto elevado, corteza de un color gris rojizo, con grietas finas, ramas tortuosas, hojas ovales y recortadas por escotaduras redondeadas (fig. 37), agrupadas en racimos, y fruto muy conocido, llamado bellota. Su madera es de un color amarillo algo parduzco cuando está recién

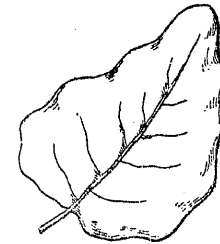
cortada, y se oscurece hasta llegar á ser negra cuando ha estado expuesta por mucho tiempo al aire ó sumergida en el agua. Sus fibras son rectas y muy compactas. El crecimiento de la encina es muy lento y llega hasta los doscientos años, viviendo de cuatro á seis siglos; y adquiere un desarrollo



(Fig. 37.)



(Fig. 38.)



(Fig. 39.)

medio de 27 m. de altura total, 15 m. el tronco y 80 cm. de diámetro. Su peso específico es de 0,95.

Se distinguen diversas variedades en esta como en las demás clases de maderas, en cuyo examen no podemos entrar, por no ser indispensable al objeto de este libro.

Desde el punto de vista de la resistencia, la encina es la mejor madera de construcción 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 apenas es posible trabajarla con los útiles ó herramientas ordinarias.

82. **Castaño.** — El castaño común, 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 menos resistencia que estas, se emplearía más en las construcciones, si no se pudiese cuando se la em-
potra en las obras de fábrica.

83. **Olmo.**—Este árbol, llamado vulgarmente en muchas partes *álamo negro*, presenta sus ramas bastante seguidas en las bifurcaciones y algo inclinadas hacia 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. 38) 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 80 cm. de diámetro, con un peso específico de 0,74. Se emplea esta madera en la carretería y los molinos, así como en construcción, especialmente para los pilotes, aunque con este objeto y desde el punto de vista de la resistencia, es inferior á la encina.

84. **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 (figura 39) se parecen bastante á las del olmo; pero son de un verde más claro, muy brillante, ligeramente 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 tienen son 24 m. de altura total; 14 la del tronco y 76 cm. 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.

ARTICULO II.

MADERAS RESINOSAS

85. **Caracteres.**—Reciben este nombre las maderas que se encuentran impregnadas de la substancia gelatinosa llamada *resina*, la cual sale al exterior del árbol si se practica una incisión 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.

86. **Pino.**—Se conocen una porción de especies, notables por lo alto, recto y color pardo más ó menos claro de su tronco, saliendo de los anillos que presta el tronco las ramas que forman como capas sucesivas; estas 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 menos intensas. Las dimensiones medias de este árbol son 24 m. de altura total; 15 la del tronco, con un diámetro de 87 cm., y presenta un peso específico de 0,61.

Es la madera más empleada en la construcción: se usa mucho, así en las obras provisionales como en las definitivas, y en los entarimados y suelos de los edificios, pilotaje y tablestacado de las cimentaciones. Es muy abundante y variada en nuestro país, como el pino de Cuenca, el de Soria y otros, aunque no se explota con la extensión y esmero que fuera de desear.

87. **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 1,20 m. con un peso específico de 0,54.

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

88. **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.

Las buenas maderas de construcción deberán siempre presentar un color uniforme y el característico de cada especie; dar un sonido claro y vibrante cuando se las golpea colocadas sobre dos apoyos; esparcir un olor fresco y agradable al trabajarlas con una herramienta cualquiera y tener fibras rectas y continuas en toda la longitud del ejemplar ensayado.

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 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 contusión, 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 solución de continuidad ó separa-

(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.

ción entre dos capas concéntricas sucesivas. Algunas veces es de poca importancia; pero otras abrazan toda la circunferencia de la capa, y entonces 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 menos impropia para las construcciones.

Después 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 descomposición 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 descomposición al máximo, convirtiéndose el leñoso en una substancia pulverulenta y sin resistencia, obscura ó blanca.

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

Carcomida, siempre que haya gusanos, llamados carcomas, que nacen y se desarrollan en la masa de la madera, destruyendo después todo el tejido fibroso.

CAPITULO IV

Preparación de las maderas.

89. **Generalidades.**—Los árboles de donde se extraen las maderas de construcción, forman ordinariamente bosques más ó menos extensos, en cuya conveniente explotación, para que este producto no desaparezca, ó por lo menos 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.

90. **Explotación.**— Aunque muchos autores aconsejan que un año antes de proceder á la corta de los árboles se los debe descortezar, se ha observado que la madera así obtenida se hiende y resquebraja con mucha facilidad, hasta el punto de poderla considerar como madera muerta ó inútil.

La experiencia ha demostrado que se deben cortar los árboles cuando es menos activa la vegetación, ó sea después de la caída de las hojas, en el invierno. Entonces resiste la madera muy bien en las obras á todas las causas de destrucción.

La supuesta influencia de las fases de la luna en la época de la corta, respecto á la calidad de la madera obtenida, no está comprobada por la experiencia.

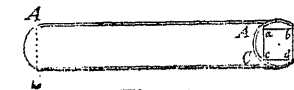
91. **Corta.**—La corta de los árboles destinados á la construcción, puede hacerse con hacha ó con sierra, y siempre debe cuidarse de practicarla á flor de tierra para aprovechar la parte inferior del tronco, que es la más dura; debiendo atar antes á la parte superior del mismo dos ó tres cuerdas que se mantienen á una tensión 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; después 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 operación desde un lado hasta el opuesto, tomando las mismas precauciones para que caiga el árbol, y cuidando de poner delgadas cuñas en la hendidura que produce la sierra, para que no impida su movimiento la presión de la parte superior del tronco.

La corta, empleando la sierra, es en general más breve y económica, 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 también de la sierra ó del hacha, se le corta por el extremo superior del tronco y se le quita la corteza, formando lo que en la práctica se llama un *palo ó viga sin escuadrar*.

92. **Desbaste.**—Ordinariamente se hace esta operación en el monte con las herramientas ya citadas, y consiste en inscribir en la circunferencia del extremo más delgado el cuadrado ó rectángulo $abcd$ (fig. 40) de la sección 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



(Fig. 40.)

última figura entre por lo menos unos 5 *cm.* en la madera perfecta, aunque los vértices comprendan alguna, aunque siempre poca, albura; después 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 para la labra de las piezas en el estudio de la estereotomía. Prolongando dos lados paralelos y correspondientes en las figuras inscriptas hasta llegar á los extremos AC , $A'C'$ de las secciones respectivas, se sujetan en los puntos A y A' , por ejemplo, una cuerda tensa é impregnada de color, y levantándola por su centro y dejándola caer señalará la línea AA' , que está en el plano de las rectas citadas. Análogamente se obtendría la línea CC' , y de esta manera

resultarían cuatro directrices para labrar cada una de las caras de la pieza buscada.

Las partes que se desprenden como la *AC CA*, llamadas *costaneras*, pueden utilizarse si se hace 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 división, como se acaba de decir. Hecho esto, se apoya el tronco, así preparado sobre dos *caballetes* ó *burros* de bastante altura, para que pueda un hombre por la parte inferior y otro por la superior actuar en los extremos de la sierra. También se emplean con este objeto y producen mucha economía las sierras mecánicas.

Los útiles de que se hace uso en el desbaste son ordinariamente la sierra, el hacha y á veces la azuela, todos bien conocidos, por más que pueden variar bastante en la forma y en las dimensiones.

*93. **Conducción.**—El transporte de las piezas de madera, cuando hay que hacerlo por sendas estrechas, se verifica por *arrastre*, tirando de cada pieza varios 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 *flotación*, ya abandonándolas aisladamente, ya formando balsas, ó bien cargándolas en barcos.

De todos modos conviene evitar que en la conducción experimenten las piezas de madera choques y desperfectos que puedan perjudicarlas, como á veces tiene lugar al transportarlas por *flotación*. Este medio de transporte, aunque muy barato, es el que más daña á la madera.

*94. **Marco de maderas.**—Las dimensiones de las piezas que se pueden obtener, varían extraordinariamente; pero no obstante, hay ciertos tipos admitidos para el comercio, con nombres y dimensiones particulares, que se denominan *marcos de maderas*. El más generalizado en nuestro país es el que se inserta á continuación:

Marco de maderas de Cuenca, llamado castellano.

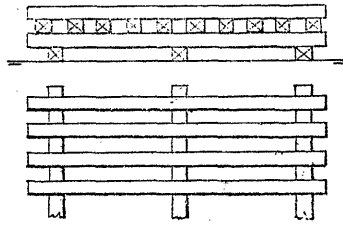
NOMBRES	DIMENSIONES USUALES			DIMENSIONES MÉTRICAS			
	Largo en pies.	Tabla ó ancho en dedos...	Canto ó grueso en dedos.	Largo.	Tabla.	Canto.	
				Metros.	Metros.	Metros.	
Grandes piezas.	Medias varas.....	30	24	20	8,359	0,418	0,349
	Pie y cuartos.....	30	20	16	8,359	0,349	0,279
	Tercias.....	30	16	12	8,359	0,279	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
	Idem de 16.....	16	8	6	4,459	0,139	0,104
	Idem de 14.....	14	7	5	3,901	0,122	0,087
Tablazón.	Tablas alcaceñas..	9	24	3	2,508	0,418	0,052
	Idem portaleñas..	9	20	2 ¹ / ₂	2,508	0,349	0,044
	Idem chillas.....	7 ¹ / ₂	16	2	2,090	0,279	0,035
	Idem ripias.....	6 ¹ / ₄	12	1 ¹ / ₂	1,742	0,209	0,026

95. **Almacenaje.**—Si se dejaran las maderas al aire libre, expuestas á las acciones alternativas del sol y de las lluvias, empezarían por descomponerse y concluirían más ó menos pronto por llegar á un estado de putrefacción tal, que las haría 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 ventilación, 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 hormigón; en las fachadas se abren ventanas y claraboyas, que puedan cerrarse á voluntad, para establecer la ventilación conveniente, y se toman cuantas

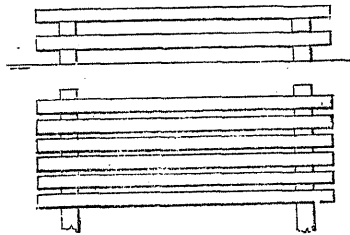
precauciones sean necesarias para conseguir el objeto apetecido.

El apilamiento puede tener lugar colocando sobre dos ó más apoyos paralelos que descansan en el suelo, una capa de piezas en dirección perpendicular á los primeros, y dejando entre sí claros más ó menos grandes (fig. 41). Sobre esta capa se pone la segunda en las mismas condiciones, pero diri-



(Fig. 41.)

gidas 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.



(Fig. 42.)

Otra disposición, preferible á la anterior (fig. 42), consiste en colocar la primera capa sobre apoyos ó *marranos*, como se ha dicho, aunque la separación entre las piezas que la forman no necesita ser tan grande como antes.

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 preservarle, cubriéndole 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 alteración ó putrefacción.

El almacenaje de las maderas debe hacerse clasificándolas; esto es, formando con las de las mismas dimensiones y

calidad, pilas separadas; y es necesario reconocer con frecuencia estas pilas, para ver si hay alguna pieza, apoyo ó cuña, que dé indicios de descomposición ó enfermedad, en cuyo caso se debe quitar ó reemplazar desde luego, para evitar que se contagien las demás.

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

La cantidad de sávia y otras substancias que conserva la madera al cabo de uno ó dos años de cortada, es suficiente para ocasionar su fermentación, y conviene por lo tanto extraerlas. Para esto se la sumerge completamente, después de cortada, en una corriente de agua, de modo que esta 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 extraído una gran parte de las materias que pudieran fermentar.

Se puede conservar bien la madera después de haberla empleado en las construcciones, preservándola ó revistiéndola, unas veces con pintura al óleo formada con tres capas ó *manos* y otras por medio del embreado, compuesto de brea ó alquitrán mineral, $\frac{1}{15}$ de asfalto y $\frac{1}{10}$ de cal: una vez extendido sobre la madera, se recubren 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 después de puesto el enlucido, se podría más pronto.

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

Por último, la substancia que ha dado mejores resultados para conservar las maderas y aumentar su duración es la

creosota, nombre con que vulgarmente se conocen los productos líquidos que resultan destilando el alquitrán de la hulla. Dicha substancia 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 sávia, 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 estas por la llama que se produce quemando ramajes, y los vapores de creosota que se desprenden de la combustión de estas ramas, recubren la superficie y preservan bastante bien el interior.

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

* 97. **Vegetales varios.**—También se emplean algunas veces en la construcción otros productos vegetales, siendo los más usados, los siguientes:

Los *cañizos*, son tejidos formados con cañas, ya enteras ó hendidas á lo largo, que tienen según los casos, diversos empleos.

Los *zarzos* están formados con ramaje flexible que se entrelaza á piquetes de madera clavados en el suelo, formando una delgada pared.

Las *faginas* son haces de ramas delgadas que se atan por su extremo más grueso con mimbre ó sauce delgado: se extienden unas contiguas á otras sobre el suelo, al que se fijan con piquetes, formando un revestido de una ó más capas superpuestas.

Los *tepes* tienen la forma de baldosas y están compuestos de las raíces entrelazadas de los céspedes ú otras hierbas, con alguna de la tierra que contienen, y sirven para revestir en ciertos casos el terreno.

CAPITULO V

Conocimiento y preparación de los metales.

98. **Ideas generales.**—Aunque los metales empleados en la construcción 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 *depósitos ó criaderos* más ó menos puros y abundantes, que constituyen las minas, de las que se extraen mezclados generalmente con otras substancias que se desprenden después por ciertos procedimientos industriales, de que no podemos ocuparnos. Así se obtiene el metal del comercio bastante purificado para poderle emplear desde luego en la generalidad de los casos de aplicación.

El metal más importante en la construcción es el hierro, empleándose también, aunque en menor escala, el plomo, zinc y estaño.

ARTICULO PRIMERO

HIERRO

99. **Su división.**—La industria presenta el hierro en tres estados diferentes, con propiedades peculiares á cada uno, y recibiendo los nombres de *hierro fundido*, *hierro forjado* y *acero*. Siempre se verifica que contiene substancias 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 com-

bustible es el carbón, y de él proviene el cuerpo llamado *carbón*, que unido al hierro le dota de distintos caracteres y cualidades, según sea la proporción en que entre.

100. **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 obscuro. Con arreglo á las proporciones relativas en que entran estas dos substancias, se subdivide en tres variedades distintas, llamadas *fundición blanca, gris y mezclada*.

La fundición blanca, que es la variedad que menos carbón contiene, presenta un color argentino muy brillante, el cual tiende al gris claro, formando cierto matiz tornasolado. Su textura es unas veces algo fibrosa, y por lo común 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 este deje impresión alguna, por lo que se la llama ordinariamente *fundición ágría ó saltadiza*, siendo por esta causa muy poco empleada en la construcción, aunque su gran dureza sea una cualidad preciosa para ciertas aplicaciones especiales.

La fundición gris contiene más cantidad de carbono, apareciendo con un color gris más ó menos obscuro, una fractura aplomada, textura granuda y siempre porosa. Es menos 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. Expuesta á un intenso calor, adquiere un estado de mayor liquidez que la fundición blanca y se contrae menos que esta al enfriarse.

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

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

Hay, por último, otra variedad llamada fundición negra, que sólo se diferencia de la gris en que tiene aún más cantidad de carbono, presentando una fractura negruzca y de gra-

no grueso: queda marcada la impresión 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 construcción.

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 presión y al rozamiento; apenas le ataca la humedad atmosférica, y se funde con facilidad; pero en cambio tiene muy poca elasticidad y resistencia á la extensión; no es posible soldarle consigo mismo; al enfriarse después de la fusión 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 á 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 ágrío y quebradizo, inutilizándole para las construcciones.

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

101. **Hierro forjado.**—Este hierro, que es la especie que menos carbono y substancias 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 ágrío*.

El hierro dulce presenta una textura 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 obscuro y brillante. Tienen la propiedad los hierros dulces de dejarse doblar en frío ó en caliente y en sentidos opuestos sin romperse; pero cuando poseen esta facultad en grado excesivo

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

vo, 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 ágrío 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 ágríos 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 ágrío, 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 ágrío hay ejemplares que poseen en diversas escalas la dureza ó fragilidad, recibiendo denominaciones especiales en cada caso; pero no podemos entrar en este examen.

El hierro forjado tiene la propiedad de que, calentándolo convenientemente, se suelda consigo mismo sin el intermedio de ninguna otra substancia, no conociéndose después la soldadura y quedando la unión tan resistente como en cualquiera otro punto. Con un calor aún menor se reblandece y se le puede forjar, dándole las formas necesarias al objeto á que se le destine, y en frío le atacan fácilmente las herramientas de acero, pudiéndole pulimentar, torneear, etc.

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

El hierro forjado es más dúctil y elástico que el fundido, y la mayor resistencia á la extensión le hace más aplicable á las construcciones, consiguiéndose que su masa tenga una gran homogeneidad y que escupa las escorias y demás substancias extrañas que contenga, apelando á la percusión ó forja y á otros medios análogos. Á consecuencia de las propiedades antedichas, experimenta una deformación muy perceptible antes de llegar á la rotura, lo que sirve de indicio

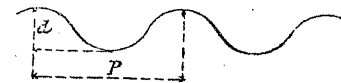
para apreciar el estado de resistencia de la obra en que se emplee.

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

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

* 102. **Palastro.**—Cuando el hierro forjado se somete en caliente á una fuerte compresión entre dos cilindros, esta operación recibe el nombre de *laminado*, y el hierro se transforma en una *chapa*, llamada *palastro*.

Unas veces aparecen planas estas chapas y otras en forma ondulada. En este segundo caso, que tiene frecuente aplicación en las cubiertas de los edificios, la forma de las ondulaciones es la representada en la fig. 43, siendo el ancho p cuatro veces la profundidad d de cada ondulación. Los valores de p varían ordinariamente de 10 á 15 *cm*. Las uniones de dos palastros contiguos se co-



(Fig. 43.)

locan siempre en los lomos de las ondulaciones para evitar las goteras que se ocasionarían adoptando la disposición inversa.

Se da el nombre de *hierro galvanizado* á las chapas de hierro cubiertas con una capa de zinc, y de *hojalata* á las cubiertas con una capa de estaño.

Se da el nombre de *hierro galvanizado* á las chapas de hierro cubiertas con una capa de zinc, y de *hojalata* á las cubiertas con una capa de estaño.

* 103. **Acero.**—El acero, que contiene más carbono que el hierro forjado y menos que el fundido, es un estado intermedio entre estos dos. Puede adquirir un buen pulimento; su textura 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 aquél, 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 para el 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 antes de mucho tiempo reemplazará al hierro forjado en sus aplicaciones á las obras, como ya sucede hoy en puentes de la mayor importancia. También se hacen palastros de acero.

104. **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 menos longitud, y según varíe la sección transversal reciben diversos nombres, siendo las principales clases las siguientes:

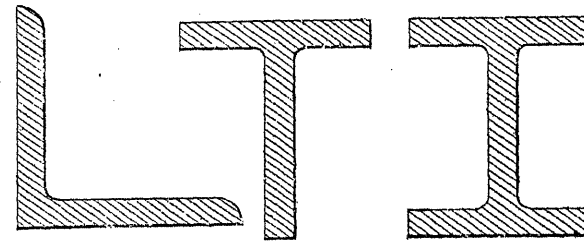
- Cuadrados ó barrotos.* Sección cuadrada de 28 á 68 mm. de lado.
- Llantas.....* Id. rectangular de 10 á 56 mm. por 47 á 135 mm.
- Platinas.....* Id. íd. de 10 á 70 mm por 20 á 27 mm.
- Flejes.....* Id. íd. de 5 á 7 mm. por 11 á 38 mm.
- Cuadradillos.....* Id. cuadrada de 7 á 23 mm. de lado.
- Balaustrés ó cabillas..* Id. circular de 20 á 30 mm. de diámetro.

- Varillas.....* Id. íd. de 7 á 27 mm. de diámetro.
- Alambres.....* Id. íd. hasta 7 mm. de diámetro.

La longitud de estos hierros suele ser de 4 á 5 m.

- Palastros.....* Chapas de 380 á 1.500 mm. de ancho por 1.300 á 3.284 mm. de largo, y grueso variable de 4 á 15 mm.

Otras veces la industria presenta los hierros en forma de escuadras de diversas dimensiones, como se ve en sección en la fig. 44, ó bien en piezas de simple y doble T (figs. 45 y 46),

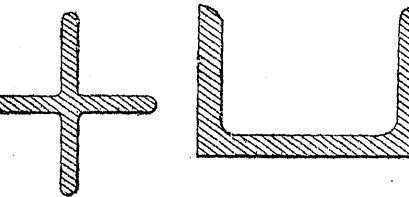


(Fig. 44.)

(Fig. 45.)

(Fig. 46.)

crucos (fig. 47), dobles escuadras ó en canal (fig. 48), pernos, clavazón gruesa y menuda, etc., etc.



(Fig. 47.)

(Fig. 48.)

En todos los casos conviene que las dimensiones de la sección transversal del ejemplar que se examine sean siempre las mismas y resulte bien perfilado en toda su longitud.

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

Las herramientas que se emplean en la construcción 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 menos elevada que la que necesita el hierro para soldarse, porque después hay que poner en contacto ambas substancias para martillarlas, y entonces 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 sólo todo: después se introduce el extremo, si conserva bastante calor, en una caja con carbón, ó mejor en la misma fragua á través del carbón incandescente. De esta manera se reblandece el hierro, se ensanchan sus poros, y el carbono de la combustión viene á rellenarlos hasta cierta profundidad, dando esta unión por resultado un buen hierro acorado que casi puede tomarse por acero. Esto, no obstante, es preferible el primer procedimiento.

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, razón por la que es preciso ejecutar con cuidado esta clase de trabajos. En el día se emplean con preferencia herramientas que son de acero en toda su masa.

Aunque hay en la industria medios poderosos y máquinas especiales de gran fuerza para forjar, cortar, alisar y dar en general la forma más conveniente al hierro, en las aplicaciones ordinarias del constructor solo se emplean para el primer objeto los martillos de forja, que pesan de 2 á 9 *kg.* y obran por percusión sobre una gran masa de hierro forjado, cubierta con una fuerte chapa de acero bien soldada y plana, que recibe el nombre de *yunque* cuando pesa de 250 á 300 *kg.*, y de *bigornia* si solo tiene de 100 á 150 *kg.* Para cortar se hace uso de los cinceles y cortafríos bien acorados, sobre los cuales se golpea con mazas ó martillos apropiados al objeto.

ARTICULO II

METALES VARIOS

Aunque en la construcción se hace uso de varias clases de metales á más del hierro, solo se indicarán aquí los que tienen una aplicación más frecuente.

106. **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 distinguirlo del zinc y del estaño, con los que tiene bastante analogía en su aspecto exterior: es muy maleable, algo menos fusible que el estaño, y presenta un peso específico de 11,35.

Se emplea con frecuencia en las construcciones, ya en láminas ó planchas para cubiertas de edificios, ya en tubos para pequeñas conducciones de aguas y otros usos parecidos. Estos tubos pueden ser una plancha arrollada de las que presenta el comercio y soldada después, ó lo que es preferible, laminados.

*107. **Zinc.**—El zinc es un metal de un blanco azulado, de textura laminar, bastante maleable, dúctil en frío, y con una densidad variable de 6,80 á 7,20. Á 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, ya sea en forma de planchas ó en la de tejas planas, para canalones, bajadas de agua, etc., y con este objeto le presenta la industria en láminas ó planchas de dimensiones variables, hasta 80 *cm.* de ancho por 2 *m.* de largo.

*108. **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; expuesto á las acciones atmosféricas, se recubre de una capa muy del-

gada que preserva el resto de la masa, y tiene una densidad de 7,30.

Sus aplicaciones en la construcción 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, como ya se ha dicho (102).

109. **Soldaduras.**—Las soldaduras se forman con aleaciones de varios metales, que fundidos, sirven para reunir las piezas de plomo, latón, etc. Es preciso que las extremidades de las hojas que se van á unir, estén cortadas con la igualdad suficiente para que coincidan en toda la extensión de la soldadura, y que las superficies de contacto estén perfectamente limpias. Aplicando sucesivamente á un trozo de la aleación hierros, cuyos extremos acaben en forma prismática ó piramidal, y elevados previamente á una alta temperatura, funden en parte la aleación y sacan adherida una gota que se extiende en la junta que se trata de formar; y se repite la operación las veces necesarias, hasta obtener una capa intermedia que se adhiera con fuerza al metal que se trata de soldar.

Las soldaduras más empleadas se componen de las siguientes aleaciones:

	Estaño.	Plomo.	Cobre.	Zinc.
Para el plomo.....	1	1,5	"	"
Para el estaño.....	1	2	"	"
Para el latón.....	"	"	1,5	6
La soldadura más dura.....	"	"	3	1
La dura.....	"	"	1	1
La blanda.....	1	"	4	3

Aunque en las obras se emplean también el cobre, latón y bronce, no entramos en su examen por su menor importancia respecto á los considerados, siendo más bien materiales accesorios que elementos principales de la construcción.

*110. **Reconocimiento de los hierros.**—Para reconocer

las piezas de fundición, se golpean con un martillo ligero las aristas, y si deja alguna impresión el hierro es probablemente de buena calidad, con tal de ser uniforme toda su masa; pero si saltan pedazos y no deja señal alguna, el hierro es duro y quebradizo. Las grietas ó defectos internos dan lugar á un sonido obscuro, que indica falta de homogeneidad; pero cuando esta existe, las superficies son lisas y unidas y las aristas limpias y perfectas. La fractura debe ser de un grano fino y uniforme, de un color igual gris, azulado y con brillo metálico.

Cuando se rompe poco á poco un hierro dulce, presenta largas fibras de aspecto sedoso y color de plomo agrisado, que se doblan y adhieren antes de romperse. Un grano medio, liso y con fibras en la fractura, denota un buen hierro, al paso que un hierro mal refinado dá fibras cortas y negruzcas, mientras que un grano muy fino revela un hierro duro y acerado que suele ser quebradizo en frío. Un grano grueso, brillante y cristalizado ó manchas descoloridas, denotan un hierro frágil y quebradizo en frío, que se trabaja fácilmente cuando está caliente y se forja bien. Cuando hay grietas en los bordes de una barra es indicio de hierro quebradizo en caliente. El buen hierro se caldea pronto, es blando al choque del martillo y arroja pocas chispas.

El ácido nítrico produce una mancha negra en el acero, y cuanto más negra sea, más duro es el material, y por el contrario en el hierro permanece brillante. El buen acero presenta una fractura curva y de un brillo gris uniforme cuando está recocido, y cuando está templado es de un color uniforme blanquecino mate. Las grietas y pelos denotan mala cualidad. El buen acero no resiste un calor blanco sin romperse en trozos y se desmorona bajo el choque del martillo á un calor rojo brillante, al paso que con un calor mediano puede el martillo sacarle una punta fina.

111. **Preservación.**—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 extiende 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 edificios, puentes, faros, etc. En el caso de estar el hierro expuesto á la acción de las aguas del mar, se hace uso con buen éxito de barnices especiales, que se extienden de la misma manera que la pintura al óleo.

Cualquiera que sea la preparación empleada para preservar el hierro, es indispensable que éste tenga de antemano perfectamente limpia su superficie, sin cuya condición son ineficaces todos los medios propuestos.

PARTE SEGUNDA

EMPLEO DE LOS MATERIALES EN LAS DIVERSAS CLASES DE FÁBRICA

CAPÍTULO ÚNICO

Fábricas en general.

ARTICULO UNICO

NATURALEZA Y EJECUCIÓN DE LAS FÁBRICAS

112. **Generalidades.**—En la construcción se da el nombre genérico de *fábrica*, á la calidad, dimensiones, forma y trabazón 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*, *hormigón*, *ladrillo*, *tapiál*, *entramado* y *mixtas*. El *aparejo* ó sistema de colocación y enlace de los materiales debe ser tal, que la masa que resulte presente en su conjunto la mayor homogeneidad y resistencia posible, prescindiendo de la cohesión que puedan dar los morteros.

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

Antes de entrar en su descripción, indicaremos los útiles y herramientas que más se emplean al ejecutarlas.

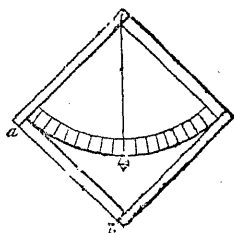
113. **Útiles y herramientas.**—Los útiles que usa el albañil son poco numerosos, y los siguientes pueden considerarse como los principales.

Una *regla* de un metro de longitud con divisiones; un *nivel de aire* ó de *albañil*, iguales á los estudiados en topografía, y uno ó varios *reglones* de 2 ó más metros de largo, que sirven para comprobar líneas horizontales.

Un *nivel de pendiente* ó de *talud* (fig. 49), que consiste en



(Fig. 49.)



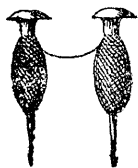
(Fig. 50.)

una tabla en forma de trapecio con una plomada paralela al lado *ab*, dejando al lado opuesto con la pendiente ó inclinación que deba tener el paramento del muro, cuando la plomada coincida con la línea de fé. El representado en la fig. 50, sirve para colocar las dovelas de

las bóvedas, para lo cual se hace coincidir la plomada con la división que corresponde á la inclinación de la hilada, y entonces el lado *ab* señala esta inclinación.

La *plomada* igual á la descripta en topografía.

Un *cordel*, que unas veces se fija á dos clavos de hierro, á los que suele ir arrollado (fig. 51), y otras se sujeta á dos listones de madera ó maestras, que se colocan convenientemente en el paramento; sirviendo en ambos casos para alinear las juntas horizontales de la obra.

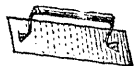


(Fig. 51.)

Una *paleta* de hierro (fig. 32) cuando trabaja con morteros de cal, y de cobre cuando usa el yeso, teniendo en ambos casos el mango de madera: sirve para extender el mortero y ajustar los materiales pequeños en el sitio que deben ocupar.

Una *paleta* de hierro (fig. 32) cuando trabaja con morteros de cal, y de cobre cuando usa el yeso, teniendo en ambos casos el mango de madera: sirve para extender 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. 52), teniendo de ordinario dentado uno de sus bordes: sirve también para extender 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*.

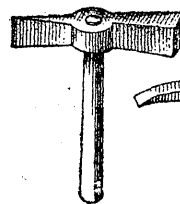


(Fig. 52.)

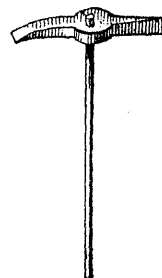
El *palustrillo* es un hierro triangular que sirve para intro-

ducir la mezcla en las juntas, al tiempo de tomarlas ó de *re-juntar*.

El *martillo* (fig. 53), que tiene por un lado una cabeza de sección 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 desbastarlas ó recortarlas.



(Fig. 53.)



(Fig. 54.)

Una *alcotana* (fig. 54), 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.

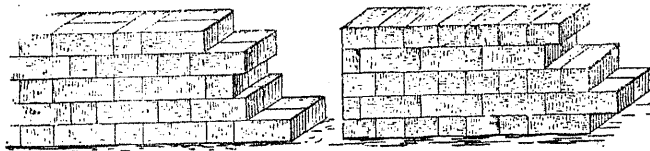
Ya hemos dicho más atrás (35 y 37) las herramientas que emplea el cantero en el desbaste y labra de las piedras; así como también las que se usan en el trabajo de las maderas (90) tales como se admiten en las obras públicas; empleándose para la formación de los ensambles los útiles que se estudian en el corte de maderas.

114. **Sillería.** — La fábrica de sillería consiste en piedras naturales de forma paralelepípeda, llamadas *sillares*, que tienen por lo menos 30 ó 40 *cm.* de espesor ó altura, conservándose esta constante en cada una de las hiladas que forman la construcción. Las demás dimensiones se subordinan 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 dimensión paralelamente á la cara vista ó *paramento* de la obra; á *tizón*, si su longitud es perpendicular al paramento; y si el tizón abraza de un paramento al opuesto, recibe la piedra el nombre de *llave*.

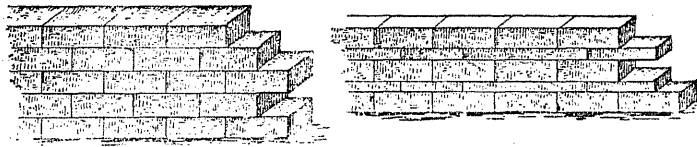
La sillería puede ser *regular* y *pseudo-regular*. En el primer caso todas las hiladas de la obra tienen la misma altura, si bien las piedras que forman cada hilada se suelen disponer de tres maneras distintas. En la primera (fig. 55), aparecen en cada hilada una sucesión de sogas y tizones; y en las hiladas superior é inferior coinciden los tizones con el centro de las sogas de la que se considera. En la segunda disposición (fig. 56), una hilada está toda constituida por piedras á



(Fig. 55.)

(Fig. 56.)

soga y la siguiente toda á tizón, repitiéndose alternativamente este orden en las demás. Por último, en la tercera (fig. 57), todas las piedras están á soga, disposición que se adopta cuando el ancho de estas es igual al grueso del muro.



(Fig. 57.)

(Fig. 58.)

Es pseudo-regular la sillería (fig. 58) 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.

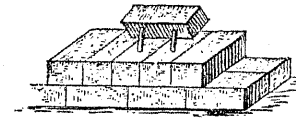
Suponemos que al ejecutar esta fábrica, los sillares que se

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 *ensasar* 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. 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 4 á 10 *mm.*; estas cuñas se alejan 4 ó 5 *cm.* de las aristas de las piedras para que estas 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 algún defecto notable, para que la repase el cantero.

Después se la vuelca ó inclina sobre la parte opuesta al paramento, llamada *cola* del sillar, como aparece en la fig. 59;

se limpia y moja el sobrelecho de la hilada inferior y la piedra que se va á colocar, si es tierna y absorbente; se extiende en toda la superficie que deba ocupar el lecho del sillar una

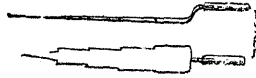


(Fig. 59.)

capa de mortero fino de 15 á 20 *mm.* de espesor, y se vuelve á colocar con cuidado la piedra, en la posición que próximamente tenía al presentarla, para lo que se hace uso de 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 posición 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 bastan-

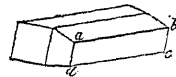
te ancha, golpeando después lateralmente á la piedra con una maza de madera; ó lo que es mejor, se deja desde luego á esta junta con el ancho que le corresponde, que suele ser el mismo de la junta horizontal, y se llena con mortero fino y algo



(Fig. 60.)

más fluido, por medio de una larga paleta con dientes, llamada *fiya* (figura 60), que se extiende y comprime en toda la superficie que debe ocupar.

Sucede con frecuencia, que las caras de hilada y de junta no ocupan toda la extensión que les corresponde, siendo el sillar más estrecho por la cola *abcd* que en el paramento, estando la primera muy en basto ó enteramente en tosco (figura 61). Entonces hay que acuñar la cola del sillar con peda-



(Figs. 61, 62 y 63.)

zos de piedra dura, que se introducen en el mortero á golpe de martillo. Otras veces estas caras aparecen rebajadas en el interior (fig. 62), y aunque de esta manera resultan en el paramento *pqr* juntas muy finas ó iguales, es fácil que la presión haga saltar ó desportillar 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. 63), en cuyo caso recibe la sillería el nombre de *almohadillada*, dando un carácter de gran robustez á la construcción, y empleándose con frecuencia en obras muy esmeradas, por no presentar ningún inconveniente desde 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 á veces 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 antes; 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 construcción.

115. **Sillarejo.**—Si la altura de las piedras no pasa de 20 á 25 *cm.* y la relación con el ancho y largó es próximamente la indicada en el número anterior, se tendrá la fábrica de sillarejo, que sólo difiere de la sillería en las menores dimensiones de los materiales principales que entran á componerla. Aunque los sillarejos afectan en general la forma paralelepípeda, su labra es mucho menos esmerada que en los sillares, y solo se emplea con este objeto el *picón*.

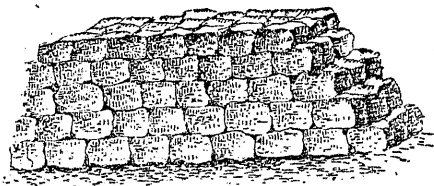
La ejecución de esta fábrica está sujeta á las mismas reglas que la de la sillería, pues lo único en que esencialmente difieren ambas es en las dimensiones menores de los sillares, como se acaba de decir, siendo por esta causa de más fácil manejo.

Después de enrasada, limpia y mojada la superficie en que se va á sentar un sillarejo, y de hacer con él las dos últimas operaciones, se extiende una capa ó tortada de mortero de 2 á 3 *cm.* de espesor, sobre la que se coloca directamente el material 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 (113), y se reduce el espesor de las juntas á 10 ó 15 *mm.* 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 exceda de 2 *cm.* 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 en el interior ningún vacío ó hueco.

116. **Mampostería.**—Esta fábrica se distingue de las anteriores en que cada hilada no presenta una altura constante en toda su extensión, y recibe diversos nombres, según sea el esmero con que se labren ó preparen las piedras, siendo los

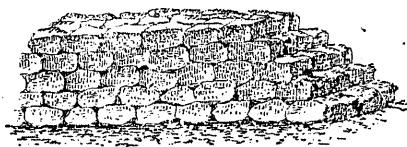
más usuales los de mampostería *concertada*, *careada*, *ordinaria*, *en seco* y *de carretales*. Las piedras que entran en la formación de las mamposterías, aunque afectando formas más ó menos irregulares, deben tener por lo menos de 20 á 25 cm. en su menor dimensión, siendo muy variable su ancho y longitud.

Siempre que las piedras están labradas en tosco con el picón, y presentan en el paramento formas próximamente geométricas, asentándose sobre caras planas más ó menos perfectas y extensas, y teniendo algunas veces ángulos entrantes, á causa de



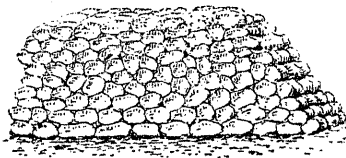
(Fig. 64.)

la desigual altura de las piedras de cada hilada (figura 64), se dice que la mampostería es *concertada*. Si la preparación 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, entonces hay necesidad de emplear materiales pequeños, llamados *ripios* ó *cuñas*, que rellenan los huecos que resultan, y sirven para que cada piedra tenga el mayor número posible de puntos de contacto con las inmediatas (fig. 65). Esta mampostería recibe el nombre de *careada*.



(Fig. 65).

Si se suprime por completo la preparación, ó sólo se regularizan con el martillo las caras que van á formar el paramento (fig. 66), se llama *ordinaria* la mampostería que resul-



(Fig. 66).

ta, y se comprende desde luego que por la misma irregularidad de las piedras tendrá aquí el *ripiado* ó *acuñado* mucha más importancia y extensión que en el caso anterior.

La mampostería en seco sólo difiere de la precedente en que la trabazón 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 picón (1).

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

En la ejecución de la mampostería hay que tener en cuenta que á 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 irregulares 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 extiende sobre éste una tortada de mortero de 3 á 5 cm. 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 bien el mortero. Por lo dicho se deduce que será necesario acuñar ó ripiar esta fábrica, no sólo en el interior, si que también en los paramentos; introduciendo á

(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.

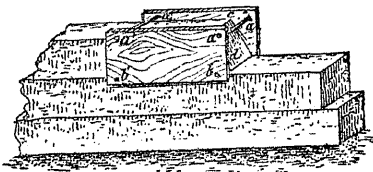
través del mortero ó entre dos mampuestos inmediatos, pedazos de piedra que rellenen en cuanto es posible los intervalos que los separan.

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

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

117. **Hormigón.**—Esta clase de fábrica, está formada con el material artificial que le da nombre, y su calidad, disposición y trabazón son por regla general siempre los mismos.

Fabricado el hormigón como se ha dicho (77), se le transporta 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 tablonés, las zanjas, si se emplea en un cimiento ú obra bajo tierra. Si la obra está sobre el suelo, se forma un encajonado que consta de dos tableros convenientemente refor-



(Fig. 67.)

zados (fig. 67), dejando entre sí el claro que ha de llenar el hormigón, y conservando siempre una posición invariable por medio de cuatro ó más varillas de hierro *aa*, *a'a'*, *bb* y *b'b'*, que termi-

nan por sus extremos en un filete ó rosca, los cuales se sujetan al exterior con tuercas, después de atravesar los tableros.

Una vez limitada de esta manera, ó por otro medio parecido, la capacidad que ha de llenar el hormigón, se vierte

éste con rastras, palas ó cubos, cuidando de que caiga desde una altura de 1,5 á 2 *m.*, con objeto de que se comprima al llegar al fondo, extendiéndole en capas horizontales de 20 á 25 *cm.* 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 extiende 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 harían refluir á la superficie el mortero, perjudicando á la homogeneidad del hormigón, 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 extendiendo.

Cuando el hormigón contenido entre los dos tableros ha adquirido bastante consistencia para conservar su forma, ó ha fraguado, se desmontan aquéllos y se colocan á continuación, 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'*. Ordinariamente hay dos ó más juegos de estos tableros y mientras se rellena uno se deja subsistir el contiguo hasta que fragüe el hormigón que contiene. Después de concluida la construcción se rellenan los huecos que dejan las varillas con hormigón más fino que el empleado, ó con mortero hidráulico.

Como generalmente hay necesidad de interrumpir la ejecución de las capas, se las termina siempre por redientes ó planos inclinados *cd*, á fin de que la parte construida un día se pueda unir bien con la que se ejecuta al siguiente, para lo cual se limpia perfectamente el plano inclinado si ha tenido lugar de fraguar el hormigón, se extiende encima una capa de mortero hidráulico fresco y sobre ella se sigue echando el hormigón nuevo. Esto mismo se practica para unir dos capas consecutivas por haber ya fraguado la inferior; y atendido el corto tiempo en que lo verifica el hormigón y la perfecta adherencia de cada una de sus partes, puede decirse que las obras ejecutadas con este material forman un sólo todo, ó cons-

tan de una sola pieza, por cuya razón recibe el nombre de *monolitas*.

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

118. **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.

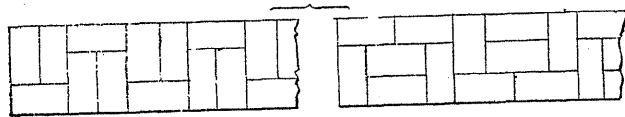
Los ladrillos pueden estar colocados á soga y tizón análogamente á lo dicho (114), y presentar en el paramento disposiciones que se combinen de diversas maneras. La situación que ocupan en el interior de la obra, cuando el espesor de ésta es bastante grande, puede también cambiar, y recibe en cada caso nombres particulares. Si el macizo es un muro que tiene de grueso el ancho del ladrillo, se llama *cítara*



(Fig. 68.)

(Fig. 69.)

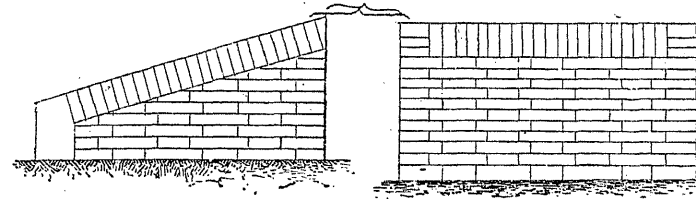
de soga ó *media asta*, como se vé en proyección horizontal en la fig. 68: si tiene el largo, se dice *cítara de asta*, y puede variarse la disposición de los ladrillos, según aparece en la figura 69, que representa dos hiladas consecutivas: para gruesos mayores se disponen á *asta y media*, como se vé en la fig. 70; y



(Fig. 70.)

si aumenta aun este grueso, se forman combinaciones de dos, dos y medio, tres, etc., largos de ladrillo, siguiendo análoga marcha que en los casos anteriores para su colocación. Si la parte superior ó coronación del muro se hace también de ladrillo, se coloca éste de canto, de modo que su cara menor esté

en el paramento, y en este caso recibe el nombre de *sardinel*, como se vé en proyección vertical en la fig. 71.



(Fig. 71.)

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 ó grueso de un ladrillo forma el espesor de la pared. También 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.

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 excelentes resultados desde 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 precaución absorberían una parte del agua de los morteros, la cual es necesaria para su buen fraguado y sin la que podrían 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 extiende una capa de mortero llamada *tendel*, de unos 2 cm. 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,

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

con la paleta el que pueda caer. Al colocar y comprimir el ladrillo con la mano izquierda se le da cierto movimiento lateral para acercarle al contiguo de la misma hilada, y de esta manera se hace refluír el mortero y llenar la junta vertical que los separa, pudiendo golpear después 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 5 y 10 *mm.*, 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 anteriormente, como los representados en la figura 70 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.

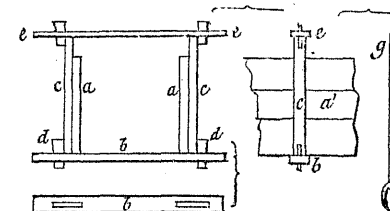
En la construcción de los tabiques de panderete, en lugar de ponerse el mortero sobre los ladrillos ya colocados, se recubre con él un lecho y una junta del ladrillo que el albañil tiene en la mano y va á colocar; y en este estado le pone y oprime con fuerza contra los inferiores y el adyacente del panderete, 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 (50) que el ancho del ladrillo es ordinariamente algo menor que la mitad de su largo, con objeto de que dos anchos más el grueso de la junta compongan el largo, y puedan de esta manera corresponderse perfectamente las juntas verticales en las diversas hiladas.

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

La disposición de los materiales es siempre la misma y su calidad y trabazón difieren muy poco en general.

Las substancias que entran en la composición de los tapiales son las mismas y están preparadas igualmente que las empleadas en la confección de los adobes (52). Esta fábrica, que sólo se aplica á la construcción de los muros que no necesitan gran resistencia, se ejecuta, análogamente á lo dicho para el hormigón, por medio de dos tableros *aa, a'*, según se vé en tres proyecciones en la fig. 72, dejando entre sí una distancia igual al espesor



(Fig. 72.)

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 menos las cuñas *dd*, estando unidos en la parte superior por la pieza *ee*, también acuñada. Los tableros suelen tener unos 3 *m* de largo y 1 de alto; los montantes 1,40 *m* y otro tanto próximamente los travesaños, con una sección transversal de 10 × 8 *cm.*

Dispuestos de esta manera los tableros, se va echando la tierra por capas de 10 á 15 *cm.* de espesor, y por medio de pisones de madera dura *g*, 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 continuación como se dijo más arriba. Cada una de estas capas se retira un poco sobre la inferior hasta formar una junta inclinada *ab* (fig. 73), que forma unos 60° con el horizonte, sobre la que viene después á

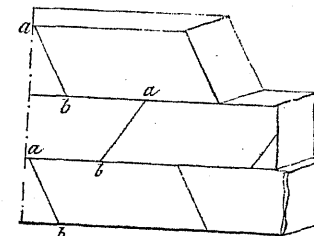


Fig. 73.)

apoyarse la tongada inmediata. Las juntas correspondientes á una misma hilada tienen la inclinación en el mismo sentido, y en sentido opuesto para dos hiladas consecutivas.

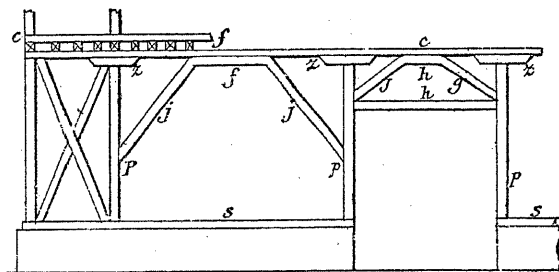
Los huecos que quedan en el muro al sacar los travesaños, se rellenan después con tierra bien preparada, comprimiéndola lateralmente para que forme un sólo todo con el resto del tapial.

En lugar de humedecer con agua clara las tierras que entran en la formación de los tapiales y apisonarlas después, 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 extiende sobre las diversas capas, y en presencia del agua que humedece las tierras, fragua al cabo de cierto tiempo, dotando de una gran dureza al tapial. Estos tapiales, en cuya fabricación entra la cal, se llaman *calicastrados*.

120. **Entramado.**—Aunque los entramados son en rigor una fábrica mixta, por entrar en su composición por punto general, el ladrillo y la madera, los consideramos, sin embargo, en este lugar, en razón 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 situadas en un plano, que ordinariamente son de madera y algunas veces de hierro fundido en las fachadas, y que sirven de refuerzo á los otros materiales que rellenan los claros.

Esta red se reduce, en último análisis, á una serie de *pies derechos* ó *postes pp* (fig. 74), ensamblados á la pieza horizon-



(Fig. 74.)

tal *s*, llamada *solera*, que se apoya en el suelo ó sobre un murete, y á la superior *c*, análogamente dispuesta, que recibe el nombre de *carrera*. Para dar más extensión á la superficie de apoyo de la carrera, se suele coronar á los pies derechos con unas pequeñas piezas horizontales *z*, llamadas *zapatas*; pero si fuere muy grande el espacio entre dos postes, se atenúa la flexión que experimentaría la carrera colocando debajo la *sopanda f*, apoyada sobre los dos *jabalcones jj*. Algunas veces se colocan piezas oblicuas que enlazan dos pies 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 gravitaría.

Los entramados que forman las paredes de fachada de un edificio, deben rellenarse en lo posible con mampostería ó ladrillo; construyéndose siempre la parte inferior ó *zócalo*, de piedra ó ladrillo con una altura de 0,6 á 1 metro por lo menos, 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 sogá; y otras veces con material de desecho y de forma irregular, unidos con yeso.

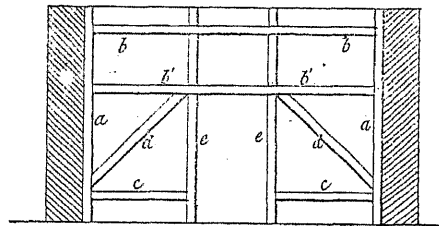
La ejecución de las paredes de entramado, se compone de dos partes muy distintas: una que consiste en la armazón de madera llamada *telar*, que corresponde al carpintero, y la otra que comprende el relleno y pertenece al albañil.

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, ó sirve para sostener las cargas de los suelos superiores, en cuyo caso recibe el nombre de *maestro*, y comprende dos ó más pisos, se hace que las vigas del piso superior, de cuya disposición nos ocuparemos más adelante, las cuales aparecen en la figura 74 según sus cabezas, descansen sobre la carrera; y encima de ellas se tiende la *sobre-carrera*

cf, que sirve á su vez de solera al telar del segundo tramo ó piso, 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),



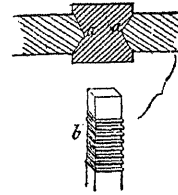
(Fig. 75.)

que hacen las veces de cornijales; y se colocan después las piezas horizontales *bb*, *bb'*, *cc*, que vienen á ser la carrera y solera. Como el relleno de estos tabiques se suele hacer empleando el yeso que se dilata después de haber fraguado (47), hay necesidad de dejar algún 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 unión con los cornijales, sin sobrecargar el suelo inferior, y de aquí proviene el nombre que se da á esta clase de construcción.

Los postes en los entramados maestros suelen tener unos 20 ó 25 *cm.* de lado en su sección transversal, estando más ó menos próximos entre sí, según sean las cargas superiores que tengan que sufrir. En los colgados solo tienen de 8 á 12 *cm.* en la escuadría, y distan unos de otros de 1 á 2 metros.

Para que la fábrica de 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



(Fig. 76.)

que se encajona el relleno cuando el entramado es maestro. En los colgados 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. Si los postes son de hierro, la forma de su sección es un rectángulo hueco, prolongados lateralmente dos de sus lados paralelos, para encajonar bien el relleno.

El relleno de los entramados maestros puede hacerse con mampostería, ladrillos á soga y adobes revocados después, dejando unas veces visible el armazón de madera, y cubriéndole 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 pandeletes 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 cubren después con un enlucido, como se verá más adelante.

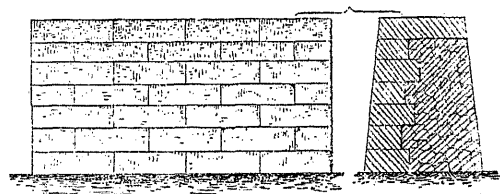
Puestos los morteros de cal en contacto con la madera, la atacan y disminuyen su resistencia; razón por la que hay que preservar este material por alguno de los procedimientos de que ya nos hemos ocupado (96), ó emplear morteros de yeso.

121. **Mixtas.**—Se da esta denominación á las fábricas en que aparecen unas partes construidas con materiales de dimensiones, forma ó calidad diferentes á las del resto de la obra.

Como á más de las fuerzas constantes están expuestas en general las obras á acciones exteriores, como las influencias atmosféricas, las corrientes de las aguas, el choque ó rozamiento de los cuerpos, etc., que actúan de una manera irregular, hay necesidad de dotar á las partes que más directamente tienen que resistir estos agentes, de mayor resistencia que á lo restante de la construcción.

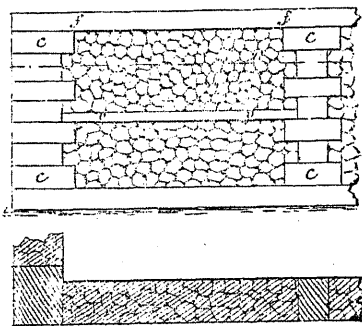
Las fábricas mixtas pueden existir en el interior sin aparecer en los paramentos; presentarse en éstos sin tener lugar en el interior, y por último, encontrarse en ambos.

Cuando las influencias exteriores actúan en toda la obra y pueden perjudicar á la resistencia de los materiales, se ponen otros, conveniente elegidos, que cubren los paramentos (figura 77), y ya se indicó esta aplicación al tratar de los ladrillos recochos y porteros.



(Fig. 77.)

En el caso de acumularse en algunos puntos mayores fuerzas que en los demás, ó de estar más expuestos, como sucede en general con todos los ángulos salientes (fig. 78), se refuerzan con materiales de elección, recibiendo el nombre de *cadena* 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.



(Fig. 78.)

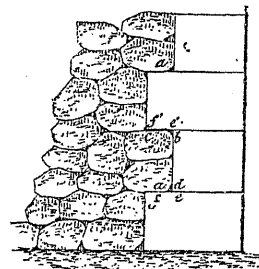
Si se reúnen las dos causas que acabamos de señalar, hay que formar una fábrica mixta en el interior y en los paramentos de la obra, empleando tres clases de materiales distintos;

la menos resistente en el interior; la más fuerte en las cadenas, fajas, etc., y la intermedia en el resto de los paramentos.

Á las zonas reforzadas en el paramento que se acusan por medio de las fajas ó cadenas, se les da de ordinario un pequeño resalto sobre el resto de la construcción, que suele ser de 5 á 15 *cm.*, lo que proporciona á la obra un aspecto de mucha robustez en estos puntos.

Es preciso tomar varias precauciones en la ejecución de esta clase de fábricas para que den los resultados apetecidos. Como una parte de los materiales que entran en su composición tienen más volumen ó formas más regulares que los restantes, resultará que en una misma cantidad de obra entrarán con los primeros menos 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 construcción mixta, experimenten todas el mismo asiento; pues de lo contrario, se originarían grietas ó aberturas en sus zonas de contacto, que á más de disminuir la solidez de la obra, perjudicarían 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. 79) con con una cadena de sillería, en la que aparecen los resaltes *fc*, *f'e'*, etc., para que la trabazón entre ambos materiales sea lo más íntima posible. Para esto se pone sobre las partes salientes *a* de los sillares una capa de mortero de 3 á 4 *cm.* de espesor, fabricado de manera que fragüe un poco después que el resto del mortero empleado en



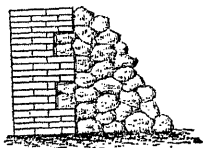
(Fig. 79.)

de mortero de 3 á 4 *cm.* de espesor, fabricado de manera que fragüe un poco después 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 sillares inferiores de los sillares de encima, sea por el contrario lo más delgada posible y formándola con la misma clase de mortero que la a , así como la junta vertical $b d$. 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 algún movimiento á la mampostería sin ocasionarse grietas ni roturas. Á consecuencia de esta compresión las juntas $f'e'$ se ensancharán, y se las rellena de mortero como á las $b d$, cuando se rejuntan los paramentos (127).

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

Cuando el material de que se hace la cadena, ó en general el refuerzo, es de menores dimensiones que el del resto de la construcción, como sucede al ladrillo respecto á la mampostería, se forman los resaltos poniendo cuatro ó seis hiladas cortas y otras tantas largas (fig. 80), pudiendo así entrar en los rebajos los mampuestos, para que traben lo mejor posible ambas fábricas.



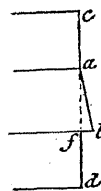
(Fig. 80.)

El orden 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, hormigón, mampostería y tapial.

Cada una de estas clases puede formar cadenas, fajas, etc., en construcciones hechas con algunas de las clases que la 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 estas, en general, un exceso de solidez; ó de ser necesarias para la resistencia habría debilidad en el tapial.

122. **Retundido y rejuntado.**—Si en la colocación de las piedras de sillería ha habido algún descuido y aparecen en los paramentos pequeños defectos, como sería que una de las dos aristas que comprenden una junta no estuviera en el mismo plano del paramento de la obra (fig. 81), habría necesidad



(Fig. 81.)



(Fig. 82.)

de segregar 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 el 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. 82); después 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 este 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 fragua 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 les corresponde.

Esta operación, 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 ocasionaría un agrietamiento perjudicial.

123. **Revoques y enlucidos.**—Así como el rejuntado tiene

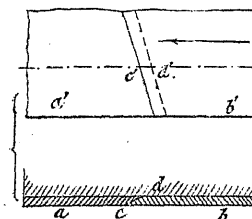
por objeto preservar sólo el mortero interior de las juntas é hiladas de las acciones atmosféricas, así también preservan los revoques y enlucidos todo el paramento de las mismas influencias. Aunque ambas operaciones son en la esencia iguales, reciben el primer nombre cuando se refieren á una fachada ó construcción expuesta directamente á las influencias exteriores, y el segundo cuando se practica en una parte más ó menos preservada, como los tabiques interiores de un edificio, etc. Generalmente se lleva á cabo esta operación empezando en la parte más alta y terminándola en la más baja de la construcción.

