



NOCIONES
DE
EDIFICACIÓN

APLICADAS

Á LA CONSTRUCCIÓN DE TALLERES

Y

ESTABLECIMIENTOS FABRILES

POR

Don Rafael de la Revilla y Cifre

TENIENTE CORONEL DE ARTILLERÍA



SEGOVIA

Est. Tipográfico de Félix Rueda

HIJO DE SEGUNDO RUEDA

JUAN BRAVO, NÚM. 20

1908

3489

1912 IE

Sig.: 1912 IE

Tit.: Nociones de edificación : aplic

Aut.: Revilla y Cifre, Rafael de la

Cód.: 51042870



Est. U. P. S. - mes. 1/64

tit m=33876

R. 2.031

NOCIONES

DE

EDIFICACIÓN

APLICADAS

Á LA CONSTRUCCIÓN DE TALLERES

Y

ESTABLECIMIENTOS FABRILES

POR

Don Rafael de la Revilla y Cifre

TENIENTE CORONEL DE ARTILLERÍA



SEGOVIA

Est. Tipográfico de Félix Rueda

HIGO DE SEGUNDO RUEDA

JUAN BRAVO, NÚM. 20

1907

*Es propiedad del
Autor.*

OBJETO Y PLAN DE ESTA OBRA

La necesidad de una obra de texto, que, aunque con gran concisión, diera á conocer á los alumnos de la Academia del Cuerpo los principios de la edificación, para hacer luego aplicación de ellos á la construcción de los múltiples y variados edificios que precisan los establecimientos dedicados á la industria, ya que el Cuerpo de Artillería es, á la vez que constructor del material de guerra de nuestro Ejército, quien proyecta y lleva á cabo todas las edificaciones propias de los establecimientos industriales militares productores de aquél material, han motivado este trabajo, que como su título indica, únicamente comprende las indispensables nociones para formarse idea de los medios de poder realizar esas construcciones, tan distintas, que en conjunto forman los establecimientos fabriles industriales.

A tal fin obedece el plan seguido para su desarrollo, y así es que en sus doce primeros artículos se trata de cuanto tiene relación con el conocimiento de los diversos materiales de construcción, con el estudio de los terrenos propios para edificar, fundaciones y cimentaciones, de las obras de fábrica y vanos ó huecos, de las cubiertas ó techumbres, pisos y escaleras, decorado, calefacción, alumbrado y ventilación; y en los restantes, se hace la aplicación de estos conocimientos al establecimiento industrial de talleres; sirviendo de complemento diferentes estados con datos prácticos convenientes para la ejecución de las obras.

Segovia y Noviembre 1907.

CAPITULO I.

Objeto é importancia de la edificación en la Industria militar—Condiciones á que debe satisfacer una buena edificación—Materiales empleados en la construcción.

Importancia y objeto de la edificación en la industria militar.—La industria militar, cada día más y más lata pues participa de la casi totalidad de las industrias, y á la cual deben su desarrollo, especialmente las metalúrgicas, ha dado nacimiento á establecimientos fabriles vastísimos en los que convenientemente agrupados se levantan múltiples edificios, destinados á talleres y almacenes los unos, y á oficinas, laboratorios y viviendas, otros.

La diversidad de industrias imprime aspecto vario á los diferentes establecimientos fabriles; y aún dentro de cada fábrica hay marcada diferencia entre los edificios que constituyen sus dependencias todas, pues su construcción está relacionada con el destino de cada una.

No obstante, los talleres y locales todos de una fábrica cualquiera deben reunir ciertas condiciones, unas generales como las de solidez, amplitud, ventilación, luz é higiene, severidad en las líneas á la par que belleza, hermanadas con la sencillez típica de tales construcciones, así como una acertada situación y distribución que facilite, reduciendo á un mínimo, las

remociones; y otras peculiares, propias de cada uno, hijas de las varias clases de productos que en los talleres deban elaborarse ó de las operaciones de fabricación que en ellos hayan de tener lugar; pues evidentemente, la estructura ó disposición de una acerería, por ejemplo, no es la misma que la de una fábrica de pólvoras y explosivos, como tampoco se asemejan los talleres dedicados á la construcción de grandes piezas de artillería y sus elementos, á aquellos en que se elabora el armamento portátil de la infantería, ni estos á los en que se construyen las armas blancas; difiriendo también, por su distinto objeto, los de carga, en las fábricas de cartuchería de fusil, de los destinados á hacer las vainas y balas, y estos de los en que se producen las cápsulas, etc.

El objeto, por tanto, de la edificación en la industria militar es disponer, bajo las bases que á la ligera hemos enumerado, cuantos locales precise cada establecimiento fabril en que haya de construirse el material de guerra, las pólvoras y explosivos, los pertrechos todos, agrupándolos debidamente, y haciendo uso de los materiales de construcción más apropiados en clase y cantidad de modo que resulten económicos, duraderos, sólidos, resistentes á los agentes atmosféricos, amplios, ventilados, con buena luz, y artísticos dentro de la sencillez y severidad propias de tales construcciones.

De aquí la importancia de tal edificación que, como queda dicho, es tan varia cual el destino que á cada local se asigne.

Condiciones á que debe satisfacer una buena edificación.—El fin, por consiguiente, que en toda edificación se persigue es elegir los materiales de construcción más adecuados para que empleados convenientemente se consigan, con la mayor economía, locales suficientemente amplios, sólidos y resistentes á los agentes exteriores, poco expuestos al incendio, etc., respondiendo además cada uno al objeto propio de su misión.

Solidez, amplitud ó comodidad, y belleza, son pues las propiedades principales inherentes á toda construcción: la solidez porque además de economizar gastos en reparaciones ó nuevas construcciones, patentiza el acabado estudio del proyecto; por cuya razón para que los edificios respondan á tal condición, han de ser debidamente cimentados, y usarse materiales adecuados, buenos y proporcionados á las diferentes partes, dispuestos y enlazados entre sí con inteligencia y arte; la amplitud, comodidad y utilidad, porque nada se conseguiría con levantar un edificio sólido si no era acomodado al uso á que debiera ser destinado, con la suficiente capacidad para tener en él cabida con cierto desahogo, los efectos, la maquinaria, los hornos, gruas, etc., que hubiera de contener, si no se hiciera el servicio cómodamente y estuviera deficiente en luces y ventilación, razones que exigen subordinar la estructura de cada local á su objeto; y, en fin, la belleza, porque por bien hecho que esté un edificio, sea ámplio y se haya distribuído inteligentemente, no es posible sustraerse al influjo de la visualidad, de la estética, que resulta de la armonía de las líneas, de esa relación que debe existir entre el todo y sus partes, y de éstas entre sí, produciendo la simetría; de la debida proporción entre la altura total y el ancho, de una buena distribución de vanos, ó sean arcos, puertas y ventanas, y los macizos que los separan, así como una estudiada elección de adornos ó remates que contribuirán á dar carácter al edificio.

Por consiguiente, la construcción ó edificación exige la elección y buen uso de los materiales más convenientes, de los que préviamente deben conocerse sus propiedades y características de resistencia, y de su empleo inteligente, artístico y científico. Hé ahí la verdadera finalidad del estudio de la construcción, objeto de esta obra.

Claro es, que atendiendo, así á la solidez como á la economía, deberán preferirse en las construcciones los materiales

más durables; razón por la que se emplean los pétreos con ventaja á las maderas y por que en la actualidad el hierro, el ladrillo hueco, las piedras, el hormigón y los cementos están tan en uso, pues reúnen todas las cualidades tan apetecibles de bondad, resistencia, ligereza, duración, solidez, baratura, facilidad para la construcción, poca exposición al incendio y no son tan mal tratados por los agentes atmosféricos. Por tales motivos los proyectos han de ser fruto de un concienzudo estudio, basado en el destino que se ha de dar al edificio, conocimiento del terreno y de los esfuerzos que deban soportar todas y cada una de sus partes; y como consecuencia se hace la elección de materiales, asignándoles sus dimensiones más reducidas dentro de la seguridad, ya que son conocidas sus propiedades y características de resistencia.

Diferentes materiales empleados en la construcción —Los diferentes materiales empleados en la construcción pueden clasificarse en tres grandes grupos principales: piedras y sus derivados, maderas y metales.

Los materiales de origen pétreo, además de usarse en su estado natural en las edificaciones, sirven para la fabricación ú obtención de otros materiales artificiales, como los adobes, ladrillos, tejas, hormigones y cementos.

Asímismo se emplean en las construcciones otras materias como las pinturas, barnices, aceites, cola, cristales, etc.

CAPÍTULO II

Materiales de origen pétreo—Piedras naturales

Piedras naturales. — Su clasificación. — Las piedras naturales usuales en las construcciones provienen de rocas, pudiéndose agrupar en dos distintos tipos; perteneciendo al primero las caracterizadas por las propiedades de dar chispas con el eslabón y no producir efervescencia al ser tratadas por los ácidos, resistiendo además un fuego violento, tales son las rocas areniscas, las estratificadas ó en bancos, los cuarzos, granitos, pórfidos y basaltos; y distinguiendo á las del segundo grupo, rocas calcáreas ó calizas, el no dar chispas con el eslabón, hacer efervescencia con los ácidos y reducirse á cal al ser tratadas por el calor.

Cuarzos y granitos. — El cuarzo es el tipo de las rocas siliciosas, el cual, puro, se compone de oxígeno y sílice en partes iguales, de densidad variable entre 2,6 y 2,7. De las múltiples variedades que comprenden los cuarzos son los más usados el cuarzo compacto y el cuarzo silex, todos ellos difíciles de labrar y explotar, por su gran dureza; empleándose con muy buen resultado en los firmes, mezclados con caliza; y el jaspe, de fractura mate, susceptible de pulimento.

El granito, de 2,60 de densidad, es un compuesto de cuarzo, feldespato y mica, de variados matices producidos por los óxidos de hierro y de manganeso, que suelen contener.

Los pórfidos son granitos exentos de cuarzo y mica, verdes ó rojos, más duros que el granito, lo que impide labrarlos, empleándolos únicamente como piedra de adorno. La variedad de las serpentininas (hidrosilicatos de magnesia) sin embargo, se cortan, labran, tornean y pulimentan; siendo de gran aplicación en mosaícos con mármoles.

Los basaltos, compuestos de feldespalto con base de alúmina, cal y sosa, y de un silicato de magnesia y hierro (piróxeno), muy compactos y susceptibles de buen pulimento, ofrecen demasiada dureza; haciéndose de ellos mampuestos y empedrados, en algunas localidades.

De grano aún más fino que los granitos son las lavas, de color negro obscuro, y no tan compactas y unidas; empleándose, en revestimientos de zócalos, donde es de temer la humedad, mediante la aplicación en caliente de un esmalte ó barníz.

Todos los granitos se distinguen por la dureza y adherencia de sus granos, presentando una fractura de ángulos muy agudos. Pesan por metro cúbico 2.700 kilogramos, como mínimo.

Su gran resistencia á los agentes atmosféricos, aunque algunos presentan veteaduras que luego manchan de orín los paramentos, debido al peróxido de hierro de dichas vetas, hace se empleen mucho, á pesar de su precio, como buenos sillares para edificios, muelles, diques, escaleras, antepechos, cintería de andenes y áceras, guarniciones, fuentes, etc., habiéndolos en nuestro país excelentes, sobre todo los procedentes de canteras del puerto de Guadarrama, y las provincias de Madrid, Segovia y Avila, siendo de grano muy fino y estando dotados de gran dureza.

Rocas areniscas —Formadas de granos de arena cuarzosa y sílicea ligados por un cemento natural calcáreo, síliceo ó cuarzoso, y á veces mezclados con arcilla, las hay de dos tipos esencialmente distintos: las areniscas síliceas, muy

duras y de grano fino, susceptibles de labra y moldura, y resistentes á los agentes atmosféricos; y las areniscas arcillosas, generalmente dispuestas en capas, de color gris, que se labran fácilmente acabadas de extraer de la cantera, endureciéndose al aire, por lo que en algunos puntos se utilizan para edificar.

Puede casi asegurarse que la profundidad á que se encuentran en la cantera, es factor que influye en su grado de dureza; y son las mejores las de grano más fino y textura muy compacta, y color gris claro. Mas si se tiene en cuenta que todas ellas son muy buenas conductoras de la humedad, juicioso es no utilizarlas sino en aquellas partes de las edificaciones donde no haya que temerla, como en jambas de puertas y dinteles de huecos, escaleras, encintados, etc.

Las muy duras, que por su dificultad de labra son poco apropósito para edificios, sirven para hacer de ellas pavimentos.

De todas las variedades es pues la más conveniente la medianamente compacta, ya que la gris muy dura resulta cara por el excesivo coste de su labra, y que la blanda la convierte en arenillas el cortador.

Silex, piedra de molino, guijarros y pudingas.—El silex, llamado también pedernal ó piedra de fuego, se halla en los banicos de creta, formado por riñones de cuarzo. Se emplea para empedrados, en paramentos de muros y, en bloques grandes, para macizos de mampostería.

La piedra de molino se compone de resíduos de cuarzo, cal carbonatada, alúmina y óxido de hierro; y unas veces se la encuentra en bancos ó grandes masas y otras en trozos pequeños y aislados, ó constituyendo masas de pequeña extensión y espesor y á corta profundidad y aún en la superficie del terreno. Por los muchos agujeros é irregularidades que tienen en sus lechos, los cuales permiten una buena ligazón, á causa de llenar el mortero aquellas cavidades, á que se adhiere muy

bien, forman buenos mampuestos; sirviendo, triturándola en fragmentos de 5 á 6 centímetros, la que se halla en trozos pequeños aislados, de fractura lisa y unida, para empedrados y firmes de carreteras.

Son los guijarros ó morrillos, trozos más ó menos redondeados, de piedra, que se encuentran en los terrenos de aluvi6n, superficialmente en unos casos, y en otros á gran profundidad, y también en el lecho de los rios. Al tamizar las arenas que se sacan de las canteras ruedan asimismo por el plano inclinado de la criba dichos guijarros. Su empleo para mamposterías es muy limitado, eligiéndose entonces para ello los de superficie rugosa y forma irregular, procedentes de río ó de canteras de arena sin materias grasas ni terrosas. Los menores de 5 centímetros sirven para hacer hormig6n, y para el afirmado de carreteras y empedrados de calles, escogiendo á este fin los de forma ovoídea.

Cuando los cantos rodados, siendo pequeños, aparecen unidos por un cemento silíceo, forman las pudingas; rocas de gran dureza, bancos superficiales y aislados, de pequeños bloques paralelepípedicos ligeramente aplastados y caras ásperas; adecuadas por su figura y adherencia con el mortero para obras de fábrica de mampostería.

Rocas calcáreas ó calizas.—Las piedras de más grandes aplicaciones en las construcciones son las procedentes de las rocas calcáreas ó calizas, muy abundantes en la naturaleza, y más fáciles de labrar por su menor dureza. Sus principales variedades son los mármoles ó calizas sacaroídeas, duras y tenaces, que presentan en su fractura puntos brillantes, de color blanco y transparentes cuando solo contienen cal y ácido carbónico, y de distintos colores ó matices y aun con vetas según sean los óxidos metálicos que les acompañan.

Se dividen las calizas en duras y blandas. Las primeras, cual el mármol, se cortan valiéndose de la sierra sin dientes,

con el agua y arenisca blanda hecha arena fina; y las blandas se sierran en seco con la sierra de dientes, labrándolas con la hachuela ó alcotana. Una vez perdida su agua de cantera resisten bien la helada, endureciéndose al aire libre su paramento.

Cualidades de una buena piedra de construcción.—Defectos de las piedras.—Caracterizan las buenas piedras una textura uniforme y compacta, el grano fino y homogéneo, la carencia de agujeros, pelos, yemas ó coqueras, resistencia á la humedad y la helada, al aplastamiento y choque, no romperse, hendirse ó estallar por la acción del fuego, dejarse trabajar ó labrar con facilidad y tener algo áspera su superficie para que el mortero agarre mejor y sea más fuerte la ligazón. No deben contener conchas, chinarras, ni venas terrosas ó metálicas, y al golpearlas con el martillo el sonido será lleno, pues de aparecer sordo acusaría roturas ó venteaduras internas.

La piedra se encuentra de ordinario en las canteras en bancos paralelos horizontales, y á veces oblicuos, por capas aparentemente superpuestas; recibiendo el nombre de lechos de cantera las caras de separación, siendo el lecho de encima ó sobre lecho el más blando, y el de mayor dureza el lecho de abajo, lechos que en algunas de ellas no se perciben hasta después de haberlas labrado para su colocación en obra; y como los bancos suelen ocupar en las canteras, grandes extensiones y están dispuestos en capas paralelas, las piedras que de cada uno de ellos se extraen son bloques de altura próximamente igual.

El defecto mayor de una piedra es el ser heladiza ó no resistir á la helada, pues absorbiendo con gran facilidad la humedad y el agua, que se aloja en las pequeñas cavidades de su masa, al aumentar de volúmen por la dilatación al congelarse deshace la piedra, arrancando hojas y reduciéndose por fin á polvo. Sin embargo algunas piedras heladizas se emplean en

macizos de fundaciones. De todos modos es conveniente que las piedras todas se extraigan de las canteras en el verano y aun mejor en la primavera para que puedan desprenderse de su agua de cantera antes de ser utilizadas. Soportan, en cambio, las heladizas mejor que las buenas piedras calizas, el fuego de un horno de cal, estallando seguramente estas últimas á igualdad de temperatura.

Las piedras coquerosas, que son las de textura no uniforme, con grietas ó agujeros rellenos de materias terrosas no pueden emplearse como sillares, á menos que las coqueras sean poco profundas y desaparezcan con la labra.

Otro defecto de las piedras es el estar carcomidas, es decir, que se desmoronen con la humedad, pues las aristas se destruirían por sí solas enseguida.

Los pelos ó hendiduras originan con el tiempo la abertura de las piedras por tales partes, comprometiendo la seguridad de la obra.

Reconocimientos y ensayos de las piedras

—Las piedras de grano fino y cerrado, compactas y de color más ó menos obscuro son las más duras y difíciles de trabajar, pero soportan las mayores cargas; siendo superior el coste de la labra de aquellas cuya fractura presenta asperezas y puntos brillantes que la de las en que aparece lisa y de grano uniforme. Las que al trabajarlas despiden olor á azufre son las más resistentes; y dentro de una misma especie resisten más las de mayor densidad, denotando su grado de dureza la forma que afectan los pedazos que se desprenden al romperlas, que cuanto más redondeados acusan mayor blandura.

Cuando al remojar una piedra absorbe ésta rápidamente el agua, aumentando consiguientemente de peso, prueba su escasa resistencia á la humedad y lo impropia que, en general, es para las construcciones; debiéndose desechar también las que contengan óxidos de hierro y de manganeso.

Como principio general, siempre que haya de efectuarse una construcción deberá examinarse con atención cuales son las piedras más usuales en el país, fijándose detenidamente en los edificios donde las haya empleadas, cerciorándose de la fecha de su construcción, y tomando, en fin, cuantos datos hagan conocer mejor su resultado probable. Pero si se tratara de explotar nuevas canteras precisa entonces asegurarse antes, de sus cualidades, exponiendo los bloques que se saquen, al aire, al agua y á la helada. Y como el mayor defecto de una piedra es ser heladiza, hay que cerciorarse en primer lugar de que no poseen tan perjudicial propiedad.

Para ensayar las piedras á la helada pueden seguirse varios procedimientos; siendo los más usuales el método de *Brard* y el sistema *Blümcke*.

Método de Brard.—Pequeños cubos de 4 á 5 centímetros de arista, de la piedra que vá á ensayarse, y cuyo peso se ha tomado escrupulosamente, se les hace hervir durante media hora en una disolución de sulfato de sosa saturado en frío (sal de Glauber) y son seguidamente suspendidos cada uno de ellos de un hilo dentro de una cámara á la temperatura de 15° hasta cubrirse de eflorescencias semejantes á las del salitre, lo que tiene lugar próximamente á las veinticuatro horas. Para disolver estas eflorescencias se suspende cada uno de los cubos encima de una vasija y se rocían con agua pura hasta que todas las agujas salinas hayan desaparecido. Otra vez se vuelven á sumergir en la disolución de sulfato de sosa, exponiéndolos de nuevo al aire y rociándolos con agua, y así se continúa por espacio de cinco á seis días. Si las piedras no son heladizas, la sal no arrastra con ella fragmento alguno, no apareciendo, por tanto, partículas en el fondo de las vasijas; de lo contrario, desde que las agujas de la sal van desapareciendo, se ve separar con ellas fragmentos de la piedra, que se hallan luego en las vasijas, apercibiéndose, al propio tiempo, que los

cubos pierden sus aristas, van adelgazando y pesan menos.

Sistema Blümcke—Para hacer los ensayos hay que servirse de un vaso metálico, cilíndrico, de dobles paredes concéntricas, terminado en su fondo por un embudo y cerrado con una tapa, en el interior del que se colocan los pequeños cubos de la piedra objeto de la experiencia metidos en un cestillo de alambre, suspendido, disponiéndose en el espacio anular comprendido entre ambas paredes la mezcla frigorífica (tres partes de hielo machacado y una de sal común) rodeando todo con una capa de fieltro ó serrín de madera como materia aisladora, mal conductora de la temperatura exterior; apreciándose la interior, que puede descender hasta -12° , por medio de unos termómetros alojados, en contacto con los cubos de piedra, en unas cavidades previamente hechas en ellos. Generalmente se opera con trozos cúbicos de ocho centímetros de arista, en número de dos, uno de ellos saturado en frío con agua destilada, y el otro en estado natural. Pasadas tres horas se extraen los cubos colocándolos en una artesa llena de agua hasta que tomen la temperatura ambiente, depositándose en el fondo las partículas de piedra que se hubiesen disgregado, las que se pesan escrupulosamente. La experiencia se repite hasta percibir mayores degradaciones, grietas, pérdida de las aristas, que se redondean, etc.; hallándose el peso de los fragmentos desprendidos en razón inversa de la resistencia de la piedra á la helada.

También deben ensayarse las piedras al fuego, sometiéndolas á su acción, viendo si rompen ó estallan bajo su influencia; y con otros trozos se comprueba su resistencia á la humedad, que la denotará la mayor ó menor rapidez con que absorban el agua en que se las sumerge.

Cabe asimismo practicar el análisis químico, dosificando sus diferentes elementos componentes, para hacer un estudio más completo de las piedras; lo que se realiza cuando se trata de muestras para explotaciones nuevas de alguna importancia.

Explotación de canteras.—La piedra se presenta en las canteras, como ya se ha dicho, formando bancos, que cuando son de gran altura, se dice pueden obtenerse *de gran aparejo*, y de ser más delgados los bancos ó estratos se consiguen *de pequeño aparejo*.

Para explotar las canteras se empieza por *abrirlas*, pasando luego á *tratarlas*. La primera de estas operaciones consiste en desnudarlas, en la extensión necesaria, de las capas de tierra y bancos que no son aprovechables para el objeto; teniendo por finalidad el tratamiento de la cantera la extracción y corte de bloques de la piedra, que se ejecuta valiéndose de herramientas adecuadas, el picachón, barrenas de viento y de porri-lla, picos, barras y barrones, levas y cuñas, etc., suficientemente conocidas para dispensarnos su descripción. También se hace uso de barrenos para la separación de grandes bloques.

Por lo general, al extraer las piedras de la cantera están más blandas que transcurrido ya algún tiempo á la intemperie, por lo cual conviene trazarlas y desbastarlas al momento; siendo causa de esa menor dureza la humedad de que se hallan impregnadas, que tardan en perder.

Elección y posición más conveniente de las piedras según las obras ó parte de la edificación.—Conocidas las cualidades que caracterizan las buenas piedras es ya dable desechar todas aquellas que por sus defectos no sean aplicables á la edificación, y hacer una elección acertada del material con que se vaya á construir. Dicha elección la determina principalmente el carácter é importancia del edificio que haya de levantarse, ó de la parte de él en que deben entrar, y aún el objeto de la edificación; prefiriéndose en la mampostería las piedras más duras y pesadas, según salen de la cantera, del modo que mejor asienten y liguen con el mortero, eligiendo aquellas cuya figura se aproxime á la paralelepípeda

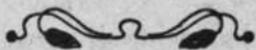
ó que á lo menos contengan aristas ó esquinas bien marcadas, por ser las que mejor asientan y traban.

Los sillares conviene que ocupen en las obras la posición misma que en la cantera tenían, de modo que los lechos de estos sean lo mismo en aquellas, pues resisten mejor; huyendo de que en los muros los lechos de cantera resulten verticales ó estén puestos á contralecho, por favorecer esta posición la disgregación en hojas, merced á las influencias atmosféricas, unidas á la carga.

En las fajas de cornisa, arcos, platabandas y dovelas, se colocan las piedras precisamente á contralecho, de modo que sus lechos de cantera formen las uniones ó juntas, pues así resisten mejor la presión. Y siempre que haya de quedar al descubierto algún sillar ó piedra, el lecho más duro se colocará hácia la parte superior.

Las piedras de mollar ó mollares, forman una mampostería muy sólida, ya que introduciéndose el mortero entre sus muchos huecos, da gran firmeza y trabazón á la obra.

Son preferibles en las obras que lleven piedras de talla, las de mayores dimensiones compatibles y adecuadas al trabajo y lugar que se destinen.



CAPÍTULO III

Arenas.—Arcillas.—Cales.—Cementos.—Yeso.
—Asfaltos y Betunes.

Arenas.—Su clasificación y propiedades.—

La disgregación de las rocas por la acción continua de las aguas y otras causas, producen las arenas, que son de diferente naturaleza, é igual á la de las rocas originarias, habiéndolas cuarzosas, graníticas, volcánicas, calizas, feldespáticas, micáceas, esquistosas, etc., más ó menos irregulares, de mayor ó menor tamaño su grano y mezcladas con arcillas y ocres ó desprovistas de unas y otros.

Reciben el nombre de cantos rodados, grava, gravilla ó arena gruesa, y arena fina, según que el diámetro de los granos exceda de 50 milímetros, fluctúe entre 10 y 50, varíe entre 1,5 y 3, ó sea menor de 1,5. Y con relación á su procedencia se dividen en arenas de mina, de río y de mar; llamándose de mina ó fósiles á las arenas que se encuentran en bancos, en los terrenos secundarios, y que forman grandes capas.

Tanto estas arenas como las que arrastran los ríos, redondeadas y limpias, son las que se recomiendan como mejores para las construcciones, usándose también las de mar, previo un ineludible lavado con agua dulce, que se repite hasta privarlas de las sales que contienen.

Las arenas empleadas en las construcciones no deben contener arcillas, tierras, ni materias animales, necesitando cribarlas

cuando sus granos son demasiado gruesos, y careciendo de influencia en su bondad el color, debido á los óxidos metálicos que posean. Como la forma angulosa traba mejor con los morteros es preferible para ello la de mina, eligiendo, de tenerse que emplear las de río ó de mar, las depositadas mucho tiempo en las orillas, que por tal motivo son sus granos menos redondeados.

Para conocer la bondad de una arena, debe indagarse si está limpia de tierras y materias animales, pues de contenerlas tardaría en fraguar por formar una pasta jabonosa soluble. A aquél fin se la echa en agua y remueve, siendo indicio de su limpieza, que el líquido no se enturbie. Además es señal de la bondad de una arena el que apretándola dentro de la mano, cerrando ésta, sea áspera al tacto, cruja y no la manche, ni deje polvo ni barro.

Las arenas empleadas en la confección de los morteros son: la calcárea ó caliza, formada de partículas calizas mezcladas con granos de cuarzo; la cuarzosa, que solo contiene partículas de sílice; la micácea, constituida de trozos menudos de granito conteniendo sílice y alúmina además; y la arena puzolana, es especie de arena fósil arcillosa, de color variable entre el rojo amarillento y el oscuro.

Un metro cúbico de arena fina y seca pesa aproximadamente 1400 kilogramos, el de arena fina y húmeda 1900, si es arcillosa 1700, y de río 1800, como término medio.

Arenas artificiales.—En circunstancias especiales es conveniente preparar arenas artificialmente, lo que se consigue mediante la trituración y pulverización de la piedra; usándose para lograrlo aparatos diversos, máquinas trituradoras de distintos sistemas.

La trituradora Loiseau, una de las más empleadas, se reduce á un árbol que gira dando unas cien vueltas por minuto, y en el que se hallan articulados ocho martillos de acero de kilogra-

mo y medio de peso, los cuales machacan y trituran los trozos de piedra colocados en una caja; reteniendo varios cedazos los granos de mayor dimensión que la deseada y permitiendo el paso de los que tienen la debida. Esta trituradora puede dar 10 metros cúbicos de arena por día; necesitando para accionarla un motor de 3 á 4 caballos.

El empleo del quebrantador Carr y trituradora Blake dá un rendimiento por día de 25 metros cúbicos de arena.

La arena producida artificialmente forma morteros que superan en resistencia á los hechos con arena de río.

Arcillas—Su clasificación y propiedades —

Las arcillas, que abundan mucho en la naturaleza, se encuentran, de ordinario, formando bancos horizontales recubiertos de arena, caliza, ó sílex.

Se clasifican atendiendo á la proporción de sílice y alúmina que contienen, predominando muchas veces la primera, que suele confundirse con la alúmina por su densidad, si bien difieren notablemente ambas; ya que la alúmina es untuosa y se combina fácilmente con el agua formando pasta, y la sílice nó.

Las diferentes especies que de arcillas existen, pueden caber dentro de las siguientes: arcilla común, untuosa, que se adhiere á la lengua fácilmente, forma una pasta de cierta solidez y funde generalmente á una temperatura elevada; la arcilla de alfarero ó plástica, de que se fabrican los cacharros finos; la gredosa, que contiene gran cantidad de agua y rara vez forma pasta, untuosa, jabonosa, fusible á temperaturas poco elevadas dando escorias bastante morenas; la tierra de siena, amarilla rojiza, que se adhiere á la lengua, más ó menos fusible y que no forma pasta con el agua, produciendo burbujas con ligero rumor; la marga arcillosa, poco colorada, que produce larga y viva efervescencia con los ácidos; la fósil y ligera, que sobrenada en el agua, en la que se deslíe, poco untuosa y ligable, que resiste al fuego de porcelana, con la que se fabrican ladri-

llos de gran ligereza mediante la adición de un tercio de arcilla común para darla mayor ductilidad; y la de barnizar, enteramente siliciosa, que se adhiere mucho á la lengua, absorbiendo el agua con avidéz, y fusible ó nó según su composición, de color gris súcio ó gris amarillento.

Las arcillas poseen todas, la propiedad de disolverse en el agua, y la de endurecerse con el fuego, no pudiendo después formar pasta con aquella; caracteres estos que las diferencian desde luego de las arenas; siendo las mejores las más suaves al tacto y lustrosas y cuya fractura sea de grano más fino.

El peso del metro cúbico de arcilla seca es de 1700 kilogramos como término medio.

Gales.—Sus propiedades.—La cal pura es el protóxido de calcio, de color blanco, cáustica y que ataca á las materias orgánicas; siendo su densidad 2,30. Se combina con el agua desarrollando gran cantidad de calor, llamándose la operación por medio de la que tiene lugar tal combinación *apagado ó extinción de la cal*; recibiendo el nombre de cal apagada ó muerta la cal hidratada que se obtiene, para distinguirla de la cal anhidra, cal viva ó cáustica.

Al absorber el agua la cal viva, se hincha, agrietea y desmorona, reduciéndose á polvo, *cal apagada*; á menos que sea demasiado grande la cantidad de agua empleada, que queda entonces la cal en suspensión en el agua al agitarla, obteniéndose la *lechada de cal*.

La cal se disuelve en 700 veces su peso de agua á la temperatura de 15°, disolución que toma el nombre de *agua de cal*.

Obtención y preparación de la cal.—Se obtiene la cal calcinando en hornos dispuestos al efecto, las piedras calizas, las cuales pierden el agua y ácido carbónico que contienen, por la alta temperatura á que se someten, quedando la cal en el crisol de los hornos; facilitando la calcinación, cocción ó quemado de las mismas, la presencia del vapor de agua que se

forma y la introducción de una masa considerable de aire en el horno. Las piedras calizas pierden, por tal fenómeno, la tercera ó cuarta parte de su peso; disminuyendo su volúmen en una décima y hasta una veintéava parte.

Aunque también puede obtenerse la cal por la calcinación de las piedras calizas en una pila hecha al aire libre, poniendo capas alternadas de leña ó carbón y de la caliza, este sistema breve y sencillo produce una cal impura; precisando para tenerla, hacer luego una separación de las cenizas y residuos del combustible, que queda mezclado con la cal. Por tal causa se prefiere verificar la cocción en hornos, de diferentes tipos, que todos caben dentro de los dos sistemas de calcinación periódica ó intermitente y calcinación continúa; siendo caracter distintivo de la primera la calcinación de una cierta cantidad de cal, enfriándose luego en el horno, que se descarga después; y de la continúa el que por la parte inferior del horno se extrae la caliza calcinada, añadiéndose sucesivamente nuevas cargas por la parte superior, sin detener la operación hasta terminar la campaña que se propone. Tanto en uno como en otro sistema pueden disponerse separados el combustible y la caliza, ó colocar ésta en capas alternadas con aquél; empleándose, generalmente, en la calcinación por capas, el carbón de piedra como combustible, si bien es usual asimismo la leña, retama, ramaje y carbón vegetal en la calcinación á gran llama, que la caliza se carga separada del combustible, que se dispone en uno ó varios hogares en la parte inferior del horno.

Los hornos de fuego continuo poseen la ventaja de economizar combustible y el inconveniente de que permitiendo los registros inferiores el paso al aire, ésto perjudica algo la operación.

Dependiente de la capacidad destinada á contener la caliza, los hornos de calcinación periódica á gran llama afectan varias formas; habiéndolos rectangulares, cilíndricos, de elipsóide

ó elípticos, tronco-cónicos y de formas mixtas, de que dan idea las figuras 1 al 6; y en todos ellos se pone el combustible en el suelo del hogar, si produce gran llama, y en caso contrario sobre la correspondiente parrilla.

Se hacen los hornos de mampostería, de la misma piedra caliza, ó de piedras silíceas ó areniscas y refractarias; siendo los mejores los construídos con ladrillos refractarios en su interior unidos entre si con barro arcilloso, revestidos exteriormente de mampostería ó de ladrillo común. La boca se coloca en el lado menos expuesto á los vientos reinantes en el país, soliéndolos resguardar de la lluvia con cobertizos. Entre las paredes y el terraplén exterior es bueno poner una capa apisonada de carbonilla ó ceniza, ó se hacen dobles las paredes para rellenarlas con dicho material para reducir en lo posible la pérdida de calor por radiación, dejándose según el tamaño del horno uno ó varios hogares. Los hornos de este sistema de cocción para quemar hulla, ó carbón vegetal, son semejantes á los de la figura 7.

Los de calcinación contínua y gran llama tienen, como los de calcinación periódica, el hogar inferior, sobre el que se quema directamente el combustible; su forma más general es la de pirámide, de cono-truncado y de dos troncos de cono unidos por su base mayor, y aún los hay de figura de elipsoide; teniendo á veces hogares laterales como el representado en la figura 8, que posee cinco de estos *a*, con sus correspondientes ceniceros y registros *b* para extraer la caliza.

La figura 9, es la representación de un horno de llama invertida ó reflejada, más económico por aprovechar los humos que de nuevo atraviesan el hogar ardiendo y aumentando el calor.

Petot empleaba hornos de dos cuerpos cual el de la figura 10. Para hacer en él la carga, sobre el hogar se forma una bóveda con trozos de caliza y sobre ella se dispone la piedra que

ha de calcinarse, ocupando la parte más alta la de mayores dimensiones, cuidando de dejar en el centro algunas estacas que al quemarse, producen huecos que hacen de chimeneas. Lleno el horno, se tapa el hueco del cenicero superior con piedras, dejando un registro para observar la marcha, y en el compartimiento superior se enciende algún ramaje para establecer el tiro. Como la piedra de la parte inferior se cuece antes que la de la parte superior, á fin de que no se quemé demasiado, al llevar veinticuatro horas encendido el horno, se echa agua en la cubeta K que hay delante del hogar, elevando su nivel hasta el del cenicero, facilitando, según el autor, la evaporación, el desprendimiento de ácido carbónico que impide el exceso de cocción.

Son también muy usados los hornos ingleses ó de cúpula (figura 11).

La figura 12 es corte de un horno cilíndrico (los hay de varias formas) para la calcinación periódica por capas; representando las 13 y 14, hornos de calcinación continua por capas; precisando valerse de hornos de reverbero (figura 15), cuando la caliza se halla en fragmentos menudos ó hecha polvo.

De algunos años á esta parte ha substituído á la calefacción directa por el carbón de cok mezclado ó nó con la piedra caliza, el calor producido por el gas engendrado en gasógenos colocados á la intermediación de los hornos, produciendo algunos, como los hornos de Fichet y Heurtey una economía de un 40 por 100. Los gasógenos están alimentados con cok.

La relación entre la altura y el diámetro mayor de la capacidad interior de los hornos de calcinación periódica á gran llama, es de 2 á 1; y de 3 á 4, en los de calcinación continua.

Para la cocción periódica, en hornos de gran llama, bastan tres días. En el primero se pone fuego, pero creciente, por espacio de 12 á 15 horas á conseguir mucho humo, caldeando así suficientemente el horno y evaporando el agua de

cantera que contenga la caliza, que se ennegrece, siguiendo sosteniendo el fuego hasta que recobre su color; al día siguiente sale la llama por la boca y empieza á blanquear la caliza, y por fin cuando la masa ha bajado $\frac{1}{6}$ de la altura del horno, siendo blanca la llama, está terminada la cocción.

Prácticamente se comprueba si la piedra está calcinada, extrayendo algunas, que se apagan, y en la lechada que se obtiene se echa ácido nítrico (algunas gotas) que no debe producir efervescencia; siendo también un indicio más fácil de comprobar el que al introducir una tintera de hierro entre las piedras, penetre con facilidad cual si lo efectuase por grava.

Extinción ó apagado de las cales.—La cal más pura, después de calcinada, es muy blanca, cáustica, soluble en el agua, inalterable al fuego é infusible.

Para emplear la cal es preciso *apagarla* ó transformarla en cal muerta, por la absorción del agua; fenómeno acompañado de desprendimiento de calor y de una especie de silbido característico, y que la reduce á polvo, aumentando de volúmen total; haciéndose tanto más perceptibles estos fenómenos, á medida que es mayor la cantidad de arcilla que contengan las cales.

De cuatro modos distintos puede apagarse la cal: por fusión, aspersión, inmersión y extinción espontánea.

Para apagar la cal por fusión se la coloca en una balsa ó alberca, con la cantidad de agua conveniente, y se agita ó remueve para formar una pasta; teniendo la precaución con las cales grasas de verter de una vez el agua necesaria, pues sinó habría que esperar á que enfriara para añadir luego más. Si hay que conservarla después de la extinción, se la recubre con esteras de paja ó una capa de arena, que se humedece de tiempo en tiempo.

La extinción por aspersión se verifica colocando la cal viva

en una balsa circular, que se hace con arena, y vertiendo sobre ella agua en cantidad suficiente para que se forme pasta, agua que se echa con cubos, regaderas y mejor con bomba; é inmediatamente se cubre con arena, sin agitarla ni emplearla para hacer mortero hasta que la fusión sea completa. Con la cal grasa se desarrolla cierta cantidad de calor que facilita la operación, que suele durar unas tres horas. No se debe echar demasiada agua pues se *ahogaría* la cal; conociéndose que está bien apagada cuando además de quedar la masa con consistencia pastosa, está fina y no tiene *huesos* ni partes sin apagar, que lo indica el que al introducir un palo en diferentes partes de ella sale la cal, en todas, adherida al mismo.

El método de extinción por inmersión, consiste en colocar la cal reducida á fragmentos pequeños en un saco ó cesto, que se sumerge en el agua, teniéndole dentro de ella durante algunos segundos, sacándole cuando no absorba más, que se conoce por cesar la efervescencia ó ruido que produce la absorción; escurriendo luego bien, y vertiendo el contenido en cajones donde la cal se reduce á polvo; conviniendo apilarla enseguida, para concentrar el calor y favorecer el apagado. Como la cal queda reducida á polvo, ésto permite su transporte lejos, en sacos ó barriles.

Para apagar la cal por extinción espontánea, se la dispone en el suelo extendida formando una capa de 25 á 30 centímetros de espesor, exponiéndola así á la acción lenta y continua de la atmósfera, aunque resguardándola de la lluvia con un cobertizo. A intervalos de tiempo se revuelve con la batidera.

Generalmente se precisa para obtener un metro cúbico de cal apagada 450 á 550 kilogramos de cal viva grasa y 1,70 á 1,60 metros cúbicos de agua; 550 á 675 kilogramos de cal viva magra y 1,30 metros cúbicos de agua; y 850 á 1100 kilogramos de cal hidráulica con 1 á 1,20 metros cúbicos de agua. Se vé, por tanto, que la cantidad de agua necesaria para apagar las

cales es variable, según su calidad; pudiéndose averiguar de antemano, pesando un trozo de la cal sin apagar, el cual se pone en un vaso en que se echa más agua que la precisa para apagarla, conseguido lo cual se decanta el agua en exceso. La diferencia entre el peso de la lechada resultante y el de la cal viva, da la cantidad de agua para la extinción.

Clasificación de las cales.—Las cales se dividen en dos principales especies: *cales no hidráulicas* ó que no se endurecen bajo el agua, y *cales hidráulicas* que se endurecen en dicho líquido en un lapso mayor ó menor de tiempo. Las primeras, á su vez, se subdividen en cales grasas y magras, y las segundas son delgadas ó magras, es decir, que no aumentan de volúmen por la extinción, ó es muy pequeño el crecimiento.

Cales límites ó límite de las cales, como las denomina Vicat, son las hidráulicas que contienen una cantidad de arcilla (20 á 25 por 100) que es el límite superior de las eminentemente hidráulicas, entrando ya casi de lleno en los cementos de fraguado lento. Marcan pues, la separación entre las cales hidráulicas y los verdaderos cementos.

La cal común ó grasa proviene de la calcinación del mármol ó calizas exentas de arcillas y que tengan menos de un décimo de materias extrañas. Apagadas por el método ordinario, aumentan estas cales considerablemente de volúmen hasta llegar á triplicarlo, producen gran efervescencia en el agua y forman una pasta blanca, suave al tacto, que se disuelve poco á poco en dicho líquido, terminando por desaparecer, por lo cual no deben emplearse en construcciones hidráulicas. Y la magra ó ácida se consigue de calizas con menos de 12 por 100 de arcilla, y 10 ó 20 de materias extrañas (arenas cuarzosas, óxidos de hierro y manganeso y magnesia); desarrolla poco calor en la extinción, aumentando menos de volúmen que la grasa, y al secar al aire libre endurece y se disgrega, reduciéndose á polvo.

Conservación de las cales ordinarias.—

Cuando las cales no se van á emplear inmediatamente, se hace necesario conservarlas. Si se apagaron por el procedimiento ordinario, se logra, teniéndolas en depósitos impermeables, cubiertas con una capa de arena ó de tierra fresca de unos tres decímetros de espesor; y si se apagaron por inmersión ó espontáneamente se conservan bien en los almacenes, en sacos ó barriles ó en cajones cubiertos con tierra ó paja.

Las cales ordinarias suelen venderse por fanegas (0,455 H l.) con un peso de 57, 20 kilogramos.

Aglomerantes hidráulicos—Sus propiedades y clasificación—

Los aglomerantes hidráulicos están constituidos por los diversos tipos existentes, así naturales como artificiales, de cales hidráulicas, cementos y puzolanas, que deben su hidraulicidad á que durante la cocción de las calizas que los producen, se verifica una combinación entre la cal y la sílice dividida con que está mezclada; y los caracteriza la propiedad de fraguar ó endurecerse al amasarse hidratados, fuera del contacto del aire, en presencia del agua; juzgándose que el fraguado se ha verificado cuando resisten la presión del dedo, y mejor aún, cuando no penetra en el mortero la aguja de Vicat, cuya sección de apoyo es de un milímetro cuadrado, con un peso de 300 gramos.

Cales hidráulicas naturales y artificiales—

Las cales hidráulicas provienen de la cocción de las calizas naturales que contienen en su composición un 8 á 20 por 100 de arcilla y á veces además magnesia, sílice, y óxidos de hierro, alúmina y magnesia, y que se reducen á polvo por la extinción y aspersión.

Después de hechas polvo, el residuo del tamizado (grappiers), que contiene partes mal apagadas ó mal cocidas, sufre una extinción complementaria y un molido; no debiéndose mezclar este nuevo producto con la cal hidráulica, sino tenerle

aparte, pues en realidad es solo un cemento de fraguado lento de calidad inferior.

Según su grado de hidraulicidad fraguan las cales en un tiempo que puede variar entre 2 y 30 días; clasificándose las cales hidráulicas, en cales ligeras ó débilmente hidráulicas, que fraguan entre los 15 y 30 días, cales medianamente hidráulicas, que lo hacen entre los 8 y 15, cales hidráulicas propiamente dichas, cuyo fraguado tiene lugar entre el cuarto y octavo día y cales eminentemente hidráulicas, fraguando en menos de 4.

La bondad de una cal hidráulica se manifiesta por una carencia de aumento de volúmen y temperatura en el fraguado; pues de estar mal apagadas, se hincha y disgrega la masa.

Las cales apagadas se presentan bajo la forma de polvo fino, no debiendo dejar en un cedazo de 5000 mallas por centímetro cuadrado, más de 20 á 25 por 100; y de 3 á 6 por 100 en el de 600. Su color es amarillento claro tendiendo al ceniza.

La cal hidráulica se puede obtener artificialmente por simple ó por doble cocción. Consiste el primer método en mezclar las margas, cretas ó tobas calizas, pulverizadas y hechas pasta, con la arcilla, en variadas proporciones según la hidraulicidad que se desee, amasando la mezcla formando de ella tortas ó ladrillos, que después de secos se cuecen. El segundo sistema se reduce á mezclar la arcilla con la cal apagada, cociendo la mezcla resultante, la cual debe estar muy bien hecha y seca antes de proceder á la calcinación, para que no se produzcan cales poco enérgicas. La mezcla se efectúa en un depósito ó alberca algo elevado, del que pasa la lechada, una vez posada la pasta, á otro inferior, vertiendo en un tercero el agua más clara. Con la pasta se hacen ladrillos, bolas ó tortas, que después de secas se cuecen.

Cementos.—Proviene los cementos de la cochura de calizas más arcillosas que las de las cales, ó de mezclas artifi-

cialmente hechas de calizas y de arcillas en proporciones debidas, no siendo menor de 20 por 100 la de la arcilla. Tienen un color más obscuro que las cales, fraguan más rápidamente, y su resistencia es también notablemente superior; requiriendo procedimientos mecánicos para ser reducidos á pólvo.

Se clasifican en dos diferentes grupos: cementos de fraguado lento y cementos de fraguado rápido; habiendo una tercera agrupación, la de los cementos mixtos.

La composición de los cementos de fraguado lento, cuando son naturales, cual los portlands italianos y algunos franceses, y los artificiales, que también reciben igual denominación de portland, difiere poco. Compuestos esencialmente de cal, sílice y alúmina, análisis hechos de varios de ellos, ponen de manifiesto que su composición varía según Candliot dentro de los límites siguientes:

Cal.....	58,12 á 67,31	por 100
Sílice.....	20,00 á 26,10	»
Alúmina.....	5,20 á 10,60	»
Óxido de hierro...	2,50 á 5,30	»
Magnesia.....	0,33 á 2,30	»
Acido sulfúrico....	0,26 á 1,78	»

Así es que los productos que rebasan estos límites no son considerados como buenos cementos de fraguado lento. Sin embargo, como puede ocurrir que aún dentro de esos límites los componentes se hallen de tal modo agrupados que el fraguado y el endurecimiento sea posterior, no es suficiente el análisis químico, y hay que recurrir á otras pruebas experimentales para juzgar acertadamente de la bondad de los cementos; y así se ve, por ejemplo, que la cal libre perjudica al cemento, y que un exceso de magnesia produce una baja en la resistencia de la estructura, ya verificado el fraguado.

Los cementos de fraguado lento, así naturales como artificiales, se presentan en polvo muy fino, de color amarillo y ligeramente verdoso, á veces, y son de alto peso específico, variando entre 3,12 y 3,25 el de reciente producción, pues decrece, pasando el tiempo, con la absorción parcial de agua y de ácido carbónico. El peso de los buenos portlands fluctúa entre 1100 y 1500 gramos por litro. Como de no ser finísimo el molido, sus granos se hacen únicamente activos superficialmente, en su mezcla con el agua, siguiendo inactivo su núcleo interior, se dá gran importancia á este carácter físico, y se exige para ser bueno un cemento que á través de un cedazo de 900 mallas por centímetro cuadrado é hilos de $\frac{1}{19}$ de milímetro, no deje mayor residuo que el 15 por 100; y conforme con las ideas de Candliot es preferible hacer la comparación valiéndose de tres cedazos con 324, 900 y 5000 mallas por centímetro cuadrado, respectivamente, cuyos dos últimos han de retener residuos de 5 á 6 por 100 y de 25 á 30 por 100, no quedando ninguno en el primero.

El fraguado de estos cementos tiene lugar más ó menos pronto, pues en este fenómeno ejercen verdadera influencia distintas causas; acelerándolo una temperatura alta pero no excesiva, poca agua, la presencia en ella de carbonatos y silicatos alcalinos, molido muy fino y construcción reciente; retardándola la temperatura baja, la abundancia de agua, tener ésta en disolución sulfato ó cloruro de cal, no ser de producción reciente y un molido más grueso; siendo tanto mayor el aumento de temperatura durante el fraguado cuanto con más rapidez se ha verificado éste; iniciándose dicho fenómeno en el portland, de condiciones medias, pasada la primera media hora siendo completo á las cuatro ó cinco, si bien en algunos se retarda hasta trascurrir 12 y aún 24. El endurecimiento tiene lugar después del séptimo día, creciendo lentamente con el

tiempo. Si se hace al aire es algo mayor, siempre que la hidratación de la masa sea la conveniente; necesitándose reposo para que el fraguado se verifique con regularidad, y agua tranquila de aplicarse sumergido; efectuándose el apisonado ó compresión del aglomerado antes de empezar á fraguar.

Las resistencias numéricas á la tracción y compresión son á los 7 días 15 y 250 kilogramos respectivamente para el cemento puro, y á los 28 días 35 y 350 kilogramos. No varían de volúmen al fraguar y es muy grande la adherencia de los morteros de cemento sobre la superficie de las piedras, cualidad de tener en cuenta. Además son muy impermeables estos morteros al paso del agua, cualidad que aumenta con el tiempo.

Los cementos de fraguado rápido difieren de los de fraguado lento en ser mayor la proporción de arcilla que contienen, variable entre 27 y 40 por 100, necesitar menor temperatura para la cocción y fraguar en menos de 6 días. Su composición química varía entre límites más amplios, y son los siguientes:

Cal.....	44	á 57	por 100
Sílice.....	21	á 29,5	»
Alúmina.....	7	á 13	»
Óxido de hierro..	3,5	á 5,5	»
Magnesia.....	1	á 3,5	»
Ácido sulfúrico..	0,5	á 3,5	»
Pérdida al fuego.	3,0	á 9,00	»

Su peso específico varía entre 2,8 y 3; pesa un litro de dichos cementos 680 á 1000 gramos, es menor la finura del molido, fraguan en cinco ó diez minutos, adquiriendo á las pocas horas una gran resistencia, que ya después acrece poco; y expuestos al aire se agrietean, de usarse puros, razón por la que se mezcla arena en la proporción de 2 á 2,5 de su volúmen. Mezclados al 1 por 3, resisten á la tracción, después de

28 días, 10 kilogramos por centímetro cuadrado, y 80 á la compresión, necesitándose para hacer esta mezcla el 13 por 100 de agua, en peso.

Cementos mixtos son los compuestos de mezclas naturales de cementos rápidos y de *grappiers* molidos juntamente; así como los que se obtienen exclusivamente con éstos, que, como hemos dicho ya, no son sinó los residuos de la fabricación de la cal hidráulica después de haber eliminado cuanta pudiese quedar por la extinción. Su peso específico varía entre 2,7 y 2,9; contienen 1 á 2 por 100 de alúmina, siendo ricos en sílice, y dan en las construcciones resultados menos seguros que los portlands.

Cementos especiales.—Con las escorias de los altos hornos (*laitier*) desecadas, molidas é íntimamente mezcladas con cal hidráulica, se obtienen también cementos especiales de fraguado lento, los cuales van generalizándose.

Todos estos cementos, generalmente, poseén más alúmina y menos cal que los portlands; el sulfuro cálcico, que siempre contienen, se eleva á veces al 3 ó 4 por 100, pesan un kilogramo por litro próximamente y su peso específico es 2,7 á 2,8. En el cedazo de 900 mallas dan 4 por 100 de resíduo.

El fraguado es bastante lento, tardando de 8 á 10 horas, siendo el cemento puro; pues el mezclado con arena no fragua por completo hasta el transcurso de 15 á 20. Su resistencia es pequeña, pero amasados con arena en la proporción de 1 á 3, resisten después de 28 días, 16 kilogramos por centímetro cuadrado á la tracción como mínimun y 140 á la compresión.

Estos productos se emplean para trabajos bajo el agua y en sitios húmedos.

También con la arena de escorias se fabrican cementos, prefiriéndose las que proceden de los hornos de cok, de silicatos muy calcáreos y poco aluminosos. La fabricación de estos cementos comprende las operaciones de granulación por enfria-

miento brusco en el agua, pulverización, mezcla en molinos, con 0,15 á 0,30 de cal apagada, en polvo, y formación de briquetas que se cuecen y mezclan como en la obtención del portland. A veces se añade alúmina.

Otro producto de los que nos ocupan es el cemento graso ó sílico cemento, que se obtiene moliendo, muy fino, cemento portland y arena silíceo, no debiendo dejar, al pasar por el cedazo de 5000 mallas por centímetro cuadrado, 10 por 100 de residuo.

Para reparación de monumentos se hace uso de otro cemento, llamado cemento metálico, compuesto de dos partes de óxido de zinc, dos de piedra calcárea dura pulverizada y una de asperón molido, que se muele y mezcla íntimamente, y á que se añade un poco de cera para imitar el tono de color de la piedra. La composición líquida es una solución de zinc en ácido clorhídrico, á la que se agrega clorhidrato de amoniaco; siendo las proporciones, 6 de limaduras de zinc y 1 de clorhidrato de amoniaco; y se temple el líquido en las dos terceras partes, en volúmen, de agua. Para constituir el cemento, se amasa un kilogramo del polvo preparado con 50 decilitros de la disolución líquida cuya formación acabamos de indicar. Resiste á la tracción, pasadas 48 horas, 10 kilogramos por centímetro cuadrado, y 48 después de 4 meses.

Puzolanas—Las puzolanas, que toman su nombre de Pozzuoli, lugar próximo á Nápoles, de donde se extraen desde remotos tiempos, son materiales de origen volcánico que se mezclan con cales grasas, magnesíferas y medianamente hidráulicas, dando nacimiento á un producto, que para que no pierda sus cualidades hidráulicas, se precisa conservar en almacenes muy secos y á cubierto de la intemperie.

La composición de las de Roma (San Pablo) es aproximadamente la siguiente:

Sílice.....	40,00	por 100
Alúmina.....	15,00	»
Cal.....	8,00	por 100
Óxido de hierro.....	12,00	»
Agua y álcalis.....	15,00	»
Magnesia.....	2,00	»
Materias insolubles.....	8,00	»

Su color rojo obscuro, densidad 1,13 á 1,15, y debe pasar por un cedazo cuyas mallas son de 2 milímetros de diámetro.

La de Bacoli, en Nápoles, es de fraguado más lento que la de Roma, se combina muy bien con las cales grasas, y alcanza precios menos elevados. Su color y peso es variable con los estratos que tenga, desde el verdoso al amarillo y ceniciento más ó menos obscuro, y la densidad varía de 0,95 á 1,04; teniendo la siguiente composición las buenas puzolanas de Nápoles:

Sílice.....	56,20	por 100
Alúmina.....	19,00	»
Sesquióxido de hierro. ...	8,70	»
Magnesia.....	0,25	»
Sosa.....	2,90	»
Potasa.....	3,95	»
Cal.....	2,90	»
Agua.....	3,90	»
Sulfato de cal (indicios) y pérdidas.....	2,40	»

Hay además otras puzolanas, como las de Torre Annunziata, de color negro, las de Sicilia, negruzca de Monte Rojo y rosácea de Monte Paterno.

El metro cúbico pesa de 1158 á 1230 kilogramos.

En Alemania y Holanda hay el *trass*, tolva volcánica amarillenta ó grisácea, áspera al tacto y más ó menos térrea, compuesta de un polvo que contiene fragmentos de pumita, traquita; greywacka, basalto, leños carbonizados, etc., y está depositada

en el agua, en el valle del Brohl, cerca de Audermach, y en el del Mosela junto á Winningen.

En nuestro país apenas si se conocen las puzolanas naturales, prefiriendo para las obras las cales hidráulicas y cementos; y únicamente se fabrican algunas artificiales con el polvo del ladrillo, tejas y otros productos cerámicos, y se emplean en solados de azoteas, retundido de juntas, zampeados de depósitos de agua, etc.

Puzolanas artificiales hay muchas y su producción ha dado nacimiento á diferentes fábricas, algunas muy importantes en Francia é Italia.

Suelen hacerse mezclando 1 á 3 partes de cal con 9 á 7 de arcilla, sometiéndolas á un calor algo superior al rojo sombrío, el del primer grado de cocción de los ladrillos. También se obtienen cociendo, en hornos de carbón de piedra, panes de una pasta formada por una parte, en volúmen, de cal grasa cocida y apagada hecha pasta blanda y cuatro de tierra arcillosa, á que se añade agua.

Portlands.—Con el nombre de portlands se conocen generalmente los cementos romanos artificiales de fraguado lento.

El cemento portland inglés se fabrica en Inglaterra mezclando creta con el limo ó fango arcilloso del Támesis y del Medway, que se tritura en muelas con una gran cantidad de agua para que la mezcla sea más íntima. Las partículas muy finas que quedan en suspensión en el agua se quitan por decantación, y cuando la mezcla, hecha barro, depositada en las balsas se seca, se hacen panes que se cuecen hasta que la materia empiece á vitrificar; se entresaca el cemento así obtenido, se pulveriza y se pone en sacos ó en cajas. El peso del metro cúbico es de 1270 kilogramos, disminuye de volúmen, 20 por 100, en el fraguado, y este tiene lugar al cabo de 5 á 10 horas.

El Portland francés de Boulogne-sur-Mer se fabrica con la



calcárea margosa de Chateau-Neuf, que contiene 19 á 25 por 100 de arcilla.

Parece oportuno hacer constar aquí que el nombre de Portland, dado por un alfarero de York, José Apsdin, en 1824, primero de los industriales que fabricaron cemento hidráulico de fraguado lento, se debe á la semejanza que presentaban, así el mortero como el aglomerado hecho con tal cemento, con una caliza compacta de la península Portland, en Inglaterra.

En todos los países se ha extendido prodigiosamente la fabricación del cemento Portland, que ya en el año 1898 producían 5.500000 toneladas, producción acrecida grandemente hoy, alcanzando extraordinario desarrollo en los Estados Unidos, Alemania, Francia, Italia, Rusia, Inglaterra y en la casi totalidad de las naciones.

Los procedimientos que se siguen en la actualidad para tal fabricación difieren poco entre sí. En todas las fábricas, á la pasta formada por la mezcla íntima de los materiales muy finamente molidos, se la amasa y corta en ladrillos que se cuecen hasta ablandarlos, después de desecados, siendo luego molidos nuevamente. A veces sustituye la elaboración por vía seca á la húmeda, precisa en algunos casos, y que tiene el grave inconveniente de la gran cantidad de agua á eliminar; la molienda entonces se practica al propio tiempo que se forma la pasta, que adquiere la debida resistencia con un ligero humedecimiento y la compresión.

En nuestro país los portland de Sestao y de Tudela-Veguín, en Oviedo, dan muy buenos resultados; siendo los extranjeros más empleados los de Hemmoor, Hamburgo (Alemania), los de la Sociedad Cal y Cementos Romain Broyer, de Marsella, los del Adour-Boucau (Bayona) y los de la Sociedad J. y A. Pavin, de Lafargue.

Los Portland ingleses, también muy conocidos, tienen la composición siguiente: cal, 59,23; silice 22,42; alúmina y anhi-

drido férrico 13,02, magnesia 0,64; ácido sulfúrico 0,50; anhídrido carbónico y elementos no dosificados 4,19.

Cuadro comparativo de las cales, cementos y puzolanas—La clasificación más admitida, sin ser absoluta, puesto que el producto adquiere sus propiedades hidráulicas no solo por su constitución física y química sino por el sistema de fabricación, es la siguiente, que establece la comparación entre los diversos conglomerados y las cales:

PROPORCIÓN EN 100 PARTES DEL MATERIAL EMPLEADO.		PRODUCTO OBTENIDO	ÍNDICE de hidráulicidad del producto	TIEMPO que tarda en fraguar fuera del contacto del aire.
ARCILLA	Carbonato de cal.			
0,0 á 5,3	100 á 94,7	Cales grasas y ácidas .	0,00 á 0,10	No fraguan bajo el agua.
5,3 á 8,2	94,7 á 91,8	Cales débilmente hidráulicas.	0,10 á 0,16	Del 16 al 30 día
8,2 á 14,8	91,8 á 85,2	Cales medianamente hidráulicas.	0,16 á 0,31	„ 10 al 15 „
14,8 á 19,1	85,2 á 80,9	Cales hidráulicas propiamente dichas . . .	0,31 á 0,42	„ 5 al 9 „
19,1 á 21,8	80,9 á 78,2	Cales eminentemente hidráulicas	0,42 á 0,50	„ 2 al 4 „
21,8 á 26,7	78,2 á 73,3	Cementos de fraguado lento	0,50 á 0,65	De 6 á 24 horas.
26,7 á 40,0	73,3 á 60,0	Cementos de fraguado rápido	0,65 á 1,20	En menos de 6 „
40,0 á 62,6	60,0 á 37,4	Cementos áridos.	1,20 á 3,00	Fraguan unidos á la cal.
+ de 62,6	- de 37,4	Puzolanas	+ de 3,00	

Reconocimientos y pruebas de los cementos—Para recibir como bueno un cemento hay que someterle á un minucioso reconocimiento, que justifique cumple con cuantas condiciones se consideran indispensables para su empleo. Por tanto, se comprueba si su peso por litro está dentro de los límites asignados á cada clase, ya indicados; se examina la finura de la molienda, haciéndole pasar por los cedazos correspondientes y calculando el tanto por ciento que deja de re-

síduos; se ensaya á la tracción y compresión, practicando estas pruebas con pasta de cemento puro y con mortero de arena al 1 por 3; se determina su densidad ó peso específico, así como su composición, ésta mediante el análisis químico correspondiente; y por fin se vé cual es la duración del fraguado y su deformación en frío y en caliente.

Para que la determinación del peso mínimo de un litro del cemento pasado por el cedazo de 900 mallas por centímetro cuadrado, y no comprimido, se realice siempre de igual manera, pudiéndose así mejor comparar los resultados, se hace uso del *embudo de cedazo* representado en la figura 16, que es metálico, tronco-cónico, de sección circular, de dos centímetros de diámetro en su unión con el tubo cilíndrico por que termina y el cual conserva este diámetro; teniendo á una altura de 15 centímetros, contada desde la base menor del cono del embudo, un diámetro de 15 centímetros, yendo colocada en esta sección una chapa *a* con 1050 agujeros de 2 milímetros de diámetro en cada decímetro cuadrado. La longitud del tubo del embudo es de un decímetro; y debajo de él y á 5 centímetros de su extremo inferior se pone horizontal sobre una mesa la medida *A* en que se recoge el cemento, que reducido á polvo fino se vierte en el embudo por porciones de 300 á 400 gramos, haciéndole pasar por la chapa agujereada con la ayuda de una espátula de madera de 4 decímetros de longitud.

Con objeto de que la altura de caída sea constante, se sube poco á poco el embudo durante la operación, que se detendrá cuando esté llena la medida, en cuyo momento la base menor del cono del embudo habrá alcanzado el borde superior del sostén del mismo. El exceso de cemento que hubiera en la medida, se quita pasando por sus bordes un cuchillo de canto.

Para tener el peso de un litro hay que hacer una pesada del total contenido en cinco de estas medidas, que tienen tal capacidad, de que se halla el peso medio.

La duración del fraguado se determina sobre la pasta normal de cemento puro, la cual, como en todas las puebas que se verifiquen con tales cementos, se logra, amasándolos con agua del mar. Para hacer la pasta, siempre se opera con un kilogramo del cemento, que se extiende en una mesa de mármol, formando una corona, en el centro de la que se vierte el agua precisa, amasando con la espátula enérgicamente por espacio de cinco minutos á partir desde el momento en que aquella se vertió, debiendo ser idéntica la proporción de agua empleada en la masa diariamente para todas las pruebas de una misma muestra; proporción que se determina por tanteos hasta conseguir que la pasta, convenientemente amasada, tenga la debida consistencia plástica que se conocerá del modo siguiente: se llena de dicha pasta una vasija metálica, tronco-cónica ligeramente, é impermeable, de 4 decímetros de profundidad, 8 de diámetro en la base inferior y 9 en la superior, igualando su superficie pasando la hoja de la espátula por el borde superior, y se obliga á penetrar en el centro de la masa, con precaución y lentamente, en dirección bien normal, una sonda cilíndrica de un centímetro y 300 gramos de peso; debiendo ser de 6 milímetros el espesor de la capa que queda entre el fondo de la vasija y el extremo de la sonda al cesar de penetrar ésta por su propio peso.

Confeccionada la pasta de cemento puro se introduce en un recipiente *a* (figura 17) semejante al que acaba de describirse, que una vez lleno é igualada su superficie, se sumerge en un baño con agua á 16° ó 18°, cuya temperatura se mantendrá, sacándolo únicamente el tiempo preciso para cada comprobación; y en vez de sonda, se usa la *aguja de Vicat*, que indica la citada figura 17, cilíndrica, terminada por una sección normal de un milímetro cuadrado y que pesa 300 gramos, aguja que suspendida por un hilo que pasa por una polea se hace descender sobre la pasta; considerándose como princi-

pio del fraguado, el instante en que la masa no se deja penetrar hasta el fondo de la caja, y que se ha terminado aquél cuando la superficie de la pasta sostiene la aguja sin penetrar cantidad apreciable. La duración del fraguado, debe contarse desde que el agua se ponga en contacto del cemento para formar la pasta.

Como es cualidad de todo buen cemento, el conservar invariable su volúmen al fraguar, para cerciorarse de ello se extiende una capa delgada de pasta de cemento puro sobre una lámina de vidrio, dejándola fraguar; y sumergiéndola luego bajo el agua, se tiene así 24 horas, no debiendo presentar grietas ni hinchazones al sacarla.

Los ensayos de deformación en frío se hacen de modo semejante, extendiendo la pasta sobre un vidrio, dándola forma de galletas de 8 á 10 centímetros de diámetro, con un espesor de 2 centímetros en el centro, el cual disminuye en los bordes, sumergiendo vidrio y galletas en el agua de mar conservando la temperatura á 15° ó 18°; no debiendo levantarse los bordes ni haber grietas, pliegues é hinchazones.

Para los ensayos en caliente se emplean unas cajas cilíndricas, de hoja de lata de medio milímetro de espesor, de 63 centímetros de altura y 3 de diámetro, abiertas según una generatriz, provistas de dos índices rectilíneos de 15 centímetros de longitud perpendiculares al eje del cilindro soldados sobre ambos bordes de la abertura y dispuestos de modo que se toquen en toda su longitud. Dos cuando menos de estas cajas se rellenan con la pasta normal de cemento puro, cuidando de mantener, durante el relleno, los índices en contacto, valiéndose para ello de un anillo, y una vez llenas se sumergen en una vasija con agua dulce á la temperatura de 15° á 18°. Concluido el fraguado y 24 horas cuando más después de hecha la pasta, se quita el anillo y se mide la separación de los índices, si la hubiere, se aumenta la temperatura del agua hasta 100° en un período de tiempo no superior á media hora ni inferior á un

cuarto de hora, manteniéndola durante seis horas seguidas, dejando después enfriar hasta conseguir la temperatura inicial; no debiendo ser mayor de 6 milímetros la separación de las puntas de los índices medida al principio y al fin de la operación, ni presentar la masa hendiduras ó haber en ella un principio de disgregación.

Las pruebas de resistencia á la tracción se efectúan con probetas obtenidas con la pasta de cemento puro en moldes cual el de la figura 18, probetas que afectan la forma de la figura 19, de 5 centímetros cuadrados de sección y espesor de 0^m, 0222, ó la de la figura 20; las cuales se rompen en el aparato de doble palanca de la figura 21, consiguiéndose el peso creciente que produce el esfuerzo, mediante un chorro de perdigones que vierte en el recipiente *a*; y las pruebas á la compresión se ejecutan con cubos de 50 centímetros cuadrados de sección, usándose máquinas de ensayo cual las de las figuras 105, 107 y 108, que más adelante se describen, ú otras análogas.

Yeso.—Propiedades del sulfato de cal ó piedra de yeso.—La piedra de yeso, cal sulfatada, ó sulfato de cal, se encuentra en las capas superiores de los terrenos secundarios, alternando con las de la piedra caliza, y en los terrenos terciarios en bolsas ó depósitos, asociado á las margas. Está caracterizado por su poca dureza, pues se deja rayar con la uña, no producir efervescencia con los ácidos, no estar mezclado con el carbonato de cal y perder su agua de cristalización por la calcinación, endureciendo y blanqueando. Su densidad es 2,51. Suele presentarse cristalizado en prismas, en láminas, agujas, rosetones eflorescentes, ó en masas de textura laminar, fibrosa, compacta ó terrosa.

Posée el yeso la propiedad de fraguar enseguida con el agua, pero al contrario de la cal hidráulica es inservible para obras expuestas á la acción de la humedad pues se disgrega y

desmorona, dando en cambio excelente resultado, pues une íntimamente los materiales de construcción, cuando se le emplea en parajes secos.

Se extrae de las canteras á cielo abierto ó en galerías, según que la piedra se halle más ó menos próxima á la superficie del terreno; no teniendo, generalmente, aplicación las primeras capas que se sacan, ni aún las segundas, que dan yeso de mala calidad.

