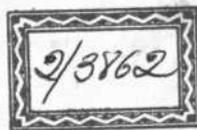




Aut 29 874 Of. 6042 (6.4.7) el atle



1916 JE

Tif m: 8395

TRABAJO
DE
METALES Y MADERAS.



Sig.: 1916 IE
Tit.: Tratado de industria : trabaj
Aut.: López y Larraya, José
Cód.: 51042996



R^o 1628



TRATADO DE INDUSTRIA.

TRABAJO

DE

METALES Y MADERAS

POR

LOS PROFESORES DE LA ACADEMIA DE ARTILLERÍA

D. JOSÉ LÓPEZ Y LARRAYA,

CORONEL COMANDANTE DEL CUERPO,

Y

D. CASIMIRO LANAJA Y MAINAR,

TENIENTE CORONEL COMANDANTE DE EJÉRCITO, CAPITÁN DEL CUERPO
Y LICENCIADO EN CIENCIAS.

OBRA DECLARADA DE TEXTO PARA LA ACADEMIA DE ARTILLERÍA,
POR REAL ORDEN DE 5 DE SETIEMBRE DE 1884.

TEXTO.



SEGOVIA

Imprenta de Ondero, Juan Bravo, 40 y 42.

1885.



*Esta obra es propiedad de los autores.
Queda hecho el depósito con arreglo á la
ley de propiedad intelectual.*

Tore Lopez y Larraga


Cesimiro Zamaja




EXCMO. SEÑOR

DON EULOGIO DESPUJOL Y DUSAY,

TENIENTE GENERAL DE LOS EJÉRCITOS NACIONALES, CONDE DE CASPE,
1.^o DIRECTOR GENERAL DE INSTRUCCIÓN MILITAR, &., &.

*En testimonio de la más distinguida consideración y respeto,
tienen la honra de dedicar á V. E. este pequeño trabajo*

LOS AUTORES.

DOCUMENTOS OFICIALES.

EXTRACTO DEL INFORME DE LA JUNTA FACULTATIVA DE LA ACADEMIA.

ACADEMIA DE ARTILLERÍA.—*Junta Facultativa.*—«La necesidad del estudio de la Industria en general, se hace sentir cada vez más, dados los progresos que constantemente se realizan en este ramo del saber humano; y si hasta hace poco ha podido reducirse dicho estudio en esta Academia á la descripción más ó menos detallada de los procedimientos de fabricación y máquinas empleadas en los Establecimientos que están á cargo del Cuerpo, hoy día son tantas las variaciones que constantemente se realizan en unos y otras á consecuencia de los grandes progresos de la Industria, que ha llegado á ser de todo punto indispensable dar carácter de mayor generalidad á la enseñanza de tan importante materia. Tales circunstancias unidas á la de no existir obra alguna didáctica de este género, movieron sin duda el ánimo de los Oficiales Sres. Larraya y Lanaja á emprender un trabajo tan concienzudo y acabado como el que hoy tiene el gusto de examinar esta Junta.

Antes de emitir su informe y dar opinión concreta sobre el citado trabajo, no puede menos esta Corporación de poner en evidencia los grandes escollos con que indudablemente habrán tropezado los autores antes de llegar á la realización de su pensamiento. De atrevida puede calificarse tal empresa, dada la importancia del asunto á que se refiere y la escasez de materiales de que habrán podido disponer en el curso de su trabajo, y al llevarlo á cabo y proporcionar á la Academia un libro de texto de que carecía, han demostrado tanta laboriosidad é inteligencia, que han conseguido dar cima á su obra con la perfección que puede desde luego colegirse de un examen detenido de su índice y del ligero resumen de ella que á continuación se hace.

Consta la obra de nueve capítulos: cinco dedicados al estudio del trabajo de *Metales*, y los cuatro restantes al de *Maderas*. En el Capítulo I «*Propiedades de los metales empleados en la Industria*» hacen un resumen de los conocimientos que de los metales y aleaciones han adquirido los Alumnos en el estudio de la Química industrial; resumen en extremo conveniente y casi indispensable para poder seguir con fruto el estudio de los capítulos siguientes.

En el II titulado «*Fundición de metales*», después de explicar detalladamente los diversos procedimientos de fabricación para los moldes, ya sean en arena, barro, matrices metálicas ó siguiendo un procedimiento mixto; pasan á ocuparse de los medios empleados para fundir los metales y bajo el punto de

vista industrial, hacen la descripción de los cubilotes más perfeccionados que se emplean; así como la de los hornos de reverbero, crisoles y calderas; fijando la conveniencia y necesidad de emplear unos u otros según los metales que se pretendan fundir, clase de combustible y dimensiones de las piezas que se hayan de obtener. Tratan después la colada y desmoldeo, y por último se ocupan de las pruebas y recepciones de las primeras materias necesarias y de las piezas fundidas, enumerando los defectos que pueden presentar é indicando el medio de corregirlos; siendo muy de notar el modo especial y ordenado con que están tratados todos los asuntos, puesto que sin descender en manera alguna á detalles minuciosos, no preseinden de los que pueden tener alguna importancia, llegando á formar un conjunto que resulta armónico y de muy provechosa lectura.

El Capítulo III bajo el epígrafe de «*Forja*» contiene, las operaciones de forja divididas en dos grandes grupos, á temperatura elevada y en frío, tratando en cada uno de ellos las diferentes operaciones, clasificadas según los nombres que reciben por las distintas maneras de ejecutarlas, ó los resultados que con ellas se quieren obtener; sobresaliendo de este capítulo como en el anterior, una verdadera originalidad en la manera de tratar todas las cuestiones.

En el Capítulo IV nominado «*Operaciones mecánicas*» se consignan todas las de esta índole en los metales: describen en cada una algunas de las máquinas más perfeccionadas y que más se adaptan á las necesidades de la enseñanza, consiguiendo así que mediante su conocimiento y los adquiridos en mecánica aplicada, baste solamente un ligero examen para formarse idea de la manera de funcionar, y ventajas é inconvenientes que tenga cualquiera otra máquina de análoga naturaleza; circunstancia sobre la que esta Junta no puede menos de llamar la atención de la Superioridad, puesto que con tal sistema y merced á las atinadas consideraciones que hacen, se conseguirá que los Alumnos puedan adquirir sin ningún trabajo, verdaderas ideas mecánicas industriales.

El Capítulo V «*Conclusión*» comprende las operaciones de ajustar, grabar, dividir, acicalar, bruñir y pulimentar, seguidas de un artículo en el que, con el nombre de *preservativos de los metales* se describen los que pueden usarse como tales, ya provengan del empleo de las pinturas, ya de la aplicación de un metal sobre otro ó ya del pavonado; complétase con este capítulo el perfecto estudio hecho del trabajo de los metales.

Los cuatro capítulos restantes comprenden, según ya se ha manifestado, el trabajo de las maderas, y bajo los epígrafes de «*Consideraciones generales*» «*Labra de las maderas*» «*Uniones*» y «*Diversas preparaciones á que se someten las maderas*» abarcan la constitución, enfermedades, corta de los árboles, reconocimiento, secado, descripción, propiedades, aplicaciones y nomenclatura de las maderas; todas las operaciones efectuadas al labrarlas ya sea á mano ó mecánicamente, describiendo tanto en éstas como en las anteriores, los diversos procedimientos y máquinas más modernas sin olvidar las copiadoras y especiales; diferentes maneras de efectuar las uniones y ensambles, ya se haga ó no uso de refuerzos metálicos y trazado de una obra de carpintería; diversos procedimientos para preservar las maderas, ya estén expuestas al aire libre, ó ya enterradas ó sumergidas, y por último la manera de encorvar, endurecer y hacerlas incombustibles en cuanto sea posible. Nótase también en estos capítulos el especial cuidado que á no dudar han puesto los autores en su metódica redacción, que tan provechosa ha de resultar para el estudio, pudiéndoles haber la satisfacción, á juicio de la Junta, de haber conseguido por completo el objeto que se propusieron.

En resumen, esta Junta reconoce con gusto en la obra que se acaba de detallar, un excelente método de exposición que satisface cumplidamente las necesidades de la enseñanza en nuestra Academia, viniendo á llenar un vacío que hace tiempo se sentía; vacío tanto mayor, cuanto que las conferencias de esta clase tenían que reducirse todas ellas á explicaciones orales por no existir en España ni en el Extranjero obra de este género que pudiera satisfacer las exigencias didácticas.

En virtud de todo lo expuesto, acordó la Junta proponer á la Superioridad se declare como obra de texto en la Academia para el estudio de la industria el libro sometido á su examen, creyendo que es también conveniente llamar la atención de la Superioridad acerca de la ventaja que resultaría de abreviar cuanto sea posible su impresión, para poder suprimir cuanto antes el sistema oral seguido hasta ahora y que tan poco conveniente es para la enseñanza. Igualmente se atreve la Junta á indicar lo costosa que resultará la impresión de la obra por las muchas láminas que contiene y la conveniencia de hacerla por cuenta del Estado, en razón al crecido número de ejemplares que sería preciso vender para cubrir sus gastos.

El gran trabajo que supone una obra de la índole de la presente, la notoria originalidad que en ella aparece y la utilidad grande que ha de reportar para la enseñanza, marcan desde luego su extraordinario y relevante mérito, por lo que no duda esta Junta en considerarla comprendida entre aquellas á que se refieren los fundamentos de la Real Orden de 13 de Abril de 1882, habiéndose hecho por consiguiente acreedores sus autores á la extraordinaria recompensa á que la misma hace referencia.»

Es extracto del acuerdo de 26 de Abril de 1884 de la Junta Facultativa de la Academia.—El Teniente Coronel Capitán, Secretario, *Ricardo Arana z.*—V.º B.º—El Brigadier Presidente, *Bustamante.*

EXTRACTO DEL INFORME DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE INSTRUCCIÓN MILITAR.

EXCMO. SEÑOR.—El Director de la Academia de Artillería en 28 de Abril de 1884, remitió copia del acta de la sesión celebrada por la Junta Facultativa de la misma en 26 de dicho mes, con informe referente á la obra titulada «*Trabajo de metales y maderas*» escrita por el Comandante de Artillería D. José López Larraya y Capitán D. Casimiro Lanaja, profesores ambos del cuarto año en aquella Academia.

Comprende dicho informe, una breve exposición de la urgente necesidad de adoptar un texto para enseñar dicha asignatura, y ver desaparecer en breve plazo las explicaciones orales hoy día en uso á falta de autor español y extranjero adecuado al caso. Entran después á emitir juicio crítico de la obra, analizando uno por uno los diversos capítulos que contiene. Es el parecer claro y terminante de aquella Junta, que la laguna ahora existente está llamada á desaparecer, merced al singular acierto con que los Sres. López Larraya y Lanaja han sabido ejecutar su trabajo; opina que éste reúne en sumo grado las condiciones didácticas

necesarias como obra de texto, y contiene la cantidad de doctrina indispensable con buen método de exposición, atendidos los conocimientos técnicos de los Alféreces Alumnos que deben aprenderla. Siendo así, proponen que se declare de texto, y por ser completamente original y calificando de relevante el mérito contraído por los autores, con arreglo á las ordenes vigentes, los creen comprendidos en el caso señalado para obtener la máxima recompensa.

Según práctica establecida en casos de esta naturaleza, el negociado cree procedente remitir la obra al Excmo. Sr. Director General de Artillería, interesando informe la Junta especial del Cuerpo, por saber si opina ser conveniente que se declare de texto. Una vez conocido este parecer, procederá proponer que se pida también de Real orden informe á la Junta Superior Consultiva de Guerra; después de lo cual, será llegado el caso de volver á la Superioridad para los fines consiguientes.

Estudiada la obra con detenimiento por el negociado, no vacila en emitir su juicio, por estar en todo acorde con la Junta de la Academia.

El estudio de la segunda parte de Industria militar en la Academia de Artillería, constituye la primera clase del programa de cuarto año. Antiguamente comprendía englobada toda la fabricación del material y pertrechos de guerra, tanto al servicio de la Artillería, como al de las demás armas é institutos del Ejército: servía de texto la magnífica obra escrita por el difunto General de Artillería D. Tomás de Morla. Hasta mediados del presente siglo, fué suficiente la doctrina en ella contenida para adquirir los conocimientos técnicos, según los servicios confiados al Cuerpo de Artillería. Desde aquella época data, digámoslo así, el principio de la revolución industrial: la máquina vino á reemplazar con inmensa ventaja al trabajo individual; los inventos se sucedieron con una rapidez vertiginosa, y en la época presente, se puede asegurar que, si bien no se conceptúa llegado aún el límite de las concepciones humanas, por lo menos, alcanzó el máximo de intensidad el delirio inventivo é innovador, ofreciéndose á cada instante nuevas aplicaciones de inventos sancionados por la práctica y también otros nuevos, cada vez más sorprendentes.

En España se luchó incesantemente con la estrechez de recursos, por lograr, hasta por días, estar al nivel de los últimos adelantos en la industria oficial; pero siendo evidente, por un lado, la ventaja en sentido económico de tales adelantos, y por otro, no pudiendo desatender el verdadero objeto, siquiera fuese un punto de detención en el camino innovador, pues el Estado hubiese sufrido el primero las consecuencias, á la vez que hubiera desmerecido el crédito de las corporaciones y colectividades encargadas de dicha industria; para evitar tales males, se impuso la necesidad de ir empleando los escasos recursos disponibles, en la compra de máquinas y artefactos de buenos sistemas, hasta donde era posible, sin pasar desapercibido que, en algún caso (sea esto dicho con cierto orgullo nacional) no faltó inventor español que supo mostrarse á la altura de lo más notable entre los extranjeros.

El Cuerpo de Artillería se vió en la imprescindible necesidad de montar en sus talleres maquinaria moderna, relegando la antigua llamada á reemplazarse, no al olvido, pues hubiese sido hartamente injusto rendir tan poco homenaje á aquellas manifestaciones del saber humano, después de haber contribuido á producir muchos y notables días de gloria á la nación; pero si fué preciso, para desembarazar los talleres, señalarla un lugar preferente en los museos, donde á la vista del público, permitiera en todo tiempo seguir por sus pasos contados, la marcha

progresiva de las construcciones militares. Provistos de maquinaria moderna los establecimientos industriales á cargo de los artilleros, por precisión, cayó en la insuficiencia la obra de Morla; desde el primer instante se pensó reemplazarla, más desde luego se comprendió ser problema de difícil resolución, por falta de jalones, digámoslo así, que acotasen el terreno dentro del cual debía desarrollarse. Las herramientas que había venido usando el obrero, al ser reemplazado éste en su trabajo por la máquina, tenían que sufrir transformación, lo que no tuvo lugar en un día dado, sino paulatinamente según inventos sucesivos; la metalurgia, verdadero cimiento de los trabajos industriales, mejoraba también de día en día; y llevadas estas concausas á un fin común, cual es, producir el material de guerra, no señalaban los límites necesarios para ceñirse á ellos y escribir un tratado donde se aprendiesen los conocimientos necesarios para los trabajos de transformación, desde el beneficio de los minerales hasta la obtención del material de guerra concluido cual se exige según el uso de su destino.

Se pensó que una colección de memorias, (escritas por comisiones competentes), en las que se describiese el nuevo modo de ser de los talleres, podría servir de texto en la Academia de Artillería: con efecto, algunas de ellas merecieron la aprobación de la Superioridad, y en defecto de colección completa que abarcase lo de todos los establecimientos, explicaciones orales suplieron lo que faltaba. Este sistema se observó durante algunos años; pero malo en sí desde el principio, se llegó á hacer incapaz, porque daba lugar á una serie nunca interrumpida de repeticiones, debidas á la diversidad de criterios y á que unas mismas máquinas, con ligeras variantes debidas especialmente al capricho del constructor, se repetían bastantes veces durante el curso; y además, porque se añadían al programa de estudios, por medio de aumentos sucesivos en la explicación oral, los nuevos perfeccionamientos referentes casi siempre á detalles sin variar los principios fundamentales. Resultado de esto fué, llegar á componer un programa verdaderamente imposible, mas que por su dificultad, por la cantidad de materia que encerraba, incapaz de ser descrita y aprendida en la duración señalada para cada curso.

De nuevo se insistió en la reforma precisa é indispensable de aquel curso, y con tal motivo, no habiendo pasado en balde los años trascurridos, se vió la posibilidad de lograr lo que antes no se había podido: las máquinas operadoras eran todas conocidas y esto enseñó el medio de formar un trabajo didáctico, resumen, no de la diversidad de ellas según los constructores, sino de los fundamentos en que se apoyan, como si dijésemos la máquina tipo, suficiente para sacar de ella cuantas deducciones sean precisas, á la vista de cualquiera de igual especie. El paso inicial para esta nueva faz del estudio de la industria, fué dividirlo en dos partes, que son: «*Trabajo de metales y maderas en general*» y «*Sus aplicaciones á la industria militar.*» Hecha esta división lógica y racional del estudio, faltaba lo más esencial, obras que sirviesen de texto: no las había publicadas dentro ni fuera de España; las lecciones orales, tema obligado en todo caso extremo, suplieron la falta, pero convencidos todos de la deficiencia de este procedimiento, se buscó á toda costa un texto, y reconocidas las especiales dotes de los iniciadores del sistema antedicho Sres. López Larraya y Lanaja, se les insinuó el muy grande servicio que podrían proporcionar á la enseñanza oficial, trasladando al papel las lecciones que con tan buen éxito venían transmitiendo á sus discípulos, desde que regentaban las clases de los dos grupos antes indicados.

Para juzgar con acierto de qué manera han sabido dichos señores corresponder á

la invitación que se les hizo, debida según se ha indicado á la esperanza en ellos cifrada, á parte de la prueba clara y evidente de su buen deseo en vista de la obra presentada, es preciso examinarla bajo dos puntos de vista diferentes, á saber: primero, aquilatarla en su valor intrínseco según la cantidad y calidad de materia que contiene, y segundo, apreciar las condiciones didácticas, para ver si el método de exposición y sus proporciones satisfacen cumplidamente las necesidades inherentes á la Academia de Artillería.

Como punto de partida consideran el acto de recibir en estado de lingote, barra, galápago, etc., los diversos metales empleados en la industria manufacturera y presentan una breve y sucinta reseña de las propiedades características de cada uno de ellos y sus aplicaciones más usuales, fijándose especialmente en las diferentes temperaturas de fusión, medios de reconocerlos y en su grado resistente á los esfuerzos dinámicos. Al hacer esto, tuvieron presente los conocimientos adquiridos en el estudio de química industrial y resistencia de materiales, y previeron la posibilidad de tener olvidado algo importante, ó no haber fijado bastante la atención en las condiciones que deben exigirse de lo que, á tal altura de conocimientos y tratándose de este estudio, puede llamarse primera materia, obtenida de los minerales procedentes de la mina según las múltiples y variadísimas aplicaciones á que se destinan. Acertados estuvieron en esta primera parte de la obra, pues, no cabe duda que, siendo los trabajos industriales de carácter esencialmente utilitario, el recibo de la primera materia es de importancia suma y á ella debe consagrarse todo el interés del receptor, so pena de obtener resultados contraproducentes que, inutilizando los productos, ocasionarían una pérdida de trabajo y de dinero en extremo perjudiciales. Nada superfluo detallaron ni nada útil omitieron, siendo de admirar el buen orden é inmejorable estilo de su descripción.

Recibidos los metales en la forma expresada se presentan para su trabajo los dos procedimientos característicos industriales; el de fusión y el de forja: cada uno de los cuales envuelve numerosas operaciones preliminares y trabajos que precisa aprender. La *moldería, fundición, colada, desmoldeo y reconocimiento y pruebas de recepción*, comprende el primer procedimiento, y componen el segundo, la materialidad de *forjar á elevada temperatura y á la ordinaria*, con sus anexos de *cortar, agujerear, desbarbar, recocer* etc. etc.. Tenido todo esto en cuenta por los autores, detallan con gran habilidad y mucho acierto al ocuparse de la fundición, la moldería por todos los medios usuales, bien sea en arena, barro, con matrices metálicas y por el sistema mixto; enseñan materialmente á fundir en cubilotes, hornos de reverbero, crisoles y calderas; determinan los trabajos preparatorios para hacer la colada, explicando como se ejecuta ésta; desbaratan los moldes para obtener la pieza fundida, y la ensayan y limpian á fin de presentarla en condiciones de resistencia y concluida cual corresponde.

El trabajo de forja, difícil como el que más de los trabajos industriales, lo describen de tal manera y con tal precisión, que puede bien decirse en la seguridad de no errar, que, quien lea con detención este capítulo, se sentirá capaz, no sólo de dirigir, sino también de ejecutar todos los procedimientos necesarios, sucediendo otro tanto con los trabajos anexos á la forja que son, digámoslo así, su complemento.

Las operaciones mecánicas de *limar, fresar, cepillar, taladrar, avellanar, tornear, barrenar, roscar, copiar, amolar y esmerilar* y las de última hora (permítase la frase) como son *ajustar, grabar, dividir, acicatar, bruñir y puli-*

mentar se puede asegurar haber sido las que dieron más juego á los inventores y constructores de máquinas, originándose de aquí la mucha variedad de sistemas y la improba dificultad de vencer el escollo á ellas inherente, causa primordial que dificulta el estudio de esta parte de la industria, en un periodo de tiempo relativamente corto; pues á pesar de tan malas condiciones que se imponían á los autores de la obra, resalta en esta parte según la presentan, con preferencia si cabe á las demás, la habilidad con que supieron llegar al fin propuesto, consistente en decir todo lo necesario, verter tales conocimientos y describir con tanto acierto una máquina tipo de cada clase, que de fijo, comprendiéndolas, no ofrecerá la menor duda cualquiera deducción de las mismas por complicada que sea.

Todo material construido y con especialidad el de guerra, lo mismo si está en continuo uso, que cuando se conserva almacenado, exige algunos cuidados y el empleo de ciertos preservativos para aumentar su duración y evitar los efectos destructores de las múltiples causas que concurren incesantemente á destruirlo; pudiéndose citar como más importante, cuyo efecto conviene á toda costa desaparezca, el poder destructor de la atmósfera. Los medios empleados consisten en darle una capa de pintura, en aplicar un metal sobre otro, ó en pavonarlo; medios descritos todos con claridad y concisión en la obra de referencia.

Análogamente al sumario hecho referente al trabajo de metales, desarrollan su plan en la parte dedicada al «*Trabajo de maderas.*» Presentan primero una recordación compendiada de los conocimientos adquiridos al estudiar química orgánica, referente á la constitución de la madera; detallan la corta de árboles y reconocimiento, y el secado de aquélla por los sistemas natural, artificial y mixto, fijándose en las condiciones que deben reunir los almacenes destinados al secado según el primer medio, clase de estufas empleadas en el segundo, y dedicando algunos párrafos al medio llamado *legiación* ó sea el tratamiento de la madera por el vapor de agua. Las clasifican por especies, y reseñan de cada grupo las mas usuales, así como también enseñan el procedimiento general para determinar las propiedades físicas de cualquiera; asunto este de la mayor importancia, si han de emplearse acertadamente. Completa este capítulo, la manera de encontrar la resistencia á la *tracción, compresión y flexión*; materia más principal si cabe, entre las muy útiles tratadas anteriormente.

La labra de las maderas la explican con mucho método, exponiendo todos sin exceptuar ninguno, los procedimientos mecánicos que se aplican, con el buen acierto de aprovechar siempre que pueden, los conocimientos adquiridos y los detalles de máquinas empleadas en análogas faenas al ocuparse de los metales, introduciendo tan sólo las variantes debidas á la menor dureza de la primera materia laborable. Esto envuelve una simplificación y reducción de estudios importante, que facilita mucho el aprender toda la obra.

Labradas las maderas, aplican convenientemente las ideas adquiridas en el estudio de la Estereotomía, reseñando las uniones y ensambles mas usuales; cosa precisa para comprender el modo de darle forma á la materia preparada.

También en analogía con el final dedicado al estudio de los metales, al tratar de las maderas explican superficialmente las preparaciones á que se someten, para evitar el efecto de las diversas causas que concurren á destruirlas estando en blanco.

Analizada según queda la obra, en cuanto se refiere á la doctrina, orden y método de exposición, es forzoso convenir en la palidez del relato, comparado con la agradable impresión que produce su lectura: no es fácil encontrar frases apro-

piadas, para condensar en un simple informe, tanta belleza como aquélla encierra y poner de manifiesto todo el provecho que es capaz de reportar: la galanura de su estilo, las citas oportunas y aquél, no se sabe que cualidad contribuye más al mérito; campean con tanta profusión y tanta constancia en su desarrollo, que, sin temor de incurrir en exageración, y empeñándose en explicar de un modo gráfico y sintético el sentimiento que despierta, tal vez convenga titularla obra instructiva y recreativa; cuya lectura se siente terminar, porque infiltra de un modo casi inconsciente en la mente del lector, el caudal de conocimientos útiles en ella condensados.

Estas excelentes condiciones, unidas al acierto con que supieron graduar la materia necesaria, le proporcionan una propiedad característica, cual es la de reunir en su mayor grado lo indispensable como obra de texto para la enseñanza, y unido al punto de mira observado fielmente por los autores, de amoldarse al programa de la Academia de Artillería vigente estos últimos años, aseguran ser el libro cuya falta se viene sintiendo.

En resumen: la obra es muy superior y con ser llamada á ocupar sin rival un lugar tan preferente en la Academia de Artillería, cual es, según queda dicho, servir de texto para el último año de carrera, al propio tiempo que á todo hombre estudioso le proporciona arsenal abundante donde adquirir conocimientos provechosísimos, comprueba cuan acertado ha sido el buen juicio que se tenía formado de ambos autores por sus trabajos y méritos continuados, y lo muy fundada que estuvo la esperanza concebida del éxito de la empresa á los mismos confiada.

En su informe, la Junta de la Academia llama la atención de la Superioridad sobre la conveniencia de que se declare obra de texto lo antes posible, para reemplazar el sistema de conferencias orales seguido hasta aquí, tan poco conveniente para la enseñanza, y propone la impresión por cuenta del Estado en razón al crecido coste que ha de tener, por las muchas y difíciles láminas que contiene, lo que exigirá la venta de muchos ejemplares para cubrir los gastos.

El trabajo que revela la obra y sus condiciones especiales, hace suponer á los autores comprendidos en el caso de máxima recompensa señalada en la Real orden de 13 de Abril de 1882.

Para proponer á la Superioridad lo que proceda respecto á dichos extremos, parece según se dijo al principio de este informe, ser conveniente oír primero á la Junta Especial de Artillería, para proponer á S. M. el Rey (q. D. g.) sea declarada de texto, y respecto al mérito contraído por los autores y la manera de imprimirse la obra, procederá pedir informe á la Junta Superior Consultiva.—Madrid 24 de Mayo de 1884.—Excmo. Sr.—*Ramón Fonsdeviela*.—Conforme.—*Despujol*.

EXTRACTO DEL INFORME DE LA JUNTA ESPECIAL DE ARTILLERÍA.

JUNTA ESPECIAL DE ARTILLERÍA.—*Conveniencia de adoptar como texto en la Academia de Artillería, la obra titulada «Trabajo de metales y maderas» escrita por el Comandante Larraya y Capitán Lanaja.*

Un ligero examen de la obra de que se trata, ampliando las ideas emitidas en el informe de la Academia, juzga la ponencia que será suficiente para evidenciar que la obra escrita por los Sres. López Larraya y Lanaja responde al orden de ideas que acaba de exponerse.

La obra puede considerarse dividida en dos partes: el Trabajo de los metales que comprende cinco capítulos y el de las maderas que se trata en cuatro.

Los autores han creído oportuno dar principio á su obra con un capítulo en el que se hace un resumen.

(Sigue una detallada exposición de materias.)

El bosquejo que acaba de hacerse de la obra que se examina, lo considera la ponencia suficiente para que la Junta pueda apreciar su plan é importancia.

El sistema de exposición claro y sencillo, el buen método que los autores emplean, el atlas de láminas bien proporcionadas y con todos los detalles necesarios para la buena inteligencia del texto, y la unidad de pensamientos que se observan en el conjunto, hacen comprender desde luego que esta obra es producto de largas meditaciones, y revela que los autores han hecho grandes esfuerzos para unir las exigencias didácticas á las condiciones especiales de esta clase de conocimientos.

Por todo lo expuesto la ponencia opina, que los entendidos Profesores Señores López Larraya y Lanaja han prestado un señalado servicio á la enseñanza con la obra que acaban de escribir, y que ésta ganará mucho adoptándola como texto.

Es cuanto la ponencia somete á la superior ilustración de la Junta que como siempre resolverá lo más acertado.

Discutido por todos los Señores presentes y habiendo manifestado estar conformes con cuanto la comisión expone en el anterior informe, se acordó por esta Junta hacerlo suyo, y en tal concepto elevarlo á la Superioridad con devolución del mencionado expediente.—Madrid 23 de Junio de 1884.—El General Presidente, Felipe de Alverico.

REAL ORDEN.

DIRECCIÓN GENERAL DE INSTRUCCIÓN MILITAR.—2.º NEGOCIADO.—Excmo. Sr.: De Real orden comunicada con fecha 5 del actual, se dispuso lo siguiente:

«Excmo. Sr.: Tomando en consideración lo propuesto por V. E. en 31 de Agosto próximo pasado, S. M. el Rey (q. D. g.) ha tenido á bien declarar de texto para la Academia de Artillería la obra titulada «*Trabajo de metales y maderas*», escrita por los Profesores de aquella Academia, Teniente Coronel graduado, Comandante de Artillería D. José López y Larraya y Comandante de Ejército, Capitán del mismo cuerpo D. Casimiro Lanaja y Mainar, y disponer que se modifique la relación de conferencias para cursos abreviados que fué remitida por la Academia, con sujeción á las prevenciones hechas por la Junta Especial de Artillería, dejando para más adelante el redactar el programa para cursos ordinarios, toda vez que ahora no tendría aplicación inmediata. Es así mismo la voluntad de S. M. que se haga saber á los citados autores, haber visto con mucho agrado el señalado servicio que han prestado á la enseñanza con la obra que acaban de escribir, siendo ésta una nueva prueba de su constante aplicación y del mérito especial que les distingue. De Real orden lo digo á V. E. para su conocimiento y demás efectos.»

Lo que traslado á V. E. para su conocimiento y satisfacción de los interesados.—Dios guarde á V. E. muchos años. Madrid 18 de Setiembre de 1884.—*Despujol*.—Excmo. Sr. Director de la Academia de Artillería.

 INFORME DE LA JUNTA SUPERIOR CONSULTIVA DE GUERRA.

JUNTA SUPERIOR CONSULTIVA DE GUERRA.—Excmo. Sr.—En cumplimiento de la Real orden fecha 22 de Setiembre del presente año en la que se dispone que informe esta Junta sobre una obra titulada «*Trabajo de metales y maderas*» escrita por el Teniente Coronel graduado, Comandante de Artillería D. José López Larraya y el Comandante de Ejército, Capitán del Cuerpo D. Casimiro Lanaja, pasó el expediente á la segunda sección de este Centro á fin de que formulase dictamen.

Evacuado éste en los términos que V. E. podrá conocer, por la adjunta copia y visto el asunto en pleno, acordó la Junta de conformidad con el mismo, que la obra de referencia se encuentra comprendida en la Real orden de 13 de Abril de 1882, como de *extraordinario y relevante mérito* y acusando toda la *originalidad* que cabe en las de su clase, por lo cual los autores son acreedores á que se les conceda, el grado de Coronel al Comandante López Larraya y el de Teniente Coronel al Comandante Lanaja, imprimiéndose el trabajo por cuenta del Estado, que se reintegrará de los gastos que se originen con el número suficiente de ejemplares.—Lo que con inclusión de la referida obra y documentos que se acompañaban, tengo el honor de manifestar á V. E. para la resolución que estime oportuna.—Dios guarde á V. E. muchos años.—Madrid 18 de Diciembre de 1884.—Excmo. Señor.—*El Marqués de la Habana*.—Excmo. Sr. Ministro de la Guerra.

DICTAMEN QUE SE CITA.

JUNTA SUPERIOR CONSULTIVA DE GUERRA.—*Segunda Sección*.—Informe que se somete á la deliberación de la segunda sección de la J. S. C. de guerra en virtud de decreto del Excmo. Sr. General Presidente de la misma, referente al mérito contraído por el Teniente Coronel Comandante de Artillería D. José Lopez Larraza y Comandante de Ejército, Capitán del Cuerpo D. Casimiro Lanaja por su obra titulada «*Trabajo de metales y maderas.*»

Sirven de base á la ponencia para llenar su cometido, además de la obra de referencia, copias de actas de la Junta Especial de Artillería, y de la Junta Facultativa de la Academia del expresado cuerpo, emitiendo sus dictámenes sobre la citada obra.

Ambos dictámenes se hallan de acuerdo y con ellos la ponencia en manifestar el importante servicio prestado por los autores de esta obra, á la enseñanza de la industria militar; cuya asignatura, de tanta importancia en el ramo de guerra, viene explicándose desde hace algún tiempo en la citada Academia, por conferencias orales y memorias redactadas por las fábricas á cargo del Cuerpo de Artillería, por carecerse de autor adecuado al objeto, y á la altura de los grandes progresos que en la Industria en general se han realizado. Tal procedimiento de enseñanza no podia menos de ser muy defectuoso, siendo indispensable sustituirlo por otro en el que partiendo de principios fundamentales y métodos generales, se pasase á las aplicaciones prácticas; sistema que da lugar á distinguir evidentemente lo que en cada caso debe considerarse esencial y lo que por el contrario se presta á diversas formas de ejecución, único procedimiento admisible cuando se dirige á inteligencias ya cultivadas y acostumbradas á estudios tan abstractos, como los ya practicados por Alféreces Alumnos en el cuarto año de enseñanza.

La obra objeto de este informe puede considerarse dividida en dos partes: el trabajo de los metales que comprende cinco capítulos, y el de las maderas que lo constituyen cuatro.

Principian los autores en el primer capítulo de su obra haciendo un resumen de las propiedades de los metales que se emplean en la industria militar, hierro, acero y fundición, cobre, plomo, etc. y las aleaciones; estudio que sirve de base para poder seguir con fruto el de los siguientes capítulos.

Lleva el segundo por epígrafe, *Fundición de metales*, subdividido en moldería, fundición, colada y desmoldeo, reconocimiento, pruebas y recepción de las piezas fundidas, desarrollando los autores las materias referentes á cada uno de estos artículos, con orden y claridad: después de exponer los principios generales á que han de satisfacer los moldes, tratan de las diversas clases de éstos, en arena, en barro, en matrices metálicas y moldes mixtos, sin omitir detalles que conviene conocer. Pasan á ocuparse de los medios de fundir metales, indicando los diversos procedimientos de fundición en cubilotes, en hornos de reverbero, en crisoles y en calderas, haciendo un análisis de la diferencia que distingue estos diferentes sistemas, deduciendo las ventajas de unos sobre otros, según la clase de metal que se trate de fundir, y la importancia en la clase de combustible y dimensiones de estos hornos, cuyas descripciones y procedimientos exponen según los adelantos modernos. Terminando en la obra estas descripciones de los diversos hornos de fundición se pasa á tratar de la colada y desmoldeo, que haciendo previamente consideraciones generales se indican los medios prácticos

empleados en los talleres para tales operaciones, y precauciones que deben tomarse. Concluyendo este capítulo con el reconocimiento y pruebas de las piezas fundidas, enumerándose en esta parte las causas que dan origen á defectos de fundición, clasificando y analizando separadamente tales defectos, y por último, las pruebas de recepción á que se someten los metales, indicando las reglas para llevarlas á cabo.

En el Capítulo III titulado «*Forja*» después de exponer los autores algunas nociones preliminares que dan á conocer la naturaleza de las operaciones, dividen los trabajos de forja en dos grandes grupos, forja á elevada temperatura, y forja á temperatura ordinaria, tratando en cada uno de ellos con inteligencia y detenidamente las diferentes operaciones, clasificadas según las distintas maneras de ejecutarlas ó resultados que con ellas se quieran obtener, terminando este capítulo con los trabajos anexos á la forja que constituyen las operaciones de cortar, punzar, desbarbar, etc., ocupándose de máquinas adecuadas á estas operaciones que describen con claridad.

Operaciones mecánicas, tal es el objeto del Capítulo IV; en el que siguiendo los autores una marcha análoga á la de los capítulos anteriores se empieza el estudio de las generalidades, exponiendo el objeto de estas operaciones, los casos en que pueden ejecutarse manualmente, y aquellos que se exige el empleo de las máquinas operadoras; sobre estas últimas se extienden en consideraciones estableciendo los movimientos que estas clases de máquinas deben proporcionar, y examinando las condiciones en que se verifican cada uno de los movimientos; clasifican las diversas operaciones mecánicas que comprende el trabajo de los metales, en las de limar, fresar, cepillar, taladrar, etc., describiendo estas operaciones con muchos detalles y siguiendo en la exposición de cada una de las máquinas operadoras destinadas á los anteriores trabajos un sistema tan ordenado y uniforme cual conviene á una obra didáctica del género de la que se trata.

Dedican los autores el Capítulo V á lo que denominan «*Conclusión*» en el que exponen las operaciones mecánicas y de diversa índole, que tienen por objeto precisar las dimensiones, formas y demás condiciones de las piezas; ya en absoluto, ya con relación á otras con quienes deben entrar en juego, y que dan origen á las operaciones de ajustar, grabar, graduar, bruñir, etc., y las denominadas preservativas usando como tales la pintura, la aplicación de un metal sobre otro, y terminan este capítulo exponiendo detalladamente los diversos métodos que se siguen para pavonar.

A continuación se trata de la segunda parte de la obra, referente al trabajo de las maderas, en que los autores bajo los cuatro capítulos que dividen este asunto, á saber: «*Consideraciones generales*» «*Labra*» «*Uniones*» y «*Diversas preparaciones á que se someten*» siguen un sistema de exposición análogo al tratado en los metales.

Se extienden en este estudio de maderas desde su constitución, enfermedades, corta de árboles, propiedades físicas y aplicaciones; manifestando con detenimiento las operaciones que se efectúan al labrarlas ya sea á mano ó mecánicamente, describiendo las máquinas diversas más modernas con claridad y detalles. Las diferentes maneras de efectuar las uniones y ensambles, haciendo consideraciones generales sobre el trazado de una obra de carpintería. Y por último, terminan la obra manifestando los diversos procedimientos para preservar las maderas como también para encorvar, endurecer y hacerlas hasta cierto punto incombustibles.

Tal es el resumen de la obra que se examina, la cual llena cumplidamente el vacío que desde antiguo se dejaba sentir en la enseñanza de una parte tan importante del programa de estudios en la Academia de Artillería, quedando declarada de texto para la enseñanza de esta asignatura, por Real orden de 31 de Agosto último, reconociéndose en esta misma Real orden el importante servicio que han prestado los profesores de la citada Academia, Comandante Larraya y Capitán Lanaja.

De lo expuesto se infiere que la obra objeto de este informe, única en su género en nuestro país, tiene un carácter esencialmente científico, pues en toda ella se revela gran unidad de pensamientos y la naturalidad y sencillez en el sistema de exposición, propios de los que escriben con el pleno dominio de la materia de que tratan. Estas recomendables circunstancias, sobre todo en obras didácticas, han de dar por resultado que los futuros oficiales de Artillería adquieran en tan importante ramo de sus conocimientos profesionales, una instrucción sólida, y que dichos conocimientos queden grabados de un modo permanente en la inteligencia. Bien se comprende que los autores no han podido llegar á tan brillante resultado, sin el estudio más prolijo y á expensas de una laboriosidad que no podría encarecerse bastante.

Si la obra hace comprender la elevación de ideas con que se ha formado el plan general á que obedece, no se manifiesta menos esmero cuando se examina en sus detalles, en los que se observa que los autores han procurado que correspondan al mérito del conjunto, formando un todo perfectamente armónico. La ponencia, en fin, conceptúa que el trabajo realizado por los entendidos Jefes Sres. Larraya y Lanaja además de tener toda la originalidad que cabe en lo posible en esta clase de obras, tanto en la manera de presentar las diversas partes como en su desarrollo, puede calificarse de *extraordinario y relevante mérito*; por lo que y teniendo á la vista las hojas de servicios de dichos Jefes, entiende que como justo premio al mérito contraído y con arreglo á la Real orden de 13 de Abril de 1882, podría proponerse al Gobierno de S. M., para el grado de Coronel al Teniente Coronel Comandante Sr. Larraya, y para el de Teniente Coronel al Comandante Sr. Lanaja, y que la obra se imprima por cuenta del Estado, teniendo en cuenta que obras de este género tienen por su índole una circulación muy limitada y que dado el gran servicio que viene á prestar á la enseñanza merece la protección del Gobierno.

Es cuanto la ponencia tiene el honor de exponer á la Junta.—Madrid 13 de Noviembre de 1884.—El Coronel de Artillería, *Ramón de España*.—El Coronel de Ingenieros, *Antonio Roji*.

OFICIO DE REMISIÓN.

JUNTA SUPERIOR CONSULTIVA DE GUERRA.—*Segunda Sección*.—Excmo. Sr.—Tengo el honor de pasar á V. E. la obra titulada *Tratado de Industria. Trabajo de metales y maderas*, escrita por los profesores de la Academia.

Examinado todo por las Juntas especiales de Artillería é Ingenieros reunidas bajo mi presidencia en sesión que se celebró el día 20 del actual, aprobaron por unanimidad el dictamen emitido por la ponencia mixta compuesta de los Señores Coroneles D. Ramón de España, de Artillería y D. Antonio Roji, de Ingenieros, considerando la obra comprendida en la Real orden de 13 de Abril de 1882 como

de extraordinario y relevante mérito, con toda la originalidad que cabe en las de su clase, y á los autores acreedores á que se les conceda.

Dios guarde á V. E. muchos años. Madrid 22 de Noviembre de 1884.—El Teniente General Presidente, *E. Fernández San Román*.—Excmo. Sr. Capitán General Presidente de la Junta Superior Consultiva de Guerra.

REAL ORDEN.

DIRECCIÓN GENERAL DE INSTRUCCIÓN MILITAR.—2.º NEGOCIADO.—Excmo. Sr.—De Real orden comunicada al Excmo. Sr. Presidente de la Junta Superior Consultiva de Guerra con fecha 12 del mes actual, se dispuso lo siguiente:

«Excmo. Sr.—De conformidad con el parecer de la Junta presidida por V. E. sobre el mérito contraído por el Teniente Coronel graduado, Comandante de Artillería D. José López y Larraya y el Comandante de Ejército, Capitán del Cuerpo D. Casimiro Lanaja y Mainar, Profesores de la Academia de Artillería, como autores de la obra titulada «*Trabajo de metales y maderas*», S. M. el Rey (q. D. g.) teniendo en cuenta el mérito de la obra de referencia, unida á los notables antecedentes de sus autores, ha tenido á bien conceder, el grado de Coronel al Comandante López y Larraya y el de Teniente Coronel al Comandante Lanaja, como comprendidos en la Real orden de 13 de Abril de 1882.—De Real orden lo comunico á V. E. para su conocimiento y efectos consiguientes.»

Lo que traslado á V. E. para su conocimiento y efectos consiguientes. Dios guarde á V. E. muchos años.—Madrid 23 de Febrero de 1885.—*Despujol*.—Excmo. Sr. Brigadier Director de la Academia de Artillería.

CONSIDERACIONES GENERALES.

I.

LA naturaleza produce y encierra cuanto puede apetecer el hombre para satisfacer sus necesidades; pero no siempre presenta sus producciones en la situación y estado propios para su inmediata aplicación. Es necesario el esfuerzo intelectual y material de aquel, ya sea para fomentar la cantidad y calidad de los productos naturales, ya para transformarlos, ya en fin, para colocarlos en condiciones apropiadas para su distribución y aprovechamiento. El estudio y aplicación práctica que tiene por objeto los fines señalados, es lo que se denomina **INDUSTRIA** en la acepción más lata de la palabra.

En vista de las múltiples manifestaciones de la naturaleza, de las muchas y variadas necesidades de la sociedad, y de los diversos medios que pone en actividad el hombre, se clasifica la industria de diferentes modos según las circunstancias que se tomen en cuenta; pudiéndose considerar en general dividida en cuatro grandes agrupaciones. En la primera se comprenden las *industrias agrícolas*; corresponden á la segunda las *extractivas, animal y mineral*; á la tercera las *manufactureras*, y la cuarta abarca las *comerciales*.

De estas cuatro secciones, la manufacturera ó fabril es la que más comunmente lleva el nombre de industria; siendo su objeto transformar y combinar los productos naturales en estado primitivo ó previamente

modificados, para poder obtener, en todo caso, los efectos elaborados que se desean. Los materiales que van á ser transformados se distinguen con el nombre de *primeras materias*; el resultado se denomina *productos manufacturados*; y para efectuar este trabajo es indispensable adoptar un sistema de fabricación, disponer de los elementos materiales que sean precisos, contar con un personal apto para realizar las operaciones necesarias y poseer también un capital suficiente para la adquisición de primeras materias, para conservar y reponer los elementos de fabricación y para retribuir al personal.

Los productos que se obtienen en toda manufactura deben ser *de buena calidad y á bajo precio*. Estas dos condiciones contradictorias exigen un doble estudio económico-industrial, que no sólo se refiere á los medios puramente fabriles y á la manera de retribuir el personal obrero, sino también á la adquisición de primeras materias y á las condiciones de los mercados de exportación y centros consumidores. En muchos casos, no es posible la coexistencia de las dos condiciones expresadas, y se hace preciso sacrificar en parte alguna de ellas, para alcanzar en mayor grado la que se considera preferente.

Las primeras materias empleadas en las fábricas se dividen en dos clases: las *constitutivas* que, como el hierro, el bronce, la madera, el cuero, etc., sirven para formar el producto, y las *cooperativas* que se consumen suministrando motor, facilitando alguna reacción ó disminuyendo rozamientos, como sucede al carbón, á los fundentes, al aceite, etc. La necesidad de asegurarse de la buena calidad de estos materiales antes de adquirirlos, así como del grado de facilidad con que pueden trabajarse, exige previos reconocimientos y pruebas más ó menos detenidas, según sea la importancia de la compra. Estas condiciones, así como la de obtener las primeras materias á precio reducido, son indispensables para que el producto resulte tan bueno y económico como se desee.

El estudio de las ciencias, en particular el de la mecánica, y muy especialmente el de la química-industrial para conocer profundamente los materiales que se empleen, proporciona los principios en que se funda todo sistema de fabricación; sirviendo para adoptar el más conveniente y práctico en cada caso, las enseñanzas de aquél unidas á preceptos económicos.

Como consecuencia del sistema adoptado, se determinan el número, clase y condiciones de las herramientas, artefactos, hornos y demás materiales, que varían con la índole de la manufactura; teniendo siempre presente que el empleo de máquinas es de suma utilidad, ya sea para facilitar y perfeccionar el trabajo del obrero, ya para suministrar la fuerza motriz que sea necesaria.

El trabajo efectuado por el personal obrero, que se denomina *mano de obra*, es indispensable para obtener toda clase de productos manufacturados, y para que estos reúnan las condiciones de bondad y baratura, es necesario exigir de aquel, la suficiente aptitud y laboriosidad, que se remunera y estimula por medio del salario señalado á cada individuo, según su habilidad, clase de trabajo y cantidad de obra ejecutada. Cuando se toma por base el día laboral, el sistema de pago se denomina *jornal*; y si se parte del objeto concluido ó de una operación determinada, toma el nombre de *destajo*. Este último modo de retribuir el trabajo es aplicable en muchas ocasiones para garantizar la economía, sobre todo cuando se reduce la unidad ó base del destajo á una operación muy simple, en la que el obrero se adiestra fácilmente y la repite al cabo del día un número considerable de veces, mediante una pequeña cantidad de dinero por pieza trabajada. Esto constituye el conocido principio de la *división del trabajo*, que en ciertas industrias da excelentes resultados; pero que no siempre tiene acertada aplicación, como sucede en aquellas cuyos productos son poco numerosos, de distintas clases ó que exigen mucha precisión y ajuste, con cuyas condiciones se aviene mal el precipitado trabajo del obrero pagado á destajo.

El precio ó valor de un objeto manufacturado depende del que tengan las primeras materias empleadas, de la mano de obra y del gasto ó deterioro de herramientas, máquinas y artefactos. La suma invertida por estos tres conceptos da el precio *al pié de taller*, y para obtener el correspondiente *al pié de fábrica*, hay que añadirle en proporción conveniente los gastos generales de dirección y administración, almacenaje, edificios, impuestos y réditos y amortización del capital invertido.

II.

Al pretender implantar una fabricación determinada, debe hacerse un estudio detenido de las múltiples circunstancias que influyen en la elección de la localidad.

La situación de algunas manufacturas se subordina al fácil y económico abastecimiento de primeras materias, sobre todo cuando estas se emplean en gran cantidad y son muy pesadas; como sucede en el beneficio de minerales, cuya industria se establece en la inmediación de las minas, para evitar costosos trasportes. Cuando son varias y en cantidad considerable las primeras materias empleadas, no siempre será posible situar la fábrica en condiciones ventajosas respecto á todas ellas, y será preciso sacrificar las exigencias de algunas en beneficio de las demás.

Otras industrias, que emplean primeras materias de poco peso y volumen, y cuyo valor es pequeño con respecto al producto, suelen establecerse en los centros comerciales ó grandes poblaciones, para facilitar la venta ó el consumo de estos productos, sin necesidad de trasportarlos.

Buscando economía en el motor, se montan algunas fábricas al pié de un salto de agua ó en localidades donde el carbón para máquinas sea barato.

También es preciso tomar en cuenta la aptitud de los habitantes de un país, para implantar algunas fabricaciones que exigen trabajos especiales; pues de no encontrar obreros apropósito, sería preciso traerlos de otros países, contratándolos con grandes sueldos; lo que daría por resultado que los productos carecieran de la condición de baratura.

Las industrias que tienen por objeto la elaboración de efectos metálicos, toman generalmente las primeras materias constitutivas en forma de lingotes ó barras del metal correspondiente, y el trabajo de estos materiales, así como el de las maderas, lo constituye la sucesión de operaciones á que son sometidos, con el fin de trasformar sus cualidades y formas, para obtener los efectos elaborados que sean necesarios. Cuando en este trabajo no se efectúan reacciones químicas, ni cambia de estado la materia,

la operación se llama mecánica, y se ejecuta por la acción directa de una herramienta que arranca, fracciona ó deprime aquella de diversas maneras, según las circunstancias.

Los procedimientos empleados para llevar á cabo las operaciones mecánicas, pueden ser: *manuales, mecánicas y mixtos ó intermediarios.*

Los primeros son aquellos en que el operario maneja la herramienta, aplicando su esfuerzo directamente sobre ella. En los segundos se hace uso de máquinas operadoras que tienen por objeto guiar é impulsar á la herramienta que mantienen, para que ejecute un trabajo determinado sobre una pieza, la que puede estar animada á su vez de algún movimiento, que combinado con el de aquella, dé el resultado apetecido: la misión del obrero queda reducida, á colocar convenientemente el objeto que ha de trabajarse y herramienta que corresponda, poner en movimiento la máquina sometiéndola á la acción del motor y vigilar la marcha de la operación, que auxilia alguna vez con sencillas manipulaciones. El tercer procedimiento es, como su nombre indica, un intermedio entre los otros dos; el esfuerzo del obrero sobre ciertos órganos de trasmisión pone en movimiento la herramienta á ellos ligada y la fuerza ó velocidad de esta puede aumentarse por la disposición de aquellos.

En los grandes talleres se emplean, casi exclusivamente, los procedimientos mecánicos, por la rapidez de fabricación y por la baratura y exactitud de sus productos, quedando los manuales para los trabajos de conclusión y ajuste. En las pequeñas industrias no se dispone generalmente de motor, ni de grandes elementos fabriles; y como tienen que responder á multitud de objetos elaborados de distintas clases, se emplea forzosamente el procedimiento manual. Ciertos trabajos en algunas piezas, que por las grandes dimensiones de estas no pueden efectuarse á mano, y las operaciones que necesitan el desarrollo de una gran fuerza ó velocidad, que el operario no puede imprimir directamente á la herramienta, hacen indispensable el uso de máquinas operadoras, ó bien en algunos casos el procedimiento mixto. Las operaciones que deban ejecutarse sobre materiales fijos, como son los que forman parte de un edificio, no pueden llevarse á cabo generalmente con el auxilio de máquinas que debieran montarse con este exclusivo objeto; y por lo tanto hay que hacer uso de los procedimientos manual ó intermediario. Cuando se tenga que efectuar

la operación repetidas veces para obtener resultados iguales, es de importancia emplear el sistema mecánico como mejor garantía de la uniformidad y economía del producto.

Resumiendo diremos, que el uso que debe hacerse de cada uno de estos tres procedimientos, dependerá: 1.º de los recursos materiales con que se cuente; 2.º de la naturaleza de la operación; 3.º del número de veces que se ha de ejecutar; 4.º de la situación de la pieza que ha de trabajarse; 5.º de la igualdad que se desee obtener en la obra, y 6.º de la economía.

III.

Las numerosas operaciones que se realizan en el trabajo de los metales, se pueden clasificar en tres agrupaciones, obedeciendo al orden y naturaleza de las que exige la sucesiva transformación de la primera materia constitutiva.

Para dar á los metales una forma aproximada á la que ha de tener la pieza ú objeto que se desea construir, se siguen en la primera serie de operaciones dos procedimientos muy diversos, según se opere con los que son fusibles ó con los maleables. La fusión del metal y la colada en moldes es uno de los procedimientos que conducen al fin indicado, y la forja, ya en caliente, ya en frio, es el otro sistema de fabricación, aplicable solamente á los metales maleables, con el mismo objeto.

La fabricación de objetos de hierro dulce da principio precisamente por los trabajos de forja, porque la infusibilidad de este metal (industrialmente hablando) hace inaplicable el primer procedimiento; por el contrario, la fundición de hierro, que carece de maleabilidad, únicamente recibe la forma en tosco de los objetos por medio de la fusión y colada: los demás metales, que participan en mayor ó menor grado de ambas propiedades, se trabajan por uno de los dos procedimientos, y aun por los dos en ciertos casos, como el acero, el cobre y algún otro metal que se someten sucesivamente á la fusión y á la forja cuando se desea aumentar la densidad y homogeneidad de la materia.

El bosquejo de la forma definitiva, dado á la pieza por los medios

anteriores en los talleres de fundición y de forja se modifica ó rectifica en la segunda serie de operaciones, que denominaremos *mecánicas*, cepillando, limando, torneando, etc.; abriendo taladros y roscas; y descubriendo los detalles que sean necesarios. Todas estas operaciones, en las que se arranca ó separa parte de la materia, se ejecutan casi siempre en las grandes fabricaciones, utilizando la potencia, velocidad y precisión que proporcionan las máquinas.

Los trabajos ejecutados en las dos series de operaciones mencionadas, se completan con otros que constituyen la tercera agrupación, ó sean los de *conclusión*: las piezas se ajustan á las dimensiones precisas, ya considerándolas aisladamente en todas sus partes, ya con relación á otras con las que forman mecanismos; se perfeccionan los planos y perfiles; se bruñen las superficies; etc.; hasta conseguir la mayor exactitud; y aun se practican también otras operaciones de distinta índole en algunas piezas con objeto de preservarlas de los perjudiciales efectos de los agentes atmosféricos, haciendo uso de pinturas, barnices ó pavón, ó bien recubriendo las superficies con otro metal más resistente á la oxidación, ó de más valor para embellecer el aspecto del producto.

La clasificación, que acabamos de hacer, de los diversos trabajos á que han de someterse los metales, marca claramente las diferentes fases de toda fabricación; y es la base en que se funda el sistema de exposición de este tratado, porque nos traza el derrotero más seguro, para que el estudio tenga el método y rigor que necesita asunto tan principal en las aplicaciones de la industria.

En su consecuencia: la *Fusión*, la *Forja*, las *Operaciones mecánicas* y las de *Conclusión*, serán objeto de otros tantos capítulos, á los que precederá uno que resuma las principales propiedades de los metales más comunmente empleados en las construcciones.

La madera, elemento esencial para las construcciones y poderoso auxiliar en la fabricación de objetos de gran importancia, se somete también á una serie de trabajos, muy análogos á los denominados mecánicos en los metales, para dar forma á las piezas. Estos trabajos originan la primera agrupación de las operaciones dedicadas al trabajo de aquel material, porque la índole especial de su constitución no permite, en general variar su forma sin arrancar parte de la materia. Mas como en casi todas

VIII

las construcciones intervienen varias piezas de diversas formas y tamaños, es necesario que estas queden ajustadas á las dimensiones precisas antes de reunir las para formar el conjunto, y que los medios de unión que se establezcan sean tan exactos como lo exijan las condiciones de perfección y resistencia de la obra. La naturaleza orgánica de este material, que lo hace muy alterable á los efectos de los agentes exteriores, obliga á emplear preparaciones especiales que le sirvan de preservativo.

Las diversas operaciones enumeradas, y los preliminares necesarios para el perfecto conocimiento de la madera, serán objeto de nuestro estudio.

Todas las operaciones excepto los secados artificiales, se llevan á cabo á la temperatura ordinaria, aunque en algunas ocasiones se hace precisa la intervención del fuego para practicar agujeros y arquear piezas.

Por la índole de los trabajos queda dividido su estudio en los cuatro capítulos siguientes: 1.º *Constitución, reconocimiento, preparación y propiedades*; 2.º *Labra*; 3.º *Uniones*, y 4.º *Diversas preparaciones*.

IV.

Los ejércitos tienen que recurrir á la industria y proveerse de artículos y efectos de muy variada índole, para satisfacer las necesidades inherentes á su existencia y para llenar debidamente la misión que les está confiada. Pudiera llamarse *industria militar*, aquélla cuyo objeto es proporcionar al ejército todo cuanto necesita para su alimentación, vestuario, asistencia, montura y armamento; pero se da mas generalmente dicho nombre á la rama de la industria manufacturera dedicada á la fabricación de los pertrechos de guerra precisos para el combate.

La construcción de los efectos del material de guerra puede llevarse á cabo en fábricas particulares ó en establecimientos montados y sostenidos por el Estado con el exclusivo objeto de proveer al ejército nacional.

Las fábricas de propiedad particular dedicadas al trabajo de metales ó de maderas, toman á su cargo, en ciertos casos, la construcción de pertrechos de guerra; pero rara vez fundan su existencia y prosperidad en esta producción, porque los gobiernos que rigen las naciones, se ven precisados á tomar medidas excepcionales respecto á la fabricación y comercio de dichos efectos, para asegurar la tranquilidad interior del país y no comprometer las buenas relaciones con las demás naciones.

La construcción del armamento por cuenta del Estado constituye verdaderamente la industria militar, no solamente por la naturaleza de los productos, sino también por la situación y organización de las fábricas, que obedecen al plan defensivo del territorio y á la movilización de los ejércitos.

Las manufacturas de pertrechos de guerra se establecen lejos de las fronteras, en puntos á donde los ejércitos invasores no puedan llegar fácilmente y que tengan vías seguras de comunicación con las plazas fuertes, campos atrincherados y centros de depósito y reclutamiento. Para cumplir en su día las exigencias crecientes y siempre apremiantes de una campaña, es necesario tener en reserva grandes acopios de primeras materias y disponer de suficientes elementos de fabricación, tanto materiales como personales; aun cuando de ordinario, la marcha corriente se limite

á reponer el diario consumo, una vez provistos, el ejército, las plazas y los parques de depósito. Los elementos materiales de fabricación sobrantes deben estar en disposición de ser empleados inmediatamente, y poder aumentar la producción de pertrechos con la rapidez que los ejércitos modernos pasan del pie de paz al de guerra.

En cuanto al personal, cada fábrica debe contar con un núcleo de obreros filiados y sujetos á la Ordenanza militar, que en unión de otros eventuales admitidos libremente de la clase civil, cuando son necesarios, suministran la mano de obra, garantizándose las huelgas y orden de los talleres al propio tiempo que el ejército puede disponer del personal filiado para que preste sus servicios en campaña y en las plazas. La dirección de tan importantes establecimientos, se confiere á *jefes facultativos militares* auxiliados de *oficiales* que tienen el mismo doble carácter; que no solamente reúnen la aptitud industrial para la marcha de los talleres y el don de mando para el sostenimiento de la disciplina, sino también la experiencia suficiente en el uso de las armas y material de guerra; encontrándose por lo tanto en disposición de apreciar bajo todos sus aspectos los productos que se construyan.

Los sistemas empleados para proveer de pertrechos de guerra al ejército de una Nación consisten en: adquirirlos en el extranjero; encomendarlos á la industria privada del país; construirlos por cuenta del Estado en fábricas militares, y adoptar procedimientos mixtos.

El primer sistema no es admisible, porque la Nación que dependiese del extranjero, se vería en los momentos más críticos de una guerra, sin medios para sostenerla aún cuando las hostilidades no fuesen con la Nación de cuya industria se valiese, pues los deberes de neutralidad obligan á las demás Potencias á prohibir la exportación de armas.

El segundo medio, no presenta el inconveniente del primero y puede adoptarse en los países eminentemente industriales; sin embargo, debe abrigarse el temor de que en las difíciles circunstancias de una invasión ó cuando sea preciso guardar el secreto de alguna invención, no responda la industria privada á la actividad y patriotismo que exige la defensa nacional.

El tercer sistema llamado á subsanar los defectos de los anteriores, garantiza la seguridad de obtener los productos en el número y condi-

ciones que sea preciso para sostener la guerra. Se atribuye á este medio el inconveniente de que los efectos elaborados resultan caros; pero si se tiene en cuenta que en tales productos, además de las condiciones de bondad y baratura que en general hemos señalado para los de toda industria, es preciso añadir la de poder obtenerlos en todo tiempo, se comprenderá la imposibilidad de satisfacer siempre tan contradictorias exigencias. Si los elementos de fabricación y los acopios, dispuestos en reserva para atender á esta circunstancia y aumentar rápidamente la producción cuando sea necesario, se toman en cuenta al valorar los efectos que se construyan en tiempos normales de paz, claro es que éstos resultarán con precio excesivo; pero no debe considerarse así, puesto que los expresados elementos responden al mismo plan preventivo que obliga á las Naciones á mantener en tiempo de paz numerosos ejércitos.

El sistema mixto que resulta de combinar la construcción por cuenta del Estado con alguno de los otros procedimientos enumerados, es el que mejor responde á todas las múltiples y variadas circunstancias porque pueden pasar las Naciones, ya sea en el orden militar, ya en el industrial, ya en el económico. Durante el período tranquilo de paz no hay inconveniente alguno en celebrar contratos parciales con la industria privada (nacional ó extranjera), para la adquisición de pertrechos; sin dejar por esto de atender á las labores y entretenimiento de las fábricas militares, llamadas á proveer de armamento al ejército sin otro auxilio, en el caso de guerra.

En España, lo mismo que en las Naciones celosas de su independencia, la producción de pertrechos de guerra está encomendada á las fábricas organizadas y sostenidas por el Estado bajo la dirección de *jefes de Artillería*; sin perjuicio de recurrir á la industria particular para adquirir algunos efectos ya terminados, ya en cierto estado de fabricación.

Los establecimientos fabriles á cargo del cuerpo de Artillería con que cuenta la Nación para el servicio del ejército y de la marina, son los siguientes: En Asturias la *Fábrica de Trubia*, para la construcción de la artillería de fundición de hierro y acero, proyectiles, cureñas metálicas y accesorios, y la de Oviedo para la fabricación de fusiles. En Toledo la *Fábrica de armas blancas*, para la construcción de éstas y la de cartuchos. En Sevilla la *Fundición de bronces*, dedicada á la fabricación de

artillería de este metal, proyectiles y accesorios; la *Pirotecnia*, que construye cartuchería y toda clase de espoletas y artificios; y la *Maestranza*, que produce cureñas y carruajes de madera, cabrias, bastes, atalajes y juegos de armas. Por último, en Granada y Murcia existen *Fábricas de pólvora*. La recomposición de armamento y material de guerra tiene lugar en los parques de primer orden situados en las grandes poblaciones y en algunas plazas y puntos estratégicos.

METALES.

CAPÍTULO I. (*)

PROPIEDADES DE LOS METALES EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA.

ARTÍCULO 1.º

HIERRO, FUNDICIÓN Y ACERO.

1. Hierro.—Este metal, conocido en el comercio con los nombres de hierro *dulce*, *maleable*, *dúctil* y *forjado*, presenta, cuando es puro, un color gris azulado que le caracteriza; es bastante maleable y dúctil, de textura granular cuando está batido por igual en todos sentidos, tanto más fina y brillante, cuanto mejor sea su calidad; adquiere la estructura fibrosa cuando se estira en barras, y recupera la granular, si se le temple ó golpea en dirección de las fibras. El hierro fibroso es más resistente que el granular, y las barras sometidas á una serie continuada de vibraciones ó rozamientos en sentido perpendicular á las fibras, cambian en granular ó en laminar su estructura, como sucede en los hierros de los puentes y en los ejes de los carruajes.

Industrialmente hablando, puede decirse que el hierro es infusible,

(*) Aun cuando suponemos que nuestros lectores poseerán los conocimientos químico-industriales referentes á metalurgia, se ha creído conveniente incluir el presente capítulo, dedicado á recordar los caracteres y propiedades principales de los metales que vamos á tomar como primeras materias constitutivas; y con estos datos á la vista, entrar después en el estudio de los procedimientos empleados en la industria para la elaboración de objetos metálicos.

porque es necesario, según Pouillet una temperatura de 4550° C.º para que pueda liquidarse; calor que es superior al que hasta el día ha podido desarrollarse en los hornos. Por esta razón, el metal que nos ocupa no puede recibir formas determinadas por el procedimiento de la fusión y moldeo; pero su maleabilidad, que aumenta con la temperatura, y la propiedad que posee de soldarse consigo mismo cuando se calienta al rojo, permiten trabajarlo fácilmente por medio de la forja, dándole la forma que se desea.