Lo primero que hay que hacer, es preparar convenientemente la superficie sobre que se va á operar. Si esta pertenece á una fábrica nueva, se descarnan las juntas, en las que se introducen pequeños pedazos de piedra, y después se barre y moja el paramento. El objeto de estas operaciones es dotarle de las asperezas necesarias para que se adhiera bien el revoque ó enlucido. Si, por el contrario, es una construcción vieja, se descarnan bien las juntas; después 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 cubrir cierta extensión con una capa gruesa, que se la deja adquirir alguna consistencia, mientras se sigue en esta operación 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 fragua con rapi-

dez, hay que hacer esta operación bastante deprisa para emplear todo el mortero que contiene el cuezo antes 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: después se alisa del modo ya indicado. Concluida la primera zona $ac a'c'$ (fig. 83), se hace



(Fig. 83).

lo mismo con la inmediata $cb c'b'$; teniendo cuidado al alisarla de que el movimiento de la paleta sea hacia la parte ya enlucida, como indica la flecha de la figura, para aumentar la mutua adherencia entre ambas zonas; y con el objeto de facilitar la unión de una parte con la contigua ya colocada, se habrá debido terminar esta según un plano $cd c'd'$

oblicuo al paramento y al horizonte.

* 124. **Estucado y pintura.**—Algunas veces se cubren las paredes de los edificios con una composición llamada *estuco*, que á más de preservarlas de las acciones exteriores, sirve para el decorado, pudiéndose imitar el marmol y otras piedras parecidas. Se emplean dos clases de estucos, llamados de cal y de yeso; teniendo el primero su mayor aplicación en los muros exteriores de los edificios, y el segundo en las paredes interiores.

El estuco de cal se obtiene mezclando una parte de polvos finos de marmol 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 substancias, resulte una pasta. En esta pasta se vierte y mezcla el color del marmol que se trata de imitar, y después de ponerla en obra se forman las vetas con un pincel.

Para aplicar el estuco es preciso preparar antes la pared, si ya no lo estuviere, empleando un enlucido fino, ordinariamente hidráulico, y remojando el paramento en el caso de estar seco. Después se extiende 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 jabón de sastré ó agua de legía espesa; luego se la pulimenta frotando con una muñeca de trapo fino, con agua de jabón primero y aceite solo después, haciéndose por último el veteado.

El estuco de yeso se obtiene del mismo modo que el anterior, moliendo y tamizando este material después 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 marmol, se vierten los colores convenientes en el agua de cola, que deberá estar caliente para que no fragüe el yeso con demasiada rapidez. Se extiende y pulimenta este estuco de la misma manera que el de cal.

También se emplean para cubrir las paredes de los edificios pinturas muy diversas, desde las formadas por una lechada de cal que se extiende con grandes brochas, hasta las compuestas de dos ó más substancias que, extendidas sobre el paramento, producen, á causa de su mutua reacción, una capa vítrea resistente é inalterable á las influencias atmosféricas.

125. **Observaciones generales.**—En nuestro clima conviene en general suspender la ejecución de las fábricas desde principio de Noviembre hasta primeros de Marzo, para evitar la acción destructiva que las heladas ejercen sobre los morteros frescos. Al paralizar los trabajos, se abriga la parte superior de la construcción 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 después se moja con agua ó con lechada de cal la superficie sobre que se va á continuar la obra. Esto último se hace siempre al continuar los trabajos, después de interrumpidos por algunos días.

Las construcciones deben llevarse por igual horizontalmente en toda la extensión 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 tablonés colocados encima de la fábrica recién hecha, y no pisen los morteros frescos, que perjudicarían 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 antes de continuar los trabajos.

Á continuación se inserta un estado referente al volumen de mortero ó yeso que entra en cada metro cúbico de las diversas clases de fábrica. Desde luego se comprende que el volumen de la mezcla varía en cada fábrica particular, según sean las dimensiones de las piedras, la mayor ó menor regularidad de su forma y el espesor que se da á las juntas; así es que sólo deben aceptarse los resultados que aparecen como indicaciones generales y aproximadas.

Volumen de mortero ó yeso que se emplea en cada metro cúbico de diferentes fábricas.

CLASE DE FÁBRICA	Volumen de la mezcla en metros cúbicos.
Sillería ordinaria con hiladas de 50 á 80 <i>cm.</i> de altura.....	0,052
Idem id. id. de 30 á 50 <i>cm.</i>	0,060
Idem id. id. de 25 á 30 <i>cm.</i>	0,064
Bóvedas planas.....	0,068
Idem en cañón.....	0,072
Fábrica de sillarejo.....	0,250
Mampostería de carretales.....	0,072
Idem concertada... } Cuando el menor volu-	0,320
Idem careada.... } men de un mampuesto	0,400
Idem ordinaria... } es de 0m003.	0,450
Fábrica de ladrillo (entrando unos 550 en cada metro cúbico).....	0,250

PARTE TERCERA

CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS MÁS USUALES

CAPITULO PRIMERO

Fundaciones en general.

ARTICULO PRIMERO

NATURALEZA DEL TERRENO

126. **Condiciones que debe tener el suelo.**—Á más de la buena ejecución de la fábrica de que está compuesta una obra, es indispensable, para que llene la condición esencial de solidez, que la sustente una base resistente é inalterable; pues de lo contrario, se arruinaría la construcción por bien ejecutada que estuviera. El estudio y preparación de esta base, á la que se da el nombre de *fundación* de la obra, es, por lo tanto, de la mayor importancia, y exige un detenido examen 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.

Á tres pueden reducirse las cualidades indispensables que debe satisfacer el terreno para que la fundación llene su destino, debiendo ser *incomprensible*, *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 destrucción no puedan alterarlas. Como es imposible conocer *a priori* y de una manera general si un terreno dado

reune estas tres propiedades, hay necesidad de proceder á observaciones ó experimentos en cada caso para comprobarlas, y subordinar á los resultados que se obtengan la naturaleza de la fundación.

127. **Incomprensible.**—El medio más directo y eficaz para conocer si un terreno dado se comprimirá por el peso de la construcción que haya de sustentar, sería cargarle con un peso igual al de la obra, actuando un tiempo bastante largo; pero como esta operación 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 menos exactos, da sin embargo, bastante aproximación. Los efectos producidos por este choque, se pueden comparar hasta cierto punto con los que ocasiona la presión 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 antes del choque; a la depresión vertical que experimenta la superficie del terreno después del choque; Q una carga capaz de deprimir el suelo, por solo la presión, 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 ecuación,

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

Como las cargas necesarias para producir la misma depresión, 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 depresión a , el trabajo total de P en la unidad superficial será $\frac{n P}{S} (A + a)$; de modo que para esta unidad se tendrá:

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

Así, por ejemplo, si se quiere saber á qué carga por presión equivaldrá el efecto producido por el choque de un peso $P = 300 \text{ kg.}$, teniendo de base una superficie $S = 0,04 \text{ m}^2$. que cae $n = 30$ veces seguidas de una altura $A = 1,30 \text{ m.}$, ocasionando en la superficie del terreno una depresión $a = 0,05 \text{ m.}$, se tendrá substituyendo

$$Q = \frac{30 \times 300}{0,04} \left(\frac{1,30}{0,05} + 1 \right) = 6.075.000 \text{ kg.}$$

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

En cierta clase de terrenos muy elásticos, no hay á veces otro medio de apreciación más que el de cargar las primeras hiladas de la obra y durante todo un invierno por lo menos, con un peso igual ó mayor que el de la construcción que se quiere erigir.

128. **Insocavable.**—Hay ciertos terrenos, que expuestos 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 defectos por medio de experimentos, hay que limitarse á la inspección 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 construcción 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.

Á continuación se inserta un estado de la velocidad que

en un segundo de tiempo necesita tener el agua en el fondo de una corriente, para socavar su lecho, según 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 25 mm. de diámetro	0,675
Cantos rodados de 38 mm. 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

129. **Impermeable.**—Se dice que un terreno es impermeable, cuando sometido á una cierta carga de agua no dá paso al líquido é impide la menor filtración. Aunque existen muy pocos que llenen en absoluto esta condición, 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 fundación de una obra; y las filtraciones, que son el resultado de esta manera de ser, pueden llegar á impregnar la base de la fundación y hasta socavarla en un tiempo más ó menos largo, ocasionando en ambos casos la destrucción completa de la obra, ó por lo menos una alteración perjudicial á su solidez. Para evitar estos perniciosos efectos, se toman precauciones especiales, como se verá más adelante.

ARTICULO II

RECONOCIMIENTO DEL TERRENO

130. **Diversas clases de reconocimientos.**—El completo conocimiento del suelo sobre que se vá á levantar una obra, es de la mayor importancia para fijar acertadamente la clase de fundación más apropiada en cada caso particular; y las investigaciones necesarias á este fin, no sólo se refieren al examen de la naturaleza del terreno en la superficie ó cerca de ella, sino que se extienden á una profundidad aún mayor de la que deba tener la construcción 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 continuación, que den una idea exacta de las cualidades del terreno.

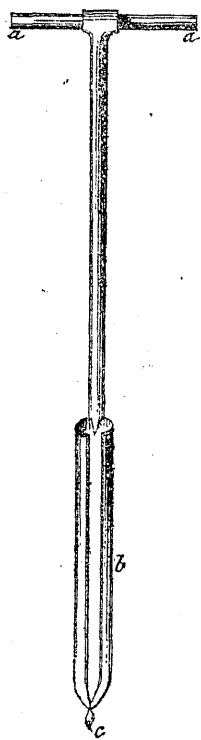
Á veces podrá bastar el examen de los pozos que existan en las inmediaciones, ó bien el de los escarpes naturales ó cortes artificiales, como los de una vía de comunicación, canal, etc.; pero siempre debe tenerse muy en cuenta, que las diversas capas que forman la corteza terrestre cambian con frecuencia de naturaleza y de espesor de un punto á otro, y que por lo tanto, estos medios indirectos sólo proporcionan indicaciones aproximadas. También debe averiguarse, por los prácticos y ancianos de la localidad, si en el sitio de la fundación se han hecho algunas excavaciones que después se hayan rellenado.

Si existieran otras obras en las inmediaciones, se pedirán noticias á los albañiles 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 fundación que deba adoptarse.

131. **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 extensión, en cuyo caso resultarían 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 varios objetos de los que aquí no nos ocupamos: el útil con que se verifican estas perforaciones, recibe el nombre de *sonda*.

132. Descripción y uso de las sondas. Sonda de Palissy.—Cuando no hay que atravesar más que una profundidad de 1,70 m., se usa la sonda de Palissy (fig. 84), que se



(Fig. 84.)

compone de un vástago de hierro terminado por una de sus extremidades 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 transportarla un sólo hombre.

Para emplear esta sonda, se empieza por abrir en el suelo un hoyo más ó menos profundo, en cuyo fondo se aplica el gusanillo, y después de comprimirla, se le da un movimiento de rotación 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 40 cm. se eleva el útil sacándole del agujero, y se examina la naturaleza de los detritus que se han ido alojando en la cuchara en el mismo orden de superposición que tenían en el terreno atravesado: se eligen las muestras más convenientes y se toman las notas necesarias, como se verá después. Hecho esto, se vuelve á introducir la sonda en el taladro, haciéndola girar hasta que penetre otros 40 cm., repitiendo

entonces las mismas operaciones dichas, y se sigue de esta manera en toda la profundidad que se haya de atravesar.

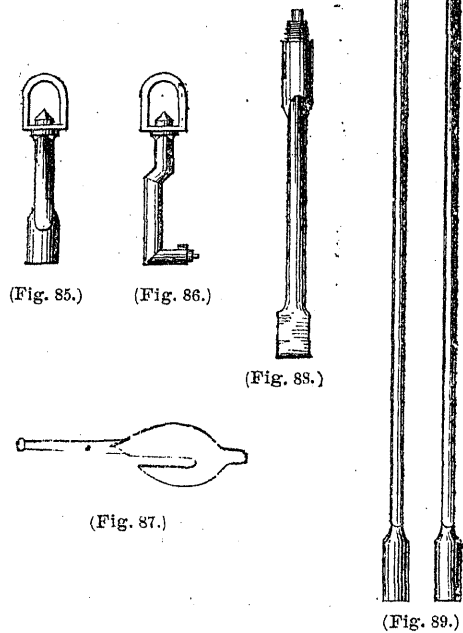
Si el terreno está demasiado seco y no se adhieren los detritus á la cuchara para que se sostengan al sacarla, se echa agua en el taladro, con el fin de conseguir este objeto;

y siempre conviene cuidar de que la barrena no penetre más de 25 ó 30 cm., sin asegurarse por un ligero esfuerzo de tracción de que se podrá sacar, sin grandes dificultades, cuando haya atravesado los 40 cm. que en cada operación 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.

133. 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 después se desarman

al tenerlas que sacar.

La más sencilla de estas sondas, que se emplea en perforaciones de hasta 10 m. de profundidad, se compone de las principales partes siguientes: 1.º Una cabeza de sonda (fig. 85). 2.º Una llave elevatoria ó *pie de cabra* (figura 86). 3.º Una llave de retención ó *grifo* (fig. 87). 4.º Una alargadera de un metro de longitud (fig. 88). 5.º Cuatro vástagos ó varillas de 2 metros (figura 89). 6.º Un trépano acerado ó rom-



(Fig. 85.)

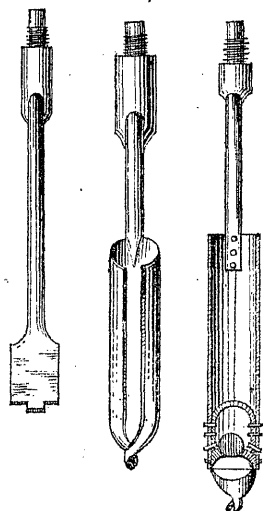
(Fig. 86.)

(Fig. 88.)

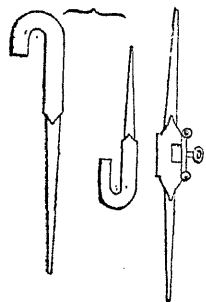
(Fig. 87.)

(Fig. 89.)

pe-piedras (fig. 90). 7.º Una barrena abierta terminada en gusanillo (fig. 91). 3.º Una válvula de charnela (fig. 92). 9.º Un mango de maniobra con rosca de presión (fig. 93). 10.º Dos



(Fig. 90.) (Fig. 91.) (Fig. 92.)



(Fig. 94.) (Fig. 93.)



(Fig. 95.)

destornilladores (fig. 94). 11.º Un caracol arranca-sonda (figura 95). Y 12.º Una cábría de tres montantes con una polea (figura 96).

Todos estos útiles, excepto la cábría, que ordinariamente es de madera y tiene de 3 á 3,5 m. de altura, son de hierro forjado; y el trépano, la barrera y la válvula, que son las herramientas que atacan directamente al terreno, están acera- das 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 esta 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 presión, y otras por presión, percusión y rotación.

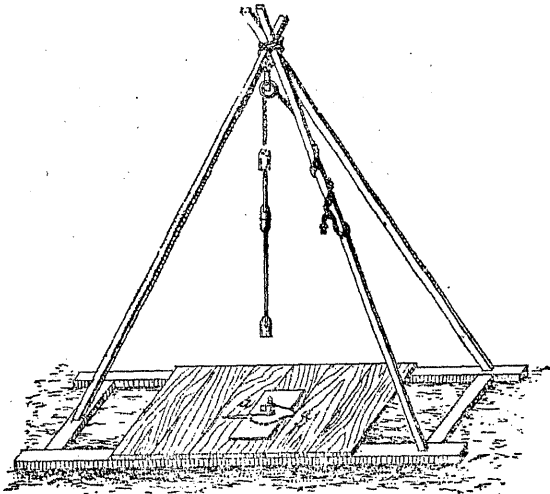
Supongamos ahora que se trata de practicar un sondeo de 10 m. Se empieza por atornillar á la herramienta, que supon- dremos sea la barrena, la alargadera, y á esta la cabeza de sonda, uniendo á su estribo una cuerda que, después de pasar por la polea de la cábría, se sujeta á un punto de esta como se ve en la fig. 96: después se fija el mango de maniobra apretando el tornillo de presión 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 desatornilla 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 40 cm., 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 excede de 2,25 á 2,50 m., y la polea está á unos 3 m.: aquí, como en la sonda Palissy, se debe cuidar de no introducir la barrena de una manera con- tinua más que 25 ó 30 cm., 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 después 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 tendría una longitud de 3,25 á 3,50 m., y por lo tanto la cabeza tropezará en la polea antes 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. 96). Hecho esto,



(Fig. 96.)

y teniendo la precaución de colocar en el suelo dos tablones que comprendan la abertura, ó uno sólo con un taladro 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 entonces 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; después se separa de la misma manera la cabeza y

la varilla, y por último, después de quitada la varilla, 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, tendrían 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, después de haberlos sujetado con el grifo por la parte más larga.

Para volver á introducir la sonda y continuar los trabajos, hay que armarla también por partes, según las mismas reglas, aunque en sentido inverso al descripto para sacarla.

134. Precauciones que deben tomarse en los sondeos. Hay que tomar varias 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 necesariamente tendrían lugar, colocando tres cuerdas ó vientos, sujetas por un extremo á los montantes de la cámbria 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, se hace que el extremo libre de la cuerda se arrolle á un torno, y se verifica por su medio el arranque de la sonda. Después de elevada 20 ó 30 cm., 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 perforación de las diversas capas del terreno se llega á una demasiado dura para que la barrena pueda pene-

trarla por rotación, hay necesidad de sustituirla por el trépano y hacerle entonces obrar por percusión, elevando la sonda 25 ó 30 *cm.* y abandonándola en seguida á su propio peso, después de haberla hecho girar un poco, en el sentido en que se atornillan las varillas, para que el filo se presente en otra posición y produzca un agujero cilíndrico. Cuando de este modo el trépano ha descendido 30 ó 40 *cm.*, se le saca para introducir de nuevo la barrena y extraer los detritus, que se mojarán si es necesario aumentar su adherencia.

Muchas veces sucede que á los 6 ó 7 *m.* de profundidad se atraviesa alguna capa permeable; y si el terreno es flojo, se reblandecen las substancias de tal modo, que no tienen bastante cohesión para sostenerse en la cuchara de la barrena cuando se la saca, y entonces es preciso usar la válvula que penetra á través del terreno semilíquido: éste abre la válvula, entra en el tubo de encima, 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 separación entre las partes que forman la sonda, cuando ésta se encuentra introducida en el taladro, 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 extraída y se conocerá la profundidad 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 conseguido esto, se le hace girar en el sentido en que se atornillan las varillas, hasta que abraza la parte prismática, y al sacarle tropezará con el refuerzo superior, arrastrando consigo la parte de sonda que había quedado en el fondo de la abertura.

135. **Prescripciones generales.**—Antes de empezar el sondeo en un sitio dado, convendrá: 1.º Elegir un punto fijo en el terreno, que sirva de referencia á todas 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 encuentra la perforación. 3.º Examinar con atención y colocar por su orden los diferentes detritus

que se extraigan, 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 principales 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 perforación y el adelanto del trabajo en cada caso. 6.º Anotar los accidentes y circunstancias notables que hayan podido ocurrir en la marcha de las operaciones. Y 7.º Señalar la profundidad á que se hayan encontrado 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.

ARTICULO III

DIVERSAS CLASES DE FUNDACIONES

136. **División de las fundaciones.**—La fundación más á propósito en cada caso de aplicación, 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*.

Á la primera corresponde en general las que se establecen en un terreno seco, que se puede excavar hasta la profundidad necesaria sin encontrar agua en bastante abundancia para que entorpezca los trabajos, y cuando después de terminada la obra no está expuesta 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 cubierto 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 esa cualidad para una fundación ordinaria, y ser sin embargo inaceptables por completo si hubiera de ser hidráulica.

2.º Que se encuentre el suelo firme á bastante profundidad para que no convenga desmontar el mal terreno que le cubre; 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 construcción que sobre ellas descansa. 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. Entonces 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 solidez conveniente; y en este caso, se dice que son *fundaciones sobre terreno variado*.

Quando el agua cubre ó llena una fundación, 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 después el agua que queda en el interior, pudiendo entonces trabajar como si el líquido no existiera; y en tal caso, se dice que la *fundación es con agotamiento*. El otro se reduce á verificar los trabajos sin previa preparación, teniendo que atravesar la capa acuifera que cubre la superficie sobre que se va á fun-

dar, y entonces recibe el nombre de *fundación 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 después 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 especiales en la mano de obra, lo que en ambos casos hace elevar de una manera notable el importe de la construcción.

137. **Fundaciones sobre terreno natural.**—Todo terreno no comprensible 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 fundación desde luego, aunque hay otros terrenos, como ciertos bancos de grava, de arena ó arcilla, que en agua estancada y con poca presión pueden también 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 pie 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.

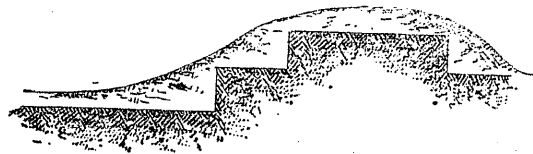
138. **Construcciones ordinarias.**—Examinaremos los ca-

tos 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 5 á 10 *cm.* en las rocas muy duras, y 20 á 40 en las menos resistentes, y enrasar después 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 cubierto el suelo firme por una capa no consistente de poco espesor, se desmonta esta, continuando después como se acaba de decir.

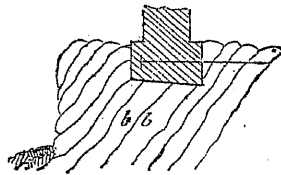
Puede presentarse el terreno natural con una inclinación bastante marcada, para que si se pusiera horizontal el fondo de la caja, se ocasionasen grandes desmontes; y no siendo conveniente establecerle con la inclinación del suelo, es preciso formarle de una serie de escalones (fig. 97), quedando



(Fig. 97.)

siempre los puntos más próximos á la superficie unos 20 ó 30 *cm.* por lo menos enterrados.

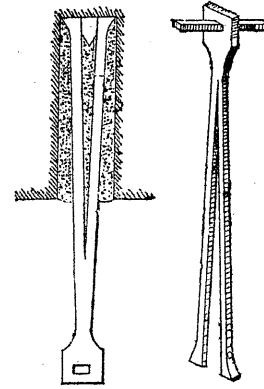
Ocurre á veces tener que construir una obra en el escarpe de una roca formada por bancos (fig. 98), y dispuestos de modo, que si los superiores se corriesen hacia el escarpe, arrastrarían consigo la construcción. En este caso, hay que bajar la fundación hasta llegar á los bancos *bb* que entran en el suelo por



(Fig. 98.)

bajo del pie del escarpe, ó por lo menos hasta uno que presen-

te bastante resistencia y esté cubierto por otros varios 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 extremo (fig. 99 y 100), y con un ojo en el



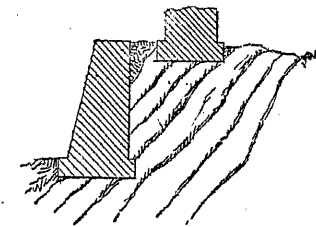
(Fig. 99.)

(Fig. 100.)

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 antes de poner una cuña en la bifurcación, 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.

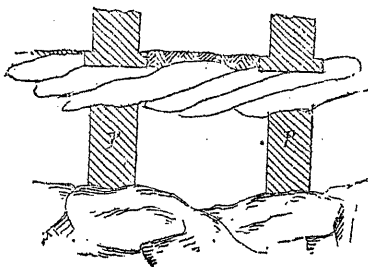
Aunque en el caso de ser la roca atacable por las acciones atmosféricas, se pueden obviar muchos de estos inconvenientes construyendo un muro que contenga los bancos (fig. 101), es siempre preferible, á poder ser, alejar las obras de los escarpes todo lo necesario, para que estos no tengan influencia alguna en la estabilidad y duración de aquellas.

Hay ocasiones en que por bajo de la roca ó del suelo resistente hay un espesor más ó menos grande de mal terreno, y á veces está en hueco por excavaciones que se hayan practicado anteriormente ó por otra causa cualquiera. Entonces hay que examinar con el mayor



(Fig. 101.)

cuidado si el suelo fuerte tiene por sí mismo bastante resistencia para soportar el peso de la construcción, 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. 102) los puntos principales en que carga el peso de la obra.

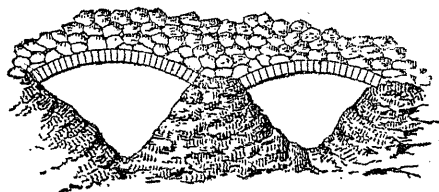


(Fig. 102.)

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 fundación 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 (figura 103). En este caso los apoyos de las bóvedas habrán de ex-

perimentar un exceso de carga, que deberá tenerse muy en cuenta al calcular su resistencia.



(Fig. 103.)

Sucede también que las rocas sobre que se vá á fundar presentan á veces irregularidades, que es difícil enlazar bien con ellas una fábrica regular; y entonces, lo mejor es formar una base ó macizo de hormigón, que se hace vertiéndole entre tableros semejantes á los descritos en el núm. 117; así se enrasan ó igualan superiormente todas las irregularidades más notables, y después se sigue la fábrica.

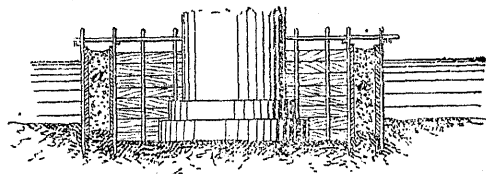
139. **Construcciones sobre arena.**—Se puede fundar sobre la arena suelta cuando aparece en capas de gran espesor y no está expuesta á la acción de las aguas en las crecidas. Para esto se empieza por abrir la zanja de la fundación solamente en la extensión que se puede rellenar en un día con la fábrica 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 excava 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 excava el sitio de la segunda piedra de la misma hilada, y la coloca como la primera, continuando así en toda la extensión 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 orden en que se va haciendo la primera; y á veces entra después un tercer albañil, si no han de molestarle en su respectivo trabajo, adelantando de esta manera la obra por escalones.

Al día siguiente se prosigue la excavación, que podrá rellenarse, y el primer albañil continúa después colocando las piedras de su hilada, siguiendo los demás en su trabajo respectivo, hasta que al cabo de cierto tiempo se haya enrasado la fundación en toda la superficie que deba ocupar. Á 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 horizontalmente, 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.

140. **Construcciones hidráulicas.**—Cuando la obra haya de ser hidráulica y se emplean los agotamientos, se empieza por formar el dique ó la pared impermeable, llamada *ataguía*, según se ve en sección vertical y proyección horizontal en *aa* (fig. 104 y 105), que comprenda la superficie de la fundación;

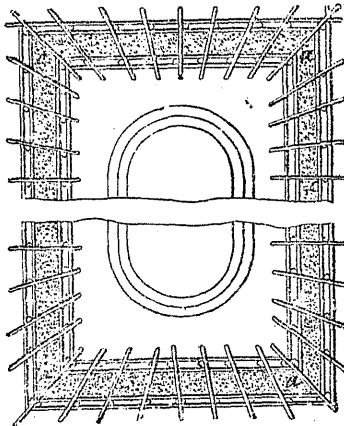


(Fig. 104.)

debiendo cuidar de rebajar el pie 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 expuesta á fuertes corrientes, se puede aumentar su estabilidad inclinando un poco su base en sentido contrario al de la marcha del agua (fig. 106).

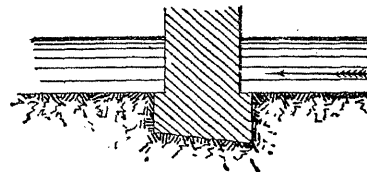
Desde el punto de vista económico, no se debe apelar á los agotamientos, sino cuando la altura de las aguas pasa de dos metros.

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 llamados *dragas* y *escafandras* (162 á 166) y después se sondea el contorno de esta base con la mayor exactitud, para conocer sus diversas



(Fig. 105.)

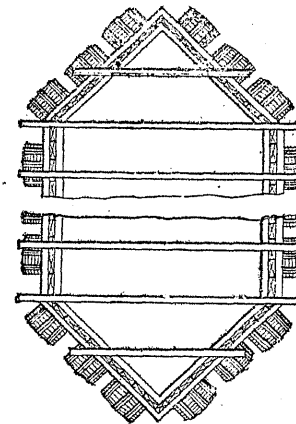
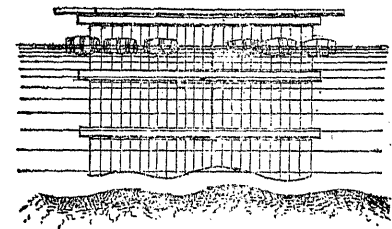
irregularidades, refiriéndolas á un plano fijo horizontal. Hecho esto, se construyen y arman en el suelo, cerca de la orilla ó



(Fig. 106.)

sobre balsas, los tableros de madera necesarios que han de formar las paredes del cajón, y una vez armados y puestos en el sitio que les corresponde, se rellena su interior con hormigón.

Estos tableros (fig. 107) deben tener una altura algo mayor que el calado del agua, y se cortan por la parte inferior de modo que se adapten con la 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 posición, empleando las amarras y anclas necesarias; después 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 hormigón, poniéndole á través del agua, como se verá más adelante, y establecer después sobre este macizo de hormigón la



(Fig. 107.)

primera hilada de la fábrica, como se haría sobre el terreno natural; pero si el cajón no se ha sumergido convenientemente, se le levanta un poco, sacando agua de los toneles por medio de una bomba, y después se le hace bajar con cuidado para que ocupe con precisión el lugar que le corresponda.

Alguna vez, aunque rara, se construye en medio del agua un macizo de piedras echadas á granel que tienen dimensiones bastante grandes, 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; si bien este sistema tiene el inconveniente de experimentar asientos muy marcados durante un largo plazo, lo que obliga á ejecutar la obra superior al cabo de mucho tiempo después de terminada la escollera.

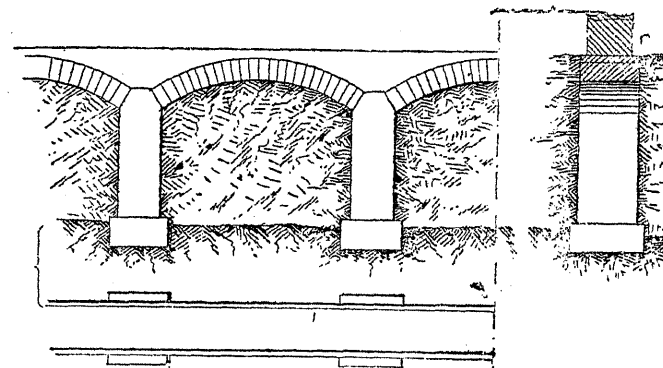
141. Fundaciones sobre pilotes. — Se da la denominación de *pilotes* á vigas de madera redondas ó escuadradas y á fuertes barras redondas de hierro, introduciéndose unas y otras á través de los terrenos poco resistentes, ya para dotarlos de más consistencia, ya para alcanzar inferiormente una capa bastante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

La penetración de los pilotes en la masa de los terrenos puede conseguirse por medio de la *percusión*, ó sea golpeándolos por la parte superior; por *rotación*, análogamente á como entra la barrena del carpintero en la madera; y finalmente, por *presión*, 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.

Á la reunión de los pilotes introducidos en el terreno y cuya parte superior proporciona los puntos de apoyo necesarios para establecer una construcción 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 construcción.

Una variedad del sistema de pilotes es la *fundación sobre*

pilares, que se ejecuta excavando pozos á intervalos regulares en la superficie que ha de ocupar la construcción, los cuales bajan hasta el terreno resistente, y rellenándolos después de mampostería sirven de pilares ó pies derechos á un sistema de arcos que van de uno á otro, sobre los que se establece la primera hilada de la obra, después de haberlos enrasado de nivel, como se ve en tres proyecciones en la fig. 108. Otras

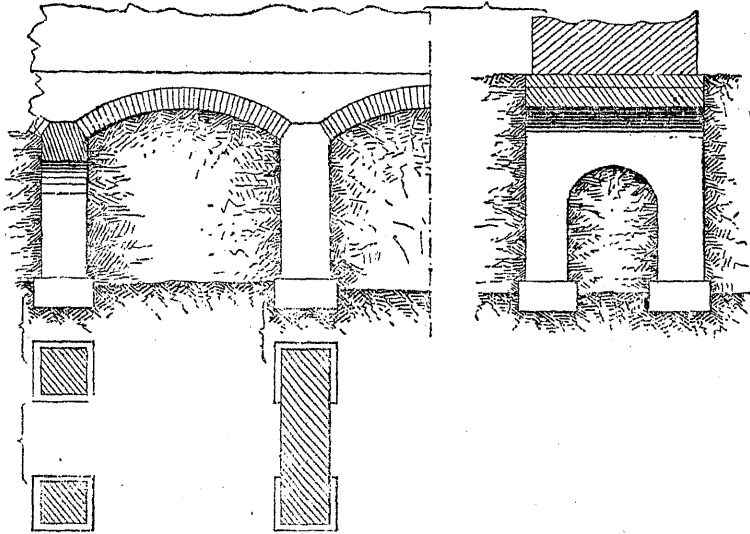


(Fig. 108.)

veces se construyen sobre estos arcos enrasados un sistema de bóvedas, según se ve en la fig. 109, cuando la base de la fundación necesita ser muy ancha.

142. 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 pie de los pilotes, sin darlos una longitud excesiva. 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 m. de longitud, se debe por regla general desechar los pilotes de madera, y adoptar otra disposición, para que la obra tenga la solidez necesaria. No existe la misma limitación en las fundaciones sobre pilares y aun sobre pilotes de hierro y tubos, por la con-

veniente longitud y resistencia de que se los puede dotar en cada caso, debiéndose preferir siempre el sistema que proporcione la solución más económica, á igualdad de solidez.

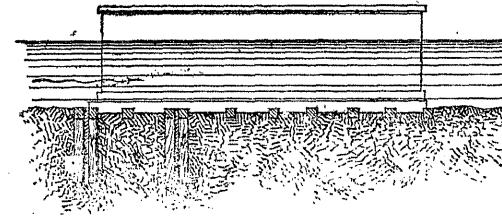


(Fig. 109.)

143. **Construcciones hidráulicas.**—En las fundaciones hidráulicas son mucho más numerosos los casos en que se debe apelar al empleo de los pilotes, pues no solo son indispensables cuando el terreno resistente se encuentra á demasiada profundidad para que convenga desmontar el malo que le cubre, sino en el caso de que el terrero superior, aunque inalterable á la presión vertical que ha de sufrir, no lo sea á la acción de las filtraciones ó á la erosión de las aguas corrientes, como sucede con los bancos de marga ó de grava, sobre los cuales se podría establecer con seguridad completa una fundación ordinaria. En estos casos y cuando no conviene desmontar la capa superior del terreno flojo, hay necesidad de bajar los puntos de apoyo lo necesario para que las socavacio-

nes posteriores no dejen la fundación 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 después como si fuera una fundación ordinaria. Para preservar de la acción erosiva de las aguas el terreno sobre que insisten las fundaciones, se reviste ordinariamente todo el contorno del pilotaje, ó por lo menos las partes situadas aguas arriba y abajo, con tablestacados *tt* (fig. 110), los cuales no



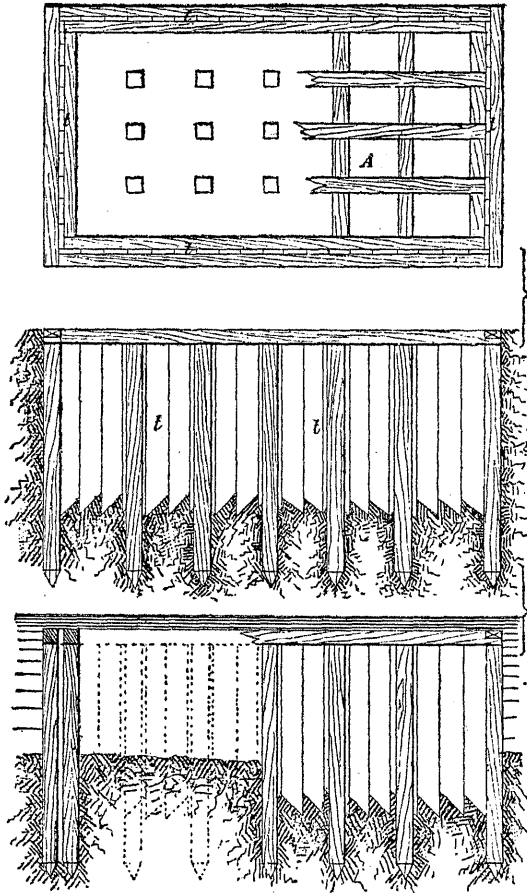
(Fig. 110.)

son otra cosa más que paredes formadas por tablonés que están en contacto lateralmente, y que se introducen en el terreno como los pilotes.

Si la fundación debe hacerse sin agotamiento, se pueden emplear también cajones sin fondo, como se ha dicho en el núm. 140, 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 después se rellena todo el interior del contorno, que limitan las tablestacas, con hormigón, que llega hasta unos 50 *cm.* 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 les corona con un emparrillado *A*, según se ve en proyección horizontal y dos secciones verticales en la fig. 111.

Siempre debe cuidarse de que la cara superior del emparrillado quede en todos los casos cubierta constantemente por

las aguas, para que esté la madera en buenas condiciones de conservación.



(Fig. 111.)

Si después de colocado el pilotaje central y sin hacer uso del cajón 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, entonces se dice que la fundación es sobre pilotaje y escollera. El pie de esta debe extenderse más allá que el de los pilotes, para no dar lugar á movimientos ó socavaciones de ninguna clase. Este procedimiento apenas tiene aplicación en la actualidad.

En el día se hace uso en las obras hidráulicas de importancia, de los *pilotes de rosca*, que constan de una fuerte barra de hierro forjado, terminada inferiormente por un disco horizontal en forma de helizoide, hecho de hierro fundido unas veces y otras de palastro (fig. 112) y más abajo un gusanillo

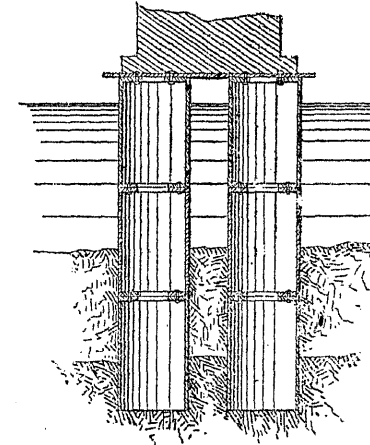


(Fig. 112.)

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 (133), 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 construcción, una vez arriestradas perfectamente las cabezas de todos los pilotes.

En otros casos se emplean también tubos de hierro fundido ó de palastro, de 1 á 3 y más me-

tros de diámetros, como se ve en sección vertical en la fig. 113; formados por anillos sobrepuestos, uniéndose unos á otros por medio de tornillos que atraviesan los rebordes planos 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 excavan el suelo sobre que insisten, sacándose los productos



(Fig. 113.)

de la excavación por procedimientos que no podemos entrar á describir, y dotando á los obreros del aire necesario por medio de bombas establecidas en la parte superior. De esta manera van bajando los tubos verticalmente en virtud de la carga superior, y una vez introducido su pie en la capa fuerte del terreno, se suelen rellenar interiormente, unas veces de hormigón y otras de mampostería hidráulica 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 construcción.

144. **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 menos gastos á igualdad de solidez y resistencia.

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

La fundación *sobre terreno natural después de comprimido*, puede tener aplicación en general á todos los terrenos que sean comprensibles, y aun á los terrenos turbosos cubiertos con una gruesa capa de tierra vegetal, y también se puede emplear sobre masas de arena fangosa ó arcilla reblandecida, que tengan en la superficie una costra sólida de más ó menos espesor. Las precauciones particulares que se deben tomar en estos diversos casos, son: 1.º Desmontar lo menos 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 resultaría 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 expuestas en el número 127.

La fundación *sobre emparrillado* tiene una aplicación justificada, siempre que el terreno es demasiado débil para que pueda emplearse el procedimiento anterior. Consiste en una *parrilla* ó cuadrícula de madera, formada de fuertes vigas colocadas horizontalmente, que se ensamblan entre sí á ángulo recto, cubriéndolas después con un grueso entablonado ó piso. Este emparrillado tiene por objeto repartir las presiones sobre el suelo con igualdad; pero tiene el inconveniente de pudrirse 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 putrefacción, según lo expuesto más arriba (96).

También 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 destruirían 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, si es posible, durante un tiempo más ó menos largo y antes de empezar la construcción, con un peso igual por lo menos al de la obra; consiguiéndose de esta manera que el terreno haga su asiento, lo que evitará accidentes unas veces de transcendencia 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 consolidación.

La fundación *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 construcción. Este sistema, además de lo costoso, tiene los mismos inconvenientes que el anterior para la conservación de la madera.

Muchas veces se reemplazan con buen resultado los pilotes ordinarios por pilotes de arena ó de hormigón, para lo cual se clava en el terreno un pilote de madera ligeramente cónico, de unos 2 m. de largo por 20 cm. de diámetro; se le arranca después, y la abertura que deja se llena con hormigón, ó bien con arena fina y seca bien comprimida, repitiéndose esta operación 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, solo la mitad próximamente tiene que experimentar el pie, transmitiéndose el resto á las paredes laterales de la abertura.

El sistema de fundación sobre *escollera*, tiene buena aplicación 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; después se enrasa de nivel la parte superior con piedras pequeñas ó ripio y se carga con un peso igual al de la obra, rellenando con piedra nueva los asientos que tengan lugar, hasta que no se produzca ningún movimiento. Al cabo de algún tiempo de no experimentar asientos, se puede ejecutar la construcción.

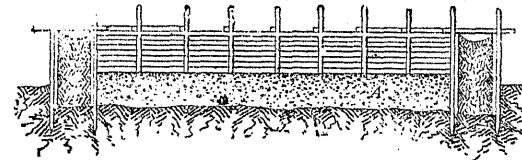
En los terrenos del caso anterior, se emplean también *macizos de hormigón*, que consisten en capas que se forman con este material, echándole en una zanja bastante profunda, cuyas paredes se sostienen con tableros de madera. Después de fraguar el hormigón, constituye un verdadero banco de piedra, que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

En algunos casos se funda en terrenos malos con solidez y una gran economía, formando una capa gruesa de arena fina y seca, extendida y apisonada en la zanja de la fundación. Este medio no difiere en la esencia del llamado por pilotes de arena.

146. **Construcciones hidráulicas.**—Si en lugar de ser la fundación 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 incomprensible y un poco socavable, teniendo por objeto repartir la presión uniformemente sobre el fondo, que se nivela de antemano con cuidado después de formada la ataguía y sacada el agua. Para evitar las socavaciones, se hincan en la dirección más conveniente filas de tablestacas *tt* (fig. 110), y si esto no se creyera suficiente, se rodea el pie de la fundación con un zampeado más ó menos extenso.

En el caso de que el terreno sea muy permeable en una gran profundidad, lo que daría lugar á numerosos manantiales si después de formada la ataguía como de ordinario, se tratara de agotar el agua interior, se draga el fondo hasta bastante profundidad (fig. 114) y luego se vierte á través del



(Fig. 114.)

agua una gruesa capa de hormigón *A*, que se deja fraguar antes de verificar los agotamientos; y después de verificados estos, se ejecuta sobre esta capa, y en seco, la construcción. En este caso hay que tomar la precaución de bajar las ataguías lo bastante para que no sean descalzadas al hacer el dragado interior. Otras veces se forma la capa de hormigón *A* (fig. 115) en la excavación que se hace con la draga, lo más



(Fig. 115.)

uniforme posible y á la profundidad conveniente, y en su contorno se forman después los rebordes *B*, también de hor-

migón, que se suben hasta por encima del nivel del líquido exterior. Una vez fraguado el hormigón 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.

También se emplean en este caso, como en las fundaciones ordinarias, pilotes de madera de 2 á 3 m. de longitud, que después 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 hormigón, 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 también de los tubos de hierro, los cuales sirven de ataguías durante la construcción de la fábrica con que se rellenan interiormente, y después quedan como un refuerzo y revestimiento sólido á esta fábrica, que es de ordinario el hormigón. Estos tubos se introducen á veces hasta 20 y 25 m. de profundidad.

147. Fundaciones sobre terreno variado.—Estas 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 también 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 revelaría por agrietamientos y separaciones 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 menos 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.

*** 148. Comparación de las diversas fundaciones.**—De cuanto llevamos dicho referente á las fundaciones artificiales, resulta que se pueden reunir en dos grandes grupos, que son: 1.º Fundaciones sobre pilares y otros apoyos verticales, y 2.º Fundaciones sobre plataformas ó ensanches de base.

El primer grupo comprende las fundaciones sobre pilares de fábrica, sobre columnas de fundición, cajones y pilotajes de madera ó de hierro, y al segundo pertenecen las fundaciones sobre emparrillados, macizos de hormigón ó de arena y sus análogas.

Las fundaciones sobre pilares de fábrica convienen en los terrenos de acarreo secos y de mucho espesor. En los mismos terrenos se emplean también los pilotes de arena, aunque solamente para construcciones ligeras; son menos costosos que los ordinarios; pero exigen más tiempo para su construcción. Las fundaciones sobre pilares de fábrica convienen especialmente en las construcciones pesadas establecidas sobre un terreno poco resistente, impregnado de agua. Deben siempre preferirse á los pilotes cuando el nuevo edificio se encuentra entre otros ya existentes, porque estos pueden experimentar perjuicio á causa de los choques producidos por la hinca.

Los pilotes pueden emplearse de dos maneras diferentes; ya penetrando algo su punta en un terreno resistente y entonces la presión se transmite directamente á este, ya quedando toda su longitud en el terreno compresible y entonces no resisten más que por el rozamiento en sus caras. En el primer caso no se debe encontrar el terreno resistente á una gran profundidad, y en el segundo hay que ejecutar el pilotaje con gran cuidado y sólo debe emplearse para construcciones ligeras.

Los pilotes de hierro convienen á las fundaciones de obras y edificios de importancia situados sobre el agua. Los cilindros de fundición, tengan ó no rosca en su base, y rellenos de hormigón se aplican en construcciones pesadas y se emplean en las condiciones del caso anterior y en los puentes.

En el segundo grupo de fundaciones se obtiene la resistencia de la construcción repartiendo la carga en una gran base de apoyo. Generalmente son de más frecuente aplicación que las fundaciones del primer grupo.

Los emparrillados no impiden el asiento desigual de las diversas partes de la fundación y únicamente se oponen á que la diferencia de asiento sea grande entre dos partes próximas. Cuando la carga está repartida desigualmente y es variable la resistencia del suelo, experimentan flexiones muy marcadas, como también ocurre con las plataformas. La fundación sobre emparrillado no es tan eficaz como sobre un macizo de arena, que resulta menos costosa, más fácil de ejecutar y no exige que se profundice la fundación hasta por bajo de las bajas aguas.

Las fundaciones sobre macizos de hormigón constituyen, después del fraguado, una masa única en forma de gran banco de piedra. No hay que temer el asiento parcial en ciertos puntos cuando el grueso del macizo es el necesario y ocupa una extensión conveniente. Estas fundaciones, aunque más costosas que sobre arena, son mucho más resistentes y tienen un empleo muy general en la actualidad.

CAPÍTULO II

Trabajos preliminares á la ejecución de las fundaciones.

149. **Su objeto.**—Una vez conocida por los medios expuestos 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 antes de comenzar la fundación propiamente dicha, siendo las más importantes las que á continuación se expresan.

ARTICULO PRIMERO

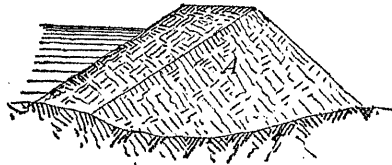
ATAGUÍAS

150. **División de las ataguías.**—Según lo indicado más arriba (140), el objeto de las ataguías es interceptar, en cuanto sea posible, la comunicación 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 fundación, y de aquí las dos especies llamadas *ataguías de recinto* y *ataguías de fondo*.

151. **Ataguías de recinto.**—La forma que se les da depende de la que tiene la fundación, paralelamente á cuyo contorno se trazan las primeras á 1,50 ó 2 m. 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. Á medida que varía la naturaleza ó disposición 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 terraplén bien apisonado, cuya sección transversal es un trapecio, según aparece en la figura 116, y que presenta interiormente el talud natural de las tierras, el cual se aumenta en la parte exterior hasta alcanzar 1,50 ó 2 m. 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.



(Fig. 116.)

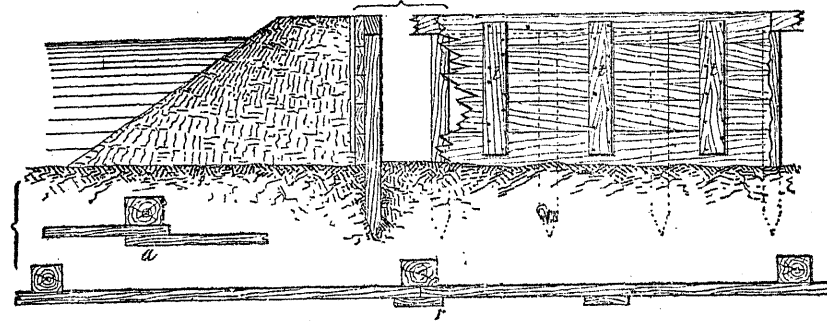
Generalmente se les da en la parte superior ó *cresta* un ancho igual á la profundidad del agua, cuando es necesario tener bastante espacio libre para las necesidades del servicio; pero cuando éstas no lo exigen, basta dar un metro de ancho ó grueso á la cresta, cuidando siempre de que ésta se encuentre por encima de la mayor altura que alcanzan las aguas en las crecidas.

Conviene que la tierra empleada 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 menos al $\frac{1}{3}$ de la carga de agua, echando en el resto las tierras menos arcillosas. Otras veces se forma un dique de perfil triangular *A*, con tierra ordinaria, gravas, etc., y luego se cubre exteriormente con una capa de buena tierra arcillosa de un metro de espesor medido en dirección horizontal.

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

153. **Ataguías de simple pared.**—Estas ataguías 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.

Las más usadas consisten en una fila de pilotes verticales clavados á 1 ó 1,50 m. de distancia unos de otros y reunidas sus cabezas por un cepo ó simple carrera, sirviendo de apoyo á varios tableros puestos horizontalmente, los que para evitar que floten, se sujetan con algunos clavos que después son inútiles cuando la presión de las tierras los aplica contra los pilotes, según se vé en tres proyecciones en la fig. 117. Consti-

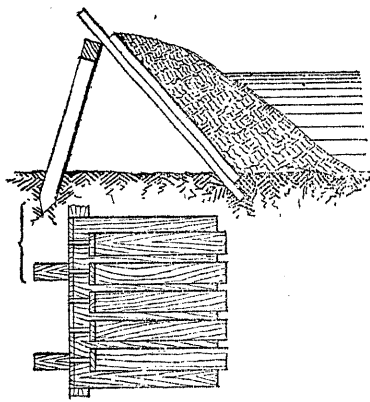


(Fig. 117.)

tuyen un tablero varios tableros ensamblados á junta plana, que se consolidan por medio de los travesaños *tt*, debiendo cada uno de estos quedar entre dos pilotes, y siendo la longitud de cada tablero igual por lo menos á la distancia que separa á los ejes de tres pilotes consecutivos. 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 disposición 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 50 ó 60 cm. en el suelo y se toman todas las precauciones que se dirán en el capítulo siguiente al tratar de los tablestacados. Otras veces

se hincan una fila de tablestacas en claraboya y se cubren los claros con otra fila igualmente dispuesta (fig. 118); pero si



(Fig. 118.)

nuación en la fig. 119.

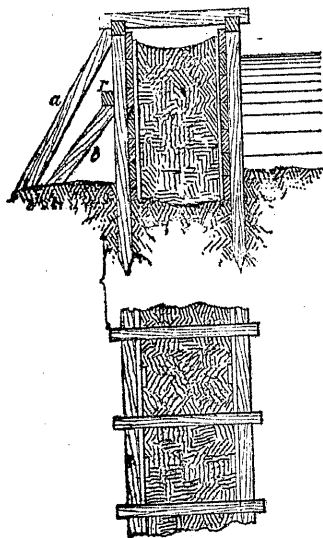
Se da ordinariamente un espesor á estas ataguías igual á la altura de agua que tienen que sostener, siempre que esta altura no pase de 3 m.; pero si es mayor la carga de agua, se determina el espesor un metro por la fórmula práctica

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

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, resultarían aplicando esta fórmula, con un espesor excesivo, y en tal

bien esta disposición no exige una tierra de tan buena calidad como la anterior y resiste más á la corriente, necesita en cambio más sujeción en las operaciones y resulta bastante más cara.

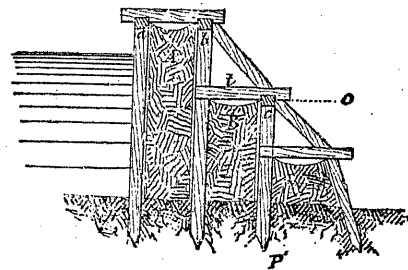
154. **Ataguías de doble pared.**—Están reducidas á un macizo de tierra sostenido por dos paredes de madera, semejantes á las primeramente descritas en el caso anterior, según se ve á conti-



(Fig. 119.)

caso sólo se les da en la cresta el exstrictamente necesario para las necesidades del servicio, y se las sostiene en el interior con jabalcones a, b , que se apoyan en uno ó más órdenes de riostras horizontales r convenientemente distribuidas, ó bien se las construye en gradas ó escalonadas (fig. 120).

Para ejecutar las escalonadas, se empieza por construir la



(Fig. 120.)

doble pared ó el encajonado más alto A ; luego se le llena de tierra bien apisonada, y después se empieza á agotar el recinto interior: cuando el agua haya bajado una altura igual próximamente al ancho ab y llegue al

nivel o , se hincan los pilotes p' , poniéndolos después la carrera c , y luego se colocan los traveseros t , formando así otro encajonado B , más bajo que el primero, 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 menos 1,50 m. de hincan por bajo del plano de la primera capa de la fundación, 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, podrían dar paso á filtraciones que arruinarían la ataguía, ó por lo menos 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 construído el encajonado, se empieza por dragar el terreno en el interior hasta la profundidad que se crea necesaria, y después se rellena el intervalo 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 expuesta 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.

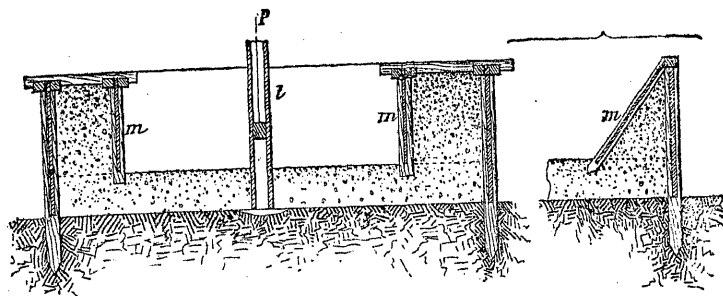
Las *ataguías de tela*, que sólo se emplean cuando el calado de agua no pasa de 1,50 m., consisten en la armazón de madera de una ataguía de simple pared cubierta exteriormente con una fuerte lona impermeable, bien extendida y clavada, que se la hace coincidir con el terreno lastrándola con pesos suficientes.

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; caso que ocurre con frecuencia.

Se construyen formando una capa de hormigón más ó menos gruesa, que cubra 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 inferiores 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.

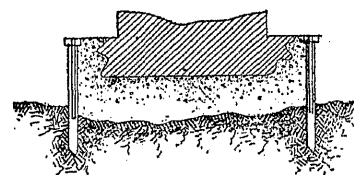
Muchas veces que es necesario emplear el hormigón para la ataguía de fondo, se le usa también para formar la de recinto, á cuyo fin se empieza por establecer una pared de pilotes y tablestacas unidas, que limiten las dimensiones de la fundación; después se draga la parte interior, y se coloca la capa que cubre el fondo, clavando á continuación en ella varios montantes *m m* verticales ó inclinados (fig. 121), y situados á la distancia conveniente de la pared exterior de tablestacas, según sea la carga, 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 re-



(Fig. 121.)

sulta se llena con hormigón hasta por encima del nivel del agua, el que una vez fraguado permite hacer el agotamiento del cuenco interior que resulta y proseguir la fundación. Las ataguías de recinto formadas de esta manera, se podrían demoler como las demás una vez terminada la construcción; pero generalmente se las deja subsistir, y se une con ellas la fábrica que se construye bajo el nivel del agua (fig. 122), á cuyo



(Fig. 122.)

objeto se quita la pared de madera interior de la ataguía de recinto cuando el hormigón ha fraguado, y se forma en este hormigón redientes para enlazarle bien con la fábrica de la fundación.

El espesor de la capa de hormigón 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 de agua antes de agotarla y después de dragado el fondo; *E* el espesor buscado de la capa de hormigón; *d* la densidad del agua y *D* la del hormigón, se tendrá, para

el caso de estricto equilibrio entre el peso del hormigón 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 hormigón por otra de arcilla de 30 á 40 *cm.* 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, apenas producirían efecto, en razón á que atravesando los pilotes la capa del hormigón, servirían de paso ó vehículo para que los manantiales subieran por las caras de contacto de estos dos materiales, é inundasen el recinto, á no ser que se tomaran precauciones especiales.

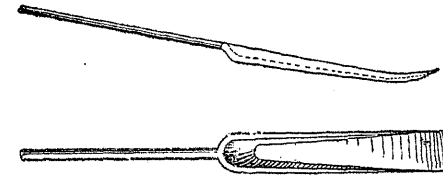
ARTICULO II

AGOTAMIENTOS

156. **Clasificación.**—Los agotamientos de las aguas contenidas en las fundaciones, pueden hacerse á brazo ó con máquinas de diversas clases; limitándonos aquí á indicar los procedimientos que en uno y otro caso tienen un uso más frecuente en la práctica.

157. **Agotamientos á brazo.**—En este agotamiento pueden emplearse cubos ó baldes, de donde recibe también 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 un metro; llenan los cubos de líquido, que después vierten en caces ó canales de madera, que están encima de la ataguía, 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 1,50 *m.*

También se emplean *achicadores*, ó largas palas cóncavas, provistas de un mango (fig. 123), que se pueden manejar des-



(Fig. 123.)

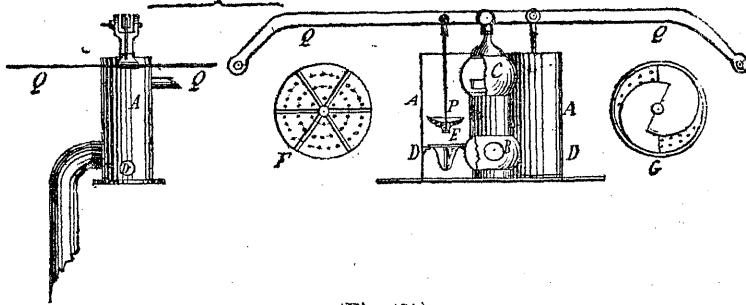
de la cresta de la ataguía, vertiendo el agua que recogen por el lado opuesto á donde se encuentra el trabajador, razón por la que tiene que verificarse la extracción á lo ancho del recinto. Cuando de esta manera ha descendido el nivel del agua y sólo tiene unos 50 *cm.* de altura, pueden entrar en ella los obreros y proseguir el agotamiento por baldeo hasta su terminación.