Obtención del yeso.—Calcinación y preparación.—Para obtener el yeso hay que comenzar por someter el sulfato de cal ó piedra de yeso á una cocción, calcinación ó quemado, empleando á ese objeto hornos de varios tipos; siendo lo más sencillo formar una bóveda con piedras grandes, en seco, colocando la piedra de yeso de modo que los trozos mayores estén más próximos al fuego, quemando lentamente el combustible hasta que al cabo de unas 10 horas tome el color rojo, que se tapan los huecos con piedra, cubriendo el montón con polvo de yeso; pero por tal sistema el producto resulta muy desigual por quemarse más la piedra que está puesta más abajo que la que ocupa la parte más alta; no obstante, la mezcla resultante es un producto que agarra bien á los materiales con que se emplea.

Los hornos permanentes más sencillos son del tipo del representado en la figura 22. Es cerrado por tres lados, y en el frente abierto se construyen pequeñas bóvedas con los trozos gruesos de la misma piedra, dejando aberturas que permitan paso al humo. Cargado el horno, poniendo en la parte inferior las piedras más gruesas, se da fuego á las retamas ó leña de los hogares, que se activa poco á poco, procurando conservar un calor igual (200° de temperatura próximamente) hasta terminar la operación. Concluido de quemar se cubre la hornada con el polvo y piedras menudas, dejando enfriar, y luego se extrae y pulveriza.

El cok y la hulla se usan también como combustible en los hornos de yeso, y entonces se queman en un hogar, separados de la piedra de yeso.

Violet ensayó con buen resultado quemar la piedra de yeso por la acción del vapor de agua, para conseguir así un producto más limpio é igual. La figura 25 representa un horno de este tipo, compuesto de los generadores *a*, del serpentín *b*, y de los tres hornos ó cámaras *c d e* separados por medio de tubos con llaves de paso.

La piedra de yeso se carga por la parte superior *f*; el vapor que se forma en los generadores circula por el serpentín tomando la temperatura conveniente y pasa á una de las cámaras atravesando la piedra de yeso que contiene, que la cuece, y de ahí á otra, atravesándola de arriba abajo y saliendo al aire libre luego. En la primera de ellas es donde se hace la cocción más completa, por su proximidad al generador, penetrando el vapor á 200°, de modo que cuando entra en la segunda ha bajado la temperatura y el calor se aprovecha en elevar la temperatura de la segunda cámara, calentando la piedra para que al terminar la cocción de la que hay en la primera, dirigiendo el vapor á la segunda, se calcine más pronto; mientras se carga nuevamente la primera, una vez extraído el yeso, que conserva cierto calor, y así se prosigue, cociendo la piedra en todas las cámaras. El yeso se extrae por la parte inferior de cada cámara A, resultando mejor, más blanco y con mayor economía, que aún sería más grande utilizando para la cocción el vapor que se pierde, de la máquina destinada á poner en movimiento los molinos etc.

Quemado el yeso por uno ú otro procedimiento, se muele ó reduce á polvo, lo que se puede hacer á brazo, con mazos ó pisones, y mucho mejor mecánicamente, en molinos de muelas. Después se criba ó cierne en zarandas de hierro, cuyas mallas

son diferentes según las clases que se quieran obtener; denominándose *granzas* los residuos.

Clasificación de los yesos—Se emplean dos clases de yesos, el *blanco* y el *negro*; éste último *tosco* y *cribado*. Con el primero se guarnecen y reciben los tabiques antes de enlucirlos y se preparan los reboques; y el yeso cribado de buena calidad se destina á enlucidos.

El negro se vende por caices (690 Kg.) divididos en 24 costales, y el blanco en costales de 4 arrobas (46 Kg.)

Ensayo práctico de la bondad de un yeso—La calidad del yeso la indica desde luego la cantidad de agua que absorbe, la cual debe ser unas tres cuartas partes de su peso. Esta prueba se verifica mezclando una parte de yeso y tres de agua, en peso, formando una pasta, que si es untuosa y no se disgrega entre los dedos, denota su buena calidad; y si por el contrario, es pulverulenta y no fragua, el yeso es malo.

El yeso aumenta hasta un quinto su volúmen, al fraguar.

Amasado y empleo del yeso.—Para amasar el yeso se empieza por verter en la artesa ó cuevo el agua precisa, que es de 6 partes en volúmen para 5 de yeso, de estar bien quemado, cuando es del fino cribado y se destina á blanqueos; y 3,5 de agua y 5 de yeso, de emplearse el tosco de criba para jaharros, tendidos y forjados; enseguida se vá echando el yeso poco á poco, exparciéndole con la paleta hasta llegar casi á la superficie del agua, y en cuanto empieza á trabar ó espesar, se le revuelve, deshaciendo las partes apegotadas ó granos formados.

Conviene que las paletas de que se haga uso sean de cobre, pues las de hierro se oxidan muy pronto, é inutilizan por el ácido sulfúrico que siempre conserva el yeso; debiéndolas limpiar después de amasar, ya que endureciéndose el que quedaría pegado, al hacer de nuevo otra porción se mezclarían unos trozos duros con la nueva masa; y asimismo cada vez

que se concluye el trabajo, se limpia el cuevo ó artesa con la *raedera*, que es una tabla pequeña, semicircular, á fin de que no haya yeso endurecido cuando se amase otro.

El yeso aumenta de volúmen después de amasado, al solidificarse. Y no se debe mezclar con él tierra, arenas, arcilla, ni cascote, porque disminuyen su fuerza; amasándole con agua de cal ó de cola cuando se quiera darle mayor durezza.

El peso de un metro cúbico de yeso, es de 1200 á 1600 kilogramos.

Estucos—Con el yeso, como con la cal, se fabrican estucos de gran aplicación en las edificaciones para el enlucido y decoración de habitaciones. Para obtener el estuco de cal se mezcla una parte de polvo fino de mármol con cinco de cal tamizada, que se revuelve bien y hace pasta con el agua precisa, vertiendo sobre ella y mezclando el color que se desée dar, aplicándolo y extendiendo con una espátula, estando la pared húmeda; se frota luego con una muñeca de trapo fina, dándola antes con jaboncillo de sastre ó agua de legía, y aún jabón común y potasa, á fin de conseguir una superficie pulimentada.

Para hacer el estuco de yeso se elige el yeso mejor y más blanco y cocido; que se conocerá viendo si al romper las piedras, su fractura presenta pocos puntos brillantes. Una vez bien molida, se tamiza el polvo, mezclándole agua de cola ú otra substancia gelatinosa y se aplica como el estuco de cal.

Sirve el estuco para revestir columnas, pilastras, plintos, muros, molduras y bajo relieves, é imita al mármol; y el de cal se emplea también para al exterior de edificios expuestos al aire y humedad.

Algunas veces se aplica el estuco líquido, con una brocha; y entonces hay que dar varias manos ó capas, hasta el número de veinte.

Como mejor se pulimenta el estuco es con asperón molido y una moleta ó pedazo de piedra. Se rellenan las cavidades con

un estuco líquido y se pasa la piedra pomez y se termina el pulimento con la piedra de toque y muñecas de trapo con cera.

Asfaltos y betunes.—El asfalto es un mineral bituminoso, una caliza roquiza y porosa impregnada de betún en la proporción de 6 á 12 por 100. Afecta el estado sólido, pastoso ó fluido, y siempre llega á hacerse líquido por la acción del calor. Es de un color moreno, de fractura brillante, inodoro en frío y que arde con un fuerte olor empíreumático.

El betún se extrae por el calor, de las rocas asfálticas, siendo un compuesto de carbono, hidrógeno y oxígeno; y el asfalto, de las minas, por medio de la pólvora, la barra, el pico y la cuña. Se trocea dándole el grosor de las piedras ó guijarros con que se empiedran las calles, se pulveriza después por una semicalcinación ó decrepitación á la cal, ó por trituración, bajo la acción de pilones ó quebrantadores, tamizándose el polvo y cerniéndole. Los granos obtenidos no deben tener más de milímetro y medio de grueso, y así pulverizados se ponen en calderas capaces de contener 1000 á 1200 kilogramos, comprendida una adición de betún de Ganjac ó de Bastennes ú otros semejantes, en la proporción de 84 partes de asfalto por 16 de betún. La cocción se lleva á fuego lento, moviendo sin cesar la mezcla, que se echa por porciones sucesivas; y cuando ya la materia aparece homogénea, se saca de la caldera y se hacen panes de 25 kilogramos cada uno; en moldes cilíndricos.

El asfalto, (compuesto de carbono, 80 por 100 de agua, oxígeno y ázoe), no es inflamable, es insoluble en el agua y el alcohol; es impermeable, y se vende en pedazos de 3 á 4 milímetros de lado; en polvo ó en mastic (84,5 de caliza por 15,5 de betún), adicionado de 2,5 á 4,5 por 100 de betún ductil. El mastic bituminoso es una mezcla de 10 á 15 partes de betún y 85 á 90 de roca asfáltica pulverizada, y funde próximamente á los 100°; se expen-

de en panes de 50 centímetros por 33 y por 11; y puro ó mezclado con arena, sirve para pavimentos de calles, cubiertas, suelos de terrazas, etc.

Para emplearlo en pavimentos se dividen los panes en 8 ó 10 trozos y se mezclan en 2 á 4 por 100 de betún ó de brea y 30 por 100 de arena gruesa, cociéndolos en una caldera portátil de chapa puesta á las inmediaciones de la obra, removiéndolo con una pala de hierro; y cuando ya está pastoso se aplica sobre las superficies que han de recibirlo, espolvoreando la ya extendida, cuando aún está caliente, para preservarla de la acción solar.

Se extiende, ya sea puro ó mezclado con arena, en bandas de 75 á 90 centímetros de ancho por 15 á 20 milímetros de espesor sobre una superficie bien lisa y apisonada de mortero hidráulico de 10 centímetros de espesor, ó sobre una capa de arena machacada, ó apisonada, rociada con una lechada de cal hidráulica.

El betún artificial está compuesto de 4,5 litros de alquitrán, 700 gramos de colofonia y 5 decímetros cúbicos de cal para cada metro cuadrado.



CAPÍTULO IV

*Piedras artificiales.—Adobes, ladrillos, tejas y caños.—
Morteros y hormigones ordinarios é hidráulicos*

Clasificación de los ladrillos—Entre los materiales artificiales de construcción, se encuentran, en primer lugar, los ladrillos, fabricados con tierras arcillosas.

La propiedad que tiene la arcilla de formar con el agua una pasta, que se endurece por el calor, conservando la figura que se la hubiere dado previamente, ofreciendo después de la cocción una gran resistencia, sirve de base á la industria cerámica.

La arcilla que más conviene para la fabricación de los ladrillos, se compone de 45 á 80 partes de sílice, 15 á 40 de alúmina, y 18 partes, cuando más, de agua.

Los ladrillos pueden clasificarse en distintos grupos, según se tenga en cuenta su calidad, forma, etc.; así se dividen en *ladrillos crudos ó adobes* y en *ladrillos cocidos*, y éstos en *ladrillos comunes y refractarios*; pudiendo ser, en cuanto á su figura, los ladrillos, como los ordinarios, de 6 caras, iguales dos á dos, de formas doveladas, etc. macizos, huecos y prensados.

Adobes—*Su fabricación*—Aunque de escaso uso hoy, aún se emplean en las construcciones rurales de algunos países pobres y templados, los adobes ó ladrillos sin cocer.

Su fabricación exige una tierra arcillosa que no contenga materias extrañas ni sea salitrosa. Cribada la tierra, se amasa con esmero para que resulte suficientemente consistente, y se la mezcla una pequeña porción de paja ó arena, á fin de que al

secarse, que contraen, no se aprieten los adobes. La masa así preparada, se echa en el molde, llamado *marco* ó *gradilla*, que es un bastidor de madera, hecho de tablas de canto, con las dimensiones interiores iguales á las del adobe más los excesos que se dejan por lo que contrae al secar, después de espolvorearle de arena fina así como el tablero de la mesa sobre que se coloca para hacer el moldeo; llenándole y macizándole con las pelladas precisas de dicha masa, quitando la sobrante é igualando la superficie libre pasando el rasero. Conforme se extraen los adobes, se ponen á secar al aire, bajo un cobertizo, si es posible, y nunca al sol.

El mortero con que se unen los adobes en las obras en que se emplean, es de tierra arcillosa ó de cal y arena.

Ladrillos—*Su fabricación manual y mecánica.*—Los ladrillos cocidos ó simplemente ladrillos, se obtienen sometiendo los ladrillos crudos á un fuego alto y sostenido.

Las arcillas para tal fabricación, no deben ser demasiado grasas pues se agrietarían al cocerlos, ni muy ásperas ó terrosas porque no endurecerían bastante, ni salitrosas pues los ladrillos hechos con ellas, se destruirían á la intemperie. Con una arcilla muy plástica, se suelen mezclar 43 por 100 de polvos de ladrillos ó baldosas fabricados de igual arcilla; y de emplearse una algo caliza se la mezcla 25 por 100 de arena arcillosa; así como en caso de tener necesidad de usar una arcilla ferruginosa muy plástica se la añade un 50 por 100 de arena arcillosa.

Para la fabricación de los ladrillos y baldosas, como la de las tejas y caños, hay que llevar á cabo las siguientes operaciones: *preparación de la tierra, amasado y moldeo, desecación y cocción.*

Preparación de la tierra: La arcilla para la fabricación de los ladrillos, se extrae de la cantera en otoño, dejándola al aire hasta la primavera, removiéndola varias veces con un azadón

para renovar la superficie libre; exposición ésta al aire ó *podri-dero*, que purga á la arcilla de una parte de las sustancias extrañas que contienen.

Amasado y moldeo: Para amasar la arcilla se hacen en el terreno dos escavaciones de un metro de profundidad, revestidas de mampostería con mortero hidráulico, ó con tablones, y se echa en uno de los dos *noques*, así se denominan tales balsas, la arcilla y sobre ella el agua hasta empaparla, dejándola por espacio de dos ó más días, según la cantidad que haya de amasarse, al cabo de los que se pisa por uno ó más operarios; se extrae una parte de la capa superior pisada y se pone en el segundo noque, donde, á su vez, se la pisa, marchando en varias direcciones; se remueve con una pala, se bate y quitan los cuerpos extraños que se encuentren, repitiendo la operación con cuanta hay en el primero de los noques. Del segundo noque se va sacando la arcilla, después de pisada, removida, batida y limpiarla de cuerpos extraños, y se extiende en el suelo, que ántes se habrá esplanado; y se pisa de nuevo, formando una capa de 15 centímetros, despidiendo con el pié la arcilla adelante, y continuando de igual modo hasta que la pasta tenga la debida consistencia.

También se preparan las tierras formando un montón, que se riega y remueve sucesivamente con el azadón ó pala, pisándola al mismo tiempo; y cuando alcanza la altura de las rodillas el montón preparado, se hace otro de igual manera, apisonando la tierra y batiéndola, tanto más, cuanto mejor sea el producto que se desée obtener.

Antes de comenzar el amasado, sobre todo si este ha de hacerse mecánicamente, se obliga á pasar la tierra arcillosa, ya preparada, por entre dos cilindros horizontales de fundición de medio metro de diámetro, separados uno de otro como 3 milímetros, vertiéndola en terrones en una tolva de que están provistos tales aparatos.

Después pasan las arcillas desde aquí á los noques para ser amasadas, ó á los toneles de amasar, que los hay de varios sistemas. El de Clayton es un cilindro hueco de hierro fundido, con un árbol vertical en que vá un tornillo de Arquímedes, que, al girar remueve y amasa la arcilla; teniendo tales toneles, en su fondo ó lateralmente, unas rejillas de hierro por las que sale la pasta, hecha así más homogénea, en hilos del grueso que se quiera.

Ya preparada y amasada la tierra arcillosa, se procede á moldear el ladrillo, que se efectúa manualmente en bastidores ó marcos de madera dura, reforzados en sus ángulos exteriormente con cantoneras de hierro y con los que generalmente solo puede moldearse uno de cada vez; aunque los hay también dobles ó de dos celdillas. Sus dimensiones interiores son las del ladrillo, aumentadas todas en un quinto, que se calcula contraen al secarse y cocer. El moldeo se ejecuta en las grandes industrias cerámicas, mecánicamente, habiéndose generalizado las prensas de moldear, de las que existen muchas variedades, así como de máquinas de moldeo. Una de las más usadas, desde antiguo, es la de Clayton, que sirve para el moldeo de toda clase de ladrillos, baldosas, caños, etc. La representa la figura 54 y se compone del depósito cilíndrico A, de hierro, en cuyo interior lleva un árbol con un tornillo de Arquímedes, que recibe movimiento de rotación, merced al que amasa la arcilla y la dá salida por dos aberturas B laterales, atravesando por los moldes C donde adquiere la forma y sección correspondiente del ladrillo, teja, ó caño, etc., según el molde; corriendo la masa ya moldeada, á lo largo de los bancos D, sobre una tela sin fin, montada sobre rodillos, con movimiento de traslación; cortándola al largo debido para obtener cada pieza, con los alambres *a* giratorios alrededor de *b*, que pueden distanciarse más ó menos según haya de ser la longitud del ladrillo, de la teja, del caño, etcétera.

Desecación.— Moldeados los ladrillos, se llevan á los *secaderos* ó *eras*, donde se enjugan, antes de cocerlos. Son tales secadores, una porción de terreno en que se van colocando los ladrillos de plano, en cuanto se sacan de los moldes ó marcos; y ya que adquieren alguna consistencia se ponen de canto para que se airéen mejor, apoyándolos, cuando son delgados, de dos en dos, por sus bordes superiores. Cuando ya pueden resistir la presión del dedo sin dejar marcada la huella, se hacen hiladas ó pilas de poca altura, dejando huecos para que circule el aire.

El secadero debe estar cubierto para evitar la lluvia y el sol; su superficie, que se apisona, suele cubrirse de paja muy fina; y generalmente se le divide en cuarteles de 5 metros de lado, poco más ó menos, dejando paso entre ellos, y rodeándolos de zanjas que recojan el agua que sueltan las piezas.

Al quitarlas de la era, para ir las poniendo de canto por primera vez, se repasan las piezas y recortan con un cuchillo y á plantilla, quitándose las rebarbas, desigualdades y materias extrañas que se hubieran adherido, y aún se *perfilan* y *baten*, lo que se reduce á golpear las caras de los ladrillos con una paleta de madera, sobre una mesa, haciendo igual operación con los cantos. Suele también repetirse el batido al estar casi seco el ladrillo, cuando ya el dedo no se imprime en él.

Para llevar á cabo mecánicamente el perfilado y batido, hay máquinas apropiadas. Una de ellas, ideada por Bakewel (figura 55) que condensa el ladrillo después de enjugado y lo perfila, tiene un molde de hierro A fijo en la parte superior del aparato y pulimentado en su interior, cuyo fondo es móvil pudiéndose subir ó bajar por medio de la palanca B y una excéntrica, como en una prensa de imprimir. La operación se verifica colocando el ladrillo en el molde, echando luego la tapa C que se sujeta con la brida D, y haciendo obrar á la palanca sube el

fondo, que comprime al ladrillo entre él, las paredes y la tapa, fuertemente.

El secado se efectúa hoy, en los talleres de alguna importancia, en estufas, muy gradualmente, obteniéndose muy buenos resultados.

Cocción.—Esta tiene lugar en hornos, una vez que estén secas las piezas, recortadas y batidas, y algunas prensadas. La figura 24 dá idea de uno de los más sencillos. La carga se verifica colocando los ladrillos de canto en la solera del horno, formando una primera hilada de varias filas distanciadas entre sí 2 ó 3 centímetros, estando asimismo separados unos ladrillos de otros y de las paredes, para que circule bien el calor; y sobre la primera hilada se pone otra cruzada con la anterior, y después una tercera y una cuarta. El combustible se dispone en los hogares A. Antes de dar fuego se cubre el horno con tejas y una capa de arcilla amasada, dejando respiraderos, canal y chimeneas, para vigilar y regular la cocción. Al principio el fuego debe ser flojo, no dándole más intensidad hasta pasado algún tiempo, variable con las dimensiones del horno y la fortaleza de las arcillas, llegando á ser día y medio y aún más. Después de *ahumada* ó *templada la hornada*, se aumenta gradualmente el fuego hasta que adquiera toda su intensidad, que se conserva muy igual en todas sus partes; y cuando la llama sale blanquecina y sin humo, es indicio de que la cocción está hecha; dejándose enfriar poco á poco el horno, para extraer luego los ladrillos cocidos.

Muchos son los perfeccionamientos introducidos en los hornos de cocer ladrillos, habiéndolos, y muy usados, de cúpula, semejantes á los de cal.

En los hornos circulares de Hoffmann se quema carbón de piedra ó hulla, pudiéndose hacer 10.000 ladrillos diarios con un consumo de una tonelada de carbón.

Condiciones de un buen ladrillo—El buen la-

drillo debe tener sus caras y aristas limpias, finas y sin grietas ni defectos, ser de color rojo más ó menos vivo pero igual, duro y difícil de romper, de sonido metálico, no presentar granos gruesos en su fractura, ni trozos de diferentes materias, sino tener el aspecto de una pasta fina y homogénea, no desmenuzarse y no absorber, sumergido en el agua, más de 60 gramos de ella, en 24 horas. La regularidad de forma, la igualdad de espesores y uniformidad de dimensiones, son condiciones indispensables para su buen empleo en las construcciones; debiéndose desechar desde luego, los heladizos, que se reconocen introduciéndolos en una disolución de sulfato de sosa, de la que se extraen al cabo de una hora, dejándoles secar al aire libre; denotando tal defecto el desprendimiento de fragmentos, ó el que se agrietén. La dureza y tenacidad se prueban golpeando un ladrillo con otro, ó dejándole caer sobre un suelo duro.

Diferentes clases de ladrillos.—Los ladrillos reciben distintos nombres según su cochura; llamándoles *recocidos* los bien cocidos, de hermoso color rojo; *pardos* y *pintones* los de color más oscuro, pardos por unas partes y rosados por otras; *porteros* los que no han recibido en el horno, al cocerlos, más que los humos, que se deshacen; y *santos* los que se han cocido demasiado, saliendo del horno apegotados, de color rojo negruzco, que solo se usan para enripiar.

Según su empleo y forma se clasifican, en *ladrillos comunes*, de dimensiones variables con las localidades, teniendo los de Madrid $28 \times 14 \times 4$ centímetros, y en Francia y Bélgica $25 \times 12 \times 6$; *prensados*, de las mismas dimensiones citadas; *especiales para hornos, hogares, chimeneas y embaldosados*, que se hacen más compactos, pesados y muy bien cocidos, para que puedan resistir los golpes, temperaturas altas, etc.; *medios ladrillos*, que unos tienen un ancho mitad del de los ladrillos comunes, y otros es la mitad el espesor, de gran utili-

dad en las construcciones para conseguir juntas más iguales é hiladas de la misma altura, sin los desperdicios que ocasiona el tener que partir los enteros con dicho objeto; *ladrillos para depósitos y conducciones de agua*, muy compactos y fuertemente cocidos, que presentan algo de vitrificación; y los *barñizados*, de iguales aplicaciones.

Los hay también *huecos ó tubulares Borie*, ligeros, muy económicos, resistentes á la rotura y agentes atmosféricos, que forman mamposterías muy ligadas y ligeras, y que no conducen el calor ni transmiten la humedad, y afectan varias formas y son distintas sus dimensiones (figuras 25 á 35); empleándose para ventilación, los de la figura 33, para techos los de las 36 á 38, para dinteles y claves de arcos ó bóvedas los de las figuras 39 y 40, y también para bóvedas, chimeneas ordinarias ó de ventilación los de las figuras 41 á 43.

Los ladrillos Robert Avril, (figura 44), los Giraldoni para arcos (figuras 45 y 46), los circulares Gourlier, empleados en la construcción de chimeneas, que afectan las cuatro formas *a b c d* (figura 47) con los que se consiguen hiladas de las secciones A B C D (figuras 48 á 51), y los cimbrados A y B de la figura 52, de que se forman chimeneas y bovedillas (figura 53), ladrillos estos que se construyen del rádio que se deséen, son otras tantas variedades de ladrillos especiales, de gran aplicación.

Otra de las variedades más interesantes, la constituyen los *ladrillos refractarios*, empleados en los revestimientos interiores de hornos, algunos conductos de humos, etc., y en general en todas las obras cuyas paredes y bóvedas hayan de experimentar temperaturas elevadas; los cuales se fabrican con arcillas refractarias é infusibles, provenientes de rocas feldespáticas, cuarzosas, ó graníticas, descompuestas por la acción de las aguas, y en que predomina la sílice. Sus formas y dimensiones varían según las clases, y estas con las aplicaciones en obra.

Baldosas y azulejos.—Las baldosas son ladrillos más delgados y cuadrados, generalmente, si bien los hay poligonales, y que se usan para pavimentos ó suelos de habitaciones, principalmente. Tienen por lo común 27,7 centímetros cuadrados y de 2,5 á 3 centímetros de espesor; siendo más pequeños los llamados baldosines. Gran impermeabilidad, dureza y compacidad, son las características de este material; por lo cual, las arcillas con que se confeccionan tienen que ser muy escogidas, y la cocción y fabricación muy esmerada, debiendo hacerse, cuando menos el moldeo, mecánicamente, así como el perfilado y batido.

Los azulejos son baldosas con dibujos de colores, barnizadas; y se fabrican como los ladrillos, dándoles el barníz después de una primera cocción, como se hace con la loza, sufriendo luego otra para su vitrificación. Los dibujos los sacan de los moldes, en relieve.

Ladrillos de escorias—Se fabrican con las escorias de las fraguas y altos hornos, ladrillos que se labran fácilmente y con los que se pueden hacer buenos paramentos. Son de color gris blanquecino, y se les colorea como se desée. Resisten 100 á 188 kilogramos por centímetro cuadrado, y grandemente á la intemperie y helada. Sus dimensiones son $0,^m 22 \times 0,^m 105 \times 0,^m 06$ ó $0,^m 24 \times 0,^m 16 \times 0,^m 105$, pesando 2,60 ó 4,50 kilogramos respectivamente, fluctuando su precio, en las fábricas de Francia, entre 30 y 35 francos y 50 y 55 el millar.

Bajo el nombre de ladrillos blancos con mezcla de hierro, se distinguen unos buenos productos que se consiguen de la siguiente manera: La escoria procedente de los altos hornos, se separa de la fundición del hierro, dirigiéndola incandescente, por regueros, á un estanque lleno de agua, al contacto de la que se fracciona en partículas muy menudas, cual la grava fina, unas, y en estado casi pulverulento otras, separándose en una

tolva, por tamizado. A la mezcla íntima de 75 partes de la gravilla y 25 de la escoria pulverulenta, se agrega de 25 á 30 por 100 de cal hidráulica, sin adición de agua, y la masa se coloca en moldes de hierro, que dan ladrillos de $22 \times 10 \times 6$ centímetros, los cuales se secan al aire libre bajo cobertizos, operación que dura de 2 á 3 meses. Son algo más ligeros que los ordinarios y resisten temperaturas de 800° sin romperse, y 30 kilogramos por centímetro cuadrado á la compresión.

Ladrillos y losas de corcho.—La Sociedad de corchos y aglomerados (Th. Garnot Denniel y Compañía,) construye tabiques aligerados y muros divisorios, rellenos de bóveda, tabicados de suelos, etc. con ladrillos que son unos aglomerados fabricados con mortero de cal y recortes de corcho ó tapones viejos hechos polvo; los cuales pesan de 5 á 6 veces menos, á igualdad de dimensiones, que el ladrillo de Borgoña, resistiendo 14,50 kilogramos por centímetro cuadrado, al aplastamiento. También se construyen losas de $0,50 \times 0,25$ y $0,04$ á $0,06$ de espesor, y briquetas.

Todos estos productos tienen igual empleo que sus similares ordinarios, asentándolos y tabicando con mortero ó yeso, y admitiendo enlucidos. Además se pueden sujetar por medio de clavos, que los penetran con facilidad, á los muros ya hechos, tabiques y bastidores; y son impermeables, é impiden la propagación del sonido.

Dimensiones del ladrillo—Aunque son tan varias las dimensiones de los ladrillos, tantas casi como los modelos diferentes que de ellos existen, atendiendo á su empleo en la construcción y con el fin de unificar, la Unión Cerámica y Calera de Francia, ya en el año 1885 al reducir á dos únicos tipos las construcciones con dicho material, dió el primer paso al logro de tal idea. Puesto que los ladrillos entran en las construcciones solos ó con la piedra, veamos como se puede deducir la relación más conveniente entre sus tres dimensiones, según

que hayan de emplearse en uno ú otro tipo de construcciones. Tal relación es fácil en el primer tipo, pues solo ha de obedecer á que tanto en el plano horizontal, como en los verticales, puedan alternarse las juntas al asentarlos; y en la construcción mixta los ladrillos solo sirven de relleno, pues tanto las cornisas, como las cadenas, los ángulos y las partes principales de las fachadas son de piedra; así que basta colocarlos de modo que comprendan un número exacto de ladrillos las alturas y espesor de los muros. Se obtendrá, por tanto, un buen aparejo horizontal dando al ladrillo una longitud L doble de un ancho l mas el espesor de la junta j , ó lo que es igual

$$L = 2l + j$$

señalando á priori, para el aparejo vertical, que la longitud del ladrillo sea cuatro veces el espesor a y tres juntas, ó que el ancho l sea doble del espesor y una junta

$$L = 4e + 3j \quad \text{y} \quad l = 2e + j$$

pudiendo ya determinarse las dimensiones de un ladrillo para una longitud y junta dadas. Mas si se tiene en cuenta que el espesor de las juntas es muy limitado, y la junta y ancho del ladrillo ha de corresponder á la que asegura una buena cocción sin alabeos, ya el problema se simplifica. Asignando una longitud de 25 centímetros á L y 1 centímetro al espesor de juntas la primera fórmula dá 11 centímetros para el ancho, y las otras dos 5 centímetros para el espesor. Luego el ladrillo de $22 \times 11 \times 5$ será el de dimensiones normales. A él se asemeja el de Borgoña, de $0,^m 22 \times 0,^m 10 \times 0,^m 054$.

Como el espesor de un centímetro es algo grande para juntas con morteros de cal hidráulica, la citada omisión señala el de $0,^m 008$, y entonces el ladrillo normal sería de $0,^m 220 \times 0,^m 106 \times 0,054$.

Tejas—*Su fabricación y diferentes formas.*—La teja es uno de los materiales con que se cubren las armaduras de los edificios.

Su construcción es análoga á la de los ladrillos, difiriendo en que la arcilla debe escogerse muy bien, desembarazándola de toda materia estraña, para que la pasta resulte más fina y homogénea y no sean porosas por tanto; cualidad de importancia suma dado el objeto á que se destinan.

El moldeo se hace manual ó mecánicamente, siendo preferible este último sistema. Siguiendo el primero de ambos procedimientos, para moldear las tejas usuales romanas ó abarquilladas, se hacen tortas con la arcilla amasada, que se pone en un molde alomado, espolvoreado con arena, extendiéndola y amoldándola comprimiéndola con la mano sobre el lomo, concluyéndolas pasándolas el alisador de madera ó de hierro. Mecánicamente se moldean en máquinas ó prensas, que no se describen por ser las mismas ó semejantes á las de hacer los ladrillos. Se cuecen y olean como éstos.

Las tejas datan de muy antiguo. Las que usaron los griegos y romanos eran planas y tenían en el sentido de la pendiente del tejado, rebordes salientes; y se colocaban á juntas encontradas, cubriendo las uniones tejas curvas ó angulares. Las representan las figuras 56 y 57. En nuestro país se usan las derivadas de las romanas, de forma abarquillada, algo más estrechas por uno de sus extremos, teniendo 26 centímetros de longitud, 13 de ancho y 1 ó 2 de grueso (figuras 58 y 59); representando la figura 60, tejas romanas modernas. Otra variedad son las tejas flamencas (figura 61) que tienen la forma de S invertida. Las hay también planas, de diferentes clases, muy en uso en la actualidad, tales como las Gilardoni (figuras 62 á 64), las Müller (figuras 65 á 67), y las Vandremer (figuras 68 y 69), así como otra multitud de tipos y variedades.

Caños—Se llaman así los tubos de barro que sirven para conducciones de agua, bajadas de letrinas, cañones de chime-neas, etc,

La pasta de que se forman se hace de arcilla plástica de la

mejor calidad, con suficiente arena, para que no se hiendan; siendo una buena mezcla la de 8 partes de arcilla común, 1 de arcilla fuerte y 1 de arena. La cocción ha de ser muy fuerte para que adquieran tenacidad. Preparada la pasta convenientemente, se fabrican manualmente sirviéndose del torno de alfarero (figura 70), compuesto de un árbol giratorio *a* que atraviesa el tablero ó mesa de trabajo *b* provisto en su parte superior de un disco de madera *c* sobre el que se coloca el trozo de pasta de que se ha de sacar la pieza que quiera hacerse. El operario, de no haber transmisiones mecánicas, sentado delante del torno, apoya su pié izquierdo en el estribo *p*, y con el derecho hace girar la rueda *d*, movimiento de que participa el platillo *e*; dando la figura que desée al barro, directamente con los dedos, formando el hueco de ellos introduciendo la mano derecha, á la vez que gira el disco, apoyando al propio tiempo la izquierda en la parte exterior. Una varilla horizontal *h*, que se puede colocar á distintas alturas y darla más ó menos salida, con una ballena á su extremo, fija los diámetros exteriores de las piezas, de las molduras, retallos, etc.

En la actualidad se moldean los caños, como toda la tubería, en moldes con alma, valiéndose de prensas hidráulicas verticales, ú otras máquinas cual la de la figura 71, cortándoles luego al largo debido, y adosándolos en un torno de alfarero el reborde de arcilla que tienen. La citada máquina se compone de dos cilindros de fundición *a*, que giran en sentido contrario, y de una tela sin fin que se arrolla en los rodillos *b* y sobre la que se pone la arcilla, y que en su movimiento de traslación la obliga á pasar por entre dichos cilindros que la comprimen y la hacen penetrar en el molde *c*, sosteniendo á su salida al tubo, así formado, los rodillos *h*; cortándose al largo deseado con dos alambres tersos que llevan las varillas verticales *s* que se mueven con la palanca *p*, subiendo y bajando alternativamente. Los caños afectan la forma de las figuras 72 y 73.

Morteros—Su clasificación y propiedades.

—Las cales y cementos rara vez se emplean solos, sino en forma de argamasas, en las construcciones, mezclas ó *morteros* hechos con arena y agua en variadas proporciones, según el objeto.

Aunque la arena no ejerce acción sobre el fraguado, pues hace de sustancia inerte, su adición al aglomerante contribuye á su mayor eficacia y actividad, difunde por la masa del conglomerado, sea mortero ú hormigón, la energía del aglomerante y realiza al propio tiempo una economía, reduciendo á $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ y aún más, la cantidad de éste, que es la materia de mayor coste. Así es que los morteros sirven para trabar ó unir entre sí los materiales que forman las mamposterías, economizando á la par cal, á la que hacen adquirir nuevas y ventajosas propiedades.

Los morteros se clasifican en *mortero común*, mezcla de la cal grasa ó común con la arena, *mortero hidráulico*, mezcla de cales hidráulicas y arena, y *pastas puzolanas*, mezclas de cales y puzolanas naturales y artificiales.

Para obtener un buen mortero ordinario, se suele mezclar la cal y la arena en partes iguales; siendo de 2 ó 3 á 1 la proporción en que entra ésta en obras poco importantes, no debiendo ser nunca menor el volúmen de cal, que el de los huecos que queden entre los granos de arena.

Para determinarle, se llena de arena una medida de capacidad conocida y se vierte en la misma agua hasta que pueda contenerla; y el volúmen de ésta será el correspondiente á los intersticios entre los granos de arena, y mide por tanto la cantidad mínima de cal.

Para formar morteros con las cales grasas, se prefiere la arena gruesa, la mezclada y la fina, por este orden; y para hacerle con cales hidráulicas, la mezclada ó grava menuda y la

arena gruesa. El agua deberá ser bastante pura, y desde luego privada de sales.

La preparación de los morteros es manual ó mecánica, según que la producción sea muy limitada, ó por el contrario haya de emplearse en grandes obras; y á veces condiciones de localidad impiden establecer la preparación mecánica.

Preparación manual de los morteros— Para preparar los morteros á mano se comienza por cerner la cal y la arena, limpiándolas así de materias extrañas. Después en una alberca de piedra, y más frecuentemente en un cajón tosco ó artesa de madera se echan los componentes de la mezcla, removiéndolo bien durante algún tiempo, antes de verter el agua, que se hace en cantidad precisa para reducirla á pasta dura; siendo preferible que el mortero tome consistencia gelatinosa más á fuerza de brazo que de agua, pues de entrar ésta en exceso la ahoga, produciendo un mortero sin consistencia. Antes de usar la mezcla se bate mucho, procurando que después de 4 ó 6 días de remoción y trabajo repose igual período de tiempo para que las partículas perezosas de la cal se deslien y combinen con la arena, volviendo á batir por espacio de un par de días, á fin de que esté suave al emplearlo; no debiendo de ningún modo echar agua para asentar las piedras ó ladrillos, sinó seguir batiendo la mezcla en el cubo ó vasija en que se conduzca, remojando únicamente la piedra ó el ladrillo antes de sentarlos. En las obras vemos sin embargo cuánto se reduce esa manipulación, empleándose el mortero casi en cuanto está hecho.

Los morteros de cales hidráulicas ó de cementos se pueden y deben usar tan pronto como se hace pasta la mezcla, pues á poco tiempo se endurece.

Fabricación mecánica de los morteros.—

Los aparatos que se emplean para fabricar mecánicamente los morteros están comprendidos dentro de dos distintos grupos:

aparatos en que se hace la mezcla y el batido del agua, la arena y el aglomerante; y aparatos en que se ejecuta la trituration de los componentes á la vez que el amasado.

La figura 74 representa una amasadora compuesta de un recipiente cilíndrico con un árbol central vertical en que van dispuestos varios rastrillos, alternando sus dientes con los de otras rastras fijas interiormente á las paredes. El agua se vierte por el tubo *a*. Substituyen, en otros aparatos, á los rastrillos, aletas helicoidales que mezclan y agitan constantemente la masa ó pasta, que tiene salida lateralmente; como se vé en la figura 75. Otras amasadoras son de eje horizontal, abiertas, como la de la figura 76, ó cerradas cual la que indica la figura 77.

Las amasadoras trituradoras son, en realidad, molinos de muelas ó de rodillos de eje horizontal, unidos formando una pareja generalmente; aunque también los hay de dos parejas á los extremos, respectivamente, de dos ejes en cruz, llevando de ordinario todos ellos unos rastrillos que, siguiendo á las muelas separan de ellas la pasta que se las adhiere. Las hay que en vez de tener móviles las muelas es la artesa quien posee movimiento de rotación. Las figuras 78 y 79 dan una idea de cada tipo.

Hormigones—*Sus propiedades y división*—Es el hormigón un conglomerado ó pudinga artificial que se obtiene por el amasado del mortero de cemento con la grava ó piedra partida, el cual después de su endurecimiento constituye una masa monolítica.

Actualmente se ha generalizado el empleo del hormigón, debiendo á los cementos sus cualidades, superiores á los hechos con cales hidráulicas, por la rapidez del fraguado y la resistencia tan considerable que alcanzan.

Entran á formar el hormigón volúmenes bien definidos de piedra, grava y de mortero hecho con determinadas proporciones de arena y aglomerante.

El material con que se fabrican los hormigones debe lavarse y limpiar de las materias arcillosas, orgánicas, y demás sustancias extrañas, que dificultarían la adherencia con los morteros; dependiendo la magnitud de los fragmentos de la piedra que entra en su formación, del género de construcción; no siendo de diámetro mayor de 6 centímetros ni menor que 2, si bien en algunos casos se emplean de 8 y de 10 centímetros; mezclándose con los trozos de mayores dimensiones los más menudos, que rellenan los vacíos que dejan aquellos, hacen la fábrica más homogénea y compacta.

La piedra partida ofrece mayor resistencia que la grava, si bien debe tenerse presente que ésta deja huecos que no pasan del 6 por 100 del volúmen total, debido á su forma redondeada; razón por la que para un hormigón de resistencia y uniformidad iguales á las de otro hecho con piedra, se necesitará menos mortero; y como esta economía puede compensarse con una mayor cantidad de cemento, resulta que empleando grava para hacer el hormigón se puede hacer uso de un mortero más rico de cemento, siendo por tanto de mejor calidad. Por otra parte, la grava cuesta bastante menos que la piedra partida ó balasto menudo, no exige ninguna preparación, se manipula mejor con ella, apisonándose más fácilmente y deslizándose mejor en la masa pastosa, y carece de ángulos y salientes. En cambio, el hormigón de piedra partida resiste más á la compresión que el de grava, á igualdad de cemento por metro cúbico de mortero empleado.

Los hormigones se clasifican en *grasos* ó *compactos*, que tienen llenos de mortero los huecos que existen entre los fragmentos; y *áridos*, que conservan tales huecos.

Rendimiento de los hormigones—Se entiende por rendimiento de un hormigón, la relación existente entre el volúmen del hormigón apisonado y consolidado y el de los materiales que entraron en su fabricación; determinación que

hay que hacer experimentalmente, sirviendo este dato, de grandísima importancia, para calcular los precios del coste, así como todos los elementos de una obra y fijar cuánto aglomerante entra por metro cúbico de hormigón.

Refiriéndolos al volúmen mismo de una masa de grava ó de piedra partida, los huecos que quedan en ella son de 33 á 40 por 100 para la grava en fragmentos desiguales, de 40 á 44 si son uniformes, alcanzan al 50 por 100 cuando la piedra partida es de trozos de distinto tamaño, y entre 48 y 56 si son uniformes. Para las arenas es diferente el volúmen de los huecos según lo sean las dimensiones de los granos; variando entre 35 y 40 por 100 en las buenas arenas en que entran granos de dimensión media y gruesos. Respecto al cemento que entra en el mortero, puede decirse que es 0,48 del volúmen que tenía seco (unos 140 kilogramos para cada hectólitro seco, en polvo.)

Los dos cuadros siguientes sirven respectivamente para determinar muy aproximadamente los elementos precisos en muchos casos prácticos para trabajos de hormigón.

2 volúmenes de mortero mezclados con	1 M ³ DE PIEDRA PARA EN HORMIGÓN CON			
	grava en fragmentos		piedra partida en fragmentos	
	DESIGUALES:	UNIFORMES	DESIGUALES	UNIFORMES
	M. ³	M. ³	M. ³	M. ³
3 vols. de piedra.	1,350	1,320	1,256	1,220
4 » » »	1,220	1,160	1,100	1,080
5 » » »	1,080	1,040	1	1

Kg. de cemento por cada m. ³ de		PROPORCIONES EN VOLÚMEN			
MORTERO	HORMIGÓN	CEMENTO	ARENA	AGUA (media)	GRAVA
1250	520	10	10	4,05	20
650	270	10	20	5,45	40
450	200	10	30	6,55	60
350	150	10	40	7,65	80

Fabricación del hormigón—Hemos dicho que el papel de la arena es extender la acción del aglomerante en la masa del mortero; y como el efecto de éste en los hormigones es juntar trozos de grava ó de balasto, se deduce que para fabricar el hormigón debe comenzarse por amasar el mortero perfectamente y mezclar luego éste con la grava ó balasto en la proporción debida.

Manual y mecánicamente puede hacerse el hormigón; estando más generalizado el primero de los dos sistemas, por resultar más económico; pues solo en producciones grandes, superiores á 250 metros cúbicos, se compensan los gastos de instalación y entretenimiento.

La fabricación á mano consiste en echar sobre una artesa de madera ó de fábrica, nunca sobre el terreno, capas sucesivas de grava ó de piedra partida y de mortero, en las debidas proporciones, que se amasan seguidamente batiendo los operarios la masa con las palas y revolviéndola por completo 2 ó 3 veces; debiéndose tener siempre presente que la piedra debe estar húmeda y limpia y el mortero consistente. En general no se debe batir de cada vez más de medio metro cúbico de masa; y es de necesidad medir cuidadosamente cuantos materiales entran en su confección, valiéndose de cajones sin fondo, de capacidad conocida, ú otras medidas de volúmen, para la piedra

partida, grava y arena; midiéndose al peso el aglomerante. El agua precisa para cada operación debe medirse también con mucho cuidado, pues de fiarlo á los operarios suelen echar de más porque el trabajo se hace así más fácilmente resultando, en cambio, bastante peor el producto.

El número de operarios más conveniente para trabajar hormigón alrededor de una artesa ó plataforma es el de 4 para conducir materiales, batirlos y transportar el hormigón; produciendo 8 metros cúbicos diarios de él. Suele admitirse que se precisan 10 á 15 horas de trabajo para lavado de la grava ó balasto, confección del mortero, hacer el hormigón y echarlo en la obra por capas de 20 centímetros.

Para fabricar el hormigón mecánicamente se hace uso de los aparatos llamados *hormigoneras*, de los que hay varios modelos, que todos caben dentro de dos grupos principales: los de columna, en los que se utiliza como fuerza motriz la acción de su peso, y aquellos otros en que la fuerza motriz es animal ó mecánica.

Pertenecen al primer sistema los aparatos representados en las figuras 80 y 81. El primero es una caja de sección rectangular, en cuyo interior hay varios diafragmas *a* inclinados y algo más salientes que la mitad del hueco. El material que se echa por la parte superior de la caja, que es abierta, sale amasado por una abertura lateral que hay en la parte inferior de una de sus paredes. En algunas es móvil el diafragma superior, el cual se pone horizontal para hacer la carga, formando sobre él, como si fuera una mesa de trabajo, la pasta con las correspondientes proporciones de mortero y grava, pasta que cae en el interior al hacer bascular el diafragma. La hormigonera representada en la figura 81, es un cilindro vertical de palastro, terminado inferiormente por un tronco de cono, llevando en su interior, dispuestas según los diámetros de las secciones, barras de hierro de 2 centímetros, horizontales, separadas entre sí 10

centímetros y orientadas en diferentes direcciones, para que cada una de ellas esté separada de la que le precede inmediatamente y siempre bajo igual ángulo, resultando, por consiguiente, en forma de hélice las uniones de tales barras con la chapa de que está hecho el aparato. Los materiales, que se echan por la parte superior, se desvían en su caída al tocar en las barras, obteniéndose una mezcla más perfecta del mortero con la grava. Se suele adaptar á la base del aparato un obturador de disco, como se vé en la figura, que se abre para descargarlo. Y á veces están estos aparatos provistos de un disco de palastro algo mayor que la boca de los mismos, sobre que se apoya, el cual atraviesa una cubierta, encima del que se colocan por capas el mortero y la grava y que luego tirando bruscamente de un mango á aquél fijo, se les hace caer en el interior, evitando el batido preliminar.

Entre los diversos aparatos en que se utiliza la fuerza mecánica pueden citarse por representar tipos distintos, el aparato de hélice (figura 82), la hormigonera de la figura 83 perfeccionamiento de las primitivas máquinas *Schliekeysen*, el aparato sistema *Ochler* (figura 84), la máquina *Bóklen* (figura 85), y el de tambores inclinados (figura 86).

En el aparato de hélice (figura 82) los materiales, que se echan mezclados por la tolva *a*, salen por una abertura lateral *b* cuya sección puede variarse á voluntad, cayendo en el embudo *c*, impregnándose del agua precisa que dá el grifo *h* en comunicación por un tubo de caucho con un depósito que la contiene, concluyendo de hacer ántes la mezcla en seco, la rotación del disco del cono *d*, empastando la mezcla el movimiento de la hélice ó tornillo de Arquímedes, recogiéndola en cubos colocados bajo la abertura de salida *o*.

La hormigonera de la figura 83 consta de dos cilindros; en el menor se introducen por *a* la arena y el cemento, mezclándolos el árbol de paletas de su interior, y conduciéndolos hácia

la extremidad *b*, ya amasados con el agua, que también se echa en aquél cilindro, pasando al otro *c* donde se carga la grava ó piedra partida, produciéndose el hormigón mediante la mezcla y batido por las paletas *h* que á la vez lo empujan hácia el extremo *d*, obligándole á ascender por el elevador *m* de que se vierte por un canal á los recipientes que lo recogen.

El aparato sistema *Ochler* (figura 84) está compuesto de una artesa mezcladora abierta *a* donde se echan la arena y el cemento para que se mezclen en seco durante unos 15 segundos, al cabo de los que se vierte el agua y carga la grava; terminándose la mezcla y amasado próximamente en un minuto mediante la rotación de las paletas del eje *b*; vaciándose el contenido de la artesa, hecho el hormigón, girando la misma hasta tomar la posición de la figura de la derecha.

La máquina *Böcklen* (figura 85) no es otra cosa que un molino en que las muelas están sustituidas por 4 grandes rodillos formados cada uno de ellos por dos troncos de cono unidos por sus bases mayores, que giran dentro de una artesa ó batea que contiene el material para mezclar y empastar.

Y el aparato de la figura 86 lo forman dos tambores inclinados *a*, que se mueven alrededor de los árboles horizontales *b* que les atraviesan diagonalmente, y en los que se introducen el mortero y la grava, ó la arena, aglomerante y grava previamente preparado, desde las tolvas correspondientes, produciendo su giro gran movimiento en la masa, mezclándose íntimamente todos los componentes. Luego se vacían por la misma abertura que se cargaron, que se vuelve hácia abajo, sobre volquetes, wagonetas, etc.

Claro es que cuando se trata de la fabricación industrial del hormigón, hay que establecer talleres adecuados, en los que se efectúan los trabajos. Comprende esta industria las siguientes operaciones:

Preparación de materiales, extinción de la cal y cribado

de la puzolana, si se empleare, cribado y lavado de la arena, elección y lavado de la piedra partida.

Transporte de los materiales desde el depósito ó almacén al lugar en que hayan de fabricarse el mortero y el hormigón.

Medición escrupulosa de los volúmenes de las materias que han de constituir la mezcla, para que esta resulte en las debidas proporciones.

Batido y amasado del mortero y del hormigón.

Transporte al lugar de su empleo y aplicación en obra.

Aplicaciones de los morteros de cemento y de los hormigones.—De día en día son más numerosas é importantes las aplicaciones del mortero de cemento así como de los hormigones hidráulicos.

De mortero hidráulico se hacen revestimientos ó enlucidos, cuidando entonces de alisar la superficie que haya de cubrir y de limpiar las juntas de los ladrillos ó piedras que formen el muro, conviniendo emplear en su confección arena menuda en la proporción de 2 á 3 partes de ella por 1 de cemento; se construyen revestimientos de depósitos de agua, que en tal caso se hace la mezcla con proporciones iguales de arena y de cemento y muy poca agua, dando muy buen resultado además tener con agua el depósito, después de revestido y fraguado el mortero, una ó dos semanas para que endurezca é impermeabilice; y de tal argamasa se hacen pavimentos, se construyen piedras artificiales, baldosas de forma cuadrada, exagonal ú octogonal, monócramas ó coloreadas, y mosaicos; y otros muchos objetos para la arquitectura y ornamentación, y tubería de pequeño diámetro.

De hormigón hidráulico son los sillares artificiales, baldosas de formas y labores varias, balaustres, cornisas, escaleras, canales de riego, abrevaderos, tuberías, etc., pero su mayor aplicación está en la construcción de macizos bajo el agua, ya sea sumergido por capas, con tolvas ó cajones sin fondo, en

cajas y en sacos; con él se construyen diques, espigones y muelles, sumergido directamente dentro de recintos ó en agua libre, ya en macizos ó bloques que se fabrican en talleres dedicados á tales trabajos, bloques que se arrojan al agua, después de endurecidos, para formar escolleras, ó servir de base á las cimentaciones de pilares de puentes; tiene también su empleo en fortificación, en muros de sostenimiento, alcantarillas, bóvedas de puentes, cimentaciones de [motores y maquinaria, en la construcción de muros de edificios, cámaras de turbinas, etcétera.



CAPÍTULO V

Metales y maderas usuales en las construcciones.—Cemento armado—Resistencia de los materiales de construcción

Metales empleados en las construcciones

—La mayor parte de los metales y algunas de sus aleaciones tienen empleo en las construcciones; pero más principalmente el hierro y el acero, cobre, plomo, zinc, bronce, latón, estaño, hoja de lata, etc.

Hierro: Los diferentes productos férreos se clasifican prácticamente en productos no maleables, que son los obtenidos por fusión en el alto horno, con dosis de carbono desde el 2 por 100 al límite de saturación y á que pertenecen todas las fundiciones, desde los ferro-silicios á los ferro-manganesos y ferro-cromos; productos maleables, divididos á su vez, en productos homogéneos (exentos de escoria) ó aceros fundidos, grupo á que pertenecen todos los productos ferrosos que siendo maleables se obtienen por fusión con dosis de carbono hasta 2 por 100 y proporciones variables de manganeso, silicio, níquel, cromo, etc., susceptibles de templar; y productos no homogéneos, (no exentos de escorias), que comprenden el hierro soldado ó simplemente hierro obtenido generalmente en las forjas de afino ó por el pudlado, con dosis de carbono inferiores á 0,2 por 100, que no templan, y aceros soldados fabricados por iguales medios de soldadura, con dosis de carbono superiores á 0,4 por 100 y que pueden templarse.

Las fundiciones se distinguen por no ser maleables en caliente y en cambio ser fácilmente fusibles; dependiendo su

matz de la cantidad de carbono que contengan en estado de grafito; siendo el principal regulador de su formación el silicio, é influyendo algo el aluminio; dividiéndose en grises y blancas, éstas más quebradizas.

Los hierros y aceros manufacturados de empleo en las construcciones, son ordinarios ó comunes y especiales. Los primeros afectan la forma de barras de sección circular, rectangular ó cuadrada. Se llaman *alambres* los de sección circular de diámetros inferiores á 7 milímetros; *varillas* los comprendidos entre 7 y 27; *cabillas*, de 20 á 30; y *redondos* en general, los de mayor diámetro, especificando éste al nombrarlos; *cuadradillos* los de sección cuadrada de 7 á 25 milímetros de lado; *cuadrados* ó *barrotes*, desde 25 á 68; *planchuelas*, en general, los de sección rectangular, que si tienen de 10 á 56 milímetros de lado menor y 47 á 135 en el mayor, se denominan *llantas*; *pletinas* las de 7 á 10 milímetros de grueso, y 20 á 27 de ancho; y *flejes* los de 5 á 7 milímetros en su dimensión menor y 11 á 38 en la mayor.

Se llaman *palastros* los hierros y aceros de gran anchura y pequeño espesor; que si es éste mayor de 6 milímetros toman el nombre de *palastros gruesos* ó *planchas*, el de *palastros medios* ú *ordinarios* si fluctúa entre 3 y 6, y *chapas* cuando el espesor es menor de 3 milímetros. Y hay también *palastros* y *chapas onduladas* para cubiertas.

Los hierros y aceros especiales son los que afectan formas particulares, siendo su sección un ángulo de lados iguales ó desiguales, una T ó doble T, etc., y reciben los nombres de *angulares* (figuras 87 y 88), *hierros en T* (figuras 89 á 91), *dobles T* (figuras 92 y 93) *hierros en U* (figura 94), etc.

El hierro é igualmente el acero se emplea para formar con él columnas de chapa, ó de celosías; vigas sencillas y armadas, y tubos.

El hierro fundido tiene mayor aplicación en las construccio-

nes bajo la forma de columnas, ya sean huecas ó macizas, en ménsulas, tubería, balaustres, etc.

Y de hierro y acero son todos los trabajos de cerrajería; clavazón, tornillería, pernos y remaches.

Cobre: Está caracterizado por su color rojo, su gran maleabilidad, aún en frío, si bien en este caso se agría con el trabajo, precisando recocerlo después á unos 250°, y su mucha ductilidad y tenacidad. Su densidad es de 8,59 á 8,92 para el fundido, 8,78 á 9,25 para el laminado ó en hilo, y 8,90 á 8,95 en barretas. Funde entre 1000° y 1100° produciendo una masa porosa con sopladuras, y no suelda en caliente. El aire seco no le altera, pero sí el húmedo, cubriéndose de una capa de *cardenillo*, carbonato de cobre hidratado; y el ácido nítrico le ataca; disolviéndole, en caliente, el ácido sulfúrico.

Este material es de escasa aplicación en las construcciones, limitada á algunos adornos, remates, accesorios de cerrajería, en algunas bajadas de agua, y bajo la forma de chapa en ciertas cubriciones, muy limitadas, del Norte de Europa.

Zinc: Es un metal de color gris azulado, muy maleable en estado de pureza, pero poco flexible; embota las limas por su extremada blandura y es algo frágil; puede laminarse á los 150°, cuidando de no llegar á los 200°, pues á tal temperatura se hace tan quebradizo que puede pulverizarse en un mortero. Funde á los 450°; su densidad es 6,8 á 7,05 fundido, y 7,19 á 7,21 la del laminado; se oxida á la temperatura ordinaria y con mucha rapidez en contacto del yeso. La humedad lo recubre de una capa de óxido que lo preserva.

Su aplicación en las construcciones es escasa y la más importante el servir, laminado bajo la forma de chapas y generalmente onduladas, para cubiertas de edificios.

Plomo: Presenta en su fractura reciente brillo metálico; su color es blanco plateado ó gris azulado; se oxida muy pronto, siendo fusible y muy blando en estado de pureza, pero poco

tenáz y carece de ductilidad. Su densidad es 11,36 á 11,40, funde á 335° y es su mejor disolvente el ácido nítrico. La capa de óxido que al contacto del aire lo empaña enseguida, lo preserva después.

Forma con el estaño la soldadura de los plomeros y fontaneros.

El plomo sirve, laminado, para cubiertas; usándose en los trabajos de sillería para la sujeción de herrajes, y bajo la forma tubular en conducciones de agua y de gas, etc.

Estaño: Es un metal dúctil, de color blanco de plata, blando y muy maleable; y el cual puede obtenerse bajo la forma pulverulenta fundiéndolo y agitando fuertemente mientras enfría. Su densidad es 7,15 á 7,29; no se oxida al aire en estado sólido, pero sí cuando está líquido. Es atacado por el ácido nítrico, disolviéndolo el clorhídrico, y funde á 230°. Se lamina fácilmente, pudiéndose obtener chapas ó láminas de muy pequeño espesor, hasta del grueso de un papel.

Las chapas de hierro estañado se utilizan en las construcciones, para canalones.

Bronce: Las aleaciones del cobre con el estaño conteniendo de 10 á 20 por 100 de este metal, se llaman bronce; y tienen un color amarillo rojizo, siendo más duros y sonoros y menos maleables que el cobre. Su densidad es 8,69, funden á 900° y moldean bien.

Su empleo en las construcciones se limita á adornos, grifos etcétera.

Latón: Es toda aleación del cobre con el zinc, el cual entra en proporciones variables entre el 25 y 37 por 100. De color amarillo claro, su densidad es 7,98, son agrios y se moldean y pulimentan bien. En la ornamentación tienen su principal aplicación en construcciones.

Maderas.—*Denominación, propiedades y aplicación á las construcciones:*—Las maderas usuales en las construcciones

nes son tan variadas como lo es su empleo en las diferentes obras, bajo unas ú otras formas. Las principales son las siguientes:

Abeto: La madera que produce este árbol, de cierta semejanza con el pino en sus propiedades y forma, si bien sus hojas van una á una en espiral y es doble el tamaño de sus piñas, es blanquecina, resinosa y de fibras á lo largo, conservándose bien debajo del agua y enterrada; y tiene una densidad de 0,47 á 0,56.

Se emplea en entramados y pisos de casas.

Alamo blanco: Este árbol, que debe su denominación á ser de color gris blancuzco la corteza de su tronco y ramas, y á la blancura de sus hojas por debajo, hojas que son verdes por encima y triangulares ó redondeadas y están sostenidas en largos peciolos, produce una madera blanda, esponjosa, de fibra fina y susceptible de pulimento, de color blanco, de aplicación en ebanistería y obras de torno. Su densidad es 0,45 á 0,60.

Alamo negro: La madera de este árbol, que es una variedad del chopo, por dejarse escoplear con facilidad sin rajarse, y admitir la clavazón y herrajes, tiene alguna aplicación en las construcciones. Es de densidad de 0,70 á 0,80.

Castaño: Parecida su madera á la de encina, de que difiere por su color más claro y las radiaciones de sus fibras, que se distinguen apenas, es dura, elástica y resistente, aunque algo quebradiza. Tiene los graves defectos de apollillarse interiormente sin hacerse esto perceptible al exterior, y de podrirse estando empotrada en las mamposterías. Su densidad es 0,58 á 0,68.

Se emplea en pilotajes, mangos de herramientas, etc.

Encina: Aunque son muchas las variedades de estos árboles, si bien todas caben en los dos grandes grupos de *encina de bellotas grandes* y *encina de bellotas pequeñas*, es su

madera, en general, muy dura y elástica y con fibras rectas y muy compactas, difícil para trabajarla, y quebradiza, si bien de una gran resistencia, empleándose en cuantas piezas hayan de sufrir fuertes presiones, choques ó rozamientos. Su densidad es 0,62 á 0,92 y su color amarillo más ó menos obscuro, y casi negro expuesta al aire, ó dentro del agua.

Haya: Madera de color pardo claro, con pajillas brillantes, de fibras muy compactas, fuerte y correosa, de labra fácil en todos sentidos y no muy dura, tiene su principal empleo en las construcciones, en pilotajes. Su densidad es 0,72 á 0,80.

Nogal: Esta madera, que es tanto más obscura cuanto de mayor edad fuere el árbol que la produjo, de fibras unidas, capaz de hermoso pulimento, de labra fácil, y que no se alabea ni abre, solo se usa en las construcciones en la parte de ebanistería. Densidad 0,66.

Pino: Es la madera más usual en construcciones, de color amarillo, rojo ó blanco, fuerte, resinosa, elástica, de larga duración y resistencia á la humedad. Su densidad varía entre 0,54 y 0,70.

Sus aplicaciones son variadísimas, ya en cubiertas de edificios, en pisos y entarimados, puertas y ventanas, escaleras, etcétera.

Roble: Madera de grano más fino que la encina, es dura, elástica y fuerte, de 0,56 á 0,76 de densidad, y de semejantes aplicaciones que aquella.

Clasificación de las maderas; nombres y dimensiones de las del comercio—Las maderas las ofrece el comercio en dimensiones y formas variables, cuyo conjunto se llama *marco* y sirve para hacer su clasificación, pues en él se indica el largo, la tabla ó ancho y el canto ó grueso; expresándose el largo en piés, y la tabla ó canto en pulgadas ó dedos (12 pulgadas equivale á 16 dedos). Por su forma se dividen en: maderas rollizas ó en rollo, de no estar

más que descortezadas; maderas escuadradas, enterizas ó de hilo, las labradas por sus cuatro caras en forma paralepipédica rectangular; y maderas de sierra ó aserradizas, como los tablo- nes, tabletas, ripia, etc.

Todas cuantas maderas se emplean en las construcciones deben ser muy secas y sanas, de olor fresco y agradable y color uniforme, sin nudos, tumores, ni hinchazones, que no se hallen rajadas, torcidas, hendidas, picadas, ni podridas ó car- comidas; debiendo producir un sonido claro al golpearlas con un mazo, puestas sobre polines.

Las piezas de forma prismática de escuadría superior á 20 centímetros se llaman *vigas*, para distinguirlas de las *viguetas* que cuando no alcanzan la de 7 centímetros se denominan *la- tas*; las piezas de sección rectangular, de más de 4 centímetros de grueso se llaman *tablones*; *tablas gruesas* las de 2 á 4, y *tablas delgadas* las de gruesos menores.

El *machón* ó *tajón* es la parte más gruesa del árbol, de que se sacan por lo general las alfargías y las tablas; aunque así se distingue el madero de á 6 que tiene una longitud de 5 metros.

La *docena de tablas* es el número de éstas que en conjunto dan 84 piés de largo: así la docena de á 7 son 8 piezas cuadra- das y 4 cuchillos; y la de 9 son 6 cuadradas y 3 cuchillos. Y la docena de alfargías, medias alfargías y terciados, la constitu- yen 108 piés (30,09 metros) componiéndose la de alfargías de á 7, de 15 piezas; la de á 9, de 12; la de á 10, de 11; y la de á 11 de 9 piezas; siendo en todas ellas las dos tercera partes cuadradas y el resto cuchillos

En el siguiente cuadro se especifican los nombres y dimen- siones de las maderas de más uso en el comercio.

NOMBRES	Tabla (ancho)		Canto (grueso)		LARGO	
	Pulgadas.	Metros	Pulgadas.	Metros	Piés	Metros
Madera de hilo						
Media vara (vigas)	18	0,418	12	0,278	INDETERMINADO	
Pié y cuarto (íd)	15	0,348	10,5	0,243	"	
Tercia (íd.)	12	0,278	9	0,208	"	
Sesma	9	0,208	6,5	0,150	25 piés arriba	
Vigueta	9	0,208	6,5	0,150	22	6,129
Media vigueta	9	0,208	6,5	0,150	12	3,343
Madero ó doblero de á 6.	8	0,185	5	0,116	18	5,015
" " de á 8.	6,5	0,150	4	0,092	16	4,458
" " de á 10.	5	0,116	3,5	0,082	14	2,900
Medio madero ó doblero.	8	0,185	5	0,116	10	2,780
Madera de sierra						
Tabla de á gordo de á 7.	12	0,278	1,5	0,034	7	1,950
" " de á 9.	12	0,278	1,5	0,034	9	2,507
Tabla de á 7.	12	0,278	1	0,023	7	1,950
" de á 9.	12	0,278	1	0,023	9	2,507
Chilla de á 7.	12	0,278	0,75	0,017	7	1,950
" de á 9.	12	0,278	0,75	0,017	9	2,507
Tableta de á 7.	12	0,232	1	0,023	7	1,950
" de á 9.	12	0,232	1	0,023	9	2,507
Hoja de á 7.	12	0,278	0,5	0,011	7	1,950
" de á 9.	12	0,278	0,5	0,011	9	2,507
Ripia.	9	0,208	0,5	0,011	7	1,950
Portada.	18	0,416	2	0,046	8, 9, 10	piés
Portadilla.	18	0,416	1,5	0,034	8, 9, 10	"
Alfargía ó alfagia.	6	0,139	4	0,092	7, 9, 10	"
Media alfargía.	4	0,092	3	0,069	7, 8, 9	"
Terciados.	4,25	0,098	2,25	0,052	8, 9, 10	"

El empleo de las maderas en las construcciones es muy vário, pues entran en la composición de suelos, entramados, tabiques, techos y cubiertas, en la confección de puertas y ventanas, escaleras, etc., pilotajes y cimentaciones, andamiajes y otros.

Las maderas machihembradas se usan con ventaja en pavimentos y suelos y trabajos semejantes.

Cemento armado.—Diversas estructuras y forjados.—Caracteriza á las construcciones de cemento ar-

mado el que en tales estructuras, en el interior de la fábrica de argamasa, ya sea mortero de cemento ú hormigón de cemento, va un esqueleto de hierro ó de acero que coadyuva á la mejor resistencia de los esfuerzos que hayan de ejercerse.

La estructura más sencilla de cemento armado es la de los torjados, compuestos por una capa delgada de mortero ú hormigón de cemento con un esqueleto ó armadura metálica interior, en la parte solicitada á tensión; dando nacimiento á los distintos sistemas que de tales estructuras existen la vária naturaleza de los forjados.

Los forjados Monier (figura 95) los constituye una losa de conglomerado de cemento que en las proximidades de la cara inferior lleva una doble série *a b* de redondos ó varillas de hierro, distando las *a* una de otra de 5 á 10 centímetros, y diferenciando su diámetro con la carga que haya de soportar la losa; midiendo las *b* de 3 á 6 milímetros de diámetro, estando distanciadas también 5 á 10 centímetros.

En los cruces se atan las barras con alambre de 1 milímetro. Y cuando las losas deban sufrir grandes cargas se repite la red metálica que se forma, en dos ó tres planos.

En el sistema Bordenave (figura 96) las barras son de forma de doble T y de acero.

Las varillas de resistencia de la patente de Hyatt son planchuelas *a* (figura 97) con agujeros por los que pasan hierros redondos *b* que al propio tiempo que hacen de varillas de repartición, impiden resbalar á las piezas *a* en el conglomerado.

El ingeniero americano Ransom fabrica placas compactas de 15 centímetros de espesor que llevan en la parte inferior barras de hierro cuadrado *a* retorcidas, para evitar el resbalamiento; sistema de que da idea la figura 98.

En el sistema Cottancin (figura 99) la red interior constituye un tejido formado por una barra de hierro continúa de 4 á 5 milímetros de diámetro replegada como indica la figura; tejido

que es más ó menos fino según la resistencia que se desée alcance.

En otras estructuras derivadas también de las Monier, además de la Bordenave ya descrita, las barras de las dos séries enlazadas en los cruces son de sección cuadrada, ó de secciones en **L**, **U**, **T**, con espesores de 1,5 milímetros, y de acero generalmente; siendo la sección de las barras, también de acero, en el sistema Bonna, de sección de cruz +.

En el sistema Hennebique, que es del tipo en que las varillas ó barras van colocadas en un solo sentido, en la masa del cemento tiene numerosos estribos de hierros planos cuyo objeto es ligar la celosía metálica con la masa del conglomerado y resistir así á las acciones internas de corte que se manifiestan en los esfuerzos de flexión. La figura 100 representa una vigueta de cemento armado de tal sistema.

La red ó tejido de resistencia de los forjados Neville (figura 101) la forman las varillas paralelas A que entretiesan las barras inclinadas B, constituyendo triángulos equiláteros ó rectángulos. Las varillas de repartición C están distanciadas entre sí 6 centímetros y apoyan sobre todas las partes, tanto horizontales como inclinadas, de dicha red. El cemento se echa alrededor de tales elementos dejando entre ellos los huecos V, que dan al conjunto la forma de una viga tubular.

En muchas construcciones modernas se han empleado en los forjados de cemento redes metálicas de láminas estiradas, en lugar de barras metálicas, ó enrejados de barras. M. Golding fabrica mediante un utillaje especial el *metal déployé*, según él denomina, transformando una chapa ó plancha de hierro ó de acero, en la que hace (figura 102) cortes ú ojales á corta distancia alternando según líneas paralelas, por un estirado en dirección normal de dichos cortes, en una lámina ó red de mallas romboidales de mucha mayor rigidez que la chapa primitiva y pudiendo cubrir una superficie 3 á 12 veces

mayor. La figura 103 manifiesta cómo queda la chapa después de su transformación. Esta red metálica constituye el esqueleto de la estructura de cemento armado, pudiendo resistir la losa de 1 centímetro de espesor con luz de 1 metro una carga de seguridad de 40 kilogramos por metro cuadrado, siendo el peso del *metal déployé* por metro cuadrado y centímetro de espesor 400 gramos. La figura 104 representa una de estas losas.