El hierro se conserva indefinidamente sin perder su brillo, en una atmósfera seca de aire ó de oxígeno á la temperatura ordinaria; se oxida á mayor temperatura, cubriéndose de una película delgada que aumenta gradualmente de espesor; la oxidación es rápida al calor rojo, y al rascar ó batir el hierro á golpe de martillo, se desprende con facilidad el óxido formado que toma en este caso el nombre de *batiduras*.

En el aire húmedo, se recubre el hierro de *orín*, que es una capa de óxido hidratado; y dicha alteración avanza rápidamente hacia el interior de la masa, porque el agua higrométrica es descompuesta por la acción eléctrica desarrollada en el par voltáico que constituyen el metal y la primera capa de óxido. La presencia del anhídrido carbónico en la atmósfera facilita la oxidación.

2. La densidad del hierro varía entre 7,7 y 7,9, y los datos referentes á los esfuerzos de tracción según Morin, son los siguientes:

	Esfuerzo en kilogramos por milimetro cuadrado	
	Capaz de producir la rotura.	Que puede soportar con seguridad.
Hierro de buena calidad estirado en barras de pequeña dimensión.....	60,00	40,00
Id. ordinario en barras de dimensiones medias..	40,00	6,66
Id. laminado en chapas, en sentido de las fibras..	41,00	7,00
Idem idem idem en sentido perpendicular.....	36,00	6,00
Alambre de hierro no recocido de 4 á 3 milímetros de diámetro.....	60,00	40,00
Idem idem formando cable.....	30,00	5,00
Hierro en cadenas de eslabones oblongos.....	24,00	4,00

En los esfuerzos de compresión, por más que no se ha hecho un estudio tan completo como fuera de desear, admiten los constructores que el hierro se rompe con una carga de 25 kilogramos por milímetro cuadrado; y la cuarta ó sexta parte puede tomarse por valor práctico, para que lo soporte con seguridad. Dicha carga habrá de disminuirse tanto más, cuanto mayor sea la longitud del cuerpo con relación al lado de la sección.

3. Los hierros del comercio pueden ser clasificados en *hierros fuertes* y *hierros agrios*. Los que se dejan forjar y encorvar en frío y en caliente, pertenecen á la primera clase, y están comprendidos en la segunda, los que se rompen en frío ó á cierta temperatura cuando se intenta doblarlos.

4. Los hierros fuertes se subdividen en *hierros duros ó acerados* y *hierros blandos ó suaves*.

Los hierros duros contienen cierta dosis de carbono que los asemeja al acero en su constitución y propiedades; son los más resistentes y elásticos, se forjan con dificultad, conservan algún tiempo su textura granular cuando se les estira; y se emplean, en general, para la construcción de objetos de forma sencilla que deban soportar grandes esfuerzos, como son los tirantes, bridas, placas para máquinas y calderas de vapor, etc.

Los hierros blandos pueden considerarse por su constitución, como los más puros; son más dúctiles, más fibrosos y menos resistentes que los acerados, se dejan trabajar con facilidad, tanto en frío como en caliente, y son propios para la fabricación de objetos que exijan mayor trabajo de forja y necesiten bastante resistencia; tales como ejes de carruajes, pernería, llantas, aros, herraduras, etc.

5. Los hierros agrios se subdividen á su vez en *quebradizos en caliente*, *quebradizos en frío* y *quemados*.

Los primeros, llamados también *mestizos*, contienen cierta cantidad de azufre ó de arsénico que les comunica la propiedad de romperse cuando se pretende doblar las barras, después de caldeadas, por lo menos á la temperatura del rojo cereza: su fractura presenta un color oscuro y desigual, y cuando son de estructura fibrosa, las fibras son más gruesas que las de los hierros fuertes, y tienen tendencia á tomar la forma laminar; son bastante duros y se aplican á la construcción de barras-carriles, y otras piezas que no requieran mucho trabajo de forja.

Los hierros quebradizos en frío, que también se denominan *tiernos*, se rompen cuando se les obliga á doblarse á la temperatura ordinaria, y este efecto se atribuye á la cantidad de fósforo que contienen: su fractura es blanca, de grano desigual, y generalmente está mezclada con láminas. Se dejan forjar bien en caliente, se sueldan á temperatura más baja que los hierros fuertes y tienen poca resistencia; de aquí que esta clase de hierro se emplee para objetos de pequeñas dimensiones.

Por último, los hierros quemados son quebradizos en caliente y en frío, no prestándose, por lo tanto, á los trabajos de forja; su fractura es laminosa, blanca ligeramente azulada, brillante y muy cristalina. Según Karsten, el silicio hace al hierro quebradizo á todas las temperaturas, pero los análisis y pruebas hechos recientemente con los hierros y sobre todo con los aceros, ponen de manifiesto que la presencia de dicho metaloide, mientras no pase de ciertos límites, no perjudica á la buena calidad de estos metales.

6. Se hacen también diversas clasificaciones de los hierros del comercio tomando en consideración la forma y dimensiones; dichas clasificaciones varían de una á otra localidad, y aun muchas veces, aquellos toman nombres arbitrarios con arreglo á sus aplicaciones más frecuentes. En cuanto á la forma, se pueden considerar, en general, agrupados en las tres clases de: *hierro en barras*, *hierro en planchas* y *hierros especiales*; y en cuanto á su tamaño, en *marcas grandes* y *pequeñas*.

En la primera agrupación están comprendidos todos los hierros que la industria presenta en forma de barras de longitud variable, y de sección circular, rectangular, cuadrada ú otra sencilla; y son los que más se emplean como primera materia en los trabajos de forja. Las barras de sección circular reciben el nombre de *cabilla*; el de *barrote* ó *tiradillo* las de sección cuadrada; y el de *planchuelas* las rectangulares: estas últimas toman los nombres de *planchas*, *llantas*, *platinas*, *bandas*, *cintas*, *flejes* y *hierro de herraduras*, según sean sus dimensiones.

El espesor, relativamente pequeño comparado con la anchura y longitud de las planchas, es la dimensión que caracteriza los hierros de la segunda agrupación; y según dicho espesor, se distinguen con los nombres de *placas*, *chapas* y *palastro*.

Todos los hierros de secciones diferentes á las que se acaban de expresar,

están comprendidos en la tercera agrupación, y figuran en ella en primer término, los hierros de *ángulo*, de T y doble T ó *vigas*, que se expenden en barras. Los nombres que toman se derivan unas veces de la forma de su sección y otras de la aplicación que se les da.

7. Fundición de hierro.—La reducción de los minerales de hierro por el carbón á la elevada temperatura que se desarrolla en los altos hornos, da por resultado un compuesto de hierro y carbono denominado *fundición de hierro*, *hierro colado* y *arrabio*, que puede considerarse como un producto intermedio entre el mineral y el hierro puro.

Las propiedades de este compuesto difieren notablemente de las del hierro dulce; no es maleable ni dúctil, pero se funde fácilmente.

Las diferentes proporciones de carbono y su estado de mezcla ó combinación en las fundiciones, dan lugar á la formación de muchas clases, entre las que se distinguen las llamadas: *fundición gris*, *fundición mezclada* y *fundición blanca*. También se clasifica este producto en: *fundición al carbón vegetal* y *fundición al cok*, ó *fundición al aire frío* y *fundición al aire caliente*, según sea el combustible ó el estado del aire empleados en los hornos de donde provienen. Tomando en cuenta la presencia de alguna materia extraña que altere ó modifique las propiedades de las fundiciones, se clasifican en: *fundiciones sulfurosas*, *fundiciones manganesíferas*, etc.; y por último, se llama hierro colado de primera ó segunda fusión, según proceda directamente de los altos hornos, ó haya sufrido una refundición.

8. Las *fundiciones blancas* son las que contienen casi todo su carbono en combinación, ya porque se encuentre en pequeña proporción, ya porque se hayan solidificado con rapidez, ya también por la presencia de otros cuerpos, que, como el fósforo y el azufre, impiden la separación del carbono: su textura es de grano fino y apretado, más blanco que el hierro dulce; son muy duras, quebradizas, elásticas y sonoras; su densidad varía entre 7,5 y 7,8; se funden á la temperatura de 1100° á 1300° C., y son poco fluidas en estado líquido.

9. En las *fundiciones grises*, una parte de su carbono está combinado con el hierro y otra queda en estado libre, repartida en forma de pequeñas láminas, en el interior de la masa. Cuando es grande la proporción de

carbono, la parte de este no combinada se presenta á la vista con aspecto del grafito; lo que da á la fundición un color gris tanto más oscuro, cuanto mayor sea su cantidad. La fractura es granulosa desigual, de grano más grueso en las más oscuras; su densidad es 7,8 por término medio; las fundiciones grises son menos duras que las blancas y se dejan trabajar mecánicamente; al paso que estas resisten á igual género de trabajo; su fusibilidad es menor que en las blancas pero necesitan 1200° C.° para liquidarse, y en este estado presentan bastante fluidez.

10. Las *fundiciones mezcladas*, ó manchadas (*truitée en francés*), presentan en su fractura un aspecto de color blanco salpicado de puntos grises ó de color gris con puntos blancos, según predomine una ú otra clase de fundición y á veces la mezcla aparece formada con cintas ó zonas. Las propiedades de la fundición mezclada se aproximan más ó menos á las que corresponden á la gris ó á la blanca, según la mayor ó menor dosis de estas, que contenga la mezcla.

11. La presencia del azufre ó del fósforo, cuando se encuentran en ciertas dosis, aumenta la fusibilidad de las fundiciones y disminuye su tenacidad; y el arsénico, el silicio, el estaño y el cobre las hacen más ó menos quebradizas. El silicio suple en parte al carbono, y está contenido en algunas fundiciones grises en proporción, tanto mayor cuanto menor es la dosis del último.

La fundición manganesífera es más dura y muy resistente y presenta una fractura cristalina de láminas anchas y brillantes: recibe por esta causa los nombres de *laminosa* y *especular*, y se obtiene con minerales espático-manganesíferos.

12. El oxígeno y el aire húmedo oxidan, aún á la temperatura ordinaria, la superficie de las piezas de fundición de hierro que se cubren por este efecto de una capa vulgarmente llamada *orín* ó *herrumbre*: las fundiciones blancas y mezcladas, más compactas y lisas que las grises, resisten mejor que estas á los efectos de la oxidación. Cuando la fundición se halla en una atmósfera oxidante á elevada temperatura, se descarbura y cambia por lo tanto de naturaleza; así es, que la gris oscura puesta en estas condiciones puede transformarse en gris más clara y aun en blanca.

Cuando las fundiciones blancas poco carburadas se someten á un grado de calor conveniente y se dejan enfriar con lentitud, cambian de

textura y color, y pierden dureza, volviéndose granulosas, tenaces y algo maleables. La fundición, gris tratada del mismo modo, experimenta cambios análogos y se convierte en un cuerpo poroso, que carece de homogeneidad y resistencia.

Las fundiciones grises de buena calidad, recocidas en contacto de un elemento descarburante, se convierten en el producto conocido con el nombre de *fundición maleable*; cuyo procedimiento se emplea en la fabricación de objetos, que, debiendo ser de hierro dulce, tienen formas complicadas difíciles de obtener por medios distintos del moldeo.

13. La fundición de hierro presenta, como el agua, la particularidad de dilatarse al pasar del estado líquido al sólido, siendo este aumento de volumen más sensible en las grises que en las blancas: y al enfriarse para tomar la temperatura ordinaria, se contrae siguiendo las leyes generales de la contracción de todos los cuerpos: los efectos de este segundo fenómeno son superiores á los que origina el primero, y en consecuencia, las fundiciones de hierro disminuyen de volumen al pasar á la temperatura ordinaria desde las temperaturas superiores á la de fusión. Se conceptúa que las fundiciones blancas, después de refundidas, se contraen el 2 por 100 en todas direcciones y la gris ordinaria el 4 por 100.

14. La resistencia del hierro colado á los esfuerzos de tracción y compresión es muy variable por ser numerosas las especies de este producto que se presentan en la industria. Concretándonos á las fundiciones grises, podemos decir; que la carga capaz de producir la rotura por tracción, varía entre 8 kg. y 48 kg. por milímetro cuadrado; pero las experiencias practicadas han fijado, como término medio, la cifra de 41,60 kg. La tenacidad del hierro colado aumenta cuando ha sido refundido en hornos de reverbero. En las construcciones se toma como carga de seguridad la sexta parte próximamente.

Para los esfuerzos de compresión, la carga de rotura oscila entre 50 kg. y 94 kg. por milímetro cuadrado, dando la experiencia 63,20 kg. como tipo medio práctico, y la sexta parte como carga de seguridad para cuerpos de forma cúbica ó aproximada; pero en los sólidos de forma alargada en dirección del esfuerzo que deben soportar, como sucede en las columnas, debe tenerse en cuenta que el número que

expresa la carga de seguridad, disminuye tanto más, cuanto mayor sea la altura, y se reduce en muchos casos á $\frac{1}{40}$ de la carga de rotura.

15. Desde hace más de un siglo, el hierro colado tiene numerosas aplicaciones: es la primera materia para obtener el acero y el hierro dulce por descarburación parcial ó total; se usa para la fabricación de piezas destinadas á la maquinaria, puentes, edificios, material de guerra, tubos de conducción de agua y gas, instrumentos agrícolas, objetos de uso doméstico, de adorno y otros. Las cualidades de la fundición, y en particular su bajo precio con relación á otros materiales, han hecho que sustituya al cobre en la fabricación de algunas piezas y que reemplace ventajosamente á la madera y á las piedras, en muchas circunstancias.

16. Acero.—El acero es un producto siderúrgico intermedio entre la fundición y el hierro dulce, de los que se distingue químicamente por la cantidad de carbono que entra en su composición; si bien suele confundirse con el primero de los productos expresados, cuando la dosis del metaloide se aproxima al máximo, y con el hierro dulce cuando dicha dosis es muy pequeña.

Tomando en consideración la cantidad de carbono que contienen, se clasifican aquellos del modo siguiente:

Hierro dulce,..... de	0 á 0,25	por 100.
Idem acerado,..... de	0,25 á 0,50	por 100.
Acero, de	0,50 á 1,50	por 100.
Fundición afinada,.. de	1,50 á 2,00	por 100.
Fundición ordinaria, de	2,00 á 5,00	por 100.

Esta clasificación no debe considerarse como absoluta, porque ciertos cuerpos, como el silicio, el manganeso y el azoe, intervienen algunas veces en la composición de los productos férreos y modifican sus propiedades físicas, supliendo en parte al carbono.

17. El acero es de color más blanco que el hierro, de textura mate con grano menudo igual, apretado, y tanto más fino, cuanto mejor es su calidad; la densidad varía entre 7,62 y 7,92 y la temperatura de fusión entre 1300° y 1400° C.°

Como producto intermedio entre la fundición y el hierro dulce, participa de las propiedades de ambos; es fusible aun cuando no tanto

como la fundición y se puede trabajar por medio de la forja, pero no tan fácilmente como el hierro dulce; se suelda consigo mismo y con el hierro, pero esta operación debe ejecutarse con inteligencia para evitar la descarbonación. Los aceros más carburados son más fusibles, más duros y menos maleables que los que contienen menor cantidad de carbono.

18. Cuando una barra de acero se calienta al rojo y se enfría rápidamente por inmersión en el agua ú otro medio, cuya operación se llama *templar*, el acero se hace sumamente duro y elástico. El hierro forjado no admite esta transformación cuando se le somete á una operación semejante, circunstancia que sirve para distinguir una y otra clase de metal, sin necesidad de recurrir á su composición química ó á otras pruebas. Igualmente se distingue al acero de la fundición, por la cualidad de poderse trabajar por forja. La operación del temple disminuye la densidad del acero.

19. Existen varias clases de acero, que se distinguen ordinariamente por el sistema empleado en su fabricación: el *acero natural* se obtiene directamente del tratamiento de los minerales de hierro; el *acero cementado* se prepara carburando el hierro dulce; el *acero puddado* resulta de la descarbonación parcial de la fundición blanca; el *acero Bessemer* se fabrica descarbonando en extremo la fundición en estado líquido, por la inyección violenta del aire, y adicionando una cantidad de fundición especial, que suministra el carbono necesario para constituir el acero; y el *acero fundido* resulta en general de mezclar una proporción conveniente de hierro dulce con la fundición en estado de baño, para obtener un producto carburado en el grado necesario. Los procedimientos *Martín* y *Krupp*, que son los aplicados en mayor escala, están comprendidos en esta última clase; y con ellos se obtienen, á voluntad, aceros homogéneos de más ó menos dureza, combinando convenientemente la fundición, con el hierro dulce ó con un acero poco carburado como el Bessemer, ó poco homogéneo como el cementado.

20. Independientemente de la clasificación hecha de los aceros, atendiendo á su sistema de fabricación, se dividen ordinariamente en tres agrupaciones: la 1.^a comprende todos los aceros que por ser más carburados, poseen en alto grado las propiedades de dureza y elasticidad, y se les llama *aceros duros*; la 3.^a abarca los pocos carburados, que son

menos duros y más maleables que los primeros, y se distinguen con el nombre de *aceros suaves ó dulces*; y en la 2.^a se incluyen los aceros de composición y propiedades intermedias.

21. El acero en estado líquido disuelve los gases que tiene en contacto, principalmente el óxido de carbono; y este poder disolvente disminuye con la temperatura. Por efecto de esta circunstancia, cuando el acero que llena los moldes ó lingoteras está en el período de enfriamiento, que precede á su cambio de estado, los gases se desprenden en forma de burbujas; pero algunas de estas, que encuentran solidificada la superficie, quedan aprisionadas en el interior de la masa. La propiedad citada perjudica notablemente la homogeneidad del acero fundido, y es causa de que los objetos colados con esta materia en moldes, resulten con porosidades en el interior y en la superficie. Para que el acero adquiera homogeneidad y quede compacto, es preciso fundirlo en lingotes que se someten á la acción eficaz de un martillo pilón de gran potencia. Los procedimientos de fundición y forja se emplean por lo tanto, para dar forma á los objetos fabricados con acero, por más que en algunos casos baste uno de los dos medios de trabajo.

Se fabrican aceros exentos de ampollas con la intervención del silicio, que sustituyendo en gran parte al carbono, no da lugar á productos gaseosos cuando se oxida.

22. La tabla siguiente, que indica la resistencia del acero á la tracción, puede considerarse como el resultado de numerosas experiencias ejecutadas en diversos establecimientos, con aceros de diferentes procedencias.

	Esfuerzo en kilogramos por milímetro cuadrado.	
	Capaz de producir la rotura.	Que puede soportar con seguridad.
Acero fundido y forjado en barras pequeñas.	400,00	16,67
Id. menos duro, término medio.....	75,00	12,50
Id. de mediana calidad, en barras gruesas...	48,00	8,00

23. Las exposiciones internacionales de Londres, París, Viena y

Filadelfia, han puesto en evidencia los grandes progresos realizados en la industria del acero, no solamente en buenas condiciones técnicas, sino también por la economía del producto, lo que origina un aumento creciente en sus aplicaciones; así es, que muchas piezas y objetos que antes se construían de hierro forjado, de fundición ó de bronce, se fabrican hoy de acero. Las aplicaciones más generales son: en herramientas, cuchillería, muelles, ejes de locomotoras y carruajes, llantas de rueda, árboles, bielas, manivelas y otras piezas de máquina; cañones, fusiles, armas blancas, proyectiles, cureñaje, corazas y otros pertrechos de guerra; barras, vigas, palastro, hoja de lata, alambre; y una multitud de objetos pequeños de uso muy común, como plumas para escribir, agujas de coser, etc.

ARTÍCULO 2.º

COBRE, PLOMO Y OTROS METALES.

24. Cobre.—El aspecto de este metal es de un rojo característico, susceptible de adquirir brillo; es bastante tenaz, duro, algo elástico, muy maleable y menos dúctil que el hierro, y adquiere por frotamiento un olor desagradable que le es peculiar. Se funde á una temperatura, que varía según su calidad, entre 788° y 1207° C.º, pero no llega á tener el grado de fluidez de la fundición de hierro. La textura del cobre fundido es granulosa, y se convierte en fibrosa cuando se le forja: su peso específico aumenta con el batido, siendo por término medio 8,9.

El cobre se mantiene sin alteración en el aire seco, á la temperatura ordinaria, pero expuesto á un calor elevado, se cubre de una película roja de óxido, que se oscurece paulatinamente. Al aire húmedo y particularmente en presencia de vapores ácidos, se altera tomando un color verdoso en la superficie. Las materias grasas oxidan al cobre.

25. Análogamente á lo que sucede en el acero, el cobre mantenido en estado de baño á elevada temperatura disuelve el oxígeno del aire y lo abandona al enfriarse; cuya circunstancia da lugar á que se *levante* ó

dilata en los moldes y adquiere una estructura esponjosa que le hace inútil para ciertos usos. Este fenómeno, que es tanto más sensible, cuanto mayor sea la temperatura á que se hace la colada, la propiedad de no presentar gran fluidez en estado líquido y la de ocasionar mermas de consideración cuando se refunde; son otras tantas circunstancias desfavorables, para que se den á este metal formas determinadas por medio del moldeo. Por lo tanto, es preciso siempre someter el cobre á trabajos de forja; trabajos que admite fácilmente por su gran maleabilidad.

26. La resistencia del cobre á la extensión, es la que á continuación se expresa:

	Esfuerzo en kilogramos por milímetro cuadrado.	
	Capaz de producir la rotura.	Que puede soportar con seguridad.
Cobre rojo, fundido.....	13,40	2,23
Id. id., batido.....	25,00	4,17
Id. id., estirado en hilo.....	50,00	8,33

27. El cobre se emplea en grau escala en forma de planchas, para el forrado de buques, y para la construcción de calderas, alambiques, cacerolas, etc. Este metal es la base de un sinnúmero de aleaciones, que constituyen los latones y bronce de diversas clases.

28. Plomo.—El plomo tiene un color gris azulado; presenta un fuerte brillo cuando está recientemente cortado; es sumamente blando, maleable, poco resistente y menos dúctil que el hierro y el cobre.

Su peso específico es 11,4 próximamente; se funde á una temperatura de 320° á 340° C.°, y al calor rojo produce vapores sensibles.

Cuando el plomo queda expuesto durante algún tiempo á las influencias atmosféricas, se cubre de una película gris oscura sumamente delgada, pero si se le mantiene en fusión al aire, se oxida con mucha rapidez, cubriéndose de una película irisada que se trasforma muy pronto en una sustancia pulverulenta amarilla. Las sales de plomo son venenosas, y debe tenerse presente esta circunstancia para preservarse de su perjudicial influencia durante el trabajo.

29. La adjunta tabla indica la resistencia del plomo á los esfuerzos de tracción y compresión.

	Esfuerzo en kilogramos por milímetro cuadrado.	
	Capaz de producir la rotura.	Que puede soportar con seguridad.
Para la extensión.		
—		
Plomo fundido	4,28	0,21
Id. laminado ó pasado por la hilera.....	4,35	0,23
Para la compresión.		
—		
Plomo fundido.....	5,40	0,90

30. El plomo en forma de planchas sirve para cubrir edificios y para revestir vasijas y objetos domésticos que han de contener líquidos; se usa para la fabricación de tubos de conducción de agua y gas, proyectiles de armas portátiles, perdigones, contra-pesos, discos de obturación para ajustes de tubos y piezas; y aleado con otros metales se emplea para los caracteres de imprenta, planchas estereotípicas, soldaduras, juguetes y otros objetos. En estado de albayalde, litargirio y minio, tiene aplicación para la pintura y composición de mástics.

31. Zinc.—Este metal presenta un color blanco azulado; su estructura es cristalina laminar con fractura blanca, tanto más brillante cuanto mayor sea su grado de pureza. El zinc del comercio es algo quebradizo á la temperatura ordinaria, maleable cuando se calienta desde 400° á 450° C.°, pero á los 200° vuelve á ser quebradizo; su dureza es mayor que la del plomo, pero es más blando que el cobre.

El peso específico es de 6,8 á 7,2 según esté solamente fundido ó haya sido laminado: se funde á 412° C.°

El zinc no se oxida al aire seco, pero en una atmósfera húmeda se cubre rápidamente de una capa blanquecina de óxido fuertemente adherida, que preserva al resto del metal de mayor oxidación.

32. El esfuerzo necesario para producir la rotura del zinc por tracción es de 6 kg. por milímetro cuadrado, y de 5 kg. si ha sido laminado; de

cuyas cantidades se toma la sexta parte para determinar la carga que puede soportar con seguridad.

33. La gran fusibilidad de este metal, su bajo precio y la propiedad que posee de dilatarse, como la fundición de hierro al pasar al estado sólido, le hacen apropiado para obtener por fundición y moldeo una multitud de objetos de uso doméstico y de adorno; y en este concepto, reemplaza al bronce en alguna de sus aplicaciones. Estirado en planchas, se emplea el zinc en el forrado de buques, revestimiento de vasijas de madera, baños, cubiertas de edificios, canalones, tubos de gran diámetro, etc. Sirve para galvanizar hilos telegráficos y planchas de hierro; aleado con el cobre y otros metales, forma latones y bronces; y por último se usa en estado de sal, como antiséptico para la conservación de las maderas.

34. Estaño.—Es un metal de color blanco ligeramente azulado, con brillo metálico bastante pronunciado; su textura es muy cristalina, y á esto se atribuye el ruido particular ó *grito del estaño* que se produce al doblar las barras, por suponerse que los cristales rozan unos contra otros, y porque al repetir esta operación en un mismo punto, disminuye el ruido y se desarrolla gran cantidad de calor. Se pone de manifiesto la textura, cuando se le trata por un ácido que descubre los cristales y da á la superficie metálica un aspecto parecido al de la tela de *moiré*.

El estaño es dúctil y extremadamente maleable, hasta el punto de hacerse con él láminas muy delgadas que se conocen en el comercio con el nombre de papel de estaño; su dureza es menor que la del cobre y la del zinc, pero no es tan blando como el plomo.

El estaño no se altera sensiblemente en el aire atmosférico á la temperatura ordinaria, aun cuando pierde poco á poco su brillo. Apesar de no ser soluble en el agua, tiene un sabor particular, y cuando se le frota entre los dedos, se percibe un olor que le caracteriza.

Su punto de fusión es á los 228° C.° próximamente; el peso específico es de 7,28 y aumenta con el batido hasta 7,50.

35. La resistencia á la extensión del estaño fundido, es de 3 kg. por milímetro cuadrado para producir la rotura, y 0,50 kg. la carga que puede soportar con seguridad.

36. Como se ha indicado, se hacen con el estaño, láminas muy

delgadas que se usan como papel de envolver; sirve para recubrir ó *estañar* otros metales, que como el hierro y el cobre, son más sensibles que él á las influencias atmosféricas: esta operación hecha sobre el palastro da por resultado la hoja de lata. El estaño forma con el cobre y otros metales, diferentes aleaciones de gran aplicación; combinado con el plomo, se emplea para la confección de vajilla y otros utensilios análogos, porque las aleaciones de estos dos metales presentan más dureza que cada uno de los componentes aislados. El estaño, en estado de amalgama, tiene aplicación al azogado de los espejos.

37. Níquel.—Es un metal de color blanco semejante al de la plata, susceptible de pulimentarse con perfección: es muy dúctil, muy maleable y bastante duro; su estructura es fibrosa y es difícilmente fusible, pero á imitación del hierro, forma con el carbono un compuesto quebradizo de textura granular, que se funde más fácilmente.

El peso específico del níquel es 8,5; aumenta con el batido y puede llegar hasta 9.

Es inalterable en la atmósfera aun cuando esta contenga humedad, y su tenacidad es mayor que la del hierro, con la que está en la relación de 9 á 7.

38. Hasta hace poco tiempo ha sido escaso el empleo de este metal en la industria; pero sus preciosas cualidades hacen crecer de día en día sus aplicaciones al níquelado de piezas de máquinas, armas y objetos de adorno, ya que no para fabricar otras piezas hechas exclusivamente de esta materia. El níquel forma con otros metales aleaciones de gran dureza, propias para ciertos usos, y principalmente para la acuñación de monedas fraccionarias, empleadas en Bélgica, Alemania y en los Estados Unidos.

ARTÍCULO 3.º

=

ALEACIONES.

39. Definición y propiedades.—Los compuestos de dos ó más metales simples se denominan aleaciones, que gozan de propiedades

físicas en diferente grado á las que tienen los componentes. Estos se encuentran en estado de mezcla más ó menos íntima, pudiéndose considerar en algunos casos como verdaderas combinaciones.

Las aleaciones no tienen, en general, la densidad que les corresponde según el peso específico y proporción de los componentes, siendo unas veces menor y otras mayor; lo que se atribuye á la diferente afinidad de estos, que pueden dar distinto grado de cohesión á la materia resultante. Este hecho demuestra que hay metales que se dilatan al alearse y otros que se contraen; así por ejemplo, hay aumento de densidad cuando se mezcla el cobre con el zinc ó con el estaño, y por el contrario, en el conjunto de hierro y plomo, hay pérdida de peso específico.

40. Las aleaciones son en general muy fusibles; se liquidan siempre á una temperatura más baja que la que necesita el metal menos fusible, y algunas de ellas son más fusibles que cada uno de los componentes; en este caso se encuentra una liga de 2 partes de plomo, 3 de estaño y 5 de bismuto, que se funde á los 400° C.°. En general, las aleaciones son más duras y quebradizas que los metales componentes y menos dúctiles que ellos.

41. La preparación de las aleaciones se reduce á fundir separadamente cada uno de los metales simples y mezclarlos en las proporciones convenientes, en estado líquido, con las precauciones necesarias para obtener homogénea la liga.

El gran número de aleaciones empleadas en la industria se distingue con diferentes nombres, tomados unas veces del uso á que se las destina, otras del aspecto que toma la liga, otras de algún componente que les comunica propiedades particulares, y otras veces en fin, toman nombres especiales, ya del fabricante, ya de la localidad en que se obtienen.

42. Bronces.—Con este nombre se distinguen las aleaciones de cobre y estaño, que pueden contener también pequeñas dosis de otros metales, como zinc, plomo, aluminio, etc. El bronce es conocido desde la más remota antigüedad, pues antes de emplearse el hierro y el acero, ya se fabricaban armas é instrumentos cortantes de esta aleación. Según la proporción en que se encuentren mezclados los metales expresados, toman los bronces diferentes nombres, y gozan de propiedades físicas distintas; pero, como se ha indicado, son más densos, duros y más fusibles

que el cobre; y no presentan los inconvenientes de este, para recibir formas determinadas por medio de la fusión y del moldeo.

Los bronce expuestos durante algún tiempo á las influencias atmosféricas, cambian en verde más ó menos oscuro, su color amarillento, y esta alteración debida á una oxidación lenta que sufre el metal, forma una capa delgada fuertemente adherida, llamada *patina* que le sirve de preservativo, y da un bello aspecto, que indica la antigüedad del objeto.

La mayor parte de las aleaciones del cobre aumentan de dureza, y son más quebradizas, cuando después de calentadas al rojo se enfrían lentamente; y como el cobre, adquieren maleabilidad y pierden dureza cuando el enfriamiento es rápido; fenómeno que como se ve, es contrario al que se verifica con el acero. La variable afinidad con el oxígeno, el distinto grado de fusibilidad y la diferente densidad del cobre y del estaño, influyen en la homogeneidad del bronce, y hacen que su unión no sea muy íntima, cuando la fabricación del compuesto no ha sido esmerada.

Las principales variedades del bronce son: *bronce de cañones, bronce de campanas, bronce de monedas, bronce de estatuas, bronce fosforoso, bronce de aluminio, etc.*

43. Bronce de cañones.—El metal de cañones contiene de 90 á 94 partes de cobre por 40 á 9 de estaño; proporción determinada por la experiencia como la mejor, para que la liga reúna en grado conveniente las propiedades de tenacidad, elasticidad y dureza. Una dosis mayor de estaño aumenta la dureza de la liga pero á expensas de disminuir considerablemente la ductilidad y tenacidad, y hacerla menos estable; y la aleación que contiene menos cantidad de estaño es mas dúctil pero menos dura.

El bronce de cañones tiene un color amarillento mate, más ó menos rojizo según sea el grado de pureza del cobre: su fractura es granular, de grano desigual, moteado muchas veces de manchas blancas de estaño. Su densidad varía entre 8,76 y 8,87; es como se ve mayor que la media (8,70) entre los dos metales, deducida de la fórmula:

$$D = \frac{(p+p') d d'}{p' d + p d'}$$

en la que p y d representan el peso y densidad de uno de los componentes y p' y d' , iguales elementos del otro. Esta aleación es bastante tenaz,

pero no tanto como el cobre; es poco maleable y presenta más resistencia á la oxidación que cada uno de sus componentes. La contracción que este bronce experimenta al pasar del estado líquido al sólido bajando hasta la temperatura ordinaria, es la de 0,0075 m. por metro.

44. La resistencia que opone el bronce de cañones á la rotura por tracción es 23 kg. por milímetro cuadrado de sección, y la carga, que prudencialmente puede soportar, se evalúa en 3,83 kg. Los broncees alcanzan solamente estas cifras cuando han sido colados en moldes de mucha altura y con mazarota, como sucede en la fabricación de piezas de artillería.

45. Bronce de campanas.—La aleación empleada para la construcción de campanas se compone de 78 partes de cobre por 22 de estaño, la que presenta, además de la sonoridad indispensable para su objeto, mucha dureza y la tenacidad necesaria para su servicio. En las campanillas para habitaciones y timbres de reloj, se aumenta la proporción de estaño; y en algunas fábricas suelen agregar pequeñas dosis de plomo, zinc y hierro. La contracción que experimenta este metal, al pasar del estado líquido al sólido y descender á la temperatura ordinaria, es la de 0,015 m. por metro, circunstancia que debe tenerse presente al confeccionar los moldes.

46. Bronce de estatuas.—El bronce de estatuas, bustos y objetos de arte, está formado de cobre, estaño, zinc y plomo, aun cuando no es esencial la intervención del zinc y del plomo. La aleación destinada á este uso debe tener en estado líquido la suficiente fluidez para llenar completamente los moldes; debe ser susceptible de cincelarse y limarse con facilidad, y por último, ha de presentar superficies unidas, de buen aspecto y color uniforme.

El bronce de estatuas que contiene zinc, se contrae 0,013 m. por metro próximamente al solidificarse y enfriarse.

47. Muchas son las ligas empleadas para la fabricación de estatuas, y casi todas dan resultados aceptables. Según el Capitán Hoffmann de la artillería prusiana, que ha sido comisionado para hacer experiencias sobre el particular, no es necesario que el plomo forme parte de la liga; y entre las siete aleaciones que fija como tipo, citaremos las dos siguientes:

	<u>Cobre.</u>	<u>Zinc.</u>	<u>Estaño.</u>
1. ^a	84,42.....	11,28.....	4,30.
2. ^a	66,05.....	31,56.....	2,39,

de las cuales, la primera presenta un aspecto rojizo, y amarillento la segunda.

La antigüedad de algunas estatuas y el objeto conmemorativo de otras, que exige se fundan con una materia determinada, que en general procede de cañones adquiridos en la guerra, son causa de que las composiciones de sus broncees difieran notablemente entre sí y de las que acabamos de señalar como tipo. Así por ejemplo, los leones colocados en el pórtico del Congreso de Diputados en Madrid, fundidos en Sevilla con el bronce de cañones conquistados á los Marroquíes en la campaña de Africa de 1859 á 1860, tienen la siguiente composición:

<u>Cobre.</u>	<u>Estaño.</u>	<u>Plomo.</u>	<u>Zinc.</u>
88,00	10,00	1,50	0,50.

Las estatuas ecuestres de Felipe III y Felipe IV fueron fundidas en los años 1614 y 1640 con la composición siguiente:

<u>Cobre.</u>	<u>Estaño.</u>	<u>Plomo.</u>	<u>Zinc.</u>
88,43	9,91	0,99	indicios,

conteniendo además 0,51 por 100 de hierro, la de Felipe III.

La estatua de Murillo situada en el paseo del Prado de Madrid, erigida en el año 1871, fué fabricada con un bronce cuya composición se aproxima á los recomendados por el Capitan Hoffmann.

48. Para las piezas que deban dorarse, se considera de utilidad la presencia del plomo en la aleación, y una de las que se indican para tal objeto, á fin de economizar oro, es:

<u>Cobre.</u>	<u>Zinc.</u>	<u>Estaño.</u>	<u>Plomo.</u>
82,00	17,00	0,60	0,40.

49. Bronce de monedas y medallas.—La composición del bronce monetario varía con arreglo á las leyes de cada país y según las épocas. En España, lo mismo que en Francia y otras naciones, la liga es de 95 partes de cobre, 4 de estaño y 1 de zinc, por más que actualmente predomine la idea de introducir en dichas aleaciones el níquel, que las comunica dureza y las hace menos alterables.

La misma aleación puede emplearse para las medallas, pero la composición suele variar con el tamaño y relieve que se desea sacar. Con este objeto, Dumas recomienda la liga de 92 partes de cobre y 8 de estaño para las medallas de relieve y tamaño ordinario.

50. Bronce con níkel.—El níkel entra también en la composición de algunos bronce, á los que comunica las cualidades de dureza é inalterabilidad; aplicándose por esta causa á la fabricación de monedas fraccionarias y á la de algunos objetos de utilidad y de lujo.

Una de las composiciones más ricas en níkel está formada de:

<u>Cobre.</u>	<u>Níkel.</u>	<u>Zinc.</u>
47,00.....	34,00.....	19,00:

es sumamente dura y resiste los trabajos de torneó, limado, etc.; así es, que los objetos fabricados con esta aleación reciben forma por fundición únicamente. Con menores dosis de níkel, se obtienen aleaciones menos duras; y las que contienen dicho metal en una proporción que no pase del 25 por 100, son suficientemente maleables y dúctiles para dejarse forjar y trabajar mecánicamente.

Las estatuas de Marte y Venus, fundidas en 1585 y existentes en Munich, son de bronce que contiene 0,48 por 100 de níkel.

La proporción media de las aleaciones conocidas con el nombre de metal blanco, cuya aplicación se ha generalizado tanto para la fabricación de objetos de uso doméstico, es:

<u>Cobre.</u>	<u>Níkel.</u>	<u>Zinc.</u>
60,00.....	15,00.....	25,00.

La composición de las monedas fraccionarias belgas y de los Estados-Unidos se compone de 75 partes de cobre por 25 de níkel. En las monedas suizas, el níkel entra en mayor proporción; y la plata y el zinc forman también parte de la liga.

51. Metal sterro.—El hierro entra en pequeñas proporciones en la composición de algunos bronce antiguos, y modernamente *Rosthon* en Viena ha presentado para la fabricación de cañones, el que llama *metal sterro*; en cuya aleación, compuesta de cobre, zinc y estaño, entra el hierro en una proporción próxima al 2 por 100. Como consecuencia de las experiencias realizadas en Woolwich y en el arsenal de artillería de

Viena para experimentar el metal sterro, ha sido desechado este, como impropio para la fabricación de artillería.

52. Bronce de aluminio.—El aluminio mezclado con el cobre, en las proporciones de 90 á 95 partes del segundo por 10 á 5 del primero, da un compuesto llamado *bronce de aluminio*, que por su color parecido al del oro, por ser susceptible de adquirir buen pulimento, por moldearse perfectamente y por ser fácil de forjar, es empleado en una multitud de usos; como en instrumentos de física y dibujo, candeleros, cojinetes de máquinas, etc. También se propuso como metal de cañones, pero no satisface las múltiples y contradictorias exigencias de la artillería.

53. Bronce manganesífero.—Las citadas aleaciones del cobre y los cobres del comercio contienen siempre más ó menos oxígeno, que diseminándose irregularmente en la masa, tiende á destruir la homogeneidad perfecta del metal y disminuye por lo tanto su resistencia, su tenacidad y su maleabilidad. Se ha tratado de remediar estos inconvenientes con la adición de un cuerpo, que como el manganeso, tenga con el oxígeno mayor afinidad que el cobre y los otros componentes.

El manganeso necesario para la eliminación completa de los óxidos metálicos que alteran las buenas cualidades del bronce, se incorpora á este, fundiéndolo juntamente con lingotes previamente preparados con una aleación de cobre y manganeso, en la proporción de 70 á 50 partes del primero por 30 á 50 del segundo. El objeto del manganeso en este caso, no es el de un nuevo componente aumentado en la aleación, sino simplemente el de obtener una transformación química para el afinado del bronce. Sin embargo, en los análisis químicos hechos con bronce tratados por el manganeso, se encuentran pequeñas dosis de este metal.

El bronce afinado por este procedimiento es muy homogéneo, con fractura de grano sumamente fino; presenta una tenacidad triple por lo menos de la del bronce ordinario; es bastante maleable, y sometido á esfuerzos de tracción, da alargamientos uniformes comparables á los del hierro forjado. Estas propiedades y la circunstancia de poder ser forjado y laminado al rojo, le hacen un metal muy apreciado.

54. Bronce fosforoso.—El afinado ó desoxidación de los bronce ordinarios se ha realizado también por la incorporación del fósforo al baño metálico, ya formando parte de una sal, ya estando aislado, en la propor-

ción conveniente para neutralizar los óxidos; por más que á semejanza del manganeso, queda cierta dosis como elemento constitutivo de la nueva aleación.

El bronce fosforoso descubierto por *C. Künzel* se compone de 90 partes de cobre, 9 de estaño y contiene de 0,5 á 0,75 de fósforo: cuando la dosis de este metaloide pasa de 0,5, el bronce presenta color más vivo. Su fractura es de grano fino; la dureza, elasticidad y tenacidad aumentan mucho; en estado líquido es muy flúido y llena perfectamente los moldes. Variando convenientemente las proporciones de los componentes, se obtienen productos á voluntad, propios para diferentes usos; en los que se necesita que predomine una ú otra de sus cualidades: así es, que este nuevo metal es objeto de numerosas aplicaciones, entre las que sobresalen diferentes piezas de maquinaria, como cojinetes, ruedas dentadas, cilindros de prensas hidráulicas, collares de excéntricas y demás partes que pueden estar expuestas á fuertes rozamientos y choques, ó á grandes presiones.

Las experiencias efectuadas hasta el día hacen creer, que esta aleación es más resistente á la oxidación, que el cobre y sus ligas ordinarias; por lo que puede convenir para el forrado de buques, hélices, cables de minas y otros usos que exponen el metal á la corrosión.

55. Bronce maleable.—Con este nombre se distingue el compuesto de 90 partes de cobre, 10 de estaño y una de mercurio. La gran maleabilidad que tiene este metal, permite fabricar con él chapas bastante delgadas por medio de sucesivos laminados en frío, previos los recocidos necesarios.

56. Otros broncees.—El bronce para reflectores de instrumentos de física es una aleación de color blanco susceptible de adquirir un hermoso pulimento; es muy duro y quebradizo, y en su composición entran ordinariamente dos partes de cobre por una de estaño, á la que algunas veces se agregan pequeñas cantidades de plomo, zinc, hierro, níkel, antimonio, arsénico ó plata.

El bronce empleado en piezas de maquinaria y objetos diversos es muy variable, según la índole del uso á que se destinen y esfuerzos que deben soportar.

57. Latón.—Con este nombre se conocen las aleaciones del cobre

con el zinc, aun cuando contengan además estaño y pequeñas dosis de otros metales. La cantidad de zinc que entra en la constitución del latón, varía con el destino que deba darse al metal; siendo por término medio el 30 por 100. Los latones son de color más claro que los bronce, son también más fusibles que ellos y que el cobre, y por lo tanto, son propios para la fabricación de objetos colados; resisten más que el cobre á la oxidación; son más baratos y más maleables que el bronce, aun cuando menos duros que él.

El latón puede ser forjado, estirado y laminado en frío; pero en caliente resulta agrio y se hiende. Aumentando hasta el 40 por 100 la cantidad de zinc, se obtiene un latón que puede ser trabajado en la forja á la temperatura del rojo, y de él se hace mucha aplicación en Inglaterra para el forrado de los buques.

58. Siendo tan numerosas las aleaciones del cobre con el zinc, estaño, plomo, etc., no es fácil establecer una línea divisoria entre los bronce y los latones; así es, que los autores y constructores dan muchas veces el nombre de bronce, á aleaciones que debieran ser consideradas como latones.

El latón se aplica, en general, á la fabricación de pequeños objetos de uso frecuente y de adorno, á la construcción de piezas de máquinas que no han de resistir grandes esfuerzos, y á la de vasijas, cartuchería, botones, etc.

59. Soldaduras.—Con este nombre se distinguen varias aleaciones, que tienen por objeto establecer la unión entre dos cuerpos metálicos; para que llenen bien este fin, es indispensable que sean más fusibles que los metales que deben soldar, que tengan lá fluidez necesaria para introducirse en estado líquido entre las juntas de las piezas, y bastante resistencia después de solidificadas.

La mayor parte de los bronce y latones pueden servir de soldadura para el hierro, el acero y la fundición; pero en el comercio se expende con este objeto en forma de granalla, la soldadura llamada *fuerte*, compuesta de 50 á 70 partes de cobre por 50 á 30 de zinc. Otras aleaciones más fusibles que la anterior, que contienen menor dosis de cobre y se denominan *suaves*, se emplean para unir las piezas de bronce ó latón: la soldadura llamada de *plomeros*, usada en este oficio para unir metales

muy fusibles, contiene 34 partes de estaño por 66 de plomo; y por último, la de *hojalateros* está formada de 66 partes de estaño y 34 de plomo.

60. Aleaciones para caracteres de imprenta.—Varias son las ligas empleadas en la fundición de caracteres de imprenta; todas ellas deben satisfacer á las condiciones de fusibilidad, fluidez, dureza y tenacidad en grado suficiente para que puedan ser moldeadas y sometidas á los trabajos mecánicos necesarios, y que no se deterioren pronto con el uso.

Una de las ligas que dan mejor resultado, se compone de 400 partes de plomo, 45 de antimonio y 32 de estaño. A medida que se aumenta la dosis de antimonio ó estaño, la aleación se hace mas dura, pero se dificulta el trabajo del cepillo y de la lima.

61. Existen además, multitud de aleaciones formadas con los metales ya mencionados y con el bismuto, cobalto y otros, que se usan generalmente en la falsa joyería y en la fabricación de objetos de escasa importancia.

CAPÍTULO II.

FUNDICIÓN DE METALES.

ARTÍCULO 1.º

MOLDERÍA.

NOCIONES GENERALES.

62. El trabajo de los metales por fusión, consiste en producir con ellos los objetos que se deseen, vertiendo la materia fundida en huecos que afectan formas adecuadas, y cuya figura interior conserva el metal, al volver al estado sólido. Al hueco donde se vierte el metal, se denomina *molde*; y este se deshace después, inutilizando ó fraccionando sus paredes, para dar salida al objeto solidificado.

La reunión de las operaciones necesarias para confeccionar el molde, se llama *moldeo* del objeto, y *moldeadores* á los operarios que las ejecutan.

63. Para que el molde cumpla bien la misión á que se le destina, es necesario que los materiales elegidos para su confección, no se fundan ni descompongan á la alta temperatura del metal fundido, y que no contengan mucha humedad, porque ocasionaría rápida evaporación en el acto de la colada, produciendo explosión, ó por lo menos fugas tumultuosas de vapores, que formarían cavidades en el objeto que se trata de obtener.

Independientemente de estas consideraciones, para que la pieza fundida resulte en sus justas dimensiones, hay que tener en cuenta dos

circunstancias: 1.^a que el metal al enfriarse se contrae, y 2.^a que las paredes del molde pueden deprimirse si soportan grandes presiones. En virtud de la primera circunstancia debiera darse á los moldes un exceso en sus dimensiones, y á causa de la depresión de sus paredes debiera tenerlas disminuídas. Si el molde está bien construído y perfectamente colocado, se hace poco sensible el segundo de los expresados efectos, que siempre es menor que el primero; y como son ambos en sentido contrarios, para obtener el objeto de sus justas dimensiones, los moldes deben hacerse con un exceso de dimensiones, igual á la diferencia entre la contracción del metal y la depresión de las paredes. De ordinario no se toma en cuenta más que la contracción que todos los metales experimentan al enfriarse, que varía con la clase y condiciones de estos y con la temperatura de su fusión; pero en la práctica, se evalúa en el 1 por 100 en las tres dimensiones.

La fundición de hierro, así como el bismuto y el zinc, ofrecen la particularidad de dilatarse al pasar del estado líquido al sólido. Esta propiedad de expansión molecular, permite obtener por moldeo, impresiones sumamente delicadas; porque obrando la dilatación como una fuerza de dentro á fuera, las obliga á penetrar en los menores huecos é intersticios del molde, muy particularmente si el metal se ha vertido muy fluido. Los metales citados, al enfriarse para pasar á la temperatura ordinaria, están sujetos también á las leyes generales de la contracción, en virtud de las cuales tienen una disminución de volumen que en este caso supera á la dilatación expresada; disminución que es preciso tomar en cuenta, al calcular el exceso de dimensiones que debe darse á los moldes.

La propiedad de aumento de volumen de la fundición líquida en el acto de la solidificación, es más considerable en la gris que en la blanca, y menor en las fundiciones fosforosas que en las puras.

La contracción definitiva es mayor en las fundiciones blancas que en las grises.

64. Varios son los sistemas y materiales que se emplean en la construcción de los moldes, y pueden clasificarse de la manera siguiente:

- 1.º Moldeo en arena.
- 2.º Moldeo en barro.
- 3.º Moldeo en matrices metálicas.
- 4.º Moldeo mixto.

Las matrices metálicas son moldes permanentes, que sirven para obtener diferentes veces el mismo objeto, y los de arena y barro no se utilizan más que una sola vez.

Tomando en cuenta las condiciones del material que se emplea, se subdivide el moldeo en arena en tres clases: moldeo en *arena verde* ó no seca, en *arena de estufa* ó seca y en *arena tostada* ó medio seca.

65. Para proceder á la confección del molde por cualquiera de los sistemas enumerados, excepto el de matrices metálicas, debe tenerse previamente el *modelo*, que es un objeto construido de metal, madera, piedra, barro ó cualquiera otra materia sólida, de la misma forma que la pieza que se desea obtener, con dimensiones convenientemente aumentadas.

Los modelos se hacen de madera cuando no han de emplearse muchas veces, ó cuando correspondan á partes poco delicadas; en caso contrario son de hierro ó bronce, que tienen más duración y no se alteran tan fácilmente por el calor y humedad de los talleres; empleándose pocas veces los de piedra, por su difícil construcción y manejo. Los de barro, cera, yeso y otras materias que pueden desbaratarse con facilidad, se emplean en muchas ocasiones, y su uso es indispensable en algunos casos especiales que tendremos ocasión de mencionar. Los modelos que más frecuentemente se usan, son los de hierro colado á causa de su baratura; pero tienen el inconveniente de oxidarse si permanecen mucho tiempo dentro de las arenas; defecto que no presentan los de bronce.

66. La construcción de un molde consiste generalmente en colocar y apretar sobre el modelo, una materia dotada de cierta plasticidad, para que adaptándose á sus formas las conserve después de retirado. Para efectuar la extracción del modelo, es preciso cubrir previamente su superficie con una capa contra-adherente que facilite la salida sin degradar la materia plástica, y dividir el molde en varias partes que puedan separarse; las que reunidas en la misma disposición después de retirado aquél, forman la cavidad donde se ha de verter el metal fundido.

67. El modelo sirve para reproducir varios moldes del mismo objeto; pero en algunos casos (particularmente en la moldería de barro) es necesario inutilizarlo para su extracción; circunstancia que da nombre al procedimiento llamado *á modelo perdido*. La adopción del sistema de

moldeo y la elección de los materiales, dependen de la magnitud, forma, importancia y demás circunstancias de la pieza que se desea obtener.

68. Los moldes se confeccionan en cajas de madera ó hierro que sirven de revestimiento exterior á la materia plástica, proporcionándoles resistencia y facilitando las manipulaciones necesarias para la extracción del modelo. Con objeto de no dar un espesor excesivo á la capa de arena que constituye el molde, suelen tener las cajas una forma adecuada, para que colocados los modelos dentro de ellas, sea sensiblemente uniforme el espacio que, mediando entre ambos, debe rellenarse de tierras apretadas.

69. Cuando se trate de obtener objetos huecos, como tubos, proyectiles, etc., es preciso emplear *almas* ó *machos*, que son unas piezas sólidas, que ocupando en el interior del molde un espacio correspondiente al hueco que ha de sacar el objeto fundido, impiden que el metal llene por completo aquél. Estas almas, construídas generalmente sobre un eje ó arbolillo hueco con arena apisonada ó barro, son desbaratadas y extraídas después de solidificada la fundición.

70. En las pequeñas industrias, el mismo operario que hace el molde, tiene á su cargo la fundición del metal y efectúa la colada, apreciando antes las condiciones de la operación; pero en las grandes fábricas los moldistas pueden dedicarse exclusivamente á su oficio, recibiendo datos é instrucciones del maestro ú operario encargado de los hornos; porque la diferente calidad del metal, temperatura de colada y otras circunstancias, hacen variar el sistema y dimensiones de los moldes. Es por lo tanto necesario, que el fundidor esté versado en el arte de la moldaría, aun cuando no sea el llamado á ejecutarla.

La construcción de los modelos es un trabajo independiente del moldeo, y se practica por los *modelistas*, que son hábiles carpinteros, herreros ajustadores, cinceladores y á veces escultores. En la práctica se emplea la escala de $\frac{401}{100}$ para el trazado de los modelos, resultando de este modo ampliados en 4 por 100 sobre las dimensiones lineales de la pieza que se desea reproducir, y cuyo aumento, según se ha indicado (63), se hace necesario para compensar el efecto de la contracción del metal.

MOLDEO EN ARENA.

71. Arenas.—Los materiales empleados en este moldeo, que deben cumplir con las propiedades de plasticidad y refractabilidad, son las arenas cuarzosas-arcillosas. Sabido es, que la sílice ó cuarzo posee en alto grado la segunda de las expresadas propiedades; pero con las arenas de esta clase, no podría constituirse cuerpo, porque aun cuando se pulvericen y humedezcan, carecen de plasticidad. El silicato hidratado de aluminio, ó arcilla, que generalmente se encuentra en la naturaleza mezclado en más ó menos cantidad con las arenas cuarzosas, da á estas, la otra propiedad que para el moldeo necesitan. Sabido es, que la sílice y la alúmina entran en proporciones muy variables para constituir la arcilla, y que esta es tanto más plástica y menos refractaria cuanto mayor es la cantidad de la segunda; sabido es también, que el agua ejerce un papel bastante importante en la plasticidad de las arcillas, y así como una débil cantidad de ella disminuye esta cualidad, ó por lo menos las hace menos blandas, una proporción grande las destruye completamente. Se recordará finalmente, que al exponer al aire libre ó calentar ligeramente una arcilla, va perdiendo el agua higrométrica que contiene, y á los 100° centígrados abandona una gran parte de su agua de combinación, sufriendo una contracción tanto en la desecación como en el recocado que experimenta; contracción que varía con la naturaleza de las arcillas, y que es menos sensible cuanto menor sea la proporción en que se encuentre mezclada con las arenas.

Las dos sustancias mencionadas, en cantidades convenientes, pueden pues constituir una mezcla que reúna en el grado necesario las propiedades que para la confección de moldes se necesita.

72. El grano de la arena debe ser grueso y anguloso, para que dé á las paredes del molde la necesaria resistencia sin que las haga demasiado compactas; siendo fino y redondo se disgrega con facilidad al retirar el modelo ó verter el metal líquido, y no queda la materia suficientemente porosa, para que el desprendimiento de vapores y gases en el secado y en el acto de la colada, tenga lugar con facilidad. No conviene tampoco que el

grano sea demasiado grueso, porque quedando el molde poco liso, aparecerán los objetos fundidos con asperezas en su superficie.

73. La proporción de arcilla no debe pasar de ciertos límites; porque si bien es indispensable su presencia para dar trabazón á la arena, ligando los granos cuarzosos al endurecerse y dejando consistentes las paredes de los moldes, un exceso de dicha materia tendría el inconveniente de darle demasiada compacidad y agrietarlos en el momento de su contracción. Dicha proporción varía con el tamaño y forma de la pieza que se desee obtener y según se emplee arena verde ó de estufa.

74. Sabido es, que algunos cuerpos como los óxidos de hierro y carbonatos del calcio ó magnesio, se encuentran en más ó menos cantidad en muchas de las arenas arcillosas. La presencia de estas sustancias en las arenas destinadas al moldeo es perjudicial; los óxidos combinándose con la sílice de la arena á la alta temperatura del baño líquido, forman silicatos fusibles que se adhieren fuertemente al metal de la pieza fundida, y los carbonatos, por su descomposición, dan lugar al desprendimiento de anhídrido carbónico que ocasiona cavidades en los objetos. Sin embargo, una proporción de óxido que no exceda del 1 por 100 de las arenas, no es inconveniente para el empleo de estas en la moltería, y cuando la cantidad sea mayor, podrá evitarse el defecto señalado, con la adición de polvo de cok, que reduciendo el hierro por el calor, impide la formación de silicatos.

La mica, que con frecuencia se encuentra también en las arenas, ejerce una influencia perjudicial para los moldes, porque disminuye la cohesión de la materia. Su color oscuro y su estructura laminar, son indicios para conocer su presencia entre los granos cuarzosos, y fácilmente se averigua con auxilio del microscopio.

75. Podemos, pues, decir que la arena destinada al moldeo ha de ser *cuarzosa, homogénea* de grano *grueso y anguloso*, debe contener la cantidad necesaria de arcilla para formar cuerpo por presión, ser suficientemente refractaria para resistir la temperatura á que ha de estar expuesta, y carecer de carbonatos y óxidos metálicos.

76. Dificil es encontrar en la naturaleza una arena propia por sí sola para la moltería, y aun cuando se encuentre, sólo servirá para una clase de objetos; es necesario por lo tanto prepararlas, mezclando en

proporciones determinadas la arena pura, ó que contenga poca arcilla, con otra más arcillosa. Abundan más las arenas propias para el moldeo en estufa que las usadas en el moldeo con arena verde: las de la primera clase, basta que contengan la arcilla necesaria para comprimirse sólidamente; que sean bastante silíceas para no agrietarse en el secado, y suficientemente refractarias para que no se vitrifiquen en contacto con el metal fundido; así es, que pueden utilizarse con tal objeto, tierras, arenas ó una mezcla de estos dos cuerpos, fácil de encontrar en todas las localidades. Una composición de arenas de mala calidad recibirá siempre la fundición y dará piezas convenientes, si se tiene la precaución de extraer el aire de los moldes y secarlos completamente. Las arenas verdes no exigen ser tan grasas (*) como las de estufa; es suficiente que tengan cohesión para que no se disgreguen cuando se retiren los modelos y cuando reciban el metal fundido; pero su elección requiere más cuidado.

77. La arena de mar no es apropiada para el moldeo; porque las partículas delicuescentes y salinas que contiene, además de absorber la humedad del aire, facilitan la vitrificación; pero si fuese necesario su empleo por no tener otras, sería preciso lavarla en agua dulce, exponiéndola á la acción de la lluvia, hasta quedar privada de sales.

78. La arena de río es demasiado floja, y por lo tanto, debe mezclarse con arcilla ú otra arena muy arcillosa antes de usarla en la confección de moldes.

79. La greda ó tierra arcillosa no es conveniente para estos trabajos, porque suele contener ordinariamente las materias nocivas enumeradas, y con ellas resultan los moldes demasiado compactos y de escasa resistencia.

Si la greda es de buena calidad y hay necesidad de emplearla, podrán atenuarse los defectos últimamente señalados, añadiendo estiércol de caballo, heno machacado ú otra sustancia análoga que proporcione trabazón y aumente la porosidad.

80. Cuando solamente se dispone de arena demasiado fuerte, puede mezclarse, con objeto de quitar su excesiva compacidad, con polvo de

(*) Se llaman arenas *flojas ó magras* las que tienen poca cantidad de arcilla y *grasas ó fuertes* las que son excesivamente arcillosas.



carbón vegetal, de cok, plombagina, polvo de antrácita ó de hulla que no sea muy bituminosa para que no produzca gases en el momento de la colada. Estas sustancias refractarias se oponen á la vitrificación de la arena, disminuyen su plasticidad, y el objeto fundido resulta limpio en su superficie después del desmoldeo.

Recientemente se ha hecho uso de la piedra de jabón, con el mismo objeto, pero no ha dado tan buenos resultados como los *negros* mencionados.

81. En la preparación de las arenas, se emplea por economía una parte de las que han servido en otros moldes, calcinadas ya por este hecho, ó bien se hace uso de arena nueva para formar la capa que ha de estar en contacto con el metal líquido, confeccionando el resto con arenas mezcladas. La proporción de las arenas usadas aumenta tanto más, cuanto más arcillosas son las nuevas; y es difícil, cuando no se tiene gran costumbre en manejar arenas y reconocer su calidad por el tacto, calcular exactamente la proporción conveniente de unas y otras.

Para llegar á conocer experimentalmente la mezcla de arena más conveniente, se elige una pequeña pieza delgada y plana; se construye el molde correspondiente con cada una de las distintas mezclas que se quieran probar, y se observa lo que sucede en estos moldes de ensayo al verter el metal líquido. Si la fundición hierve y se agita en la superficie de los bebederos, ó si es proyectada fuera de los moldes, puede reconocerse como mala la calidad de la mezcla. Un examen de las piezas fundidas, cuya superficie debe quedar lisa, sin ampollas, hojas ni escabrosidades, servirá para completar el reconocimiento anterior. Una vez hecho el primer ensayo, se elige la mezcla que dé mejores resultados, y se hace con ella una segunda prueba con piezas más importantes. Las proporciones adoptadas en las fundiciones, son: de $\frac{2}{5}$ á $\frac{1}{5}$ de arena nueva por $\frac{3}{5}$ á $\frac{4}{5}$ de arena vieja para el moldeo en arena verde, y de $\frac{2}{3}$ á $\frac{3}{4}$ de nueva por $\frac{1}{3}$ á $\frac{1}{4}$ de vieja para el moldeo de estufa.

82. Extraídas las arenas del seno de la tierra, sufren un secado, ya sea al aire libre, ya en estufas; se trituran con pisones, rodillos ó muelas, y se tamizan para la debida uniformidad de los granos. Se procede á la

mezcla con otras arenas y á la adición de polvo de carbón, si fuese necesario; y por último, se incorpora cierta cantidad de agua para que resulte con la suficiente plasticidad, cuya cualidad se reconoce, cuando comprimiendo en la mano un puñado de ellas, se apelotona y conserva, sin pegarse, la impresión de los dedos.

83. Para las almas, se emplea arena de grano más grueso que la de los moldes, á fin de que resultando muy porosa la masa, pueda desprenderse la humedad y los gases que se producen al caer el metal: el inconveniente señalado (72) para las arenas de grano muy grueso, no tiene importancia en este caso, puesto que la superficie áspera aparecerá en el interior del objeto hueco fundido.

84. Baño negro.—Con objeto de aumentar la trabazón de las partículas de arena en la superficie de los moldes é impedir que se degraden, se les da, con una brocha fina, una capa de *baño negro*, compuesto de carbón vegetal pulverizado, $\frac{1}{8}$ de arcilla, y agua en la cantidad de dos litros y medio por kilogramo de carbón.

Antes de verter el metal, es necesario secar esta ligera capa, para que únicamente queden las partes sólidas cubriendo los huecos que dejan entre sí los granos de arena. Después del secado, resulta el interior de los moldes con una superficie perfectamente lisa y que se opone á toda filtración de metal; por lo cual, los objetos salen mucho más limpios y sin que la materia del molde se adhiera á su superficie.

En algunas fundiciones se emplea jugo de estiércol de caballo en vez de agua, suprimiendo ó no la arcilla, según haya de darse menor ó mayor consistencia á los moldes.

En vez del baño, suele emplearse también con el mismo objeto, carbón vegetal, ó mejor plumbagina, con el que se espolvorean las paredes interiores de los moldes hasta formar una ligera capa, que se aprieta colocando nuevamente los modelos, y se alisa por medio de espátulas. En los objetos de formas delicadas, el negro de humo desprendido de una bujía ó de una tea resinosa, sustituye ventajosamente á las indicadas sustancias.

Esta capa de carbón, aplicada á los moldes por cualquiera de los procedimientos anteriores, ocasiona un retardo en el enfriamiento de la fundición, que en muchos casos es conveniente.

85. Moldeo en arena verde.—Los moldes de arena verde son

aquellos que sin necesidad de secarlos, están dispuestos para recibir el metal fundido. La humedad que conservan las arenas, ocasiona en el acto de la colada desprendimiento de vapores (cuya salida se facilita abriendo taladros con una aguja en el espesor de la masa) y produce un enfriamiento rápido en la superficie de contacto del metal; consecuencia de lo cual, blanquea algo la fundición de hierro, cuando es esta la materia vertida.

86. Elegidos los materiales apropiados, se hace necesario para obtener buenos moldes en arena verde: dar una presión á las arenas, que sin ser excesiva, las proporcione bastante solidez para que no se desprendan en el momento de la colada, ni cedan bajo el peso del metal; procurar que esta presión sea uniforme y algo mayor en las capas destinadas á formar el fondo de los moldes; colocar los conductos destinados á verter el metal líquido, de tal manera, que este no caiga con rapidez ni de mucha altura sobre las partes que podrían maltratarse con facilidad, y por último, proporcionar salida á los gases y vapores que se produzcan, por medio de agujeros practicados en el espesor de las arenas.

87. En la imposibilidad de dar detalles sobre el moldeo de todos los objetos que pueden presentarse en la industria, nos fijaremos al tratar de los diferentes sistemas de moldería, en los principios generales que presiden á esta clase de trabajos; tomando como ejemplos, aquellos casos cuyo estudio comprenda las variedades principales que con más frecuencia aparecen.