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 operación, según las circunstancias locales de cada obra.

158. **Agotamientos con máquina.**—Aunque en la construcción de las fundaciones de importancia se han empleado máquinas muy diversas, tanto en su disposición general como en sus detalles, haciendo uso como motor unas veces del vapor y otras del esfuerzo muscular, en el día sólo tienen aplicación para este objeto las bombas más ó menos perfeccionadas, siendo las de más uso en los casos ordinarios las llamadas 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 pa-lastro *AA*, según aparecen en dos proyecciones verticales en la fig. 124, que se ven, el de la derecha en proyección y el otro en sección 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 después,



(Fig. 124.)

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 aparte en la vista inferior y en escala doble en *F*, reforzado por debajo con seis nervios en dirección de los radios, y superiormente está cubierto con dos hojas de cuero, que se ven asimismo aumentadas y aparte en la proyección horizontal *G*, cuya extensión total es mayor que la del émbolo; así es que se solapan por sus extremos, y forman en su contorno exterior un reborde, que se puede aplicar perfectamente á las paredes de los cilindros *A, A*. 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 perno al balancín de hierro *Q, Q*, cuyo centro es un punto fijo y bien resistente alrededor del cual gira. En la parte inferior de cada cilindro *A, A*, existe una válvula *V*, formada por un disco plano con un perno perpendicular en el centro y hacia 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 reborde; y por último, en el centro del tubo *B*, hay una abertura circular á la que se ajusta un tubo, llamado de *aspiración* ó de *absor-*

ción, cuya extremidad 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 hacia arriba los cueros, que se repliegan ó arrollan entre sí, en cuya disposición aparecen en la figura *G*; pero apenas 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. 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 aspiración, con una fuerza bastante intensa para elevar la válvula y ocupar del cilindro *A* la parte que queda por bajo del émbolo.

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 estos 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 comunicación 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 razón se aplican ventajosamente al agotamiento de las aguas fangosas, aunque contengan también grava menuda, la que sube sin dificultad á la parte superior de los cilindros *AA* de la bomba.

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

Se construyen tres modelos distintos de esta clase de bombas, provistos cada uno de diversas piezas y pudiendo elevar, según los diámetros de los cuerpos de bomba y el número de hombres que actúen en el balancín desde 0,16 hasta 1,30 m³ de agua por minuto.

Estas bombas apenas se descomponen 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 transportan sin dificultad, ocupando un espacio reducido mientras funcionan; su precio es relativamente poco elevado; y por último, cuesta muy poco su conservación, y duran largo tiempo. Estas cualidades tan ventajosas han hecho que se las use en el día de una manera casi exclusiva, en la fundación de todas las obras que exijan agotamientos de alguna importancia.

160. **Medios de aislar y cegar 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 deba ocupar la fundación y la ataguía, 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 ataguía y la fábrica de la fundación.

Si no se puede llenar esta última prescripción, se las dirige por debajo de la fábrica, cuidando de levantar esta á los costados *A, A* como se ve en sección vertical en la fig. 125, si-



(Fig. 125.)

guiendo después la construcción por encima como si no existiese la reguera; y cuando ha fraguado la fábrica, se rellenan estos claros con hormigón ó mortero bien hidráulico, que se inyecta como se dirá á continuación. 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. 121), bien calafateado y de bastante altura para que el agua no se vierta por arriba; después se construye la fábrica á su alrededor, y cuando ha fraguado perfectamente, se inyecta hormigón ó buen mortero hidráulico por medio de un émbolo ó pistón *p*, que se maneja desde arriba.

Cuando los manantiales no son muy abundantes, se los puede cegar 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.

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

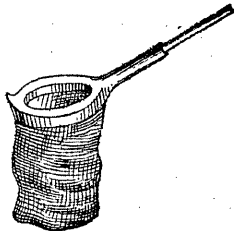
ARTICULO III

DRAGADO Y PREPARACIÓN DEL FONDO

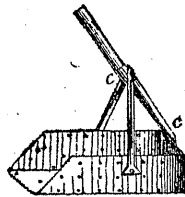
161. **Preliminares.**— Cuando hay que excavar una zona de terreno cubierto por pequeña altura de agua, si el primero no se impregna y deslíe por la acción de la segunda se puede proceder como de ordinario, poniendo trabajadores que excavarán hasta 50 cm. por debajo del nivel del líquido; pero si el calado del agua es mayor ó es susceptible el suelo de desleirse, hay que apelar al empleo de aparatos especiales, 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. 126), que tiene en la parte opuesta al mango una uña acerada y al que 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. 127), abierta por arriba y por delante, terminan-



(Fig. 126.)



(Fig. 127.)

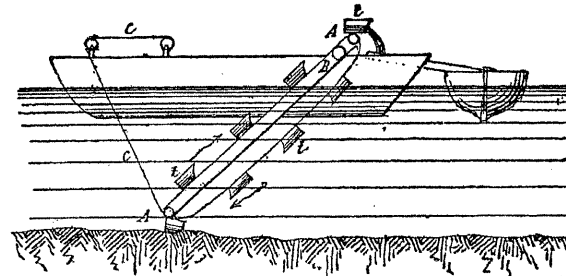
do de ordinario su borde inferior por redientes acerados: sirve para dragar los suelos de arcilla, de grava y de guijos.

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 ataguía, ó bien colocado sobre una balsa ó pontón; pero si el terreno presenta mayor resistencia, hay que poner otro hombre provisto de un bichero ú horquilla que apoya, sobre el cubo *c* de la draga, empujando á esta 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. Á 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 draga facilmente las arenas compactas y aun los terrenos pedregosos y resistentes hasta 5 m. de profundidad bajo el agua, siendo sobre todo su empleo

muy útil para los ángulos entrantes y las partes estrechas de una fundación, 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. 128), uno



(Fig. 128.)

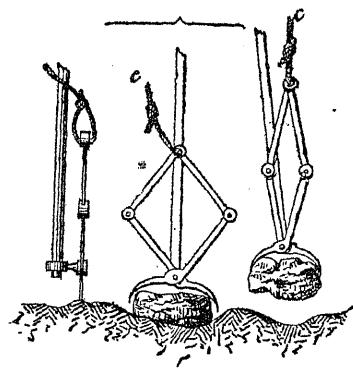
cerca del suelo y el otro situado por encima del nivel del agua, á los que se arrolla una cadena sin fin, cuyos eslabones llevan cucharas de palastro *ttt* parecidas á las dragas de mano. Los ejes ó gorriones de los tambores entran en un bastidor inclinado, movable alrededor de una fuerte charnela *B*, 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 menos 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, se ponen en movimiento la cadena y las cucharas, cavando estas últimas el terreno á distinta profundidad, según sea la inclinación que se dé al bastidor. Todo el aparato se monta sobre un andamio ó sobre uno ó dos pontones pareados, y á estos 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. En las obras importantes se emplean potentes dragas movidas por el vapor, de formas y disposiciones muy diversas.

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.

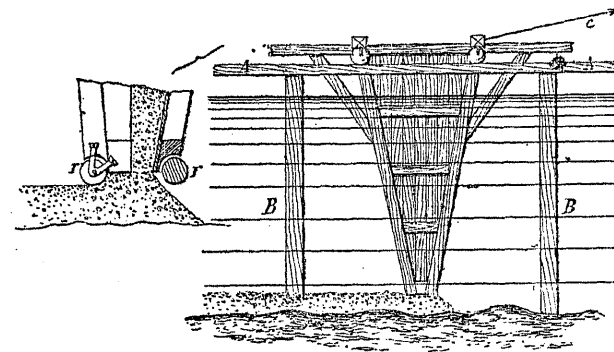
Cuando es necesario dragar el fondo horizontalmente en el lecho de un río, la corriente modificaría pronto el trabajo ejecutado, ya ocasionando el desmoronamiento de las paredes de la zanja que se hubiera hecho, ya depositando en ella las materias que suele acarrear; y para evitar ambos efectos, se cuida 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.



(Fig. 129.)

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 tenazas (fig. 129) sujetas á un mango, que se cierran por la parte inferior cuando se tira del extremo superior de la cuerda *c*.

165. **Preparación 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 emparillado, 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 una caja hueca de madera que presenta inferiormente una abertura estrecha ó ranura, estando formado el conjunto por cuatro tableros que se refuerzan y consolidan exteriormente con las piezas necesarias (fig. 130).



(Fig. 130.)

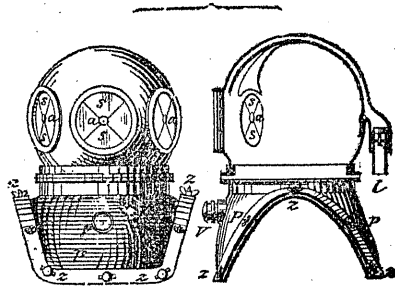
Todo el aparato se sostiene verticalmente en el agua por medio de balsas ó pontones, ó bien por andamios *AA*, *BB*; sobre los que se apoya la tolva por el intermedio de ruedecillas que la permiten recorrer las guías *AA*, y después se llena esta tolva de grava, arena, ó lo que es mejor, de hormigón: hecho esto, se mueve el aparato de modo que recorra toda la superficie de la fundación, cuidando de echar con frecuencia en el interior de la tolva los materiales del relleno necesarios para que tengan siempre dentro de ésta la misma altura, y se dá por terminada la operación 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 fundación.

En el orificio inferior de la tolva se suelen colocar dos ro-

dillos *rr*, según se vé al lado en proyección y sección verticales, entre los que pasa el hormigón ó la arena, y sirven para comprimir é igualar las capas que se depositan de estos 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 ejecución, 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 varios 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, según aparece en proyección y sección verticales en la fig. 131, que cubre la cabeza del buzo y



(Fig. 131.)

descansa sobre los hombros 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, que por lo regular es de 35 *cm.* de diámetro, 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 botón exterior, y cerrarla ins-

tantáneamente si se rompiese el cristal, lo que es muy raro. También tiene en la parte posterior un tubo *t*, largo y flexible, provisto de una válvula que se abre hacia 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 disposición 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 botón en que termina, y sirve para dar salida con alguna frecuencia al aire comprimido interior viciado por la respiración.

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; después se le viste un traje perfectamente impermeable y de una sola pieza, hecho de cautchú, el cual es preciso poner antes cerca del fuego, á fin de que se reblandezca si estuviera demasiado rígido, pues sin esta precaución se podría cortar el cautchú. 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.

Después de vestir el traje de cautchú y antes 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 oídos, y para dotarle del peso específico suficiente para que se sumerja, se le carga con unos 50 *kg.* de planchas de plomo repartidas entre las plantas de los pies y sobre el peto y el espaldar, de modo que tienda siempre á conservarse en la posición vertical cuando se encuentre sumergido. En este estado, y poco antes 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.

Antes de bajar el buzo al agua, hace regularizar el movimiento de la bomba que le ha de inyectar aire puro según sus necesidades, indicando á los dos hombres que manejan la bomba que actúen más ó menos deprisa, según que tenga poco ó demasiado aire. El primer caso tiene lugar cuando nota sudores, sofocaciones y contracciones nerviosas en el estómago, y el segundo cuando siente zumbar los oídos y calofríos. La bajada al agua se verifica por una escala que se fija al fondo por medio de un lastre. Una vez el buzo dentro del agua siente primero zumbar con fuerza los oídos, quedándose como sordo y casi ciego; pero al cabo de algunos minutos desaparecen estos efectos.

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 pontón situado en la superficie, y en el cual está también la bomba que inyecta el aire por el tubo *t*; pero si quisiera subir con rapidez, deja cerrada la válvula de seguridad, y entonces 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.

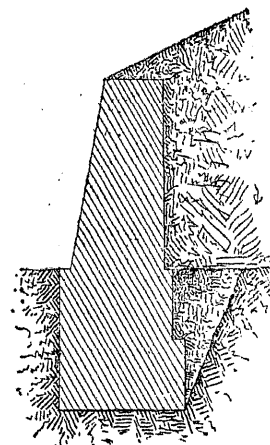
Con estas escafandras, puede un buzo permanecer debajo del agua de una á dos y hasta cuatro horas, y ejecutar varias clases de trabajo, como se ha observado en obras de gran importancia, por más que su empleo exija sumo cuidado y grandes precauciones.

Aun cuando existen varias clases de escafandras, basta conocer la que se acaba de describir, llamada de Heinke, nombre de su constructor, por ser de las más completas y seguras.

*167. **Prescripciones generales.**—La forma que se dá á las zanjas depende de la que tiene la fundación, y solo deben alcanzar las dimensiones estrictamente necesarias para dejar alrededor de la mampostería de la fundación 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 expuestos 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 fundación (fig. 132); pues así no puede



(Fig. 132.)

en general haber movimiento alguno; lo que no sucedería si, después de excavar la zanja alrededor de toda la fundación, se terraplenase. De todos modos, los terraplenes que se forman alrededor de la fábrica que constituye la fundación deben hacerse con el mayor cuidado, echando capas de un espesor variable entre 25 á 30 *cm.* y apisonándolas perfectamente, á fin de conseguir que no se puedan deformar ni comprimir por los empujes laterales.

Para ejecutar las operaciones antedichas y todas las demás que se refieren á las fundaciones de las obras, es necesario generalmente la construcción previada *andamios* que se elevan por encima de las aguas, sobre los que 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 tablonces que forman el piso á cierta altura por encima del nivel de las aguas en las crecidas. Estos pilotes entran en el terreno de 1,50 á 2 *m.* estando separados unos de otros de 3

á 4 m; y siempre debe construirse el andamio de modo que se desmonte con facilidad una vez terminada la obra para que se levantaran.

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. En cada caso de aplicación se podrá adoptar, sabiendo cual es su objeto y las necesidades del trabajo que se ha de realizar, la solución que parezca más conveniente y económica.

CAPITULO III

Ejecución de las fundaciones.

168. **Preliminares.**— Por lo que se lleva expuesto 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 y las condiciones de las obras; 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.

ARTICULO PRIMERO

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 0,75 á 1,50 m. 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 hinca verticalmente; pero si la obra está expuesta á fuerzas inclinadas, se clavan con alguna oblicuidad

los que forman la primera fila exterior, á fin de que resistan bien á dichas fuerzas (fig. 133).

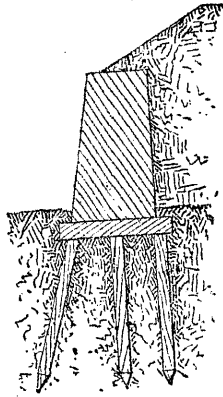
170. **Pilotes.**—Aunque para este objeto pudiera servir la madera de la mayor parte de los árboles, se prefiere en general la del tronco de la encina; pero á causa de su carestía se la sustituye en la actualidad con las maderas resinosas, siendo el pino la que más frecuentemente se emplea. Los pilotes deben ser bien rectos y de forma cilíndrica ó algo cónica, presentando una superficie lisa para facilitar su hincá; 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 empleada, la menor sección transversal 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 pie llega á un suelo firme, 70 *kg.* por *cm*² de sección; y para los que tienen toda su longitud en terreno flojo, 14 *kg.* por *cm*². El diámetro de los grandes pilotes varía de 20 á 25 *cm.*, siendo su longitud máxima unas 20 á 25 veces el diámetro.

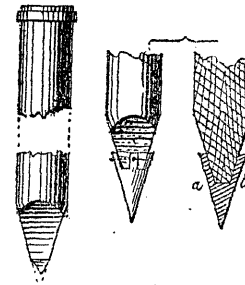
Los pilotes se sierran ó cortan á escuadra por su extremo superior ó cabeza, donde se les hace un pequeño rebajo circular, en el que se coloca un cincho de hierro (fig. 134) para que no se hiendan cuando se los golpea para hincarlos en el terreno.



(Fig. 133.)

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 sección un cuadrado ó rectángulo, en cuyo caso recibe el pilote el nombre de *escuadrado* en vez de *rollizo* que tenía cuando la sección era circular. Para facilitar su hincá se le termina inferiormente ó por su pie, 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, según sea mayor ó menor la resistencia del terreno y con objeto de que no se deforme, se la chafana 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 cohesión ó está mezclado con cantos, es necesario *calzar* el pie ó cubrirle con *azuches* de hierro forjado, que se reducen á cuatro flejes reunidos en un punto (figura 135), 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



(Fig. 134.)

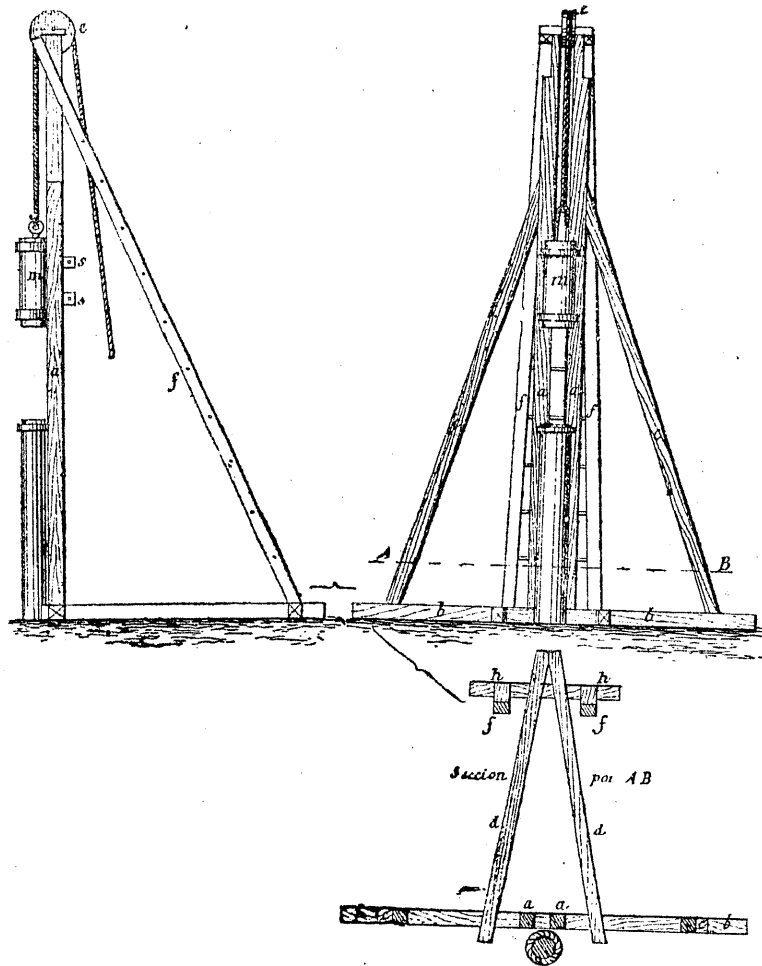
(Fig. 135.)

extremo, que el lado $a b$ del corte tenga de 6 á 8 *cm.*

Por regla general, no es conveniente en ningún caso el empleo de pilotes empalmados, por la mano de obra que exigen, las precauciones que hay que tomar para su hincá, y sobre todo por su falta de resistencia á los esfuerzos oblicuos, respecto á su longitud.

171. **Hincá de los pilotes.**—La hincá de los pilotes de madera se efectúa con unos aparatos llamados *martinetes*, que constan principalmente de dos montantes ó guías aa , según se ve en tres proyecciones en la fig. 136, ensamblados á caja y espiga con una solera bb , los cuales se mantienen á una distancia de 10 á 12 *cm.* uno de otro por medio de puntales cc , colocándose entre los montantes y en su parte superior una

fuerte polea *e*. Todo este aparato se mantiene en posición vertical, estableciendo otros puntales provistos de listones que



(Fig. 136.)

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 solo existen las piezas *a* *b* y *c*, y se mantienen las primeras verticales ó más ó menos 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 cabilla en su extremo opuesto á la maza. Para facilitar el movimiento, se ensebaban perfectamente las caras de contacto de los montantes con la maza, las espigas y las cabillas.

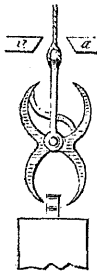
La maza es algunas veces de madera dura, reforzada con cinchos de hierro; pero ordinariamente se hace toda de hierro y pesa 200 á 600 *kg.*, si los hombres actúan directamente en la cuerda, ó de 800 á 1000 haciendo uso del torno: en el primer caso, cada hombre puede elevar por término medio de 12 á 15 *kg.*, 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, 20 á 1, 50 *m.* y dan 30 golpes seguidos, lo que constituye una *andanada*, descansando después un rato, que suele ser de medio minuto. Generalmente no pasan las andanadas de 120 al día; pero si se hace esta operación 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 operación una señal en el momento oportuno.

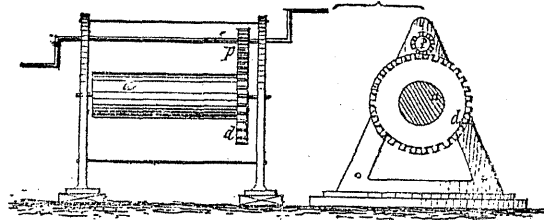
173. **Martinetes de escape.**—Si se emplea un torno ordinario para elevar la maza, ó el martinete es de *escape*, se hace uso de unas tenazas (fig. 137), cuyos brazos tienen la forma aproximada de un 3, los que se cruzan únicamente por su parte central uniéndose por un pasador y á éste se ata el extremo de la cuerda. Estas tenazas están naturalmente ce-

rradas por la presión 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 hacia 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 día 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. 138) que tiene en un extremo la rueda den-



(Fig. 137.)



(Fig. 138.)

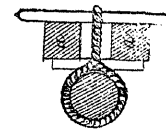
tada *d*, con la que engrana el piñón *p*. Este piñón forma parte de una barra que puede moverse algo en sentido de su longitud, de manera que el piñón pueda ó no engranar á voluntad con la rueda *d*. Si se quiere subir la maza, se engrana el piñón con la rueda y se hacen mover las cigüeñas en que termina 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 posición del tambor anulando momentáneamente el efecto del peso de la maza sobre el piñón: después 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 piñón 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 formación, habiéndose empleado como fuerza motriz el vapor actuando de

diversas maneras; pero estos medios perfeccionados que solo se aplican como excepción en la generalidad de las obras, no se pueden describir aquí.

En los martinets de escape, la altura de la caída de la maza varía entre 3 y 5 *m.*, 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 facilmente de la dirección que le corresponde; y entonces se va aumentando la altura de la caída hasta la cantidad asignada.

174. **Prescripciones acerca de la hinca.** — Para evitar que el pilote se desvíe de la dirección que le corresponda, se le sujeta con fuerza á las guías, interponiendo un taco de madera; á cuyo objeto se coge el pilote á cierta altura sobre el suelo con una pequeña cuerda sin fin, según se vé en pro-



(Fig. 139.)

yección horizontal (fig. 139), 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 hinca, tiene apretado el 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 hinca de los pilotes un efecto más poderoso que el que resulta del choque de una maza de 500 *kg.* cayendo de 1,30 *m.* de altura, hay ventaja, y casi necesidad de emplear los martinets de escape; pero hasta entonces se usan de ordinario los de brazo.

En general, cuando la naturaleza del terreno exige para la hinca de los pilotes un efecto más poderoso que el que resulta del choque de una maza de 500 *kg.* cayendo de 1,30 *m.* de altura, hay ventaja, y casi necesidad de emplear los martinets 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 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 hinca se continúa hasta que el pilote no se introduce nada, ó hasta que, al cabo de un número de golpes determinado, sólo se produce un pequeño descenso; por cuyo medio se deduce que la carga que se 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 después de una andanada de 30 golpes de un martinete de brazo, cayendo la maza de 1,20 m. de alto, ó de 10 golpes de un martinete de escape, siendo la altura de caída 3,60 m.: 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 condiciones expuestas en el núm. 127 y á los datos consignados anteriormente respecto á la carga que puede sostener un pilote por centímetro cuadrado de sección, 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.

Los ingenieros americanos admiten la fórmula:

$$P = \frac{p H}{8 h}$$

siendo P el peso en *kg.* que cada pilote deberá resistir con seguridad, p el peso en *kg.* de la maza, H la altura de caída en *cm.* de la maza en el último golpe y h la hinca en *cm.* del pilote por el último golpe.

En cierta clase de terrenos, como sucede con los turbosos, se observa que después de introducir fácilmente un pilo-

te 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 sucesivamente lo mismo con todos los demás; después se vuelve á comenzar por el primero y se prosigue con los restantes, hasta que de nuevo presenten el rechazo, continuando de este modo la hinca por intervalos 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 estos ocho ó diez días de descanso, antes 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 fundación y se acaba por los del contorno, con objeto de evitar la compresión que se produciría en el terreno si se hiciera en orden inverso, lo que dificultaría notablemente la introducción de los pilotes centrales. Si el objeto del pilotaje es comprimir el terreno (146), es preferible comenzar por los pilotes exteriores y terminar por los del centro.

Ordinariamente se hincan los pilotes con su extremo más delgado hacia abajo; pero en algunos terrenos se observa que la trepidación 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 pie y hasta cierta altura, unas muestras ó cortes oblicuos para evitar que suban una vez clavados, sin que por esto se dificulte su hinca.

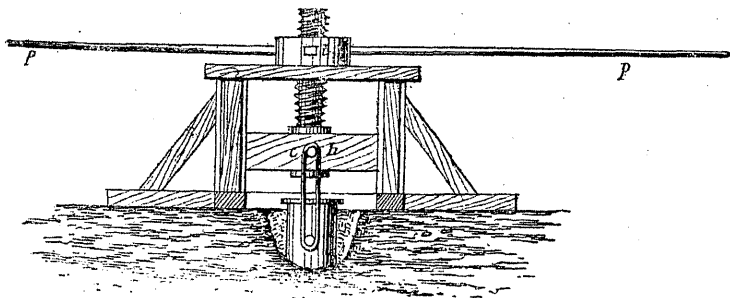
Cuando es necesario introducir la cabeza del pilote más abajo que la solera del martinete, se hace uso de un *falso pilote*, antes de que las espigas de la maza choquen con la solera. El falso pilote se reduce á una pieza de madera con cinchos de hierro en sus extremos, que se pone sobre la cabeza del pilote para que pegue en ella la maza y transmita 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. 140), ó tornillos (fig. 141), que



(Fig. 140.)

se van elevando á medida que se hace girar la tuerca *t* con las palancas *p*, lo cual ocasiona la subida del pilote; hacién-



(Fig. 141.)

dose uso también 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 dá á los pilotes unos 50 *cm.* de longitud más que la estrictamente necesaria, á fin de que terminada la hincas se puedan quitar las partes que más hayan sufrido por

el choque de la maza, y también para proporcionar un aumento en la longitud por si lo exigiese alguna ligera variación 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 encima 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 operación de la corta es sumamente sencilla, y está reducida á fijar con exactitud, refiriéndola á puntos fijos situados fuera de la fundación, la altura á que deben quedar las cabezas de los pilotes; á señalar en cada uno esta altura y á quitar la parte excedente con una sierra. Si la cabeza de los pilotes está sumergida en el agua, aumenta la dificultad; habiéndose dispuesto con este objeto aparatos complicados que en el día se sustituyen ventajosamente por el trabajo de los buzos. Para esto se fijan, encima del nivel del agua y en un andamio, cierto número de puntos situados en un plano horizontal, que sirvan de referencia y que estén á una altura constante y conocida sobre el plano de la fundación: 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 terminación inferior la altura que le corresponde á cada pilote en el cual traza el buzo una raya, serrándole á continuación.

Generalmente se dejan espigas en algunos pilotes para ensamblarlos con las piezas que forman el emparrillado, en cuyo caso es necesario aserrarlos de modo conveniente, 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 hincas 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 comparación en el caso de establecer después otras construcciones en el mismo terreno.

Aunque la forma de estos estados puede ser muy variable, á continuación se presenta uno que llena bastante bien este objeto.

Todos los pilotes que forman un pilotaje se numeran, y su posición se refiere á dos ejes paralelos al largo y ancho de la fundación, 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 n golpes.	Hinca observada en cada andanada.	Hinca total.	Desviaciones en la cabeza del pilote.		OBSERVACIONES
	Díametro 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 hayan 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 desviación 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 desviación hacia aguas arriba, y el - hacia aguas abajo.

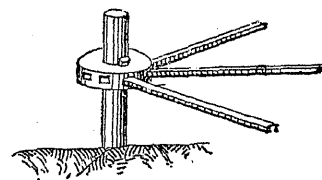
177. **Pilotajes de hierro.**—Los pilotajes de esta clase se componen, análogamente á los de madera, de varios pilotes hincados en el terreno, que se colocan según posiciones muy variables y dependientes siempre de la forma que afecte la construcción. Los pilotes de roscas, únicos de que aquí nos debemos ocupar, tienen su mejor aplicación en la práctica cuando después de atravesar un terreno flojo pueden introducir su rosca en otro más resistente, y según los casos se colocan unas veces en la posición vertical, y otras en la inclinada.

178. **Pilotes.**—Como se ha visto anteriormente (143), consisten de ordinario en una barra forjada, de sección circular, á cuyo pie se fija una lámina ó plancha de hierro fundido ó de palastro en forma de rosca ó helizoide, y que no suele ocupar 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 40 *cm.* y 1,20 *m.* y siendo mayor á medida que el terreno es menos 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 presión, sino que además no resultan uniformemente distribuidas las cargas en toda la extensión de la rosca, y por lo tanto, esta tiene que experimentar un esfuerzo de flexión, al que resiste poco el hierro fundido. Á causa de lo expuesto, sólo se carga en las aplicaciones á estos pilotes con 7 ú 8 *kg.* por *cm*² de la proyección horizontal de la rosca, cuando es de hierro fundido.

Las principales aplicaciones que tienen estos pilotes, son en la construcción de muelles-embarcaderos, faros, amarras, etc.

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 posición vertical, ó ya con la inclinación que les corresponda según los casos, y para guiarlos durante su introducción en el terreno se hace uso de cuerdas que van desde la cabeza del pilote á tornos situados y fijos en el suelo convenientemente; después se coloca á cierta altura una fuer-

te corona de madera reforzada con hierro (fig. 142), provistas



(Fig. 142.)

en su contorno exterior de varias aberturas, en las cuales se introducen piezas de madera que sirven de palancas, y cuya longitud llega algunas veces á 10 y 12 *m.* Para sujetar bien la corona al pilote, y conseguir

que giren ambos simultáneamente, se práctica en la cara lateral de este una pequeña ranura á cincel, por la que se introduce una cuña de hierro, que entra también en un rebajo practicado en el contorno interior de la corona; con objeto de facilitar esta unión, 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 hincarles 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 pie del pilote haya alcanzado la profundidad que se necesita.

Durante la hinca, se comprueba con frecuencia la dirección que tiene el pilote, y si se observa que ha experimentado alguna desviación en la que debe llevar, se atirantan ó tasan de un lado las cuerdas que sirven para guiarle, hasta que tome la posición que le corresponda.

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 posición de las diversas capas que le forman, y después se suelen coronar dichas cabezas con otras fuertes piezas de hierro, de forma muy variable según los casos de aplicación y preparadas para este objeto, las cuales componen un marco ó bastidor y sirven de puntos fijos al arriestrado que enlaza á todos los pilotes, constituyendo la base sobre que descansa el resto de la construcción.

ARTICULO II

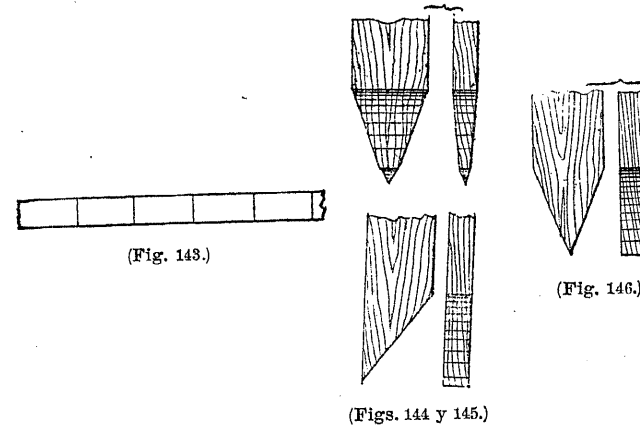
TABLESTACADOS

180. **Tablestacas.**—Ya se ha dicho (143) cuál es el objeto de los tablestacados. Están constituidos por tablonces de 5 á 10 *cm.* de grueso, con un ancho de 25 á 35 *cm.* y con una longitud variable, puestos en contacto por sus cantos, recibiendo estos tablonces el nombre de *tablestacas*. Estas se introducen en el terreno por la percusión como los pilotes y pueden ser de las mismas clases de madera que estos, siendo ordinariamente de pino.

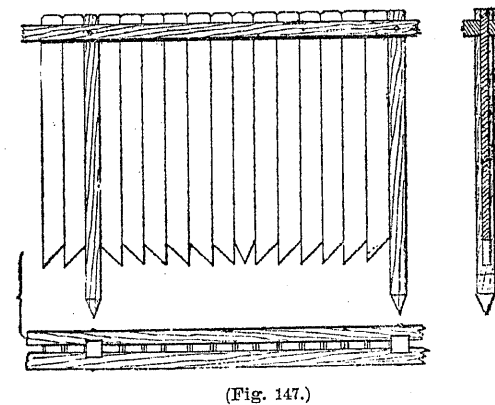
Á fin de impedir en lo posible el paso del agua por debajo de la fábrica de la fundación, se hincan las tablestacas por tableros ó trozos consecutivos, que reciben el nombre de *filas de tablestacas*; pero á causa de las desviaciones más ó menos grandes que experimentan al clavarlas, por efecto de la desigual resistencia del terreno, rara vez se consigue obtener una pared completamente impermeable. Se ha tratado de alcanzar este objeto apelando á varios sistemas de ensamblajes laterales, así como también dando diversas formas á la parte aguzada del pie; pero ordinariamente no se consigue ningún resultado por estos medios. En el día solo se hace uso de la junta plana para ensamblar lateralmente las tablestacas, según aparece en proyección horizontal en la fig. 143, y su pie se termina algunas veces con cuatro chafianes formando pirámide, como se ve en dos proyecciones verticales en la fig. 144; otras con uno solo (fig. 145) y otras por fin con dos (fig. 146).

Las figuras 144 y 146 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 le haga desviar, y la 145 tiende á hacer que la tablestaca se corra lateralmente del lado en que está la punta del chaflán; así es que para formar una fila de tablestacas de esta clase, se hincan la mitad con el

chaflán á un lado, y en sentido inverso la otra mitad, colocando en el centro una con doble chaflán, como se ve en pro-



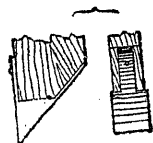
yección horizontal y vertical en la fig. 147. De esta manera



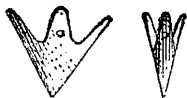
se consigue que todas las tablestacas de un lado se aprieten lateralmente unas con otras, y resulta una pared casi continua, que apenas deja paso al agua.

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. 148), ó bien de hierro forjado (fig. 149); pero si la naturaleza del terreno exige



(Fig. 148.)

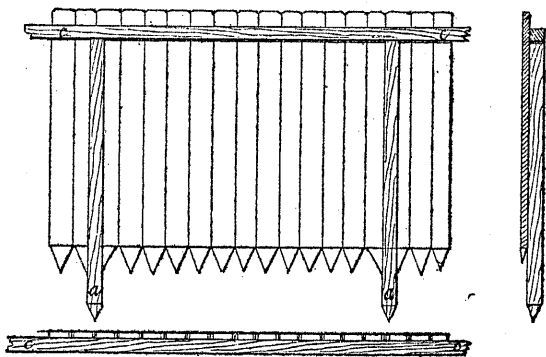


(Fig. 149.)

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.

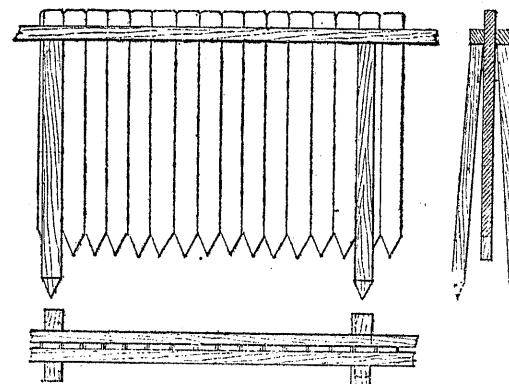
Uno de estos medios consiste en clavar á intervalos de 2 á 3 m. una fila de pilotes *a* (fig. 150), paralelamente á la fila



(Fig. 150.)

de tablestacas; coronarlos después con una carrera *cc* de 15

á 25 cm. 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 hacia adelante ó atrás de la pared que se trata de formar. Otro medio, que solo es una modificación del anterior, se reduce á coronar una fila de pilotes con dos carreras, formando cepo, sujetas por pasadores (figura 147); 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 estos 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 razón solo se emplea en las obras más esmeradas, consta de dos filas de pilotes algo convergentes por la parte superior (fig. 151), coronadas por dos carreras que dejan en-



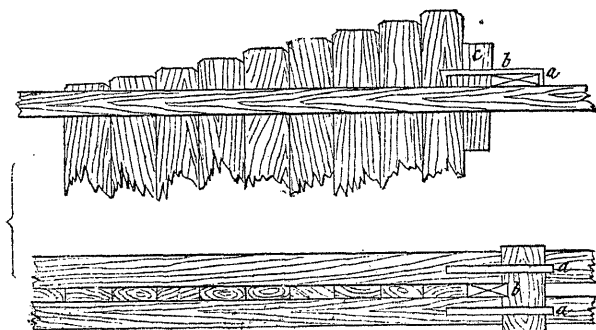
(Fig. 151.)

tre 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 según se verá á continuación, puede clavarse sin ocasionar separación entre las tablestacas.

Cualquiera que sea la disposición que se adopte, es con-

veniente 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 menos clavada que las inmediatas, así como éstas lo están á su vez algo menos que las extremas; en este orden se repite la misma operación por tandas y las veces necesarias hasta que todas hayan bajado lo conveniente, quedando como aparecen en la fig. 147.

Cuando no es posible presentar de una vez todas las tablestacas, se pone por lo menos el mayor número que se pueda, y se sujeta la última por medio de un taco *b* (fig. 152),



(Fig. 152.)

sujeto con dos graponos de hierro *aa* clavados en las carreras, colocando después entre el taco y la última tablestaca una cuña *c*, que se aprieta á golpe de mazo: hecho esto, se procede después 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 *m.*, se colocan dos cepos, uno en la cabeza de los pilotes y otro al nivel del suelo, asegurando de esta manera la dirección de las tablestacas en la operación de la hinca.

La corta ó aserrado de las tablestacas se verifica exacta-

mente del mismo modo que se dijo al tratar de los pilotes, á cuyo objeto se les da una longitud de 40 á 50 *cm* mayor que la necesaria, para quitar después toda la parte deteriorada por la hinca.

182. **Tablestacado de hierro.**—Se ha hecho uso en algunas construcciones de gran importancia de paredes de tablestacas de hierro, apoyándose en pilotes tubulares ó de otra sección apropiada al objeto, que también tienen arriostradas sus cabezas para servir de guía á las tablestacas. Estas suelen ser planchas de hierro fundido, que á veces alcanzan hasta 3 *m* de longitud, 2 de ancho y 25 *mm* de grueso, reforzadas con varios 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 podría romperse con facilidad por el material de que está formada, á cuyo objeto se interpone como cuerpo elástico un taco de madera.

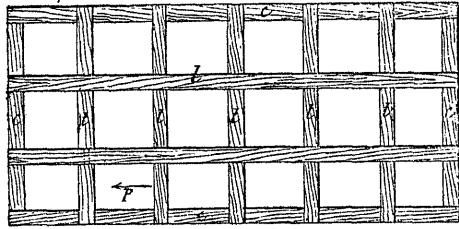
ARTICULO III

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 colocación 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 (145) en qué consiste un emparrillado, debiendo aquí añadir, que consta de cuatro ó más fuertes pie-

zas *cc* (fig. 153) formando marco ó bastidor, las que se ensamblan entre sí y á los pilotes del contorno de la fundación. So-



(Fig. 153.)

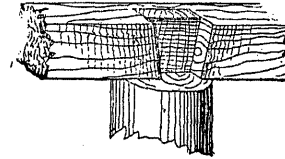
bre este bastidor se ensamblan, ordinariamente á media madera, una serie de piezas horizontales *tt* paralelas entre sí, y puestas á lo ancho de la fundación, las que reciben el nombre de *traveseros*, y sobre éstas, cruzándolas á *media madera* algunas veces, y otras más frecuentes á $\frac{1}{8}$ y $\frac{1}{4}$ de madera y formando cuadrícula, se ponen otras piezas *l* llamadas *largueros*. Se empieza de ordinario la construcción de los emparrillados por los traveseros, porque habiendo de insistir sobre las cabezas de los pilotes, es más fácil alcanzar que éstos formen una alineación exacta cuando son en pequeño número y abrazan poca longitud, que cuando hay muchos y ocupan gran extensión, lo que sucedería adoptando el orden inverso en la colocación de los largueros y traveseros.

Esto no obstante, hay ocasiones en que conviene cambiar este orden, 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 que entran en las cajas de los traveseros, por presentarse al esfuerzo en la posición que tienen menos 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, entonces 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. 154) y las piezas del emparrillado se ensamblan entonces lateralmente, re-



(Fig. 154.)

llenando después el hueco que resulta, para lo cual se clava un trozo de madera: si el pilote fuera escuadrado, puede hacerse que el espesor de la cola de milano sea la mitad ó las dos

terceras partes del grueso del pilote, y entonces 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 según aparece en proyección horizontal en la fig. 155; pero si fuera considerable como se ve de perfil en la fig. 156, se pone



(Fig. 155.)

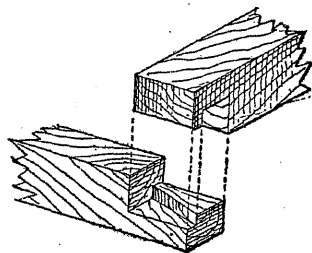


(Fig. 156.)

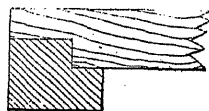
en la cabeza del pilote ó pilotes más desviados, una pieza *a*, sujeta con pernos, sobre la que descansan las piezas *b* del emparrillado en todo ó en parte. Es inútil advertir que debe te-

nerse el mayor cuidado en la operación de la hincas de los pilotes para que no haya necesidad de apelar á estos paliativos, que siempre son costosos y más ó menos perjudiciales á la solidez de la construcción.

Los ensamblajes de las piezas que forman el contorno del emparrillado, se hacen á media madera, ó como aparece en la figura 157: 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. 158), que proporcionan á las piezas en

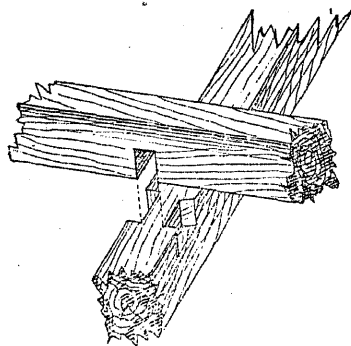


(Fig. 157.)



(Fig. 158.)

sus puntos de unión 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 con rebajos como indica la figura 159, que es de uso frecuente.



(Fig. 159.)

Antes de colocar el emparrillado es preciso quitar con esmero y en la profundidad que se conceptúe necesaria, la cual suele variar de 30 á 60 cm. 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 silícea y sin humedad, si la fundación ha de ser ordinaria, ó bien con mampostería hidráulica, y mejor con hormigón, 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 construcción.

184. **Plataformas.**—Las plataformas consisten en tablonés 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 liga bien con el relleno, proporciona por sí sólo una distribución bastante uniforme en las presiones, y permite enlazar perfectamente la fábrica superior, al paso que las plataformas producen 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 gastos que originan, motivan su poco uso, no teniendo en el día la importancia que antes habían alcanzado.

Modernamente se han usado plataformas de hierro fundido en las fundaciones sujetas á una gran presión de abajo ó 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 emparillado son las siguientes:

	Espesor ó altura en cm.	Ancho en cm.
Piezas del contorno.....	30 á 35	30 á 35
Traveseros.....	20 á 30	25 á 35
Largueros.....	20 á 25	20 á 30

ARTICULO IV

CAJONES SIN FONDO

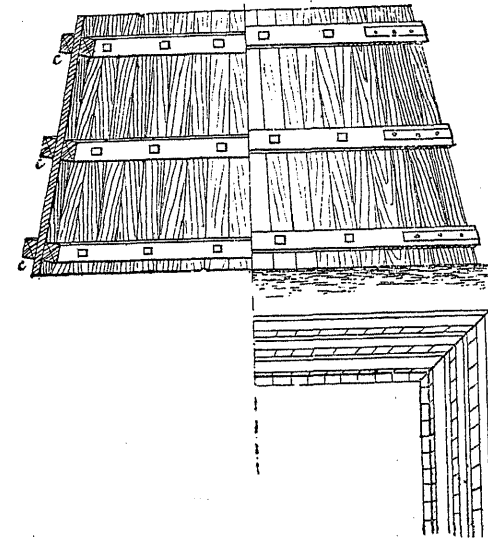
186. **Preliminares.**—Estos cajones pueden clavarse en el suelo hasta cierta profundidad, ó simplemente apoyarse sobre él; los primeros se forman con paredes de pilotes en contacto unos con otros ó bien de pilotes y tablestacas, análogamente á como se ha dicho más arriba; y los segundos se componen de bastidores de piezas ensambladas, revestidos con tablones.

Los cajones, además de facilitar la excavación del suelo que comprenden para poder depositar en ella el hormigón, como se dirá más adelante, sirven también para proteger á este de la acción destructiva de las aguas corrientes. Cuando el cajón es de hierro, se le deja de ordinario formando parte de la fundación de la obra definitiva y le da un aumento de resistencia notable.

187. **Cajones clavados.**—En el día no se hace uso apenas de los cajones formados por pilotes en contacto, por la sujeción, dificultades y coste que presenta su hincá, reemplazándolos ventajosamente con cajones de hierro.

Los que están compuestos de pilotes y tablestacas, puede decirse que en nada difieren respecto á su formación y colocación de los tablestacados que se han descrito en los números 180 y 181, exigiendo el mismo cuidado y precauciones en su hincá para obtener una pared continua 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, como aparece en dos proyecciones y una sección en la fig. 160



(Fig. 160.)

de paredes formadas con tablones sujetos por dos ó más órdenes de cepos horizontales *cc*, unidos entre sí por medio de pernos. En los ángulos se ensamblan como de ordinario y se refuerzan con escuadras ó cantoneras de hierro y pasadores, dotando á las paredes de la resistencia necesaria en ca la caso, bien por tirantes de hierro que van de una pared á la opuesta, bien colocando en la parte interior bastidores (fig. 161) cuyo plano es perpendicular al de la pared, los que se arriostran convenientemente.



(Fig. 161.)

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 fundación, las que se conocen de antemano por un sondeo hecho con esmero (140); y si algunas veces se dejan los cepos sin apretar con el objeto de que después de colocado el cajón puedan bajarse los tablonos por medio de mazas hasta que coincidan con el suelo, esto tiene el inconveniente de originar cierta separación de unos tablonos con otros y de facilitar la entrada del agua exterior.

189. **Cajones de hierro.**—Se ha hecho un uso frecuente en las obras de mucha importancia de cajones formados por tablestacas de hierro fundido, como se ha dicho más arriba (188), ó bien, y esto es más eficaz y económico, 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 menos en el punto conveniente del terreno, haciendo uso de medios análogos á los descritos en el número 140.

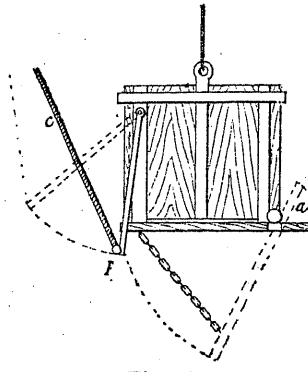
ARTICULO V

INMERSIÓN DEL HORMIGÓN Y FORMACIÓN DE LAS ESCOLLERAS

190. **Inmersión del hormigón.**—Si el fondo en que se va á depositar el hormigón no está cubierto con una altura de agua considerable, se le puede poner con una pala, cuidando de que atravesase el líquido despacio y con precaución, para evitar que se deslíe el mortero; pero si esta altura pasa de dos metros, es necesario hacer uso de *cajas* ó *tolvas* de varias 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. 162). Este fondo va cerrado con un pestillo *p* durante la bajada, y cuan-

do llega cerca del suelo se levanta el pestillo tirando de la

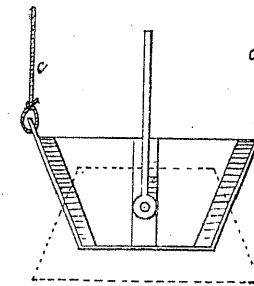


(Fig. 162.)

do llega cerca del suelo se levanta el pestillo tirando de la cuerda *c*, y el hormigón que lleva la caja cae por su propio peso, extendiéndose en la base de la fundación: debe hacerse que las cajas tengan mayores dimensiones abajo que en la parte superior, con objeto de facilitar la salida del hormigón una vez abierto el fondo.

Hay otras de fondo fijo, afectando una forma prismática (fig. 163), ó semicilíndrica, que penden de dos puntos

fijos algo más bajos que el centro de gravedad; de manera que se pueda volcar fácilmente cuando al llegar al suelo de la fundación se tira de una de las cuerdas *cc*, las que sirven también para que la caja conserve su posición conveniente, mientras está bajando á través del agua. Esta clase de cajas es preferible á la anterior, porque el hormigón se deposita en masa más



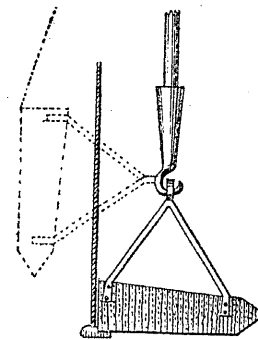
(Fig. 163.)

compacta y está

menos expuesto á desagregarse por la acción del líquido.

También se hace uso á veces de cajas abiertas por arriba y un costado (fig. 164), que se vuelcan por medio de una cuerda; pero preservan menos al hormigón que las disposiciones anteriormente descritas.

Las cajas se manejan desde la parte superior del agua, disponien-



(Fig. 164.)

do 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 hormigón en el fondo de las zanjas, sin darle lugar á que se desagregue por la corriente del agua.

192. **Tolvas.**—Únicamente hay que añadir á lo dicho en el núm. 165, respecto á las tolvas, que exigen para su empleo la construcción de andamios, generalmente costosos, que ocupen toda la extensión de la superficie que se va á cubrir con el hormigón.

El trabajo de las tolvas presenta más rapidez y regularidad en su ejecución que el obtenido por las cajas; pero en cambio éstas no necesitan la instalación de andamios tan costosos como las primeras, se manejan con mucha más facilidad y pueden depositar el hormigón en todos los ángulos entrantes y salientes de la fundación, lo que no siempre es fácil de conseguir empleando las tolvas. Estas pueden depositar en el fondo capas continuas de 1 *m.* de espesor por 2 *m.* de ancho, al paso que con las cajas sólo se las suele dar unos 30 *cm.* de grueso, teniéndolas que formar por pequeñas porciones que se adhieren y unen lateralmente. En general puede decirse que en las construcciones de gran consideración é importancia podrá convenir el empleo de la tolva, siendo preferible el uso de las cajas en los casos ordinarios de la práctica y en las obras menos considerables.

193. **Marcha de las operaciones.**—La inmersión del hormigón 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 cubierta con fango ó con la cal que se desagrega del mortero que entra á formar el hormigón, la que desleída 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 substancias, para evitar que se formen en la masa del hormigón ó en su base depósitos de esta naturaleza, que perjudicarían notablemente á la homo-

geneidad y resistencia de la fábrica que se trata de ejecutar.

Quando la profundidad del agua no pasa de 1,50 *m.* se vierte primero por medio de cajas una cierta cantidad de hormigón para formar el talud natural hasta que llegue á la superficie; después se va vertiendo el hormigón desde fuera del agua en la cresta de este talud, haciéndole adelantar progresivamente, como si se construyera un terraplén á tierra perdida. El hormigón 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 excede de 1,50 á 2 *m.*, se hace uso, como hemos dicho, de cajas ó tolvas, cuidando de sumergir el hormigón 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 hormigón 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 hormigón, se echa al mortero que se emplea en la fabricación de éste una cantidad algo mayor que la necesaria, cuando se tiene que poner en obra al través del agua.

Las cajas se vierten en un mismo punto hasta que el hormigón llegue á la altura que se quiera dar á la capa, y después se mueve el torno superior de que penden las cajas para continuar la capa en la dirección conveniente, teniendo siempre cuidado, á medida que se pone el hormigón, de comprimirle un poco por medio de piones con mangos bastante largos, pero sin producir choques ó percusiones fuertes, que perjudicarían mucho las cualidades del material. La lechada se va depositando en la base del talud que se forma, de donde es preciso quitarla antes de poner encima más hormigón, á cuyo fin se la va separando con una escoba hacia la capa inferior ó á un punto de la base de la fundación, en el que se hace un hoyo ó sumidero, extrayéndola después con una draga de mano, ó mejor con la bomba Letestu. Cuando de esta manera

se ha formado una ó capa tongada, se coloca encima otra, continuando del mismo modo hasta que llegue á la altura deseada el macizo de hormigón.

En el caso de que el agua tenga alguna corriente, se lleva la formación de las capas ó tongadas desde aguas arriba hacia aguas abajo, con objeto de favorecer la salida de la lechada, que arrastra el agua á la capa inferior, de donde se la extrae 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, antes de proseguir el trabajo ó de empezar otra nueva tongada. En lugar de verificar la inmersión del hormigón por capas completamente horizontales, se facilita la salida de la lechada dándolas un talud de 6 ó 7 de base por uno de altura; disposición con que se obtienen muy buenos resultados.

Siempre es necesario, ó por lo menos conveniente, dejar descansar algún tiempo el hormigón antes de cargarle con grandes pesos, á fin de que en este intervalo pueda fraguar completamente; porque se ha visto por recientes observaciones, que una presión intensa retarda el fraguado de este material.

194. **Formación de las escolleras.** — Esta construcción se ejecuta con sencillez y se reduce á cargar en barcos ó pontones las piedras que han de formarlas, á conducir las después 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 y oleaje 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 ríos, 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 m^3 , siendo indispensable en algunos casos formar piedras artificiales de hormigón (77) ó de mamposte-

ría hidráulica, que llegan á tener 15 y 20 m^3 de volumen, con un peso de 40 y más toneladas, como las empleadas en los puertos de Bilbao, Barcelona y otros.

Después de cargar y transportar 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 expuestos 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 lègamo, 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 trabazón á la obra.

Unas veces se arroja la piedra sin dar ninguna preparación al fondo que ha de servir de base á la escollera; otras se draga previamente este fondo, y alguna vez se la pone entre tablestacados que la contienen: pero fuera de este último caso, de rara aplicación, se hace que forme un talud bastante tendido para disminuir la acción del agua corriente, el cual suele tener 2 de base por 1 de altura, 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 de esta suerte se forma, conducir y echar las demás piedras exactamente lo mismo que se hace al formar un terraplén á tierra perdida. Con este objeto se regulariza la superficie superior de la cresta, y á veces se establece sobre ella una vía férrea provisional, lo que facilita notablemente el transporte de las piedras que han de formar la escollera.

De cualquier manera que se construya una escollera, es conveniente dejarla descansar por lo menos un año, para que produzca su asiento natural, y pasado este tiempo se limpia la superficie superior y se enrasa horizontalmente con mampostería ú hormigón, asentando después sobre esta base el resto de la obra que se trata de levantar.

CAPÍTULO IV

Apoyos aislados y muros.

ARTICULO PRIMERO

APOYOS AISLADOS

* 195. **Su objeto.**—Se da el nombre de apoyos aislados á los prismas ó cilindros cuya base es generalmente pequeña con relación á su altura, 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 empleados en la construcción se hacen de fábrica, de madera ó de hierro. Reciben el nombre genérico de *pilares*, llamándose *machón* ó *machón* cuando su sección horizontal es un rectángulo; *pilastro* si la forma de la sección es cuadrada y la altura guarda ciertas proporciones arquitectónicas con la base; y finalmente *columna* cuando la sección es circular y se fija la relación entre el diámetro y la altura con sujeción á ciertas reglas.

Los apoyos de fábrica pueden construirse de sillería, tomando todas las precauciones enumeradas al tratar de esto (114), formando cada hilada de una sola piedra si esto no ocasiona gastos excesivos, y reduciendo en todo caso su número al menor posible, con objeto de disminuir el asiento que tiene lugar por la compresión del mortero cuando las hiladas son numerosas. En este caso tienen muy buena aplicación los ma-

teriales 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 varias, 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 cruzándose de una hilada á otra.

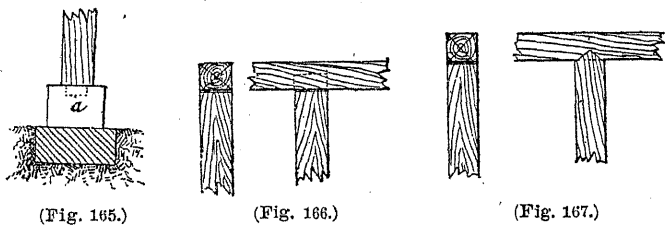
Si se construyen con ladrillo los apoyos, hay que satisfacer á las condiciones expuestas cuando se trató de esta clase de fábrica (118); y si fueran de sección circular, se emplean á veces ladrillos fabricados en forma de sectores de círculo ó semicirculares, los que dan muy buenos resultados desde el punto de vista de la solidez y economía. También se hacen algunas veces los pilares de sillarejo y otras de mampostería, sin embargo de la menor resistencia que los últimos presentan, por razones expuestas en otro lugar (116).

Cuando un apoyo aislado se construye con materiales pequeños, se hace ordinariamente con piedra de sillería la *base* ó *base*, que por lo regular tiene una sección algo mayor que el resto del apoyo, lo mismo que la parte superior, llamada *capitel* ó *imposta*. También se establecen á intervalos regulares en la altura algunas hiladas de sillería con el objeto de dar más resistencia al pilar, si bien esta disposición se emplea raras veces.

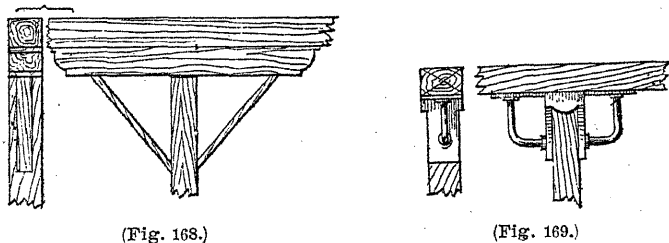
Los apoyos aislados de piedra y de ladrillo no deben exceder en altura, de 12 veces su mayor dimensión en la base, y la carga máxima que experimenten no deberá pasar de $\frac{1}{10}$ de la que produciría la rotura del material empleado.