Propiedades de las construcciones de cemento armado.—El cemento armado adquiere de día en día mayor importancia, acreciendo su empleo ya en losas y vigas de piso, suelos, columnas y pilastras, cubiertas, muros y tabiques, bóvedas, depósitos de agua, puentes, tubería, etc.; y es que las construcciones de esta clase ofrecen innegables ventajas inherentes á su estructura. Por eso poseen la propiedad de ser más ligeras, sólidas y rápidas de construir, además de una gran incombustibilidad, é inoxidabilidad del esqueleto metálico.

La gran adherencia del cemento con el hierro, que fluctúa entre 25 y 40 kilogramos por centímetro cuadrado, es causa de la resistencia y duración de tales construcciones; pero preciso es para ello que el mortero sea muy rico sobre todo en las partes cercanas al esqueleto metálico, para que las barras estén absolutamente sumergidas en el conglomerado, pues de emplearlo árido no preservaría al hierro, que entonces tendría pocos puntos de contacto con él.

Para que tal adherencia sea la mayor posible es preferible dar á las barras metálicas la sección circular, pues éstas á igualdad de resistencia (por tensión) presentan la mayor superficie, con la ventaja además de tener un menor precio por unidad. Las secciones rectangulares, cuadradas ó de otras figuras, pueden producir más fácilmente lesiones y cortes que perjudicarían la continuidad de la estructura.

Por otra parte, como los coeficientes de dilatación del

hormigón y del hierro son próximamente iguales, dicha adherencia subsiste aún en las variaciones de temperaturas más distantes.

Todas las partes de la estructura de un edificio, muros, tabiques, suelos y cubierta, pueden ligarse en esta clase de construcciones por una red ó tejido metálico contínuo, cuyos elementos todos resisten de modo ventajoso los variados esfuerzos que sobre la construcción puedan actuar; permitiendo tales enlaces economía en los cimientos, asegurar la cubierta contra la acción de los vientos violentos y atenuar en lo posible las dislocaciones que reconocen por causa los asientos del terreno y aún los temblores de tierra.

Así es que á causa de este aumento de resistencia, por el que el cemento armado soporta esfuerzos de tracción superiores en mucho á los que producirían la rotura de las piedras y conglomerados ordinarios, y debido también á una mayor rigidez comparadas con las de las estructuras metálicas equivalentes, cabe una sensible reducción en las dimensiones de las diferentes partes de una construcción, ganándose en espacio útil, siendo menor el movimiento de tierras para las cimentaciones y menos el volúmen de los materiales que acopiar y aplicar, y obteniéndose una mayor ligereza en la construcción, produciéndose en fin disminución en el coste y mejor utilización del espacio disponible.

Siendo el cemento el material que resiste mejor al fuego, á la par que un mal conductor, preserve al esqueleto metálico de su interior, en las estructuras de cemento armado, de altas temperaturas en los incendios, causa de que no se produzcan grandes dilataciones, ni deformaciones; habiendo demostrado la experiencia que en efecto tales estructuras sufrieron insignificantes alteraciones; ventaja inapreciable, ya que por el contrario las vigas y estructuras metálicas comunes, sin enlucido

alguno, rápidamente se caldean, dilatan y deforman, acelerando la destrucción de los edificios.

Si á todas estas ventajas enumeradas añadimos la de ofrecer más grande resistencia á los agentes atmosféricos y al tiempo que el hierro y madera empleado en las construcciones, que aquél se oxida y esta se pudre y apolilla, la de ser más higiénicos los tabiques y muros de cemento armado, pues no admiten en su seno nidos de insectos, permitiendo en cambio un lavado y desinfección fáciles, y, en fin, el poderse adaptar tal entramado metálico á todas las formas de construcciones, haciendo factible con asombrosa sencillez el obtener fábricas de las figuras más complicadas, que únicamente limitan la construcción de moldes y su costo, se comprenderá el desarrollo que estas estructuras han adquirido y el porvenir que las está reservado.

Datos para tener en cuenta en la ejecución de las construcciones de cemento armado—

Las construcciones de cemento armado que en rigor poséen indiscutibles ventajas, exigen en cambio el empleo de materiales de excelente calidad, debiendo ser los morteros muy ricos; los cuales cuando se utilicen para obras de ciertas dimensiones y espesores grandes de fábrica, se deben hacer verdaderos hormigones con grava y piedra partida cuyo nuégado sea bastante graso para conseguir conveniente compacidad.

Generalmente las proporciones más usuales para la composición del mortero son 1 parte en volúmen de cemento por 3 de arena, ó lo que es igual 400 á 450 kilogramos de cemento por metro cúbico de arena. Pero cuando las losas hayan de resistir la presión del agua y tengan poco espesor, la proporción es de 800 kilogramos de cemento por metro cúbico de arena; no excediendo de 300 kilogramos por metro cúbico en caso de ser la carga pequeña y no precisar la impermeabilidad.

Cuando las losas tengan grandes espesores se substituye parte de la grava ó arena con morrillo en la proporción de 2 partes en volúmen de éste por 2 de grava, 1 de arena, y la cantidad precisa de cemento para lograr la resistencia que se desée.

El cemento debe ser de los llamados Portland, desechando los de fraguado rápido, cales hidráulicas y cementos de escoria. Conviene que la arena sea silíceá, de 2 á 3 milímetros de grueso, y los granos angulosos, ofreciendo ventajas que entre con ella alguna de grano más fino que la grava, de río á ser posible, y también silíceá, tenga á lo más 1 centímetro de grueso, y que el morrillo ó piedra partida lo sea de caliza muy densa y mejor granítica, de aristas vivas y unos 3 centímetros de máxima dimensión.

La cantidad de agua debe limitarse á la estrictamente necesaria y es muy conveniente apisonar y batir bien el conglomerado, comprimiéndolo al ponerlo en obra, aumentando así la resistencia é impermeabilidad.

Respecto á la distribución de los hierros que componen el entramado metálico de la estructura de cemento armado, se hará de modo que se consiga la resistencia á los esfuerzos que deban desarrollarse en la construcción, obteniendo un íntimo enlace entre el conglomerado y el metal, y que en aquellas partes en que aquél no baste á resistir tales esfuerzos lo supla el hierro.

Según los estudios y experiencias de M, Considere la armadura de las vigas debe estar á 0,12 de la altura total ó canto de la viga de la cara más próxima, á fin de que las barras queden bien recubiertas de hormigón, conviniendo sea 0,18 de dicha altura la distancia mínima entre cada dos barras; la proporción máxima de metal en el caso de emplearse hormigón de 300 kilogramos por metro cúbico de arenas es r (relación entre la sección del hierro y la total de la viga) igual á 0,015 á 0,018, estando sometida la pieza á esfuerzos permanentes, y

solo $r = 0,008$ cuando sean repetidos; y deduce por fin, que con tales datos el número de las barras que conviene emplear fluctúa entre 4 y 8, que pueden disponerse en 2 filas de 2, en una de 4, ó dos contiguas superpuestas de 3 ó de 4.

Resistencia de los materiales de construcción.—Sin descender aquí á hacer un estudio completo de la resistencia de los materiales, materia vastísima é interesante, preciso es, sin embargo, definirla, dando á la vez idea, siquiera sea ligera, acerca de su determinación, y unir después como datos prácticos, tablas de verdadera aplicación.

Sujetos los materiales, cual todo cuerpo, á la influencia de fuerzas exteriores capaces de hacerlos experimentar deformaciones, es el objeto esencialísimo de la resistencia de materiales indagar cómo se conducen sometidos que sean á esfuerzos de tracción, de compresión, flexión ó cizallamiento, así como de torsión, y calcular en su consecuencia la carga que pueden soportar dada la longitud y sección de tales materiales y su disposición en obra, ó por el contrario qué sección transversal es la más conveniente para resistir con seguridad una ú otra clase de esfuerzos y aún éstos combinados, en las aplicaciones prácticas.

Recordemos que la propiedad que tienen los materiales á resistir tales deformaciones es lo que se conoce con el nombre de rigidez, denominándose límite de elasticidad ó límite elástico (designado en los cálculos y tablas por la letra D) el mayor esfuerzo á que puede someterse un cuerpo sin producirse deformaciones permanentes apreciables; siendo el alargamiento correspondiente á dicho límite, debido á un esfuerzo de tracción en un cuerpo el alargamiento elástico máximo A (letra con que se indica.) Y asimismo que se entiende por coeficiente ó módulo de elasticidad (que se designa con la letra E) la relación constante, hasta el límite de elasticidad, que hay entre el esfuerzo de

tracción ó de compresión por unidad de sección transversal e y el alargamiento a , positivo ó negativo, por unidad de longitud; esfuerzo que se expresa en Kg. mm² generalmente, y el cual es equivalente al esfuerzo imaginario que en un cuerpo cuya sección transversal fuese igual á la unidad, produjera un alargamiento elástico igual á su primitiva longitud.

Límite ó carga de rotura (R) ó tenacidad absoluta (T) es la carga, expresada en Kg. mm² que produce la rotura; siendo siempre la carga práctica ó de seguridad, ó coeficiente de trabajo (C), una fracción de la carga de rotura $\frac{1}{m}$; y la cual no es otra cosa que el esfuerzo máximo á que en la práctica se puede someter un cuerpo, ya que éstos no rompen únicamente por someterlos una vez sola á su carga de rotura, sino por la repetición de esfuerzos inferiores á la misma y aún con tensiones ó compresiones repetidas, aún menores que éstas anteriores siempre que obren alternativamente en contrario sentido; m es el coeficiente de seguridad, variable entre 4 y 10.

La reunión de los datos que anteceden, límite y alargamiento elástico, módulo de elasticidad y carga de rotura constituyen las características de resistencia ó constantes específicas ó mecánicas de un cuerpo, cuyo conocimiento interesa para la elección de materiales para una obra, así como para su disposición, enlace, formas y estructuras.

La determinación de estas características se verifica experimentalmente en probetas del material que va á ensayarse, valiéndose de máquinas más ó menos complicadas, merced á las que se las somete á esfuerzos de tracción, compresión, flexión ó torsión; existiendo tipos variados de las mismas, entre los que hay modelos de máquinas llamadas universales, por poder producir todos ellos, según convenga, ó especiales, y otras automáticas registradoras que dan á conocer gráficamente el trabajo vivo de rotura.

Para ensayar los metales á la tracción se emplea muy generalmente la máquina de Maillard, que puede también prepararse para ensayos de compresión, que se describe así como la forma de las barretas de prueba en la mayoría de las obras de siderurgia, y en aquellas que se ocupan del modo de trabajar los metales y las maderas.

El ensayo de los materiales pétreos y sus derivados se ejecuta con frecuencia en máquinas de doble palanca como la de la figura 21, ya descrita, valiéndose de probetas como las moldeadas que igualmente se describieron; haciéndose uso también de otros aparatos de ensayo; habiendo asimismo construído varias prensas de diferente potencia y disposición según el objeto, pero todas muy bien entendidas, la casa Amsler-Laffon, que han merecido cierta aceptación.

La figura 105 representa una de sus prensas, de 30000 kilogramos de fuerza, para ensayos de resistencia á la compresión de cementos, piedras, madera, etc. El material que se va á ensayar, en forma de un cubo de dimensiones prefijadas, ó cubo normal, que para los cementos suele ser de 7 centímetros de arista unas veces y otras tener 7, 07, se coloca entre las dos placas de presión *a* y *b*, ésta, que es la inferior, movable, descansando por una superficie esférica en el pistón de presión que se mueve en el gran cilindro A. La presión sobre el pistón la produce el aceite que introduce en dicho cilindro la bomba C accionada á mano con el manubrio B; acusando la presión que se ejerce sobre el cubo de ensayo un manómetro de mercurio de 1,50 metros de altura próximamente, que va en D, teniendo á la derecha de la columna mercurial una división ó escala que permite leer cuál es tal presión, dada en toneladas y fracciones de 100 Kg., y á la izquierda de aquella otra segunda escala que acusa la presión en kilogramos por centímetro cuadrado de la superficie de apoyo del citado cubo normal. La presión que el aceite ejerce sobre el pistón de presión se transmite por un

sistema de pistones de proporciones reducidas al mercurio del manómetro, los cuales están contenidos en el cilindro H.

Para ejecutar ensayos de tracción se coloca á la máquina el aparato auxiliar A representado en la figura 106.

Las figuras 107 á 109 reproducen una prensa de 150000 kilogramos de fuerza para ensayos de resistencia á la compresión y flexión de cementos, ladrillos, etc. El aparato se compone de la prensa propiamente dicha B, la bomba A y el manómetro de mercurio C, semejante éste al descrito anteriormente. Indica la figura 107 la disposición de la prensa en el caso de hacerse un ensayo de compresión, y la 108 en las pruebas de flexión.

En todos los casos, el constructor ó proyectista de una obra deberá tener en cuenta, no solo la resistencia de los materiales que haya de emplear, por unidad de superficie, si que también el peso que por dicha unidad habrá de soportar cada parte de la construcción una vez terminada; siendo práctica que las hileras ó lechos inferiores ó partes más bajas de las construcciones, estén formadas por los materiales más duros, pudiendo utilizarse piedras naturales ó artificiales de menor dureza en las partes más altas, á la par que se disminuyen los espesores de los muros con su elevación.

Los materiales pétreos y sus derivados, y en general todos, ofrecen una mayor resistencia bajo la forma monolítica que superpuestos en cubos ó prismas hasta obtener iguales dimensiones que el bloque monolítico, resistencia que á veces es de 2 á 1.

Las siguientes tablas ponen de manifiesto cuales son los coeficientes de resistencia á la tracción y compresión de los materiales más usuales en Kg. mm.² de la sección transversal:

CARACTERÍSTICAS DE RESISTENCIA Á LA TRACCIÓN Y
COMPRESIÓN DE VARIOS METALES EN KG. MM²
DE SECCIÓN TRANSVERSAL

CUERPOS	LÍMITE ELÁSTICO D		Módulo de elasticidad E	ALARGAMIENTO ELÁSTICO A = D : E	CARGA DE	
	Tracción	Compresión			Rotura R	Práctica ó de seguridad C
Fundición. . .	8	15	10000	0,0008	7,80 á 15	1,50 á 2,5
Hierro.	14 á 20	14 á 20	20000	0,0007 á 0,001	30 á 50	5 á 10
Id. palastro. . .	17	17	17500	0,001	60 á 80	10 á 15
Id. en alambre.	22	"	20000	0,0011	60 á 80	10 á 15
Acero cementado.	20 á 30	"	22500	0,0009 á 0,0013	36 á 84	6 á 15
Id. fundido ordinario.	60	"	27500	0,0022	42 á 70	7 á 12
Id. en alambre.	37 á 50	"	25000	0,0015 á 0,002	110 á 115	16 á 19
Cobre laminado.	14	14	10700	0,0013	21	3,50
Id. recocido. . .	3	2,75	10700	0,00027	—	—
Id. en alambre.	12	"	12000	0,001	40 á 70	7 á 11,50
Latón.	4,85	"	6400	0,00076	12,50	2,5
Id. en alambre.	13,3	"	9870	0,00135	28,50	4.
Bronce de cañones.	3 á 4	"	6000	0,0005 á 0,00066	20 á 25	4
Plomo.	1,05	"	500	0,00210	1,28 á 1,36	0,21 á 0,32
Zinc laminado. .	2,50	"	9500	0,000263	16	—

COEFICIENTES DE RESISTENCIA DE LAS MADERAS
MÁS USUALES.

NOMBRES	D Límite de elasticidad	E Módulo de elasticidad	CARGA (Kg. mm ²)	
			Rotura R	Práctica ó de seguridad C
Alamo negro.	1,30	517	1,95	0,20
Id. blanco ó chopo.	—	—	6 á 7	0,60 á 0,70
Castaño.	—	800	6 á 13	0,60 á 1,30
Cedro.	—	300	3,5 á 8,2	0,35 á 0,82
Encina.	2,40	1170	6 á 10	0,60 á 1,10
Fresno.	2,25	1121	7 á 12	0,70 á 1,20
Haya.	2	980	2,50	0,25
Olmo.	1,80	1165	7 á 12	0,70 á 1,20
Pino.	2	564	2,50	0,25
Robles.	2	950	5,50 á 6,50	0,55 á 0,65

senta en *b*, y es un cilindro de 5 centímetros de diámetro y 3 ó 4 de altura, de la materia que va á experimentarse, que se construyen en el molde *d* sirviéndole de base para efectuar el moldeo una placa de cristal *c*. Hay aparatos de estos en que se pueden ensayar á la vez ocho cuerpos diferentes, cual representa la figura 111.



CAPÍTULO VI

Fundaciones ó cimientos.

Clasificación de los terrenos.—Los terrenos que en la práctica de la edificación pueden encontrarse se dividen respecto á la estabilidad de las construcciones en dos distintas clases; comprendiendo una los terrenos firmes é incompresibles, sobre los que se puede edificar directamente, cual los de roca, tobas, esquistos, margas compactas, y los pedregosos, y en general todos aquellos que tienen que atacarse por el pico y la mina; perteneciendo á la segunda los que en ningun caso se puede fundar sobre ellos directamente, terrenos blandos y de poca resistencia, arenosos, compresibles, naturales y movedizos.

Unicamente el terreno de roca firme goza por completo de la cualidad de ser incompresible; bastando para cimentar en él abrir una zanja de 25 á 30 centímetros de profundidad para recibir el cimiento, y aún á veces es suficiente igualar el plano de erección. Claro es que siempre han de tener los terrenos incompresibles el necesario espesor para poder soportar el peso de la edificación, por lo que cabe fundar directamente sobre roca ó peña viva, que no presente cavidades, con espesores superiores á 3 metros. De haberlas precisaría rellenarlas.

También se puede fundar directamente sobre terrenos de grava ó cantos rodados, arenas y calizas, de estar perfectamente encajonados y su espesor ser el suficiente, relacionado con la importancia de la construcción, de 2 á 6 metros.

En los terrenos compresibles, arenosos naturales y aún rellenos de muy antiguo, en los movedizos, arenas sueltas ó movedizas, y en los arcillosos ó margosos, es preciso siempre profundizar hasta encontrar una capa de terreno compacta y bastante resistente, salvo en los casos de hacerla artificial por medio del hormigón en capas, con estacas, etc.

Si se supone que es AB (figura 112) el talud natural de un terreno que se mantiene en equilibrio bajo su propio peso y se hace aumentar la inclinación con respecto á la horizontal AC , habrá un momento en el cual el terreno resbalará en aquella dirección, determinando tal inclinación el ángulo de rozamiento del terreno considerado. Si R (fig. 112 bis) es la resultante de las presiones verticales y AB representa una hilada ó el plano de una fundación sobre un terreno, el punto C por que pasa dicha resultante no debe distar del A , extremo de dicha hilada en la base, más de una tercera parte del ancho de la misma, y en caso de que fuese menor que ese tercío el ancho sobre que han de repartirse las presiones, se hace igual á tres veces dicha distancia.

Determinada prácticamente la presión máxima p en la proximidad del punto A por la fórmula

$$p = \frac{2P}{l}$$

en la cual l representa la anchura AB de la unión de la fundación con el terreno, en el caso de ser la distancia AC menor que la tercera parte de dicho ancho, se tomaría para repartición de las presiones una longitud igual á tres veces dicha nueva distancia. Así se ve que para $P = 1800$ kilogramos, por ejemplo, y l igual á 1,40 metros, la presión máxima sería 20000 kilogramos; y 23333 cuando por ser la distancia AC menor que la tercera parte de 1,40 metros, 40 centímetros, por ejemplo, habría de tomarse para repartición de las presiones una longitud igual á tres veces dicho valor, 1,20 metros.

Definido el ángulo de rozamiento de un terreno, claro es que

la base de una fundación no resbalará sobre la superficie de aquél siempre que la resultante de las presiones que ha de soportar se aproxime á la vertical; mas si se tiene en cuenta que para una inclinación cualquiera dá dicha resultante dos componentes, una horizontal que tiende á hacer resbalar la mampostería y otra vertical que la obliga á apoyar, á asentarse sobre el plano horizontal, siempre que aquella supere á ésta, tanto más cuanto menor sea el ángulo que forme con el plano horizontal la resultante de las presiones, se hará más factible el resbalamiento de la construcción sobre el terreno, y por tanto hasta que dicho ángulo no rebase el valor del de rozamiento de la fábrica, que entonces se hallaría en el límite de su estabilidad, no se producirá el resbalamiento de la misma. El valor de la fuerza de rozamiento de la mampostería sobre el terreno, deducido de dicho ángulo, es del 30 al 57 por 100 del peso de la construcción.

Reconocimiento de los terrenos.—Se comprende la importancia que para el constructor tiene conocer el terreno sobre que va á edificar, y de ahí que indague su naturaleza por cuantos medios pueda; y aparte de que las noticias, fácilmente adquiribles, de las obras de las cercanías, y el conocimiento geológico del lugar en que haya de emplazarse la construcción reportan gran utilidad, el verdadero estudio se consigue con los sondeos y por la perforación de las distintas capas, ó apertura de pozos, que luego pueden servir para surtir de agua la obra. Además cuando hayan de levantarse edificios de verdadera importancia conviene asegurarse prácticamente de la resistencia del suelo, sometiéndole directamente á una carga que supere en mucho á la que deberá soportar terminada que fuese la construcción; dando idea la figura 113 de la disposición que se dá á tal ensayo.

E. Barberot en su obra *Traité des constructions civiles* expone el siguiente método para determinarla: Sobre un terreno

aparentemente bueno, despojado de la tierra vegetal y ligeramente apisonado, se dispone como una mesa con cuatro piés de 50 centímetros de longitud y sección cuadrada de 10 á 20 centímetros de lado, cada uno, por ejemplo, sobre la cual se colocan sucesivamente pesos hasta lograr que los piés se hundan ligeramente en el terreno, carga que medirá el límite de la resistencia de éste. Si fué de 20000 kilogramos, como la sección de los piés, de tener esta 20 centímetros de lado, daría un total de $0,^m 20 \times 0,^m 20 \times 4 = 1600 \text{ cm}^2$, la carga bajo la cual el terreno cedió sería por centímetro cuadrado 12,500 Kg. $= 20000 \text{ Kg} : 1600 \text{ cm}^2$. Mas como no es prudente cargar un suelo sino con una décima parte del peso que produce la depresión del mismo, 1,25 kilogramos por centímetro cuadrado es el valor de la carga práctica ó de seguridad, resultante en este caso:

Esto entendido, si el peso total de la construcción repartido por centímetro cuadrado de fundación suponemos que diera una carga de 40 kilogramos, 4 como de seguridad, mayor que 1,25 que acabamos de determinar en el caso propuesto, la cual acabamos de ver nos permitía la naturaleza del terreno, preciso sería buscar otra capa más profunda que pudiera soportar aquella carga, ó aumentar la superficie de la base del cimientto hasta encontrar una repartición por centímetro cuadrado igual á 1,250 kilogramos; solución esta última, perfectamente realizable pues para ello bastaría, suponiendo fuera un metro el espesor del cimientto, dar á la base ó asiento de la fundación por cada metro de longitud una superficie de $40000 : 1,250 = 32000 \text{ cm}^2$, ó sea $1 \text{ m} \times 3,20 \text{ m}$. que se establecerá como representa la figura 114. Indica tal ejemplo también, la posibilidad, en principio, de fundar en un terreno cualquiera, mediante la determinación de la superficie de apoyo conveniente para el cimientto, con relación á la calidad del suelo.

Si el método que haya de emplearse para reconocimiento

del terreno sobre que se vá á fundar fuera el de sondeos, limitado á aquellos casos en que no debe profundizarse mucho, se comienza por abrir un agujero por el que luego, á golpes de mazo unas veces, y valiéndose otras de medios más poderosos, se introduce la sonda, barra de hierro redonda ó cuadrada terminada en punta por su extremidad inferior y con algunas hendiduras de abajo arriba en distintos puntos, provistas de sebo, para que al extraerla se venga en conocimiento de las capas de terreno por las partículas adheridas; juzgándose de la cohesión y dureza por la mayor ó menor facilidad de penetración de la barra.

Puede también hacerse uso de sondas más perfeccionadas susceptibles de penetrar en el suelo tanto como se necesite, extrayendo al propio tiempo los elementos que dan á conocer las cualidades de las diferentes capas.

Tales aparatos se componen de la *cabeza* (figuras 115 y 116) barra de hierro de sección circular ó cuadrada, con una abertura ó un anillo con un ojo por donde se pasa una palanca con la que se la imprime movimiento de rotación, de la *varilla* constituida por un variable número de barras de hierro redondas ó cuadradas, de 25 á 35 milímetros de espesor, que se empalman unas á otras á rosca, ó caja y espiga, y del *husillo*, útil ó herramienta que se une al último trozo de la varilla, y el cual afecta variadas formas y disposiciones relacionadas con la índole del trabajo y naturaleza del terreno; habiéndolos de cuchara (figura 117) para terrenos arenosos, de taladro (figuras 118, 119 y 121), de escotaduras (figura 120) para terrenos arcillosos y jabonosos, y de válvula (figura 122) para usarlas bajo el agua ó en arenas á fin de que no puedan escapar los elementos que para exámen del terreno se extraen; y cuando han de usarse á percusión en vez de rotación, son trépanos ó cinceles (figuras 123 á 126).

Otro sistema de reconocer el terreno es el de hacer pozos

que se van profundizando sucesivamente; procedimiento costoso de ser muy hondos por la necesidad de estivar con maderas las paredes, razón por la que no pasan de profundidades superiores á 5 metros, y solamente en terrenos compactos y secos. Sin embargo, á veces hay necesidad de proseguir la apertura del pozo por encontrar agua ú otros motivos. De necesitarse agotarlo para conseguir un suelo seco y seguir la excavación, en el fondo de la misma se hacen pequeñas zanjas ó cunetas con más bajo nivel que el que se desée para aquella, en las que se recogen las aguas, que se extraen con bombas de agotamiento.

Operaciones preparatorias para cimentar.
—Aterramientos—Escavaciones y terraplenes.

—Para cimentar ó fundar se comienza por nivelar el terreno sobre que se haya de construir; después se traza en él el contorno exterior del edificio por medio de cordeles atados á piquetes, y seguidamente se cava el suelo por capas sucesivas de 40 centímetros próximamente en toda la superficie en que haya de cimentarse.

Aterramientos ó remociones de tierras son todos los trabajos que tienen por finalidad modificar la configuración del terreno, sea por medio de desmontes ó escavaciones, ó por terraplenes ó elevaciones de tierras.

Las escavaciones son fáciles en los terrenos secos y firmes, pero en los areniscos hay que tener la precaución de no hacerlas verticales, sinó en plano inclinado con talud al exterior y formando escalones ó banquetas de alcanzar cierta profundidad; y para contener las tierras, á medida que se desciende, se colocan maderas en sentido vertical y entre ellas otras piezas transversales, un poco inclinadas. De encontrarse agua se agota, ó mejor aún se la desvía. La desecación se realiza con la ayuda de cubos, bombas, etc.

Cuando las escavaciones son de alguna importancia por la

extensión que han de ocupar los cimientos, y lo mismo en el caso de efectuarse grandes desmontes, se dejan de trecho en trecho unas pequeñas eminencias del terreno, ó testigos, que sirven para indicar su configuración, facilitando luego el cálculo de la total excavación ó desmonte hecho.

Las excavaciones en forma de pozos se practican abriendo un agujeró circular de 1,30 metros próximamente, suficiente para que un hombre pueda trabajar en el fondo, y se hace una estibación con tablas de 2 metros de largo que sostienen aros de hierro que se aprietan contra ellas con cuñas, extrayendo las tierras en cubos que se elevan con un torno.

Para ejecutar los desmontes se hace uso del pico, de la pala, de la azada y del azadón; disgregándose con éste las tierras francas, los cantos rodados y aglomerados, la arcilla, tierra fuerte, marga y toba ordinaria, cargándose las tierras que se extraen, con palas, en carretillas y volquetes. Si el terreno es de roca hay que emplear el zapapico, palanquetas, barras y barrones, ó acudir á la mina.

Las tierras que se extraen se echan lo más lejos posible para no embarazar el terreno cercano, á una distancia horizontal de 3 á 4 metros; si bien á veces se dejan en el borde de la excavación, para que luego otros operarios las retiren; y cuando alcanza profundidades mayores de 2 metros, que se la dá la forma de gradería, las tierras se van subiendo en espuestas de banqueta á banqueta hasta llegar á la superficie libre del terreno que se ponen sobre carretillos ó volquetes. De ser estrechas tales excavaciones se reemplaza la gradería por un andamiaje en que los operarios reciben las tierras extraídas, que desde el fondo les alcanzan, echándolas afuera.

Cuando las zanjas abiertas tengan menor profundidad de 6 metros se escava una cuneta estrecha hasta el nivel proyectado del fondo de la zanja, y en cuanto se puede se establece una vía férrea ó más de hacerse el transporte de las tierras en

wagones ó wagonetas, en las que se echan las tierras de los costados.

El transporte de tierras lejos del lugar en que se vá á cimentar se hace frecuentemente con volquetes que se cargan directamente si tienen fácil acceso en las escavaciones, ó se transportan hasta ellos en carretillas ó espuestas; pudiendo transportar un volquete de un caballo medio metro cúbico ó algo más, el de dos caballerías 1,200, y cada cesto llevado por un hombre 0,030 metros cúbicos. Cuando la obra es importante se procura sacar la tierra rápidamente y con el menor coste de mano de obra, utilizando al efecto wagones y wagonetas sobre vías férreas Decauville ú otras.

Conviene tener presente para el cálculo relativo al transporte de tierras que un metro cúbico de escavación produce 1,10 metros cúbicos si es el terreno de tierra vegetal de diferentes especies, 1,200 si lo es de tierra franca muy pura ó de tierra cretosa, 1,500 si las tierras son margosas y arcillosas medianamente compactas, 1,700 si son muy compactas y duras, 1,550 cuando son de toba dura, y 1,650 la roca reducida á morrillos por la mina.

Cuando la preparación del terreno para cimentar exige terraplenar, hay que empezar por igualarle antes, echando al lado que se necesite la tierra que se vá sacando de las partes en que sobra, después se extiende una capa de la de labor para facilitar la ligazón de las tierras, y por último se dá la altura necesaria al terraplén por capas sucesivas de 20 centímetros, apisonando bien con un pisón de madera, y mejor con rodillos compresores de hierro, rociando con agua cada capa conforme se apisona y comprime.

En terrenos bastante resistentes se dá á los taludes una inclinación de 45°, y en los menos sólidos la pendiente disminuye en una mitad.

Concluidos los terrapenes y taludes y nivelados se arroja

por encima la tierra buena que se había dejado, y se allana con un pisón. Y para consolidar los taludes se les reviste de mampostería en seco ó ligada con mortero. Las piedras de las caras laterales se retallan uniéndo cada estribo con el inmediato por arcos de mampostería (figura 127) generalmente, que suelen tener una separación de 15 metros; y entonces la base es de 3 metros de ancho y la parte superior de 2.

A veces conviene el empleo de la dinamita en terrenos muy compactos para prepararlos á cimentar, pues por su acción tan violenta disgrega perfectamente tales terrenos; bastando barrenos de 5 centímetros de diámetro y 2 metros de profundidad distanciados entre sí 4 metros y cargado cada uno con 250 gramos de dinamita número 3 y atacado con un metro de tierra, para disgregar ó remover completamente un terreno compacto hasta la citada profundidad de 2 metros.

Cuantas escavaciones hayan de hacerse bajo el agua requieren el empleo de dragas, que pueden ser de acción continúa ó discontinua; siendo preferibles las movidas por el vapor ó las eléctricas, de gran rendimiento unas y otras, siempre que las obras tengan cierta importancia, pues sinó se acude á otras más elementales.

Fundaciones ó cimientos sobre terrenos no compresibles.—Ya hemos dicho que cuando el terreno

sobre que va á edificarse es de roca firme podía fundarse desde luego sobre él con solo igualar el plano de erección; pero en la inmensa mayoría de los casos se abre una zanja de 25 á 30 centímetros de profundidad en todos los puntos que han de recibir el cimiento, igualando la roca en el fondo de aquella á fin de conseguir un asiento plano, vertiendo enseguida una capa de mortero, que de haber humedad, es hidráulico; sobre esta capa se pone una primera hilada de piedras sin labrar, escogiendo las mayores que se tengan, rellenando los huecos con piedra menuda y mortero, y encima de este primer lecho se vuelve á

echar mortero y colocar piedra formando una segunda hilada, y así sucesivamente.

Como se considera que es un buen terreno el que puede cargarse con 25000 á 30000 kilogramos por metro cuadrado, se calcula la superficie del cimiento teniendo esto en cuenta. Además debe tenerse presente que el espesor al nivel del suelo ha de tener un ancho de ladrillo más que el muro del piso bajo y que para profundidades mayores que 1,50 metros se hace un retallo de un ancho por cada 1,5 metros; siendo de 15 centímetros el retallo en muros de mampostería.

Si en unos puntos de la zanja abierta para fundar se halla firme el terreno y en otros no lo es, se voltean arcos ó bóvedas que salven los terrenos flojos, apoyando en los firmes.

Asímismo, cuando, como con frecuencia sucede, por la naturaleza del edificio su peso carga más en unas partes que en otras, como en el caso de tener columnas ó pilastras que en realidad son las que han de resistir la carga, para que sea uniforme el asiento de toda la obra se construyen arcos inversos de piedra ó de ladrillo, después de puesta por igual una capa ó hilada de cimiento, cuidando de que los arranques caigan debajo de las pilastras ó puntos de mayor sustentación (fig. 128).

Y por economía, cuando hay que descender á una gran profundidad para encontrar un buen terreno firme, se funda en una série de pozos en los que se construyen pilares, distanciados convenientemente, de los que arrancan bóvedas sobre las que luego se levantan los muros del cimiento propiamente dicho (fig. 129).

En tales casos, siempre que pueda hacerse, solo se profundiza la excavación ó pozos hasta encontrar el suelo resistente en aquellos lugares que han de ocupar los pilares, cortando los macizos de tierras de modo que sirvan de cimbras para establecer las bóvedas; y de no ser factible esto se escava por com-

pleto el terreno sobre que se ha de cimentar, construyendo luego los pilares, rellendo los espacios comprendidos entre cada dos con las tierras sacadas, hasta alcanzar la altura del arranque de las bóvedas, que se apisona y da forma para que sirvan de cimbras.

Las figuras 130 y 131 representan, respectivamente, una fundación por medio de pilares de un edificio con sótanos, y un ejemplo de cimentación sobre columnas rellenas de mampostería.

En terrenos cuyo firme está muy profundo también se funda á veces abriendo pozos, generalmente de sección circular de metro á metro y medio de diámetro, distribuidos en los puntos en que la carga de la construcción sea más grande y cuyo fondo sea el del firme, que se enlazan por zanjas, de pozo á pozo, en todo el perímetro sobre el cual se levanten los muros, de mayor anchura que el espesor de éstos en las fundaciones, para formar retallo, con perfil en su fondo de cimbras de bóveda apoyando sobre los pozos, siendo su profundidad á la mitad de su longitud, algo menos de un metro, acreciendo en razón inversa de la resistencia del suelo; y una vez abiertos pozos y zanjas se llenan con mortero hidráulico por capas de 20 á 30 centímetros, sobre que se construyen con mampostería y mortero ó cal hidráulica los muros hasta cerca del suelo exterior. La figura 132 es un ejemplo de estas fundaciones.

Algunas observaciones conviene hacer, ya que son generales, respecto á los muros de fundación y basamentos. No es conveniente que la fábrica de fundación se eleve más que hasta 40 centímetros y á veces 1,25 metros por debajo del nivel del terreno exterior para resguardarla de las heladas; y únicamente, de haber vías de agua inevitables, el suelo de las escavaciones quedan 30 centímetros por encima de la capa de agua más elevada. Una cuneta de 20 á 50 centímetros de altura, que se rellena de hormigón, se debe hacer al pié de los muros.

El basamento tiene de ordinario de 75 milímetros á 1 decímetro más que el espesor del muro en su elevación, formando el zócalo con un retallo saliente, zócalo que se eleva 50 centímetros cuando menos sobre el terreno. También tienen zócalo ó basamento los muros medianeros y divisorios, con un retallo de 10 á 12 centímetros sobre el paramento de la elevación del muro; siendo el objeto de estos basamentos la disminución de la compresión vertical del suelo por repartirse el peso de la fábrica en una más grande superficie.

Para que la mampostería superior pese sobre los basamentos, todas las piedras que los constituyan deben penetrar 10 centímetros, cuando menos, en la obra, y no tener ninguna junta fuera del paramento de dicha mampostería, de no formar el zócalo varias hiladas.

Sobre un plano inclinado no debe asentarse un muro apesar de ser el terreno muy bueno, conviniendo hacer escalones y rellenar con mampostería bien enlazada y resistente hasta el nivel del escalón más alto, que ha de ser el inferior del muro. Así no se producen asientos desiguales que pudieran ocasionar grietas ó roturas.

Fundaciones ó cimientos en terrenos compresibles—Fundaciones sobre emparrillado.

—Definidos los terrenos compresibles, la fundación sobre tales terrenos varía según el grado de compresibilidad de los mismos; bastando, si es pequeño, asentar sobre el fondo de la excavación una base ó explanada de madera formada de tablo-nes de 8 á 10 centímetros de grueso, repartiéndose así la carga sobre una gran superficie, ó mejor aún se cimenta sobre una gruesa capa de hormigón. Pero si el terreno posee poca firmeza, siendo por tanto muy compresible, preciso es hacer un emparrillado con maderos de 15 á 20 centímetros por 20 ó 30 de escuadría cuyos espacios vacíos se rellenan de hormigón.

Cabe hacer firme un terreno flojo, compresible, siguiendo

también otro procedimiento. Después de regado y apisonado fuertemente se abren en él pequeños pozos distanciados convenientemente, valiéndose de estacas ó pilotes de madera de 1 á 2 metros de longitud y 18 á 25 centímetros de diámetro, sunchados con un aro de hierro en su parte superior, que se clavan, y al extraerlos dejan huecos que se rellenan con mortero ó argamasa, la cual se comprime bién; y una vez hechos y rellenos cuantos se considere en número suficiente para conseguir un suelo resistente, se cubre todo de mortero bien apisonado. Otras veces después de consolidado el suelo por este medio, se forma un macizo de arena de río de 60 centímetros á 1 metro, por capas sucesivas de 15 á 20 centímetros, apisonadas y rociadas ó impregnadas con una lechada de cal espesa, macizo que se cubre con unos 80 centímetros á 1 metro de mortero hidráulico bien comprimido, y sobre el que se puede fundar transcurridos 3 ó 4 días necesarios para que el fraguado sea perfecto.

Fundaciones sobre pilotes.— En los terrenos compresibles se funda muy frecuentemente valiéndose de pilotajes. Los pilotes que se emplean para formar el pilotaje son de madera redondos y por excepción de sección cuadrada, terminados en punta, que para mayor firmeza y duración se queman ó revisten de un regatón de hierro, provisto de cuatro orejas en los que se usan en terrenos pedregosos; teniendo una longitud aproximada de 15 veces su grueso.

Se clavan con un martinete introduciéndolos hasta que la maza sea rechazada ó se vea que no penetran más; y en caso de entrar fácilmente, que indica la flojedad del terreno, se clavan otros á su alrededor para darles mayor estabilidad.

Van dispuestos en filas en toda la extensión de la fundación, distanciados entre sí 0,80 á 1,20 metros, de eje á eje, según la carga y su sección, cortándolos, una vez clavados, por las cabezas á igual altura, y á ellos se sujeta un emparri-

llado sobre que se forma una especie de esplanada ó plataforma de madera encima de la que se cimenta, según indican las figuras 133 y 134.

A veces sustituye á la plataforma de maderas, que une mal con la mampostería, una capa de mortero.

En trabajos hidráulicos el corte de las cabezas de los pilotes se hace á 60 ó 70 centímetros por debajo de las más bajas aguas, para evitar las alternativas de sequedad y humedad. La figura 135 representa la fundación, por este sistema, de los estribos de un puente metálico.

Cuando hay que clavar los pilotes en arena fina y húmeda, como acontece á orillas del mar, existe cierta dificultad para ello. Mrs. Stæklin y Vétillard son autores del siguiente procedimiento de hinca. Por dos tubos T (fig. 136) de caucho, unidos fuertemente á otro de hierro, se hace pasar una corriente de agua á lo largo del pilote P que quiere clavarse, á 20 ó 30 centímetros por debajo de su punta ó regatón, consiguiendo así la disgregación de las capas de arena próximas, pues sabido es que la arena fina agitada por una corriente de agua se mantiene en suspensión en ésta formando una masa fluida, lo que permite introducir fácilmente el pilote.

Debe tenerse presente que puede ocurrir que la longitud de los pilotes no sea suficiente y se haga entonces necesario el empalme. Esto no ofrece dificultad, y se aconseja como medio más sencillo el ligarlos por un anillo ó suncho de hierro de 8 á 12 centímetros de altura, que se pone en el pilote clavado de manera que la mitad de dicha altura le aprisione, quedando la otra mitad para encajar en el otro pilote; de tal modo quedan formando cuerpo, pues además de la mortaja hecha en ambos para recibirlo, se aumenta su adherencia con un clavo de dos puntas.

La longitud de los pilotes fluctúa entre 2 y 8 metros; deter-

minándose el diámetro más conveniente por la fórmula práctica de Perronet

$$d = 0,24 + 0,015 (l - 4)$$

en la que l representa la longitud. Y una vez conocida la sección en centímetros cuadrados, que llamaremos s , el número de pilotes estará dado por la fórmula

$$s \times n = \frac{P}{C}$$

en la cual P es el peso total, en kilogramos, de la construcción que han de soportar y C la carga de seguridad por centímetro cuadrado, variable con la naturaleza de la madera del pilote (30 y 31 Kg. respectivamente para el roble y encina). Generalmente se pone uno cada 0,8 á 1,2 metros cuadrados de superficie del terreno.

Fundaciones sobre pilotes de rosca.—Los pilotes de rosca, debidos al ingeniero inglés Mitchell, son barras de hierro terminadas por su extremidad inferior en un disco helicoidal de 1,2 metros de diámetro, poco más ó menos, y una parte roscada (figuras 137 y 138); aunque generalmente solo es de hierro un trozo corto que entra en un pilote de madera al que va fijo á modo de régatón.

Se clavan apoyándolos verticalmente al terreno é imprimiéndoles movimiento de rotación, penetrando así la rosca al través de las diferentes capas, hasta que al llegar á una suficientemente dura se note una gran resistencia á la penetración, que no se introduce más.

En las obras en que hay grandes esfuerzos laterales debidos al viento ó á las corrientes de las aguas, se introducen estos pilotes oblicuamente, como indica la figura 139.

Fundaciones bajo el agua.—Ataguías.—Para trabajar bajo el agua se deja en seco el sitio preciso formando un dique ó malecón de tierra arcillosa (fig. 144) que rodée el

emplazamiento de la obra, manteniéndolo seco por la acción de una bomba; pero si la altura excede de 60 á 80 centímetros, y según la violencia de la corriente no es practicable esto, hay que acudir al pilotaje para establecer ataguías ó dobles estacadas hechas con dos filas de pilotes ó de estacones y tablestacas, que se sujetan con travesaños longitudinales y transversales, rellenando el espacio comprendido entre ambas estacadas con arcilla ú otro material impermeable, que se comprime, hecho lo cual se achica el agua con bombas, escavando enseguida hasta encontrar terreno firme, sobre el que se echa una capa de mortero hidráulico, y aun se pone emparrillado para evitar todo movimiento.

Fundaciones por encajonado.—En esta clase de fundaciones (fig. 145) se empieza por hacer una ataguía simple que impida la corriente, y enseguida se escava hasta la debida profundidad, de ser el fondo pedregoso, ó se colocan pilotes y un emparrillado si fuere blando ó fangoso, haciéndose un zampeado á las inmediaciones de la construcción, aguas arriba y abajo, de presumir pudiera ser socavado el fondo, agregando á veces una estacada en los extremos del zampeado.

Preparado el fondo del cimiento se echa hormigón hidráulico, por capas horizontales, hasta la superficie del agua ó algo menos, ó se alternan dichas capas con otras de mampostería; prosiguiéndose la obra con cantería, pasado el tiempo preciso para que asiente y endurezca el hormigón.

Fundaciones por cajones.—Cuando se sigue este sistema de fundación que es peor y por tanto menos usado que el anterior, se prepara el fondo horizontal y plano por medio de dragas y luego se clavan pilotes de modo que sus cabezas queden á dicho nivel. Se construye un cajón de madera con tablonés y vigas, reforzado en sus cosidos con cruces de S. Andrés, bien calafateadas todas sus uniones, y de mayor altura que la de las aguas en la pleamar, si la hubiera; siendo su sección

de figura parecida pero mayor que la que ha de tener el pilar, estribo ú obra, disponiendo los costados de modo que al terminarse la obra de fábrica puedan separarse del fondo, que queda debajo de la fundación, como un emparrillado.

Para que este gran cajón permanezca vertical, después de echado al agua á la profundidad debida se le sujeta con vientos, que se sueltan poco á poco según va introduciéndose á medida que avanza la construcción, favoreciendo el descenso el peso de la mampostería. Concluida la obra se separan los costados del cajón y se hace una escollera que cubra los cimientos á cierta altura.

Fundación por escollera.—Para fundar por escollera (figura 146) una vez limpio el fondo y horizontal en cuanto se pueda, se echan piedras de diferentes tamaños cuidando de que formen un talúd doble que la altura del macizo hecho con ellas. Se deja tome asiento, que tarda bastante, y en cuyo tiempo las arenas y demás materias que arrastran las aguas llenan los huecos que quedaran entre las piedras, sirviendo de mortero, se limpia la superficie superior, y sobre ella se echa hormigón hasta dejar una capa horizontal, y se pone un emparrillado que sirve de base al muro.

Fundaciones tubulares por medio del vacío
—Este sistema de fundación exige preparar unos tubos de fundación ó de palastro formados de varios anillos superpuestos y sujetos entre sí por pernos que atraviesan los rebordes interiores de las juntas, y que tienen diferente diámetro dependiente del número de tubos.

Para ponerlos en el sitio que han de ocupar y fijarlos, se cierran en su extremo superior con una cubierta que ajusta perfectamente y que se hace comunicar con una bomba pneumática, obligándoles á descender y penetrar en el terreno del fondo del río, lago, etc., sobre que vá á fundarse, merced á su propio peso favorecido con el de una sobrecarga que se les

pone. Ya en su sitio se activa la bomba, subiendo por el tubo el agua, fango, arena, etc., en virtud de la falta de presión interior, al propio tiempo que la corriente de agua que se establece por la parte inferior socava el terreno bajo el tubo rompiendo la cohesión de las partes más sólidas, lo que ocasiona un descenso mayor de éste, ayudado por la presión atmosférica que se ejerce sobre la tapa, y su propio peso, mas la sobrecarga.

Lleno el tubo, se extraen las materias que contiene, quitando previamente la cubierta, y se prosigue el trabajo como queda reseñado hasta llegar á la profundidad conveniente en que ya el terreno sea bastante firme y resistente; y una vez extraídas todas las tierras que contenga se echa en el fondo una capa de cemento romano, de 1,5 á 2 metros de espesor, y se les llena de hormigón, uniendo luego los pilares, que de este modo resultan, con una gran placa, sobre la que se cimenta. Las figuras 140 y 141 representan las fundaciones de los estribos de un puente, hechas por tal medio.

Fundaciones tubulares por medio del aire comprimido--Este procedimiento es completamente opuesto al anterior, pues en lugar de hacerse el vacío ó enrarecer el aire contenido en el tubo, se le hace penetrar en él y alcanzar una presión de 2 ó 3 atmósferas, obligando esta presión á salir el agua por el fondo, de ser el terreno permeable, ó por la parte superior por medio de un sifón, en caso contrario; consiguiéndose así que quede vacío, pudiéndose penetrar en él y hacer la cimentación.

La figura 142 dá idea de una cimentación por dicho sistema, empleado en la construcción de un puente sobre el Saona. Determinado el sitio que debía ocupar la pila, se hizo bajar hasta el fondo del río un gran cilindro de palastro (figura 143) de 3 metros de diámetro, formado de diferentes anillos ó cuerpos, cerrado superiormente con una cubierta *a* en la que había

practicadas dos cámaras de aire *b c*, teniendo cada una una abertura cerrada por una válvula *d*, y unas puertas *m m'* por las que podían pasar los dos brazos de dos gruas y dejar en ellas el producto de la escavación. Dos llaves *o o'* ponían en comunicación cada cámara de aire con el tubo y con la atmósfera.

Para introducir el tubo en el terreno se inyectaba el aire en su interior con una bomba, y adquirida la suficiente presión el agua era expulsada del modo indicado, y ya cerradas las puertas *m m'* se formaba un hervor alrededor de dicho cilindro, de ser el suelo permeable, que removiendo las tierras facilitaba su bajada, comenzando entonces los obreros la escavación, cargando otros las tierras sacadas, en cestones, que elevaban las gruas y luego se daban salida al exterior. El descenso del cilindro lo favorecía una sobrecarga formada con sacos de tierra, lingotes de plomo, etc., y al llegar á la debida profundidad se echó en el fondo una capa de cemento, concluyéndose de llenar el cilindro con homigón hidráulico ordinario.

Fundaciones de hormigón bajo el agua.—

Una de las múltiples aplicaciones del hormigón hidráulico, pero muy importante, es su empleo en trabajos bajo el agua.

Varios son los procedimientos seguidos para construir tales macizos; y de ellos los más usados los siguientes: *hormigón sumergido por capas*, *hormigón sumergido con tolvas ó cajones sin fondo*, y *hormigón sumergido con cajas*.

La figura 147 dá idea del primer sistema, que cumple al objeto de dejar siempre en contacto con el agua igual superficie de la masa de hormigón, que poco á poco se va echando, para que así no se extienda á toda la pasta la influencia perjudicial del contacto del hormigón fresco con el agua. De modo que se sumerge una primera masa de hormigón hasta rebasar el nivel del agua y se prosigue luego echando más un poco dentro del borde del talud formado desde el principio; claro es que en tanto que esté pastosa la masa y no sea de muy grandes

dimensiones, el que sucesivamente se vá vertiendo se introduce por medio del apisonado en la masa del hormigón, haciendo avanzar el talúd hacia adelante, permaneciendo únicamente la superficie primitiva de éste en contacto del agua, preservando de ella al resto de la capa; facilitando el vertimiento un tubo *a* por el que se echa.

Tales trabajos se hacen de ordinario entre paredes laterales ó recintos y solo en profundidades menores de 2 metros.

El hormigón que se emplée debe ser graso, pastoso, formado con grava y mortero de cal hidráulica, ó de cal y puzolana.

En mayores profundidades se usa el hormigón sumergido con tolvas ó cajones sin fondo; que son de sección rectangular si están hechos de madera, ó circulares de ser de hierro. El tipo representado en la figura 148 es usual para profundidades de pocos metros. Para mayores profundidades se aceptan las disposiciones de las figuras 149 y 150.

El cajón ó tubo se sumerge verticalmente hasta el fondo, sobresaliendo 1,50 metros del agua su extremidad superior; se llena entonces de hormigón y se eleva un poco valiéndose de un torno ó grua que se establece en un andamiaje formado sobre el recinto de los cimientos y que permite también la traslación longitudinal del cajón; y al levantarlo claro es que el hormigón sale fuera de él; se cambia de lugar el cajón colocándole inmediatamente al lado del en que se hallaba, vuelve á llenarse de hormigón y llevarlo hasta el fondo, y después á elevar el cajón que deja salir otra porción del hormigón á la inmediación del depositado antes, y así se prosigue; debiendo tenerse la precaución de que el nivel superior del hormigón cada vez que se le dé salida por el fondo al levantar la caja se mantenga siempre más alto que el del agua.

Conseguida una capa regular de hormigón, de 70 centímetros á 1 metro de espesor en toda la extensión que hay que

rellenar, se limpia su superficie de la lechada que sobre ella se forma con escobas de alambre y mejor aún con un chorro de agua á presión.

El tercer medio de los enumerados para ejecutar obras de hormigón bajo el agua es el de sumergirlo con cajas. Las hay de madera como la de la figura 151 y de palastro cual la de la figura 152. El funcionamiento con las primeras se reduce á hacer descender la caja con el hormigón hidráulico hasta el lugar en que hay que verterlo con [el auxilio de gruas, tornos, etc., y una vez á la profundidad deseada se vacía el contenido desenganchándose los pestillos *a* valiéndose de las cuerdas *b*, por cuyo medio se abre el fondo. De manera semejante, que dá á entender la figura correspondiente, se abren los semicilindros de chapa para dar salida al hormigón.

También se usan recipientes cerrados por su fondo, que se vuelcan al llegar á la debida profundidad (figura 153); empleándose asimismo sacos abiertos por ambas extremidades (figura 154) cuya parte inferior se cierra merced á una cuerda y que al llegar al fondo, tirando del extremo *a* de ella se deshace el nudo corredizo, quedando abierta la extremidad inferior del saco, que por tal procedimiento se vacía.

Se emplean sacos de grandes dimensiones conteniendo hormigón como basamento en las construcciones de diques y muelles en el mar, aplicados en obra antes de fraguar, superpuestos, llegando á constituir un macizo compacto, un bloque único (figura 155).

El hormigón hidráulico se aplica también, en forma de bloques artificiales, en la cimentación y construcción de muelles y escolleras.



CAPÍTULO VII

Obras de fábrica.—Diferentes clases de muros y paredes.

Muros—Denominación, clasificación y disposición.—Los macizos de fábrica que sirven para sostener tierras, así como los que cierran los edificios, se denominan muros; recibiendo el nombre de paredes los que separan ó dividen partes principales de una edificación, y á veces los mismos muros que limitan la construcción. Los macizos que se utilizan para hacer las divisiones interiores son paredes más delgadas, de 92 á 140 milímetros de grueso, que en el caso de alcanzar espesores variables entre 208 y 278 milímetros se llaman tabicones ó tabiques maestros; y cuando, por el contrario, tienen el mínimo espesor, un ladrillo de canto, reciben el nombre de panderetes.

Si el edificio es simple ó de una sola *crujía*, lo comprenden dos muros paralelos ó *fachadas*, enlazados por otros dos llamados *piñones* ó *hastiales* que además sustentan los extremos de la cubierta, y que salen por encima del tejado para apoyo de chimeneas de tenerlas el edificio. De ser éste doble en profundidad ó de dos *crujías*, entre los dos muros de la fachada hay otro que les es paralelo y se denominan *muro divisorio*, de *carga*, ó de *crujía*, y también *pared maestra*.

Con el nombre de *paramentos* se conocen las dos superficies que comprenden el grueso ó espesor del muro ó pared; llamándose *cara* el paramento visible, y diciéndose que la construcción es *á un haz* siempre que quede descubierto uno de los dos paramentos y *á dos haces* cuando lo están ambos.

Los muros de fachada tienen su paramento interior vertical y el exterior con un talud de 2 milímetros por metro. Y á los divisorios se les dá un talud de 4 milímetros por metro y más frecuentemente se disminuye su espesor retallando á la altura de cada piso.

Cuando los muros de un edificio hayan de ligarse en lo porvenir con otros se les deja entrantes y salientes, alternando hiladas largas y cortas que forman especie de cajas ó *adarrajas*.

En cuanto á su forma se dividen los muros en planos, cilíndricos, alveados y mixtos; y respecto á la posición de sus paramentos en rectos, oblicuos y en talud.

Los muros planos rectos tienen los dos paramentos verticales, paralelos y planos; si uno de los paramentos es inclinado ó lo son ambos de modo que el espesor disminuya constantemente hácia su borde superior, se denominan en talud; y si son curvos uno ó ambos paramentos, cilíndricos rectos, de ser verticales.

Los materiales empleados en la construcción de los muros son la piedra de sillería, el sillarejo, la mampostería, el ladrillo, etc.

La implantación de los muros según los diferentes pisos de un edificio exige el cuidado de que el eje de cada nuevo trozo del muro coincida con el del piso que está debajo; y también que los *vanos* se correspondan, como los *entrepaños*, en todos los pisos, según una vertical.

A la inclinación de los paramentos de los muros respecto á la vertical se llama *talud*; y *desplomo* al talud inverso, indicio éste de una construcción defectuosa y peligrosa.

Muros aislados—Se llaman aislados los muros que siguen solamente una dirección y no sostienen más carga que su propio peso, ni soportan otra presión que la del viento.

Su espesor se determina fácilmente por la fórmula de Rondelet

$$e = \sqrt{\frac{p \times a}{P}}$$

en la cual e representa, en metros, el espesor del muro, a su altura, p la presión del viento por metro cuadrado de superficie, y P el peso del metro cúbico de fábrica.

La presión del viento por metro cuadrado de superficie es de 25 á 75 kilogramos para vientos fuertes cuya velocidad varía entre 15 y 25 metros por segundo, y de 100 á 200 kilogramos para los huracanados con velocidades de 30 á 40 metros por segundo.

Muros de cercas ó recintos--Estos muros cierran el espacio de terreno que limitan, y están apoyados en sus extremos.

La fundación ó cimientos para muros de esta clase se hace hasta 60 centímetros ó 1 metro del suelo, para que no sean deteriorados por la helada; y toda ella ó cuando ménos las primeras hiladas de mamposte con un exceso sobre el espesor del muro de 10 á 15 centímetros, teniendo generalmente la cerca un espesor de 40.

Si el terreno es desigual y quebrado se procede por partes á hacer la fundación, dividiéndola en trozos correspondientes á cada lienzo de muro, pues éste tiene la forma escalonada; formándose los cimientos sobre banquetas horizontales que constituyen el fondo de la zanja, con diferencias de nivel de 10 á 40 centímetros.

El espesor de los muros de cercas ó de recintos se calcula por la fórmula de Rondelet

$$e = \frac{1}{n} \cdot \frac{l \cdot a}{\sqrt{l^2 + a^2}}$$

siendo l la longitud, n un coeficiente variable é igual á 8, 10 ó 12 según el grado de estabilidad que se desée dar á la construcción y a la altura del muro.

En caso de componerse de pilares ó cadenas verticales y muros intermedios, el espesor de los pilares se calcula por la fórmula de muros aislados y el de los intermedios por la que antecede de muros de recinto.

Gráficamente se deduce el espesor de los muros de cercas del siguiente modo: Si se supone, por ejemplo, que hay que cercar de muros, sin cubrirle, un espacio rectangular cuyos lados mayor y menor sean respectivamente las longitudes AB y AB' (figura 156), para obtener el espesor basta levantar en A la perpendicular AC de igual longitud que la altura que hayan de tener los muros, y describir desde A con un rádio igual á un octavo, un décimo, ó un doceavo de AC , según que la estabilidad haya de ser grande, media, ó estar en el límite mínimo un arco ab , y desde el punto o de intersección con la recta que resulta de unir B con C trazar la perpendicular od , y esta magnitud es el espesor del muro de longitud AB . De igual modo, trazando la recta CB' y desde su intersección o' con el arco ab la perpendicular $o'd'$, esta magnitud medirá el grueso del muro de longitud AB' .

Si en vez de rectangular fuese poligonal el espacio limitado por los muros, se procedería sucesivamente del modo indicado para determinar el espesor de cada uno de ellos, de ser de distinta longitud todos; pues sinó tal determinación claro es que se limita á los que la tengan diferente; y cuando la altura no fuera común á todos se operaría similarmente tomando en dirección de la perpendicular AC para cada uno de los muros las magnitudes proporcionales á sus diferentes alturas.

De ser el recinto circular se le considera como poligonal de 12 lados iguales y se determina el espesor de un muro recto de longitud igual al lado del doceágono regular inscrito,

en función del radio del recinto. Prácticamente se le dá el correspondiente al muro de longitud mitad del radio.

Generalmente los muros de recintos tienen una altura de 2,60 á 3,20 metros comprendida la de la albardilla por que terminan, y que es á una ó dos aguas (figuras 158 á 162), de ladrillos, tejas, baldosas, yeso, mortero de cal, piedra ó pizarra.

También hay muros de cercas hechos de ladrillos huecos, de 35 centímetros de longitud por 22 de grueso y otros tantos de ancho, con costillas en sus caras para que se adhiera mejor el mortero. Su albardilla correspondiente es asimismo de ladrillo hueco moldeado, con cubrejuntas que encaja en los elementos de la misma (figura 163).

Muros de edificios.---Espesores.---Como la construcción es muy vária y consiguientemente los edificios son los unos dedicados á habitaciones y otros á usos industriales, y aquéllos y éstos de un solo piso ó de varios, claro es que los espesores tienen que diferir en cada caso y asimismo su disposición.

En general el espesor de los muros de un edificio es inversamente proporcional á la resistencia de los materiales que los forman, aumentando á medida que está más próximo al suelo, restando en cada piso de 1 á 2 centímetros (figura 157).

En edificios destinados á habitaciones, de varios pisos, el espesor mínimo de las paredes maestras, cuando lo son de ladrillo, es de 3 anchos de ladrillo, 35 centímetros cuando ménos, para el último piso, aumentando en los inferiores un ancho de ladrillo por piso en los muros de fachada y uno por cada dos en los interiores; y en el caso de ser combinadas tienen las paredes maestras un ancho más de ladrillo. Las traviesas sosteniendo muros de cajas de escalera y suelos, 3 anchos como mínimo, en toda su altura. En las paredes secundarias,

tabiques, es el espesor uniforme y de 1, 2 ó medio ladrillo de ancho según los casos.

Cuando son los muros de sillería el espesor mínimo en el último piso es 25 centímetros, retallando de 10 á 12 centímetros en cada piso, en los muros de fachada, y 5 en los interiores. Si tienen bóvedas, el espesor aumenta en 10 centímetros.

Edificios industriales: Si son de varios pisos, el espesor mínimo para luces que no excedan de 12 á 15 metros, con una ó dos filas de columnas, es de 3 anchos de ladrillo, retallando un ancho por piso. Para mayor luz se aumenta el espesor en otro ancho de ladrillo más; y si la elevación de los pisos es grande se hacen los retallos cada 6 ó 7 metros. Pisos bajos: espesor de los muro exteriores 3 á 4 ladrillos de ancho según la altura. En caso de sostener los muros transmisiones tendrán 3 á 4 anchos de ladrillos de espesor si son ligeras, de 4 á 6 si pesadas y 8 á 10 como mínimo de ser muy pesadas, y entonces hay que reforzar el muro con pilastras y contrafuertes, más aún si es pequeña la altura del muro sobre la transmisión; siendo siempre constante el espesor hasta la cubierta.

Si los cuchillos que forman la armadura tienen tirantes que impiden la separación de los pares, y desarrollan un empuje contra los muros, no defendidos por construcciones laterales, el espesor se deduce de la fórmula

$$e = \frac{a}{12} \cdot \frac{D}{\sqrt{D^2 + a^2}}$$

siendo D la distancia entre muros y a su altura.

Y en caso de estar apuntalados hasta determinada altura por construcciones laterales, si se representa por a' la altura del muro desde la terminación del apoyo al tirante de la armadura, el espesor lo dá la fórmula

$$e = \frac{a + a'}{24} \cdot \frac{D}{\sqrt{D^2 + a^2}}$$

Si los cuchillos de la armadura carecen de tirantes ejerce cada uno de ellos un empuje horizontal debido á la carga de la cubrición y su repartición sobre los pares, por el pié y contra el muro, dando la siguiente fórmula el valor de su espesor en el punto en que apoyan los cuchillos, en la cual C es el peso de la mitad de la cubierta correspondiente á la armadura por metro de longitud, aumentado con la carga eventual debida á la nieve, viento, etc., que se valúa en 50 kilogramos por metro cuadrado, P el peso del metro cúbico de fábrica del muro, K la distancia horizontal del punto de aplicación del empuje al centro del muro, é I la pendiente de la cubierta

$$e = -\frac{C}{aP} + \sqrt{\left(\frac{C}{aP}\right)^2 + 2C \frac{a - 2KI}{2aPI}}$$

A igualdad de carga el espesor de los muros varía con la calidad de los materiales que los constituyen; así es que si se designa por 1 el espesor de un muro de ladrillo, su equivalente de sillería tendría solo 75 centímetros, 1,25 metros si era de mampostería concertada y 1,85 de mamposte ordinario.

Muros de sostenimiento de terraplenes.—

Tales muros, como su nombre indica, sirven para contener el empuje de las tierras situadas en su parte posterior, y por tanto se emplean cuando hay diferencia de nivel (figura 164). Y se dice que están sobrecargados ó tienen sobrecarga si sostienen también las tierras que hay encima, las cuales pueden cubrir toda ó parte de la coronación; muros que suelen llamarse de sostenimiento si su altura es la total del terraplén, ó de revestimiento cuando es menor.

Uno de los principales datos á tener en cuenta al tratar de construir tales muros es el declive natural ó ángulo de resbala-

miento de las tierras, variable con la naturaleza del terreno, y que es de 21 grados para la arena pura y muy seca, de 27 á 36 para la tierra arcillosa húmeda, 46 para la tierra vegetal ligera y seca, 50 para la tierra franca y 55 para la tierra fuerte y glutinosa, arcilla y greda.

Exteriormente se dá á los muros una escarpa de $\frac{1}{15}$ cuando menos, que se puede disminuir algo para mejor aspecto; y se economiza con el empleo de contrafuertes interiores ligados directamente al muro propiamente dicho, ó utilizando en parte el peso de la tierra para su estabilidad, uniendo los contrafuertes por arcos de descarga ó bóvedas sobre que se apisona la tierra (figura 165).

Como las aguas que absorben las tierras que están detrás del muro tienden á aumentar la presión sobre él de un modo considerable, se practican en dichos muros aberturas ó barbacanas por las que se las dá salida; pero cuando están constantemente impregnadas de agua se las deseca obligándola á afluir á una cuneta ó rigola *a* (figura 166) hecha detrás del muro, que para facilitar aún más la filtración de las aguas á la misma se pone por encima de ellas una bóveda de piedras en seco.

El espesor *b* en la coronación de un muro de sostenimiento de terraplenes trabado con mortero, es dependiente de la altura *h'* del terraplén, de que el paramento exterior sea vertical ó con talud, de la inclinación de éste, del ángulo de resbalamiento del terreno y de la naturaleza y peso del metro cúbico de éste y del muro. Con tales variables se han formado tablas que dan á conocer la relación entre el espesor y la altura. La siguiente es una de ellas para las tres clases de terreno más diferentes, de grava, de consistencia ordinaria, y arenosos, sueltos ó arcillosos húmedos, cuyos ángulos de resbalamiento son respectivamente 45°, 33° y 27°, para paramentos verticales y

con talud, siendo s diferencia entre el espesor del muro en la base y en la coronación $\frac{1}{10}$ y $\frac{1}{5}$ de la altura, con un coeficiente de seguridad igual á 2, y supuesto que el peso del metro cúbico del terreno y del muro sean respectivamente 1600 y 2400 Kg.

$\frac{h'}{h}$	VALORES DE $\frac{b}{h}$								
	$\varphi = 45^\circ$			$\varphi = 33^\circ$			$\varphi = 27^\circ$		
	$s = 0$	$s = 0,1h$	$s = 0,2h$	$s = 0$	$s = 0,1h$	$s = 0,2h$	$s = 0$	$s = 0,1h$	$s = 0,2h$
0	0,273	0,179	0,096	0,361	0,265	0,179	0,408	0,312	0,224
0,1	0,299	0,204	0,120	0,393	0,297	0,209	0,443	0,342	0,257
0,2	0,319	0,224	0,139	0,417	0,321	0,232	0,468	0,371	0,282
0,3	0,335	0,240	0,154	0,436	0,339	0,250	0,487	0,390	0,300
0,4	0,348	0,252	0,166	0,450	0,353	0,264	0,502	0,405	0,315
0,5	0,359	0,263	0,177	0,462	0,365	0,276	0,513	0,416	0,325
0,6	0,367	0,271	0,184	0,472	0,375	0,286	0,522	0,425	0,334
0,7	0,375	0,279	0,192	0,480	0,383	0,293	0,529	0,432	0,341
0,8	0,382	0,286	0,199	0,486	0,389	0,299	0,535	0,438	0,347
0,9	0,388	0,292	0,204	0,492	0,395	0,305	0,540	0,443	0,352
1	0,393	0,297	0,209	0,497	0,400	0,310	0,544	0,447	0,356
1,5	0,411	0,315	0,227	0,513	0,416	0,325	0,558	0,461	0,369
2	0,423	0,326	0,238	0,523	0,426	0,335	0,566	0,469	0,377
2,5	0,430	0,333	0,245	0,529	0,432	0,341	0,571	0,474	0,382
3	0,436	0,339	0,251	0,534	0,437	0,346	0,574	0,477	0,385
4	0,443	0,346	0,257	0,539	0,442	0,351	0,579	0,482	0,390
6	0,451	0,353	0,265	0,545	0,448	0,357	0,583	0,486	0,394
10	0,459	0,361	0,272	0,550	0,453	0,362	0,587	0,490	0,398
∞	0,469	0,372	0,283	0,559	0,462	0,370	0,594	0,497	0,405

A veces en lugar de dar al muro un espesor uniforme, es decir que sus paramentos sean planos, se construyen escalones (figuras 167 y 168), dándoles de espesor en la mitad de la altura el que arroja el cálculo, aumentándole en la inferior lo que se disminuye en la superior.

Asimismo, se construyen tales muros con contrafuertes exteriores a (figura 169), sistema que resulta muy económico; dando á dichos contrafuertes, que van distanciados de 3 á 4 metros, 1 metro de ancho y una salida igual al espesor del muro, aunque ésta puede variar con la altura y grueso del mismo.

Otras veces es de imprescindible necesidad, por cuestión de lugar, hacer interiores los contrafuertes; afectando su sección la forma rectangular (figura 170), la trapezoidal (figura 171), ó la de la figura 172. El ancho de estos contrafuertes es 1,50 metros, y se ponen distanciados á 4 ó 5 metros, ó 5,50 con arcos de descarga de 60 centímetros de espesor, separados verticalmente 2,20 metros.

Muros de contención de aguas—Su objeto lo expresa su denominación. Y es el perfil más conveniente de los muros de mampostería de los depósitos de agua y estanques según demuestra la experiencia, de acuerdo con la teoría, el trapezoidal, con su paramento interior ó cara de aguas vertical, y con talud el exterior.

Estos muros se agrupan en dos distintas clases: unos que sufren constantemente la presión del agua, (en las orillas del mar, canales, lagos, cámaras de turbinas, etc.) y otros que experimentan dicha presión de un modo intermitente (depósitos, defensas en los ríos, etc.).