El molde más sencillo es el que se hace al descubierto en el suelo del taller, sin auxilio de ninguna caja: consiste en preparar en la arena esparcida sobre el piso, un hueco de la misma forma que el objeto. Como ejemplo de esta clase, nos referiremos al moldeo de una loseta. Apisonadas las arenas del suelo del taller formando lecho horizontal, y recubiertas con una capa de otras nuevas de tres á cuatro centímetros de espesor; se sitúa y aprieta sobre ellas el modelo (fig.ª 4.ª); de tal manera, que colocando perfectamente nivelada su superficie exterior, quede en la parte inferior la cara principal, en la que suele tener pequeñas canales ó resaltos en forma de adornos, que resultan impresos en las arenas. Dispuesto así el modelo, se le rodea de arena, que se aprieta hasta cubrir sus cantos y se enrasa esta con la cara superior de aquél; luego se retira

con cuidado el modelo, se espolvorea con carbón el hueco practicado y se rectifican las aristas si fuese necesario.

88. Para que el chorro del metal fundido no deforme el molde, como sucedería si se tratase de llenarlo directamente, se abren con un cuchillo, en la superficie superior de las arenas, una cavidad de poca profundidad y una canal en comunicación con aquél, que sirviendo para recibir y conducir la fundición, haga que se anule por este medio el choque de la materia líquida sobre el fondo. La fig.^a 2.^a representa el molde de la loseta en disposición de recibir el metal.

89. Si la operación se extiende á varias losetas, se abre para cada una su correspondiente canal ó bebedero, y todos se unen á una cavidad central dispuesta para recibir la fundición, como indica la fig.^a 3.^a

Fácilmente se comprenderá que la sencillez de estos moldes permite confeccionarlos sin necesidad de modelo, y que los objetos metálicos obtenidos en ellos resultan con algunas porosidades é impurezas en la superficie plana que ha quedado descubierta.

90. De una manera análoga pueden moldearse multitud de objetos de los que tienen una cara plana bastante extensa, y no es indispensable que resulte perfectamente unida y sana; como sucede en algunas cajas, placas, basamentos, soportes, etc. Para las piezas de mayores dimensiones que las losetas, deberán practicarse en la arena, agujeros que faciliten el desprendimiento de los gases, y procurar que el bebedero sea tanto más ancho, cuanto mayor sea la extensión del objeto, á fin de que la fundición se distribuya con rapidez: también podrían abrirse dos ó más bebederos si la forma y magnitud de la pieza lo exigieran.

91. Los instrumentos, herramientas y utensilios empleados en la confección de moldes de arena, son ordinariamente: reglas, escuadras, niveles; piones y porrillas de varias formas y tamaños (fig.^a 4.^a); paletas (fig.^a 5.^a), espátulas y cuchillos de cobre (fig.^a 6.^a); alisadores del mismo metal ó latón (fig.^a 7.^a); mazos y martillos (fig.^a 8.^a); agujas, limas, etc.; y escobillas y fuelles destinados á expulsar las arenas sueltas. Se hace también uso de linternas y espejos para iluminar el interior de los moldes.

92. Para obtener objetos que no reúnen las condiciones necesarias para moldearlos al descubierto, se hace preciso auxiliarse de cajas, ya mencionadas (68), cuya forma y número dependerá de la figura y magni-

tud de aquellos. El moldeo más sencillo es el que únicamente exige la división en dos partes, que pueden confeccionarse en dos cajas, ó bien en una y en el suelo del taller: en este último caso se encuentran las losetas y demás objetos citados, cuando la superficie superior deba resultar lisa y sana, para lo cual, se hace preciso el empleo de una caja con arena apisonada que complete y cierre el molde, como se representa en la fig.^a 9.^a, dispuesta para la fundición de un soporte de cojinete.

93. Supongamos que se trate de moldear un volante, cuyo modelo (fig.^a 40) difiere de la pieza que se desea obtener en que sus dimensiones tienen el aumento del 4 por 100 (70), y en dos salientes cilindricos *a*, *b*, que se llaman *muestras de alma*: el objeto de estas es producir en la arena dos cavidades, necesarias para la colocación del alma correspondiente al hueco central del volante.

En la arena removida del suelo del taller, se introduce y aprieta el modelo, hasta que el plano de simetría perpendicular á su eje coincida con la superficie superior de las arenas, que deberán comprimirse para formar un lecho *AB* (fig.^a 41) resistente y sensiblemente horizontal; y sobre este, se colocan los modelos *t*, *t*, (fig.^a 41 y 42) de *talón* de bebedero, con su parte plana hacia abajo, y en contacto con el modelo del volante. Hecho esto, se espolvorean con corbón, la superficie de las arenas y la parte descubierta de los modelos; se sitúa una caja de moldear *CC* (fig.^a 41 y 43) de forma adecuada y abierta por sus bases, y se procede á rellenarla de arena, que se apisona con igualdad por capas horizontales de conveniente espesor, hasta enrasar con sus bordes superiores.

Con las precauciones necesarias, se levanta la caja, que arrastra consigo toda la masa de arena adherida á sus paredes interiores y sostenida por la plasticidad, y que á favor de la capa de carbón se separa de los modelos, conservando la impresión de sus formas; se da la vuelta á aquella y se coloca sobre el suelo, de manera que presente hacia arriba el hueco producido. Se encajan en dicho hueco, los modelos retirados del piso del taller, y se recompone con espátulas y porrillas la capa superior de las arenas *mm* (fig.^a 44) que se espolvorea con carbón al mismo tiempo que el semi-modelo descubierta y las partes planas de los talones, en las que se ajustan las *cañas* *b*, *b*, (fig.^a 42) de los bebederos. Sobre la caja *CC* se coloca otra *DD*, que se une por medio de pitones

y chabetas, y se rellena de arena de la misma manera que se hizo en la primera.

Las operaciones descritas dan por resultado el molde del volante; resta sin embargo extraer de su interior, los modelos que han quedado incrustados en la masa de las arenas.

El acto de retirar los modelos, que debe hacerse inmediatamente, se practica, principiando por sacar con cuidado los modelos *b, b*, de las cañas, que como son cónicos salen con facilidad; se separan las cajas levantando la superior, y se extraen de la inferior los modelos del volante y de los talones. En este estado, se reconocen las dos mitades del molde; se igualan las aristas ó alisan las partes que hubieran sufrido algún desperfecto; se rectifican los planos de unión; se abren con cuchillos los huecos tronco-cónicos *a, a*, (fig.^a 15) llamados respiraderos, y se da interiormente la capa de carbón ú otro negro, si fuese necesaria.

Independientemente de estos trabajos, se habrá confeccionado el alma, revistiendo con arena ó barro, un núcleo cilíndrico de hierro, madera ú otra sustancia; cuyo núcleo revestido debe resultar con las dimensiones del hueco del volante, aumentada su longitud en la de las muestras del modelo.

Preparadas así las cosas, se colocan las dos cajas en la disposición que antes estaban, teniendo cuidado de que el alma, colocada en el interior del hueco, quede perfectamente fija, encastrando sus extremos en las pequeñas cavidades que con este objeto ha producido el modelo. La fig.^a 15 representa el molde concluido y en disposición de recibir la fundición.

94. Para que el molde llene cumplidamente su misión, es preciso que la arena quede comprimida con uniformidad; lo que se consigue apisonándola por capas de 0,03 á 0,05 metros de espesor repartidas con igualdad alrededor del modelo. Cuando los moldeadores sean varios, convendrá que al apisonar la arena, lo hagan dando vueltas alrededor de la caja en que trabajen; de este modo hay garantía en la compresión uniforme de las arenas, lo que no sucedería ordinariamente, si cada uno apisonase sobre el mismo punto, porque el más robusto y diligente apretaría más que los otros.

La arena no debe quedar excesivamente comprimida, porque en este

caso, el desprendimiento de los gases en el momento de la colada se verificaría con dificultad produciendo cavidades en el objeto fundido. Tampoco es conveniente que esté demasiado floja, porque cedería á la presión del metal y daría lugar á la formación de *jobas* y exceso de dimensiones en la pieza.

Siendo difícil satisfacer siempre en grado conveniente las condiciones antedichas, es preferible atender á la segunda, y facilitar la salida de los gases por medio de pequeños agujeros en el espesor de las arenas, practicados con alambres ó agujas después de concluido el molde.

95. Para impedir que la arena resbale á lo largo de las paredes de las cajas, tienen estas, algunas canales, cavidades ó rugosidades, en las que entrando aquella, aumenta su adherencia; y para dar ligazón á la masa de arenas en los grandes macizos, se colocan ganchos ó entorchados de alambre dentro de las cajas.

La unión de dos de estas, que suponemos de hierro colado como generalmente sucede, se verifica por el contacto de los rebordes ó pestañas que llevan; y la sujeción tiene lugar, introduciendo los pitones de que está guarnecida una de ellas, en los taladros practicados en la otra, y fijando su posición por medio de chabetas, como se representa en la fig.^a 46. Este sistema de sujeción puede reemplazarse por el de tornillos y tuercas, bridas, etc. Para favorecer las manipulaciones con las cajas, se proveen exteriormente de asas ó mangos, y algunas de gran tamaño suelen tener dos muñones diametralmente colocados, para darles la vuelta con facilidad, una vez suspendidas de los ganchos de una grúa.

96. No es conveniente, como se ha indicado al tratar de los moldes al descubierto, que el metal fundido caiga directamente sobre ellos, siendo preciso valerse de sifones ó *bebederos*, que desembocan en el costado del molde y generalmente por el plano de unión de dos cajas. Para conseguir esta disposición, se considera dividida la canal del bebedero en dos partes; una vertical llamada *caña*, que descende hasta el plano de unión, y otra horizontal denominada *talón*, que une la anterior al hueco del molde. La caña es de forma tronco-cónica abocinada en la base mayor para facilitar la admisión del metal líquido. La figura del talón debe ser tal, que permita la entrada de la fundición en la cantidad conveniente para no originar enfriamiento en el molde, ni gran desprendimiento

de gases y vapores durante la colada; que tenga una parte más estrecha para dificultar el paso de las impurezas, y que este cuello no quede en contacto con el molde, porque la sección de menor resistencia estará algo separada de la superficie del objeto fundido, y no habrá temor de arrancar parte de su materia, al desprender después de la solidificación, el apéndice sobrante. En la fig.^a 12 están representadas las partes descritas.

97. De la misma manera que se ha moldeado el volante, pueden obtenerse los moldes de una polea, de una rueda de engranaje recto ó cónico, de una biela y de otros objetos cuyas formas permitan descomponerlos en dos partes.

98. Fácilmente se comprenderá, que un hábil obrero puede ejecutar estos mismos trabajos sin necesidad de modelo completo, valiéndose únicamente de un trozo de él, cuando el molde pueda resultar por la reproducción de varias partes iguales; como sucede en el caso citado del volante, que podría confeccionarse con un sector de la llanta, un rayo y el núcleo central. Sin auxilio de ningún modelo y sirviéndose de terrajas, reglas y otros útiles, podrá también abrirse el hueco sobre la arena, siempre que la forma regular del objeto y su crecido tamaño lo permitan.

Estos procedimientos exigen más cuidado, habilidad y tiempo, y no dan nunca resultados tan exactos y tan convenientes como los obtenidos con modelos; por cuyas razones, no deben emplearse más que en aquellos casos en que la pieza que se moldea no haya de reproducirse muchas veces.

99. No todos los objetos que se obtienen por fusión, presentan la sencillez de los ya citados, en los que la extracción del modelo entero puede verificarse con sólo separar las dos cajas empleadas; otras piezas exigen para su moldeo, modelos fraccionados en varias partes y diferentes cajas, que en general corresponden á las distintas partes de aquél.

Mientras las piezas que se deseen obtener tengan divididos sus modelos por planos paralelos que coincidan con los que separan las cajas correspondientes, no se presentará en el moldeo dificultad alguna que no pueda salvarse aplicando las nociones adquiridas hasta aquí. No creemos por lo tanto indispensable, citar ahora ningún ejemplo de moldeo con mayor número de cajas, toda vez que al tratar de los moldes en arena de estufa,

se explicarán los detalles que lleva consigo el de un objeto de formas complicadas.

100. Los caracteres distintivos del moldeo en arena verde son: la rapidez en la construcción del molde, sin necesidad de proceder á su secado ó cocción para recibir el metal; la escasa consistencia para resistir grandes presiones y evitar el deterioro de las aristas vivas y partes débiles; y la mayor dureza con que resulta la superficie de los objetos de fundición de hierro obtenidos en moldes de esta clase, efecto del enfriamiento rápido que ocasiona la humedad.

101. En consecuencia, la aplicación que de este sistema debe hacerse, se extiende: 1.º á los objetos cuya fabricación sea urgente; 2.º á los que por su pequeña altura no ejercen gran presión en los moldes; 3.º á los que no tienen muchas aristas vivas ó partes complicadas, y 4.º á las piezas de fundición de hierro que no deben ser trabajadas mecánicamente.

En estos casos están comprendidas las piezas de maquinaria que no tengan gran importancia, placas, rejas, balcones, parrillas y otros muchos objetos de utilidad y adorno.

102. Moldeo en arena de estufa.—Para moldear los objetos que reúnan diferentes condiciones de las enumeradas, y no sea prudente obtenerlos en arena verde, se hace uso del sistema de moldería en arena de estufa, en el cual sufren los moldes construídos una cocción que los pone en aptitud de recibir el metal fundido en circunstancias favorables.

103. Como se ha indicado, la arena empleada en este moldeo ha de ser más arcillosa, y no será inconveniente la mayor proporción de agua, puesto que ha de evaporarse en el acto del secado.

Las condiciones generales que exige un buen moldeo en arena de estufa, son: apretar las arenas en las cajas con bastante solidez, para que resistan el secado y soporten sin degradarse todas las manipulaciones necesarias para armar y desarmar los moldes y trasportarlos á la estufa; ligar íntimamente todas las capas ó lechos de arena entre sí, á fin de evitar el desprendimiento de alguna parte; y por último, secar los moldes con tanto más cuidado, cuanto más apretadas estén las arenas.

104. El trabajo de construir un molde se ejecuta en cajas como se ha dicho, apretando algo más las arenas que en el anterior sistema, que por esta circunstancia y la de ser más plásticas, conservan mejor las

formas del modelo, aun cuando la mayor adherencia que se produce dificulta la extracción de este.

Antes de armar los moldes, se les da el baño negro y se trasportan las cajas á una estufa, para que estando expuestas algunas horas á la acción de un calor moderado, tomen las arenas la consistencia necesaria para resistir las presiones á que han de estar sometidas: si éstas tienen demasiada arcilla ó se calientan muy rápidamente, suelen agrietarse los moldes; y en tal caso, se recomponen tapando las aberturas.

Hecha la cocción de los moldes, se da el baño negro, que también debe secarse brevemente para que no quede de él más que la parte sólida; y así tendremos las diferentes porciones del molde en disposición de unirse para recibir la fundición.

105. Se emplea ordinariamente para el secado, una estufa como la representada en las fig.^{as} 17 y 18; que consiste en una cámara más ó menos grande según la importancia del taller, con una vía férrea en su interior para facilitar la entrada y salida de los carretones de hierro colado que conducen los moldes de grandes dimensiones, y varios estantes situados en las paredes para colocar las cajas de objetos pequeños. El combustible se quema en uno ó dos hornillos dispuestos en uno de los costados, y los gases de la combustión, así como el vapor desprendido de los moldes, tienen salida por los conductos abiertos en el muro opuesto. Las puertas, que son de hierro, permanecen cerradas y con sus juntas enlodadas durante la operación, para evitar pérdidas de calor.

Para que la evaporación de la humedad del molde no sea demasiado rápida y ocasione grietas ó degradaciones en la arena, el fuego deberá conducirse en los hogares, de manera que la temperatura de la estufa vaya aumentando lenta y progresivamente hasta 100° centígrados próximamente.

106. Para explicar los detalles que la práctica de este sistema lleva consigo, y ver al propio tiempo las particularidades que se presentan en el caso en que el objeto moldeado tenga formas complicadas, citaremos el ejemplo de un jarrón, tal como el representado en la fig.^a 19.

Del examen de su forma y de los relieves que contiene, se deduce que el modelo ha de estar fraccionado en varias partes para facilitar su extracción del interior de las arenas; siendo la división más adecuada la

producida por los planos ab , cd , eg , y hk paralelos entre sí, que separan el brocal, cuerpo del jarrón y dos porciones del culote, y el rs diagonal del pié (fig.^a 20) que lo divide en dos mitades. La carencia de adornos en la parte inferior, permite dividirla en dos mitades, lo que no es factible en el resto del jarrón. La división del modelo se completa con la separación de los mascarones ú otros salientes, que puedan degradar la arena en la extracción del trozo correspondiente.

107. Siendo de hierro colado los modelos más generalmente usados, como se ha dicho (65), es conveniente, siempre que se trate de objetos de grandes dimensiones, que aquellos sean huecos para aligerarlos y facilitar su manejo y unión á otras partes. En la fig.^a 21, que representa un corte vertical del modelo de la copa, se detallan los encastres rectos que ligan las cuatro partes en que está dividido, pudiéndose asegurar mutuamente, si fuera necesario, por pernos ú otros medios no indicados en la figura.

La sujeción de los mascarones se verifica con auxilio de pernos pasantes m, m , cuyos extremos terminados en rosca se atornillan en las tuercas practicadas en dichas piezas.

Por último, las uñas u, u , y las asas t, t, t, t , sirven para manejar los distintos trozos del modelo.

108. Las cajas necesarias para moldear las cuatro partes que constituyen la copa, son en número de tres, de sección circular y abiertas por sus bases; destinada la primera al moldeo del brocal, la segunda al del cuerpo del jarrón y principio del culote, y la tercera al resto de éste. Las dos medias cajas correspondientes al pié, que se unen por rebordes laterales, completan el sistema.

109. La construcción del molde da principio por el brocal, y para ello se coloca el modelo de éste, sobre un plato de madera ó *tabla de moldear*, al que se fija por los pitones p, p , de que dicho modelo está provisto; se adosa á éste el talón del bebedero y se pone la caja correspondiente, de manera que sus espigas entren en los agujeros practicados á este fin en la tabla, quedando así ligados á ella caja y modelo. Después de espolvorear con carbón la tabla y los dos modelos, se rellena con arena apisonada el intervalo entre estos y la caja, hasta que el último lecho, perfectamente plano, enrase con los bordes superiores; una vez hecho

esto, se da vuelta al conjunto, asentando los bordes de la caja sobre un lecho previamente preparado en el suelo del taller; se quita la tabla de moldear que habrá quedado en la parte superior; y se recompone, si fuese preciso, la superficie descubierta de las arenas, para formar el plano *a b*.

Sobre el modelo del brocal se encastra el del cuerpo del jarrón, provisto de los mascarones ú otras partes salientes; se ajusta sobre el talón, la caña del bebedero, y se fija la segunda caja sobre la primera; se espolvorean con carbón la superficie de los modelos y el plano *a b* de las arenas, moldeando en los términos indicados hasta la proximidad del borde superior del modelo del jarrón; colócase en este momento el trozo AA del culote, y se continúa echando arena hasta producir el plano *e g* en que termina la caja.

Por último, se une el modelo BB al colocado anteriormente; se empalma la caña del bebedero con otro trozo; se coloca en su lugar la caja correspondiente y se rellena de arena, previo el uso del contra-adherente.

110. Después de construir del modo que acabamos de explicar las citadas partes del molde, es necesario sacar los modelos de su interior; y con este objeto, se quitan las chabetas que sujetan unas cajas á otras; se separan éstas, auxiliándose de grúas ú otros aparatos de fuerza, si fuese preciso; y con las precauciones debidas, colócanse sobre el suelo del taller, de manera que sus bases mayores queden hacia arriba. Cada caja arrastra consigo las arenas comprendidas entre sus dos planos de unión, (que con este fin se espolvorearon) con los modelos correspondientes, y la extracción de éstos se hace con cuidado para no desmoronar aquéllas. Esta operación, que no presenta dificultad en la primera y tercera caja por la figura favorable de los modelos, requiere algunas precauciones en la intermedia. La operación de desmodelar la caja central se principia por destornillar los pernos *m, m*, que sujetan los salientes; se tira luego de las asas *t, t*, para sacar el modelo del cuerpo del jarrón, dejando como es consiguiente enterrados en la arena los mascarones, cuyo despojo se hace fácilmente acto seguido; y por último, dando la vuelta á la caja, se extrae por su base menor el modelo AA del culote.

111. Para no dar lugar á que la humedad oxide el metal de los mo-

delos y se adhieran á éstos las arenas, es muy conveniente que el desmoldado se practique lo antes posible, por ser esta operación tanto más fácil de efectuar, cuanto menor sea el tiempo que aquellos han permanecido dentro de los moldes.

En los casos en que los modelos presentan alguna resistencia á su extracción, es necesario dar varios golpes de martillo en el interior de ellos ó en el exterior de las cajas, para producir vibraciones que destruyan la adherencia.

112. Independientemente de los trabajos anteriores, se habrá construido el molde correspondiente al pié del jarrón, en dos medias cajas gemelas, por procedimientos análogos á los ya explicados (93) para el volante.

113. Concluídos y separados los diferentes trozos del molde, se procede á darles interiormente la capa de baño negro (84), que deberá ser ligera para que no se desprenda durante la desecación, ni disminuya las dimensiones de aquél.

Seguidamente, se trasportan las cajas á la estufa para verificar el secado; terminado este, se recomponen las grietas ó defectos que se hayan producido en las arenas, y queda todo en disposición de armar el conjunto del molde y en condiciones de recibir el metal fundido, si se desea obtener un jarrón sin hueco alguno.

114. Generalmente los objetos de arte, como el que nos ha servido de ejemplo, son huecos, presentando dos cavidades una en la copa y otra en el pié, como se indica con las líneas de puntos en la fig.^a 49; y esta circunstancia obliga al empleo de almas, que como se sabe, deberán afectar exteriormente la forma interior de los huecos.

Las almas deben reunir, en cuanto á su consistencia, dimensiones y forma, las mismas condiciones que los moldes; pero dada su situación en el interior de éstos y cubiertas por lo tanto de metal líquido en el momento de la colada, los gases desprendidos no tienen salida tan natural como en los moldes; es, pues, indispensable facilitar dicha evacuación haciendo porosa la masa de las almas y adoptando disposiciones especiales.

115. Las almas pueden construirse, fijas sobre el suelo del taller en el emplazamiento del conjunto del molde, ó de una manera independiente para ser trasportadas y situadas en condiciones convenientes.

El primer sistema tiene natural aplicación cuando las almas son muy voluminosas y de ancha base, como sucede en las campanas y en la copa del caso presente: el segundo deberá emplearse siempre que no reúnan dichas condiciones ó que reuniéndolas sea inaplicable el primero, por la posición del molde subordinada á otras circunstancias.

116. La construcción de una alma fija (fig.^a 22) da principio por preparar con ladrillos ordinarios, un núcleo A de figura semejante á la de aquella, que se completa con un revestimiento B de arena gruesa apisonada convenientemente hasta darle la forma precisa con auxilio de matrices, terrajas ó plantillas (fig.^a 23). Además del empleo de la arena de grano grueso para el mejor desprendimiento de los gases producidos en el alma por el contacto del metal fundido, deberán colocarse los ladrillos del núcleo, dejando intersticios entre ellos en comunicación con un hueco central C C, que tiene salida al exterior por un conducto D D practicado en el suelo.

Para el secado de almas fijas, se construyen provisionalmente alrededor de ellas, hornillos circulares, en los que se enciende y alimenta el fuego con las mismas precauciones que se ha dicho para las estufas: dichos hornillos se desbaratan cuando se considera terminada la operación.

117. Las almas no fijas se construyen ordinariamente sobre un tubo de hierro (fig.^a 24) llamado árbol de alma. Este sirve de apoyo al material con que se hace aquella, determina y fija su posición en el interior del molde y hace de chimenea para la salida de gases y vapores producidos en el momento de la colada; para lo cual está provisto de un porción de agujeros y ojales que atraviesan el espesor de sus paredes. Este arbolillo se introduce por el taladro central que tiene la barreta *bb* (fig.^a 25) de la caja C C de moldear y se sujeta á ella á favor de la virola *v* que se apoya en el refuerzo de la barreta y de la tuerca de orejas *t* atornillada en el extremo roscado.

Como la arena con que se construyen las almas no puede estar en contacto con el hierro del arbolillo, porque no tendría bastante adherencia para mantener su masa y obstruiría los agujeros practicados en aquél, es necesario aplicarla sobre otra materia intermedia, como el barro, á la que se una más fácilmente, y que ésta deje huecos en su interior para el paso de los gases. Se consigue esto, introduciendo por los ojales del

árbol, unas astillas de madera que lo atraviesen de parte á parte, y rodeándolo con algunas vueltas de estopa ó cáñamo; se recubre después con una ó más capas de barro arcilloso hasta que afecte una forma semejante á la del alma, procurando que su superficie quede rugosa para consolidar la unión con las arenas.

Preparado así el árbol, se deseca el barro con fuego de carbón y se introduce por su interior una varilla de hierro enrojecida con objeto de quemar las astillas y dejar expedita el ánima.

Si el alma tiene ancha base, como en el caso presente, se emplea una placa agujereada *pp*, que colocada entre el arbolillo y el refuerzo de la barreta, en la disposición que indica la figura, le sirva de asiento, y sobre ella y alrededor del núcleo se construye el revestimiento exterior en la forma y dimensiones precisas, auxiliándose de matrices ó plantillas y dando á las arenas el suficiente aprieto para que no se degraden.

Por último, se rellena la caja *CC* hasta sus bordes, dejando el hueco tronco-cónico *h* correspondiente al bebedero, y se deseca en la estufa en las mismas condiciones que los moldes.

118. Terminada la construcción de las distintas partes que componen el molde, es necesario armar el conjunto y disponerlo para recibir el metal fundido, tal como está representado en la fig.^a 22; teniendo cuidado de que las almas queden bien centradas en el interior del molde; que la unión de éste con el suelo sea sensiblemente horizontal y tan perfecta como si los dos formasen un mismo cuerpo; que las arenas se ajusten con exactitud para no dar lugar á escape del metal por las juntas, sujetando sólidamente las cajas con los pitones y chabetas; y por último, que se correspondan entre sí los conductos descendentes del bebedero, quedando expeditas sus comunicaciones con el interior.

119. Como al efectuar la desecación de los moldes de esta clase, sufren las arenas una contracción variable según su calidad y otras circunstancias; es conveniente que éstas tengan en la generalidad de los casos, un crecimiento sobre los bordes de las cajas, igual á la contracción, para conseguir de este modo que sea perfecta la unión de las arenas al armar el molde después del secado. Con este objeto, se interponen entre cada dos cajas al confeccionar el molde, tres cuñitas de chapa de hierro cuyo grueso se calcula de antemano.

120. La división del molde y del modelo por planos paralelos, tal como se ha hecho en el jarrón que nos ha servido de norma, no tiene acertada aplicación en todos los casos: cuando los trozos que resultan no tienen formas apropiadas para el desmodelado, como sucede en los objetos de cuerpos cilindricos ó prismáticos, es preciso en general, hacer la división del molde por un plano que dé una de las mayores secciones, y los modelos correspondientes á estas mitades deben fraccionarse según indique el relieve de las partes accesorias ó adornos.

Este sistema de división es muy aplicable á la fundición de columnas, candelabros y otros objetos de forma análoga, y como es consiguiente, el plano de división pasa por el eje de figura.

En una columna estriada, por ejemplo, se subdivide el semimodelo en tres partes *a, b, c* (fig.^a 26): en seguida de concluido el molde *mm* correspondiente á una semicolumna, se extrae la parte central *a* dispuesta en forma de cuña y después salen las laterales en la dirección marcada por las flechas, sin desmoronar las arenas, en las que han quedado impresos los salientes del modelo.

121. La posición del molde para recibir el metal fundido depende de varias circunstancias, siendo las más principales: la forma del objeto que se desea obtener, la mayor ó menor importancia de unas partes respecto á las otras, y la facilidad para la admisión y distribución de la fundición. Según estas condiciones, se comprende que la colocación de los moldes correspondientes á objetos planos de gran extensión y cuyas partes sean igualmente importantes, será horizontal; por el contrario, será conveniente colocar verticalmente los moldes de objetos de forma alargada en que uno de sus extremos deba tener mayor densidad y estar exento de los defectos de que más adelante se hablará. Los objetos, que como los tubos de conducción de agua ó gas, son de gran longitud y de paredes delgadas, requieren posición inclinada en sus moldes (variable según sus dimensiones) que da mayor facilidad para que el metal líquido se extienda y llene completamente el hueco de aquellos.

No obstante, la disposición vertical presenta ventajas sobre la inclinada para los moldes de tubos de 0,15 m. de diámetro y 2,5 m. de longitud, á los que corresponde un espesor de 0,011 m. si han de resistir á la prueba de 15 atmósferas. Desde dichas dimensiones en adelante, las

ventajas se hacen sensibles empleando la expresada disposición para la colada, porque los espesores, que pueden disminuirse algo, salen más regulares, la fundición aparece más sana y los tubos resultan con más rectitud.

Por esta razón se emplean los moldes verticales para la colada de tubos que hayan de servir para la conducción de aguas en las grandes capitales.

122. Para asegurar que la fundición llene por completo todas las partes del molde y resulte con mayor densidad el objeto fundido, se aumenta la altura del bebedero; con lo cual, el líquido contenido en su caña después de la colada, ejerce presión sobre el metal del molde y llena los vacíos ocasionados por las filtraciones ó contracciones que se producen.

En los objetos fundidos verticalmente, pueden conseguirse estos efectos en mejores condiciones, con un aumento en la parte superior del molde, para obtener un sobrante metálico, cuyo objeto es: recibir las escorias ó impurezas que por ser más ligeras que el metal flotan sobre él; suministrar materia mientras esté en estado líquido, y ejercer, en el momento del enfriamiento del metal, una fuerte presión que aumente la densidad y consistencia del objeto. Este apéndice, que se llama *mazarota*, tiene gran aplicación en la fundición de piezas de artillería.

123. Se moldean con preferencia en arena de estufa todos los objetos de almas complicadas, como cilindros de máquinas de vapor, condensadores, cajas de distribución, etc.; las piezas que han de sufrir después trabajos mecánicos; las que necesitan gruesas almas de barro, que podrían tomar la humedad de los moldes en arena verde; las que deban recibir el metal por su parte superior y cuya altura sea excesiva para poder usar moldes poco sólidos; las piezas cuyos contornos ofrecen un gran número de relieves y en las que el desmodelado se opera por una descomposición previa del modelo ó una numerosa división del molde, como sucede en el moldeo de estatuas; los objetos de formas muy delicadas que se desean obtener con superficies perfectamente limpias; y por último, todas las piezas de gran valor, en las que no sea inconveniente el mayor gasto que este sistema origina en los moldes, como sucede en los cañones y otros de los efectos ya citados.

124. Para los objetos de bronce se emplea ventajosamente el moldeo

en arena de estufa, que no ocasiona las cavidades y defectos que sacan los moldeados en arena verde: esto se explica, recordando que siendo la temperatura de fusión de esta aleación mucho menos elevada que la del hierro colado, se solidifica sin dar lugar al desprendimiento completo de la humedad, y quedan por lo tanto aprisionadas algunas burbujas de vapor, origen de los antedichos defectos.

Por otra parte, como el bronce al verterse en los moldes tiene ordinariamente mayor fluidez que la fundición de hierro, se filtra con más facilidad que ésta por entre los poros del molde, alterándose la proporción de los metales aleados y la homogeneidad de la liga, y para evitar en lo posible estos inconvenientes, se sustituye con un baño de cenizas, el carbón con que se espolvorea el interior de los moldes. Como el carbón, por su mala conductibilidad, tiende á retardar el enfriamiento del metal disminuyendo la cohesión y aumentando la porosidad al quemarse cuando se vierte el bronce, debe sustituirse dicho contradherente por otro que siendo incombustible, dé más compacidad á la superficie interior de los moldes; se emplean con este objeto las cenizas desleídas en un líquido, tal como la cerbeza ó mejor la leche, que después de evaporado, las conserve unidas sin introducir materias nocivas.

125. Moldeo en arena tostada.—Este sistema de moldería es un término medio entre el de arena verde y el de estufa. Cuando se moldea en el suelo del taller ó en cajas de grandes dimensiones y se desea obtener en el objeto fundido superficies unidas y menos duras que las que resultan con arena verde, es necesario proceder al secado parcial ó torrefacción del molde; para lo cual se disponen en su interior hornillos de chapa de hierro con fuego de carbón, cuyo calor produce la evaporación de la humedad en la superficie de las arenas.

En los talleres en que no se dispone de estufa ó se quiere economizar combustible, se emplea este procedimiento.

126. La proporción de arcilla que entra en la mezcla de las arenas para este moldeo, se encuentra comprendida entre las que respectivamente corresponden á los dos anteriormente explicados.

127. En la confección de los moldes que han de ser tostados, se aprietan las arenas algo más que en el primer sistema y mucho menos que en el segundo.

128. Los resultados obtenidos pueden considerarse como intermedios entre los de arena verde y de estufa. Las superficies de los objetos salen más limpias y unidas que en el primer caso, y el enfriamiento del metal no es tan rápido; por lo cual, las piezas de fundición de hierro pueden ser trabajadas mecánicamente con mayor facilidad, pero con menos que los objetos obtenidos en moldes cocidos en la estufa.

129. La aplicación del sistema que nos ocupa, varía según los elementos de que se dispone; pero podemos decir que se emplea ventajosamente, en las placas de fundación, balancines y bielas de las máquinas de vapor, gualderas y otros varios objetos.

MOLDEO EN BARRO.

130. Materiales.—La arcilla, la arena, el estiércol de caballo y el pelo de vaca, son las principales materias de que se hace uso en este sistema de moldería; empleándose también el yeso, la cera, las cenizas y otras, cuyo uso es más secundario.

131. Para proceder al moldeo, se preparan, con alguno de los materiales citados y suficiente cantidad de agua, dos clases de barro de consistencia plástica: uno llamado *potea* ó *barro fino*, y otro denominado *tierra fuerte* ó *barro basto*; empleándose además en algunos casos otra clase de condiciones intermedias.

132. La *potea*, que es el barro destinado á formar las capas interiores de los moldes, requiere más refractabilidad y compacidad que el barro basto, llamado principalmente á dar cuerpo y resistencia á las paredes de aquellos.

La arcilla y el pelo de vaca machacado, empastados cuidadosamente con agua, forman la *potea*; y el barro basto, lo constituyen la arcilla, la arena, el estiércol y el pelo mezclados y amasados con el mismo líquido. La proporción de agua para las pastas y la cantidad de arena que entra en el barro basto, son dependientes de la calidad de las arcillas empleadas.

133. El objeto del estiércol y pelo de vaca, es dar trabazón á los barroes haciéndolos filamentosos; dichas sustancias desaparecen por com-

bustión durante el recocido á que se someten los moldes y dejan porosidades que facilitan la salida de los gases en el momento de la colada. Si la cantidad de estas materias orgánicas es excesiva, los moldes resultan demasiado porosos y por lo tanto poco adecuados para evitar filtraciones de metal. La proporción de estiércol y pelo respecto á los demás componentes, ha de ser la indispensable para dar trabazón á los barroes é impedir que los moldes se agrieten en el secado.

134. Para garantir con más seguridad que el metal no se filtre por las paredes del molde, se hace uso en algunas fundiciones de un tercer barro exento de materias orgánicas, compuesto ordinariamente de arena y yeso. Dicho barro se interpone entre la potea y el barro basto, limitándose de este modo las filtraciones á las capas interiores.

135. Con análogo objeto del baño negro (84) en los moldes de arena, se aplica en los de barro una capa de cenizas diluídas en agua, que se seca antes de recibir el metal fundido. En algunos talleres se sirven del *unto negro* compuesto de jugo de estiércol de vaca y polvo de cok.

136. Moldeo en dos mitades.—Los procedimientos para ejecutar el moldeo en barro varían con la forma del objeto que se desea obtener, empleándose para aquellos cuyo núcleo principal es de revolución un sistema que es impracticable para los demás.

Cuando la figura del objeto no es de revolución, es indispensable el uso de modelo, y en este caso la manera de moldear se asemeja bastante á la explicada para los moldes de arena.

137. Tomemos como ejemplo el moldeo de un pedestal (fig.^a 27); y como su figura es regular, basta el empleo de un semimodelo y de los que correspondan á los escudos ó adornos que tuviere: la fig.^a 28 indica la división más adecuada que se puede hacer con este objeto, y la sujeción del escudo situado en el frente principal.

Sobre el semimodelo indicado, se construyen sucesivamente dos conchas ó semimoldes de barro que se refuerzan convenientemente y después de unidos constituyen las paredes laterales del molde. Para proceder á la ejecución de una de estas conchas, se coloca el modelo *abc* sobre una tabla de moldear *AB* (fig.^a 29), enrasando con ella su plano de división y sujeto por medio de las chabetas *e, e*, introducidas por debajo de la tabla en los pitones de que el modelo está provisto. Después de

espolvorear con carbón molido las superficies de la tabla y del modelo, se recubre éste con una capa de barro, que por ser la destinada á estar en contacto con el metal, debe ser de potea y estar extendida con el mayor cuidado, la que se deja secar lentamente para que no se agriete. En seguida se cubre la potea con varias capas de barro basto, que sucesivamente deben secarse al aire libre ó con fuego de carbón, antes de aplicar la siguiente; teniendo cuidado de facilitar la adherencia entre las diferentes capas por medio de asperezas ó surcos practicados con los dedos en el barro.

138. Cuando se conceptúe que la concha de barro C C, apoyada en la tabla de moldear recubriendo el modelo, ha adquirido un espesor conveniente (variable según las dimensiones del modelo), se refuerza con herrajes, que vienen á sustituir á las cajas del moldeo en arena. Este herraje, compuesto de varias bandas de fleje de hierro b, b, b, b, \dots y semiaros a, a, a, a, \dots con ganchos en sus extremos, se coloca sobre el barro antes de endurecerse la última capa; principiando por las bandas que quedan embebidas en él, y disponiendo sobre ellas los semiaros, los que se fijan y consolidan en su posición por medio de pelladas de barro que los cubren dejando libres los ganchos. La distribución de las bandas y de los aros, ha de ser la más conveniente para el objeto que deben cumplir, y el número y dimensiones de ellos varía con el tamaño del molde.

Se termina la construcción de la concha de barro, alisando con paletas los planos mn, mn , prolongación de las bases triangulares abc (fig.ª 28).

139. La extracción del modelo se efectúa con las mismas precauciones y procedimientos análogos á los empleados en la arena; para lo cual, habrá necesidad de dar vuelta á todo el sistema, separar la tabla de moldear y destornillar los pernos p, p , de sujeción del escudo ó de otras partes salientes, que quedarán retenidas en las paredes del molde al retirar el cuerpo del modelo. Separado éste, se extraen con cuidado los escudos, se recomponen con potea las aristas, y se corrigen los desperfectos que pudieran haberse ocasionado.

140. Con objeto de dar á los moldes la consistencia que necesitan y expulsar completamente la humedad que no hubiera desaparecido en el secado, sufren la operación del *recocido*, que es de suma importancia y

exige gran cuidado. El recocido debe practicarse calentando los moldes ligeramente en un principio, y aumentando poco á poco la temperatura hasta que sus paredes se hayan desecado suficientemente, para que no corran el riesgo de agrietarse, como sucedería si desde luego se les sometiera á un grado de calor elevado; y aun cuando esta operación podría hacerse en una estufa, se practica generalmente con mayor economía por medio de hornillos contruidos al efecto.

La fig.^a 30 representa uno de esta clase contruido de ladrillo, sobre el que se colocan perfectamente unidas las dos conchas *b, b*, del molde, que forman la prolongación ó chimenea del hornillo: la abertura superior se cubre con una chapa de palastro *d d*, que tiene un agujero *e* en su centro para la alimentación del fuego y salida de los productos de la combustión. El aire necesario entra por los respiradores *c, c, c, c*, colocados á nivel del suelo para la fácil extracción de las cenizas.

141. Como se ha indicado, el fuego se conduce lenta y progresivamente, principiando por quemar paja y siguiendo con combustibles de mayor potencia calorífica y llama, para que ésta lama las paredes interiores del molde. Según la calidad de los barro, dimensiones de los moldes y manera de conducir la operación, así será mayor ó menor el tiempo necesario para terminarla. Por el estado interior de los moldes y por los productos desprendidos, se juzga la marcha del recocido, y cuando la parte interna se haya elevado á la temperatura del rojo blanco, que es indicio de estar próxima á vitrificarse la materia, será el momento oportuno para suspender la alimentación del fuego.

Para que el enfriamiento del molde no sea rápido, se tapan con ladrillos y barro los ceniceros, y se cierra la abertura superior con una chapa enlodada: en este estado se abandona hasta que, después de extinguido el fuego, llegue á tomar la temperatura del ambiente, separándose después las conchas para que circule libremente el aire.

142. Independientemente de las dos mitades antedichas, se construyen dos platos de barro para completar el molde cerrándolo por sus bases, y se moldea también el alma, si el objeto ha de ser hueco.

El plato inferior (fig.^a 31) debe tener un espesor suficiente para soportar el peso del metal fundido; debe también estar reforzado por herrajes terminados en ganchos como indica la figura, y en su centro se abre un

hueco ó encastre *aa* para recibir el alma. Desde luego puede comprenderse, que el plano superior *mn* que en gran parte ha de estar en contacto con el metal, se construirá de barro fino, y que el secado de las diferentes capas y recocido del total, se hará con las precauciones expresadas, echando sobre el plato para esta última operación, primero astillas encendidas y carbón después.

143. El plato superior (fig.^a 32) no difiere del anteriormente explicado, más que en los orificios *b, b, c, c*, que sirven de bebederos y respiraderos.

144. El alma puede construirse en pieza suelta, ó bien formando cuerpo con el plato inferior. En el primer caso, se principia por preparar un núcleo con ladrillos enlodados, unido y reforzado con una armadura de bandas y aros de fleje y revestido todo él con algunas capas de barro basto y potea, aplicadas convenientemente para que resulte con las dimensiones y forma que ha de tener el alma. Cuando ésta deba formar cuerpo con el plato inferior, convendrá hacer la construcción simultánea de ambas partes sobre el mismo emplazamiento que luego haya de ocupar el molde, para evitar así remociones que podrían ocasionar roturas; y si esta obra se lleva á efecto en otro sitio, será necesario el empleo de una placa de sustentación y mayor cantidad de herrajes.

La desecación sucesiva de las capas y el recocido del alma en uno y otro caso, se efectúan como se ha dicho para el molde, por medio de un hornillo provisional que envuelve á aquella.

145. Esta clase de almas y en general todas las de grandes dimensiones, se construyen de mampostería, recubriendo con barro la superficie exterior; pero nunca deben ser macizas, porque el transporte resultaría embarazoso y la desecación incompleta. Pueden ser abiertas por sus bases, como sucede en el caso presente y en los cilindros de gran diámetro, ó bien cubiertas con placas ó bóvedas, como en las campanas y calderas, dispuestas para fundirse presentando hacia abajo su concavidad.

146. A semejanza de lo practicado en los moldes de arena, se aplica interiormente á los de barro el *unto negro*, compuesto de jugo de estiércol y polvo de cok, con objeto de alisar su superficie, impedir filtraciones y evitar la adherencia del barro al metal. Con el mismo fin, suele emplearse

más comunmente un *baño de cenizas* lavadas. En uno y otro caso, se aplica con una brocha esta ligera capa, después de recocidos y enfriados los moldes; volviéndolos en seguida á sus hornillos provisionales, para que, alimentado el fuego con astillas, se calienten hasta que se evapore el líquido del baño ó del unto que se haya dado.

147. Preparadas así las distintas partes del molde, se procede á armar la totalidad, disponiéndolo para recibir el metal fundido. Con este objeto se principia por asentar sólidamente sobre el suelo de taller (ó de la fosa que suele haber á la inmediación de los hornos de fundición), la parte inferior del molde, que en el caso que nos sirve de ejemplo es el plato (fig.^a 31), teniendo cuidado que su plano superior resulte perfectamente horizontal; y se coloca el alma sobre él, de modo que quede encastrada en el hueco *aa*. Rectificados y enlodados con potea los planos de unión de las distintas partes del molde, se acoplan las dos mitades (fig.^a 29) asegurando su unión por medio de alambres que ligan entre sí los ganchos de una y otra concha; se colocan ambas sobre el plato inferior, ajustando su base con exactitud al plano de éste, de tal manera que el alma quede bien centrada en el hueco del molde; se sujeta éste al plato del mismo modo que se han unido entre sí las conchas, y se consolidan exteriormente las juntas, recubriéndolas con barro ó con yeso.

Por último, se cierra la cavidad del molde con el plato (fig.^a 32), de modo que el encastre reciba la parte superior del alma, se ajusta el plano inferior con el superior de las conchas, previamente enlodados ambos, y se asegura en su posición por medio de alambres, de una manera análoga á las demás piezas.

148. La fig.^a 33 representa el molde completo del pedestal en disposición de recibir la fundición por los bebederos *b, b*, colocados en los ángulos para la buena distribución del metal y mejor éxito de la operación; viéndose en ella el agujero central *r*, que comunica con el hueco del alma, por donde se expelen los gases en el momento de la colada.

149. Para que la unión de unas partes del molde con otras sea perfecta, es necesario ligar con varias vueltas de alambre recocado los ganchos correspondientes, y retorcer la ligadura por medio de un clavo ó palanqueta de hierro llamado *torcedor*.

Con el mismo fin, pueden emplearse pernos de sujeción siempre que las bandas y aros terminen en orejetas taladradas para recibirlos; cuyo sistema es aplicable principalmente á los moldes de objetos de grandes dimensiones que necesitan herrajes de mayor grueso.

150. En algunas ocasiones se colocan entre el barro otros aros llamados *terreros* que sirven de asiento á las bandas. Estos aros, igualmente que otra red de herrajes situada en el interior de las paredes de los moldes, cuando estos son muy grandes, tienen el inconveniente de dilatarse cuando los barroes se contraen en el secado y recocado, produciendo por lo tanto deterioros en el molde.

151. Para dar mayor consistencia y estabilidad á los moldes, sobre todo en los de gran altura, se refuerzan exteriormente por medio de un revestimiento, ó de pilastras de ladrillo y yeso, y una vez colocados en la fosa, se mantienen fijos en su posición por medio de tornapuntas, ó rellenando aquélla con tierra apisonada hasta el nivel de los bebederos.

152. Moldeo á modelo perdido.—Cuando careciendo de moldes se desea moldear objetos cuya forma general es de revolución, se da principio al trabajo por la construcción de aquéllos. Sobre el modelo construído de barro, que en este caso se llama *contramolde*, se confecciona el molde en una sola pieza, y después de concluído se extrae aquél de su interior, deshaciéndolo y sacándolo en fragmentos; esta circunstancia da nombre al sistema de moltería que nos ocupa, y exige un modelo para cada ejemplar fundido que haya de obtenerse.

153. El modelo se hace sobre un árbol H (fig.^a 34) de madera ó hierro de figura tronco-cónica llamado *huso*, provisto en sus extremos de dos prolongaciones cilíndricas de metal *a, a*, terminadas en cuadradillos *c, c*. La longitud del huso es algo mayor que la del modelo y sus diámetros menores que los de éste.

Para la construcción del modelo se monta el árbol H en posición horizontal sobre dos caballetes A, A (fig.^a 35) provistos de cojinetes, que reciben los muñones del huso y permiten su giro cuando se obliga á ello por medio de las manivelas ó aspas M acopladas en los cuadradillos. El huso se prepara untándolo en toda su superficie con jabón blando y revisiéndolo con liás ó soguillas de esparto en toda su longitud, hasta que adquiera una forma aproximada á la del objeto; como se ve en E, que

representa el huso *enatado* ó preparado para la construcción del modelo del fuste de una columna.

Concluído el liado, se pasa á recubrirlo de barro basto para alisar la superficie y rectificar la forma. Este trabajo lo hacen dos operarios, dando el uno movimiento de rotación al huso por medio de las aspas, y aplicando el otro el barro sobre las lias, de una manera uniforme y según indique el borde de la *terraja* T.

154. La *terraja* es una tabla de madera reforzada con una chapa de hierro recortada según el perfil de la columna, que se apoya sobre los mismos caballotes á una distancia conveniente del eje de rotación. Para las primeras capas de barro puede emplearse otra *terraja* de perfil aproximado sin detalles; pero es indispensable servirse de la descrita, cuando se termina el modelo con las últimas manos de patea.

155. Antes de aplicar las capas últimas, ha debido desecarse el barro basto; y si éste se ha colocado en varias veces, se habrán secado sucesivamente todas las capas, empleando un fuego moderado para no carbonizar las lias de esparto ni dar lugar á que se altere la madera del huso.

156. Se completa el modelo después de terminado el cuerpo de revolución de la columna, con la adición de dos tarugos de madera *a*, *b*, (fig.^s 36, 37 y 38) colocados sobre los extremos del huso para complementar la basa y capitel, que por ser cuadrados no han podido construirse por rotación como las otras molduras. El tarugo ó modelo parcial (fig.^a 36) correspondiente á la basa tiene, además de la moldura *a*, el suplemento *c* también cuadrado, destinado á producir en el molde un hueco que dé lugar á un saliente en la columna fundida, propio para su encastre en el pedestal. Si la columna que se trata de obtener necesitase un apéndice sobre el capitel, para sujeción de las vigas que haya de soportar; el modelo de esta parte irá unido al de la fig.^a 37, como se ha indicado para la basa.

157. Cuando la columna que se moldea ha de resultar con algún saliente, como sucede en las destinadas á formar parte de un taller de máquinas, que generalmente tienen una palomilla *p* (fig.^a 38) para recibir los árboles de trasmisión; es necesario construir separadamente este apéndice en madera, barro, yeso ó cera, que se coloca sobre la superficie

del modelo sujetándolo por medio de un clavo *m* cuya punta se introduce en el barro; con lo que resulta el modelo completo, como representa la figura.

158. Obtenido así el modelo, se procede á construir el molde sobre él; y para que ambas partes no se adhieran, se prepara aquél untando su superficie con sebo derretido ú otra materia grasa. En este estado recibe la primera capa de barro, que será de potea por quedar en el interior del molde y estar en contacto con el metal, recubriendo con ella uniformemente todas las partes y dejándola secar con lentitud al aire libre: del mismo modo se aplican dos ó tres capas más de barro fino, haciendo girar el modelo sobre los caballetes á fin de dar igualdad al trabajo, y secándolas también lentamente para que no se agrieten; evitando el empleo del fuego á no ser que la urgencia obligue á ello, en cuyo caso debe ser de carbón poco vivo, y como en el secado del modelo se podrá colocar sobre placas de hierro situadas entre los caballetes.

159. Sobre las capas de potea se adicionan sucesivamente otras de barro basto, que se secan al fuego aun cuando no con tantas precauciones; pero siempre teniendo cuidado de cambiar la posición del huso, haciéndole girar por medio de las manivelas para que el secado sea completo y uniforme y la contracción de las tierras igual en todos sus puntos.

160. Cuando se conceptúe suficiente el espesor de la capa de barro para mantener el modelo parcial de la palomilla, deberá retirarse el clavo de sujeción y cerrar con potea el agujero que habrá dejado en la concha que lo recubría.

161. Después que el molde haya adquirido el espesor que debe tener, se refuerza con un herraje, compuesto tambien de bandas y aros, que se colocan en toda la extensión de aquél y se reparten con arreglo á las presiones interiores que debe soportar. Las bandas se ciñen al perfil del molde y los aros están encorvados circularmente, teniendo unos y otros ganchos en sus extremos. Los aros se cierran y aprietan sobre el molde por medio de alambres como se ha expresado (149); procurando que sus uniones no estén en una misma generatriz, para evitar que el molde, que presentará menos resistencia por ese lado, ceda á la presión del metal.

162. Una vez concluido el molde de la manera que se acaba de explicar, se procede á la descomposición y extracción del modelo que ha quedado en su interior, y con este objeto, se desmonta de los caballetes el cuerpo construido, colocándolo horizontalmente en el suelo del taller sobre un lecho de paja ó arena para que no se maltrate. En esta disposición, se principia por sacar el huso, que merced á su forma y al jabón dado sobre la superficie, podrá salir fácilmente por el extremo mayor, después de haberlo aflojado, golpeando el otro extremo con un mazo: seguidamente se retirará sin dificultad alguna, el modelo parcial de madera correspondiente al capitel. Para que pueda hacerse lo propio con el de la basa, debe estar fraccionado en cinco partes, una la *cd* (fig.^a 36) que se retira en primer lugar, y otras cuatro *a*, *b*, *m* y *n* que constituyen un marco y salen una á una, atraídas hacia el centro, por el hueco que han dejado el huso y la pieza *cd*.

Se continúa el despojo del modelo, tirando de la lía de esparto hasta sacarla toda; ésta arrastra consigo algunos fragmentos de barro, arrancados del interior, y el resto se extrae á mano auxiliándose para terminar la operación con un útil de hierro enmangado, llamado *partesana*, con el cual se rasca con cuidado el interior del hueco ya practicado, hasta llegar á la primera capa del molde. Esta capa debe descubrirse con facilidad y generalmente sin deterioro, en atención al sebo que como contradherente se interpuso entre molde y modelo.

163. Resta por último extraer el modelo de la palomilla que ha quedado incrustado en el barro; cuya salida se hará sin degradar el molde, siempre que dicho modelo (de madera) esté dividido por un plano adecuado, tal como *rs* (fig.^a 38), que lo fracciona en dos partes de fácil extracción.

Si el saliente tuviera formas más complicadas, su extracción por el interior del molde sería difícil; y en estos casos, se apela al recurso de dejar una abertura al exterior, por la que se retiran las piezas en que se descompone el modelo si es de madera ó metal, y rompiéndose en pedazos cuando sea de yeso.

Siempre que se desee evitar la abertura exterior indicada para el despojo de algún saliente, podrá emplearse la cera ú otra sustancia análoga para construir el modelo correspondiente, el que desaparecerá por

fusión al elevar la temperatura del barro; la cera líquida se vierte al exterior inclinando convenientemente el molde, y la parte que se infiltra por el barro se evapora cuando la temperatura alcanza en el recocido el grado necesario. Sin embargo, no en todos los casos puede conseguirse la expulsión completa de esta materia, y cuando quede alguna cantidad de ella, se producirán en el momento de la colada vapores que ocasionarán tal vez cavidades en la pieza fundida; esta es la razón por la que se prefiere el empleo del yeso en muchas fundiciones.

164. El recocido de este molde se hace con las mismas precauciones y en los mismos términos que se ha indicado (140 y 141) para el moldeo en dos mitades, después de haber recompuesto interiormente con potea, los desperfectos que pudieran haberse ocasionado en las operaciones anteriores.

165. El alma de la columna, así como todas aquellas que siendo de revolución tienen gran longitud con respecto á su diámetro, se construyen á torno sobre linternas que tienen el largo de las almas. Estas linternas son tubos de fundición ó mejor de hierro forjado, cilíndricos ó ligeramente cónicos, agujereados en toda su superficie, y están terminados en muñones para apoyarse y girar sobre los cojinetes de los caballetes en que se montan. El diámetro de las linternas es el mayor posible, teniendo en cuenta que se han de revestir con lía de esparto y recubrirse con barro en un espesor de 0,020 á 0,040 m. para que resulte con el grueso del alma.

Como se desprende de lo indicado, la construcción se reduce á cubrir la linterna *a, a*, (fig.ª 39), una vez montada sobre los caballetes *C, C*, con una lía de esparto para dejar expeditos los agujeros del tubo y asegurar la adherencia del barro que sobre ella se coloca. La forma cilíndrica ó en general de revolución, se da al alma por medio de una terraja que se apoya en los brazos *b* de los caballetes, haciendo girar la linterna en el sentido que se indica en la figura, para que el barro sobrante quede sobre la terraja.

Para mayor perfección en el resultado y favorecer la desecación, el barro se aplica por capas concéntricas, las que se van secando sucesivamente con fuego de carbón, como se ha hecho en el modelo y molde. El exterior del alma, que debe estar en contacto con el metal fundido, habrá

de ser de potea, y su secado se hace sin la intervención del fuego para evitar las grietas.

166. Antes de reunir las partes del molde será necesario moldear los platos destinados á cerrar el hueco interior: éstos deben tener una abertura circular para recibir los extremos del alma; se construyen de barro, y se refuerzan con herrajes, á semejanza de lo que se dijo en el moldeo del pedestal. Las juntas de las diversas partes del molde, una vez armado, se refuerzan convenientemente para contrarrestar las presiones, evitar escapes de metal é impedir el descentrado del alma.

Cuando el alma es larga y delgada se emplea, en vez de linterna, un árbol estriado, que se coloca de manera que sus extremos queden libres, para que la dilatación producida en los secados y principalmente en el acto de la colada, no altere la rectitud de aquella.

167. Dispuesto el molde en la fosa, se le mantiene en su posición con tierra apisonada por capas horizontales, que da al propio tiempo más consistencia á sus paredes. La fig.^a 40 representa el molde que nos ocupa, en posición vertical que es la más adecuada para recibir el metal fundido. En ella se ve el sifón destinado á la entrada del metal, que cayendo por el conducto descendente *c, c*, penetra en el molde por el brazo *a*, hasta que el nivel se eleva á la altura de la segunda comunicación *b*, por la cual continúa llenándolo; los respiraderos *d, d*, que colocados en la parte superior sirven para la salida del aire y cumplen el objeto (121) de las mazarotas, cuando los haya llenado la fundición; y el agujero central *e*, que comunicando con el interior de la linterna, da salida á los gases que produce el alma.

Tanto el sifón como los respiraderos, se construyen en trozos con barro y potea, sobre husos de hierro, siguiendo el sistema general de este moldeo; se refuerzan con herrajes que sirven también para sujetar unas partes ó otras, acoplándolas con las mayores precauciones, para el mejor éxito de la operación.

168. Fácilmente se comprenderá que tratándose de un objeto de gran longitud, es casi imposible encontrar un huso de bastante resistencia; en estos casos, se practica el moldeo en trozos de longitud conveniente, dotándoles de encastres en los extremos para su perfecta unión.

169. Si los objetos que se desean moldear á modelo perdido fuesen

de gran diámetro, sería necesario valerse de husos muy gruesos y pesados ó emplear gran cantidad de lía para aumentar los espesores; lo primero dificultaría las operaciones, y lo segundo produciría modelos de poca consistencia. Para obviar estos inconvenientes, se recurre á las armaduras con listones formando un esqueleto tronco-cónico de un grueso necesario para que la cantidad de cuerda de esparto que lo recubre no sea muy grande; y para favorecer el desmodelado, es conveniente que el armazón pueda deshacerse con facilidad, retirando los listones por la base mayor.

170. Cuando el cuerpo que se trata de moldear en barro es de gran diámetro respecto á su altura, se sitúa ordinariamente el eje de rotación en posición vertical y permanece fija la obra; siendo la terraja la que gira á su alrededor para darle forma. Las almas de ancha base, como sucede en las campanas, se construyen de igual manera sobre el suelo del taller, en el mismo emplazamiento que ha de tener el molde, y se hacen huecas para facilitar su desecación.

171. En algunas ocasiones, y siempre que la figura del objeto lo permita, se procede á construir sobre el alma el modelo, y sobre éste el molde, interponiendo entre las superficies de contacto una sustancia contradherente, y consolidando con herrajes el último para que forme una concha transportable. Levantada ésta, aparece el modelo, el que se desbarata completamente para descubrir el alma; después de lo cual, vuelve á colocarse el molde de modo que entre su superficie interior y la exterior de aquélla resulte el espacio que ha de llenar el metal.

En este caso se encuentra el molde de una caldera que se quiere fundir con la abertura hacia abajo, tal como está representado su molde en la fig.^a 44. El alma *aa*, construida de ladrillo y barro, tiene un hueco en su interior y un reborde circular *ce*, sobre el que asienta el molde; éste, representado en *mm*, se ha confeccionado sobre la placa anular de fundición *bb*, á la que está unido invariablemente por medio de los tirantes del herraje, y se maneja con auxilio de una grúa, cuyas cadenas se enganchan en *e, e*. Los bebederos *h, h* y el respiradero *k* sirven también de mazarotas (121) cuando se han llenado de metal al terminar la colada, y los conductos *s, s*, ponen en comunicación el hueco del alma con el exterior.

172. Ventajas é inconvenientes.—Comparado este sistema de moldería con el de arena, resulta que la consistencia y dureza en el interior de los moldes es mayor en los de barro, y por lo tanto ofrecen más seguridad para reproducir fielmente la forma del objeto. El no necesitar cajas de moldear ni aun modelo de metal ó madera en muchos casos, constituye una ventaja cuando se trata de piezas que deben fundirse una sola vez, porque sería muy costoso adquirir el material de cajas y modelos necesarios para tal operación.

173. La moldería en barro presenta por otra parte los inconvenientes de necesitar procedimientos poco expeditos, á causa de los continuos secados que exigen las capas de barro, y estar expuestos los moldes á explosiones si acaso conservan alguna humedad, porque los vapores no tienen salida tan fácil durante la colada como en los moldes de arena.

174. De lo dicho se deduce, que el sistema de moldeo en barro tiene ventajosa aplicación, para la fundición de piezas experimentales y de aquellas que no son de fabricación corriente, porque de ordinario se carece en ambos casos del material de cajas y modelos apropiados para el moldeo en arena; y también se emplea con preferencia para los objetos de formas complicadas, que exigiendo en los moldes algunas partes salientes, no tendrían la solidez suficiente si se construyeran en arena. En general, las aplicaciones de los moldes exclusivamente de barro son cada día menos numerosas en las fundiciones de hierro, á causa del adelanto y perfeccionamiento adquiridos en la moldería de arena.

175. El bronce adquiere después de fundido gran fluidez si se eleva la temperatura del baño; vertido en este estado en los moldes, tiende á infiltrarse por los poros de sus paredes mezclándose con las tierras de las aristas y partes salientes, lo que ocasiona después de solidificado el metal, excrecencias duras, difíciles de quitar con cincel y martillo. Esta particularidad, que no existe en la fundición de hierro, es causa de la preferencia que se da á los moldes de barro, en muchos casos en que haya de colarse el bronce muy caliente, por la mayor compacidad que presentan sobre los de arena. Aun cuando los moldes de barro no originan tanta pérdida de metal por filtraciones, las tierras procedentes de su desbarate resultan metalizadas, y pueden beneficiarse tratándolas como mineral de cobre.

MOLDEO EN MATRICES METÁLICAS.

176. Moldes y moldeo.—Los moldes de esta clase están formados por varias matrices ó conchas de fundición de hierro ó de hierro dulce, cuyo conjunto proporciona un hueco destinado á recibir el metal: solidificado éste, se descubre la pieza colada retirándose una á una las matrices, con las que puede repetirse la operación para obtener otros ejemplares del mismo objeto; pues basta unir las para constituir nuevamente el molde.

El número y forma de las matrices será en cada caso el más conveniente para que resultando de fácil manejo, sea posible su separación ó desmoldeo; lo que dependerá del tamaño de las piezas que se deseen fundir y de su figura más ó menos complicada. Tratándose de formas sencillas que no tengan partes entrantes, como la esfera, cilindro, etc., bastará dividir el molde en dos matrices, que tengan por plano de unión el de un meridiano. Las matrices están provistas de orejetas ó pestañas con pivotes ú otros medios de sujeción, y una de ellas en cada molde, tiene un taladro tronco-cónico que se utiliza como bebedero.

177. El moldeo en matrices metálicas se reduce á acoplar unas á otras para constituir el hueco correspondiente, y revestirlas después por su interior, con una ligera capa de arcilla diluida en agua. El objeto de esta capa es: preservar á las matrices de la corrosión á que están expuestas al recibir repetidamente metal fundido; servir de contradherente en el desmoldeo, y cerrar las junturas para que no haya escape de metal al hacerse la colada.

178. El gran poder calorífico de la materia de que están formados estos moldes, ocasiona un enfriamiento rápido en el metal vertido, y por lo tanto una solidificación pronta. Esta circunstancia no ejerce influencia en la calidad de los objetos fundidos, cuando los metales empleados son el plomo, zinc ó estaño. En las aleaciones del cobre con estos metales, el enfriamiento rápido no altera notablemente sus cualidades, pero resultan mucho más homogéneas, porque la separación á que tienden los metales aleados, tanto por su distinta densidad como por su diferente grado de fusión, se opera más difícilmente.

179. La fundición de hierro, al pasar rápidamente del estado líquido al sólido, toma un aspecto blanquecino que le da nombre; se endurece notablemente y pierde resistencia; cuyos efectos son tanto más sensibles, cuanto más rápido ha sido el enfriamiento.

Al verterse la fundición en moldes metálicos se solidifica inmediatamente la parte que queda en contacto con las paredes de estos; las capas contiguas lo verifican después; y si el volumen es considerable, la parte central tarda en enfriarse, sin experimentar la influencia del poder calorífico de la materia del molde. A los objetos así obtenidos, se les denomina de *fundición templada*, y el aspecto que presenta su fractura es el de la fundición blanca que gradualmente va variando hacia el interior, en donde aparece la gris ó la mezclada.

El espesor de la capa endurecida depende de la naturaleza de las fundiciones; debiendo observarse que las negras y las muy grises templan peor que las poco grises y las mezcladas. El grueso que tengan los moldes, y muy principalmente la temperatura de estos, ejerce también alguna influencia; así es, que para moderar los efectos del temple, suelen calentarse las matrices antes de la colada á una temperatura que varía de 50° á 100° según los casos.

180. Como ya se ha indicado (83), se verifican análogos efectos en los moldes de arena verde, si bien tienen lugar en menor escala, porque siendo la rapidez del enfriamiento menor en estos que en los moldes metálicos, los objetos así obtenidos sólo presentan un endurecimiento superficial.