* 197. **Apoyos de madera.**—En el caso de emplear la madera para construir un apoyo, éste recibe el nombre de *poste* ó *pie derecho*, constituyéndole una pieza, generalmente escuadrada, que se coloca verticalmente, entrando su pie en una caja abierta en la cara superior de un *zócalo* ó dado de piedra *a* (fig. 165), de 40 á 60 *cm.* de 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. 166); otras simplemente á junta plana; otras haciendo uso de una tenaza (fig. 167), y



finalmente, otras por el intermedio de zapatas (fig. 168), ya sencillas, ya reforzadas con jabalcones. En algunos casos se verifica esta unión poniendo encima de la cabeza del poste una placa de hierro fundido que por debajo forma una caja en la que entra la cabeza del poste (fig. 169), cuya forma, refuerzos



y disposición 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 menos elevado, se suprimen los dados y zócalos, enlazándose su pie 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 menos uso que antes de los apoyos aislados de madera, pudiendo decirse que en las construcciones de importancia los han reemplazado por completo los de hierro.

Si en los apoyos de madera llamamos L su longitud, B su grueso y P el peso en $kg.$ por cm^2 que aplasta el material (teniendo en cuenta que en las aplicaciones sólo se toma $\frac{P}{10}$) tendremos el siguiente cuadro:

NATURALEZA DEL MATERIAL	VALORES DE P. CUANDO L ES IGUAL Á				
	8 B	12 B	24 B	36 B	48 B
Roble.....	385	322	190	126	63
Fresno.....	420	350	210	140	70
Pino.....	336	280	168	112	56

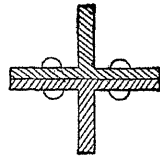
* 198. **Apoyos de hierro.**—Como el hierro fundido posee tanta resistencia á la presión, se presta muy bien á este objeto, especialmente cuando la longitud del apoyo no es excesiva. La mejor forma que se le puede dar, es la de un cilindro hueco que constituye una columna, y el espesor de sus paredes 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 ó tornillos por lo menos que atraviesan los rebordes interiores, como se ha visto en otro caso análogo (144), bien por medio de enchufes que se refuerzan y fijan convenientemente.

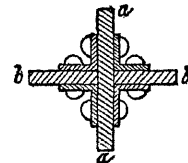
En la generalidad de los casos se hacen estas columnas de una sola pieza, y por el empleo de este material se puede sustituir un grueso apoyo de fábrica ó de madera con una del-

gada y elegante columna de hierro, que tenga la necesaria resistencia.

En el día se hace uso con este mismo objeto del hierro forjado ó laminado; pues en virtud de numerosos experimentos practicados 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. Como la naturaleza de este último material no se presta facilmente á darle la forma de un cilindro hueco, se empezó por adoptar en su sección la de una cruz formada por dos barras cuya sección transversal es una *T* (fig. 170), roblonadas por sus cabezas, ó una llanta



(Fig. 170.)



(Fig. 171.)

aa (fig. 171), con otras dos más estrechas *bb*, y cuatro hierros en ángulo que se roblonan con las primeras.

En estos últimos años se ha llegado á formar columnas con hierros laminados en la forma conveniente para que puedan roblonarse entre sí formando nervios verticales salientes, en los que aparecen los roblones, entrando los extremos de estas columnas en cajas practicadas en basas y capiteles de hierro fundido.

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 los apoyos de los puentes de hierro, en cuyo examen no podemos entrar.

La carga permanente en *kg.* que pueden resistir con toda seguridad las columnas de fundición por *cm*². de sección horizontal, tiene por expresión

$$p = \frac{12,50}{1,45 \times 0,00337 \left(\frac{l}{d}\right)^2}$$

siendo *l* y *d* la altura y diámetro del apoyo. En el siguiente cuadro se incluyen algunos casos de aplicación:

Valor de $\frac{l}{d}$	<5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Valor de <i>p</i> (<i>kg.</i>).....	1250	700	447	279	183	127	92	70	54	43	36

La resistencia relativa de los materiales en columnas largas, ó cuya longitud sea mayor de 24 veces el diámetro de su base, se puede expresar de la siguiente manera:

Hierro fundido.....	1.000
Idem forjado.....	1.745
Acero fundido.....	2.518
Roble.....	109
Pino.....	79

ARTICULO II

MUROS

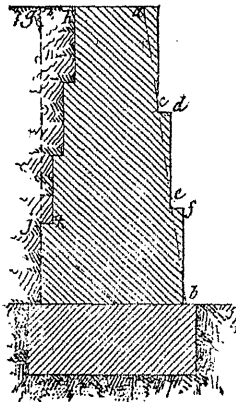
199. **Definición y clasificación de los muros.**—Se da el nombre de muros á las construcciones destinadas á cerrar un espacio ó á resistir ciertos esfuerzos, como pisos, cubiertas, bóvedas, tierras, etc. La forma general que afectan es la prismática, llamándose *base* á la cara inferior que asienta directamente sobre el terreno; *paramentos* á las superficies que los limitan lateralmente ya sean verticales ó inclinadas, y *coronación* ó *coronamiento* á la cara superior con que terminan.

Los muros se clasifican, no solo por los materiales de que se forman, si no por el objeto á que se destinan, recibiendo las denominaciones de muros de *sostenimiento*, de *revestimiento* y de *contención* cuando, como indica su nombre, sirven para contrarrestar el empuje lateral de las tierras, para revestir ó preservar el talud de un desmonte y para contener la presión del agua: los muros de *cerca* y los de *fachada* tienen

respectivamente por objeto cerrar un espacio sin sufrir ningún 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 un edificio, y establecen los otros la subdivisión del mismo en habitaciones.

Siempre que un muro tenga que resistir un esfuerzo inclinado ú horizontal, es conveniente hacer que sus paramentos presenten cierta inclinación, con objeto de que la obra alcance la mayor estabilidad posible. En los edificios en que son próximamente verticales las fuerzas que actúan sobre las fachadas, se da á éstas un talud ó inclinación respecto á la vertical, que rara vez pasa $\frac{1}{100}$, y que en muchas ocasiones solo llega á $\frac{1}{500}$; pero en los muros de sostenimiento y de contención expuestos 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 ó 10 m., 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 ejecución. En este caso se sustituye el talud continuo *ab* (fig. 172) por una



(Fig. 172)

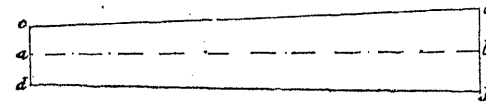
serie de escalones ó retallos *cd, ef* formados por planos horizontales y verticales, cuya construcción es mucho más sencilla. Por este medio se puede además rectificar y corregir cualquier pequeño error que se haya cometido en la parte inferior de la construcción, para lo que bastará modificar algo la posición de los retallos superiores, lo que da á cada parte de la obra la situación 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 em-

puje de las tierras, por ejemplo, se forman también estos retallos en el paramento posterior, dándole así más estabilidad, no solo por el aumento de base, si que también porque tiende á este objeto el peso del prisma de tierra *ghjk*.

200 Replanteo.—Antes de comenzar la ejecución 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 operación recibe el nombre de *replanteo*.

Puede suceder que la base del muro esté limitada por líneas rectas; que es el caso más frecuente (fig. 173), y enton-



(Fig. 173.)

ces se empieza por fijar en el suelo, ó en la cara superior de la fundación, 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 semiancho del muro en cada punto; y como se ha dicho antes, se tiende un cordel de *c* á *e* y de *f* á *d*, señalando de esta manera las líneas inferiores de los paramentos.

Si la base está limitada por 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 después se enlazan entre sí de una manera continua, y en el segundo se fija la posición de todos los vértices que haya, los cuales se unen por cuerdas atirantadas.

Una vez hecho el replanteo de la base, se fija la posición de los paramentos por medio de listones ó reglones de madera, que se colocan verticales ó inclinados según el talud que deba resultar. En las construcciones esmeradas se señalan en los listones que sirven de maestras las alturas de las hiladas, y poniendo cordeles horizontales que pasen por las señales correspondientes, se proporciona á los albañiles una guía segura para elevar con regularidad la construcción. (113).

Los demás detalles del replanteo de los muros, como son los huecos de puertas y ventanas, salientes, rebajos, etc., se señalan en las hiladas mismas de la fábrica á medida que se van elevando: debe cuidarse de hacer estos diversos replanteos parciales con el mayor cuidado y exactitud posibles.

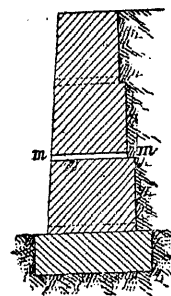
201. Clase de fábrica.—En la construcción de los edificios no se suele emplear más fábrica en los muros de fachada que el ladrillo y la mampostería, con zócalos de sillería; y si la obra es de más importancia, se refuerzan los puntos débiles ó más cargados con cadenas ó fajas de sillería: en los de crujía 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 ó de la mampostería más ó menos esmerada para la construcción de los muros. Por las razones ya expuestas (121), 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 resistente y económica posible.

Cuando las tierras que cargan un muro de sostenimiento se pueden impregnar de agua durante las grandes lluvias, ocasionarían 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. 174), que son aberturas de sección cuadrada ó rectangular con un ancho de 10 *cm.*

próximamente y una pendiente sensible para favorecer la marcha y salida del agua. Ordinariamente se coloca un mechinal en cada 3 ó 4 *m*² de paramento.



(Fig. 174.)

Si el terraplén 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 terraplén 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 30 *cm.* de espesor por lo menos, la cual absorbe el agua del terraplén y facilita su salida al exterior. Este mismo objeto se consigue, aunque en menor escala, haciendo la cara interior del muro de mampostería en seco. Si el terraplén 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.

En todos los muros de edificación ejecutados con esmero se suele formar una capa impermeable á unos 15 *cm.* por lo menos sobre el suelo. Las substancias más empleadas por su eficacia y economía son el asfalto con un grueso de 12 á 20 *mm*; un tendel de mortero de cemento, ó bien dos capas de pizarras embebidas en cemento. Las fundaciones deben penetrar en el suelo á mayor profundidad que la que atacan las heladas; esto es, á 0,75 ó 1,25 *m.*

202. Ejecución de los muros.—Después de replanteada la base del muro, se empieza por establecer el zócalo ó hilada horizontal que forma la parte inferior del mismo hasta la su-

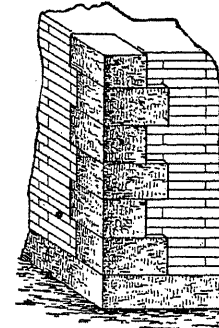
perficie del suelo ó algo más arriba. Esta hilada, que ordinariamente es de piedra labrada con más ó menos esmero, se asienta sobre la cara superior del cimiento ó fundación, ya sea ordinaria ó hidráulica. Cuando el muro no es de mucho espesor, como sucede de ordinario en los edificios, se forma todo el zócalo con sillares á tizón ó sogá; pero en las obras públicas en que las dimensiones suelen ser mayores, se construye solamente el paramento exterior con sillaría de 40 á 50 *cm.* de ancho y el resto del zócalo se hace con carretales bien ripiados: el mortero que se use en su ejecución 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 10 á 15 *cm.* 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 el mortero de la hilada. En algunas obras se establecen dos y tres zócalos sobrepuestos, para dar más ensanche á la base del muro, existiendo siempre en cada uno el retallo de que se ha hecho mérito.

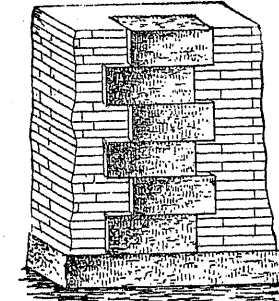
Respecto á la ejecución de la fábrica, nada se tiene que decir aquí después de lo expuesto en el número 114 y siguientes; y sólo conviene añadir que después de construido el zócalo debe replantearse sobre él la base del resto del muro, para corregir cualquier pequeño error de posición que se haya podido 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 menos 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 extensión de la obra. Este último objeto ya se ha indicado (121) cómo puede obtenerse, y el primero se consigue haciendo que las hiladas de la cadena estén aparejadas de mayor á menor (figs. 175 á 178). Á veces se da á este refuerzo un ancho constante (fig. 179), en cuyo

caso recibe el nombre de *pilastra*; pero esta disposición, que como ornato arquitectónico tiene un uso muy frecuente, no

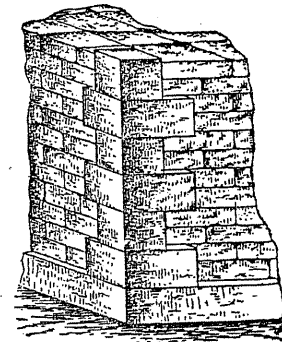


(Fig. 175.)

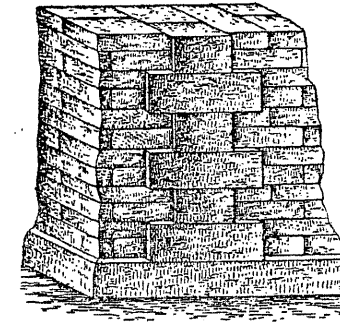


(Fig. 176.)

llena la condición de reforzar y enlazar entre sí los diversos materiales del muro en tan buenas condiciones como la reali-



(Fig. 177.)

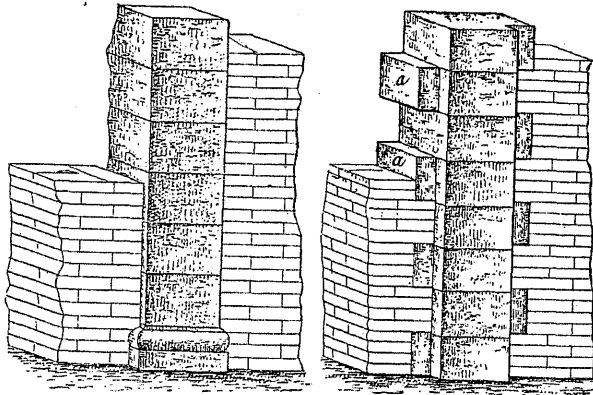


(Fig. 178.)

zan las formas anteriores, razón por la que se la debe disponer como aparece en la figura 180. También es muy conveniente que las cadenas ocupen gran parte del espesor del muro, para que produzcan el resultado á que se las destina.

La coronación de los muros que entran á formar los edificios, varía mucho en dimensiones y disposición, presentando

un perfil más ó menos complicado con arreglo á la importancia de la construcción; pero en las obras públicas se simplifi-



(Fig. 179.)

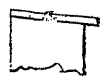
(Fig. 180.)

ca extraordinariamente su forma, reduciéndose en la mayor parte de los casos á una loseta *a* (fig. 182) de 15 á 30 *cm.* de altura por lo regular, y con una saliente sobre el paramento de unos 10 á 15 *cm.* 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 (figuras 181 á 184); y con objeto de que estas aguas no puedan se-



(Fig. 181.)



(Fig. 182.)



Fig. 183.)



(Fig. 184.)

guir el contorno de la coronación y descender después por el

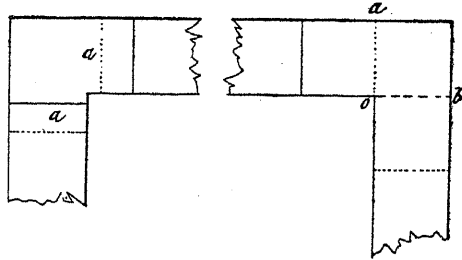
paramento, se forma á veces en la cara inferior de aquella un rebajo ó ranura *r*, que obliga á desprenderse el agua sin lavar el muro.

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 después 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. 180), llamadas *adarajas*, para que se enlacen bien las fábricas de ambos muros, cuidando siempre de tomar las precauciones necesarias para evitar agrietamientos en su mutua unión.

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 vé en proyección horizontal en *aa* (fig. 185); 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. 186); pero esto no perjudica en nada á la solidez de la construcción, 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.

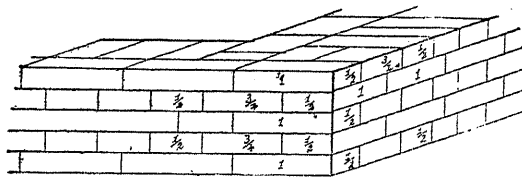
Si los muros se construyen de ladrillo, es preciso tomar algunas precauciones al colocar el material en los ángulos sa-



(Fig. 185.)

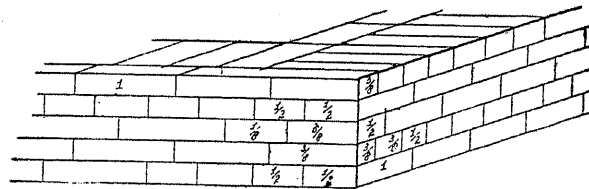
(Fig. 186.)

lientes. La disposición de las figs. 187 y 188 es buena, por-



(Fig. 187.)

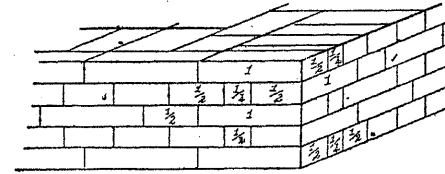
que la menor dimensión que aparece en los paramentos es respectivamente $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{8}$ de la longitud del ladrillo; pero no



(Fig. 188.)

sucede lo mismo con la adoptada en la fig. 189 por los $\frac{1}{4}$ de ladrillo que resultan, lo que hace mal efecto á la vista y pro-

porciona poca solidez. En el cuerpo del muro pueden adoptarse diversos aparejos con arreglo á lo expuesto en el número 118; así es que unas veces aparecen en el paramento todos



(Fig. 189.)

los ladrillos á tizón, lo cual es poco recomendable; otras están todos los de una hilada á tizón y los de la siguiente á sogá, repitiéndose las hiladas en este mismo orden en todo el paramento; otras se presentan en la misma hilada un ladrillo á sogá y otro á tizón, colocando la siguiente en la misma disposición, si bien los tizones vienen al centro de las sogas inferiores; pero el sistema de aparejo preferible por su mayor resistencia, llamado inglés, consiste en disponer la primera hilada, de modo que resulten en el paramento todos los ladrillos á tizón, la segunda á sogá y la tercera también á sogá, tal como aparece en la fig. 188, reproduciéndose este mismo orden por grupos de tres hiladas en el resto del muro. Está demás advertir que en estos aparejos, como en cualesquiera otros que pudieran adoptarse, siempre se debe cuidar de que las juntas verticales estén interrumpidas, y de que la altura de estas interrupciones sea la mayor posible.

ARTICULO 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

construcción y verificar el rejuntado, retundido y todas las demás operaciones que sean necesarias, antes 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, morteros, etc.

De aquí se deduce que los andamios son construcciones provisionales de madera, que deben llenar las condiciones siguientes: 1.^a Presentar la solidez necesaria para resistir los esfuerzos á que accidentalmente puedan estar sometidos; 2.^a Proporcionar á los operarios que hayan de recorrerlos una gran seguridad; 3.^a Poderlos formar y demoler en un tiempo relativamente corto; y 4.^a Que se obtengan estos resultados con la mayor economía posible.

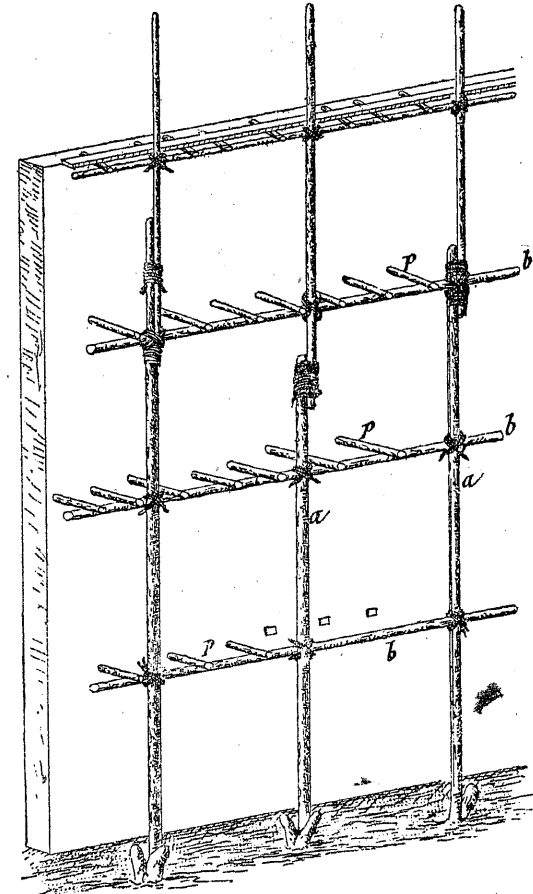
204. Establecimiento y demolición de los andamios.—

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 uno ó más tabloncillos 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 m. de altura del suelo.

Cuando esto no basta, se clavan en el terreno cierto número de *almas* ó postes verticales *aa* (fig. 190), que distan próximamente unos de otros 2 m. y se encuentran separados del muro 1,50 m. los cuales se enlazan entre sí y con el muro á medida que éste se va levantando, por medio de varias piezas horizontales *bb* que se clavan ó atan con cuerdas á los postes cada 1,75 m. 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 10 cm. por lo menos. Estos últimos sirven de punto de apoyo á las tablas ó tabloncillos que se colocan encima y sobre los que marchan los obreros. Los aparatos descritos reciben el nombre genérico de *andamios de albañil*.

El grueso de las almas varía entre 15 y 25 cm. en el pie, según sea su longitud, que suele alcanzar de 5 á 10 m: los puentes tienen ordinariamente unos 2,50 m. de longitud y de 10 á 15 cm. de diámetro: los tabloncillos son por lo regular de

pino de 4 á 5 cm. de grueso, con 30 á 35 de ancho y unos 4 m. de longitud, reforzados en sus extremos con cinchos de hierro para evitar que se hiendan. Debe cuidarse de que

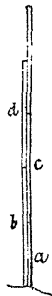


(Fig. 190.)

asienten bien sobre los puentes, y de que no excedan mucho en longitud á la zona que comprenden los primeros, para que no se vuelquen cuando se apoya el pie en la parte que queda

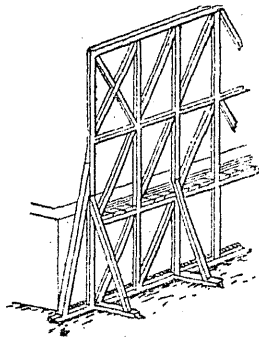
fuera del último puente, á cuyo fin se los ata por sus extremos á dichos puentes. La madera de los andamios debe ser bien sana, para evitar los accidentes que ocasionaría su rotura.

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. 191), colocando después la pieza *c* sobre la cabeza de *a*, y la *d* sobre la de *b*, y enlazándolas fuertemente con cuerdas ó herrajes. Á veces y cuando se necesita dar mucha resistencia aparecen cuatro piezas en la sección horizontal de los postes.



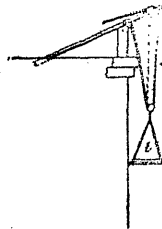
(Fig. 191.)

Se unen unos postes á otros por medio de rios-tras, 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 disposición general que aparece en la fig. 192. Si no se pueden dejar en el muro los huecos que resultan de colocar los extremos de los puentes como se ha dicho antes, se establecen otros postes verticales muy próximos al muro, los que se ligan convenientemente con los exteriores y á los que se sujetan estos puentes.



(Fig. 192.)

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 tablonces *t* (fig. 193) apoyados



(Fig. 193.)

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, y volver al andamio como se ve en la línea de trazos; en cuyo caso, los mismos trabajadores que están en él le suben ó bajan á voluntad, 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 construcción esté aislada, como tiene lugar en las torres, faros, 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 unión con un andamio fijo cuando la obra sea un muro de bastante longitud. Siempre que el hueco interior de la construcción aislada no sea muy grande, se puede suprimir el andamio exterior, y entonces se ponen interiormente unas cuantas viguetas que se apoyan sobre la fábrica que se va levantando, y encima se colocan varios tablonces: á medida que la obra sube, se va subiendo también 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 sin apelar á numerosos ejemplos que no pueden tener cabida aquí.

Cuando se ha terminado la construcción, se quitan los andamios sin dificultad, empezando por la parte superior; y á medida que se va bajando con el rejuntado ó el enlucido con que se termina la construcción 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, según las circunstancias de cada caso, nos limitamos á reseñar los que tienen un uso más frecuente en las obras.

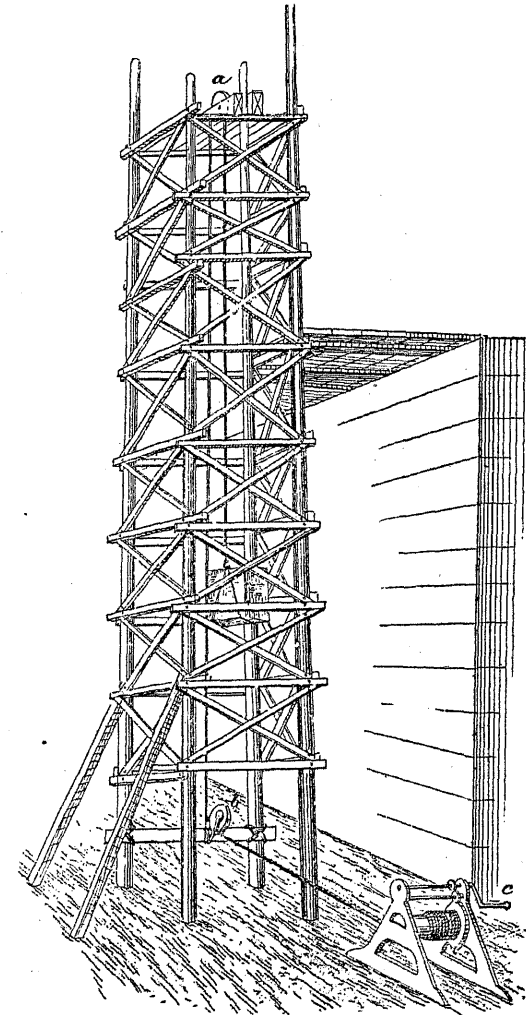
Si es pequeño el peso de los materiales que se han de subir para la construcción de un muro, como sucede con los morteros, ladrillos, etc., pueden llevarlos los mismos operarios en cubos, espuelas, etc., para lo cual se establecen rampas ó escaleras provisionales que llegan hasta la parte superior de la obra. Otras veces se colocan sobre los andamios poleas cuya cuerda termina por un extremo en un gancho con el que se cogen del suelo los materiales, y tirando del otro extremo varios trabajadores los elevan á la altura en que se encuentra la construcción. Hay muchos casos, sin embargo, en que es necesario adoptar otras disposiciones que den más seguridad en la elevación de los materiales y proporcionen mayor economía.

206. Tornos ordinarios.—Hacia 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 comunicación 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 construcción del muro, y cuando hayan llegado al nivel de la hilada en construcción, se los transporta haciendo uso de rodillos ó de otro medio distinto, 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.

207. Tornos de engranaje.—En vez de tirar directamente los trabajadores de un extremo de la cuerda para ele-

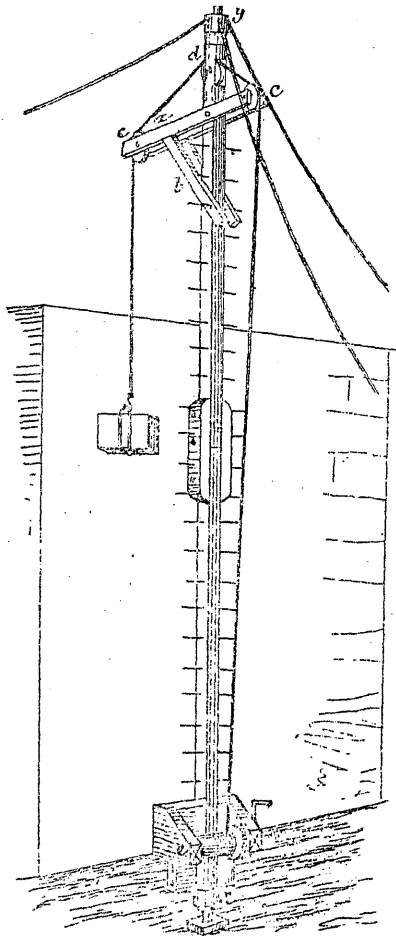
var los materiales, lo suelen hacer por medio de un *torno de engranaje*.



(Fig. 194.)

Estos constan de dos bastidores verticales y paralelos de

fundición en forma de *A*, sujetos por la parte inferior á otro bastidor rectangular del mismo metal ó de madera, y enlazados superiormente por una varilla, tal como se ha descrito en el núm. 173. Por último, el aparato tiene además un freno que



(Fig. 195.)

consiste en una chapa ó cinta de palastro que rodea al tambor, por cuyo medio se puede detener en un momento cualquiera el movimiento: uno de los extremos de la cinta está invariablemente unido á uno de los bastidores verticales y el otro se mueve por medio de una palanca, apretando ó no al tambor, según sea el sentido del movimiento.

208. Pescante.—

El *pescante* (fig. 195) se compone de una viga de pino, ó de varias convenientemente ensambladas, llenando la condición de alcanzar una altura de 1 ó 2 *m.* más de elevación que el muro que se trata de construir. Está provisto en su pie 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 provisto de anillos, que sir-

ven 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.

Á cosa de 1,50 *m.* de la extremidad superior se unen al árbol vertical dos fuertes piezas de madera *a*, horizontales y paralelas que le encepnan y están consolidadas por pernos y por los jabalcones *b*. Las primeras tienen en sus extremos las poleas *cc*, que giran alrededor de dos pernos, y en el punto *d* se pone otra polea en una caja abierta en el mismo árbol ó á un costado.

Además de cierto número de listones de madera ó de hierro que atraviesan el árbol y sirven de escalones, hay un tornillo de engranaje *e* en su parte inferior, al cual se arrolla la cuerda que después 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 tornillo está á cierta distancia del pescante, en cuyo caso se pone en *e* una polea para dirigir la cuerda al punto en que se ha de arrollar.

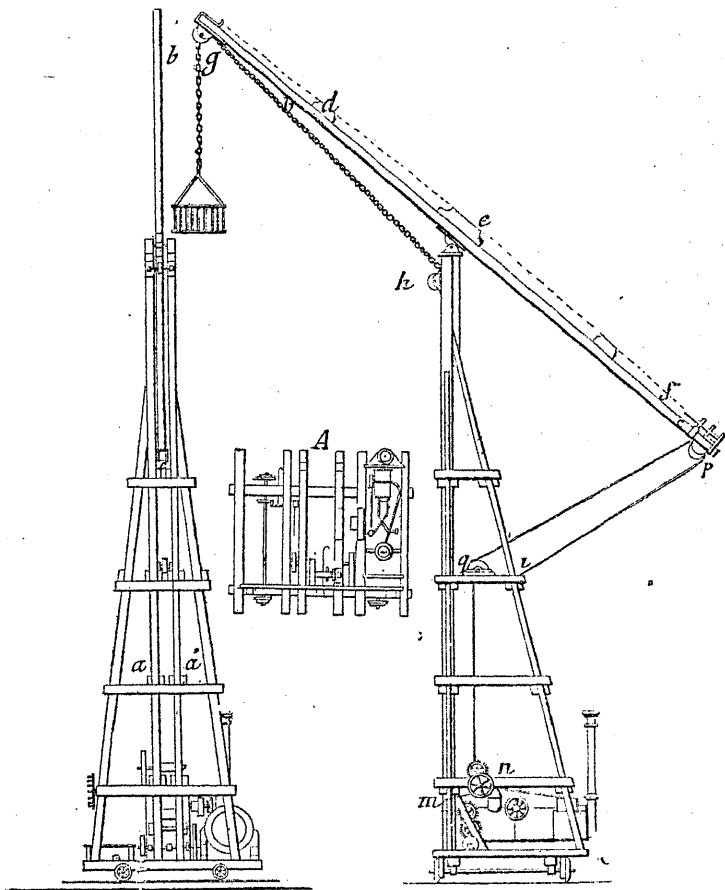
Por lo expuesto se ve, que puede girar este aparato alrededor de la vertical en la dirección más conveniente para coger los materiales que se han de elevar, y que habiendo llegado éstos á la altura en que deben colocarse, no hay más que hacer girar de nuevo el pescante la cantidad necesaria para ponerlos encima del muro ó del andamio establecido para su construcción.

209. Grúas móviles.—

Son aparatos que apoyándose en el suelo y pudiéndose mover paralelamente al contorno de la obra, elevan los materiales á la altura conveniente y los colocan desde luego en el punto en que deban quedar.

Constan, como aparece en dos proyecciones verticales en la fig. (196), de dos montantes verticales *aa'* apoyados en un fuerte bastidor horizontal y reforzados con piezas inclinadas y horizontales. En la parte superior de los primeros puede girar en un plano vertical la pieza ó *brazo bc*, sostenido en su zona central por un eje de hierro y reforzado por la parte superior con una cuerda de alambre *def* bien tensa. El bastidor

referido insiste sobre cuatro ruedas apoyadas en carriles paralelos á la fachada de la obra. La cadena que sostiene el



(Fig. 196.)

peso pasa por las dos poleas fijas *gh*, arrollándose después en el torno *m*, y desde el punto *i* parte una cuerda que después de apoyarse en las poleas *pq* va á parar al torno *n*, y con la que se da al brazo la inclinación conveniente.

Estos tornos se pueden mover á brazo ó por medio de una máquina de vapor, la cual puede también mover todo el aparato sobre los carriles.

La altura total de este aparato es de 28 *m.* y puede elevar un peso de 700 *kg.* cuando la distancia entre su centro de gravedad y los montantes no excede de 3 *m.* El ancho de la vía es también de 3 *m.*, y se colocan las traviesas que la sostiene á unos 25 *cm.* de separación. En las esquinas ó ángulos del edificio se establecen placas giratorias ó *tornavías* para que el aparato pueda utilizarse en todas las fachadas.

Estas gruas se usan mucho de algunos años á esta parte, y aunque son en general costosas en su construcción, sin embargo, su empleo proporciona una notable economía de tiempo y dinero en las obras, siendo su uso ventajoso en las edificaciones de importancia.

210. **Gruas con doble movimiento.** — Hay otra disposición que se usa algunas veces en las construcciones.

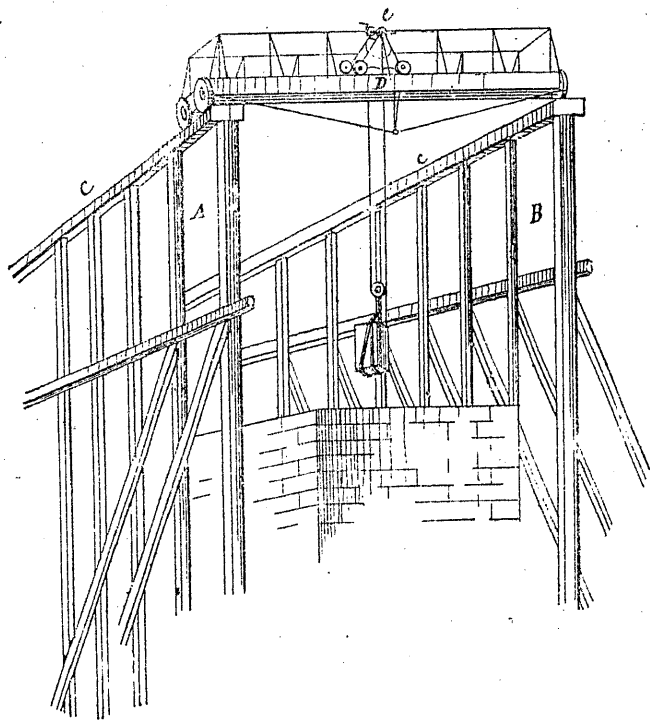
Se establecen, como andamios principales de la obra que se va á levantar, los entramados de madera *A*, *B* (fig. 197), que se ensamblan y refuerzan bien, y se colocan en posición vertical, paralelamente uno á otro, de manera que comprendan la obra en el intervalo que los separa. Estos entramados se coronan con carreras horizontales *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 facilmente 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 un ligero 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 di-



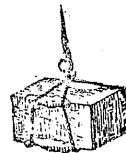
(Fig. 197).

recciones perpendiculares entre sí, y llevarla exactamente encima del punto que debe ocupar en el muro; y después, no hay más que hacerla bajar con cuidado por medio del torno *c*. Este sistema resulta muy costoso y se emplea poco en el día, siendo preferible el de las gruas móviles.

211. **Embragado de los materiales.** — Esta operación, que tiene por objeto ligar ó atar los materiales que se han de

subir, de tal modo, que unidos después á la cuerda del aparato elevatorio no se desprendan ni se deterioren, exige varias 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 cadena ó cuerda de cáñamo sin fin (fig. 198), después de haber



(Fig. 198.)

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 espuelas que se han desechado en el trabajo: así se evita que puedan saltar las aristas de la piedra por la presión de la cuerda, ó que esta 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 ó dobleces que presenta la cuerda en la parte superior de la piedra, después de embragada.

Al ojo de este gancho se suelen atar uno ó dos cordeles, por cuyo medio dirigen desde el suelo los operarios el movimiento ascensional de la piedra, é impiden que pueda chocar con la fábrica ya construída, rompiéndola ó deteriorándose ella misma, así como también con las piezas del andamio ó castillejo. Aunque hay otros varios procedimientos de embragar los sillares además de este, no son de uso frecuente en la ejecución de las obras públicas, por cuya razón se prescindirá aquí de su examen.

Los sillarejos se embragan de la misma manera que la sillería; pero como presentan menos volumen y peso, se reúnen 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, espuelas 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

volumen es pequeña, ó se puede dividir en partes, como en los edificios por ejemplo, se los sube generalmente 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 pueda disponer; á la importancia y condiciones particulares de la obra que se ha de levantar, y según sea la práctica y conocimiento del encargado de ejecutar la construcción.

CAPITULO V

Bóvedas.

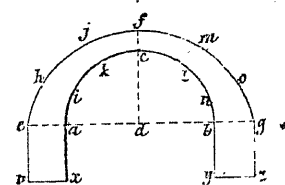
ARTICULO PRIMERO

PRELIMINARES

* 212. **Definición y clasificación de las bóvedas.** — Se da en general el nombre de *bóveda* á la construcción que salva una cortadura del terreno, el intervalo comprendido por dos ó más muros, etc., dejando siempre en su parte inferior cierto espacio libre y sin ocupar.

Si bien la disposición 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 sección recta, resultará la curva directriz *acb* (fig. 199), y se llama *luz* de la

bóveda á la distancia horizontal ó línea *ab* que une los extremos de esta curva, y *flecha* al desnivel ó altura *cd* entre el punto más alto de la curva y la línea que determina la luz.



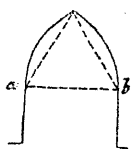
(Fig. 199.)

Se da el nombre de *intradós* á la superficie cilíndrica proyectada en *acb*; *trasdós* á la que lo está en

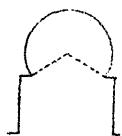
efg; *arranques*, á las superficies de separación entre la bóveda y los muros, las que están proyectadas en *ea* y *bg*; *espesor* á la

distancia *cf* en dirección normal al intradós (1); *riñones*, á las zonas *hijk* 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 *aeux* y *bgyz*, que sirven de apoyo y sustentación se llaman *estribos*. Los apoyos intermedios *PP* (fig. 220) sobre los que descansan dos bóvedas contiguas, reciben el nombre de *pilas*.

Estas bóvedas, llamadas de *cañón recto ó seguido*, se dividen en tres clases principales, atendiendo á la forma de su sección 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* (figura 200), formadas usualmente por dos arcos de círculo de igual radio y cuyos centros respectivos son los puntos *a* y *b*, y las *moriscas* (fig. 201), que comprenden más de media circunferencia: la 2.^a clase, llamadas *de medio punto*, constan exclusivamente de un semicírculo (fig. 199), para directriz del cilindro, siendo en estas la flecha igual á la semiluz; 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. 202), cuando la directriz del cilindro es



(Fig. 200.)



(Fig. 201.)



(Fig. 202.)

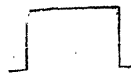


(Fig. 203.)

menor que media circunferencia; *bóvedas carpaneles* (fig. 203), cuando la curva directriz está formada por varios arcos de

(1) Este espesor puede ser constante en toda la extensión de la bóveda, ó aumentar desde el centro á los arranques, como aparece en la figura.

círculo tangentes entre sí; *elípticas* si es una semielipse esta curva; y finalmente *bóvedas planas* (fig. 204), cuando la directriz es una recta, en cuyo caso la flecha se reduce á cero.



(Fig. 204.)

También se dividen las bóvedas con arreglo á los materiales que entran en su composición, recibiendo, según los casos, las denominaciones de bóvedas de sillería, sillarejo, ladrillo, mampostería ú hormigón. Cuando sus dimensiones son pequeñas, se puede hacer uso para su ejecución de las piedras que proporcionan algunos bancos muy delgados de caliza ó de pizarra, las que se colocan con una ligera preparación 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 expuestos, como sucede en las cabezas, los aristas salientes, etc.; debiendo tomar en esta fábrica mixta las precauciones anotadas anteriormente (121) para su mejor trabazón y solidez.

213. **Montea.**—Antes de proceder á la ejecución 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 piedras distinta forma que las demás, y cuyas dimensiones han de ser rigurosamente las que les corresponde, pues de lo contrario resultaría la construcción con irregularidades y deformaciones, que perjudicarían, no solo á su aspecto y belleza, sino que también 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 necesario ejecutar directamente el dibujo de la bóveda en escala natural y en un plano bien preparado.

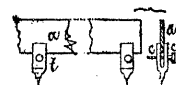
Para esto se puede hacer uso, cuando la obra es de cortas dimensiones, de una pared que tenga el paramento bien plano y que no presente asperezas; pero si la bóveda es de mayor importancia, se prepara el plano en el suelo, tomando ciertas precauciones para que no se deteriore. Se empieza por igualar el terreno en la superficie necesaria para que quepa el dibujo de la obra; después 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 regla, 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 dén, 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 alisándola después, 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 llu-

vias 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 le 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 solo 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: extendiendo 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. También se usa algunas veces una regla puesta de canto *aa*, como se ve en dos proyecciones verticales en la fig. 205, la cual está unida por un extremo á dos chapas



(Fig. 205.)

metálicas *cc* que se reúnen 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 delinea-

ción ordinaria más 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.

En los apéndices II y III se insertan los datos para el trazado de los arcos de círculo.

ARTICULO II

CIMBRAS

La construcción de las bóvedas consta de operaciones muy diversas, y puede considerarse que comprende cuatro fases distintas, las cuales se presentan en la práctica en el orden siguiente: 1.^a *Construcción y colocación de las cimbras*; 2.^a *Ejecución de la fábrica*; 3.^a *Descimbramiento*; y 4.^a *Trabajos complementarios*.

214. **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 especial, 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.

215. **Cimbras de tierra ó piedra.**—Las cimbras de tierra

ó piedra se cons'ruyen formando un terraplén perfectamente apisonado y comprendido entre los dos muros ó estribos en que se apoya la bóveda, y otros dos que se establecen provisionalmente y á veces son de madera, situados en 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 cubriendo el terraplén 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 solo tienen aplicación en las obras públicas para bóvedas de muy poca importancia, y 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. También se emplean con buenos resultados en los trabajos subterráneos, como sucede en los alcantarillados de las poblaciones.

216. **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. Á 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 con-

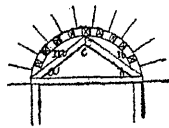
tinuación, y cuando ha fraguado el hormigón que forma la bóveda definitiva, se procede á demoler toda la parte ejecutada con madera y ladrillo, pudiéndose aprovechar en otras construcciones este último material.

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 en ciertas ocasiones 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 y dotarlas de toda la resistencia que sea necesaria.

217. **Cimbras de madera.** — Estas cimbras consisten en varios entramados verticales y paralelos, llamados *cuchillos*, que distan entre sí 1,20 á 2 m., terminando en su contorno superior por una curva paralela á la sección recta del intradós de la bóveda. Estos entramados se enlazan unos con otros y se arriostran perfectamente haciendo uso de piezas transversales, y sobre el contorno superior se colocan otras piezas paralelas al eje del cilindro, que unas veces sirven para sostener directamente la fábrica de la bóveda, y otras se cubren con un entablonado sobre el que carga 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. 206), que se llaman *pares*, y



(Fig. 206.)

de la *ab* ó *tirante* que cierra el triángulo y evita la deformación de la figura; y la otra son varias piezas aplanilladas *mn* afectando la forma del arco, que se apoyan directa ó indirectamente sobre los pares, y se denominan según los casos, *camones*, *cerchas* ó *cerchones* (1). Sobre

(1) Se llaman *camones* cuando son vigas escuadradas y aplanilladas según 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.

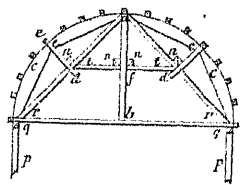
estos se fijan invariablemente las piezas que aparecen en la figura según sus cabezas, las que van de un cuchillo á otro en toda la longitud de la bóveda y reciben el nombre de *correás*, y encima de estas vienen unas veces á descansar directamente las dovelas, y otras se cubren con un entablonado que se coloca en posición cruzada con las correas, como ya se ha dicho.

No obstante lo expuesto, cuando las dimensiones de la bóveda son de cierta importancia, presentan ordinariamente mayor complicación las cimbras, teniendo que reforzarlas con otras piezas dispuestas de modo que resulte un sistema de forma invariable. Además de los pares y del tirante, se coloca el *pendolón*, *afb* (fig. 207), que suele ser una sola pieza vertical, á la que vengan á ensamblarse á barbilla 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 pendolón y el tirante por medio de un estribo de hierro que abraza al segundo y está fijo invariablemente por sus extremos al primero. En otros casos se forma el pendolón con dos piezas paralelas que encepán 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 excesiva, se los suele dotar también de una pieza *ed* llamada *mangueta*, que puede ser sencilla ó doble formando cepo, á cuyo extremo superior vienen á ensamblarse, ya otros pares secundarios si su distancia á la curva es aun bastante grande, ya directamente las cerchas ó camones *cc*. Para evitar que el peso de la bóveda transmitido en la dirección de las manguetas pueda doblar á los pares *ar*, se pone la pieza *tt* paralela al tirante, que se conoce con el nombre de *falso tirante*.

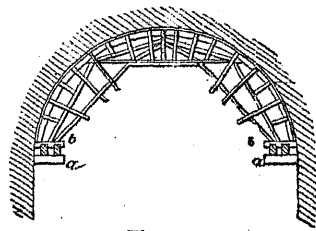
Hay ocasiones en que, bien sea por la gran luz de la bóveda, bien por no poder obstruirla inferiormente durante su ejecución, hay necesidad de suprimir el tirante y la parte inferior *fb* del pendolón; y sin embargo, la cimbra que quedase podría llenar perfectamente su objeto, pues las piezas subsistentes constituyen un sistema triangular, y por lo tanto invariable en su forma.

Con la mira de sostener los diversos cuchillos que componen una cimbra, se establecen al lado de los muros sobre que va á descansar la bóveda varios postes verticales de madera *pp*, ó machones de ladrillo situados en el plano de cada cuchillo, y sobre los postes de cada lado 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 según sus cabezas, las cuales pueden ser sencillas ó cepos y ocupar una posición paralela al eje de la bóveda, ó con cierta inclinación, 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 depende 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 extensión necesaria para dotar al cuchillo de la rigidez conveniente, en cuyo caso la cimbra puede ser *de tirante ó recogida*, como se ve en las figuras 207 y 208; 2.º Cuando existen de un

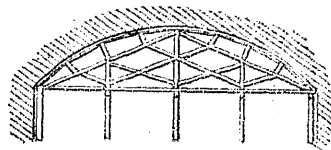


(Fig. 207.)



(Fig. 208.)

arranque á otros varios puntos fijos (fig. 209) sobre los cuales carga directamente el cuchillo, y entonces se llama de *apoyos intermedios*; y 3.º Siempre que se establecen los cuchillos de manera que pueda sostenerse sólo por sus arranques, y que después ó



(Fig. 209.)

durante la construcción se refuerzan por medio de cierto número de apoyos fijos situados en la parte intermedia, recibiendo en tal caso el nombre de *mixta*.

Cualquiera que sea la disposición y forma de las cimbras, se prefiere para el ensamblaje de las diferentes piezas que entran en su composición 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 también, y en los empalmes el rayo de Júpiter: todas estas uniones se refuerzan en caso necesario con clavijas de madera ó hierro, cinchos, escuadras, cantoneras, etc.

Todas las piezas que entran en la composición de una cimbra deben ser de una madera sana, resistente y bien curada, adoptándose con preferencia el pino, porque además proporciona una gran ligereza, lo que facilita las operaciones de su manejo y colocación.

Aunque en otros países 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 ocasión de entrar en su examen, atendido el poco uso que han alcanzado.

218. Construcción de las cimbras.—Esta tiene lugar en un suelo ó monteja 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 posición que debe ocupar; luego se pica ó señala la forma que debe tener en los puntos de unión con las demás piezas; después se la labra ó dan los cortes convenientes, y por último, cuando se ha hecho esta operación con las demás, se ensamblan todas con arreglo al proyecto, debiendo ocupar sobre la monteja la posición que les corresponde y ajustar perfectamente todos los ensamblajes.

Cuando las condiciones de la localidad lo permitan, se establece la monteja 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 posición vertical, y elevándola en este estado hasta la altura conveniente, se consigna que ocupe con toda exactitud el lugar que le corresponda, procediéndose por último al arriostrado de todos los cuchillos y á la colocación de las correas.

Cuando hay que hacer esta operación en un río, como sucede en la construcción de un puente, se arma cada cuchillo sobre un piso, que sostienen barcas, pontones ú otros cuerpos flotantes, los que después 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 que insisten sobre andamios previamente establecidos á través del río; se le da la posición 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; después 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, otras por secciones más ó menos grandes y otras por piezas; para lo cual se establecen los andamios provisionales de que se ha hablado anteriormente.

Algunas veces se da á los cuchillos una elevación ó flecha un poco mayor que la estrictamente necesaria, con objeto de contrarrestar aproximadamente el descenso que suele resultar en la parte superior de la bóveda, tanto por el asiento de la cimbra durante la construcción, cuanto por el de la bóveda misma después de quitar la cimbra. Este aumento de flecha ó *peralte* no se puede conocer *a priori*, pues depende del esmero en la construcción de la cimbra y de la bóveda, del número de juntas que esta tenga y de otras varias 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 estas aumenta este efecto á medida que disminuye la relación 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 cuanto es posible el asiento de la bóveda por el esmero de la construcción. Aunque después esta experimente algún 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 ningún peralte á la cimbra, simplificando así notablemente su construcción.

219. Colocación y asiento de las cimbras.—No es posible dar reglas fijas y generales acerca de la colocación que se modifica según sean las condiciones locales y los medios de que se puede disponer. Así, por ejemplo, si se quiere colocar la cimbra de la fig. 207, después 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, que después de llegar á la altura conveniente se apoyan sus arranques sobre las carreras, ocupando exactamente los puntos que le corresponda y que previamente se han debido señalar. Hecho ésto, 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 después se arriostran ambos, formando así un todo estable y sin tendencia á caer, como sucedía cuando estaba solo un cuchillo. Después 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 cubre con tablas en posición transversal, las que al aplicarse sobre estas correas van formando la curva del arco. Para fijar á las correas este entablado, se ponen de cuando en cuando cla-

vos 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, ó bien suprimir éste en toda la extensión que ocupen estas dovelas y en una profundidad igual á la saliente que deban presentar, á no ser que para conseguir el mismo objeto 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 operación por partes que después se ensamblan entre sí, empleando para esto las máquinas y aparatos ya referidos. 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.

El asiento a del centro de la cimbra de una bóveda se puede obtener por las expresiones siguientes:

Cimbras recogidas y de ejecución regular; $a=0,019 (l-f)$.			
Id.	id.	id.	buena; $a=0,01 (l-f)$.
Id.	de tirante	id.	muy buena; $a=0,005 (l-f)$.

Siendo l la luz y f la flecha del arco.

ARTICULO III

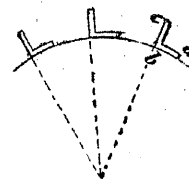
EJECUCIÓN DE LA FÁBRICA DE LAS BÓVEDAS

220. Preliminares.—En la construcción de las bóvedas es preciso tomar diversas precauciones, que si bien á primera vista parecen demasiado 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.

221. Bóvedas de sillería.—Una vez labradas las dovelas al pie de la obra con arreglo á los principios establecidos en el corte de piedras, se procede á su colocación. Para esto se empieza por señalar, en cada una de las dos extremidades ó cabezas de la cimbra, los puntos á que han de venir las líneas de hilada 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 Paris, y después 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 explicados anteriormente (205 á 210), para lo cual se establecen los andamios necesarios; y á fin de hacer que los planos de hilada resulten normales al intradós de la bóveda, se hace uso de una ó varias falsas escuadras abc sacadas de la montea (fig. 210), teniendo en uno de sus brazos



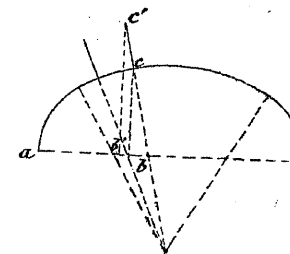
(Fig. 210.)

cierta longitud del arco de intradós y en el otro una normal á este arco. Si el intradós es una curva de varios centros, ó elíptica, se necesitan varias escuadras y á veces una para cada hilada de dovelas. En el día se substituyen 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 ocasión (113).

Estos medios de comprobar la posición de las 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 posición 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. 211), que es una



(Fig. 211.)

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 quiera: así, por ejemplo, los puntos cc' que fijan la posición de una junta, tienen respectivamente por abscisas las longitudes horizontales ab ab' , medidas á partir del punto a , cuyos valores se deducen facilmente de la montea, y por ordenadas las alturas bc bc' , por encima de la horizontal ab .

Este método de comprobar la posición de las dovelas de los grandes arcos, es además necesario desde 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 menos por la carga de las dovelas que van recibiendo sucesivamente, lo que ocasiona cierta elevación en la parte superior de la curva en que termina, cuando se cargar mucho en los riñones. El conocimiento de la posición 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 construcción de la obra, hasta que vuelvan á ocupar la posición que les corresponda.

Para asentar las dovelas de una hilada, después de enrasar perfectamente y de humedecer la inferior, se cubre ésta con una capa uniforme de mortero, cuyo espesor puede variar de 8 á 15 *mm*. Al poner esta capa, se debe cuidar mucho de que no caiga nada de mortero sobre el entablonado 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 podría aplicar bien la cara de la dovela que ha de formar el intradós de la bóveda con la parte de la cimbra que le corresponde, á causa de la interposición del mortero, lo que ocasionaría cambios de posición perjudiciales á la solidez y resaltes desagradables á la vista que sería preciso retundir después de quitar la cimbra. El albañil debe apretar cada dovela, á medida que la pone, por medio de un fuerte mazo ó pi-

són de madera, hasta reducir el espesor de la capa de mortero como á la mitad del que tenía; y ha de cuidar de acufiar perfectamente á baño de mortero los huecos que puedan resultar entre los lechos y las juntas, á causa de algún pequeño defecto en las dovelas, tomando cuantas precauciones sean necesarias para que resulte una fábrica esmerada.

La marcha que se sigue en la colocación 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 menos no la deformen de una manera irregular, y también para que adquiriendo los morteros la misma consistencia por ambos lados de la bóveda, sea el asiento uniforme y simétrico con relación á la flecha. También es conveniente no comenzar el asiento de las dovelas de una hilada hasta que la inferior esté completamente concluida.

La parte más delicada en la ejecución de una bóveda es su *cerramiento* ó sea la colocación de la clave, debiéndose ejecutar 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, depende en gran parte de la compresión de los morteros. La manera más conveniente de hacer esta operación, 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 también en algún punto intermedio si es grande la longitud que comprende la abra. Para conseguir este resultado, se ponen en estos puntos las dovelas que forman las contraclaves, conforme á lo expuesto más arriba, y después se saca una plantilla exacta del claro que dejan entre si, labrándose la clave con arreglo á la plantilla (1). Hecho esto, se cubren los planos de hilada de las contraclaves con una capa de mortero muy fino, algo consistente y bien manipulado; después se pre-

(1) Á veces se hace esta misma operación con la clave y las contraclaves, con el objeto de distribuir entre las tres los errores que se hayan podido cometer; de lo contrario, podría suceder que la clave resultase mucho más delgada ó más gruesa que las demás dovelas, lo que perjudicaría el buen aspecto de la obra.

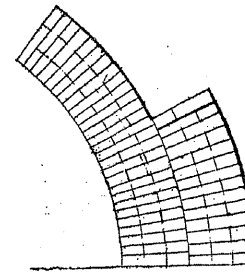
senta la clave por medio de un torno ó grua, y cuando sus caras de hilada se apoyen sobre las capas del mortero, se la desembraga y se la introduce apretándola con un pisón de madera de 40 á 50 *kg.* de peso, hasta que su cara de intradós se apoye bien sobre la cimbra. En este caso debe refluír el mortero por todas partes, y los puntos de las hiladas en que no haya perfecta coincidencia se acuñan con todo cuidado. Ejecutada esta operación en una de las cabezas de la bóveda, se cierra de igual manera por la otra cabeza y en algún punto intermedio de la hilada de las claves si es necesario, y después se cierran los claros que quedan, siguiendo el mismo procedimiento.

222. **Bóvedas de materiales pequeños.**—El sistema de ejecución de las bóvedas construídas con sillarejos, rajuela, etc., es en la esencia el mismo que para las de sillería; sólo que en lugar de comprobar la posición de cada hilada, basta hacerlo de cuando en cuando, teniendo siempre cuidado de llenar las condiciones explicadas en la estereotomía respecto á la posición relativa que deben tener las piedras. Se pone cada una de éstas frotándola sobre el entablado 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 resulten 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 alcance todo el espesor que han de formar, se puede seguir la marcha de construir las cabezas y no poner en la parte central más 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 construída. 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 extensión comprendida entre las cabezas, razón por la que se adopta con preferencia en la actualidad.

223. **Bóvedas de ladrillo.**—El material empleado en esta clase de construcción 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 (118), pero en el segundo hay que tomar varias precauciones, según sea el sistema de colocación que se adopte, y conforme varíen las dimensiones de la bóveda. Estos sistemas son los siguientes:

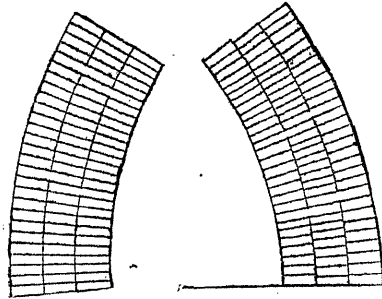
Cuando el espesor de la bóveda no excede la longitud de un ladrillo ó de ladrillo y medio, se los dispone como en los muros, cuidando solamente de que los lechos sean normales al intradós, á cuyo fin tiene el mortero que ocupa las juntas mayor grueso en el trasdós que en el intradós; pero si el espesor pasa de ladrillo y medio, se forma la bóveda de varias 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. 212). Si la curvatura del intradós es grande, también lo será el grueso 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.