Las fórmulas más usuales para la determinación de los elementos de esta clase de muros siempre que su altura no exceda de 7 metros, son las de Paladini, en las cuales representa e el espesor del muro en la coronación, e' la base ó proyección del talud ó declive exterior y e'' la del interior, siendo a la

altura del agua sobre el fondo, a' la máxima del muro sobre el nivel de agua, comprendida siempre entre 40 centímetros y $0,1a$, y A la suma de ambas alturas; deduciendo que si el espesor es constante $e = 0,44 A$ para los del primer grupo y $e = 0,79 A$ para los del segundo; para muros con talud exterior del primer grupo e mayor que $\frac{1}{2} A$ y siempre que 45 centímetros y $e' = 0,74 A - 2e$, y si son del segundo no varía el valor de e y el de $e' = A - 2e$, y cuando en ambos paramentos son en talud e es también mayor que $\frac{1}{3} A$ y 45 centímetros $e' = 0,66 A - 2e - e''$ y $e'' = 0,1 A + 0,2 A$ en los del primer grupo, siendo en los del segundo $e' = 0,84 A - 2e - e''$ y $e'' = 0,1 A + 0,2 A$.

Construcción de muros de edificios.—Replanteo.—

Cuando ya han llegado las fundaciones ó cimientos á la debida altura del suelo, con objeto de que los paramentos del muro sean verticales y planos resultando así uniforme el espesor y á plomo la construcción, se fijan unos listones verticales a (fig. 173) en la extremidad de cada muro y á la mitad de su espesor, en cada uno de los que se sujetan horizontales unas tabletas delgadas b , que llevan hechos unos cortes ó incisiones á las que se atan las cuerdas c que indican la dirección y espesor de los muros; sistema éste preferible al muy usual de clavar listones verticales en los extremos y algunos otros puntos intermedios del emplazamiento del muro y atirantar cuerdas de unos á otros, haciendo lo mismo por dentro para fijar el debido espesor. Claro es que conforme va subiendo la construcción se clavan más arriba las tabletas. Los vanos se trazan en el espesor de los muros cuando enrasan al nivel de los diferentes pisos. Después se hacen los muretes de los antepechos.

Muros y tabiques de ladrillos.—El ladrillo, tanto por su tenacidad y dureza como por ser un material muy homogéneo é igual en dimensiones y adherirse perfectamente á los morteros, hace una mampostería muy buena; permitiendo

esa regularidad de forma que le caracteriza emplearle en toda clase de aparejos de muros ó paredes, bóvedas, vanos, etc.

En la construcción de este tipo de muros hay que cuidar de mojar los ladrillos antes de poner el mortero, para que no absorban el agua que éste contiene, emplearlos á ser posible enteros, razón ésta por la que son de gran aplicación los medios ladrillos que en otro lugar se describieron, pues así cuando hay necesidad, muy frecuente, de usar la mitad de un ladrillo, la colocación de estos medios ladrillos evita el romper los enteros, asentar unas hiladas sobre las otras de modo que las juntas no se correspondan sino que caigan las de cada una sobre la mitad de cada ladrillo de la inmediatamente inferior.

Cuando el grueso del muro ó tabique es el de medio ladrillo se denomina de *citara de sogá ó á media asta*. El ladrillo se asienta de plano colocándolo por hiladas horizontales y á juntas encontradas según acabamos de decir, que también se llaman *en llave*; y por medio de cuerdas atirantadas horizontalmente de un reglón ó otro puestos verticalmente en los extremos de la pared y algún punto intermedio, se guían las hiladas de ladrillos conforme van estas subiendo, comprobándose su horizontalidad con el nivel de albañil sobre un reglón y la verticalidad de la pared con la plomada.

Antes de poner en la obra el ladrillo se moja, á cuyo fin tiene el albañil á su lado un cubo con agua en la que le introduce con la mano izquierda, enseguida extiende el mortero con la paleta y asienta el ladrillo apretándole con la mano y el mango, golpeando suavemente, quita con el corte el mortero que rebasa, y corriendo la punta de la paleta por las juntas rellena los huecos y así prosigue hasta terminar la pared.

La capa de mortero ó *tendel* que se pone para unir cada dos hiladas y entre sí los ladrillos en contacto debe ser de pequeño espesor (basta con 5 milímetros), pues aunque un mayor grueso economiza ladrillo se produce mal asiento en la obra y el

aspecto de la fachada no es tan grato á la vista. La separación vertical de los ladrillos ó *llagas* no debe exceder de 2 centímetros.

La figura 174 dá una idea de esta clase de paredes.

Si el macizo tiene de grueso el largo del ladrillo se llama *cítara de asta* (figura 175); indicando las figuras 176 y 177, en que las líneas de puntos representan las hiladas inferiores, dos tipos de aparejos, enlaces ó trabazones de ladrillos enteros; en la primera una hilada está de asta y la siguiente se forma de dos ladrillos al ancho á juntas encontradas, y así sucesivamente; y en la segunda disposición son dos ladrillos de sogá y uno de asta, alternando en cada hilada.

La figura 178 representa un aparejo de dos ladrillos de espesor.

Cuando las paredes hayan de tener más grueso se las hace de asta y media, colocando los ladrillos alternativamente á sogá y asta, formando el grueso del muro con un ladrillo á lo largo y otro á lo ancho. Las figuras 179 á 184 indican varias disposiciones de esta clase de macizos empleándose en los que reproducen las 181 y 182 el desperdicio del material, ladrillos rotos, para relleno.

De exceder el espesor del macizo del largo del ladrillo y medio se emplean combinaciones de 2, $2\frac{1}{2}$, 3, etc. representando las figuras 185 á 189 varios enlaces á doble asta, las 190 y 191 de dos y media, y la 192 dos aparejos con tres ladrillos de espesor.

Al encontrarse dos paredes de ladrillos se cortan formando un ángulo, esquina ó rincón, que hay que enlazar trabando el material de modo que en vez de dos macizos diferentes aparezca uno solo. Basta para ello adoptar la disposición de la figura 193, en caso de cortarse en ángulo recto; de ser el ángulo obtuso hay necesidad de cortar las cabeza de los ladrillos con

la inclinación que haya de tener la cara á cuyo *haz* esté situada; lo que á veces se evita remetiéndolo ó abriendo algo los ladrillos y cubriendo luego los huecos con mortero.

Para formar en todos estos casos las cabezas de los muros de ladrillo supóngase que se corte el aparejo de la figura 178 por un plano en dirección *AB* que pasaría por las uniones de los ladrillos puestos al largo, y resultarían entonces en el ángulo cuartos de ladrillo que naturalmente ofrecen ménos solidez que los medios y enteros, por lo que no es conveniente queden así; y lo que se hace para evitarlo es retroceder dichos cuartos de ladrillo en sus hiladas colocándolos entre los dos medios ladrillos precedentes (figura 194). Si el aparejo es en cruz se pueden terminar las cabezas por ladrillos enteros y medios (figura 195).

Cuando las paredes son de ladrillos ó baldosas puestos de canto, es decir, con sus caras verticales, reciben el nombre de *panderetes*; que se construyen colocando desde la parte inferior las baldosas ó los ladrillos por hiladas de igual altura que el ancho del material, á juntas encontradas, empleándose para su unión el mortero de yeso que fragua más pronto que el ordinario y los sostiene mejor (figura 196). Si los trabajos de esta clase son de cierta extensión se refuerzan con listones verticales de madera y pontones con cajas, en que se ajustan.

Para calcular el número de ladrillos que entran por metro cúbico de pared solo hay que saber sus dimensiones, pues como el material es muy igual ésto facilita la determinación, debiendo tener presente el espesor del mortero que llevan para su enlace y asiento. Si se supone que *abc* sean las tres dimensiones del ladrillo y *a₁b₁c₁* las mismas aumentadas en el espesor del mortero, el número de ladrillos en metro cúbico y el volúmen del mortero serán respectivamente

$$\frac{1}{a_1 b_1 c_1} + 10\% \text{ y } 1 - \frac{a b c}{a_1 b_1 c_1} »$$

Siendo las dimensiones de los ladrillos ordinarios $0,28 \times 0,14 \times 0,045$, entran en metro cúbico 470, y el volúmen del mortero es $0,42 \text{ m}^3$.

Muros huecos, de ladrillo.—Un sistema económico para levantar muros que no tengan que soportar grandes pesos, construcciones rurales, casas de campo, etc., expuestas á la lluvia y el viento es el que representan las figuras 197 á 201, que reproducen disposiciones varias de muros huecos, ó con celdas, que son muy convenientes por estar así más secas las paredes y penetrar en el interior mucho ménos el frío y el calor.

Tales ventajas se consiguen también, sió totalmente en gran parte, con el empleo de ladrillos huecos en la construcción de los muros.

Muros de mampostería de piedra.—Generalidades—Una piedra de talla ó de sillería es un bloque destinado á ser labrado y de cierto peso para necesitar tanto para su transporte como para su colocación en obra valerse generalmente de medios mecánicos. Tienen tales piedras (figura 202), dos caras horizontales ó *lechos a* labrados según los lechos de cantera, otras dos caras *b paramentos* ó *cabezas* también labradas, y otras dos verticales laterales *c* que se llaman caras de *junta*. A veces solo se labran los dos lechos, ambas caras de junta y un paramento.

Entre cada dos piedras al ponerlas en obra se deja una separación vertical para las juntas con objeto de recibir el yeso ó mortero, separación que és de 4 á 10 milímetros.

La figura 203 indica la composición de una hilada de sillares, cuya altura la mide la distancia que separa á los dos lechos, é igual para todas las piedras que la forman, difiriendo

las longitudes de las de la misma hilada, que contribuye á una mejor ligazón de los materiales. Siempre se deberá cuidar, como en los muros de ladrillos, de que no se correspondan las juntas de las piedras de una hilada con los de las otras dos con que se halla en contacto.

Las mamposterías que se construyen de piedra pueden serlo en seco ó con mortero, caso éste más general.

Las mamposterías en seco se hacen con piedras sin mortero, siendo aquellas de formas irregulares cual aparecen las extraídas de las canteras y los cantos rodados de los ríos; las cuales para que formen conveniente enlace se las prepara haciendo algo planas sus caras de asiento.

Para la construcción de los macizos de esta clase se eligen para la base las piedras mayores, y de trecho en trecho se ponen piezas de mayor entrada, llamadas *llaves* ó *perpiaños*, que suelen ocupar todo el espesor del muro, formando así mejor trabazón; y se procura que apesar de la irregularidad de las piedras resulten dispuestas en capas sensiblemente horizontales, alternando las piedras más cortas con otras de más cola, ó á sogá y tizón, presentando las caras más regulares en los paramentos, acuñando y enripiando con piedras más pequeñas, ripio y desperdicios.

Las mamposterías ordinarias con mezcla, ó de cal y canto, se unen con mortero y son más sólidas; habiéndolas de sillería ó cantería, de mampostería ó mampostes, mollares, morrillos y cascajo, y también mixtas.

La cantidad de piedra necesaria para un metro cúbico de muro de mampostería es de 1,10 á 1,25 metros cúbicos, comprendiendo las pérdidas; y de 0,25 á 0,32 metros cúbicos de mortero, según la perfección del trabajo.

Muros de sillería ó cantería.—Estos muros reciben también el nombre de mampostería de sillares ó sillería.

Se forman con sillares y sillarejos, piedras labradas, las unas de mayor tamaño, que exigen para su colocación el auxilio de aparejos más ó menos sencillos, y más pequeñas las otras, y que puede ya manejar el mismo obrero.

Perpiaños y tizones son respectivamente los sillares que tienen dos caras de paramento, presentando su dimensión mayor á lo largo del muro ó en el del espesor. *Cola ó tizón* es la longitud de un sillar en dirección del espesor del muro; y un sillar de más longitud en el paramento que la cola se llama *soga*, ó está colocado á *soga*. *Llave* es el sillar que atraviesa el muro de uno á otro paramento.

En las construcciones se prefieren por su mayor estabilidad los sillares de menos altura que longitud, á los cúbicos; aunque éstos son más resistentes. Representando por 1 la altura del sillar son más apropiados para la edificación los de 1,5 de ancho y 2 de longitud si la piedra es blanda, los que miden 1,5 á 2 de ancho y 2 á 3 de longitud para piedras de mediana dureza, y los de 2 á 3 de anchura y 4 á 5 de largo para piedras duras.

Las caras de contacto de los sillares en una obra esmerada y perfecta deben estar muy bien labradas, ajustando exactamente; sin embargo, por razones económicas, solo se labra bien el paramento; colocando los sillares unos sobre otros interponiendo una ligera capa de mortero, calzándolos si es necesario con trozos de piedra y cuñas de madera.

Los muros de sillería ofrecen aparejos ó disposiciones semejantes á los hechos de ladrillos.

La figura 204 es representación de un aparejo cuyos sillares son de iguales dimensiones, estando colocados á juntas encontradas.

En la figura 205 las hiladas son alternativamente bajas y altas, es decir, que una hilada está hecha con sillares más gruesos que los de las otras dos con que se halla en contacto. La figura 206 indica un aparejo combinado con sillares de iguales

formas y dimensiones dispuestos en hiladas de igual altura. La 207 da una idea de lo que es el aparejo á tizón y las 208 y 209 manifiestan la estructura de dos clases de aparejos á sogá y tizón.

En los encuentros de muros y en los ángulos se usa frecuentemente la disposición de la figura 210 ó de la 211.

En las comarcas en que escasea la piedra y ésta es muy dura se emplea mucho el aparejo poligonal indicado en la figura 212, compuesto de piedras de diferentes formas y dimensiones superpuestas por capas, de modo que presenten en los paramentos la forma poligonal más ó menos regular.

Labra de las piedras.—La piedra que ha de emplearse en una construcción se labra en un lugar adecuado próximo al edificio que se va á levantar, y antes por tanto de colocarla en obra, si bien la talla de algunas partes hay que ejecutarla después, así como la labra de molduras, adornos, etc., sobre todo cuando sean en piedras blandas, y aun en las piedras duras que con anterioridad se desbastan ó preparan. Solo en caso de una dureza extrema de las piedras ó ser las molduras ó labores de gran importancia es más ventajoso hacer la labra por completo en el taller, y preferible entonces tan pronto como se extraen de las canteras.

En el trabajo general, conforme tienen entrada los sillares en el taller próximo á la obra se examinan y clasifican y se procede á su labra. Esta comienza por quitar la costra blanda ó piedra imperfecta que recubre frecuentemente los lechos, labrándose enseguida éstos, á cuyo fin se trazan dos rectas en las dos caras laterales opuestas valiéndose de dos reglas, y sobre dichas líneas se hacen con el puntero ó cincel y maceta á todo lo largo de ambas rectas unas escopladuras ó canales planos, que se confrontan estar en una misma superficie plana aplicando la regla, y luego otras dos cinceladuras en el plano de las primeras, y con el pico (fig. 213) ó el martillo (fig. 214) se

va quitando toda la parte sobrante de piedra que sobresale del plano ó cara determinada, igualando luego la superficie resultante con el mismo pico, ó con el trinchante ó trinchanta (figura 215) provistos de dientes ó resaltes separados entre sí de 5 á 6 milímetros; é igualmente se hace uso de la chufarda (fig. 216).

Labrado uno de los lechos se trazan las caras laterales, sirviendo de referencia la ya hecha, valiéndose de la falsa escuadra y de plantillas ligeras, de hoja de lata, que afecten la forma del contorno poligonal que deba tener el lecho, haciéndose la labra por procedimientos semejantes á los empleados en la del primer asiento.

Las juntas se labran también de modo semejante pero más en desbaste, y los paramentos, sobre todo el exterior y generalmente éste solo, se concluyen mejor, trabajando con la trinchanta, que de emplearse para la labra de piedras tiernas suele tener solo una cabeza ó tajo con dientes.

Para la labra final de las piedras duras es más usual la chufarda.

La piedra caliza tierna se corta con la sierra de dientes, y se talla ó labra con el cincel (fig. 217), el pico, puntero, hierros y maceta, y la chufarda; concluyendo los paramentos con la raedera (fig. 218).

Las calizas duras se cortan con la sierra sin dientes y arena y se labran con útiles semejantes á los indicados en los párrafos anteriores, picos, punteros, cinceles, mazos, chufardas y el cincel dentado de la figura 219.

El orden que se sigue para la labra de las piedras y que ya queda indicado, es comenzar por la de uno de los lechos, proseguir con la de los paramentos y concluir con la del segundo lecho y las juntas.

La de éstas así como la de los asientos es más basta que la de los paramentos, sobre todo del exterior, para que tenga más adherencia el mortero.

Como algunas veces se astillan las piedras en las aristas de los asientos y caras de unión, á fin de evitarlo se labran las piedras en que más exposición hay á ello, cuales son las de los muros de sostenimiento, las cadenas salientes, los muros de fachada de edificios hasta la altura de los pisos entresuelos, etc., del modo que indica la figura 220, ó bien en puntas de diamante (figuras 221 y 222) y de otras formas.

Colocación de los sillares en la obra —Una vez labrada la piedra se transporta á la obra haciendo uso de carros fuertes de 2 y de 4 ruedas, de zorrás, angarillas, etc., según las dimensiones; y se descargan al pié del muro y conducen dejándolas correr por un plano inclinado sobre rollos ó rodillos de madera de mayor diámetro en el medio que en los extremos para cambiar más facilmente la dirección del movimiento y con el fin, al propio tiempo, de que los asientos de la piedra queden libres y no toquen los rodillos.

Para colocar cada piedra en su sitio respectivo de la obra se hace uso de gruas como las representadas en las figuras 223 y 224, ó de las cábricas de vientos análogas á la de la figura 225; necesitándose embragar los sillares como en la figura 225 ó servirse de las tenazas de la figura 226, ó emplear la loba ó cuña representada en la figura 227, la cual se aloja en un hueco labrado en la piedra á cola de milano, sistema éste únicamente aplicable en piedras duras, pues las tiernas suelen romper; substituyéndose en éstas por un tornillo de filete triangular cuya cabeza vá provista de una argolla, y cuyo tornillo se coloca en la piedra, después de abierto con un trépano un agujero del diámetro de la espiga, roscándolo con él mismo.

Llevada por uno ú otro medio la piedra y presentada en el lugar que ha de ocupar en el muro se la deja descansar en él sobre cuñas de madera y á veces de plomo del mismo espesor que el que ha de tener la junta de mortero, cuñas que se hacen

coincidir con los ángulos de la piedra y á 3 ó 5 centímetros de las aristas para que no se astillen; y asegurados de que la piedra está bien á dimensiones se la levanta un poco y limpia por debajo, y se rocía de agua así como las de la hilada inferior sobre que ha de ponerse; se extiende sobre la superficie que debe cubrir una capa de mortero fino de algún mayor espesor que las cuñas, y ya entonces se baja poco á poco el sillar y se pone en su lugar, asentándole golpeando con un picón ó un mazo de madera hasta que el mortero rezume por todas partes y apoye bien la piedra en las cuñas, que luego se quitan, una vez que ocupe su definitiva posición.

Puestos de igual modo los sillares laterales se hacen sus juntas verticales con mortero, que se extiende y dispone con ayuda de la *fija* (figura 228), especie de paleta delgada con dientes ó escalones.

Ocurre á veces que asentados todos los sillares de una hilada quedan unos más altos que otros, y entonces se iguala el sobrelecho ó *enrasa* quitando las partes que hacen resalte, antes de asentar la siguiente hilada.

Concluída la fábrica se hace el *retundido* y *refino* y el *re-juntado* de los paramentos. Este se realiza descarnando con un gancho las juntas hasta 2 ó 3 centímetros de profundidad, las cuales se limpian con un cepillo duro y una escoba, regándolas de precisarse, y rellenándolas de mortero, que se comprime con la llana. Si la fábrica es de piedra blanda, de sillarejo ó de ladrillo, la superficie vista de tales juntas es plana y se enrasa con el paramento del muro, alisándolas con una varilla de hierro encorvada que se hace deslizar á lo largo de una regla.

El retundido comprende la labra perfecta de los paramentos, quitar las rebabas y refinar todas las superficies vistas. Este refino puede ser simple, que se reduce á perfeccionar la labra con la bujarda ó el trinchante entre las cintas labradas á cincel

según el contorno de los sillares, ó completo, que se ejecuta con el cepillo y frotando con asperón el paramento.

Muros de mampostería.—Estos muros se hacen con toda clase de piedras, que se arreglan con el pico para darlas buen asiento. La mampostería se coloca por capas horizontales echando sobre ellas una ligera de mortero que se iguala para formar una superficie plana, sobre que se pone la siguiente hilada, y así sucesivamente; debiendo cuidarse de mojar con agua todas las piedras antes de asentarlas, pues así une más la mezcla.

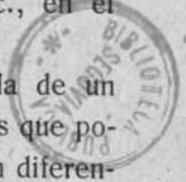
Los huecos que queden entre cada dos piedras asentadas sobre mortero se rellenan de mezcla y de ripio bien acuñado; y para dar mayor consistencia al muro se colocan las piedras á tizón, reservándose las mayores para los cimientos, el paramento y los ángulos.

En esta clase de muros es muy conveniente poner de trecho en trecho fajas verticales y cadenas horizontales de sillería ó de ladrillos que encajonan la obra, aumentando su resistencia y estabilidad. Las figuras 229 á 231, representan tales combinaciones.

La mampostería en que las caras de paramento están toscamente labradas y se asientan los mampuestos apoyando unos sobre otros por caras sensiblemente planas se llama *concertada*, y *careada*, la que los mampuestos se labran solo con el martillo, de forma grosera, con definidas formas geométricas, admitiendo el ripio para asentar.

Mampostería mixta.—Esta clase de mampostería está formada frecuentemente por sillares como paramento exterior y ladrillos, mampostería ordinaria, mollares, etc., en el interior.

La altura de las piedras debe corresponder con la de un cierto número de ladrillos para que no resulten vacíos que podrían inclinar el muro hácia adentro, conviniendo sean diferen-



tes los espesores de las piedras en el paramento exterior para que el enlace ó ligazón de los ladrillos ó mampostes sea más perfecto.

La figura 252 representa una mampostería mixta con paramento exterior de ladrillos, siendo el interior de mampostes; y lleva como todas sus similares, una hilada de sillería, ó solera, por encima del suelo, y otros sillares reforzando los ángulos.

Muros de hormigón y de cemento armado.

—El hormigón, como ya en otro lugar se dijo, se aplica también para construir muros y bóvedas.

Bueno es recordar ahora que la principal condición para que éste tipo de construcciones dé un buen resultado es la rapidez de aplicación en la obra. Esto trae aparejada, una manipulación enérgica y la evitación de largos transportes del material fabricado. Y es que además de que al emplearlo y apisonarlo conviene no haya empezado el fraguado del aglomerante, se precisa que este fraguado esté poco avanzado aún para que al aplicar las siguientes capas se consiga una verdadera unión entre todas las de un mismo bloque.

En la construcción de los cimientos la excavación hecha sirve de molde, pero ya cuando hay que comenzar á levantar los muros, preciso es valerse de moldes para conseguirlo.

El material usado frecuentemente á ese fin es la madera, ya que su coste es pequeño, hay gran facilidad para adquirirla, se prepara rápidamente y puede adaptarse á todas las formas, permitiendo una utilización repetida.

Dichos moldes ó cajones tienen sus paredes de tabla de abeto ó de pino, de 3 á 4 centímetros de espesor, reforzados exteriormente con hierros y enlazados entre sí por medio de tirantes.

En el interior se hacen tan lisos como sea posible, y tienen una altura de 70 á 80 centímetros; disponiéndose las juntas

de las tablas de modo que no queden huecos, que en caso se tapan con yeso ó arcilla.

En tales moldes se echa el hormigón por capas de 20 á 30 centímetros, y se le apisona fuertemente con pisones de madera de 8 á 15 kilogramos de peso y 12 á 18 centímetros de diámetro, y con barras de hierro en los ángulos. Este apisonado debe ser muy perfecto y hecho conforme se vierte el hormigón sobre el molde, pues se obtiene así mayor compacidad y resistencia de la estructura, ya que las diferentes piedras y cantos, envueltos de mortero, encajan entre sí, desapareciendo los huecos. Por esta razón la masa deberá tener tal consistencia que se halle entre el estado pastoso y el fluido.

El trabajo se realiza por capas horizontales y se dispone de modo que sea un mínimo el de juntas entre una aplicación del hormigón y la sucesiva de un mismo bloque, así como el tiempo que medie entre una y otra tarea. También se procurará que las uniones tengan lugar en las partes más fuertes de la construcción y por escalones, limpiar las superficies al aplicar de nuevo el hormigón, quitarlas la lechada y los fragmentos removidos, envolviéndolas luego con mortero fresco rico en cemento, antes de echar una nueva capa.

A veces se revisten completamente tales paredes de tablas con chapa de zinc, consiguiéndose al propio tiempo que una mayor duración, el que los muros queden más lisos y regulares.

Para los ángulos se usan moldes y armaduras especiales.

Para la composición de 1 metro cúbico de hormigón aplicable á tales construcciones es muy aceptable la proporción siguiente de materias componentes:

Cal hidráulica.....	100 kilogramos
Cemento Portland.....	100 »
Agua.....	200 litros
Arena.....	0,400 metros cúbicos
Grava cribada.....	1 metro cúbico

Aunque de hormigón pueden hacerse por completo todos los muros de edificios para habitaciones de varios pisos, de los cimientos al techo, la estética, el aspecto de apariencia y lujo que se desea tengan, y por otra parte la dificultad de abrir huecos é introducir modificaciones en el edificio, limitan su empleo al caso bien raro de no poderse adquirir buenos materiales pétreos y ladrillos y en cambio contar con excelentes hormigones en la localidad. Por esto los muros de tales edificios se hacen á veces como los de piedra sillería, substituyendo á los sillares naturales bloques de hormigón hidráulico.

El cemento armado, de que se construyen techos y pisos y toda clase de obras, tiene su aplicación también en la construcción de los muros de edificios. El esqueleto de las paredes se suele formar por barras redondas, verticalmente puestas alternativamente hácia uno y otro paramento, enlazando el espesor del conglomerado con estribos transversales, ó bien un sencillo sistema de barras horizontales en el eje de la construcción. Generalmente son las barras de un centímetro de diámetro y están separadas 20 á 25 centímetros, siendo de 15 el espesor de las paredes del hormigón. Y en los huecos, que hay que interrumpir las barras del entramado, se enlazan las de un sistema con otro y la armadura de cada entrepaño.

En tabiques delgados de 5 á 8 centímetros, las barras verticales próximas á ambos paramentos, que tienen un diámetro de 5 á 6 milímetros, pero que se colocan más próximas, unas á otras, apenas se separan el espacio que ocupan las barras horizontales.

Muros de tapial ó encajonados de tierra—

Los encajonados ó encofrados, que también se llaman tapiales, tienen aplicación únicamente en la construcción de las paredes de edificios de escaso valor y poco cargados, en construcciones rurales, y cuando se carece de otros materiales á precios aceptables.

De ordinario se alzan los tapiales sobre el terreno sin necesidad de abrir zanjas cuando sirvan como tapias de cercados, llevando cimientos los destinados á formar fachadas de edificios.

Se construyen los tapiales por encajonados semejantes á los usados para hacer los muros de hormigón. El material que se emplea es la tierra, la cual se distribuye en el interior de los cajones por tongadas de 15 centímetros de grueso, que se apisonan fuertemente, interponiendo á veces entre ellas capas más delgadas de mortero de cal.

La tierra más apropiada no debe ser muy grasa ni demasiado áspera; y se prepara cribándola, y después humedeciéndola por aspersión, de ser muy áspera.

Concluído un cajón se pasa al siguiente, abriendo en aquél una roza de arriba abajo, para mejor enlace, cuidando de que los cajones superiores y los inferiores estén á juntas encontradas.

Los ángulos de tales paredes se suelen reforzar con materiales más resistentes, colocando machos y verdugados de trecho en trecho.

Para la mejor preservación de estos tapiales se enlucen con cal los paramentos, después de bien enjugados, que necesitan para ello algunos meses.

Paredes de adobes.— De muy escasa aplicación tales paredes, se forman en estructuras semejantes á las de los muros de ladrillos, sentando los adobes por hiladas horizontales y muy por igual para que no haya grandes asientos, corrigiendo los huecos que resultaren poniendo maderas.

Hechas las fachadas se revocan después de muy bien secas, para preservarlas de la humedad, con morteros comunes é hidráulicos y también con un barniz compuesto de cenizas de madera tamizadas, cal viva y aceite.

Paredes ó cerramientos de madera.— Para

cerrar con abrigos provisionales almacenes ó talleres se emplean revestimientos de tablas que se clavan á los piés derechos que soportan la armadura de la cubierta ó tejado; representando las figuras 313 á 315 varias disposiciones de esta clase de paredes, y la 316 otro sistema muy sencillo de formar tales cierres que se reduce á ir colocando superpuestos, entre cada dos piés derechos, barrotes de madera tomizados, que luego se recubren con una capa de yeso por ambos lados de la pared así formada.

Entramados de madera.—En los países en que abunda la madera ó tiene un precio bastante inferior al de la mampostería se construyen las paredes de los edificios con entramados de madera que afectan distintas disposiciones, de las que indica varias, las más usuales, la figura 317, y cuyos entramados se rellenan de cascote ó ladrillos con mortero, constituyendo unas paredes firmes, compactas y estables.



CAPÍTULO VIII

*Arcos, bóvedas y dinteles.—Huecos ó vanos.—
Cimbras y andamios.*

Arcos.—Definiciones.—Con el nombre de arco se designa en construcción el hueco ó vano en línea curva del mismo espesor que la pared ó muro en que está abierto.

Se llama *intradós* la superficie interior del arco, y *trasdós* la externa. Sus apoyos se denominan *columnas*, *pilastras* ó *piés derechos*, según que su sección recta sea circular, cuadrada ó rectangular; denominándose *pilas* ó *estribos* los de los puentes.

Dinteles.—Los arcos en que la curva del intradós se convierte en una línea recta reciben el nombre de *dinteles* que también se denominan arcos á regla ó adintelados; teniendo gran aplicación en los huecos de puertas y ventanas de los edificios y en los entablamentos.

Si son de ladrillo se construyen disponiendo este material (fig. 233) á juntas inclinadas, inclinación que se las da trazando en la montea de los extremos *a* y *b* dos arcos con un radio igual á la longitud *ab*, que determinan un punto *c*, centro al cual concurren todas las líneas de juntas; pues si bien podría formarse en vez del triángulo equilátero *abc* otro cuyo vértice estuviera más alto ó más bajo, en el caso primero abrían demasiado las juntas, y en el segundo resultaría una construcción menos estable, pues es tanto menor la carga que resiste cuanto más verticales resulten las juntas.

Los ladrillos se colocan generalmente de asta, presentando los cantos en el frente, aunque también se hacen dobles ó de mayor grueso y otras veces del ancho del ladrillo ó de media asta.

Para dirigir la construcción se pone un travesaño de madera $d e$ en cuyo centro c se clava una punta á la que se ata una cuerda que es la que dá la dirección de las juntas; ó se fija un listón de mayor longitud que la línea $a b$ en dicho punto c dejándole libre giro alrededor de él, que se va apoyando sobre $a b$ señalando su canto la dirección de las juntas, en las distintas posiciones.

Cuando se hacen de sillería se disponen las piedras de diferentes maneras; pero generalmente y siempre que sea factible, se ejecuta el dintel con tres piedras de cada lado y una mayor central que hace de clave (fig. 234). El trasdós puede afectar la forma escalonada (fig. 235), y de ser mucha la luz la machiembrada, dejando á veces huecos en los sillares en los que se alojan balas de hierro ó se ponen tirantes y barras que se dan de alquitrán para que no se oxiden. Las figuras 236 á 239 dan idea de estos arcos adintelados.

El espesor e del dintel, así como la distancia x del punto donde concurren todos los planos de juntas al intradós se obtienen en función de la luz del mismo.

Representando ésta por $2 L$

$$e = \frac{L + 5}{14} \quad \text{y} \quad x = \frac{3(L^2 - e^2)}{2e}$$

Clasificación de los arcos.—Los arcos reciben distintos nombres según sea la figura de la curva del intradós; habiéndoles *circulares* ó *de medio punto* (fig. 240), *elípticos* (fig. 241), *parabólicos*, de *varios centros*, *carpanelos* ó *apainelados* (fig. 242), *escarzanos* ó *de un arco de círculo* (figura 243), *apuntados*, formados de dos arcos que se cortan en la

parte superior (fig. 244), y *de herradura* compuesto de varios arcos como el de la figura 245, de tres centros *a, b, c*; y *por tranquil* (fig. 246) los que no tienen sus arranques en el mismo plano horizontal, estando formados por varios arcos de círculo.

También se clasifican los arcos en *rebajados* y *peraltados*, *levantados* ó *remontados*, según que la flecha ó distancia que hay desde la horizontal que pasa por el origen ó arranque del arco hasta la parte más alta del intradós sea menor ó mayor que la mitad de la luz ó abertura del arco. Son pues los arcos escarzanos arcos de medio punto rebajados; y es peraltado, levantado, surmontado ó remontado, el elíptico de la figura 241, que en el caso de hacerse tomando por monteja el semieje menor de la elipse en vez del mayor sería rebajado.

Además hay otra gran variedad de arcos cuales son el *anglo-sajón* (fig. 247); el *angular truncado* (fig. 248), el *aplastado* (fig. 249) que se describe valiéndose de cuatro centros determinados por los vértices del cuadrado formado por debajo de la cuerda de dicho arco y cuyos lados tienen de longitud la mitad de la misma, *en acolada* (fig. 250), *moriscos* (fig. 251), *Tudor* (fig. 252), en *zíc-zac* (fig. 253) y otros más.

Construcción de arcos.—En los arcos de medio punto deben colocarse los ladrillos de modo que las líneas de juntas concurren en el centro para mayor solidez, facilidad de construcción y buen aspecto de la obra, siendo su mayor espesor el ancho del ladrillo, y en otros casos el largo, pudiendo asimismo ser de doble cara y aun de mayor grueso.

En el trasdós las juntas tienden á abrirse más que en el intradós haciéndose tanto más perceptible ésto cuanto menor sea el radio; resultando, por tanto, mortero en exceso en una parte y escasez de él en la otra, pudiendo esportillarse fácilmente el ladrillo en el intradós al hacer asiento lo obra, además de ofrecer mala vista. Así es que conviene en caso de ser aparente la fábrica aplantillar el ladrillo en forma de dovela ó cuña, siguiendo

do sus caras la dirección del radio del círculo generador; y prefiriéndose también, por tal motivo, hacer una serie de roscas sobrepuestas, á media asta, pues se nota menos aquél defecto.

La construcción de tales arcos se empieza á la vez desde ambos arranques hasta cerrar en la parte superior. Cuando son varias las roscas, concéntricas, construcción á la inglesa (figura 254), la segunda comienza desde los arranques hasta que una junta del ladrillo coincida con la de la rosca inferior que se pone una llave *h*, ladrillo de asta. En dicha figura se indica en *a* la construcción de una rosca de asta, y en *b* una combinación en rosca de mayor espesor.

La construcción de los arcos escarzanos es semejante á la de los de medio punto.

En los arcos apuntados ó góticos, sobre todo si son muy peraltados, no puede hacerse un aparejo regular en el vértice ó encuentro *d* (figura 255) de las líneas *a d* y *b d* que marcan la dirección de las juntas de la derecha é izquierda respectivamente, y entonces es preferible cerrar con una clave ó dovela de piedra.

Si los arcos fueran de sillería se labran los sillares conforme á sus correspondientes plantillas, variables con la figura de la curva del intradós y trasdós, trazadas sujetándose á los principios del corte de piedras ó esteorotomía, trazado que no es de este lugar nos ocupemos, haciéndose las juntas con mortero y descimbrando una vez que estén bien enjugados los morteros.

Arcadas.—Por arcada se entiende una sucesión de arcos descansando sobre pilares ó columnas aisladas ó apareadas, sustituyendo tal construcción á los muros llenos (figuras 256 á 259); y en la cual la anchura de los pilares es igual á una vez ó vez y media la de los claros ó huecos cuando el edificio exija gran firmeza, disminuyendo tal proporción en los edificios particulares, que se reduce á la mitad para los pórticos; y cuando es aún mayor que la prefijada anteriormente la anchura

de los pilares se dejan unos ventanales entre ellos (figura 258); aligerándose aún más el muro con vanos cuadrados ó circulares en los senos de los arcos (figuras 258 y 259).

Si el pilar se sustituye por dos columnas (figura 259) el inter-eje de las mismas es un tercio ó un cuarto del claro según que se adopte el orden Toscano ó Dórico, ó los Jónicos y Corintios y compuestos.

Bóvedas. — Definiciones y clasificación. —

Cuando un arco se prolonga en sentido de su espesor recibe el nombre de bóveda.

En toda bóveda (figura 260) se distinguen las partes siguientes: *a* son los estribos, pilares ó piés derechos, (partes del muro sobre que se elevan las bóvedas), *KK* es la abertura, portada ó luz, *KK' o o'* el plano del nacimiento ó de los arranques de la bóveda, *KsK* la curva generatriz, *so* la flecha, *E* el estradós, *I* el intradós, *b c d e* dovelas, llamándose contraclaves ó contrallaves las *c*, clave la *e* y dinteles los *b*.

Las bóvedas reciben diferentes nombres según sea la figura del arco generador. Así que la bóveda plana ó adintelada es un arco adintelado que se prolonga en una série de dinteles. Se llaman *de cañón seguido* aquellas que su formación se debe al movimiento de un arco paralelamente á sí mismo á lo largo de una recta llamada directriz; siendo *rectas* cuando el arco generador es perpendicular á la recta directriz, y *oblicuas* en caso contrario.

Las hay también *cilíndricas, cónicas, esféricas, anulares, vaidas y compuestas*.

Las cilíndricas pueden ser de tantas clases cuales sean las curvas de los arcos generadores, ya descritos; y en cuanto á la posición de los arranques cabe se hallen estos en un plano horizontal ó en rampa, *bóvedas en bajada* éstas, destinadas á cubrir escaleras, rectas ú oblicuas según la forma de la planta.

Son cónicas en su intradós las bóvedas cuando los pilares

sobre que se alzan no son paralelos sino convergentes ó divergentes; llamándose *de trompa* (fig. 261) si se tocan de modo que sea el vértice su terminación. Las bóvedas cónicas aplicadas al derrame de puertas y ventanas se conocen con el nombre de *capialzados* (fig. 262).

Las bóvedas esféricas, llamadas también *cúpulas*, *medias naranjas* y *cimborrios*, deben su generación al movimiento de rotación de un cuarto de círculo alrededor de un eje vertical que pasa por su centro. Se apoyan en un muro circular (*tambor*) cubriendo un espacio circular. Hay también cúpulas en que la meridiana no es un cuarto de círculo, y otras en que la curva generatriz es elíptica.

Estas bóvedas no solo pueden cubrir espacios circulares ó elípticos si que también rectangulares (fig. 263). Los cuatro triangulos que resultan se llaman *pechinas* y esta clase de bóvedas *esféricas* con *pechinas*. La bóveda *vaida* es igual á esta y solo difiere de ella en que los vanos de los arcos *formeros a h d*, *d g c*, *c f b* y *b e a* están reemplazados por muros macizos ó arcos ciegos.

Bóvedas compuestas son las que resultan de la penetración de dos distintas bóvedas, siendo las más comunes las *bóvedas por arista* formadas por la intersección de dos cañones cilindricos de igual altura (fig. 264); que pueden ser rectas ú oblicuas según que los ejes de los cañones sean ó no perpendiculares entre sí.

Cuando la penetración tiene lugar entre dos cañones cilindricos de distinto rádio se llama *luneto* el vano producido.

Nichos ú *hornacinas*, que pueden ser cuadrados ó circulares según la figura de sus plantas, son huecos dispuestos en el espesor de un muro para recibir estátuas, jarrones etc. Su altura es doble que la luz.

Bóveda en rincon de claústro (figura 265) es la debida á la intersección de dos cañones cuyos arranques están en los lados

del cuadrado que se desea cubrir, de modo que son entrantes los ángulos correspondientes á las aristas; llamándose *esquilfada* la bóveda que de dicha clase está cortada por un plano horizontal (figura 266). Convienen para grandes salones de planta rectangular, y más bien son techos. Generalmente el ancho se divide en tres partes iguales, dos para las partes abovedadas y una para el techo plano.

Datos y fórmulas empíricas sobre espesores de arcos y bóvedas.—Diversas son las fórmulas prácticas para determinar en cada caso el espesor de arcos y bóvedas en la clave y en los estribos ó pilares. Las más usuales son las siguientes, en todas las cuales $L = 2l$ es la luz de la bóveda, r el radio de curvatura, f la flecha, e e' e'' los espesores en la clave, en las juntas de fractura y en los arranques respectivamente, c c' los espesores del estribo en los arranques de la bóveda y en la base, h la altura de la sobrecarga, h' la del estribo desde la base al arranque de la bóveda y H la altura total de la obra

CLASE DE BÓVEDAS	AUTORES	ESPESOR en la clave sin sobrecarga de tierra	
De medio punto $r = l = \frac{L}{2}$	Dejardin.	$e = 0,3 + 0,05 L$	
	Dupuit.	$e = 0,2 \sqrt{L}$	
	Gauthey	L < 16.	$e = 0,33 + 0,021 L$
		L > 16 L < 32.	$e = 0,42 L$
		L > 32.	$e = 0,67 + 0,021 L$
	Lesguillier	»	
	E. Roy.	»	
	Ingenieros rusos y alemanes	$e = 0,43 + 0,05 L$	
	Perronet.	$e = 0,525 + 0,035 L$	
	Escarzanas	Dejardin.	Rebajada al $\frac{1}{4}$
» $\frac{1}{6}$			$e = 0,3 + 0,05 r$
» $\frac{1}{8}$			$e = 0,3 + 0,035 r$
» $\frac{1}{10}$			$e = 0,3 + 0,02 r$
Dupuit.		$e = 0,15 \sqrt{L}$	
Lesguillier.		$e = 0,1 + 0,2 \sqrt{L}$	
Léveillé.		$e = 0,33 + 0,33 L$	
Ingenieros rusos y alemanes		$e = 0,43 + 0,10 r$	
Dejardin.		$e = 0,3 + 0,07 r$	
Dupuit.		$e = 0,2 \sqrt{L}$	
Carpanales y elípticas	Lesguillier	»	
	E. Roy.	»	
	Saint-Guilhem.	$e = 0,3 + 0,07 r$	
	Ingenieros rusos y alemanes	$e = 0,43 + 0,01 r$	
Ojivales equiláteras	Dejardin.	$e = 0,3 + 0,05 r$	
	E. Roy.	$e = 0,3 + 0,04 r$	

ESPESOR DE LOS ESTRIBOS

En los arranques de la bóveda	En la base
»	»
»	»
»	»
»	»
»	»
$c = \sqrt{L} (0,6 + 0,04 h')$	$c' = c$
$c = 0,2 + 0,3 (r + 2 c)$	$c' = c + 0,2 h$
$c = 0,305 + 0,209 L + 0,166 h' + 0,083 h$	$c' = c$
»	»
»	»
»	»
»	»
»	»
»	»
»	»
$c = \sqrt{L} \left[0,6 + 0,1 \left(\frac{L}{f} - 2 \right) + 0,04 h' \right]$	$c' = c$
»	»
$c = 0,305 + \frac{3L-f}{L+f} + 0,166 h' + 0,083 h$	$c' = c$
»	»
»	»
$c = \sqrt{L} \left[0,6 + 0,1 \left(\frac{L}{f} - 2 \right) + 0,04 h' \right]$	$c' = c$
$c = 0,2 + 0,3 (r + 2 e)$	$c' = c + 0,2 h'$
»	»
$e = 305 + \frac{3L-f}{L+f} + 0,166 h' + 0,083 h$	$c' = c$
»	»
$c = 0,2 + 0,3 (0,5 r + 2 e)$	$c' = c + 2 h'$

Cuando hay sobrecarga de tierra se aumentan los espesores en $0,02 h$.

Los espesores en la junta de fractura son para las bóvedas de medio punto $e' = 2 e$, y para las carpanales y elípticas rebajadas al $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{5}$ respectivamente 1,80, 1,60 y 1,40 del espesor e de la clave. Y el espesor en los arranques de las bóvedas carpanales rebajadas al $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{12}$ es según Croisette Desnoyers 1,80, 1,40, 1,25, 1,15 y 1,10 de aquel espesor.

Según Michon los espesores más convenientes en edificios, para bóvedas de medio punto, carpanales ó escarzanas sin sobrecarga cuyo ángulo en el centro sea mayor de 120° , son $e = 0,2 + 0,02 L$ y $e' = 0,1 + 0,01 L$; en bóvedas de sótanos, almacenes y grandes edificios, y en las ligeras, en iglesias y demás edificios sometidos á su propio peso, respectivamente, y en las escarzanas de ángulo en el centro menor de 120° son entonces dichos espesores $e = 0,2 + 0,01 L$ y $e' = 0,1 + 0,05 L$.

Conforme á los datos de Wanderley para luces de 2,50 y rebajadas de $\frac{1}{8}$ á $\frac{1}{10}$, y de 3 rebajadas $\frac{1}{6}$ á $\frac{1}{8}$ basta que tal espesor e sea de medio ladrillo. Para $L = 4$ y rebajadas á $\frac{1}{6}$ es el espesor e de medio ladrillo y e' de uno, y cuando la luz es ya mayor, son los espesores e de un ladrillo y e' de uno y medio.

Como datos prácticos conviene tener presente que si L representa en metros la luz de la bóveda debe ser la flecha, cuando menos $\frac{1}{12} L$ hasta $L = 10$ metros; para luces comprendidas entre 10 y 20 metros $\frac{1}{10}$ de ella, $\frac{1}{8}$ cuando se halla entre los 20 á 30 metros, y solo $\frac{1}{6}$ para las comprendidas entre 30 y 60.

Las fórmulas de Marzoclin que dá el espesor de estribos en todas clases de bóvedas es

$$e = 0,4 L \sqrt{\frac{1}{f}} + 0,05 f + 0,2 h'$$

El número de ladrillos en la clave que generalmente llevan los arcos de medio punto y rebajados, de arcos y bóvedas ordinarias en paredes maestras é intermedias, es de 2 para luces hasta 2 metros; de 2 y 3 á 4 respectivamente para luces de 2 á 3 metros; si este es de 3 á 6, llevan 4 ó de 4 á 5; y cuando la luz esté comprendida entre 6 y 8 metros el número de ladrillos es de 5 ó de 5 á 6. El espesor de los estribos varía de $\frac{1}{4}$ á $\frac{2}{9}$ de la luz en arcos de medio punto, si su altura es menor de 3 metros; y de $\frac{1}{3}$ á $\frac{1}{4}$ para arcos rebajados (flecha comprendida entre $\frac{1}{8}$ y $\frac{1}{3}$ de la luz); aumentándose los indicados espesores si la altura de los estribos es superior á 3 metros en $\frac{1}{6}$ á $\frac{1}{8}$ de dicha altura.

En bóvedas en cañón que sustenten pavimentos con sobrecargas ordinarias para luces entre 4 y 5 metros se pone 1 ancho de ladrillo en la clave y de 2 á 3 en los arranques, y cuando la luz está comprendida entre 5 y 8 metros se ponen entonces 2 y de 3 á 4 respectivamente, aumentando los espesores anteriores en un ancho de ladrillo cuando han de pasar vehículos por el pavimento que sustenta la bóveda. El espesor de estribos cuya altura no exceda de 3 metros es de $\frac{1}{6}$ á $\frac{2}{11}$ de la luz en arcos de medio punto y de $\frac{2}{7}$ á $\frac{2}{9}$ para arcos rebajados de $\frac{1}{8}$ á $\frac{1}{3}$ de luz. Y cuando la altura es mayor de 3 metros se aumenta el espesor en $\frac{1}{6}$ á $\frac{1}{8}$ de la altura.

Si las bóvedas son por arista, en rincón de claustro ó cúpulas, con sobrecargas ordinarias, para luces de 3,5 á 4 metros, de 4 á 6 y de 6 á 8 respectivamente, se ponen uno, dos y dos anchos de ladrillos en la clave y de uno á dos, dos á tres y tres á cuatro en los arranques. El espesor de los pilares ó estribos es entonces $\frac{1}{4}$ á $\frac{1}{6}$ de la diagonal en las bóvedas por arista, $\frac{1}{4}$ á $\frac{1}{6}$ de la luz en las de rincón de claustro, y $\frac{1}{7}$ á $\frac{1}{8}$; del diámetro en las cúpulas para alturas de pilares de 3 metros, pues de ser mayores se aumentan los espesores en $\frac{1}{8}$ á $\frac{1}{10}$ de dicha altura.

Cimbras.—Las cimbras son armaduras de madera generalmente, sobre las que se construyen los arcos y bóvedas y sustentan la fábrica hasta que colocada la clave se sostiene por sí sola.

El lado derecho de la figura 268 representa la mitad de uno de los cerchones de una cimbra para bóveda en arco de medio punto; compuesto de tirante *c*, pendolón, piés derechos *b*, que sostienen el tirante, apoyados en la solera, tornapuntas de refuerzo *j*, fijas *e*, y las piezas curvas *d* que reciben los listones sobre que se construye, los cuales son de pino, conviniendo hacer de roble las otras piezas.

Para la construcción de arcadas se emplean cimbras con dos pares sobre los que apoyan las fijas y contrafijas (lado izquierdo de la figura 268).

Si la bóveda es rebajada en arco escarzano ó carpanel se emplean fichas y tornapuntas con la forma de la bóveda, colocando bajo éstas apoyos de sostenimiento para aliviar de peso al tirante.

La curvatura del intradós de las bóvedas se marca en las cimbras por medio de dos ó tres tablones acoplados, que se atornillan ó clavan, en los que se traza la curva del intradós, aserrándolos después según dicho trazo; esto sólo para bóvedas ligeras.

Para bóvedas pequeñas se hace uso de trozos de cimbras llamados *galápagos*, que á medida que avanza la obra se van corriendo.

En bóvedas de muy reducida altura cuando se construyan en seco, como las tajeas, las cimbras usuales son las más de las veces de tierra apisonada ó cascote; siendo semejantes á estas cuando hayan de cimbrar un solo arco (figura 269).

Si las bóvedas son de alguna importancia se cuida de que el tirante descansa sobre sacos de arena, cuñas etc., de modo que al descimbrar tome la bóveda bien su asiento.

Las figuras 270 á 274 dan idea de diversos tipos de cimbras.

Construcción de las bóvedas.—En la construcción de las bóvedas puede emplearse el ladrillo, la sillería y el sillarejo; además de hacerse también de hormigón hidráulico.

Trasdosar una bóveda es hacer el paramento exterior tan unido como el del intradós; no debiendo producirse desuniones ó separaciones en las bóvedas bien construidas. A impedir éstas responde el macizar ó rellenar los *riñones*, que son las partes *a* (figura 267) comprendidas entre la clave y los arranques, con trozos de piedra, con yeso, mortero ú hormigón pobre en cal.

Para construirlas, una vez puestas las cimbras en su lugar, se dividen los cerchones de los frentes de éstas en cierto número de partes correspondientes á las dovelas que han de colocarse, se trazan las líneas de enrase de los lechos y se van poniendo las dovelas, alternativamente las de uno y otro lado empezando desde los arranques, golpeándolas con una maceta de madera para asentarlas, cuidando de que entre las cimbras y las dovelas no quede mortero ni cuerpo alguno extraño; procurando que las juntas resulten de espesor uniforme, variable entre 10 milímetros para las bóvedas de cierta importancia y 8 para las pequeñas.

Como queda dicho, ambos lados de la bóveda se forman simultáneamente; y hasta terminar por completo una hilada no se empieza á colocar la superior, pues de otro modo resultaría desigualmente cargada la cimbra, que podría tomar cierta inclinación ó levantarse en la clave.

El cierre de las bóvedas ó la colocación de la clave se hace de modo que quede bastante ajustada para que en el momento de descimbrar no se disloque la obra. A tal objeto se labran muy bien los lechos de las contraclaves y la clave una vez obtenida exactamente la plantilla del hueco, y después de echar en los lechos mortero firme se la introduce golpeándola

con un mazo, quitado ya el entablonado de la cimbra, metiendo en las juntas cuñas de piedra dura. También se la pone en seco rellenando los huecos de las juntas con mortero de cemento, que se comprime con la fija. Después de cerrada la bóveda se efectúan los trabajos complementarios de retundido, relleno de los riñones y colocación de los tímpanos; y muchas veces se extiende una capa de mortero hidráulico fuertemente comprimido y alisado para que no se hienda ó agrietee, de cemento, asfalto, etc., contrarrosca que recubre las bóvedas que estén expuestas á la intemperie, para que las aguas no las deterioren.

El aparejo de las bóvedas de sillería se dispone de modo que las dovelas se sostengan unas á otras evitando los ángulos agudos y haciendo las juntas normales á la superficie del intradós. En las bóvedas cilíndricas las juntas de los lechos se dirigen según las generatrices. En las esféricas se toman por líneas de hilada círculos menores de la esfera en planos horizontales, y como de juntas meridianos. Las hiladas de las dovelas se aparejan como en los muros de sillería alternando sogas y tizones, aunque algunos constructores las hacen por anillos ó roscas concéntricas.

En las bóvedas de ladrillos ordinarios la figura de éstos produce uniones más abiertas en el trasdós que en el intradós, por cuya razón se rellenan en tal parte con piedras menudas, cascajo, restos de ladrillos etc., ó se desbastan los ladrillos en forma, para que las juntas resulten sin esa separación en el trasdós. Esto se evita perfectamente con el uso de los prensados en forma de dovelas.

El aparejo de dichas bóvedas es frecuentemente por roscas concéntricas (figura 275) de ladrillos puestos de canto, á juntas encontradas; y también de plano ó *tabicadas*, sistema por el que se percibe menos la desigualdad de las juntas, pero hay que emplear entonces un excelente mortero de cemento.

Se construyen asimismo de ladrillos huecos, moldeados cual dovelas.

Tanto el hormigón hidráulico como el cemento se aplican en la construcción de bóvedas de edificios y puentes, de alcantarillas, etc. Exigen para ellos cimbras suficientemente resistentes y de forma invariable, para que no se descomponga ni agriete el hormigón que se eche sobre ellas. Pueden ser de madera, cual las de la bovedilla con intradós plano de la figura 276; pero para otro tipo de bóvedas, ya sean cilíndricas ú otras, suelen hacerse tabicadas de ladrillos puestos en varias hiladas, de plano, y sostenidas por cuchillos ligeros de tablas, un tirante y tres tornapuntas, cubriéndose la superficie de la cimbra con una capa de mortero de 2 á 3 centímetros de espesor formando el contorno del intradós, evitando á la vez que el hormigón se agarre al ladrillo.

Como las bóvedas de hormigón son relativamente pesadas se emplean hormigones hechos con la escorias sobrantes de la combustión del carbón de piedra en vez de grava, partidas en trozos de 2 á 5 centímetros de grueso, y como aglomerante la cal hidráulica ó el cemento en la proporción de 1 á 2 de éste por 5 de escorias; ó se forma el mortero con arena y luego se añaden las escorias, siendo entonces la proporción de 1 de cemento, 4 de arena y 4 de escorias.

Para impedir el vuelco de las bóvedas al exterior, que se logra aumentando el espesor en los estribos cuando esto es factible por haber espacio para ello, ó con el empleo de materiales más pesados en esta parte de la construcción, y también poniéndoles exteriormente una carga, se sigue además, y es muy general en las grandes naves de los templos y otros edificios, otro sistema consistente en adosar á la parte exterior de la bóveda otra parte más ligera, también en forma de bóveda ó *arco botarel*, el cual produciendo un empuje contrario al de la bóveda principal en el arranque de la misma hace que la re-

sultante de dicho empuje en el arranque del arco botarel, y del peso del estribo se acerque á la vertical, evitando lo haga en demasía al paramento exterior del machón. Dicho arco arranca en las iglesias de un machón adosado á la fachada lateral, salvando exteriormente la anchura de las naves laterales para apoyar en los muros de la nave central por la clave á la altura de los arranques de la bóveda principal. Se hacen las más de las veces de dos arcos superpuestos, que se suelen enlazar por arcadas.

Descimbramiento.—Aunque después de cerrada la bóveda ó puesta la clave podría verificarse el descimbramiento y así se practica á veces, sobre todo si es de cañón seguido y largo, conviene más no hacerlo hasta que el mortero tome consistencia ó se endurezca, consiguiéndose por tal proceder que sea mucho menor el asiento de la construcción.

El descimbramiento debe llevarse á cabo con gran cuidado y precisión suma para evitar en cuanto sea posible todo choque capaz de hacer adquirir velocidad á la masa de la bóveda, que por pequeña que fuera siempre la perjudicaría notablemente.

Para descimbrar se quitan primero las viguetas de uno y otro lado á partir de los arranques y así se prosigue hácia arriba hasta las de la clave ó dovelas próximas, que como sufren más presión no se sacan fácilmente sin dar un poco de holgura á la cimbra, destruyendo poco á poco las cuñas sobre que asentaban dichas dovelas, valiéndose de un escoplo, haciéndolo á la vez por ambos lados de la clave.

Si cada cercha de la cimbra estuviera mantenida firme por ambos extremos por cuñas dobles de pequeño ángulo (fig. 277) se golpea poco á poco con un martillo la inferior del par hasta que vaya cediendo y se perciba luz entre el intradós de la bóveda y la cimbra, que se sacan las cuñas y se continúa el descimbramiento; si bien es preferible aguardar á ver los efectos del asiento un par de días, para separar el entablonado. Tam-

bién se emplean sacos de lona llenos de arena bien apisonada cuya boca se cose con hilo fuerte, y los cuales se colocan en los sitios que las cuñas en las cimbras, y cuando se quiere descimbrar se practica una abertura en la parte inferior de ellos, los cuales van así vaciándose lentamente, permitiendo la bajada de la cimbra gradualmente.

Los sacos son reemplazados otras veces por cajas de madera ó palastro (figura 278) llenas de arena, las cuales permiten por su parte superior la entrada de un émbolo ó pistón de madera que penetra ajustado, sobre el que descansa la cimbra, y que están cerradas en su fondo con unos tapones, que al quitarlos dan lenta salida á la arena, penetrando los émbolos en las cajas y descendiendo progresivamente la cimbra. Hacen igual oficio en cajas con arena, husillos *a* muy fuertes (figura 279).

Construcción de bóvedas sin cimbra—Aunque en la casi totalidad de los casos las bóvedas precisan cimbras para su construcción, como quiera que pueden hacerse sin ellas, hemos creído deber indicar tal modo de formarlas; necesitándose entonces hacer uso de morteros que fragüen rápidamente tales como el yeso y sobre todo el cemento.

Dichas bóvedas se hacen por zonas oblicuas, del siguiente modo: Sea *A B C D* el desarrollo de la superficie de intradós de la bóveda, *A B* y *C D* sus arranques y *A C* una de las cabezas (figura 280). Comiézase por trazar en el muro sobre que ésta apoya la directriz del intradós de la bóveda y siguiendo su curva se coloca la primera rosca, formada de las dovelas *a, b, c ... b', a'* empotrando un extremo de ellas en el muro. Seguidamente se asientan á partir de los arranques las dovelas que completan las zonas oblicuas *d g, d' g', f h, f' h'* y así sucesivamente hasta que la bóveda esté totalmente terminada; necesiándose sostener en su posición cada dovela hasta que fragüe el mortero para que tomen consistencia y conserven su

asiento. Si la cabeza A C no estuviera adosada á un muro se establece una cimbra de un solo cerchón para voltear el anillo *a a'*, procediendo después á la construcción del resto por zonas oblicuas.

Huecos ó vanos—Su clasificación—Todo hueco que se abre en un muro para dar luz ó paso se conoce con el nombre de *vano*; clasificándose en *tragaluces*, *ventanas* y *puertas*.

Tragaluces—Tragaluz es toda abertura practicada en un muro por debajo de los pisos bajos de las edificaciones para dar luz ó ventilar los sótanos, bodegas, ó habitaciones subterráneas (figura 292); mostrando la figura 293 el establecimiento de uno de ellos en un macizo de mampostería. Suelen tener de abertura exterior 40 centímetros de ancho por 20 de altura. La figura 294 pone de manifiesto un caso en que el tragaluz es ámplio, aprovechando á ese fin el antepecho de una ventana baja.

Huecos ó vanos de ventanas—En todo hueco de ventana se distinguen (figura 295) las *jambas* ó *mochetas a*, el *dintel b* y la parte inferior ó *antepecho c*; comprendiendo el *cercos* ó *jaribaje* en la planta el *telar* que comprende desde el paramento del muro al alfeizar, el *alfeizar* rebajo que sigue al telar, en el cual se aloja el montante de madera del marco, y el *derrame* trazado al sésgo para dar más entrada á la luz en las habitaciones y á que se adosan las hojas de la ventana cuando está abierta.

Los antepechos se hacen de una fila de ladrillos puestos de canto ó se pone una piedra de sillería á la que se dá algo de caída hácia afuera para impedir la entrada de las aguas de lluvia; dicha caída ó chaflán suele ser de 1 de altura por 6 de base y sobresale del antepecho del muro unos 3 ó 4 centímetros cuando menos.

Al telar se le dá un espesor de 16 á 20 centímetros.

Para cerrar el hueco por la parte superior, si es de sillería se hace un arco cuyos arranques nazcan de los sillares extremos superiores de las jambas ó *soleras*. Si se cierra con un dintel, de ser de una sola piedra se le alivia en caso necesario por medio de un arco de ladrillos ó de piedra colocado por encima, que transmite las cargas superiores á las jambas, *arco en descarga* (figura 296); representando las figuras 297 á 300 diferentes tipos de dinteles, *de frontón* el primero, *con vueltas á escuadra* el segundo, de dos piezas el tercero y de tres el cuarto.

Los huecos de ventanas llevan generalmente por encima un friso ó cornisa *a* (figuras 301 y 302) y otras veces un frontón ó frontispicio *a* (figura 303) sostenido por dos ménsulas.

La construcción de los arcos de las ventanas ya sean adintelados ó nó, queda ya explicada.

Las dimensiones corrientes de huecos para ventanas en las habitaciones son de 1 metro de ancho por 2 de altura, 1,05 por 2,10 y 1,20 por 2,40. Las de talleres son muy várias y según el objeto del edificio.

El antepecho, llamada así también la parte del muro correspondiente al vano desde la inferior de la ventana al piso de la habitación, varía entre 40 y 50 centímetros, generalmente.

Las figuras 304 á 307 representan varios huecos ó vanos de ventanas.

Vanos de puertas.—De iguales partes que los de ventanas constan estos vanos: dos jambas, un dintel y una solera que se llama *umbral*, el cual en las puertas que sirven de entrada á los edificios forma un pequeño escalón que impide el acceso de las aguas pluviales, haciéndole con ese objeto ligeramente inclinado al exterior, de piedra dura, y formándolo en las construcciones de ladrillos de una hilada de ellos puestos de canto y recibidos con mortero de cal hidráulica. Dicho umbral

no se empotra en las jambas porque rompería al más pequeño asiento.

La altura de los vanos de puertas es algo mayor que el doble de su anchura, y cuando menos vez y media, siendo bastante menor la de los correspondientes á los entresuelos.

Los vanos para puertas cocheras terminan en su parte superior por un arco de medio punto ó rebajado.

A veces se da al hueco destinado á la puerta de entrada de ciertos edificios una mayor altura, hasta el primer piso, afectando entonces disposiciones semejantes á la representada en la figura 309, con una ventana en el entresuelo.

Las dimensiones más usuales para vanos de puertas son:

Puertas para carros ó carreteras.	2,50 á 5	metros de ancho
“ cocheras (3,40 á 4 m. de altura).	2,60 á 3,20	“ “
“ bastardas ó falsas.	2,50 á 3	“ “
“ de cuadra.	1,20 á 2	“ “
“ ordinarias, de entrada, de una hoja	0,85 á 1	“ “
“ “ “ de dos “	1,30 á 2,30	“ “
Puertas interiores de habitaciones	de 2 hojas	ancho...1,30...1,46...1,62 m.
		altura...2,27...2,60...2,92 ”
	de 1 hoja	ancho...0,73...0,81...0,89 ”
		altura...1,95...2,27...2,44 ”
Id de sótano.	0,80 á 1	”

Las puertas que permiten el paso de carruajes á patios ó jardines tienen cuando menos 2,80 metros de altura libre, y como son bastante anchas resultan pesadas, por cuyo motivo se refuerzan las extremidades de los muros á que se sujetan las partes fijas de las mismas con pilastras convenientemente ligadas, dándolas sección rectangular, y aún dotándolas de contrafuertes (figuras 310 y 311).

Según Barberot las dimensiones usuales de las pilastras de sección cuadrada son:

50 cm. de lado para vanos de 2,25 á 2,50 m. de ancho y 2,60 de altura	
60 " " " " " " " " " " " "	2,75 á 3,10 " " " " 3,00 " "
75 " " " " " " " " " " " "	3,25 á 3,75 " " " " 3,00 " "
85 " " " " " " " " " " " "	4,00 á 5,00 " " " " 3,20 " "

Balcones.—Los huecos ó vanos para balcones difieren de los de las ventanas en que carecen de antepecho, estando rasgados hasta el piso de las habitaciones. Cuando solo comprenden un vano son sencillos, llamándose corridos si ocupan más de uno y aún toda la fachada. Llevan una balaustrada ó barandilla saliente, de fábrica ó de hierro; siendo el vuelo máximo de los balcones en Madrid de 90 centímetros en los pisos principales, 75 en los segundos, 50 en los terceros y 35 en los cuartos y entresuelos para las calles de primer orden, reduciéndose en las demás.

El piso del balcón se suele formar con losas de piedra dura, de 25 á 30 centímetros de espesor, que atraviesan todo el muro y se sostienen además con ménsulas ó repisas, que se colocan debajo de las juntas, aunque á veces llevan una á cada extremo del balcón. Si las losas no fueran muy duras debe forrarse con chapa de plomo ó de zinc la cara superior. Esta cara, que es el verdadero pavimento del balcón, arranca del de la fachada por un caveto tangente á la misma y al piso del balcón que se hace ligeramente pendiente al exterior, dejando á la losa en sus extremos todo su espesor en dos fajas de 5 centímetros de ancho á fin de que el agua no caiga por los costados. La unión del piso de la habitación con el plano de las losas frente á los vanos, pendiente hasta el alfeizar, se hace por otro caveto. A veces el piso es metálico, y de ladrillos ó baldosas sobre entramado de hierro.

Vanos metálicos para huecos de ventanas.

—Tales vanos son unos marcos con molduras exteriores, de fundición, compuestos de dos partes, la una interior que forma el cerco ó marco de la ventana y la otra exterior, que es una moldura. El todo, provisto de grapas para su enlace con la mampostería y de goznes en su interior para recibir las hojas de la ventana, lo representa la figura 312, que á la vez indica el modo de colocarlos.

En los lugares en que la sillería es escasa ó de mala calidad resulta económico y ventajoso el empleo de tales vanos; y en las construcciones de ladrillos pueden prestar grandes servicios, pues dan un aspecto más artístico á los huecos y ménos monótono.

Colocados en su lugar se fijan rellenando el hueco que resulta entre la mampostería y el vano metálico con cemento ó yeso, á cuyo fin se pone una tabla contra la pared interior del vano de fundición, echando en el espacio cerrado por dicha tabla el cemento, retirándola una vez seco.

Andamios.—Los andamios son construcciones provisionales generalmente de madera, fijos ó volantes, destinados á sostener sobre ellos tanto á los operarios como á parte del material durante la construcción de los muros ó paredes de un edificio, ó en la reparación de los mismos.

Se clasifican según el trabajo á que se destinan; así los hay propios para trabajar en planos verticales como los muros y paredes, tapias, etc., y otros para trabajos de techos y bóvedas. También se agrupan en fijos y volantes, estos últimos susceptibles de cambiarlos facilmente de lugar.

Las figuras 281 y 282 representan el *andamio ordinario de casa*, que es de madera de pino ó de aliso, y está formado de *zancas*, ó *perchas*, postes de madera verticales asegurados por su extremo inferior en el terreno donde penetran un metro poco más ó menos, ó afirmados por un macizo ó solera

de yeso ó mampuesto, separándolos de la pared 1 á 4 metros según la magnitud del andamio y distantes entre sí 2 á 3; estas *zancas* se enlazan con otras piezas, también de madera de suficiente escuadría y resistencia, llamadas *almanques*, y que son normales al muro, en el que se introducen por uno de sus extremos en unos agujeros que á ese fin se ahren, denominados *mechinales*, sujetándose por el otro en las zapatas de las zancas; uniéndose todos los almanques del mismo piso, en sentido transversal, por tablones ó maderas rollizas de 10 centímetros de diámetro denominadas *hileras*, formando el piso del andamio tablones que se colocan sobre los almanques.

Si el muro es de ladrillos ó de sillería, los almanques en vez de empotrarlos en la pared es preferible sujetarlos á los montantes de un vano en el interior del edificio, tal como se indica en las figuras 283 y 284.

Las zancas suelen tener de 5 á 10 metros de altura y 10 á 25 centímetros de diámetro; así que, como á medida que sube la construcción hay necesidad de dar mayor altura á los andamios, se alargan tales piés derechos, empalmando ó añadiéndoles un segundo, etc., mediante fuertes ligaduras cubriendo una longitud de 2 metros, hechas con cuerdas ó cadenas.

Los distintos pisos del andamio ó tableros se hacen con tablones de 4 metros de largo y 30 á 35 centímetros de ancho por 3 á 5 de grueso, poniéndose sobre los almanques los unos en contacto de los otros de modo que ni puedan bascular ni resbalar horizontalmente, á cuyo fin por debajo de ellos y á los extremos se deben fijar unas bandas ó resaltes de hierro que hagan como tope con los almanques impidiendo se corran; además se atan á los mismos y otras veces se clavan ó sujetan con tornillos. Cada piso dista del inmediato superior é inferior 1,70 á 1,85 metros.

Para pasar de uno á otro tablero del andamio y subir á él se precisan escalas ó escaleras que se sujetan sólidamente por

ambos extremos y se refuerzan en su parte media con un trozo de madera que impida la flexión.

En Austria se emplean andamios (fig. 285) que en su casi totalidad se hacen con escaleras verticales, puestas cada 3,75 á 4 metros, y apoyadas en el terreno directamente ó sobre zapatas de madera, sujetándolas en la parte superior á fuertes maderos que salen fuera de la techumbre por encima de la cornisa. Los tableros se forman con tablones *b* apoyados en los travesaños de las escaleras; aumentándose la solidez del andamio con varias cadenas diagonales.

También se construyen andamios volantes muy sencillos, consistentes en unas cuerdas de nudos sujetas por un extremo á la altura conveniente en el muro, llevando hácia la otra extremidad unas tablas que sirven de asiento, que se aseguran con garfios á la cuerda, sosteniendo además más abajo otra tabla para apoyar los pies.