181. La naturaleza de la fundición de hierro destinada á formar el molde, es indiferente con relación á los efectos del temple en los objetos que se obtengan; conviene sin embargo, bajo el punto de vista económico, no emplear las fundiciones blancas por su poca duración, ni las negras ó muy grises porque quedan porosas al quemarse el carbón no combinado. La mejor calidad para la fabricación de matrices, es por lo tanto la poco gris y la mezclada.

Los moldes metálicos de pequeñas dimensiones llamados *turquesas*, se construyen generalmente de hierro forjado, y sus partes están ligadas con palancas en forma de tenazas, para facilitar los movimientos de unión y separación.

182. La fundición vertida en moldes metálicos sufre una contracción tanto mayor cuanto más se temple. Cuando dicha contracción es grande, causa desigualdades en la forma de las piezas.

183. Ventajas é inconvenientes.—Las ventajas que presenta el sistema de moldeo en matrices metálicas, son: 1.^a no se necesitan moldes; 2.^a los moldes se utilizan muchas veces; 3.^a no exige ninguna habilidad por parte de los moldeadores; 4.^a la sencillez, brevedad y economía, son mayores que en las molderías de arena y barro, sobre todo en las fabricaciones corrientes, y 5.^a proporciona más homogeneidad en las aleaciones.

184. Por el contrario, el sistema que nos ocupa tiene los graves inconvenientes de ocasionar irregularidades en la contracción de la fundición, y dar objetos fundidos con asperezas y desigualdades en su superficie, debidas á que los gases é impurezas no son absorbidos por la materia del molde, como sucede en los de arena y barro.

185. El temple que las matrices metálicas proporcionan á los objetos fundidos, es una ventaja digna de tomarse en consideración cuando se trate de obtener piezas de esta materia, que deban estar expuestas á percusiones ó fuertes rozamientos; pero dicha cualidad es un inconveniente para los cuerpos que hayan de ser limados, torneados, taladrados, etc. porque la misma dureza de su superficie dificulta notablemente tales trabajos.

186. En vista de lo que llevamos expresado, muy pocos son los casos en que se emplea el sistema de moldes exclusivamente metálicos para obtener piezas de fundición de hierro. Antiguamente se colaban en turquesas de hierro fundido las balas esféricas de la artillería; pero los inconvenientes señalados y los progresos realizados en la moldería de arena, fueron la causa de abandonar el sistema mencionado.

Tratándose de pequeños objetos de plomo, y sobre todo de la fabricación de candelabros y adornos de zinc, el método que nos ocupa es empleado ordinariamente, y con más ventaja todavía, cuando sean aleaciones las que hayan de llenar los moldes. En la fundición de caracteres de imprenta, que están formados de aleaciones de plomo con estaño, bismuto ó antimonio, se emplea el procedimiento de los moldes metálicos, valiéndose de medios especiales para armar y desarmar el conjunto, con la rapidez

que exige esta industria. Las paredes de los moldes son en general de acero, empleándose el cobre para la pieza que ha de producir el relieve de la letra.

MOLDEO MIXTO.

187 Moldeo en arena y barro.—De las consideraciones expuestas al tratar de las diferentes molderías, fácilmente se concibe un nuevo sistema, que reuniendo varias ventajas de las expresadas, pueda tener lógica aplicación en circunstancias dadas. Si nos fijamos en la combinación que de la arena y barro resulta, podremos emplear el procedimiento mixto con estos dos materiales, para aquellos objetos que debiendo ser moldeados en arena, tengan algunas partes delicadas, en las que sea preciso el uso del barro; y recíprocamente, en algunos moldes de barro, será conveniente el empleo de la arena para la construcción de almas que deban resultar muy porosas, y no requieran consistencia excesiva.

188. Como ejemplo comprendido en el primer caso, citaremos el moldeo de una rueda de engranaje para recibir dientes de madera, la que como es sabido, habrá de tener en su periferia dos órdenes de mortajas para encastrar las espigas de los dientes. Es necesario servirse de almas, si han de resultar estos huecos en la pieza fundida; y como hechas aquellas de arena no presentarían la suficiente consistencia, deberán construirse de barro en forma de galleta tronco-piramidal de base rectangular.

Para proceder al moldeo indicado, es necesario en primer lugar, un semimodelo (fig.^a 42) que solamente se diferencia de la pieza correspondiente en las muestras de alma *a, a, a,...*, de que está guarnecido; teniendo estas por objeto producir en la arena un asiento para las galletas de barro, que han de originar, después de la colada, los huecos ó ventanas en que deben ajustarse las espigas de los dientes. El molde se hace de la misma manera que el de un volante ó el de una rueda dentada ordinaria, ya sea *á la inglesa* sobre el suelo del taller, ya en dos cajas: las fig.^a 43 y 44, representan la impresión producida en las arenas, después de retirado el modelo.

Las almas representadas en la fig.^a 45 se construyen de barro y se secan cuidadosamente, colocándolas después en los huecos *b, b, b*, (fig.^a 43 y 44), de manera que su base menor apoye sobre la superficie convexa *m, n*, de las arenas. Para completar el molde y consolidar al propio

tiempo la posición de las almas, es necesario rellenar de arena apisonada los espacios d ,.. (fig.^a 46) correspondientes á los huecos producidos por las muestras de alma y que no han sido ocupados por las galletas de barro. Esta operación se facilita auxiliándose de una horma de madera ó metal (fig. 47) que tiene un encastre h cuyo objeto es recibir el alma al colocarse sobre ella como está indicado en la fig.^a 48, cerrando con su superficie $r s$, el espacio que debe ser macizado. Una vez rellenado el hueco d , se retira la horma que se va colocando sucesivamente sobre las demás almas; pudiéndose emplear una de mayor extensión y con varios encastres, para que este trabajo se haga simultáneamente sobre las diferentes almas del sector que abarque.

Por los mismos procedimientos se construye otro semimolde en una segunda caja, que armada sobre la primera, completa el molde de la rueda. La fig.^a 49 representa un corte de este conjunto, y los bebederos correspondientes deben colocarse en el núcleo del eje, toda vez que la llanta necesita poca cantidad de metal. Los rayos, que no aparecen en la figura, tienen su sección en forma de cruz y arrancan de los macizos comprendidos entre cuatro ventanas, para que la abertura de estas quede expedita y se facilite el reemplazo de los dientes de encina que llevan tales ruedas.

189. Algunos comprenden también en el grupo de moldeo mixto, el practicado en arena, con un modelo de barro ejecutado por los mismos moldeadores. Este procedimiento, que se verifica siguiendo las prescripciones señaladas para los de barro y arena, no varía más que en dar mayor espesor á la costra de barro que recubre la lía en el modelo, para que resista la presión de las arenas en el acto del moldeo, y emplear en vez de las cenizas ó sebo con que se baña aquél, una ligera capa de polvo de carbón que cubre mejor los poros y deja más lisa su superficie.

Esta combinación se emplea con economía en aquellas piezas que deban ser moldeadas en arena una sola vez, y se quiera evitar el gasto de un modelo permanente.

190. Moldeo en matrices metálicas y arena ó barro.— El endurecimiento producido en la fundición de hierro al colarse en matrices metálicas, es de la mayor importancia en algunas partes de la superficie de ciertas piezas; pero cuando esta cualidad sea innecesaria ó per-

judicial en el resto del objeto, no deberán emplearse tales moldes, y sí hacer uso del moldeo mixto con arena ó barro.

Los yunques y morteros de trituración que necesitan mucha dureza en las superficies destinadas á recibir los choques y deben presentar al propio tiempo gran resistencia, lo mismo que otros muchos objetos, y en general, todos aquellos que deban satisfacer iguales condiciones; se moldean en moldes que tienen una parte metálica destinada á producir el endurecimiento, mientras que el resto debe ser de arena ó barro para que el objeto no resulte quebradizo en su totalidad, como sucedería si todo el molde fuese metálico.

191. La construcción de cilindros laminadores se ajusta en un todo al sistema de moldeo que nos ocupa, y el molde de un cilindro de esta clase se arma con las matrices *nn* (fig.^a 50), que contienen el hueco cilíndrico correspondiente á la superficie activa del laminador, y con las cajas *B* y *D*, que presentan moldeado el resto. Las partes *b*, *d*, no resultan templadas, y por lo tanto, la fundición no pierde tenacidad y queda en aptitud de que puedan tornearse los muñones y cortarse la mazarota *m*. Para el buen éxito de la operación, se conceptúa suficiente una mazarota cuyo peso sea el tercio del correspondiente al cilindro; que el espesor de las matrices metálicas sea un tercio del diámetro; que la temperatura á que estas se eleven, antes de la colada, sea de 70° á 80° centígrados; y que la fundición se vierta á sifón y penetre por los conductos tangentes *a*, *a*; los que desembocando en las extremidades del cilindro por las uniones de las matrices con la arena, dan origen á un movimiento de rotación en el líquido que va llenando el molde. La caja central *A*, que contiene las matrices, no sería necesaria si la colada se verificase por la mazarota.

192. Hoy día se hace útil aplicación del sistema de moldeo mixto con matrices metálicas, en la fundición de planchas de blindaje para los barcos de guerra y fortificaciones acorazadas, que debiendo satisfacer la condición de gran tenacidad, necesitan mucha dureza en la cara que ha de quedar expuesta á los fuegos de la artillería enemiga.

Igualmente, los proyectiles de hierro fundido, que se destinan á perforar los blindajes metálicos, necesitan gran dureza en su cabeza ú ojiva, mientras que el resto, que no exige esta cualidad, moldeándolo en arena

resulta con la tenacidad suficiente para no romperse en el momento del choque.

MOLDEO DE ESTATUAS.

193. Basado este ramo de la moltería en los principios generales del arte, difiere esencialmente de los procedimientos explicados hasta aquí, en los medios de ejecución y detalles inherentes. La variedad de casos y circunstancias que pueden presentarse, hace imposible adoptar reglas fijas, de las que nos releva por otra parte la poca frecuencia con que se funden grandes estatuas; y bajo este concepto, nos concretaremos á indicar aquellas más generales que sirven de norma á estos trabajos.

El modelo, labrado en yeso ú otra materia por un escultor, consta de una sola pieza, cuya circunstancia y la de tener formas complicadas, dificulta notablemente el moldeo. Para la extracción de aquél, se necesita dividir el molde en un gran número de partes, cuya unión y consistencia exigen gran cuidado.

194. Antiguamente, para practicar este moldeo, se hacia un molde preliminar compuesto de muchas piezas que se retiraban una á una para descubrir y separar el modelo; se reunían nuevamente dichas partes para constituir el molde que se llenaba de cera fundida, y después de solidificada, se desbarataba aquél y aparecía un modelo en cera, igual al primitivo. Rectificados los contornos y recompuestos los defectos de la estatua obtenida, se pasaba á ejecutar en una sola pieza el molde definitivo, recubriendo primeramente con potea fina la superficie de la cera, aumentando el espesor de la concha con capas de barro basto, reforzando después con armaduras de alambre las partes que lo necesitaban, y colocando por último vendajes de hierro para ligar los diferentes cuerpos de la obra. En este estado, se sometía el sólido á una fuerte temperatura, necesaria para la cocción de los barros y licuación de la cera, que salía del interior del molde por agujeros practicados con este objeto; quedando después el hueco con forma apropiada, y en condiciones de recibir el metal fundido para reproducir la estatua.

El procedimiento indicado se complica algún tanto, cuando deba resultar hueco el busto ó estatua: en este caso, es necesario preparar un

macho ó alma que limite la cantidad de cera á una concha de espesor conveniente y muy variable, puesto que debiendo quedar el centro de gravedad del objeto en el punto más bajo posible para la mejor estabilidad, habrá necesidad de fundir en sólido algunas partes y con distintos espesores otras. Así por ejemplo, si se trata de un grupo escultural ecuestre, ú otro en que los apoyos tengan pequeñas dimensiones, es conveniente que las piernas sean macizas y que el resto del grupo sea hueco, teniendo los menores espesores en las partes más elevadas.

La dificultad que ofrece la instalación de las almas y las múltiples operaciones necesarias para llegar al molde final, son entre otros, los inconvenientes que se han presentado en la práctica del expresado sistema. Estos inconvenientes y el perfeccionamiento adquirido en la moldería de arena, han dado lugar al abandono de los moldes de una sola pieza, quedando en el día el uso de la cera limitado al moldeo de estatuas que por ser de pequeñas dimensiones se funden en sólido ó con almas de formas sencillas.

195. La fundición de estatuas en moldes de arena, sin dejar de ser una operación delicada, es menos larga y más económica que la que se acaba de reseñar. El molde se construye directamente sobre el modelo que se separa á favor de una numerosa división de aquél en trozos independientes; cada uno de estos, contiene la estampación de una parte del modelo en una extensión tal, que la retirada de cada pieza no ocasione deterioro en la impresión marcada. El número de partes aumenta con la forma complicada de los objetos, y es necesario un estudio previo de cada modelo, tanto para reducir en lo posible aquel número, cuanto para examinar todos los detalles que puedan facilitar el trabajo.

Sobre el modelo preparado con un contradherente, que de ordinario es el polvo de carbón, se construyen los distintos trozos que han de formar el molde; cada uno de ellos se hace con arena muy plástica que se aprieta contra una pequeña parte del modelo, cortando las arenas sobrantes en dirección normal á la superficie de este, y cubriendo con papel de seda las caras laterales del cuerpo tronco-piramidal así formado. Estas piezas, construídas unas al lado de otras y separadas únicamente por el papel de seda, ocultan por completo la estatua y constituyen en conjunto un cuerpo de superficie continua, tan sencilla como se desee. La

forma general de los trozos es, como se ha indicado, tronco-piramidal, con una estampación en su base menor y una convexidad en la exterior, para formar con las piezas adyacentes la superficie mencionada; pero cuando el trozo ha de reproducir alguna concavidad del modelo, su figura es distinta y ordinariamente no aparece al exterior por ocultarle los más próximos.

Sustituída la superficie irregular de la estatua ó busto por la exterior del revestimiento formado, se construye sobre este cuerpo como modelo, un molde ordinario en arena de estufa; operación que no presenta dificultad.

Concluido este segundo molde y retiradas sus diferentes partes, como en los de su clase se practica, se separan una á una las piezas que cubren el modelo, y se van colocando sobre el hueco de las arenas en el interior de las cajas, en la misma posición relativa que unas tenían con respecto á otras, y todas con relación á aquéllas, antes del desmodelado; operación que se facilita numerando previamente todas las piezas y haciendo las referencias que se conceptúen necesarias. Acopladas en cada caja las piezas correspondientes, se consolidan todas entre sí valiéndose de alambres ú otros medios y se ajustan las uniones con el mayor cuidado, quedando así en disposición de reunir las cajas para completar el molde.

En la colocación de los bebederos y respiraderos, se tiene la precaución de hacer que desemboquen en las partes menos delicadas del molde, como son las correspondientes á la frente, espalda, etc., y con preferencia sobre las que hayan de contener más materia. Los moldes de los bustos se colocan ordinariamente cabeza abajo y la colada se hace á sifón.

196. Cuando la estatua que se quiera reproducir haya de fundirse en hueco, será necesario el empleo de almas; las que se hacen con una mezcla poco apisonada de arena y estiércol sirviendo de matriz el molde que se ha obtenido, y construyéndolas ya de una pieza en el interior del hueco total, ya sobre varias partes del molde en distintos trozos que después se reúnen. En uno y otro caso hay que consolidar el núcleo por medio de armaduras ó arbolillos, que no solamente tienen por objeto dar trabazón á la materia, sino también asegurar su colocación en el interior del molde, del cual sobresalen para facilitar la evacuación de los gases.

Como este núcleo, construido así con iguales dimensiones al modelo,

no serviría como alma, puesto que llena por completo la cavidad del molde, es preciso dejarlo en condiciones apropiadas: con este objeto, se disminuyen en todos sentidos sus dimensiones en cantidades iguales á los espesores que deba sacar el metal. Esta operación se efectúa rebajando con espátulas y cuchillos la arena de la superficie, y dejando al mismo tiempo algunos *testigos* para guiar la marcha del trabajo; testigos que siendo salientes inútiles para el objeto final, deben hacerse desaparecer al concluir el alma.

Resta por último armar la totalidad del molde, colocando en su interior el alma perfectamente centrada y disponiéndolo para recibir el metal con las precauciones generales explicadas.

197. Cuando se desea obtener un grupo ó estatua cuya forma especial hace difícil su fundición en un solo molde, se construyen independientemente varios trozos, que corresponden á las distintas partes en que se divide el modelo. Estos trozos se unen entre sí después de fundidos, y se fijan con pernos ú otros medios que no dejen señales al exterior. Así, en la estatua ecuestre de Felipe IV colocada en la plaza de Oriente de Madrid, están fundidos independientemente el jinete y el caballo, y éste á su vez en cinco trozos, correspondientes á los remos y á la cola, y dos que dividen al cuerpo por la cincha de la silla.

El número de piezas de que constaba el molde de cada uno de los leones del pórtico del Congreso de Diputados se elevó á la cifra de dos mil doscientas setenta; lo cual da idea de la paciencia y del buen método que debe seguirse, para no confundir ni trocar las numerosas piezas que se manejan. Las colas de dichos leones se moldearon y fundieron independientemente y están sujetas al cuerpo por medio de lengüetas y pernos.

198. De todo lo expuesto se infiere, que para asegurar el éxito de la difícil empresa de fundir obras tan importantes y delicadas, se necesita un detenido estudio para determinar el plan de los trabajos, una dirección inteligente y hábiles obreros para ejecutarlos.

ARTÍCULO 2.º



FUNDICIÓN.

199. Diferentes medios empleados en la industria.—

La elevación de temperatura necesaria para fundir metales, se produce en la industria por medio de la combustión de materias sólidas ó gaseosas, verificada en *hornos* que contienen el metal que se quiere liquidar. La disposición general de los hornos, varía según sea la naturaleza y grado de fusibilidad del metal, cantidad con que se ha de operar y la clase de combustible de que se disponga; procurando en todos los casos que satisfagan á las condiciones siguientes: 1.ª obtener el metal fundido en la cantidad y calidad que se desee; 2.ª conseguir el mejor aprovechamiento del poder calorífico del combustible, y 3.ª ocasionar la menor merma posible en el metal.

200. Aun cuando hasta el día solamente se ha hecho uso de los combustibles en estado sólido ó gaseoso, se estudia en la actualidad el medio de utilizar el gran poder calorífico de los hidrocarburos líquidos, y se ha hecho ya aplicación en pequeña escala sirviendo de auxiliar á otros combustibles sólidos, como en breve tendremos ocasión de mencionar.

201. Los diferentes procedimientos que se usan para fundir metales, pueden considerarse divididos en la forma siguiente:

- 1.º Fundición en cubilotes.
- 2.º Idem en hornos de reverbero.
- 3.º Idem en crisoles.
- 4.º Idem en calderas.

En todos los casos se emplea como comburente el aire atmosférico, caliente ó frío, impulsado por una máquina de viento, ó por el tiro de chimeneas.

La situación relativa del metal y combustible dentro de los hornos, es distinta en cada caso: en los cubilotes, ambos elementos se encuentran mezclados; en los hornos de reverbero están separados, pero la llama del combustible lame la superficie del metal; y en los crisoles y

calderas se dispone el metal completamente aislado del combustible y de sus gases. De esto se deduce: que la naturaleza del combustible puede influir en el resultado de la fundición verificada en hornos de cubilote y reverbero; mientras que en los crisoles y calderas, es hasta cierto punto indiferente la calidad del combustible y materias extrañas que este contenga, siempre que su poder calorífico sea el suficiente.

202. Los objetos construídos de fundición de hierro se denominan de primera ó segunda fusión, según se llenen los moldes directamente con los productos de los altos hornos, ó sean resultado de la refundición de lingotes, verificada por alguno de los medios de que nos vamos á ocupar.

Las fundiciones blancas, que por su poca fusibilidad se obtienen difícilmente muy fluidas y no llenan bien los moldes, son poco apropiadas para la refundición, empleándose por el contrario con ventaja en la fabricación del acero y hierro dulce. Por esta razón, las fundiciones grises y mezcladas son la base para la fabricación de objetos colados, que casi siempre resultan de fundición menos carburada que la empleada como primera materia.

Esta descarburación parcial, que en los cubilotes es mucho menor que en los hornos de reverbero, debe tenerse presente para la elección que se hace de las fundiciones en cada caso, ó para determinar el procedimiento que convenga siempre que no sea posible aquella elección.

Cuando una misma cantidad de hierro colado se funde repetidas veces, la proporción de carbono va disminuyendo en cada operación, hasta hacerla impropia para ulteriores refundiciones.

FUNDICIÓN EN CUBILOTES.

203. Forma general.—Los hornos de cubilote, llamados también *Wilkinson*, que tienen gran aplicación para la refundición de hierro y á veces para la de bronce, son semejantes en la forma á los altos hornos. Análogamente á lo que en estos sucede, reciben los cubilotes por la parte superior ó *tragante*, cargas alternadas de cok ó carbón vegetal y fundición, interponiendo también *castina*, para la formación de las escorias que con el metal líquido se recogen en la parte más baja denominada *crisol*. Por un agujero de colada practicado al nivel del fondo del crisol,

se verifican las evacuaciones periódicas para llenar los moldes, y se purga de escorias el horno.

204. Con el fin de dar salida fuera del taller á los gases desprendidos en la combustión, se adosa en prolongación de la cuba, una chimenea que arranca generalmente del tragante y atraviesa la cubrición de aquél. La chimenea se construye de chapa de hierro ó de ladrillos, y su diámetro interior suele ser igual al de la *cuba*.

205. Para verter las primeras materias en el cubilote, existe la *puerta de carga*, que es una abertura practicada en la chimenea al nivel del tragante, y puede cerrarse con una placa de fundición revestida interiormente de arcilla. Los cubilotes sin chimenea ó los que la tienen algo separada del tragante, carecen de puerta de carga, y tanto éstos como los anteriores, deben estar provistos de una plataforma más ó menos espaciosa, colocada á la altura del tragante para depositar en ella las materias con que se cargan.

206. Para las reparaciones de las partes inferiores y para la limpieza y preparación del fondo del crisol, hay al nivel de este, una abertura denominada *puerta de trabajo*, que se cierra con materiales refractarios, dejando en su parte más baja el mencionado agujero de colada, que á su vez se cierra con un tapón de arcilla.

207. La combustión se activa inyectando aire, á menor presión que en los altos hornos, con una máquina soplante, que generalmente es un ventilador.

208. Trazado interior.—La capacidad de los cubilotes depende de la importancia del taller á que se destinan, y para su trazado interior se han empleado perfiles muy variados, que dan resultados aceptables por la gran fusibilidad de la fundición. Un estudio detenido de los cubilotes y experiencias practicadas en ellos, han señalado sin embargo como forma más adecuada, la representada en la fig. ^a 54; que consta de la cuba A cilíndrica ó ligeramente tronco-cónica con la base mayor arriba para contener las cargas; de otra parte C cilíndrica de menor diámetro, ó *cámara de fusión*, destinada á recibir el aire de las toberas, y de un recipiente ó *crisol* D, dispuesto para que en él se deposite el metal fundido. La cuba se une á la cámara de fusión, por medio del tronco de cono B llamado *etalajes*. Para que la cantidad de fundición que se pueda

recoger en el crisol sea grande, se aumenta su diámetro en lo que se conceptúe necesario y conveniente.

209. Desde luego se concibe, que la parte más importante y que requiere más estudio para el trazado del perfil interior del cubilote, es la que se ha llamado cámara de fusión, por ser el espacio en que tiene lugar el cambio del estado del metal. Si suponemos el horno en actividad y dotado de una sola tobera, que inyecte el aire á cierta presión, se puede observar: que al chocar con la masa de carbón incandescente, se excita la combustión alrededor de la corriente gaseosa y en un espacio alargado en sentido de su dirección. Este espacio puede considerarse dividido en tres zonas: la interior ó más próxima á la tobera que tiene el aire en exceso, es la zona *oxidante* y da lugar á la formación de anhídrido carbónico; y la zona envolvente, que por encontrarse más alejada de la tobera tiene menos cantidad de aire y abundancia de combustible, es *carburante* y contiene en exceso el óxido de carbono. En la zona intermedia ó *equilibrada*, la proporción de oxígeno y carbono se encuentra en buenas condiciones para producir la alta temperatura que se necesita, y no debe temerse el afino ni la carburación de la fundición.

Sabido es, que el carbón al trasformarse en anhídrido carbónico, desarrolla un número de calorías mayor que el triple de las que produce al formar óxido de carbono, y en este concepto, se ve que, para la fusión del metal, la primera y segunda zona son mucho más eficaces que la tercera; sin embargo, la temperatura utilizable en la primera, se encuentra disminuída notablemente en la cantidad de calórico absorbido por el aire frío que llega de la tobera.

La zona intermedia es, pues, la más adecuada al objeto; circunstancia que debe tenerse presente para el trazado de la cámara de fusión,

210. La extensión de las zonas de que se trata, aumenta con la presión y temperatura del aire inyectado y con la cantidad y poder calorífico del combustible.

211. De todo lo expuesto puede deducirse: que si el horno se ha de regir por una sola tobera, convendrá que el diámetro del cubilote en la cámara de fusión sea igual á la extensión horizontal de la segunda zona, para evitar la formación de la tercera, en el sentido indicado; y si el aire se inyecta por dos toberas diametralmente opuestas, la anchura podrá

alcanzar algo más del doble de dicha dimensión; de este modo, la fusión se opera en las mejores condiciones.

212. Repartición del aire.—Para la debida regularidad en la marcha de la operación, es muy conveniente que el calor desarrollado en la región de las toberas, esté uniformemente repartido en toda su extensión: esto se consigue fácilmente aumentando su número para que con la misma cantidad de aire haya más focos de actividad á la misma altura. No es prudente sin embargo, exagerar esta idea, porque la multiplicidad de conductos debilitaría por rozamiento la tensión del aire y se obstruirían más fácilmente las toberas.

213. Obedeciendo al principio que acabamos de citar, se han construido desde hace algún tiempo en América y en Europa, cubilotes sin toberas, en los que el aire penetra por una ranura horizontal que rodea al horno. Por este medio se obtiene el máximo de división del aire, pero bajo el punto de vista de la utilización del combustible, puede temerse que no sea tan provechosa la inyección del aire en forma de hoja.

El cubilote *Mackenzie*, de trazado muy sencillo, usado en algunos talleres de refundición en la América del Norte, es una aplicación exacta de este sistema. El de *Krigar*, instalado en algunos establecimientos de Alemania, carece también de toberas, y la introducción del aire tiene lugar por dos ranuras opuestas que no llegan á circunvalar la cámara de fusión. Este horno difiere de muchos de esta clase, en que además del crisol, que es de reducidas dimensiones, tiene un antecrisol destinado á recoger suficiente cantidad de metal y purgarlo de escorias.

214. En muchos casos, el diámetro de la región de las toberas, determinado así, sirve para el trazado de la cuba, dando lugar á los cubilotes cilíndricos ó ligeramente tronco-cónicos. Sin embargo, es de importancia aumentar el diámetro de la cuba para que sin necesidad de darle mayor altura, esté en condiciones de recibir cargas mayores, consiguiéndose el descenso regular de estas á favor de la forma tronco-cónica de los *etalajes*.

215. Ordenes de toberas.—Aun cuando por las dimensiones dadas al cubilote, se anule horizontalmente la tercera zona, no por eso deja de subsistir en los demás sentidos envolviendo á la segunda, y el óxido de carbono que en ella se desarrolla atraviesa las capas de metal y

combustible y llega al tragante, en donde se quema al contacto del aire exterior. Se ha tratado de aprovechar el calor perdido en esta combustión, trasformando cuanto se pueda en anhídrido carbónico, el óxido formado en el interior del horno. Se ha conseguido esta trasformación valiéndose de un segundo orden de toberas, por el que se inyecta aire en la parte superior de la tercera zona de las inferiores, para que su oxígeno regenere el óxido de carbono. La temperatura desarrollada determina nuevas zonas de fusión, el trabajo del cubilote se activa, y se disminuye, por consiguiente, la cantidad de calor perdido.

216. En muchas ocasiones resulta en la segunda combustión alguna cantidad de óxido de carbono, cuyo aprovechamiento puede conseguirse, mediante la adición de nueva cantidad de oxígeno, suministrado por un tercer orden de toberas convenientemente establecido.

217. Los cubilotes construidos bajo estas bases, proporcionan desde luego gran economía en el combustible, y verificándose la fusión del metal en menos tiempo, hay ahorro de fuerza motriz en la máquina de viento. La ausencia del óxido de carbono en la parte superior de la cuba, ha motivado la denominación de *cubilotes sin llama en el tragante* que se ha dado á los que reúnen tales condiciones.

218. Aire inyectado.—Para que el trabajo de los cubilotes esté en las mejores condiciones, es preciso que la combustión del carbón sea completa; y para obtener dicho resultado, debe calcularse el volumen de aire que ha de llegar al interior del horno en un tiempo dado. Puede admitirse que diez metros cúbicos de aire son necesarios para la completa combustión de un kilogramo de carbón, y bajo tal base, el cálculo del volumen de aire que debe inyectarse en la unidad de tiempo, será sencillo, desde el momento que se conozca el peso del combustible cargado en el mismo tiempo.

La presión del aire varía con la calidad del combustible, dimensiones de sus trozos, altura del horno, etc.; pero generalmente es poco elevada y rara vez pasa de 0,025 m. á 0,035 m. de la columna de mercurio.

219. El aumento en la presión y cantidad del aire inyectado no es ventajoso: según Karsten, cuando el aire entra en el horno con demasiada velocidad, consume mucho combustible del que no ha llegado á la cámara de fusión; las cargas descienden con irregularidad produciendo obs-

trucciones; se afina la fundición, y puede llegar al crisol antes de fundirse completamente. El mismo defectuoso producto se obtiene cuando el aire llega á débil presión y la cuba es ancha; pues se desarrolla poco calor; es la marcha laboriosa, y la fundición, que está mucho tiempo expuesta á la acción del viento, se blanquea, y quedando poco fluida es impropia para la fabricación de objetos colados.

220. Por analogía á los altos-hornos, se ha tratado de hacer aplicación del aire caliente para activar la combustión en los cubilotes; pero las experiencias comparativas practicadas por algunos industriales, entre los que no podemos menos de citar al ingeniero Mr. Guetier, que empleó el aire á las temperaturas de 250° á 320° C., han puesto de manifiesto los inconvenientes que este sistema presenta. Cualquiera que sea la calidad del hierro que se refunda, resulta más tenaz si la operación se ha verificado con aire frío; por otra parte, la lentitud de la marcha y la mayor merma, cuando se hace uso del aire caliente, y los gastos consiguientes á la elevación de su temperatura, hacen poco económico este procedimiento.

221. Máquina soplante.—Para la producción de la corriente de aire que alimenta los cubilotes, se puede emplear una máquina soplante de cualquiera clase; pero la más generalmente usada es el ventilador. El representado en la fig. ^a 52, que describimos como ejemplo, consta de un árbol horizontal montado sobre los cojinetes *a, b, c*, que por el intermedio de la polea *d* y una correa sin fin, recibe de un motor, un rapidísimo movimiento de rotación: al expresado eje, están fijas de cuatro á seis aspas ó paletas *m, m* contenidas excéntricamente en el interior de una caja cilíndrica de palastro. Dos grandes aberturas circulares *h* practicadas en los centros de los costados de la caja, permiten la entrada del aire, que es impulsado por las paletas en la dirección del movimiento *n* hacia la salida *s* unida al tubo de conducción.

La superficie de las aberturas *h* de admisión debe ser próximamente igual á la sección *s* de salida, y la velocidad de rotación del eje, que varía generalmente entre 1200 á 1500 vueltas por minuto, no debe pasar de 1800, porque se necesitaría un notable aumento de fuerza motora sin que por ello aumentase sensiblemente el efecto útil. Es conveniente que el tubo de conducción de aire del ventilador al horno, esté redondeado en los

cambios de dirección, para disminuir la pérdida de velocidad que en caso contrario se originaría en el fluido.

222. La entrada del aire en los cubilotes puede tener lugar por aspiración; en este caso, las toberas deben tener la forma de embudo ó trompetilla con la base mayor al exterior para la toma de aire. De la proximidad del tragante, arranca una chimenea de mucha altura, que produce en la cuba al través de las cargas, el tiro suficiente para la absorción de la cantidad necesaria de aire.

La altura de la chimenea podrá ser menor, si se excita el tiro por medio de un chorro de vapor lanzado verticalmente en su interior, como se hace en las locomotoras. En la fundición de Bessemer ha funcionado un cubilote alimentado según este procedimiento; pero la irregularidad en el tiro y el gran consumo de vapor, así como también el ruido molesto que se produce, son causas suficientes para suponer que su empleo no se generalizará. Se ha calculado, que con el vapor gastado para excitar el tiro, pueden moverse hasta ocho ó diez ventiladores capaces de producir el mismo efecto cada uno.

223. Combustible.—El combustible con que se alimentan los cubilotes es el carbón vegetal ó el cok: el primero presenta los inconvenientes de ser cada día más caro; por las continuas talas de los bosques, por tener poca potencia calorífica y por exigir hornos de gran altura para que la multiplicidad de cargas dé lugar á la preparación y fusión del metal. El cok, que se emplea casi exclusivamente en la refundición, ha de reunir ciertas condiciones: debe estar bien carbonizado; presentar fractura de color gris con brillo sedoso; no debe ser muy compacto ni piritoso, porque produciría una fundición blanca, daría mucha escoria y dificultaría la marcha del trabajo; ni tampoco debe ser demasiado poroso, porque se desmenuzaría por el peso de las cargas y el polvo impediría la circulación del aire, retardando la fusión y atascando el cubilote. Por último, no debe contener más del 10 por 100 de cenizas, ni más del 5 por 100 de materias volátiles.

224. Como el cok que resulta de una carbonización rápida, es demasiado poroso y de mediana calidad, los procedentes de las fábricas de gas del alumbrado, son poco apropiados para la metalurgia.

Por buena que sea la calidad del cok, siempre contiene materias

extrañas que son nocivas á la fundición; así es, que cuando se desea obtener fundiciones muy puras, deberá usarse el carbón vegetal.

Cualquiera que sea la clase de combustible empleado, debe estar en lo posible exento de humedad, porque de lo contrario habría un descenso de temperatura en el acto de la combustión.

225. Para que el carbón entre en la cuba en buenas condiciones, es ventajoso fraccionarlo en trozos uniformes y de volumen proporcionado al diámetro de aquella, separando los de pequeñas dimensiones y el polvo, para que no impidan la libre circulación de los gases y sea regular el descenso de las cargas; haciéndose después las pesadas que constituyen cada una de las porciones con que periódicamente se carga el horno.

226. Hace algunos años se ha empleado con éxito, en combinación con los combustibles citados, el aceite, el petróleo y otros hidrocarburos líquidos, lanzados por las toberas al interior de los cubilotes, consiguiéndose por este medio, un aumento considerable de temperatura suficiente para fundir gruesos trozos metálicos.

227. Fundición de hierro.—Cargas —Dentro de las condiciones señaladas (202) á las fundiciones que han de refundirse, los cubilotes admiten todas sin dificultad, aun las menos carburadas, merced á la circunstancia de estar en contacto el metal y el combustible y á la de poder dirigir la marcha de la operación disminuyendo la acción oxidante.

228. Las piezas y lingotes que deben ser refundidos, se preparan rompiéndolos en fragmentos de 8 á 15 kg. de peso, y de longitud igual ó menor que la mitad del radio de la cuba. Esta división, que es necesaria para el mejor aprovechamiento del calor y regularidad en el descenso, é influye notablemente en el resultado, se practica por medio de gruesos martillos, martinets ú otras máquinas destinadas al objeto. Dichas máquinas funcionan elevando un blok de gran peso á cierta altura, desde la que cae sobre los lingotes convenientemente colocados debajo. Los medios manuales ó mecánicos con que puede practicarse la operación son tan sencillos, que nos creemos relevados de describirlos.

229. Troceadas las piezas y privadas de las arenas que generalmente suelen tener cuando salen de los moldes ó lingoteras, se hacen las pesadas para formar las cargas, distribuyendo la granalla ó fragmentos pe-

queños por igual en todas ellas; y se colocan separadas para alimentar periódicamente el horno. El peso de las cargas varía con las dimensiones del cubilote y en especial con el diámetro de la cuba, quedando en todos los casos en armonía con las de combustible.

230. Sucede comunmente, que los materiales dispuestos para la refundición son de diferentes clases y de distintas procedencias, pues las piezas inútiles y los residuos de fabricación se mezclan por economía con los lingotes: la proporción en que entran dichas clases, es lo que se denomina *mezcla de fusión*, que debe tenerse en cuenta para la formación de cada carga si se desea homogeneidad en el producto.

El tanto por ciento de lingotes obtenidos al carbón vegetal ó al cok debe aumentarse con la importancia de los objetos que se fabriquen, reservando los bebederos, mazarotas, etc, y las piezas de procedencia desconocida para la fundición de objetos de menor entidad.

231. Fundente.—El sesquióxido de hierro formado en pequeñas cantidades durante la marcha del cubilote, se combina con las materias silíceas contenidas en las cenizas del cok y en los materiales que se desprenden de las paredes de la cuba, dando lugar á la formación de un silicato doble de aluminio y hierro, que constituye la escoria. Esta materia ocasiona merma en el producto y absorbe para fundirse una gran cantidad de calórico: es preciso pues, contrarrestar, en lo posible, estos dos efectos perjudiciales, con la adición de un fundente que generalmente suele ser calcáreo, y que constituyendo una escoria más fusible que la formada con el sesquióxido, no absorba tanto calor ni produzca gran merma.

232. En algunas fundiciones creen innecesaria la intervención del citado fundente, llamado *castina*, porque suponen que el mismo hierro bajo la forma de sesquióxido hace igual efecto; pero en este caso las escorias resultan pastosas, pueden entorpecer la marcha del horno, necesitan, como se ha indicado, mayor número de calorías para liquidarse, y ocasionan merma de más consideración.

233. En ciertas localidades de Inglaterra suele emplearse como fundente el spato-fluor, que da lugar á la formación de fluo-silicatos muy fluidos.

234. Un análisis químico de las cenizas del cok proporcionaría un

dato seguro para fijar la cantidad de castina necesaria para su reducción; pero como en todas las campañas del horno, se verifican desprendimientos anormales en el revestimiento, que aumentan la cantidad de sílice, no es posible calcular exactamente la proporción necesaria de dicha materia cooperativa.

La cantidad de carbonato de cal empleada generalmente como fundente, suele ser por lo menos igual á la de cenizas, y aun á veces el doble. Debe prepararse esta piedra, triturándola para formar pedazos del grueso de una nuez á lo más, porque con la división se favorecen las reacciones químicas. El fundente se interpone entre las cargas de carbón y fundición, esparciéndolo con igualdad.

235. Materiales de construcción.—El fondo y paredes del cubilote se construye con materiales refractarios, y la obra se refuerza exteriormente con una envuelta de chapa de hierro ó con placas de fundición y aros de hierro forjado, afectando el conjunto la forma cilíndrica ó la prismática.

El fondo, que está ligeramente inclinado hacia la canal de colada, se prepara siempre con arena fuertemente apisonada, colocada sobre una placa de fundición sólidamente asentada en un macizo de mampostería de pequeña altura.

Para la construcción del crisol, de la cámara de fusión y de la cuba, pueden emplearse la arena, los ladrillos refractarios ú otros materiales del mismo genero, trabados con barro resistente al fuego.

236. El empleo de la arena da á la obra mucha homogeneidad, y si la calidad del material es buena y la construcción se ha hecho con esmero, tiene más duración que las construidas con ladrillos, porque las numerosas juntas de estos son siempre causa de deterioro.

En todos los casos es necesario hacer frecuentes reparaciones en el crisol y en la región de las toberas, donde la temperatura es muy elevada; y para que estas sean de poca entidad, conviene emplear los mejores materiales en su construcción, reservando los de calidad inferior para la cuba.

237. Los ladrillos de la forma ordinaria, poco apropiados para las construcciones circulares, son en este caso reemplazados con ventaja por otros que tienen dos caras ligeramente curvas y planas las cuatro res-

tantes, siendo paralelas dos de éstas y convergiendo las otras dos hacia el centro de curvatura de las primeras.

Algunos cubilotes se han construido con materiales de esta misma forma, que llenaban de $\frac{1}{4}$ á $\frac{1}{6}$ de la sección circular del horno y que tenían bastante altura; de esta manera se ha conseguido disminuir notablemente el número de uniones y dar por lo tanto mayor duración á la obra.

238. El mortero refractario ó barro destinado á estas construcciones debe ser bastante diluido, y se prepara cuidadosamente con la misma arcilla de que están formados los otros materiales.

239. La armadura ó envuelta metálica destinada á consolidar la mampostería del horno, se hace generalmente de chapas de hierro unidas por medio de redoblones. Tienen ventajosa aplicación para este objeto, las calderas desechadas de las máquinas de vapor, que pueden adquirirse á bajo precio.

La envuelta puede hacerse también de fundición, ya en un solo trozo para hornos de pequeñas dimensiones, ya en partes planas ó cilíndricas, unidas unas á otras con bridas, aros ú otros medios.

Por último, puede adoptarse un método mixto, que consiste en reforzar con palastro la cuba y con piezas de fundición el resto.

Cualquiera que sea el medio empleado para constituir la armadura, ésta debe estar perforada en varios puntos, para la admisión del aire y para dar paso á la canal de colada.

El plano del tragante se guarnece con una placa anular de fundición, que cubre el espesor de la mampostería para defenderla en el acto de verter las cargas.

240. Con el fin de aumentar la solidez de la construcción, ligar la envuelta á la mampostería y poder hacer en ella recomposiciones parciales sin desbaratar lo demás, se suelen adosar al interior de las armaduras, unas escuadras de hierro que quedan empotradas entre los materiales refractarios y soportan parte de su peso.

241. Es también conveniente colocar entre la envuelta y los ladrillos una materia, que como las cenizas, arenas calcinadas, escorias, etc., sea poco conductora del calórico, para formar con ella una capa aisladora que disminuya las pérdidas de calor.

242. La construcción de un cubilote con arena tiene mucha analogía al moldeo con este material: se principia por preparar el fondo del crisol y sobre él se asienta un modelo de madera susceptible de descomposición; se fija la envuelta metálica á los rebordes de la placa de fundación, y se rellena por último con arena fuertemente apisonada, el espacio anular comprendido entre aquellas dos partes. Practicada esta operación, se retira el modelo, se aprietan las arenas en toda la superficie interior y se rectifican los contornos.

Los agujeros necesarios para la colocación de las toberas se dejan abiertos en el espesor, mediante la presencia de pequeños modelos tronco-cónicos, ó bien se practican taladrando mecánicamente las paredes de arena por las aberturas que debe tener la envuelta.

243. No es preciso servirse de modelo, cuando la construcción de los cubilotes se hace con ladrillos ó piedras artificiales; estos deben colocarse en lechos, de tal manera que no se correspondan las juntas verticales y que no exceda de 0,005 m. el espesor de la capa de mortero interpuesta.

Para la entrada de las toberas, se practican agujeros tronco-cónicos en unos trozos prismáticos ó piramidales de arcilla que se interponen entre los otros materiales.

244. Secado.—Antes de poner en actividad los cubilotes que han sufrido alguna reparación ó los que son de nueva construcción, es necesario someterlos á una calefacción preliminar, con objeto de expulsar la humedad que contienen.

Este secado es de poca importancia en los hornos recompuestos y exige algunas precauciones en los nuevos: la operación es análoga á la que con el mismo fin se verifica en los altos hornos, y se reduce á someter el interior de los cubilotes durante algunas horas á un calor moderado que se aumenta lenta y progresivamente.

La duración y la temperatura del secado dependen del espesor de las paredes y de la calidad de los materiales; los cubilotes construídos de arena exigen un secado más completo que los demás, y en todos ellos se lleva á cabo esta operación quemando astillas ó ramaje en el fondo del crisol; vertiendo después por el tragante carbón vegetal, y concluyendo con la adición del cok necesario. La cumbustión se activa por las toberas,

dejando abierto el agujero de colada para que la canal se seque, y para reconcentrar el calor en el interior del horno, se cubre parcialmente el tragante con una placa de fundición ó palastro.

245. Caldeo.—El caldeo de los cubilotes es una operación á la que se someten todos ellos al entrar en actividad, con objeto de ponerlos en buenas condiciones para que se verifique fácilmente la fusión de las primeras cargas metálicas, y no se enfríen al caer en gotas sobre el fondo del crisol.

246. Antiguamente se quemaba dentro del horno todo el combustible que podía contener, agregándose muchas veces nuevas cantidades, á medida que se consumía, hasta que se consideraba que el crisol, la cámara y la cuba, habían adquirido una temperatura muy elevada. Llegado este momento y lleno el horno de combustible, se echaba la primera carga de metal, vertiéndose periódicamente sobre ella las necesarias para la alimentación y marcha de la fusión.

247. El gasto de combustible, que se ocasiona al empezar cada campaña, generalmente todos los días, es muy considerable y se ha tratado de disminuir. Para conseguirlo, basta colocar una cantidad conveniente de carbón vegetal sobre las astillas y ramaje dispuestos en el fondo del crisol, verter encima cok hasta un metro más arriba de las toberas y llenar el resto con cargas alternadas de metal y combustible. Lanzando después una corriente de aire sobre el carbón ya encendido, valiéndose de una tobera que desemboca á nivel del fondo del crisol, se calienta éste suficientemente para que no se enfríen las primeras gotas de fundición que reciba; conseguido lo cual, se cierra con un tapón de arcilla el citado conducto, se dirige el aire por las toberas ordinarias y la fusión se normaliza desde luego.

248. Cuando el cubilote que se desea poner en marcha está provisto de dos ó más órdenes de toberas, se lanza el aire desde el primer momento por las inferiores para conseguir el caldeo del crisol y el principio de la fusión. La caída de las primeras gotas metálicas indicará el término del período preliminar, que hemos llamado caldeo; en cuyo momento se dirige el viento por todas las toberas y el cubilote entra en actividad.

249. El calor que todas las partes del horno conservan al fin de

cada campaña puede utilizarse para la siguiente, cargándolo inmediatamente después de extraer las escorias y tapando todas las aberturas para evitar pérdidas de calor; con lo cual se obtiene una economía de combustible.

Tal aprovechamiento no puede tener lugar, si como sucede de ordinario se necesita recomponer el cubilote.

250. Cubilote en actividad.—Para que esta clase de hornos entren en trabajo de una manera lenta y regular, es conveniente tener cuidado de que las primeras cargas sean algo más pequeñas que las ordinarias, y á ser posible, que estén formadas de fundiciones fáciles de licuarse, aumentándose y modificándose paulatinamente aquellas hasta conseguir que su proporción, composición y mezcla, sean las normales.

La presión del aire inyectado debe aumentarse también gradualmente hasta alcanzar la que de antemano se habrá calculado como más conveniente.

De esta manera se llega, sin bruscas transiciones, á plena actividad; lo que es de mucha importancia en los hornos de grandes dimensiones.

251. Una buena marcha en la operación se manifiesta por la uniformidad en el descenso de las cargas, por la continua y regular licuación del metal y por la bondad del producto.

La cámara de fusión puede observarse por los intersticios que dejan las toberas, ó bien por unos cristales, que algunos cubilotes tienen al efecto en dirección del eje de los conductos de aire. Puede inspeccionarse también por las toberas el metal fundido reunido en el crisol, y sin necesidad de esto, se juzga de su cantidad por el tiempo transcurrido desde que ha empezado la fusión ó desde la última colada.

252. Las obstrucciones en la cuba, la caída prematura de trozos de fundición y la dificultad en la salida de los gases al través de las cargas, constituyen accidentes que no es posible corregir con facilidad. En estos casos debe suspenderse la admisión del aire, y si el trazado del cubilote y la entidad del contratiempo lo permiten, se hurgará por el tragante ó por las toberas con una barra de hierro, ó se extraerán algunas cargas, hasta hacer desaparecer la causa que se oponía á la marcha regular del horno.

La dificultad de estas manipulaciones, las hace ineficaces en algunos

casos, y para no llegar á tal extremo, es muy conveniente preparar las cargas con esmero, teniendo presente lo que se ha dicho sobre ellas, y verterlas periódicamente según indique el descenso de las que se hallen en la cuba.

Cuando algunas escorias se hayan solidificado al contacto del aire de una tobera y ocasionen su obstrucción, deberá suspenderse la entrada de aquel, para que cese la causa de enfriamiento, y bastará que trascurren algunos minutos para que el calor de la cámara de fusión las liquide nuevamente.

253. Descripción de algunos cubilotes.—Un horno de esta clase, de sencillo trazado y muy usado hasta el día en algunas fundiciones, es el representado en la fig.^a 53. Está construido con ladrillos refractarios reforzados por ocho placas de fundición A, A, A,... y tres aros de hierro B, B, B; su interior es cilíndrico con el fondo de arena apisonada, inclinado hacia la puerta de trabajo D y canal de colada C. El zócalo E construido de ladrillos ordinarios y la placa F agujereada en su centro, sirven de fundación al horno. El aire se inyecta por las toberas T, T, colocadas en los agujeros H, H; y con objeto de poder aumentar la capacidad del crisol, hay practicadas otras aberturas L, N, tapadas con barro refractario hasta que sea necesario elevar las toberas, en cuyo caso se destapan, cerrando las inferiores al propio tiempo.

254. Pueden obtenerse hasta 5000 kg. de fundición, por día aboral, en este cubilote trazado para el empleo del cok con las dimensiones siguientes: altura total 2 m., diámetro interior 0,70 m. y altura de las toberas inferiores sobre el fondo del crisol 0,45 m. En marcha ordinaria, se vierten por el tragante cada diez minutos, una carga de 138 kg. de fundición, otra de 24 kg. de cok y 2 kg. de castina. El gasto de combustible viene á ser el 20 por 100, incluido el caldeo, y la merma de metal es por término medio de 5 á 6 por 100.

255. Cubilote de la Escuela de Angers.—Como valioso elemento para la enseñanza práctica, existe en la expresada Escuela de Artes y Oficios, el cubilote representado en la fig.^a 54, que tiene dos órdenes de toberas distantes 0,65 m. con el fin de que el óxido de carbono formado al inyectar el aire por el orden inferior, sea regenerado al llegar á la altura de las toberas superiores, produciéndose una doble combustión,

como se ha explicado (245). El aire llega por el tubo *a* con la presión de 0,22 m. de agua á la caja anular *b b*, de la cual parten las ocho toberas *c, c, c,...* y se examina la marcha de la fusión por las pequeñas ventanas *d, d*, provistas de cristales coloreados, situadas enfrente de cada una de ellas.

Este cubilote consume 450 kg. de cok para el caldeo; puede liquidar 4000 kg. de fundición por hora; sus cargas ordinarias son de 500 kg. de metal por 25 kg. de combustible; y el gasto de éste, en todos conceptos, es por término medio el 9 por 100.

256. Cubilotes de Ireland.—El que se da á conocer en la fig.^a 55, está construído como el anterior con dos órdenes de toberas para el mejor aprovechamiento del poder calorífico del combustible. La caja de viento *c c*, formada por el vacío existente entre la pared de la cámara de fusión y la armadura que envuelve todo el cubilote, puede dividirse en dos compartimientos por medio de las placas *a, a*, que resbalan horizontalmente á corredera; y merced á tal disposición, se consigue que el aire conducido por el tubo *b*, penetre en el horno por las toberas más bajas, ó por todas simultáneamente cuando se retiran las placas *a, a*, de división.

257. Cubilote de Voisin perfeccionado.—Los cubilotes *Voisin*, que presentaban el inconveniente de no poder lanzar el aire independientemente por uno ú otro orden de toberas, han sido modificados con la disposición representada en la fig.^a 56, con la que se obtiene, la independencia entre las toberas, en mayor grado que por el sistema anterior. La caja anular *c c*, recibe el viento del ventilador por el tubo *b*, rodea el orden inferior de toberas y comunica con las superiores por los tubos recodados *d*, provistos de llaves *a* que se cierran al principiar el trabajo y se abren después para dar paso al aire que regenera el óxido de carbono.

La maniobra de abrir y cerrar las cuatro llaves, es menos expedita que el juego de las placas en el cubilote anterior; pero el sistema descrito presenta la ventaja de poder cerrar aisladamente cada tobera, cuando una obstrucción ú otro motivo análogo obligue á ello.

258. Este cubilote está dotado de un aparato especial para el empleo de los hidrocarburos líquidos, cuando sea necesario producir mayor tem-

peratura para la fusión de grandes piezas. Consta de dos recipientes *d, d*, (fig.^a 57) colocados sobre la caja de viento *c, c*, que comunican con las toberas inferiores por medio de los tubos *a, a*, y por los *b*, con la parte superior de la cuba.

Cuando se quiera hacer uso de los hidrocarburos, se llenan los recipientes por los tubos de admisión *h*; se abren las llaves *e, e*, y el combustible líquido descende en virtud de su propio peso, por los tubos *a, a*, hasta la corriente de aire que lo arrastra al interior del horno y contribuye poderosamente al aumento de su temperatura.

259. Cubilotes portátiles.—Estos hornos no están asentados de una manera permanente sobre el suelo del taller, sino que se disponen sobre un montaje ó aparato para trasportarlos de un punto á otro, y permiten efectuar las coladas directamente sobre los moldes. Fácilmente se concibe su conveniencia en muchos casos, y aunque suelen ser de pequeñas dimensiones, se emplean como auxiliares en muchas fundiciones.

260. En algunos cubilotes de este género, la movilidad se limita al crisol que se separa de la cuba, y á favor de las ruedas en que va montado puede trasportarse por el suelo del taller ó por rails colocados en él.

261. Aplicaciones.—En el estudio que se acaba de hacer de los cubilotes, nos hemos referido únicamente á la fundición de hierro, que es el metal á que se destina esta clase de hornos. Sin embargo, pueden servir también los cubilotes para la fusión del cobre, de los bronce y de los latones, procediéndose en estos casos, de una manera análoga á la explicada, con las variaciones consiguientes á la menor cantidad de calórico que es necesario producir para liquidar dichos metales.

262. No es el cubilote el horno más apropiado á la fundición de bronce; porque el diferente grado de fusión y la distinta densidad de los metales aleados, son causas de separación y originan productos poco homogéneos; cuyo inconveniente no se puede salvar por la dificultad de remover el baño dentro del crisol.

263. Para obtener bronce y latones homogéneos y de composición bien determinada, se procede á fundir el cobre en cubilote, y se vierte una vez líquido sobre un cazo ó recipiente que contiene estaño ó zinc previamente fundidos; ó bien se cuelan estos últimos metales sobre el

cobre líquido en la dosis conveniente. En todos los casos, se revuelve el baño con un hierro ó varal de leña verde, para intimar la mezcla, y se cubre al propio tiempo la superficie líquida con carbón encendido, que evita la oxidación y retarda el enfriamiento.

264. El acero, que necesita una temperatura muy alta para cambiar de estado, no puede ser fundido en cubilotes, porque no desarrollan en marcha normal el grado de calor necesario; y aun cuando se obtuviera con aumento de combustible perdería su naturaleza convirtiéndose en fundición.

En muy raros casos, aparece en el crisol de los cubilotes acero fundido, que procede de fundición descarbonada, al liquidarse en la precisa proporción para constituir aquél. Este resultado es puramente eventual y no debe subordinarse á él la marcha de los cubilotes.

265. Los cubilotes no se emplean para la fundición del plomo, zinc, estaño, antimonio, bismuto y aleaciones de estos con pequeña cantidad de cobre, por ser excesiva la temperatura que producen y porque existen medios más sencillos y económicos que están al alcance de todos los fundidores.

FUNDICIÓN EN HORNOS DE REVERBERO.

266. Condiciones generales.—Los hornos de reverbero empleados en la fundición de metales, son muy semejantes á los de esta misma clase destinados al pudlado ó afino del hierro. Hay que considerar en ellos tres partes principales: el *hogar* A (fig.ª 58), el *laboratorio* B y la *chimenea* C. Sobre la *solera* del laboratorio, se dispone el metal que debe fundirse; en el hogar se quema el combustible, y su llama recorre la extensión de aquél, atraída por el tiro de la chimenea colocada al lado opuesto.

El calor que funde el metal es producido por la llama que lo lame y por la radiación del hogar concentrada al reflejarse en las paredes interiores del horno.

267. Además de la solidez y resistencia al fuego, los hornos de reverbero deben satisfacer á las condiciones de: producir con el menor gasto de combustible; la temperatura que se desee; que esta sea uniforme

en toda la extensión del laboratorio; y que los gases desarrollados en la combustión no ejerzan influencia nociva en el metal.

El número de calorías que es necesario obtener en el laboratorio, depende de la clase y cantidad del metal que se trate de fundir; y para cumplir con las condiciones antedichas, debe tenerse en cuenta: 1.º la calidad y circunstancias del combustible; 2.º la magnitud y forma del laboratorio; 3.º la superficie de la parrilla y amplitud del cenicero; 4.º la sección y altura de la chimenea, y 5.º el estado higrométrico y térmico del aire que activa la combustión.

268. Combustible.—Los combustibles empleados en los hornos de reverbero, deben ser de llama tanto más larga, cuanto mayor sea la longitud del laboratorio. Ordinariamente se usa la hulla grasa, que cumple con dicha condición, en hornos de regulares dimensiones y desarrolla una temperatura suficiente para liquidar la fundición de hierro.

La hulla seca proporciona poca llama y la muy bituminosa se funde, obstruye la parrilla y dificulta el acceso al aire que necesita la combustión.

269. La turba y especialmente la leña, que no desarrollan tanto calor como la hulla y se queman con llama, pueden emplearse en la fusión de metales fáciles de liquidar.

270. Los combustibles líquidos no han tenido aplicación industrial hasta el día en los hornos de reverbero; pero se han construido algunos de esta clase para ser alimentados por gases combustibles.

271. Por razones de economía, en algunas fundiciones de hierro se quema la turba natural ó carbonizada de buena calidad, y en muchas se hace uso de mezclas con los combustibles sólidos citados.

272. En todos los casos, es preciso que los combustibles que se queman, se hallen exentos de piritas y otras sustancias que pueden dar lugar á desprendimientos de gases perjudiciales á la calidad del metal.

273. Hogar.—La parte del horno destinada á producir la combustión, puede considerarse dividida en hogar propiamente dicho y *cenicero* D; ambos están separados por la *parrilla* que sirve para contener el combustible.

La parrilla, que debe llenar la condición de dejar libre paso al aire necesario para la combustión y permitir la caída de las cenizas, está

constituída por barras de hierro paralelas, que se apoyan en otras dos de fundición de sección triangular encastradas por sus extremos en la mampostería del horno.

La superficie de la parrilla es ordinariamente horizontal y de forma cuadrada, pero puede en algunos casos afectar la rectangular; la separación entre las barras depende de la naturaleza y estado de división del combustible que se quema. Si esta separación es pequeña, las parrillas se cubren de cenizas que impiden la entrada del aire y dificultan la limpieza, y si las barras están muy separadas, no retienen bien el combustible. El intervalo entre las barras, más generalmente admitido, varía entre 0,015 y 0,025 m.

Al determinar las dimensiones de la parrilla, es necesario tomar en consideración su superficie total, que dará la cantidad de hulla que puede colocarse, y el espacio libre para la admisión del aire que ha de activar la combustión. Estas dos dimensiones, y la altura del hogar limitado por el altar E, están íntimamente ligadas una con otra y con las demás partes del horno, especialmente con la sección y altura de la chimenea.

Puesto que para quemar cantidades iguales de combustible, se necesitan en general iguales cantidades de comburente; si es muy grande la parrilla en que aquel se coloca, deberá ser pequeño el intervalo entre las barras, mientras que será preciso mayor separación, si la parrilla es poco extensa, para que en uno y otro caso, quede la misma superficie libre al acceso del aire. Como la distancia entre las barras no debe pasar de las dimensiones anteriormente marcadas y la anchura de cada una tiene límites poco distantes; la extensión de la parrilla, bajo el doble punto de vista de colocación del combustible y acceso al aire, es, en la práctica, fácil de determinar para cada horno.

274. Para dar salida á las cenizas del combustible y facilitar la entrada del aire en el hogar, son indispensables espaciosos *ceniceros* en comunicación con la atmósfera ó con extensas cuevas ó locales que contengan gran cantidad de aire que fácilmente se renueve.

Puesto que la rapidez de la combustión é intensidad del calor desarrollado depende del peso del aire, y la chimenea aspira constantemente el mismo volumen de este, es conveniente que llegue al hogar con la mayor densidad posible, y por lo tanto frío. Por esta razón, debe ser:

profundo el cenicero para que las cenizas y carbonillas, en él acumuladas, no aumenten la temperatura del aire.

Para facilitar la limpieza del cenicero, se dispone el fondo en rampa, y en algunas fundiciones se refresca y apaga la carbonilla echando algunos cubos de agua; pero esta práctica no debe seguirse en condiciones normales, porque el vapor de agua es arrastrado al hogar produciendo descenso en la temperatura: como recurso extraordinario se emplea en algunos momentos en que la combustión languidece, para que la entrada tumultuosa del vapor remueva el combustible y estimule el tiro.

275. El hogar está separado del laboratorio, por medio del *altar* ó *punte* E, cuya altura debe ser mayor que el espesor de la capa de combustible colocado en la parrilla, para que en ningún caso se mezcle este con la carga de metal que se trata de fundir.

Del lado opuesto al altar, arranca la bóveda F de sección aproximada á un cuadrante de círculo con su centro poco distante de la cresta de aquel, cuyo trazado obedece á que la llama tome la dirección conveniente.

La puerta P de carga del combustible, se encuentra colocada en una de las paredes laterales cuando el horno debe alimentarse con hulla, y se abre en lo alto de la bóveda si ha de quemarse leña.

276. Laboratorio.—La bóveda del hogar se prolonga hasta la chimenea, para cubrir la cámara de fusión ó laboratorio, descendiendo poco á poco como indica la figura, para que se rebata la llama hacia el fondo ó *solera a b* y lama al metal dispuesto para fundir. Este rebajamiento es también muy conveniente, para que la disminución de espacio compense la pérdida de calor que la llama experimenta al separarse del hogar, y á este mismo fin obedece el trazado trapezoidal que se da á la solera, redondeándose los ángulos situados debajo de la chimenea, para disminuir el golpe de la llama contra la pared opuesta al hogar. La solera está ligeramente inclinada hacia el agujero de colada *d* abierto generalmente debajo de la chimenea.

277. La longitud del laboratorio depende como se ha expresado, de la extensión de la llama del combustible; así es, que para dar mayor capacidad á un horno, sólo se debe aumentar la anchura; pero para que se pueda sacar el mejor partido del calor desarrollado, es necesario que la anchura media y longitud de la solera, guarden cierta relación

que varía entre uno y dos tercios, según la clase de combustible.

278. Para la carga de las primeras materias destinadas á la fusión, existen dos puertas, una M abierta en uno de los costados del horno y próxima al altar, y la otra N encima del agujero de colada: ambas se cierran con bastidores de hierro dulce rellenos de ladrillos refractarios, que funcionan á corredera con auxilio de contrapesos. En los cierres de estas puertas se deja un pequeño orificio, para poder observar la marcha de la fusión, que se tapa (cuando se desea) con un tapón de arcilla.

279. Chimenea.—Colocada la chimenea en el extremo opuesto al hogar, para que las llamas recorran toda la longitud del laboratorio, debe estar dispuesta de manera que produzca un tiro suficiente y que se aproveche, cuanto sea posible en el interior del laboratorio, el calor desarrollado. Con este objeto se da á las chimeneas una altura que no baja de diez á doce metros y la sección necesaria para que los gases dilatados tengan fácil salida.

Esta última circunstancia es opuesta á la retención del calórico dentro del laboratorio; y para obviar este inconveniente, se construye el estrechamiento R ó canal de escape, que retarda la salida de la llama para que ejerza bien su acción sobre el metal depositado en la solera. Es conveniente dotar á las chimeneas de un registro, que disminuyendo más ó menos su sección, modere ó estimule la actividad de la combustión.

280. Determinadas todas las dimensiones de un horno, puede obtenerse en el mismo un máximo de temperatura arreglando convenientemente el trazado de la canal de escape. Si su sección fuese demasiado grande, las llamas no se retendrían en el horno el tiempo necesario para comunicar su calor al laboratorio y se perdería gran cantidad de calórico por la chimenea; si por el contrario, el escape de los gases fuese muy estrecho, el tiro resultaría escaso, el combustible no se quemaría bien y no se alcanzaría la intensidad necesaria en la temperatura.

La longitud de la sección de la canal es igual á la anchura de la solera en aquella parte, y su ancho, que se determina en cada horno por tanteos, suele ser menor que la mitad de la chimenea. La unión de la canal de escape con el resto de la chimenea debe ser en plano inclinado, para que el desprendimiento de los gases se produzca más fácilmente. Por último, la sección de la chimenea no debe ser excesiva, para que los gases en

estado de expansión la ocupen por completo, y se evite la entrada del aire atmosférico que produciría una contracorriente.

281. Relación entre las diferentes partes del horno.—

Las dimensiones de las diferentes partes del horno están tan íntimamente ligadas, que basta variar una de ellas para que sea preciso alterar las demás, sin que hasta el día se haya determinado con exactitud la relación más conveniente; pero lo que más principalmente contribuye á un buen trazado, es la proporcionalidad entre la superficie de la parrilla y la solera, ó sea entre el combustible y la carga, y también la que existe entre el espacio libre de la parrilla y la sección de la canal de escape, que responden respectivamente ó la entrada del aire y salida de los gases. Los constructores más acreditados fijan para la solera una superficie tres ó cuatro veces más grande que la parrilla; para la canal de escape son más variables los datos que suministra la experiencia; puede ser su sección 0,28 del claro que deje la parrilla, en los hornos de pequeñas dimensiones, mientras que en otros de más capacidad se reduce á 0,17.