(Fig. 212.)

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 más que por la resistencia del mortero ordinario ó de cemento empleado en la construcción, lo cual perjudica á la solidez de la bóveda, á menos que el cemento adquiera pronto una dureza igual á la del ladrillo. Otras veces se ponen á ciertos intervalos hiladas de ladrillos á tizón, que comprenden y ligan entre sí zonas más ó menos extensas de dos roscas consecutivas. 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 rosas comprendidas entre cada dos tizones, como se ve en la fig. 213, ya colocando los tizones á distancia conveniente, para que cada dos comprendan una hilada más en la rosca exterior que en la interior, según aparece en la fig. 214. El primer procedimiento es preferible



(Fig. 213.)

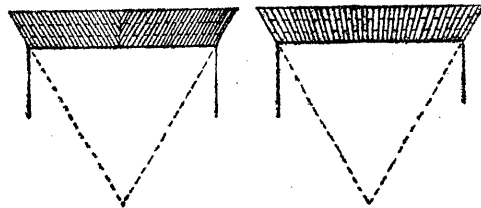
(Fig. 214.)

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 este reotomía que las juntas deben venir á concurrir al vértice del triángulo equilátero construido sobre la luz (fig. 215), y cuando hay que ejecutar estas construcciones con ladrillos, se pue-



(Fig. 215.)

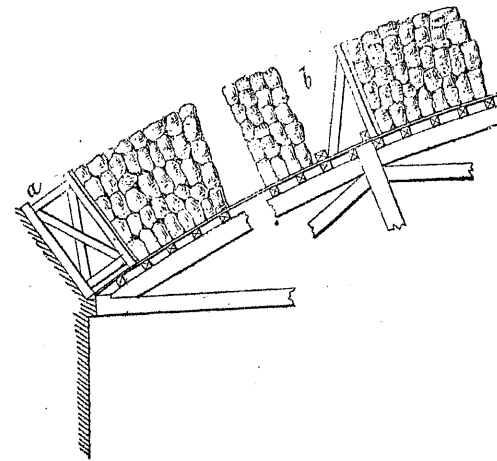
(Fig. 216.)

de adoptar también la disposición que aparece en la fig. 216, estando los ladrillos de cada mitad en posición paralela entre sí y trabándose bien en la parte central.

224. **Bóvedas de mampostería hidráulica.**— Conocidas

las propiedades de las cales hidráulicas y cementos (61 y 62), 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. 217), distribuidos uno en cada arran-



(Fig. 217.)

que, otro en cada riñón, y el último en la clave. Se establecen fuertes encajonados de madera en los intervalos *a* y *b* en los arranques y riñones, y con objeto de sostener la mampostería de los trozos superiores é impedirlos que resbalen sobre la cimbra, se cubre con tablonés el costado lateral que está ha-

cia el centro de 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 los tablonés del encajonado inferior. En la parte central ó clave de la bóveda se deja otro claro como los anteriores, pero sin encajonado.

Concluída esta primera parte del trabajo, se empieza por desmontar los encajonados de los arranques y riñones en longitudes parciales de unos 2 m., en dirección de las generatrices del intradós y empezando simultáneamente por las cabezas; luego se van rellenando los cinco claros que resultan en cada cabeza con mampostería hidráulica. Terminada esta operación, se desmonta en cada claro, y en la zona contigua á la rellena, otras longitudes iguales á las antedichas que después se rellenan también con mampostería, y así se continúa desde las cabezas hacia el centro, hasta cerrar los cinco claros en toda la longitud de la bóveda. Debe cuidarse en estos rellenos de tomar cuantas precauciones sean necesarias para que la unión de la fábrica nueva con la antigua sea lo más perfecta posible.

225. Bóvedas de hormigón.—Cuando se hace uso del hormigón, 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 dándole desde luego el espesor que le 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 extender sobre la cimbra una capa de hormigón de poco 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 car-

gar bastante uniformemente las cimbras, que en tal caso apenas experimentan cambios de forma, pues la primera capa de hormigón, contribuye á darles un gran aumento de resistencia.

En las bóvedas de hormigón es preciso tomar todas las precauciones enumeradas al tratar de esta fábrica (117) para conseguir que haya una perfecta unión entre todas sus partes constitutivas, y que resulte una obra consistente y de una sola pieza antes de proceder á quitar la cimbra. También debe cuidarse, así en las bóvedas como en las demás fábricas de hormigón que estén expuestas 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.

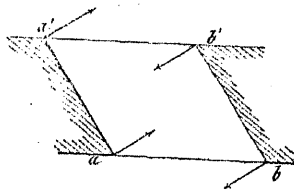
226. Bóvedas tabicadas.—Las propiedades que poseen los morteros de cemento, de fraguar con suma rapidez, adquirir una gran dureza, tener una fuerte cohesión con los materiales y no cambiar de volumen después de fraguar, han proporcionado el medio de aplicar los ladrillos para la construcción de bóvedas de una gran luz y de muy pequeño espesor, que reciben el nombre de *tabicadas*.

El sistema de construcción 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 cubre con una chapa de cemento para dar salida á las aguas de lluvia, produciendo empujes muy pequeños sobre los muros ó estribos en que descausan.

Quando hay necesidad de proporcionar una gran ligereza y la bóveda no está sometida á ninguna otra carga más 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 aplicación en las cubiertas de ciertos edificios. Las bóvedas tabicadas se han empleado con buen éxito en las cubiertas de iglesias y grandes talleres; en cubrir los depósitos de agua destinados al abastecimiento de las poblaciones y en otras obras.

*227. **Bóvedas oblicuas ó en esviaje.**—Además de dibujar en la montea todas las proyecciones y desarrollos necesarios para la ejecución 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 obras reúna 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 colocación 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 prueba en la estereotomía experimenta una bóveda oblicua, tiende á imprimirla un movimiento de torsión que tiene por efecto echarla hacia fuera de los planos de cabeza por el lado de los ángulos obtusos a' , b' de los estribos, y hacia dentro por los agudos a , b' , según aparece en proyección horizontal en la fig. 218, indicando las flechas la dirección en que tiende á verificarse el movimiento, que



(Fig. 218.)

siempre parte del centro de la bóveda y termina en sus arranques. Este mismo efecto se produce en las dovelas, las que verifican sobre sí mismas 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 les corresponde por el lado del ángulo obtuso y entrante por el 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 hacia el exterior por el lado de los ángulos obtusos; y para conseguir este objeto, se colocan fuertes puntales, cuyo pie 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 también como riostras; se da á varias de estas correas bastante longitud para que salgan 5 *cm.* por lo menos del plano de las cabezas ab , $a'b'$, á fin de poder señalar en ellas la posición de los arcos de cabeza; pero no se deja que sobresalgan todas, por la dificultad que esto ocasionaría cuando se tendieran los cordeles que sirven para situar las caras de las dovelas en los planos de estas cabezas. Generalmente se deja cierta separación entre las correas, y se cubren 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 reglón 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 varios puntos á la cubierta de la cimbra, reuniendo con una regla flexible los puntos así obtenidos; la línea que resulte indicará la posición de la curva de intradós, que se tiene cuidado de señalar sobre la cimbra, y según la cual se deben poner las aristas extremas de las dovelas de cabeza. Es indispensable comprobar de cuando en cuando, mientras dura la construcción 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 colocación de las dovelas ó cuando

ya van colocadas algunas hiladas y 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. También se debe señalar en la cimbra la división 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, según la dirección y forma que deben tener, aterdido el aparejo que se haya adoptado.

Una vez conocida la posición de las cabezas, se empieza á colocar las dovelas, dando á cada una la situación 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 también en las caras de junta y de hilada, 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, acuniándolas perfectamente á baño flotante de buen mortero hidráulico. Cada dovela labrada tiene una señal y un número de orden, para que el albañil pueda colocarla en el sitio que le corresponda, con arreglo á las instrucciones que reciba del director ó encargado de la obra.

Cuando se teme que pueda haber algún movimiento en las dovelas de cabeza, se enlazan dos á dos las cuatro ó cinco primeras dovelas por medio de fuertes pasadores ó grapones de amarra, que se empotran en su trasdós y en el cuerpo de las piedras ó de los estrivos. También se forman, en cuanto es posible, de una sola pieza las dos primeras dovelas de los ángulos obtusos, á fin de que tengan bastante dimensión en la cola y que no terminen en ángulos muy agudos en el interior de la bóveda.

Después de colocar las cremalleras ó escalones de arranque de la bóveda, se construye el resto de esta, 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 próximamente 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 al hablar de las bóvedas rectas.

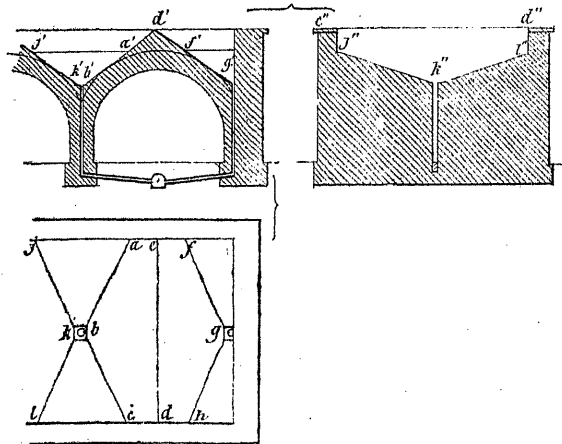
Se pueden evitar en parte y aun por completo, las dificultades del aparejo de las bóvedas en esviaje, sustituyendo la piedra de sillería con materiales de pequeñas dimensiones trabados con mortero de buen cemento. Á causa de la dureza y cohesión que adquiere inmediatamente este mortero, reúne los materiales y forma de toda la bóveda un monolito que resiste bien el 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 precaución 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.

También 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 construída con sillería, ejecutando el resto como se acaba de decir.

228. **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 cubierta con

una capa de tierra, puedan detenerse sobre la fábrica y entrar en el interior, perjudicando su resistencia.

Para conseguir esto, se disponen *désagües*, 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 una proyección horizontal y dos secciones verticales en la figura 219 consiste en los

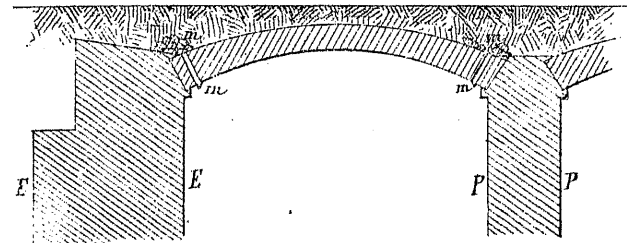


(Fig. 219.)

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 construyen en la misma fábrica del estribo, formando una verdadera chimenea de 20 ó 30 *cm.*, en cuadro, revistiéndola interiormente con el mayor cuidado por medio de un enlucido de cemento

bien alisado con la paleta, mientras se va construyendo el estribo.

Cuando la bóveda esté cubierta 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 terraplén, se forman mechinales *mm* (fig. 220), que atraviesan la bóveda en el punto medio



(Fig. 220.)

de su longitud, los cuales están formados por tubos de plomo, zinc ó hierro fundido, con un diámetro que regularmente varía de 5 á 10 *cm.* Con objeto de evitar que la boca del mechinal se obstruya por los arrastres que puedan llevar las aguas, se la tapa en su extremo superior con una placa de palastro llena de agujeros pequeños, y para mayor seguridad se cubre esta placa con alguna cantidad de piedra partida, que sirve como de filtro en el que el agua deposita sus arrastres antes de llegar á la boca de entrada del mechinal. También se cuida de que el tubo del mechinal sea algo cónico, con su base mayor hacia abajo, para el caso de que si se helase el agua interior se desprenda sin romperle.

Cuando hay varias bóvedas contiguas, se suele establecer un solo mechinal para desaguar las dos semibóvedas que se apoyan en cada pila, para lo cual se da á las contraroscas la inclinación conveniente, como se verá más adelante (237).

Todos estos medios para facilitar el desagüe de las bóvedas, pueden modificarse de muy diversas maneras en sus de-

talles, aunque la disposición general es siempre la que se ha descripto.

* 229. **Generalidades sobre la construcción de las bóvedas.**—Las bóvedas de hormigón 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 ejecución. Su homogeneidad y cohesión 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 al vacío y 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 ejecución de la fábrica; y como generalmente es bastante mayor el peso de la piedra de sillería que el del hormigón, también lo es el empuje horizontal que ocasionan, lo que lleva consigo un gran aumento de espesor en los estribos para contrarrestar este efecto. Otro tanto puede decirse de las bóvedas de sillarejo, rajuela y ladrillo, aunque desde otro punto de vista, si bien las últimas presentan ventajas sobre las otras dos por la rapidez y economía de la ejecución.

Por regla general conviene emplear en la construcción de las bóvedas morteros de fraguado rápido, á fin de evitar los empujes perjudiciales de que se ha tratado.

ARTICULO IV

DESCIMBRAMIENTO Y TRABAJOS COMPLEMENTARIOS

230. **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 soste-

nerla durante su ejecución. Por lo tanto, es de la mayor importancia verificar esta operación 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 menos sus apoyos ó estribos, ó bien de ocasionar roturas en las piedras ó agrietamientos á veces de difícil reparación y siempre de mal efecto. En las bóvedas de 1 á 3 m. de luz, apenas son sensibles estos efectos.

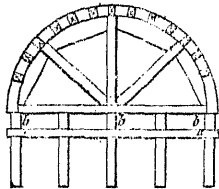
Por regla general, debe hacerse el descimbramiento de tal manera, que las cimbras no se separen de las bóvedas sino lentamente, y por grados que dejen entre sí un intervalo de tiempo bastante largo. Además es conveniente que se pueda detener el descimbramiento en un instante dado, do tal suerte que la cimbra se apoye de nuevo contra la bóveda como antes de empezar la operación, 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 después 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 menos fresco, y se puede plegar sin romperse á los movimientos de la bóveda que siempre tienen lugar, á menos que se haga uso de cementos enérgicos y de fraguado rápido; 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 menos sensible, pero es de temer la rotura del mortero si no fuera de buena calidad.

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 días después de cerrada; adoptando para este objeto diversos procedimientos, de los que los siguientes son los más generalizados.

231. **Tacos y postes.**—Generalmente se coronan los pies

derechos sobre que insiste la cimbra con una carrera *aa* (figura 221) paralela á los frentes, poniendo encima de ésta cierto número de tacos ó trozos de madera *b*, sobre los cuales descansa la cimbra. Si en esta disposición se quiere proceder al descimbramiento, se pican los tacos *b*; esto es, se los va adelgazando por el pie dejándoles en forma de cuña, hasta que el peso superior los aplaste cierta cantidad, y así tiene lugar el descenso de la cimbra de



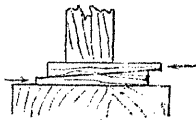
(Fig. 221.)

una manera bastante regular.

Si la cimbra se apoya directamente sobre la carrera que corona los postes, y estos descansan á su vez sobre dados de piedra ó soleras de madera tendidas en un suelo incompresible, se puede picar simultáneamente el pie de estos postes adelgazándolos también 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.

La disposición que más generalmente se emplea consiste en colocar sobre los postes la carrera *aa* (fig. 208) paralelamente y contigua á cada estribo, situando encima los tacos *bb*; y encima de éstos otra carrera paralela á la *aa*, sobre la que insiste por sus extremos cada cuchillo de la cimbra. El descimbramiento se verifica en este caso de igual modo, picando los tacos como se ha dicho.

232. **Dobles cuñas.**—Como la operación 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 bajo el pie de los postes, bien entre la carrera que los corona y la cimbra, cuyas caras presenten muy poca inclinación, semejantes á como se representan en la fig. 222. Es evidente que golpeando estas cuñas con una maza en el sentido que indican las flechas, se disminuye de una manera casi

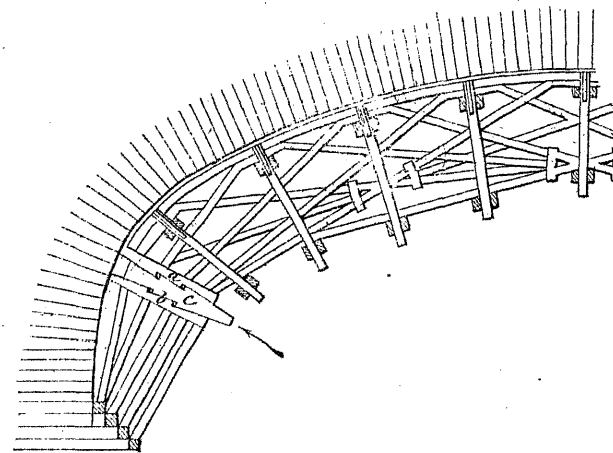


(Fig. 222.)

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 hasta el punto de ser muy difícil y á veces hasta imposible poder correrlas; 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 encuentren en su trayecto. Por estas razones se ha tratado de buscar otros procedimientos más seguros, y perfectos, como son los siguientes:

233. **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. 223), terminan inferior-



(Fig. 223.)

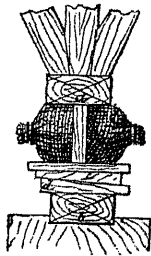
mente en una *zapata a*, que por abajo presente cierto número

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, con dobles redientes *c*, cuyas caras inclinadas están en contacto con las correspondientes de las piezas *a* y *b*, presentando la cuña cierta saliente hacia 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 golpea con mazos la cuña *c* en el sentido que indican las flechas, y á consecuencia de esta percusión corre la cuña hacia el exterior del arco y bajan progresivamente las zapatas superiores y con ellas la cimbra.

* 234. **Sacos de arena.**—También 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 lona 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 si fuera necesario; después se llena con la arena el saco y por último se ata su boca. Con objeto de evitar que la arena adquiera humedad, lo



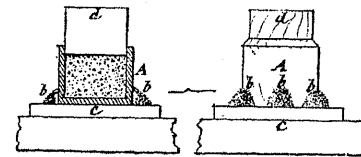
(Fig. 224.)

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 entonces 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 carreras *a* y *b* (fig. 224), como se ha dicho al final del número 231, entre las cuales se colocan las dos cuñas *c* y *d*; todo esto se sitúa al lado

del taco en que se ha apoyado 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 adquiera por la compresión la dureza de la piedra, y entonces es fácil quitar á golpe de mazo ó con el hacha el soporte ó taco inmediato, que ya está sustituido por el saco: esta misma operación se hace en todos los demás apoyos de la cimbra.

Una vez terminadas estas operaciones preliminares, se sitúa al lado de cada saco un trabajador encargado de abrirle con cuidado, desatando el cordel 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 orden para repetir la operación. Á veces sucede que se detiene la salida de la arena, y en tal caso se evita la obstrucción y se la desprende por medio de una varilla de hierro que tiene el trabajador. De esta manera se continúa la operación con suma regularidad, hasta que la bóveda deja de apoyarse en la cimbra.

* 235. **Cajas de palastro.**—Este sistema, que sólo es una modificación perfeccionada del anterior, y que tiene por objeto evitar las obstrucciones en la salida de la arena, consiste en sustituir á los sacos con cilindros de fuerte palastro *A* (figura 225) de 30 *cm.* de diámetro por otro tanto de altura, pro-



(Fig. 225.)

vistos 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.

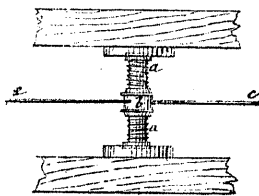
Los cilindros se fijan á tablas cuadradas *c*, que á su vez descansan sobre las carreras de los postes; se llenan de arena bien seca, poniendo encima de esta y bien ajustado al cilindro un émbolo *d* de madera, que termina superiormente en una fuerte cabeza, sobre la que

descansa la carrera superior que sirve de apoyo á los cuchillos 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 construcción de la bóveda, porque se cubre 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 operación, se destapa uno de los tubos *b*, y la arena cae inmediatamente, formando un cono sobre un ángulo de la tabla inferior, que se eleva hasta tapar la boca del tubo, y entonces cesa la salida. Después se verifica la misma operación con el tubo opuesto, y por último se repite con los otros dos. Hecho esto, y á una señal convenida, se quita con una tablita el primer cono y vuelve á salir la arena hasta formar otro igual, y después se hace otro tanto con los demás, en el mismo orden que se formaron. Repitiendo estas operaciones las veces necesarias, se obtiene de una manera muy regular y progresiva la separación completa entre la cimbra y la bóveda.

* 236. **Roscas.**—Las roscas, cuyo empleo ha dado muy buenos resultados en la práctica, consisten en unos dobles tornillos de hierro ó acero *aa* con cabeza cuadrada (fig. 226).



(Fig. 226.)

teniendo los filetes en sentido inverso y con un paso ó separación 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*, que puede meterse en los cuatro taladros laterales que presenta la tuerca. Haciendo girar

á esta tuerca, los dos tornillos se introducen en ella ó salen, según sea el sentido del movimiento.

Se comprende que con estos aparatos colocados en suficiente número bajo las carreras que sostienen los cuchillos de la

cimbra, se puede arreglar su descenso con toda la exactitud deseable, detenerla en el punto que se crea necesario y hasta volverla á apretar contra la bóveda 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 construcción de la bóveda. Moviendo simultáneamente en todos los tornillos 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 entonces queda sólo sostenida la cimbra por las roscas: hecho esto, se hacen girar todas las tuercas en el sentido conveniente y la misma cantidad 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 las cajas de palastro. Los demás procedimientos tienen menos empleo y apenas se los usa más que en bóvedas de no gran importancia, donde proporcionan buenos resultados cuando se los aplica con las precauciones convenientes, y son por regla general más económicos.

237. **Trabajos complementarios, contrarrosas y asiento de las bóvedas.**—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 menos 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 *contrarrosas* 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 menos hidráulico, según la contrarrosca deba ó no estar cubierta con tierra: antes de aplicarla en obra, se limpian las juntas de la fábrica de la bóveda hasta una profundidad de 10 á 15 *mm.* y se lavan después perfectamente. El espesor de cada una de las capas del enlucido, puede variar desde 1 á 3 *cm.* resultando una contrarrosca de 2 á 6 *cm.* 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 contracción.

Con objeto de evitar una desecación demasiado rápida en estas capas, se las construye, á ser posible, en tiempo nublado; pero si hay necesidad de formarlas en días despejados y calurosos, se cubre la obra hecha, á medida que se va construyendo, con esteras, cañizos ó telas que se humedecen antes. 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 después se juntan los lados de la grieta, ya dando pequeños golpes con un ligero pisón de madera, ya con una suela de zapato sin tacón que se calza un trabajador.

Puestas ya las dos capas de la contrarrosca y tapadas las grietas que se hayan abierto, se procede á revestirlas, después 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 con asfalto, ya, por último, con aceite de linaza hirviendo, alisando de antemano el mortero con una piedra bien plana.

Á veces se cubre después la parte de la contrarrosca comprendida entre el punto más alto y los mechinales con una capa de piedra ó ladrillos partidos, que tenga un espesor de 7 á 10 *cm.*, la que facilita la absorción y 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 contrarrosca está perfectamente seca.

Las chapas no deben construirse hasta que la bóveda haya hecho todo su asiento, pues de lo contrario se agrietarían á causa de este movimiento, no obstante el esmero que se tuviera en su ejecución. En las bóvedas construídas con cemento, no es de temer este efecto; pero en las demás conviene dejar pasar bastante tiempo antes de proceder á esta operación complementaria, y si no urge la terminación de la obra, se dejará transcurrir 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 (289) se empiezan á construir después de terminados los trabajos anteriormente descriptos, y se forman sobreponiendo varias capas de 25 á 30 *cm.* de altura, que se comprimen perfectamente con pisones de cuña hasta reducir las como á la mitad de su grueso, cuidando de no estropear por la percusión la contrarrosca que cubre la bóveda.

Las operaciones de retundido y rejuntado se ejecutan conforme á los mismos principios establecidos anteriormente (122), modificando, sin embargo, los medios auxiliares con arreglo á la forma y disposición de la obra, acerca de lo cual no es fácil dar reglas fijas, dependiendo principalmente de la práctica del constructor.

Aunque el asiento total de una bóveda depende de su magnitud, de la forma curva de su sección recta, de la clase de fábrica empleada y del esmero en la ejecución, pueden admitirse en términos generales los resultados del siguiente cuadro, en el que está representado en metros por *a* y por *l* la luz:

Asiento sobre las cimbras.....	$a=ml$
Idem después del descimbramiento.....	$\hat{a}=nl$
Asiento total.....	$=(m+n)l$

teniendo los factores m y n , según los casos, los valores siguientes:

Para cimbras fijas.....	$m=0,002$
Para cimbras recogidas.....	$m=0,003$
Para cimbras flexibles.....	$m=0,006$

	Piedra.	Ladrillo.
Para bóvedas escarzanas.....	$n=0,001$	$n=0,002$
Para bóvedas carpanales.....	$n=0,0005$	$n=0,004$

PARTE CUARTA

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS ESPECIALES

CAPÍTULO PRIMERO

Puentes.

238. **Definición y división.**—Se da el nombre de *punte* á una construcción establecida entre dos porciones de una obra pública, como camino, canal, etc., interrumpida por una cortadura ó quebrada del terreno, un río, acroyo ú otro obstáculo de esta naturaleza.

Los puentes se dividen, según la clase de materiales principales que entran en su construcción, en *puentes de fábrica*, de *madera*, de *hierro* y *mixtos*, dándose esta última denominación cuando están formadas unas partes con materiales de distinta naturaleza que las demás.

También se dividen los puentes, desde el punto de vista de su construcción, en *fixos*, *movibles*, *flotantes* y *volantes*. En los primeros, como su nombre lo indica, no hay parte alguna que cambie de posición y pueden ser de *piedra*, *hormigón* ó *ladrillo*, de *madera*, de *hierro* y *mixtos*. Los movibles son los que por circunstancias particulares y en momentos determinados establecen ó interrumpen la comunicación, subdividiéndose en puentes *giratorios*, *corredizos* 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 dirección 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 varias vigas destinadas á entrelazarlos, y encima de estas 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 según suban ó bajen las aguas. Por último, los puentes volantes, como los anteriores, establecen un paso más ó menos duradero y estable, y consisten en dos barcas unidas por un tablero, ó una balsa que navega de una orilla á la opuesta, sirviéndole de guía una cuerda ó cable tendido á cierta altura á través del río 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 dirección conveniente el timón, la misma corriente del agua la hará correr de una orilla á otra.

Según 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, de un valle, ó sobre terrenos irregulares, dejando libre la comunicación inferior de un lado á otro de la obra; y los segundos sirven para conducir el agua de un canal desde una margen á la opuesta de un barranco ó depresión 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 examen general de los que con más frecuencia tienen aplicación en los casos ordinarios de la práctica. Estos son los puentes fijos construídos de fábrica ó de madera.

(1) Se emplean los puentes movibles cuando hay que salvar un río ó un canal navegables y la altura de la obra no es suficiente para que puedan pasar por debajo los barcos. La parte movable es siempre un tablero más ó menos 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 reúnen en el centro de este ancho al cerrar el paso inferior.

ARTICULO PRIMERO

PUENTES DE FÁBRICA

239. **Descripción 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. 220), sobre los que descansan dos arcos contiguos, son las *pilas*, y los extremos *EE*, en que concluye la obra, se llaman *estribos*. (212). Si una pila tiene bastante grueso para que pueda hacer las veces de estribo, se la denomina *pila-estribo*. El terraplén que insiste sobre el puente y sostiene la vía superior, se le contiene por dos muretes paralelos, situados sobre las cabezas de los arcos inmediatos y que reciben el nombre de *timpanos*; y encima de estos se construyen otros dos muretes llamados *pretiles*, que limitan lateralmente la vía y proporcionan la seguridad necesaria para el paso.

En la construcción de un puente se deben considerar: 1.º su situación; 2.º su desagüe; 3.º las pilas y estribos; 4.º los arcos; y 5.º las obras accesorias.

* 240. **Situación y ancho.**—Siempre que sea posible, se debe situar un puente en dirección normal á la corriente de agua que salve, y elegir un punto en que las márgenes sean bastante elevadas y el río se encuentre bien encauzado. La posición oblicua exige la construcción de bóvedas en esviaje, que llevan consigo mayores dificultades y gastos que las rectas, como se ha visto más arriba (227). Cuando las márgenes son muy tendidas hay que formar terraplenes más ó menos largos y elevados para alcanzar la altura que deba tener el puente, lo que implica un aumento de gasto, á veces considerable.

El ancho de los puentes depende del número de personas y vehículos que han de transitar por ellos. En una ciudad

debe ser generalmente este ancho igual por lo menos al de las calles que enlazan; pero en el campo deben permitir, como límite inferior, que se crucen dos carruajes, lo que exige unos 5 m., y aceras ó paseos laterales de 1 m. próximamente.

*241. **Desagüe.**—La determinación del desagüe de un puente es de la mayor importancia; pues si por una parte debe ser bastante grande para dar paso á las aguas en las crecidas, sin que degraden el lecho del río y comprometan la solidez de la construcción, por otra no debe ser excesiva, porque se formarían en el lecho aterramientos ó depósitos de los arrastres, que consolidados por la vegetación, podrían desviar la corriente de su dirección, chocando oblicuamente á los apoyos hasta socavarlos y destruirlos. A este fin, es necesario aforar la corriente ó conocer el volumen que lleva en las bajas, medias y altas aguas.

Para esto se elige un trozo de la corriente de 200 á 400 m. de longitud, cuya sección sea próximamente constante y la pendiente uniforme. Se determina por una nivelación su sección transversal y el perímetro mojado de la misma, y dividiendo el área de la sección mojada por este perímetro, se tiene el radio medio, llamado *R*. Por una nivelación longitudinal se tiene el desnivel total del trozo de corriente elegido, y dividiendo este desnivel por la longitud en el centro de la corriente, se tiene la pendiente ó inclinación por metro, llamada *I*.

Sustituyendo estos valores en la ecuación

$$\frac{RI}{v^2} = \alpha + \frac{\epsilon}{R}$$

se puede deducir la velocidad *v* por 1 segundo, que multiplicada por la sección transversal da el volumen de agua pasado en dicho tiempo. Las cantidades α y ϵ varían con el estado de mayor ó menor lisura de la superficie mojada, y la fórmula anterior toma, según la naturaleza del lecho, los valores que aparecen en el siguiente cuadro:

1.º Paredes y fondo muy lisos (cemento alisado, madera bien cepillada, etc.).....	} $\frac{RI}{v^2} = 0,00015 \left(1 + \frac{0,03}{K} \right)$

2.º Idem, íd. lisos (sillería, ladrillos, tablas, cemento con arena, etc.).....	} $\frac{RI}{v^2} = 0,00019 \left(1 + \frac{0,07}{R} \right)$
3.º Idem íd. poco lisos (mampos-terías, etc.).....	
4.º Idem íd. de tierra.....	} $\frac{RI}{v^2} = 0,00028 \left(1 + \frac{1,25}{R} \right)$

Si la sección de la corriente de agua no es constante en el trozo elegido, se determinan varios perfiles transversales de la misma, y dividiendo la suma de sus áreas por su número, se tiene la sección media; de igual modo se tiene la media de los perímetros mojados, siguiendo después la marcha como en el caso anterior.

También se puede aforar un río y determinar la velocidad máxima en la superficie, echando en el centro de esta un flotador cilíndrico, que casi se cubra con el agua, á cuyo objeto se hace de encina ó mejor de corcho con un pedazo de plomo como lastre. Se cuenta con un reloj de segundos el tiempo que invierte el flotador en recorrer la distancia elegida, y dividiendo esta distancia por el tiempo, se tiene la velocidad buscada. Se debe repetir esta operación 8 ó 10 veces y tomar la media de los resultados obtenidos, cuidando de echar el flotador bastante por encima del punto en que se empieza á contar el tiempo.

Conocida la velocidad máxima en la superficie, llamada *V*, se tiene la media de la sección, ó *v* de la corriente por las relaciones.

$$v = \begin{cases} 0,70 V \\ 0,75 V \end{cases}$$

Una vez verificado el aforo en las aguas bajas, se deduce para el puente un desagüe que no permita los aterramientos; haciendo otro tanto en las grandes crecidas se determina el desagüe de modo que se impidan las erosiones del fondo y el aforo en las aguas medias da el régimen ordinario. Con este objeto se distribuye la separación y altura que deberán tener las pilas y estribos del puente.

Llamando *U* la velocidad en el fondo de una corriente de

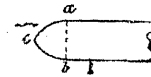
agua y v la media de la sección se tiene que $U = 0,75 v$, y en el cuadro inserto en el número 128 se consignan los valores de U que empiezan á degradar el lecho, según sea la naturaleza de este.

242. Pilas.—La forma más sencilla de las pilas es la de un prisma recto cuya base es un rectángulo ó un paralelogramo; pero solo se emplea esta disposición en puentes construidos sobre agua estancada ó en los viaductos. 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 encima 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 semipirámides, semiconos ó parte de esfera para que se enlacen con los tímpanos, recibiendo estas terminaciones el nombre de *sombreretes*.

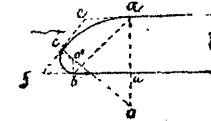
También tienen por objeto los tajamares facilitar el paso del agua, sin que produzca remolinos que pudieran socavar las pilas y ocasionar su ruina; y como estos remolinos se ocasionan lo mismo por la parte de aguas arriba que por la de aguas abajo, de ahí el poner dos tajamares en cada pila. Á consecuencia de los experimentos practicados, se ha deducido que los tajamares que tienen por sección horizontal un triángulo equilátero con dos lados curvos en forma de ojiva, como se ve en proyección horizontal en la fig. 227, eran los preferibles para la marcha del agua, y evitaban más los efectos de los remolinos; pero como el ángulo c se destruye fácilmente por los choques, se prefiere en general la sección semicircular, teniendo por diámetro la recta ab .

Cuando no se cortan á ángulo recto la dirección general del puente y la de la corriente del agua, la base de la pila es un paralelogramo (fig. 228) y el tajamar aparece en sección 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 sus intersecciones con las perpendiculares ao y bo' á



(Fig. 227.)

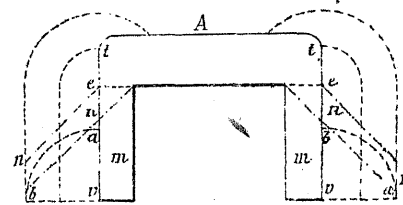


(Fig. 228.)

los paramentos de la pila, darán 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 $1/30$ á $1/15$.

243. Estribos.— Los estribos tienen formas mucho más variables que las pilas y que 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 229.

Á consecuencia del talud natural que toman las tierras situadas detrás del estribo, se extenderían 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



(Fig. 229.)

mayor cuanto más alto fuese el terraplén, 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 m, m paralelos entre sí y generalmente á escuadra con el del estribo, los que comprenden el terraplén hasta cierta distancia, desde la cual no pueda llegar al pie del talud de las tie-

rras 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 extremidad 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 *en*, 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 coronación de estos muros, que pueden ser rectos ó curvos, viene á terminar el talud natural del terraplén que sostiene el estribo.

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 terraplén de la acción erosiva de las aguas en las grandes crecidas, en cuyo caso conviene revestir esta parte del terraplén 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 construcción de los muros en vuelta economiza gran parte del terraplén, 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 tienen menos volumen y su ejecución 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 adopción del sistema más conveniente en cada caso.

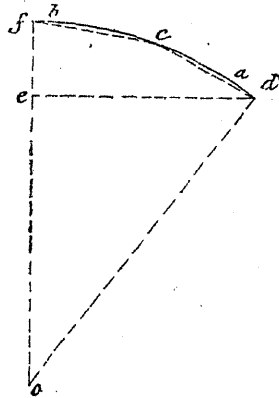
244. **Arcos.**—La disposición y clasificación de los arcos de los puentes es la misma que se expuso al tratar de las bóvedas; pero generalmente no se emplean más que los de medio punto y los rebajados, presentando cada especie cualidades particulares que la hacen preferible en ciertos casos determinados.

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 construcción; pero presentan el inconveniente de obstruir el paso del agua en las crecidas 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 timpanos 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 acababan 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 encima de las aguas en las grandes avenidas, se adoptan con preferencia los arcos rebajados para satisfacer esta doble condición; pero cuando no existen estas circunstancias, puede emplearse el medio punto á causa de su solidez y belleza.

245. **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 reglón ó alambre, como se ha dicho más arriba (213). 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 coordena-

das de varios puntos, tales como acb (fig. 230), haciendo des-



(Fig. 230.)

pués el trazado de los intermedios, á cuyo objeto se emplea una plantilla que conste de dos brazos formando el ángulo inscripto acb ; y apoyando los bordes de estos brazos sobre los puntos a y b , el vértice c irá describiendo el arco.

Para obtener estas coordenadas se inserta en el Apéndice II, un cuadro de las abscisas y ordenadas de un cuadrante de circunferencia, cuyos valores están referidos al radio que se toma por unidad.

En la práctica, no se suele conocer en los arcos escarznos más que la luz y la flecha, y es necesario determinar el radio con objeto de poder verificar su trazado, ó fijar al menos 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 radio buscado del arco, l la mitad de su luz y f su flecha, y sustituyendo en la ecuación anterior estos valores, resulta

$$R^2 = l^2 + (R - f)^2,$$

y despejando se tiene

$$R = \frac{l^2 + f^2}{2f}$$

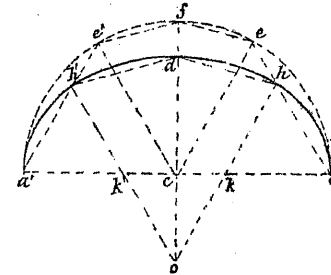
obteniéndose así la relación que liga el radio con la luz y la flecha. Cuando se quiere conocer la longitud de un arco de circunferencia comprendido por dos radios que forman un ángulo dado, se puede hacer uso del cuadro inserto en el APÉNDICE III.

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 condición 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 estas condiciones. En todos los casos se adopta un número *impar* de arcos de círculo, para que la curva resulte simétrica con relación 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 indeterminación que existe cuando sólo se llenan las condiciones anteriormente expuestas, se establecen otras, siendo la más frecuente que los radios 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 radios forman entre sí ángulos de $\frac{180}{3} = 60^\circ$; $\frac{180}{5} = 36^\circ$; $\frac{180}{7} = 25^\circ 7' 14$. Además, los radios deben ir creciendo desde los arranques, de la manera más regular posible.

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. 231) como diámetro, la que se divide en tres partes iguales;



(Fig. 231.)

se divide en tres partes iguales; trazando después los radios ce ce' , se tiran las cuerdas ae , ef , fe' y $a'e'$, y por el extremo d de la flecha se trazan las dh dh' , paralelas respectivamente á las fe y fe' ; y las líneas ho y $h'o$ paralelas á su vez á ce y ce' , determinan los tres centros k , o y k' . Como se encuentran en el mismo radio los centros

de dos arcos consecutivos, estos son tangentes entre sí, llenando además las otras condiciones indicadas anteriormente.

Cuando la flecha del carpanel sea menor que $\frac{1}{8}$ 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 radios de los arcos contiguos; y en tal caso se adoptan arcos de más centros, cuyo número aumenta á medida que disminuye la flecha con relación á la luz.

Con arreglo á las bases precedentemente expuestas para trazar esta clase de curvas, se ha calculado el siguiente cuadro, que da los valores de los radios para las diversas dimensiones de las flechas, expresándose estos valores en función de la luz que se toma por unidad.

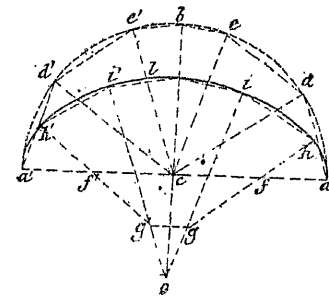
CARPANELS de 5 centros.		CARPANELS de 7 centros.			CARPANELS De 9 centros.			
Flecha.	Primer radio.	Flecha.	Primer radio.	Segundo idem.	Flecha.	Primer radio.	Segundo idem.	Tercer idem.
0,36	0,278	0,33	0,228	0,315	0,25	0,130	0,171	0,289
0,35	0,265	0,32	0,216	0,302	0,24	0,120	0,159	0,278
0,34	0,252	0,31	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	0,163	0,249	0,20	0,083	0,114	0,222
0,30	0,198	0,27	0,156	0,236				
		0,26	0,145	0,224				
		0,25	0,133	0,210				

Para trazar el carpanel de 5 centros, se observa la siguiente marcha: después de haber trazado los radios cd , ce , ce' y cd' (figura 232) que dividen la circunferencia aba' en cinco partes iguales, y las cuerdas ad , de , eb , etc., se toma el primer radio af igual al valor consignado en el cuadro precedente, y se traza primero gh paralela á cd , y después el arco ah cuyo centro es f . Trazando después hi y li paralelas respectivamente á de y be y luego la io paralela á ce , se obtiene el segundo centro g y el tercero o por su intersección con las gh y bc . Lo mismo se traza la parte situada al otro lado de cb , ó se puede empezar por el radio oi' por conocerse el punto o .

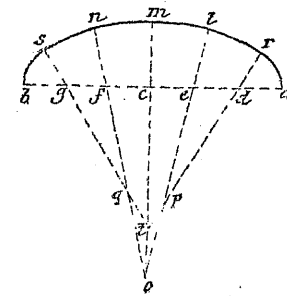
El trazado de un carpanel de 7 centros, se verifica de una

manera semejante, tomando af igual al primer radio del cuadro y tirando luego hg paralela al primer radio divisor cd ; después se toma gh igual al segundo radio de los consignados en el cuadro, y se traza desde g una paralela al segundo radio divisor ce , determinando, por último, los centros tercero y cuarto de la misma manera que los segundo y tercero g y o 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 carpanteles 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 radios de curvatura sucesivos tan próximos como se quiera; esto es, con un número cualquiera de centros, de una manera completamente práctica y sin ningún cálculo. Para esto se divide la luz ab (fig. 233) en varias partes igua-



(Fig. 232.)



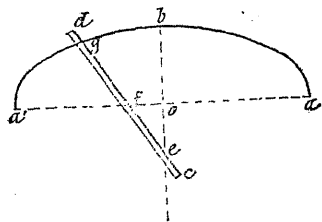
(Fig. 233.)

les, seis por ejemplo, $ad=de=ec$, etc.; por los puntos de división extremos d , g , se trazan las líneas rdt y sgi que forman ángulos de 60° con la horizontal y que se cortan en un punto t sobre el eje vertical, después 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 división 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.

Si se desea modificar la altura á que resulta el punto m , pueden modificarse el ángulo de 60° del primer radio y la distancia to , que se hará mayor ó menor que una de las divisiones de la luz, á fin de que los radios aumenten de una manera regular.

En muchos puentes de importancia construídos desde principios de este siglo, se adopta la elipse para directriz del intradós, y á veces también 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. 234) es la luz del puente ó



(Fig. 234.)

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. Dando después á la regla diferentes posiciones, de manera que el punto e se halle siempre en la recta bo 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 quiera, pudiéndola trazar con toda la exactitud deseable en la práctica.

246. Generalidades sobre los arcos.—Una vez trazada la curva directriz del arco, y construído éste como se ha dicho al tratar de las bóvedas, se procede al descimbramiento tomando todas las precauciones expuestas al hablar de esta operación. Hecho esto, se construyen las chapas ó contrarrosas, como también se ha indicado en otro lugar, dejando siempre

los desagües necesarios para que el agua de lluvia no pueda perjudicar á la fábrica de los arcos.

En los puentes que tienen bastante número de arcos, se puede verificar la construcción 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 más 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 construcción, hasta cerrar el primer arco cuando el segundo llegue á más de la mitad de su ejecución, y el tercero esté á menos de la mitad. Hecho esto, se quita la cimbra del arco concluído, y se monta en el cuarto claro, continuando después como se acaba de indicar hasta la terminación completa de la obra. Este procedimiento reduce el número de cimbras á tres; pero exige un gran esmero y cuidado en la ejecución 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.

247. Tímpanos, impostas y pretilos.—Ya se ha dicho (239) 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 después de descimbrado el arco y cuando haya hecho todo su asiento; y el espacio que comprenden cada dos tímpanos correspondientes, ó que están sobre el mismo apoyo, se rellena de ordinario hasta cierta altura con fábrica más ó menos esmerada, cubriendo el trasdós de los arcos y la cara superior de esta fábrica con la capa continua perfectamente alisada de la contrarrosca, para impedir el paso de las filtraciones superiores. Encima de esta capa se suele echar tierra que se apisona perfectamente, ó piedras de deshecho, hasta alcanzar el nivel que debe tener la obra, que por punto general excede 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 serie 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 bovedillas 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 dirección perpendicular á los tímpanos, terminando en éstos las cabezas de las bovedillas que se forman sobre los primeros.

El objeto de estos aligeramientos, llamados *bóvedas de descarga*, es que el terraplén ó la fábrica llena no cargue inútilmente al puente en los riñones; y cuando se ha terminado su ejecución, se pasa á construir la contrarrosca que cubrirá los aligeramientos y la parte superior de los arcos, formando una capa continua y tomando todas las precauciones enumeradas al tratar de esto en las bóvedas: por último, se colocan y rejuntan bien los mechinales que atraviesan los arcos y desaguan hacia 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 según una dirección horizontal ó con inclinaciones muy pequeñas, la cual sirve de base al pretil. Este pretil es por regla general un murete de fábrica de altura constante, terminando por sus extremos laterales en dos partes más resistentes que el centro, llamadas *pilastrones*, y su coronación se refuerza también 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 exceder de un metro.

248. Replanteo.—Como la base sobre que descansan los puentes está reducida, por lo que ya se ha visto, á una serie de muros paralelos que forman las pilas y estribos, no hay más que verificar el replanteo de estos muros como se ha dicho en otro lugar (200), cuidando con el mayor esmero de que

sus puntos centrales se encuentren en el eje longitudinal del puente y á las distancias que les corresponda, según 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 la inclinación conveniente si ha de ser oblicuo; apoyándose 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 tensión 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 dirección de este eje, levantando después 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 ataguía, si se apela á este medio de construcción, ó proceder desde luego á ejecutar las fundaciones adoptadas.

Una vez terminadas éstas, se verifica de nuevo otro replanteo para fijar la posición de los 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 posición completamente central respecto á la fundación; pero las pequeñas desviaciones que resultan no afectan de una manera sensible á la resistencia de la obra, y en cambio se consigue 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 para la regularidad y resistencia de la construcción. En el caso de que el caudal de agua sea poco considerable, se simplifican como es natural, las operaciones del replanteo.

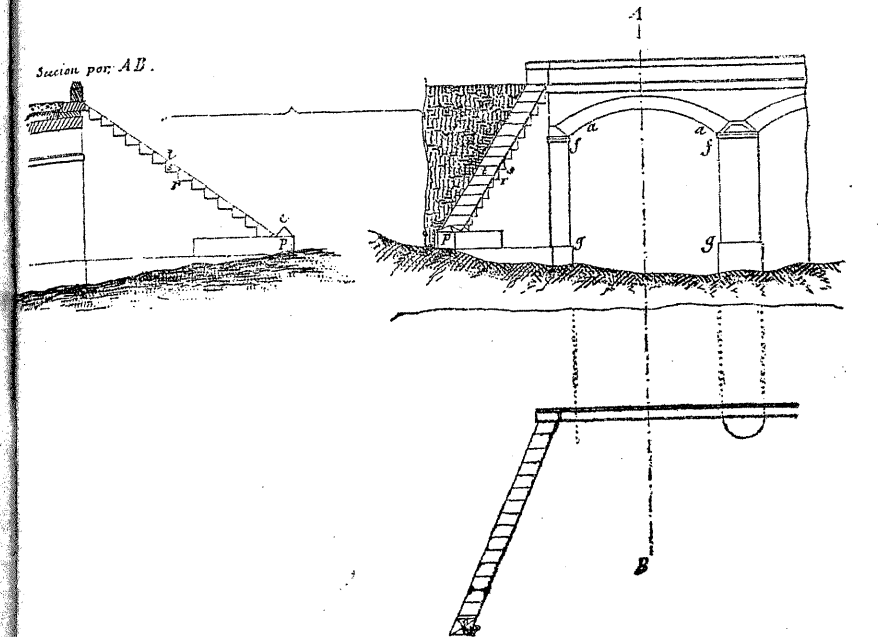
249. Detalles de construcción.—Construidas las fundaciones, que por regla general son de carretales, mamposte-

rias hidráulicas ó de hormigón, ejecutadas con esmero, se pasa á colocar los zócalos que en los paramentos son de silliería, rellenándose su interior con buena mampostería ó ladrillo. El paramento de las pilas ó estribos puede ser de silliería, mampostería ó ladrillo, é interiormente se emplean las dos últimas fábricas según sean las condiciones de la localidad; pero cualquiera que sea el material que se use, es necesario reforzar los ángulos salientes y todas las demás partes expuestas al choque directo de las aguas, empleando cadenas de silliería 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 silliería ó sillarejo, á fin de regularizar los asientos de la obra; y por último, se terminan superiormente todos los apoyos con una hilada de silliería en forma de cornisa, de poca altura y alguna saliente, que recibe el nombre de *impostilla de arranques*.

En la construcción de los muros en ala y en vuelta, y no obstante estar menos expuestos á las acciones erosivas de las aguas, se emplean los mismos materiales que en las pilas y estribos, estableciendo el zócalo con materiales de elección, y coronando el cuerpo del muro con silliería, losetas ó ladrillos puestos á sardinel. La coronación ó albardilla de los muros en ala, puede prolongarse inferiormente hasta su encuentro con la fundación: pero en las obras de importancia se reemplaza esta parte inferior con un pedestal *pp'* de ladrillo ó silliería, según se ve en tres proyecciones en la fig. 235, descansando sobre el zócalo del muro en ala, y terminando por la parte superior con una coronación *cc*, generalmente de forma piramidal, que deberá combinarse con la albardilla del muro. Esta es por lo general de silliería, 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 extremadamente 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 principal. Por estas razones se adopta para coronar los muros en ala de las obras de menor importancia, co-



(Fig 235.)

mo tageas y alcantarillas, losas de espesor conveniente, asentadas y unidas con buen mortero, y de esta manera se llena por completo la condición de economía sin perjudicar á la de solidez.

Al tratar de las bóvedas se han examinado los distintos materiales que pueden entrar en su composición, 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 éstos, nace siempre en la prolongación *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 5 á 8 *cm.* 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 coronación de los muros, tiene por objeto desprender las aguas pluviales, no permita que éstas tropiecen con las cabezas de los arcos al caer verticalmente ó con pequeña inclinación.

El cuerpo del pretil se forma con sillería, mampostería ó ladrillo, adoptando en general la misma fábrica que para los tímpanos; y los pilastrones en que termina así como la albardilla se construyen con materiales de elección, como la sillería, las losetas ó el ladrillo, cuidando de poner éste á sardinel 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 depende principalmente del gusto y práctica del constructor.

250. **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, 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

más espedito; pero tiene, sin embargo, el inconveniente de tenerse que 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 encima 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.

ARTICULO II

PUENTES DE MADERA

251. **Preliminares.**—De algunos años á esta parte ha disminuido extraordinariamente la importancia de los puentes de madera, no solo por el constante aumento de precio del material, si que también por su corta duración, sobre todo en climas como el nuestro, en que tan rápidas y frecuentes son las alternativas de humedad y sequedad. Por esta razón puede decirse que en el día solo 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 ejecución de la obra, restableciendo en breve tiempo en una obra ó vía pública el paso interrumpido por un accidente cualquiera. En los puentes destinados á presentar un carácter de obra definitiva y una gran duración, no se emplean actualmente más materiales que la piedra natural ó artificial y el hierro ó el acero.

Aunque los puentes de madera han afectado formas muy diversas, únicamente se suelen construir en el día los que presentan la disposición más sencilla, á causa de las razones que se acaban de exponer, y por lo tanto nos limitaremos aquí á examinar los que se conocen con el nombre de *puentes de largueros*.

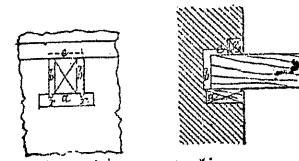
152. **Disposición general.**—Los apoyos sobre que descansan los puentes de madera pueden ser pilas ó estribos de fábrica, como los descritos anteriormente, ó bien entramados verticales de madera, recibiendo en este caso el nombre de *palizadas* ó *cepas* los apoyos intermedios, y conservando el de *estribos* los que forman los extremos del puente. De un apoyo á otro se establece cierto número de largueros en posición horizontal y paralelos entre sí, que sirven de base al *tablero* ó *piso* del puente, sobre el cual tiene lugar el tránsito público, que se limita por uno y otro lado con *antepechos* ó *barandillas*. Cada porción 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 construcción, si bien en algunos casos se reduce algo la luz de los tramos extremos.

La forma y disposición de los puentes de madera pueden variar mucho, como se ha dicho; pero siendo la indicada la única que tiene aplicación frecuente en la actualidad, detallaremos algo más cada una de las partes que entran en su composición.

253. **Pilas y estribos de fábrica.**—Cuando en la construcción de los puentes de madera se emplean pilas y estribos de fábrica, se ejecutan estos del mismo modo que se ha expuesto en el artículo anterior, y solo hay que cuidar de disponer en su coronación, 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 conservación.

Los extremos de los largueros entran en la fábrica de los apoyos de 30 á 40 *cm.*, descansando directamente sobre la sillería de la coronación, ó si esta no fuera de este material, sobre una carrera de madera ó loseta de piedra *a* (fig. 236).



(Fig. 236)

bien empotrada en la fábrica, Como es conveniente que pueda circular el aire, no obstante la preparación que siempre se debe dar de antemano á la madera para conservarla, se deja á los costados y en la cabeza del larguero una pequeña separación

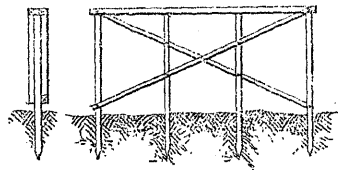
ó hueco *bc*, en cuya parte inferior se puede practicar á cada lado una ranura *rr* que sirva para facilitar la salida del agua y separar del larguero la humedad que pudiera acumularse en la cara inferior del rebajo.

Algunas veces solo 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 caros y de muy 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, según se acaba de decir, para que se conserve lo mejor posible.

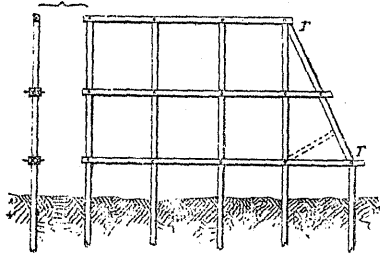
254. **Palizadas.**—La disposición más sencilla para formar una palizada, consiste en establecer una fila de pilotes coronados con una carrera ó un cepo en dirección paralela á la que lleva la corriente; pero este sistema solo se emplea en puentes de poca importancia y de pequeña altura, puesto que la complicación que presentan las palizadas aumenta con una y otra. Ordinariamente se refuerza la disposición anterior por medio de riostras que se colocan á diversas alturas, ya hori-

zontalmente, ó con cierta inclinación, ya formando cruces de San Andrés, como se ve en las figuras 237, 238 y 239.

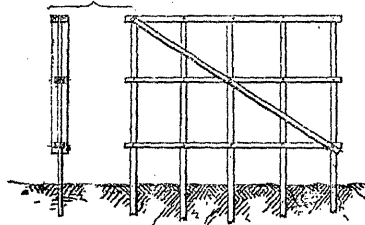
Cualquiera que sea el sistema de colocación que se adopte,



(Fig. 237.)



(Fig. 238.)

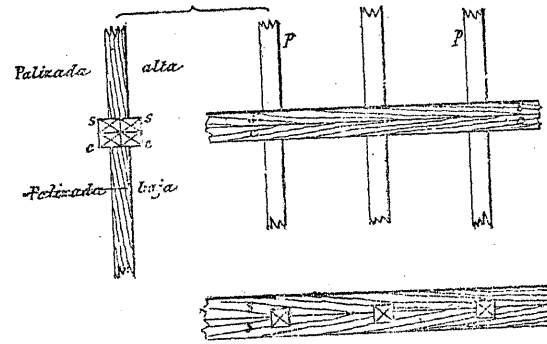


(Fig. 239.)

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 razón 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

está más expuesta 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 reemplazan por postes *pp*, según se ve en tres proyecciones en la fig. 240, los

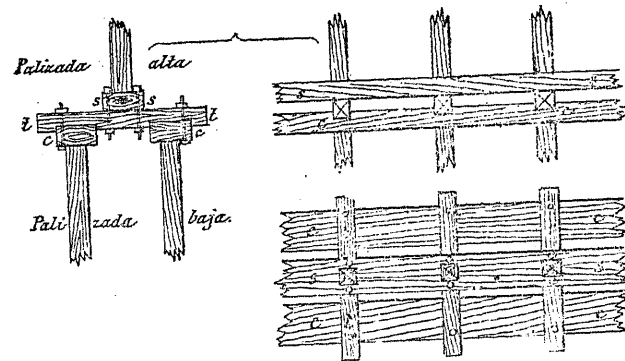
cuales en lugar de hincarse en el suelo se reúnen por su pie por medio de una solera sencilla ó en forma de cepo *ss*, la



(Fig. 240.)

cual se une con cinchos ó pasadores á la carrera *cc* de la palizada baja.

Sucede á veces que un sólo 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 como aparece en tres proyecciones en la fig. 241, compuesta de dos ó más filas de



(Fig. 241.)

pilotes, las cuales distan entre sí cosa de un metro, y después 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 también necesitar ser doble cuando las cargas superiores sean muy considerables, y entonces se disponen las palizadas altas sobre las bajas, sujetando unas y otras entre sí como se acaba de decir y con piezas auxiliares.