En muchas partes al construir los aleros se dejan garfios á los que se enganchan poleas para colgar cuerdas á cuyo extremo se atan los tablones, pudiéndolas subir ó bajar los mismos albañiles según adelanta el trabajo. Claro es que estos andamios solo tienen aplicación para las reparaciones de edificios ya construídos y para reboques, enlucidos, pintura y ornamentación.

Cuando los piés derechos ó zancas de los andamios fijos no pueden clavarse en la vía pública para no interrumpir la circulación, etc., se hace uso de las disposiciones de andamios volantes que indican las figuras 286 y 287, siendo el segundo tipo de los llamados de báscula.

La figura 288 representa otro andamio fijo en que los almanques no se empotran en los muros, y la 289 uno cuyos montantes están apuntalados con tornapuntas de madera fuerte.

Asímismo existen andamios metálicos, tubulares, compues-

tos de varios tramos y que son transportables por vías férreas portátiles.

Sean de unos ú otros tipos, tanto en la construcción como en la colocación de los andamios deben observarse varias prescripciones encaminadas á garantir la vida de los obreros que en ellos hayan de trabajar.

Así es que se les provée de guarda cuerpos en los tres costados libres (el cuarto lo forma el muro), que deberán tener cuando menos 90 centímetros de altura y estar hechos de tabla, que debe bajar hasta el piso del andamio, ó cuando menos tener un zócalo de 25 centímetros, y más arriba, á los 90 centímetros, otras tablas ó cuerdas.

Los tablonos que constituyen los tableros han de ser suficientemente largos para apoyar en tres almanques cuando menos.

Las tablas del tablero de los andamios suspendidos lo serán por tres ó más cuerdas con guarda-cuerpos en sus cuatro costados, formando por tanto el conjunto como una jaula, que se arma y liga bien antes de elevarla, verificándose la suspensión por cables, cadenas ó cuerdas que pasen por poleas fijas á las partes más resistentes de la construcción y de ningún modo á los balcones y otras partes más endebles.

Generalmente los empalmes de las zancas y las uniones de estas con las hileras y los almanques se hacen valiéndose de cuerdas, las cuales además de deteriorarse y gastarse rápidamente, no ofrecen una garantía absoluta por estas mismas razones. Mr. Bouillant, en vista de esto, los ha reemplazado muy ventajosamente con cadenas de hierro galvanizado, que utiliza del siguiente modo: Para empalmar dos zancas uno de los extremos de la cadena se fija al gancho *a* (fig. 290) y el otro al *a'*, originando el giro de los tornillos con las llaves *m* y *m'* el apriete de ambas piezas, haciéndolas solidarias una de la otra. La

figura 291 indica la unión de una pieza vertical con otra horizontal, tales como una zanca y un almanque.

Apuntalamientos—Cuando al hacerse una excavación los terrenos son flojos, ó se precisa dar poco talud á las paredes, hay que sostenerlas mediante la colocación de maderas sujetas por puntales ó tornapuntas; é igualmente se practica si algún muro de un edificio está vencido. Las obras que se realizan con dicho objeto, reciben el nombre de apuntalamientos; representando la figura 522 (lámina 14) el apuntalamiento ó entibación del recinto de una excavación; y la 525 la colocación de tableros apuntalados sosteniendo las paredes de una zanja.

Las figuras 523 y 524 (láminas 14 y 15) dan idea del modo de apuntalar un muro y un edificio respectivamente, impidiendo que los puntales se deslicen en las soleras de apoyo cuñas convenientemente dispuestas; y que no tengan movimiento alguno, arriostrándolos y apoyándolos en la misma plataforma.

Apeos.—A veces ocurre tener que reconstruir un muro de fachada ó divisorio, y otras sustituir el apoyo que hay bajo un entrepaño para reemplazarlo por un dintel. Y para lograr una ú otra cosa es preciso buscar medios de sostener los diferentes pisos ó la parte de entrepaño; estos son los apeos. En el primer caso (figura 520, lámina 15) se apuntalan todos los pisos sosteniendo tales puntales por su parte superior carreras, y apoyando sobre soleras por la inferior, coincidiendo perfectamente todos los puntales de un piso con los de los demás.

Para la ejecución del segundo trabajo se ha formado un apeo (figura 524 lámina 14) compuesto de tres caballetes *c c' c''* y se han apuntalado las ventanas. Dichos tres caballetes sostienen unos travesaños en su parte superior merced á lo cual se puede reemplazar el trozo de muro que hay debajo de *a* por el dintel *b b* sin que el entrepaño ceda.

Apertura de vanos en edificios ya cons-

truidos.— Se presentan ocasiones en que hay que abrir algunos huecos para ventanas en muros ya construídos de cierto tiempo. En tal caso se hace una caja en que se introduce un dintel, dejándole á una distancia del paramento igual al espesor del enlucido, y se profundiza dicha caja para colocar otro dintel del mismo modo que el primero, y así se prosigue hasta completar el espesor, que se descubre por debajo el muro en todo el ancho y altura del vano, se ponen las jambas y se rellenan los huecos que quedan detrás, concluyendo con un retundido.



CAPÍTULO IX

Pisos

Pisos.—Los diferentes pisos de un edificio comprenden cada uno de ellos tres partes esencialmente variables, el *entramado*, el *pavimento* ó *solado*, que va puesto encima de éste, y el *techo* del piso inmediatamente inferior.

Dicho entramado puede ser de madera ó de hierro, y consiguientemente de ambos nos ocuparemos.

Entramados de madera.—Según es la distancia que media entre las paredes que han de sostener los pisos en los distintos de un edificio, son las disposiciones que se adoptan para constituirlos.

Si la luz ó crujía es pequeña, se colocan cábios ó viguetas de madera de una á otra pared, separadas entre sí 4 decímetros y sobre ellos se ponen alfangías y tablas (fig. 318). Si la luz llega á 6 metros, los cábios son ya tales vigas cuyas dimensiones transversales crecen con la longitud, reforzándose á veces con las piezas *a* (fig. 319) á las que se clavan las tablas del piso. Y de ser aún mayor la crujía se ponen vigas maestras cada 3,50 metros, encajando los cábios en las vigas, quedando á igual nivel la superficie de dichas piezas y las de éstas.

La figura 320 representa un entramado de madera con las disposiciones más usuales, *a* es la *viga maestra* ó *jácena* que recibe los extremos de los cábios *c* y *viguetas de relleno*, *maderos de suelo* ó *viguetas ordinarias* *b*; la pieza *ll* se llama *brochal* y sostiene el peso de la fábrica de los hogares, colocándola debajo de las chimeneas, dejando así un hueco preciso

en el entramado, y apoya en dos cábios ó en un cábio y el muro, como los *d*. Las viguetas de relleno cuando están comprendidas entre la viga maestra y uu brochal se llaman *maderos cojos*. Dichos brochales también apoyan otras veces en ménsulas de piedra ó de hierro empotradas en los muros medianeros. *Cadenas e* son piezas empotradas la mitad de su espesor en el del muro, para servir de apoyo á las viguetas. Las piezas *t* acodadas entre las viguetas con objeto de mantener su separación y dar rigidez al piso se llaman *riostras, codales* ó *zoquetes*.

Las figuras 321 á 323 indican varios sistemas y detalles de entramados de madera.

Los cábios se ponen distanciados 60 centímetros entre ejes, reduciéndose á 40 y aún á 25 tal separación para fuertes cargas; pudiendo colocarse á 80 centímetros en el caso de estar muy ligeramente cargados.

Como los cábios y las vigas tienden á pudrirse por las partes empotradas en las paredes se revisten de arcilla dichas partes, se las da una capa de yeso (nunca de cal) ó se pintan con una ó dos manos de minio y también se las embadurna de aceite, de azufre ó de alquitrán, ó en fin se las rodea de una chapa de zinc ó de plomo, ó de un encofrado de madera; pero sobre todo, lo más conveniente es aislar dichas vigas y cábios del contacto de la pared haciendo reposar á tales piezas P (figura 325) sobre ménsulas ó modillones A de piedra ó de hierro, serrando tales vigas 4 á 5 centímetros más cortas que la separación entre los muros M; y á falta de modillones se abren en el paramento interior de los muros unos nichos pequeños de dimensiones algo mayores que las correspondientes á la sección de la viga, formándose de este modo una pequeña cámara de aire (fig. 326) que se hace comunicar con el exterior por una abertura cerrada con una tela metálica K.

El cálculo de las dimensiones así de las vigas como de las viguetas y cábios se hace valiéndose de las fórmulas usuales

para el caso de piezas apoyadas por sus extremos y cargadas uniformemente

$$C \times Z = M \quad \text{ó} \quad C \frac{a b^2}{6} = \frac{p l^2}{8}$$

en las que C es el coeficiente de trabajo ó carga límite de seguridad por centímetro cuadrado, $Z = \frac{I}{n}$ el módulo de la sección transversal, siendo I su momento de inercia respecto al eje trazado por su centro de gravedad, perpendicular al plano de flexión, n la distancia de las fibras más estiradas ó comprimidas á la capa neutra y M el máximo momento de flexión; representando a y b las dimensiones de la sección transversal de las vigas, l la longitud y p la carga uniformemente repartida expresada en kilogramos por metro de longitud.

Dicha carga se compone de la propia del peso del suelo, del de los tabiques de distribución que apoyan en el piso, carga ésta variable entre 100 y 150 kilogramos por metro cuadrado de tabique si es de ladrillos huecos, y entre 150 y 200 si son de los ordinarios prensados, y en fin de la sobre carga que se supone es de 150 á 200 kilogramos por metro cuadrado para locales habitados, de 400 á 500 cuando deban reunirse muchas personas, hasta 6 en metro cuadrado, y de 500 á 800 para talleres con maquinaria y almacenes de objetos pesados.

Haciendo uso de la siguiente tabla que da la carga media de flexión de una viga por centímetro cuadrado de su sección transversal se determina fácilmente la carga total uniformemente repartida que es capaz de soportar, pues basta para ello practicar la multiplicación de la carga dada por la tabla por la sección de la viga en centímetros cuadrados.

Relación $\frac{l}{h}$ de la luz de la viga á su altura	Carga de flexión Q (Kg. cm. ²) con los coeficientes.			Relación $\frac{l}{h}$ de la luz de la viga á su altura	Carga de flexión Q (Kg. cm. ²) con los coeficientes.		
	60 Kg. cm. ²	50 Kg. cm. ²	40 Kg. cm. ²		60 Kg. cm. ²	50 Kg. cm. ²	40 Kg. cm. ²
8	10,00	8,33	6,66	25	3,20	2,66	2,13
9	8,88	7,84	6,28	26	3,07	2,56	2,04
10	8,00	6,66	5,33	27	2,96	2,46	1,97
11	7,27	6,06	4,84	28	2,85	2,37	1,90
12	6,66	5,55	4,44	29	2,75	2,29	1,83
13	6,15	5,12	4,10	30	2,66	2,22	1,77
14	5,71	4,76	3,80	31	2,58	2,15	1,72
15	5,33	4,44	3,55	32	2,50	2,08	1,66
16	5,00	4,16	3,33	33	2,42	2,01	1,61
17	4,70	3,91	3,13	34	2,35	1,96	1,56
18	4,44	3,70	2,96	35	2,29	1,91	1,52
19	4,21	3,51	2,80	36	2,22	1,85	1,48
20	4,00	3,33	2,66	37	2,16	1,80	1,44
21	3,81	3,17	2,54	38	2,10	1,75	1,40
22	3,63	3,02	2,42	39	2,05	1,70	1,36
23	3,47	2,89	2,31	40	2,00	1,66	1,33
24	3,33	2,77	2,22				

Las vigas maestras y cábios se empotran en los muros con una entrega de unos 25 centímetros, y las espigas de los brochales se refuerzan achaflanando el ángulo recto de la espiga y con estribos ó canecillos de hierro. Debe evitarse el empotrar las viguetas en una pared medianera por el riesgo que se corre de que se pudran, y como están muy próximas sería causa de avería. Así mismo no se pondrá pieza alguna de madera á menos de 16 á 20 centímetros del paramento exterior de un cañón de chimenea ó tubo de subida de humos.

En la distribución de las vigas maestras y viguetas debe tenderse á la par que á obtener una gran solidez, á conseguir la posible economía. El cálculo y las experiencias hacen ver que un piso rectangular de piezas de madera en contacto resulta á igualdad de resistencia más barato colocándolas en sentido de la dimensión menor de dicho rectángulo. Si desea hacerse un piso cuadrado, por ejemplo, de 5,50 metros de lado, la disposición de menor coste es la de colocar una viga maestra que lo divida en dos rectángulos, y en cada uno de éstos viguetas apoyadas en la viga y en los muros.

Como cuanto más grande sea la altura de las viguetas respecto á su anchura es mayor su rigidez se las dá muy amenudo doble alto que ancho. Conviene por tanto en general dar la mayor escuadría para favorecer el coste; pero si la luz es excesiva, como aumenta muy rápidamente el precio de las piezas de mucha longitud y gran escuadría, es entonces preferible poner más próximas las viguetas dándolas menor sección transversal.

Se construyen pisos especiales sustituyendo las viguetas principales por maderos cojos cuando se quiere emplear piezas de madera de pequeña longitud; y se forman entonces con ellas grandes espacios rectangulares apoyándolas en los muros por uno de sus extremos y sosteniéndose por el otro mutuamente.

Forjados diversos con entramados de madera—Los forjados con entramados de madera, constituyendo el conjunto de piso y techo, pueden ser de tres clases: los forjados con cascote y yeso, relleno así los huecos entre las viguetas y cábios; forjados de bovedillas descubiertas, llamadas así por quedar visibles éstas y las vigas; y los cielos rasos, tabicados ó alistados bajo bovedillas.

Se construyen los primeros entomizando las maderas y clavando debajo provisionalmente tablas para contener el material con que se macizan los huecos, las cuales se van quitando para utilizarlas en otro trozo tan pronto como se seca y afirma el concluido.

El forjado de bovedillas se hace colocando entre las viguetas un galápago ó cimbra pequeña y relleno con cemento y mortero los huecos por la parte superior de ella entre viga y viga hasta enrasar con las maderas (figura 324), quitándose los galápagos conforme se van terminando las bovedillas.

Los cielos rasos se forman claveteando las caras laterales de los cábios por su parte inferior y tegiendo entre estos clavos tomizas, y luego por debajo se clava un tablero, echando entonces el yeso sobre las tablas de él por los huecos que hay entre los cábios ó viguetas que constituye así el tabique delgado del cielo raso.

Los enlistonados se hacen clavando por debajo de las viguetas listones de tablas delgadas ó barrotillos con una separación de un centímetro entre sí, que se entomizan; y luego se echan con fuerza pelladas de yeso para que agarren mejor, igualando enseguida la superficie por la parte inferior. En vez de barrotillos de madera tamizados se emplean también cañizos ó tegidos de cañas clavados á la parte inferior de las viguetas y forjados luego con yeso.

Como los forjados macizos tienen demasiado peso se les hace con bovedillas invertidas en la parte inferior de las vigas.

La figura 327 representa un piso cuyo pavimento apoya en una capa de yeso sostenida por listones en contacto, siendo el cielo raso también del mismo tipo de enlistonado; poniendo de manifiesto la figura dos forjados diferentes, el uno de bovedilla de yeso entre las dos últimas viguetas y simplemente enlistonado, quedando el piso hueco en las tres primeras y en la figura 328.

Siempre que la crujía sea excesiva se colocan piés derechos de madera, y mejor aún columnas de hierro, intermedios, para sostén de las viguetas de los pisos, disponiéndolos como se indica en las figuras 329 y 330.

Entramados metálicos de hierro ó de acero.—Los entramados de hierro han reemplazado casi totalmente á los de madera en la mayoría de las modernas edificaciones en la construcción de los pisos, reuniendo las ventajas de poderse hacer de menor espesor, empotrarse las viguetas en los muros medianeros, una mayor duración ya que las vigas metálicas no se hallan expuestas á pudrirse como las de madera, y menor exposición á los incendios aun cuando no se observen las distancias respecto al paso de los tubos de humos.

Su constitución es semejante á la de aquellos, componiéndolos vigas maestras, viguetas y brochales. Claro es que la separación entre las viguetas, á causa de su mayor resistencia, en vez de ser de 30 á 40 centímetros se hace variar entre 50 centímetros y 1 metro, siendo generalmente 75 centímetros la distancia entre cada dos de ellas.

Las vigas y viguetas de doble T son los hierros de figura más frecuentemente empleados en tales entramados, afectando estos varias disposiciones. También pueden usarse, aunque menos resistentes, las barras planas puestas de canto en forjados con yeso ó yesones, ó con mampostería y mortero, con sus correspondientes tirantes ó riostras; pero es este sistema una excepción.

El cuadro siguiente facilita el cálculo del peso de una viga de hierro de doble T (de cabezas estrechas) para soportar una carga dada, uniformemente repartida, y la determinación de tal carga de que es capaz una viga dada, conocidos en ambos casos la relación de la luz á la altura de la viga, y el coeficiente de resistencia. En él l es la luz, h la altura de la viga, F el peso del hierro en kilogramos por metro y $p l$ la carga total uniformemente repartida en la viga.

CUADRO DE LAS RESISTENCIAS DE LOS HIERROS LAMINADOS
EN DOBLE T PARA PISOS

Relación $\frac{l}{h}$ de la luz á la altura de la vigüeta	Valores de $\frac{pl}{F}$ calculados con los coeficientes				Relación $\frac{l}{h}$ de la luz á la altura de la vigüeta	Valores de $\frac{pl}{F}$ calculados con los coeficientes			
	6	8	10	12		6	8	10	12
	Kg. mm ²	Kg. mm ²	Kg. mm ²	Kg. mm ²		Kg. mm ²	Kg. mm ²	Kg. mm ²	Kg. mm ²
5	369	493	616	738	23	80,4	107	134	160
6	312	405	513	624	24	76,9	102	128	154
7	264	352	410	528	25	73,9	98,5	123	147
8	231	308	385	462	26	71	95,7	118	142
9	205	273	340	410	27	68,4	91,2	114	137
10	185	246	308	370	28	66	88	110	132
11	168	224	280	336	29	63,7	84,9	106	127
12	154	205	256	308	30	61,5	82	102	123
13	142	189	237	284	31	59,6	79,5	99,3	119
14	132	176	220	264	32	57,7	76,9	96,2	115
15	123	164	205	246	33	56	74,6	93,3	112
16	115	154	192	230	34	54,3	72,4	90,6	108
17	108	145	181	216	35	52,8	70,4	88	105
18	102	137	171	204	36	51,3	68,4	85,5	102
19	97,2	129	162	194	37	49,9	66,6	83,8	100
20	92,4	123	154	185	38	48,6	64,8	81	97
21	87,9	117	146	175	39	47,4	63,1	78,9	94
22	84	112	140	168	40	46,2	61,6	77	92

Ejemplo del primer caso.—Se desea saber el peso de la vigueta capaz de soportar una carga de 5000 Kg. uniformemente repartida, siendo de 9 metros la luz, la altura de la vigueta 30 centímetros y 8 Kg. el coeficiente de resistencia.

$$\frac{l}{h} = \frac{9}{0,30} = 30 \text{ m.} \quad \frac{pl}{F} = 82 \text{ según el cuadro.}$$

$$pl = 5000 \text{ Kg.} \times F = \frac{5000}{82} = 60,97 \text{ Kg. Pesa la vigueta 61 Kg.}$$

Ejemplo del segundo caso—¿Una vigueta de 6 metros de longitud y 25 centímetros de altura, con peso de 37 kilogramos por metro, y 6 Kg. mm.² de coeficiente de resistencia, qué carga uniformemente repartida soporta?

$$\frac{l}{h} = \frac{6}{0,25} = 24 \times \frac{pl}{F} \text{ según el cuadro } 76,9.$$

$$pl = 76,9 \times F = 76,9 \cdot 37 \text{ Kg} = 2845,3 \text{ Kg.} \times \text{ Soporta } 2845 \text{ Kg.}$$

Arriostramientos y forjados en los entramados metálicos.—Tanto las vigas como las viguetas de hierro para pisos se fabrican generalmente con una curvatura cuya flecha con relación á la luz es de $\frac{1}{200}$ á $\frac{1}{300}$, que al ponerlas se hace de modo que la concavidad se dirija hácia abajo, y cada dos contiguas se enlazan con *riostras* (fig. 331) formadas de cuadradillo de 14 á 20 centímetros, sobre que se apoyan otras transversales distanciadas unos 20 centímetros, constituyendo una cuadrícula sobre la que se hace el forjado del piso, resultando celdas rectangulares de 75 centímetros por 25 poco más ó menos en los espacios comprendidos entre cada dos viguetas, que según la separación de éstas llevan 2 ó 3 rios-tras longitudinales. Otra manera de arriostar las viguetas es valerse de tirantes que atraviesan el alma hácia ei medio de su

altura. Cuando las riostras son cuadrillos se enganchan en los muros y viguetas, y de ser redondas la sujeción se hace con tuercas, pues sus extremos están roscados.

La figura 332 representa un entramado de un tipo semejante al descrito, indicando los dos cortes A B y C D la disposición de las riostras y el forjado; y la 333 da idea de otro piso de hierro arriostrado con un enzoquetado de piezas de madera.

La figura 334 (planta y cortes) pone de manifiesto un enriostado hecho de verdaderos pernos, para mantener la separación de viguetas, que se disponen cruzados y distanciados 1 metro entre ejes, con riostras longitudinales encima enganchadas á las transversales.

Otro sistema de arriostamiento hecho con barras planas pequeñas y ensamblajes de pernos enseña la figura 335. Y la figura 336, de que son dos cortes las 337 y 338, representan un entramado con arriostamiento de viguetas de piso por chapas onduladas.

Con bovedillas de ladrillo macizo ó hueco se forjan las más de las veces los pisos que cubren los sótanos; y con yeso ó yesones y trozos de piedra blanda los pisos superiores.

El más generalizado de los forjados es el de *yeso* ó de *yesones*; que se construye sirviendo de cimbra un entablonado puesto provisionalmente debajo de las viguetas, sostenido por carreras sujetas por postes verticales, vertiendo el yeso entre las viguetas mezclándole yesones exentos de hollín y luego otra capa de yeso, dando á la parte superior forma de bovedilla invertida, excepto en el caso de ser el suelo de baldosas, que el forjado es macizo al ras de las cabezas superiores de las viguetas. El último tramo contiguo al muro no se forja por completo hasta que esté seca la masa, á fin de evitar los efectos de dilatación que al secarse el yeso produce.

El forjado de mortero se hace de modo semejante, fabricando sobre el entablonado que hace de cimbra plana una mam-

postería horizontal con ripio de piedra dura y mortero de cal hidráulica con algo de cemento.

Más ligeros y de excelentes resultados son los forjados de ladrillos huecos de yeso, que además permiten la supresión de las riostras y algunos brochales. Estos forjados se colocan directamente entre las viguetas, sea cual fuere su separación, haciendo efecto de cuña el yeso.

Los forjados de piezas de barro cocido, que presentan variadas y múltiples formas, son hoy los más generalizados, y se constituyen con ladrillos huecos biselados en los extremos y de 8 centímetros de grueso puestos en sentido transversal de las viguetas (figuras 339 y 340). El sistema Perrière (figuras 341 y 342) es otro tipo de forjado en que los ladrillos rectos ó curvos son biselados en sus extremos y huecos en sentido de las viguetas. En la figura 343 se representan piezas huecas de alfarería para pisos, de la sociedad de tejas aisladoras de Ivry, que se enchufan unas en otras pudiéndose retirar de su sitio aisladamente; lo que dá grandes facilidades para los reconocimientos y reparaciones. El forjado Derain y Diuz (figura 344) lo componen varias piezas que van á ambos lados de la cabeza inferior de la vigueta, cubriéndola sin impedir su dilatación, y ladrillos huecos con rebajos que se adaptan á dichas piezas. También se fabrican *salmers* ó ladrillos adaptables al ángulo del hierro en doble T, y que reciben el empuje; construyéndose además con ladrillos huecos que forman bovedillas (figura 345).

Asímismo se construyen bovedillas metálicas para techos con forjados pesados y pavimentos de hormigón, mortero ó yeso; no necesitándose cimbras si las bovedillas son de palastro ondulado, de palastro encorvado apoyado en el ángulo de un hierro en T ó en doble T cual se ve en las figuras 346 y sus dos cortes, ó de palastro sencillamente acodillado sobre hierro en doble T (fig. 347).

El enlace ó unión de las vigas ó viguetas de hierro se hace

si tienen igual altura del modo que muestra la figura 348 después de cortadas parte de las palas de la vigueta B para el encaje de las de la viga A, por medio de la escuadra de hierro C fija á ambas con pernos ó remaches, y en el de ser distinta la altura (menor siempre la de las viguetas) se enlazan con las escuadras como indica la figura 349. A veces en lugar de llevar una escuadra de unión se ponen dos, una de cada lado de la vigueta. Y si la diferencia de altura de las vigas y viguetas es grande, se adopta la disposición de la figura 350.

La figura 350 bis da á conocer otro sistema de unión de vigas y viguetas en estos entramados, el de cajas de hierro, adoptado por M. Liger con dicho objeto.

Cuado á causa de ser grandes las cargas ó excesiva la cruzía las vigas han de tener ciertas dimensiones, no se hacen de una sola pieza, dando su construcción lugar á los diferentes tipos de vigas compuestas, tales como las de celosía (fig. 351) las tubulares (fig. 352) y las representadas en las figuras 353 á 355, esta última de tres almas.

En el caso de ser muy grande la separación entre los muros opuestos de un edificio y no convenir hacer armaduras de grandes vigas compuestas, ó por circunstancias de localidad y otras sea preferible dividir el edificio en varias naves, se emplean para ello columnas intermedias, generalmente de fundición, aunque también se usan de hierro forjado, á que se unen las vigas del entramado. Las figuras 356 á 363 representan distintos tipos de columnas de fundición huecas y su enlace con los entramados de los pisos, y la 364 una de chapa de hierro; habiéndolas también de sección cual la de la figura 365 y de otras.

Las columnas más frecuentemente usadas son huecas y sirven además de sostener los suelos para recoger las aguas pluviales de los tejados y cubiertas y conducir las á las alcantariillas; esto en el caso naturalmente de que al propio tiempo sustenten la armadura de la cubrición. Terminan en su parte infe-

rior por fuertes basamentos ó zócalos (figuras 366 y 367, lámina 10) que á la par que reparten la presión sobre el bloque de piedra en que descansan aumentan su estabilidad; y para que tengan más seguridad algunas veces se construyen con un sobranete que se introduce y encaja en un agujero abierto en el bloque de cemento ó piedra sobre que se alza, y lo más generalmente se fijan con tornillos emplomados en la piedra ó sujetos en el hormigón.

Un procedimiento que ofrece grandes garantías de solidez para la sujeción de las columnas á su fundación es el representado en la figura 368. Una gran placa de fundición A, cuadrada ó poligonal en su base, se fija á la mampostería por medio de cuatro ó seis pernos que la atraviesan completamente yendo sus cabezas en la parte inferior del macizo; encajando luego en la parte cilíndrica saliente que en su centro tiene la placa y cuya altura es doble del diámetro, la extremidad inferior de la columna, rellenando el hueco entre ambas piezas con cemento que se echa por el agujero *a*.

Por su parte superior terminan las columnas en un capitel, ornamentado ó nó, con las superficies de apoyo, ménsulas, etc. que han de recibir las vigas.

En caso de soportar varios pisos las columnas se empotran unas en otras hasta llegar á la armadura de la cubierta, á cuyo fin están hechas de diferentes trozos, adoptándose las disposiciones de las figuras 369 y 370.

Los edificios modernos y más aún los de cierta importancia se procura hoy hacerlos al abrigo de incendios, y por tanto totalmente de hierro sus entramados, pisos y armaduras. En los Estados Unidos muchas de estas edificaciones llevan columnas de chapa de hierro, de las secciones de las figuras 371 y 372, para soportar pisos y cubiertas, formándose el entramado cual indica la figura 373, siendo el relleno de ladrillos huecos A y envolviendo á las columnas una capa B de mortero hidráulico.

Entramados de pisos, de cemento armado.

—El empleo simultáneo del hierro y del cemento puro ó mezclado de arena, grava ó guijarros, se extiende de día en día en vista de su gran resistencia y economía. Ya antes de ahora, al ocuparnos de las estructuras de cemento armado, se han descrito los tipos más principales de forjados de tal clase.

Las obras de cemento armado, á resistencia igual, son de menores espesores y por tanto más ligeras que las de mampostería, permitiendo esta ligereza que su espesor no necesite ser de tanta solidez. Por otra parte, gozan de cierta elasticidad, y son impermeables y poco expuestas al incendio.

Con las estructuras del sistema Cottancin se emplean para los entramados alambres de 4 milímetros de diámetro y placas de 4 centímetros de espesor, no dejando sin nervio de refuerzo intervalos superiores á 1,30 metros. Bajo tales bases se consiguen para los cielos rasos diferentes formas, pudiendo bastar solamente tal entramado sin superponer pavimento alguno, pues el cemento hace el papel de embaldosado, con la ventaja de poderse lavar con soluciones antisépticas; y en caso de quererse poner pavimento se incrustan durante la colada del cemento unas carreras delgadas alrededor de la armadura metálica sobre la que se fija el piso de madera, empleándose la disposición de la figura [374 siempre que se desée amortiguar la sonoridad; que entonces mientras se construye el suelo de cemento se sostienen las placas A B de enyesado y ligero armazón metálico *e'*, de igual sección que los cajones, á la altura del suelo por medio de listones de madera convenientemente calzados, y ya formado el piso se quitan los calzos ocupando aquellas la posición final A' B', quedando entre el suelo y las placas una capa de aire por debajo del piso, que amortigua los sonidos. Tales placas se pueden pintar ó decorar con adornos de cerámica ú otros.

Las construcciones de betún de cemento armado sistema

Hennebique son también muy ligeras. Dicho betún, hecho con las proporciones de un metro cúbico de gravilla, medio metro cúbico de arena y 300 kilogramos de cemento Portland, todo ello bien amasado, sirve para formar las vigas vaciándolo en un cajón ó molde de las debidas dimensiones con tirantes de hierro puestos verticales en su fondo, convenientemente distanciados.

Tanto las vigas maestras A (figura 375) como las viguetas B y el relleno C están constituidas de semejante modo, variando en el número y dimensiones de los hierros redondos que contienen en la masa de cemento. Los piés derechos, columnas y soportes están compuestos de barras verticales mantenidas en su lugar en el interior de la masa de betún de cemento por entretoesas perfiladas (figura 376).

Las celosías de metal *deployé* sistema Golding se emplean asimismo para cielos rasos y tabiques; siendo preferibles para su constitución cementos hidráulicos no corrosivos en vez de los enyesados, consiguiéndose con ello hacer los tabiques ó cielos rasos á prueba de fuego, inaccesibles á los insectos y amortiguar la sonoridad. La figura 377 es un ejemplo de la aplicación de este sistema.

Suelos ó pavimentos.—Entablonados y entarimados.—Los pavimentos ó sólados pueden ser de madera, de losas, ladrillos, de cemento, baldosas y cristal. Los que se construyen de madera reciben el nombre de entablonados ó de entarimados según que las tablas que lo formen lo sean sin labrar y anchas de 22 centímetros como mínimo, á junta plana, directamente clavadas en las maderas del entramado del piso, ó por el contrario se haga uso de tablas más estrechas, 11 centímetros como máximo, ensambladas á ranura y lengüeta.

Los entarimados afectan disposiciones muy variadas y generalmente se emplean á ese fin tablas de entarimar de las lla-

madras del Norte, que ya tienen hechas en uno de sus cantos una ranura y en el opuesto una lengüeta.

La superficie que han de cubrir debe prepararse previamente. Cuando las vigas que forman el suelo son de madera y sobre ellas ha de ir directamente el entarimado se tendrá el cuidado de que su cara superior forme un plano horizontal. En el caso más general sobre los maderos de suelo se ponen á ángulo recto *rastreles*, piezas de madera de 8 × 14 centímetros de escuadría, sobre los que después de nivelados se fija el entarimado. Si fuera el entramado metálico los rastreles llevan en su parte inferior y costados clavos ó hijuelas por los que se fijan con yeso al forjado del suelo.

El entarimado más usual es el llamado á la *inglesa*, de tabletas de 8 á 11 centímetros ensambladas á ranura y lengüeta fijas á los rastreles por clavos sin cabeza que se meten inclinados por el costado de cada tableta, para que no sean visibles. Las juntas de las cabezas de las tablas se hacen alternadas, cuidando de que siempre lo sean sobre un rastrel.

Es el entarimado de *corte de pluma* ó *en espina de pescado* el que forman las tabletas ensambladas y clavadas en rastreles puestos en dirección de las juntas longitudinales que hacen el corte ó inglete en que terminan las tablas; ángulo que como la longitud de las tabletas varía con las dimensiones de la habitación. Para determinarle se divide una de sus dimensiones en un número impar de partes iguales, de ancho variable entre 75 y 92 centímetros para que resulten diagonales de 1 á 1,50 metros de longitud; el ángulo de la tabla con la perpendicular al rastrel varía de 30 á 45°, formando en este último caso las tabletas entre sí un ángulo recto. Si los cortes de las cabezas de las tablas se hacen á escuadra pero van puestas también en diagonal, se llaman los entarimados de *punto de Hungría*.

Otro tipo de entarimados es el de *cuarterones*, en el cual las

piezas de madera forman tableros cuadrados de 97 centímetros á 1,21 metros de lado, afectando diferentes dibujos el ensamble de las tablas al bastidor así formado.

Hay entarimados de verdadero lujo, de maderas finas. Generalmente se hacen formando tableros cuadrados de pino, sobre los que va un chapeado de aquellas maderas encolado á los tableros. La superficie del piso sobre que se colocan debe estar perfectamente nivelada, fijando los tableros con clavos ó tornillos puestos en las ranuras de las juntas ó se ensamblan á ranura y lengüeta. En su inmensa mayoría son las maderas usadas á ese fin de distintos colores, formando un verdadero mosaico. En el contorno de la habitación se hace un encintado de tableros más pequeños con dibujo apropiado. Las precauciones de que los maderos de los rastreles sean muy secos, que estos queden á nivel y que el forjado de suelos así como el yeso de sujeción de los rastreles estén muy secos, que siempre son convenientes, aquí son absolutamente precisas, debiendo hacerse estos entarimados en tiempo seco, cubriéndolos de viruta ó serrín en cuanto se terminen para evitar el contacto del aire bruscamente.

En los pisos bajos el entarimado se debe hacer con gran cuidado á preservarlo de la humedad. Las viguetas sobre que se asiente se procurará ponerlas de modo que no estén en contacto con el terreno sinó sobre carreras de piedra ú hormigón, y que se airéen, á cuyo fin se hacen en los muros de fachada agujeros circulares ó rectangulares que se cierran con un alambrado por donde se establece una corriente de aire bajo el piso, muy conveniente. Además se suele dar á las viguetas una mano de ácido píroleñoso.

Asímismo se coloca el entarimado sobre betán asfáltico, singularmente en los pisos bajos, fijando los rastreles sobre una capa de betún caliente, de cierto espesor, clavando luego á aquellos las tablas del suelo; ó se dispone dicho entarimado

directamente sobre el asfalto caliente después de bien apisonado, adhiriéndose las tablas muy bien por las asperezas que las deja la sierra. A las tablas para que ocupen su sitio se las golpea con un mazo que haciendo refluir el betún sobrante hácia el costado libre permite queden todas unidas y en el mismo plano horizontal de las primeras.

Enlosados, embaldosados y empedrados.—

En algunos pisos se ponen pavimentos de mármol de diversos colores, haciendo mosaico; otras veces en las losas de piedra ó de mármol se incrustan otras de diferentes colores, etc., y todas estas clases de suelos se conocen bajo el nombre de *enlosados*.

La piedra de que se sacan las losas debe ser dura y no presentar el menor indicio de ser heladiza. Se las dá uu espesor de 15 á 12 centímetros y se colocan (nunca á contraleño) sobre hormigón que se apisona antes perfectamente á hacer una superficie plana horizontal, ó á baño de yeso ó de mortero de cal y arena.

Embaldosado es el pavimento hecho con baldosas de tierra cocida, con azulejos, ó con losas blancas vidriadas y otras. Las de tierra cocida afectan varias formas, triangulares, cuadradas, exagonales, octogonales, etc.; de 18 á 27 centímetros de grueso y 20 de lado las cuadradas, usuales en los hogares de cocinas, chimeneas, etc.; las rectangulares sirven más bien para guarnición del contorno del embaldosado, cual una cenefa.

Las baldosas de mármol blanco y negro cuadradas de 27,8 centímetros de lado se usan mucho en nuestro país, así como las de pizarra y alabastro de 11,6 centímetros á 27,8 de lado y el baldosín de Valencia, Zaragoza, Segovia, Toledo, Ariza y Ocaña y la baldosa prensada de la Ribera del Jarama.

Para embaldosar una pieza se arregla el piso con yeso ó escombros de obras de yeso ó de recortes de piedras, se ponen en él los encintados ó maestras que unen el pavimento con la

base de las paredes, y se nivelan bien y cortan de ser preciso las baldosas, á fin de que tenga forma regular el polígono interior. Apoyando seguidamente un reglón sobre dichas maestras se asientan las demás baldosas, enrasándolas con el borde del mismo, cortando las de las cabezas ó extremos convenientemente para que ajusten en los huecos resultantes.

Con objeto de impedir que las aguas que siempre rezuman al lavar estos pisos y absorbe el yeso manchando el techo pudran por fin las vigas de madera, se coloca el embaldosado con baño de cemento en vez de yeso, sobre un lecho de arena extendido sobre el tabicado.

El hormigón aglomerado Coignet en baldosas de 20 > < 20 se aplica con resultado á esta clase de pisos.

También se embaldosa con baldosas de cemento comprimido y de grés cerámica.

El mosaico se forma con cubos pequeños ó prismas, regulares ó nó, obtenidos de las piedras, mármoles, esmalte, vidrio y tierras cocidas, dispuestos de modo que formen dibujos variados en un mastic ó cemento compuesto de cal, puzolana, arena muy fina y ladrillo machacado. El sembrado ó á granel son piedrecitas duras de variados colores y matices triuradas y puestas sobre un baño de mortero, apisonándolo todo para nivelar la superficie, tapando los huecos también con mortero. Seco ya, con polvo de gres y un pulidor pesado se arregla la superficie.

Para hacer en un piso de mosaico un dibujo determinado, nivelada y horizontal que sea la superficie que se ha de cubrir con él, se traza en ella dicho dibujo y se van poniendo en los sitios correspondientes del trazado los diferentes cubos ó prismas de determinados colores, que se unen entre sí por el intermedio de un baño de mastic ó cemento extendido sobre la citada superficie antes de comenzar la colocación de los trozos de piedras, Terminado el dibujo y seco el mástic se pulimenta

con polvo de grés ó piedra de asperón desleída en agua, y con pulidor plano, y luego se extiende con una muñeca de paño un barníz compuesto de cera blanca y esencia de trementina.

Los pavimentos con ladrillos se hacen de distintas combinaciones de dibujos obtenidos colocándolos á juntas encontradas transversalmente, en tablero de damas, ya puestos de plano ó de sardinel. Se pueden aparejar también dichos pisos con ladrillos y cemento coloreado.

Revestimientos.—Se denomina así á la aplicación de la baldosas en las paredes. Pueden emplearse baldosas de mármol, baldosines, azulejos, baldosas de cemento comprimido, mosaico etc.

En otro lugar nos ocuparemos de los pavimentos de asfalto, empedrados y adoquinados, y entarugados de madera, más propios de calzadas, patios, avenidas etc.

Techos.—Ya hemos dicho al tratar de los diferentes entramados y forjados, así de madera como metálicos, el modo de constituir aquellos para dejar en la parte inferior de las vigas formado el techo del piso inmediatamente inferior, de cielo raso. Este es susceptible de decorarlo de muy diferentes modos, con la adaptación de molduras, etc. También se hacen artesonados muy varios dejando aparentes las vigas convenientemente labradas, y por último se construyen también con piezas de fundición ó de tierra cocida que forman artesonados, fabricándose paneles ligeros reforzados con nervios.



CAPÍTULO X

Techumbres de edificios.—Armaduras y cubiertas

Techumbres ó cubriciones de edificios. Las techumbres ó cubriciones tienen por objeto impedir pasen al interior de los edificios la lluvia y la nieve, así como las chispas que puedan escaparse por las chimeneas, y el viento que podría causar averías y aún arrancar las cubiertas.

Se componen de dos partes esencialmente distintas con importantes y diferentes fines cada una. La exterior ó *cubierta* es la superficie que defiende al edificio por su parte superior de los agentes atmosféricos, y la interior ó *armadura* es un entramado de madera, de hierro, ó de ambas materias, que sostiene y liga la cubierta á aquel.

Las techumbres tienen de ordinario dos vertientes ó planos inclinados que se cortan según una arista denominada *caballete*. Tal se indica en la figura 379. Dicho *caballete* es paralelo al lado mayor del rectángulo que limita el edificio, si es de tal forma su planta. Si las vertientes se prolongan hasta los muros laterales como en la citada figura, los frontones triangulares que determinan se llaman *piñones*; y si se cortan por otras vertientes paralelas á los lados menores de la planta como en la figura 380 estos reciben el nombre de *faldones* ó *petos*, que son idénticos en dimensiones á las vertientes si el edificio es de planta cuadrada, cortándose las cuatro en el vértice, y denominándose la cubierta *en pabellón* (fig. 381). La figura 382 representa otro tipo de techumbre de un edificio de planta cua-

drada. Las techumbres de una sola vertiente se llaman *cobertizos* (fig. 378).

Armaduras de madera y mixtas.—Una armadura está compuesta por varios tramos, *cerchas* ó *cuchillos*, distanciados 3 ó 4 metros, colocados en sentido transversal del edificio y siempre que sea posible sobre los entrepaños ó partes macizas de los muros. Las más sencillas constan de dos piezas inclinadas ó *pares* y una horizontal, *tirante*, y solo se emplean en naves de poca luz; pudiéndose también construir techumbres sin cerchas en caso de estar muy próximas las fachadas laterales ó muros divisorios, que entonces se concluyen en piñón y las *correas* se ponen en sus planos inclinados.

Pero en general se precisan cerchas, componiéndose cada una de ellas de diferentes piezas que vamos á indicar.

En la figura 385 que representa una cercha ordinaria de madera, vemos que consta de un tirante, pieza horizontal en cuyos dos extremos se ensamblan los *pares*, haciéndolo en su punto medio el *pendolón* de no haber *puente* que entonces se une á éste, como en la figura, de la *cumbrera*, pieza la más alta de la armadura que se extiende á todo lo largo del edificio y se ensambla con los *pendolones*, sosteniéndola dos *tornapuntas* que lleva cada *pendolón*, y en fin de los *cabios* que apoyan sus extremos superiores en la *cumbrera*. Además se ven otros dos *tornapuntas* en el *pendolón* normales á los *pares*, un *jabalcón* que fortalece el ensamblaje del par con el puente, una *riestra* que liga entre sí los centros á la altura del puente con quien se ensambla y con el *pendolón*, y *correas* que se apoyan en los *pares* y sostienen los *cábios*. Si el tejado es muy pendiente se prolonga el *cabio* hasta el final del alero y se pone un *ristrel*.

Lo mismo los tirantes que los puentes pueden estar hechos de dos piezas paralelas y en ese caso tanto el *pendolón* como los *pares* se cogen entre ambas.

La figura 386 da idea de otro tipo de cerchas también con tirante y puente; la 387 de cercha con tirante, pendolón, pares, cumbreras, carreras, correas, cábios y tornapuntas, é indica la 388 una cercha de tijera sin tirante y la 391 otra de igual tipo de 18 metros de luz.

Un ejemplo de armadura con cerchas á la *Mansard* es la figura 389, que se compone de una cercha en la parte superior con dos pilarejos que sostienen los pares en puntos intermedios y otra inferior ligada al tirante, con tornapuntas para que no se deformen los ángulos del trapecio.

Una cercha de gran sencillez es la de la figura 390; se compone del pendolón con dos esperas en la parte superior contra las que se apuntalan los pares, y otras dos en la inferior que reciben los tornapuntas, de los pares, cumbrera, correas y cábios.

Y en fin la figura 392 reproduce la armadura de una casa de 9 metros de ancho, la 393 una en que el pendolón del puente se prolonga de hierro hasta el tirante, y las 394 y 395 armaduras para grandes luces; siendo la figura 397 representación de una armadura con linterna.

Otra variedad de armaduras con cerchas de madera son las curvas ó abovedadas y las cónicas y esféricas (figs 399 á 403).

Las armaduras mixtas de hierro y madera tienen de este material las cumbreras y cábios, y los arriostramientos de hierro. Tales armaduras son de fácil construcción, económicas y ligeras; representando la figura 396 el tipo de armaduras económicas Baudrit en las que los pares los sostienen en su parte media un tornapuntas especial de hierro que les dan tres puntos de apoyo. Los cojinetes que se emplean en estas cerchas mixtas son como los de la figura 425, y de fundición los ensambles de los apoyos y cumbreras (figuras 426 y 427).

Para talleres es muy usual la armadura del tipo Shed (figura 398), la cual permite mayor acceso de luz en el interior,

evitando la acción directa de los rayos solares la orientación de sus vidrieras α al Norte; dichas armaduras son triangulares ó en dientes de sierra.

Armaduras metálicas.—Para cubrir grandes espacios se adoptan las armaduras metálicas en su totalidad, que son más ligeras que las de madera y resisten bien al fuego; afectando formas variadas según su especial objeto, semejantes á las de madera. Así que como éstas pueden ser de una sola vertiente, de dos, con faldones ó petos, de tres y cuatro vertientes, de pabellón sea ó nó cuadrado con vertientes en aquél caso iguales y triangulares, quebrantadas ó á la Mansard, de linterna, Shed, de dos vertientes desiguales etc. y por fin las de cobertizos en arco, las de arco armadas, ojivales y de cúpula.

Todas ellas constan de varias cerchas que se componen como sus similares de madera de tirantes, pares, pendolones, bielas, tornapuntas y puentes, correas y cábios, con un enlistonado para cubiertas de teja y pizarra, etc.

Los cobertizos se adosan en la generalidad de los casos á un muro de mayor altura, apoyando en otro paralelo los extremos de los pares de la armadura, ó en una carrera sostenida por columnas cuando éste falta; y de ser grande relativamente la luz se ponen tornapuntas que alivian á los pares (figura 404). Unas veces están totalmente cubiertos y otras llevan claraboyas ó vidrieras en toda ó parte de su longitud.

Las marquesinas son cobertizos en los cuales uno de los extremos de los pares de la armadura quedan libres (fig. 405).

Para cubrir espacios pequeños se usan las armaduras sin cerchas, empotrando en dos muros en piñón los extremos de la cumbrera, de las correas y carreras, poniendo los cábios sobre estas que si la cubierta fuere de zinc ó chapa de hierro ondulada se suprimen. Si por falta de luz ó ventilación lateral del espacio cubierto fuera menester dotar á la armadura de lin-

terna se ponen dos cubreras en vez de una, separadas la luz de la misma, que se arriostran, sosteniendo montantes verticales, distanciados un metro, para apoyo de las carreras de la linterna.

El tipo más sencillo de cerchas es el de la figura 406 sin la linterna, pues consta de dos pares *b*, del pendolón *c* y el tirante *d*, sirviendo para luces menores de 10 metros. La unión de los pares, cubrera y pendolón es como se indica en la figura 408; la del tirante con el par, en el apoyo de la cercha, por dos piezas (fig. 409) que sumadas sus secciones deben ser vez y media cuando menos el área del tirante; y la de las correas con los pares por hierros de ángulo sujetos á ambas con pernos. La figura 407 es otra cercha sencilla en que el tirante se halla sustituido por dos inclinados unidos al pendolón.

Otra variante es la armadura con jabalcones (fig. 410) para luces de 10 á 12 metros, de que son casos particulares la de un solo jabalcón y la en que éste es horizontal y forma puente.

Las armaduras sistema Polonceau son verdaderas vigas armadas compuestas cada una de sus cerchas de dos pares con tornapuntas de fundición ó bielas, de sección de cruz y más abultadas en el medio que en los extremos, y que por su extremidad inferior se sostienen con tensores de hierro (fig. 411). La figura 412 representa una cercha de tal sistema con dos tornapuntas y pendolón; dando detalles las figuras 413, 414 y 417 de la articulación de la biela y tirantes del pendolón con el tirante horizontal, y del coginete de apoyo de hierro forjado y estribo del tirante.

Pueden adoptarse también coginetes de fundición cual el de la figura 416. Para templar el tirante se suele articular como indica la figura 415.

Conviene este tipo de armaduras á todas las luces, pero cuando son muy grandes se disminuyen la sección y peso de los pares con cerchas de 6 tornapuntas (fig. 418).

Los pares en las cerchas Poloncean son de hierro en **T** para luces pequeñas, en doble **T** para las luces medias, y de viguetas compuestas, con alma, ó de celosía, para las grandes; las bielas generalmente de fundición, fijándose á los pares en su punto medio ó en tres de ellos por una de sus extremidades en forma de espiga con taladro por el que pasa un perno que las coge entre dos placas de unión, habiéndolas también de dos hierros laminados en **T** unidos por las palas, ó de cuatro de ángulo; los tirantes son de hierro forjado, redondos, roscados por sus extremos ó con un ojal en cada uno según la sujeción. Las correas de hierro se ensamblan por dos cantoneras en cada extremo ó se colocan encima de los pares uniéndose á ellos por escuadras ó piezas especiales de fundición (figuras 423 y 424).

Las figuras 419 á 422 son detalles del montante de la linterna que corresponde á su cumbre, de una biela y sus articulaciones, de uno de los montantes laterales de dicha linterna, y de una ménsula fija á uno de los muros á la que se une el par por su extremo, piezas todas de la cercha de la figura 418.

Otro tipo de armaduras es la de cerchas á la inglesa, de tornapuntas oblicuos (fig. 428); prestándose muy bien tal sistema á la forma curva por su interior (fig. 429).

Las armaduras metálicas de vertientes desiguales tipo *Shed* ó *en dientes de sierra* (figuras 430 y 431) son aún más usuales que las de madera de igual sistema, para cubrir los talleres. Las cerchas pueden ser todas iguales caso de cubrir varias naves de igual luz, ó distintas si las luces son diferentes. A todo lo largo llevan una vidriera á orientada al Norte, dando así mucha luz difusa y constante, muy adecuada.

Las dos vertientes de cada cercha se cortan en ángulo recto, siendo la inclinación de la vertiente encristalada de 30° y de 60 la otra. Los canales de desagüe van sobre las columnas de apoyo de las cerchas, que dan salida al agua al exterior.

Pendiente de las techumbres. — La pendiente

ordinaria de las techumbres suele ser el tercio de la anchura del edificio; pero esto varía pues depende de la naturaleza de la cubierta y de la magnitud de los elementos que la constituyen, puesto que cuanto más pequeños sean así crecerá el número de juntas ó uniones, dificultando conseguir la impermeabilidad, necesitándose entonces darla mayor pendiente, como en el caso de ser muy permeable el material. Por otra parte la inclinación límite no es constante aún para un mismo tipo de cubierta, teniendo su influencia la orientación y situación del edificio, pues en una ciudad ó en una agrupación de construcciones están más abrigados los edificios que en medio del campo, aunque no ocupen una posición elevada, diseminados y á todos los vientos penetrando en estos con mucha más facilidad tanto la lluvia como la nieve por las juntas de las cubiertas. Además limita la pendiente en cierta medida el grado de combustibilidad de sus materiales, siendo tanto menos inclinadas las cubiertas cuanto más incombustibles sean.

Las grandes pendientes son perjudiciales pues es á costa de una mayor cantidad de materiales que hacen más pesadas y costosas las cubiertas; resultando, por tanto, más económicas las de mínima pendiente dentro de los límites que imponen las condiciones climatológicas del país y situación de los edificios para permitir corran fácilmente las aguas de lluvia, soportando en los países frios la carga debida al peso de la nieve.

Tienen también á su favor las pendientes pequeñas un mejor aprovechamiento del espacio inferior de la armadura. Así es que para el proyecto de una armadura hay que tener muy en cuenta fijar la pendiente que se la haya de dar, ya que de esta depende la longitud de los tejados, es decir de los pares de la armadura y cámbios y la cantidad que entra de material para la cubierta, variando con ella su peso.

La figura 440 indica cuales son esas longitudes, según las pendientes de las cubiertas por metro lineal de proyección.

Las inclinaciones más apropiadas á las diferentes clases de cubiertas se ponen de manifiesto en la siguiente tabla:

NATURALEZA DE LA CUBIERTA.	Razón de la flecha á la luz	Angulo con la horizontal
Tejas planas {	de recubrimiento sencillo $\frac{1}{2}$ á $\frac{1}{3}$	45° á 33°40'
	» doble $\frac{3}{8}$ á $\frac{1}{3}$	46,°50' á 33°40'
	mecánicas.....	25° á 21°
Pizarras ... {	posición abrigada..... $\frac{1}{4}$ á $\frac{1}{5}$	26°30' á 22°
	» expuesta..... $\frac{1}{2}$ á $\frac{1}{3}$	45° á 33°40'
Cartón embreado.. {	» abrigada..... $\frac{1}{8}$ á $\frac{1}{10}$	14°10' á 11°20'
	» expuesta..... $\frac{4}{6}$ á $\frac{1}{8}$	18°50' á 14°0'
Zinc y chapa de hierro galvanizado,...	$\frac{1}{12}$	9° 50'
Asfalto.. ..	$\frac{1}{24}$	4° 50'
Betún de alquitrán.....	$\frac{1}{16}$	7° 50'

Cálculo de los elementos de una armadura.

—Supongamos primero que sea de madera ó mixta ya que lo que para esta se diga sirve de base para cuanto se relaciona con las metálicas.

Compuesta una armadura de diferentes cerchas conviene fijar antes que nada la separación entre cada dos consecutivas, ó

el número total de ellas. Limita éste la consideración de que cuanto más separadas se hallen mayor sección hay que dar á las correas, y como el coste de la madera aumenta rápidamente con su escuadría es conveniente acercarlas lo posible á aprovechar bien el espacio que resulta debajo de la armadura y no recargar ésta de peso innecesario, que se traduciría en un mayor coste, defecto de que se trataba de huir al adoptar ta disposición. Teniendo en cuenta todo ésto la práctica sanciona como una separación racional la de 3 á 4 metros; siendo la tercera ó cuarta parte de la de las cerchas la separación entre correas, y de 50 á 60 centímetros la de los cábios.

Para proceder al cálculo de los diversos elementos de una cercha se atiende á la naturaleza de los esfuerzos á que cada uno de ellos está sometido y á las cargas que actúan sobre la armadura.

El pendolón y péndolas ó agujas se encuentran sometidos á esfuerzos de tracción debidos al tirante, que sufre igual clase de esfuerzo por parte de los pares; el puente trabaja á compresión impidiendo la flexión de los pares por la carga que en ellos actúa, y estos á la compresión y á veces también á la flexión si carga el peso de la cubierta por el intermedio de las correas en puntos no sostenidos directamente por otras piezas. Los tornapuntas y jabalcones trabajan á compresión, y la cumbrera á la flexión, así como las correas y cábios.

Las cargas que actúan sobre las distintas piezas de una armadura son su propio peso y el de la cubierta, la presión ejercida por el viento y la accidental del peso de una capa de nieve al máximo espesor que pueda alcanzar según las condiciones de la localidad.

La carga debida á la nieve puede evaluarse en 75 kilogramos por metro cuadrado de proyección horizontal de la cubierta, supuesto un espesor de nieve de 60 centímetros, con densidad

igual á 0,125; si bien es suficiente estimar dicha carga en nuestro país en 25 kilogramos por metro cuadrado.

La acción del viento es tanto mayor cuanto más grande sea la pendiente de los tejados, pues que presenta cada vertiente mayor superficie; admitiéndose que su dirección forma un ángulo de 10° con la horizontal, descomponiéndose dicha fuerza en dos componentes la una horizontal que llamaremos H y la otra vertical V, teniendo mayor influencia la primera.

La tabla siguiente resume los valores de la acción del viento y de la nieve en cada caso particular:

Pendiente de la techumbre	Razón de la flecha á la luz. Armadura á dos aguas	Angulo α con la horizontal	Carga debida á la nieve en kilogramos	PRESIÓN DEL VIENTO	
				H	V
$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{24}$	4°50'	74,70	0,16	1,94
$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{12}$	9°30'	73,95	0,70	4,17
$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{6}$	18°30'	71,10	3,69	11,02
$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	26°30'	67,13	10,71	20,16
$\frac{1}{1,5}$	$\frac{1}{3}$	33°40'	62,40	20,83	31,29
$\frac{1}{1,2}$	$\frac{5}{12}$	39°50'	57,60	32,63	39,15
$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{2}$	45°	53,03	44,36	44,36
$\frac{1}{0,856}$	$\frac{7}{12}$	49°30'	48,60	55,68	46,47
$\frac{1}{0,75}$	$\frac{2}{3}$	52°50'	45,30	66,47	47,57
$\frac{1}{0,67}$	$\frac{3}{4}$	56°50'	41,78	76,57	48,77

El peso total comprendido el de la cubierta, la nieve y el viento es:

NATURALEZA DE LA CUBIERTA	Carga en Kg. m ² de proyección horizontal de cubierta para pendientes de									
	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/7	1/8	1/9	1/10	
Tejas planas	recubrimiento simple. . . .	264	233	218	"	"	"	"	"	"
		recubrimiento doble.	290	260	244	"	"	"	"	"
Pizarras.	238		208	193	183	"	"	"	"	"
Zinc ó chapa de hierro galvanizado.	208	173	157	147	142	139	137	135	132	
Cartón alquitranado.	193	168	147	137	132	129	127	125	123	
Asfalto sobre capas de arcilla.	238	208	193	183	178	175	173	170	168	
Idem sobre embaldosado.	264	233	218	208	203	200	197	195	193	

Para obtener la carga por metro cuadrado de proyección horizontal de la cubierta conocidos el peso del metro cuadrado del material colocado, el de la armadura y el debido á la nieve y el viento, hay que multiplicar la suma obtenida por $\frac{1}{\cos \alpha}$ siendo α la inclinación de la cubierta.

Es muy conveniente en toda cubierta poner de trecho en trecho y en varias filas garfios de hierro forjado, pintados del color de la misma, de gran utilidad en caso de incendio, y que facilitan el andar por los tejados.

La tabla siguiente dá el peso total en kilogramos por metro cuadrado de cubierta, comprendida la carga permanente de la armadura y cubierta y los debidos á la nieve y viento.

Clase de cubierta con armadura	Relación $f : l$ entre la flecha ó monte y la luz								
	1:2= 45°	1:3= 34°	1:4= 27°	1:5= 22°	1:6= 18°	1:7= 16°	1:8= 14°	1:9= 12°	1:10= 11°
De madera ó de madera y hierro									
Teja ordinaria . . .	290	260	240	230	220	„	„	„	„
» plana	230	200	180	„	„	„	„	„	„
Pizarra	220	180	150	140	„	„	„	„	„
Zinc ó palastro . .	170	140	120	110	100	100	100	90	90
Vidrio	220	180	160	150	140	140	140	130	130
De hierro									
Teja ordinaria . . .	260	230	210	200	190	„	„	„	„
» plana	200	170	150	„	„	„	„	„	„
Pizarra	180	150	130	120	110	110	110	100	100
Zinc ó palastro . .	160	120	100	90	90	80	80	80	80
Vidrio	190	160	140	130	120	120	120	110	110

Determinada la carga que actúa sobre la armadura y los esfuerzos á que está sometida cada una de las piezas de la misma se hace el cálculo de sus dimensiones valiéndose de las fórmulas aplicables á cada una de ellas.

Así en la armadura sencilla de la figura 407 las tensiones de los tirantes y pendolón de longitudes x y h respectivamente, serán

$$X = P \frac{x}{2h} \qquad H = P \frac{f}{h}$$

siendo f la flecha del tirante y P la carga. La presión en el par l

$$L = X \frac{l}{x}$$

El par está sometido á una flexión cuyo momento máximo es

$$M_m = 0,125 P b$$

en que b representa la luz; calculándose la sección por la fórmula

$$\frac{A}{L} + \frac{M_m}{\frac{J}{z}} = K$$

como una pieza sometida á esfuerzos simultáneos de compresión y flexión tomando el coeficiente K para compresión.

Si la armadura es con jabalcoes (figura 410) las tensiones en los tirantes x y pendolón h son

$$X = 0,81 P \frac{x}{h} \quad H = \left(0,625 + \frac{f}{h} \right) P$$

la presión en el jabalcón d

$$D = 0,625 P \frac{d}{h}$$

y en el par l la presión máxima y el máximo momento flector son

$$L_m = X \frac{l}{x} \quad M_m = 0,03125 P b$$

En los casos particulares de ser el tirante horizontal y el jabalcón formando puente se introducen en las fórmulas los valores que resultan y son para el primero de los casos

$$x = b \text{ y } d = \frac{l}{2}, \text{ y para el segundo } d = \frac{b}{2} \text{ y } f = h = \frac{a}{2}$$

siendo a la altura de la techumbre.

Más rápido aún que el cálculo es el sistema gráfico. Empleándose éste método se comienza por hacer el dibujo de la cercha representando las diferentes piezas que la forman por las líneas de sus ejes, arreglado á escala de longitudes (l milímetros por metro) eligiendo otra escala de fuerzas (m kilogra

mos por metro). Seguidamente se numeran las fuerzas aplicadas á los nudos y se construye el diagrama de fuerzas, marcando por un trazo más grueso las piezas comprimidas y por uno fino las extendidas, que facilita luego el cálculo de la escuadría de las distintas piezas.

Hagamos aplicación á la armadura ordinaria (figura 383). Las fuerzas exteriores que obran sobre ella son el peso P de la parte de cubierta aumentado en el suyo propio y la carga debida á la nieve y acción del viento, y las reacciones de los apoyos $\frac{P}{2}$. Sobre la vertical mn (figura 384) se toman en la escala de fuerzas las longitudes mo y no iguales á $\frac{P}{2}$. P se conoce, y supuesto que valga 3000 kilogramos y sea la escala de fuerzas de 100 kilogramos por un milímetro serán mo y no iguales cada una á 15 milímetros. En el nudo m actúan las fuerzas fa y c cuyo polígono es el mos , dando la escala los valores de os y ms , ó sean los de los esfuerzos que soportan las fuerzas a y c ; en el nudo s obran las fuerzas pac y b cuyo polígono $mnss'$ construído sobre P y a conocidos, da ns y ss' , aquél igual á mos , conociendo el esfuerzo que resisten las fuerzas e y b ; del nudo n solo se desconoce la fuerza d cuyo valor se consigue uniendo o con s' resultando os' igual á os y paralela á d que comprueba estar bien hecho el trazado.

Una vez determinados gráficamente los esfuerzos á que resulta sometida cada pieza se determinará su escuadría, pues se conoce su longitud, haciendo uso de las tablas que existen á ese fin, ó se aplican las fórmulas para su obtención.

En el caso de ser las armaduras de hierro se procede de modo semejante.

Para la determinación gráfica de los esfuerzos á que resultan sometidas cada una de las piezas de la Polonceau sencilla sin biela (figura 432) se construye el polígono de fuerzas á

partir de la vertical ab (figura 435) igual á P carga total que soporta la cercha, consiguiéndose los valores de los citados esfuerzos, con los que se conoce luego la sección más conveniente de cada pieza. Si es del tipo de los de una biela (figura 433) se sigue una construcción semejante para trazar el polígono de fuerzas, tomando ab (figura 436) igual á P y teniendo en cuenta que además de las reacciones en los apoyos $\frac{P}{2}$ obran las fuerzas exteriores iguales cada una á $\frac{P}{3}$.

La determinación de los esfuerzos que á consecuencia de la carga P obran en cada una de las piezas de una cercha de armadura Polonceau doble ó reforzada, de tres bielas (fig. 434) se efectúa trazando la vertical dz (figura 437) que en escala representa la fuerza P , que se divide en siete partes iguales, magnitudes de los valores de las fuerzas $\frac{P}{7}$ que actúan exteriormente en cada nudo de las bielas y los pares y en el superior, y con esta base se prosigue la construcción de los polígonos de las fuerzas que concurren en cada nudo.

La figura 438 es una cercha de una armadura inglesa trazada para el cálculo gráfico. Los esfuerzos á que están sometidas sus diversas piezas se determinan del siguiente modo: Se traza AG vertical é igual á $\frac{P}{2}$, GE y GF paralelas á AC y b' hasta encontrar la última en F al par y luego las paralelas FG'' y FG' á b' y b respectivamente, así como las $G''F''$ y $G'F'$ á AC ; y los esfuerzos, en la escala adoptada para AG , están representados por $x'' = EG + GF''$ $x' = x'' + GF'''$ $x = x' + GF''$ $b'' = FG$ $b' = FG''$ $b = FG'$ $T = 2FF''$ $t'' = FF'''$ $t = FF'$ $t = o$ y luz máxima $2d = x' \frac{AB}{AC}$. El par se calcula como en el caso de una armadura sencilla.

**Datos prácticos sobre armaduras Polon-
ceau.** A continuación insertamos dos cuadros con datos refe-
rentes á las citadas armaduras de una y de tres bielas, siendo
en ambos la flecha de la cubierta $\frac{1}{4}$, la del tirante $\frac{1}{20}$ de la
luz y $\frac{1}{25}$ respectivamente y 720 kilogramos, la carga por
metro lineal de par.

Luz	PARES DE							M	Diámetro de los tirantes (fig. 452)			
	Hierro en doble T					Madera			s	5	6	7
	a	b	e	e'	p	c	t					
m.	mm.	mm.	mm.	mm.	Kg.	mm.	mm.	mm. ²	mm.	mm.	mm.	
8	140	47,2	5,5	10,2	12,6	200	140	430	33	24	24	
9	140	53,2	11,5	10,2	19,1	200	140	490	35	25	25	
10	160	54	8	11	17,9	200	160	525	36	26	26	
11	180	57,5	8	11,7	19,7	210	160	54	38	27	28	
12	180	61,5	12	11,7	25,3	240	160	650	40	29	29	
13	200	61	10	12,5	25,2	280	160	820	42	30	31	
14	220	65	11	13,2	29,5	280	160	900	44	31	32	
15	220	67,5	13	13,2	33	280	200	960	45	32	33	
16	220	69	14,5	13,2	35,5	280	200	1020	46	33	34	

a altura; *b* base ó ancho de las cabezas; *e* espesor del alma;
e' espesor de las cabezas; *p* peso por metro lineal; *c* canto de
la viga; *t* tabla.

Luz	PARES DE						Manguetas		Diámetro de los tirantes (figura 434)						
	Hierro en doble T					Madera		s							
	a	b	e	e'	p	c	t	11	16	12	15	25	22	19	14
m.	mm.	mm.	mm.	mm.	Kg.	mm.	mm.	mm. ²	mm. ²	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
15	180	59	10	12	22	240	160	400	1000	33	49	35	41	35	21
16	180	63	14	12	28	240	160	430	1020	55	51	37	42	37	21
17	200	61	10	12	25	280	160	450	1080	57	53	39	43	38	22
18	220	63	9	13	26	280	160	480	1160	59	55	40	44	39	22
19	220	65	11	13	29	280	160	500	1200	60	56	41	45	40	23
20	220	67	13	13	32	280	200	530	1260	62	57	42	47	41	24
22	220	69	14	13	35	280	200	580	1400	65	60	43	49	42	25
24	220	69	14	13	35	232	200	650	1540	68	63	45	51	44	26

a altura; b base ó ancho de las cabezas; e espesor del alma; e' espesor de las cabezas; p peso por metro lineal; c canto de la viga; t tabla.

Datos prácticos sobre armaduras inglesas.

—En los dos cuadros siguientes se ponen de manifiesto datos interesantes de estas armaduras que facilitan el cálculo de las mismas.

Luz	n	Pares de hierro en doble T				Bielas en T			TIRANTES. (figura 438).					
		a	b	e	e'	a'	b'	c'	VERTICALES (sección)			OBLICUOS (diámetro)		
									T	t'	t''	x'	x''	x'''
m.		mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm. ²	mm. ²	mm. ²	mm.	mm.	mm.
8	1	140	47	5	10	60	60	7	219	"	"	32	"	"
9	"	140	53	11	10	60	60	7	238	"	"	34	"	"
10	2	140	47	5	10	60	60	7	263	75	"	37	33	"
11	"	140	50	8	10	60	60	7	400	82	"	39	35	"
12	"	160	54	8	11	60	60	7	425	88	"	40	36	"
13	"	160	56	10	11	70	70	8	450	94	"	41	37	"
14	"	180	57	8	12	70	70	8	480	100	"	43	38	"
15	"	180	59	10	12	70	70	8	510	101	"	44	39	"
16	3	160	54	8	11	70	70	8	625	85	165	49	44	40
18	"	180	57	8	12	80	80	9	700	95	195	50	46	43
20	"	180	59	10	12	80	80	9	790	105	215	53	49	45

n número de bielas; a altura; b base ó ancho de las cabezas; e espesor del alma; e' espesor de las cabezas.-- Flecha $\frac{1}{5}$ » -- Id. del tirante $\frac{1}{40}$ de la luz.

—Carga 720 kilogramos por metro lineal de par.

Valores de los momentos máximos de flexión y luces á que se pueden aplicar en cada caso las armaduras inglesas, según el número de jabalcones n (en media forma.)

n	Máximo momento de flexión	PARA LUCES DE
2	$0,0111 P d$	15 á 18 <i>m.</i>
3	$0,0067 P d$	26 á 28 <i>m.</i>
4	$0,0042 P d$	34 á 26 <i>m.</i>
5	$0,0030 P d$	40 á 45 <i>m.</i>

Manera de establecer las armaduras—Calculadas las cerchas que han de formar la armadura de un edificio con la debida separación entre sí, se colocan las correas, viguetas de 12×16 centímetros de escuadría de ser de madera, ó de ser metálicas se sustituyen por viguetas de hierro, angulares ó hierros en \square , que se remachan á los pares, ó se emplea alguno de los medios de sujeción ya expuestos; se dispone la cumbrera y se asientan los cábios y sobre ellos las tablas ó almagías si la cubierta fuese de tejas ó pizarras.

Siempre que sea un rectángulo el espacio que haya de cubrirse se corren las armaduras hasta los costados menores, subiendo estos muros hasta la altura de la cumbrera, pudiéndose entonces suprimir las dos últimas cerchas; y de tener faldones el tejado para formarlos se ponen cuatro semiarmaduras C D algo más fuertes que las otras, pues soportan además del peso de las hijuelas E F ensambladas á ellos el que de la cubierta les corresponde.