282. Materiales de construcción.—A excepción de la solera, que se construye de arena refractaria, todas las paredes interiores del horno están formadas de ladrillos refractarios, empleándose en el exterior y sobre todo en la chimenea la mampostería ó ladrillo ordinario. Toda la obra se refuerza exteriormente con placas de fundición sujetas con pernos, bridas ó tirantes de hierro, para que no se cuartee ó destruya por el fuerte calor que ha de soportar.

Para evitar pérdidas de calor por radiación, es de utilidad aumentar el espesor de las paredes y cubrir exteriormente la bóveda con escorias ó con otra materia aisladora.

283. La chimenea debe estar construída con cierta independencia del resto del horno, porque el laboratorio y el hogar exigen grandes y más frecuentes reparaciones, que deben ejecutarse sin comprometer la solidez de aquella.

284. Los materiales refractarios que se emplean en la construcción, han de ser de la mejor calidad; los ladrillos deben asentarse con igualdad, colocando las uniones alternadas y ligados con la menor cantidad posible de barro. La caída ó la vitrificación de algún ladrillo de la bóveda, no solamente ocasionan deterioro que exige reparación, sino que

dan lugar también á la formación de una escoria viscosa, que cubriendo el metal, perjudica notablemente el progreso de la fusión.

285. Las barras de la parrilla se hacen comunmente de fundición blanca, porque resiste más que la gris y el hierro dulce á la oxidación; pero aun así se corroen aquellas más ó menos tarde por la elevada temperatura á que están sometidas.

286. Carga y preparación del horno —La carga máxima que puede fundir un horno, depende no solamente de las dimensiones de la solera, sino también de su inclinación, de la altura del altar y del rebajamiento de la bóveda en el arranque de la chimenea. La superficie libre del metal fundido no debe rebasar el altar ni dificultar la salida de los gases de la combustión: para que esta última condición se verifique, es necesario que el plano horizontal $h h$ (fig.ª 58), que representa la máxima elevación del baño, diste del punto m , más bajo de la bóveda, la magnitud $m n$ próximamente igual á la anchura $p q$ de la canal de escape.

Fácil será calcular el número de kilogramos que constituye la carga máxima, cubicando el laboratorio hasta la altura del referido plano y multiplicando el resultado por la densidad del metal que se trata de fundir.

287. No es conveniente poner en actividad un horno de reverbero cargado con menos de la mitad del metal que constituye la carga máxima, porque quedarían muy descubiertas la solera y paredes del laboratorio, que absorberían gran cantidad de calórico para su caldeo. Así pues, la mitad de la carga máxima debe considerarse como límite mínimo de las que el horno puede admitir en buenas condiciones.

288. Para determinar la calidad del metal con que se ha de cargar el laboratorio, deben tenerse en cuenta las condiciones del producto que se desea obtener, y las modificaciones que aquel experimenta en la fusión.

La fundición de hierro se afina más ó menos según la cantidad de aire que arrastra la llama y el tiempo que se mantiene en estado líquido; por esta razón el grado de carburación del producto siempre será menor que el de la fundición primitiva, ó que el promedio de la mezcla, si la carga se ha preparado con fundiciones de distintas clases. Esta circunstancia debe tenerse presente en la elección de los materiales que han de formar la carga.

289. En el cálculo de la carga de los metales que han de entrar en el horno, para constituir una aleación determinada, hay que tener presente la diferente merma que estos sufren, debida en gran parte á que la temperatura necesaria para fundir alguno de ellos puede volatilizar á otros, y que la pérdida de metal por oxidación depende del grado de afinidad con el oxígeno. Estas diferencias disminuyen algún tanto, si en vez de formar la carga con los componentes aislados, se hace con otras aleaciones en la cantidad y proporción convenientes para obtener el resultado apetecido.

290. El fraccionamiento de la carga en trozos iguales de regulares dimensiones, facilitaría mucho la marcha de la operación; los grandes pedazos tardan en fundirse y son obstáculo á la circulación de la llama, mientras que los pequeños se funden prematuramente y dan lugar á la formación de mayor cantidad de óxido, originándose por consiguiente, mermas de consideración.

La necesidad de aprovechar los residuos ó fragmentos pequeños y la dificultad de trocear los grandes, da lugar en la práctica á la carga con pedazos de variadas dimensiones.

Los trozos metálicos de la carga no se apoyan directamente sobre la solera, ni en las paredes del horno, sino que se sostienen con ladrillos refractarios, colocados de modo que dejen circular libremente la llama que ha de caldear la solera, y que entre unos y otros queden los intervalos necesarios para no obstruir el paso á los gases y aumentar la superficie expuesta á la acción del calor; pero dichos huecos no han de ser muy grandes, porque no se podría utilizar convenientemente la capacidad del horno, y porque la llama, al pasar libremente entre los fragmentos, no produciría todo su efecto y daría lugar á una acción muy oxidante. Por último, los lingotes ó barras sometidas á la fusión, se disponen formando pilas.

Los pequeños fragmentos y las aleaciones ó metales muy fusibles, se introducen en el horno después de haber empezado la fusión del resto de la carga, para evitar así los inconvenientes señalados en el número anterior.

291. Concluída la carga, se cierran herméticamente las puertas del laboratorio, y queda así dispuesto el horno para empezar su trabajo.

En algunos establecimientos en que los hornos pueden cargarse con prontitud y facilidad, se caldea al rojo el laboratorio antes de introducir el metal; con lo cual se consigue que la fusión sea más rápida, que el baño adquiriera más fluidez, y sea menor la merma, á expensas sin embargo de hacer la carga más penosa y ser mayor el consumo del combustible.

Este procedimiento se aplica con ventaja en los hornos recién construídos, que necesitan un caldeo previo para expulsar la humedad que mantienen.

292. Trabajo del horno.—Dispuesto el metal en el laboratorio como se ha dicho, y cargado el hogar con combustible, que se echa sobre astillas ó ramaje seco colocado en la parrilla, se da fuego por el cenicero, se entretiene la combustión moderadamente en un principio y se aumenta gradualmente hasta producir la fusión.

En los hornos alimentados con hulla, se introduce esta por la puerta del hogar, con una pala de hierro, y se distribuye uniformemente sobre la parrilla, teniendo cuidado de no cargar de una vez gran cantidad, que enfriaría por lo pronto el horno y produciría después al quemarse una llama demasiado larga que se perdería en la chimenea sin aprovechamiento.

Si es la leña el combustible que ha de quemarse, se prepara con antelación cortándola en trozos delgados de conveniente longitud, que se vierten periódicamente por la puerta de carga, colocada en este caso como se ha indicado, en la parte superior de la bóveda.

293. Es de importancia, evitar que el aire penetre en el hogar por encima de la parrilla; lo que exige rapidez en la alimentación, manteniendo tapada la puerta de carga.

Cuando el horno se alimenta con hulla, se tapa la puerta con el mismo combustible y con una doble compuerta si se emplea la leña.

294. Se juzga de la marcha de la fusión examinando el interior del horno por un pequeño agujero circular abierto con este objeto en las puertas de trabajo y observando el aspecto de los humos ó de la llama que aparecen en lo alto de la chimenea. Los gases de la combustión carecen en un principio, de la claridad que poco á poco van adquiriendo hasta producir llama brillante, que sale por la chimenea; la que debe mantenerse á poca altura pero constantemente igual; cuando la llama se eleva mucho ó es.

intermitente, es indicio de que las cargas de combustible son muy grandes ó están mal repartidas.

295. Cuando una gran parte de la carga ha entrado en fusión, se remueve el baño con objeto de intimar la mezcla de las distintas fundiciones ó metales que hay en el laboratorio; y para activar su fusión se aproximan al altar los trozos que aun subsisten sólidos.

Esta operación se ejecuta con una barra de hierro ó palo de madera verde llamado *berlinga*, cuya extremidad se introduce por una de las puertas de trabajo, que se abre con este objeto. Es necesario que la manipulación, denominada *berlingado*, se efectúe con la mayor rapidez para evitar la entrada del aire atmosférico que oxidaría el metal y causaría descenso en la temperatura.

Al quemarse la madera de las berlingas en el acto de la remoción, produce gases carburados que reducen los óxidos metálicos y originan un movimiento en la masa líquida favorable á la homogeneidad del baño.

296. Después de las adiciones parciales de metal y poco antes de efectuar la colada, es muy conveniente remover y agitar el baño, para que la mezcla ó aleación resulte uniforme en calidad y temperatura.

297. La escoria formada durante la operación por los materiales vitrificados del horno con el óxido é impurezas del metal, constituye por su menor densidad, una capa, que cubre la superficie del baño y lo preserva de mayor oxidación. Esta circunstancia obliga en muchas ocasiones en que se refunde hierro colado, á favorecer la formación de escorias para mantener su grado de carburación, mientras que otras veces conviene retirarlas después del berlingado, para dar lugar á un principio de afino.

En los casos en que se considere necesario, se extraen por la puerta de trabajo, con una pala ó rastrillo, las escorias, los ladrillos que han servido de calzos (290) y los fragmentos que hayan podido desprenderse de la mampostería del horno.

298. Las señales más características de estar el baño á *punto de colada*, son: el aspecto deslumbrador del interior del laboratorio y la superficie brillante del metal, modificada con distintos matices según su naturaleza, que sólo la práctica puede apreciar con alguna exactitud. El grado de fluidez tan necesario para llenar completamente los moldes, se reconoce cuando la berlinga corre sin resistencia y no deja surco en el

baño, debiendo ser abundantes las ondas que levante y producirse un sonido metálico muy claro al chocar estas con las paredes del laboratorio.

La tardanza en hacer la colada desde el momento citado, cuando se opere con fundición de hierro, puede dar lugar á su afino y hacerle perder su fluidez, resultando por lo tanto impropia para llenar moldes complicados. Sin embargo, como el afino parcial de la fundición aumenta su resistencia, suele mantenerse en estado de baño durante algún tiempo, en aquellos casos en que los objetos moldeados deban ser muy resistentes.

299. El procedimiento más seguro para juzgar de la marcha y fin de la licuación sería el conocimiento de la temperatura del horno, si existiesen medios de apreciarla con exactitud. Los pirómetros conocidos hasta hoy y los métodos usados en calorimetría dejan bastante que desear en la práctica, especialmente tratándose de la fusión del hierro.

La temperatura del bronce se determina generalmente en las fundiciones de esta clase, introduciendo dentro del baño metálico durante diez minutos una esfera ó dado de hierro, que después se sumerge en una cubeta llena de agua.

La elevación de temperatura que el agua experimenta, sirve de dato para deducir el resultado que se busca, por medio de la fórmula siguiente:

$$\alpha = \frac{100 M}{127 m} (T-t) + 6 (T-t)$$

en la cual, t y T representan las temperaturas del agua antes y después de sumergir en ella la esfera; m el peso de ésta y M el peso del agua.

Los coeficientes numéricos 100 y 127 corresponden respectivamente á las capacidades caloríficas del agua y del hierro.

300. La merma que experimentan los metales al ser refundidos, es variable y depende de distintas circunstancias; influyendo principalmente el tiempo que dura la fusión, el estado fraccionario de la primera materia, y la manera de hacer el servicio del horno. Cuando la temperatura del horno se eleva con lentitud, cuando la carga se ha efectuado con pedazos muy pequeños, ó cuando no se ha tenido cuidado de mantener cerradas las puertas del hogar y laboratorio; la merma es mayor, y puede llegar hasta el 45 por 100; mientras que se mantiene entre el 5 y 7 por 100, si

la operación se realiza en buenas condiciones y el horno está dirigido con inteligencia.

301. La fundición blanca, que se liquida difícilmente y está por lo tanto expuesta más tiempo á la oxidación, sufre mayor merma; á causa de esto, y por tomar con facilidad el estado pastoso, se considera impropia para ser refundida en hornos de reverbero.

302. El tiempo empleado en la fusión y el gasto de combustible, dependen de la calidad de éste, de la naturaleza de los metales que se funden, de las dimensiones de las diferentes partes del horno y de la práctica del fundidor. La pericia de éste influye hasta el punto de que un obrero poco hábil, gasta, para obtener el mismo resultado, doble cantidad de combustible que otro más práctico é inteligente.

303. En hornos como el que se ha descrito, propio para la fundición de hierro, son suficientes de dos á cuatro horas para la fusión del metal; gastándose 40 á 50 kg. de hulla, por cada 100 de fundición, en cargas de 3.500 kg., si el trabajo ha tenido lugar en condiciones favorables.

En hornos de trazado muy semejante al descrito y de mayores dimensiones, como los construídos recientemente en Sevilla para la fundición de cañones de bronce y empleo de la leña, la fusión de 100.000 kg. dura próximamente cinco horas, siendo el gasto del combustible el 50 por 100 del peso del metal.

304. Hornos de solera en contrapendiente.—Para refundir gruesos trozos de fundición y poder reunir y mantener en estado líquido una gran cantidad de metal, sin temor á que se enfríe ni sufra grandes mermas por oxidación; se han ideado hornos como el representado en la fig.^a 59, en los que la solera está inclinada hacia la parrilla, para recibir mejor la acción de la llama y acumular el metal fundido en el crisol H, próximo al altar.

La bóveda del hogar descende para dirigir las llamas al crisol y vuelve á elevarse para cubrir el laboratorio B en las mismas condiciones que en los hornos anteriormente descritos.

La solera suele tener la inclinación de 20 por 100; es de mayor longitud que en los hornos ordinarios y tiene la misma forma trapezoidal. La alimentación del hogar y la carga del laboratorio se efectúan por las puertas P y M respectivamente; el baño se examina y remueve por la

puerta N, y la colada se verifica por el agujero lateral *d* colocado al nivel del fondo del crisol.

305. Se hace aplicación de estos hornos, que acumulan el calórico en muy buenas condiciones, para operar sobre fundiciones algo refractarias: con un consumo de 4.500 kg. de hulla pueden liquidarse en cinco horas 6.000 kg. de carga, sin que sea inconveniente que esta se forme con bloks de 1.500 á 3.000 kg. de peso.

En cambio de tales ventajas, presentan estos hornos el inconveniente de ser de difícil construcción y exigir frecuentes reparaciones.

306. Hornos de solera circular.—Existen otros hornos de reverbero, de antiguo trazado, dedicados exclusivamente á la fundición de bronce y al empleo de la leña.

En la fig.^a 60 están representados dos cortes de un horno de esta clase: la solera ó plaza del laboratorio es circular y ligeramente inclinada hacia el agujero de colada *d*, diametralmente opuesto al hogar A; y la bóveda del laboratorio, que se une á la del hogar, es una superficie de revolución cuya curva generatriz es próximamente un cuadrante de elipse. La carga del horno se efectúa por dos puertas M, M, colocadas en los costados, y para la alimentación del hogar, existe el conducto vertical ó tragante P dotado de un doble registro que evita la pérdida de calor y proporciona comodidad al obrero encargado de arrojar leña sobre la parrilla.

La chimenea C se eleva desde la cámara H situada sobre la bóveda F, y en ella desembocan cuatro ó seis respiraderos *n, n, n, n*, que conducen desde el laboratorio, los gases procedentes de la combustión. Dichos respiraderos, que arrancan de las paredes laterales muy poco por encima del nivel que alcanza el baño metálico, están colocados simétricamente en el laboratorio para atraer la llama obligándola á extenderse y distribuir con igualdad el calórico.

307. Las dimensiones principales de un horno capaz de fundir 30.000 kg. de bronce son las siguientes:

Diámetro de la solera.....	2,50 m.
Altura de la clave de la bóveda del laboratorio.....	4,00 m.
Dimensiones de la parrilla.....	{ Anchura..... 0,90 m.
	{ Longitud ... 0,80 m.

do la hulla A (fig.^a 61), con un mínimum de aire que penetra por la parrilla inclinada B, mezclado con algo de vapor; y se recogen en el tubo C descendiendo por D á medida que se enfrían, para ser conducidos á los recuperadores. El hogar se alimenta por el tragante E, vertiendo la hulla en exceso sobre el plano inclinado F, que le obliga á descender según progresa su incompleta combustión. Por el conducto G se hace llegar al cenicero una cantidad de agua, que se evapora rápidamente y es arrastrada al interior del hogar.

La operación se conduce favoreciendo la producción de los gases combustibles, que como el óxido de carbono, los hidrógenos carburados y aun el hidrógeno libre, deben predominar en la mezcla resultante, y evitando la formación del anhídrido carbónico, incapaz de nueva combustión, ya que no puede hacerse lo mismo con el ázoe.

311. Los recuperadores son cuatro grandes pilas A, B, C y D, (fig.^a 62 y 63), hechas de ladrillos refractarios colocados con intervalos, para que puedan circular los gases y el aire; los conductos *a*, *b*, *c* y *d* ponen en comunicación los cuatro recuperadores con el laboratorio E, construído sobre las bóvedas que cubren á éstos. De la parte inferior de las pilas de ladrillos refractarios, arrancan los conductos A', B', C' y D', que vienen á encontrar al de admisión de aire F, al G que comunica con el gasógeno y al de la chimenea H; en los encuentros M y N, existen válvulas para comunicar ó incomunicar los tres últimos conductos con unos ú otros recuperadores.

Los gases combustibles que penetran en el laboratorio por uno de los conductos *b* ó *c*, se inflaman al mezclarse con el aire que llega al mismo lugar por los conductos del mismo lado *a* ó *d*; y los nuevos gases resultantes de esta combustión, verificada sobre la solera, se escapan por el lado opuesto hasta llegar á la chimenea. En la disposición que indican las figuras, los gases combustibles entran por B' al recuperador B y de este pasan por *b* al laboratorio, al propio tiempo que el aire asciende por A' al recuperador A y es conducido luego por *a*, para mezclarse con los gases. Los productos de esta combustión salen por *c* y *d*, y pasando por los recuperadores C y D, marchan por C' y D' á la chimenea H.

La cantidad de calor que aun conservan los gases al salir del laboratorio, es depositada en los recuperadores antes de llegar á la chimenea; y

la elevación de temperatura que estos adquieren es á su vez transmitida á los gases que vienen del gasógeno y al aire, cuando trocando la marcha de los flúidos al dar un cuarto de giro á las válvulas M y N, se hace penetrar combustible y comburente por el otro extremo del laboratorio, y se da salida á los gases por los recuperadores que antes servían para el acceso de los primeros. Con este juego de válvulas repetido cada 50 ó 60 minutos, se consigue que el aire y los gases entren calientes al laboratorio, cual conviene para que no se produzca descenso en la temperatura.

Para asegurar la completa combustión en el laboratorio, es necesario que la cantidad de comburente exceda en un 20 por 100 á la de los gases combustibles; por esta razón, y porque la mayor capacidad calorífica del aire exige mayor superficie de calefacción para elevarlo á la misma temperatura que los gases, los conductos y recuperadores destinados á la circulación de éstos, son menores que los correspondientes á la de aquél. Generalmente se construyen de igual altura todos los recuperadores; pero, por las razones expresadas, la base de los destinados al acceso del aire es vez y media la que corresponde á los otros.

Por último, el conducto de admisión de aire, el que comunica con el gasógeno y el de la chimenea, tienen registros para regular la cantidad y marcha de los flúidos.

312. El laboratorio, situado encima de los recuperadores, está construído sobre placas de fundición que dejan huecos n, n, n por la parte inferior, para dar paso al aire que ha de mantenerlas frías; sobre dichas placas se dispone un lecho de ladrillos refractarios y encima se coloca la capa m de arenas apisonadas. Esta capa, no cubre solamente la solera, sino también las paredes laterales; oculta la caja de fundición y la barra de acero fundido $h h$ que sirve de cintura; y deja libre el agujero de colada e , hacia el que se practica una pendiente suave. La bóveda cubre el laboratorio y los conductos de entrada y salida de los gases; y para que la combustión de estos se verifique junto al metal dispuesto sobre la solera, está aquella rebajada en su centro, como se indica en la figura.

La forma del laboratorio es la rectangular, y los gases que tienen su entrada y salida por los lados menores, recorren la mayor longitud; cuya dimensión, que suele ser de 3,2 m. generalmente, se determina de modo que el calórico se deposite convenientemente en el interior. Frente al agu-

jero de colada, en uno de los lados mayores del laboratorio, está abierta en el espesor de los materiales refractarios, la puerta P de carga ó trabajo, que proporciona la pequeña cámara R para calentar los trozos de acero, hierro, fundición ó mineral, antes de proyectarlos en el interior del laboratorio. El horno está reforzado, principalmente en su bóveda, con placas de fundición unidas por largas barras de hierro que tienen los extremos sujetos con tuercas y ejercen un aprieto constante á favor de los muelles *p, p*, que contrarrestan los efectos de la dilatación por el calor.

313. La elevadísima temperatura que se desarrolla en estos hornos hace necesario el uso de materiales eminentemente refractarios, á cuyo fin se eligen arenas bien puras, que se calcinan y lavan con disoluciones ácidas para purgarlas de materias orgánicas y de óxidos metálicos, mezclándolas después con polvo de cristal, en la proporción de 2 á 3 por 100.

314. Bastará recordar las propiedades y constitución del acero, para comprender que cuando se somete á una fuerte temperatura para hacerle cambiar de estado, se altera su grado de carburación y en algunos casos la pérdida de carbono puede ser tal, que el acero se transforme en hierro dulce. De aquí la necesidad de agregar al acero otros elementos, que suministren carbono, en la cantidad necesaria, para que no pierda sus propiedades; ya se desee obtener en las mismas condiciones que el primero, ya más ó menos carburado.

315. La adición de dicho metaloide se opera agregando á la carga cierta cantidad de fundición de hierro, que se vierte previamente fundida ó se liquida con anticipación en el mismo horno. La operación de la refundición es tanto más practicable y sale más fluido el resultado, cuanto mayor sea el grado de carburación que deba sacar el producto. En todo caso, debe operarse de una manera análoga á la fabricación del acero por el procedimiento Martín, y tomar cuando se crea oportuno una pequeña muestra, con un cazo enmangado que se introduce rápidamente en el baño, cuyo contenido se vierte después en una lingotera á fin de obtener una barrita, que se forja, rompe y examina detenidamente para apreciar las condiciones del metal que ha quedado en el laboratorio. Cuando la barra de muestra aparece dura, quebradiza y por lo tanto poco maleable, el acero debe continuar en el horno en estado líquido durante algún tiempo, para que se afine, si se desea que resulte suave. Si por el contrario,

la muestra resulta muy dulce y se quiere obtener acero más duro y fusible, habrá necesidad de echar en el baño, la cantidad de fundición de hierro que carbure en grado conveniente al resto de la carga. Para esta adición se emplea ventajosamente el *spiegeleisen*, ó sea fundición laminosa que contiene alguna cantidad de manganeso, que comunica muy buenas propiedades al acero.

Para que no descienda bruscamente la temperatura en el interior del horno al hacerse las expresadas adiciones, ó al aumentar la carga con otros trozos de acero, es conveniente que los nuevos materiales se calienten previamente en hornos de cualquier clase, y mejor en la cámara R ya mencionada que sirve de entrada al laboratorio.

316. Las ventajas que este medio de calefacción presenta en la fundición de metales en hornos de reverbero, son numerosas; pero solamente se hace uso de combustibles gaseosos para el acero, porque la mayor parte de los metales no exigen para liquidarse una elevación tan grande de temperatura, y es muy costosa la instalación de los hornos de esta clase.

Los gases procedentes del gasógeno Siemens desarrollan un calor sumamente intenso en su combustión, que precisamente tiene lugar sobre el metal que se ha de fundir; su calor es uniforme y se reparte por igual en toda la extensión de la solera; la llama es pura, no arrastra hollín ni cenizas, y no contiene azufre, sílice ni otras materias nocivas; puede conseguirse á voluntad que su acción sea neutra, oxidante ó carburante, con sólo modificar la marcha del gasógeno ó la admisión del aire en los recuperadores destinados al efecto; y por último, no hay inconveniente en emplear las hullas secas ó de poco valor, que no se pueden quemar con utilidad en los hornos de reverbero ordinarios.

317. Hornos de crisol movible.—Mr. Pernot ha hecho aplicación del generador Siemens á un horno de reverbero de laboratorio circular; cuya parte inferior ó crisol es giratorio alrededor de un eje vertical, y está montado sobre ruedas cónicas que favorecen el movimiento. La marcha del aire y de los gases, se verifica en las mismas condiciones que en el horno anteriormente descrito; y para que el calor se distribuya con igualdad y obre con intensidad en toda la extensión de la solera, el crisol gira alrededor de su centro con una velocidad de dos vueltas por minuto.

Este movimiento da uniformidad á la calefacción y tiene la ventaja de facilitar el berlingado, porque basta introducir por la puerta de trabajo la barra ó berlinga, para que el baño se remueva y cambien de posición los trozos que aun no se hayan fundido.

318. La carga y marcha de la fusión son análogas á las del horno anterior, y se extraen del crisol de la misma manera las muestras que sirven para juzgar la calidad del producto. La operación de la colada se hace en el horno de que damos cuenta, mediante la inclinación de la solera hacia el agujero de colada.

319. No obstante el gasto de motor que es necesario para hacer girar constantemente al crisol, el horno Pernot se emplea con ventaja en la fabricación y fundición del acero, porque dicho horno es susceptible de una gran producción, repitiendo por cuatro ó cinco veces la carga y colada durante veinticuatro horas. Como se ha indicado, hay economía en la mano de obra; el producto resulta bastante homogéneo por la facilidad de remover el baño; y por último, las reparaciones que sean necesarias se hacen con gran comodidad, merced á la movilidad del carrillo en que está montado el crisol, que permite retirarlo del horno, para prepararlo con arenas eminentemente refractarias, y deja debajo de la bóveda un espacioso local que facilita los trabajos de construcción ó de recomposición en ella.

320. Un horno circular de esta clase de 2,50 m. de diámetro, puede proporcionar hasta 20.000 kg. de acero cada veinticuatro horas, y el precio á que resulta la tonelada es algo más bajo que el del producido en el horno anteriormente descrito.

321. Ventajas é inconvenientes de los hornos de reverbero comparados con los cubilotes.—Los hornos de reverbero, además de ser susceptibles de fundir el acero, mediante el sistema de calefacción Siemens, presentan las ventajas siguientes: 1.^a La carga puede tener lugar sin necesidad de prepararla en fragmentos, como sucede en los cubilotes; bastando el troceo á que obliguen las puertas del laboratorio. 2.^a El producto puede ser colado á la vez y llenar grandes moldes, mientras que en los Wilkimson, las coladas son parciales y periódicas á medida que el descenso y fusión del metal lo indican. 3.^a La marcha de la operación puede ser vigilada y modificada en los hornos de

reverbero, con más facilidad que en los otros; lo cual permite obtener productos homogéneos, fundiciones más ó menos afinadas y aleaciones de composición determinada. 4.ª Pueden obtenerse fundiciones de gran resistencia propias para la fabricación de Artillería, con sólo afinar parcialmente el baño, y que este adquiera diferente grado de calor para hacer la colada según convenga. 5.ª Se ha evidenciado por experiencias, que el azufre, contenido en el cok en cantidad variable, se combina con la fundición; resultando por lo tanto con poca tenacidad el producto de los cubilotes, mientras que la refundición en hornos de reverbero no presenta tal defecto; y 6.ª Esta clase de hornos no necesita el uso de motor.

322. En cambio de dichas ventajas, los hornos de reverbero tienen los inconvenientes que siguen: 1.º No se adaptan á las exigencias de las pequeñas industrias, tan ventajosamente como los cubilotes, que proporcionan en cualquier momento cantidades variables de fundición más ó menos gris, según conviene en cada caso. 2.º Las fundiciones blancas no son liquidadas con facilidad, mientras que en los cubilotes pueden fundirse en buenas condiciones.

323. Respecto á la merma que se experimenta en la fusión, puede decirse que en ambos procedimientos es sensiblemente la misma.

En cuanto á economía en el gasto de combustible, es difícil señalar ventajas de un procedimiento respecto al otro, dada la diferente clase que se emplea en cada uno de ellos y las variadas condiciones comerciales de la localidad en que esté la fundición. El calor perdido es menor en los cubilotes; pero en general, el cok y carbón vegetal son más caros que la hulla.

FUNDICIÓN EN CRISOLES.

324. Crisoles.—Con este nombre se conocen unos recipientes de la forma indicada por la fig.ª 64, destinados á recibir el metal que ha de fundirse, y contruidos de material refractario para que resistan la elevada temperatura á que se someten en el interior de un horno. Es necesario, que el barro ó pasta empleado en la fabricación de crisoles sea tanto más refractario, cuanto mayor sea la temperatura á que se liquide el metal que ha de fundirse.

Las arcillas satisfacen esta condición para los crisoles destinados á la

fusión de plomo, zinc, estaño, latones y aun bronce; para la fundición de hierro, se preparan varias mezclas de arenas calcinadas, polvo de cristal y otras sustancias; y para el acero, se construyen crisoles de grafito. La limitada duración de estos últimos, que apenas pueden resistir cuatro fundiciones, y el alto precio á que se adquieren, obligan á buscar otros materiales ó procedimientos para su fabricación económica; pero hasta el día no se ha resuelto satisfactoriamente el problema.

La capacidad de los crisoles es muy variable; pero generalmente no excede de 40 kg. el peso del acero que pueden contener.

325. En las grandes fundiciones, como la de Krupp, se confeccionan los crisoles en el mismo establecimiento, aprovechando los inutilizados, que se trituran para formar la pasta con adición de materiales nuevos, cuya mezcla se trabaja é íntima con gran cuidado, y se le da después la forma en matrices, mediante una fuerte presión.

326. De los mismos materiales con que se construyen los crisoles, se hacen las *tapaderas* que han de cubrirles y los *quesos* que, afectando la forma de pequeños troncos de cono, les sirven de base cuando se colocan en los hornos. Las tapaderas son de forma sencilla y muchas veces se reemplazan por el fondo de crisoles rotos.

327. Hornos de viento.—El interior de esta clase de hornos, consta de un espacioso hogar A (fig. ^a 65) de forma prismático-rectangular, cuya parte inferior comunica con el cenicero B, por el intermedio de la parrilla C, y la superior con la chimenea D de elevada altura, para la producción de un tiro enérgico, sin necesidad del uso de fuelles ó máquinas de viento que inyecten el aire por debajo de la parrilla. La capacidad del hogar ha de ser suficiente para contener el combustible y el crisol ó crisoles que han de situarse en su interior; por lo tanto, sus dimensiones varían con el número y volumen exterior de los recipientes, y con la clase y tamaño del combustible que se use, teniendo en cuenta que éste debe rodear á aquéllos para transmitirles mejor su calor. La altura del hogar es algo mayor que la de los crisoles, contando el queso y la tapadera, para que de este modo se puedan cubrir con el combustible. Esta dimensión varía ordinariamente entre 0,60 m. y 0,90 m.

La citada figura representa un horno de esta clase construido para fundir acero en cuatro crisoles y alimentarlo con cok. El servicio se hace

por la puerta E, que se cierra con un bastidor F de hierro relleno de ladrillos refractarios; la entrada y salida de los crisoles y la alimentación del hogar se lleva á cabo por esta parte; debiéndose hacer con rapidez tal operación para no dar lugar á enfriamiento.

El cenicero ha de ser espacioso y ventilado para facilitar el acceso del aire que alimente la combustión, y debe existir cierta relación entre la superficie libre de la parrilla y la sección de la chimenea, variable con la clase y calidad del combustible y la economía con que se desea proceder. En cada caso se gradúa prácticamente esta relación, mediante un registro de que está provista la chimenea.

328. Los materiales con que se construyen los hornos de viento deben ser refractarios, aun cuando no es indispensable que lo sean los colocados al exterior, bastando que satisfagan dicha condición los que han de estar en contacto con el fuego. Toda la mampostería está consolidada con tirantes y pernos, y los bordes de la puerta ó tragante guarnecidos de un marco de fundición que protege los ladrillos superiores y sirve de asiento y corredera al bastidor que cierra el hogar.

329. Combustible.—La disposición de los crisoles en el interior del hogar hace innecesaria la llama para su calefacción; de manera, que los combustibles que la producen no son los más adecuados para ser quemados en los hornos de viento. Por el contrario, el carbón vegetal, la hulla seca y principalmente el cok, son apropiados para dicho uso. Como el combustible no ha de estar en contacto con el metal, no es tan indispensable su buena calidad, como en el destinado al trabajo de los cubilotes.

330. Antes de cargarse el horno, se fracciona el combustible en pedazos de regulares dimensiones, para que puedan acomodarse entre los crisoles y no caigan al cenicero por los huecos de la parrilla.

331. Aun cuando la mala calidad del cok no altera la del producto fundido, es conveniente que esté exento de piritas y otros cuerpos que atacan á la materia de que están formados los crisoles, para no dar lugar á un deterioro prematuro. Esta circunstancia se hace sensible en los crisoles de grafito empleados en la fundición del acero, por la afinidad del azufre con el carbono, favorecida por la elevada temperatura á que se encuentran.

332. Preparación y marcha de la fusión.—Antes de colocar los crisoles en el horno, se examinan detenidamente para ver si tienen algún defecto que pudiera malograr la operación; y para asegurarse de que no están rajados, se les golpea con los nudillos de una mano mientras se suspenden con la otra, juzgando por el sonido, de la existencia de grietas, que aun cuando no se perciban á simple vista los hacen inservibles.

Verificado este reconocimiento preliminar, se caldean lentamente hasta la temperatura del rojo, en un hogar cualquiera, llevándolos inmediatamente con tenazas á la parrilla del horno de viento, en donde se asientan sobre los quesos que se han colocado de antemano, de manera que resulten iguales los intervalos entre ellos y las paredes del hogar.

Después se introduce en cada uno de los crisoles la carga de metal, cuyo estado fraccionario es muy conveniente, no debiendo exceder de 6 á 10 kg. el peso de los trozos mayores, en armonía con la capacidad de aquéllos. En algunas fundiciones se sigue la práctica de caldear previamente los trozos metálicos para que no descienda la temperatura de los crisoles. Verificada la carga, se cubren los crisoles con las tapaderas de barro; se llena de combustible el hogar hasta la altura de estas; se cierra el horno con el batiente, y se da fuego por debajo de la parrilla.

333. La alimentación del hogar se hace periódicamente á medida que se consume el combustible, calculando la cantidad, de tal manera, que no se produzca enfriamiento en los crisoles al echar las cargas, ni se queme nada sin efecto útil. Hacia el fin de la operación se considera ventajoso aumentar la rapidez en la carga á expensas de hacerlas menores.

La combustión se mantiene en las condiciones más favorables, removiéndole frecuentemente el combustible con un hurgón por debajo de la parrilla, para dar salida á las cenizas y carbonilla, facilitar el acceso del aire y desembarazar los ángulos.

334. Después de algún tiempo, variable con la clase de metal que se funde, con la calidad del combustible y otras circunstancias, se destapan los crisoles para examinar su contenido; y cuando se considera que el baño ha adquirido el grado de fluidez necesario para ser colado en los moldes, se suspende la alimentación del hogar y se retiran los crisoles del horno.

La homogeneidad del producto, cuando se funden aleaciones, se consigue removiendo con una barra de hierro el contenido de los crisoles; pero esta práctica es perjudicial cuando se opera con fundición de hierro y acero.

335. Durante el trabajo del horno y principalmente al verter las cargas de combustible, se examina el estado de los crisoles, viendo si se han hendido, para recomponerlos ó retirarlos del hogar según sea la entidad del deterioro: cuando la hendidura se limita á los bordes, tiene poca importancia y puede taparse en el acto con pasta de polvo de cristal; pero si el defecto se extiende á lo largo del crisol, se extrae este inmediatamente, para evitar que el metal fundido se derrame y caiga al cenicero.

La conducción y marcha del trabajo es tanto más sencilla y requiere menos cuidados, cuanto mayor sea el grado de fusibilidad del metal; y la maniobra de los crisoles es muy embarazosa y exige grandes esfuerzos cuando es muy crecida la carga que contienen.

336. La extracción de los crisoles se ejecuta por medio de grandes tenazas como en la representada en la fig.^a 66, que maneja el obrero fundidor asiéndolas por los brazos rectos y las introduce entre el cok y el crisol para abarcar á éste con los brazos curvos y sacarlo después verticalmente fuera del hogar. Cuando por el excesivo peso del crisol no basta para esta maniobra el esfuerzo de un solo obrero, es ayudado por otros dos que sostienen horizontalmente una barra por sus extremos y la apoyan en el gancho *a* de la tenaza, para elevarla en el momento oportuno.

337. La merma que experimentan los metales fundidos por este medio, que depende del tiempo que se ha conservado en baño y de las precauciones tomadas para impedir la oxidación por el contacto del aire, se eleva en general al 20 ó 30 por 100; pero la mayor parte de tan crecida proporción proviene del metal que arrastran las escorias y del que queda adherido en las paredes y fondo del crisol; merma que se hace tanto más sensible cuanto menor sea la capacidad del recipiente. La merma absoluta no supera á la señalada en la fundición en cubilotes y reverberos.

338. La fundición en crisoles consume una cantidad de combustible relativamente mayor que la empleada en los hornos de reverbero y cubi-

lotes, porque el calórico tiene que transmitirse al través de los espesores del crisol para ser utilizado, y es bastante considerable el número de calorías perdidas en la chimenea y paredes del hogar. Además, la mayor ó menor competencia del obrero-fundidor y las eventualidades que pueden presentarse en la marcha del trabajo, ocasionan por su variabilidad, una disminución ó aumento notable en el consumo del combustible: la fundición de hierro, por ejemplo, necesita para liquidarse una cantidad de cok que varía entre el 80 y el 170 por 100 de su peso.

339. El tiempo necesario para fundir un metal ó aleación determinada puede disminuirse aumentando la actividad en la combustión; y para esto, es preciso hacer con mayor rapidez la alimentación del hogar y excitar el tiro cuanto sea necesario. Si las condiciones de la chimenea y del cenicero no llenan este requisito en el grado que se desea, habrá necesidad de recurrir al empleo de una máquina soplante. En este caso, el consumo de combustible es menor, á pesar de la mayor actividad del fuego, como se ha reconocido operando con el mismo metal colocado en idénticas circunstancias, con dos hornos de igual forma, alimentado uno con corriente natural y con una máquina de viento el otro.

340. Ventajas é inconvenientes — Todos los metales de que hemos hecho mención, pueden ser fundidos por medio de crisoles; así es, que bajo este punto de vista, el procedimiento que nos ocupa reviste un carácter de generalidad de que carecen los descritos anteriormente.

Las principales ventajas que se obtienen con la fundición en crisoles, son: 1.^a El metal que se funde sufre menos alteración que cuando es tratado por los otros medios; porque no está en contacto con el combustible, ni con sus gases, ni con el aire atmosférico. 2.^a La reducida capacidad de los crisoles y la sencillez en el trabajo de los hornos, hace conveniente su uso, en aquellos casos en que solamente se desea obtener una pequeña cantidad de metal fundido.

341. Este sistema de fusión, que presenta el inconveniente de producir una merma considerable de metal, exige mayor gasto de combustible y no es propio para operar con grandes masas metálicas.

342. La fundición de hierro negro no es primera materia adecuada á este género de trabajo, porque, á causa de la poca alteración que experimenta, es grafitoso el resultado é impropio por lo tanto para

ser colado en los moldes de objetos delicados. La mezcla de esta fundición con otra poco carburada, puede sin embargo utilizarse ventajosamente.

El procedimiento de crisoles y hornos de viento ha sido exclusivamente empleado en la fundición del acero hasta hace algunos años; pero los crecientes progresos de la industria han proporcionado otros medios para obtener grandes masas de acero en estado de fusión. La limitada capacidad de los crisoles ha sido por otra parte, un obstáculo para obtenerlo en grandes cantidades, y solo se ha podido salvar aumentando considerablemente el número de hornos y crisoles, y estableciendo una buena organización y un régimen metódico para conseguir la debida uniformidad en la marcha del trabajo y en la operación de la colada.

343. La fundición de metales en crisoles tiene aplicación en los talleres que sólo necesitan pequeñas cantidades ó que cuentan con pocos recursos, y en aquellas industrias en que el valor de la primera materia es pequeño con relación al del objeto concluido, como sucede en las medallas, bustos, objetos de arte, botones, etc. Los efectos de latón ó bronce que no son de grandes dimensiones, se funden casi exclusivamente en crisoles; y el célebre fabricante Krupp obtiene el acero fundido en masas considerables, valiéndose de este sistema de fusión aplicado en gran escala.

Por grande que sea el número de hornos de reverbero y cubilotes de que se disponga en un establecimiento, no todos los días ni á todas horas están aquellos en actividad; así es, que para los casos de urgencia en que debe construirse un cojinete, una rueda dentada ú otro órgano indispensable de la maquinaria y del cual depende la marcha de una máquina ó de un taller, es necesario recurrir á los crisoles para fundir el metal y obtener la pieza que se desea; cuyo sencillo trabajo puede llevarse á cabo, aun por la noche ó en día festivo, para no interrumpir la marcha ordinaria. Bajo este punto de vista, todos los establecimientos deben estar dotados de uno ó dos hornos de viento con el correspondiente material de crisoles.

344. Hasta estos últimos tiempos se han servido en Seraing de los hornos de viento con crisoles para fundir el acero. Había una quincena de dichos hornos, que recibían cuatro crisoles con capacidad para 25 kg. cada uno. Se refundía acero Bessemer en láminas, barras y restos menu-

dos, adicionando en cada crisol 50 gramos de peróxido de manganeso y 75 de polvo de carbón vegetal. Después de tres ó cuatro horas, tiempo que duraba una operación, según fuese mayor ó menor la dureza del acero, se colaba en una lingotera el contenido de dos ó más crisoles.

La refundición de acero en crisoles es cara y penosa; da productos variables de uno á otro crisol, y exige un largo aprendizaje.

345. Empleo de los hornos de reverbero.—Los hornos de reverbero pueden utilizarse también para la fundición de metales, por medio de crisoles que se colocan en la solera del laboratorio, en número variable según las circunstancias. El combustible que se queme ha de ser de llama larga, para que pueda circular entre los crisoles y depositar en ellos su calórico; la hulla grasa y la leña son, como en los reverberos ordinarios, los combustibles que se emplean. Análogamente á lo que ya se ha dicho (309 y siguientes), la calefacción de los crisoles colocados en el laboratorio, puede tener lugar por la combustión de los gases procedentes del generador Siemens, á cuyo medio se debe recurrir cuando se desee alcanzar temperaturas muy elevadas.

346. Comparando el empleo de los hornos de reverbero con los de viento para la calefacción de los crisoles, se observa que los primeros requieren menos gasto de combustible y pueden contener mayor número de elementos, aun cuando las manipulaciones son en general más embarazosas que en los últimos.

El horno giratorio *Pernot* (317) aplicado al objeto que nos ocupa, reúne además las ventajas de proporcionar temperatura uniforme para todos los crisoles y facilitar su salida cuando deba hacerse la colada.

347. Aun cuando hasta el día no se haya hecho una verdadera aplicación de este sistema, se concibe que es susceptible de empleo ventajoso, para los casos, en que siendo indispensable fundir grandes cantidades de metal con crisoles, se carezca del número necesario de hornos de viento y puedan utilizarse los de reverbero con menos gasto.

348. Aparatos especiales para fundir en crisoles.—Las industrias que necesitan pequeñas cantidades de metal fundido, como son las de joyería, se valen de hornos reducidos, que como los del sistema *Perrot* ó *Wagner*, están dispuestos para contener un solo crisol. La elevación de temperatura se obtiene con el gas del alumbrado, que pene-

tra por la parte inferior y se mezcla con la cantidad necesaria de aire para su completa combustión; después de inflamado, lame elicoidalmente las paredes del crisol en condiciones ventajosas para el mejor aprovechamiento del calor.

El petróleo es igualmente usado en aparatos destinados á este fin, provistos de mechas análogas á las que se destinan á las lámparas.

FUNDICIÓN EN CALDERAS.

349. Calderas.—La materia de que están formadas las calderas destinadas á fundir, debe resistir sin gran deterioro, la temperatura de fusión de los metales y aleaciones que se liquidan por este medio. Dicha condición exige, que el calor desarrollado en la operación diste mucho de alcanzar el grado suficiente para fundir, descomponer ó reblandecer el material de la caldera; lo que limita mucho el número de metales que por este procedimiento pueden liquidarse, é indica los que podrán servir para la fabricación de los expresados recipientes.

El cobre, el acero y más principalmente la fundición y chapa de hierro, son los materiales que, bajo el doble punto de vista de economía y resistencia, pueden servir para fabricar las calderas; el plomo, el estaño, el zinc, el bismuto, el antimonio, las aleaciones de estos y los latones con pequeña proporción de cobre, son los metales que pueden someterse al sistema de fusión que nos ocupa.

350. La forma de las calderas es hasta cierto punto arbitraria; pero conviene que carezcan de aristas vivas ó ángulos pronunciados, porque de otro modo serían muy perjudiciales los efectos de las dilataciones y la duración sería menor. Su forma es bien conocida; en algunos casos reciben la de crisol, en otros la semiesférica, y en general suelen tener una pestaña en el borde con objeto de asentarlas en el hogar.

351. Para producir la pequeña temperatura que se necesita para fundir las aleaciones y metales indicados, basta un hornillo cualquiera que pueda contener la caldera, provisto de una parrilla y cenicero de dimensiones convenientes, para que se queme en buenas condiciones el combustible que se emplee. La leña, el cok y el carbón vegetal, son los

que se usan más comunmente, sin que por esto se excluya ninguna otra clase de combustible.

352. Fusión.—Colocado en la caldera el metal que ha de liquidarse, y encendido el hogar, la fusión se verifica con prontitud. Debe mantenerse la temperatura alcanzada para el cambio de estado, porque un descenso produciría enfriamiento en la masa líquida y mayor calor ocasionaría mermas por volatilización: en las aleaciones deberá removerse el baño para darle homogeneidad, y en todos los casos será preciso apartar con una espumadera los óxidos é impurezas, (que sobrenadarán por su menor densidad), antes de ser destinado á los moldes.

353. Como los vapores de plomo son perjudiciales á la salud, deben adoptarse ciertas precauciones para evitar que se aspiren por los operarios, siempre que se funda este metal ó sus aleaciones. Una cúpula ó campana de chapa de hierro adosada á la caldera, puede recoger los vapores desprendidos y conducirlos fuera del taller por medio de un tubo.

354. Aplicaciones.—Este sistema de fundición, que está al alcance de las industrias de pocos recursos, se emplea para fundir en pequeña escala, las aleaciones y metales anteriormente citados; y en tal concepto, se aplica á la fabricación de caracteres de imprenta, balas de fusil, objetos de adorno, etc.

ARTÍCULO 3.º

COLADA Y DESMOLDEO.

COLADA.

355. Consideraciones.—Confeccionados los moldes (art. 1.º) y concluidos los trabajos de fusión (art. 2.º), se procede á la *colada*; que según hemos tenido ocasión de indicar, consiste en verter el metal fundido en la cavidad de aquéllos, hasta llenarlos completamente.

Para que el objeto ó pieza obtenida por fundición resulte con la forma exacta del modelo, y su superficie aparezca sin asperezas ni rugosidades,

es necesario que se adopten disposiciones convenientes en la colada, á fin de que la caída del metal no degrade ni rompa el molde y que la cantidad de gases desarrollados en este acto, no exceda de los que puedan salir fácilmente por los respiraderos practicados durante el moldeo.

La esmerada construcción de los moldes, la colocación acertada de los bebederos y respiraderos, así como la pureza y fluidez del metal, contribuyen á este fin; pero la pieza fundida no se obtendrá como se desea, si la colada no se realiza con buen método, tomando además las precauciones oportunas para que no se malogre el resultado.

Por la índole de la operación se comprende desde luego, que una interrupción en su marcha puede ocasionar enfriamiento ó alteración en el metal fundido; y que la elevada temperatura de éste, puede producir accidentes que á toda costa deben evitarse.

356. Además de la situación y trazado que se da en cada caso á los bebederos, para que conduzcan bien el metal; es preciso que éste se derrame con suavidad de una manera continuada, para que no choque bruscamente, y que la sección de la vena líquida sea de $\frac{1}{2}$ á $\frac{2}{3}$ de la del bebedero.

Cuando el molde carece de bebederos que regulan la entrada del metal, es decir, cuando éste se vierte por la parte superior de aquél, deben tomarse en cuenta su capacidad y demás circunstancias, para calcular la cantidad líquida que ha de entrar por segundo; teniendo presente, que una masa considerable vertida rápidamente en el molde desarrolla una gran cantidad de gases, que con dificultad pueden salir sin deteriorar ó romper sus paredes; y que cuando la entrada se hace lentamente, se ocasionan enfriamientos, se disminuye la homogeneidad y resulta poco consistente el objeto. En las piezas delgadas y de gran superficie, la fundición debe llegar con gran rapidez: un chorro lento desarrollaría en el interior de los moldes una corriente de vapor, que enfriaría el metal y no le permitiría llenarlos enteramente.

357. La colada puede hacerse, bien *directamente*, ó bien con *cazos* ó *calderas*. En el primer caso, se lleva á cabo la operación por medio de una canal ligeramente inclinada que parte del agujero de colada y termina en el bebedero del molde; y en el segundo, se trasporta el metal en cazos desde el horno á los moldes. Ambos sistemas tienen aplicación, según las

circunstancias, á la fundición en hornos de reverbero, cubilotes y calderas; pero cuando se funde en crisoles, la colada se hace únicamente, vertiendo en el molde el contenido de uno ó más de ellos.

358. Fosas.—Para que la colada pueda verificarse directamente, es indispensable que la parte superior de los bebederos de los moldes esté por debajo del plano horizontal que pasa por el agujero de colada; y como el desnivel entre éste y el suelo del taller es generalmente menor que la altura de aquellos, hay necesidad de practicar una excavación ó fosa próxima á los hornos, para recibir todos los moldes preparados.

Aun cuando la colada no se haga directamente, las fosas son también de utilidad en el caso de operar con moldes de gran altura, los que si se colocasen sobre el suelo del taller, exigirían rampas ó andamios para subir los cazos al nivel de los bebederos.

359. La forma de las fosas es en general arbitraria, dependiente en cada establecimiento de las condiciones del taller, número y disposición de los hornos y dimensiones de los objetos que se fabrican. Las paredes son verticales y están revestidas con mampostería, dejando algunos agujeros, que sirven para la colocación de tornapuntas y de los andamios necesarios al trabajo.

Las fundiciones de cañones son las que necesitan generalmente fosas más profundas, por la gran longitud de los moldes y por la disposición vertical que deben tener. La fosa común á ocho hornos de reverbero en la fábrica nacional de Trubia, tiene doce metros de profundidad; circunstancia que exige el empleo de ventiladores para la renovación del aire en su interior, durante el trabajo de colocación de los moldes.

360. Colocación de los moldes en la fosa.—Conocida la altura total del molde que se trata de disponer, se prepara sobre el fondo de la fosa, un firme asiento con tierra apisonada ó con vigas apoyadas en las paredes laterales, de tal manera que al colocar el molde sobre él, la parte superior de la mazarota ó bebederos quede á nivel con el borde de aquella, que generalmente se encuentra un poco más bajo que los agujeros de colada de los hornos. Las diferentes partes del molde se arman en el interior de la fosa, principiando por situar con cuidado la caja inferior, que se asegura sólidamente en el lecho preparado, y continuando con la colocación sucesiva de todas las demás, hasta completar el conjunto.

Cuando el molde ha adquirido la posición que debe tener, se le mantiene y fija por medio de barras ó tornapuntas de hierro, apoyadas en las cajas y en las paredes ó suelo de la fosa.

361. En los casos en que deban disponerse varios moldes en la misma fosa, habrá necesidad de tomar en consideración sus diferentes alturas al preparar los distintos planos de asiento, á fin de que colocados aquellos, queden á un mismo nivel sus bebederos ó mazarotas.

362. Para mantener verticalmente los moldes de barro, empleados frecuentemente en las fundiciones de bronce, se sustituyen las tornapuntas de que hemos hablado, con tierra apisonada, que se va repartiendo por capas y apretando con pisones de hierro, hasta llenar por completo la fosa. Para que la tierra se apelmace mejor, es costumbre humedecerla antes de echarla en la fosa; pero esta humedad es contraria á los moldes que podrían absorberla, y si por alguna filtración inesperada de metal se llegase á evaporar rápidamente al agua que contiene, daría lugar á una explosión.

Como el desenterrado de los moldes en fosas profundas es muy penoso, en algunas fundiciones se ha adoptado el partido de encerrar aquellos en cajas de moldear en arena, pero de mayores dimensiones; las cuales se sobreponen y arman sucesivamente, rellenando con tierra el espacio anular, de la misma manera que se practica el moldeo en cajas.

La consolidación de los grandes moldes de barro que tienen formas complicadas, como son generalmente los de las estatuas, se lleva á cabo ventajosamente con asientos y pilares de mampostería, y aun muchas veces se rellena además la excavación ó fosa con tierra apisonada.

363. Canales.—Para conducir el metal desde el horno á los moldes, cuando la colada se hace directamente, se construyen con arena, barro ó ladrillos refractarios, canales ligeramente inclinadas, para que la fundición corra sin dificultad.

Cuando toda la carga de un horno se emplea para llenar un solo molde, basta una canal practicada en el espacio comprendido entre el agujero de colada y el borde de la fosa; canal que se prolonga hasta el mismo bebedero, cuando el molde está enterrado; pero si éste está sostenido con tornapuntas, es necesario hacer uso de una canal de chapa de hierro llamada comunmente *artesa*, que apoyada por su parte superior

en el borde de la fosa, salva en forma de puente el espacio vacío. Esta artesa (fig.ª 67), que se reviste interiormente con arena ó barro refractario, se empotra en prolongación de la canal de las arenas por el extremo abierto *a*, de tal manera, que el conducto *c* situado cerca del extremo cerrado *b*, quede en el centro del bebedero ó mazarota que ha de recibir el metal.

364. Cualquiera que sea el material que se emplee en la construcción de la canal y en el revestimiento de la artesa, es necesario privarle de humedad, cubriéndolo con carbón encendido, que se retira poco antes de la colada para dejar expedita la canal. Si se forma alguna grieta durante la cocción, se recompone inmediatamente con arcilla, para que no haya fugas de metal.

365. Para que las escorias é impurezas que salgan del horno con el metal no lleguen á entrar en el molde, se hace uso de una *tajadera* ó compuerta, que se coloca perpendicularmente á la dirección de la canal y se fija en la arena de sus costados, de manera que limitando su sección, obstruya el paso de las escorias que sobrenadan en el líquido. Esta *tajadera* puede ser un ladrillo refractario; pero se hace con preferencia de chapa de hierro, revistiéndola con arcilla que se deseca antes de emplearla.

366. Cuando el metal fundido en varios hornos deba ser colado en un solo molde, se construyen tantas canales como agujeros de colada y se les da una dirección convergente, para reunir las á otra de mayor anchura que se prolonga hasta el bebedero. Cada canal se prepara de la misma manera que en el caso anterior dotándola de su correspondiente *tajadera*. La última deberá tener suficiente amplitud para dar paso al metal que llegue por todas las demás, y cuando haya de salvar el espacio hueco de la fosa, se le añade una artesa de igual sección.

Siempre que la evacuación del metal se haga simultáneamente por todos los agujeros de colada, será conveniente practicar un depósito en la unión de las canales, con objeto de mezclar el producto de los diferentes hornos, antes de conducirlo por la canal principal.

367. Por último, en el caso que la carga de un horno se destine á llenar dos ó más moldes, se abre por debajo del agujero de colada, una canal que después se ramifica en otras que terminan en los bebederos, y se colocan en éstas las *tajaderas* para la detención de las escorias.

Como no sería prudente hacer la colada á la vez en varios moldes, se cierran todas las canales menos una, con otras tajaderas que interceptan el paso del metal después de abierto el agujero del horno.

368. La misma ramificación de la canal debe adoptarse también, cuando sea un sólo molde el que se llena y tenga varios bebederos; como sucede en los de grandes dimensiones y formas complicadas.

369. En todos los casos, es conveniente disponer preventivamente una canal, que derivándose de la principal, termine en una lingotera ó en una caldera colocada en la fosa: esta canal permanece cerrada durante la colada, abriéndose después de llenar el último molde, para recoger en el depósito indicado el metal sobrante que pudiera existir.

Esta precaución, que resulta innecesaria si la carga de los hornos se calcula con exactitud, debe adoptarse siempre, para hacer frente á las eventualidades que pudieran ocurrir durante la operación, como sucedería si se rompiese un molde.

370. Colada.—Dispuestos los moldes como se ha dicho, y preparadas y limpias las canales, se lleva á efecto esta operación en el momento en que el metal está *á punto de colada*. Para ello se empieza por quitar con una cuchara metálica, parte de la arcilla que cierra el agujero del horno, el que se abre después picando con un hurgón de hierro: el vástago de este es ligeramente encorvado, para que el obrero pueda colocarse fuera de la dirección de la vena líquida, cuyas primeras gotas podrían herirle al salir con violencia.

Abierto el agujero de colada, el metal corre hacia los moldes; y un operario regula su entrada cerrando parcialmente el conducto de la artesa, con un tapón tronco-cónico de barro cocido colocado al extremo de una barra; mientras que otro obrero provisto de una pala revestida de arcilla, retira de la canal las escorias que la tajadera no detiene, para que no lleguen á los bebederos.

371. Cuando el producto de varios hornos se destina á un solo molde, se abren simultánea ó sucesivamente todos los agujeros de colada, según se desee mezclar ó nó el producto de aquellos.

Si por el contrario, el metal para muchos moldes se ha fundido en un solo horno, la corriente metálica que sale por el agujero de colada, se dirige al primer molde por la única canal expedita. Cuando se concluye de

llenar, se hunde en las arenas hasta el fondo de la canal, la tajadera que interceptaba las escorias; y para hacer que el metal llegue al segundo molde, se levanta al mismo tiempo la tajadera que antes obstruía su paso en la canal correspondiente; continuando después con la misma maniobra á medida que se van llenando los moldes; es decir, se abre ó se cierra el paso del metal por los distintos ramales hasta que se termine la operación.

La maniobra de las tajaderas-compuertas se ejecuta golpeando con un martillo las que han de descender y tirando por medio de un gancho de las que deban levantarse.

372. Como se ha dicho al tratar de la construcción de moldes, en el momento de la colada se producen gases y vapores que se escapan por las juntas de las cajas y por los respiraderos hechos con este objeto: para facilitar su desprendimiento se colocan en las uniones verticales de las cajas inferiores de los moldes, algunos cabos de vela ó teas encendidas, que inflaman los gases combustibles en el momento de salir, produciéndose un tiro del interior al exterior. Se emplea para este mismo objeto, una barra de hierro enrojecida por un extremo; medio generalmente usado para los moldes pequeños.

Si al llenar los moldes se percibe hervor en la masa metálica, es una prueba de que contienen humedad en exceso que produce gran desarrollo de vapores; en este caso es preciso moderar la entrada del metal, hasta que cese la agitación.

373. Para que las mazarotas llenen más cumplidamente su objeto, se retarda la solidificación en lo posible, cubriendo la superficie libre del metal inmediatamente después de la colada, con carbón vegetal ó cok, el que se enciende instantáneamente á su contacto y disminuye la rapidez del enfriamiento.

374. Durante la operación de la colada hecha directamente, es necesario examinar con cuidado el estado de los moldes; y cuando en alguno de ellos se produzca rotura ó haya escapes de metal, deberá interrumpirse la corriente líquida y conducirla á otros moldes ó á la lingotera destinada preventivamente á este fin. Se intentará también tapar el agujero de colada, para moderar la salida del metal y ganar tiempo con objeto de remediar los desperfectos causados, si fuese posible.

375. Colada por medio de cazos ó calderas.—Los recipientes destinados á trasportar el metal desde el pié del horno á los moldes, son de chapa ó fundición de hierro y afectan comunmente la forma tronco-cónica, (fig. 68), con uno ó dos vertederos *a*, en su borde: su capacidad es muy variable, no baja ordinariamente de 50 kg. el peso del metal que pueden contener y no debe exceder de 150 si aquellos han de ser manejados por dos operarios. Los que varían entre estos límites se denominan *cazos*, que se manejan con el auxilio de un aro con dos mangos, (fig.^a 69), recto el uno y ahorquillado ó en forma de T el otro, para facilitar la maniobra de verter el metal en los moldes.

376. Los recipientes de mayor tamaño, que se llaman *calderas*, se trasportan en carretillas ó por medio de grúas ó cabriolés; y están provistos de dos muñones diametralmente opuestos, colocados á la altura del centro de gravedad, que les permite girar para derramar el contenido.

La fig.^a 70 representa una caldera de palastro reforzada exteriormente con bandas, que puede trasportar 6.000 kg. ó más de fundición: sus muñones *a*, *b*, descansan en dos cojinetes abiertos en el aparato de suspensión A C B, que tiene la argolla C para enganchar la cadena de la grúa. Un husillo sin fin *c*, montado en una de las barras de la suspensión, engrana con la rueda dentada D fija á uno de los muñones de la caldera, y puede recibir movimiento de rotación por medio de la manivela E. El esfuerzo de un solo obrero aplicado á dicha manivela, es suficiente para que, inclinando la caldera cuanto sea preciso, se derrame el metal por el vertedero *m*. Dos varillas de hierro que arrancan de los brazos verticales de la suspensión, sirven para dirigir la marcha de la caldera y evitar el balanceo que pudiera ocasionar el movimiento de la grúa.

377. Cualquiera que sea la forma y magnitud del recipiente, es indispensable prepararlo de antemano para que el metal no se adhiera, ni corroa sus paredes: esta preparación se hace revistiéndolas interiormente con arcilla diluida en agua, que se aplica con una brocha por capas sucesivas, hasta obtener un espesor de algunos milímetros, y recociéndolas después para privarles de humedad.

378. Los cazos ó calderas, así como las tajaderas, hurgones y demás útiles que se emplean en el acto de la colada, deben revestirse de arcilla

y calentarse, para evitar que el metal fundido *salle* en gotas al ponerse en contacto con las paredes frías del recipiente.

379. El acto de recibir la fundición en los cazos debe realizarse con sumo cuidado y gran método: dos operarios colocan debajo del agujero de colada, uno de los recipientes que sostienen en alto hasta la salida del metal, dejándolo después en el suelo para que se acabe de llenar. Cuando el primer cazo está próximo á llenarse, otros dos operarios interponen en la vena líquida un segundo recipiente que mantienen suspendido mientras se retira el de abajo, y colocan después en el sitio que este ocupaba, para seguir el trabajo en las mismas condiciones. Esta maniobra, que se ejecuta con tanta mayor celeridad cuanto menor sea la capacidad de los cazos, y que se continúa mientras haya metal fundido en los hornos, exige un crecido número de recipientes.

380. La operación tiene lugar en análogas condiciones cuando el metal se recoge en calderas; y para evitar en uno y otro caso el desprendimiento de chispas y gotas que podrían herir ó molestar á los obreros, debe procurarse que la vena líquida no choque con violencia. Teniendo presente esta circunstancia y la necesidad de sobreponer dos cazos ó calderas en el momento del relevo, es preciso preparar un suelo al pié del horno, de manera que quede por debajo del agujero de colada, á una distancia poco mayor que el doble de la altura de los recipientes que se usan.

381. Después de lleno cada cazo, se trasporta al emplazamiento de los moldes, en donde el operario que lo sostiene por el mango ahorquillado, lo inclina hacia el bebedero para verter con regularidad su contenido, hasta llenar el molde. Otro operario separa al propio tiempo las escorias con una barra de hierro, la que aplica á las junturas de las cajas para inflamar los gases combustibles, después de enrojecida por su extremo.

Si un cazo no basta para llenar un molde, se completa éste con el metal de otro, sin pérdida de tiempo, para no dar lugar á que se enfrie el que primeramente se introdujo; y cuando la capacidad del primero sea mayor que la del molde, se cuela el metal restante en otro, ó se vierte en un segundo cazo que esté en las mismas circunstancias, para reunir mayor cantidad y continuar la colada de otras piezas.

382. Se ha supuesto hasta aquí, que el metal se fundía en hornos de

reverbero ó en cubilotes; cuando esta operación tiene lugar en crisoles, no hacen falta los cazos para la colada, porque ésta se efectúa con los mismos crisoles, auxiliándose de tenazas y palancas; y si el metal se liquida en calderas, bastan unos pequeños cazos enmangados, que se llaman cucharas, para extraerlo y llenar los moldes.

383. Modo de hacer la colada en cada caso.—En los hornos de cubilote, que en general se establecen en las fundiciones, dedicados á fabricar numerosos y variados objetos de dimensiones poco crecidas, se hace ordinariamente la colada por medio de cazos y calderas; mientras que la colada en los hornos de reverbero, destinados á obtener masas considerables de fundición, se realiza casi siempre por el intermedio de canales.

Independientemente de la clase de hornos en que se hace la fusión, los cazos tienen aplicación ventajosa, cuando la colada se dispone para gran número de moldes pequeños, y también en el caso de llenarse algunos de grandes dimensiones, que por cualquiera circunstancia no se hayan podido colocar en la fosa por debajo del nivel del agujero de colada.

384. Conclusión.—Cuando se ha concluido de verter en los cazos el metal contenido en el crisol y han salido las escorias, se cierra el agujero de colada del cubilote con un tapón de arcilla colocado al extremo de una barra y se preparan otros moldes en el taller, mientras se depositan nuevas cantidades de metal fundido en el crisol, para repetir la operación de la colada, haciendo otra sangría al horno.

385. Al abrir el agujero de colada, deben tenerse dispuestos moldes en número suficiente para agotar todo el metal depositado en el crisol, á fin de disminuir el gasto de combustible y no perder tiempo con la repetición excesiva de sangrías.

386. En los hornos de reverbero se cuela de una sola vez el baño fundido, y deben desviarse de la dirección de los moldes, con palas y tajaderas, las escorias y materias extrañas que sobrenaden en el líquido, y que al final de la operación salen mezcladas con las últimas porciones de metal.

La conservación de esta clase de hornos exige que permanezcan cerradas todas las puertas después de la colada, para que el enfriamiento de sus paredes tenga lugar con lentitud.