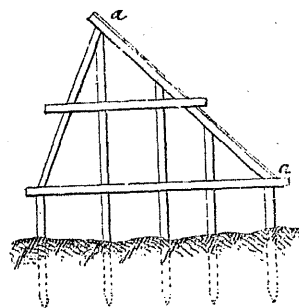
Como en la construcción de todos los puentes de madera se deben evitar en cuanto sea posible las cajas y espigas en las partes que tienen que sufrir grandes esfuerzos, se han adoptado varios medios de unir entre sí las piezas que entran á componer una palizada. Con este objeto se hace que las carreras 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, también se aumenta la resistencia de la construcción 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 ó estribos 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 clavazón, afectando la disposición 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 también 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 mismo oficio que los tajamares en los puentes de fábrica. Solo hacen falta en la parte de aguas arriba, y los más sencillos para palizadas de un solo entramado consisten en una pieza inclinada *rr* (fig. 238), que se puede reforzar como convenga según 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

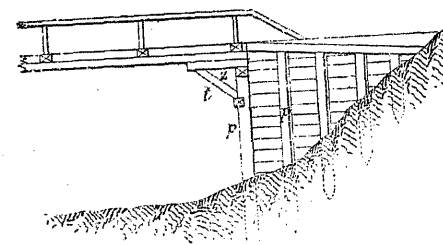
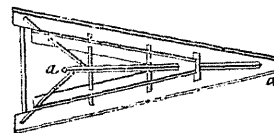
manera que se encuentren según la pieza inclinada *aa*, como aparece en dos proyecciones en la fig. 242.

Aunque por lo regular se deben construir los rompe-hielos de manera que formen parte integrante de las palizadas, se los hace algunas, aunque raras veces, independientemente de éstas, debiendo entonces presentar por sí mismos bastante resistencia para que no los destruya el choque de los cuerpos flotantes que arrastre el agua.

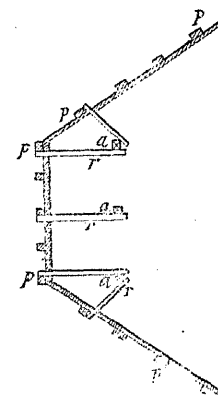
*255. **Estribos.**—Los estribos de madera, según se ve en alzado (fig. 243) y en planta (fig. 244), se componen por lo re-



(Fig. 242.)



(Fig. 243.)

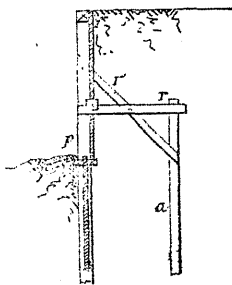


(Fig. 244.)

gular de una fila de pilotes *ppp*, que se hincan al rechazo, y se

encepan 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 tablonces horizontales puestos de canto, que se colocan por el interior del estribo, y solo 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 solo refieren los empujes del terraplén 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 hacia la corriente, ó por lo menos inclinándolos en esta dirección. Este efecto se neutraliza por medio de pilotes de amarra *aaa*, según se ve en proyección horizontal y vertical en las figs. 244 y 245, situados á cierta distancia en el interior del estribo, los cuales se unen con los del paramento ó contornó 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'* (fig. 245), que se sujeta perfectamente por sus extremos á los pilotes y por su centro á la riostra *r*, constituyendo un sistema triangular invariable.



(Fig. 245.)

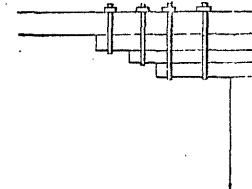
Como los tablonces del revestimiento interior se colocan de canto unos sobre otros, nunca ajustan lo bastante para impedir que las aguas pasen por las juntas é impregnen las tierras que forman el estribo, por cuya razón se deben colocar *faginas*, como se dirá más adelante (272), piedras partidas, ó gravas, detrás de los tablonces, 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 consideración 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 separación de los primeros, haciéndolos solidarios y contribuyendo á una distribución igual de las cargas superiores. También se forman filas de pilotes *en ala* con más ó menos oblicuidad y revestidas como el resto del estribo, que sirven para contener lateralmente el terraplén de una manera análoga á la expuesta al tratar de los puentes de fábrica.

Algunas veces se inclinan las paredes de los estribos de madera, disminuyéndose por esta disposición 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 sección de desagüe, por cuya causa se emplea poco en la práctica.

256. **Tramos.**— Aunque la disposición de los tramos puede variar de muchas maneras, solo se tratará aquí de la que tiene una aplicación 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 en una vía de comunicación un paso interrumpido por una causa cualquiera.

Esta disposición, que se conoce con el nombre de sistema de *largueros*, consiste en la colocación de cierto número de vigas colocadas desde 1,5 á 3 m. unas de otras, paralelas entre sí y al eje longitudinal del puente. Cuando los tramos no tienen más que 4 ó 5 m. 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 m. se refuerzan las vigas, ya sea estableciendo sobre los apoyos una ó varias zapatas sobrepuestas (fig. 246), ya colocando zapatas *z* y jabalcones *t* (fig. 247), ya poniendo solamente estos últimos (1). Si la distancia que separa

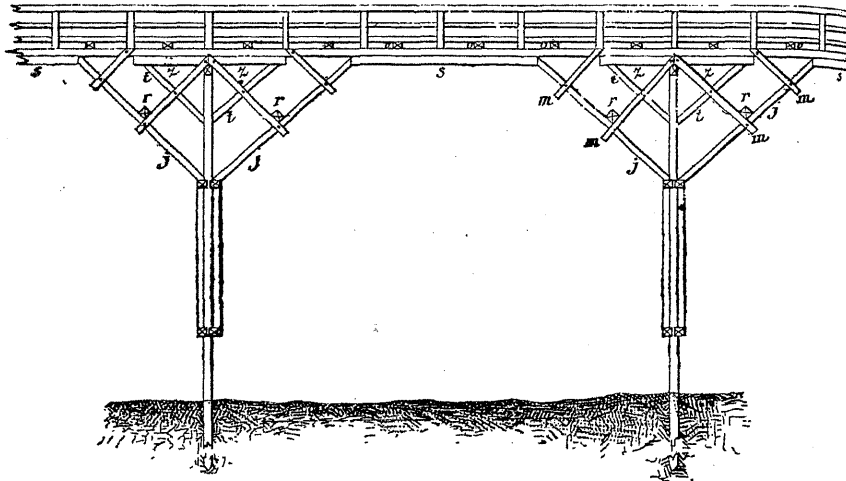


(Fig. 246.)

(1) Debe evitarse, siempre que sea posible, ensamblar directamente los jabalcones con los largueros, porque estos se debilitan en la unión. Esta es la causa de emplear en general las zapatas con los jabalcones.

los apoyos es de 8 á 11 *m.* se consolidan los largueros en su parte central con una sopanda *s*, que descansa sobre los jabalcones *jj*, cuyos pies se fijan á los apoyos.

Rara vez se pueden hallar piezas de madera de esta longitud, y ya se ha visto (98) 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. 247). Si



(Fig. 247.)

bien esta disposición hace cargar sobre los jabalcones que sostienen la sopanda una gran parte del peso del tramo, 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*, y que se unen superiormente á los largueros ó zapatas.

También se puede emplear el sistema de sopandas y jabalcones cuando la luz del tramo pase de 11 *m.*; pero en este caso hay que reforzar las zapatas que descansan sobre los apoyos, empleando jabalcones, los cuales se ligan á los 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 *m.* Cuando las dimensiones transversales de las piezas son pequeñas para resistir 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 perfectamente 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 menos complicado, y todos los cuchillos que entran en la formación de un tramo se ligan entre sí por medio de riostras horizontales *rr*, que aparecen en la figura según sus cabezas, análogamente á lo dicho al tratar de las cimbras, y colocadas en dirección perpendicular al eje longitudinal del puente. En los tramos que tienen más de 10 ó 12 *m.* 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 dirección paralela á las riostras horizontales, que es el caso más frecuente en la práctica, y otras oblicuamente, de modo que su proyección horizontal forme una red triangular, lo que contribuye eficazmente á la invariabilidad de posición de todos los cuchillos que entran á formar la obra.

257. **Piso.**—Cuando los largueros ó los cuchillos del puente no distan entre sí más de 1,50 *m.*, se forma el piso clavando inmediatamente sobre los largueros una capa de tablones de 10 á 12 *cm.*, de espesor, que están en contacto lateral. Si se ha de colocar sobre el piso del puente un firme de piedra partida, como sucede algunas veces cuando la obra se destina á un camino, se cubre este piso con una capa de arena de unos 15 *cm.* 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 fig. 248, que representa la sección transversal de la parte superior de un puente de madera, y encima se coloca el firme como de ordinario; pero esta disposición ocasiona una gran carga sobre el

puente, y la humedad que se filtra á través del firme tiende á podrir rápidamente el entablado inferior y lateral, así como



(Fig. 248.)

los largueros sobre que insisten; razones por las que se emplea raras veces, y es poco recomendable.

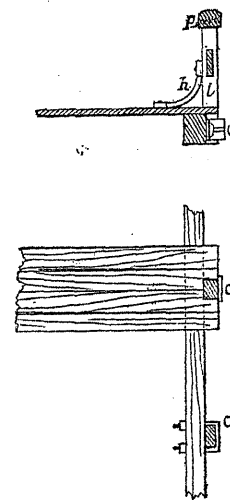
Si el piso no ha de sostener empedrado ó firme de piedra, se cubre la primera capa de tablonos de que se acaba de hablar con otro entablado, que recibe el nombre de *falso piso*. Este tiene de ordinario la mitad de espesor que el entablado inferior ó piso propiamente dicho, y algunas veces ocupa sólo la parte central del puente por donde transitan los carruajes: siempre se le construye con tablas de menos valor que las del piso, y se le renueva antes de que se desgaste demasiado, para que deje de preservar al piso inferior, el que de esta manera no tiene que sufrir la acción destructiva del tránsito. Los tablonos del falso piso se pueden poner cruzándose á ángulo recto con los inferiores ó paralelamente, cubriendo las juntas que estos dejan, pero en el caso que actualmente consideramos, es preferible siempre que la madera presente sus fibras transversalmente á la dirección del tránsito, é impida que las caballerías se resbalen, lo que es muy frecuente en tiempos de lluvias cuando las fibras están paralelas al eje longitudinal del puente.

Cuando el intervalo que resulta entre los largueros es mayor de 1,50 m., se colocan encima y en posición transversal con estos, un sistema de viguetas *vv* (fig. 247) llamadas *piezas de puente*, que aparecen según sus cabezas y distan entre sí 2 m., ó aún menos 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 separación entre los largueros. Sobre las piezas de puente se clava después la prime-

ra capa del piso, disponiendo los tablonos que la forman en dirección paralela al eje longitudinal del puente, y si se ha de establecer un falso piso, se clavan los tablonos que le componen á escuadra con los inferiores.

Las piezas de puente, que suelen tener una escuadría de 20 á 25 cm. de lado, presentan por lo regular 1 ó 1,5 m. más de longitud que distancia hay entre los largueros de las cabezas, de manera que puestas en obra resulta en cada lado una saliente de 50 á 75 cm. sobre la cual se ensambla el pie de las pequeñas tornapuntas, que, como se verá á continuación, refuerzan la barandilla.

258. **Barandillas.**—Á uno y otro lado del piso del puente se colocan las barandillas, cuya construcción y forma pueden variar de muchas maneras. Si se clava directamente el entablado sobre los largueros, la barandilla se suele componer de una serie de montantes de 12 á 15 cm. 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 fundición *cc* (fig. 249) y se conservan en

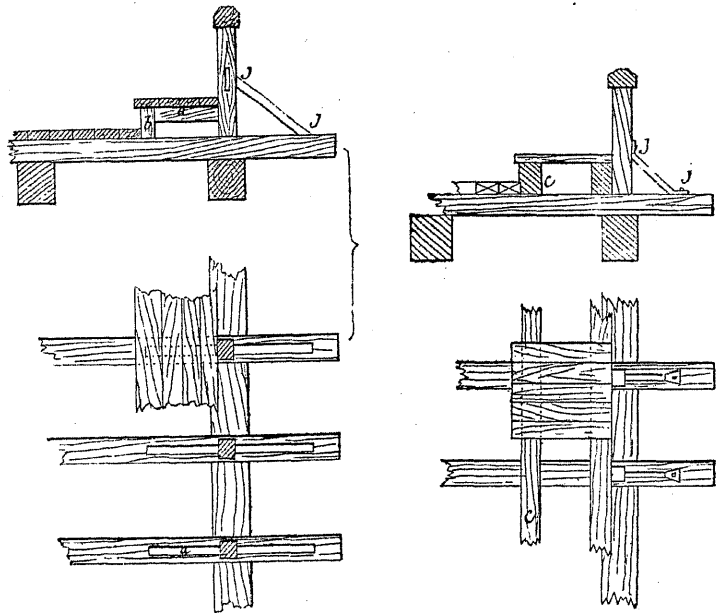


(Fig. 249.)

posición vertical estos montantes por medio de una pletina ó varilla de hierro *h* inclinada hacia 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 disposición presenta el inconveniente respecto á la anterior, de tener que aproximar algo más entre sí los montantes.

Cuando se ponen sobre los largueros las piezas de puente que han de sostener el entablado, como se ha dicho 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 pequeñas tornapuntas *jj*, según se ve en dos proyecciones en las figs. 250 y 251, que pueden ser de madera ó de hierro, las



(Fig. 250.)

(Fig. 251.)

cuales se ensamblan también 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 las tornapuntas puede presentar las dos disposiciones que aparecen en las figs. 248 y 250, siendo preferible

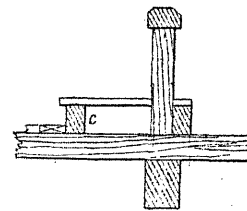
la primera, porque no permite que se deposite ni la lluvia ni la humedad exterior en el fondo de la caja, como sucede con la segunda, evitando así una de las causas más activas de destrucción de la madera cuando se emplea en la construcción de los puentes.

259. **Aceras.**—Cuando ha de tener lugar un tránsito frecuente en los puentes y la separación entre las barandillas es bastante grande, se construyen *aceras* ó paseos con un ancho que varía entre 0,75 á 2 m. y que según sea la importancia del puente, se colocan en un solo lado ó en ambos, siendo esta última solución la que con más frecuencia se adopta en la práctica.

Las *aceras* pueden construirse de diversas maneras. En la representada en la figura 250 forma el piso de la acera una serie 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 del puente.

En las figuras 251 y 252 aparece formada la acera con tablones clavados en el sentido transversal del puente, que descansan sobre dos carreras, las cuales pueden estar hacia el interior de la barandilla (fig. 251), ó bien una en el interior y la otra al exterior (fig. 252); 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 aparecen vistos de frente en la fig. 253, con el objeto de facilitar la salida de las aguas pluviales que caigan sobre el piso, sin cuya precaución se podría rápidamente la madera, lo que también se puede evitar dejando un pequeño intervalo entre las carreras interiores *cc* y el entablado que forma el piso, ó practicando en este una fila de taladros ver-

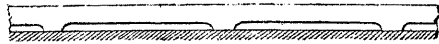


(Fig. 252.)

bre el piso, sin cuya precaución se podría rápidamente la madera, lo que también se puede evitar dejando un pequeño intervalo entre las carreras interiores *cc* y el entablado que forma el piso, ó practicando en este una fila de taladros ver-

ticales. De todos modos, se da á la acera una ligera inclinación hacia el interior, para que las aguas se desprendan y salgan con facilidad.

260. **Generalidades.**—Toda la madera empleada en la construcción de esta clase de puentes, debe ser bien sana y



(Fig. 253.)

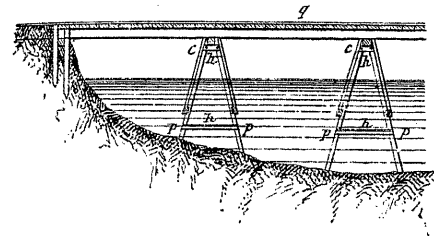
estar perfectamente curada, sin cuyo requisito experimentaría alabeos y deformaciones que podrían comprometer la existencia de la obra, como se ve en algunos casos, en que se ha prescindido de esta precaución; y con el mismo objeto se deberán hacer con sumo esmero los ensamblajes que sean indispensables, para que las cargas y demás fuerzas exteriores no alteren la situación 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 reparar de cuando en cuando su estado, para que siempre llenen la condición esencial de la solidez.

Todas las piezas que entran á formar los puentes de madera, deben preservarse con brea ú otra substancia á propósito (96) desde el momento que se ejecuta la obra; pero conviene cubrir únicamente las caras expuestas á la acción 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. Asimismo conviene embrear todas las cajas y espigas á medida que se va levantando la construcción, y en general hacerlo también 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.

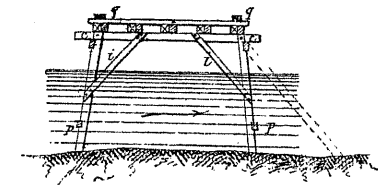
261. **Puentes provisionales.**—Cuando á través de un río, cuya profundidad no pase de 2 m. hay que establecer un paso provisional, ya sea para no interrumpir el tránsito, ya para el transporte de los materiales que han de entrar á formar una

obra definitiva, se apela á la construcción de un puente de madera que se pueda levantar rápidamente y que presente gran solidez, el cual recibe el nombre de *ponte sobre caballetes*, cuya disposición general aparece en alzado en la fig. 254.

En la construcción de los caballetes solo se adoptan ensamblajes de entalladuras sencillas, por la facilidad en su ejecución y la solidez que proporcionan, poniendo en todos los puntos de unión pasadores de hierro bien sujetos, ó en su defecto clavazón ó cabillas de madera dura y seca. Un caballete consta de cuatro pies oblicuos *pp* (fig. 254 y 255), que supe-



(Fig. 254.)



(Fig. 255.)

riormente 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 pies con arreglo á la profundidad que tenga el río 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 le corresponda. Cuando se han construido todos los caballetes, se los conduce flotando ó en botes á los puntos que deben ocupar.

Á 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 clavazón 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 solamente 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 255, que hace las veces de rompe-hielos.

ARTICULO III

PONTONES, ALCANTARILLAS Y TAGEAS

262. **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 en 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 expuestos 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 gasto innecesario en cada una de estas últimas influye notablemente en el costo total, por repetirse un gran número de veces.

263. **Pontones.**—Cuando la luz de un puente está comprendida entre 3 y 6 *m.*, recibe el nombre de pontón; 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 expuesto 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 elevación de la obra, y ejecutándose con materiales de

elección y resistentes. Por regla general consta de una ó más hiladas, y abraza una altura de 30 á 80 *cm.* próximamente. La coronación de los muros en ala se construye de preferencia con losetas ó ladrillos á sardinel, de dimensiones apropiadas á la magnitud del pontón, no obstante de hacerse algunas veces uso de la sillería, como ya se tiene dicho, y por último, se subordina también á la importancia de la construcción la altura de los pretiles, altura que crece por lo regular á medida que aumenta la elevación total de la obra, pero que rara vez excede de un metro ó poco más.

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 coronación de éstos y de los pretiles. Si por circunstancias de la localidad resultase á un precio excesivo la piedra labrada, ó no existiera, se podrán construir con fábrica de ladrillo los aristones y aristas, así como también las coronaciones de muros y pretiles, ó toda la obra. En un gran número de casos conviene suprimir la impostilla de arranques, fajas y cadenas que no sean indispensables para la estabilidad de la construcción; 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.

264. **Alcantarillas.**—En el caso de que la luz de la obra se encuentre comprendida entre 1 y 3 *m.*, se le da el nombre de alcantarilla.

Las mismas consideraciones que se acaban de exponer 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 solo en los aristones de las bóvedas, aristas de los estribos y algún otro punto expuesto á la acción directa de la corriente del agua ó de algún 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 menos 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 lluvias corren en las crecidas extraordinarias con una gran velocidad, y podrían degradar los zócalos si careciesen de la resistencia conveniente.

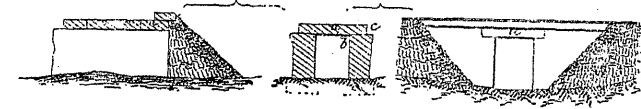
265. **Tageas.**—Reciben esta denominación las obras de fábrica cuya luz no pasa de un metro y que puede reducirse hasta 50 *cm.*

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 expuesto anteriormente.

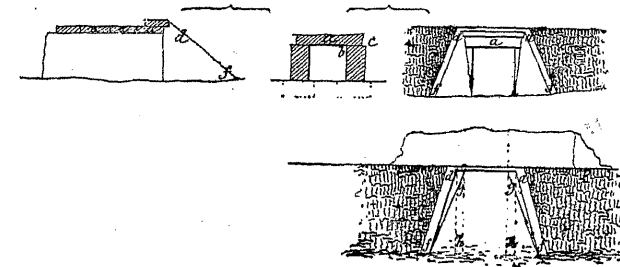
Si la luz de la tagea no excede de 75 *cm.* se puede simplificar su construcción adoptando formas muy sencillas, que reduzcan lo más posible el costo de la obra. Con este objeto, y siempre que la localidad proporcione sin grandes gastos piedras de dimensiones convenientes, se puede sustituir la bóveda que forma el arco de la tagea por varios sillares *aa* (figs. 256 y 257) 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 20 á 25 *cm.* 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*.

También se puede adoptar en las tageas de poca luz una disposición 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* en prolongación *gh* de los estribos, como se ve en proyección horizontal

en la fig. 257, evitándose de esta manera las cadenas que forman las aristas de dichos ángulos y simplificando la construc-



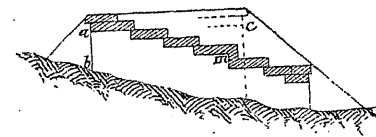
(Fig. 256.)



(Fig. 257.)

ción, lo que disminuye notablemente el importe ó coste de la obra.

Sucede con mucha frecuencia que el punto en que se tiene necesidad de establecer una tagea presenta una fuerte inclinación transversal (fig. 258); y si en tal caso se terminase su-



(Fig. 258.)

periormente la obra con una bóveda ó tapas horizontales, como se ha supuesto hasta aquí, resultaría el claro con una altura en *c*, por el lado del desagüe de la corriente,

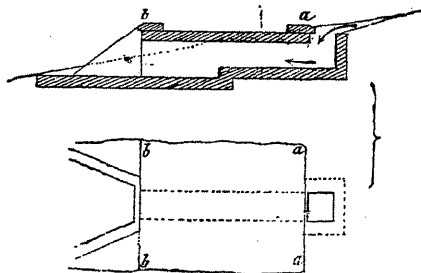
mucho mayor que la *ab* por el lado opuesto. Con el objeto de economizar la altura de los estribos, que no es necesaria para el desagüe de la obra, se reemplaza la bóveda ó tapa única y horizontal por una serie de bóvedas ó tapas en forma escalonada, que si es necesario se enlazan entre sí por peque-

rios muretes *m*, transversales á la dirección 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 construcción 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 disposición determinada por otras condiciones y de manera que la altura de la vía pública sea igual ó inferior á la de la corriente (figs. 259 y 260), en cuyo caso es indispensable dar á la obra la forma de *pozo ó sifón* dentro del cual sigue el líquido la marcha indicada por las flechas, sin perjudicar la vía pública *ab*.

Esta disposición solo 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. En este caso se hace uso con mucha frecuencia de los caños vidriados interiormente de que se hizo mérito en el núm. 52.

266. **Badenes.**—En algunas carreteras se reemplaza la tagea que ha de dar paso á una pequeña corriente de agua por otra construcción llamada *baden*, que consiste, según se ve en perfil longitudinal de la carretera en la fig. 261, en dos



(Fig. 259.)



(Fig. 260.)



(Fig. 261.)

planos inclinados, *ab* y *cd*, que se enlazan entre sí y con la vía por medio de curvas, pasando el agua corriente por encima de su parte inferior *bc*. Con objeto de que no se degrade

esta parte, se la cubre con un fuerte empedrado ó adoquinado, que coge todo el ancho de la vía.

Aunque de fácil ejecución, no son de manera alguna recomendables ni aun admisibles los badenes, á causa de la rápida bajada y subida que experimentan los carruajes al pasar por ellos y el peligro que presentan cuando en invierno se ha helado la capa de agua que le cubre. En todos los casos que sea posible, debe establecerse una pequeña tagea en vez de un baden.

267. **Replanteo.**—En las pequeñas obras de fábrica de que nos acabamos de ocupar, se verifica el replanteo con suma sencillez, empleando con este objeto la escuadra de madera, cuerdas y piquetes. Para esto se empieza por tender *horizontalmente* en la dirección del eje de la vía, y se sujeta por medio de piquetes en sus extremos, una cuerda sobre la cual se mide la luz ó claro que en aquella dirección deba tener la obra de fábrica. En los extremos de este claro, y haciendo uso de la escuadra, se levantan perpendiculares, que se señalan con cuerdas y piquetes é indican la dirección de los estribos: si la obra fuera oblicua, después de trazar estas perpendiculares se las inclina el ángulo que marca la oblicuidad, permaneciendo invariables sus puntos de encuentro con la cuerda que mide la luz. Hecho esto, ó lo que es lo mismo, señalada *horizontalmente* en el terreno la línea de paramento de los apoyos, se mide y señala la longitud que les corresponda y se prosigue el replanteo de la misma manera que se dijo al tratar de esta operación en los muros (200).

268. **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 solo de madera, bien tenga por objeto contener superiormente un pavimento de piedra machacada. En ambas circunstancias se procederá del mismo modo expuestos al tratar de los puentes de madera (257 y

258), puesto que el caso que aquí se examina no es más que una aplicación de las reglas allí establecidas de una manera general.

En la construcción de las tageas de pequeña luz y altura, principalmente en las que afectan la forma de sifón, se hace uso con mucha frecuencia de tubos de alfarería, cuyo diámetro llega hasta 40 *cm.*, y también de hierro fundido, los que bien enchufados entre sí y revestidos con una capa de mampostería ó de hormigón de dimensiones convenientes, como se indica en las secciones de la figura 260, ó reforzados de otra manera parecida, proporcionan una obra que reúne la condición de la solidez al propio tiempo que la de economía.

ARTICULO IV

OBRAS ACCESORIAS DE LOS PUENTES

269. **Objeto de estas obras.**—Después de construido un puente, cualquiera que sea su magnitud, puede suceder que haya necesidad, no sólo de asegurar el pie 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. Á fin de evitar las socavaciones que esto pudiera producir, se reviste el terreno con una faja resistente, que recibe el nombre de *zampeado*, y cuyo ancho es generalmente mayor que la longitud de las pilas.

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 menos grande, á fin de que al llegar el agua al puente no pueda cambiar la dirección que debe tener y haya un buen desagüe.

270. **Zampeados.**—El lecho del río en que se construya un puente, ú otra obra análoga, que ocasione un estrecha-

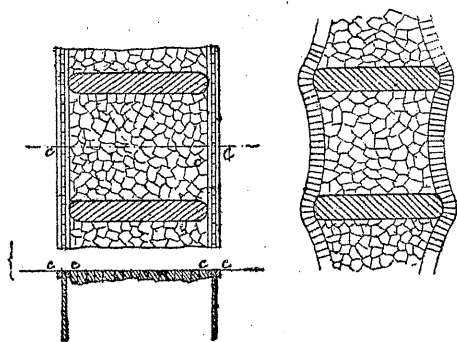
miento en la sección del agua corriente, puede presentar poca resistencia á la acción destructiva de ésta, ya en una parte de la extensión que abarca la obra, ya en toda la zona que ocupa; y de aquí la necesidad de revestir y fortificar el lecho en ciertos puntos solamente ó en todo el ancho del río, 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 menos resistente.

271. **Zampeados de fábrica.**—Por regla general se forman los zampeados de mampostería ó *encachados*, empezando por establecer dos filas de pilotes y tablestacas, bien clavados en el lecho de la corriente, como se ve en proyección horizontal y corte (fig. 262), 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 excava en cierta profundidad y se rellena después con un fuerte empedrado de 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, construyéndole con hormigón.

En algunos casos se pueden suprimir las dos paredes de pilotes y tablestacas, estableciendo sobre el terreno ó sobre un emparrillado una capa de hormigón más ó menos gruesa, cubierta después con piedras aparejadas en cada cabeza del zampeado en forma de bóveda cóncava hacia el exterior del puen-

te (fig. 263), y rellenando el interior con piedras de dimen-



(Fig. 262.)

(Fig. 263.)

siones 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 30 á 50 *cm.*

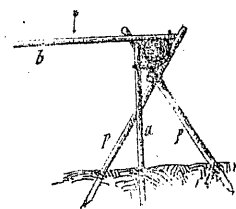
En todos los casos debe enrasar la superficie superior del zampeado con el terreno, sin presentar ninguna saliente, á fin de que las aguas no puedan chocar con ningún obstáculo, que tratarían de destruir, consiguiéndose al propio tiempo que corran facilmente sin socavar el terreno sobre que insiste el zampeado.

272. **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 ríos, 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 días antes de emplearlas, con objeto de que adquieran la flexibilidad nece-

saria. Las ramas que entran á formar las faginas deben ser bastante iguales y conservar sus ramillas y hojas; su longitud varía según las circunstancias entre 1,50 y 3 *m.* y el diámetro del haz en su parte central suele estar comprendido entre 10 y 20 *cm.*

Se llaman *salchichones* á largos cilindros formados como las faginas, que se los confecciona también 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* (figura 264), que tienen próximamente 1,60 *m.* de largo por



(Fig. 264.)

10 *cm.* de diámetro, y están clavados en el suelo como 30 *cm.*, atándolos en su cruzamiento con mimbres ó cuerdas: la distancia de un caballete al inmediato no debe pasar de 1,50 *m.* y su número total depende de la longitud del salchichón. En la horquilla que forman los caballetes se coloca la cantidad de ramas necesarias, cuidando de enlazar bien unas ramas con

otras para que resulte un todo homogéneo; después 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 móvil en la dirección de la flecha, formándose de esta manera el salchichón, el cual se sujeta por último á cada 15 ó 20 *cm.* 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 *m.* de longitud, y un diámetro medio de 12 á 20 *cm.*

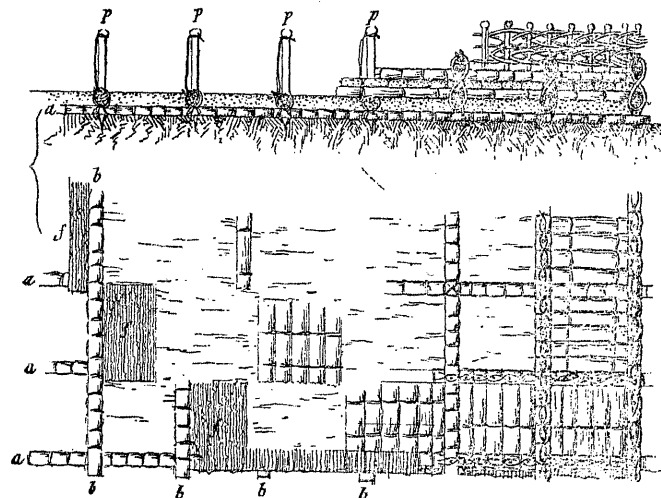
Si se clava sobre el suelo ó sobre una plataforma construída de faginas, como se verá á continuación, una fila de estacas que disten entre sí de 30 á 50 *cm.* (fig. 265), y á su alrededor se tejen ó trenzan transversalmente varias capas formadas con ramas delgadas,



(Fig. 265.)

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 denominación 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 *m.*, con diámetro medio de 10 *cm.* 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 15 á 20 *cm.* de largo por 2 de escuadría próximamente, y tienen por objeto 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. 266), dispuestos



(Fig. 266).

en posición paralela, y encima se colocan otros *bb* á ángulo recto con los primeros, formando una cuadrícula cuyos lados no deben pasar de un metro. En todos los puntos de cruce-

miento 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 posición de los salchichones y de guía al poner las capas de faginas con que se los cubre.

Paralelamente á los salchichones superiores del emparrillado que de esta manera se forma, y entre los claros que estos dejan, se extiende una capa de faginas *ff*, cuidando de alternar la posición de los extremos más gruesos y delgados, con objeto de obtener superiormente una superficie uniforme y sin resaltos. Después 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 después 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 intervalos que dejan estos salchichones y paralelamente á su dirección, 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 segundo 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 operación 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 operación 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 50 *cm.*; pero esta dimensión puede aumentar hasta un 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 ligazón más perfecta.

Cualquiera que sea el espesor que se dé á la plataforma, se terminará su construcción formando una red de zarzos más ó menos altos, y cuyas estacas la atraviesan 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 separación como de un 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 *m*².

Concluida de esta manera la plataforma en la margen del río cuyo lecho ha de defender, se mueve con precaución hasta llegar al agua, y una vez puesta á flote se la empieza á cargar lo más uniformemente posible, echando en los compartimientos 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 según sea la importancia de la corriente de agua, se emplean pontones ó barcazas, y se fija la posición que debe ocupar por medio de dos ó tres anclas.

Para sumergir la plataforma se colocan á su alrededor varias barcazas cargadas con arena, grava ú otro lastre, y después 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 tensión que experimentan las cuerdas que la sostienen, se largan ó aflojan estas á un mismo tiem-

po y por igual, hasta que la plataforma llegue al fondo del río.

Aunque los enfaginados aparezcan de una construcción muy sencilla, exigen sin embargo en cada caso particular una porción 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 ligazón; y, por último, que el todo posea la resistencia necesaria al objeto á que se destina.

273. Defensa de las márgenes.—Cuando las márgenes de un río presentan poca resistencia á la acción erosiva de las aguas en las crecidas, puede suceder que la corriente se incline hacia una de estas márgenes y la socave, lo cual, á más de perjudicar notablemente á las propiedades ribereñas, puede cambiar la dirección de la marcha del agua; y si algo más abajo existe un puente ú otra obra de fábrica, la encontraría la corriente con cierta oblicuidad y podría 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 varios medios, como la construcción 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. Á este fin se abren en las orillas varias zanjas perpendiculares á la corriente y distantes entre sí unos 2 *m.*, 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 cubre con otros salchichones á escuadra con los inferiores y cuya separación, igual á 1 *m.* próximamente en la orilla, va reduciéndose á medida que se interna en la corriente, hasta llegar á ser de 50 *cm.* en el otro extremo, cuidando de atar perfectamente ambos sistemas en los puntos de su cruzamiento.

Sobre este emparrillado se colocan varias capas de fagi-

nas, cuidando de situarlas de manera que las que forman el perímetro hacia el interior del agua tengan 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 dirección 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 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 plataforma los tabiques cruzados de zarzos ya descritos, y después de concluida esta operación se lastra con gravas ó piedras, y al sumergirla queda revestida la orilla que ha de defender.

En otros casos se defiende la margen formando en la corriente una fuerte pared de zarzos á pequeña distancia de la orilla, cuyas estacas se clavan en el lecho del río, y cuidando de retorcer las ramillas del tegido al llegar á las estacas de los extremos, según se indica en la fig. 265. La parte comprendida entre el zarzo y la orilla se rellena de tierra, y después se planta de sauces ó mimbrés, los que atenuando la velocidad de la corriente en las crecidas, contribuyen á que el agua deposite allí el limo que lleva en suspensión, consiguiéndose que abone y fortalezca la plantación, que una vez bien arraigada defiende perfectamente la margen. Algunas veces basta sólo la plantación sin necesidad de defenderla con zarzos; pero está expuesta en este caso á que una crecida la desarraigue y arrastre con facilidad.

Por estos medios es fácil no sólo defender una margen que la corriente haya socavado en mayor ó menor extensión, si que además se puede ir acercando de una manera lenta y entre ciertos límites las dos orillas de un río, hasta encauzarle en la longitud que sea necesaria.

ARTICULO V

ORGANIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

274. **Generalidades.**— Cuando hay que llevar á cabo obras de fábrica de mucha importancia, como un extenso viaducto de ferrocarril, un gran puente ó un conjunto de construcciones parecidas, la organización de los trabajos, lo mismo desde el punto de vista del material que del personal, es una cuestión que necesita un detenido estudio y bastante práctica para plantearla en buenas condiciones.

275. **Situación y extensión de los talleres.**— El sitio destinado á los talleres, esto es, la zona de terreno en que se verifican las operaciones previas para la construcción de que se trata, debe elegirse tan cerca de ésta como sea posible, y en todo caso debe enlazarse con la obra que se va á construir por medio de un buen camino ó vía férrea, ya sea fija ó ya portatil, como la de Decauville. Se estudiarán bien todos los accidentes del terreno para aprovecharlos al establecer las máquinas y aparatos destinados á la fabricación del mortero y del hormigón, y para la buena colocación 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 extensión 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 construcción necesarios. La superficie deberá ser lo suficiente para establecer además almacenes que solo se hacen de planta baja, en los que se guarden las materias susceptibles de deteriorarse al aire libre, formar tinglados y montar las máquinas necesarias para fabricar los mor-

teros y hormigones. Así mismo se deberán situar con desahogo las monteas y los talleres especiales de los canteros, del mismo modo que los caminos ó las vías férreas con la anchura necesaria, destinados á poner en mutua comunicación todas las partes que forman el taller, y á éste con la obra que se trata de construir; y finalmente, la oficina del jefe ó encargados de la construcción, será tan espaciosa como sea necesario para que llene bien su objeto. Á fin de que la construcción de todos estos edificios resulte lo menos costosa posible, sólo se hacen de planta baja, adoptándose los entramados para los muros y cubriéndolos de un modo eficaz, si bien económico.

276. **Distribución y cerramiento.**—Á 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 desbastadas de la cantera, y muy próximo además á la construcción en que deben colocarse después de haberlas labrado. En análoga posición se deben poner los ladrillos, y en una superficie bastante extensa para que se los pueda clasificar y escoger según convenga. Todas las materias que entran en la formación 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 dirección y vigilancia de los trabajos deben situarse de manera que desde ellas 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, manipulación de los morteros, etc., y además que esté en fácil comunicación con todas estas dependencias, para evitar pérdidas de tiempo en la transmisión de las órdenes ó instrucciones, á fin de llenar la condición esencial de que reine el orden 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 comunicación. En las construcciones de gran importancia suelen ser de mucha utilidad las vías férreas que enlacen los principales depósitos entre sí y con la obra que se levanta, y el gasto que exige su construcción se compensa por la economía que proporcionan en los transportes.

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, vagonetas, cuezos, cestos, cubos, etc. etc.; para elevarlos habrá cábricas, gruas, pescantes, cadenas, cuerdas, poleas y demás aparatos; y por último vigas de diversas dimensiones, tablazón de distintas clases y demás madera necesaria en el montaje de los andamios. Todos estos objetos deben clasificarse, inventariarse 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.

277. **Datos para establecer los talleres.**—Las piedras desbastadas ó en bruto se colocan en filas paralelas, no debiendo presentar en lo posible más altura que la de una sola hilada, teniendo cuidado de dejar entre cada dos filas un paso de 50 *cm.* 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, fácil es 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 *m.* de altura. Constan cada dos capas sucesivas, de ladrillos que estén en contacto lateral y puestos de canto ó á sardinel, pero de modo que sus direcciones en ambas se crucen en ángulo recto.

Conociendo las dimensiones de los ladrillos ó el número de éstos que entran en un 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 3 á 5 *m.* 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 volumen y la altura del montón que se va á formar.

Los cementos y puzolanas se venden generalmente en sacos ó barricas de muy diversa capacidad; pero basta conocer la dimensión de uno de estos sacos ó barricas y el volumen 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, cubiertos y perfectamente preservados de la humedad.

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 también según 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 17 á 19, es preciso contar con

que cada una ocupa por lo menos un espacio circular de 8 á 10 *m.* 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 *m*³ de mortero en diez 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 invierta 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 aun los adobes revocados con cal, habiendo algunos casos en que se hace uso hasta del tapial: también 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.

* 278. **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 construcción, los cuales sólo se indican de una manera general en el pro-

yecto de la obra. Á 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 misión 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 obligación de ejecutar bien los trabajos que se les confía y de cuidar de todos los detalles referentes á su respectivo oficio: también deben apreciar las cualidades y aptitud de los operarios que están á sus órdenes, como oficiales, aprendices y peones, cuyo número será tan sólo 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 organización del servicio se puede hacer *a 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 día de trabajo. Pero este elemento de apreciación 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 volumen 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 según 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 después ir au-

mentando ó disminuyendo sucesivamente la fuerza de las cuadrillas, cuanto sea necesario para impulsar el trabajo, hasta que este 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 menos un aprendiz ó ayudante para auxiliarle, y algunas veces dos, cuando los materiales se han de acercar desde una distancia algo considerable. En un día de trabajo pone en obra una cantidad de piedras y de mortero, conocida por la comparación con trabajos de la misma especie ó que se puede fácilmente determinar por medio de un experimento; 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 pie de la obra, y el de los que se destinan á la manipulación 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 fabricación de los morteros, á otro de la clasificación de los materiales, á otro de la buena ejecución de las fábricas, etc.

Cuando la extensión é importancia de la obra que se ha de construir no sea grande, no se necesita esta subdivisión 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 construcción, sea ingeniero, arquitecto ó ayudante.

279. 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 día de trabajo, y el precio á que resulta la unidad de volumen de la obra hecha; puesto que estos resultados pueden servir de guía para la apreciación del importe de otras obras construídas en condiciones análogas, ó para calcular el valor de una construcción que se trate de ejecutar.

Para determinar la cantidad de obra que puede ejecutar un operario en un día, que se admite generalmente como compuesto de diez horas de trabajo efectivo, se observa el número de días que uno ó más operarios invierten en la ejecución de un volumen conocido de la obra de que se trata, y dividiendo este volumen por el producto de los días y trabajadores empleados, se deducirá el dato que se busca. Así, por ejemplo, si se ponen 20 peones á excavar tierra compacta y en tres días han extraído 300 $m.^3$ resultará que cada peon excava 5 $m.^3$ al día: de la misma manera si se ponen 2 paletas con 2 peones auxiliares para construir un muro de mampostería que cubica 20 $m.$ y tardan cuatro días en su ejecución, se deducirá que cada albañil con su peon construye al día 2,5 $m.^3$ de esta fábrica. Los resultados de estos experimentos varían con las condiciones particulares de la localidad, y los valores generales que se han deducido de numerosos ensayos, se consignan en el APÉNDICE V.

La determinación del importe á que resulta la unidad de volumen de cada clase de obra, comprende el coste de diversas operaciones, siendo las principales: 1.º El precio de los materiales puestos al pie de la obra: 2.º El valor de las manipulaciones que experimentan: 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, substancias que generalmente compra también de segunda mano. El precio de estos materiales es muy difícil de establecer con exactitud, no solo por las variaciones que experimenta á causa de su calidad y consumo, si que también por los gastos de transporte para tenerlos al pie 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 conducción á la obra que se construye.

La mano de obra, ó manipulación, 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 ejecución de un volumen 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 facilmente sabiendo el valor de los jornales y determinando la cantidad de obra que un operario puede hacer al cabo del día.

Los gastos de útiles, que provienen de su uso, desgaste y desperfecto, así como el importe de la instalación de los aparatos auxiliares 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 antes 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 bastante exactos sobre la cantidad de trabajo del hombre en las diferentes operaciones que ejecuta y sobre los precios medios á que cada una de éstas resulta.

CAPÍTULO II

Obras varias.

ARTICULO PRIMERO

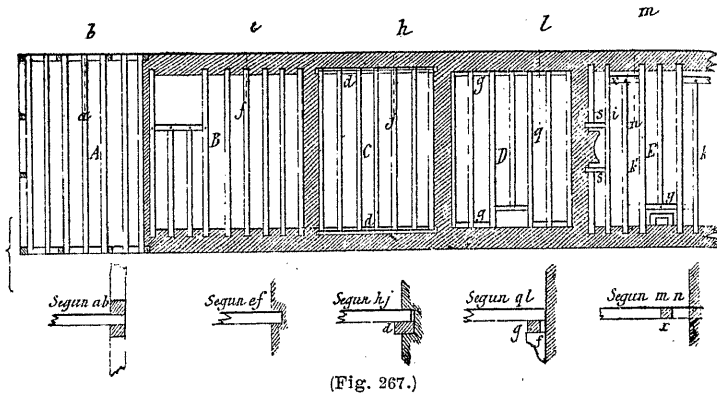
SUELOS.

280. **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, rellenando primero este armazon y cu-

bríendole después con una superficie continua que sirve de piso al tránsito.

281. **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 horizontalmente en la fig. 267, apareciendo debajo los cortes verticales correspondientes, en escala aumentada al doble.

En el suelo *A* los maderos se apoyan sobre entramados de



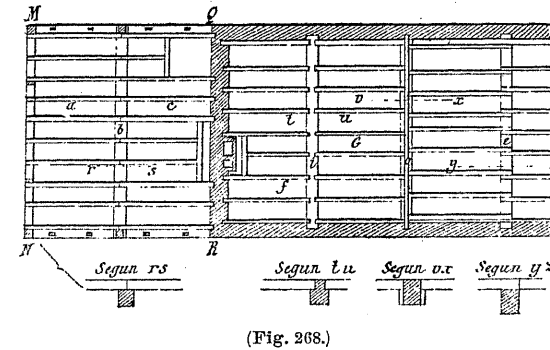
(Fig. 267.)

madera. En el *B* están el mayor número empotrados por ambos extremos en muros de fábrica. 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* solo 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 *g*, llamadas *brochales* y situadas á ángulo recto, que á su vez se ensamblan con otras 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 viguetas enteras, como se indica en

la figura por la prolongación de trazos de la pieza *y* hasta los maderos *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 *cábios*, según se ve en proyección horizontal con los cortes correspondientes en la figura 268.

En *F* se apoya uno de los extremos de los cábios *a* en el

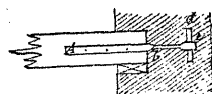


(Fig. 268.)

entramado vertical *MN*, y el otro extremo descansa sobre la viga maestra *b*, sostenida en sus extremos por los entramados *MQ*, *NR*; y los cábios *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 cábios *a*. Conviene reforzar los puntos de apoyo de las vigas maestras por la gran carga que experimentan, colocando inferiormente en los entramados un pie derecho ó poste, que unas veces se le dota de más escuadría que á los demás, y otras se les consolida con los jabalcones. Los cábios *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 reducción en la altura que ocupan las vigas y los cábios, con perjuicio de la elevación libre de los pisos. También se establecen los cábios cruzándose unas veces sobre las vigas, como se ve en *e*, y otras apoyándose sobre piezas ó tabloncillos que se clavan á las caras laterales de las vigas, como aparecen en *o*, si

bien esta última disposición es costosa y poco empleada.

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. 269) 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 vertical *d*: en vez de un fleje pueden ponerse dos, uno en cada cara lateral y el barrote puede aparecer en el paramento ó quedar embebido en el espesor del muro, que es lo más frecuente.



(Fig. 269.)

Cuando hay necesidad de establecer una chimenea, es preciso sustraer á las maderas del suelo de la acción 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. 267) ensamblados á la viga *i*, limitando así la caja de la chimenea, cuyas dimensiones suelen ser de 1,50 m. de largo por 60 cm. de ancho.

En el siguiente cuadro se expresan las escuádras en mm. que deben tener las vigas y viguetas; según las luces que han de salvar y su mutua separación, en suelos bien resistentes:

Luz en m.	Vigas á 3 m. de separación y 25 ó 30 cm. de empotramiento en muros.		Viguetas á 30 cm. de separación.	
	mm. de alto.	mm. de ancho.	mm. de alto.	mm. de ancho.
1,80	150	50
2,40	175	62
3,00	225	175	187	62
3,60	250	200	200	62
4,20	275	225	225	62
4,80	300	250	262	62
5,40	300	275	300	70
6,00	325	275	300	75
7,20	375	300		
7,80	400	300		
8,40	400	325		
9,00	400	350		

282. **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 *formalita*, que no es más que una cimbra pequeña, cuya luz es la separación constante entre las viguetas, y relleno con cascote y yeso los huecos de la parte superior hasta enrasar con la cara de las viguetas. Con el fin de que se una bien el forjado con las viguetas se pican con la azuela las caras verticales de éstas, de modo que presenten resaltos. La cara inferior de las viguetas queda visible, como aparece en sección en la figura 270.



(Fig. 270.)

Los cielos rasos pueden hacerse tabicados ó con un enlistonado bajo bovedillas. Los primeros se forman entomizando los maderos del suelo, á cuyo objeto se ponen clavos en la parte inferior de sus caras laterales; después se hace con tomiza un tejido entre estos clavos, y se coloca por debajo un tablero: echando luego en la parte superior cascote y yeso, se forma el tabique horizontal del cielo raso, que se enluce por la cara inferior después de quitar el tablero. Los cielos rasos enlistonados, que se emplean con más frecuencia que los anteriores, se forman clavando á la cara inferior de los maderos de suelo listones de tablas delgadas entomizadas y después de hacer el forjado como en el caso anterior, se arrojan por la parte inferior pelladas de yeso con fuerza para que agarre bien, igualándole después 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.

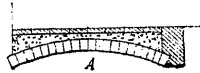
El relleno de los claros que se dejan para las chimeneas, ó con cualquier otro objeto, se suele practicar formando de ladrillo ordinario ó hueco una bovedilla especial *A* (fig. 271), cuya flecha puede ser $\frac{1}{10}$ de la luz y su grueso el ancho del ladrillo para que tenga bastante resistencia, la cual se apoya

por un lado sobre el muro y por el otro sobre una vigueta ó brochal más fuerte que los demás, estableciendo encima un relleno y el piso del hogar.

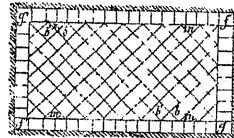
* 283. **Solado.**—El solado ó pavimento tiene por objeto revestir la superficie superior del suelo con un material ligero y resistente, presentando muchas diferencias en su naturaleza y cualidades.

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 pasa de 8 cm., y que presente una superficie horizontal.

Hecho esto, se empieza por establecer alrededor de la habitación una cinta de baldosas ó baldosines *fgf' g'* (fig. 272),



(Fig. 271.)



(Fig. 272.)

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 posición horizontal de sus caras superiores; después se ponen varias filas contiguas de baldosas, que sigan una dirección 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*.

Quando 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 un pequeño huelgo en algunas juntas y en las cintas, á causa del aumento de volumen 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, empezando por el lado opuesto á la puerta de salida. También se debe tratar de que las juntas sean de un grueso muy pequeño y uniforme en la superficie, y que la cara superior del solado resulte en un plano horizontal. Las cintas suelen tener en muchos casos varias filas de baldosines de distintos colores y formando diversas combinaciones, así como el centro, lo que constituye la ornamentación y riqueza del suelo.

También se hacen de madera los pavimentos, formando los *entaramados*, para cuya construcción se colocan sobre el forjado y se fijan con pelladas de yeso varias medias viguetas ó *dobleros* paralelos entre sí, dejando un claro de 25 á 50 cm. Estos cruzan á las viguetas, y si éstas son de madera se clavan á ellas; pero si son de hierro se hacen á veces en la cara inferior de los *dobleros* rebajos que abarcan la cabeza de las viguetas ó *cuchillos*, apareciendo como se indica en la figura 273. Hecho esto y resultando la cara superior de los *dobleros* en un plano horizontal, se cruzan con tablas ó *tabletas* bien cepilladas y clavadas á los *dobleros* con puntas de París y ensambladas entre sí á ranura y lengüeta.

Los *entaramados* tienen muy buena aplicación en los países fríos y lluviosos, y son muy cómodos é higiénicos.

* 284. **Suelos de hierro.**—**Disposición general.**—En los suelos de gran extensión que se construyen en la actualidad, se reemplazan las piezas de madera por vigas de hierro laminado, que se sitúan horizontalmente de un muro á otro, estando entre sí á una distancia variable entre 75 y 150 cm.

La sección transversal de estas vigas es de doble *T* (figura 273), teniendo una entrega de 20 á 25 cm. en los muros, en



(Fig. 273.)

los que se fijan por medio de barrotes, de una manera análoga á la representada en la figura 269, y su altura está

generalmente comprendida entre $\frac{1}{30}$ y $\frac{1}{35}$ de su longitud.

Estas vigas ó *cuchillos* se enlazan entre sí de muy distintas maneras, si bien la más usual consiste en riostras, formadas por varillas de hierro, distando unas de otras 80 ó 90 *cm.* que se fijan á las vigas por medio de roblones ó tornillos, estando en posición perpendicular con estas últimas. Sobre las riostras y cruzándolas á ángulo recto, se colocan pletinas ú otras varillas de sección cuadrada de 1 *cm.* próximamente de lado, que se encorvan formando un doble 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 25 *cm.* según aparece por sus cabezas en la figura. Encima de estas varillas se forma el relleno con mampostería de yeso y cascote, ó mejor aún con ladrillos huecos apoyados sobre las pletinas, por la ventaja que proporcionan de dar un suelo seco, ligero, resistente y que transmite 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 pavimento sobre una capa de yeso que se vierte sobre un entablonado, descansando éste sobre las vigas de hierro, con las que se cruza á ángulo recto. La cara inferior de los suelos de esta especie se cubre 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 enlucidos ni cañizos.

En vez de colocar las vigas de hierro de metro en metro 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 *m.*, 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 tierra y á veces con hormigón.

Cuando la separación de las vigas de hierro es de 80 *cm.* y la carga total por metro cuadrado de suelo es de 250 *kg.*, se adoptarán hierros laminados en forma de doble *T*, teniendo

una altura de 10 <i>cm.</i> , y un peso lineal de 9 <i>kg.</i> para una luz de 3 <i>m.</i>				
—	12	—	11	—
—	14	—	14	—
—	16	—	15	—
—	20	—	22	—
—	22	—	26	—
				4
				5
				6
				7
				8

* 285. **Generalidades acerca de los suelos de madera y hierro.**—Los suelos construídos con vigas de hierro permiten reducir su espesor hasta 15 ó 20 *cm.*, al paso que los de madera tienen el doble y aun el triple. Los primeros proporcionan más rigidez y mayor duración que los de madera, tanto por la mayor flexión de este material, cuanto por la putrefacción á que están expuestos 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 menos 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 $\frac{1}{5}$ ó $\frac{1}{4}$ más baratos que estos: además, la ejecución 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 acción de la humedad (111), sin cuya circunstancia experimenta una alteración lenta que disminuye su resistencia.

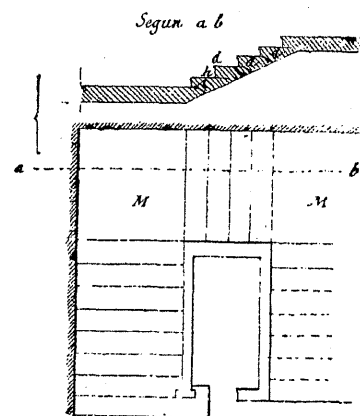
En el siguiente estado se consignan el peso por *m*² de los pisos, según la clase del forjado, y las sobrecargas accidentales que pueden experimentar:

CLASE DE HABITACIONES	Grueso ó espesor del piso.	Pisos forjados con yesones.			Pisos forjados con ladrillos huecos.		
		Peso del piso.	Sobre-carga.	Carga total.	Peso del piso.	Sobre-carga.	Carga total.
<i>Casas ordinaria- rias</i>	m. 0,30	kg. 275	kg. 75	kg. 350	kg. 225	kg. 75	kg. 300
<i>Grandes casas</i> ..	id.	id.	id.	id.	id.	id.	id.
	0,35	300	100	400	245	105	350
	0,35	320	130	450	260	140	400
<i>Edificios públi- cos</i>	0,35	300	200	500	245	205	450
	0,30	275	175	450	225	175	400
	0,35	300	200	500	245	205	450
	0,40	320	280	600	260	290	550

ARTICULO II

ESCALERAS

286. **Objeto de las escaleras.**—Se da el nombre de esca- lera á una sucesión de pequeños planos horizontales colocados á diversas alturas y sobre los que se sienta el pie 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 *A* (fig. 274) recibe



(Fig. 274.)

la denominación de *pelda- ño* ó *escalón*, conociéndose con la de *huella* del pelda- ño la parte horizontal *dd.*, y con la de altura ó *contra-huella* la distancia *dh* entre dos huellas suce- sivas.

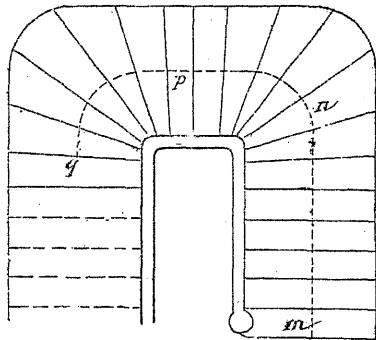
287. **Disposiciones usuales.**— Las escaleras pueden hacerse de piedra, madera ó hierro, recibien- do diversas formas según sea la naturaleza é impor- tancia de la obra á que están destinadas. El espa- cio que ocupa una escalera suele estar limitado por cuatro

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 con- torno 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 inte- rrumpidos dos tramos consecutivos por un *descanso* ó *meseta M*, y para que la subida sea cómoda, la altura entre dos des- cansos inmediatos no debe pasar de 2,5 á 3 m. El ancho de

las escaleras principales en las casas varía de 1,5 á 2 m. y en los edificios públicos suele ser de 3 m. y aun más. En el exterior de algunos grandes edificios hay *escalinatas* de mucho ancho y de pequeña altura.

Cuando la altura que hay que salvar es demasiado grande respecto á la extensión que puede ocupar la escalera, se substituyen los descansos con escalones (fig. 275); pero debe



(Fig. 275.)

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 después. Las escaleras de caracol se encuentran unas veces comprendidas exteriormente por un muro cilíndrico recto y otras sin apoyo exterior, y los peldaños pueden apoyarse por la parte interior en otro muro cilíndrico de menor radio que el primero, ó en un cilindro macizo. En el primero de estos dos últimos casos, se dice que la escalera es de *ojo*, y de *alma* en el segundo. Esta clase de escaleras están compuestas de una serie no interrumpida de peldaños, midiéndose el ancho de su huella en la línea *mnpq*, que dista unos 50 cm. 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 huella*. Este ancho se procura que sea suficiente en la parte más estrecha del escalón para poder sentar el pie 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 antepecho de formas muy variables; pero que generalmente está compuesto, ya de

cierto número de montantes arriostrados y coronados por una carrera que presenta la inclinación de la escalera y sirve de *pasamanos*, ya de un murete de 0,80 ó 1 m. de altura y que termina también superiormente con la misma inclinación.

288. **Dimensiones y formas de los peldaños.**—La longitud de los escalones varía por punto general entre 1 y 1,50 m., y la experiencia 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 32 y 16 cm. por término medio. Sin embargo, algunas veces hay que aumentar ó disminuir esta relación, 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 relación entre el ancho de la huella, que llamaremos *a*, y la altura de la contrahuella, que representamos por *b*, y esta relación está dada por fórmula práctica

$$a + 2b = 64 \text{ centímetros:}$$

debiendo tener presente al aplicar esta fórmula, que el valor de *b* ha de estar siempre comprendido entre 11 y 19 cm., con objeto de que al subir la escalera se ocasione la menor fatiga posible. Según la expresión anterior, si en un caso la altura del peldaño debe ser de 14 cm. por ejemplo, el ancho de su huella será de 36; y si la primera fuese de 18, el segundo resultaría 28 cm.