En los edificios con patio interior, ó de varias crujías, hay que dar también á las armaduras diagonales mayores espesores

en su escuadría colocando en el punto de encuentro un pedolón que resista la tensión producida por el peso que habían de sostener.)

Si la planta de un edificio es circular ó poligonal, la armadura forma un cono, una cúpula ó una pirámide.

Cublerta.—Se denomina así la parte de techumbre que colocada sobre la armadura cierra el edificio por la parte superior, impidiendo el paso á la lluvia, nieve y viento. Las hay de varias clases que examinaremos sucesivamente.

Cublertas de tejas—El asiento de las tejas comunes (figura 58) se hace sobre tablas de *chilla* ó alfabías, por filas.

Se empieza á sentar por las orillas, poniendo una fila de canales de modo que solape ó sobresalga de los cantos de las tablas, recibéndolas con mortero, y calzándolas. A continuación se coloca sobre el alero la primera canal, sobresaliendo menos de su mitad por su boca mayor, asegurándola con mortero, prosiguiéndose así hasta tener puesta ésta y las siguientes filas de *canales*, que se ponen las de *cobijas* solapando la primera á la primera de canales y á la que se puso en la orilla; y se continúa de esta manera asentando las filas de canales y cobijas recibéndolas con mortero.

En las limatesas se pone una fila de cobijas sobre tortada de mortero, é igual se hace en los caballetes ó cumbreiras del tejado. En los encuentros hay que cortar la teja como lo pidan, é igual sucede en las limahoyas, poniendo en éstas debajo una ó dos filas de canales para que puedan correr bien las aguas; y aún es mejor hacer dicha canal de zinc ó de plomo.

Cuando los huecos ó vacíos que quedan entre las canales no se rellenan se dice que se asienta á *teja vana*, y entonces se ponen las cobijas desde luego sobre las canales, sin mortero.

En vez de tejas comunes se emplean también tejas flamencas que se disponen como indica la figura 61. Llevan un fuerte

talón que permite su enganche ó sujeción sobre los listones de la cubierta. Las juntas se toman con mortero.

Las tejas planas son hoy las más usuales para esta clase de cubiertas, pues tienen menor peso, se colocan con gran facilidad, presentan solidéz é impermeabilidad y no necesitan recibirse con mortero. Todas ellas, sea cualquiera el modelo que se elija, tienen un talón que sirve para hacerlas descansar sobre los listones que van sobre los cábios, y á veces poseén dos agujeros para clavarlas á ellos, ó hacer una ligadura con alambre; representando la figura 441 la disposición de un tejado de esta clase, la figura 442 la de una cubrición con tejas Gilardoni, también planas, y las 443 y 67 así como la 69 otras con tejas Müller y Vandremer, respectivamente.

La Sociedad de tejas aislantes de Yvry-Port las construye muy variadas, y están formadas (figura 444) de dos paredes muy delgadas, distantes dos centímetros, reunidas por tabiques longitudinales, uniéndose ambas en el extremo inferior de la parte de teja que queda descubierta en la prolongación del caballete, de modo que las celdas interiores están cerradas por un extremo y abiertas por el otro. Son muy ligeras pues pesan 40 kilogramos por metro cuadrado, y muy resistentes. Se colocan de modo semejante que las tejas planas, merced á un talón ó espiga que tienen, con un taladro por el que se clavan, y para el caso de estar expuesto el edificio á fuertes vientos en la parte exterior de las tejas hay una pequeña muesca E que permite atarlas por medio de un corchete ó gancho metálico; representando la figura 445 la aplicación de estas tejas en una cubierta.

La figura 446 da idea de varios tipos de tejas destinadas á recubrir las cumbres de los tejados.

Cubiertas de pizarras.—La pizarra es más ligera y fácil de trabajar, más compacta y brillante que la teja, pero tiene menor duración y es menos sólida, quebrándose con las

altas temperaturas. Además el viento, á causa de ser tan ligeras, las levanta fácilmente, penetrando entonces la lluvia en el interior, haciéndolo también por capilaridad, razón por la cual á las cubiertas de pizarra se las da inclinaciones superiores á 45°.

Las pizarras buenas son homogéneas, densas, de grano fino y cerrado, de color subido é igual, muy ligeras y perfectamente planas, de espesor uniforme, y no deben absorber el agua, dejándose labrar y taladrar ó agujerear sin romper, produciendo al golpearlas sonido metálico.

Los ensayos encaminados á indagar la bondad de la pizarra son vários. Uno de ellos es tenerla en agua durante un día, medida hasta 2 centímetros de su borde, y si por efecto de la capilaridad el agua no se eleva por ella más de 1 centímetro por encima de aquella línea es indicio de su bondad, y por el contrario tanto peor será cuanto alcance mayor altura la faja mojada sobre los 2 centímetros citados. Otra prueba que se practica es tenerla una hora en el agua, pesándola luego, conociendo por diferencia la cantidad de agua absorbida, la cual no habrá de exceder de $\frac{1}{50}$ del peso de la pizarra para reputarla como de buena calidad. Y en fin aún se practica otra experiencia consistente en formar con la pizarra y un reborde de cera que á todo su alrededor se pone pegada á los bordes de la misma, una especie de artesa, que se llena de agua; y si después de transcurridos bastantes días no ha pasado al otro lado de la pizarra se considera ésta suficientemente densa, desechándola en caso de no resistir esta prueba.

Las pizarras se cortan y labran en figura de cuadrado, de rombo, etc., y á veces se las pinta y otras se las esmalta y dora.

Las figuras 447 á 450 muestran algunas variedades de tejas de pizarra.

Los empizarrados se hacen como las cubiertas de tejas, cu-

briendo los bordes de las superiores los de las que están debajo, yendo clavadas por su parte superior:

El sistema recomendado por la Comisión de las pizarrerías de Angers para la constitución de las cubiertas de pizarras es el siguiente. Las pizarras, cuya altura es tres veces el ancho ó parte visible, dependiente de la separación entre ejes de los listones *a* (fig. 451) á la que es igual, descansan sobre tres de estos *b* de modo que el borde de la que va encima enrase con el eje del cuarto, fijándose cada una con dos clavos, siendo preferibles los de cobre á los de hierro galvanizado.

Las cubiertas de pizarra son muy difíciles de reparar, sobre todo cuando hay que cambiar algunas deterioradas ó rotas, pues como los clavos que la sujetan están cubiertos por las pizarras superiores, se hace necesario para poderlos quitar y soltar la que hay que reponer, arrancar un clavo á cada una de las dos puestas encima, y después hacerlas girar alrededor del que las quede, la una hácia la derecha y la otra hácia la izquierda para descubrir la rota, que entonces se desclava, se sustituye por una nueva y se fija con un clavo, volviendo á poner en su lugar las dos que van encima deshaciendo el giro é introduciendo en su sitio los clavos que se quitaron.

Para obviar inconveniente tan grave se han sustituido los clavos por enganches, de los cuales hay diversos tipos de que dan idea las figuras 452 á 455.

Los ángulos entrantes y salientes de esta clase de cubiertas se recubren generalmente de plomo, aunque también se usan tejas del tipo de las de la figura 446. En la figura 456 se vé la disposición de un ángulo entrante, poniendo de manifiesto las figuras 457 á 459 la forma en que se recubre el tejado en la cumbre.

Como no es posible andar sobre las pizarras, pues tienen muy poco espesor por cuya causa son muy frágiles, se emplean con tal objeto unos ganchos ó garfios *a* (fig. 460) á los

que se sujetan escalas y tablas para facilitar á los operarios el cambio ó renovación de pizarras viejas y la colocación de las nuevas.

Cubiertas de plomo.—Las cubiertas de plomo son las mejores entre todas las metálicas, pero de un precio muy elevado, por cuya razón su empleo es muy limitado.

A causa de su gran peso rara vez las levanta el viento, se trabajan con gran facilidad pudiéndolas dar variadas formas, lo que permite cubrir sin inconveniente alguno las superficies de figura más caprichosa y rara, y además son poco alterables á los agentes atmosféricos.

El plomo para este tipo de cubiertas se usa en chapas de 3,90 metros por 1,50, con espesores variables entre 0,^m 00338 á 0,^m 0045.

La figura 461 da una idea del modo de establecer una cubierta de tal naturaleza; indicando las figuras 462 y 463 el sistema empleado para cubrir las cumbres.

Cubiertas de cobre—Esta clase de cubiertas, aunque muy duraderas y menos costosas que las de plomo, son de escasísimo empleo.

La figura 464 indica la manera de colocar las chapas de cobre, laminadas á 1 ó 2 milímetros de espesor y que alcanzan longitudes de 2 metros, y el medio de recubrirlas.

Cubiertas de zinc—El zinc resiste muy bien á las influencias atmosféricas, pero tiene el grave defecto de dilatarse considerablemente á temperaturas elevadas, ya que la dilatación lineal de este metal es de 3 milímetros por metro para variaciones de temperatura de 0 á 100 grados. Así es que si una cubierta de tal clase no está bien hecha ó posee soldaduras y clavos, el metal se desgarrará y abre cuando al descender la temperatura se contrae después de haberse dilatado, llegando á romperse las chapas si están fijadas por sus dos extremos. Para evitarlo se coloca el zinc de modo que pueda libremente contraerse y dila

tarse á influjo de los cambios de temperatura, permaneciendo las chapas siempre planas.

Las uniones se hacen, por consiguiente, fijando las chapas sobre los listones ó cábios con clavos del mismo metal, pues los de hierro aceleran la oxidación, recubriéndolos las hojas ó chapas que van encima, engrapándolas luego por medio de grapas soldadas en su cara inferior. Lateralmente se enlazan unas chapas á otras por un simple dobléz ó recubriendo los bordes, que se pliegan contra un listón de madera con un sombrerete de zinc, ó por medio de un doble engrapado sin intermedio del listón.

La figura 465 da una idea de estas cubiertas.

Para formar una cubierta de zinc á dilatación libre se eligen chapas del menor ancho posible que eviten el bombeo debido á las dilataciones desiguales, y tengan la suficiente longitud para reducir á un mínimo el número de juntas horizontales, que siempre ofrecen dificultad de hacerlas impermeables. Sobre los cábios se ponen tablas de chilla de 11 á 15 centímetros de ancho y 13 á 14 milímetros de espesor, dejando entre ellas una separación de un centímetro, clavándolas con puntas de París cuyas cabezas se embuten en la madera á fin de que no estén en contacto con las chapas de zinc, prefiriéndose por tal razón los clavos de este último metal; y paralelamente á la pendiente de la cubierta, á la distancia que exige el ancho de las hojas de zinc (0,48 m. entre ejes para las hojas de 0,50 m., 0,63 para las de 0,65 y 0,78 para las de 0,80), se clavan listoncillos de madera de sección trapezoidal, colocando seguidamente en la parte inferior del armazón ó techumbre de tabla así formada y cerca del alero una banda de zinc de 10 á 12 centímetros de ancho que sirve para engrapar la primera hoja é impedir que el viento la levante, saliendo dicha banda unos tres centímetros poco más ó menos del alero para que las gotas de agua que escurran de la cubierta caigan en el canalón sin penetrar bajo las tablas.

Antes de ir poniendo las hojas ó chapas de zinc se presentan en el sitio que deben ocupar, colocadas préviamente las grapas de zinc (figuras 466 y 467) bajo los listoncillos y sobre las tablas de chilla, procediéndose entonces á fijar la primera chapa, que como las demás tiene dos metros de longitud, arrimando á los listoncillos los bordes laterales que se levantan 3 ó 4 centímetros según la pendiente de la cubierta, engrapándolos, y la parte superior de la hoja se fija á las tablas por una grapa *f* (fig. 468); la segunda hoja, puesta de igual modo, se engrapa ó une á la precedente y se fija en la parte superior por medio de las correspondientes grapas clavadas, y así sucesivamente se prosigue; y por último, puestas las hojas, á uno y otro lado de cada listoncillo se colocan los cubre-juntas (figuras 469 y 470), que se fijan á aquellos con tornillos y volanderas de plomo ó con clavos cubiertos con sombreretes de dicho metal, soldados, y con cierto relieve, para evitar el contacto con el hierro.

Las figuras 471 á 473 dan idea de esta clase de cubiertas, que tienen el inconveniente de ser sumamente calurosas en el verano y muy frías en el invierno, á cambio de pesar poco, lo que permite hacer muy ligeras las armaduras, y no prender fuego las chispas que sobre ellas cayeran.

Otras cubiertas de zinc llevan en vez de las hojas ó chapas, pizarras de tal metal; y las hay en que el zinc se emplea en forma de tejas, que reemplazan á las planas comunes de arcilla cocida, las cuales son relativamente pesadas. Tales tejas, que también se hacen de cobre y de palastro galvanizado, se disponen en las cubiertas de modo semejante al representado en la figura 474 que reproduce una cubierta con tejas Menant.

El zinc acanalado permite obtener una cubierta ligera, sólida, y económica, suprimiéndose los cábios y las tablas chillas de las armaduras. Su disposición la indican las figuras 475 y 476.

Las canales de las chapas las dan una solidéz tan grande

que no se deforman sinó con pesos considerables, sosteniéndose por cerca de sus extremos y parte media únicamente en la armadura, cuyas cerchas solo necesitan llevar sobre los pares correas ó viguetillas; dependiendo la separación de éstas de la longitud de las chapas.

Se hacen, por último, de zinc, cubiertas muy decoradas, constituídas por hojas ó chapas de este metal estampadas en figura de escamas (figura 477), de variadas dimensiones y dibujos.

Cubiertas de chapa de hierro acanalada.—

La chapa de hierro acanalada afecta generalmente el perfil de la figura 478 y por excepción el de la figura 479.

Para impedir su oxidación se galvaniza el hierro; pero las cubiertas de hierro galvanizado, que son excelentes de nuevas, con el transcurso del tiempo se deterioran, pues siendo diferente la dilatación del hierro y la del zinc se llegan á producir, á causa de dicho fenómeno, desgarres en la capa protectriz, y en cuanto esto se verifica, el contacto de los dos metales constituye en cierto modo una pila eléctrica, originándose la oxidación del hierro y después el agujerearse la chapa. Por este motivo se ha tratado de sustituir el galvanizado por otro medio que sin los inconvenientes inherentes á tal sistema, evite la oxidación. Una pintura grasa es de resultados muy buenos, pues dá además al metal cierta elasticidad que no posée. Es frecuente pintarlas de minio, ó de una capa de minio y encima otra de pintura color aplomado y aún negro; debiéndose renovar la pintura cada 4 ó 5 años.

Las figuras 480 y 481 dan una idea del modo de disponer esta clase de cubiertas.

Si las armaduras son de madera se fijan las chapas (figura 482) por medio de tornillos de hierro galvanizado de rosca de madera, con sus volanderas de plomo; y de temerse fuertes vientos se adopta la disposición de la figura 483 en vez de la

sujeción con tornillos. De ser de hierro la armadura se sujetan las chapas cual indican las figuras 484 y 485 según que las viguetillas sean hierros angulares, ó de doble T.

Las cumbreras se cubren si son de madera con láminas de plomo de 3 á 5 milímetros de espesor y de 45 á 60 centímetros de ancho, que se fijan á ellas por medio de tornillos de rosca de madera, que se hacen adaptar en su caída á las canales de las chapas de hierro últimas, golpeándolas con un mazo de madera para que ajusten (figura 486); y á veces en lugar de las chapas de plomo se ponen de hierro galvanizado sujetas como manifiestan las figuras 487 y 488. Si la cumbrera es de hierro se cubre con chapas de hierro galvanizado dispuestas como se vé en las figuras 489 á 491.

Otras cubiertas menos usuales y provisionales.—Los tipos de cubiertas que quedan descritos son los más usuales; sin embargo también se hacen otras várias, que aunque de aplicación muy limitada conviene conocer. Tales son: las de cartón vulcanizado, económicas, duraderas, impermeables, incombustibles y elásticas, que precisan inclinaciones de 1 á 5 centímetros por metro para que las aguas corran fácilmente; las de cartón piedra para cubriciones provisionales; y las de cartón embetunado para pendientes de 18 á 21 grados, cartón que se fabrica en rollos de 12 á 32 metros de longitud, de anchura variable entre 70 centímetros y 1 metro, pesando el metro cuadrado 3 kilogramos. Esta clase de cubierta (fig. 492) se forma empezando por el alero, yendo desarrollando y sujetándola clavando sobre cada cábio un listón, perpendicular al caballete, y luego se alquitrana, cuidando de que en las juntas ó uniones de cada trozo de cartón monte el uno sobre el otro unos 10 centímetros. De ser provisional se dispone como se vé en la figura 493 clavándola en las juntas y á los cábios. En uno y otro caso debe alquitranarse y hacer lo mismo anualmente.

Este cartón se emplea también bajo las tejas para impedir el paso de la lluvia menuda con viento y de la nieve, sobre todo cuando la superficie de la cubierta es curva ó gaucha (fig. 494).

Hay cubiertas en que se usan tejas de cemento, fabricándolas en Alemania de cemento de Standach, que fragua muy lentamente, al que se añade una cierta cantidad de arena, 2 partes por 3 de cemento, empastando con la menor cantidad posible de agua, comenzando á endurecer la masa al cabo de una media hora; haciéndola sufrir un trabajo mecánico que la dá gran homogeneidad, ántes de meterla en el molde. Dichas tejas se coloran de grís, negro ó rojo, valiéndose de los óxidos de manganeso, ó de hierro.

Para abrigos provisionales se emplean cubiertas de madera formadas de tablas colocadas á lo largo, cubriendo las juntas otras superpuestas cual se indica en la figura 495, y otras veces se adopta la disposición de la figura 496.

En los tajados de ciertas fábricas cual las tintorerías, en las que es de absoluta necesidad impedir la caída en el interior ni aún de las gotas de agua que al condensarse ésta se suelen formar, es de gran utilidad el empleo del corcho aglomerado bajo las tejas planas de la cubierta (figura 497), ó bajo los cábios (figura 498).

Cubiertas de vidrio ó claraboyas—Únicamente en casos muy especiales se hacen las cubiertas totalmente de vidrio; en cambio es muy frecuente en talleres, almacenes, etc., dotar á los tejados de claraboyas en cierto número, para dar mayor luz al interior; ocupando toda la superficie de los falzones orientados al Norte las que se ponen en las armaduras de dientes de sierra.

Las cubiertas de vidrio se constituyen con vidrios ó cristales de 5 á 8 milímetros de espesor y 40 á 50 centímetros de anchura por 50 centímetros ó un metro de longitud, con recubrimientos de 6 á 7 centímetros, los cuales se sujetan con mastic

ó masilla á los hierros perfilados de la claraboya ó vidriera que se disponen paralelamente á los cábios y pares y separados 40 ó 50 centímetros entre ejes.

El gran número de uniones que forzosamente lleva una cubierta de esta naturaleza y el no juntar exactamente los cristales, aún montando unos sobre otros, hace que el agua de lluvia así como las gotas que se depositan cuando el aire está muy húmedo, penetre en el interior, á veces por un efecto de capilaridad, y que esas gotas de agua que pasan por entre cada dos cristales en contacto, formen con el polvo y bien rápidamente un barro muy pernicioso. Además si bien es cierto que la sujeción de los cristales á los hierros de la cubierta con el mastic asegura una suficiente impermeabilidad y fijeza por el momento, bajo la influencia del sol que destruye el aceite, base de dicho mastic, y con los cambios de temperatura á veces considerables que lo seca, haciéndole duro, concluye por agrietarse y separarse por fin del hierro, permitiendo entonces el paso al agua, produciendo goteras.

A fin de evitar el inconveniente propio del sistema de sujeción de los cristales con mastic, se han ensayado otros procedimientos sin lograr el fin perseguido, siendo muy ingenioso y habiendo dado buenos resultados el ideado por H. Murat, que además de conseguir con él la impermeabilidad de la cubierta, los hierros sobre que apoyan los cristales pueden moverse libremente de éstos siguiendo las dilataciones ó contracciones debidas á las diferencias de temperatura. En vez de los hierros de **L** que generalmente sostienen los cristales de las cubriciones, emplea hierros cuyo perfil (fig. 499) presenta á uno y otro lado del alma vertical una canal profunda destinada á recoger y evacuar las aguas que pudieran penetrar, suprimiendo en absoluto la sujeción con mastic de los cristales merced á unos cubre-juntas de zinc *a* que se fijan con grapas de cobre, distanciadas 30 á 40 centímetros, las cuales después de pasar por

una mortaja abierta en los hierros perfilados que sostienen los cristales atraviesan la parte más alta del cubre-juntas rebatiéndose por ambos lados formando una verdadera ligadura; y para que el paso del agua y del polvo exterior sea muy escaso interpone bajo los cubre-juntas entre el alma de hierro y el cristal una tira ó banda de fieltro mantenida por grapas llamadas prensa cristales, que se oponen al movimiento de éstos por el viento, etc.; y para garantir aún más la imposibilidad de que el agua entre, usa cristales que tienen unos nervios longitudinales separados 117 milímetros entre ejes, en los bordes, con lo que el agua no pasa bajo la cubre-junta. La figura 500 representa una cubierta de vidrios Murat dispuestos del modo indicado.

Canales maestras ó canalones y tubos de bajada de aguas.—Para recoger las aguas pluviales de las cubiertas se emplean las canales maestras ó canalones y tubos de bajada que las conducen bajo el pavimento de las calles á las alcantarillas ó canales de desagüe.

Las canales maestras ó canalones se hacen de zinc generalmente y afectan la forma semicircular (fig. 501) variando sus dimensiones con la superficie de las cubiertas, sosteniéndoles unos ganchos (fig. 502) clavados al alero del tejado en cada cábio.

Algunas veces van puestos los canalones encima de la cornisa, sin salir del edificio (figuras 503 y 504).

Aunque lo más usual es hacer de zinc dichos canalones ó canales maestras los hay también de fundición más ó menos ornamentados, y que además suelen pintarse dándoles la apariencia de la piedra ó de otros materiales de construcción (figura 505).

Otro tipo de canales maestras es el constituido por tres tablas formando cajón, forradas de plomo ó de zinc (fig. 506).

Las figuras 507 á 515 representan diferentes tipos de canales maestras ó canalones.

Los tubos de bajada son generalmente de zinc y de diámetro variable entre 8 y 11 centímetros y á veces más, dependiendo su sección de la cantidad de agua que por ellos debe pasar, y se mantienen en posición vertical por medio de collares de hierro *a* (figuras 516 y 517), llevando los tubos soldada una nariz *b* también de zinc, que apoyando sobre los collares los impide bajar. Como el zinc es poco resistente en la parte inferior de las bajadas se pone un tubo de fundición en el que entra el de zinc.

Si los tubos de bajada fueran todos de fundición se encajan los unos en los otros y las juntas se toman con cemento. Tales tubos solo se emplean en cubiertas de mucha superficie y tienen de 12 á 15 centímetros de diámetro interior, siendo cilíndricos ó prismáticos.

Es usual dar á los tubos de bajada una sección comprendida entre 1 y 1,2 centímetros cuadrados por metro cuadrado de superficie cubierta.

Se ponen regillas abombadas (figura 518), en el principio de las bajadas, en las canales bien establecidas.

La figura 519 representa un ejemplo de supresión aparente de los tubos de bajada, sistema muy usual. Las aguas de la cubierta las recoge un conducto ó canal colocado en el interior de la armadura, y de él pasa á un depósito para servir para los usos domésticos.

Torrados ó azoteas. — En los países donde no nieva y no llueve mucho se suelen sustituir los tejados ó cubiertas inclinadas por terrados ó azoteas cuya pendiente es muy pequeña, de $\frac{1}{15}$ á $\frac{1}{30}$, pudiéndose, por tanto, andar perfectamente por ellas.

Para construir las azoteas se ponen bien clavadas sobre las vigas que las han de sustentar alfagías separadas entre sí el largo de un ladrillo, y sobre ellas una capa de ladrillo bien unido

con mortero en sus cantos, y encima de dicha primera capa ó *tabla* otra segunda llamada *doble ó redoblón* de ladrillos, ó mezcla y cantos planos y aún de hormigón, sobre la que se asienta la solería de baldosas muy bien unidas y con mortero de cal hidráulica, bruñendo todas las juntas. Otra faja de losas que impida las filtraciones en la unión de la azotea, y el pretil completa la solería.

También se forma de hormigón hidráulico y aún asfaltada la solería, y de cemento armado.

Y asimismo se establecen de cemento sobre viguetas de hierro y forjado de ladrillo.



CAPÍTULO XI

Escaleras.—Puertas y ventanas.—Tabiques.—Cañones de chimeneas en los muros.—Obras ligeras.—Pintura y ornamentación.

Escaleras.—Objeto y clasificación.—Nomenclatura.—Las escaleras tienen por principal misión comunicar entre sí los diferentes pisos de un edificio.

Según la naturaleza de los materiales que las forman se clasifican en escaleras de madera, de piedra, de hierro, etc., y conforme á su forma y disposición se dividen en colgadas, de rampas rectas, interrumpidas con descansos ó de ida y vuelta, de tramo en vuelta, de caracol, en herradura, en hélice y mixtas.

En toda escalera hay una *caja* formada por los muros que la han de sostener ó sus puntos de apoyo, la *zanca* pieza inclinada, de madera, piedra ó hierro, en que encaja en escopleaduras ó cortes especiales el extremo de cada escalón, que á veces parte de él mismo una *falsa zanca* que, fija con clavos á los muros de caja, recibe entonces el otro extremo de cada peldaño, los *escalones*, *descansos* y *descansillos*, y las *barandillas*.

Condiciones generales.—Proporciones.—La construcción de toda escalera obedece á diferentes principios que según Wanderley son: no separar piezas ó habitaciones dependientes entre sí; nacer próximas á la puerta de entrada del edificio, desde la que deben ser visibles; que el ancho se relacione con el servicio á que han de destinarse; estar unas á con-

tinuación de otras, las de los diferentes pisos; no contener tramos curvos, dotándolas de los descansillos precisos para las vueltas de la escalera, y de no ser posible evitar los tramos curvos hacer que los escalones tengan bastante ancho en la línea de huella; no exceder de 15 á 20 el número de escalones de cada tramo, estableciendo para lograrlo los descansillos ó mesetas necesarias aún siendo la escalera recta; que la caja tenga suficiente luz; y que la distribución de peldaños sea uniforme, dando á los descansillos una longitud igual cuando menos á tres escalones.

Cada peldaño ó escalón está constituido por dos partes principales: la *huella*, en que apoya el pié al subir una escalera, sin tomar en cuenta para su longitud el grueso de la *moldura* por que se termina haciendo un saliente ó voladizo; y la *longitud* ó ancho de la escalera; llevando además cerca de la *moldura* una ranura en que ensambla otra pieza vertical ó *contra huella* que se une á dos huellas consecutivas y á la zanca.

Veamos qué relación es la más conveniente entre la huella y la contrahuella para que resulte una escalera más ó menos cómoda; y la cual teniendo que estar comprendida entre ciertos límites sirve después en el trazado para fijar el tipo de escalera más adecuado, el número de escalones, y el de descansos, etc. A tal fin debe recordarse que la longitud media del paso de un hombre es de 63 centímetros, y que, por tanto, para recorrer una distancia en terreno horizontal de 7,50 metros, por ejemplo, dará 12 pasos; pero si el terreno está en pendiente, á medida que el desnivel crece mayor será el número de pasos que habrá de dar para el recorrido de igual distancia proyectada horizontalmente; viéndose que se precisan 18 para el mismo recorrido elevándose 2,90 metros, siendo cada paso de 30 centímetros, por consiguiente, en proyección horizontal. Esta experiencia, que pone á la vez de manifiesto puede su-

birse por cada 30 centímetros 16 sin dificultad, de tener el pié punto de apoyo conveniente en el plano inclinado, da la medida de la altura más adecuada de los tramos de una escalera. Así es que la relación de 16 á 31 entre la contrahuella y huella de los escalones se admite como base para hacer una escalera cómoda; pero como á veces no pueden adoptarse estas cifras si hay que rebajar en un centímetro la contrahuella se aumenta en la huella y vice-versa.

De modo que para obtener la longitud de la huella, una vez conocida ó fija que sea la altura ó contrahuella, se resta de 63 el doble de la altura en centímetros, ó se divide el número 500 por la altura del escalón en centímetros.

Las condiciones de viabilidad de diferentes escaleras son las siguientes, según Mothes.

DIMENSIONES DEL ESCALÓN		CONDICIONES DE VIABILIDAD
Altura en cm.	Huella en cm.	
8	47	Fácil de subir, fatigosa al descenso.
10	42	Muy difícil, así á la subida como á la bajada
13	42	Produce dolor en las rodillas al subir.
13	37	Fácil.
15	37	Fatiga un poco las rodillas.
15	34	Fácil, pero fatiga si tiene muchos escalones
17	34	Muy cómoda.
18	31	Se sube fácilmente, con velocidad.
21	26	Incómoda.
24	24	Muy trabajosa y causa gran fatiga.
26	25	No tiene apenas aplicación

Cajas de escalera.—Caja de una escalera es el espacio vacío que ha de ocupar, comprendido entre muros; dependiendo de ella, así como de las alturas de los distintos pisos, el trazado de la escalera, el número de escalones y su altura, huella y longitud. Recibe la luz directa por ventanas, en las construcciones bien estudiadas, pero á veces hay que darla zenital por una montera de cristales puesta en el tejado.

Escaleras de madera.—Partes constitutivas.—Las partes constitutivas de una escalera de madera son las *zancas*, *escalones*, *barandillas*, y *almas* en algunos tipos.

Las zancas de madera son de redientes ó cremallera (figura 526) y de cubillos ó curvas hechas de trozos ensamblados á caja y espiga (figura 527). Suelen tener de 5 á 8 centímetros de espesor, empotrando en ellas los escalones 2,5 centímetros; siendo variable su altura con la pendiente de la escalera, la altura de los escalones, y la carga que deben soportar. Generalmente son de una pieza las rectas, pero de tener partes rectas y curvas se construyen de trozos ensamblados cuyas uniones refuerzan pernos, tornillos y chapas de hierro (figuras 528 y 529).

La zanca á la inglesa (fig. 530) se corta según el asiento de las huellas, dejando suficiente resistencia en el punto más débil en el cual la altura no debe ser menor de 13 centímetros.

La sección de la zanca es rectangular generalmente, pero á veces se hacen molduras en su parte inferior, adornando las rectas ó á la francesa (fig. 531) no solo por debajo, sino por el costado y parte superior.

Para que no se separen las zancas se ponen tirantes de hierro á 1,50 ó 2 metros de distancia.

Los escalones pueden ser de una pieza ó de tablas ensambladas. Aquellos, más usuales en las escaleras de piedra, tienen poca aplicación en las de madera, y de haberlos se les da igual aparejo que á los de sillería, siendo de un mismo trozo de ma-

dera la huella, contrahuella, junta é intradós, y se unen con pasadores (fig. 532). También se hacen peldaños de una pieza, pero con huellas y contrahuellas de tabla ensambladas entre sí (fig. 533).

Las figuras 534 y 535 representan escalones formados con tablas ensambladas entre dos zancas. La huella es de tabla de 54 milímetros de grueso y del ancho del escalón, y la contrahuella es tabla de 27 milímetros; ensamblándose á aquellas por una lengüeta sencilla, siempre del mismo lado, para que pueda hacerse el juego de la madera. La huella sobresale de la contrahuella de 3 á 4 centímetros formando moldura en todo su espesor, variable entre 3 y 75 milímetros. Si ha de quedar aparente la parte inferior se cepillan y decoran los paramentos inferiores de huellas y contrahuellas; y sinó se preparan para recibir un cielo raso por debajo, clavando el enlatado ó cañizo sobre las huellas directamente por su parte posterior si sobresalen más que las contrahuellas, ó lo que es mejor aún, se ponen por debajo unos travesaños empotrados por uno de sus extremos en el muro de caja y ensamblados por el otro á la zanca á los que se clava el enlistonado ó cañizo, con lo cual las vibraciones debidas al tránsito por la escalera no se transmiten al cielo raso, que es mas durable y no se resquebraja.

Cuando la escalera lleva zancas, que es lo más frecuente, sobre cada una de las partes horizontales de los dientes que forman, se coloca el extremo de la tabla huella del escalón, y la parte vertical, cortada en chaflán, de cada diente, recibe la contrahuella, provista de un corte semejante, y que se ensambla como se ha dicho á las dos huellas inmediatas.

Se llama *línea de huella*, la *a b c* (fig. 536) trazada sobre la proyección horizontal de una escalera paralelamente á la zanca; y se dice que la huella es recta si tiene igual anchura en todo el escalón, y triangular de tener más estrecha la parte

ensamblada á la zanca é ir aumentando de anchura hasta la otra extremidad unida al muro.

Los tramos se componen de un número impar de escalones, menor siempre que 20; construyéndose el primer escalón generalmente de piedra, sirviendo de apoyo á la zanca y terminando por una voluta.

Si la escalera no tiene zanca apoyan los escalones en el muro de caja y en otro interior llamado de alma, que puede ser macizo ó hecho de pilares y arcos por tranquil.

Por lo que poco más arriba decimos, si en una escalera que da vuelta fueran todos los escalones perpendiculares á la línea de huella, ocurriría que después de una curva de zanca, tendrían poca anchura los que dan vuelta, resultando de una forma muy fea. Para remediarlo se compensan los escalones, distribuyendo su anchura gradualmente del lado de la zanca en un cierto número de escalones rectos, anteriores á la curva. Así vemos en la figura 536, que en vez de haber dado á los escalones el ancho según las líneas de puntos, normales á la huella, se hace la compensación de los escalones quedando como se vé en las líneas llenas, que indican la verdadera y definitiva anchura de ellos.

Varios son los procedimientos que se siguen para hacer la compensación, y de ellos el más sencillo el siguiente: Fijado el número de escalones que se quieran compensar, supongamos sean 7 (fig. 537), se divide la distancia entre el último escalón recto A y el centro del arco de la zanca C en 7 partes iguales, subdividiendo en dos la primera de ellas, y uniendo el centro C con los puntos 1 y 2 de la huella, el punto *c* con el 3, el *c''* con el 4, el *c'''* con el 5, el *c^{iv}* con el 6, el *c^{vi}* con el 7 que es el último trazo oblicuo y el *c^{viii}* con el punto 8, quedan trazados los escalones compensados.

Las barandillas, que se ponen al costado de la escalera y hácia el lado de su ojo, llamándose así el espacio central com-

prendido entre los tramos de la misma, se componen de varios trozos de balaustres con un pasamanos. Se hacen de madera cuando la zanca es recta, pues así se ensamblan los balaustres á espiga y caja en la zanca; y en las de dientes de sierra se pone apoyando cada balaustre en la huella de los peldaños. La altura desde la parte superior de la huella al pasamanos es 92 centímetros ó un metro; y parte la barandilla de una fuerte pilastra fija al escalón de arranque.

En las escaleras helicoidales ó de caracol la extremidad más estrecha de los escalones se une á una pieza vertical central llamada *alma*, cilíndrica, en cuya superficie tiene escopleadas siguiendo un contorno helicoidal las cajas para las huellas y contrahuellas de los escalones.

Disposiciones de las escaleras.—Las escaleras de rampa recta tienen sus peldaños paralelos, representando las figuras 538 á 540 diversas variedades de ellas. Las figuras 541 y 542 muestran una escalera con mesetas, de cuatro tramos dando idea las 543 á 545 de una de tramo en vuelta, cuya disposición solo difiere de la de tramos rectos en que los trozos rectos de la zanca están unidos por partes circulares ó cubillos.

Las escaleras de caracol, propias de torres ó de comunicaciones muy secundarias, son las que menos espacio ocupan, siendo el mínimo en que se puede desarrollar de 2,31 metros de diámetro, compuesta entonces de 13 escalones de 32 centímetros de huella, 16 de contrahuella, y 1,95 metros de altura sobre el intradós, precisa para poder pasar por debajo de un tramo (figura 550). Una escalera de caracol es la representada en las figuras 546 y 547.

Se llaman mixtas las escaleras con partes rectas de escalones rectangulares, y otras compensados que los tienen de figura de trapecios (figura 548). Por ocupar poco espacio son de uso frecuente. Los triángulos A y B se utilizan, ó se deja la caja rectangular, aumentando en ellos el ancho de la escalera.

La escalera (figura 549) de doble ojo permite gran desarrollo de zancas en reducido espacio.

Determinado el tipo de escalera adecuada al edificio que se construye, su desarrollo se obtiene dividiendo la altura en tantas partes, como sea posible, de 16 á 18 centímetros de altura cada una, que dará el número de escalones; multiplicando luego éste número disminuido en una unidad por la anchura que haya de tener el escalón.

Para trazar una escalera de caracol, dado su emplazamiento y altura, se divide su circunferencia en 13 partes iguales y la altura en tantas partes como se pueda de 17 centímetros por lo menos; dejando por debajo de este tramo paso libre de 2,21 metros = $0,17 \times 13$; pero de tomar en cuenta la altura á la llegada, se descontarán dos escalones y se reducirá á 1,87 metros = $2,21 - 0,34$ la altura de la meseta ó descanso.

Las dimensiones ordinarias de las escaleras son las siguientes:

	Ancho de la huella	Altura de la huella	Ancho de la escalera.
	<i>m.</i>	<i>m.</i>	<i>m.</i>
Palacios, escaleras monumentales	0,32 á 0,48	0,13 á 0,16	2,00 á 3,00
Establecimientos públicos.	0,32	0,15	1,80 á 2,00
Casas ordinarias.....	0,26	0,16 á 0,18	1,00 á 1,25
Sótanos, graneros, etc....	0,20	0,21	0,50 á 0,75

Escaleras de hierro.—Cuanto se ha dicho respecto á las de madera, con ligeras variantes conviene á las metálicas, siendo semejante su nomenclatura y análogas sus disposiciones.

Aunque de mayor coste que las de madera, su gran duración, el ser incombustibles, y la gran resistencia del material, bastan para que su uso se haya extendido. Se hacen de hierro forjado, de fundición, de chapa ó palastro.

Las figuras 551 y 552 dan idea de dos tipos distintos de escaleras de hierro.

Las zancas más sencillas de una escalera metálica son las que se hacen con un hierro plano de 20 á 40 centímetros de altura y 5 á 10 milímetros de espesor; siendo las más resistentes de hierro de **V** ó de doble **T**. Los escalones pueden ser totalmente metálicos ó tener la huella de madera y aún de piedra. La figura 553 representa una escalera cuyas huellas de piedra se fijan á los hierros de  que forman las contrahuellas y á angulares unidos á los muros; y la 554 es un ejemplo de escalones con huellas de madera y contrahuellas de palastro; poniendo de manifiesto la figura 555 un tipo de escalera de escalones desmontables, estando provista la huella por su parte inferior de una escuadra de 40 x 20 prolongación de la contrahuella superior, de que se suspenden los cuadrillos armazón del cielo raso.

Si el escalón es totalmente metálico las huellas son de palastro estriado.

Los descansos metálicos rectos se componen de una viga formada de dos hierros en **I** con bridas y cruces de S. Andrés, ó riostras y pernos (fig. 556). En las escaleras de dos tramos, para salvar la altura de un piso se disponen empotrando una viga por sus dos extremos en los muros, según la diagonal, sobre la que se apoya otra perpendicular, empotrando uno de los extremos de ésta en el ángulo de los muros de la caja y el otro ensamblándolo con la zanca que apoya en el extremo libre de dicha viga (fig. 557).

La figura 558 es una escalera mixta de madera y hierro con doble zanca y la 559 de una sola zanca.

Las escaleras de fundición ó de hierro colado tienen su principal aplicación en las de caracol, muy usuales para comunicar los pisos bajos con los entresuelos, interiormente. Cada escalón tiene su correspondiente tambor que enchufa con el inmediato inferior, constituyendo una columna hueca, de fundición, atravesada por un alma de hierro.

Escaleras de piedra.—Este tipo de escaleras es más bien propio para escalinatas ó graderías exteriores, y para los peldaños cercanos al suelo y sótanos. Sin embargo las grandes escaleras monumentales, los de palacios y edificios públicos de importancia, se hacen de piedra y aún de mármoles.

Las escalinatas son escaleras exteriores, generalmente de pocos escalones paralelos á la fachada con vueltas á escuadra como las de la figura 560, ó están comprendidos entre muros (fig. 561), que si la escalinata es muy ancha se sostienen por medio de una bóveda ó arco X. Si el basamento del edificio es elevado avanzaría mucho la escalinata respecto á la fachada, siendo entonces preferible hacerla paralela al muro; en cuyo caso los escalones se empotran por uno de los extremos en la fachada y por el otro apoyan en un murete que la es paralelo. La figura 562 la representa, correspondiendo la mitad de la derecha al caso de llevar un tragaluz por debajo para ventilar y dar luz á un sótano.

La figura 563 es un ejemplo de una escalera de doble tramo para cada piso (de ida y vuelta) sostenida por bóvedas por tranbuil, y la figura 564 representa una de caracol, de ojo, cuyos escalones están empotrados por un extremo en la caja, y descansan unos sobre otros hácia el centro, formando una zanca la reunión de sus extremidades, suprimiéndose el alma.

Tipo de una escalera colgada, llamada así porque solo están empotrados los escalones por uno de sus extremos quedando libre el otro, es la figura 565. El empotramiento es de unos 16 á 20 centímetros, y á fin de impedir el resbamiento de los esca-

lones uno sobre otro llevan un ensamblaje, que no es otra cosa que un rebajo hecho en el inferior, de 2 centímetros de ancho por 3 de profundidad.

Los peldaños ó escalones de piedra se labran con los perfiles de las figuras 566 á 570, decorándoles con una moldura de astrágalo, siendo el recubrimiento de cada escalón de unos 3 centímetros.

También se pueden construir escaleras de cemento y de ladrillos.

Puertas y ventanas.—Generalidades.—Ya se ha dicho que se pueden hacer dos agrupaciones distintas de las puertas, clasificándolas en puertas exteriores, que dan salida á la calle, á un patio ó jardín, é interiores que sirven para dar entrada á los distintos pisos de un edificio y comunicar entre sí las habitaciones de cada uno de ellos. Las dimensiones generalmente admitidas, también se han dejado ya consignadas.

Como el objeto de toda puerta es establecer una comunicación con el exterior ó con el interior que á voluntad pueda interrumpirse, se las debe dotar de medios de sujeción para tener gran estabilidad y firmeza, permitiendo al propio tiempo se abran y cierren con facilidad, ofreciendo á la vez seguridad después de cerradas. Y siendo importante fijar el sentido en que se deben abrir, pues de él depende la colocación de cercos, hojas, cerraduras, etc., hay que tener presente que todas las puertas exteriores y las interiores que comuniquen con escalera ó pasillos deben abrirse hácia adentro, para no exponer á las unas á los agentes exteriores y para que las otras no estorben el paso. Por excepción, las puertas interiores de habitaciones reducidas se suelen abrir hácia los pasillos para ganar algún terreno. Si tienen dos hojas se abre primero la de la derecha.

Las ventanas se abren hácia dentro, siendo generalmente de dos hojas de vidrieras y sus correspondiente contraventanas de librillo en el interior. Las hay también pequeñas de una hoja,

de guillotina ó móviles que se abren por un movimiento vertical de traslación de la mitad inferior hácia la parte superior, y de báscula, abriéndose por un giro alrededor de un eje horizontal.

Tanto las puertas como las ventanas no van unidas directamente á los vanos ó huecos correspondientes del edificio, sinó que lo hacen á unos marcos ó cercos de madera ó de hierro según la clase, que se fijan á los muros por medio de grapas ó con clavos ó tornillos y se reciben con yeso.

Puertas de madera.—Las puertas de madera son las más usuales, y generalmente se hacen de pino que admite la pintura al óleo; aunque algunas puertas de entrada y puertas cocheras se construyen de encina.

Las puertas cocheras y las de entrada son de dos hojas, estando formadas de un bastidor fuerte al que se ensamblan ó clavan los tableros, contando dicho bastidor con el debido número de cruceros, traveseros y peñazos á la mejor resistencia. Por ser muy pesadas y difíciles de abrir llevan un postigo ó puerta más pequeña.

Las puertas barreras son las más sencillas, pues están hechas de tablas puestas verticalmente á claro y lleno en un marco compuesto de largueros, traveseros y tornapuntas, reforzado con tirantes de hierro en dirección de la diagonal.

Muy variados son los tipos de puertas así exteriores como interiores, dependientes de su construcción y ornamentación.

Las hay *llenas*, hechas de tablas ensambladas entre sí ó encoladas lateralmente, y unidas por sus extremidades á ranura y lengüeta á dos travesaños ó cábios, encabillando además dichas tablas; otras, del mismo tipo, son de tres traveseros. La figura 571 representa en su parte derecha una hoja de una puesta ensamblada ó de enrasado fino á un haz, y en su parte izquierda otra también llena clavada sobre un cuadro, ó de enrasado ordinario, viéndose en ambas el armazón de las mismas, y que consta de las piezas siguientes: largueros de fijas A, largueros

de marcos B, cábios bajo y alto D y C respectivamente, peínazo intermedio, al nivel de la cerradura E, travesero G, tornapuntas H y cruz de San Andrés I. Las figuras 572 y 573 lámina 16, dan idea de una gran puerta llena, con postigo y arco de medio punto, viéndose dos diferentes disposiciones de la misma.

Puertas de tableros son las formadas por largueros y traveseros que al cruzarse dividen el espacio com prendido entre el marco en varios rectángulos, que se adornan con una moldura labrada en el espesor de cada una de la piezas, razón por la que también se llaman de *moldura remetida*. En dichos espacios rectangulares resultantes se ensamblan los tableros de madera, que á veces solo van en la parte inferior, poniendo en los otros cristal ó vidrio. Las figuras 574 y 575 son hojas de dos puertas de tableros, la una con vidriera en forma de greca y de tres tableros la otra.

Las *puertas de moldura sobrepuesta* se diferencian de las de tableros en que la moldura con que se adorna el bastidor hace resalte sobre él. Unas veces las molduras están ejecutadas parte en la madera del bastidor y parte sobrepuestas y encoladas al mismo, y en otras de gran ornamentación son todas sobrepuestas; pudiéndose reducir bastante la escuadría de las piezas del bastidor si la puerta solo tiene una cara moldeada. La figura 576 es un modelo de puerta de moldura y tableros resaltados.

Los tableros, que como hemos visto rellenan los peínazos, largueros y traveseros, se llaman *lisos* cuando se unen al bastidor en todo su espesor (figura 577); *enrasados* por una ó dos caras, si son de menor ó igual espesor respectivamente que el del bastidor á que se ensamblan (figuras 579 y 580); y *moldados* si su espesor, muy grande en el centro, se reduce á una lengüeta en un ancho de 4 centímetros tomado alrededor de su

perímetro, formando una tabla saliente (figura 578); habiéndolos también *tallados*.

Claro es que de las diferentes clases de puertas de que nos hemos ocupado las hay de una y de dos hojas.

Como las puertas ordinarias ó batientes ocupan abiertas mucho espacio, en algunos casos se hacen de bastidor ó corredera, quedando ocultas las hojas de las mismas cuando se abren en una ranura ó espacio libre que á ese fin se deja en el espesor del muro ó tabique. Para facilitar el deslizamiento de las hojas llevan en su parte inferior dos ruedecitas que corren sobre un carril atornillado al piso, y en la parte superior van provistas de unas guías que sostienen la puerta, ó tienen dos ruedas acanaladas montadas en una armadura en forma de estribo, de la que quedan colgadas.

Las puertas de balcón, de dos hojas, con tableros en su parte inferior y cristales en la superior, no tienen diferencia con las de su mismo tipo para interiores, pero para que no penetren ni el agua ni el viento en las habitaciones el cierre ó unión de los largueros de marco entre sí y de las de fijar al marco se hace á media madera ó en forma de media caña, se pone cubre juntas en una de las hojas y en ambas los correspondientes vierte aguas.

Péñios y fallebas son los herrajes de estas puertas.

Ventanas de madera.—Cualquiera que sea la clase de ventana todas ellas constan del marco, de las hojas vidrieras y de las contraventanas. El marco es un armazón de madera compuesto de dos largueros y dos traveseros ensamblados á caja y espiga en ángulos rectos, fijos en la fábrica á 5 ó 8 centímetros por lo menos del paramento interior. Se coloca, después de hecha en todo el contorno del hueco una entalladura de 6 á 12 centímetros de profundidad, por medio de grapas ó clavado á unos nudillos. El travesero inferior del marco se llama umbral, y en él encaja el travesero ó vierte aguas de una

de las hojas, con una entalladura al interior y de figura redondeada al exterior para que el agua corra mejor. Las hojas vidrieras tienen tableros de madera en la parte inferior y el resto con cristales que pueden ser de una pieza ó de dimensiones más reducidas, y entonces llevan el número de travesaños precisos según las dimensiones de los vidrios. Las contraventanas son de librillo al interior, y para que al replegarse permitan abrir por completo las hojas vidrieras se dá á los largueros del marco un ancho igual al espesor que resulte replegadas dichas contraventanas.

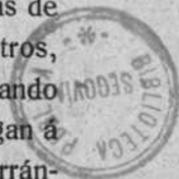
En algunos países muy fríos se usan ventanas dobles dispuestas de modo que se pueda abrir la exterior sin que lo estorbe la interior.

También existe otra clase de ventanas llamadas de guillotina, que se componen de dos bastidores de igual altura, fijo uno de ellos y el móvil inferior que se le puede hacer correr verticalmente paralelamente al superior, que lo cubre cuando está abierta del todo la ventana (fig. 581).

Algunas puertas ó ventanas por la mucha altura de los huecos resultarían de excesivo peso y de poca agradable vista, y para disminuir la elevación se coloca en el marco un montante A cual se vé en la figura 582.

Hay también puertas persianas, generalmente de dos hojas y de librillo cada una de éstas, que abren siempre hácia el exterior de las habitaciones. Las tabletas que las forman se colocan en escopleaduras hechas en los largueros, ó se fijan haciendo entrar las espigas por que terminan en unas cajas de aquellos; tienen de espesor estas tabletas de 9 á 14 milímetros, y se suele dar á sus cantos un corte inclinado, para que cuando se cierran queden unidas, y todas las de cada hoja se ligan á un listón que las imprime movimiento, abriéndolas ó cerrándolas.

Puertas y ventanas de hierro.— Expuestas en



otro lugar las ventajas del hierro sobre la madera y sus inconvenientes de mayor coste y para esta aplicación de un cierre más imperfecto, bueno es consignar que las puertas y ventanas de hierro tienen gran aplicación muy especialmente en talleres.

Se hacen con hierros planos, angulares y en T, y las hay de variados sistemas. Así las del sistema Mazellet son de hierros especiales que se prestan á múltiples combinaciones para puertas, ventanas, bastidores de vidrieras fijas ó móviles. Las figuras 583 á 586 representan una puerta metálica de este sistema, dando á conocer los diferentes cortes los ensamblajes de los hierros perfilados. Las figuras 587 á 589 dan idea de ventanas metálicas con diversos cierres de cristales.

También se hacen de hierro persianas y cierres de portada. Estos los hay de corredera, formados de varias chapas que resbalan unas por las otras, cual las pantallas de chimeneas, moviéndolas con un husillo ó con cadenas; de chapa ondulada de una sola pieza y de elementos articulados.

Tabiques.—La distribución interior de los diferentes pisos de un edificio, dependiente del programa de necesidades, al que habrá obedecido la construcción, se verifica por medio de tabiques, en los que se dejan, si han de establecer comunicación entre habitaciones, los huecos para las correspondientes puertas. Generalmente son de ladrillos, de cítara de asta, de sogá ó panderete, según el espesor que haya de dárseles, atendido á su objeto, magnitud de las habitaciones etc. Se hacen con entramado de madera, compuesto de piés derechos ensamblados á los pisos y un cierto número de travesaños horizontales ó carreras, según la altura, enriestradas unas y otras con piezas diagonales, ó cruces de San Andrés, colocando en el sitio donde haya de ir una puerta otros piés derechos que limitan el vano, con un travesaño, á los que luego se fija el marco.

Todas estas piezas de madera tienen algo menor espesor

que el del aparejo de ladrillo del tabique, para que no sean visibles, y llevan astilladas las caras para que agarre mejor el material y enlucido.

Los tabiques sencillos, de menos de 11 milímetros de espesor, también se hacen, sin el empleo de ladrillos, enlatados, tabicados con ripio ó cascote y enlucidos por ambas caras. Entonces el entramado es más ligero.

Cañones de chimenea en los muros.—En evitación de incendios se halla perfectamente legislado cuanto á colocación de hogares y chimeneas, así como á sus salidas de humos se refiere. Por eso al tratar de los entramados de pisos se fijó cual era la separación que las maderas habían de tener de los cañones de chimenea, y al hablar de la construcción de muros se indicó que siempre debían ir adosados ó alojados en los muros principales. Los reglamentos prohíben asimismo establecer tubos de salida de humos en el espesor de las medianerías, que únicamente se toleran si uno de los propietarios aumenta la altura del muro continuando á su costa los cañones que comprenda, utilizados para chimeneas del vecino, quien á su vez se obliga á elevar á sus espensas las que están adosadas.

Los antiguos cañones de chimenea eran de tabiques de yeso, compuestos del frente *aa* (fig. 590), los tabiques de los costacos *cc* y uno ó varios divisorios *d* que sirven de separación á los distintos conductos.

Ahora son dichos cañones de ladrillos ordinarios ó especiales, de caños de barro cocido ó arcaduces, y aun de palastro y de fundición.

Ladrillos especiales los hay de diferentes sistemas, entre los que enumeraremos los circulares Gourlier (figura 47), ya descritos, que permiten las combinaciones de las figuras 48 á 51 para uno, tres y cuatro conductos ó cañones, y los de Lacôte (figura 591) que interrumpiendo la junta vertical impiden el

paso del humo de un conducto á otro. Varios son también los tubos y caños empleados con igual objeto. Hay unos, especie de ladrillos huecos, cuya elevación y planta indican las figuras 592 y 593, rectos para las partes que se elevan verticalmente y oblicuos (figura 597) en los desvíos, los cuales se ensamblan por enchufes en los empalmes, y de haber varios adosados por acoplamientos engatillados; y al colocarlos se pondrán los ganchos ó gatillos alternativamente á derecha é izquierda para ligar el cañón con la fábrica del muro. Las juntas se rellenan de yeso con preferencia al mortero. Las figuras 595 y 596 representan cañones rectangulares de juntas cruzadas.

Los del sistema Metz (figura 597) son de cola de milano y juntas cruzadas.

Otro tipo muy conveniente por no tener á igual nivel las juntas de empalmes es el de los tubos rectangulares solidarios Lacôte (figuras 598 y 599, lámina 15).

En construcciones económicas se usan tubos de barro cocido para cañones adosados á los muros, piezas de sección rectangular, cuadrada ó circular, con enchufes, de mayor longitud que las de los alojados en su interior, ligados á la fábrica por un enlucido de yeso, que los rodea por completo, que para que mejor agarre tienen su superficie exterior estriada.

Remates de chimeneas.—Los más sencillos son de tabiques de yeso contruidos á mano, enlucidos de otra capa de yeso; y se hacen también de ladrillo, ó de piezas de alfarería enchufadas entre sí y enlucidas con yeso y aún de piedra.

Rebasan generalmente la altura de los caballetes sin excederla en un metro, ó se adosan á los muros medianeros ó divisorios; y pueden ser rectos terminados en una línea horizontal ó dentados (figuras 600 y 601, lámina 15).

Obras ligeras.—Con este nombre se conocen en albañilería todas aquellas que no forman parte integrante de la obra principal; tales son los forjados de techos ó suelos, los

cielos rasos, los tabicados hasta 8 centímetros de espesor y su enlucido, los tabiques sencillos, los remates de chimeneas, colocación ó construcción de conductos de humos adosados á los muros, los revoques y enlucidos.

Revoques y enlucidos.—Los enlucidos reciben los nombres de grueso ó enfoscado ó tendido de yeso ordinario, enlucido fino, y revoques.

Todo enlucido se hace sirviendo de guía referencias ó maestras que se fijan con yeso en el paramento del muro, determinando así un plano á centímetro y medio del de éste, quitando si lo hubiera cualquier saliente de los diferentes mampuestos que lo rebasara; practicado lo cual se vá echando con fuerza yeso amasado espeso entre dos maestras, por las que se hace pasar, apoyando en las mismas, un reglón de canto, quitando con la llana ó paleta el yeso que rebose, resultando una banda cuya superficie marca la del enlucido, que se consigue extendiendo ya el yeso con la llana, que luego se reparte por igual con la talocha, que es una plancha de madera de 30×40 centímetros con un mango en el centro de la cara opuesta.

Para los enfoscados se usa yeso cribado en cesto, extendiendo el enlucido valiéndose de la raspadera, llana, ú hoja dentada con un mango como el de un rastrillo.

Si el enlucido es fino se hace primero el tendido del yeso tamizado en cesto, que se iguala ligeramente por las maestras ó referencias, y sobre él se extiende el verdadero enlucido de yeso tamizado con cedazo ó yeso fino, con la parte dentada de la llana, concluyéndolo por el corte recto de la misma.

Los revoques tienen por objeto corregir los defectos del paramento de un muro, su alabeo mayor ó menor; y son tendidos de yeso cuyos espesores exceden al espesor medio de los enlucidos.

En los edificios nuevos las fachadas que no sean de sillería,

sillarejo ó ladrillo, se revocan y enlucen, para luego pintarlas ó decorarlas.

En los interiores los enlucidos se hacen como los de los cielos rasos.

Los tendidos sobre un muro antiguo requieren un picado preliminar, se raspan las juntas profundamente y se procede á un lavado con agua; luego se rellenan las juntas mayores con mortero de arena gruesa y seguidamente se extiende el mortero del enlucido con la paleta ó llana.

Para hacer un encuentro de ángulo se fija en el que forman los dos cantos ó bordes de la fábrica una regla cuadrada sujeta por clavijas, lanzando el yeso entre la regla y el muro. Y si se ha de hacer una arista se fija por igual medio una regla á unos 15 milímetros del muro que se vá á enlucir, de modo que ocupe la posición de la arista uno de sus bordes, y se echa el yeso entre regla y muro, quitando el que rebasa del citado borde con la paleta ó la llana.

A falta de yeso se emplea el *blanco de borra*, que es un mortero hecho con tierra arcillosa y una sexta parte de cal grasa á la que se mezcla borra, para cielos rasos y enlucidos; dándose tres manos, la primera capa de 18 á 20 centímetros de espesor, la segunda de 7 milímetros, y una tercera de 2 á 4 milímetros y de mortero más fino.

Las bóvedas en su trasdós, el rodapié de muros, las paredes y suelo de depósitos de agua, estanques y aljibes, etc, se enlucen con mortero hidráulico.

Las molduras de artesonados, las cornisas, jambas y dinteles se hacen valiéndose de una terraja de la misma figura, en vez de la regla, que limita el yeso, que se vá echando, después de hecho en bruto el perfil, entre esta masa de yeso y dicha terraja, que se hace correr á lo largo de la moldura.

Plintura.—Trabajos preparatorios.—Como un

preservativo de la humedad, y para mejor visualidad, se pintan las obras de fábrica, madera y metal.

Antes de proceder á la pintura de los objetos que la van á recibir, se limpian con una escobilla ó brochas de crín, se quitan las desigualdades y trozos de yeso ú otra materia que sobresalga de la superficie que se ha de pintar, mediante el raspado á cuchilla, y se tapan ó rellenan las grietas y agujeros con yeso si son grandes ó con mastic á la cola ó al aceite, operación que se llama emplastecido. Además, en trabajos esmerados se enlucen las superficies con un mastic muy secativo que después de raspado bien las deja planas y apropósito para ser barnizadas.

Varias son las clases de pintura apropiadas á las diferentes partes de las obras, que vamos á enumerar dando á la vez una ligera idea de su aplicación y procedimiento de ejecución.

Blanqueos y estucos.—Los paramentos exteriores de los muros se blanquean con cal que se apaga en agua y se la añade alumbre y trementina en pequeña cantidad. El apagado se hace con agua de cola ó retal con alumbre, y se adiciona un poco de azul y esencia de trementina si se quiere obtener algún brillo. Se aplica extendiendo dos ó tres capas con una brocha gruesa; siendo á veces la primera de ellas de lechada de cal hecha con agua pura.

Disolviendo en agua el color y templándolo con cola de retal se pintan los muros interiores.

Los estucos se aplican sobre el enlucido de cal ó yeso de los muros ó paredes, debiéndose dar dos ó tres capas. De ellos hay muchas variedades, y los más conocidos el de cal, mezcla de esta materia con igual cantidad de caliza de mármol ó de creta en polvo, tamizada; y el de yeso, hecho de yeso puro amasado con agua con cola fuerte de Flandes, de poca duración para exteriores. Imitan á los mármoles por la incrustación de venas hechas de yeso amasado con color. Se pulimentan con arenisca

en polvo metida en una muñeca, se rellenan de estuco líquido los huecos que resultaren y se pasa piedra pomez, y concluyen pulimentando la superficie con piedra de toque y un trapo impregnado en cera.

Pintura á la cola ó al temple.—Esta pintura se hace con una disolución de cola fuerte caliente en que se deslién los colores ya molidos y mezclados con agua de río. Para que resulte estable se extiende sobre la superficie que se ha de pintar una ó más capas de cola del mismo temple y mejor decreciente para evitar la caída en escamas ú hojuelas, fenómeno que se produce al dar sobre una capa en que la cola fuera débil otra muy fuerte; sobre este encolado se extienden las capas necesarias de blanco, poco calientes, se pasa la piedra pómez y repasan los defectos y luego se dan dos manos de color.

Es indicio de que la pintura está bien preparada, es decir de que la cola entra en la debida proporción, el que al sacar una brocha bien empapada de pintura hace hilo de alguna consistencia el sobrante que escurre.

Se emplea esta pintura para paredes, techos, etc., adornándolos con filetes, grecas, florones y dibujos por complicados que sean, señalándolos previamente siguiendo el sistema del *estarcido*.

Pintura al óleo.—Esta pintura que es más cara que la de cola, pero más consistente y de mejor aspecto, se prepara moliendo las materias colorantes con la cantidad necesaria de aceite de linaza, ó de nueces, á la que se añade luego aguarrás, litargirio, más aceite etc., hasta conseguir que la mezcla sea suficientemente secante y fluida.

La primera capa que se da es de imprimación, de un color cualquiera que se aproxime al de la última mano, si bien generalmente es el blanco de zinc, molido y desleído en aceite. Para obras exteriores, puertas, ventanas, persianas, etc., se hace con aceite de nueces puro ó mezclado con esencia de

aguarrás (8 decágramos por kilogramo de color); y para interiores se muele el color y se disuelve en aceite puro para la primera mano, dándose otras dos al aceite mezclado con aguarrás ó litargirio, y á la esencia pura de trementina si la pintura ha de barnizarse. La capa de imprimación se da antes del plastecido. Para el hierro y á veces la madera la primera capa de imprimación es con minio de plomo, bastando otras dos para cubrir bien la superficie.

Después de la capa de imprimación se dan 2 ó 3 manos con la pintura preparada al color que ha de quedar.

Esta pintura, que no debe hacer nunca hilo á la extremidad de la brocha, se da en frío; y solo de ser una superficie nueva ó húmeda se aplica en caliente.

A los frisos ó artesonados de madera se les dá antes de colocarlos dos ó tres capas de pintura de almazarrón con aceite de linaza, por la parte posterior.

Dorado y bronceado.—El dorado, plateado y bronceado de molduras, rosetones etc., se hace valiéndose de hojas de oro y plata, ó de bronce en polvo, del modo que vamos á explicar.

El dorado y plateado pueden hacerse á la cera, al temple y al óleo.

Por el primer sistema, las hojas de oro ó de plata, del tono debido, pues del primer metal las hay de oro verde, oro rojo y amarillo, se aplican sobre una mixtión caliente compuesta de cera, esencia de trementina y pequeña cantidad de resina, que se da á las partes que han de dorarse ó platearse valiéndose de un pincel especial.

El segundo, para interiores de las construcciones, exige las siguientes operaciones: Se lavan las partes que hayan de recibir el dorado ó plateado con agua que se ha cocido con ajos, cola de guantes y absinta; se secan después y se las da una mano de blanco de cola, luego otras cinco ó seis bien calientes

de blanco de España con cola fuerte; se plastecen con un mastic hecho de blanco y cola, apomazan y retocan y lavan nuevamente con una esponja, dando seguidamente una mano de amarillo á la cola, y se esgrana ó pone áspera la superficie con hojas de cola de caballo. Entonces se dan dos manos de fijativo ó mordiente (bol de Armenia, sanguinaria y minio de plomo) frotando las partes que han de quedar mates con un trápo, otras dos de igual mordiente en las que se bruñan, y después de humedecida la obra con agua, con un pincel plano ó espátula de dorador se van poniendo los panes de oro ó plata recortados á dimensiones apropiadas, bruñéndose las partes que deban quedar brillantes y poniendo mates las demás, y por último se retoca y se dá de bermejo (achiote, goma, bermellón, sangre de drago y cenizas graveladas) con lo que se consigue un buen brillo.

El dorado ó plateado al óleo difiere del anterior en que la imprimación es una capa de dos partes de albayalde, una de verde, amarillo y algo de litargirio, pulverizado por separado, y desleídos luego en una mezcla de aceite de linaza y esencia de trementina, y sobre la que seca se dan 4 ó 5 capas de apresto (cola ó albayalde calcinado con aceite, diluido con esencia de trementina), con intervalos de un día de una á otra; se apomaza después y extienden varias manos de barníz de laca que se pulimenta con hojas de cola de caballo y trípoli, y por fin se dá otra capa muy ligera de *color de oro*, que es un mordiente especial. Y ya sobre dicho mordiente se aplican los panes de oro, obligándoles á adherirse valiéndose de un esfumino.

El bruñido se hace con un bruñidor de acero, ágata ó pederal, y el mateado se consigue extendiendo sobre el oro una capa de cola de pergamino caliente.

Para hacer el granulado se echan granitos de arena sobre una primera capa de durmiente, aplicando sobre ella los panes de oro ó de plata.

El bronceado, que se obtiene de varios colores, se hace al

óleo sobre una capa de mixtión ó sobre un barniz simple algo mordiente por desecación, extendiendo el bronce en polvo sobre los objetos con una pata de liebre y para los más delicados, con un trapo.

Pintado de entarimados.—Después de terminados los entarimados, ya enlucidas ó pintadas y decoradas las paredes se pintan y enceran.

Los encaústicos más empleados son á la trementina hecho de una mezcla de cera disuelta en aceite de trementina; y el que se consigue disolviendo en agua caliente cera amarilla con sal de tártaro; y añadiéndoles diversas sustancias colorantes se obtienen diferentes pinturas que se dán con un pincel, que pasadas 24 horas se frotan con el cepillo, dando lustre al entarimado.

Varios efectos para ornamentación.—En la ornamentación, tanto de exteriores como interiores, se emplean multitud de objetos decorativos, de visualidad y relativa duración. Los unos se usan con preferencia para la decoración de fachadas y los otros para la de las habitaciones.

Entre los primeros, y aparte de todas las labores, cornisas, filetes, jambas, etc., que se hacen de yeso y de cemento, figuran esa multitud de adornos de zinc que en variadas formas los hay para dinteles, frontispicios, balaustradas, cornisas, jambas etc., que admiten toda clase de pinturas y pueden broncearse, dorarse y platearse.

De los destinados al interior tenemos las molduras en yeso, las de cartón-piedra, y las de Staff, principalmente.

Las molduras en yeso se colocan con mortero de yeso; y para retocarlas y darlas color se hace uso de la cera vírgen, esencia de trementina y colores al óleo.

Los adornos de cartón-piedra, que se hacen por moldeo con pasta de papel, cola fuerte, arcilla, creta y á veces aceite de linaza, se fijan después de trazados los ejes, que se hacen coincidir con las líneas marcadas en los techos y paredes, por

trozos pequeños, con clavos de zinc, haciendo las uniones con una parte del mismo material; y de mástic de aceite de linaza, blanco de albayalde y creta para exteriores.

El Staff es un compuesto de creta fina de yeso de modelar muy fino y estopa, consolidado por una armadura de madera empotrada en la pasta.

Para colocar los adornos hechos de este material se sujetan un poco, se les pone bien en su sitio y se fijan con clavos galvanizados.

Dichos adornos admiten luego toda clase de pinturas, dorados etc.

Papeles pintados.—Como decoración de las habitaciones se usan mucho los papeles pintados, los cuales exigen para su buena colocación que las paredes hayan quedado perfectamente enlucidas, sin desigualdades ni asperezas; y aún á veces se pega primero un papel basto sobre el que luego se pone el definitivo, para evitar con ésto se manche con la humedad.

Se pega el papel, ya terminadas todas las pinturas de las habitaciones respectivas, con cola hecha de harina y agua, ó engrudo, al que se agrega 8 por 100 de dextrina para los papeles barnizados, por trozos ó tiras que den la altura de la habitación menos los frisos, colocándolas empezando por el lado donde entra la luz para que los espesores no arrojen sombras. Después se pegan las cenefas, etc.

Se venden por rollos, tanto el papel como cenefas.



CAPÍTULO XII

*Distribución del agua en los edificios.—Calefacción,
ventilación y alumbrado.—Ascensores y montacargas.—
Teléfonos, timbres y para-rayos.*

Distribución del agua en los edificios.—Siendo de necesidad absoluta el agua para la existencia cual lo son el aire, la luz y el calor, al proyectar una edificación, así como se fijan las dimensiones de las habitaciones para conseguir la cantidad de aire evaluada como indispensable y se abren los correspondientes huecos que den paso á la luz y sirvan de ventilación, menester es llevar al edificio el agua en cantidad proporcionada á las necesidades de quienes le han de habitar ó á los usos para que aquél se destine.

Hay que tener en cuenta para hacer el cálculo de dicha cantidad datos prácticos resultado de múltiples y variadas observaciones, abastecimientos y conducciones.

En Madrid se valúa como un máximo el consumo siguiente:

	N.º de litros
Por día y por vecino.	50
" obrero, estudiante, etc.	15
" caballería	75
" carruaje de dos ruedas.	50
" " de cuatro.	100
" bañera.	300
" inodoro.	100
" metro superficial de jardín.	5
" asiento de café, fonda etc.	5
" lavadero en casa particular	600
" " en establecimientos de concurrencia.	1200
Por un ascensor en casa particular	1200
" en establecimientos de concurrencia.	2400
Por caballo y hora, máquinas de vapor.	30
" " de expansión y condensación.	600
" " de baja presión	1200

El suministro del agua se hace por contador, por caño libre (volúmen alzado, sin aforo), y por corriente constante ó intermitente, regular ó irregular, dada por una llave de aforo cerrada con un candado.