387. Barras de prueba.—Para juzgar con algún acierto de la calidad del producto fundido, se separan con una cuchara, en el acto de la colada, pequeñas porciones de metal, que se cuelan en moldes para obtener barras; éstas se someten después de frías, á pruebas de resistencia y á un prolijo examen de su fractura. Tal reconocimiento, que puede ser ampliado con el análisis químico y la determinación de la densidad, ejecutado con barras de igual tamaño procedentes de todas las coladas, suministra preciosos datos que sirven de norma para determinar ó modificar las mezclas de fusión y para conducir convenientemente el trabajo.

Si la colada se extiende á una masa considerable de fundición, se sigue la práctica de sacar tres muestras correspondientes al metal que respectivamente aparece al principio, medio y fin de la operación; para apreciar de este modo las diferencias que pudiera haber y adquirir un conocimiento más exacto de sus cualidades y de las condiciones de las piezas obtenidas por moldeo.

DESMOLDEO.

388. Ejecución —Después de solidificado completamente el metal contenido en los moldes, se procede á descubrir las piezas obtenidas por este medio, practicando la operación que se conoce con el nombre de *desmoldeo*, cuyos detalles varían según sea el sistema de moldería empleado.

389. La elevada temperatura del metal fundido al entrar en los moldes de arena, produce en esta materia una calcinación que destruye su plasticidad: por efecto de esta circunstancia, el desmoldeo queda reducido á desarmar el molde retirando las cajas que lo constituyen, y á separar con palas ó rascadores las arenas que no habiéndose desprendido por sí solas, quedan unidas á la superficie de la pieza.

El despojo de las almas en piezas huecas, que constituye una parte del desmoldeo, se ejecuta retirando primeramente el arbolillo que les servía de sostén, fraccionando después con hurgones y martillos la materia que las formaba, y extrayéndola en pedazos, hasta dejar limpio el hueco correspondiente. Las almas de gran tamaño construídas sobre el suelo

del taller, se desbaratan después de levantar con máquinas de fuerza las piezas metálicas.

390. El endurecimiento y consistencia que el barro presenta después de la colada, hace más dificultosa la operación que nos ocupa en los moldes contruídos con dicha materia: el barro se arranca en estos casos con picos; los herrajes se levantan con tenazas, piés de cabra y otros útiles, y se retiran con cuidado á medida que van apareciendo; trabajo que se continúa hasta dejar descubierta la pieza fundida.

391. Para desmoldear los objetos colados en matrices metálicas ó moldes permanentes, se quitan los pernos ó chabetas que sujetan sus diferentes partes, y se separan éstas, auxiliándose de grúas si fuese necesario.

392. Después de desembarazar las piezas fundidas, de la materia que ha servido para darles forma, es preciso quitarles los apéndices unidos á ellas, que provienen de la solidificación del metal que ha ocupado los bebederos y respiraderos; estos excedentes se rompen por el cuello del talón, que es la parte menos resistente, dando un martillazo en su proximidad.

393. Influencia de un desmoldeo inmediato —Las piezas desmoldeadas, inmediatamente después de la solidificación sufren al contacto del aire atmosférico un enfriamiento rápido que modifica las propiedades físicas del metal. Ordinariamente después de solidificado, se deja enfriar el metal durante algún tiempo en el interior de los moldes antes de practicar el desmoldeo; pero cuando las piezas fundidas necesitan adquirir las propiedades que el enfriamiento rápido da á algunos metales, debe ejecutarse la operación en cuanto haya tomado la solidez necesaria.

394. No es prudente dejar enfriar con lentitud, en el interior de los moldes, las piezas huecas ó las que tienen grandes salientes; porque la contracción que experimenta el metal por el descenso de temperatura, reduce su volumen, tiende á disminuir el hueco interior, y acorta las distancias entre las partes salientes. Cuanto mayor es el endurecimiento de las almas y de las masas de arena ó barro que separan los salientes ó nervios de la pieza fundida, más resistencia opone á los movimientos de la contracción del metal; y como esta resistencia puede ocasionar rotura ó



quebranto en alguna parte del objeto, es muy útil desbaratar las almas y aflojar los macizos que hay entre los expresados salientes, inmediatamente después de la solidificación.

Cuando los moldes son metálicos, se procede análogamente, retirando las matrices que se opongan á la contracción de la pieza; y si dada la índole de esta y la naturaleza de su metal, se quiere que no experimente enfriamiento rápido, se recubre la parte desmoldeada con arena seca ó con polvo de carbón.

En la fundición de tubos de corta longitud que exigen almas de gran tamaño, el efecto señalado es bastante sensible; y es indispensable romper ó aflojar las almas, para que la contracción del metal que tiende á disminuir el diámetro del tubo, no produzca su rotura á lo largo de una generatriz.

395. Los bebederos y respiraderos forman grandes salientes, que aprisionados en el interior de las masas endurecidas de arena ó de barro, se oponen cuando son varios, á la regular contracción de la pieza; para que ésta se verifique en las mejores condiciones, se rompen aquéllos poco después de la colada, al propio tiempo que se procede si es preciso al desmoldeo parcial que se ha indicado.

ARTÍCULO 4.º

RECONOCIMIENTO Y PRUEBAS DE LAS PRIMERAS MATERIAS, Y DE LOS PRODUCTOS.

RECONOCIMIENTO Y PRUEBAS DE LAS PRIMERAS MATERIAS.

396. Datos que deben reunirse.—Los lingotes, salmones, galápagos, barras, torales y demás piezas metálicas, deben ser examinados cuidadosamente en cuanto afecte á todas sus propiedades y circunstancias particulares, antes de ser admitidos como primeras materias de la fabricación de objetos colados, para desecharlos ó apreciarlos convenientemente.

temente. A este fin se procede á reunir todos los datos, haciendo las observaciones que puedan proporcionarse por los siguientes medios:

- A** — *Por los antecedentes que se tengan de los materiales.*
- B** — *Por el examen de la fractura, aspecto exterior y demás caracteres físicos.*
- C** — *Por el análisis químico.*
- D** — *Por pruebas de resistencia.*
- E** — *Sometiendo los materiales á trabajos determinados.*
- F** — *Construyendo un objeto igual ó en condiciones semejantes á las piezas que deben fabricarse.*

397. A — Antecedentes.—La procedencia de los lingotes ó barras que se presentan para ser reconocidos, es uno de los datos que suministran más luz para juzgar su calidad. Basta en muchos casos saber la mina de donde procede el mineral, y el combustible y procedimiento empleados en la reducción, para admitir sin más requisito el metal correspondiente. Cuando el crédito del establecimiento productor no es suficiente garantía, ó cuando se ignoran los antecedentes, es preciso recurrir á otros datos que justifiquen la buena ó mala calidad de los materiales.

398. B — Examen de la fractura, aspecto exterior y demás caracteres físicos.—El aspecto general y el color de los metales, y aun mejor el detenido examen de su constitución molecular hecho en las caras descubiertas por una rotura violenta, es un medio que sirve de guía para apreciar la calidad. La comparación entre varios ejemplares y alguna práctica en este género de observaciones, es suficiente para percibir los caracteres distintivos que se han mencionado al tratar de las propiedades de los metales. (Capítulo I.)

El aspecto de las superficies después de pulimentadas ó tratadas con algún reactivo, puede servir en algunos casos para formar idea aproximada de la clase y calidad del metal.

En la actualidad se hace uso del microscopio para estas observaciones; con cuyo instrumento se aprecian mucho mejor las pequeñas diferencias, percibiéndose los componentes en algunas aleaciones y el carbono no combinado en las fundiciones grises; pero su empleo requiere mucho detenimiento y un especial estudio, para no confundirse y equivocarse con las sombras producidas por las desigualdades en las fracturas, ó por el

diferente tamaño con que aparecen los cristales ó granos, según estén ó no situados en el eje del aparato.

Deben también observarse la sonoridad y algunas otras propiedades características que poseen varios metales; como sucede al estaño con el ruido especial que produce cuando las barras se doblan.

399. La densidad es otro de los datos que conviene tomar siempre en consideración para apreciar la calidad de los metales. Por regla general, tratándose de cada metal en particular, cuanto mayor es el número que mide dicha propiedad, más grande es la resistencia, mayor la dureza, y mayor también la homogeneidad.

400. C — Análisis químico.—La presencia de algunos cuerpos, ya estén combinados, ya en estado de mezcla ó de disolución, ejerce una influencia en las propiedades de los metales, que no debe ser desconocida. Es por lo tanto de importancia el estudio químico de su composición; pero no deben tomarse los resultados del análisis como dato suficiente para juzgar de la calidad del material, porque algunos componentes ó cuerpos extraños entran en tan pequeñas dosis, que su presencia no se pone de manifiesto en los laboratorios y sin embargo ocasionan alteraciones bastante notables en la resistencia y en las demás propiedades.

401. D — Pruebas de resistencia—La ejecución de varias pruebas con objeto de ver el grado de resistencia que el metal opone á la tracción, compresión y flexión, así como también la medida de su elasticidad, proporcionan datos seguros para clasificar los lingotes y barras destinadas como primera materia á la fabricación de objetos.

402. Resistencia á la tracción.—Las pruebas de resistencia á la tracción se efectúan sobre una barreta cortada en frío de uno de los lingotes, que se tornea hasta darle la forma representada en la fig.^a 71, determinando con bastante exactitud el diámetro del cilindro central, cuya sección no debe bajar de 50 mm². Sujeta fuertemente la barreta por uno de sus extremos, se ejerce en el otro un esfuerzo que se aumenta gradualmente, hasta producir alargamientos elásticos primero, después alargamientos permanentes y por fin la rotura.

Antiguamente los esfuerzos de tracción se ejercían con pesos colgados directamente, ó bien se aplicaban á la extremidad de un largo brazo de

palanca, ligada por el opuesto á la barreta; pero hoy día se hace uso en los establecimientos de alguna importancia, de aparatos de gran precisión y potencia, que no solamente facilitan la operación y garantizan la lenta y creciente progresión de los esfuerzos, sino que permiten también medir los alargamientos que sucesivamente se van produciendo.

403. Máquina de probar metales.—Un aparato de este género que podemos tomar como tipo, es el que existe en la fábrica nacional de Trubia, perteneciente al sistema Thomaset modificado por el coronel Maillard.

El conjunto de la máquina está representado en sección en la fig.^a 72: consta de dos fuertes mordazas A y B, unidas por dos vástagos á los émbolos D y C, que juegan en el interior de los cilindros X y R, asentados por el intermedio de muñones; el primero sobre el basamento ZZZ, y el otro sobre la peana P, que puede resbalar á corredera en sentido de la longitud de aquél. Este movimiento tiene lugar mediante la rotación de la tuerca O mantenida en el basamento, que imprime una tracción al husillo L, el que á su vez arrastra á la peana P.

El tubo N conduce el agua á gran presión al espacio *a* del cilindro X, que comunica con el manómetro metálico M graduado en 200 divisiones, correspondientes á diferentes presiones medidas en kilogramos por centímetro cuadrado de la base anular del émbolo, representando la indicación máxima un esfuerzo algo mayor de 62.600 kg. El espacio cerrado *b* del otro cilindro se llena de agua, y la presión que esta soporta durante la experiencia da la medida exacta de la tracción ejercida en la barreta.

404. Para hacer uso del aparato, se coloca la barra de prueba *d* sujeta por sus dos extremos á las mordazas, y por medio del volante Y se aumenta la distancia que separa á los émbolos, para poner en tensión la barra y producir una compresión inicial en el agua de ambos cilindros. Dispuesto así el aparato, se inyecta por el tubo N el agua procedente de una potente prensa hidráulica, que ejerciendo una presión creciente en la base del émbolo, desarrolla un esfuerzo de tracción sobre la barreta y es comprimida el agua encerrada en *b*.

La barra sometida al esfuerzo del motor, experimenta desde el primer momento, un ligero alargamiento que aumenta gradualmente; alargamiento tanto más sensible cuanto mayor sea la ductilidad del metal;

luego va perdiendo su forma cilíndrica y se manifiesta una estricción hacia el centro que indica el lugar de la rotura; y se produce esta por último, si el esfuerzo de tracción sigue aumentando. Se viene en conocimiento del grado de resistencia absoluta del metal, observando los manómetros metálicos en el momento de romperse la barreta, que acusan en todos los instantes las presiones ejercidas en el aparato.

405. Con el fin de apreciar con más exactitud los esfuerzos ejercidos sobre la barreta y marcar los límites de elasticidad y carga de rotura del metal, se emplea como auxiliar del aparato el manómetro multiplicador representado en la fig.^a 73, graduado en partes que representan presiones de 100 kg. hasta la que corresponde á 60.000 de tracción sobre la barra cuando el tubo N' está en comunicación con la cámara *b* (fig.^a 72).

Se compone este instrumento de un émbolo diferencial E que recibe por su base superior la presión del agua conducida por el tubo N', y la trasmite con su base mayor al mercurio que llena el recipiente *m*, en comunicación por el conducto *n* con el tubo manométrico T de 1,867 metros de altura. Dos discos obturadores de cauchuc impiden los escapes de agua y la salida del mercurio, y tres tornillos permiten comprimir ligeramente al émbolo contra el líquido metálico, para que la altura inicial de la columna coincida con el cero de la escala. Con la disposición diferencial del émbolo se consigue disminuir su curso y aumentar la superficie de presión sobre el mercurio, para regularizar sus movimientos y para que la columna manométrica no tenga excesiva altura; las superficies de las bases del émbolo de tracción y del diferencial, y la sección del conducto *n* de admisión del mercurio, están calculados de tal modo, que á la máxima tracción sobre la barreta, corresponde la altura de 1,867 metros en el manómetro.

406. Para observar y medir los alargamientos que sucesivamente experimenta el metal ensayado, tanto los elásticos que se verifican antes de quebrantarse la materia, como los permanentes que sufre después, se hace uso de un *micrómetro*, compuesto de dos anteojos de ejes perpendiculares á la dirección de la barra. Los anteojos del micrómetro están montados sobre peanas que pueden resbalar á lo largo de dos reglas graduadas fijas al montante de la máquina y colocadas paralelamente al eje matemático de los cilindros X y R (fig.^a 72). Dos husillos de tracción

con sus tuercas fijas á las peanas, producen la traslación de los anteojos con completa independenciam si los observadores encargados de estos instrumentos hacen funcionar á los husillos con el auxilio de manivelas. Dos nonius colocados en las peanas permiten apreciar con mayor exactitud la traslación de los anteojos.

407. Preparado el aparato de probar metales, como se ha indicado, y hechas previamente dos señales en los extremos de la barra cilíndrica que se trata de ensayar, se disponen los anteojos destinados á medir los alargamientos, de modo que sus ejes ópticos pasen respectivamente por los trazos marcados para que la lectura en los nonius dé á conocer la distancia que media entre ellos. Colocado un observador junto al manómetro de mercurio y otros dos delante de los oculares de los anteojos, se pone en acción la prensa hidráulica para ejercer un esfuerzo progresivo de tracción sobre la barra: esta se alarga uniformemente mientras la presión no llega á la carga del límite de elasticidad del metal; las variaciones que experimenta se miden siguiendo con los anteojos el movimiento de los trazos y leyendo en las reglas graduadas el camino recorrido, al propio tiempo que se observa la altura del manómetro. El mercurio asciende con regularidad al principio de la experiencia; sufre luego una detención momentánea que corresponde al límite expresado y es debida á la absorción de trabajo por el alargamiento permanente que desde este instante toma la barreta; y asciende por último sin uniformidad; se advierte por fin en la barra la estricción que predice la rotura, manifestándose esta poco después, acompañada de un ruido metálico y del rápido descenso del mercurio hasta el cero de la escala del manómetro.

408. La prensa hidráulica destinada al servicio de este aparato de probar metales, puede ser de cualquiera clase, con tal que desarrolle la potencia necesaria: la que con tal objeto funciona en la fábrica ya citada, es la que se diseña en la fig.^a 74. Un compresor EE, hueco y roscado en su interior, desciende lentamente en el cuerpo de bomba L, de donde arranca el tubo de pequeño diámetro N, que conduce el agua al aparato de prueba. El descenso del compresor está producido por la rotación del husillo D, que recibe por el intermedio de la rueda C y del husillo sin fin B, el movimiento desarrollado por el esfuerzo de dos hombres aplicado á los volantes paralelos A.

409. Resistencia á la compresión.—Para experimentar la resistencia de los metales á la compresión, se opera sobre pequeños cubos ó dados, porque los cuerpos sometidos á este género de esfuerzos tienden tanto más á la flexión cuanto mayor es la longitud con relación á la sección transversal.

El aparato que se acaba de describir, puede utilizarse para las pruebas de compresión, modificando únicamente la forma de las mordazas, para abarcar y comprimir el dado de prueba en sentido de las fibras, caso de que no sea granular la textura del metal.

410. Resistencia á la flexión.—También puede tener aplicación el aparato mencionado (403), para medir la resistencia de las barras á los esfuerzos de flexión, con sólo adicionar dos fuertes soportes que mantengan por sus extremos la muestra que se desee probar, en disposición de que sobre ella actúe la fuerza que anteriormente tendía á extender ó comprimir el metal.

Por su sencillez, damos cuenta del aparato representado en la fig.^a 75, destinado á las pruebas de flexión sobre barras fijas por uno de sus extremos. Sobre un basamento de fundición ZZ, está colocado y sujeto con fuertes pernos un cuerpo de prensa X abierto por sus bases, para recibir el compresor C en uno de sus costados, y en el otro el cilindro E destinado á ejercer presión sobre la barra de prueba D. El compresor C, hueco y roscado en su interior, recibe el husillo F, unido al cojinete V y terminado en el volante G. La barra de prueba se dispone verticalmente delante del cilindro, apoyándola en las cuchillas de acero X, X, encas-tradas en el basamento.

Fácilmente se comprenderá la manera de funcionar este aparato: la rotación del volante G obliga á avanzar al compresor C, que haciendo el efecto de una bomba de inyección, empuja fuertemente al cilindro E contra la barra D, por el intermedio del agua que ocupa la cámara H. Para asegurar la precisión del contacto, termina el cilindro E, lo mismo que las cuchillas X, X, en arista viva; pero como en los primeros momentos de la experiencia, penetran en el metal de la pieza y hacen sufrir á esta un movimiento que no debe confundirse con el principio de la flexión, los autores del aparato le han dotado de un instrumento al que han dado el nombre de *flectómetro*, destinado á medir la flecha de la

flexión y á contrarrestar al propio tiempo la causa de error indicada.

411. El flectómetro está formado por dos piezas de la forma indicada en la fig.^a 76, colocadas á ambos lados del basamento; unidas trasversalmente por dos cuchillas *m*, *n*, que se apoyan en la barra, y por la entretoesa *P* dotada de una caja para recibir á rozamiento fuerte la regla dividida *r*, destinada á medir la flexión. Cuando la barra *D* se inclina por efecto de la penetración de las cuchillas, oprime á la regla *r*, que en vez de resbalar dentro de su caja, transmite la presión al flectómetro que se mueve con la barra mientras queda huelgo entre esta y los contrapoyos *m*, *m*; pero cuando la penetración cesa, quedan estacionadas las cuchillas, y cediendo la regla al empuje de la barra, se introduce en su caja y va marcando la flecha que se desea medir.

412. Pruebas de resistencia á la percusión.—En los casos que se considere conveniente la experimentación de la resistencia de los metales al choque, se toma una barra prismática de sección cuadrada y colocándola horizontalmente sobre las aristas de dos apoyos fijos, se deja caer sobre su parte central un peso de forma esférica. Se repiten los golpes aumentando gradualmente la intensidad con la altura de caída, hasta producir la rotura de la barra de prueba ú ocasionar una curvatura determinada.

413. Otras pruebas mecánicas.—En algunos establecimientos se acostumbra también á someter la fundición de hierro y otros metales á una prueba especial, que consiste en introducir forzosamente un macho ó mandril tronco-cónico de acero, en un hueco de igual forma practicado en la muestra metálica que se reconoce. Dicho mandril tiene una generatriz graduada en milímetros para medir el avance durante la prueba, y apreciar por consiguiente la dureza relativa del metal y su mayor ó menor resistencia á desgajarse.

Quando las paredes del hueco tronco-cónico tienen un espesor uniforme, el esfuerzo aplicado sobre el mandril tiende á aumentar el diámetro del anillo, y por lo tanto sirve esta prueba para apreciar la resistencia del metal á la tracción ejercida en dirección anular, de una manera semejante á lo que sucede en los tubos de conducción de vapor, de aire comprimido y de agua, prensas hidráulicas y armas de fuego.

414. E — Sometiendo los materiales á trabajos de-

terminados.—A la reunión de datos suministrados por los medios anteriores (**A, B, C y D**), para juzgar de la calidad y circunstancias de los metales, conviene añadir los concernientes á la mayor ó menor resistencia que opongan al trabajo.

Con este objeto se someten algunos trozos de lingote ó barra á la acción de la lima y del cincel y aun también se taladran y se trabajan en el torno y en el cepillo; se templan y recuecen después algunas muestras para observar la modificación que experimentan sus propiedades, y si los metales tienen maleabilidad, se les forja en frío y á diferentes grados de calor. Lo que más principalmente debe estudiarse en el caso presente, en que los materiales se dedican á trabajos de fundición, es el grado de fusibilidad que posean, la mayor ó menor fluidez que presenten, y la cantidad de escorias y merma que se produce; para lo cual, se funde una pequeña cantidad en un crisol, y una vez vertido el baño en una lingotera, se examinan los fenómenos de la solidificación y el cambio de volumen que experimenta el metal.

La barra obtenida en estas pruebas, es sometida á un detenido examen de su aspecto y propiedades físicas (**B**), y aun también se procede al análisis químico (**C**), y á las pruebas de resistencia (**D**), si se cree necesario.

415. F — Construyendo un objeto igual ó en condiciones semejantes á las piezas que deben fabricarse.—El medio más directo y concluyente de examinar ó confrontar las cualidades de un metal, antes de tomarlo como primera materia constitutiva en la fabricación corriente de objetos dados, es construir uno ó más ejemplares de estos objetos por vía de ensayo.

Durante la construcción deberá observarse el aspecto que sucesivamente vaya tomando la materia y se examinará la transformación de sus propiedades (**B**), así como la mayor ó menor facilidad y economía con que se verifiquen las diversas operaciones (**E**).

Elaborado el objeto, se procede á su experimentación, que ordinariamente versa sobre la resistencia en armonía con el destino que se le debe dar. Estas pruebas se ejecutan haciendo soportar á las piezas un esfuerzo que en un principio es próximamente igual al que debe sufrir en las condiciones normales de su aplicación, y que después va aumen-

tándose gradualmente hasta producir la rotura; lo cual nos dará idea no solamente de la resistencia absoluta del metal, sino también de la relativa con respecto á la forma y dimensiones del objeto, y por lo tanto se podrá determinar de una manera directa la carga de seguridad.

Cuando los objetos de cuya fabricación se trata sean de grandes dimensiones y de costosa construcción, el ensayo puede limitarse á una pieza menor, de condiciones análogas, y que de la experimentación de esta pueda deducirse la resistencia de aquéllas.

416. Recepción.—La reunión de datos que proporcionan los medios mencionados, es suficiente para clasificar convenientemente los metales y para apreciar su calidad; de manera, que en cada establecimiento industrial se aplicarán dichos conocimientos á los materiales que deban adquirirse, para aceptarlos ó no, y dedicarlos en caso de admisión á la elaboración de objetos más ó menos importantes, siempre por supuesto que las condiciones económicas estén en consonancia con la calidad de aquellos.

417. Primeras materias cooperativas.—El reconocimiento y recepción de los combustibles, de los fundentes, de las arenas de moldear y demás primeras materias cooperativas, se hace de una manera análoga á lo explicado para las constitutivas.

Los medios A B y C proporcionarán gran número de datos para juzgar de la calidad de los materiales; las pruebas de resistencia no tienen aplicación en estos casos; y los demás medios experimentales E y F, deben ser modificados con arreglo al objeto á que se destinen las primeras materias. Así por ejemplo, el reconocimiento de combustibles deberá versar sobre la facilidad que tengan para quemarse, el calórico que produzcan, las cenizas que dejen, etc.; para lo cual, se operará con ellos en hornillos, sin perjuicio de ensayarlos también en la marcha de un cubilote ú horno de reverbero, según sea la aplicación que deban tener, examinando después las alteraciones que se hayan originado en los metales fundidos.

RECONOCIMIENTO Y PRUEBAS DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS POR FUSIÓN Y MOLDEO.

418. Defectos y sus causas.—Después de efectuado el desmoldeo (388 y siguientes), se reconocen las piezas metálicas descubiertas para ver si han resultado en buenas condiciones ó si tienen defectos que hacen desmerecer su valor ó las inutilizan. Con este objeto, se someten á una serie de observaciones análogas á las expresadas para los metales que nos han servido de primera materia; pero como la mayor parte de los defectos con que resultan las piezas coladas, pueden ser atribuidos á vicios ó descuidos en los procedimientos empleados en la *moldería, fusión, colada y desmoldeo*; al propio tiempo que se señalen aquéllos se hará el estudio de las causas que puedan motivar las imperfecciones.

Los defectos que con más frecuencia aparecen en las piezas fundidas, provienen de diferentes causas, de las que se consideran como más principales las siguientes:

- A** — *La mala ó impropia calidad de la primera materia.*
- B** — *La defectuosa marcha en el trabajo de fusión.*
- C** — *El cálculo equivocado sobre la contracción del metal.*
- D** — *La desacertada elección y preparación de los materiales de moldeo y mala confección de las almas y moldes.*
- E** — *Colocación defectuosa de los bebederos y respiraderos.*
- F** — *Descuido en la operación de la colada.*
- G** — *Un desmoldeo inoportuno.*
- H** — *La forma impropia de las piezas para ser obtenidas por fundición.*

419. A — Los defectos, de *no haber resultado el metal con las propiedades requeridas*, la presencia de *manchas, vetas ó puntos*, debidos á materias extrañas, y la aparición de *cavidades llenas de grafito* en las piezas de fundición de hierro, deben ser atribuidos á la *mala ó impropia calidad de la primera materia*. Para evitar tales imperfecciones, es indispensable que los materiales que formen la carga de los hornos, reúnan buenas y determinadas condiciones en consonancia con las que se exigen al producto, debiendo tenerse presente al elegirlos, que la refundición

puede modificar su constitución y propiedades, en muchas ocasiones. En este concepto y para que en todos los casos, al hacerse la colada, pueda el baño reunir las condiciones que se deseen, deben tomarse siempre los metales simples en el estado de mayor pureza, y en la proporción conveniente cuando han de formar aleaciones; y las fundiciones de hierro y acero deben entrar con el grado de carburación que se requiere.

420. B — Si á pesar de la esmerada elección de la primera materia, los defectos mencionados aparecen en las piezas coladas, es preciso atribuirlos á otra causa, cual es la *defectuosa marcha en el trabajo de la fusión*. En los hornos de reverbero y más particularmente en los cubilotes, el combustible puede introducir azufre ú otras sustancias nocivas que alteran la pureza y propiedades físicas de los metales; la acción oxidante, descarbura en exceso las fundiciones, y produciendo merma más sensible en alguno de los componentes de las aleaciones, varía la proporción señalada; por último, la excesiva carburación y las circunstancias anormales en la fusión, ocasionan muchas veces los defectos expresados. *La falta de homogeneidad en el metal* de las piezas fundidas, es imperfección debida á esta misma causa, y para evitarla es necesario berlingar con cuidado el baño durante su formación y antes de hacerse la colada.

421. C — El defecto de *no resultar las piezas con las dimensiones que han de tener*, es motivado por *un cálculo equivocado de la contracción del metal* y haber construído los modelos y los moldes sin el exceso conveniente de magnitudes.

422. D — Las *excrecencias* de metal mezclado con la materia del molde, debidas á un principio de vitrificación que este ha experimentado; *las bolsas ó jorobas* que aparecen en la superficie de las piezas, por efecto de la flojedad en las paredes del molde; los *senos y granos de arena* interpuestos en la masa metálica, debidos al desprendimiento de aristas y partes delicadas; y por último, *las grandes rebabas*, son defectos inherentes á las *malas condiciones de los moldes*, ya sea por no usar materiales buenos, bien preparados y suficientemente refractarios, ya sea por no apretar bien las arenas, ya en fin por falta de ajuste en las cajas y sus diferentes partes.

423. E — El grave defecto de *quebrarse* las piezas cuando se enfrían en el interior de los moldes; *la falta de materia en alguna de*

sus partes, y las ampollas ó escarabajos situados ordinariamente en los puntos más altos, se atribuyen en muchas ocasiones á la solidificación de los bebederos, que se opone á la contracción regular del metal, á la *carencia de bebederos*, que colocados oportunamente harían llegar con facilidad la fundición á todas las cavidades del molde, y á la *desacertada posición ó falta de respiraderos* destinados á dar salida á los gases é impurezas.

424. F — Los mencionados defectos, de no resultar completas las piezas, los senos de arena, las desuniones superficiales, las ampollas y escarabajos, reconocen también por causa el *descuido en el acto de la colada*: un choque violento de la vena líquida, puede degradar el molde y dar lugar á que las arenas desprendidas interrumpen su paso ó se mezclen con él; la admisión excesiva de metal desarrolla gran cantidad de gases, que no teniendo fácil salida, originan la formación de ampollas; y la entrada de escorias en el molde, ocasiona suciedades y escarabajos en la superficie.

La baja temperatura del metal al llenar los moldes, da también origen á los defectos señalados, por la falta de fluidez y la prontitud en la solidificación que no da tiempo para el desprendimiento de los gases.

Por otra parte, el choque ó la mala dirección de la vena líquida en el interior de los moldes, pueden dar lugar á que algunas gotas sean lanzadas á cierta distancia y se enfríen ó solidifiquen antes de que el metal líquido llegue al sitio que ellas han ocupado prematuramente. La escasa adherencia y la falta de homogeneidad que este defecto, llamado *gotas frías*, produce en la pieza fundida, es de bastante entidad, y para evitarlo debe hacerse con cuidadoso esmero la operación de la colada.

425. G — *Un desmoldeo inoportuno*, es causa de que las piezas fundidas adquieran una dureza impropia para el trabajo mecánico á que han de someterse, ó que les prive, por el contrario, de esta cualidad en el caso en que se considere necesaria. Además, el defecto ya señalado, de rotura ó quebranto en las piezas, y la *combadura*, el *alabeo* y la *torcedura*, provienen comunmente de la contracción que experimenta el metal cuando se enfría. Para evitar en lo posible tan graves defectos, es necesario practicar un desmoldeo parcial de las almas y partes salientes que se opongan al movimiento de la materia, cuidando de cubrir al

propio tiempo las piezas de forma regular con arenas sueltas, á fin de que el enfriamiento sea lento y uniforme; operación que en las piezas irregulares debe limitarse á las partes delgadas.

426. II— Los mismos defectos que se acaban de citar, provienen también de la forma de las piezas; pues difícilmente podrán salir estas en buen estado, si no se ha sometido el modelo á un previo y detenido estudio. Las partes estrechas ó delgadas unidas á otras de gran masa, ofrecen un peligro inminente de rotura, porque la solidificación, el enfriamiento y por lo tanto la contracción, tienen lugar en diferentes condiciones que tienden á hacerlas independientes, quebrantando su cohesión, formándose cavidades y grietas, y produciendo en algunos casos la total separación.

Los fundidores no pueden, por tales razones, responder del resultado de piezas con formas complicadas y poco apropiado para ser obtenidas por fundición; á no ser, que estén facultados para modificar su trazado, en cuyo caso deben redondear los ángulos entrantes, compartir los espesores para evitar las diferencias muy marcadas, ligar con travesaños los puntos distantes y reforzar con nervios las partes débiles; todo es armonía con lo que la experiencia enseña, para que las contracciones del metal se efectúen de la manera más regular.

427. Fácilmente se comprenderá, que la existencia de los defectos enumerados puede provenir del concurso de varias causas: para evitar su presencia, en cuanto sea posible, y poder obtener piezas de superficie lisa y unida, sin manchas ni cavidades en el interior, de masa homogénea y con la dureza y resistencia que se exige, deben tenerse presente las indicaciones hechas en los diferentes casos.

428. Examen.—Un sencillo examen de las piezas fundidas, basta para descubrir muchos de los defectos expresados; y con objeto de no incurrir en equivocaciones respecto á la naturaleza de las manchas y escabrosidades que se presenten en la superficie, es conveniente rascar y limpiar las piezas, hasta dejarlas libres de las suciedades, arenas y grafito que suelen tener adheridos.

La forma general de las piezas sometidas á reconocimiento y la situación y número de los bebederos y respiraderos, son datos suficientes para sospechar en algunos casos la existencia y situación de defectos interiores, que se evidencian algunos por medio del sonido producido al golpear

lenta y repetidamente con un martillo en toda la extensión de la zona dudosa. Cuando se desee adquirir gran seguridad, ó se trate de poner al descubierto las cavidades muy próximas á la superficie, se golpearán las piezas con un martillo, llamado *de pico de gorrión*, cuya punta acerada hundirá las partes que oculten los citados defectos.

429. El sonido que produce el golpe del martillo indica si están hendidas ó rajadas las piezas, y en las de fundición de hierro, si esta es blanca ó gris en diferente grado. El sonido claro y argentino denota la fundición blanca, mientras que gradualmente corresponde más apagado á las grises, mezcladas y negras.

Para juzgar de la estructura y homogeneidad del metal, se examinan detenidamente las secciones de rotura de los bebederos, la fractura de las barras de prueba (387), y la de alguna pieza fundida en las mismas condiciones, que pueda trocearse si ha sido declarada inútil por cualquiera otra causa.

430. Medición.—La forma y dimensiones de los objetos fundidos se confrontan por medio de reglas, escuadras, plantillas y compases, aplicados á las superficies interiores y exteriores. Según sea la índole y destino de la pieza, así se practica con más ó menos escrupulosidad esta parte del reconocimiento; y la importancia relativa de los diferentes puntos de un mismo objeto, dará á conocer las dimensiones que deben precisarse más. Por ejemplo, el perfil de los dientes y el diámetro de las ruedas dentadas, son en general magnitudes que exigen precisión, mientras que la anchura de los primeros, diámetro del núcleo central, espesores de los rayos, etc., admiten mayor tolerancia siempre que satisfagan las condiciones de resistencia.

431. El peso de las piezas fundidas es otro dato que conviene tener en cuenta para juzgar, no solamente del exceso ó defecto que puede haber en sus dimensiones, sino también del estado de la materia.

Cuando el peso no llegue á ser el que por su volumen le corresponde, se debe presumir la existencia de cavidades interiores, ó que el metal no ha alcanzado el grado necesario de densidad absoluta. En este caso, es conveniente determinar la densidad de la materia, operando con una barra de prueba, con un trozo de bebedero ó con una pieza fundida en las mismas circunstancias.

432. Barras de prueba ó de ensayo.—Ya se ha dicho (387), que al hacerse la colada deben obtenerse algunas barras en pequeñas lingoteras, al principio, á la mitad y al final de la operación, con objeto de someterlas á reconocimientos y pruebas mecánicas. El resultado de estas investigaciones nos dará idea de las condiciones del metal de las piezas coladas. También pueden sacarse barras de las mazarotas ó de alguna otra pieza, que formada con el producto del mismo horno, resulte inútil y deba trocearse.

Estas pruebas ejecutadas como se ha dicho (401 y siguientes) al tratar de las primeras materias, aun cuando proporcionan datos importantes, no bastan para apreciar con acierto las condiciones de resistencia de los objetos, porque una ligera alteración ó falta de homogeneidad en la materia ó un pequeño defecto en las piezas ó en las barras, es suficiente para que la resistencia atribuida á las primeras no corresponda á los datos recogidos en las pruebas de las segundas.

433. Experimentación de las piezas.—Los datos adquiridos con las barras de ensayo, se completan con una segunda serie de experiencias, que se verifican con los objetos colados, sometiéndolos el mismo género de esfuerzos que deben sufrir en su servicio, para probar la resistencia del metal en absoluto y con relación á las dimensiones y forma de las piezas.

El estudio completo de la resistencia exige que se determine por medio de experiencias el límite de los esfuerzos que pueden resistir las piezas y el que ocasiona la rotura. Esta prueba, denominada *extraordinaria*, se practica como hemos visto (415) en la recepción de primeras materias, y en el caso presente tiene aplicación cuando se han obtenido muchos objetos de la misma clase fundidos en las mismas condiciones, entre los que se pueden sacrificar algunos ejemplares, para deducir por comparación ó *contraste*, la resistencia de los demás: puede considerarse como la sanción de los cálculos teóricos; es la más concluyente de todas, siempre que exista uniformidad en la fabricación; y debe repetirse siempre que varíe la calidad ó procedencia de la primera materia, cuando cambie el procedimiento de fusión, el combustible, el sistema de moldeo, etc., ó cuando haya necesidad de modificar la forma y dimensiones del objeto.

434. Además de la prueba mencionada, que se ejecuta sobre un tanto por ciento prudencial, según los casos, sufren los demás ejemplares otra llamada *ordinaria*, que consiste en someter las piezas á esfuerzos un poco mayores ó iguales á los que han de soportar en su servicio.

Se ha creído que para mayor seguridad, todas las piezas debían experimentarse con cargas muy superiores á las que habían de resistir en condiciones normales; pero la práctica ha puesto en evidencia lo des-
acertado que es este procedimiento, porque muchas de ellas que resisten enormes pesos en las pruebas, pierden algún tanto la cohesión de su materia, y pueden romperse después, en las condiciones ordinarias de su uso.

435. La ejecución de las pruebas ordinarias y extraordinarias, se realiza sin más dificultades que las inherentes al manejo de grandes pesos y prensas hidráulicas. Los basamentos, columnas y objetos análogos, se experimentan en lo referente á la resistencia á la compresión, disponiéndolos verticalmente, y cargándolos con el peso que se conceptúe normal, si las pruebas son ordinarias, ó con el número de toneladas preciso para producir la rotura, si son extraordinarias.

Las vigas, pescantes y otras piezas de este género, se prueban igualmente, en consonancia con su servicio; es decir, determinando la resistencia á la flexión.

Los tubos de conducción de agua ó gas, que han de resistir presiones interiores, se prueban obturándolos por sus extremos con fuertes tapones sólidamente ligados al tubo, é inyectando en su interior agua á gran presión, procedente de una prensa hidráulica: el conducto de admisión atraviesa uno de los tapones que está taladrado con este objeto, y un manómetro convenientemente colocado, indica la presión que sucesivamente se desarrolla y de la cual se deduce la resistencia del tubo.

436. Recepción.—Después de hacer un escrupuloso reconocimiento de los objetos fundidos, que pone de manifiesto los defectos de la materia, las imperfecciones en la forma y las condiciones de resistencia; resta apreciar el valor de todos estos datos, para calificar en consecuencia como útil ó inútil la pieza.

Para proceder con acierto en este punto, no solamente debe considerarse la entidad de los defectos ó imperfecciones aisladamente, sino

también con relación á las partes en que aparecen, así como la repetición ó agrupación de los mismos, la economía del producto, la urgencia de su empleo, y especialmente la índole é importancia de la pieza; de manera que es muy difícil dar reglas precisas sobre esta apreciación, que está basada, como es fácil comprender, en múltiples y variadas consideraciones, de las que algunas son del momento.

437. Los defectos que suelen aparecer en las piezas fundidas, afectan unos á la resistencia, otros al aspecto de su superficie y algunos á la forma.

Los primeros, por regla general, inutilizan las piezas que han de estar sometidas á grandes esfuerzos, como son las de maquinaria, vigas, tubos, etc.; así es que en la recepción de esta clase de objetos, no deberán admitirse los que sean de mala calidad, los que estén incompletos, quebrados ó hendidos, los que sean poco homogéneos, ni aun los que contengan *gotas frías, senos ó ampollas* de alguna entidad. Estos últimos defectos, aun cuando en absoluto tengan poca importancia, pueden inutilizar las piezas, siempre que afecten á las partes delicadas ó cuando estén agrupados de tal modo que predigan una línea de rotura.

Los defectos que perjudican al aspecto, belleza y continuidad de la superficie, son más importantes que los que comprometen la resistencia, en todas aquellas piezas que como las estatuas y demás objetos de ornamentación, requieren dichas cualidades en primer término.

La alteración en la forma y dimensiones, es ordinariamente causa de inutilidad en todas las piezas que no han de ser trabajadas mecánicamente, y aun en este caso, no podrán considerarse como de recibo, cuando el defecto sea por falta de metal.

438. Las condiciones en que las piezas se presentan á los encargados de practicar su reconocimiento y recepción, son bien distintas según hayan seguido estos la marcha de la fabricación ó desconozcan sus antecedentes; y es claro que la apreciación de sus cualidades, será tanto más fácil y más acertada, cuanto mayor sea el número de datos adquiridos.

Las piezas fundidas para el servicio del mismo establecimiento, ó las que se reconocen para terminarlas mecánicamente en otros de sus talleres, se encuentran en el primer caso, y las que salen de la fábrica y son recibidas por personas extrañas á la misma, están casi siempre com-

prendidas en el segundo, porque en general los comisionados para recibir los productos, ignoran las condiciones en que se ha verificado su fabricación. La misión de los encargados de la recepción en este último caso, se dificulta notablemente, no sólo por la carencia de los antecedentes citados, que es conveniente tener, sino también porque los fabricantes, llevados del deseo de dar fácil salida á sus productos, proporcionan algunas noticias que no es prudente aceptar.

Las personas que, dentro de los establecimientos, intervienen en la entrega de los objetos fundidos en los talleres de esta clase, deben ser ajenas á los trabajos de moltería y fundición, para que no tengan interés en la ocultación de faltas que pudieran atribuirse á su impericia, sobre todo cuando la retribución de la mano de obra es un tanto por pieza útil.

439. Recomposiciones.—Además de la clasificación en piezas útiles é inútiles, que ordinariamente se hace en las recepciones, hay otra agrupación intermedia, que comprende todos aquellos objetos que no pudiéndose admitir como buenos en el acto del reconocimiento, son susceptibles de mejorar por medio de recomposiciones.

Entre los defectos que hemos señalado, hay muchos que ocasionan la pérdida de la pieza, y otros que sin ser de tanta importancia en absoluto, la inutilizan también si se han de satisfacer las especiales condiciones que exige su aplicación. Los defectos que no están en este caso deben remediarse, siempre que sea posible, sobre todo cuando no conviene prescindir de los gastos que origina la fabricación si las piezas son muy importantes. Es preciso que los gastos de recomposición sean siempre menores que los producidos al obtener ó rehacer el objeto, y desde este punto de vista son pocas las ventajas que presenta la reparación de piezas pequeñas de fácil moldeo.

440. Los alabeos poco pronunciados y las ligeras torceduras con que resultan algunas piezas fundidas, son defectos que se remedian fácilmente, si son maleables los metales de que están formadas; pero la reparación exige gran cuidado en las de fundición de hierro. Se coloca la pieza sobre apoyos, de manera que la concavidad que constituye el defecto quede hacia arriba, y en esta disposición es sometida á pequeños y repetidos golpes de martillo, que se dan alrededor de la parte más encorvada para que se dilaten las capas superficiales de la materia. Este

procedimiento ha permitido, según indica el ilustrado ingeniero Mr. A. Guettier, enderezar no solamente las columnas de fundición huecas de gran diámetro, sino también las macizas de 0,18 m. á 0,20 m.; y lo considera como el mejor medio de los que se pueden adoptar en semejantes casos.

Se ha intentado practicar en caliente la misma operación, cargando pesos ó valiéndose de cuñas que se aprietan para rectificar la forma defectuosa de la pieza; pero este procedimiento es en general costoso, difícil é incompleto; puede alterar el estado de la materia, y hasta se ha presentado el caso de volver á encorvarse en sentido opuesto, las columnas que se querían enderezar.

441. La irregularidad de la superficie de los objetos fundidos, debida á la presencia de picaduras, senos, ampollas y demás defectos que perjudican su buen aspecto, es una imperfección que los fundidores tienen mucho interés en hacer desaparecer; y cuando recae en objetos de arte, que deben tener las superficies perfectamente limpias, es indispensable recurrir á recomposiciones, resanando las partes que tienen los defectos citados, con el fin de disimularlos.

Los mismos operarios de las fundiciones suelen ocultar los senos y las ampollas, vertiendo zinc ó plomo fundido en las cavidades; pero solamente los huecos de forma irregular ó que sean más anchos en el fondo que en la boca de la cavidad, retienen la compostura.

Cuando se desea hacer lo propio, con los defectos más superficiales, se emplea mastic de composición variable según el destino de la pieza. Las limaduras de fundición de hierro, el mármol triturado, la sal de amoníaco ó el azufre, mezclados con resina, cera ó alguna otra materia, suministran ordinariamente algunas clases de mastic que se preparan en caliente antes de aplicarlos.

El mastic se usa pocas veces en las piezas de bronce ó latón, que no empleándose generalmente con la misma superficie ó tez que sacan de los moldes, deben trabajarse mecánicamente después de fundidas. Las soldaduras de estaño y mejor los pequeños *tacos* ó *planchas* del mismo metal que la pieza, sustituyen con ventaja al mastic, porque ocultan los defectos de una manera más permanente y dejan á los objetos en disposición de ser bruñidos ó pulimentados.

Para llevar á cabo la colocación de tacos, se profundiza y ensancha

por medio de la broca de un taladro, la cavidad que se desea cubrir; se introduce después á golpe de martillo un taco preparado en forma tronco-cónica, hasta que quede sólidamente encastrado, y se corta por último el sobrante, enrasando su cabeza con la superficie de la pieza. En algunas ocasiones se practica esta operación, labrando tuerca en la cavidad y dando al taco la forma de tornillo.

Cuando varios de los defectos que se quieren disimular están agrupados, se abre, en toda la zona defectuosa, una caja de poca profundidad con contornos rectilíneos y con fondo algo más extenso que la abertura. En esta caja se acopla una plancha de igual forma y mayor espesor que la profundidad de aquélla, se rebate después el metal con un martillo para asegurar el contacto de los flancos y la unión perfecta de las superficies, concluyendo por enrasar éstas, valiéndose del cincel y de la lima. Si á pesar de la forma de cola de milano dada á la sección de la cavidad, se temiera el desprendimiento de la placa, deberá atravesarse ésta con dos ó más pernos roscados.

442. Las recomposiciones que se hacen en las piezas que han de estar sometidas á esfuerzos, tienen por objeto reforzarlas convenientemente para neutralizar los efectos de las roturas, desuniones, hendiduras, cavidades, etc. En general se hacen los refuerzos, valiéndose del hierro forjado, en forma de sunchos, pernos ó planchas.

Los sunchos se colocan exteriormente abarcando el conjunto de la pieza, y tienen lógica aplicación en los basamentos y en los núcleos de los volantes y de las ruedas dentadas. Los pernos exigen taladros en las partes que se ligan, y en este concepto, presentan el inconveniente de debilitar las piezas en otro sentido. Las planchas se colocan abriendo cajas trapezoidales *a, b*, (fig.^a 77) en las partes *A, B*, que se intentan unir, de manera que se correspondan en los lados menores, para que resulte una cavidad de forma de doble cola de milano, en la cual se encastra una placa que se mantiene con pequeños tornillos. La causa de debilidad producida por la grieta *m* del volante, representado en la figura, es neutralizada por las planchas *c, d*, colocadas en las caras de la corona.

443. Las piezas que resultan incompletas son susceptibles de otro género de reparación, completándolas con fundición de la misma clase, aplicada convenientemente á fin de asegurar su íntima unión á la materia

del objeto; para lo cual se hace preciso preparar de antemano la superficie que ha de recibir el metal fundido, privándola de suciedades y óxidos, y alisándola algún tanto; porque se ha reconocido, que da así mejor resultado, que con rugosidades ó picaduras hechas á cincel.

Para proceder á la operación, se recubre de borax dicha superficie y se eleva la temperatura de toda la pieza con la uniformidad posible, pues de otra manera la desigualdad en las contracciones comprometería su resistencia. Se dispone el molde correspondiente al cuerpo que se trata de adicionar, abriéndole un conducto de entrada ó bebedero en un extremo y un amplio respiradero ó conducto de salida en el opuesto, á nivel más bajo que el primero; se vierte lentamente la fundición por el bebedero y se recoge por el conducto de salida, alimentando la corriente cuanto sea necesario para que el metal caliente se renueve constantemente en cada punto de la superficie que se intenta soldar, y para que la temperatura se eleve gradualmente. Cuando se conceptúe que ha circulado suficiente cantidad de metal para obtener un buen resultado, se cierra con un tapón el conducto de salida, y se suspende la admisión después de lleno el molde y su bebedero, dejándolo enfriar para proceder después al desmoldeo. El metal necesario para esta operación se recibe en cazos y se vierte en los moldes preparados convenientemente.

Semejante trabajo es sumamente delicado y muy costoso por la gran cantidad de metal que es necesario poner en fusión; y no se aplica más que á piezas gruesas de cierto valor. En el hierro, las fundiciones de primera fusión, las blancas y las duras, son menos apropiadas para la soldadura que las de segunda fusión y las grises; y debe procurarse siempre, que la fundición empleada sea de igual naturaleza que la de la pieza que se trata de ampliar. Llenando cumplidamente estas prescripciones, se han obtenido buenos resultados en distintos establecimientos con piezas de gruesas dimensiones; habiéndose observado después de inutilizadas éstas, que no quedaba vestigio alguno que indicase cual había sido la superficie de unión.

444. Algunas piezas tienen formas poco apropiadas para poderlas obtener por fundición en buenas condiciones, resultando casi siempre con los defectos mencionados en los números (426 y 427); para evitar que éstos sean graves, hay necesidad de transigir en cierto modo con algunos de

ellos fáciles de reparar, ya que no siempre es lícito variar el trazado de la pieza.

Los objetos que con más frecuencia están en este caso, son los que se componen de partes con espesores muy diferentes en oposición unas á otras, como sucede en algunas ruedas dentadas, volantes, etc. En uno de éstos que tenga núcleo y rayos proporcionados unidos á una corona demasiado delgada, se produce la rotura por algún sitio de ella en el acto de enfriarse el metal; y se quiebran los rayos cuando siendo de poco espesor, ligan corona y núcleo de gran masa. Si la corona y los rayos son fuertes relativamente al núcleo, puede suceder que en vez de romperse este, se eleve sobre el plano de aquélla, produciéndose un alabeo que inutiliza el volante.

Aun cuando estos defectos no se manifiesten, es prudente desconfiar de la resistencia de las piezas cuyo trazado es poco favorable para obtenerlas por fundición; pues ha sucedido algunas veces, en piezas de este género, que se ha producido violentamente la rotura bajo la influencia de un ligero cambio de temperatura ó por efecto de un esfuerzo moderado; cuyo accidente no puede atribuirse más que á la forzada tensión molecular en que ha quedado la materia después de su enfriamiento.

Por esta circunstancia y por la dificultad que las fracturas irregulares presentan para la recomposición, se ha tratado de obviar estos inconvenientes, cortando el metal en uno ó varios puntos del molde por la interposición de placas de palastro recubiertas con negro de humo, para que la fundición no se adhiera ni blanquee. Estas roturas artificiales, que facilitan la contracción del metal y contrarrestan los efectos del alabeo, se hacen en la corona ó en el núcleo de algunos volantes, según sean sus dimensiones relativas. Se recomponen después las partes separadas de la corona, uniéndolas con grapas á doble cola de milano ó con pernos de dos cabezas introducidos en el molde antes de hacer la colada, ó se consolida el núcleo, con sunchos de hierro dulce colocados en caliente, cuando éste sea el que se ha cortado.

CAPÍTULO III.

FORJA.

ARTÍCULO 1.º

FORJA Á TEMPERATURA ELEVADA.

445. Definición.—Los trabajos de forja consisten generalmente, en una serie de percusiones ó presiones á que se somete la materia de los metales maleables, para variar la forma y modificar en algunos casos su constitución; según requieran la figura, dimensiones y objeto de la pieza que se pretende construir.

Todos los metales mencionados en el capítulo primero á excepción de la fundición de hierro, son más ó menos maleables; y por lo tanto, pueden ser sometidos á este género de trabajo, que se ejecuta en caliente ó en frío, según que la maleabilidad sea favorecida ó no con la elevación de temperatura.

446. La gran temperatura que exige la fusión del hierro dulce, hace impracticable el procedimiento de moldeo para darle formas determinadas; las operaciones de forja son las empleadas exclusivamente en los trabajos preliminares de este metal, á las que se presta perfectamente, por la gran maleabilidad que posee en frío y en caliente, y por la propiedad particular de soldarse sin interposición de otra materia. Por estas razones, y por ser numerosas y frecuentes las aplicaciones del hierro dulce, nos referiremos principalmente á él, en el estudio de la forja, sin

perjuicio de mencionar, al propio tiempo, las particularidades que ofrezcan los trabajos del acero, del cobre y de los demás metales.

447. El producto obtenido por el tratamiento de los minerales de hierro y por los procedimientos de afino y forja, que se expende bajo diferentes formas en el comercio con el nombre genérico de hierro dulce ó forjado, es el que vamos á considerar como primera materia, para trasformarla y construir las piezas ú objetos. Por consiguiente, debemos hacer notar en esta ocasión, que los trabajos de forja ejecutados en la fabricación del hierro, no deben confundirse con los que se tratan en el capítulo presente, análogos en principio, pero con diferente objeto.

448. Hornos de recalentar y fraguas.—La elevación de temperatura ó *calda*, que reciben los hierros para someterlos á la forja, tiene lugar en *hornos de recalentar ó en fraguas*.

Los primeros son aplicables al caldeo de grandes piezas iguales á los empleados en la fabricación del hierro dulce; son muy semejantes en su forma á los de reverbero descritos en la fundición de metales, sin otra variación notable que la de tener sensiblemente horizontal la solera. El combustible que se emplea es, como en los hornos mencionados, la hulla grasa, para que su llama recorra la longitud del laboratorio, y se produzca por radiación y reverberación un calor conveniente y uniforme en toda la extensión de la solera.

449. El caldeo de piezas de pequeñas dimensiones, se hace en fraguas de diferentes clases. La más elemental es también la más conocida por estar instalada en los talleres de menores recursos: consta sencillamente de un fogón de ladrillos, colocado debajo de la campana de una chimenea que recoge los productos de la combustión. El carbón vegetal, la hulla ó una mezcla de estos con el cok, es el combustible que se quema en el hogar, y la combustión se activa con la corriente de aire producida por un fuelle sencillo ó doble, que desemboca por la tobera dispuesta en la parte inferior y lateral del hueco destinado á contener el fuego.

La escasa cantidad y poca presión del aire inyectado por este medio, limita la carga de combustible, y por lo tanto, nunca puede ser grande la intensidad del foco de calor disponible para el caldeo de metales. En los talleres de alguna importancia, que cuentan con motor, se sustituyen

los fuelles por ventiladores que proporcionan una corriente continuada, capaz de alimentar hogares de mayores dimensiones.

450. Hasta hace algún tiempo, no se había pensado en el empleo del aire caliente; pero repetidas experiencias han demostrado su conveniencia, porque produce economía en el combustible, hace más breve la operación y ocasiona menos pérdidas en el hierro que se caldea.

Varias son las disposiciones que se han ideado para conseguir este objeto, encaminadas todas á aprovechar el calor de la misma fragua; en general consisten en un tubo varias veces recodado ó una caja metálica, que colocados encima ó debajo del hogar, sirven de conducto á la corriente de aire, poco antes de desembocar en él.

451. Como ejemplo de fragua más perfeccionada, procederemos á describir la siguiente, que proporciona una economía de carbón que puede alcanzar hasta el 30 por 400, y ofrece la particularidad de inyectar el aire caliente mezclado con gases combustibles.

La mesa del hogar está practicada sobre una caja hueca A (fig.^a 78) llena de agua, sostenida de un lado por dos pequeñas columnas de fundición y adosada por el otro á un muro C. Detrás hay un espacio hueco coronado por la chimenea D, y dividido en dos compartimientos E y F, por la placa de hierro G H, que arranca cerca del suelo y sale al exterior, recodándose dos veces para formar la campana G. Los huecos E y F quedan así en comunicación y forman un conducto para la salida de los humos. Un tubo M conduce el aire impulsado por el ventilador K á la tobera N, que atraviesa verticalmente la caja de agua para llegar al hogar; y en el recodo de dicho tubo está colocado otro P en forma de trompetilla, abierto por sus dos extremos y con la base mayor al exterior. Un orificio B sirve para llenar de agua la caja.

Puesto en actividad el hogar, los gases resultantes de la combustión recibidos por la campana, descienden por F y rebasando de la placa de hierro junto al suelo, ascienden por E á buscar la chimenea; pero una parte de ellos se precipita por la trompetilla P, en virtud de la disminución de presión en el punto a, según los principios del inyector Giffard, y entra en el hogar mezclándose con el aire del ventilador.

El desprendimiento de gases carburados en las fraguas alimentadas con carbón en exceso es susceptible de nueva combustión; por esta razón la

fragua descrita está dispuesta para que aquéllos se quemen en el hogar, consiguiéndose economía de combustible además de la que proporciona la calefacción del aire que atraviesa la caja de agua. El agujero B se mantiene abierto para dar salida al vapor de agua que se forme, cuya precaución es necesaria para evitar una explosión en la caja. El resultado satisfactorio obtenido con esta fragua, se debe también á la facilidad de expeler las escorias, las que no llegan á solidificarse formando torta adherida á la solera, porque ésta se conserva caliente; y basta empujar á aquéllas con un hurgón hacia los agujeros practicados con este objeto á derecha é izquierda de la tobera. La fig.^a 79 representa un corte de la tobera en sentido perpendicular al de la 78 y en ella se ven los conductos *m*, *n*, destinados á purgar de escorias el hogar.

452. Muchas veces es conveniente contar con una fragua que pueda trasladarse de una parte á otra: se emplean con este objeto las fraguas portátiles, que contienen el hogar y la máquina de viento en un espacio reducido formando un solo cuerpo. Varias son las fraguas usadas de esta clase; pero una de las más ligeras y que produce mejores resultados, es la de *Enfer* representada en la fig.^a 80. Se compone de un cilindro de chapa de hierro A A dividido en tres compartimientos B, C, D, cerrados los dos últimos y enteramente abierto por la parte inferior el primero: en el espacio C, hay un fuelle cilíndrico E, en comunicación con el compartimiento D, por la válvula *a* que se abre hacia arriba, y con el exterior por la *b* que se abre de afuera á dentro para tomar el aire que penetra por la abertura H practicada en el cilindro A; el fuelle tiene un vástago *m* unido á la palanca P. Las válvulas *c* y *d*, que se abren de abajo arriba, ponen en comunicación el espacio C con los B y D; en este último hay otro fuelle R cerrado, con un resorte en su interior que le obliga á extenderse, y con una pequeña abertura en la parte superior, recubierta con un casquete, para evitar que caiga dentro algún cuerpo extraño. La caja X, que comunica con el compartimiento D por el conducto *e e*, está cubierta con una plancha de hierro, taladrada en su centro para dar paso al aire comburente.

La manera de funcionar este aparato consiste en hacer jugar alternativamente la palanca P: cuando ésta se eleva, el vástago *m* comprime al fuelle, el aire del interior de éste pasa por *a* al espacio D, mientras que

la válvula *c* se abre para dar paso al aire que llena el compartimiento C. La presión producida en D, cierra la válvula *d*, y el aire marcha por el conducto *e e* á la caja X, caldeándose antes de desembocar en el hogar L. Si la cantidad de aire que penetra en la cámara D, es mayor que la que sale, queda un remanente que comprime al regulador R, y este se extiende cuando disminuye la tensión del aire. Al descender la palanca, el fuelle se extiende, las válvulas *a* y *c* se cierran, se abren las *b* y *d*, y se produce la toma de aire del exterior y el paso á D del contenido en C.

Con esta disposición se obtiene un doble efecto en la impulsión del aire, y se establece una corriente continuada.

453. Yunque.—Una de las herramientas más indispensables en los talleres de forja, es el *yunque*: consiste en una masa de hierro ó acero, sobre la cual se apoya la pieza que se intenta trabajar á golpe de martillo. El peso de los yunques es proporcionado al de las piezas que se forjan, y su forma es variable, según sea la figura que se pretenda dar á la pieza forjada; pero ordinariamente tienen plana la parte superior, que en este caso se llama *mesa*, y muchas veces terminan lateralmente en dos puntas ó cuernos de forma troncocónica ó piramidal, lo que hace que se denominen también bigornias.

454. Es preciso que los yunques presenten mucha tenacidad para que resistan en buenas condiciones el efecto de las percusiones repetidas; y para que no se deformen en este trabajo, es necesario que la materia sea dura, especialmente en la parte superior ó mesa.

Los yunques de fundición de hierro son suficientemente duros; pero resultan frágiles y no aguantan siempre bien el forjado de grandes piezas con martillos muy pesados.

El hierro dulce no es apropiado para la fabricación de yunques ó bigornias, pues aunque éstos resultarían tenaces, serían demasiado blandos y no resistirían los choques sin deformarse pronto.

El acero, que como sabemos reúne las propiedades de dureza y tenacidad, es la materia más favorable para la construcción de yunques.

Los inconvenientes de los yunques de hierro colado y dulce pueden remediarse combinando estos metales con el acero, que debe quedar formando la mesa; ya cementando la superficie de ésta, cuando se trate del hierro dulce, ya también colando la fundición que ha de formar el yunque

sobre una placa de acero, para que sirva de mesa después de adherida.

La fundición endurecida de Grusson produce yunques de buenas condiciones.

455. Los yunques ó bigornias se instalan en las inmediaciones de los hornos ó fraguas; y para el trabajo manual, se disponen sobre troncos gruesos de madera dura llamados cepos, que se entierran verticalmente por un extremo en el suelo del taller, de manera que la mesa quede á la altura de la cintura del operario para que le permita golpear bien sin necesidad de encorvarse.

456. Martillos.—En las forjas, se comprende bajo el nombre de martillo, á toda masa de hierro ó acero destinada á golpear sobre la pieza que se trabaja: se dividen en dos clases, unos que son manejados directamente por los forjadores, y otros, que constituyen verdaderas máquinas operadoras, destinados á la forja de grandes piezas.

457. En los primeros, la masa de hierro ó *maza* está colocada en la extremidad de un mango de madera resistente, más ó menos largo para que el martillo sea manejado con una ó dos manos, según su peso. La maza está perforada en su centro para recibir el mango y termina por uno de sus extremos en una parte plana llamada *boca ó peña*, que por estar destinada á percutir, es siempre de acero.

En el servicio de las fraguas se emplean dos clases de martillos enmangados: unos de poco peso llamados de *mano* ó de *boca fragua*, y otros denominados *machos*, cuyo peso de 8 á 10 kg. obliga á manejarlos con ambas manos.

458. Cuando el trabajo de forja requiera percusiones más eficaces que las producidas por los machos, y no se disponga de martillos mecánicos de gran potencia, puede utilizarse para este objeto el choque de un cuerpo que caiga libremente por la acción de su peso, después de elevado á la altura conveniente por un mecanismo cualquiera.

La necesidad de aprovechar los efectos del calor en las piezas puestas en trabajo, obliga á percutir con rapidez, y como esta condición es difícil de llenar con las *mazas* ó *martinetes* que se acaban de mencionar, ha sido preciso recurrir á los martillos mecánicos, que producen percusiones capaces de forjar enormes piezas en poco tiempo.

459. Entre los muchos é ingeniosos sistemas de martillos reciente-

mente inventados, merece especial mención el imaginado por el ingeniero francés M. A. Chenot, conocido con el nombre de martillo atmosférico.

La utilización del aire como resorte elástico, interpuesto entre la masa percutiente y el émbolo motor, evita la rigidez que producen los órganos mecánicos; permite multiplicar á voluntad el número de golpes por minuto; y hace de este martillo, de reacción viva y choque instantáneo, uno de los mejores en su género.

Esta máquina, que funciona en la fábrica de armas de Toledo, está representada en las fig.^{as} 84 y 82. La maza acerada B está acoplada á cola de milano en una ranura abierta en el extremo de la pieza A, y esta pieza, llamada portamartillo, es un cilindro hueco que juega con movimiento alternativo de ascenso y descenso, en el interior de otro cuerpo cilíndrico ó estuche S, asegurado sólidamente con fuertes pernos al montante T, que á su vez proporciona asiento al yunque M, dispuesto en la vertical del portamartillo. Un diafragma de hierro *a* fijo al portamartillo, divide su hueco interior en dos compartimientos; y dos émbolos *c* y *d*, unidos por el vástago *b*, que atraviesa el expresado disco *a* y termina en el extremo de la biela D ligada al plato manivela E, se mueven en el interior de dichas cámaras. El plato E montado en un eje mantenido por el montante, recibe el movimiento de rotación de la polea P, que comunica por medio de una correa sin fin con otra R, montada en el eje receptor del motor.

Colocado el martillo en contacto con el yunque y la manivela en el punto más bajo, aparecen tres espacios cerrados ó cámaras de aire, en el interior del portamartillo; una entre el émbolo superior y el diafragma, otra entre éste y el émbolo inferior y la tercera entre este último y el fondo del portamartillo. Cuando el plato manivela se pone en movimiento, los émbolos ascienden; disminuye la tensión del aire encerrado en los compartimientos extremos, por el aumento de espacio; y el contenido en la cámara central, comprimido por el émbolo inferior *d*, disminuye de volumen, hasta que la presión en el diafragma sea suficiente para elevar el martillo. El movimiento rápido de los émbolos ocasiona al través de la almohadilla elástica de aire, una fuerte impulsión en el martillo, que continúa ascendiendo en virtud de la velocidad adquirida, cuando el plato manivela inicia el descenso de los émbolos; de aquí resulta, que

aumenta el volumen de la cámara central y se reduce el de las extremas, y la compresión del aire que éstas contienen, unida á la acción de la gravedad sobre el martillo, producen una viva reacción que lo lanza sobre el yunque.