Los peldaños en las escaleras de piedra se empotran por sus extremos entre dos muros, ó solo en uno, ó bien quedan al aire, apoyándose únicamente unos en otros. En este último caso se confía la estabilidad de los peldaños á su corte, tal como se manifiesta en las figuras 274, 276 y 277, haciendo que la cara inferior de cada escalón ajuste bien con la superior del que está debajo. Esta superficie de contacto, que deberá ser lo más sencilla posible, ocupará más ó menos extensión, á medida que sea menor ó mayor la dureza de la piedra.

En las escaleras al aire hechas 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 perspectiva en las figuras 276 y 277, disposición que aumenta la solidez de la escalera,

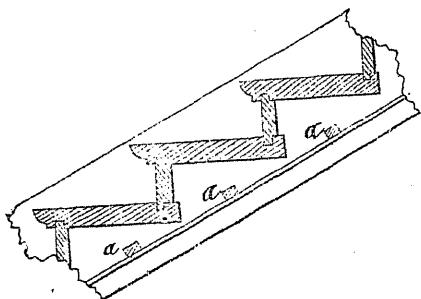


(Fig. 276.)



(Fig. 277.)

aunque lleva consigo mayor cantidad de material. Estas figuras son un ejemplo de peldaños cuya seguridad depende del asiento de unos sobre otros, consistiendo la estabilidad total del tramo en la resistencia del cimientto del primer escalón, y por la parte superior en la buena sujeción del último, ya sea en la meseta, ya en el piso en que termine el tramo. Este mismo corte y disposición se aplica á las escaleras de caracol al aire.



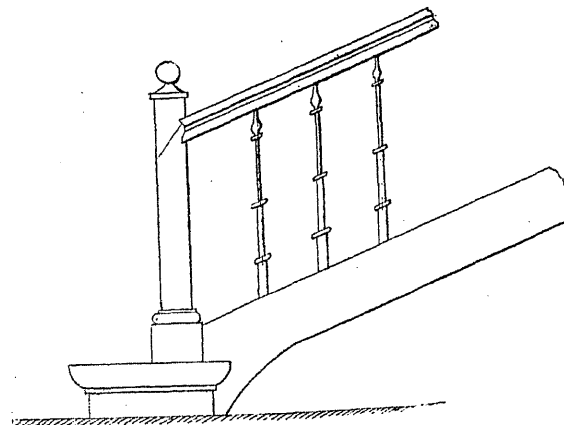
(Fig. 278.)

Las escaleras de madera tienen mucha aplicación en los edificios y en los trabajos auxiliares para su construcción. Generalmente están formadas por dos tablones, uno horizontal y otro vertical que, ensamblados entre sí, constituyen la huella y contrahuella. En sus extremos están bien empotrados en una profundidad de 2 á 3 *cm.* en dos fuertes tablones paralelos é inclinados puestos de canto, llamados *zancas*, como aparece en sección vertical en la fig. 278. En muchos casos hace las veces de una de las zancas la caja de la escalera; pero aun entonces conviene dejar la zanca empotrada en el muro.

Puede quedar visible la parte inferior de los peldaños; pero lo más frecuente en las construcciones algo esmeradas, es cu-

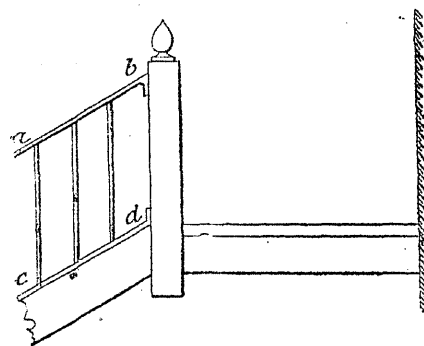
brirla por medio de listones *aa*, que van de una á otra zanca, formando por debajo de estos una superficie continua, como se dijo en los cielos rasos enlistonados de los suelos.

Para seguridad del tránsito se colocan barandillas, ya formadas con balaustres de metal que se fijan sobre la zanca (fig. 279), ya con cuadradillos de hierro que se remachan á



(Fig. 279.)

dos platinas paralelas *ab, cd* (fig. 280), clavándose la segunda á la zanca y doblando ambas en sus extremos para fijarlas á los montantes en que termina cada tramo. Por la parte superior terminan las barandillas en una pieza continua y lisa, generalmente de madera fina, llamada *pasamano*, como ya se ha dicho en el número anterior.



(Fig. 280.)

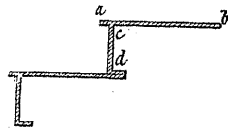
Cuando las escaleras, bien de tramos rectos ó en caracol, son de madera de fuerte escuadria y están al aire, se aumenta su resistencia colocando en el interior, entre cada dos peldaños consecutivos, falsas espigas ó barras de hierro, que después quedan ocultas.

Si la escalera fuese de hierro, los peldaños constan solo ordinariamente de las dos planchas *ab* y *cd* (fig. 281), que forman su huella y altura, terminándose las superficies de contacto de un peldaño con otro por medio de rebordes que se fijan perfectamente con tornillos y tuercas ó con roblones. Por sus extremos, tanto exterior como interior, presentan un trozo de pared vertical ó de cilindro, que al estar superpuestos los peldaños forman la zanca y el alma de la escalera.

Al ejecutar esta clase de construcciones con madera ó hierro, se cuida principalmente de que la cara que forma la huella presente bastantes asperezas para sentar con seguridad el pie, y sin peligro de resbalarse al recorrer la escalera.

*289. **Aparatos de elevación.**—En el día se hace uso también para pasar de un piso á otro en los edificios grandes y concurridos como hoteles, almacenes, etc., de aparatos llamados *ascensores* ó *elevadores*, que pueden estar movidos por el vapor, por la presión del agua ó por la electricidad. Consisten en su parte esencial en una pequeña habitación de madera ó *camarín* que recorre verticalmente el edificio, á veces en el ojo de una escalera ordinaria, y que se detiene en el piso á que se quiere llegar.

Para esto hay por lo regular en el piso bajo un torno al que se arrolla una cuerda que sube hasta la parte alta del edificio, donde pasa por una polea y luego baja verticalmente para coger el camarín. Este sube ó baja según sea el sentido en que se mueva el torno. Se establecen además aparatos de seguridad para el caso en que la cuerda se rompiera, y se colocan guías verticales en toda la altura para evitar oscilaciones en la marcha del camarín.



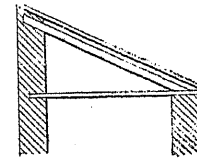
(Fig. 281.)

ARTICULO III

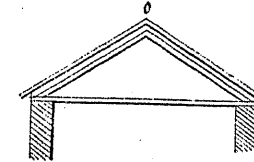
CUBIERTAS

290. **Objeto y disposición 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, según sea el material de que están compuestas ó la forma que afecten; pero ordinariamente se las clasifica en cubiertas planas, curvas y mixtas, estando formadas las primeras, que son las más sencillas y usuales, por uno ó más planos inclinados que reciben el nombre de *vertientes*.

Cuando la cubierta no presenta más que un plano, como se ve en sección vertical en la fig. 282, se le da el nombre de *una sola vertiente*; y á *dos aguas* ó *vertientes* (fig. 283) cuando



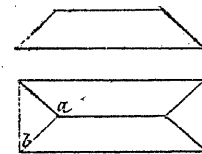
(Fig. 282.)



(Fig. 283.)

consta de dos planos que se encuentran según la línea horizontal *o*, llamada *caballete*. Estas cubiertas se apoyan lateralmente en muros ó paredes que acaban por la parte superior en forma triangular, la cual se llama *tímpano* ó *frontón*; y si se

sustituyen estas partes triangulares de las paredes por medio de otras dos vertientes ó *faldones*, según se ve en dos proyecciones (fig. 284), la cubierta toma entonces el nombre de *á cuatro aguas*, recibiendo el de *en pabellón* si las cuatro alas concurren superiormente en un punto, formando pirámide. La mutua in-



(Fig. 284.)

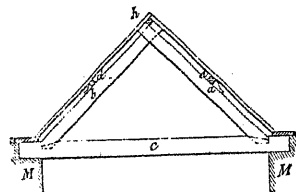
tersección *ab* de dos alas contiguas forman las *límitesas* (1), y la parte inferior y voladiza que en todas estas cubiertas despende las aguas fuera del edificio, es el *alero*.

Las cubiertas están compuestas de dos partes completamente distintas: la primera, formada por uno ó más entramados cuya inclinación respecto al horizonte es la misma que han de tener las vertientes, entramados que en este caso reciben el nombre de *armaduras*, y la segunda que cubre á la anterior presenta una superficie continua y preserva al edificio de las lluvias, llamada *tejado ó terrado*.

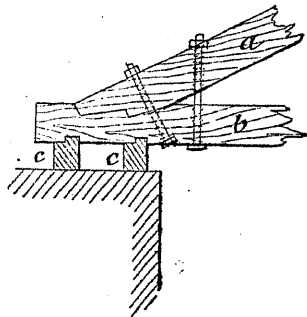
291. **Armaduras.**—Las armaduras están compuestas de una serie de *cerchas ó cuchillos* paralelos, de madera generalmente, análogos á los que se han

descripto al tratar de las cimbras, y que una vez bien ligados entre sí tienen por objeto sostener las piezas que sirven para formar encima el tejado.

El cuchillo más sencillo se compone de dos piezas inclinadas ó *pares*, *ab* (fig. 285) y de una horizontal ó *tirante* *c*, que se empotra á veces directamente por sus extremos en los muros *MM* sobre que va á cargar la armadura. Es preferible para evitar su putrefacción que insista el tirante *b* sobre las carreras *cc*, como se ve en mayor escala en la fig. 286, y al tirante se ensambla el *par* *a* y se refuerza su unión con pernos, según aparece en la figura. Otras veces descansa el ti-



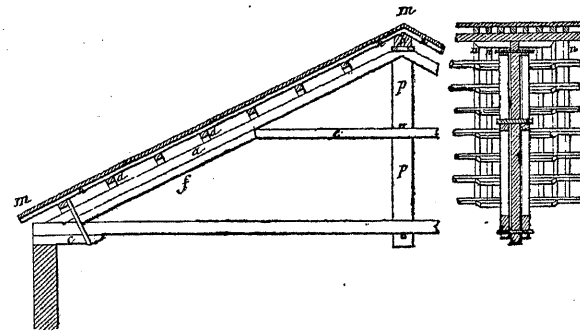
(Fig. 285.)



(Fig. 286.)

(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, entonces recibe el nombre de *lima hoya*.

rante sobre canecillos ó zapatas de madera *c* (fig. 287), que reposan en los muros. Los dos pares se ensamblan entre sí á



(Fig. 287.)

media madera ó en horquilla, formando el ángulo que corresponda, y con el tirante á caja y espiga con barbilla ó con doble barbilla como en la figura anterior.

Se colocan paralelamente entre sí varios cuchillos como el descripto situados á distancia de 3 á 4 m., y uniéndose todos superiormente por medio de una pieza horizontal *h*, normal á los cuchillos (fig. 285) llamada *hilera ó cumbrera*, que de ordinario descansa sobre la horquilla producida por el cruzamiento en cada cuchillo de los dos pares. Hecho esto, se establece sobre los pares otra serie de piezas horizontales ó *correas* *dd*, que distan unas de otras 2,50 m. á lo más, y se apoyan por lo regular sobre topes de madera ó *egiones* ensamblados á barbilla y clavados á los pares. De esta manera se obtiene el entramado de la cubierta; pero este sistema no puede salvar espacios de más de 4 á 6 m. sin dar una gran escuadría á las piezas, y en tal caso se debe modificar.

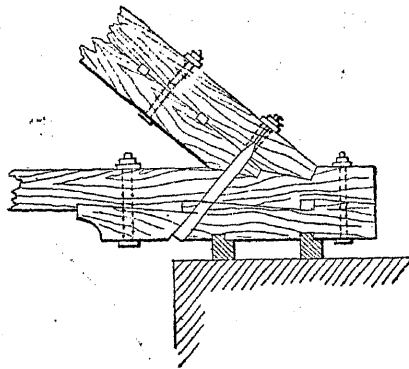
Para dar más resistencia al cuchillo y evitar que las cargas puedan ocasionar una flexión en el tirante, si este alcanza mucha longitud ó se tiene que formar de piezas empalmadas, se coloca la pieza vertical *pp*, llamada *pendolón* (fig. 287), la cual se ensambla inferiormente con el tirante y por su extremo superior con los pares los que en muchas ocasiones se refuerzan empleando un puente ó *falso tirante* *e*, que se ensam-

bla 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 pendolón, á fin de que las dos partes en que divide á cada par se encuentren en las mismas condiciones de resistencia, y otras se sitúa á la tercera parte de la altura, á partir de arriba, y entonces se fortalecen los pares, colocando por su parte inferior los *contra-pares*. Adoptando este sistema de cuchillos, se puede disponer que el pendolón esté formado por dos piezas que encajen al tirante y los pares, apretando los respectivos cruzamientos con pasadores y tuercas, ó bien se puede disponer inversamente, como aparece en la figura, ligando el pendolón con el tirante, falso tirante y pares, por medio de clavijas ó pasadores. Los pendolones suelen terminar superiormente en espiga

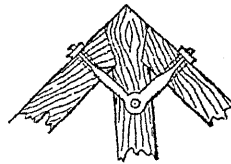
que entran en cajas abiertas en la cara inferior de la hilera ó cumbreira.

En la fig. 286 se ve en detalle el ensamblaje del par *a* con el tirante *b*, insistiendo este sobre el muro por el intermedio de dos carreras, y en la fig. 288 aparece la unión del par y

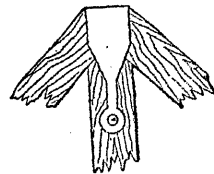
contra-par con el tirante reforzado con zapata, viéndose los pernos y estribos de hierro que consolidan el conjunto. En las



(Fig. 288.)



(Fig. 289.)

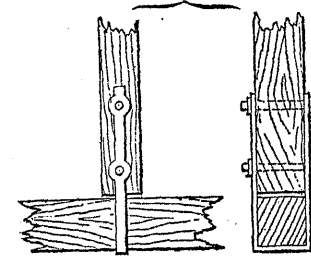


(Fig. 290.)

figuras 289 y 290 se ven la unión de los pares con el pendolón y dos disposiciones de los refuerzos de hierro que la consolidan, y en la 291 se representa en dos proyecciones verticales el enlace del pendolón

con el tirante, por medio de un estribo de hierro y pasadores. Estos ejemplos son de los más empleados en los casos ordinarios de estas construcciones.

Este sistema de armaduras, que por otra parte puede afectar disposiciones muy numerosas y variadas en los detalles, proporciona el me-



(Fig. 291.)

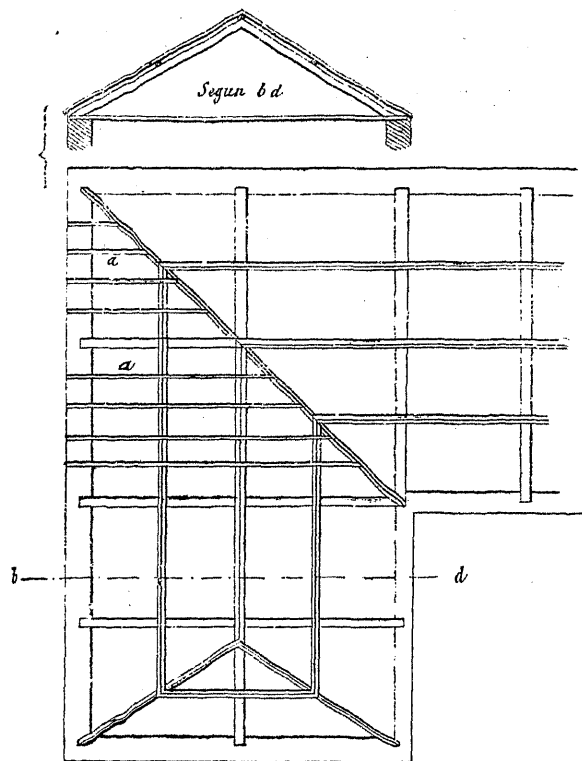
dio de cubrir espacios que tengan de 20 á 25 m. de luz.

Una vez fijada la clase de cuchillos que más convenga en cada caso, y ligados entre sí por la hilera, las correas y á veces por otras piezas normales ú oblicuas que van de un cuchillo al contiguo para que permanezcan estos en posición vertical, se clavan á ángulo recto sobre las correas los *cábios mm* (figura 287), que siguen por lo tanto la máxima pendiente de la cubierta y que suelen dejar entre sí una separación de 30 á 50 cm. Estos *cábios* se unen también 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 268.

Sobre los *cábios* y á ángulo recto se clava por lo regular un entablonado que sirve de base al tejado ó terrado propiamente dicho, en que termina el edificio. Otras veces se aligera la construcción suprimiendo los *cábios* y reemplazando las correas ordinarias con otras de menos escuadría y bastante próximas para clavar á ellas las pizarras ó planchas metálicas que cubren el edificio.

Se ha supuesto hasta aquí que las armaduras correspondían á cubiertas de dos aguas; pero si tuvieran más vertientes ó presentaran lima-hoyas, como se ve en proyección horizontal y en sección vertical en la figura 292, se colocan los

cábios de desigual longitud *aa*, llamados *cuartones*, en las



(Fig. 292.)

partes triangulares pertenecientes á cada faldón, procediendo en lo demás como se acaba de decir.

En las cubiertas se practican varias aberturas para dar paso á las chimeneas, buhardillas, 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 cábios que deben inte-

rrumpirse en la parte de la abertura. Esta se encuentra, por lo tanto, limitada por las dos correas y dos cábios reforzados, afectando la disposición general que se expuso al tratar en un caso análogo de las aberturas en los suelos.

En el siguiente cuadro se consignan las escuadrias en metros de las piezas de madera que forman los cuchillos, según sea la luz que salven, y las de las correas y cábios, según disten los puntos de apoyo:

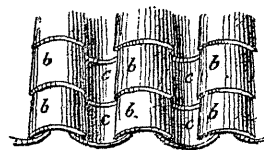
Luz salvada.	Fares.	Tirante.	Pendolón
6,0	0,10 × 0,10	0,22 × 0,10	0,10 × 0,10
7,5	0,13 × 0,10	0,25 × 0,12	0,12 × 0,10
9,0	0,15 × 0,10	0,27 × 0,12	0,12 × 0,12
10,5	0,15 × 0,13	0,28 × 0,15	0,15 × 0,12
13,5	0,16 × 0,13	0,32 × 0,18	0,15 × 0,15
15,0	0,20 × 0,15	0,32 × 0,20	0,20 × 0,20
16,5	0,20 × 0,18	0,35 × 0,22	0,22 × 0,20
18,0	0,22 × 0,20	0,37 × 0,25	0,25 × 0,20

CORREAS Y CÁBIOS

Distancia salvada.	Correas.	Cábios.	Distancia salvada.	Correas.	Cábios.
1,8	0,15 × 0,10	0,10 × 0,06	3,0	0,20 × 0,15	0,15 × 0,09
2,4	0,17 × 0,12	0,12 × 0,08	3,6	0,22 × 0,17	0,17 × 0,10

292. **Tejados y terrados.**—Una vez puesto el entablonado que frecuentemente cubre los cábios, se pasa á colocar encima la última parte de la cubierta, que por regla general está formada de tejas ordinarias (52).

Estas tejas se asientan formando filas contiguas unas á otras, y paralelas á los cábios, y cada una de estas se compone de cierto número de tejas con la concavidad hacia arriba y solapando las superiores á las inferiores (figura 293); estas filas *cc* reciben el nombre de *canales*. Después se



(Fig. 293.)

colocan otras filas *b*, llamadas *cobijas*, en que las tejas se solapan como las anteriores; pero con la concavidad hacia abajo y cubriendo los bordes inmediatos de cada dos canales. En los caballétes y limatesas se pone siempre una fila de cobijas; y en las lima-hoyas se forma una canal, ya de tejas, ya de zinc ó de plomo.

La colocación de las canales se dirige con cuerdas, de un modo parecido al indicado al tratar de los suelos (283), y se sientan acuñándolas inferiormente sobre el entablonado con pedazos de tejas ó ladrillos, cuidando de que cada teja cubra á la inferior $\frac{1}{3}$ ó $\frac{1}{4}$ de su longitud; y por último, se colocan encima las cobijas. Si se quiere dar al tejado mayor solidez, se hace que una de cada 4 ó 6 cobijas se coloque sobre mortero que la ligue á las canales inferiores y á la cobija que está debajo. Cuando las filas de canales están lateralmente en mutuo contacto y los pequeños huecos que dejan se rellenan con mortero de arcilla en vez de colocar las cobijas, se dice que el tejado está *á teja-vana*.

También sirven para formar tejados las pizarras, y se colocan cubriendo los dos tercios de las inferiores con las superiores, y clavando con dos clavos cada una al entablonado por su parte superior. En vez de tejas curvas ó planas, se hace uso actualmente de planchas de plomo, de zinc ó de palastro, ya planas ú onduladas (102) y se recubren entre sí por los bordes, clavándose convenientemente al entablonado por la parte que está cubierta por la plancha superior, análogamente á como se hace con las pizarras. Por último, se emplea en el día con este objeto para edificios provisionales ó de poca importancia, *cartón-piedra*, preparado para este objeto, así como telas y papeles impermeables, que también 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 *canalón*, 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 transmita á los muros, lo que perjudicaría mucho la solidez del edificio.

Los *terrados*, *terrazas* ó *azoteas* son cubiertas que tienen muy poca inclinación (de 2 á 5 por 100) y presentan una superficie bastante igual para poder andar con seguridad por encima. Á este fin se emplea el plomo, zinc, hormigón y otros materiales; pero lo más común son las baldosas, cuyas juntas se toman con buen mortero hidráulico ó betún. Tienen los terrados el grave inconveniente de que á causa de su pequeña inclinación es fácil que las aguas de lluvia no se desprendan pronto, y que detenidas en cualquier punto formen goteras que destruyan las armaduras.

La construcción más generalmente seguida en los terrados, consiste en piezas de madera de 20×8 cm de escuadría y separadas entre ejes 30 cm., cuyos extremos se empotran en los muros unos 30 cm, y que tengan la inclinación del terrado. Se ligan entre sí con correas de 12 cm. de ancho por 5 de grueso, clavadas á las anteriores y separadas unos 80 cm. Se rellenan los claros entre correas colocando paralelamente á ellas largas astillas de madera, cubriendo después todo con una torta de tierra algo arcillosa, y una vez seca esta se extiende encima una capa de mezcla de unos 7 cm. de grueso, poniendo encima la última capa de mortero hidráulico, con ó sin embaldosado superior.

También se emplea para cubiertas y terrados una capa de asfalto de unos 2 cm. de grueso, que insiste sobre un entablado que cubre la armadura.

Á continuación se inserta un cuadro en que se consigna la inclinación y el peso propio que se considera generalmente en los tejados más usuales.

NATURALEZA DE LAS CUBIERTAS	Ángulo de inclinación con el horizonte.	Peso del metro cuadrado de tejado en kilogramos.	Metros cúbicos de madera por metro cuadrado.
Tejas planas puestas sin mezcla.	45° á 33°	60	0,068
Tejas ordinarias puestas en seco.	27° á 21°	75 á 90	0,088
Tejas ordinarias con mezcla....	31° á 27°	136	0,068
Pizarras.....	45° á 33°	28	0,056
Palastro.....	21° á 18°	7 á 8	0,042
Zinc.....	21° á 18°	6 á 8	0,042
Plomo.....	21° á 18°	40	0,056
Hormigón.....	21° á 18°	25	0,056

En los climas fríos y nevosos presentan las vertientes de los tejados una inclinación de 60° ó más; pero en España sólo se les da por lo general de 20 á 30°. Cuando el tejado está cubierto con una capa de nieve ó sometido á la acción de un fuerte viento, la sobrecarga que estas causas producen se consignan en el siguiente estado:

Sobrecarga producida por la nieve y el viento.

PENDIENTE DE LA CUBIERTA		PESO POR METRO CUADRADO				
		De la nieve para una altura en m.			Del viento para una velocidad en m.	
Por m.	En grados.	0,30	0,50	0,80	20	48
1,00	45	25	45	70	23	93
0,67	34	30	50	80	22	86
0,50	27	35	58	93	19	75
0,33	18	36	60	96	13	54
0,25	14	37	62	97	10	39
Terraza.		38	63	100	0	0

293. **Cubiertas metálicas.**—En el día se hace frecuente uso del hierro en la construcción de armaduras. Están compuestas de las mismas piezas que las de madera, y generalmente se adopta para los pares piezas de hierro cuya sección transversal es en forma de *T* sencilla ó doble, y para el tirante y pendolón varillas redondas de la sección conveniente.

Estas piezas se ligan entre sí por medio de remaches, roblones, tornillos ó pasadores, con arreglo á los principios establecidos en *Estereotomía*. Las correas é hilera se pueden hacer también de hierro ó de madera, y en el primer caso suele estar cada una compuesta de varios trozos que van de una cercha á la inmediata, roblonándose convenientemente á los pares de éstas, estando situado cada trozo en el claro que comprende los pares. Cuando las correas son de madera se colocan encima de los pares y se las fija de diversas maneras.

Si el tejado ha de ser metálico y se emplean chapas onduladas, que generalmente son de zinc, se pueden suprimir los cámbios y el entablonado, colocándolas directamente sobre las correas (102); pero no se suprimen cuando las chapas son planas.

En el segundo caso se fijan por su borde superior al entablonado y lateralmente se enlazan unas á otras, formando junquillos ó dobladillos con sus bordes contiguos. Las chapas superiores cubren á las inferiores en 8 ó 12 *mm.*, en la misma forma en que lo hacen las tejas. Cuando las chapas son onduladas, se sitúan las ondulaciones en la dirección de la línea de máxima pendiente de la vertiente, fijándolas á las correas de un modo análogo al expuesto para el caso anterior, y cubriendo ó solapando lateralmente la primera ondulación de una chapa á la última de la contigua.

ARTICULO IV

CONSERVACIÓN Y REPARACIÓN DE LAS OBRAS

294. **Ideas generales.**—Todas las obras se encuentran expuestas á la acción 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 extensión. El constructor debe, pues, conocer estas diversas causas de destrucción, para anular su efecto, ó por lo menos atenuarle, reparando en todo caso los defectos ó alteraciones que puedan ocasionar en una construcción cualquiera.

Á ser posible, se deben corregir las degradaciones, aunque no sean de mucha importancia, á medida que aparezcan en la construcción y de una manera continua, recibiendo este trabajo el nombre de *conservación*; 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 antes de proseguir esta operación en las demás partes, que es lo que constituye su *reparación*. Se ve, por lo tanto, que el trabajo de conservación es en esencia el mismo que el de reparación, si bien éste es siempre más importante y costoso al cabo de cierto tiempo, y por lo tanto, menos recomendable.

295. **Muros.**—La reparación más frecuente en los muros es el rejuntado, que se practica de la misma manera expuesta más atrás (122). Cuando aparecen rotas ó inútiles algunas piedras ó ladrillos aislados del paramento, se extraen por completo, quitando el mortero antiguo que haya en el hueco que resulte, y colocando, por último, una nueva piedra ó ladrillo, teniendo antes cuidado de revestir las paredes de la oquedad con buen mortero fresco. En el caso de que aparezcan en las juntas hierbas, se las arranca con la mayor parte que sea posible de la raíz, y se repasa la junta con mortero de buena calidad y bien alisado.

Si hay que reponer el revoque ó enlucido de un muro, se comienza por limpiar y dejar aparente la fábrica que cubría, descarnando las juntas y recortando el contorno de la parte que haya de quedar subsistente. Una vez limpia y humedecida la superficie, se procede á colocar el material como se dijo más atrás (123), cuidando de unirle bien al paramento del nuevo y al enlucido inmediato que ha quedado subsistente.

Si un muro se encuentra atacado por la humedad se empieza por quitar el revoque de la parte deteriorada, sobre la cual se aplica, bien caliente, un líquido obtenido hirviendo brea de gas hasta que se reduzca como á la mitad de su volumen. Se da una segunda capa después de enfriada la primera y encima se coloca el revoque de yeso, cemento ó mortero ordinario.

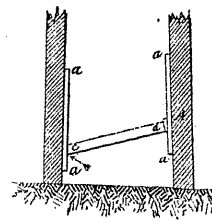
Cuando la humedad del muro proviene del suelo en que se apoya, se establece á lo largo del paramento y algo más bajo

que los cimientos un tubo de drenaje ó avenamiento que vierta al exterior las aguas absorbidas, ya sea conduciéndolas á cierta distancia, ya llevándolas á un pozo abierto con este objeto. Á veces se colocan dos tubos de drenaje, uno en cada paramento.

Si la humedad del suelo fuera poco considerable, bastará revestir las caras del cimiento, hasta unos 20 *cm.* por encima de la superficie del suelo, con una capa de cemento puesta, como se dijo al tratar de la contrarrosca de las bóvedas (237). Puede combinarse este sistema con el previo saneamiento del terreno, como se acaba de decir.

En el caso de que la humedad del muro provenga de las tierras que sostiene, se abren mechinales haciendo con barrenas taladros en el muro, y si esto no basta se coloca entre el muro y el terraplén que sostiene uno ó más tubos de drenaje ó bien una capa filtrante formada con grava ó piedra partida, según se ha dicho en otra ocasión (201).

Cuando los muros han perdido su aplomo y amenazan caer, ya sea por asentos desiguales en la fundación, ya por un empuje exterior, se puede en algunos casos volverlos á la posición conveniente, siempre que se tengan varios 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, gruesos tablones *aa* (fig. 294), entre los que se establece una fuerte pieza



(Fig. 294.)

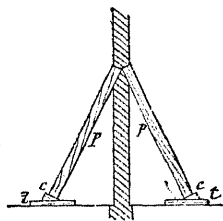
ligeramente inclinada *cd*, la cual se va comprimiendo convenientemente por uno de sus extremos, con palancas, crics ú otros medios parecidos, tratando de situarla en una posición más próxima á la horizontal que antes tenía. Á medida que esta pieza, ó las varias que se hayan podido establecer, experimentan este esfuerzo, tienden á empujar el muro *A* en la dirección conveniente para que recobre su primitiva posición. En esta operación debe cuidarse de que el esfuerzo actúe de una manera regular y sin choques ni sacudidas. Este medio es bas-

tante poderoso para los muros ordinarios ó paredes 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 y paredes, provienen, por lo regular, de asientos desiguales en la fábrica de que se componen, ó en el suelo sobre que descansa su fundación. Cuando se manifiesta este accidente, es preciso observar con cuidado y durante algún tiempo, que pueden ser varios meses, si las grietas van aumentando ó si han llegado al máximo de su abertura, y á conseguir este fin el medio preferible consiste en trazar en el paramento varias rectas transversalmente á la grieta y medir y señalar en cada una un ancho constante que comprende la grieta; una vez anotadas estas cifras, se comprueban al cabo de cierto tiempo para ver si han aumentado.

En el caso de que la grieta no aumente, se la puede reparar demoliendo la fábrica á derecha é izquierda; y de tal manera, que sea facil 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 los que formaban la pared, para no alterar la regularidad y aspecto de la obra; pero se eligen los más resistentes y que tengan las mayores dimensiones, para obtener una buena trabazón.

Si el movimiento del muro continúa hasta el punto de temer su caída en un tiempo más ó menos largo, es preciso apelar á medios más enérgicos y reforzar su fundación. Para esto se empieza por sostener el muro por medio de un *apuntalamiento*, que consiste en varias vigas

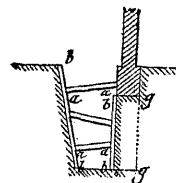


(Fig. 295.)

de madera ó *puntales pp* (fig. 295) poco inclinados respecto á la vertical (de 15° á 25°) que se apoyan por un extremo en el suelo y por el otro se empotran en el muro. Es conveniente que los extremos inferiores de los puntales se apoyen en fuertes tablones *tt*, los cuales reparten su acción sobre una superficie mayor, y que se les

apriete fuertemente por medio de cuñas *cc*, que entran á golpes de maza.

Hecho esto, y por uno de los lados de la fundación, se desmonta el terreno en una longitud de 1 á 2 *m.*, según sea su naturaleza y la profundidad hasta donde se haya de llegar. Este desmonte se corta casi vertical, como se ve en la figura 296, y se mantiene en este estado por medio de fuertes piezas



(Fig. 296.)

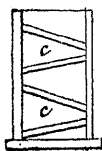
inclinadas *aa*, que apoyan sus cabezas sobre tablones *bb*, los cuales sostienen las paredes de la zanja ó desmonte; y este conjunto de piezas cuya disposición varía según los casos, forma la *entibación* de la zanja. Después se excava el terreno *bbgg* que está por bajo de los cimientos, haciéndolo por partes más ó menos grandes, según sea la naturaleza de la fábrica de la fundación; 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 acufian 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 base de la fundación un gran ensanche y se la une con la antigua por uno ó varios retallos. Cuando se ha reforzado de esta manera una parte del muro se terraplena y apisona bien la parte de zanja correspondiente, y después se hace lo mismo con la parte adyacente, continuándose así por pequeños trozos hasta dotarlo de un nuevo cimiento en toda la extensión que ocupe.

La operación de reforzar ó aumentar los cimientos de un muro, debe hacerse tomando toda clase de precauciones y ejecutando con gran esmero las fábricas, y recibe el nombre de *recalce*.

En algunas circunstancias, en lugar de recalzar el muro de una manera continua, 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 después 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.

Á 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, como se dijo en otro caso (261), cuya carrera atraviesa el muro de parte á parte. Si el muro tiene puertas ó ventanas, se toma la precaución de *acodalarlas* todas, como se ve de frente en la figura 297, colocando dos tablones en las jambas de la



(Fig. 297.)

abertura y apretándolos fuertemente con los cordales 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 separación es muy grande, ó de no serlo, se conoce que existe, si golpeando con un martillo da un sonido sordo y obscuro, al paso que le daría claro y limpio si existiera perfecta unión 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 separación, 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. Á este fin se pueden emplear en la nueva fábrica grandes tizonos 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: también se forman con este objeto en la fábrica antigua taladros ó barrenos horizontales de 5 á 6 *cm.* de diámetro y de 50 á 60 de profundidad, separados entre sí como 1,50 *m.*, 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 disposición que se describió en el núm. 138.

296. **Bóvedas.**—Si una bóveda estuviera en estado ruinoso, ya por encontrarse deterioradas ó destruidas algunas do-

velas, ya por presentar grietas más ó menos grandes, hay necesidad de proceder á su reparación.

En el primer caso, y cuando las dovelas inútiles están aisladas y son poco numerosas, se tienen que reemplazar por otras nuevas, para lo cual se seguirá el mismo procedimiento que se ha expuesto al tratar de los muros para una operación 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 las bóvedas.

Si el número de dovelas deterioradas fuese grande, ó formase zonas continuas, de tal manera que pudiera temerse la caída de la obra durante las operaciones de la reparación, sería preciso sostenerla ó apelarla; 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 presión 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 separan, se apela al procedimiento llamado de *inyección*. Este consiste en limpiar y lavar, en cuanto sea posible el interior de la grieta con una jeringa, y después 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 inyección el aire interior sale por los agujeros superiores ó por el que se inyecta el mortero, para lo cual se cuida de no tapanlo por completo al colocar la bomba, y se repite esta operación en el mismo agujero hasta que el mortero salga por el inmediato superior ó hasta que no se pueda in-

yectar más. De la misma manera se sigue con los demás agujeros hasta llegar á la extremidad superior de la grieta.

*297. **Obras de madera.**—Las partes de las piezas de madera que se deterioran con más rapidez, son las que forman su recíproca unión ó ensamblaje, y por lo tanto es preciso examinarlos cuidadosamente y asegurarse de su estado de conservación, para lo cual se practica una incisión con el cincel, ó un pequeño taladro con la barrena.

En general se hace uso de la brea ó pintura para conservar las maderas empleadas en las obras, aplicando estas substancias con las precauciones indicadas en otro lugar (96); pero si la putrefacción de la madera estuviese tan adelantada que fuera preciso renovar varias de las piezas, conviene hacer esta operación 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 antes había, se adopta otra especie distinta entre los que se estudian en el corte de maderas y que convenga á cada caso particular.

Cuando la reparación haya de tener lugar en grandes obras de madera, como puentes, cubiertas, etc., hay necesidad muchas veces de sostenerlas ó apearlas durante los trabajos, á cuyo fin se hace uso de piezas provisionales, que presentan suma variedad en su disposición, si bien se debe siempre tratar de que tengan suficiente resistencia y de que su establecimiento y demolición sea lo más fácil posible.

Á 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, escuadras, cantoneras, etc., cuya forma y colocación varían extraordinariamente en cada caso.

298. **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 conservar en buen estado ó de reponer el mortero sobre que asientan varias de las cobijas, y más particularmente las que forman los caballetes

y lima-tesas, y otro tanto debe hacerse con las canales y lima-hoyas, en las que se acumula más ó menos cantidad de agua durante las lluvias. Estas últimas deben estar constantemente limpias para dejar libre el paso de las aguas, sin cuya condición se forman fácilmente goteras, por las que se infiltra el agua al entablonado inferior, que se 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 extensión. Cuando la cubierta es de chapas 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 tendría que reemplazar con otras nuevas.

Aunque en la conservación y reparación de las obras entran otras varias operaciones á más de las indicadas, éstas puede decirse que son las de mayor importancia y de más frecuente aplicación.

*299. **Señales de ruina de los edificios.**—Son indicios de estado de ruina inminente en un edificio que las paredes de fachadas se encuentren desplomadas ó salientes hacia afuera la mitad de su grueso, ó cuando aparecen con un fuerte bombeo.

Igual peligro existe cuando haya grietas ó movimiento de giro ó resbalamiento, ó bien desprendimientos sensibles de tierras, arenas ó yeso, especialmente cuando circulen cerca carruajes. Lo mismo ocurre si existe una grieta próximamente horizontal que atraviesa el grueso del muro y aparece por el otro lado más alta en la mitad próximamente del grueso del mismo. Por último, si se presentan grietas verticales ú oblicuas que cojan todo el grueso del muro dividiéndole en trozos, y alguno de éstos aparece saliente ó entrante respecto á los contiguos.

Siempre que en los arcos y bóvedas la clave y los arranques resbalan en sentido contrario; cuando en la clave, riñones y arranques se manifiestan grietas que se ensanchan, ó

bien si la parte superior descende girando sobre el trasdós y las partes inferiores resbalan hacia el trasdós, hay peligro de ruina.

También hay peligro cuando los pies derechos ó columnas de hierro forjado formen una curva cuya ságita sea igual á la mitad del grueso ó diámetro del apoyo; cuando formen curvas inferiores y alternadas respecto á la vertical que pasa por el eje, y cuando su parte superior se haya desviado de la vertical en la mitad de su grueso.

En los entramados verticales de las paredes, en los horizontales de los suelos y en los inclinados de las armaduras, es peligroso que los ensamblajes se encuentren fuera de sus cajas, estén rotas las espigas, ó los clavos y gatillos aparezcan doblados, y que cualquier pieza horizontal forme hacia abajo una curva cuya flecha llegue á $\frac{1}{2}$ de la altura de la pieza.

*300. **Demoliciones.**—Se llevan á cabo en sentido inverso á como se verificó la construcción, empezando por quitar los materiales que se colocaron los últimos y tomando precauciones para impedir desprendimientos peligrosos.

La demolición de las bóvedas en cañón puede hacerse por secciones paralelas á las cabezas ó por hiladas. En el primer caso no presenta ninguna dificultad; pero en el segundo hay que establecer previamente los apeos necesarios, á fin de impedir que al quitar la hilada de clave ó cualquiera de las superiores se desprendan las demás.

La sillería, el sillarejo y hasta el ladrillo de las demoliciones, se suele limpiar y almacenar. En estas condiciones es aprovechable para la construcción de otras obras.

APENDICE PRIMERO

Nociones de estabilidad de las construcciones.

301. **Consideraciones generales.**—Atendido el carácter 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 para este objeto, los que, comprobados por la experiencia, proporcionan dimensiones suficientes para dotar á las obras de una completa estabilidad y resistencia.

302. **Determinación de la resistencia de un sólido á la compresión y á la tensión.**—Cuando se somete un sólido á un esfuerzo de tensión, el cuerpo se alarga ó estira; y si sus moléculas llegan á separarse lo bastante, el sólido se rompe. Es, pues, necesario en la construcción que los materiales estén sometidos á esfuerzos menores que los que ocasionan su rotura, recibiendo éstos el nombre de *esfuerzos de rotura*. Si el esfuerzo va creciendo desde cero, llegará á un cierto punto en que la elasticidad del cuerpo se altere, punto que se llama *límite de elasticidad de la materia*, al cual no debe llegarse en la práctica, y el esfuerzo menor que el que produce este límite se llama *carga permanente*.

Sólo por experimentos se ha deducido la carga permanente á que se pueden someter los materiales, y se admite para la generalidad de los casos que es igual á $\frac{1}{10}$ de la carga de rotura.

Supongamos una varilla vertical de un material conocido, sujeta por su extremo superior y sometida por el otro á la acción de un peso. Llamando *R* á la carga permanente que se

puede aplicar á la unidad de superficie de su sección transversal, y representando el área de esta sección por ω , tendremos que el esfuerzo total P que experimenta será

$$P = R\omega \dots (1).$$

Todo lo que hemos dicho respecto á la tensión se puede aplicar al caso de la compresión, siendo por lo tanto aplicable la fórmula anterior.

Esta fórmula nos proporciona el medio de resolver los tres problemas siguientes:

1.º Dada una varilla de sección y de material conocidos, determinar el peso que puede sostener. ($P = R\omega$)

2.º Dada una varilla de sección conocida y sobre la que actúa un peso determinado, deducir la carga por unidad á que se la pueda someter en buenas condiciones de resistencia. ($R = \frac{P}{\omega}$)

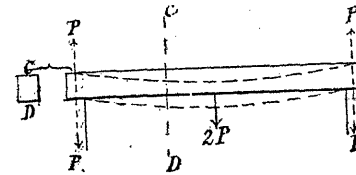
3.º Dado el material de que se compone la varilla y conocido el esfuerzo que ha de resistir, determinar su sección transversal. ($\omega = \frac{P}{R}$)

Otro fenómeno que producen las fuerzas que actúan sobre un cuerpo es el alargamiento de éste, el cual se ha visto por experimentos que es proporcional á la fuerza P y á la longitud L del cuerpo, é inversamente proporcional á la sección ω ; por lo tanto, llamando l dicho alargamiento y E un coeficiente constante, que se denomina *coeficiente de elasticidad*, tendremos para la fórmula del alargamiento

$$l = \frac{PL}{E\omega} \dots (2).$$

303. Dimensiones de una viga apoyada horizontalmente en sus dos extremos y cargada de un peso en su centro.—Sea la viga considerada de sección rectangular CD la representada en dos proyecciones en la fig. 298. Llamemos $2P$ al peso que carga en el centro, $2a$ á la longitud de la viga y b y h sus dimensiones transversales en ancho y alto. En vir-

tud del peso central, se doblará la viga, alargándose las fibras de la parte inferior y acortándose las de la superior, y la fibra que pasa por el centro de la sección transversal permanece de longitud invariable, por lo que se llama *fibra neutra*; las fibras que se alargan experimentan esfuerzos de tensión, y las que se acortan de compresión.



(Fig. 298.)

Podemos suponer que la fuerza central $2P$ se descompone en otras dos, aplicadas respectivamente en los puntos de apoyo, y para que haya equilibrio han de desarrollar estos puntos reacciones iguales y contrarias á P . Llamando M el momento de esta reacción con respecto á un punto cualquiera de la viga, como el de la sección CD , por ejemplo; v la distancia que hay desde la fibra que se considera á la fibra neutra, é I una cantidad conocida con el nombre de *momento de inercia de la sección*, cuyo valor es $I = \frac{1}{12}bh^3$, tendremos que el esfuerzo que experimenta la fibra que se considera en la sección CD , ó sea la carga que resista, será

$$R = \frac{Mv}{I} \dots (3).$$

Las fibras estarán más próximas á romperse cuando R adquiera el mayor valor, y esto tendrá lugar cuando M sea lo mayor posible, que es cuando $M = Pa$; luego todas las fibras, y la viga por lo tanto, tenderá á romperse por su sección central. La fibra que experimente mayor tensión será aquella en que v sea mayor, y este máximo es $v = \frac{h}{2}$. Poniendo estos valores en la ecuación (3), tendremos

$$R = \frac{Pa \frac{h}{2}}{\frac{1}{12}bh^3} = \frac{6Pa}{bh^2} \dots (4).$$

Por medio de esta ecuación se pueden resolver los dos problemas siguientes:

1.º Conocidas las dimensiones de una viga y el peso que actúa en su centro, determinar su resistencia.

$$\left(R = \frac{6Pa}{bh^2} \right)$$

2.º Conocida la longitud de una viga, el peso que actúa en su centro y la carga permanente del material, determinar las dimensiones de su sección transversal. En la ecuación anterior todo se conoce menos b y h ; y como las vigas resisten más puestas de canto que de plano, se hace siempre que $h > b$; admitiéndose en la práctica que la relación entre estas dos dimensiones, cuando la viga es de madera, es $b = 0,71 h$.

304. **Dimensiones de una viga apoyada horizontalmente en sus dos extremos y cargada de pesos uniformemente repartidos en toda su longitud.**—Supongamos que p es la carga por unidad de longitud de la viga; la carga total será $2pa$ y la reacción en cada extremo pa . El momento máximo será $M = \frac{1}{2}pa^2$, y tendremos

$$R = \frac{\frac{1}{2} pa^2 \frac{h}{2}}{\frac{1}{12} bh^3} = \frac{3pa^2}{bh^2} \dots (5).$$

Lo que nos dice, comparando esta expresión con la (4) que á igualdad de peso es mejor que se encuentre uniformemente repartido sobre la viga, á que esté reunido en el punto medio; puesto que los esfuerzos, en el primer caso, son la mitad de los del segundo.

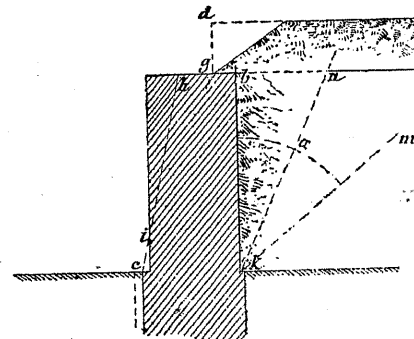
305. **Pieza empotrada en una extremidad y apoyada en la otra.**—Si en la fórmula (3) ponemos por M , v é I sus valores respectivos, suponiendo que la carga es p por unidad

de longitud, resulta para la expresión de la resistencia en una sección de la viga que diste x del punto de empotramiento

$$R = \frac{3p}{bh^2} (2a-x) \left(\frac{a}{2} - x \right) \dots (6).$$

Lo que nos dice que el esfuerzo es nulo en las secciones en que $x=2a$ y $x=\frac{a}{2}$, en las que p pudiera ser infinito.

306. **Determinación práctica del empuje de las tierras.**—El empuje de las tierras que sostienen en muchos casos los muros, depende de la inclinación del talud natural de dichas tierras. Si suponemos que este talud natural sea km . (fig. 299)



(Fig. 299.)

y que el prisma mkb sea de un solo trozo, se mantendrá en equilibrio sin producir ningún empuje sobre el muro $abck$; pero si suponemos un prisma bkn es evidente que producirá por su peso un empuje contra el muro; y si consideramos un prisma muy delgado á lo largo del paramento bk el empuje que produzca contra el muro será menor que el del prisma bkn . Hay por lo tanto entre el prisma que se apoya sobre el talud natural km y el muy delgado junto al paramento bk un prisma que debe producir mayor empuje que los demás, comprendidos entre estos límites.

Llamando Q el empuje de las tierras contra el paramento

Si en la construcción del muro no se hace uso del mortero, formando lo que se llama un muro en 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 indica por la línea de trazos *cih* de la misma figura 299. 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 éste al $\frac{1}{9}$ *ci* de esta altura: correspondiéndole por lo tanto, y á causa del talud, menor espesor en la coronación y algo 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 (7) se convierte en tal caso en

$$e = 0,845 H \sqrt{\frac{\pi}{\pi'}}$$

siendo conocido en esta ecuación el peso del metro cúbico del agua ó π , que es de 1000 *kg*.

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.

El espesor de las ataguías de mampostería se calcula del mismo modo que el de un muro de sostenimiento; observando que π es ahora negativo y que $\pi = 1000$ *kg.*, resulta

$$e = 0,845 (H - h) \sqrt{\frac{1000}{\pi'}}$$

Como delante de la ataguía se suele formar aterramientos,

cuyo empuje es mayor que el del agua, será conveniente hacer $\pi = 1800$ *kg.*, que es el peso medio de las tierras mojadas.

308. **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 significación que la dada más arriba.

309. **Muros ó paredes 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, según 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 entonces 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.

310. **Muros de edificios formados por cuatro paredes cubiertas con un tejado.**—Cuando la armadura del tejado está bien construída, éste sólo carga por su peso sobre los muros, y en tal caso se determina el espesor de éstos por la expresión

$$e = \frac{H}{12} \frac{l}{\sqrt{l^2 + H^2}}$$

siendo *l* el ancho del edificio.

311. **Muros de casas.**—En las casas ó edificios de varios pisos se adoptan los siguientes valores para el espesor de sus diferentes paredes en el piso bajo.

	Paredes de fachada.	Paredes de medianería.	Paredes divisorias.
	Centímetros.	Centímetros.	Centímetros.
En las casas particulares..	40 á 65	42 á 55	32 á 48
En edificios públicos algo considerables.....	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 escalón entrante en cada piso: el ancho de cada escalón suele aumentar con la importancia del edificio y varía desde uno hasta 10 *cm.* 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 les da es variable, y puede reducirse hasta 5 *cm.*

312. **Apoyos aislados.**—Ya se ha visto (195 á 198) que los apoyos aislados tienen por objeto sostener un peso ó carga superior, y en virtud de esto experimentan un esfuerzo de *compresión* más ó menos intenso, al que tiene que contrarrestar para dotar á la obra de la conveniente solidez.

La siguiente tabla contiene los datos que la experiencia ha proporcionado acerca de la resistencia á la compresión de varios materiales.

TABLA de los pesos específicos y de las cargas capaces de aplastar los cuerpos expuestos á una compresión, tales como las columnas ó apoyos aislados, muros, etc., siendo su base ó sección transversal un centímetro cuadrado.

NOMBRE DE LOS CUERPOS	Peso del	Peso que	Peso de que
	decímetro	aplasta las	se las puede
	cúbico ó	piezas por	cargar con
	peso espe-	cm ² de sec-	seguridad
	cífico.	ción.	cuando su
			longitud es
			menor ó igual
			á 12 veces el
			lado
			de la sección.
	Kilogramos	Kilogramos	Kilogramos.
PIEDRAS			
Granito de Guadarrama empleado en Madrid.....	2,50	350	35
Piedra silíceo.....	2,53	460	46
Idem arenisca muy dura.....	2,50	870	87
Idem arenisca blanda.....	2,49	4	0,4
Idem arcillosa.....	2,66	68	6,8
Mármol blanco.....	2,69	310	31
Empleadas en el acueducto de Madrid. / Caliza muy dura.	2,75	468	46,8
/ Idem ordinaria..	2,43	224	22,4
Idem tierna.....	1,82	60	6
Idem inferior que resiste mal al agua.....	1,56	20	2
Ladrillo duro muy cocido...	1,56	150	15
Idem empleado en el acueducto de Madrid.....	1,59	100	10
Idem rojo ó rosado.....	2,17	60	6
Idem mal cocido.....	2,09	40	4
Idem vitrificado.....		100	10
Yeso forjado con agua.....	1,57	50	5
Idem forjado con lechada de cal.....		60	6
Mortero de cal y arena de río.	1,63	35	3,5
Idem de cal y arena de mina.	1,59	40	4
Idem de cemento ó polvo de teja ó ladrillo.....	1,46	48	4,8
Idem de puzolana de Nápoles.	1,46	37	3,7
MADERAS			
Encina fuerte.....	1,00	300 á 400	30 á 40
Idem floja.....	0,90	100	10
Pino de Soria.....	0,48	262	26
METALES			
Hierro forjado.....	7,78	2600	520
Idem fundido.....	7,20	7680	1536
Acero.....	7,82	23520	4704

Cuando la longitud del cuerpo es mayor que 12 veces el lado de la sección 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 sección; á una mitad cuando la relación sea de 24 á 48 veces, y á un séptimo si es de 48 á 60. Los pilotes clavados en el terreno hasta el rechazo, pueden resistir de 30 á 35 kg. y aun más por cada centímetro cuadrado de su sección transversal.

En general se admite que los esfuerzos permanentes á que se pueden someter los materiales en las construcciones, son los siguientes:

Piedras	$\frac{1}{12}$ á $\frac{1}{10}$	de la carga de rotura.
Morteros	$\frac{1}{15}$ á $\frac{1}{12}$	” ”
Maderas	$\frac{1}{10}$ á $\frac{1}{8}$	” ”
Metales	$\frac{1}{6}$ á $\frac{1}{8}$	” ”

Así, por ejemplo, si se trata de un pilar cuadrado de ladrillo, que haya de sufrir una carga de 10.000 kg., y con arreglo á lo que se acaba de exponer y al cuadro anterior se admite para carga de seguridad 6 kg., se dividirá el primer número por el segundo, y el cociente 1667 serán los centímetros cuadrados que deberá tener la sección transversal, y el lado de ésta será la raíz cuadrada del cociente, ó sean en números redondos 41 cm. Si en lugar de ser cuadrada la sección del pilar fuese un rectángulo del que se conociera un lado, se dividiría por éste los 1667 cm² y el cociente daría el valor del lado desconocido. Por último, si la sección fuera circular se determina su diámetro estableciendo la igualdad

$$\pi \frac{d^2}{4} = 1667$$

ó lo que es lo mismo

$$d^2 = \frac{4}{3,14} 1667 = 2123$$

y extrayendo la raíz cuadrada, resulta aproximadamente

$$d = 46 \text{ centímetros.}$$

Las cifras que se insertan á continuación pueden utilizarse para las edificaciones ordinarias.

Tabla de las cargas admitidas en la construcción, en Berlin.

MATERIALES	KG. POR CM ² .			MATERIALES	KG. POR CM ² .		
	TRACCIÓN	COMPRESIÓN	CORTANTE		TRACCIÓN	COMPRESIÓN	CORTANTE
Hierro forjado	750	750	525	Fábrica de ladrillo con cal ordinaria	—	—	—
Palastro de hierro	750	750	525	Buena fábrica de ladrillo con cemento	—	11	—
Alambre de hierro	1200	—	190	Fábrica superior de ladrillo con cemento	—	12	—
Fundición	250	3000	2200	Ladrillos porosos, poco cocidos, para dovelas	—	3	—
Acero fund. ° templado	3000	66	—	Id. bien cocidos	—	6	—
Encina	120	66	—	Toba	—	6	—
Fresno	120	66	—	Piedra artificial com- puesta de cemento, escorias y arena fina	—	—	12
Haya	120	60	—	Terreno bueno para edificar por m ²	—	—	35000
Pino	80	50	—				
Abeto	60	75	—				
Vidrio	—	75	—				
Basalto	—	45	—				
Granito	—	25	—				
Caliza	—	24	—				
Marmol	—	16	—				
Arenisca roja	—	22	—				
Id. más clara	—	—	—				

Pilotes.—La cabeza de un pilote hincado al rechazo puede soportar con seguridad una carga de 30 á 35 *kg.* por *em*².

En la siguiente tabla se consignan los diámetros en *cm.* y las cargas de seguridad en *kg.*, de los pilotes:

Diámetro.	Carga.	Diámetro.	Carga.	Diámetro.	Carga.
10	2500	20	10400	30	23000
12	3800	22	12800	32	26500
15	5800	25	16800	35	31600
18	8400	28	20000	40	41000

SECCIÓN DE LA PIEZA	FÓRMULAS
Rectángulo...	$p=20000 \frac{ab^2}{l^2}$
Cuadrado.....	$p=20000 \frac{c^4}{l^2}$
Círculo.....	$p=12400 \frac{d^4}{l^2}$

Postes de madera.—La carga de seguridad *p* en *kg.*, que pueden soportar, se expresa en las siguientes fórmulas:

Siendo *a* y *b* la mayor y menor dimensiones de la es-cuadría, *c* el lado del cua-drado, *d* el diámetro del cír-culo y *l* la longitud del poste,

expresadas todas estas dimensiones en centímetros.

Columnas de hierro.—En la siguiente tabla se insertan las cargas de seguridad en *kg.*, que pueden soportar las columnas de hierro fundido y forjado:

<i>l</i> <i>D</i>	RESISTENCIA POR MM ²		<i>l</i> <i>D</i>	RESISTENCIA POR MM ²	
	Fundición.	Hierro,		Fundición.	Hierro.
10	10	6	35	2,3	2,7
15	7	4	40	1,8	2,5
20	5,5	3,6	45	1,5	2,2
25	4,4	3,4	50	1,3	1,9
30	3,5	3,2	55	1,1	1,8
35	2,8	3	60	1,0	

Siendo *l* y *D* la longitud y diámetro de la columna.

En las columnas huecas de fundición se adoptan los siguientes espesores:

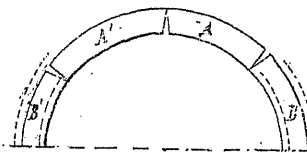
Alturas (en metros).....	2 á 3	3 á 4	4 á 6	6 á 8
Espesores (en milímetros.....)	12	15	20	25

313. **Coefficiente de estabilidad de los muros.** — Generalmente se aumentan los espesores de los muros obtenidos por las fórmulas, multiplicándolos por un coeficiente, llamado *coeficiente de estabilidad*, cuyo valor varía entre $\frac{5}{4}$ y $\frac{4}{3}$, á fin de dotarlos de una seguridad completa.

314. **Diversas clases de rotura de una bóveda.**— Cuando se inicia en una bóveda la rotura, tiende á dividirse en cuatro partes: dos que se dirigen á caer hacia adentro y otras dos que se mueven hacia afuera, empujadas por las primeras. Las dos que se mueven hacia adentro pueden hacerlo, ya girando sobre las partes inferiores, ya resbalando á lo largo de la hilada de rotura; y las dos partes que se mueven hacia afuera lo verifican girando ó resbalando sobre la parte inferior. De aquí los cuatro casos principales de rotura, que son:

1.º *Empuje y resistencia por rotación* (fig. 300). Los trozos *A* y *A'* se apoyan entre sí y giran alrededor de la arista de trasdós de la clave, y sobre los inferiores lo hacen alrededor las generatrices de intradós. Los *B* y *B'* giran alrededor de las aristas de trasdós de los arranques y salen hacia afuera.

2.º *Empuje por rotación y resistencia por traslación* (figura 301). Los trozos *A*, *A'* se mueven como en el caso anterior;



(Fig. 301.)