Solo el último de los tres sistemas necesita un depósito puesto que el agua no se tiene á discrección como en los otros dos, ya que solo pasa por la abertura variable de una llave de aforo en 24 horas la cantidad concedida, razón por la cual hace falta aquel, de capacidad relacionada con dicha concesión, dotándole de una válvula de flotador que impida el paso al agua al alcanzar el nivel máximo que permita, y un aliviadero de superficie por si la válvula no funcionara que las aguas sobrantes salgan y viertan por el tubo de bajada. El depósito se pone en el último piso de la casa partiendo de él cañerías para las diferentes habitaciones y aún para el patio. Un conducto vertical de llegada terminado por la llave de aforo en lo alto y una cañería que partiendo de la llave de paso que va en la proximidad del fondo del depósito distribuye por derivaciones el agua en los pisos, completan la instalación.

Determinada la cantidad de agua que por día se necesita, según el destino del edificio, se hace la toma de la cañería general correspondiente, enterrada bajo el pavimento ó las aceras, y que es de fundición, por una derivación de tubos de plomo soldados, en zanjas hasta el lugar donde se haya de colocar el contador, que va puesto sobre ménsulas de hierro empotradas en el muro, ó en la misma zanja en que penetra la cañería por el de fachada, á un metro más bajo que el suelo, en un registro apropiado, partiendo del contador un tubo de salida con empalme y llave de paso. Desde esta llave la conduce una tubería, también de plomo, al depósito ó depósitos, y de estos á los alimentadores de distribución, que son unos recipientes cilíndricos terminados por dos casquetes de sección circular ó elíptica, del que nacen tantas llaves de paso y tuberías como columnas as-

cedentes ó servicios especiales diferentes, á fin de poder quitar el agua por completo ó en un determinado sitio para reparar averías etc. Y por último de cada tubo de subida, que todos parten, como decimos, del alimentador, se derivan otras tuberías para los grifos de la cocina, retretes, baños, etc., de los diferentes pisos, poniéndose en el más elevado al final del mismo un recipiente antiariete que sirve para amortiguar los golpes que la presión del agua pudiera producir.

Tanto los fregaderos como los retretes, urinarios, pilas, bañeras, etc., precisan un desagüe por el que tengan salida las aguas súcias ó que han prestado su servicio. Y como la higiene debe presidir al establecimiento de todas estas tuberías ó canales de evacuación de aguas, conviene que á la ligera se consiguen los principios á que deben obedecer y las disposiciones que se adoptan.

Los fregaderos deben ser de porcelana ó pizarra con preferencia á la piedra, y estar provistos de sifón. En el fondo ó sumidero se empotra una rejilla y luego se pone el sifón entre el fregadero y el tubo de descarga. Además se les dá ventilación directa por si en algún momento no se hiciera el vacío bien y el agua depositada en el codo del sifón no fuera arrastrada, por medio de tubos pequeños que comuniquen con otro unido al de bajada de aguas á 1,50 metros por encima del sifón más alto, de haber varios fregaderos superpuestos, y si es solo el aire del exterior se toma por una válvula cerrada de continuo y que solo se abre á una aspiración, al ir á descargarse el sifón.

Los desagües de los baños también deben hacerse por un tubo, vertiendo ya fuera de los muros de la casa en un sifón interruptor de la alcantarilla, de limpieza automática, y tanto el tubo principal de desagüe como los demás sifones se ventilan, aquél desembocando en el aire exterior, pero lejos y por debajo de todas las ventanas, y estos por un tubo de plomo de la misma sección que la del principal, para evitar la descarga del sifón.

Respecto de los retretes, que deben ser suficientemente ventilados y recibir luz directa por un ventanal, hay que tener presente que los muros se enlucen con cemento hasta un metro de altura y que el piso y las paredes deben ser de losetas de mármol blancas y negras ó de mosaico y revestimiento de azulejos, y el depósito á la inglesa, inodoro de limpia con golpe de agua á presión; constando de la cubeta de porcelana con tablero de madera aislado y giratorio ó de charnela, depósito superior de agua ó de limpieza, tubo de alimentación de agua, y de bajada, y sifón con su ventilación. Para que estos sifones sean realmente inodoros debe tenerse la suficiente cantidad de agua que haga franquear á las materias los dos codos de que constan; se calcula en 6 á 15 litros la que habrá de arrojar violentamente siempre que se utilice, para que arrastre las deyecciones con el agua que se conserva en la cubeta y que se renueva al final de la limpieza. Al tubo de bajada, de alfarería, se une el de desagüe del sifón de la cubeta y por encima de ésta hace su unión al mismo tubo, que se prolonga hasta por encima del tejado, el de ventilación, terminando en su parte inferior dicho tubo en un dren, pozo de registro y ventilador de la tubería y sifón, antes de unirse á la alcantarilla.

Calefacción.—Los locales, según su objeto, deben estar á temperaturas que aunque difieren algo fluctúan entre los 14° y 20°.

En las habitaciones donde se hace la vida de ordinario debe haber 16 á 20°; esta última en las oficinas, salas de dibujo y y similares; no necesitando rebasar los 16° en los talleres, pues el operario tiene que trabajar siempre algo corporalmente y ésto es suficiente á compensar la diferencia.

Como esas temperaturas no se conservan en el ambiente en las estaciones extremas, sinó que en el invierno decrecen notablemente en la mayoría de los países, elevándose muy por encima en el estío, se hace preciso emplear sistemas de cale-

facci3n para acrecerla en un caso, y en el otro una ventilaci3n energica que poniendo en movimiento las capas de aire, la disminuyan.

El c3lculo de la cantidad de calor necesario para caldear un local reconoce como base la fijaci3n del n3mero de calorfas precisas para elevar 3 t° la temperatura de un metro c3bico de aire, que es igual 3 $0,31 t$ calorfas. Y como se pierde una cierta cantidad de dicho calor por conductibilidad de las paredes, deber3 tenerse esto muy en cuenta. Si se representa por C el n3mero de calorfas por hora, precisas para compensar dicha p3rdida, 3ste se deduce de la expresi3n

$$C = \alpha (m M + f F) t$$

en la que α es un coeficiente, variable entre 1, 2 y 2 seg3n que los locales est3n mejor 3 peor dispuestos, m (calorfas transmitidas por metro cuadrado de pared, hora y grado de diferencia entre las temperaturas exterior 3 interior) 0,9 por t3rmino medio para espesores medios, f las que corresponden para vidrieras y puertas, variable entre 3 y 1,5 seg3n que sean los vidrios sencillos 3 dobles y puertas y ventanas de madera, M la superficie de las paredes en metros cuadrados, comprendiendo la de suelos, techos y tabiques 3 paredes que separen otros locales, cuando tanto estos como los superiores 3 inferiores no est3n sometidos 3 calefacci3n, y t la diferencia entre las temperaturas interior y exterior.

Dicha cantidad de calor se disminuye en un n3mero de calorfas por persona y por bujfa y mechero de g3s, que suele ser en locales p3blicos 3 iluminados, 120, 100, y de 800 3 1400 respectivamente.

Tambi3n hay que tomar en consideraci3n la cantidad de vapor W por hora, necesario para un local en que por cualquiera de los sistemas de ventilaci3n, por el tiro de las chimeneas 3

por aparatos de calefacción se introducen V metros cúbicos de aire á la temperatura exterior

$$W = C + 0,31 t$$

Si la potencia calorífica del combustible es p y φ el coeficiente de efecto útil del aparato de calefacción, el consumo de combustible en kilogramos lo dá la expresión $\frac{W}{\varphi p}$.

Sistemas de calefacción.—Varios son los sistemas de calefacción adoptados para elevar la temperatura en los locales habitados.

El más antiguo es el de las chimeneas; quemándose en su hogar grandes trozos de leña, aprovechándose por tal método muy poco del calor desprendido pues solo calientan por radiación. Constan las llamadas francesas, de el hogar con su pavimento de ladrillos ó baldosas de barro cocido, ó de una chapa de hierro asentada en un lecho de fábrica; el trashogar, paramento vertical que hay en el fondo; y las jambas ó paredes laterales; naciendo el tubo ó conducto de humos de la parte superior del trashogar. Se cierran con una pantalla que puede bajar ó subir, y se decoran con mármoles ó piezas de fundición.

Dichas chimeneas se han perfeccionado dotándolas de aparatos que proporcionen aire tomado del exterior á fin de aumentar su rendimiento.

También las hay para quemar carbón de piedra ó cok, y entonces llevan una parrilla en el hogar, donde se pone el combustible, alojándole en una concha que irradia el calor recibido.

Las estufas ó caloríferos siguen por orden de antigüedad á las chimeneas, pero ya de estos hay variedades muy modernas y recomendables. Pueden ser fijas ó móviles y se hacen de chapa de hierro, de fundición, y de tierra cocida. Su rendimiento

to es bastante grande, pero resecan el aire y reducen la ventilación.

Estufas metálicas hay de varios modelos; y las mejores las de doble envuelta en las que el aire calentado por la circulación de los humos sale por bocas con rejillas semejantes á las bocas de calor, de que más adelante nos ocuparemos. Entre ellas existen las de combustión lenta provistas de un cilindro cerrado en cuya parte superior se pone el combustible. Los gases después de elevarse descienden hasta el hogar, que atraviesan quemándose, y salen por la periferia, siendo la combustión más completa.

Entre las estufas móviles figuran como un buen modelo las de los sistemas Choubersky y derivados.

Sin embargo, todos estos caloríferos y estufas, que aprovechan bien el combustible, de gran rendimiento y fáciles de instalar, aunque adecuados para la calefacción de habitaciones, no son apropiados para amplios locales, por necesitarse varios, consumir bastante combustible, enrarecer mucho el aire reseándole, además de los inconvenientes de precisarse utensilios para su uso y alimentación; y de ahí que la calefacción por agua caliente y la de vapor sean las más en boga y las únicas para grandes establecimientos ó centros, proporcionando una temperatura igual y agradable en todos los locales.

Antes de ocuparnos de ambos sistemas hemos de describir el de aire caliente. La calefacción por tal método se consigue con caloríferos que almacenan, calentándolo en una cámara de calor, el aire proveniente del exterior, partiendo de dicha cámara unas cañerías ó conductos de hierro ó de barro cocido que siguen hasta el último piso á que afluyen varias bocas de calor, lumbreras de cobre ó de hierro colado, dispuestas en los entarimados y en la parte inferior de los tabiques, zócalos y frisos. Las bocas de calor que van en los pavimentos son circulares, con dos discos con agujeros en posición alternada para cerrar

la comunicación ó variar la sección y dar mayor ó menor entrada de aire caliente en la habitación; y las que se ponen en los zócalos ó frisos, placas cuadradas ó rectangulares, tienen dos placas ó rejillas que pueden resbalar la una por la otra para conseguir aquel mismo objeto.

De los distintos tipos de caloríferos de este sistema los de Delaroche y de Gurney son los más usados.

El calorífero Delaroche (fig. 602) se compone de la cámara de ladrillo, con su hogar A, cenicero B, los tubos del serpentín de humo D, que pueden visitarse y limpiar por los registros C, la boca de entrada del aire frío E y los conductos de aire caliente H; representando la figura 603 la aplicación de este sistema á una casa, estando la toma del aire frío en A, siendo los conductos y bocas de calor los C y B respectivamente.

La calefacción por agua caliente lo puede ser á baja ó á alta presión. Su fundamento es que el agua caliente pesa menos á igualdad de volumen que la fría.

En el sistema á baja presión una caldera C (fig. 604) llena de agua, instalada en los sótanos, hace que una vez calentada se eleve á consecuencia de la disminución de densidad por un tubo vertical al depósito de expansión V, puesto en el piso más alto, donde se dilata el líquido, que sale de dicho recipiente por varias cañerías á los diferentes pisos pasando por las estufas metálicas P, que calientan, volviendo á la caldera, pues en ellas se enfría y aumenta de densidad. Las cañerías son de fundición lisa ó con aletas, y las calderas de hervidores ó tubulares, calentándose el agua á unos 90°, volviendo á la caldera con una temperatura de 30°. Transmite de 360 á 600 calorías por metro cuadrado y hora.

El fundamento del método de calefacción por agua caliente á alta presión es que si se calienta cierta cantidad de agua en un sistema tubular cerrado, sustrayéndola á la presión atmosférica de manera que no pueda entrar en ebullición y calentán-

dose muy rápidamente alcanza una alta temperatura (180 á 200°) que corresponde á una presión de 10 á 15 atmósferas. Una circulación del agua en un conducto sin fin hecho de tubos de hierro de muy pequeño diámetro, de los que una parte arrollada en hélice van en un hogar constituyendo una caldera tubular, distribuye el calor en las diferentes partes del edificio.

La figura 605 es un diagrama de tal sistema, constituyendo el enrollamiento del tubo *d* la caldera, viéndose la tubería de subida que se termina en el último piso, poniéndola en la parte más elevada un tubo *b*, de expansión, de mayor diámetro que los demás al que vá el exceso de agua dilatada durante el funcionamiento del sistema, y los de bajada ó distribución de los pisos, que en forma de serpentines *e* se cubren con muebles de hierro ó madera, con registros para regular la intensidad del calor. También pueden ir los tubos á lo largo de los zócalos (figura 606) disimulados detrás de otros de chapa calada (figura 607) ó en el espesor del piso entre dos durmientes, cubiertos por una rejilla (figura 608). Los tubos, de hierro estirado, soldados en caliente, tienen un espesor de 6 milímetros, siendo su diámetro interior de 15, empalmándose por manguitos de tornillo y una junta que impida los escapes.

La calefacción por el vapor á baja presión se puede lograr aun con presiones inferiores á la tercera parte de una atmósfera. Todo el sistema lo constituyen una caldera de que se toma el vapor que es conducido por una tubería que recorre los distintos pisos á los caloríferos puestos en las habitaciones, saliendo de ellos el agua de condensación por otra tubería, que la vuelve á la caldera ó la conduce á las cañerías.

La figura 609 es la representación de un calorífero de aletas, y la 610 de un radiador con aletas, de fundición, usuales en tal método de calefacción, indicando la figura 611 la forma de instalarla. K es la caldera de baja presión, D la tubería de vapor, V V₁ V₂ las válvulas de toma de vapor, H H₁ H₂ los

caloríferos, y *r* los tubos de retorno del agua de condensación, que en el caso de aprovecharla para alimentar la caldera es conducida á un depósito *W* de donde sale por el tubo *e*.

Los aerocaloríferos ó aerocondensadores son aparatos de calefacción y ventilación económicos, y que permiten aprovechar en los establecimientos industriales el calor perdido en el escape de las máquinas de vapor. Se componen de un ventilador que puesto en movimiento inyecta el aire frío del exterior en un calorífero de tubos con aletas, encerrados en una cámara donde se calienta el aire, pues los tubos de los caloríferos tienen vapor á 100° próximamente, distribuyéndose después ese aire caliente por tubos y bocas de calor en los locales que se deséen calentar.

No dando entrada al vapor en los caloríferos se puede emplear el aparato en el verano para ventilación, pues el ventilador introduce en las habitaciones gran cantidad de aire fresco y puro.

El gás se emplea también para la calefacción por caloríferos, chimeneas y hogares radiantes, siendo las ventajas de este sistema comparadas con los de calefacción por estufas para hulla y cok y caloríferos para leña, la mayor limpieza, supresión de combustible, astillas para encender, etc., que hay que almacenar, transportar y tener á las inmediaciones de dichas estufas, así como tenazas, badilas, cokeras y demás.

En las chimeñas de gás solo se utiliza el calor radiante de la llama. En algunos aparatos el gás llega á un tubo de fundición que semeja un trozo de leña, el cual tiene varios orificios para darle salida, y que está apoyado sobre morrillos, guarneciéndole ramillas de amianto que se enrojecen aparentando el fuego de leña.

Los caloríferos lo mismo que las chimeneas de gás, pueden tener reflector de cobre pulimentado.

Los hogares radiantes están formados por una placa de tie-

rra refractaria, con grupos de filamentos de amianto que se ponen incandescentes por una llama de gás plana y vertical que se bifurca en dos azuladas, habiendo detrás de la placa una cámara de calor. Dan un rendimiento de 70 por 100 del calor producido.

También se ponen en las chimeneas de gás leños de tierra refractaria en vez de ser de hierro, con filamentos de amianto, que cuando están encendidos los mecheros se ponen candentes.

Por último, la electricidad se emplea asimismo para producir la calefacción de locales, en estufas de varios tipos; aunque se ha generalizado poco este sistema, solo aplicable á habitaciones de regulares dimensiones, y nada económico.

Alumbrado.—Generalidades y clasificación.—

El alumbrado se divide en público y privado; comprendiendo el primero el de todas las vías, calles, plazas y paseos, del cual no nos ocuparemos.

El privado, propio de los edificios particulares para viviendas, de los industriales y públicos, es del que daremos algunas ideas.

Todo sistema de alumbrado debe obedecer á la idea de dar suficiente luz según los locales y su objeto, no viciar el aire, ni elevar demasiado la temperatura, aparte de ofrecer garantías de seguridad y estabilidad y resultar á poco coste.

Descartados ya por anticuados, expuestos á incendios, caros y de costoso entretenimiento los de aceite y petróleo, y estos últimos á pesar de los adelantos introducidos en los mecheros y lámparas, se puede decir que en la actualidad son dos los únicos sistemas que se emplean para el alumbrado de locales habitados, el de gás y el eléctrico; siendo éste el que reúne mayores ventajas de instalación, está exento de explosiones, y no despide olores ni miasmas deletéreos de ninguna clase, no elevando tampoco sensiblemente la temperatura, ni absorbiendo

cantidad ninguna del aire ambiente en las habitaciones. Es además de mayor limpieza, no estropeando los dorados ni el decorado como el gás que con el tiempo los deteriora.

Alumbrado por gás.—El gás que se emplea para el alumbrado es el producido por la destilación de la hulla en cámaras cerradas bajo la acción del calor, lavado y depurado; y también el de acetileno, éste más moderno y de más limitado uso.

El gás del alumbrado ó sea el de hulla, es conducido desde el gasógeno por cañerías á las que se empalman los tubos de derivación, de plomo, que lo lleva á cada consumidor desde el respectivo contador. En cada piso, si se trata de un edificio de varios, se coloca el contador después de la toma en el tubo de ascensión, y á partir de él otro de mayor diámetro que los demás al que se enlazan las diferentes ramificaciones de tubos más delgados que distribuyen el fluído á las diversas habitaciones, los cuales se cuida de poner antes del decorado de las mismas para que no estén visibles, empotrando en las paredes en cada punto donde haya de ir una luz un taco de madera fijado con yeso, al que se sujeta luego el aparato, verificando la soldadura de la pieza de cobre que tienen en la extremidad con el tubo de plomo.

La luz se obtiene quemando el gás á la salida de los mecheros ó boquillas correspondientes, que los hay de variadas formas y tipos; si bien en general se reducen á dos clases principales, las boquillas planas, hendidas si se desea una llama grande, y los mecheros cilíndricos de doble corriente de aire y tubo de cristal.

Los mejores mecheros son los de incandescencia, en que el gás pone candente una sustancia capaz de producir una intensidad lumínica mayor que la del carbono incandescente; y entre estos los del tipo Auer, compuestos de una boquilla Bunsen, en cuya capacidad superior se forma una mezcla de un volú-

men de gás con 2,88 de aire, productores de la incandescencia de una envuelta ó camisa de torio, circonio, etc., consiguiéndose una luz muy brillante y blanca, con menor consumo y producción de gás.

Acetileno.—De aplicaciones recientes, pues data del año 1836 su descubrimiento debido á Davy; es el acetileno un hidrocarburo que arde en contacto del aire con llama muy brillante. Lo produce la descomposición rápida del carburo de calcio en contacto del agua; y como es menos tóxico que el gás del alumbrado de hulla y de un poder luminoso mucho mayor (1 kilogramo de acetileno representa 855 litros de gás) y la temperatura de su llama bastante menos elevada, así como muy económico, su empleo en el alumbrado se ha extendido; utilizándose á ese objeto de dos distintas maneras, en estado gaseoso no comprimido, producido en aparatos en que las presiones varían entre 6 y 7,5 centímetros, fijos ó portátiles, automáticos ó nó, por contacto ó inmersión, por caída del agua sobre el carburo ó viceversa, y comprimido ó disuelto en la acetona.

La instalación para el alumbrado por acetileno es del todo semejante á la de gás.

Alumbrado eléctrico.—El alumbrado eléctrico se realiza por medio de lámparas de incandescencia ó por lámparas de arco, si bien en la mayoría de los casos lo constituyen unas y otras.

Las lámparas de incandescencia se componen de un filamento de una sustancia orgánica carbonizada al abrigo del aire y encerrada en una ampolla de vidrio, en la cual se hace el vacío, cerrándola luego al soplete. Su intensidad luminosa se expresa en bujías decimales, siendo las más usuales las de 5, 6, 10, 16 y 20 bujías, ó de pequeña intensidad, y las de 25, 32, 50, 100, 300, 500 y 1000 á 1500 bujías, ó de gran intensidad; decreciendo ésta con el uso, á causa de la volatilización del filamento de carbón cuya sección se disminuye, aumentando su

resistencia y empañándose la bombilla. Trabajan con una diferencia de potencial de 100, 110 ó 120 voltios, y se debe cuidar de no usar lámparas de distinto potencial en una instalación dada.

El alumbrado eléctrico por incandescencia es muy adaptable á las habitaciones particulares, consiguiéndose efectos muy bellos de luz, disponiendo las lámparas en aparatos variados, con tulipas, globos, bujías, etc.

La duración de estas lámparas y consumo de energía están relacionados íntimamente; consumiendo las de 5, 10, 16 ó 20, 50 y 100 bujías 3'8, 3'5, 3'2, 2'8 y 2'4 voltios por bujía. Por término medio la duración de las lámparas de incandescencia oscila entre 500 á 1000 horas.

El cuadro siguiente dá el número de lámparas para conseguir un buen alumbrado en relación con las dimensiones de las habitaciones.

Longitud m.	Ancho m.	Altura m.	Lámparas de 10 bujías	Altura sobre el suelo m.	Metros cuadrados por lámpara
4,7	4,7	3,8	2	2,0	8,4
5,6	5,6	4,4	5	2,0	5,7
7,5	7,5	5,3	9	2,5	5,3
10,0	10,0	6,9	16	2,8	5,5
12,5	12,5	9,4	25	3,5	5,6
15,7	15,7	12,5	40	4,0	5,8
18,8	18,8	14,0	60	4,7	5,4
22,0	20,0	15,7	100	5,6	4,0

Las lámparas de arco son todas las que deben su luz á un arco voltaico producido entre dos carbones, uno en prolonga-

ción del otro, que se mantienen separados durante el paso de la corriente eléctrica. Así es que toda lámpara de esta clase precisa un regulador formando parte integrante de la misma, el cual está dotado de tres distintos mecanismos, tendiendo uno á aproximar los carbones automáticamente ó por la acción de la corriente hasta ponerlos en contacto, otro á separarlos á la distancia normal cuando pasa la corriente, y el tercero destinado á mantenerlos constantemente á igual distancia, aproximándolos conforme se desgastan.

Todos estos reguladores están comprendidos dentro de los tres tipos distintos de intensidad constante, de potencial constante, y reguladores diferenciales. De ellos los más sensibles y generalizados son los últimos.

Los carbones, en los reguladores alimentados por corriente continua están dispuestos en una misma línea vertical, y generalmente es fijo el inferior ó negativo, consumiéndose el positivo con doble rapidez que aquel á igualdad de diámetro, razón por la que son más gruesos, haciéndose en su extremidad un cráter que obra como reflector; variando el diámetro de los mismos con la intensidad de la corriente en amperios, y su desgaste con su naturaleza y calidad, longitud del arco é intensidad de la corriente, siendo el consumo en lámparas de intensidad media de 40 á 60 milímetros por hora el carbón positivo y la mitad el negativo.

Los reguladores de corrientes alternativas necesitan menos voltaje que los de corriente continua aunque no son más económicos.

El siguiente cuadro es un resumen de datos prácticos convenientes á la instalación de lámparas de arco ó reguladores:

REGULADORES	I (a)	Intensidad luminosa (carcels)	Separación de las lámparas		Altura sobre el suelo (m)
			Al aire libre (m)	En grandes locales (m)	
De corriente continua.	4	30	»	8	4
	6	50	»	10	5 á 6
	8	75	75	12	8 á 10
	10	100	100	16	12 á 14
	20	200	200	24	16 á 20
	30	400	300	30	20 á 25
De corrientes alternativas	50	600	500	50	30
	12	50	»	10	5 á 6
	20	110	100	16	12 á 14
	35	175	200	24	16 á 20

Según Anney basta un foco de 10 á 15 amperios á una altura de 7 á 12 metros por cada 200 metros cuadrados en los talleres que necesiten mucha luz; por cada 500 en los de construcción ó reparación de máquinas, ajuste, etc.; por cada 2000 en talleres de moldear, fundiciones y almacenes; y por 5000 para trabajos al aire libre.

El alumbrado por lámparas de arco es más económico por unidad de luz que el de incandescencia; pero solo conviene en realidad para la iluminación de superficies extensas al aire libre ó locales de gran elevación, talleres, salas de espectáculos, edificios públicos, etc.

Las lámparas se disponen en una instalación de alumbrado

eléctrico en *série*, sistema adoptado generalmente para las de arco, ó en derivación; en el primer caso la intensidad debe permanecer constante variando la fuerza electromotriz según el número de lámparas encendidas, ocurriendo lo contrario en el segundo caso. El sistema mixto es muy conveniente, agrupando en *série* dos ó tres lámparas según la diferencia de potencial entre los conductores y cada grupo poniéndolo en derivación sobre estos.

La distribución de la corriente eléctrica puede ser directa de uno ó varios circuitos en los que se intercalan las lámparas, en *série* ó en derivación, trifilar, de mayor número de hilos, 4 ó 5, con acumuladores, por corrientes alternas con transformadores, y por corrientes trifásicas.

En la trifilar las lámparas se disponen en derivación, mitad á cada lado entre los conductores y el hilo neutro, pues tal distribución consta de tres conductores, dos unidos á los polos opuestos de las dinamos montadas en *série* y el tercero ó hilo neutro, interpuesto entre los dos conductores principales ó unido á los polos adyacentes de ambas dinamos; siendo semejante la distribución de 4 ó de 5 hilos.

Si la distribución es con acumuladores las dinamos de la fábrica trabajan de continuo en la carga de las baterías colocadas en puntos adecuados de la red, desde las cuales se hace la distribución.

En la distribución por corrientes alternas con transformadores se hace uso de dinamos de dicha clase con un circuito primario de alta tensión, que aumenta el *rádío* de acción del sistema por la menor sección de los conductores; necesitándose de transformadores que conviertan en baja la corriente para los circuitos secundarios, en los cuales se ponen las lámparas como en el sistema directo.

Y en la distribución por corrientes trifásicas las lámparas se establecen en derivación en sus tres conductores.

El establecimiento de una instalación de alumbrado eléctrico en un edificio en poblaciones que cuentan con fábricas de electricidad, se reduce á disponer en distintos locales los conductores precisos, de la debida sección, y ligarlos con los cables de la red general; pero si por la importancia de la construcción, tratarse de fábricas, etc., ó estar alejados de centros productores de energía eléctrica no conviene ó no puede seguirse aquél sistema, hay que establecer una central, y al hacerlo tener en cuenta por las condiciones de localidad qué motores son los más convenientes para accionar las dinamos, si hidráulicos, de vapor, ó de gás pobre, etc., y luego, además de la red de distribución, instalar todos los elementos propios de dicha central, más ó menos grande.

Producida la energía eléctrica por uno ú otro medio, ó tomándola de las fábricas locales, en el interior de las habitaciones ó dependencias que hayan de ser iluminadas con luz eléctrica hay que sujetarse á prescripciones al hacer la instalación, técnicas las unas y de seguridad las otras. Así es que los cables y alambres conductores deben ser de cobre, con una conductibilidad de 90 por 100 de la del cobre puro cuándo menos, y cuya sección impida que exceda del 5 por 100 del voltaje en el empalme la pérdida de carga entre el aparato de empalme y la más lejana, no debiendo tampoco producirse calentamiento superior á 40° por el paso de una corriente de doble intensidad que la normal; usándose todos los conductores recubiertos con una capa aisladora é impermeable.

Todos los conductores que se coloquen á lo largo de las paredes se ponen encerrados en unas molduras de madera con sus tapas, yendo cada conductor, si son varios, alojados en diferentes canales labradas en las mismas y sin otra sujeción que las medias canales de las tapas. En el paso á través de los muros y de los techos se protejen haciéndoles pasar por el interior de un tubo de una materia dura redondeando los ángulos.

Los hilos flexibles solo se usarán en las bajadas desde los techos á las diferentes lámparas y en las portátiles, empalmándolos con los otros alambres con buena soldadura y colocando un hilo fusible simple en uno de los puntos de unión de un hilo flexible con dos conductores; recubriendo las soldaduras siempre con sustancias aisladoras semejantes á las envolventes de los cables y alambres.

Los interruptores no han de calentarse por el paso de la corriente y asegurarán siempre el contacto; y los cortacircuitos se disponen de modo que no se produzca un corto circuito por la fusión de un hilo; siendo estos hilos fusibles fáciles de reemplazar, y no originar proyecciones de metal fundido. Su fusión tendrá lugar con una corriente triple de la normal, como máximo. Uno de estos corta circuitos se pondrá en cada derivación y subdivisión en que la intensidad pueda llegar á 5 amperios, y un doble corta circuito en el origen de cada circuito; todos ellos accesibles con facilidad pero fuera del alcance de materias inflamables.

En los aparatos que tengan muchas lámparas se forman con ellas grupos de 5 amperios provisto cada uno de su doble corta circuito.

Los diferentes circuitos de lámparas de arco comprenden un interruptor y un plomo fusible; y si se ponen resistencias se evitará el contacto con las materias inflamables separándolas de las paredes para que no padezcan por el calentamiento del conductor, y dispuestas de manera que aseguren la circulación del aire. Dichas lámparas se proveerán de envolventes y ceniceros teniendo sus tornillos terminales, los instalados en el exterior, bien abrigados de la lluvia y los choques, montándose los reóstatos sobre materia incombustible y no higrométrica.

A continuación se inserta un cuadro comparativo del precio en céntimos por carcel-hora de los diversos sistemas de alumbrado:

	<u>Céntimos</u>
Bujía esteárica.....	20
Lámpara de aceite.....	5,9
» de petróleo.....	2,7
Mechero bugía de gás (200 litros por carcel-hora).	6,0
» Mariposa » (127 » » »).	3,8
» Benget » (105 » » »).	3,0
» Auer » (20 » » »).	0,6
Lámpara eléctrica de incandescencia.....	3,0
Acetileno.....	1,0

Ventilación.—La higiene de las habitaciones exige estén perfectamente ventiladas, es decir, que el aire se renueve en ellas desalojando el viciado por la respiración de las personas, la calefacción y el alumbrado. No basta pues, para que un local sea sano y perfecta su habitabilidad, la amplitud, una buena orientación, número suficiente de ventanas ó balcones que permitan el acceso del sol y de la luz, del aire exterior, sino que se necesita además de todas estas condiciones que ese aire se renueve, y esto se realice conservando una temperatura agradable y beneficiosa, rayana en los 17°.

La ventilación se consigue con gran sencillez comunicando el local con una chimenea de aspiración, estableciendo una columna ascendente de aire caliente, merced á un hogar encendido, mecheros de gás, ó una toma de aire exterior; saliendo el aire viciado por la chimenea, reemplazándolo el puro que en invierno se calienta y en verano se enfría algo; utilizándose también el calor del humo para aspirar el aire viciado, haciendo pasar el tubo de humos por el interior del cañón de la chimenea de aspiración.

Otro sistema de ventilación es la inyección con ventiladores, del aire exterior, dando salida al viciado por otros de aspiración.

Pero la ventilación mejor se realiza por impulsión del aire, lanzándole horizontalmente en la parte superior de la habitación con velocidad de 6 á 10 metros por segundo, saliendo el viciado por aberturas al nivel del suelo.

Diversos son los métodos puestos en práctica para conseguir una buena ventilación basados en cuanto acabamos de exponer, dando lugar á la creación de varios tipos de ventiladores; siendo de muy buenos resultados y de fácil instalación los eléctricos, cada día más en boga para grandes locales, salas y talleres.

El ventilador de Branner, como el de Rebolledo, figuras 612 y 613 obedecen á una misma idea. En ambos el tubo de evacuación concluye en el tejado por una parte móvil acodada que penetra en un embudo horizontal en el cual entra el aire exterior, que para salir por el otro extremo encuentra antes una parte mas estrecha, formada por el espacio anular entre el tubo y el embudo, sufriendo una compresión y luego una brusca dilatación, que se traduce en la aspiración de la columna de aire que hay en el tubo de evacuación. En el sistema Rebolledo el aparato de entrada del aire puro es un tubo acodado de fundición introducido en un depósito con agua, para enfriarlo á su paso, y en comunicación con una gran masa de aire, un jardín por ejemplo, desembocando el otro extremo de la tubería en el local que se desée ventilar.

Por lo general el aire fresco entra en los aposentos por los aparatos de calefacción ó por conductos especiales dispuestos á semejanza de los de los caloríferos, que lo toman del exterior; y siempre estas tomas estarán alejadas de la boca por que se evacue el aire viciado, al abrigo de toda emanación insalubre, filtraciones de aguas ó gases del subsuelo ó de las alcantarillas. Claro es que la temperatura del aire á su entrada se regula en invierno á favor de los aparatos de calefacción mejor que en el verano, que para que tenga acceso á la debida se precisaría

hacerle recorrer galerías subterráneas que lo enfriaran, ó valer-se de otros sistemas á este fin.

El cálculo de la cantidad de aire fresco que debe introducir-se en un tiempo dado en un local, se basa en las siguientes consideraciones: En todo local habitado el aire para ser respirable no debe contener ácido carbónico en cantidad mayor de una milésima y 75 centésimas de humedad; así es, que si se tiene en cuenta que el hombre produce por hora 60 gramos de vapor de agua y 30 litros de ácido carbónico, que asciende á 80 ó 100 calorías la cantidad de calor debido á la respiración, y así mismo que el alumbrado y calefacción, según el sistema, también dan una gran cantidad de calor, todo lo que contribuye á elevar la temperatura del local, se puede determinar la cantidad de aire puro que debe reemplazar por hora al ya viciado. Y á ese fin se han realizado experiencias diversas además, que permiten asignar cuales son las cantidades de aire puro necesarias por persona y hora, así como por luz, que las resume el siguiente cuadro:

Hospitales (enfermedades contagiosas) ..	70 á 100 m ³ de aire		
» (idem epidémicas)	150 á 200 »	»	»
Salas de mujeres recién paridas	50	»	»
Cárceles	50	»	»
Fábricas y talleres ordinarios	60	»	»
Talleres y establecimientos insalubres ...	100	»	»
Cuarteles (durante la noche)	40 á 50	»	»
Teatros y salas de reunión	50 á 60	»	»
Escuelas	15 á 30	»	»
» de adultos (de noche)	35	»	»
Habitaciones ordinarias	15 á 25	»	»
Alumbrado de gás (por cada luz)	26	»	»
Vela de estearina ó de cera (idem)	6	»	»
» de sebo (idem)	1,66	»	»
Lámpara de temperatura elevada (idem) ..	24	»	»

En los talleres la ventilación se halla reglamentada, á fin de que conserven buenas condiciones de salubridad; prescribiéndose que el polvo y gases incómodos, insalubres y tóxicos se den salida al exterior conforme se forman, instalando chimeneas de campana para provocar la ventilación, ú otro aparato cualquiera que evacue los flotantes en el aire; que el polvillo producido por las muelas, pisones, máquinas trituradoras y sus similares, tan perjudicial á la salud, se absorba por ventiladores aspirantes enérgicos en comunicación con tambores instalados alrededor de las máquinas; que una vigorosa ventilación por la parte inferior se establezca donde haya gases pesados como los vapores de mercurio, sulfuro de carbono, etc., comunicando directamente las mesas y aparatos de trabajo con el ventilador; y en fin, que tanto la pulverización de materias irritantes ó tóxicas y operaciones análogas, zarandeado y envase, se hagan por procedimientos mecánicos y aparatos cerrados.

En los demás talleres se renovará el aire con ventiladores de uno ú otro tipo, á ser posible los eléctricos, de tan fácil instalación y buenos resultados, para que siempre conserve su estado de pureza; desalojándolos además durante las comidas é interrupciones del trabajo.

Ascensores y montacargas.—Su clasificación.—Los ascensores son aparatos que tienen por objeto subir hasta los diversos pisos de un edificio sin hacer uso de las escaleras, y los monta cargas sirven para elevar diferentes objetos á los pisos altos de talleres, almacenes etc.

En las viviendas modernas, donde se atiende á cuantos detalles de lujo y comodidad son apetecibles, tienen aplicación los ascensores, y más en las grandes poblaciones que el excesivo precio de los solares hace necesario construir edificios muy elevados, compuestos por tanto de muchos pisos.

Los montacargas se emplean en algunos talleres, en los almacenes de más de un piso y aún en edificios particulares, para

el servicio de sótanos, bodegas y cocinas á las habitaciones.

Se clasifican los ascensores, que en principio tienen el mismo modo de funcionar, por la naturaleza de la energía que produce su funcionamiento; pudiéndose decir que en la actualidad solo tienen aplicación los hidráulicos y los eléctricos, habiéndolos también de aire comprimido.

Todos ellos necesitan un mecanismo seguro que los permita subir y bajar con la debida velocidad, y otro que facilite las detenciones ó paradas, así como aparatos ó disposiciones que imposibiliten toda clase de accidentes.

Ascensores hidráulicos.—En estos ascensores hay varios tipos, comprendidos todos ellos en las dos agrupaciones de sin pozo y con pozo.

En los ascensores sin pozo el camarín está suspendido de uno ó varios cables que un motor cualquiera hidráulico, vertical ú horizontal dispuesto en el sótano, pone en movimiento. Otras veces se coloca el motor á nivel del suelo, en un patio, ó en la caja del ascensor.

Los ascensores Otis son de esta clase, y se componen de un cilindro motor de fundición, vertical generalmente, en el que vá un émbolo unido á dos vástagos acoplados, que atravesando sus correspondientes cajas de estopa se sujetan á una barra de hierro fija á la chapa de un polipastro; estando colgada la polea móvil de 4 cables de alambre de acero, de 15 milímetros, sólidamente sujetos á la armadura del edificio, los cuales después de pasar por la citada polea se arrollan á otra fija colocada en la parte superior y bajan para unirse al bastidor del camarín.

Por consumir estos ascensores mucha agua no son aplicables á las casas de alquiler, conviniendo solo para la elevación de pesos pequeños.

Los ascensores de pozo se dividen en ascensores no equili-

brados en la parte superior y ascensores de compensador ó equilibrados en la parte inferior.

El primero de los tres sistemas es el que ofrece mayor seguridad y sencillez. El camarín lo sostiene un émbolo, y vástago á la vez, que se mueve en un tubo cilíndrico introducido en un pozo de igual profundidad que la altura máxima que haya de salvarse; estando dicho camarín guiado por dos carriles verticales. Tiene el inconveniente de consumir mucha agua, que no solo ha de emplearse en elevar las personas sinó el camarín y el vástago émbolo; por esta razón su uso está indicado para cursos cortos y carga pequeña, á menos de disponerse de agua suficiente y á alta presión, como en las grandes poblaciones, que entonces se instalan en edificios de varios pisos.

Los ascensores equilibrados superiormente son iguales á los anteriores con el aditamento de un contrapeso que equilibre el peso del camarín y vástago; contrapeso ligado al camarín por un cable metálico ó cadena, que á su vez equilibran las oscilaciones en el peso, resultantes de la inmersión ó salida más ó menos grande del émbolo. Por tanto el agua motriz solo se dedica á elevar el peso de las personas, siendo muy limitado el consumo, y resultando económico el sistema, que ofrece toda clase de seguridades.

En el sistema de ascensores equilibrados con compensador se requiere un órgano, el compensador, que sea quien equilibre el peso muerto del camarín y del émbolo por medio de un contrapeso. Unas veces, como en el del modelo Tomasi, el compensador es otro cilindro hidráulico en comunicación con el del ascensor, de muy pequeño curso, un décimo del de éste, y que por tanto para que el equilibrio se realice se necesita cargarlo con un contrapeso de 10 veces el peso del camarín y vástago; y otras, cual ocurre en el Edoux, la acción equilibrante es directa y por consiguiente la presión no es superior en ninguno de los órganos á la de las cañerías de distribución de la ciudad.

Ascensores eléctricos.—Los ascensores eléctricos son semejantes á los ascensores sin pozo; y se reducen á un camarín mantenido vertical entre dos ó cuatro guías, al que da movimiento un cable de acero que lo recibe de un torno situado en la parte superior ó inferior del aparato accionado por un electro motor que recibe la corriente de los cables generales de la ciudad.

El ascensor Otis (figuras 614 á 616) se compone del camarín suspendido por cuatro cables, formando dos grupos de dos cada uno, que pasan por una polea situada en la parte más alta y descienden lateralmente de ambas paredes del camarín, á derecha é izquierda de una pieza de madera OO' hasta un torno situado en el sótano, en el cual se arrollan. Los aparatos son accionados directamente por la energía eléctrica de corriente continúa que suministran las fábricas de la ciudad. Para el ascenso ó descenso, apoyando el dedo en un botón se pone en movimiento una báscula transmittiéndose la corriente por un servomotor á la dinamo receptora que produce la rotación del torno por medio de un tornillo sin fin y una rueda dentada de bronce fija al eje de aquel, al que se arrollan los cables de suspensión del camarín y dos en sentido opuesto que sostienen el contrapeso. En la parte superior hay una polea por que pasa un cable especial que acciona un regulador de fuerza centrífuga, de bolas, cuyo objeto es moderar la velocidad con que suba ó baje el camarín, si llegara á ser exagerada.

Tiene también dicho ascensor su aparato de seguridad que impide la caída del camarín si se produjera la rotura de algún cable. La figura 615 lo pone de manifiesto. Los cuatro cables van fijos dos á dos á dos piezas idénticas RR' , oscilantes alrededor del eje C por medio de las varillas gg' á que se unen los dos cables del grupo correspondiente, de suspensión del camarín. Si por ejemplo se rompe el cable á que se liga la varilla g la pieza RR' gira alrededor de C en el sentido f , el tope r

tropeza y empuja á la palanca p , oscilante alrededor de x , que produce el apriete de la cuña K al tiempo que el extremo de la palanca p se encaja en el montante $00'$ de madera que hay á todo lo largo del curso del ascensor. Si por el contrario es el cable de la varilla g' el roto, la rotación de la pieza $R R'$ tiene lugar en sentido de f' , siendo entonces el tope s el que tropeza y empujando á la palanca q produce el giro de ésta y la p alrededor de su eje x , originando la p el apriete de la cuña K y el agarre de la extremidad de p en el montante de madera $00'$, impidiéndose en ambos casos la caída del camarín.

Montacargas.—Los montacargas son ascensores en que el camarín está sustituido por un cajón, pues, dado su objeto de elevar diversas clases de objetos más ó menos pesados, es suficiente. Aunque pueden ser de cualquiera de los tipos descritos de ascensores, generalmente son mecánicos, dándoles movimiento una cuerda sin fin que se arrolla á un torno, provisto de topes de parada automática y freno.

Tubos acústicos.—Teléfonos.—En las casas y oficinas se emplean para comunicarse de unos pisos á otros tubos acústicos, de caucho ó flexibles con envuelta de tejido de algodón, lana ó seda en las partes móviles que llevan la boquilla, siendo las fijas de zinc y mejor de cobre pulimentado interiormente. En cada extremidad tienen una boquilla y silbato, ambos objetos de madera. Para utilizarlos se saca de la boquilla el silbato, que queda colgando, y se sopla en el tubo que hace sonar el silbato puesto en el otro extremo, á cuyo aviso la persona con quien se quiere hablar repite igual operación y ya se ponen en comunicación.

El teléfono es de aplicaciones más amplias, pues permite la comunicación con locales ó dependencias separados en distintos edificios aunque estén lejanos, y entre poblaciones diferentes unidas por la misma red.

Los hoy en uso son de los llamados de pilas, que permiten

la comunicación á distancias mayores por la combinación de los teléfonos magnéticos y micrófonos, habiéndolos de diferentes modelos; siendo su funcionamiento tan conocido, que no hay para qué insistir sobre él.

Timbres.—En la inmensa mayoría de los edificios se establecen hoy timbres eléctricos, en sustitución de las antiguas campanillas, que precisaban para su funcionamiento, aparte de los llamadores, cordones de más ó menos lujo terminados generalmente por borlas, apoyos, muelles, armillas, tubos ó conductos, cambios de tiro, trinquetes y alambres. Son dichos timbres de instalación fácil, y merced á los cuadros indicadores permiten saber en qué habitación se ha llamado. Una campana ó timbre, un cuadro indicador, pilas eléctricas compuestas de un par por cada 20 metros de circuito próximamente, conductores y botones de llamada, son los elementos que entran en su instalación; en la que habrá que cuidar de que los conductos estén separados de los parajes húmedos, de las cañerías de agua y de gás y de los objetos metálicos, aislándolos con caucho de no poder evitarlo; así como al atravesar paredes ó puertas, que los empalmes se hagan por medio de soldadura, cubiertos luego con su capa aisladora, quedando bien tendidos y sujetos por aisladores.

Pararayos.—Los pararayos impiden que se acumule la electricidad en la superficie de la tierra, tendiendo además á reducir á su estado natural las nubes, previniendo por ese doble efecto la caída del rayo, y cuando no es suficiente á ello y la descarga se produce, recibe el pararayos por su mayor conductibilidad la descarga, preservando el edificio donde se halla instalado.

Se admite con algunas ligeras restricciones en determinados casos, que una barra pararayos protege el volúmen de un cono recto cuyo vértice sea la punta del pararayos, de altura igual á la de la barra contada desde el caballete del edificio, y

de radio de la base el producto de esta misma altura por 1,75; separando algo más en la práctica dos pararrayos contiguos, que se enlazan por un circuito de caballete.

El pararrayos se compone de una barra metálica terminada en punta y un conductor metálico que parte del extremo inferior de la barra y va á parar á un pozo con agua. La forma de las barras suele ser ligeramente cónica de un centímetro de diámetro en su parte superior y seis en la inferior, con una altura de 10 metros como máximo, pues para la protección de extensiones grandes se prefiere multiplicar el número de pararrayos. En el extremo superior lleva una punta de platino de cinco centímetros de longitud cuando menos.

El cable conductor se fija á un collar de hierro compuesto de dos piezas que por medio de tres pernos le sujetan á la barra ajustándole á ella, interponiendo entre ambas superficies, para que el contacto sea más perfecto, una plancha de plomo que se adapta bien á las desigualdades que pudiera haber, soldando luego con estaño la junta. Dicho conductor se sostiene en diferentes puntos por apoyos de hierro forjado y á su llegada al suelo se cubre de una capa de alquitrán hasta su extremo, pasando por otra de carbón antes de sumerjirlo en el pozo en agua. La extremidad, con garfios de varias puntas y mucha superficie, que se galvaniza, está constantemente en agua cuando menos á un metro de profundidad.



CAPITULO XIII

Pavimentos de calzadas y avenidas.

Cuando hemos tratado de los pavimentos dejamos para este lugar ocuparnos de los de calzadas y avenidas, ya que en realidad entonces nos referíamos á los de edificios.

Estos pavimentos se pueden hacer de varios modos, dependiendo su construcción de los materiales que los constituyen, que al propio tiempo les dan nombre. Así es que se clasifican en empedrados, ya sean éstos con morrillos, con piedra machacada, con piedra y gres y granito, de asfalto, y entarugados con madera.

Empedrado con morrillos.— Es éste un empedrado, que aunque muy usado, se ha ido sustituyendo por los más modernos de adoquines, pues resultaba sumamente incómodo para los peatones. Preparada la caja y hecho firme un lecho de arena, sobre éste se van disponiendo las piedras con la parte más gruesa para abajo á fin de que no se hundan en el suelo, rellenando los intersticios con arena ó mortero, y asentándolas con el martillo de empedrador y pisones de madera.

Empedrados con piedra y gres.— Para colocar estos empedrados, que más bien son adoquinados, se abre primero la caja, en cuyo fondo se pone una capa de arena de 10 á 20 centímetros de espesor, sobre la cual van los adoquines. Estos, de piedra asperón, ó de grés, suelen tener de ordinario de 16 á 20 centímetros por 10 á 14 de espesor; y la arena usual, cuyos granos estarán comprendidos entre 1 y 3 ó 4 milímetros,

deberá estar seca y limpia de tierra, cribándola en una zaranda de tela metálica de malla de cinco milímetros.

Dicha arena se extiende en la caja una vez que fuere preparada, se ponen las maestras, que formarán los extremos de los tramos, y los cordones ó carreras transversales, hechos unas y otros con los mismos adoquines; pudiéndose empezar por los *encintados* de igual ancho y altura que los adoquines y 35 á 45 centímetros de longitud. Las maestras, que se nivelan antes de asentarlas, se disponen alternativamente paralelas y perpendiculares al eje de la calzada, afirmándolas seguidamente con el martillo y rellenando con arena seca las juntas.

Hecho esto se asientan los adoquines por hiladas perpendiculares y paralelas al eje de la calzada, dejándoles unos tres centímetros más altos que la línea del trazado para luego llevarlos á su sitio por el apisonado, echando en las juntas arena mojada hasta rebosar, golpeándoles luego, dejando caer el pisón (de 30 kg. de peso) con fuerza desde medio metro de altura próximamente, en la cabeza de cada adoquín para comprimir la arena de las juntas y la puesta debajo de la cola de los mismos, que quedan así muy seguros; lográndose que al paso de carruajes la trepidación producida haga que al tratar de moverse algún adoquín la arena misma, movediza, busque la posición de equilibrio.

Los badenes para que corran las aguas los forman adoquines maestros, alternados para que entren mejor, y de doble tamaño ó al menos vez y media que el de los ordinarios.

En vías recorridas por tranvías, así como en las de gran circulación, la fundación se hace sobre un lecho de hormigón de cemento de 15 centímetros de espesor.

Como la arena es elástica é incompresible mojada y comprimida, el peso que soporta cada adoquín se reparte sobre una parte de la caja de más extensión que la base inferior de éste. La figura 619 representa un andén de granito.

Afirmados con piedra machacada.—El afirmado de carreteras ó *macadam*, además de producir mucho lodo con las grandes lluvias y por consiguiente mucho polvo durante la sequía, es bastante costoso; razón por la que las grandes vías afirmadas lo son mixtas, teniendo la parte central con macadam y á cada lado una faja adoquinada, si bien actualmente se van sustituyendo por los entarugados de madera y el asfalto.

El afirmado de aquellas carreteras y vías se verifica por medio de piedra machacada ó *balasto*, de 15 centímetros de espesor, extendida en una caja apropiada, que se cubre con otra capa de igual espesor de piedra machacada, sobre la que va otra de arena como *recebo* para que el firme haga *clavo*, regando luego y pasando el rodillo compresor hasta su consolidación.

Calzadas asfaltadas y de betún.—Aunque ya algo digimos de esta clase de pavimentos, muy usual en talleres, ampliamos ahora aquellas indicaciones. Tanto el asfalto, como el betún ó mastic bituminoso, afectan la forma de *panes*, de distinta dimensión según el tipo ó procedencia. Estos panes partidos en trozos se vuelven á fundir en una caldera de palastro, portátil ó ambulante, que se coloca á las inmediaciones de la obra añadiendo betún ó brea y gravilla, y una vez bastante pastosa la masa se la extiende sobre la superficie que la ha de recibir valiéndose de una pala de hierro ó vertiéndola haciendo girar el caldero.

Antes hay que preparar la citada superficie haciendo un firme de hormigón hidráulico, sobre una capa de piedra machacada, apisonada y bañada con una lechada de cal hidráulica; no extendiendo el asfalto ó betún hasta estar completamente seco el hormigón, y haciéndolo por fajas limitadas por reglones de metal con preferencia á la madera, que limitan su altura,

cuidando de rociar con arena la superficie aún caliente del asfalto ó betún incrustando los granos golpeando con una talocha.

Dichas calzadas, que representan las figuras 617 y 618, indicando un andén con betún y la sección de una calzada asfaltada, son cómodas para los peatones, higiénicas, muy iguales y no producen ruido; pero en tiempo de lluvias resultan muy resbaladizas, precisando echarlas arena,

El asfalto comprimido se emplea también, tanto en polvo como en losas, en travesías de poco tránsito y paseos.

Entarugados de madera.—Este tipo de pavimentos de calzada ó vías que hacen un piso suave, sin ruido, y muy apropiado á todas las estaciones, aunque resbaladizo, se construye de la siguiente manera:

Sobre un suelo bien amaestrado se funda con hormigón formado por una parte de cemento Portland y siete de una mezcla de un tercio de arena por dos tercios de piedra machacada, hasta obtener una capa de 15 á 30 centímetros, que se apisona é iguala su superficie y arregla según el perfil ó bombeo, y enluc con cemento Portland.

Los tarugos de madera (pino rojo, abeto del Norte, etc.) cortados normalmente á las fibras, y de 21 á 22 centímetros de longitud por 7,5 á 8 de ancho y 11 á 15 de altura, no se asientan hasta pasados unos cuatro días de hecha la fundación.

Antes de asentarles se les introduce en una composición de coaltar, cresota y creta arcillosa, en caliente, por unos 20 minutos, como preservativo de la humedad; y se van poniendo por hiladas normales al eje de la calzada, la mayor dimensión en este sentido y la menor paralelamente al eje y á juntas encontradas, asegurando las separaciones entre juntas latas de madera de un centímetro en el fondo de aquellas, que se rellenan con mortero de cemento líquido, ó también con una mezcla de brea y creosota derretida en caliente, desde los 2 ó 3 centímetros del fondo á la mitad, y con mortero suelto de arena fina y ce-

mento Portland el resto; guarneciendo las hileras transversales en cuadro entre dos longitudinales; y dejando un espacio libre de 3 á 4 centímetros entre la última de éstas y el encintado de los andenes, el cual se rellena de arcilla plástica ó arena, que permite la dilatación; recubriendo todo de grava fina ó arena que penetra en la madera y dá más dureza.

Las figuras 620 y 621 dan idea de la planta y sección de una calzada de madera.

Los tarugos de madera para calzadas en Lóndres tienen 25 centímetros de longitud, 10 de ancho y 15 de altura; y se disponen sobre un lecho de arena de 20 centímetros de espesor, relleno de las juntas con asfalto.

En América se colocan de punta, alquitranados hasta la mitad de su altura, sobre un suelo de tabla de chilla dispuesto encima de una capa de arena bien nivelada; estando dichos cubos separados por una lata alquitranada, que por medio de un clavo las distancia 5 milímetros para que sin levantarse se dilaten. Va el todo enarenado y alquitranado.



CAPÍTULO XIV

Condiciones generales de todo establecimiento industrial.

*—Disposición de talleres.—Instalación de motores,
hornos y maquinaria.—Chimeneas.*

Condiciones generales de todo establecimiento industrial.—En los capítulos anteriores hemos dado una idea de la manera de construir los edificios. Cimentación, muros, huecos y vanos, cubiertas, pisos, puertas, ventanas y escaleras, todo cuanto contribuye á la edificación lo hemos analizado; poniendo asimismo de manifiesto los sistemas de calefacción, alumbrado y ventilación más convenientes, los medios de conseguir el saneamiento de los locales, la distribución del agua en ellos, etc. En este capítulo hemos de hacer aplicación de ese estudio á la construcción de talleres, al establecimiento de una fábrica.

La implantación de toda industria es fruto de un detenido estudio técnico y económico, complementándose ambos; pues el desideratum del fabricante es obtener productos que compitan en bondad y precio con sus similares nacionales y extranjeros.

Un concienzudo análisis de los diferentes sistemas de fabricación, para elegir con acierto el que deba adoptarse á fin de conseguir el producto apetecible con unas primeras materias dadas y determinada maquinaria, en la magnitud ó con el desarrollo preciso para que la producción esté en relación con la demanda, y la marcha de la fábrica sea regular y ordenada,

constituye el estudio técnico, previo al establecimiento de cualquiera industria; y el cálculo del precio á que se obtendrá el producto elaborado, gravándole, además del importe de la mano de obra y materiales, de los sueldos del personal facultativo y de administración y gasto de motores y atenciones generales de la fábrica, con el tanto por ciento de amortización del capital representado por el valor de los terrenos, edificios y maquinaria, es el estudio económico de la cuestión, que ha de poner de manifiesto la conveniencia de tal industria. Y como de la amplitud que se la dé depende la magnitud de medios, á estos habrá de ceñirse el proyecto de fábrica, la fijación del número y situación de dependencias, la asignación de locales ó edificios para personal, oficinas, talleres, almacenes, etc., el programa de necesidades, en una palabra, á que se habrá de ajustar el estudio de las construcciones que deban realizarse, de las vías de comunicación necesarias entre talleres y almacenes, de los motores más apropiados y económicos, del sistema de alumbrado exterior é interior, calefacción, ventilación y demás.

Como regla general, todo establecimiento industrial debe instalarse en lugares dotados de abundantes vías de comunicación que faciliten el acopio de materiales y la salida de los productos elaborados, en las zonas ó cuencas mineras, ó en la proximidad de los centros productores de las primeras materias.

También contribuye á la elección de localidad la cercanía de buenos saltos de agua que permitieran á relativo poco coste, aprovechar su energía directamente en adecuados receptores hidráulicos, ó como fuerza de una central eléctrica.

Y si los establecimientos fabriles han de dedicarse á la elaboración de material de guerra entra además como factor importante para fijar su situación, el valor militar de la misma, pues ha de estar á cubierto de un golpe de mano en caso de guerra, asegurando así su funcionamiento en todo momento.

Por tanto, las condiciones exigibles á todo establecimiento

industrial son, respecto á su situación, hallarse en una comarca productora de las primeras materias, con suficientes vías de comunicación, y á ser posible próximo á buenos saltos de agua; y en cuanto á su extensión toda la que permita el desarrollo é importancia de la fabricación á que haya de dedicarse, disponiendo sus edificios con preferencia en terreno llano, sin sensibles diferencias de nivel, debidamente separados según su aplicación, y aparte los talleres de los destinados á oficinas, almacenes y viviendas, con calles amplias entre ellos, alumbradas convenientemente, surcadas de vías férreas, en determinadas industrias sobre todo, con muelles de carga y de descarga para el mejor transporte de efectos y primeras materias dentro y fuera del recinto; bien entendido que á veces lo que parece un mayor gasto ó un gasto supérfluo, es después una economía ó un gasto reproductivo.

Disposición de los talleres de una fábrica.

—Depende la disposición de los talleres de una fábrica de la magnitud ó extensión de ésta y del trabajo que en cada uno de ellos se realice.

Por regla general en todo establecimiento industrial los talleres se agrupan con relación ó en armonía de sus propios productos.

Así por ejemplo, una fábrica constructora de piezas de artillería dotadas de todos sus elementos, montajes y carruajes, proyectiles, escudos metálicos y corazas, y en la cual también se obtengan el hierro y acero y demás materiales precisos para tales producciones, tiene que ser forzosamente un establecimiento vastísimo, que además debe contar con un campo de experimentación ó de pruebas, aunque próximo, suficientemente distanciado. Y si atendiendo á otro orden de ideas es de conveniencia para conservar un personal idóneo, especial de ciertos oficios, procurarle viviendas, cabe adicionarla un barrio obrero de habitaciones higiénicas y cómodas donde se les facilite á

bien pequeño precio confortable alojamiento; sistema éste reproductivo, pues en un lapso de tiempo pequeño amortiza ese gasto el beneficio que en los jornales se obtendría y sobre todo la permanencia y constancia en las labores, de tales operarios, que á su vez transmiten á sus hijos el aprendizaje de dichos oficios y con él el amor á la fábrica.

Un centro fabril de tal naturaleza constará, por tanto, en primer término, de un grupo de edificios aislados, dedicados á pabellón para el director, y si conviniese para parte del personal facultativo y de administración, oficinas, biblioteca, salas de dibujo y de modelos, de reproducción y archivo de planos, gabinetes para ensayos químicos y mecánicos de primeras materias, hierros y aceros, etc.

Una agrupación de talleres constituirá la acerería, que cuando menos constará de un gran taller con hornos Siemens en el número y de la capacidad necesarios á la producción de la fábrica, con sus naves de colada, y gasógenos; otro de moldeo, escarpa, limpia y reconocimiento de las piezas moldeadas de acero; laboratorio químico; talleres de gran forja por la prensa ó el martillo, con sus hornos de recalentar; y á las inmediaciones otro donde se registren los bloques de acero; templadero, etc. Otro grupo lo formarán los talleres de afino, pudlaje y laminado de hierros y aceros redondos, cuadrados, planos y de figura; de estirado de chapas, con sus sierras de disco, tijeras etc.; de pequeña forja; los de fundición de hierro, con sus cubilotes, reverberos, naves para la colada, moldeo, desmoldeo, escarpa y limpia, estufas ó secaderos; taller de preparación de arenas; fundición de bronce y latón; y en algunos establecimientos que producen el lingote de hierro, hornos altos con todos sus accesorios.

Los talleres dedicados á la construcción de artillería constituirán otro grupo de edificios formado por un taller de preparación de tubos, manguitos y sunchos, otro para sunchar y

enmanguitar, un gran taller ó más en que se barrenen, tornéen, rayen y concluyan los cañones y se construyan sus cierres y elementos de puntería, y otro para pavonado y nikelado. Para la fabricación de sus montajes y carruajes se necesitan talleres ámplios; é igualmente para la de proyectiles.

Además una fabricación de tal importancia precisa uno ó varios talleres dedicados á la confección de herramientas y plantillaje y reparaciones de maquinaria; una gran central eléctrica que surta de fuerza y luz á los talleres y demás dependencias; y por último, almacenes de primeras materias y de efectos concluídos; grandes tinglados para la conservación de carbones, minerales y lingotes, arenas, etc.; talleres de carpintería y modelaje; muelles de carga y descarga; básculas para carros y wagones; vías férreas de enlace de unos talleres con otros y con el exterior, cocheras para la conservación del material de transporte, locomotoras, trucks, wagonetas, gruas, etc., y á distancia un polígono ó campo de pruebas, con edificios blindados para observación y para aparatos balísticos; almacenes de efectos para el servicio del material; y polvorines; sin olvidar los locales destinados á servicios sanitarios y de incendios.

Los diversos talleres que forman cada agrupación conviene colocarlos de modo que los productos que se obtengan en uno, para ser concluídos en los otros pasen sucesivamente del primero al último, sin volver atrás ni recorrer dos veces el mismo camino, lo que produce economía de tiempo y de transportes. Y por igual razón debe estudiarse con atención preferente la situación de cada local ó edificio á conseguir aquel fin.

Aparte de la disposición general de los talleres y edificios de una fábrica, obedeciendo á tal orden de ideas puestas de manifiesto en los párrafos anteriores, en un mismo establecimiento fabril tiene cada uno de aquellos una disposición particular, inherente al trabajo que en él debe ejecutarse, y todos á su vez generalidades que obedecen á un plan armónico en el

que se aunan el aseo, la comodidad y el bienestar del operario con la más beneficiosa distribución de los elementos de trabajo.

Así es que todo taller reunirá condiciones de salubridad que hagan grata su estancia en él, pues es de equidad que el operario que ve deslizar las horas al lado de la máquina, junto al torno, ú ocupado en determinada labor, halle cuantas comodidades sean factibles, ventilación, luz abundante así de día como de noche, temperatura agradable, amplitud y cuanto á su higiene sea preciso. Por ello, las proporciones de las diferentes naves que constituyan los talleres deben ser apropiadas; sus cubiertas bien elevadas para que haya un volumen de aire en relación con el número de operarios y el gasto de oxígeno que la calefacción, alumbrado y ciertas operaciones exigen; la luz suficiente, teniendo además de la que penetra por las ventanas de las fachadas, que deben hacerse lo más grandes que sea compatible con la naturaleza del edificio, la difusa que proporcionan los ventanales ó claraboyas á todo lo largo de los faldones más cortos de las cubiertas Shed, las más apropiadas á esta clase de edificios, ó la zenital de las de dos aguas y faldones iguales provistos ambos á toda su longitud de vidrieras á aquel fin; la temperatura comprendida entre 14° y 16°, que se consigue en el invierno con un adecuado sistema de calefacción y en verano con ventiladores, y á que contribuye de modo evidente la elección de cubierta según los países. Si á esto se añade que el operario debe tener en el taller, en locales próximos y adecuados en comunicación con él departamentos donde dejar su ropa con la conveniente separación, y en qué poder lavarse, y sus correspondientes urinarios y retretes inodoros por agua á presión, se tendrá idea de lo que es un taller moderno.

Como disposición bien estudiada, conforme á cuanto queda enumerado, merece especial mención la de los talleres y dependencias de la fábrica de máquinas y herramientas instalada en

Berlín, perteneciente á Ludw Loewe y compañía, que debe su origen á la implantación del sistema de producción mecánica é intercambiable para obtener máquinas operadoras con que trabajar los metales y maderas. Dicha fábrica descrita en el «Memorial de Artillería» es un modelo y por eso estimamos debemos darla á conocer, ya que responde á una organización racional y bien meditada de los servicios para conseguir productos de notable perfección y económicos, proporcionando al obrero además de un buen jornal, comodidades que engendran el cariño á su fábrica y una gran satisfacción interior, á la vez que contribuye á su educación. La representa la figura 621.

Ocupa el centro de ella un edificio en forma de U de tres pisos A destinado á oficinas de la Dirección y Administración, con dos salas de dibujo, una para el taller de construcción de máquinas B y otra para el de herramientas E con los que comunica por dos puentes, haciéndolo de igual manera con un almacén ó depósito de modelos D, que pone en relación otro puente con el taller en que se construyen C; habiendo además en dicho edificio departamentos para reproducciones de planos, biblioteca, salón de lectura, para estancia de las comisiones receptoras, enfermería y otros servicios especiales. El hueco interior de la U formada por las tres naves que constituyen dicho edificio es una gran sala ó almacén F de máquinas concluidas, que se prueban aisladamente ó las instalaciones completas, á la vista del comprador, empacándolas seguidamente y disponiéndolas sobre los wagones del ferrocarril del Estado, del que penetra un ramal en la fábrica.

El taller de construcción de máquinas consta de un gran departamento de un solo piso B', de 111 metros de longitud por 30 de ancho, adosado á un edificio A de tres alas con igual número de pisos y un sótano, en los que se garlopan, fresan, tornean, taladran y rectifican las diversas piezas que constituyen las máquinas, se fabrican los tornillos, botones, mangos y

cuantas piezas son susceptibles de hacerse en máquinas revolver, y donde se reúnen los elementos constitutivos de las transmisiones y se arman las máquinas, reconocen y ensayan; además de poseer cada sección de las diferentes en que se divide el trabajo su depósito de herramientas, calibradores y plantillas, que están rodeados de bastidores de tela metálica para facilitar la vigilancia.

El de herramientas y calibradores E es semejante y simétrico al anterior, constituido por un edificio idéntico de tres alas, con tres pisos y sótano; siendo muy interesante la sección dedicada á la construcción de calibradores que recibe directamente la luz del Norte, con un local á temperatura constante en que se halla una máquina de medir que aprecia diferencias de una cienmilésima de pulgada.

Sigue á este taller el de forja G de un solo piso, con aparatos para absorción de humos, y vías férreas, depósito de aceros, y la sección de recocido, temple, revenido y enderezado de las piezas que tuercen al temprar.

Detrás de este taller están la central ó fábrica de energía eléctrica H, también de un solo piso, con una capacidad total para fuerza y luz de 1525 kilowatios; y los talleres de fundición.

Tanto el taller de construcción de modelos como el depósito de éstos son dos edificios semejantes de tres pisos y sótano, en los que hay una bien estudiada red de tubos para poder inundar de vapor de agua ambos locales en caso de incendio.

Un laboratorio admirablemente dispuesto y surtido para toda clase de análisis químicos y ensayos de materiales, un departamento para calefacción, escuelas de aprendices, y otros para diferentes servicios completan los edificios que forman tan hermosa é interesante fábrica.

Además de comunicarse los talleres con el edificio central

por medio de los diferentes puentes que los enlazan, un ferrocarril sistema Hunt, que recorre todos los edificios en sus diferentes pisos y demás dependencias y se extiende por las calles que los separan, facilita el transporte de efectos con un reducido personal; complementándose este servicio con el que prestan ascensores instalados en todos los locales. De ello da idea la figura 622.

Todos estos edificios reciben la luz por grandes vidrieras de hierro que ocupan en su casi totalidad la superficie de sus fachadas y cuyos vidrios estriados impiden se vea á través de ellos el interior; habiendo uno corredizo en cada vidriera para dar entrada al aire exterior cuando se desée. De noche los alumbran interiormente focos de luz eléctrica por arco y lámparas de incandescencia, y exteriormente lámparas de arco.

El suelo de los talleres está formado por lechos de tabla gruesa, no sobresaliendo de él los carriles y placas, y los techos están preparados para la colocación de los soportes de árboles y transmisiones sin necesidad de taladrar viguetas, haciéndose rápida la maniobra de cambio de situación de tales soportes.

El movimiento lo producen motores eléctricos de 10 á 25 caballos que mandan líneas cortas de árboles y accionan grupos de máquinas; estando dotadas las grandes de motores á ellas acoplados.

Los ascensores funcionan por el aire comprimido, que también se emplea para dar movimiento á los taladros portátiles y buriles y en la limpieza de piezas trabajadas.

La calefacción de todos los locales se consigue inyectando en los distintos departamentos valiéndose de ventiladores eléctricos, después de calentado, el aire fresco aspirado del exterior en la parte alta de los edificios, instalación tal que sirve á la vez de ventilación y en verano suministra aire fresco.

El polvillo que se produce en algunas operaciones, así de madera como de hierro, lo recogen tubos aspiradores.

Todos los talleres tienen cuartos de aseo (fig. 625) con roperos ó armarios de tela metálica A, donde á la entrada y suspensión de los trabajos dejan las prendas los operarios, con completa separación, lavabos con grifos de agua fría y caliente para poderse lavar á la temperatura que convenga, y retretes y urinarios inodoros, y aún cuartos de duchas en algunos de los departamentos.