El choque del martillo sobre el yunque es seco y vivo, cual corresponde á la caída de un cuerpo libre; la intensidad de la percusión depende del peso de aquél, de la altura de caída y de la tensión que el aire adquiere en las cámaras extremas; la conmoción no se trasmite al resto de la máquina, y la fuerza motriz se aprovecha sin pérdidas inútiles.

Para que el portamartillo no gire sobre su eje en el movimiento vertical de vaivén, lleva atornillado un pequeño tope z , que se mueve dentro de una ranura longitudinal practicada en el cilindro estuche S .

La eficacia del martillo y la velocidad del trabajo se disminuyen y hasta se anulan en plena marcha de la máquina, por medio del doble juego de la polea tensora H que puede apoyarse sobre la correa sin fin K , y por el freno h que obra sobre la llanta del plato manivela. El freno está ligado á la palanca G por el brazo articulado g y por la varilla e , y el tensor H está montado en el extremo de la misma palanca G .

Por último, el mismo movimiento de la máquina produce una regularidad automática muy notable: cuando los espesores de la pieza que se va á forjar, acortan el curso del martillo, la capacidad de las tres cámaras varía, aumentando el volumen de la central y disminuyendo los de las extremas; es necesario por lo tanto, que el aire de todas ellas quede á la presión ordinaria cuando la maza esté en contacto con la pieza. La admisión ó escape de aire, indispensable para tal objeto, tiene lugar durante los tres ó cuatro primeros cursos del martillo, que deben hacerse con lentitud; en la cámara superior, por la superficie de unión del émbolo, y en la central ó en la inferior, por un pequeño agujero abierto en la pieza tope z . Este taladro, abierto siempre, no es obstáculo para la marcha regular del aparato, porque verificándose instantáneamente la expansión y compresión del aire, la entrada ó salida de éste es inapreciable y se neutralizan ambos efectos en cada cámara.

Estas máquinas están provistas de una colección de yunques y martillos de formas acanaladas, además de los de superficie plana, para las diversas clases de forja á que han de someterse el hierro y el acero. El

reemplazo de yunques y martillos se hace con gran facilidad, por estar acoplados á cola de milano.

460. La acción del motor no llega á todos los martillos mecánicos por el intermedio de una correa sin fin, sino que en muchos de ellos, especialmente en los de grandes dimensiones, se utiliza la tensión del vapor en la misma máquina operadora, que con este objeto está provista de cilindro, distribución, émbolo, etc.

El que vamos á describir, representado en la fig.^a 83 es uno de esta clase. Consta de dos grandes piernas ó montantes S, S, ligados en su parte superior por una cumbrera que sostiene el cilindro de vapor T, y con la parte interna recodada dos veces en ángulo recto para disminuir la distancia y proporcionar las dos guías verticales *s, s*, que conducen el movimiento del pilón A; éste va ligado por el vástago C, al émbolo que funciona en el cilindro T, y termina por la parte inferior en el martillo propiamente dicho *a*, acoplado á cola de milano. Un gran cepo ó masa de fundición V, asentado sólidamente sobre una fuerte cimentación, y colocado entre los dos montantes, sirve de sostén al yunque Y, acoplado también á cola de milano.

En la parte inferior del cilindro T y delante de él, está la caja X de distribución de vapor, y el vástago *d* de su corredera termina por el extremo superior en un émbolo que se mueve en el cilindro Z y hace de guía equilibrada. Al lado de la caja de distribución y en comunicación con ella, está la pequeña caja *x* que contiene la válvula de admisión del vapor; válvula que puede moverse por la palanca *b* y tirante *e*, para que el vapor penetre por el tubo *t*. La palanca P, el tirante *rr* y el balancín *n*, tienen por objeto dar movimiento al vástago *d* de la corredera, para la admisión y escape de vapor en el cilindro T.

Descritas ya las partes principales de esta máquina, vamos á estudiar la manera de funcionar. Supongamos que el martillo esté en el punto más bajo de su curso, ó sea en contacto con el yunque, y que se haga presión sobre el extremo de la palanca *b*; este movimiento abre la válvula de admisión de vapor, y éste inunda la caja de distribución. Como la corredera se encuentra en el punto más bajo de su curso en virtud de su peso y del vapor que pasa por el tubo delgado *z*, que obra en la parte superior del émbolo ó válvula equilibrada, el que llena la caja de distribución se

precipita en el cilindro, y actuando sobre la cara inferior del émbolo, le obliga á moverse hacia arriba, arrastrando en su marcha al pilón A, que continuará subiendo mientras el vapor penetre en el cilindro. La caída del martillo se produce á voluntad, dando salida al vapor; lo que se consigue haciendo subir la corredera, mediante el juego de las palancas P y n, y el tirante rr que las une. La figura 84 representa un corte del cilindro con el émbolo y caja de distribución; en el interior de ésta se ve la corredera en la posición más alta de su curso, según se acaba de expresar, y el escape del vapor á la atmósfera está indicado con flechas. Mientras el obrero hace presión sobre la palanca P, la corredera permanece elevada; pero tan pronto como la presión cesa, la corredera desciende por la acción del vapor que penetra en el cilindro Z. Desde este momento, el vapor vuelve á penetrar en el cilindro T, y se reproducen nuevamente los mismos efectos. La altura de caída del martillo depende del tiempo que permanece la corredera en el punto inferior de su curso; así es, que para los golpes algo intensos, el obrero hace uso de la palanca P, á intervalos de tiempo más grandes que cuando deban darse golpes moderados.

La disposición del cilindro T permite dar los golpes de máxima intensidad, sin la intervención del obrero sobre la palanca P, porque cuando el émbolo ha rebasado de los agujeros m, m, el vapor se escapa por ellos y por el conducto q, y penetrando al mismo tiempo por el orificio p, ejerce presión en la base inferior del émbolo equilibrado, que hace elevar la corredera.

Esta máquina, como todas las de su género, está provista de un freno para disminuir, según se desee, la velocidad de caída del martillo. La palanca M (fig.^a 83), pone en acción dicho freno representado aisladamente en la figura 85: la barra vertical f hace de rozadero sobre un flanco del pilón, cuando por medio del juego de tres palancas acodadas fijas en g, g, g, avanza á la posición indicada por puntos.

Para atenuar en lo posible los efectos que la conmoción, producida por el choque del martillo, ocasiona sobre el vástago y el émbolo, se ligan estos órganos á aquél, del modo que aparece en la figura 84; ó sea por el intermedio de roldanas alternadas de hierro y una materia elástica como el cuero ó el cauchuc.

461. En el martillo pilón descrito, lo mismo que en otros de su géne-

ro, se pueden producir automáticamente los golpes de la maza, aun cuando sea variable la altura de caída. La palanca h (fig.^a 83) sujeta á la barra H , terminada por un extremo en el tope K y unida por el otro á la varilla r , ocasiona el movimiento de esta última, que lo comunica á la corredera cuando el pilón en su movimiento ascendente tropieza con el tope. De esta manera se consigue un martilleo automático con golpes de igual intensidad; y para aumentar ó disminuir el curso de la maza, se coloca á mayor ó menor altura la palanca h , fijándola á la barra H sobre la cual resbala, y ligando después su extremo á la varilla r , por medio de un tornillo de presión.

462. Además de la intensidad del golpe y precisión de los movimientos del martillo, es muy esencial, en esta clase de máquinas, que sea grande la separación de los montantes para que se puedan forjar piezas de gran tamaño.

Se han construído también martillos, en los que se utiliza el vapor obrando sobre la cara superior del émbolo para aumentar los efectos del choque; pero las pocas ventajas obtenidas y las frecuentes recomposiciones que exigen, han contribuído á preferir los pilones en que obra el vapor á simple efecto, ó sea para elevar la maza á la altura que convenga; y en este concepto se toman únicamente como factores de su potencia, el peso y la altura de caída.

463. El martillo pilón descrito pesa 6.000 kg. y puede caer de 4,20 m. de altura. Ambos factores suelen variar con la importancia de las piezas que se trabajan. Uno de los martillos de mayor potencia, que funciona con gran regularidad, es el de 50.000 kg. con curso de 2,50 m. instalado en la fábrica de aceros de Krupp en Essen.

464. Tenazas.—Para volver de un lado á otro las piezas que se caldean, sacarlas del horno ó fragua y manejarlas sobre el yunque durante el forjado, es necesario valerse de tenazas. Nadie desconoce la tenaza común, representada en A (fig.^a 86), compuesta de dos barras de hierro dulce unidas por medio de un pasador cilíndrico a ; los brazos menores constituyen la cabeza ó boca de la tenaza destinada á morder y sujetar la pieza. Las tenazas están generalmente provistas de una anilla b , que abarca los mangos y los aprieta cuando conviene sujetar fuertemente el hierro que se trabaja.

El tamaño de las tenazas varía con el peso y dimensiones de los objetos que deban caldearse, y la forma especial de sus bocas depende de la sección de las barras ó piezas que han de sujetar. En la misma figura, se ven varias tenazas de bocas diferentes, destinadas á sujetar cabillas, tubos, cuadrados, planchuelas, etc.

465. Para trasladar de un punto á otro las piezas caldeadas de peso considerable, se emplean también en las forjas grandes tenazas montadas sobre ruedas ó suspendidas de una grúa. Estas herramientas están dotadas de los órganos mecánicos necesarios para facilitar las manipulaciones y garantizar la sujeción de las piezas. La fig.^a 87, da idea de una tenaza de esta clase: la barra XX sirve de sostén á los dos brazos A B, A B, que constituyen la tenaza propiamente dicha con su articulación en C, y el juego de la palanca H con punto fijo en la barra XX, cierra ó abre la boca de la tenaza, por el intermedio de los tres tirantes DE, BD y BD. Un tope K, fijo á una varilla que resbala por debajo de la XX, avanza y se retira por el mismo juego de la palanca H, para servir de tercer punto de apoyo á la pieza que se aprisiona. La barra XX, que hace de montante, puede estar suspendida de una grúa ó montada sobre ruedas, siendo conveniente que el punto de suspensión ó apoyo sea variable, para facilitar el manejo de todo el sistema.

En los casos en que se coge difícilmente con tenazas la pieza destinada al trabajo, es ventajoso soldarla al extremo de una barra que sirve de mango, y que se corta después de concluido aquél.

466. Operaciones de forja.—Caldear.—Se designa con este nombre, el acto de elevar la temperatura del hierro ó del acero, hasta un grado de calor conveniente para realizar determinadas operaciones de forja.

El aumento de temperatura favorece, según se ha dicho, la maleabilidad del hierro, reblandeciéndolo gradualmente, desde su dureza en frío hasta el estado pastoso próximo al punto de fusión: el color que sucesivamente va tomando durante el caldeo, sirve de señal para juzgar la intensidad de la calda, porque es tanto más vivo cuanto más avanza la operación, empezando por el rojo oscuro y terminando en el blanco sudante.

Las diferentes operaciones de forja que vamos á explicar, exigen caldas

distintas; pero generalmente sólo se mencionan cuatro, que según su aspecto, se designan con los nombres siguientes: calda al rojo oscuro, de 530° á 700° C.; calda al rojo cereza, de 700° á 1000°; calda al rojo blanco, de 1000° á 1300°, y calda al blanco sudante, de 1300° á 1400°. Las dos primeras se reconocen á simple vista por el tono de color que presenta el hierro; la tercera por la atmósfera blanca sembrada de chispas que rodea á la pieza en el interior de la fragua; y se llega á la máxima calda, cuando el color es deslumbrador y se manifiesta el reblandecimiento del hierro por las gotas con que aparece impregnado.

467. Cualquiera que sea la intensidad de la calda, es indispensable que el calor esté distribuido con uniformidad en toda la pieza, y que penetre hasta el interior de su masa; en todos casos, la economía y la conservación del metal exigen que la calda no pase del calor meramente necesario para el objeto.

Las barras ó piezas de pequeños espesores se caldean en buenas condiciones, con el fuego ordinario de fragua; cuidando de retirar el hierro en cuanto el aspecto indique que su temperatura es la requerida.

En las piezas voluminosas, es preciso dar tiempo para que el calor penetre hasta el interior; lo que se consigue, moderando la acción del fuego en un principio y aumentándolo gradualmente, para que los efectos de la calda lleguen al corazón de la pieza sin que las partes superficiales adquieran una temperatura excesiva. Sometidas dichas piezas, por el contrario, á la acción de un fuego muy vivo, la superficie toma rápidamente la temperatura necesaria, sin que se caliente suficientemente la masa central; y si para conseguir esto último se prolonga la operación, se corre el riesgo de rebasar de la temperatura en el exterior, dando lugar á que el metal se queme ó se alteren sus propiedades, sin obtener nunca una calda uniforme.

468. Las piezas de cierta magnitud se caldean en las fraguas, pasándolas constantemente por delante de la tobera sin sacarlas del combustible, por ser limitado el foco de calor disponible; pero tal operación no es aplicable á todos los objetos, ni lo es para las caldas intensas; es preciso recurrir en muchos casos á los hornos de reverbero, que proporcionan un calor uniforme en la extensa solera del laboratorio, en donde se colocan las piezas sobre calzos de ladrillos refractarios.

469. Para que el hierro colocado en la fragua no se oxide durante el caldeo, se dispone de manera que el aire de la tobera no le hiera directamente; dando lugar así, á que el oxígeno se combine con el carbono, antes de ponerse en contacto con el metal; y con objeto de preservarle de la acción oxidante del aire exterior y concentrar el calor, se amontona el combustible sobre la barra, humedeciéndolo de cuando en cuando para que se aglutine y forme bóveda. Esta condición debe cumplirse también en los hornos de recalentar, y para ello, se cierran herméticamente las puertas del laboratorio y del hogar, una vez depositada la pieza que ha de caldearse, y se conduce el fuego de modo que se quemé todo el aire que penetre por la parrilla.

470. La calidad del combustible influye en el éxito de la operación que nos ocupa: las hullas grasas se aglutinan más fácilmente y forman bóveda mejor que las secas y que el carbón vegetal; y la presencia del azufre en el combustible, perjudica notablemente la calidad del hierro ó acero que se caldea, porque no solamente los hace quebradizos, sino que también avejiga las piezas. Cualquiera que sea la clase de combustible, debe activarse la combustión con una corriente de aire, cuya admisión gradual se debe regir con inteligencia para evitar cambios bruscos que podrían avejigar el hierro y para mantener el fuego con economía.

471. La calidad del hierro es una circunstancia que debe tenerse muy en cuenta para el caldeo: la menor maleabilidad del hierro duro ó acerado hace necesarias mayores caldas que las que exige un hierro blando que ha de sufrir los mismos trabajos; el hierro quebradizo en frío toma fácilmente todas las caldas y de aquí que se trabaje en la forja con poco esfuerzo; y por último, los hierros quebradizos en caliente no deben someterse á caldas superiores al rojo cereza.

472. Los aceros son tanto más difíciles de caldear, cuanto más duros ó carburados sean, porque es indispensable que no se desnaturalicen en esta operación; y en este concepto, es diferente la calda máxima que admite cada una de las diferentes variedades de este metal. El acero suave puede caldearse hasta el rojo blanco; el semiduro no admite calda tan elevada, pero puede pasar del rojo cereza que es á su vez la máxima para el acero duro.

473. Estirar.—La operación de *estirar*, que es una de las más

frecuentes en los trabajos de forja, tiene por objeto modificar las formas de las piezas, alargando una ó dos de sus dimensiones, á expensas de las restantes, según deba ser barra ó plancha el resultado del trabajo.

Antes de rebasar de la calda al rojo blanco, conveniente para estirar el hierro, se retira la pieza de la fragua y se lleva al yunque, golpeándola sobre él con objeto de desprender el óxido que haya podido formarse. El maestro mantiene la barra ó pieza sobre el yunque, asiéndola por el extremo no caldeado con la mano izquierda ó auxiliándose de una tenaza; y provisto de un martillo de mano, en la derecha, golpea en el sitio que conviene martillar, para que los ayudantes percutan con los machos de fragua sobre el mismo punto.

El efecto del trabajo se manifiesta por una depresión de la materia que se esparce alrededor de la zona golpeada.

Cuando la acción de los martillos se aplica sucesivamente por toda la extensión de la pieza, se consigue variar sus dimensiones, dándole la forma de chapa, tanto más delgada y ancha, cuanto más avance la operación. Para igualar los espesores borrando las impresiones del martillo se hace uso de la *asentadera*, con la que se recorre toda la extensión de la pieza. Esta herramienta (fig.^a 88) es un trozo de hierro enmangado, con una cara acerada perfectamente plana para aplicarla sobre el metal, y otra, opuesta á la primera, para recibir los golpes del martillo.

El estirado en barras se verifica golpeando en dirección de dos de sus dimensiones, para que el metal se prolongue en sentido de la única que queda libre de percusiones; el maestro vuelve y pasea repetidas veces la pieza sobre el yunque con este objeto, presentando hacia arriba las partes que han de deprimirse.

474. Los machos de fragua no son siempre eficaces para el estirado, y es necesario recurrir á los martillos pilones cuando las piezas son grandes. La operación se conduce en estos casos de una manera análoga; el maestro hace volver y correr la pieza sobre el yunque é indica a intensidad de los golpes del martillo y el momento en que ha de caer.

475. Tanto esta operación como todas las sucesivas, que se refieren á la forja en caliente, deben ejecutarse con la mayor rapidez posible, aprovechando el grado de maleabilidad que da la temperatura, para no

martillar en frío ni repetir mucho las caldas; así se consigue no perjudicar la calidad de hierro y economizar combustible.

El estirado trasforma en fibrosa la textura granular de los hierros, y la operación es tanto más perfecta, cuanto más largas y finas sean las fibras; pero no todos los hierros son susceptibles de adquirir dicha textura, por más que los operarios hábiles la comunican á los de mediana calidad.

476. El trabajo del estirado en los aceros suaves es igual al de los hierros de buena calidad, y el resultado es análogo; pero los aceros más duros no cambian de textura, cuando se les somete á dicha operación, que únicamente se practica en pequeña escala.

477. Doblar.—Para ejecutar esta operación, se caldea la barra en el punto por donde se ha de doblar, se coloca sobre el yunque de modo que la parte caldeada quede encima de una arista de éste, y se golpea en el extremo volado, hasta que forme con el resto de la barra, el ángulo que se desea. La calda más conveniente varía entre el rojo blanco y el cereza, según sea el espesor de la pieza y el ángulo que se quiera formar.

Si el codillo del ángulo ha de ser redondeado, se apoya en el cuerno cónico del yunque y se golpea en su exterior, para arreglarlo y perfeccionarlo; después se hace lo propio por la parte interna, dando la vuelta á la barra y haciendo uso de un martillo de boca redondeada; y por último, se reconstruyen las caras planas con la asentadera, cuando la barra es cuadrada ó rectangular.

Es necesario hacer uso también de esta misma herramienta para descubrir la arista del ángulo entrante, cuando las caras interiores de los brazos de la barra forman un diedro, porque no es posible trabajarlo directamente con el martillo.

Se facilita la operación de doblar, en las barras de cierto espesor, haciendo previamente una depresión ó *degolladura* en el punto que ha de formar el entrante del codillo. Esta depresión se practica con el auxilio del degüello (fig.^a 89) que es una herramienta análoga á la asentadera, sin más diferencia que la de tener la boca curva: su uso se reduce á aplicarla apoyando la boca sobre la zona que se va á deprimir y golpear con un martillo sobre el extremo opuesto.

478. La operación de doblar se complica algún tanto, si se quiere formar codillo con arista viva al exterior; porque esta parte, necesita más

cantidad de materia que la proporcionada por la barra al doblarla como se ha dicho. Se toma en este caso, una barra de mayor sección y se prepara haciendo dos degolladuras á ambos lados de la zona destinada á formar la arista, para que se acumule metal en dicha parte; se estiran después los extremos que van á formar los brazos; y por último, se dobla la barra y se arregla el codillo en las condiciones que se exigen; sin temor á que falte materia, siempre que se haya procedido con tino é inteligencia al hacer las degolladuras.

479. Batir.—Con este nombre se conoce el trabajo á que se someten las piezas de hierro ó acero, cuando han sufrido las operaciones anteriores ú otras análogas, con el fin de rectificar la figura y aumentar superficialmente la densidad del metal. La pieza se prepara con una pequeña calda al rojo oscuro ó al cereza, llamada comunmente *calentón*, y después de llevarla sobre el yunque, se la martilla rápidamente con golpes poco intensos.

El cobre, el latón y aun el bronce, se someten á esta operación algunas veces después de darles forma por fusión, aun cuando comunmente la sufren á la temperatura ordinaria.

480. Estampar.—La forja ordinaria con el martillo no basta para dar formas determinadas á los metales; es necesario por lo tanto recurrir á otras herramientas, como son las estampas, que sirven para perfeccionar la figura de las piezas y para facilitar el trabajo de forja y los de conclusión.

La estampa consta de dos piezas prismáticas ó cilíndricas independientes, que tienen vaciado en una de sus bases un hueco igual á la mitad del relieve que se quiere obtener por estampación; tal como se indica en la figura 90 que representa la correspondiente á un gancho. Para conseguir que se correspondan los huecos vaciados en ambas semiestampas, una de ellas está provista de dos ó más pitones destinados á penetrar en los agujeros practicados en la otra. Las estampas son igualmente de acero, y cuando se construyen de hierro dulce tienen acerada la parte que lleva vaciado el hueco.

El empleo de esta herramienta, exige que una de las piezas esté sólidamente asegurada en un yunque ó basa, por un ensamble á cola de milano, por una fuerte espiga, ó por medio de tornillos de presión, de manera que presente siempre hacia arriba la parte acerada.

481. Para ejecutar esta operación, es necesario preparar el hierro dándole con el martillo una forma aproximada; después de caldeado convenientemente, se coloca en el hueco de la semiestampa fija, y se cubre con la otra; é inmediatamente se ejerce sobre la última una violenta compresión para que la materia ceda y se amolde á la figura del hueco. La calda necesaria para estampar, varía entre el rojo blanco y el cereza, según las dimensiones, forma y materia de la pieza.

482. El esfuerzo necesario para producir el efecto indicado debe ser tanto más grande, cuanto mayor sea la extensión de la pieza estampada y menor la maleabilidad del metal; así es, que no siempre basta la acción de los martillos de fragua, y es preciso recurrir en muchos casos á un martillo pilón, ó valerse de un procedimiento intermedio. La estampación se hace de un solo golpe ó dos á lo más, cualquiera que sea el medio empleado para producir la unión de las semiestampas; consiguiéndose así aprovechar el calor de la calda que se pierde rápidamente por la conductibilidad de la herramienta.

483. Si la cantidad y forma preliminar del hierro depositado en la estampa se ha calculado bien; la pieza estampada resultará en buenas condiciones sin que sobre ni falte metal; pero esto es difícil de conseguir, y antes de caer en el extremo de que el objeto salga incompleto, se prefiere darle un exceso de materia, que en el acto de la estampación se extiende por el plano de unión de las semiestampas y toma la forma de rebabas.

484. El aparato que generalmente se emplea para las estampaciones de piezas de regulares dimensiones, es el que se conoce con el nombre de *estampa á fricción* representado en la fig.^a 94. La semiestampa inferior está asegurada fuertemente á cola de milano sobre la basa Z, y á los lados de ésta se elevan dos montantes S, S, enlazados en la parte superior por una cumbrera T con dos guías rectas X, X, que dirigen el movimiento vertical de la maza B suspendida del extremo de una correa. La maza lleva encastrada á cola de milano la semiestampa superior A, y la correa, terminada por el otro extremo en la anilla C, pasa por encima de la polea R montada en el mismo eje que la P, receptora del movimiento en el sentido indicado por la flecha.

El movimiento de las poleas no se trasmite á la maza, mientras no

interviene la acción del obrero; pero tan pronto como éste oprime la correa contra la polea R, tirando de la anilla, la semiestampa se eleva en virtud del rozamiento de la correa que la sostiene, y cuando ha llegado al punto conveniente de su curso, el obrero suelta la anilla y la maza cae por su propio peso.

La operación se realiza depositando la pieza que ha de estamparse sobre la semiestampa fija, y dejando caer la maza como se ha indicado; y debiéndose tener especial cuidado en acoplar las semiestampas de modo que se correspondan con exactitud sus huecos para obtener un buen éxito.

485. La manera de producirse el movimiento de la maza y el llevar ésta encastrada una semiestampa, ha hecho que el aparato se conozca con el nombre expresado; pero dicha semiestampa puede emplearse independientemente de la maza, sirviendo ésta únicamente como martillo. La disposición adoptada en la figura tiene la ventaja de permitir la extracción de la pieza estampada con más facilidad; pero en cambio tiene el inconveniente de exigir gran ajuste y precisión en el movimiento, para que siempre se correspondan los huecos vaciados en ambas partes de la herramienta.

Las conocidas con el nombre de *estampas de vapor*, son simplemente martillos de vapor que reciben las semiestampas sobre su yunque y maza.

486. Algunas veces la operación de estampar va unida á la de estirar, como sucede en el trabajo de barras de sección circular, y en este caso, se emplea la sencilla estampa llamada de *canaleja*, representada en la fig.^a 92, formada por la pieza A provista de un mango de madera, y por la M, con una espiga para asegurarla al yunque. La operación se reduce á una serie de estampaciones sucesivas á lo largo de la barra, variando ésta constantemente de posición, para que el metal sobrante no forme rebaba y contribuya al estirado.

487. Remachar.—Esta operación, contraria á la de estirar, tiene por objeto aumentar los espesores de las piezas acortando su longitud. Ordinariamente se limita la aplicación del trabajo á los extremos de las barras, ya sea para construir cabezas de pernos ó clavos, ya para formar remaches de sujeción.

Caldeado el extremo de la barra que se quiere remachar, se golpea

éste en dirección de su longitud, hasta conseguir que rebatiéndose el metal, se extienda y tome el grueso que conviene. Para sujetar la barra y dar formas regulares al remache, se hace uso de *claveras*, que son unas herramientas (fig.^a 93), constituidas por un prisma de acero que tiene un taladro en su eje, terminado en un hueco troncocónico ó cilíndrico. Introducida por el taladro la barra que ha de remacharse, de modo que su extremo rebase del plano superior de la clavera, en cierta cantidad, se procede á golpear repetidamente este sobrante hasta obligarle á que tome la figura del hueco, después de lo cual se saca el hierro golpeando al otro extremo á fin de vencer la adherencia con aquélla. Para que el remache ó cabeza así construido salga perfecto, es necesario calcular bien el volumen de la parte de barra que ha de martillarse, á fin de que no falte ni sobre metal.

488. La operación de remachar se combina con la de estampar, para regular la figura exterior del remache cuando éste no debe resultar embutido en la clavera. En este caso, la herramienta y barra que ha de trabajarse están representadas en la fig.^a 94; el extremo *a* que sobresale es remachado, y la materia es distribuída con el martillo, dándole forma adecuada á la que ha de tener, cuya figura definitiva se imprime por medio de la estampa (fig.^a 95), trazada para construir cabezas semiesféricas ó de gota de sebo.

489. En los talleres de calderería y en los trabajos de chapa en grande escala, que necesitan un gran número de remaches para formar uniones ó costuras con redoblones, se emplean con ventaja las máquinas dedicadas á este servicio, que imitan el trabajo manual.

Una máquina de este género, que funciona en buenas condiciones, es la activada por el aire comprimido á dos atmósferas, que da de 150 á 200 golpes por minuto. Su intensidad se regula automáticamente á medida que avanza el trabajo. La máquina es ligera y portátil, puede suspenderse de una barra y recibir movimiento longitudinal á lo largo de la línea de redoblones, cualquiera que sea su forma.

490. Punzar.—A este trabajo de forja está destinada la herramienta (fig.^a 96), conocida con el nombre de *punzón*, formada por un trozo de acero próximamente troncocónico, con la base menor redondeada y un mango para manejarla. La operación se practica haciendo penetrar

á golpe de martillo la punta del punzón en la pieza que se trata de agujerear, previamente caldeada; consiguiéndose así, que la materia ceda al paso de la herramienta y se replegue hacia los bordes del agujero formado. La figura de éste, que puede ser circular ó poligonal, según sea la sección del punzón, se perfecciona extendiendo el metal sobrante, y repitiendo la operación por la cara opuesta, si fuese necesario.

De lo dicho se desprende, que este sistema de agujerear solamente tiene aplicación á los orificios de pequeño diámetro.

491. Tanto el punzón como las demás herramientas empleadas en el trabajo de forja, que tienen de acero la parte activa, deben estar templadas, y con objeto de que conserven por más tiempo los efectos del temple, se acostumbra á sumergirlas en agua después de cada operación, para que pierdan rápidamente el calor adquirido en ellas.

492. Pegar.—El hierro goza, como se ha dicho, de la singular propiedad de pegarse ó soldarse sin la interposición de ninguna materia, y para conseguir un buen resultado en esta operación, es necesario proceder de la manera siguiente: 1.º Se preparan con el martillo las superficies que han de ponerse en contacto, dándoles formas convenientes para la superposición, y ampliándolas si fuese necesario. 2.º Se caldean al blanco sudante, con las precauciones necesarias, las partes que han de reunirse. 3.º Se limpian las expresadas superficies, espolvoreándolas con arena, para dar lugar á la formación de silicatos fusibles que se desprenden con facilidad. 4.º Se llevan inmediatamente las piezas sobre el yunque, superponiendo las partes caldeadas, sobre las que se martilla hasta conseguir su íntima unión formando un sólo cuerpo. 5.º Por último, se regulariza la zona golpeada con el martillo, con la estampa, con la asentadera ó con otra herramienta conveniente, aprovechando el calor de la calda de soldadura.

493. En el caso muy frecuente de unir dos barras en prolongación para formar otra de mayor longitud, se preparan, dando á sus extremos la forma de *bisel* ó *corte de pluma*, con lo que se aumenta la superficie de unión, y reciben aquéllas los golpes del martillo en buenas condiciones.

494. Los hierros de buena calidad y los quebradizos en frío se sueldan sin dificultad, principalmente cuando las piezas son pequeñas; pero en las de mayores dimensiones hay que tomar grandes precauciones,

tanto en el caldeo para que el calor penetre bien en la masa, como en la forja, que debe hacerse con un martillo pilón suficientemente eficaz.

495. La soldadura del acero presenta dificultades tanto más grandes, cuanto mayor sea su carburación, porque todas las clases no admiten, como se ha dicho, la calda necesaria. Las precauciones consisten en observar fielmente las reglas generales de esta operación y las expresadas para el caldeo del acero, empleando el borax como fundente para limpiar de óxido las superficies de unión.

El acero se pega con el hierro más fácilmente que con otro trozo de acero, y la operación difiere únicamente para este caso, en la temperatura de las caldas de ambas piezas; porque el hierro recibe la del blanco sudante, mientras el caldeo del acero es más ó menos intenso, según sea su grado de carburación.

496. El procedimiento de unir piezas de hierro y acero, se conoce con el nombre de *soldadura autógena* para distinguirlo de otra clase de soldadura verificada con la interposición de otros metales, como más adelante mencionaremos.

497. Forja por presión.—Los metales maleables no se trabajan solamente por medio de percusiones; la compresión se aplica también á la forja para sustituir la acción del martillo, y el resultado obtenido por este procedimiento es análogo al descrito anteriormente.

La fuerza necesaria para producir presiones capaces de deformar el hierro ó el acero después de caldeados, es preciso obtenerla por medio de máquinas, por ser insuficiente, aun para las piezas más pequeñas, el esfuerzo que el obrero ejerce directamente sobre la herramienta.

498. El sistema de forja por presión se ha visto empleado ya en el trabajo del hierro dulce, para fabricar chapas y barras de diferentes secciones, por medio de los cilindros laminadores. Con estas máquinas se practica la operación del estirado por presión y se dan formas determinadas, con arreglo á los perfiles y separación de los laminadores.

El tren laminador representado en la figura 97, cuya descripción detallada omitimos, tiene por objeto fabricar tubos de hierro forjado. La primera materia se caldea bajo la forma de planchuela y se introduce sucesivamente, por las escotaduras 1, 2 y 3 para que adquiera figura acanalada, por la 4 para unir los dos bordes, y por último, se caldea nue-

vamente al blanco sudante, y se continúa el trabajo por las escotaduras siguientes para soldar los bordes y estirar cuanto convenga el tubo.

499. Los cilindros laminadores sirven también en algunos casos para estampar por presión. La figura 98 representa los cilindros de un tren destinado á producir resaltos ó dibujos en las chapas y planchas.

500. En el material móvil de ferrocarriles se han empleado ruedas de hierro dulce de una pieza, forjadas á presión por medio de una combinación de conos y cilindros laminadores. Las ruedas usadas en el día tienen un aro exterior ó llanta de hierro dulce ó acero, que se trabaja por compresión.

La gran aplicación que se hace de los *sunchos* para unir y reforzar un considerable número de piezas, entre las que figuran las de artillería, nos obliga en esta ocasión á reseñar ligeramente los trabajos necesarios de forja y á describir una máquina para el laminado.

501. Esta clase de aros ó *sunchos* se denominan *sin soldadura*, á causa de no tenerla en punto alguno determinado: su preparación se hace con barras de pequeña sección que se arrollan á un mandril para formar una hélice cuyas espiras están en contacto, y que después de una calda al blanco sudante se sueldan en toda su extensión por medio de un potente martillo pilón. El anillo irregular de excesivo grueso y pequeño diámetro, así formado, es sometido á la acción de la máquina representada en la figura 99, que agranda el radio del círculo y recibe la forma definitiva.

Para facilitar el servicio de esta máquina, todo el mecanismo de trasmisión está montado debajo del suelo del taller, en el interior de una fosa. Cuatro montantes verticales Y, Y, que se atornillan á una basa ZZ asentada sobre el fondo de la fosa, se elevan hasta el borde superior para sostener la placa XX que sirve de mesa á la máquina. La compresión tiene lugar entre dos *laminadores* a y c acoplados en los extremos de los árboles verticales A y C: el primero de éstos se apoya en el fondo de la rangua n, está mantenido por dos collares de bronce b y b ajustados en el espesor de la mesa X y en otro soporte intermedio V, y recibe el movimiento del motor por el eje D y por el engranaje cónico BB. El segundo árbol C, montado del mismo modo que el primero, gira sobre la rangua m y en el collar d, colocados en los bastidores de fundición M y M'. Un

mecanismo especial permite mover el árbol C para aproximarlo ó separarlo paralelamente al A con objeto de aumentar ó disminuir el espacio entre los laminadores. A este fin, los dos bastidores M y M' pueden resbalar simultáneamente sobre sus soportes á favor de la rotación de los husillos *e* y *e'*, labrados en el eje de las ruedas E y E', que reciben movimiento en un mismo sentido del árbol H por el intermedio de un doble engranaje.

Un pequeño motor de vapor anexo, que no está representado en la figura, actúa directamente sobre el eje H, por los vástagos *f, f*, y produce el esfuerzo necesario para la traslación del árbol C.

Por último, para facilitar el movimiento de rotación del aro ó suncho, sin que se levante durante el laminado, ni se deforme el plano horizontal de sus bordes; la máquina está provista de dos rodillos horizontales *h* y *k*: el inferior gira sobre dos cojinetes encastrados en el espesor de la mesa X X, y por el intermedio de las ruedas F, F, recibe del árbol motor D, un movimiento de rotación con velocidad convenientemente calculada. El rodillo superior *k* está montado sobre dos cojinetes, puede aproximarse al *h*, cuanto convenga, mediante la acción de dos husillos verticales provistos de manivelas, y además es susceptible de retirarse de la posición que indica la figura, resbalando dentro de uno de sus cojinetes.

502. La preparación de la máquina para el trabajo, consiste en separar el laminador compresor *c* y alejar el rodillo *k*. El aro se introduce después de caldeado, por el cilindro laminador *a*, de manera que se apoye en él y en el rodillo *h*, é inmediatamente se aproxima el *c* hasta oprimir aquél exteriormente, al propio tiempo que se coloca en su lugar el rodillo *k* y se pone en movimiento la máquina. La rotación del laminador arrastra al suncho, y el rozamiento de éste hace girar al compresor *c* y al rodillo *k*. La acción del motor anexo, transmitida al eje C, acorta lenta y paulatinamente la distancia entre los laminadores, para disminuir el espesor del aro que aumenta de radio al mismo tiempo.

Cuatro rodillos topes colocados sobre la mesa X X (no representados en la figura), pueden aproximarse uno á otro por medio de husillos y manivelas independientes para limitar el estirado del aro, que recibe en lo posible la forma circular, cuando se apoya tangencialmente en ellos al terminar la operación.

503. El perfil de los laminadores depende de la sección del aro que se pretende trabajar; y para que resulten igualmente forjadas las superficies interior y exterior del mismo, es necesario que el radio del disco compresor sea tanto mayor, cuanto mayor sea la relación de los radios exterior é interior del suncho terminado. Los laminadores acoplados en los ejes A y C de la máquina descrita, corresponden al trabajo de llantas de hierro ó acero, empleadas en la construcción de ruedas de carruaje para vías férreas.

504. El esfuerzo necesario para la forja por presión, que proporcionan los laminadores, cuando se trata de estirar ó estampar de una manera continuada el metal, no tiene aplicación para los múltiples trabajos que se presentan en algunos talleres.

La máquina representada en la fig.^a 400, que funciona con movimiento alternativo, se presta á gran variedad de trabajos.

El montante XXX, que sostiene todos los órganos de la máquina, tiene en su parte superior tres cojinetes de bronce Z, Z, Z, para recibir el árbol AA receptor del movimiento, y lleva abiertas en su parte central, unas cajas V, V..., U, U..., para el paso de los vástagos portaherramientas. El árbol AA adquiere el movimiento del motor por el intermedio de la polea B, montada en su extremo al lado de otra loca C, y lo transmite por medio de las excéntricas E, E..., guarnecidas de un dado ó cojinete de bronce D, á los vástagos cuadrados G, G..., que reciben á cola de milano las semiestampas m' , m' , y el martillo n' . Correspondiéndose con las herramientas expresadas, se encuentran acopladas sobre otros vástagos ó espigas cuadradas H, H, las semiestampas m , m , y el yunque n , que pueden subirse ó bajarse á voluntad según lo exija el grueso de las piezas que se forjan, mediante las cuñas r , puestas en movimiento por el husillo p que tiene tuerca fija en el montante.

Cuando la máquina se pone en comunicación con el motor, se produce un rápido movimiento de ascenso y descenso de las herramientas superiores, suficientemente eficaz para deprimir el hierro caldeado que se coloca sobre las herramientas fijas; y por lo tanto, esta máquina permite ejecutar las operaciones de estirar, estampar, remachar y pegar. La cantidad de metal que se deprime debe tener menor espesor que el curso de las herramientas, y el trabajo intermitente de la máquina exige la presen-

cia de los volantes F, F, reguladores del movimiento, y que las excéntricas estén dispuestas de tal modo que no sea simultánea su acción.

505. La fuerza desarrollada en la prensa hidráulica se utiliza también en la forja por presión; las máquinas de esta clase funcionan con movimientos alternativos, como la descrita anteriormente, y además de producir el esfuerzo necesario para que la herramienta deprima el metal, deben satisfacer á la condición de poder repetir con rapidez su acción, para aprovechar mejor el efecto de las caldas.

Como tipo de estas máquinas, se describe á continuación la representada en la fig.^a 401, dedicada principalmente á remachar.

El receptáculo ó cavidad cilíndrica Z, destinado á recibir por el conducto π el agua á gran presión que procede de una prensa hidráulica, se encuentra abierto en uno de los montantes X X de la máquina, y funciona en su interior el gran émbolo compresor A, que lleva la herramienta a acoplada en su base exterior. Otro montante V V, colocado frente al primero, está invariablemente unido á él por la parte inferior, manteniendo al yunque n ó semiestampa fija que coadyuva al trabajo. En la figura, se ha representado la máquina en disposición de remachar el extremo del redoblón e para unir dos barras de sección angular al borde de una plancha R: el yunque tiene una cavidad semiesférica en su boca para recibir y *aguantar* la cabeza del redoblón, y la herramienta presenta otra concavidad semejante para estampar el remache.

Con objeto de que la herramienta se retire inmediatamente después de ejecutar el trabajo, el compresor A es hueco, y en su interior B, resbala el pequeño émbolo b , montado en el tubo d que se fija en el montante por el otro extremo. Este tubo comunica constantemente por m y h con el depósito de agua de la prensa motora, y con la parte posterior del cilindro B por los orificios e , c . Un pequeño repartidor representado en proyección horizontal en la figura 402 permite, por el juego de dos válvulas y los tubos h y k , la entrada ó salida del agua contenida en el receptáculo Z. Tanto el tubo h como el k , se encuentran cerrados por las válvulas oprimidas por los muelles f , f , antes de poner en movimiento la máquina.

Para efectuar el trabajo, basta que un obrero abra la válvula del tubo h , aplicando su esfuerzo á la palanca P; el agua penetra en Z, é impulsa al

compresor hacia el redoblón, cuya espiga es remachada por la herramienta.

Cuando el obrero mueve la palanca P en sentido contrario para que se cierre la válvula *h* y se abra la del tubo *k* de mayor diámetro, el agua desaloja la máquina, y en cuanto queda anulada la presión que aquella ejercía sobre la base del compresor, el líquido que llega por el tubo *d* á la parte posterior del cilindro B, ejerce su acción sobre la base y determina el retroceso de la herramienta.

Repitiendo la misma maniobra con la palanca P, se reproducen idénticos efectos, cuantas veces deba ejercer su acción la herramienta.

Para trabajar sobre materiales fijos ó sobre piezas muy voluminosas, cuya remoción para cada remache acarrearía dificultades, se construyen máquinas portátiles del mismo género, cuyo agente motor es la presión hidráulica en unas y el aire comprimido en otras (489).

ARTÍCULO 2.º

=

FORJA Á LA TEMPERATURA ORDINARIA.

506. Aplicación y operaciones más principales.—La elevación de temperatura ó caldeo de los metales, no siempre es indispensable en los trabajos de forja: cuando se trata de modificar ligeramente la forma de las piezas, ó bien cuando los materiales empleados son de pequeño espesor, pueden realizarse en frío, sin dificultad, muchas de las operaciones; y el trabajo de algunos metales, que como el plomo, el latón y otras aleaciones maleables, no admiten el caldeo por fundirse ó descomponerse fácilmente, se debe practicar á la temperatura ordinaria. Las placas ó chapas de hierro, acero, cobre y latón, se prestan á la forja en frío, así como los alambres y barras de pequeña escuadría.

Las principales operaciones de este género, que se practican, son: *estirar, batir, encorvar, doblar, plegar, remachar, estampar, troquelar, embutir y comprimir.*

507. Estirar.—El objeto de esta operación es, como ya se ha

dicho, alargar las barras ó extender las chapas, disminuyendo, como es consiguiente, la sección en las primeras y el espesor en las segundas. Lo mismo que para igual operación en caliente, la pieza debe ser martillada sobre un yunque en sentido de dos ó una de sus dimensiones, recorriendo toda su extensión con uniformidad para que resulte igual el trabajo. La intensidad de los golpes debe ser proporcionada á los espesores de las piezas, procurando siempre que se verifique poco á poco el movimiento de la materia para no alterar su cohesión.

El estirado de un aro ó sea el aumento de su diámetro, se practica en los mismos términos, colocándolo sobre un yunque que tenga convexa alguna parte de su superficie.

508. En muchas ocasiones, el estirado tiene por objeto variar la forma además de las dimensiones: así por ejemplo, si se trata de arquear una barra, la forja debe limitarse á una zona ó región de ella, para que estirándose con desigualdad, se produzca la curvatura.

Las chapas planas pueden recibir la forma cóncava por medio de la operación que nos ocupa, martillando por un lado y en la zona central hasta que el estirado de esta parte haga elevar los bordes, que no habrán experimentado aumento de extensión: se arregla la figura de la concavidad dando repetidos golpes repartidos con inteligencia y empleando yunques y martillos adecuados al objeto. Este trabajo tiene gran aplicación en la construcción de calderas para las máquinas de vapor y otros usos, y en la fabricación de vasos y utensilios de cocina.

509. Batir.—Esta operación se practica frecuentemente con el cobre para aumentar su homogeneidad, densidad y dureza, haciendo desaparecer las cavidades ó picaduras con que resulta el metal colado en moldes. Para que los efectos del batido lleguen hasta el interior de la masa, se golpean las piezas por todas sus caras, con una intensidad proporcionada á los espesores, valiéndose si fuese preciso, de martillos pilones.

El hierro y los demás metales se baten en frío con objeto de endurecer y alisar las superficies de las piezas, y aun también, con el de rectificar ó modificar ligeramente su forma. En algunos oficios se acostumbra á designar esta operación con el nombre de *adobar*.

510. Encorvar.—El procedimiento más general para arquear una

barra ó chapa, consiste en plegarla sobre una horma ó mandril de fundición de hierro ó de acero, que tiene el perfil conveniente. Sujeta la barra por un extremo al mandril, se la golpea con un martillo para que sucesivamente se vaya ciñendo al contorno de aquél, fijándola en su posición, si fuese necesario, con bridas ó tornillos de presión espaciados convenientemente. Si los espesores de la pieza son pequeños, se emplean mazos de madera en vez de martillos, para que no resulte maltratada la superficie que se golpea.

Se da la forma circular á las llantas de las ruedas de carruaje, valiéndose de hormas cóncavas de pequeña extensión y de una palanca de madera para ir ciñendo la planchuela en toda su longitud sobre la concavidad de aquélla; ó bien se hace uso de un aparato compuesto de tres cilindros, que á semejanza de los laminadores arrastran en su movimiento á la planchuela, haciendo que se arquee más ó menos, según sea la posición relativa de los tres cilindros.

511. Doblar y plegar.—Se efectúan estas operaciones valiéndose también de hormas y martillos, y en algunas ocasiones la acción de estos últimos es sustituida por presiones ejercidas sobre la hoja ó brazo que ha de formar ángulo ó rebatirse sobre el resto. La operación en frío presenta dificultades cuando se ejecuta para plegar completamente una pieza de bastante espesor, ó para formar con ella un ángulo muy pequeño; porque se desgajan ó rompen por la parte exterior del codillo, á no ser que el metal sea sumamente maleable.

La dirección de las fibras producidas en el laminado de las chapas influye en el éxito de la operación que nos ocupa; la que puede practicarse mejor cuando son las fibras las que se doblan, que en el caso en que la arista ó doblez resulte en dirección paralela á aquéllas.

512. Remachar.—Solamente tiene aplicación el remache en frío, cuando se trata de operar sobre pequeñas porciones de metal, porque de lo contrario se desgajaría éste. En el hierro y en el acero, son necesarios también mayores esfuerzos, si los metales no han sido reblandecidos por medio de una calda.

513. Estampar.—Las estampaciones á la temperatura ordinaria no se aplican generalmente más que á las chapas, y en tales casos una de las semiestampas presenta el relieve que se trata de producir, mientras

que la otra tiene la misma figura en hueco, si bien algo más agrandada. Fija esta última y colocada sobre ella la chapa, se hace descender á la *semiestampa macho*, cuya presión obliga al material que se trabaja á introducirse en aquélla ciñéndose á su figura. Los martillos de mano, el aparato denominado estampa á fricción ó bien los martillos pilones, proporcionan la potencia necesaria para este trabajo en los diferentes casos.

514. Troquelar.—El objeto de esta operación es imprimir en la superficie de los metales, inscripciones, bustos, escudos, etc., de modo que resulten en relieve y perfectamente acabados. La herramienta necesaria para este trabajo, llamada *troquel*, es un trozo cilíndrico de acero duro templado por un extremo, en cuya base tiene grabada en hueco la leyenda ó busto que se quiere producir. El troquel se coloca con la parte grabada en contacto con la superficie lisa y unida preparada de antemano en la pieza metálica, y se le da un fuerte golpe de martillo en el extremo opuesto, ó se ejerce una presión equivalente, para que se comprima el metal y resulten en relieve las partes no pisadas por el troquel ó sea el hueco de la inscripción ó busto. Este trabajo ha de efectuarse de un solo golpe para que salga bien acabado; y en algunos casos, como sucede en la acuñación de monedas, se hace á la vez en dos superficies opuestas, colocando otro troquel debajo de la pieza, con la parte activa hacia arriba. La intensidad del golpe tiene que ser mayor en este caso y varía en general con la dureza del metal, con la extensión del troquel y con el relieve que haya de resultar.

El troquel necesario para obtener análogo resultado en hueco debe tener en relieve la leyenda ó adorno que se pretende reproducir en el metal.

Las máquinas destinadas á suministrar el esfuerzo necesario para troquelar, son sencillas combinaciones de excéntricas ó manivelas de pequeño curso; en algunas, como sucede en el aparato representado en la figura 403, se utiliza la fuerza viva de un pesado volante horizontal para que un husillo de gran paso descienda y empuje á la herramienta. El troquel puede estar unido al husillo para descender y ascender con él, pero de tal manera que no adquiera el movimiento de rotación.

515. Embutir.—Esta operación participa de la de estampar y estirar, teniendo por objeto convertir las chapas en dedales ó tubos más ó

menos alargados. Se practica con punzones de punta roma ó machos de acero que obran sobre la chapa colocada encima de un taladro ó *matriz*, también de acero, por el que aquél penetra para estirar el metal y hacerle tomar la forma abocinada. Cuando la figura que se desea obtener es la de un tubo alargado y de pequeño diámetro, se hacen varias embuticiones sucesivas para aumentar la longitud y disminuir el diámetro y el espesor, empleándose punzones cada vez más delgados y largos, y obrando sobre matrices, cuyo diámetro interior sea igual al del punzón más el doble del espesor del tubo.

Esta operación repetida sobre una misma pieza, solamente puede dar buen resultado con materiales sumamente maleables, y aun así, será necesario el *recocido* para evitar que el metal se agrie.

516. Como ejemplo de máquina de embutir puede presentarse la representada en la fig.^a 404: un eje recodado A A recibe la acción del motor por el intermedio del engranaje F, G y una de las poleas montada en el eje H K, trasmitiéndolo por la biela B, al portaherramienta C que resbala por las guías Z, Z fijas al montante de la máquina. El punzón E se acopla en la parte inferior del portaherramienta, y en dirección del eje del punzón se asienta la matriz D, abierta por la parte inferior igualmente que la mesa y montante, para dar salida á las piezas embutidas. El trabajo intermitente de esta máquina operadora exige que se la dote de un volante para regular su marcha.

517. Comprimir.—Otra de las operaciones que pueden ser incluídas entre las de forja, es la de *comprimir*, que como indica su nombre, consiste en apretar el metal de las piezas, reduciendo el volumen con objeto de aumentar la densidad, la homogeneidad y la dureza. Para conseguir tales efectos, es necesario encerrar la pieza que se intenta trabajar, en una matriz muy resistente de forma interior igual á la exterior de aquélla, con una parte descubierta para dar paso á un *compresor* de acero. Después de aplicar esta herramienta de manera que su sección cierre la matriz, se ejerce una fuerte presión sobre ella, valiéndose de una prensa hidráulica ó por otro medio que reduzca el volumen de la pieza encerrada.

518. La compresión de los cilindros huecos con objeto de endurecer la superficie interior, se hace con compresores ó *mandriles* de forma

truncocónica, á los que se obliga á introducirse y recorrer toda la longitud del cilindro. La base mayor del compresor es más grande que la sección del ánima del cilindro, siendo la diferencia de estos diámetros lo que el metal se ha de replegar sobre su masa. La matriz en que se supone introducido el cilindro, impide que aumente su diámetro exterior, pues de lo contrario el metal se estiraría, empleándose en este efecto gran parte de la fuerza, en vez de efectuar la compresión. Esta operación debe ejecutarse gradualmente en los cilindros huecos, haciendo pasar sucesivamente varias herramientas cuyos diámetros vayan en aumento.

Debe tenerse presente que pasando de cierto límite la compresión puede dar lugar á la pérdida de tenacidad y á la rotura, cualquiera que sea el metal y la forma de la pieza sometida á este trabajo.

ARTÍCULO 3.º



TRABAJOS ANEXOS Á LA FORJA.

519. Operaciones más principales.—Bajo la denominación de *trabajos anexos*, consideraremos una serie de operaciones que sin estar comprendidas en las de forja propiamente dicha, son auxiliares de ella y se ejecutan ordinariamente en los mismos talleres. Las operaciones más principales que se encuentran en este caso, son las de *cortar*, *punzar*, *desbarbar*; igualmente que las de *recocer*, *templar*, *revenir*, *destemplar* y *soldar*, aunque de diversa índole que las primeras.

520. Cortar.—Esta operación puede practicarse en frío cuando las piezas presenten poca resistencia, bien sea por sus reducidos espesores ó por la naturaleza del metal; pero es necesaria la intervención del calor en los hierros y aceros de regulares dimensiones. Se ejecuta manual ó mecánicamente con herramientas de acero provistas de un filo duro y templado.

La herramienta que se emplea en el trabajo manual, denominada

tajadera, es una cuña prismática enmangada (fig.^a 405), terminada por un lado en el filo que ha de producir el corte y por el opuesto en un plano destinado á recibir los golpes del martillo.

Para cortar una barra, se lleva al yunque, después de caldeada al rojo cereza ó al blanco si es muy gruesa; se aplica el filo de la *tajadera* sobre el punto en que ha de obrar y se golpea con un macho sobre la cabeza de la herramienta hasta que aquél penetre en el espesor del metal. Si la anchura de la barra es mayor que la longitud del filo, es necesario que el maestro forjador haga recorrer á este toda la extensión de aquélla; y cuando el espesor sea considerable, la incisión debe hacerse por ambos lados para disminuir el trabajo de penetración. En las cabillas de gran diámetro se facilita el corte atacando á la barra por toda la circunferencia de su sección. No es indispensable producir el corte completo, porque basta una profunda incisión para determinar la rotura de las barras al doblarlas.

La conservación de la herramienta exige que su filo no choque con la mesa del yunque, que se introduzca en agua después de usarla, y que se temple de vez en cuando.

521. Cuando se trata de metales ó de piezas que no pueden ser caldeadas, ó bien cuando se considere innecesaria esta preparación, se practica la operación de cortar de una manera igual; tomando la *tajadera*, en este caso, el nombre de *eortafrio*.

En piezas de pequeños espesores y cuando se quiere producir cortes con alguna igualdad, se emplea otra herramienta llamada *cincel*, que es sencillamente un trozo ó barra de acero, terminado por un extremo en un filo y por el otro en una cabeza. El *cincel* se empuña con la mano izquierda y su filo aplicado á la parte que se quiere cortar, se introduce á golpes de martillo dados por el mismo operario con la mano derecha.

522. Las sierras de mano llamadas *limandees* ó *armandees* representadas en la fig.^a 406, sirven también para cortar los metales á la temperatura ordinaria: consta esta herramienta de una hoja ó lámina de acero guarnecida de dientes en uno de sus lados, montada en un arco ó armadura de hierro, al que se sujeta por medio de un pasador ó de un tornillo de presión en uno de sus extremos *m* y por el otro con una pieza *n* que tiene una parte roscada para poner en tensión la sierra, mediante

el aprieto de la tuerca de orejas *r*. El esfuerzo del obrero aplicado con ambas manos sobre los extremos del arco, produce un movimiento de vaivén que ocasiona el desprendimiento de partículas, cuando los dientes están en contacto con el metal, consiguiéndose la incisión que se desea por la repetición del trabajo.

523. Las máquinas destinadas á cortar, que se denominan *tijeras mecánicas*, son de formas muy variadas; pero una de las más modernas y de aplicación más general, es la representada en la fig.ª 407.

Dos piezas de fundición X, X unidas por pernos, constituyen la parte inerte de la máquina, que se fija á un macizo de sillería por medio de largos pernos, y sirve de sostén á las herramientas y órganos de transmisión del movimiento.

La herramienta se compone de dos partes ó cuchillas, una fija y otra movable: la primera *m* es una placa de acero templado con filo en bisel, unida con tornillos á la parte Z del montante, de manera que la arista cortante quede horizontal y el bisel al exterior. La cuchilla móvil *a*, es otra placa de acero semejante á la anterior, pero más ancha por un lado que por el otro, unida por cuatro pernos á la parte inferior de una pieza de hierro A, que constituye el portacuchilla, y éste está ajustado para moverse á corredera entre dos guías verticales labradas en el montante y la tapa T. El árbol horizontal B, que recibe el movimiento del motor por el intermedio de los engranajes C D, E F y polea G, lo trasmite á la cuchilla, por el muñón excéntrico *b*, alojado en un cojinete de acero *c* que juega en el interior de una caja abierta en el espesor del portaherramienta. Ambas cuchillas tienen sus filos en un mismo plano vertical, pero los biseles están labrados á distinto lado de este plano, para que puedan cruzarse; y con objeto de que la acción no sea simultánea en toda la extensión del filo, el de la cuchilla superior es oblicuo respecto al de la otra herramienta.

Esta clase de máquinas, destinadas á cortar piezas gruesas, necesitan el desarrollo de una gran potencia; á este fin responde el doble engranaje y la relación entre el número de dientes de las ruedas. El curso de la cuchilla, que depende de la excentricidad del muñón, fija el mayor espesor de las barras ó chapas que pueden cortarse; de 0,08 m. en la máquina descrita. El hueco V del montante y la oblicuidad de los planos

de las cuchillas con relación al plano diametral de la máquina, permite operar sobre piezas y chapas de gran extensión.

Los constructores han dotado á este aparato de un doble juego de herramientas para trabajar independientemente sobre dos piezas, utilizando el mismo mecanismo de trasmisión con mayor aprovechamiento de la fuerza motora, toda vez que estando las excéntricas encontradas, el esfuerzo no es simultáneo en los dos juegos. Esta disposición contribuye además, en unión del volante H, á regular el movimiento de la máquina.

524. En la máquina de forjar (fig.ª 400), descrita en el número 504, se acostumbra á colocar un juego de cuchillas en el sitio de dos semi-estampas, para tener á mano un medio de cortar las barras después de estiradas ó estampadas.

525. Las *sierras circulares* proporcionan otro medio para cortar los metales maleables, muy usado en los talleres de fabricación de hierro. La herramienta de estas máquinas es un disco de acero ó hierro dentado en su circunferencia, y va montado en un eje que recibe, por el intermedio de una polea de pequeño diámetro, un rapidísimo movimiento de rotación.

La manera de cortar, se reduce á caldear al rojo la barra y aproximarla paulatinamente al disco, en dirección perpendicular á su eje: los dientes de la sierra arrancan el metal puesto á su alcance, y se va produciendo una incisión cada vez mayor, que concluye por dividir la barra.

La *alimentación* de la máquina puede obtenerse por el movimiento de traslación de la pieza que se corta, como se ha supuesto, ó por el de la herramienta; y en este último caso, aquélla permanece en reposo durante la operación, como sucede en la sierra circular (fig.ª 108) que vamos á describir.

El disco A y la pequeña polea están montados sobre un eje colocado en el extremo del balancín BB, que oscila sobre dos cojinetes Y, fijos á la basa X, y esta mantiene también el árbol C, que recibe el movimiento del motor por una correa sin fin D, para transmitirlo por otra E á la herramienta, con aumento de velocidad. Una manivela ó palanca b colocada al extremo del balancín, permite acercar sin gran esfuerzo la sierra á la barra m, dispuesta para ser cortada sobre el apoyo Z; el que á su vez está partido en dirección del plano de la sierra, para que la acción de ésta no le alcance, ni se rompan los dientes.

Para que no se reblandezcan los dientes de la sierra por la elevación de temperatura, y para que conserven en lo posible el temple en el caso en que sean de acero, es indispensable que caiga constantemente sobre ellos una corriente de agua fría.

La velocidad de rotación de la herramienta es de gran importancia; puede decirse en general, que entre ciertos límites, los resultados son tanto mejores cuanto mayor es dicha velocidad, que nunca debe bajar de 500 vueltas por minuto.

El espesor del disco varía ordinariamente entre tres y cinco milímetros, y la forma de los dientes es hasta cierto punto arbitraria, por más que la experiencia aconseja como preferente, la de ángulo recto con flancos desiguales. En este caso, el sentido de la rotación del disco debe ser el que presente los lados menores al metal que se trabaja.

Aun cuando el acero es más apropiado que el hierro para toda clase de herramientas, se ha reconocido que la diferencia en favor del primero es muy pequeña, tratándose de sierras circulares, y no compensa el mayor gasto que originan su fabricación y entretenimiento. Por esta razón se prefieren en muchos establecimientos las sierras construídas con chapa ó palastro de hierro dulce, en el supuesto que es siempre indispensable para operar sobre piezas de hierro, que éstas hayan sido caldeadas.

526. Por último, en algunos oficios en que se trabaja hoja de lata, palastro, chapas delgadas de cobre y latón, alambre y otros materiales de pequeños espesores, la operación de cortar se verifica manualmente en frío valiéndose de tijeras comunes, ó bien con el auxilio de aparatos semejantes al representado en la fig.^a 109, en el que las herramientas son dos troncos de cono de acero A y B montados sobre ejes, de manera que las aristas vivas que constituyen el filo cortante queden en oposición y tangentes: el movimiento de rotación encontrado, que toman las herramientas por medio de una palanca ó manivela y un engranaje, proporciona un medio fácil de cortar las chapas.

527. Agujerear.—Esta operación tiene igual objeto que la de forja denominada punzar; (*) pero se distinguen en la manera de practicarse: en el procedimiento que vamos á explicar, se arranca de un

(*) La acepción de las palabras agujerear y punzar no está precisada y se usan indistintamente.

solo golpe un trozo metálico que descubre el orificio que se trata de hacer, mientras que en la descrita anteriormente, el metal se deprime y repliega en los bordes del agujero.

La herramienta empleada se llama también *punzón*: es de acero duro y templado, tiene forma cilíndrica ó prismática, de base plana, con aristas redondeadas y su sección es igual al agujero que se pretende abrir. En general, esta operación se hace mecánicamente, porque necesita gran esfuerzo para obrar sobre barras ó placas de medianos espesores; facilitándose notablemente la acción de las máquinas empleadas, con el caldeo de las placas antes de someterlas al trabajo.

Las máquinas de agujerear, llamadas punzones mecánicos, son iguales á las tijeras mecánicas, cuyo tipo se ha descrito, sin más diferencia que la índole de las herramientas. La máquina (fig.^a 407) se puede utilizar para esta operación, sustituyendo con un punzón la cuchilla móvil y colocando una matriz en lugar de la cuchilla fija. En el saliente Z del montante, se acopla la matriz de acero *z* (fig.^a 410) que tiene un agujero central para dar paso al punzón *a*, sujeto al portaherramienta A. La barra ó plancha que se desea agujerear se coloca sobre la matriz, reteniéndose en esta posición por medio de la escuadra *p*, que sirve también de guía al punzón é impide que éste arrastre en su ascenso á la pieza agujereada. El metal arrancado sale por el conducto *v*, abierto en el montante en correspondencia con el de la matriz.

La aplicación de este procedimiento de abrir agujeros es más general que la del explicado en la operación de punzar, porque además de poder operar con piezas de mayores espesores, el trabajo resulta desde luego bien acabado.

528. Ocurre con frecuencia perforar piezas, que por formar parte de un material fijo, por estar á gran distancia de los talleres, ó por otra causa, impiden el empleo de las máquinas operadoras movidas por un motor industrial para ejecutar el trabajo: con objeto de proveer á esta necesidad, se han construído punzones mecánicos portátiles, susceptibles de obrar sobre placas de bastante espesor. El aparato representado en la fig.^a 414 es un tipo de esta clase de operadoras: la fuerza muscular de uno ó más hombres se aplica á una manivela acoplada al cuadradillo A, con objeto de hacer girar al husillo B, que tiene dos cuerpos roscados en

sentido inverso, abrazados por dos tuercas unidas á los brazos mayores de las palancas gemelas C y D; los brazos menores de estas palancas se apoyan respectivamente en el montante ZZ y en el portapunzón E. Cuando el esfuerzo de los obreros hace girar al husillo en sentido conveniente para que las tuercas se aproximen, los brazos menores de las palancas se separan, pero como la superior no cede por apoyarse en un punto fijo, reacciona sobre la inferior y el punzón desciende hacia la matriz colocada en dirección de su eje, perforando la placa que se ha interpuesto entre ambas partes.

La unión de las tuercas á los brazos mayores de las palancas no debe presentar rigidez, porque el ángulo que forma el eje de las primeras con la dirección de las segundas varía con el juego de la máquina, y por esta razón las tuercas se montan sobre muñones, que les permiten tener un movimiento oscilatorio dentro de la horquilla en que termina cada una de las palancas.

529. La operación que nos ocupa tiene por objeto, no solamente agujerear placas, sino también obtener discos metálicos de la misma forma que la sección del punzón; siendo la parte utilizada en este último caso, lo que antes era residuo de fabricación. Cuando las máquinas empleadas funcionan con este objeto, toman el nombre de *sacabocados*.

530. Desbarbar.—Desbarbar ó *rebarbar* (*) es un caso particular de la operación anterior; tiene por objeto, quitar á las piezas estampadas el metal sobrante que forma salientes ó rebabas. La tajadera y el cincel son las herramientas con que se practica este trabajo, aplicando su filo al nacimiento de los apéndices que se desean separar, contorneando la pieza hasta privarla del metal sobrante. En las partes rectas y convexas puede llevarse á cabo la operación con tijeras mecánicas y con punzones, en las partes interiores del contorno.

En la fabricación corriente de un mismo objeto, se emplean máquinas especiales de rebarbar, que funcionan de igual manera que las tijeras y punzones, y están dotadas de herramientas, cuyo filo presenta la figura del contorno de la pieza, en el plano de la estampación.

(*) Nos vemos obligados á admitir el verbo rebarbar con que impropriamente se designa á esta operación en el lenguaje usual de los talleres.