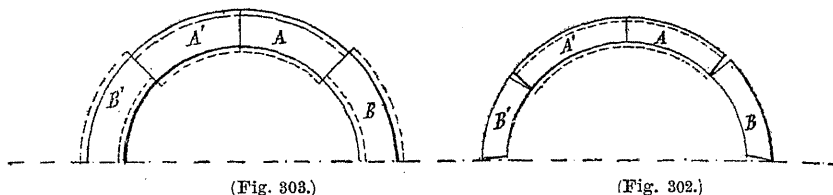


(Fig. 300.)

pero los *B*, *B'* deslizan sobre la base inferior, dirigiéndose hacia afuera, como aparece de trazos.

3.º Empuje por traslación y resistencia por rotación (figura 302). Los trozos *A*, *A'* empujan deslizándose al interior, al paso que los *B*, *B'* salen hacia afuera, girando alrededor de su generatriz de trasdós inferior.

4.º Empuje y resistencia por traslación (fig. 303). *A* y *A'*



deslizan hacia adentro y hacen separar á *B* y *B'* deslizando también.

El primer caso es el que se presenta más frecuentemente en las bóvedas que más se emplean, como las de medio punto, escarzanas y carpaneles; el segundo se presenta solamente en las carpaneles; el tercero en las que tienen mucho espesor en la clave y poco en los arranques, y el cuarto en las que tienen mucho espesor en toda su extensión.

315. **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.

También puede determinarse el espesor de la clave en una bóveda de cualquiera de las tres clases citadas, haciendo uso de la fórmula

$$e = n \sqrt{R}$$

siendo *R* la magnitud del radio de curvatura del intradós en el punto más alto ó en la clave, y *n* una constante, cuyos valores son los siguientes:

ARCOS AISLADOS		SERIES DE ARCOS	
Sillería.....	<i>n</i> = 0,30	Sillería.....	<i>n</i> = 0,35
Ladrillo.....	<i>n</i> = 0,40	Ladrillo.....	<i>n</i> = 0,45
Mampostería.....	<i>n</i> = 0,45	Mampostería.....	<i>n</i> = 0,50

La siguiente fórmula que he obtenido por comparación y que es fácil de recordar, da generalmente para espesor en la clave, resultados intermedios á los de las dos anteriores:

$$e = 0,35 + 0,035 (l-f),$$

siendo *l* y *f* la luz y la flecha, en metros, de la bóveda de sillería. El espesor en los arranques se hace ordinariamente igual á 1,75 *e*. Cuando la bóveda es de ladrillo se aumentan en ²/₁₀ los resultados anteriores.

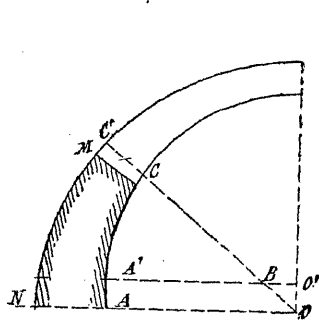
Si en vez de una sola bóveda, como hemos supuesto, hubiera varias contiguas, se aumentan en ¹/₁₀ los valores obtenidos.

316. **Trazado de las curvas 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. 304), se ha seguido el sistema de trazar 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 después desde el centro *O*, una recta cualquiera *OC*, que corta en *B* á la recta *O' A'*, y tomando desde *C* en la prolongación de *OC* la distancia *CC' = OB*, se tendrá el punto de trasdós *C'* correspondiente al *C*.

Cuando las curvas de intradós sean carpaneles ó elípti-

cas (fig. 305), se toma sobre la vertical del centro de la clave una longitud AO igual al radio de curvatura en aquel punto

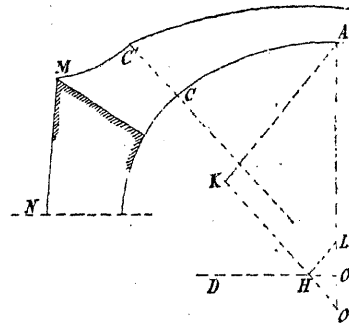


(Fig. 304.)

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 radio de curvatura del intradós en el punto C ; uniendo el punto K con el A , y trazando desde H , intersección 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 solo se toma 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, (figuras 304 y 305) se enlaza con el N , que corresponde al espesor del estribo, y que se fijará después, ya por una serie de escalones, ya por una recta inclinada, ya por un arco.

También se determina el trasdós tomando á derecha é izquierda de la luz la magnitud $AN = 1,75 e$ (fig. 304), y haciendo pasar un arco de círculo por estos dos puntos y el superior del espesor en la clave. Si el intradós es carpanel, se traza otra curva del mismo género por los dos puntos de



(Fig. 305.)

los arranques y el extremo superior de la clave, determinados como en el caso anterior.

Estas curvas de trasdós pueden aparecer en los frentes de la bóveda, ó pueden sustituirse por varias líneas horizontales y verticales, para que las dovelas se enlacen bien con los sillares ó ladrillos de los tímpanos.

317. **Espesor de los estribos.**—Las fórmulas prácticas que sirven para calcular el espesor de los estribos, según sea la naturaleza del arco de intradós de la bóveda, son las siguientes:

$$\text{ARCO ESCARZANO} \dots E = (0,33 + 0,212d) \sqrt{\frac{h}{H} \times \frac{d}{f+e}}$$

$$\text{ARCO DE MEDIO PUNTO} \dots E = (0,60 + 0,162d) \sqrt{\frac{h+0,25d}{H} \times \frac{0,865d}{0,25d+e}}$$

$$\text{ARCO CARPANEL} \dots E = (0,43 + 0,154d) \sqrt{\frac{h+0,54b}{H} \times \frac{0,84d}{0,465b+e}}$$

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 vertical 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 terraplén, que en muchos casos de aplicación cubre á la bóveda, y cuya altura ordinariamente es de 60 cm. en los puentes; así es que se tiene por punto general $H = h \times f + e + 0,60$.

También se hace uso de la fórmula práctica.

$$E = 0,40 d \sqrt{\frac{1}{f}} + 0,05 f + 0,20 h.$$

318. **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 menos el peso de los dos semiarcos inmediatos; pero en la práctica se les da

ordinariamente de espesor, unas veces de $\frac{1}{6}$ á $\frac{1}{7}$ de la luz de los arcos, y otras el doble del espesor de la clave, más un cuarto ó más un medio. En algunos casos se reduce este espesor hasta $\frac{1}{10}$ de la luz de los arcos.

Muchas veces se emplea la fórmula

$$E = 2,50 e + 0,10 h,$$

representando e y h lo mismo que en las fórmulas precedentes.

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 se dijo en otro lugar (239). Se puede hallar el espesor que necesita 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.

En los puentes de ferrocarriles se suele adoptar la regla siguiente en la determinación de sus dimensiones:

Para luces de 8 á 21 metros siendo L la luz;

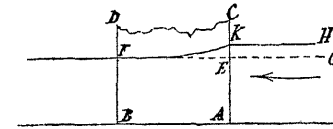
Flecha de.....	$\frac{L}{6}$ á $\frac{L}{5}$
Espesor de la bóveda de.....	$\frac{L}{18}$ á $\frac{L}{15}$
Espesor de los estribos de.....	$\frac{L}{5}$ á $\frac{L}{4}$
Espesor de las pilas de.....	$\frac{L}{7}$ á $\frac{L}{6}$
Talud (si existe).....	$= \frac{1}{12}$

319. **Puentes de fábrica.**—Las dimensiones de las partes principales de un puente de fábrica, se determinan exactamente de la manera que se acaba de exponer 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 (figura 306) representa la proyección de una pila sobre un plano vertical paralelo á la corriente, y GEF la inclinación de la superficie del agua antes de construir el puente: á consecuencia del estrechamiento de que se ha



(Fig. 306.)

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 antes de construir el puente, tal como aparecería 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 después de construir el puente; I la inclinación del agua por medio 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 9,80 m. En este supuesto, la fórmula

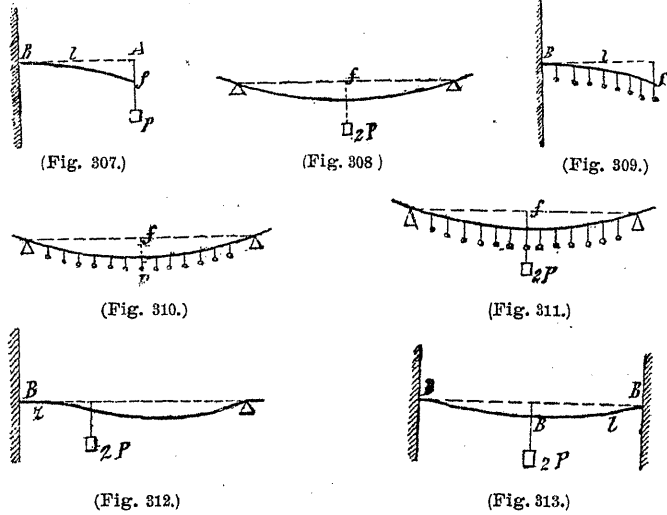
Llamemos Ω el área de la sección transversal del río antes de construir el puente, tal como aparecería en el plano vertical AC perpendicular al de la figura; V , la velocidad media que en este caso tendría el agua; ω el área de la sección después de construir el puente; I la inclinación del agua por medio 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 9,80 m. 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 sección 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 inclinación uniforme an-

tes de construir el puente, se transforma después de construído 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 menos grande: por la parte de aguas abajo, la nueva superficie se une á la primitiva en el punto *F*.

330. **Obras de madera.**—Cuando las piezas de madera sólo sufren esfuerzos en dirección de sus ejes, experimentan únicamente una presión ó una tensión; pero si la dirección 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 flexión. Entre las diversas posiciones que pueden afectar las piezas de madera en una construcción, expondremos á continuación las más frecuentes, señalando las fórmulas que en cada caso determinan la flexión 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.)



DISPOSICIÓN DE LAS PIÉZAS	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 <i>P</i> en la otra extremidad (fig. 307).....	$P = \frac{\sigma}{l}$	"	$f = \frac{Pl^3}{\epsilon}$
2. Pieza descansando horizontalmente sobre dos apoyos y cargada en el medio de un peso <i>2P</i> (fig. 308).....	$2P = \frac{2\sigma}{l}$	<i>P</i>	$f = \frac{Pl^3}{\epsilon}$
3. Pieza empotrada horizontalmente y cargada uniformemente de pesos <i>p</i> cuya suma es <i>pl</i> (fig. 309).....	$pl = \frac{2\sigma}{l}$	"	$f = \frac{pl^3}{\epsilon}$
4. Pieza descansando horizontalmente sobre dos apoyos y cargada uniformemente de pesos <i>p</i> (fig. 310).....	$2pl = \frac{4\sigma}{l}$	<i>pl</i>	$f = \frac{pl^3}{\epsilon}$
5. Pieza descansando horizontalmente sobre dos apoyos, cargada como el medio (fig. 311).....	$2P + pl = \frac{2\sigma}{l}$	<i>P + pl</i>	$f = \frac{Pl}{\epsilon} + \frac{pl^3}{\epsilon}$
6. Pieza empotrada horizontalmente por una extremidad, descansando por la otra sobre un apoyo y cargada de un peso <i>2P</i> distando <i>z</i> del punto de empotramiento (fig. 312).....	$2P = \frac{8\sigma l^2}{z(z^2 - 6lz + 8l^2)}$	$\frac{2P^2(6l-z)}{16l^3}$	$f = \frac{Pz^2}{\epsilon} - \frac{2l(z-z)}{6l-z} \sqrt{\frac{2l-z}{6l-z}}$
7. Pieza empotrada horizontalmente en sus dos extremos y cargada en el medio del peso <i>2P</i> (fig. 313).....	$2P = \frac{4\sigma}{l}$	"	$f = \frac{Pl^3}{\epsilon}$

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. 314).



(Fig. 314.)

$$\epsilon = 1000.000000 \frac{ab^3}{12}.$$

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

$$\sigma = 1.000000 \frac{ab^3}{6},$$

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 m., y teniendo la sección transversal de la pieza 10 cm. de ancho por 14 de altura, tendremos aplicando las fórmulas del 2.º caso consignado en el cuadro

$$2P = \frac{2\sigma}{l} = \frac{2 \times 1.000000 \frac{0,1 \times 0,0196}{6}}{2} = 326,67 \text{ kg.}$$

Para determinar la flecha que esta carga causaría, tendríamos la expresión

$$f = \frac{163,33}{1000.000000} \frac{0,1 \times 0,002744}{12} \times \frac{8}{3} = 0,0071 \text{ m.}$$

próximamente.

En este ejemplo se ha prescindido del peso propio de la

pieza; pero si se quisiera tener en cuenta, como debe hacerse, apelaríamos al 5.º caso del cuadro anterior. Para conocer el peso propio de la pieza, sabemos que su volumen por metro de longitud es $0,1 \times 0,14 \times 1 = 0,014 \text{ m}^3$, ó sean 14 decímetros cúbicos; y si la madera suponemos que es de pino de Soria, cuya densidad es de 0,48 (311), tendremos que el peso buscado por metro lineal será $14 \times 0,48 = 6,72 \text{ kg.}$, y la fórmula referida se convertirá en

$$2P + 2 \times 6,72 = \frac{2 \times 1.000000 \frac{0,1 \times 0,0196}{2}}{2} = 326,67;$$

de donde

$$2P = 326,67 - 13,44 = 313,23 \text{ kg.}$$

La flecha será en este caso

$$\begin{aligned} f &= \frac{163,33}{1000.000000} \frac{0,1 \times 0,002744}{12} \times \frac{8}{3} \\ &+ \frac{6,72 \times 2}{1000.000000} \frac{0,1 \times 0,002744}{12} \times \frac{5 \times 8}{24} \\ &= 0,0071 + 0,00098 = 0,00808 \text{ m.;} \end{aligned}$$

y la carga que experimentará cada apoyo tendrá por valor

$$163,33 + 6,72 \times 2 = 176,77 \text{ kg.}$$

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 transversales 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

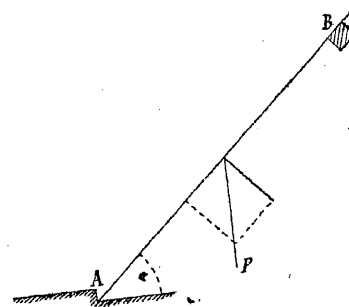
$$ab^2 = \frac{6 Pl}{1.000000};$$

en cuya ecuación se conoce el segundo miembro; y para deducir los dos factores del primero, hasta establecer que los dos lados contiguos del rectángulo que forma la sección transversal de la pieza de madera guarden entre sí una cierta relación, como se consignó en el cuadro inserto en el núm. 93. 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 ecuación 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 inclinación AB (fig. 315), se podrán admitir para las aplicaciones prácticas y siempre que el ángulo de inclinación con la horizontal no exceda de 45° , las mismas fórmulas expuestas 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 determinación de las dimensiones de los pares que entran á formar los cuchillos de las cubiertas; pero si se quiere simplificar aun más las operaciones para esta última clase de obras, se puede dar para lado de la sección transversal de los pares $\frac{1}{15}$ de su longitud; al

(1) Cuando una pieza de madera de sección 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.

tirante $\frac{1}{13}$ 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



(Fig. 315.)

longitud; á las viguetas ó correas $\frac{1}{12}$ del intervalo de los cuchillos ó cerchas; á la cumbrera 16×18 centímetros; á los cámbios 8×12 centímetros y á las soleras 12×28 centímetros.

APÉNDICE II

Cuadro de las abscisas y ordenadas de un cuadrante de circunferencia, tomando el radio por unidad.

ABSCISAS en función del radio.	ORDENADAS correspondientes en función del radio.	ABSCISAS en función del radio.	ORDENADAS correspondientes en función del radio.
0,00	1,000	0,30	0,953927
0,01	0,999951	0,31	0,950732
0,02	0,999796	0,32	0,947378
0,03	0,999496	0,33	0,943974
0,04	0,999194	0,34	0,940407
0,05	0,998746	0,35	0,936633
0,06	0,998189	0,36	0,932891
0,07	0,997540	0,37	0,929003
0,08	0,996793	0,38	0,924945
0,09	0,995932	0,39	0,920777
0,10	0,994986	0,40	0,916502
0,11	0,993923	0,41	0,912049
0,12	0,992757	0,42	0,907484
0,13	0,991513	0,43	0,902811
0,14	0,990146	0,44	0,897951
0,15	0,988678	0,45	0,892979
0,16	0,987108	0,46	0,887896
0,17	0,985438	0,47	0,882620
0,18	0,983666	0,48	0,877230
0,19	0,981760	0,49	0,871642
0,20	0,979785	0,50	0,866025
0,21	0,977673	0,51	0,860564
0,22	0,975496	0,52	0,854096
0,23	0,973179	0,53	0,847956
0,24	0,970758	0,54	0,841605
0,25	0,968235	0,55	0,835136
0,26	0,965564	0,56	0,828452
0,27	0,962833	0,57	0,821547
0,28	0,959952	0,58	0,814521
0,29	0,957016	0,59	0,807372

ABSCISAS en función del radio.	ORDENADAS correspondientes en función del radio.	ABSCISAS en función del radio.	ORDENADAS correspondientes en función del radio.
0,60	0,800104	0,81	0,586372
0,61	0,792396	0,82	0,572289
0,62	0,784560	0,83	0,557745
0,63	0,776487	0,84	0,542442
0,64	0,768284	0,85	0,526659
0,65	0,759839	0,86	0,510242
0,66	0,751264	0,87	0,493031
0,67	0,742327	0,88	0,474856
0,68	0,733137	0,89	0,455856
0,69	0,723690	0,90	0,435860
0,70	0,714106	0,91	0,414693
0,71	0,704139	0,92	0,391855
0,72	0,693905	0,93	0,367475
0,73	0,683401	0,94	0,341036
0,74	0,672496	0,95	0,312335
0,75	0,661312	0,96	0,279997
0,76	0,649846	0,97	0,242938
0,77	0,637962	0,98	0,199026
0,78	0,625651	0,99	0,140901
0,79	0,613045	1,00	0,000000
0,80	0,609862		

Siendo el origen de las coordenadas el centro de la curva es fácil aplicar este cuadro para trazar una semicircunferencia ó una circunferencia completa.

APÉNDICE III

Cuadro de la longitud de los arcos de círculo, evaluada en partes del radio que se toma por unidad.

GRADUACIÓN de los arcos en grados.	LONGITUD de los arcos en parte del radio.	GRADUACIÓN de los arcos en grados.	LONGITUD de los arcos en partes del radio.
1°	0,01745 32925	31°	0,54105 20681
2	0,03490 65850	32	0,55850 53606
3	0,05235 98776	33	0,57595 86532
4	0,06981 31701	34	0,59341 19457
5	0,08726 64626	35	0,61086 52382
6	0,10471 97551	36	0,62831 85307
7	0,12212 30476	37	0,64577 18232
8	0,13962 63402	38	0,66322 51158
9	0,15707 96327	39	0,68067 84083
10	0,17453 29252	40	0,69813 17008
11	0,19198 62177	41	0,71558 49933
12	0,20943 95102	42	0,73303 82858
13	0,22689 28028	43	0,75049 15784
14	0,24434 60953	44	0,76794 48709
15	0,26179 93878	45	0,78539 81634
16	0,27925 26803	46	0,80285 14559
17	0,29670 59728	47	0,82030 47484
18	0,31415 92654	48	0,83775 80410
19	0,33161 25579	49	0,85521 13335
20	0,34906 58504	50	0,87266 46260
21	0,36651 91429	51	0,89011 79185
22	0,38397 24354	52	0,90757 12110
23	0,40142 57280	53	0,92502 45036
24	0,41887 90205	54	0,94247 77961
25	0,43633 23130	55	0,95993 10886
26	0,45378 56055	56	0,97738 43811
27	0,47123 88980	57	0,99483 76736
28	0,48869 21906	58	1,01229 09662
29	0,50614 54831	59	1,02974 42587
30	0,52359 87756	60	1,04719 75512

GRADUACIÓN de los arcos en grados.	LONGITUD de los arcos en partes del radio.	GRADUACIÓN de los arcos en grados.	LONGITUD de los arcos en partes del radio.
61°	1,06465 08437	76°	1,32645 02315
62	1,08210 41362	77	1,34390 35240
63	1,09955 74288	78	1,36135 68166
64	1,11701 07213	79	1,37881 01091
65	1,13446 40138	80	1,39626 34016
66	1,15191 73063	81	1,41371 66941
67	1,16937 05988	82	1,43116 99866
68	1,18682 38914	83	1,44862 32792
69	1,20427 71839	84	1,46607 65717
70	1,22173 04764	85	1,48352 98642
71	1,23918 37689	86	1,50098 31567
72	1,25663 70614	87	1,51843 64492
73	1,27409 03540	88	1,53588 97418
74	1,29154 36465	89	1,55334 30343
75	1,30899 69390	90	1,57079 63268
GRADUACIÓN de los arcos en minutos.		GRADUACIÓN de los arcos en segundos.	
1'	0,00029 08882	1''	0,00000 48481
2	0,00058 17764	2	0,00000 96963
3	0,00087 26646	3	0,00001 45444
4	0,00116 35528	4	0,00001 93925
5	0,00145 44410	5	0,00002 42407
6	0,00174 53293	6	0,00002 90888
7	0,00203 62175	7	0,00003 39370
8	0,00232 71057	8	0,00003 87851
9	0,00261 79939	9	0,00004 36332
10	0,00290 88821	10	0,00004 84814
20	0,00581 77642	20	0,00009 69627
30	0,00872 66463	30	0,00014 54441
40	0,01163 55283	40	0,00019 39255
50	0,01454 44104	50	0,00024 24068

Para conocer el uso de este cuadro, bastará que le apliquemos al siguiente ejemplo:

Se pide la longitud del arco correspondiente al ángulo en el centro de 25° 30' 45".

El cuadro de grados da para 25°	0,4363323130
El de los minutos da para 30'	0,0087266463
— segundos da para 40"	0,0001939255
— — para 5"	0,0000242407

Arco total 0,4452771255

Si el radio es de 10 m., el arco buscado tendrá una longitud de 4,453 m.

Cuando el ángulo dado sea mayor que 90°, se empieza por restarle 90°, y á la longitud obtenida para la diferencia se añade $\frac{\pi}{2}$.

APÉNDICE IV

Cuadro de la longitud de los arcos de círculo, tomando por unidad la cuerda y midiendo la altura de la flecha en fracciones decimales de la cuerda:

Altura.	Longitud.	Altura.	Longitud.	Altura.	Longitud.
0,100	1,02645	0,132	1,04584	0,164	1,07025
0,101	1,02698	0,133	1,04652	0,165	1,07109
0,102	1,02752	0,134	1,04722	0,166	1,07194
0,103	1,02806	0,135	1,04792	0,167	1,07279
0,104	1,02860	0,136	1,04862	0,168	1,07365
0,105	1,02914	0,137	1,04932	0,169	1,07451
0,106	1,02970	0,138	1,05003	0,170	1,07537
0,107	1,03026	0,139	1,05075	0,171	1,07624
0,108	1,03082	0,140	1,05147	0,171	1,07711
0,109	1,03139	0,141	1,05220	0,173	1,07799
0,110	1,03196	0,142	1,05293	0,174	1,07888
0,111	1,03254	0,143	1,05367	0,175	1,07977
0,112	1,03312	0,144	1,05441	0,176	1,08066
0,113	1,03371	0,145	1,05516	0,177	1,08156
0,114	1,03430	0,146	1,05591	0,178	1,08246
0,115	1,03490	0,147	1,05667	0,179	1,08337
0,116	1,03551	0,148	1,05743	0,180	1,08428
0,117	1,03611	0,149	1,05819	0,181	1,08519
0,118	1,03672	0,150	1,05896	0,182	1,08611
0,119	1,03734	0,151	1,05973	0,183	1,08704
0,120	1,03797	0,152	1,06051	0,184	1,08797
0,121	1,03860	0,153	1,06130	0,185	1,08890
0,122	1,03923	0,154	1,06209	0,186	1,08984
0,123	1,03987	0,255	1,06288	0,187	1,09079
0,124	1,04051	0,156	1,06368	0,188	1,09174
0,125	1,04116	0,157	1,06449	0,189	1,09269
0,126	1,04181	0,158	1,06530	0,190	1,09365
0,127	1,04247	0,159	1,06611	0,191	1,09461
0,128	1,04313	0,160	1,06693	0,192	1,09557
0,129	1,04380	0,161	1,06775	0,193	1,09654
0,130	1,04447	0,162	1,06858	0,194	1,09752
0,131	1,04515	0,163	1,06941	0,195	1,09850

Altura.	Longitud.	Altura.	Longitud.	Altura.	Longitud.
0,196	1,09949	0,235	1,14136	0,274	1,18969
0,197	1,10048	0,236	1,14247	0,275	1,19082
0,198	1,10147	0,237	1,14363	0,276	1,19214
0,199	1,10247	0,238	1,14480	0,277	1,19345
0,200	1,10348	0,239	1,14597	0,278	1,19477
0,201	1,10447	0,240	1,14714	0,279	1,19610
0,202	1,10548	0,241	1,14831	0,280	1,19743
0,203	1,10650	0,242	1,14949	0,281	1,19887
0,204	1,10752	0,243	1,15067	0,282	1,20011
0,205	1,10855	0,244	1,15186	0,283	1,20146
0,206	1,10958	0,245	1,15308	0,284	1,20282
0,207	1,11062	0,246	1,15429	0,285	1,20419
0,208	1,11165	0,247	1,15549	0,286	1,20558
0,209	1,11269	0,248	1,15670	0,287	1,20696
0,210	1,11374	0,249	1,15791	0,288	1,20828
0,211	1,11479	0,250	1,15912	0,289	1,20967
0,212	1,11584	0,251	1,16033	0,290	1,21202
0,213	1,11692	0,252	1,16157	0,291	1,21239
0,214	1,11796	0,253	1,16279	0,292	1,21381
0,215	1,11904	0,254	1,16402	0,293	1,21520
0,216	1,12011	0,255	1,16526	0,294	1,21658
0,217	1,12118	0,256	1,16649	0,295	1,21794
0,218	1,12225	0,257	1,16774	0,296	1,21926
0,219	1,12334	0,258	1,16899	0,297	1,22061
0,220	1,12445	0,259	1,17024	0,298	1,22203
0,221	1,12556	0,260	1,17150	0,299	1,22347
0,222	1,12663	0,261	1,17275	0,300	1,22495
0,223	1,12774	0,262	1,17401	0,301	1,22635
0,224	1,12885	0,263	1,17527	0,302	1,22776
0,225	1,12997	0,264	1,17655	0,303	1,22918
0,226	1,13108	0,265	1,17784	0,304	1,23061
0,227	1,13219	0,266	1,17912	0,305	1,23205
0,228	1,13331	0,267	1,18040	0,306	1,23349
0,229	1,13444	0,268	1,18162	0,307	1,23494
0,230	1,13557	0,269	1,18294	0,308	1,23636
0,231	1,13671	0,270	1,18428	0,309	1,23780
0,232	1,13786	0,271	1,18557	0,310	1,23925
0,233	1,13903	0,272	1,18688	0,311	1,24070
0,234	1,14020	0,273	1,18819	0,312	1,24216

Altura.	Longitud.	Altura.	Longitud.	Altura.	Longitud.
0,313	1,24360	0,352	1,30315	0,391	1,36767
0,314	1,24506	0,353	1,30474	0,392	1,36939
0,315	1,24654	0,354	1,30634	0,393	1,37111
0,316	1,24801	0,355	1,30794	0,394	1,37283
0,317	1,24946	0,356	1,30954	0,395	1,37455
0,318	1,25095	0,357	1,31115	0,396	1,37628
0,319	1,25243	0,358	1,31276	0,397	1,37801
0,320	1,25391	0,359	1,31437	0,398	1,37974
0,321	1,25539	0,360	1,31599	0,399	1,38148
0,322	1,25686	0,361	1,31761	0,400	1,38322
0,323	1,25836	0,362	1,31923	0,401	1,38496
0,324	1,25987	0,363	1,32086	0,402	1,38671
0,325	1,26137	0,364	1,32249	0,403	1,38846
0,326	1,26286	0,365	1,32413	0,404	1,39021
0,327	1,26437	0,366	1,32577	0,405	1,39196
0,328	1,26588	0,367	1,32741	0,406	1,39372
0,329	1,26740	0,368	1,32905	0,407	1,39548
0,330	1,26892	0,369	1,33069	0,408	1,39724
0,331	1,27044	0,370	1,33234	0,409	1,39900
0,332	1,27196	0,371	1,33399	0,410	1,40077
0,333	1,27349	0,372	1,33564	0,411	1,40254
0,334	1,27502	0,373	1,33730	0,412	1,40432
0,335	1,27656	0,374	1,33896	0,413	1,40610
0,336	1,27810	0,375	1,34063	0,414	1,40788
0,337	1,27864	0,376	1,34229	0,415	1,40966
0,338	1,28118	0,377	1,34396	0,416	1,41145
0,339	1,28273	0,378	1,34563	0,417	1,41324
0,340	1,28428	0,379	1,34731	0,418	1,41503
0,341	1,28583	0,380	1,34899	0,419	1,41682
0,342	1,28739	0,381	1,35068	0,420	1,41861
0,343	1,28895	0,382	1,35237	0,421	1,42041
0,344	1,29052	0,383	1,35406	0,422	1,42222
0,345	1,29209	0,384	1,35575	0,423	1,42402
0,346	1,29366	0,385	1,35744	0,424	1,42583
0,347	1,29523	0,386	1,35914	0,425	1,42764
0,348	1,29681	0,387	1,36084	0,426	1,42945
0,349	1,29839	0,388	1,36254	0,427	1,43127
0,350	1,29997	0,389	1,36425	0,428	1,43309
0,351	1,30156	0,390	1,36596	0,429	1,43491

<i>Altura.</i>	<i>Longitud.</i>	<i>Altura.</i>	<i>Longitud.</i>	<i>Altura.</i>	<i>Longitud.</i>
0,430	1,43673	0,454	1,48131	0,478	1,52736
0,431	1,43856	0,455	1,48320	0,479	1,52931
0,432	1,44039	0,456	1,48509	0,480	1,53126
0,433	1,44222	0,457	1,48699	0,481	1,53322
0,434	1,44405	0,458	1,48889	0,482	1,53518
0,435	1,44589	0,459	1,49079	0,483	1,53714
0,436	1,44773	0,460	1,49269	0,484	1,53910
0,437	1,44957	0,461	1,49460	0,485	1,54106
0,438	1,45142	0,462	1,49651	0,486	1,54302
0,439	1,45327	0,463	1,49842	0,487	1,54499
0,440	1,45512	0,464	1,50033	0,488	1,54696
0,441	1,45697	0,465	1,50224	0,489	1,54893
0,442	1,45883	0,466	1,50416	0,490	1,55090
0,443	1,46069	0,467	1,50608	0,491	1,55288
0,444	1,46255	0,468	1,50800	0,492	1,55486
0,445	1,46441	0,469	1,50992	0,493	1,55685
0,446	1,46628	0,470	1,51185	0,494	1,55884
0,447	1,46815	0,471	1,51378	0,495	1,56083
0,448	1,47002	0,472	1,51571	0,496	1,56282
0,449	1,47189	0,473	1,51764	0,497	1,56481
0,450	1,47377	0,474	1,51958	0,498	1,56680
0,451	1,47565	0,475	1,52152	0,499	1,56879
0,452	1,47753	0,476	1,52346	0,500	1,57079
0,453	1,47942	0,477	1,52541		

Para hacer uso de este cuadro se divide la flecha por la cuerda, buscando el cociente obtenido en la columna titulada *Altura*, y en la inmediata de la *Longitud* aparece un número, que multiplicado por la cuerda resulta la longitud de arco buscada.

APÉNDICE V

Tiempo invertido en la ejecución de diversos trabajos relativos á la construcción.

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 aun en una misma localidad en épocas distintas; pero se conocen facilmente en cada caso de aplicación por los informes que pueden tomarse con este objeto.

La cantidad de trabajo que un operario puede realizar es menos variable, y como términos generales de los resultados obtenidos en numerosos experimentos practicados 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.

INDICACIÓN DE LOS TRABAJOS	RESULTADOS obtenidos por diversos autores. — Horas.	OBSERVACIONES
Apagado de un metro cúbico de cal grasa (0,45 m ³ 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.
Idem id. cal hidráulica (0,62, m ³ cal viva); un peon	10,00	
Fracturación y zaran-deado de 1 m ³ de arcilla cruda; un peon.....	3,33	
Fabricación de 1 m ³ 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.
Idem id. fabricado en tonel:		
La caballería que mueve el arbol.....	2,00	
Un peon.....	3,33	
Fabricación de 1 m ³ de mortero de cal hidráulica.	15,00	Comprendiendo el apagado de la cal, la fabricación del mortero y la mezcla: entra 0,70 m ³ de mortero y 0,70 m ³ de piedra.
Idem id. de hormigón..	16,00	
La mezcla con rastra del mortero y la piedra.....	5,00	

DIVERSAS CLASES DE FÁBRICA

INDICACIÓN DE LOS TRABAJOS	RESULTADOS obtenidos por diversos autores — Horas.	OBSERVACIONES
Extracción de la cantera de 1 m ³ de sillería de granito y de desbaste, un cantero y un auxiliar.....	25,00	
Idem id. de sillarejo con el mismo personal.....	20,00	
Labra poco fina 1 m ² 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 juntas $\frac{1}{3}$ de la de los paramentos:		
Labra fina de 1 m ² de marmol.....	21,00	
Idem id. de granito....	30,00	
Construcción de 1 m ³ 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.
Construcción de 1 m ³ de sillería para apoyos aislados, pilas, etc; un albañil y un peon.....	10,81	0,10 m. cúbicos de mortero.
Idem id. para muros circulares; un albañil, un oficial, un peon y dos auxiliares.....	4,05	
Idem id. para muros rectos, con el mismo personal.	3,33	
Idem 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	Volumen de mortero empleado; 0,001 m. cúbico.

INDICACIÓN DE LOS TRABAJOS	RESULTADOS obtenidos por diversos autores. — Horas.	OBSERVACIONES
Metro cuadrado de labra de paramento visto de sillarejo de arenisca; un cantero.....	12,50	
Metro cuadrado de labra de paramento visto en sillarejo de granito; un cantero.....	22,50	
Construcción de 1 m cúbico de sillarejo: un albañil y dos auxiliares..	5,00	0,20 á 0,25 m. cúbicos de mortero.
Construcción de 1 m cúbico de carretales con mortero: un albañil y su auxiliar.....	9,46	
Construcción de 1 m cúbico de mampostería ordinaria; un albañil y su auxiliar.....	4,50; 5,50; 6,00	0,33 á 0,40 m. cúbicos de mortero.
Mampostería ordinaria en macizos....	5,00	
Idem hasta 3 metros de altura con solo un paramento.....	5,20	
Idem á dos paramentos.	5,40	
Idem en estribos y riñones de bóvedas.....	5,45	
Idem en bóvedas.....	9,00	
Mampostería concertada, con el mismo personal.	7,00; 7,50	
Idem íd. de mampostería en seco; con el mismo personal.....	5,00; 7,50	
Extracción de la tierra para un millar de ladrillos (1,77 m ³); un peon.....	4,00	El volumen 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	

INDICACIÓN DE LOS TRABAJOS	RESULTADOS obtenidos por diversos autores. — Horas.	OBSERVACIONES
Batido y enrejado; dos operarios.....	1,25	
Colocación en el horno; dos operarios y cuatro auxiliares.....	0,63	
Construcción de 1 m cúbico de fábrica de ladrillo; un albañil y su auxiliar..	5,00	No se comprende la sujeción 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, según 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	
Construcción de 1 m cúbico de ladrillo empleando mortero hidráulico; un albañil y su auxiliar....	6,66	
Idem íd. en paredes desde 22 cm de grueso en adelante, comprendiendo colocación de materiales hasta 8 m de altura; un oficial y su auxiliar.....	15,00	0,20 m. cúbicos de mortero.
Idem íd. en bóvedas...	16,00	0,22 ídem íd.
Idem íd. en bóvedas de puentes.....	14,00	0,10 ídem íd.
Construcción de 1 m cuadrado en tabiques de panderete; un oficial y un auxiliar.....	0,80	0,016 m cúbicos de mortero ó yeso.
Idem íd. cítara de sogá ó media asta.....	1,80	0,03 ídem íd.
Idem íd. de asta.....	3,80	0,05 ídem íd.
Metro cuadrado de rejuntado en la fábrica de ladrillo.		
En muros rectos; un albañil.....	1,00	

INDICACIÓN DE LOS TRABAJOS	RESULTADOS obtenidos por diversos autores. — Horas.	OBSERVACIONES
En bóvedas un albañil.. Relleno de 1 m cuadrado de 18 cm de grueso y enlucido; un albañil y un peon.....	1,60 2,10	El espesor del enlucido varía entre 2 y 3 cm.
Preparación para el enlucido de 1 m cuadrado de paramento: un peon.....	1,80	
Colocación y alisado á la llana de 1m cuadrado de enlucido de mortero de cal en paramentos verticales; un albañil y un peon:	1,30	
Idem íd. mortero de cemento.....	1,80	
Un albañil.....	0,90	
Un peon.....	0,90	
Dragado de 1 m cúbico de arena ó fango.....	6,00	
Idem de arena á la profundidad media de 1,50 m.	10,00	
Idem de gravas, cantos y arcillas á la profundidad de 3 metros.....	3,50	
Manipulación de la arcilla; humedecer, colocar y apisonar 1 m. cúbico	4,42 á 11,00	

Cuadro relativo á la extracción de tierras.

CLASES	NATURALEZA DE LAS TIERRAS	ÚTILES Ó APARATOS DE EXTRACCIÓN	Número de horas de trabajo por m ³ .	Coste en céntimos de peseta por m ³ .			TOTAL (b)
				por el trabajo (a)	por los útiles.	por las materias explosivas.	
I.	Tierra franca y ligera. Arena, tierra vegetal, etc.	Palas redondas ó cuadradas.	0,5—1	12—25			19—31
II.	Tierra franca compacta. Tierra con grava fina, arcilla arenosa, arcilla ligera, etc.	Íd. íd. y además picos, cuñas de madera ó hierro y mazos.	1—1,6	25—40	6		31—50
III.	Arcilla compacta. Gravas gruesas, tierras con gravas y cantos rodados.	Azadas, picos, cuñas y mazos.	1,6—2,4	40—60	7,5		50—75
IV.	Conglomerados. Cantos aglomerados, arenisca, tierra, esquists y calizas agrietadas	Picos, punteros, cuñas y palancas, azadas y azadones	2,4—4	60—100	10—12,5		75—125
			3,2—4	80—100	12,5		100—125
V.	Rocas tiernas. Pizarras, calizas, areniscas duras, conglomerados, etc.	Útiles de perforar, materias explosivas y palancas.	3,5—6	80—150	12,5—19	19—37	125—213
VI.	Rocas duras. Granito, guels, cuarzo, pórfido, etc.	Íd. íd. y además cuñas, martillos, y á veces perforadoras.	6—8	150—200	19—25	37—63	213—313

OBSERVACIONES. Si los terrenos de las clases I, II y III contienen agua, el precio del m³ aumenta de 19 á 25 céntimos.

El segundo renglón de IV corresponde á rocas sin trabajo de mina.

Nota. Este cuadro supone que los trabajadores ganan 25 céntimos por hora. En las localidades en que esto no suceda se modificarán los precios.

(a) Se comprende la carga en vehículos bajos, como carretillas.

(b) Se comprende la ganancia del empresario.

Si la extracción es en galerías, se multiplican los precios totales, por el número de cada fuerza (hombres)

En
galería

x 1'5

431

x 1'7

x 2 á 2'5

x 2'5 á 3

Cuadro de los precios de transporte (comprendidos los gastos de fútiles).

DISTANCIA de transporte en m.	PRECIO por m ³ en cénts. de peseta.	DISTANCIA de transporte en m.	PRECIO por m ³ en cénts. de peseta.	DISTANCIA de transporte en m.	PRECIO por m ³ en cénts. de peseta.	OBSERVACIONES
25	18	600	67	2500	107	Para terrenos pedregosos 20 por 100 de aumento. En las rampas es preciso añadir por m. de elevación: Hasta la distancia de 100 m. 4,0 cénts. 100 á 500 m. 2,5 " 500 á 1500 m. 1,3 " más de 1500 m. 0,7 "
50	23	700	71	3000	113	
75	28	800	75	3500	119	
100	32	900	79	4000	125	
150	38	1000	82	4500	131	
200	43	1100	85	5000	137	
250	48	1200	88			
300	52	1300	90			
350	55	1400	92			
400	58	1500	94			
450	61	1600	96			
500	63	1700	98			
		1800	99			
		1900	100			
		2000	101			

LISTA

DE LOS

PRINCIPALES AUTORES CONSULTADOS

- BARRÉ, Eléments de charpenterie métallique.
 BYRNE AND SPONS, Spens'Dictionary.
 CLAUDEL, Aide-Mémoire des Ingénieurs.
 CAUDEL ET LAROQUE, Pratique de l'Art de construire.
 CRÉSY, An encyclopædia of civil engineering.
 DEMANET, Cours de construction.
 GRATRY, Description des appareils de maçonnerie.
 HUMBER, A record of the progress of modern engineering.
 MACQUORN-RANKINE, A manual of civil engineering.
 MATHESON, Works in iron.
 PAIN, Carpentry and Building.
 PARDO, Materiales de Construcción.
 REBOLLEDO, Tratado de Construcción general.
 SGANZIN, Programmes ou resumés des leçons d'un Cours de Construction.
 TREDGOLD, Elementary principles of Carpentry.
 WANDERLEY, Traité pratique de constructions civiles.

ÍNDICE

<u>Núms.</u>	<u>Págs.</u>
ADVERTENCIA.....	5
1 Generalidades sobre la construcción.....	7

PARTE PRIMERA

Conocimiento y preparación de los materiales.

2 Su importancia.....	9
-----------------------	---

CAPÍTULO PRIMERO

CONOCIMIENTO DE LAS PIEDRAS

3 Definición y disposición de las piedras.....	10
4 Condiciones que en general deben tener las piedras de construcción.....	10
5 Influencia de las heladas.....	12
6 Preservación de los efectos de las heladas.....	14
7 Clasificación de las rocas.....	14

ARTÍCULO PRIMERO

Rocas arcillosas.

8 Arcillas.....	16
9 Arcilla plástica.....	16
10 Arcilla caliza.....	16
11 Esquistos arcillosos.....	17

ARTÍCULO II

Rocas calizas y yesosas.

12 Rocas calizas.....	18
13 Caliza sacaróide.....	18
14 Caliza compacta.....	19
15 Caliza grosera.....	19
16 Caliza silícea.....	20
17 Rocas yesosas.....	20

ARTÍCULO III

Rocas silíceas.

Núms.	Págs.
18 Caracteres.....	21
19 Cuarzo.....	21
20 Areniscas.....	21
21 Pizarras.....	23

ARTÍCULO IV

Rocas compuestas.

22 Caracteres.....	23
23 Granito.....	23

ARTÍCULO V

Rocas desagregadas.

24 Su origen.....	24
25 Arenas.....	24
26 Tierras.....	25

CAPÍTULO II

PREPARACIÓN DE LAS PIEDRAS

ARTÍCULO PRIMERO

Piedras naturales.

27 Disposición de las canteras.....	27
28 Explotación.....	27
29 Explotación á cielo abierto.....	27
30 Rozas.....	28
31 Barrenos.....	30
32 Útiles empleados.....	32
33 Explotación subterránea ó en galería.....	33
34 Explotación por desprendimientos.....	35
35 Desbaste	37
36 Conducción.....	38
37 Labra.....	39

ARTÍCULO II

Piedras artificiales.

38 Su empleo.....	40
39 Ladrillos.....	40

Núms.	Págs.
40 Fabricación del ladrillo.....	41
41 Elección de las tierras	41
42 Preparación.....	41
43 Moldeo.....	42
44 Máquina de amasar.....	44
45 Máquina de moldear.....	45
46 Desecación.....	47
47 Cocción.....	48
48 Hornos ordinarios.....	48
49 Situación y dimensiones de los hornos.....	50
50 Generalidades acerca de los ladrillos.....	51
51 Cualidades del buen ladrillo.....	52
52 Adobes, tejas, baldosas, etc.....	52

ARTÍCULO III

Morteros y hormigones.

53 Generalidades sobre los morteros.....	54
54 Clasificación.....	55
55 Calcinación de las calizas.....	55
56 Propiedades y clasificación de las cales.....	57
57 Cimento.....	59
58 Arena.....	60
59 Puzolanas.....	60
60 Agua.....	61
61 Cales hidráulicas artificiales.....	61
62 Cimentos artificiales.....	62
63 Fabricación de los morteros.—Morteros de cal.....	63
64 Apagado de la cal.....	63
65 Condiciones del buen apagado.....	64
*66 Cribado.....	65
67 Proporción de las materias.....	65
68 Mezcla de las materias.....	69
69 Mezcla á brazo.....	70
70 Mezcla con máquina.....	70
71 Mezclas particulares	71
72 Morteros de yeso.....	73
73 Cocción de las piedras yesosas.....	73
74 Cualidades del yeso.....	74
75 Morteros de arcilla.....	74
76 Hormigones.....	75
77 Mezcla de las materias.....	76
78 Betunes.....	78

CAPÍTULO III

CONOCIMIENTO DE LAS MADERAS

*79 Estructura y crecimiento de los árboles.....	80
80 Clasificación de las maderas.....	82

ARTÍCULO PRIMERO

Maderas duras.

Núms.		Págs.
81	Encina.....	82
82	Castaño.....	83
83	Olmo.....	84
84	Haya.....	84

ARTÍCULO II

Maderas resinosas.

85	Caracteres.....	85
86	Pino.....	85
87	Abeto.....	85
88	Generalidades acerca de las maderas.....	86

CAPÍTULO IV

PREPARACIÓN DE LAS MADERAS

89	Generalidades.....	88
90	Explotación.....	88
91	Corta.....	88
92	Desbaste.....	89
*93	Conducción.....	90
*94	Marco de maderas.....	90
95	Almacenaje.....	91
96	Preservación.....	93
*97	Vejetales varios.....	94

CAPÍTULO V

CONOCIMIENTO Y PREPARACIÓN DE LOS METALES

98	Ideas generales.....	95
----	----------------------	----

ARTÍCULO PRIMERO

Hierro.

99	Su división.....	95
100	Hierro fundido.....	96
101	Hierro forjado.....	97
*102	Palastro.....	99

Núms.		Págs.
*103	Acero.....	99
104	Formas de los hierros.....	100
105	Calzado y acerado de las herramientas.....	101

ARTÍCULO II

Metales varios.

106	Plomo.....	103
107	Zinc.....	103
*108	Estaño.....	103
109	Soldaduras.....	104
*110	Reconocimiento de los hierros.....	104
111	Preservación.....	105

PARTE SEGUNDA

Empleo de los materiales en las diversas clases
de fábricas.

CAPÍTULO ÚNICO

FÁBRICAS EN GENERAL

ARTÍCULO ÚNICO

Naturaleza y ejecución de las fábricas.

112	Generalidades.....	107
113	Útiles y herramientas.....	107
114	Sillería.....	109
115	Sillarejo.....	113
116	Mampostería.....	113
117	Hormigón.....	116
118	Ladrillo.....	118
119	Tapial.....	120
120	Entramado.....	122
121	Mixtas.....	125
122	Retundido y rejuntado.....	129
123	Revoques y enlucidos.....	129
*124	Estucado y pintura.....	131
125	Observaciones generales.....	132

PARTE TERCERA

Construcción de las obras más usuales.

CAPÍTULO PRIMERO

FUNDACIONES EN GENERAL

ARTÍCULO PRIMERO

Naturaleza del terreno.

Núms.		Págs.
126	Condiciones que debe tener el suelo.....	135
127	Incompresible.....	136
128	Insocavable.....	137
129	Impermeable.....	138

ARTÍCULO II

Reconocimiento del terreno.

130	Diversas clases de reconocimientos.....	139
131	Sondeos.....	139
132	Descripción y uso de las sondas.—Sonda de Palissy.....	140
133	Sonda de Degousée.....	141
134	Precauciones que deben tomarse en los sondeos.....	145
135	Prescripciones generales.....	146

ARTÍCULO III

Diversas clases de fundaciones.

136	División de las fundaciones.....	147
137	Fundaciones sobre terreno natural.....	149
138	Construcciones ordinarias.....	149
139	Construcciones sobre arena.....	153
140	Construcciones hidráulicas.....	154
141	Fundaciones sobre pilotes.....	156
142	Construcciones ordinarias.....	157
143	Construcciones hidráulicas.....	158
144	Fundaciones sobre mal terreno.....	162
145	Construcciones ordinarias.....	162

Núms.		Págs.
146	Construcciones hidráulicas.....	164
147	Fundaciones sobre terreno variado.....	166
*148	Comparación de las diversas fundaciones.....	167

CAPÍTULO II

TRABAJOS PRELIMINARES Á LA EJECUCIÓN DE LAS FUNDACIONES

149	Su objeto.....	169
-----	----------------	-----

ARTÍCULO PRIMERO

Ataguías.

150	División de las ataguías.....	169
151	Ataguías de recinto.....	169
152	Ataguías de tierra perdida.....	169
153	Ataguías de simple pared.....	170
154	Ataguías de doble pared.....	172
155	Ataguías de fondo.....	174

ARTÍCULO II

Agotamientos.

156	Clasificación.....	176
157	Agotamientos á brazo.....	176
158	Agotamientos con máquina.....	177
159	Bombas de Letestu.....	177
160	Medios de aislar y cegar los manantiales.....	180

ARTÍCULO III

Dragado y preparación del fondo.

161	Preliminares.....	181
162	Dragado de brazo.....	182
163	Máquinas de dragar.....	183
164	Prescripciones generales.....	184
165	Preparación del fondo.....	185
166	Aparatos de bucear.—Escafandra.....	186
*167	Prescripciones generales.....	188

CAPÍTULO III

EJECUCIÓN DE LAS FUNDACIONES

168	Preliminares.....	191
-----	-------------------	-----

ARTÍCULO PRIMERO

Pilotajes.

<u>Núms.</u>		<u>Págs.</u>
169	Pilotajes de madera.....	191
170	Pilotes.....	192
171	Hinca de los pilotes.....	193
172	Martinetes de brazo.....	195
173	Martinetes de escape.....	195
174	Prescripciones acerca de la hinca.....	197
*175	Arranque y aserrado de los pilotes.....	200
176	Anotaciones.....	201
177	Pilotajes de hierro.....	204
178	Pilotes.....	204
179	Hinca de los pilotes.....	204

ARTÍCULO II

Tablestacados.

180	Tablestacas.....	206
181	Hinca y aserrado.....	203
182	Tablestacado de hierro.....	211

ARTÍCULO III

Emparrillados y plataformas.

183	Emparrillados.....	210
184	Plataformas.....	215
185	Generalidades.....	215

ARTÍCULO IV

Cajones sin fondo.

186	Preliminares.....	216
187	Cajones clavados.....	216
188	Cajones apoyados.....	217
189	Cajones de hierro.....	218

ARTÍCULO V

Inmersión del hormigón y formación de las escolleras.

190	Inmersión del hormigón.....	218
191	Cajas.....	218
192	Tolvas.....	220
193	Marcha de las operaciones.....	220
194	Formación de las escolleras.....	222

CAPÍTULO IV

APOYOS AISLADOS Y MUROS.

ARTÍCULO PRIMERO

Apoyos aislados.

<u>Núms.</u>		<u>Págs.</u>
*195	Su objeto.....	224
*196	Apoyos de fábrica.....	224
*197	Apoyos de madera.....	225
*198	Apoyos de hierro.....	227

ARTÍCULO II

Muros.

199	Definición y clasificación de los muros.....	229
200	Replanteo.....	231
201	Clases de fábrica.....	232
202	Ejecución de los muros.....	233

ARTÍCULO III

Aparatos y medios auxiliares.

203	Andamios.....	239
204	Establecimiento y demolición de los andamios.....	240
205	Aparatos para subir los materiales.....	243
206	Tornos ordinarios.....	244
207	Tornos de engranaje.....	244
208	Pescante.....	246
209	Gruas móviles.....	247
210	Gruas con doble movimiento.....	249
211	Embragado de los materiales.....	250

CAPÍTULO V

BÓVEDAS.

ARTÍCULO PRIMERO

Preliminares.

*212	Definición y clasificación de las bóvedas.....	253
213	Monta.....	255

ARTÍCULO II

Cimbras.

Núms.		Págs.
214	Objeto de las cimbras.....	258
215	Cimbras de tierra ó piedra.....	258
216	Cimbras de ladrillo.....	259
217	Cimbras de madera.....	260
*218	Construcción de las cimbras.....	263
*219	Colocación y asiento de las cimbras.....	265

ARTÍCULO III

Ejecución de las fábricas de las bóvedas.

220	Preliminares.....	266
221	Bóvedas de sillería.....	267
222	Bóvedas de materiales pequeños.....	270
223	Bóvedas de ladrillo.....	271
224	Bóvedas de mampostería hidráulica.....	272
225	Bóvedas de hormigón.....	274
226	Bóvedas tabicadas.....	275
*227	Bóvedas oblicuas ó en esviaje.....	276
228	Desagües.....	279
*229	Generalidades sobre la construcción de las bóvedas.....	282

ARTÍCULO IV

Descimbramiento y trabajos complementarios.

230	Generalidades sobre el descimbramiento.....	282
231	Tacos y postes.....	283
232	Dobles cuñas.....	284
233	Cuñas con redientes.....	285
*234	Sacos de arena.....	286
*235	Cajas de palastro.....	287
*236	Roscas.....	288
237	Trabajos complementarios, contrarrosas y asiento de las bóvedas.....	289

PARTE CUARTA

Construcción de obras especiales.

CAPÍTULO PRIMERO

PUENTES.

238	Definición y división.....	293
-----	----------------------------	-----

ARTÍCULO PRIMERO

Puentes de fábrica.

Núms.		Págs.
239	Descripción de sus partes principales.....	295
*240	Situación y ancho.....	295
*241	Desagüe.....	296
242	Pilas.....	298
243	Estribos.....	299
244	Arcos.....	300
245	Trazado de los arcos.....	301
246	Generalidades sobre los arcos.....	306
247	Tímpanos, impostas y pretiles.....	307
248	Replanteo.....	308
249	Detalles de construcción.....	309
250	Fuentes de servicio.....	312

ARTÍCULO II

Puentes de madera.

251	Preliminares.....	313
252	Disposición general.....	314
253	Pilas y estribos de fábrica.....	314
254	Palizadas.....	315
*255	Estribos.....	319
256	Tramos.....	321
257	Piso.....	323
258	Barandillas.....	325
259	Aceras.....	327
260	Generalidades.....	328
261	Puentes provisionales.....	328

ARTÍCULO III

Pontones, alcantarillas y tajeas.

262	Preliminares.....	330
263	Pontones.....	330
264	Alcantarillas.....	331
265	Tajeas.....	332
266	Badenes.....	334
267	Replanteo.....	335
268	Generalidades.....	335

ARTÍCULO IV

Obras accesorias de los puentes.

269	Objeto de estas obras.....	336
270	Zampeados.....	336

Núms.	Págs.
271 Zampeado de fábrica.....	337
272 Zampeado de faginas.....	338
273 Defensa de las márgenes.....	343

ARTÍCULO V

Organización de los trabajos.

274 Generalidades.....	345
275 Situación y extensión de los talleres.....	345
276 Distribución y cerramiento.....	346
277 Datos para establecer los talleres.....	347
*278 Personal.....	349
279 Notas y apuntaciones que deben tomarse en las obras.....	351

CAPÍTULO II

OBRAS VARIAS

ARTÍCULO PRIMERO

Suelos.

280 Objeto de los suelos.....	353
281 Suelos de madera.—Entramado.....	354
282 Forjado.....	357
*283 Solado.....	358
*284 Suelos de hierro.—Disposición general.....	359
*285 Generalidades acerca de los suelos de madera y hierro.....	361

ARTÍCULO II

Escaleras.

286 Objeto de las escaleras.....	363
287 Disposiciones usuales.....	363
288 Dimensiones y formas de los peldaños.....	365
*289 Aparatos de elevación.....	368

ARTÍCULO III

Cubiertas.

290 Objeto y disposición general de las cubiertas.....	369
291 Armaduras.....	370
292 Tejados y terrados.....	375
293 Cubiertas metálicas.....	378

ARTÍCULO IV

Conservación y reparación de las obras.

Núms.	Págs.
294 Ideas generales.....	379
295 Muros.....	380
296 Bóvedas.....	384
*297 Obras de madera.....	386
298 Tejados.....	386
*299 Señales de ruina de los edificios.....	387
*300 Demoliciones.....	388

APÉNDICE PRIMERO

NOCIONES DE ESTABILIDAD DE LAS CONSTRUCCIONES

301 Consideraciones generales.....	389
302 Determinación práctica de la resistencia de un sólido á la compresión y á la tensión.....	389
303 Dimensiones de una viga apoyada horizontalmente en sus dos extremos y cargada de un peso en su centro.....	390
304 Dimensiones de una viga apoyada horizontalmente en sus dos extremos y cargada de pesos uniformemente repartidos en toda su longitud.....	392
305 Pieza empotrada en una extremidad y apoyada en la otra.....	392
306 Determinación práctica del empuje de las tierras.....	393
307 Dimensiones de los muros.—Muros de sostenimiento.....	394
308 Muros aislados.....	397
309 Muros ó paredes de cerramiento.....	397
310 Muros de edificios formados por cuatro paredes cubiertas con un tejado.....	397
311 Muros de casas.....	398
312 Apoyos aislados.....	398
313 Coeficiente de estabilidad de los muros.....	403
314 Diversas clases de rotura de una bóveda.....	403
315 Espesor de la clave.....	404
316 Trazado de las curvas de trasdós.....	405
317 Espesor de los estribos.....	407
318 Espesor de las pilas.....	407
319 Puentes de fábrica.....	408
320 Obras de madera.....	410

APÉNDICE II

Cuadro de las abscisas y ordenadas de un cuadrante de circunferencia, tomando el radio por unidad.....	416
--	-----

APÉNDICE III

	<u>Págs.</u>
Cuadro de la longitud de los arcos de círculo, evaluada en partes del radio, que se toma por unidad.....	418

APÉNDICE IV

Cuadro de la longitud de los arcos de círculo, tomando por unidad la cuerda y midiendo la altura de la flecha en fracciones decimales de la cuerda.....	421
---	-----

APÉNDICE V

Tiempo invertido en la ejecución de diversos trabajos relativos a la construcción.....	425
Cuadro relativo a la extracción de tierras.....	431
Cuadro de los precios de transporte.....	432
Lista de los principales autores consultados.....	433