Por regla general los talleres de fusión del acero, como los de gran forja y de temple, los de afino y pudlaje del hierro, los de laminado, y los de fraguas y de fundición, se hacen de un solo piso, cerradas sus fachadas ó abiertas, siendo en este caso tales cobertizos. En su composición entra casi totalmente el hierro, pues de tal material son las armaduras tipo Polonceau ó inglesas que se unen á columnas de hierro cruciformes ó cilíndricas enriostradas debidamente, y las cubiertas de chapa ondulada galvanizada con linterna y vidrieras ó claraboyas á lo largo de los faldones, siendo también de hierro las vigas á que se fijan los rails para las gruas aéreas de que están dotados; variando el número de las naves y su disposición con el objeto y capacidad de los talleres, cerrados en unos casos lateralmente por celosías de hierro con vidrieras que solo bajan lo suficiente á impedir el acceso del agua cuando llueve, y en otros por sus correspondientes fachadas de ladrillo ó piedra, que entonces están provistas de grandes vidrieras de hierro y puertas adecuadas al paso de wagonetas, gruas pescantes, etc. El piso suele ser de tierra ó de placas de hierro, con vías férreas para facilitar el transporte. La recogida y bajada de aguas se hace por canalones de hierro en las limahoyas descendiendo por el interior de las columnas. El alumbrado suele ser por medio de focos eléctricos de arco.

Los talleres de maquinaria pueden ser de uno ó de varios

pisos según la clase de industria, y desde luego de uno cuando las operadoras que contengan y las piezas que se trabajen sean de gran peso. Estos, cual los dedicados á la construcción de cañones, montajes y carruajes, placas de blindaje, etc., están constituidos de varias naves de longitud proporcionada á su anchura, excediendo casi siempre de los 100 metros, y de la debida altura. Las paredes que limitan el edificio se hacen de ladrillo y sillería reforzadas interiormente con gruesas pilastras de sillería ó columnas cruciformes de hierro ó de celosía que soportan los carriles de las gruas aéreas que en número de dos cuando menos debe tener cada nave, sirviendo al propio tiempo para la fijación de soportes para árboles y transmisiones. Las puertas y ventanas en número suficiente, y estas ocupando gran parte de las fachadas, de hierro con vidrieras, de gran altura, que á veces se reduce algo disponiendo sobre ellas una fila de ventanas más anchas que largas. Debe tenerse en cuenta que todos los vanos son más económicos y de más fácil construcción de forma rectangular ó adintelados que en arco, así como de mayor luz, y lo mismo decimos de las puertas y ventanas que les correspondan. Las naves centrales llevan columnas sencillas, cruciformes, dobles ó formadas por la reunión de cuatro, y sirven para sostener los soportes de los árboles de transmisión y los rails para las gruas y además las tijeras de las armaduras las más de las veces. Las cubiertas son por lo general de chapa ondulada con linterna y vidrieras á lo largo de los faldones, aunque en ciertas localidades se hacen de teja plana. El pavimento de placas de hierro y con preferencia, por la duración, de cemento ó asfaltado, con vías férreas.

Estos talleres necesitan calefacción, y el sistema más frecuentemente adoptado el de vapor á baja presión; disponiéndose entonces á lo largo de las naves, apoyados en soportes que se fijan á las columnas, tubos radiadores de hierro puestos horizontalmente, empalmados unos á otros. La ventilación en el

verano se consigue con ventiladores eléctricos convenientemente situados.

Además de los cuartos para maestros, herramientas y plantillaje, aparatos de reconocimiento y primeras materias, llevan anexo uno con armarios ó perchas para dejar la ropa los operarios y otro con lavabos, retretes y urinarios inodoros. Esto es general en todos los talleres, y en caso de no poder establecerse en los mismos se pone el local de aseo é higiene fuera pero con acceso por ellos.

El alumbrado general de estos talleres es el de focos eléctricos de arco, y para algunas máquinas y los bancos de ajustadores lámparas de incandescencia.

La figura 625 representa un taller para construcción de placas de blindaje, de los establecimientos Vickers, Sons and Maxim de Sheffield, cuyo edificio en su estructura, disposición y construcción obedece á las ideas que quedan apuntadas.

Los talleres de maquinaria para el trabajo de piezas más pequeñas, como los dedicados á la construcción del armamento y cartuchería, los de ajuste, construcción de herramientas, etc. de un solo piso son análogos en su disposición á los de fabricación de artillería, de blindajes, montajes, proyectiles, etc.; las armaduras que más les convienen las Shed por las razones expuestas al tratar de ellas; las cubiertas á ser posible de teja plana con doble entablonado de 2 á 3 centímetros, ó un cielo raso y un entablonado bajo las tejas para que no se hagan tan sensibles los cambios de temperatura; los muros de ladrillo de asta y media ó dos astas reforzados con columnas ó pilstras para soportes de árboles y transmisiones y gruas aéreas; columnas intermedias de hierro que forman las distintas naves, en las que se fijan las transmisiones; pavimento de cemento, asfalto ó entarimado, estableciéndose éste sobre viguetas y bovedillas por las que circule el aire mediante respiraderos

abiertos en los muros; grandes ventanales de hierro con cristales; calefacción de vapor, alumbrado eléctrico, etc.

En algunos talleres de este tipo se les coloca un piso estrecho de cada lado y aún en el centro apoyado á cierta altura sobre mesetas ó columnas, para poner bancos para ajustadores ó máquinas pequeñas.

Siempre que convenga aprovechar el terreno y que no hayan de contener máquinas muy pesadas ni producirse grandes trepidaciones se hacen de varios pisos los talleres; pudiendo ser edificios con una ó varias alas y tener cada una de ellas más de una nave. Los cierran muros de ladrillos, generalmente, y en el intermedio van filas de columnas de hierro colado empotradas unas en otras hasta alcanzar la altura de la armadura ó del último piso, apoyando las vigas maestras de madera ó de hierro en ménsulas que forman parte del capitel de cada una de aquellas. La techumbre es á dos aguas con igual luz que el ancho del edificio, ó de ser muy grande hay tantas cubiertas como intercolumnios longitudinales ó transversales según fuere el tipo de armadura; no siendo conveniente para que resulten bien iluminados que el ancho de estos talleres exceda de unos 35 metros, y relacionándose debidamente con dicha dimensión la altura de los distintos pisos, que oscila entre 5 y 6 metros; los suelos pueden ser de madera con doble entablonado, ó formarse de vigas maestras de hierro de doble T sujetas á las filas transversales de las columnas, provistas de tirantes de hierro y forjado de bovedillas; y el pavimento entarimado sencillo ó doble; ventanales con cristales que ocupen la mayor parte de las fachadas, escaleras amplias de madera ó metálicas, ascensores ó monta cargas que faciliten el servicio, locales accesorios para aseo é higiene á uno de los extremos del taller, y calefacción y alumbrado como ya queda dicho para los demás.

Los talleres donde se trabaja la madera necesitan disposi-

ciones especiales para que tanto la viruta como el serrín que en gran cantidad se produce, pueda evacuarse desde luego. Generalmente estos talleres están movidos por máquinas de vapor cuyos generadores se alimentan con los dichos desperdicios de la madera; así es que todos están provistos de aspiradores y separadores que limpian la atmósfera de serrín y aspiran éste y la viruta transportándolos al departamento de calderas ó al lugar en que se conserven los desperdicios, donde los deja caer por su parte inferior el separador. Como el aspirador se coloca en el sótano del taller generalmente, embudos y cañerías lo enlazan con las diversas máquinas, y de él parte la conducción al separador cuyo aparato puede estar bastante distante del taller. Es conveniente también que las transmisiones de las máquinas sean inferiores. Por consiguiente, un taller de esta naturaleza deberá constar de un piso y sótano; el pavimento debe ser de madera, el del sótano de cemento, las paredes de ladrillo con ventanas bastante espaciosas y la cubierta de teja plana sobre armaduras con dientes de sierra.

En la disposición interior de los talleres ejerce también cierta influencia el sistema por que se dá movimiento á las máquinas operadoras.

Dicho movimiento puede dárselas por medio de correas y las debidas transmisiones, ó estar provistas de motores eléctricos acoplados á ellas y entonces estos son accionados por la energía eléctrica que las transmiten cables subterráneos. En el primer caso las diferentes filas de árboles las pueden animar máquinas de vapor ó motores eléctricos; conviniendo cuando se usen estos colocar los suficientes para que muevan cada uno líneas cortas de árboles. Como las ideas dominantes son las de que las máquinas deben trabajar para que su marcha sea más regular y perfecta con grandes velocidades, ya que se poseén en la actualidad materiales excelentes de que se construyen herramientas adecuadas á ese fin, los árboles de los talleres giran

con velocidades comprendidas entre 120 y 160 revoluciones por minuto y consiguientemente su sección es grande, resultando más pesados que los antiguos, y los coginetes, cajas lubricadoras, automáticas en menor número, pues no son tan fáciles las torceduras; y como la trepidación aumenta también, los soportes de los árboles se disponen sobre vigas armadas de acero ó viguetas de doble T que se sujetan á las columnas y enriestran con tirantes. De los árboles que van en la parte central de cada nave se dá movimiento por correas, á las transmisiones, y de éstas á las máquinas; así que entre columnas y á lo largo de las diferentes naves se fijan las transmisiones entre dos viguetas de acero, debidamente enriestradas, formándose como un emparrillado de viguetas, las unas á lo largo del taller y las otras transversales de columna á columna. Y por el contrario, si las máquinas son animadas por sus propios motores á ellas acoplados, no se precisan árboles para transmisiones, y entonces sobra ese emparrillado de vigas y viguetas de acero.

Instalación de motores.— Toda fábrica necesita para poner en movimiento sus diferentes máquinas operadoras disponer de una fuerza motriz que unas veces la proporciona uno ó varios saltos de agua, otras el vapor que se produce en generadores de uno ú otro tipo, el gás, ó la electricidad.

Si son hidráulicos los motores, ruedas ó turbinas, se instalan en los mismos talleres en que han de trabajar, hasta las que llegan los canales derivados de distribución y de que parten los de desagüe; prefiriéndose las turbinas, y de éstas las de eje horizontal por ocupar menor espacio y ser más sencilla la transmisión de su movimiento que en las de eje vertical; si bien el mejor aprovechamiento de la energía hidráulica aconseja centralizar la fuerza utilizando el caudal y salto en una central hidro-eléctrica que accione varios grupos electrógenos de los que se transmite y distribuye la fuerza motriz á los diferentes electromotores dispuestos en los talleres.

De uno ú otro modo utilizada la fuerza motriz del agua se precisa hacer los cálculos prévios á la determinación del gasto medio y del salto disponible, que dan el valor de la energía teórica, que multiplicado por el rendimiento industrial práctico propio del tipo de receptor hidráulico que se elija permite conocer la fuerza disponible en caballos efectivos; y como dado el trabajo propio de cada taller es sabido el consumo de fuerza, se puede hacer la distribución y fijar el número y condiciones de cada receptor hidráulico.

Supuesto que estos se dispongan en sus respectivos talleres, se precisan las obras siguientes, algunas comunes al caso en que se construyera una central hidro-eléctrica: presa para remansar y elevar el nivel del agua, cáuce ó canal de toma, repartidor de los diferentes canales derivados que van á los talleres, instalación de los motores en los mismos, y canales de desagüe; aparte de los puentes para maniobras de compuertas, colocación de éstas, caseta de distribución y compuertas de los canales de los talleres. Determinada la sección del canal, perímetro mojado y pendiente por metro que satisfagan á las condiciones impuestas de gasto y velocidad se tienen todos los elementos del cáuce en proyecto, cuyos muros laterales de sección trapezoidal se pueden hacer de mampostería careada, retundidas las juntas con mortero de cemento y el suelo de hormigón de cemento sobre piedra apisonada, así como los canales de distribución y los de desagüe, poniendo en unos y otros las debidas compuertas con marcos de hierro en  y delante las regillas correspondientes; y según el tipo de receptores se hace su fundación en el taller, que siempre es bastante sencilla, reduciéndose en las ruedas á disponer los soportes de sus coginetes sobre macizos de sillería ó bloques de hormigón, fijándolos con pernos embutidos en cuyos extremos roscados se atornillan dobles tuercas. Las de las turbinas conforme el mo-

delo, pero en rigor la fundación es de hormigón hidráulico á que se sujetan con pernos.

Si los motores son de vapor se disponen estos en los respectivos talleres en número de una ó varias máquinas del tipo más conveniente según la capacidad y necesidades; y el vapor lo suministran generadores que pueden ir agrupados en una central ó colocados á la inmediación de cada máquina. Lo más general es adoptar un sistema mixto consistente en reunir los generadores precisos á los motores de un grupo de talleres próximos en un solo local de donde se distribuye el vapor. Este local, de suficiente amplitud para que puedan hacerse las reparaciones y el servicio con holgura, estará cerrado por muros de ladrillo ó mampostería, con armadura sencilla de hierro ó Polonceau con linterna, cubierta de chapa ondulada galvanizada, grandes ventanas y puertas, grúa aérea para desmontar las calderas, etc., si fuera preciso y colocarlas después de reparadas, y vía férrea á la entrada y por delante de los generadores para el mejor transporte de carbones y cenizas; y tendrá capacidad bastante para contener además de todo lo indispensable al servicio, carbón en cantidad prudencial.

La electricidad es quizás en la actualidad quien en la inmensa mayoría de las industrias modernas produce la fuerza motriz y luz necesarias, pero para ello se precisa establecer una central cuya energía la suministre el agua ó el vapor.

Si la central ha de ser hidro-eléctrica ésta la constituyen los receptores hidráulicos en el número adecuado á las necesidades, que accionan otros tantos grupos electrógenos, que ponen en movimiento los diversos motores eléctricos instalados en los talleres. Dicha central puede ser un edificio de un solo piso para la colocación de las turbinas, transmisiones, reguladores, generadores eléctricos, cuadros, etc., yendo debajo de él los canales de desagüe y sifones; ó de tres plantas, conteniendo la inferior sifones y canales de desagüe, el piso inme-

diato los pozos y cámaras de turbinas, éstas y las transmisiones y conexiones eléctricas con el cuadro de distribución de los generadores, excitatrices y feeders, y en el piso superior los reguladores, generadores, cuadro de distribución y aparatos de mediciones eléctricas. Dicho edificio puede hacerse empleando hormigón de cemento para los pozos y cámaras de las turbinas, y de mampostería y ladrillo los muros, con ventanas amplias para que haya suficiente luz, y columnas de sillera ó de hierro que soporten los rails de una grua para las reparaciones, la armadura metálica y la cubierta de teja plana, los forjados de los pisos de hormigón de cemento, ó bovedilla de ladrillo entre viguetas de hierro y tirantes.

Si la central fuere accionada por generadores y máquinas de vapor la instalación es más sencilla y económica, pues sólo hay necesidad de levantar el edificio para las calderas, máquinas de vapor y generadores eléctricos con todos sus accesorios, que se hace de un solo piso, mas los conductos de humos y chimeneas, ahorrándose la construcción de pozo, canales de toma y desagüe, etc., inherentes á la utilización de un salto de agua.

El gás pobre Dowson, se emplea también para accionar motores llamados de gás; necesitando tales motores un aparato de producción ó gasógeno, con agua en el cenicero, cilindro lavador y gasómetro. Existen variedad de motores, siendo los del tipo Otto y los *Simplex* contruídos por Matter y C.^o, de Rouen los más usuales, en los cuales el consumo de antracita puede llegar á ser de 0,450 kg. por caballo y hora. Se construyen desde 8 á 200 caballos. Su instalación es sencilla: un tinglado para el gasógeno y lavador, y las canalizaciones para la conducción del gás al motor ó motores que se instalen en los talleres que han de mover; necesitando una fundación sencilla de hormigón de cemento.

Fundaciones de máquinas.— Todas las máquinas

operadoras, martillos, prensas, tijeras y punzones, tornos, garlopas, cepillos, fresadoras, etc., para su definitiva instalación en los talleres necesitan fijarse, á fin de que tengan la debida estabilidad y no puedan ser levantadas por la acción de las correas que las imprimen movimiento. A conseguir esto tienden las fundaciones; sumamente variables, pues dependen de las dimensiones y peso de las máquinas y de la manera de trabajar de éstas, de la naturaleza del piso del taller en que están emplazadas y del sistema empleado para darlas movimiento, correas, motores eléctricos acoplados á las mismas, el vapor ó la presión del agua ó del aire comprimido accionando directamente, etc. Así que desde el simple clavado al pavimento de madera del taller para una sencilla fresadora ó máquinas similares, hasta las atrevidas y costosas fundaciones de los grandes martillos como los de 100 toneladas de Terni y del Creusot, hay una variedad completa, y que no pueden sujetarse á reglas fijas.

Las fundaciones más importantes son las de los grandes martillos de forjar; baste decir que la del de Terni la componen: la de las piernas del martillo, consistente en un enorme bloque de mampostería de 5 metros de espesor que rodea sin tocarla á la chabotte, relleno el espacio comprendido entre ambas, piezas de madera de roble de sección cuadrada, recubriendo dicha fundación una capa de arena de extremada dureza, y fijándose las piernas por grandes pernos que atravesando la mampostería terminan en una parte roscada á que se atornillan las correspondientes tuercas; y la de la chabotte, de fundición y de una sola pieza pesando 1000 toneladas, que precisó fundar sobre un cuadrado de 6,600 metros de lado, comenzando por hacer uniforme el plano de fundación por medio de una masa de hormigón de 2,40 metros de altura, sobre la que se pusieron tres hiladas de piedras de asperón, paralelepédicas y de 60 centímetros de espesor cada una, haciéndose luego una colada de fundición encima para formar una placa de 15 centíme-

tros de grueso y 41 toneladas de peso, construyéndose sobre ella el gran molde de mampostería refractaria de la chabotte, la que se hizo vertiendo en él, en cuyo interior había gran cantidad de fundición fría en panes, 283 toneladas de hierro que se fundió en el mismo lugar en dos cubilotes y 359 que se transportaron por medio de locomotaras desde la fundición, tardando seis meses en enfriar tan enorme masa de hierro, ya que los panes de fundición que fríos había en el interior del molde llegaron á licuarse como consecuencia del gran calor desarrollado, constituyendo luego todo una sola pieza.

Los martillos más pequeños necesitan fundaciones más sencillas; las piernas las fijan pernos que atraviesan el espesor del macizo de hormigón sobre que asientan, y la chabotte vá sobre hormigón y doble ó triple emparrillado de madera en algunos casos, que la dan más elasticidad.

Las estampas hoy más usuales, de fricción, llevan una fundación muy sencilla constituida por un macizo de mampostería y mejor hormigón hidráulico, de variable altura según la fuerza, y un doble emparrillado de traviesas de madera de roble sobre el que descansan, atornillándolas pernos pasantes.

Los tornos de banco seguido se disponen sobre una fundación de hormigón ó mampostería, que á veces se complementa con losas de piedra labrada, fijándolas tornillos cogidos con plomo en la piedra. Si tienen piés, cada uno de estos descansa sobre una piedra labrada á hacer un lecho horizontal, que se colocan sobre sencilla fundación de mampostería ú hormigón.

Las demás máquinas operadoras en su inmensa mayoría se fundan sobre macizos de hormigón de mayor ó menor altura según el peso, trabajo y modo de obrar de la máquina. Claro es que hay algunas especiales cuya fundación tiene que obedecer á su constitución especial, necesitándose á veces abrir fosas de mayor ó menor profundidad, etc.

Construcción de hornos y chimeneas.— En

la mayoría de las industrias hay que hacer uso de hornos de variada aplicación y por tanto de diferente tipo. Y como según su objeto así es su estructura y disposición, que difieren de modo tan notable en unos y otros, no cabe aquí otra cosa que consignar que lo corriente es que al establecer una fabricación dada, resultado de un estudio minucioso de los medios de llevarla á cabo más apropiados y nuevos y de mejores resultados, se habrá tenido especial cuidado en elegir los modelos de hornos más perfeccionados, y al adquirir sus elementos se adquieren con ellos los planos para su construcción, aun mandando la casa constructora personal que la lleve á cabo ó dirija; y por tanto con arreglo á tales planos se cimentan, abren los canales ó conductos de humos ó gases precisos, se elevan sus paredes, se disponen las soleras, y se cierran y revisten, empleando precisamente los materiales de la clase, dimensiones y calidad asignadas á cada una de sus partes.

Las chimeneas (figura 624) son de sección circular con preferencia, pues ésta favorece el rápido movimiento de los gases y es menor el enfriamiento. Las de sección cuadrada solo deben construirse cuando no se cuente con buenos mamposteros.

Para su construcción se emplean ladrillos moldeados en trapecios de bases circulares, ó tambien ladrillos ordinarios, que se descantillan en el interior. Exteriormente afectan figura tronco-cónica, naciendo su base mayor ó inferior de un pedestal, cuadrado generalmente, con una puerta, que se cierra con ladrillos, para poder hacer la limpieza y reparaciones.

Su sección es constante en toda la altura; en la coronación tienen un espesor de uno ó dos anchos de ladrillo, y el talud varía de 2,5 á 2 por ciento en las altas y medianas y 3 por ciento en las bajas.

Se construyen por trozos ó tambores de sección constante resaltando unos sobre otros, ó de superficie interior lisa.

Si la pared interior se hace por pisos ó trozos los separan 5 á 10 metros, decreciendo el espesor por diferencias de medio ladrillo; disminuyendo el diámetro interior en cada piso á partir de la base, siendo la diferencia total próximamente $1/60$ de la altura.

Desemboca por debajo del pedestal la canal de humos, y á fin de que se depositen las cenizas y puedan extraerse se hace un pozo de 1 á 1,50 metros.

El pedestal se levanta sobre su correspondiente cimiento escalonado, con plataforma de hormigón, y pilotaje si fuera preciso, siendo el lado del macizo del cimiento $1/7$ de la altura de la chimenea y la base bastante ancha. Dicho pedestal suele llevar un zócalo de sillería y termina también por otra hilada de igual material, exteriormente.

Las chimeneas se construyen por el interior sin andamiaje siempre que su abertura sea á lo menos de 55 centímetros, poniendo en el interior una escala de garfios de hierro galvanizado. Generalmente no llevan capitel, y conviene dotarlas de una escalera de hierro por el interior ó el exterior.

Los ladrillos refractarios solo se emplean cuando la temperatura de los gases es mayor de 500.º

También se hacen de palastro, y entonces hay que sujetarlas con vientos de alambre de acero fijos á un collarín que llevan. El espesor en la coronación de estas chimeneas es de dos milímetros y de 5 en la base.



CAPÍTULO XV

Datos prácticos referentes á materiales y jornales y obra concluída.

Como complemento de cuanto hemos dicho en los capítulos anteriores, se insertan á continuación varios estados del valor de diferentes materiales, de los jornales que suelen pagarse en Madrid, y del precio de obras concluídas, que facilitarán la redacción de presupuestos inherentes á diferentes proyectos de obras, y, por tanto, darán el coste aproximado de las mismas.

PRECIOS CORRIENTES DE VARIAS CLASES DE PIEDRAS, LADRILLOS Y TEJAS

		Unidad de medida.	Importe — Pesetas
Granito ó piedra be- rroqueña.	Losa de erección.	m ³	70,50
	{ Liso.	"	74
	{ Apilastrado, con chafán	"	95,75
	{ Almohadillado.	"	85,50
	{ Sillar { Con alféizar.	"	80,25
	{ Moldado.	"	86,50
	{ Con chafán.	"	86,60
	{ Con jamba y salmer	"	105,50
	{ Tran- { A un haz, liso.	"	79,50
	{ quero { Con jamba	"	87,50
	{ A dos haces	"	94,85
	{ Con jamba	"	89,50
	{ Pilastra	"	120,75
	{ Salmer	"	127
	{ Dovela y clave.	"	127
{ Dintel	"	127	
{ Imposta y jamba.	"	110,60	
{ Sillar de ángulo	"	130,78	
{ Antepecho	"	132	
{ Albardilla.	"	80	
{ Peldaño	"	120	

		Unidad de medida.	Importe — Pesetas	
Granito ó piedra be- rroqueña.	Batiente	m ³	80,95	
	Losas.	De 0 ^m ,21 de grueso.	m ²	17
		De 0 ^m ,14 de idem.	"	15
		A cartabón	"	22
	Ado- quines	De 0,28×0,28×0,14,	regulares.	Ciento 50
			irregulares.	" 40
		Para encintar.	de 0,33×0,28. de 0,28×1,14.	m. "
	Basas	Para media vara.	Pieza.	6,50
		Para pie y cuarto.	"	5,50
		Para tercia.	"	4,50
Para sesma.		"	3,50	
Piedra blanca- Sillar liso	Caliza llamada de Colmenar	m ³	220	
	Idem de Guadalix	"	180	
	Idem de Redueña.	"	173	
	Idem de Novelda.	"	150,70	
	Refractaria de Monóvar.	"	162	
	Idem de Guadalajara.	"	150	
	Idem de Sisante	"	150	
	Blanda de Alcázar del Rey	"	138	
	Idem de Rueda	"	91	
	Caliza de Alconera (Fadajoz)	"	190	
	Idem de Alhama (Aragón).	"	120	
	Idem de Priego (Cuenca)	"	115	
	Arenisca blanca de Petrel	"	130	
	Idem idem de Monóvar.	"	130	
	Idem idem de Sax.	"	140	
	Arcillosa de Baides.	"	200	
	Calcárea de Chao de Mazas (Portugal)	"	145	
	Mármo- les blancos	Mármol blanco de Italia, de 2. ^a	"	550
		Idem de Huelva	"	450
	Mármo- les de co- lores . . .	Bardillo de Italia	"	650
Idem de Canfranc.		"	400	
Rojo de Aspe (Alicante).		"	450	
Idem Ereño (Bilbao).		"	500	
Amarillo Govantes (Málaga).		"	600	
Negro belga fino.		"	1000	
Idem de Úrda (Toledo).		"	450	
Idem Mañaria (Bilbao).		"	500	
Amarillo Carmen doncella (Játiba).		"	500	
Idem Brocatel de Tortosa; tres tonos en el mis- mo color.		"	600	
Negro con vetas encarnadas, bajo de Buscarró	"	450		

	DIMENSIONES			Unidad de medida	Importe = Pesetas			
	Largo	Ancho	Grueso					
L A D R I L L O S	Vitrificado ó santo; carro de un metro cúbico.	"	"	"	"	12,50		
	Recocho.	0,28	0,14	0,04	Ciento	3,50		
	Pintón.					3,25		
	Pardo.	0,21	0,14	0,06	íd.	2,75		
	Trabuco.					2,50		
	Fino, ribera del Jarama.	"	"	"	íd.	6		
	Prensado	Recocho de 1. ^a	0,27	0,13	0,05	íd.	10	
		Pardo de 2. ^a					8	
	Borgoña	Recocho tosco de 1. ^a	0,22	0,11	0,05	íd.	3,50	
		Pardo íd. de 2. ^a					3	
	Hueco	Recocho.	0,28	0,14	0,10	íd.	4	
		Pardo.					3,25	
	R e f r a c t a r i o	Especial.	0,24	0,12	0,05	íd.	27	
		Plano.	0,24	0,12	0,07	íd.	32	
		Idem.	0,24	0,12	0,05	íd.	25	
		Especial de cuña de tizón	Ordinario, de cuña de	"	"	"	íd.	40
			soga.					25
		Prensados.	"	0,30	0,15	0,055	íd.	10
			"	0,28	0,14	0,048	íd.	9
		De Segovia.	Para cornisas; varios modelos.	0,255	0,125	0,048	íd.	8
			Ordinario; macizo.	0,27	0,13	0,048	íd.	6,50
		Refrac-	Ordinario.	0,26	0,130	0,045	íd.	3,50
	Para altas temperaturas.		0,25	0,12	0,06	íd.	12,50	
	De Segovia, huecos para tabiques y bóvedas.	"	0,50	0,22	0,07	Tonel. ^a	40	
		"	0,35	0,22	0,07	Ciento	15	
	T E J A S	"	0,33	0,16	0,055	íd.	10	
		"	0,33	0,14	0,10	íd.	6	
		"	0,33	0,14	0,10	íd.	8	
"		0,35	0,20	0,05	íd.	8		
"		0,26	0,13	0,045	íd.	3		
"		0,26	0,12	0,04	íd.	2,50		
"		0,26	0,125	0,030	íd.	3		
Rasilla hueca.		0,40	0,25	0,05	íd.	10		
Hueco especial, machihembrado, para tabiques.		0,42	0,17	0,02	íd.	6		
De Alcalá.		0,42	0,17	0,02	íd.	6		
De Villaverde.	0,42	0,17	0,02	íd.	6			
De la ribera del Jarama.	0,42	0,17	0,02	íd.	6			
De Segovia.	Plana, forma romana.	0,25	0,20	0,02	íd.	14		
	Plana tipo Marsella.	0,40	0,25	0,02	íd.	18		
	Idem, íd. Borgoña.	0,40	0,25	0,02	íd.	17		
	Idem, íd. Chalet.	0,30	0,14	0,02	íd.	20		
	Idem, íd. Boulet.	0,30	0,14	0,02	íd.	25		
	Idem, íd. Escama.	"	"	"	íd.	"		
	Vidriadas, doble precio.	"	"	"	íd.	"		
	Común de canal ó árabe de tejados dobles ó sencillos.	"	"	"	íd.	6,25		

Metales, Chapas y tubos.—Hierro forjado.

CLASES.	DIMENSIONES	Precio por cada 100 kilogramos
Cuadrado	Hasta 0,012	32 pesetas
	De 0,012 á 0,075	29 —
Redondo	Grosos	Convencional
	Hasta 0,012	32 pesetas
Pletinas	De 0,012 á 0,075	29 —
	Grosos	Convencional
Flejes	De 0,010 á 0,029×0,004 á 0,011	32 pesetas
	De 0,030 á 0,115×0,004 á 0,007	32 —
Llantas	De 0,030 á 0,115×0,007 á 0,011	29 —
	De todas dimensiones	34 —
Angulos y tes	De id. id.	29 —
	De id. id.	34 —
Pasamanos y medias cañas	De id. id.	34 —
	De 0,120 á 0,200×0,010	32 —
Planos anchos	De 0,200 á 0,300×0,010	34 —
	De 0,300 en adelante	35 —
Viguetas	De 0,080 á 0,140	25 —
	De 0,130 á 0,200	23 —
Balaustres	De 0,220 á 0,260	30 —
	De 0,300 á 0,320	30 —
Chapas de hierro	De hierro dulce recto núm. 3	58 —
	De id. id. id. núm. 4	58 —
Medias cañas	De id. id. curvo núm. 31	62 —
	Del núm. 29 y 30 de primera clase	70 —
Hierros alomados y planos	Del núm. 28 de id.	64 —
	Del núm. 25 al 27 de id.	60 —
Palastro plano	Del núm. 21 al 24 de id.	58 —
	Del núm. 19 al 20 de id.	56 —
Palastro ondulado	Del núm. 15 al 18 de id.	56 —
	De 0,002 y más de id.	54 —
Hierros de bastidores para vidrieras de doble rebajo (1)	Del núm. 29 y 30 de segunda clase	60 —
	Del núm. 28 de id.	54 —
Hierros de bastidores, forma de cruz (2)	Del núm. 25 al 27 de id.	50 —
	Del núm. 21 al 24 de id.	48 —
Hierros de bastidores para vidrieras de doble rebajo (1)	Del núm. 19 al 20 de id.	40 —
	Del núm. 15 al 18 de id.	40 —
Hierros de bastidores, forma de cruz (2)	De 0,002 y más de id.	38 —
	De todas dimensiones	33 —
Hierros de bastidores, forma de cruz (2)	Idem id.	33 —
	De 0,160×0,003 á 0,010 metros	38 —
Hierros de bastidores, forma de cruz (2)	De todas dimensiones	39 —
	De 30, 33, 10, 4	40 —
Hierros de bastidores, forma de cruz (2)	De 31, 26, 14, 6	40 —
	De 40, 27, 14, 5	40 —
Hierros de bastidores, forma de cruz (2)	De 42, 25, 14, 7	40 —
	De 52, 32, 4, 5	40 —
Hierros de bastidores, forma de cruz (2)	De 53, 33, 4,5 6,5	40 —
	De 53, 34, 5, 7	40 —

(1) Las dimensiones, expresadas en milímetros, son: 1.ª, la altura; 2.ª, la anchura; 3.ª, la altura desde el paramento de molduraje hasta los rebajos; 4.ª, el grueso del vástago.

(2) Las dimensiones, expresadas en milímetros, son: 1.ª, la altura; 2.ª, la anchura; 3.ª, el espesor de los brazos menores de la cruz; 4.ª el espesor de los brazos mayores.

PRECIOS CORRIENTES POR 100 KILOGS. DE HIERROS Y ACEROS LAMINADOS

CLASES	Dimensiones en milímetros.		PRECIO (1)
Redondos, cuadrados, hexágonos y octógonos	6 y 7	"	30 pesetas
	8 y 9	"	29
	10 y 11	"	28
	12 á 75	"	26
	76 á 90	"	27,50
	91 á 120	"	29
	121 á 140	"	31
	141 en adelante	"	Convencional
Flejes.	12 á 19	"	30,50
		"	31,50
		"	32,50
	20 á 29	"	30
		"	31
		"	32,50
		"	28,50
	30 á 75	"	29,50
		"	30,50
		"	30,50
	76 á 104	"	31,50
		"	32,50
		"	31
	110, 116, 120, 127, 139	"	32
	150	"	33
		"	32
Pletinas	10 á 19	4 á 6	29
	10 á 19	7 á 10	28
	20 á 29	4 á 6	28
	20 á 29	7 á 10	27
	30 á 115	4 á 6	27
	30 á 115	7 á 10	26
Llantas y planos.	16 á 115	11 arriba	26
	120 á 160	6 id.	27,50
	170 á 210	6 id.	29
Cortadillos cuadrados	4 y 5	"	31,50
	6 y 7	"	30
	8 á 15	"	29
Idem planos.	11 á 35	4 á 12	27,50
	24 á 44 de lado	"	29
Ángulos.	44 en adelante	"	27
	24 á 44	"	30
Tres sencillas.	44 en adelante	"	29
		"	27,50
Pasamanos			30
Medios redondos y almendrados			30
Bastidores			30

(1) En dimensiones iguales á las consignadas, los precios aumentan 5 pesetas en 100 kilogramos para la calidad primera y 10 pesetas para la de calidad superior.

PRECIO DE LA MADERA DE PINO EN MADRID

NOMBRE DE LAS PIEZAS	Unidad de venta	Precio de la tierra	Pino de Cuenca	NOMBRE DE LAS PIEZAS	Unidad de venta	CUADRADA		
						Ordinaria	Entre-limpia	Limpia
<i>Madera de hilo</i>						<i>Pescas</i>	<i>Pescas</i>	<i>Pescas</i>
Media vara, hasta 25 pies.	Pie lineal.	1,75	3	Tabletas de 7.	Pieza	1	1,30	1,85
Cada encuarfe, además.	Idem	0,25	2	Tabletas de 9.	Idem	1,30	1,70	2,35
Pie y cuarto, hasta 25 pies.	Idem	1,40	2	Chillas de 7.	Idem	1	1,30	1,85
	Idem	0,15	2	Chillas de 9.	Idem	1,30	1,70	2,35
Tercia, hasta 25 pies.	Idem	1	1,26	Hojas de 7.	Idem	0,90	1,10	1,35
	Idem	0,10	3	Hojas de 9.	Idem	1,10	1,30	1,60
Sesma, hasta 25 pies.	Idem	0,60	3	Segundas de 7.	Idem	1,25	1,80	2,35
	Idem	0,06	12,50	Segundas de 9.	Idem	1,75	2,30	3
Vigueta.	Pieza	13,50	6	Corral de 7.	Idem	1,50	2,55	3,25
Media vigneta.	Idem	6	8	Corral de 9.	Idem	2,15	3,25	3,75
Madero de á 6.	Idem	9	6	Ripias de 7.	Docena	5,50	6,50	8
Madero de á 8.	Idem	6,25	4	Ripias de 9.	Idem	7	9	10,50
Madero de á 10.	Idem	4,25	3,75	Portada.	Pie lineal	0,75	0,90	1,15
Medio madero.	Idem	4,25	4	Alfargá.	Idem	0,95	0,65	0,85
Rollizos de á 18 de 1.	Idem	4	3	Media alfargá.	Idem	0,25	0,35	0,40
	Idem	4	3	Terciados.	Idem	0,15	0,20	0,25
Rollizos de á 16 de 1.	Idem	3,50	3	Tablones del Norte de 1.	Idem	0,10	0,15	0,15
	Idem	3	3	clase, hasta 20 pies, 2.	Idem	"	0,55	0,85
Rodillos de á 14 de 1.	Idem	3	3	Tablones del Norte de 2.	Idem	"	0,45	0,75
	Idem	3,50	3	clase, hasta 20 pies, 1.	Idem	"	0,65	0,95
Rollizos de á 18 de 2.	Idem	3	3	Tablones del Norte de 1.	Idem	"	0,55	0,85
	Idem	3	3	clase, de 20 á 24 pies, 2.	Idem	"		
Rollizos de á 16 de 2.	Idem	3	3	Tablones del Norte de 2.	Idem	"		
	Idem	3	3	clase, de 20 á 24 pies, 1.	Idem	"		

JORNALES EN MADRID

OPERARIOS	CLASE DE LOS OPERARIOS	Pesetas
<i>Braceros</i>	{ Peón mayor	1,75
	{ Peón menor, ó muchacho	1,00
<i>Albañiles</i>	{ Oficial mayor	5,00
	{ Oficial	4,00
	{ Ayudante	3,00
	{ Peón de mano	2,25
<i>Canteros</i>	{ Oficial de asiento	5,00
	{ Oficial de labra	4,50
	{ Ayudante	3,25
<i>Marmolistas</i>	{ Oficial	5,50
	{ Ayudante	4,00
	{ Peón	2,25
<i>Carpinteros de armar</i>	{ Oficial	4,50
	{ Ayudante	3,50
	{ Peón	2,25
<i>Carpinteros de taller</i>	{ Oficial mayor	5,00
	{ Oficial	4,00
	{ Ayudante	2,50
	{ Aprendiz	1,00
<i>Soladores</i>	{ Oficial	4,50
	{ Peón	2,25
<i>Herreros</i>	{ Forjador	5,00
	{ Oficial de fragua	4,50
	{ Oficial de lima	4,00
	{ Ayudante	3,00
	{ Taladrador	2,75
	{ Mancebo de fragua	2,50
	{ Machacador	2,00
{ Aprendiz sonador	1,00	
<i>Plomeros y Pizarre- ros</i>	{ Oficial mayor	6,00
	{ Oficial	5,00
	{ Ayudante	3,00
	{ Peón	2,00
<i>Vidrieros</i>	{ Oficial mayor	6,00
	{ Oficial	5,00
	{ Ayudante	3,50
<i>Pintores de brocha</i>	{ Oficial mayor	4,50
	{ Oficial	4,00
	{ Ayudante	3,00
	{ Aprendiz	1,00

OPERARIOS	CLASE DE LOS OPERARIOS	Pesetas
<i>Pintores de adorno.</i>	Oficial	7,00
	Ayudante	3,50
<i>Revocadores.</i>	Oficial tendedor	4,00
	Oficial fratasador	2,50
	Peón	2,00
<i>Poceros.</i>	Oficial	4,00
	Ayudante	3,00
	Peón	2,00
<i>Medios de transporte</i>	Caballería mayor	1,75
	Caballería menor	1,25
	Carro con una caballería	6,00
	Carreta de bueyes	10,00
	Carro de 0,75 m. ³ de cabida por cada viaje á un kilómetro de distancia	1,00
	Carro de 1 m. ³ de cabida por cada viaje á los vertederos públicos	2,00

NOTAS. 1.^a Los oficiales de diversos oficios, excepto los herreros, plomeros y vidrieros, estarán provistos de las herramientas más esenciales de su profesión.

2.^a En el precio de los carros se incluye el jornal del carrero.

PRECIO DE LAS OBRAS EJECUTADAS

CLASE DE OBRA	Precio de la unidad — Pesetas
<i>Obras de tierra</i>	
m. ³ de excavación en tierra	1,50
" de excavación en tierra dura	2,40
" de excavación de cimientos hasta 3 m. de profundidad en zanjas sin acodalar	3,00
" de excavación de cimientos hasta 3 m. de profundidad en zanjas con acodalamiento	2,20
" de excavación de vaciado de sótanos hasta 3 m. de profundidad	2,80
" de excavación de pozos y minado de alcantarillas á la profundidad máxima de 10 m.	4,00

CLASE DE OBRA	Precio de la unidad — Pesetas
Obras de albañilería	
MORTERO	
m. ³ de mortero ordinario con cal apagada.	13,00
„ de mortero fino con cal apagada.	14,00
Mampostería	
m. ³ de mampostería de pedernal en cimientos.	26,00
„ de mampostería de pedernal en muros.	26,50
Hormigón	
m. ³ de hormigón de almendrilla para cimientos y solado de alcantarillas.	21,30
„ de hormigón de piedra machacada.	23,10
Fábrica de ladrillo	
MUROS	
m. ³ de ladrillo ordinario en muros de sótanos y planta baja de 0,59 m. de espesor.	27,40
„ de ladrillo ordinario en muros de sótanos y planta baja de 0,42 m. de espesor.	27,60
„ de ladrillo ordinario en muros de sótanos y planta baja de 0,30 m. de espesor.	27,90
„ de ladrillo ordinario en fachadas con resaltes hasta el piso principal.	29,60
„ de ladrillo ordinario en fachadas con resaltes hasta el piso segundo.	30,10
„ de ladrillo ordinario en fachadas con resaltes hasta el alero.	30,70
„ de ladrillo fino embramilado en muros de fachada hasta el piso principal.	75,50
„ de ladrillo fino embramilado en muros de fachada hasta el piso segundo.	83,00
„ de ladrillo fino embramilado en muros de fachada hasta el alero.	88,00
„ de ladrillo fino trasdosado con ordinario en muros hasta el piso principal.	47,80
„ de ladrillo fino trasdosado con ordinario en muros hasta el piso segundo.	58,20
„ de ladrillo fino trasdosado con ordinario en muros hasta el alero.	64,50
Pozos, tarjeas y alcantarillas	
m. l. en pozos de ladrillo ordinario de 0,56 m. de luz y 0,28 m. de revestimiento hasta 10 m. de profundidad.	30,70

CLASE DE OBRA	Precio de la unidad — Pesetas
m. l. en pozos de ladrillo ordinario de 0,84 m. de luz y 0,28 m. de revestimiento hasta 10 m. de profundidad	33,70
„ en pozos de ladrillo ordinario de 0,84 m. de luz y 0,42 m. de revestimiento hasta 10 m. de profundidad	37,40
„ en tarjeas de ladrillo ordinario de 0,56×0,84 de luz y 0,14 metros de espesor.	17,20
„ en tarjeas de ladrillo ordinario de 0,56×0,84 de luz y 0,28 metros de espesor.	29,50
„ en tarjeas de ladrillo ordinario de 0,60×1,30 de luz y 0,28 metros de espesor.	40,40
„ en alcantarillas de ladrillo ordinario: luz, 0,56; muros 0,84 y 0,48 de espesor.	35,00
„ en alcantarillas de ladrillo ordinario: luz, 0,60; muros, 1,30 y 0,28 de espesor.	38,00
„ en alcantarillas de ladrillo ordinario: luz, 0,80; muros, 1,70 y 0,28 de espesor.	40,00
„ en alcantarillas de ladrillo ordinario: luz, 1,00; muros, 2,00 y 0,42 de espesor.	45,00
Bóvedas	
m. l. de ladrillo ordinario en bóvedas de tabicado de 0,05 de espesor con yeso.	1,50
„ de ladrillo ordinario en bóveda de tabicado doble de 0,10 de espesor con yeso	3,50
„ de ladrillo ordinario en bóvedas de 0,14 de espesor con yeso.	5,20
m. ² de ladrillo ordinario en bóvedas de cañón seguido con mortero.	41,60
„ de ladrillo ordinario en enjutado	27,40
Cítaras y tabicados	
m. l. de cítaras para entramados de pie y cuarto, incluso las basas.	10,00
„ de cítaras para entramados de tercia, incluso la basas	9,70
„ de cítaras para entramados de sesma, incluso las basas.	8,80
„ de cítara de medio pie con nudillos.	7,70
m. ² de tabicado de entramados de pie y cuarto 0,35 de espesor hasta piso principal.	7,10
„ de tabicado de entramados de tercia 0,28 de espesor hasta piso principal.	6,30
„ de tabicado de entramados de sesma 0,28 de espesor del principal al cuarto	4,05
„ de entabicado de entramados de medio pie de espesor.	3,20
„ de tabicado doble de 0,10 de espesor.	2,20
„ de tabique sencillo de 0,05 de espesor	1,20
Forjado de pisos	
m. ² de forjado de sesmas con botes.	2,10

CLASE DE OBRA		Precio de la unidad — Pesetas
m. ²	de forjado de viguetas con botes	2,00
"	de forjado de maderos de á 6 con botes.	1,80
"	de forjado de maderos de á 8 con botes.	2,20
"	de forjado de maderos de á 10 con botes.	1,80
"	de forjado de sesmas ó viguetas con ripio.	1,15
"	de forjado de maderas de á 6 con ripio	1,50
"	de forjado de maderas de á 8 con ripio	1,05
"	de forjado de maderas de á 10 con ripio.	0,85
"	de forjado de tablonces de 0,22 espaciados á 0,23 con bovedillas.	2,70
"	de forjado de vigas de hierro espaciadas á 1,00 con bovedillas.	4,70
"	de forjado de vigas de hierro espaciadas á 0,75 con bovedillas.	5,05
"	de forjado de vigas de hierro espaciadas á 0,50 con bovedillas.	4,30
Enfoscado, guarneido y blanqueo		
m. ²	de enfoscado de muros.	0,50
"	de guarneidos y maestreado en muros de ladrillo.	0,75
"	de guarneido y maestreado en muros de entramados.	0,95
"	de guarneido y maestreado en techos formados con maderas.	1,00
"	de guarneido y maestreado en techos encañados	0,75
"	de guarneido y maestreado en bóvedas.	1,00
"	de blanqueo de muros	0,20
"	de blanqueo de techos.	3,30
Corrido de terrajas		
m. l.	de cornisa con canecillos ó palomillas según el tipo. . de	8,75 á 11,90
"	de imposta, según el tipo de	1,90 á 5,70
"	de jamba, según el tipo. de	1,45 á 2,00
	Un guardapolvo y jambas para un hueco.	35,80
	Una repisa, según el tipo. de	31,10 á 44,50
m. l.	de pilastra de fachada.	2,70
"	de escocia, según el tipo de	4,00 á 5,70
	Un revuelto, según el tipo. de	5,90 á 7,50
m. l.	de cornisa en decorado de portal.	7,90
m. ²	de almohadillado en decorado de portal.	4,20
Varios		
m. l.	de vasares.	0,95
"	de subida de humos.	3,10
"	de línea de 0,42 m. de ancho.	4,00
	Un fogón de 2,00×0,95×0,90 m.	66,00
	Una campana de chimenea de 2,36×2,35×1,10 m.	30,70
	Asiento y recibido de un balcón.	5,70

CLASE DE OBRA	Precio de la unidad — <i>Pesetas</i>
Asiento de un cerco de fachada.	6,00
Idem de un cerco de traviesa.	1,80
Idem de un cerco de tabique sencillo	1,30
Revocos	
m. ² de estuco de cal en colores lisos	0,65
" de estuco de cal en imitaciones de sillería, ladrillo etc. . de	0,90 á 1,60
" de estuco de cal con adornos.	2,20
" de estuco de cal imitación del antiguo con dibujos en re- lievo.	4,10
" de revoco al óleo en colores lisos.	1,60
" de revoco al óleo en imitaciones de sillería y ladrillo em- bramulado. de	1,80 á 2,00
" de revoco al óleo con adornos	3,30
" de estucado mate en colores lisos.	1,00
" de estucado mate en imitación de mármoles.	1,20
" de estucado mate en imitación de ladrillo embramulado. . .	1,60
" de revoco de brillo en colores lisos	1,40
" de revoco de brillo en imitación de mármoles.	1,60
" de revoco de brillo en imitación de ladrillo embramulado. .	2,00
Obras de cantería	
Granito	
Una basa de media vara.	8,90
Una basa de pie y cuarto.	7,40
Una basa de tercia.	5,90
Una basa de sesma ó vigueta.	4,50
m. ² de losas de 0,21 de grueso.	22,60
m. ³ de losa de erección.	108,40
" de sillar liso.	123,00
" de sillar de diversa forma y labra desde apilastrado al moldado. de	145,30 á 236,00
" de tranquero á un haz liso.	132,10
" de tranquero á un haz con chaflán, jamba ó moldado. . de	140,00 á 198,5
" de tranquero á dos haces liso.	163,00
" de tranquero á dos haces con chaflán, almohadillado ó con collarino. de	160,30 á 302,70
" de pilastra lisa.	226,30
" de pilastra de tres paramentos, exenta ó moldada. . . de	229,60 á 337,40
" de sillar de ángulo liso	195,60
" de sillar de ángulo con cubillo, moldado, con collarino ó imposta. de	222,00 á 314,40
" de salmer liso á uno y dos haces. de	206,20 á 241,20
" de salmer atranquerado á un haz	261,10
" de dovela y clave lisas.	332,50
" de dintel liso	180,80

CLASE DE OBRA	Precio de la unidad — Pesetas
m. ³ de dintel sobre hueco, moldado, con chaflán, con repisa ó imposta. de	187,00 á 322,50
„ de imposta ó jamba, lisa ó moldada. de	174,10 á 243,50
„ de repisa.	333,80
„ de antepecho de uno y dos paramentos. de	183,50 á 234,40
„ de lumbreras vaciadas.	282,50
„ de albardilla con goterón.	139,10
„ de batiente.	140,30
„ de peldaño moldado y con revuelto. de	258,10 á 266,20
Una pila para fuente de 1,30×0,70 m. lisa ó moldada. . . de	76,00 á 105,40
 Obras de carpintería de armar —	
Entramados verticales	
<i>Con 3 órdenes de puentes</i>	
m. ² de pie y cuarto con puentes cachadas ó carreras cachadas de media vara.	10,60
„ de tercia con carreras cachadas de pie y cuarto.	8,20
„ de sesma ó vigueta con carreras cachadas de tercia.	5,10
<i>Con 2 órdenes de puentes</i>	
m. ² de pie y cuarto de 3,83×1,39	9,60
„ de tercia de 4,30×1,39.	7,20
„ de sesma ó vigueta de 4,30×1,39.	4,00
„ de maderos de á 6 de 3,35×1,39 ó maderas de á 8 de 3,20×1,39.	2,65
„ de tabiques de á medio pie colgados de 4,00×1,39 ó 4,40×1,39.	1,95
„ de tabique sencillo de 4,06×1,39.	0,95
Entramados horizontales	
m. ² de sesmas de 7 m. luz, 3 piezas por metro ó con 2 órdenes de zoquetes.	9,55
„ de viguetas de 5,74 m. luz, 3 piezas por metro ó con 2 órdenes de zoquetes.	8,50
„ de maderos de á 6 de 4,50 m. luz, 3 piezas por metro ó con un orden de zoquetes.	4,95
„ de maderos de á 8 de 4,10 m. luz, 3 1/2 piezas por metro ó un orden de zoquetes.	4,10
„ de maderos de á 10 de 3,60 m. luz, 5 piezas por metro.	5,55
„ de tablones del Norte ó con dos órdenes de zoquetes.	6,40
Entramados inclinados	
m. ² de sesmas de 5,80 de línea y 0,50 entre ejes.	9,00

CLASE DE OBRA	Precio de la unidad — <i>Pesetas</i>
m. ² de viguetas de 6,12 de línea y 0,50 entre ejes	8,10
" de maderos de á 6 de 5,00 de línea y 0,50 entre ejes	5,50
" de maderos de á 8 de 4,46 de línea y 0,50 entre ejes	4,75
" de maderos de á 10 de 3,90 de línea y 0,50 entre ejes.	4,20
" de entramado inclinado del tipo de armadura á dos aguas.	11,20
Una forma de armadura á dos aguas de 7,60 de luz	116,90
Una bohardilla con sus accesorios	52,50
Aleros	
m. ² de alero para fachada, en fino, formado de solerón moldado, cartelas con tocadura, tabica y corona.	50,10
" de alero, compuesto de soleras, canecillos, tabicas, saetines y corona.	9,50
" de alero para interiores con solerón, canecillos y corona.	7,80
" de alero para interiores, coronado con tabla de á gordo	4,00
Escaleras y accesorios	
Un peldaño (cuatro tipos)	5,15 á 11,10
Una cadena de campana de chimenea.	1,20
m. l. de chaperón	1,45
" de chaperón de tablón del Norte.	2,10
Medios auxiliares	
<i>Cimbras y camones</i>	
m. ² de cimbra para crujía de 4 m. de luz	20,90
Una cimbra para luneto de 0,80 de luz.	20,50
Una cimbra para vano de fachada ó puerta de paso	7,50
Un camón de 10,04 de desarrollo.	36,60
m. ² de encamonado de esta clase, colocados á 0,50 de distancia.	4,95
Andamiajes	
Un arma de 14 m. de altura, para fachada.	192,50
Obras de carpintería de taller	
Puertas	
<i>De una hoja.—Grueso de terciado</i>	
m. ² de puerta moldada á uno ó dos haces, sin cruzar, dos table- ros y dos fajas.	10,00 á 12,00
" de puerta á un haz á la italiana, y armadura y tableros á dos haces.	11,80 á 14,10

CLASE DE OBRA		Precio de la unidad — Pesetas
m. ² de puerta de molduras resaltadas, dos haces, cuatro tableros y tres fajas		28,10
„ de puerta enrasada á uno y dos haces, tablones de tableta.		14,10 á 17,00
„ de puerta enrasada á un haz y moldado el otro, ó enrasado zócalo y trasdós.		14,50 á 15,10
„ de puertas de tableros ordinarios		16,00
„ de puerta moldada á uno y dos haces de vuelta, desde $\frac{1}{8}$ á $\frac{1}{4}$, de círculo.		23,00 á 28,00
„ de puerta enrasada y moldada á un haz para forrar de lienzo.		18,00 á 21,00
„ de forrado de lienzo con tiras de zinc y todos los gastos. .		19,00
<i>Grueso de media alfarjía.</i>		
m. ² de puerta moldada á un haz sin cruceros, ó á la italiana. .		10,20 á 14,00
„ de puerta moldada, la armadura á dos haces y tableros á uno ó á dos.		16,00 á 17,00
„ de puerta de moldura resaltada á un haz, moldeado al otro ó enrasado á dos haces.		14,00 á 17,50
„ de puerta enrasada á uno ó dos haces, tabla de pulgada. .		9,50 á 15,00
„ de puerta enrasada á un haz para bajadas á cuevas.		15,00
„ de puerta al tope con tableros chaflanados ó forrado de tabla de pulgada.		9,50 á 15,00
<i>De dos hojas.—Grueso de terciado.</i>		
m. ² de puerta, moldado á un haz ó dos tableros y dos fajas . .		6,40 á 9,20
„ de puerta, moldada á dos haces, armadura y tableros ó zócalos enrasados.		7,40 á 15,70
„ de puerta, moldura sobrepuesta y resaltada por una cara y otra moldada.		16,50
„ de puerta, moldada á un haz, con zócalo enrasado y pilastra.		20,00
„ de puerta, enrasada á uno ó dos haces y tableros de pulgada.		21,00 á 23,30
<i>Grueso de media alfarjía.</i>		
m. ² de puerta, moldada á un haz, tableros de pulgada sin cruceros.		8,20
„ de puerta, á dos haces la armadura, tableros á uno, á dos ó zócalo enrasado		11,50 á 19,00
„ de puerta, con moldura sobrepuesta por una cara ó moldado vaciado en entrecalles.		34,30 á 35,10
„ de puerta, moldado y enrasado el zócalo á un haz ó con moldura resaltada		11,30 á 11,50
„ de puerta, con moldura resaltada ó moldada con doble peinacería.		16,00 á 17,50
„ de puerta, enrasada á uno ó dos haces, tableros de 4 pulgada.		31,00 á 39,00
„ de puerta, moldado resaltado ó almohadillado, enrasado el trasdós.		17,00 á 18,20

CLASE DE OBRA	Precio de la unidad — Pesetas
<i>De cuatro hojas.—Grueso de alfarjía</i>	
m. ² de puerta cochera, moldada y enrasada con montante y bastidor para cristales.	50,00
Postigos	
<i>Grueso de terciado</i>	
m. ² de postigo á uno y dos haces, dos tableros y dos fajas.	9,20 á 10,30
„ de postigo moldado á uno ó dos haces á la italiana.	10,20 á 11,40
<i>Grueso de media alfarjía</i>	
m. ² de postigo, moldado á un haz á la italiana.	14,50
Ventanas	
<i>De dos hojas.—Grueso de terciado</i>	
m. ² de ventana, moldada á uno ó dos haces.	12,30 á 14,50
„ de ventana, moldura sobrepuesta ó moldado á la frailería con la vidriera.	18,20 á 21,30
„ de ventana, enrasado sin moldar ó moldada	16,00 á 20,50
<i>Grueso de media alfarjía</i>	
m. ² de ventana, moldada á un haz, dos tableros y dos fajas	12,30
„ de ventana, moldado á dos haces y tableros á uno ó á dos.	15,00 á 15,60
<i>De cuatro hojas.—Grueso de terciado</i>	
m. ² de ventana, moldado á un haz, dos tableros y tres fajas	14,60
„ de ventana, moldado á dos haces la armadura, á uno ó dos los tableros.	20,00 á 22,20
„ de ventana antepechada, moldado á uno ó dos haces ó moldura resaltada.	21,00 á 22,40
„ de ventana al tope, moldura sobrepuesta, resaltada y moldado el trasdós.	22,50
<i>Grueso de media alfarjía</i>	
m. ² de ventana, moldada á uno ó dos haces la armadura, los tableros á uno.	11,10 á 12,30
„ de ventana, moldura resaltada, centros torneados y trasdós moldado.	15,40
„ de ventana, moldado á un haz en dos tableros y una faja.	17,00

CLASE DE OBRA	Precio de la unidad — Pesetas
Vidrieras	
<i>Grueso de terciado</i>	
m. ² de vidrieras de fachada, moldadas á uno ó dos haces con ó sin listoncillos.	6,90 á 7,10
„ de vidriera antepechada, de dos hojas moldadas á un haz con pilastra	7,80 á 8,20
„ de vidriera de alcoa y puerta de paso, moldada á un haz. .	6,60 á 15,20
Persianas	
<i>Grueso de terciado</i>	
m. ² de persiana, moldada á dos caras de tres ó cuatro hojas ó con antepechado, menores de 2 m. de alto.	13,70 á 14,50
„ de persiana moldada de dos hojas para toda clase de huecos. .	14,80
„ de persiana de cortina.	9,50
<i>Cancelas</i>	
m. ² de cancela de cristales de cuatro hojas, grueso de terciado, frisada de caoba.	41,00
„ de cancela de pino de igual construcción.	24,70
„ de cancela de cristales, grueso de media alfarjía, picada de caoba por una cara, con montante de vuelta rebajada. . .	55,00
Pasamanos	
m. l. de pasamanos de escalera de pino, parte recta ó curva. . .	0,70 á 1,40
„ de pasamanos cajeadado de caoba, parte recta.	6,70
„ de pasamanos cajeadado de caoba, parte recta.	16,00
Rodapié	
m. l. de rodapié de escalera en parte recta con nudillos y listón de 0,10.	2,40
„ de rodapié en parte circular con nudillos y tornillos. . . .	6,60
„ de rodapié liso de 0,10 á 0,22 de altura	0,60 á 1,40
Cercos	
m. l. de cerco de alfarjía con contramarco para vidriera y persiana.	3,40 á 6,70
„ de cerco de alfarjía con uno ó dos rebajos ó molduras. . . .	1,80
„ de cercos de media alfarjía de contramarco ó para el interior.	1,10 á 1,20
„ de cerco moldado de montante rectangular de alfarjía, con bastidor	3,60
„ de cerco moldado, montante circular de alfarjía.	5,70
„ de cerco moldado rectangular de media alfarjía.	3,10
„ de cerco moldado circular de media alfarjía.	4,50

CLASE DE OBRA	Precio de la unidad — Pesetas
Obras de pintura y empapelado	
Pintura	
<i>Al barniz, óleo ó mate ordinario</i>	
m. ² en piezas de todas clases.	1,40
Un hueco de balcón	14,50
" de persianas de librillo.	14,30
" de ventanas antepechadas y vidrieras	12,50
Una puerta de paso ó de dos hojas.	4,40 á 7,90
Un montante de puerta de dos hojas.	0,50
m. l. de jambas de puertas.	0,20
" zócalo de habitación	0,40
m. ³ de chaperón y canalón de patios y bajada de aguas.	2,80
<i>Al mate fino</i>	
m. ² en piezas de todas clases.	4,00
Un hueco de balcón, á una ó dos tintas.	28,00 á 30,00
" de ventanas antepechadas, á una ó dos tintas.	17,00 á 21,00
" de puertas de dos hojas, á una ó dos tintas.	14,00 á 17,00
" de puertas de paso, á una ó dos tintas	9,20 á 10,00
Un montante de puertas.	0,50
m. l. de jambas de puertas.	5,00
<i>A la cera</i>	
m. ² de muros y techos de todas clases en colores lisos.	0,15
<i>Imitación á maderas ó mármoles</i>	
m. ² de piezas de todas clases con preparación y barnizado	3,00
" de piezas de todas clases (preparación esmerada).	5,00
Un hueco de balcones.	35,00
" de persianas de librillo.	30,00
" de ventanas antepechadas.	24,00
" de puertas de paso ó de dos hojas.	14,00 á 19,00
m. l. de jambas de puertas.	0,40
<i>Pintura de herraje</i>	
m. l. de barandilla de escalera, de balaustres lisos, á dos manos minio y verde ó blanco.	3,00 á 4,00
" de barandilla de escalera, á dos manos, minio y bronce, con toques de purpurina.	4,50
" de barandilla de escalera, á dos manos, minio y blanco, con toques de oro.	8,50
" de antepecho de balaustres y greca, á dos manos, minio y verde ó gris.	4,60

CLASE DE OBRA	Precio de la unidad — Pesetas
<i>Pintura al temple</i>	
m. ² de color liso en muros.	0,60
„ de color, recuadrada con filetes, frisos y tableros	1,00
„ de color, imitando mármoles.	1,40
Un hueco de balcón y el exterior de las vidrieras al óleo.	7,40
„ de ventanas antepechadas	4,50
„ de puertas de paso ó de dos hojas.	0,90 á 1,40
<i>Empapelado</i>	
m. ² de papel liso ó al ángulo.	0,25 á 1,50
„ de papel con escocia	0,30 á 1,50
„ de papel encuadrado.	0,35 á 1,70
<i>Obras de vidriero, plomero y pizarrero.</i>	
<i>Zinc.</i>	
m. ² cubiertas de listones y tapajuntas solapadas; planchas del n.º 11 al 14.	6,60 á 8,50
„ cubiertas de listones y tapajuntas embordadas, planchas „ del n.º 11 al 14.	5,40 á 8,10
„ cubierta de chapa ondulada; plancha del n.º 13.	8,30
„ de azotea de regueras, planchas del n.º 13 al 16.	6,00 á 8,10
„ cubierta de rombos n.º 1, planchas del n.º 10 al 12.	8,30 á 10,30
„ cubierta de rombos n.º 2, planchas del n.º 10 al 12.	8,10 á 10,10
„ cubierta de rombos n.º 3, planchas del n.º 10 al 12.	7,30 á 9,30
„ cubierta de rombos n.º 4, planchas del n.º 10 al 12.	8,00 á 10,00
m. l. de limas y canalones, zinc del n.º 10 al 14.	2,00 á 3,40
„ de tubos de bajada, zinc del n.º 10 al 14.	2,30 á 3,30
„ de molduras de 0,25 á 0,50 m. de desarrollo.	3,70 á 4,60
m. ² de revestimiento, zinc del n.º 11 al 14.	4,80 á 6,70
<i>Plomo</i>	
m. ² de cubiertas embordadas, planchas de 4,00×0,84 y espesor de 1,75 á 3,00 mm.	12,40 á 14,20
„ de cubiertas embordadas, planchas de 2,00×0,84 y espesor de 1,75 á 3,00 mm.	15,60 á 20,00
„ de azotea de regueras, planchas de 2,00×0,84 y espesor de 2,50 á 3,00 mm.	14,10 á 16,30
„ de revestimiento de limas, planchas de 2,00×0,84 y espe- sor de 1,75 á 2,50 mm.	13,70 á 15,70
m. l. de canalón de 1/3 plancha del n.º 3 al 6.	5,00 á 6,80
„ de canalón de 1/3 plancha del n.º 3 al 6.	3,00 á 6,40
„ de tubería, diámetro de 0,08 á 0,30, espesor de 2,25 á 3,00 mm.	9,40 á 11,60
„ de tubería laminada, horizontal, luz de 0,01 á 0,11 espesor de 2 á 10 mm.	12,50 á 29,00

CLASE DE OBRA	Precio de la unidad — Pesetas
m. l. de tubería laminada, vertical, luz de 0,01 á 0,11 espesor de 2 á 10 mm.	13,70 á 40,80
Una llave de paso, diámetro de 10 á 110 mm.	15,00 á 45,00
Cristalería	
m. ² de vidrio en ventanas ó puertas verticales medidas corrientes.	2,10
” de vidrio en ventanas ó puertas	2,60
” de colocación de lunas fuera de medida.	3,00
” de colocación de muselinas fuera de medida.	3,60
” de colocación de cristales fuera de medida.	4,00
” de colocación de baldosas de cristal de 0,015 espesor.	2,80
” de colocación de baldosas de cristal de 0,020 espesor.	3,50
” de colocación de baldosas de cristal de 0,025 espesor.	4,20
Pizarra	
m. ² de cubierta, pizarra española de 0,65×0,35 á 0,25×0,15.	8,30 á 9,80
” de cubierta, pizarra inglesa de 0,76×0,62 á 0,31×0,15.	8,00 á 9,50
” de cubierta, pizarra francesa de 0,32×0,22 á 0,22×0,12	7,60 á 8,70
Obras varias	
Pavimentos	
m. ² de losas de granito de 0,14 m. de grueso.	20,50
” de losas de granito á cartabón.	29,50
” de empedrado de cuña de 1. ^a , 2. ^a ó 3. ^a clase.	5,90 á 6,90
” de empedrado de medias cuñas de 1. ^a clase.	9,50
” de empedrado de morrillo.	2,50
” de afirmado con piedra machacada.	2,70
” de aceras.	13,70
” encintado.	4,50
” de adoquinado.	14,40
” de baldosas de mármol blanco y negro 12 pulgadas de lado.	20,00 á 27,50
” de baldosas de mármol blanco y negro á la veneciana, variedad de dibujos.	28,00 á 36,00
” de baldosas de pizarra y alabastro de 5 á 12 pulgadas de lado	6,00 á 10,60
” de mosaico “Nolla”.	9,20 á 17,70
” de mosaico en Barcelona.	9,20 á 10,50
” de mosaico romano.	15,00
” de baldosín de Ariza ó de Ocaña	2,50 á 2,80
” de baldosa tosca de la ribera, con barro ó mortero.	1,90 á 2,30
” de baldosa prensada de la ribera	2,40
” de azulejos de 1. ^a ó 2. ^a	5,00 á 5,50
” continuo de cemento.	20,70
” de entarugado.	48,70
” de asfalto.	10,00

Índice de materias

PÁGINAS

CAPÍTULO I

<i>Objeto é importancia de la edificación en la industria militar.—Condiciones á que debe satisfacer una buena edificación.—Materiales empleados en la construcción.....</i>	1 á 4
--	-------

CAPÍTULO II

<i>Materiales de origen pétreo.—Piedras naturales.</i>	5 á 14
--	--------

CAPÍTULO III

<i>Arenas.—Arcillas.—Cales.—Cementos.—Yeso.—Asfaltos y betunes.....</i>	15 á 45
---	---------

CAPÍTULO IV

<i>Piedras artificiales.—Adobes, ladrillos, tejas y caños.—Morteros y hormigones ordinarios é hidráulicos.....</i>	46 á 69
--	---------

CAPÍTULO V

<i>Metales y maderas usuales en las construcciones.—Cemento armado.—Resistencia de los materiales de construcción.....</i>	70 á 90
--	---------

CAPÍTULO VI

<i>Fundaciones ó cimientos.....</i>	91 á 111
-------------------------------------	----------

CAPÍTULO VII

<i>Obras de fábrica.—Diferentes clases de muros y paredes.....</i>	112 á 138
--	-----------

ÍNDICE DE MATERIAS

PÁGINAS

CAPÍTULO VIII

Arcos, bóvedas y dinteles.—Huecos ó vanos.—Cimbras y andamios..... 139 á 165

CAPÍTULO IX

Pisos..... 166 á 186

CAPÍTULO X

Techumbres de edificios.—Armaduras y cubiertas. 187 á 218

CAPÍTULO XI

Escaleras.—Puertas y ventanas.—Tabiques.—Cañones de chimenea en los muros.—Obras ligeras.—Pintura y ornamentación..... 219 á 244

CAPÍTULO XII

Distribución del agua en los edificios.—Calentación, ventilación y alumbrado.—Ascensores y monta-cargas.—Teléfonos, timbres y pararrayos..... 245 á 275

CAPÍTULO XIII

Pavimentos de calzadas y avenidas..... 274 á 278

CAPÍTULO XIV

Condiciones generales de todo establecimiento industrial.—Disposición de talebres.—Instalación de motores, hornos y maquinaria.—Chimeneas. 279 á 300

CAPÍTULO XV

Datos prácticos referentes á materiales y mano de obra.—Estados de precios..... 301 á 320

FE DE ERRATAS

PÁGINA	LÍNEA	DICE	DEBE DECIR
6	7	feldespalto	feldespato
28	31	trascurrir	transcurrir
56	28	omisión	comisión
73	20	alcaciones	aleaciones
91	6 y 7	pedragosos	pedregosos
98	última	terrapenes	terraplenes
115	»	docécagono	dodecágono
117	»	fomula	fórmula
123	18	ó otro	á otro
140	29	<i>carpanelos</i>	<i>carpanales</i>
148	29	Las fórmulas	La fórmula
160	6	secibir	recibir
167	1	etramado	entramado
170	17	ana	una
179	20	superflicies	superficies
183	30	betón	betún
192	1	Poloncean	Polonceau
195	7	ta	tal
228	25 y 26	tranbuil	tranquil
230	26	puesta	puerta
293	3 y 4	cajas lubricadoras, automáticas en me- nor número,	cajas lubricadoras automáticas, en me- nor número,





Precio de la obra..... 17 pesetas

OBRAS DEL MISMO AUTOR

DE TEXTO EN LA ACADEMIA DE ARTILLERIA



PESETAS

<i>Fabricación de la artillería y su material.....</i>	18
<i>Fabricación de las armas blancas y de fuego portátiles, y de sus municiones</i>	12