531. Recocer.—Tanto el hierro como el acero, el latón y otros metales, adquieren cierta acritud y dureza, durante las operaciones de forja, por efecto sin duda, de la forzada posición que toman las moléculas. Para facilitar los trabajos mecánicos y de conclusión, que después sufren las piezas, es conveniente devolver al metal su maleabilidad y blandura natural: con este objeto, antes de salir de los talleres de forja, se *recuecen* en hornos de reverbero, hasta que el hierro adquiera la temperatura del rojo cereza y algo menos el acero, cuidando después de enfriarlas con lentitud. Es preciso evitar que el metal se oxide durante los dos períodos de la operación, para lo cual se mantienen en el primero cerradas las puertas del horno y se impide que llegue á la parrilla mayor cantidad de aire que la necesaria para la combustión, envolviendo después en carbón menudo, cenizas ó arena muy seca, la pieza calentada, para que se enfríe lentamente sin estar en contacto con el aire atmosférico.

Para obtener los mismos resultados en el cobre y en el latón, es necesario, como ya se sabe (42), enfriar rápidamente las piezas después de calentadas, sumergiéndolas en agua fría.

532. Templar.—Consiste esta operación, en someter las piezas de acero á un cambio brusco de temperatura, pasando rápidamente de una elevada á otra más baja, con objeto de darles dureza y elasticidad. La modificación que con el temple experimenta el acero en sus propiedades físicas, le es característica y se atribuye á un cambio en la disposición molecular del metal, que hace más definida la textura granular. Las piezas templadas resultan con menor densidad, porque con el rápido enfriamiento, el metal no ha tenido tiempo para contraerse completamente y perder por lo tanto, el aumento de volumen adquirido en la elevación de temperatura.

El aumento de dureza que experimentan las piezas de acero al templarse, es á costa de la tenacidad del metal, resultando aquéllas tanto más quebradizas cuanto mayor es su dureza; efecto que es más de notar á medida que el acero sea más carburado. La elasticidad es también una cualidad, cuya existencia está, hasta cierto punto, en razón inversa de la dureza; siendo los aceros medianamente carburados los más susceptibles de tomar en mayor grado dicha propiedad.

533. La dureza adquirida por el temple es tanto más grande, cuanto

mayor y más rápido sea el descenso de temperatura. Cuando el temple es muy fuerte, la desigual contracción que tiene lugar en la superficie respecto al interior de la masa, vence la cohesión molecular y las piezas se rompen ó agrietan. La desigualdad en la contracción es causa también de arquearse las piezas delgadas con caras de formas ó perfiles distintos y de saltar en pedazos, aun cuando el temple no sea muy intenso.

534. Las diferentes maneras de templar pueden clasificarse con relación al método de calefacción y con arreglo á la manera de efectuar el enfriamiento.

Desde el primer punto de vista, el temple puede ser; *á fuego desnudo, en hornos, al gas, al plomo, al estaño*, mediante otros metales y ligas, y *al cemento*.

535. Cuando la barra ó pieza se calienta sencillamente en una fragua en contacto con el combustible, se dice que se temple á fuego desnudo: en este caso, para proporcionar una temperatura uniforme, es necesario cubrir de combustible á la pieza, y volverla y pasearla constantemente dentro del fuego, sobre todo si es de forma alargada, como sucede en las hojas de cuchillos y de sables; cuidando al propio tiempo, que ni el aire de la tobera ni el del taller puedan oxidar el metal.

El combustible que ocasiona menos alteración en el acero, es el carbón vegetal, y por lo tanto debe preferirse á los demás; en su defecto se hace uso del cok, y en último lugar de la hulla. En los casos en que se carece de carbón vegetal, es costumbre aislar del combustible la pieza que ha de templarse, introduciéndola dentro de un tubo que se pone en el fuego.

536. Si la pieza con que se quiere operar es de grandes dimensiones, el anterior medio de calefacción no tiene aplicación y se recurre entonces á hornos de reverbero de recalentar, en donde se conduce la operación con las mismas precauciones dichas para las caldas.

537. En una atmósfera de gas del alumbrado, del procedente del gasógeno Siemens, ó de otro cualquiera que sea combustible y no tenga acción oxidante, se puede también elevar convenientemente la temperatura de las piezas de acero que deben templarse.

538. En los casos en que sea necesario calentar moderadamente las piezas á un grado determinado con alguna exactitud, se sumergen en un

baño de plomo, estaño ú otro metal ó aleación, cuyo punto de fusión sea el adecuado. Por este medio se consigue además, que las diferentes partes de la barra ó pieza adquieran una misma temperatura, siempre que se dé tiempo para que el calor del metal fundido penetre en el interior de las partes más gruesas.

539. Para el temple *al cemento*, se introducen las piezas en cajas de palastro que contienen suficiente cantidad de cemento para envolver á aquéllas, y se colocan las cajas en hornos ó en una fragua si son de pequeñas dimensiones. Con tal disposición adquieren las piezas que han de templarse la temperatura necesaria, al propio tiempo que se cementan algún tanto; resultando por consiguiente el acero con mayor grado de carburación en la superficie. El temple al cemento, llamado también *en paquetes*, se aplica á piezas de pequeñas dimensiones y á los aceros suaves.

El hierro dulce no admite el temple; pero sometiéndolo á la cementación, se acera superficialmente y queda apto para endurecerse, si experimenta un rápido descenso de temperatura; por esto se dice, aún cuando impropiaemente, que al hierro se temple por el procedimiento dicho.

El cemento que con más frecuencia se emplea es el carbón vegetal, y mejor el procedente de la calcinación de huesos de animales.

540. La segunda parte de la operación de templar ó sea el enfriamiento, puede darse por inmersión de la pieza caldeada *en mercurio*, *en agua*, *en aceite ó grasas*, *en disoluciones* y en otros líquidos, y también por medio de una corriente de aire frío.

541. La pérdida de calórico que sufre la pieza que se temple es tanto más rápida, cuanto menor sea la temperatura del vehículo en que se sumerge y más grandes sean el poder calorífico y su conductibilidad. A igualdad de temperatura, el temple más intenso se produce con el mercurio; siguen las disoluciones más ó menos concentradas de ácido nítrico ú otros; después las salinas; luego el agua, y por último el aceite y las grasas que templan más moderadamente, ó sea en condiciones apropiadas para obtener elasticidad. El temple varia mucho en el aire, según sean las circunstancias que presente la corriente.

Cualquiera que sea la sustancia elegida para producir el enfriamiento,

debe prepararse en cantidad suficientemente abundante, para que pueda absorber con rapidez el calórico de la pieza sumergida.

542. Independientemente de los diferentes medios de calentar y enfriar las piezas, debe tenerse muy en cuenta la clase de acero que se va á templar, para proceder con acierto, sin rebasar en ningún caso de la calda máxima compatible con su naturaleza; teniendo presente además, que no conviene pasar del grado de calor meramente necesario para que se produzca el temple buscado.

La manera de presentar y sumergir las piezas para que se enfríen, es objeto de algún estudio y muchos cuidados; sobre todo en las barras, láminas, hojas, limas y otros objetos análogos, que por su forma se prestan á encorvarse ó torcerse. De ordinario se introducen oblicuamente en el agua ó aceite preparados á este fin, con la parte más gruesa y el extremo que deba resultar más duro hacia abajo; sin perjuicio de mover después la pieza en el interior del líquido, para renovar las capas de contacto.

En muchas ocasiones hay necesidad de templar parcialmente una barra, como sucede en la preparación de herramientas para taladrar, torneear, cepillar y otros trabajos de metales; en estos casos, se caldea únicamente el extremo que ha de templarse y se sumerge después verticalmente en el agua por la expresada extremidad.

Por último, en las piezas de grandes dimensiones cuya temperatura es algo elevada, el enfriamiento rápido por simple inmersión ofrece dificultades, porque el vapor de agua formado al contacto de la superficie caldeada, aísla á la pieza de las demás capas del líquido. Para evitar el defecto señalado, se verifica el enfriamiento por medio de uno ó más chorros de agua que cae de gran altura, ó que es lanzada con bastante violencia por medio de una bomba, sobre la pieza que se está templando.

543. Con el nombre *de temple por compresión* se ha presentado á examen en la Academia de Ciencias de París, un procedimiento por medio del cual, los metales y principalmente el acero, alcanzan gran dureza, mayor unión molecular y una finura de grano tal, que adquieren con el pulimento el aspecto del níquel, tomando además la fuerza coercitiva que les da propiedades magnéticas.

El procedimiento consiste en calentar al rojo cereza la barra y someterla, después de encerrada en una matriz, á una brusca y enorme presión

por medio de una prensa hidráulica; presión que se mantiene hasta que se enfría la barra.

Se cree que este acontecimiento científico industrial tendrá influencia en el tratamiento del acero, porque se puede alcanzar diferente intensidad en el temple, graduando convenientemente la presión.

544. Revenir.—Esta operación se practica de la misma manera que la de recocer, y tiene por objeto moderar los efectos de un temple excesivo, devolviendo á las piezas la tenacidad y elasticidad necesarias, á costa de perder parte de su dureza. La ejecución se reduce á elevar la temperatura del acero en una fragua ú horno, á menor grado de calor que el del temple, y dejarlo enfriar después lentamente.

Difícilmente se obtienen, en la operación de templar, las propiedades de dureza, elasticidad y tenacidad, en el grado conveniente; siendo práctica seguida en muchos talleres, dar á las piezas un temple algo más elevado que el que corresponde, para rebajar después aquél al punto preciso por medio del revenido; operación fácil de conseguir porque puede hacerse gradualmente y permite ir tanteando ó probando la pieza á medida que van cambiando sus propiedades físicas.

545. La elevación de temperatura necesaria para el revenido se mide casi siempre por los colores que sucesivamente va tomando el acero; los que se distinguen muy bien, si la superficie de las piezas ha sido bruñida de antemano. Los colores llamados de revenido y las temperaturas á que corresponden, se expresan á continuación:

Amarillo pálido (color paja).....	221° centigrados.
Idem natural.....	232° »
Idem algo oscuro.....	243° »
Idem moreno (color trigo).....	260° »
Idem purpúreo.....	271° »
Purpúreo	277° »
Idem oscuro.....	288° »
Azul	304° »
Idem pálido.....	321° »
Idem claro con tinte verdoso.....	332° »

Los objetos de pequeñas dimensiones se revienen colocándolos en una chapa de hierro puesta sobre el fuego de una fragua.

También se emplean baños metálicos, para elevar la temperatura de las piezas al grado conveniente y preciso para el revenido.

En muchos casos se acostumbra á untar con aceite ú otra grasa, la pieza que se intenta revenir, y se eleva la temperatura hasta que se inflame y queme aquél, lo que sirve de guía para conocer el grado de calor alcanzado.

546. En cuanto al enfriamiento lento, ó sea la segunda parte del revenido, se procede como se ha dicho respecto al recocido, es decir abandonando las piezas en el aire para que pierdan poco á poco el calor; pero se garantiza mejor la lentitud é igualdad en el enfriamiento y se preserva de la oxidación, recubriendo al acero con arena muy seca ó polvo de carbón vegetal.

547. Destemplar.—Ocurre en algunas ocasiones, tener que devolver al acero templado sus cualidades naturales; entonces se procede de una manera análoga á lo que se acaba de decir respecto al revenido, cuya operación no ha tenido otro objeto que el de destemplar parcialmente. Para anular por completo los efectos del temple, se calienta la barra ó pieza por cualquiera de los medios señalados, hasta una temperatura igual ó algo mayor á la que recibió en el temple, y se la deja enfriar con lentitud.

548. Soldar.—Esta operación tiene por objeto unir sólidamente y de una manera invariable dos trozos metálicos, sin que quede ninguna solución de continuidad entre ellos.

Ya se ha visto como se ha obtenido este resultado con el hierro dulce y aun con el acero; pero no todos los metales tienen la propiedad de pegarse, ni se puede tampoco hacer aplicación del procedimiento mencionado, tratándose de objetos ya elaborados, cuya forma se alteraría en las caldas y en el martillado. De aquí la necesidad de recurrir á otros medios para conseguir el fin deseado, que consisten en interponer un metal ó aleación bastante fusible llamado *soldadura*, entre las partes que se van á unir.

También se da este nombre al resultado de la operación de soldar, y se dice que la soldadura es *autógena* cuando no se ha empleado cuerpo alguno intermedio, es decir cuando se ha procedido como se dijo en la operación de pegar.

549. Es indispensable que el cuerpo intermedio ó soldadura que se emplea sea más fusible que los metales que se pretende unir. Se usan con este objeto diferentes aleaciones del cobre con el zinc, estaño ó plomo; pero se distinguen principalmente dos clases de soldadura, una llamada *fuerte* y otra *suave*: la primera compuesta, como ya se indicó (59), de 50 á 70 partes de cobre y 50 á 30 de zinc; es menos fusible que la segunda, pero presenta más resistencia y sirve para unir el acero, el hierro y aun el cobre y el bronce, ya sean en trozos del mismo metal, ya sean combinaciones de los citados; la soldadura suave formada de 25 partes de cobre y 75 de zinc tiene aplicación á los bronce y á los latones. Las soldaduras que se expenden en el comercio en estado de granalla menuda, se fabrican fundiendo en un crisol la aleación correspondiente con las precauciones necesarias para que no haya merma considerable en los metales más fusibles y resulte homogénea la liga, y vertiendo después el baño en un recipiente lleno de agua, de tal manera que el chorro caiga sobre una esfera de hierro colocada dentro, para que la materia se disemine y forme la granalla.

En muchos talleres no hacen uso de soldadura especial y emplean sencillamente recortaduras de latón y trozos de alambre del mismo metal.

550. Para soldar dos cuerpos metálicos, es preciso: 1.º Preparar las piezas, de manera que las superficies de unión presenten formas adaptables en la mayor extensión posible y queden perfectamente limpias, pero con las asperezas que resultan del trabajo de lima basta. 2.º Sobreponer las piezas por estas superficies, sujetándolas con alambre en la posición que han de tener. 3.º Colocar después en las juntas bórax pulverizado y sobre este fundente la soldadura, ya sea en granalla ó en tiritas, que á su vez se cubren de bórax humedecido para que se adhiera mejor. 4.º En tal disposición y cuidando de que no se vierta la soldadura, se introduce en la fragua y se eleva la temperatura hasta la fusión de aquélla; se mantiene durante algunos instantes dentro del fuego, para aumentar su fluidez y dar tiempo á que penetre por las juntas y se extienda entre las superficies de unión. 5.º Se sacan las piezas del interior de la fragua dejando solidificar la soldadura; con lo cual quedan los dos trozos unidos perfectamente.

El objeto del bórax (borato de sodio) es, según se ha indicado, facilitar la formación de sales muy fusibles con los óxidos metálicos, que desaparecen por desprendimiento ó volatilización. Para evitar en gran parte la formación de óxidos, es costumbre recubrir con barro amasado con estiércol y bataduras de fragua, la parte ya preparada con el bórax y la soldadura: entonces se juzga del progreso en la fusión de la soldadura, por el color de los gases que se desprenden de las grietas formadas en el barro; las llamas azules indican que la aleación ha entrado en fusión, y cuando el color se torna en violeta, se conceptúa que la soldadura está suficientemente fluida para penetrar en el interior de las juntas.

551. Tratándose de soldar oro ó plata, la soldadura se compone de estos metales y de cobre en proporciones variables; sobre todo si se quiere (como sucede en la joyería) que no se conozca la unión, pues entonces los colores de la soldadura y de las piezas no deben diferir.

Otra clase de soldadura, muy empleada en algunos oficios, es la llamada de plomeros ó la de hojalateros (59). La gran fusibilidad de esta aleación obliga á aplicarla de distinta manera que las anteriores, y la poca resistencia que ofrece limita su empleo á las piezas pequeñas y á las que no deban sufrir grandes esfuerzos.

Calentadas ligeramente las superficies que se quieran soldar, se cubren con una delgada capa de una disolución amoniacal, que hace de fundente, sobre la que se aplica la soldadura fundida, para proceder inmediatamente después á la unión de las dos piezas por el contacto de las superficies ya preparadas. Ordinariamente se hace uso de un hierro enmangado, llamado *soldador*, el que después de caldeado sirve para tomar, fundir y extender la soldadura por las superficies de unión á lo largo de las juntas de las piezas superpuestas.

ARTÍCULO 4.º

RECONOCIMIENTO DE LAS PRIMERAS MATERIAS Y DE LOS PRODUCTOS.

RECONOCIMIENTO DE LAS PRIMERAS MATERIAS.

552. A — Antecedentes.—En el artículo 4.º del capítulo II, se estableció el orden que debe observarse en los reconocimientos, cuyo método seguiremos ahora al tratar de la recepción de las barras, chapas y demás piezas metálicas necesarias para la elaboración de objetos por medio de la forja.

En este concepto, debe empezarse por adquirir cuantos datos se puedan reunir, referentes á la procedencia de dichas primeras materias, por ser esto uno de los medios que conducen á apreciar mejor la calidad de las mismas.

553. B — Examen del aspecto exterior, fractura y demás caracteres físicos.—El simple examen del aspecto exterior de las barras sometidas al reconocimiento, basta muchas veces para distinguir algunos defectos. Las imperfecciones que más frecuentemente presentan los hierros del comercio son: las *dobladuras*, *hojas ó escamas*, las *pajas*, *ampollas ó vejigas*, las *grietas ó hendiduras* y las *manchas ó vetas*.

Las *dobladuras* constituyen un defecto originado por la interposición de un cuerpo extraño, tal como el óxido, que ha impedido la soldadura completa de todas las partes de la barra durante su estirado, dando lugar á una desunión en la materia; desunión que se denomina *hoja ó escama*, cuando es superficial y tiende á separar una lámina.

La presencia de algunas burbujas de aire, que no han podido salir del interior de la masa metálica durante los trabajos de forja, forman senos alargados en dirección de la longitud de las barras ó chapas y constituyen un defecto de homogeneidad y resistencia, llamado *pajas* cuando tienen forma cilíndrica, y *ampollas ó vejigas* en los demás casos. Si estas imper-

fecciones están en el interior de piezas gruesas, es difícil conocer su existencia; pero cuando se encuentran muy próximas á la superficie, ó en barras y chapas de poco espesor, la fuerza elástica del aire encerrado y comprimido durante el laminado, levanta la película de hierro que lo cubre, formando verdaderamente una ampolla.

Las *grietas* y *hendiduras* son soluciones de continuidad de forma irregular, que aparecen en los hierros cuando alguna impureza, como escoria, óxido, etc., se ha interpuesto en la materia, ó si algún cuerpo extraño combinado le ha hecho perder maleabilidad y resistencia.

Las *manchas* y *vetas* son defectos que suelen presentarse con formas variadas de diferente color en la superficie de los hierros, é indican la existencia de arsénico, azufre, fósforo ú otro cuerpo.

554. La existencia de alguno de estos defectos en el interior, se manifiesta por medio del sonido, á cuyo fin se suspenden por un extremo las barras ó las chapas y se golpean con un martillo pequeño en toda su extensión. Las vibraciones ocasionadas por los golpes, se interrumpen en las zonas defectuosas, produciendo una sonoridad especial que denota desde luego la falta de continuidad en la materia.

Con el mismo objeto, se acostumbra á colocar las placas horizontalmente suspendidas por sus cuatro ángulos y después de cubrirlas con una capa de arena muy fina, se golpean en la cara inferior. Los puntos donde la arena no salte ó lo haga con más dificultad que en otras partes golpeadas con la misma intensidad, indicarán la existencia de alguna ampolla, desunión ó algún otro defecto semejante.

555. Una vez rotas las barras que se quieran reconocer, se examina detenidamente la fractura y por el estudio hecho de las diferentes clases de hierro (3 y siguientes), del acero (17), del cobre (24) y demás metales, se viene en conocimiento de la clase de metal y de su calidad.

556. En algunas ocasiones es también de importancia examinar la forma de estos materiales, sobre todo tratándose de placas, en las que de ordinario se exige que sean perfectamente planas y que tengan un espesor uniforme.

557. C — Análisis químico.—Como ya se ha dicho (400), es de gran utilidad el estudio de la composición de los cuerpos, para juzgar

de sus propiedades, máxime cuando á estos datos pueden unirse los adquiridos por los otros medios.

558. D — Pruebas de resistencia.—Todo cuanto se ha dicho (401 y siguientes) con referencia á las primeras materias destinadas á trabajos de fundición, es aplicable al caso presente. La textura fibrosa de las barras y chapas que han sido trabajadas con el martillo y con los laminadores, debe tenerse muy en cuenta al hacer las pruebas mecánicas, por la diferente resistencia que oponen estos cuerpos, según sea la dirección en que obren los esfuerzos ya en sentido de las fibras, ya perpendicularmente á ellas.

559. E. — Pruebas de trabajo.—Sometiendo las barras á determinadas operaciones de forja y distintos grados de calor, se llega fácilmente á conocer su calidad y circunstancias.

Concretándonos á los hierros, se procede á forjar y doblar en frío una barra tomada al azar entre las que se presenten al reconocimiento; después se caldea al rojo cereza y se golpea nuevamente con el martillo, y por último, se vuelve á caldear al rojo blanco y se repite la misma operación doblándola y estirándola por diferentes partes. El resultado de estas pruebas pone de manifiesto si el hierro es quebradizo en frío, al rojo cereza ó al blanco, ó es de los denominados fuertes (3 y 4) por haberse prestado á la forja á todas las temperaturas.

Los hierros fuertes se someten otra vez á trabajos de forja con objeto de ver la resistencia que oponen á romperse, doblándolos y desdoblándolos repetidamente en un mismo punto. Cuanto más fibrosos y maleables son los hierros, más resistencia oponen á romperse al doblarlos, y una vez forzados á ello, la fractura es desigual y presenta el aspecto de una desgajadura.

La mayor ó menor facilidad con que el metal se deprime por los golpes del martillo, nos dará idea de su dureza y maleabilidad; y para determinar la aptitud de los hierros para esta clase de trabajo, es costumbre estirar en caliente la extremidad de la barra hasta que adquiera la forma de pirámide alargada: si la punta resulta limpia y las aristas bien determinadas, el hierro tendrá mejores condiciones que si aquélla apareciese roma y agrietada.

560. Las planchas sufren la misma prueba en frío y en caliente do-

doblándolas hasta formar un ángulo determinado, tanto más pequeño cuanto menor sea su espesor. La operación se ejecuta en dos sentidos: uno para doblar las fibras producidas en el laminado, y otro en dirección perpendicular al primero; debe exigirse que en el primer caso forme ángulo más agudo que en el segundo, porque los hierros oponen siempre mayor resistencia al romper sus fibras que al separarlas.

561. Llevados los hierros de prueba á un punzón mecánico, se practican varios taladros, cuyos diámetros, distancias de uno á otro y de ellos á los bordes de las piezas, varían con las dimensiones de éstas y con las condiciones que se exigen á los hierros. Si los agujeros resultan limpios, sin grietas ni rebabas, igualmente que el trozo arrancado por el punzón, el hierro posee buenas cualidades, que no tendrá en caso contrario.

Las cabillas se aplastan en un tercio de su diámetro para recibir esta prueba; y tanto en ellas como en los hierros cuadrados, se hacen los agujeros en dos direcciones perpendiculares.

Las piezas de gruesos espesores se caldean para facilitar la acción del punzón al ejecutar la prueba anterior.

562. Los hierros de secciones especiales se someten á pruebas semejantes á las que acabamos de citar, con las diferencias dimanadas de su forma. Así por ejemplo, es costumbre rebatir una cara sobre otra en los hierros de ángulo y abrir los lados de la escuadra hasta que queden en el mismo plano, sin perjuicio de doblar la barra en todos sentidos antes y después de las operaciones indicadas.

563. En todos los casos, debe experimentarse si el hierro es susceptible de buena soldadura; para lo cual, se rompe una barra por su mitad y se pegan los pedazos mediante una calda intensa. Hecho esto, se deja enfriar la barra y se rompe violentamente por la unión. El hierro se considera de buena calidad, si la rotura presenta la misma apariencia que antes de soldarse, y si la tenacidad no ha disminuído en $\frac{1}{5}$ ó en $\frac{1}{6}$.

564. Se somete igualmente el acero á las pruebas de trabajo en frío y en caliente, y se determina la calda máxima que puede soportar.

Los extremos de los grandes lingotes de acero fundido se desechan porque resultan defectuosos casi siempre, principalmente el superior, si el block se ha colado en posición vertical, á causa de los gases que el metal en estado líquido disuelve, por cuya razón se cortan dichas extre-

midades haciendo uso de una sierra mecánica ó por otro medio cualquiera, observando al propio tiempo la resistencia que opone el metal á este trabajo.

La mayor ó menor facilidad con que se sueldan los aceros, debe ser objeto de examen, y conviene observar también cuidadosamente la aptitud que tengan para el temple.

565. F — Construcción de un objeto igual ó análogo al que debe fabricarse.—En armonía con lo dicho en el número 415, se procede á elaborar, por vía de ensayo, un objeto con los materiales que se reconocen, para juzgar de la calidad de la primera materia, por los datos que proporcionan las observaciones hechas durante el trabajo y las pruebas experimentales á que se somete la pieza concluída.

566. Recepción.—Los datos que suministra el procedimiento último, unidos á los adquiridos por los medios anteriores, son suficientes para conocer en todos sus detalles los materiales que se trata de recibir; así es, que aunándolos con las condiciones económicas, se puede acordar su admisión.

RECONOCIMIENTO DE LOS PRODUCTOS.

567. Defectos.—Los defectos señalados para las barras (553) suelen aparecer también en las piezas forjadas, debiéndose tener muy presentes, durante el trabajo, las causas de donde provienen.

Las piezas que tienen formas complicadas con ángulos entrantes, se examinan detenidamente para ver si existen grietas ó soldaduras imperfectas, y se las golpea con un martillo para observar si el sonido indica alguna solución de continuidad.

568. Pruebas.—En consonancia con lo expuesto (433) respecto á las piezas fundidas, se someten los objetos forjados á pruebas de resistencia, *ordinarias*, *extraordinarias* ó de *contraste*, según los casos.

Existen aparatos especiales para probar algunos de estos objetos de fabricación corriente, como las cadenas por ejemplo, que se someten á esfuerzos de tracción desarrollados en una máquina por medio de husillos ó de prensas hidráulicas.

CAPÍTULO IV.

OPERACIONES MECÁNICAS.

ARTÍCULO 1.º

GENERALIDADES.

569. Objeto.—En los capítulos precedentes se han explicado los medios de dar formas determinadas á los metales; pero en general no resultan acabados los efectos al salir de los talleres de fundición y forja, por ser ineficaces estos procedimientos, para darles formas complicadas y para obtenerlos con las dimensiones precisas. Es necesario por lo tanto, someter las piezas á otra serie de operaciones que vamos á estudiar, con el fin de completar la figura y demás circunstancias del objeto que se elabora.

Estas operaciones, que no alteran la constitución molecular del metal, son las que hemos denominado *mecánicas*: se ejecutan casi siempre por medio de herramientas de acero duro y templado, que arrancan una cantidad determinada de materia en la pieza que se somete al trabajo. Es indispensable que la forma preliminar dada al metal en los talleres de forja ó fundición, tenga un exceso de dimensiones y que éste no sea muy grande, para que puedan llevarse á efecto en buenas condiciones los trabajos mecánicos.

570. Herramientas.—La parte principal de una herramienta

cortante, la constituye el elemento activo ó sea el *filo*, debiéndose considerar en él, el ángulo de los planos ó superficies que lo forman y la extensión y figura de la arista.

Una herramienta de esta clase se asemeja á la cuña en la manera de obrar; su trabajo elemental consiste en penetrar oblicuamente en la pieza sometida á su acción, y en levantar y desprender el fragmento metálico que forma el lado más débil de la incisión. Con la repetición sucesiva del trabajo, se consigue arrancar una zona longitudinal de poco espesor; y este *residuo* se desprende unas veces en pequeños fragmentos, y otras se separa bajo la forma de una *viruta* más ó menos encorvada. Esta diferencia depende de la ductilidad y homogeneidad del material que se trabaja, del espesor de la capa levantada, de la manera de realizar la operación y del ángulo del filo de la herramienta.

571. La penetración del filo y la separación de la materia, exigen condiciones contradictorias: cuando el ángulo del bisel es muy agudo, la herramienta se encuentra en mejores condiciones para el primer efecto, pero los fragmentos separados por la incisión se levantan y quebrantan poco, originándose grandes rozamientos que dificultan mucho el avance sucesivo de aquélla; por el contrario, los ángulos próximos á 90°, son menos apropiados para la penetración, pero ocasionan desde luego el desprendimiento de la materia que se corta. Se comprende que entre estos dos extremos, debe existir el ángulo del filo más conveniente al trabajo: las experiencias practicadas con herramientas de filos diversos y que actuaban sobre diferentes metales, han demostrado que el mejor ángulo varía entre 50° y 75°, según sea la naturaleza y calidad del metal que se trabaje y la índole de la operación. Puede considerarse independiente del metal de la herramienta, porque las diferencias entre los aceros empleados no modifican de una manera sensible el coeficiente de rozamiento.

Los ángulos tipos deducidos de este estudio experimental no pueden aplicarse siempre á todas las herramientas, porque el trabajo manual y las imperfecciones anexas á algunas máquinas operadoras, obligan á variar dichos ángulos; siendo la práctica en cada caso, la guía más segura para obrar con acierto.

572. La forma y la extensión de la arista cortante están subordinadas á ciertas condiciones dependientes de la naturaleza del metal que se

trabaja, de la manera de obrar la herramienta y de la índole de la operación. En general afecta formas sencillas y su extensión es reducida, porque la dureza de los materiales exigiría una fuerza considerable si la herramienta tuviese muy extensa la arista del filo.

573. La sencillez y reducidas dimensiones del filo responden no solamente á las exigencias expresadas, sino también á su más fácil construcción y mejor entretenimiento. Dos ó tres caldas á lo más, bastan para preparar una herramienta por medio de la forja, teniendo presente que el extremo destinado á la parte activa no debe sufrir ninguna otra operación que altere su textura. Un temple conveniente y el afilado, completan la construcción del elemento activo, cuyas operaciones deben repetirse cuantas veces lo exija el servicio, con el fin de mantener la dureza y descubrir la arista cortante cuando se haya gastado.

574. Aun cuando se ha dicho que una herramienta cortante se asemeja á la cuña en el modo de actuar, debemos hacer presente la conveniencia de que la cara interior del bisel no esté en contacto con la superficie de la pieza que se trabaja, á fin de evitar el rozamiento que esto produciría. La inclinación de la herramienta sobre la pieza, que se considera más conveniente para obtener máximo efecto útil en el trabajo, es la de 3° ó 4° . Este ángulo se llama de incidencia.

575. El calor desarrollado en los trabajos mecánicos, ocasionado principalmente por el rozamiento de la cara anterior de la herramienta contra la viruta recientemente arrancada, perjudica notablemente al temple del filo; y para contrarrestar en lo posible tal efecto, es conveniente una abundante lubricación, cuando se opera sobre acero ó hierro dulce, que dan virutas bastante largas; pero esta precaución no es indispensable en la fundición de hierro y en el latón, cuyos residuos se quiebran sin formar viruta. El lubricante que más comunmente se emplea es el agua de jabón, ó bien una débil disolución de carbonato de sodio, que evita al propio tiempo la acción oxidante del agua. Los aceites sustituyen con ventaja á los lubricantes citados, pero el mayor coste limita su empleo á operaciones determinadas de ciertos talleres.

576. La forma general de las herramientas empleadas en el trabajo de metales es tan variada como variado es también el número de opera-

ciones mecánicas, procedimientos y máquinas con cuyo auxilio se efectúan; pero además del filo ó fillos de que están provistas, tienen un taladro ó una espiga, para montarlas en un mango ó en una pieza llamada *portaherramienta* que forma parte de la máquina operadora.

577. Máquinas operadoras.—Algunas de las operaciones mecánicas de que vamos á tratar en este capítulo, pueden ejecutarse manualmente; pero la necesidad de reemplazar en muchos casos los esfuerzos del obrero por otros más rápidos y uniformes, ó por fuerzas más considerables, obliga á recurrir al procedimiento mecánico, en el cual se emplean máquinas operadoras que reciben de otra motora, la potencia necesaria para efectuar un trabajo.

En general, una máquina operadora es el conjunto de mecanismos necesarios para recibir la acción del motor y transmitirla á la herramienta, á la pieza sometida al trabajo, ó simultáneamente á ambos elementos, en condiciones favorables para que la primera separe de la segunda una cantidad de materia en fragmentos más ó menos grandes.

578. Para que un trabajo ejecutado mecánicamente no deje nada que desear, es preciso que no se produzcan vibraciones ni resistencias excesivas en la máquina y que la herramienta trabaje sin trepidación. La primera condición indispensable para impedir las vibraciones, es la estabilidad de todas las partes constitutivas de la máquina; las partes fijas de ésta, como los bancos, placas de fundición, armaduras, montantes, etc., que sostienen todos sus órganos, deben ser muy pesados, y las demás piezas tan rígidas como sea posible. El peso de las que deben estar constantemente en movimiento, no debe exagerarse para dar mayor rigidez al conjunto, porque habría un aumento perjudicial en los rozamientos; pero es conveniente darles cierta resistencia, en grado suficiente para impedir los pequeños movimientos vibratorios, que con frecuencia ocasionan por sí solos el rápido deterioro y la rotura de las herramientas.

Las distintas partes de una máquina deben estar labradas y ajustadas con gran precisión, porque de este modo el deterioro es menos rápido, mejor aprovechada está la fuerza motriz y se ocasionan menores gastos de entretenimiento.

579. El mecanismo de una máquina operadora debe proporcionar:
4.º un movimiento *principal* que ponga á la herramienta en condiciones

de verificar el trabajo; 2.º otro de *alimentación* para que las distintas partes de las piezas se vayan presentando sucesivamente á la acción cortante de la herramienta, y 3.º otros de *preparación*, que sin intervenir en el trabajo, sirvan para colocar los citados elementos en la disposición relativa más conveniente para principiar la operación y desarrollarla en todos los casos.

Los movimientos de preparación se ejecutan sin la intervención del motor; el de alimentación puede ser manual ó automático, según la disposición adoptada en la operadora, y el principal emana siempre del motor.

580. Las máquinas herramientas se denominan de movimiento continuo ó alternativo, según sea de una ú otra clase el movimiento principal.

La alimentación automática presenta, sobre la manual, las ventajas de aprovechar de una manera más regular la fuerza motora, de garantir la igualdad del trabajo y de conservar más tiempo la herramienta; porque es bastante difícil que el obrero aplique su esfuerzo con la precisión y uniformidad que se requiere. La mayoría de las máquinas están dispuestas para poder utilizar cualquiera de los dos sistemas de alimentación.

581. Enumeración.—Las principales operaciones comprendidas en la agrupación que nos ocupa y cuyo objeto é índole hemos expresado, son: *limar, fresar, cepillar, taladrar, avellanar, torneare, barrenar, ros-car, copiar, amolar y esmerilar.*

La elaboración de la mayor parte de los objetos exige casi siempre varias de las operaciones mecánicas citadas, ó la repetición de una misma: en todos los casos, es necesario un trazado que marque sobre la pieza fundida ó forjada, las líneas que limiten la acción de la herramienta ó los puntos de referencia para el trabajo.

582. Trazado.—Se ejecuta con arreglo al diseño del objeto ó del modelo que se pretenda reproducir, haciéndolo después de la primera operación, para que la superficie labrada sirva de norma y base segura á las líneas que deban marcarse. Después de un ligero estudio de la figura del objeto, se determina cuál debe ser dicha operación preliminar; prefiriéndose generalmente la que da por resultado un plano, para adaptarlo sobre otro de fundición de hierro ó *mesa*, y hacer el trazado con *gramiles, escuadras, plantillas, compases, niveles, buriles*, etc. El eje de la superficie principal de revolución, en los cuerpos en que predominen las de

esta especie, sirve de referencia para todas las operaciones, y por lo tanto, el trazado debe subordinarse á dicha línea.

583. Sin detenernos á describir los instrumentos mencionados, por ser muy conocidos, daremos cuenta únicamente del gramil, representado en la figura 412, dispuesto para marcar con las puntas, líneas paralelas al plano de la mesa de trazar, sobre la cual puede resbalar.

Las plantillas, construídas ordinariamente de chapa de hierro, presentan en uno de sus cantos, perfiles determinados ó indicaciones relativas á la posición de los taladros ó de otros detalles del objeto cuya figura se quiere trazar. Es frecuente el uso de plantillas, cuando se trata de la fabricación corriente de un mismo objeto, porque de esta manera se garantiza mejor la igualdad del trazado.

ARTÍCULO 2.º

=

LIMAR Y FRESAR.

LIMAR.

584. Herramientas.—Una de las operaciones de aplicación más frecuente es la de limar, cuyo objeto es desbastar y alisar los metales, arrancando materia en pequeñas partículas llamadas limaduras. Este trabajo puede realizarse por el procedimiento manual y por el mecánico: en el primero, el obrero hace uso de las herramientas llamadas *limas*, y para el segundo se emplean máquinas operadoras con otra clase de herramientas que se denominan *fresas*. El nombre de éstas da la denominación de *fresar* al procedimiento mecánico de limar.

585. La lima es una barra de acero duro (fig.^a 443) con la superficie erizada de granos ó dientes, excepto por uno de los extremos que tiene una espiga para introducirla en un mango de madera. Como se ve por esta ligera descripción, la lima difiere algún tanto del tipo general de la herramienta á que nos hemos referido (571) en el artículo anterior, porque la parte activa es un conjunto de pequeños filos de perfil distinto al

explicado, y que no pueden afilarse una vez desgastados; pero si se tiene en cuenta las pequeñas dimensiones de estas partes mordientes y el número considerable de ellas, se comprenderá que su trazado exacto no ejerce gran influencia, porque la penetración de cada filo y la cantidad de materia que arranca en el trabajo es muy reducida, y el residuo resulta sumamente dividido.

586. Las limas se pueden clasificar con arreglo á su tamaño, á su sección y á la forma y magnitud de los dientes. Desde el primer punto de vista, se dividen en limas grandes, pequeñas y medianas, y respecto al segundo, en *tablas ó carreletas, cuadradas, triangulares, redondas ó colas de rata, medias cañas, etc.*, según sea rectangular, cuadrada, triangular, circular, forma de segmento, etc., la figura de la sección transversal de las limas. Cuando la sección presenta ángulos muy agudos, como sucede en algunas limas de pequeñas dimensiones, se denominan *cuchillas y almendrillas*.

Los dientes de las limas son producidos por una serie de surcos paralelos cortados por otros en ángulo casi recto, abiertos todos á golpe de cincel; constituyendo un conjunto que se denomina *picadura*. La clasificación de las limas con arreglo á su picadura varía según los talleres en que se usen; pero en general se dividen en *bastas, entrefinas ó intermedias, y finas ó dulces*. En algunos oficios se prefieren para ciertos trabajos las limas denominadas de *picadura sencilla*, que tienen únicamente una serie de surcos paralelos, y los lomos formados sustituyen á los granos de las otras.

Cualesquiera que sean el tamaño, la sección y la picadura de la lima, es necesario que ésta tenga los dientes suficientemente duros para que no se desgasten prematuramente en el uso á que se destinan, á cuyo efecto se templan las herramientas, excepto por la espiga, cuya parte no necesita la cualidad de dureza y sí la de resistencia.

587. Tornillo de banco.—Para proceder á la operación de limar, es indispensable asegurar fuertemente la pieza que se trabaja, y á este fin se emplea en muchas ocasiones el *tornillo de banco*. Este aparato, representado en la fig.^a 114, está sujeto al banco de limador ó mesa de trabajo Y por medio de la brida Z, y apoyado en el suelo por la barra X: consta de dos quijadas de hierro forjado, una fija T y otra A movable

alrededor del pasador S. Un husillo H terminado en el plato F y palanca P, que tiene su tuerca en la quijada fija y atraviesa la quijada móvil por un taladro holgado, permite cerrar esta última para apretar con las bocas aceradas *t* y *a* la pieza que va á trabajarse; y un muelle *m* produce la separación de la misma quijada, cuando se da vuelta en sentido contrario al husillo.

Con el fin de aumentar la adherencia de las bocas á la pieza que se sujeta, hay practicadas, en las primeras, unas estalladuras ó asperezas; las que deben cubrirse con escuadras de madera ó plomo, llamadas *mordientes*, cuando hayan de oprimir objetos pulimentados, ó con superficies ajustadas á dimensiones.

Las piezas muy pesadas no exigen ninguna sujeción para el trabajo de lima, porque su propio peso les da la estabilidad que necesitan, y cuando su forma ú otras circunstancias obliguen á fijarlas, se hace uso de cepos de madera y cuñas.

588. Limar.—Para proceder á la operación, se sujeta la pieza de manera que la superficie que debe trabajarse quede en la parte superior, y empuñando el obrero con la mano derecha la lima y colocando la izquierda palma abajo sobre el otro extremo, la aplica á la pieza: en esta disposición, hace presión con ambas manos y empuja con la derecha la herramienta, para que roze fuertemente y arranque partículas metálicas; trabajo que se repite cuantas veces sea necesario, hasta conseguir el desgaste que se desea producir, introduciendo las variaciones convenientes á cada caso, respecto á la presión, dirección y curso de la herramienta.

Cuando el limado se efectúa en dos direcciones próximamente perpendiculares, el trabajo avanza más y en mejores condiciones. No pueden darse reglas fijas para los múltiples casos que se presentan en el trabajo de lima, que es difícil de ejecutar bien, por más que parezca elemental; y solamente una larga práctica y buenos principios, son la base para llegar á ser maestro en el arte.

589. El limado de las piezas principia con limas bastas y se continúa con otras entrefinas ó finas, para borrar las asperezas que han dejado las primeras y concluir con más exactitud el trabajo. En algunos talleres se emplean también, antes de dar por terminada la obra, las limas finas desgastadas, porque apenas dejan huella en la pieza.

La superficie que se desea labrar, indica desde luego la forma de la lima que debe emplearse, por más que en las planas de alguna extensión, se usen con frecuencia las medias cañas aplicadas por la parte convexa, para localizar el desgaste en puntos determinados.

590. La película ó capa exterior de los objetos de fundición de hierro y la costra producida por la oxidación en el hierro dulce, son por su dureza, perjudiciales á la conservación de las limas; y por economía es costumbre atacar dichas piezas con limas bastas ya usadas ó viejas, cuando no se hayan empleado otros medios para hacer desaparecer aquellas capas. Igual precaución debe tomarse con las piezas de bronce recién fundido, que si bien no se endurece por el descenso rápido de temperatura en los moldes, como el hierro colado, conserva en su superficie partículas silíceas, que es preciso quitar antes de emplear una lima nueva, si se quiere atender á la conservación de herramientas, que, como se ha dicho, no pueden ser afiladas una vez desgastadas.

591. En algunos casos, especialmente en el trabajo del latón y otras aleaciones, la lima se *entrapa ó embota* por la interposición y adherencia entre los dientes, de las partículas que arranca, y en este estado queda inútil para continuar limando, á no ser que se limpie frotando la picadura con una escobilla de alambre.

592. Una de las aplicaciones de la operación que nos ocupa, es el afilado de las sierras, y con este objeto se emplean las limas triangulares y redondas, y entre éstas, algunos obreros prefieren las de picadura sencilla.

FRESAR.

593. Fresas.—Se llama fresar, según se ha indicado, á la operación de limar mecánicamente, cuyo procedimiento se efectúa por medio de las herramientas denominadas fresas.

Las fresas, que afectan forma muy variada en armonía con el trabajo que han de ejecutar, son siempre cuerpos de revolución de acero muy duro, provistos de dientes ó aristas afiladas que cortan ó desgastan la materia, cuando animados de un rápido movimiento de rotación, se les pone en contacto con ella. La generatriz de la fresa es inversa al perfil de la

sección recta de la superficie que se desea labrar; y en este concepto, para abrir una canal de sección semicircular, se emplea una fresa tórica, y fresas cilíndricas y cónicas para obtener planos.

La superficie de las fresas, está picada en dirección de sus generatrices ó bien oblicuamente á ellas: las que satisfacen á esta última condición son más ventajosas, porque no entran en acción á la vez todos los puntos de cada filo, como sucede en las primeras, si no que se presentan sucesivamente y no ocasionan choque alguno. En uno y otro caso, los filos de la herramienta tienen que satisfacer á las condiciones generales enunciadas, pero el ángulo de incidencia medido por la inclinación del flanco posterior del bisel con la tangente, es en las fresas algo mayor de cuatro grados.

La fig.^a 445 representa la proyección de una fresa cónica y la fig.^a 446, otra cilíndrica con filos helicoidales: el ángulo del filo es el abd , y abc el de incidencia, puesto que el sentido del movimiento es el que marca la flecha. Todas las fresas tienen un taladro para colocarlas en el eje de rotación y una pequeña ranura m para fijarlas por medio de una chabeta.

594. Otras fresas, como las destinadas á labrar los engranajes, son de perfil más complicado; y las que tienen la generatriz con distintas curvaturas están compuestas de varias fresas en forma de discos ensartados, sin juego, sobre un eje, de manera que el conjunto presente un perfil inverso al de la superficie que se quiera labrar. Aun cuando la fresa sea de generatriz sencilla, si es de gran tamaño, se acostumbra á construirla en varias piezas, como se ha dicho; porque la fabricación es más fácil, y la pérdida de una parte no lleva consigo la inutilidad del resto de la herramienta.

595. Máquinas de fresar.—Las máquinas de fresar empleadas en la industria son muy variadas; pero en general, su mecanismo se reduce á proporcionar en primer lugar como movimiento principal, uno de rotación alrededor del eje en que se monta la fresa, y además otro de traslación, como movimiento de alimentación, que radica en la misma herramienta ó en la pieza que va á trabajarse. Este último movimiento se comunica ordinariamente al carrillo ó mesa donde se coloca la pieza, que suele estar dotado también de los movimientos de preparación.

Como ejemplo sencillo de una máquina de fresar, vamos á describir

la que se representa en la fig.^a 447, dedicada principalmente á labrar superficies planas y cilíndricas de cualquier perfil. El montante XX, asentado sobre un banco de fundición ZZ, sustenta el eje horizontal A receptor del movimiento del motor, que termina en el cabezal *a* dispuesto para recibir la fresa *m*; y otro montante R, que se eleva sobre el mismo banco y que puede resbalar en sentido de su longitud, presenta la punta ó morterete *r*, que sirve de apoyo y cojinete al otro extremo del eje de la fresa. Por esta disposición se obtiene el movimiento principal de la máquina, y la velocidad de rotación de la fresa se gradúa convenientemente, haciendo que la correa sin fin que liga esta operadora con el motor se apoye en una ú otra polea del cono montado en el eje A.

Una placa SS sujeta al banco, proporciona dos guías paralelas *s*, *s*, y en éstas se acopla á cola de milano el carrillo C por su parte inferior, para resbalar á lo largo de ellas. Este movimiento de traslación del carrillo en sentido perpendicular al eje de la herramienta, se obtiene mediante la rotación del husillo *p*, que tiene sus cojinetes en los costados de la placa SS y penetra en una tuerca adosada al carrillo.

596. Para hacer uso de la máquina, se dispone sobre el carrillo la pieza que se va á trabajar, fijándola con tornillos de presión á las ranuras *c*, *c*,..., abiertas con este objeto; se liga la máquina al motor con la correa de trasmisión para que la fresa adquiriera el movimiento de rotación, y se aproxima á ella el carrillo valiéndose el obrero de la manivela D.

Para que se efectúe el trabajo de fresar en buenas condiciones, es indispensable que la rotación de la fresa sea en el mismo sentido que la traslación del carrillo; que la velocidad de sus filos sea mayor que la de este último, y que la parte superior de la pieza sea alcanzada por la herramienta en una cantidad proporcionada á la potencia de la máquina. La última circunstancia y las dimensiones diferentes de las piezas que deban ser trabajadas, obligan á variar la altura de la fresa respecto al carrillo. A este fin, el montante XX tiene abierta dos ranuras verticales, por las que pueden ascender y descender los cojinetes de bronce que soportan el eje principal de la máquina. La citada traslación y la estabilidad del eje á la altura que convenga, se consigue por medio de las manivelas circulares L, L, que hacen funcionar á los husillos *l*, *l*, dentro de las tuercas fijas en el montante, arrastrando aquéllos en su movimiento á los cojinetes. El

montante R presenta una disposición análoga para mover igualmente el morterete r.

597. Este procedimiento de preparar la máquina es de los más sencillos; pero tiene el inconveniente de exigir algún cuidado para no perder la horizontalidad del eje, y en algunos casos son insuficientes los husillos para contrarrestar por sí solos el esfuerzo que tiende á elevar la herramienta durante el trabajo. Se han obviado dichos inconvenientes en las máquinas de este género, por medio de un sistema de engranajes aplicado para la elevación simultánea de los dos cojinetes, y con un doble juego de tornillos de presión ó de contratuercas para la estabilidad de los mismos.

598. Para conseguir las ventajas consignadas en el número 580 un sencillo mecanismo adicionado á la máquina proporciona la alimentación automática y permite graduarla á distintas velocidades. Este mecanismo consiste en el engranaje de la rueda H con el husillo G montado en el eje K, el cual recibe el movimiento de rotación por una correa sin fin que liga los conos de poleas E y B. El eje K tiene un pequeño movimiento de giro sobre el manguito F, que le permite desengranar de la rueda H, en virtud de su propio peso, cuando la palanca *ennbd* no le retiene en la posición horizontal. Dicha palanca, cuyo eje de giro es la barra *nn*, tiene el brazo *bd* apoyado en la parte inferior del carrillo, para mantener el engranaje del husillo con la rueda; pero cuando el carrillo termina su curso, deja en libertad el brazo de la palanca y ésta gira por el peso del eje K.

599. El aparato descrito, que lleva la denominación de *máquina de fresar recto* por ser rectilíneo el movimiento del carrillo, tiene una multitud de aplicaciones, y es fácil comprender la manera de efectuar la operación en cada caso. Así por ejemplo, si después de labrar la superficie de una placa se quieren fresar en bisel sus cantos, se disponen sobre el eje de rotación de la máquina dos fresas cónicas *a* y *b* (fig.^a 418), y cuando se intente abrir ranuras, se colocarán fresas cilíndricas *a*, *b* y *c* en la disposición indicada en la fig.^a 419.

Hay máquinas más perfeccionadas provistas de un carrillo de guías curvas, para que el movimiento de alimentación no sea rectilíneo y puedan fresarse superficies que no tengan ninguna generatriz recta.

600. Como ejemplo de máquina de fresar con movimiento compuesto para la alimentación, se da á conocer la representada en proyección y corte en la fig.^a 120; destinada principalmente á labrar las ranuras helicoidales de las barrenas. Sobre la parte superior del zócalo de fundición Z, va colocado un montante X dispuesto para recibir el eje principal de la máquina ó árbol porta fresa A, el que está armado en su extremo con la fresa *a* y lleva en su parte media la polea loca C y la fija B que recibe el movimiento del motor por el intermedio de una correa sin fin.

Una pieza hueca M (fig.^a 121), acoplada á cola de milano en dos guías verticales abiertas en una de las caras del zócalo, puede ascender y descender arrastrada por la tuerca *m*, que abarca al tornillo *p* (fig.^a 120). En el hueco cilíndrico de dicha pieza, se aloja la espiga de la mesa N que presenta en la parte superior otras dos guías de la misma sección que las anteriores, para la traslación horizontal del carrillo D, movido por el volante manivela E y husillo *e*, cuya tuerca *n* está fija á la mesa. Con esta disposición se consigue la traslación longitudinal del carrillo, á la par que el giro de éste alrededor del eje de la espiga para que la pieza puesta en trabajo se presente convenientemente inclinada á la acción de la herramienta.

Sobre la parte superior del carrillo se elevan dos montantes destinados á suspender la pieza: uno L mantiene un vástago horizontal que se pone en movimiento haciendo funcionar un husillo con la manivela *l*, para que avance ó retroceda la punta en que termina por la otra extremidad; el otro montante S soporta á la misma altura el eje portapieza, que recibe el movimiento de rotación de la manivela E, por el intermedio de un engranaje H *h* montado en un extremo, y tiene dispuesto el opuesto para fijar y centrar el vástago que ha de fresarse.

El árbol portaherramienta A no tiene collares que le retengan en sus soportes, porque debe poseer la facultad de moverse longitudinalmente para poner la fresa *a* en la situación conveniente al trabajo: á este efecto, dicho árbol está montado libremente sobre el montante X, y puede correrse y fijarse en cualquiera posición, con el tornillo de retenida *r* inmóvil en sentido longitudinal.

601. El vástago de barrena que ha de acanalarse se coloca en el carrillo D, apoyando sus extremos en las puntas destinadas al efecto, de

tal manera, que el eje coincida con el de rotación del árbol portapieza y que quede formando cuerpo con él.

Para preparar la máquina, se retira el carrillo á un costado haciendo uso de la manivela E, hasta que el extremo del vástago quede debajo del eje de rotación de la fresa; se eleva la mesa N cuanto sea necesario, con la manivela P; y se la hace girar alrededor de su espiga, fijándola por medio del tornillo de presión t (fig.^a 421), cuando la dirección del vástago forme con el eje de la fresa el ángulo de inclinación de la hélice (*), como indica la fig.^a 422; y por último, se hace avanzar el eje A (fig.^a 420) por medio de la manivela R, hasta que los dientes de la herramienta queden casi en contacto con el extremo de la pieza que se pretende trabajar.

602. Dispuestas así las diferentes partes de la máquina, se pone en comunicación la polea fija B con la máquina motora y se lleva á cabo la operación de fresar manejando la manivela E para producir, á la vez que la traslación del carrillo, la rotación del vástago. La fresa arranca el metal en los distintos puntos que, situados en una faja helicoidal, se van presentando sucesivamente á la acción de sus filos; y cuando el carrillo termina el curso longitudinal, resulta una canal, cuyo perfil cóncavo corresponde al contorno de la sección recta de la fresa.

Como el paso de la hélice depende de las velocidades de traslación del carrillo y de rotación del vástago, ó lo que es igual de la relación de los radios de las ruedas H y h , combinada con el paso del husillo e , habrá necesidad de cambiar el engranaje siempre que deba variarse la inclinación de la ranura que se ha de practicar.

603. En el caso frecuente de tener que acanalar una pieza cilíndrica en dirección de una generatriz recta, se separa la rueda H para anular el movimiento de rotación, y se coloca el carrillo en dirección normal al eje de la fresa: la máquina queda convertida de este modo en una de fresar recto, pero con la facultad de repetir fácilmente la operación en otra generatriz, con sólo hacer girar á la pieza alrededor de su eje. Esta máquina empleada así, puede utilizarse para labrar engranajes, machos de roscar, etc.

(*) Debemos hacer notar, que en la aplicación especial de esta máquina al tallado de ranuras helicoidales, el carrillo no se dispone perpendicularmente al eje de la fresa, como se ha representado en la figura principal para no complicar el diseño.

604. Algunos trabajos exigen que la fresa tenga una de sus bases guarnecida de filos, ó bien que se prolonguen hasta el eje matemático de rotación los de la superficie lateral; siendo indispensable en este caso, montar la herramienta en el extremo del eje de rotación, por medio de una espiga ó de un taladro poco profundo, para que la parte activa quede libre. Las máquinas destinadas á fresar con herramientas de tal clase, afectan una disposición algo distinta de las descritas, porque además de ser vertical el eje que recibe el movimiento principal de rotación, suelen tener los mecanismos necesarios para comunicar á dicho eje el movimiento de alimentación, sin perjuicio de que la pieza que se trabaje, colocada debajo de la fresa sobre un carrillo horizontal, tenga también otros movimientos auxiliares.

605. Los residuos del fresado son pequeñas partículas metálicas, tanto más menudas, cuanto más fina sea la fresa, pero siempre más gruesas que las arrancadas por la lima. Cuando la pieza puesta en trabajo es de fundición de hierro, las partículas aparecen mezcladas con polvo de carbón.

606. La operación de fresar se aplica, como ya se ha indicado, á labrar superficies de forma muy variada, que antiguamente se efectuaban manualmente por medio de limas y cinceles, de una manera mucho menos rápida y satisfactoria. Sin embargo, es preciso recurrir á otras máquinas con distinta herramienta, tanto para realizar el trabajo sobre superficies extensas, que exigirían fresas de grandes dimensiones, como para las de cierta curvatura, á las que, por su forma, no puede adaptarse el perfil de una fresa en movimiento.

ARTÍCULO 3.º

=

CEPILLAR.

607. Definición y procedimientos.—Se entiende por cepillar, el trabajo efectuado con una herramienta que obra en sentido longitudinal, cuantas veces sea necesario para arrancar la materia sobrante de

una pieza metálica. Esta operación se aplica á labrar superficies planas, cilíndricas, cónicas y en general todas aquellas que admiten generación rectilínea.

La herramienta empleada en el cepillado de metales, es una barra de acero duro que termina por un extremo en una punta ó filo más ó menos pronunciado y extenso, según sea la naturaleza del metal y la perfección que se quiera dar á la obra.

608. El procedimiento manual es ineficaz para este género de trabajo, porque no basta el esfuerzo directo del obrero para vencer la resistencia que el metal opone; es indispensable recurrir á las máquinas denominadas *cepillos*, que reúnen todos los elementos necesarios para realizar la operación.

Como se desprende de la definición, el movimiento principal de una máquina de cepillar es rectilíneo alternativo, y la amplitud de este movimiento comunicado á la herramienta cuando la pieza permanece inmóvil ó á esta última cuando la primera está en reposo, es tanto mayor cuanto más grande sea la extensión en sentido de la generatriz recta, de la pieza que ha de trabajarse.

La acción de la herramienta sobre la pieza varía en cada curso, á fin de que el trabajo tenga lugar en toda la extensión de la superficie que se labra, y es necesario, por lo tanto, un movimiento intermitente de alimentación, que puede ser de traslación, de rotación, ó la combinación de ambos, en sentido próximamente perpendicular al principal. Tanto la herramienta como la pieza, son susceptibles de estar dotadas del movimiento de alimentación, sin perjuicio de poseer también el principal; y de aquí los distintos tipos de cepillos que se han construído, según las diversas combinaciones de los expresados movimientos principal y de alimentación, aplicados á uno ú otro de dichos elementos.

Fijándonos únicamente en los caracteres generales que distinguen las diferentes clases, vamos á describir los más principales.

609. Cepillo de curso horizontal. Alimentación rectilínea.—Uno de los tipos más en uso es el representado en las figuras 423 y 424, cuya máquina es conocida en los talleres mecánicos, aun cuando impropíamente, con el nombre de *limadora*.

El portaherramienta, que es la pieza prismática A, está dispuesto

para funcionar horizontalmente con movimiento rectilíneo alternativo, sobre la peana *M* que lo mantiene y guía por una ranura de sección trapezoidal; sosteniendo á la expresada peana un sólido banco de fundición *ZZ*. El movimiento de vaivén se comunica al portaherramienta por la biela *b*, un plato manivela, la rueda *B* y el piñón *c* montado en el eje del cono de poleas *C* receptor del motor.

610. La alimentación se obtiene en esta máquina por la traslación paulatina de la peana sobre las guías del banco; movimiento que se consigue por la rotación del husillo *D*, que penetra en una tuerca fija á la parte inferior de aquélla; sin perturbar por esto la trasmisión del movimiento principal, porque el piñón *c* puede correrse á lo largo del árbol acanalado en que está montado, sin perder el enlace con la rueda *B*.

En la fig.^a 124 se ha representado en corte la parte principal del portaherramienta. En ella se ve la herramienta *a* encorvada en su extremidad inferior y sujeta por dos tornillos de presión, en el interior de un estuche *m* acoplado á cola de milano en la cabeza de la pieza prismática *A*. El estuche lleva una tuerca donde entra el husillo *r*, y el movimiento de rotación de éste determina el ascenso ó descenso de aquél.

611. La posición y movimiento de la herramienta indica desde luego la colocación que debe darse al objeto metálico que se ha de cepillar, y la sujeción tiene lugar por medio de pernos roscados cuyas cabezas se introducen en las ranuras *n*, *n*.... de las mesas *N*, *N*, que con dicho objeto tiene la máquina.

Dos canales *xx* horizontales, de sección en *T*, abiertas en la cara anterior del banco, permiten la traslación independiente de las placas *P*, *P*, y otras ranuras verticales abiertas en éstas, dan lugar al ascenso y descenso de las mesas *N*, *N*. Esta maniobra se ejecuta alojando los cuatro pernos de las placas *P*, *P*, y haciendo uso de palancas de hierro que se apoyan en los taladros cuadrados del banco, para producir la traslación horizontal; y la altura de las mesas se varía con una manivela acoplada al cuadradillo *k*, cuyo eje trasmite el esfuerzo al árbol *t*, armado de una segunda rueda que engrana con la cremallera adosada á la placa. Después de haber variado á voluntad la distancia y altura de las mesas, se fijan en su posición apretando los pernos correspondientes.

612. Es conveniente que el movimiento intermitente de alimentación

tenga lugar cuando la herramienta esté libre: para que así suceda, es necesario que se realice periódicamente, en el preciso momento en que aquélla haya terminado su viaje de avance y retroceso, y que la amplitud de éste sea algo mayor que la anchura de la superficie que se labra.

La regularidad con que debe desarrollarse el trabajo, exige que la alimentación sea automática, á cuyo fin presenta la máquina la disposición adecuada, que claramente se ve en la fig.^a 424: un pequeño piñón, montado en la extremidad del eje receptor del movimiento, engrana con la rueda E, la que tiene abierta en su disco, una ranura excéntrica, (indicada con líneas de puntos), para recibir un botón situado en el extremo del brazo menor de una palanca angular, montada en el eje F. La rotación de la excéntrica, comunica á dicha palanca un movimiento oscilante, que se trasmite por la biela *f* á otra palanca H, armada en su brazo menor, de un pequeño *trinquete e* que cae libremente entre los dientes de una rueda de fiador. Resulta de aquí, que para cada vuelta de la rueda E, corresponde una doble oscilación de las palancas F y H, con cuyo movimiento el trinquete hace girar á la rueda de fiador una cantidad determinada, y vuelve después á tomar la posición inicial resbalando sobre los dientes; y por lo tanto el eje de la rueda de fiador recibe un movimiento intermitente de rotación en un solo sentido. Este movimiento es trasmitido en las mismas condiciones por el intermedio de un engranaje recto, al husillo D, que hace avanzar en cada período á la peana M una pequeña cantidad proporcionada al paso de la hélice.

El avance depende, como se acaba de ver, del giro que el trinquete imprime á la rueda de fiador, pudiéndose variar á voluntad, con sólo cambiar los puntos en que la biela *f* se sujeta á las palancas angulares H y F. Semejante disposición es necesaria en todas las máquinas de este género para regular la marcha lateral de la herramienta á la cantidad de materia que ha de arrancar, como corresponde á la diferente dureza de los metales. Se puede también cambiar el sentido de la alimentación, haciendo que el trinquete caiga entre los dientes del otro lado de la rueda; y si se quiere prescindir de tal mecanismo, es necesario levantar el trinquete para que las uñas no empujen á los dientes.

613. La descripción anterior basta para comprender el empleo de esta máquina en el cepillado de superficies planas: el trozo metálico

sometido á la operación, se coloca y fija sobre una de las mesas N cuando es pequeño, ó sobre las dos si sus dimensiones son crecidas, de manera que queden en la parte superior y horizontalmente, las líneas marcadas en el trazado para el plano que se trata de labrar. En las figuras citadas aparece representada una escuadra de hierro, sujeta por pernos á las ranuras de una de las mesas, en la disposición conveniente para cepillar uno de sus cantos.

Para principiar el trabajo es preciso preparar la máquina haciendo uso de los mecanismos descritos, de manera que la altura á que quede la pieza, permita que la herramienta arranque en su movimiento de vaivén, una cantidad determinada de metal, y que al trasladarse á lo largo del banco, pueda recorrer toda la extensión de aquélla. Si después de conseguido esto se liga la máquina al motor con una correa sin fin, la herramienta abrirá un surco del ancho y sección correspondiente á la forma de su filo, cuando marche en sentido conveniente al trabajo, es decir en el curso de avance; y retrocederá después para repetir el viaje, resbalando con la parte posterior del filo por el surco abierto.

Cuando la herramienta termina la vuelta y queda libre, funciona el mecanismo de alimentación; una nueva zona metálica se presenta á la acción cortante de aquélla y se repiten los mismos efectos.

La serie de surcos abiertos de esta manera, constituye el trabajo de la primera pasada. Para continuar el cepillado si fuese preciso, se lleva la herramienta á la posición inicial y se baja un poco para que arranque en la misma forma un segundo lecho, repitiéndose lo propio para la tercera pasada ó las que fuesen necesarias, á fin de descubrir el plano que se busca, terminándose éste, alisándolo en una pasada de conclusión hecha con una herramienta de ancho filo que borra las desigualdades ó lomos que dejan los surcos.

614. Según se acaba de ver, el retroceso de la herramienta se verifica resbalando la parte posterior del filo contra la superficie descubierta; y este contacto que teóricamente considerado podría admitirse, produce en la práctica un rozamiento perjudicial al filo de la herramienta y desfavorable al rendimiento de la máquina. La disposición del portaherramienta representada en la fig. ^a 124, responde á remediar el defecto señalado, disminuyendo la rigidez del sistema: una parte del estuche está dispuesta para

girar á charnela sobre un pasador horizontal colocado en la otra, y la herramienta puede oscilar así, en el sentido que conviene para disminuir el rozamiento en el retroceso.

615. La circunstancia de trabajar en un solo sentido la herramienta, ha sugerido la idea de aumentar su velocidad en el viaje en que permanece inactiva, es decir en el de retroceso; con lo cual se consigue equilibrar en parte las resistencias que se oponen al motor, durante los dos períodos del movimiento, y abreviar el tiempo en que la herramienta no trabaja; condiciones que son precisas para aumentar el trabajo útil de la máquina. Por otra parte, el corto curso de las operadoras de esta clase, se opone á dotarlas de los mecanismos necesarios para que la herramienta trabaje en ambos períodos.

La ingeniosa disposición ideada para conseguir el retroceso rápido mencionado, está diseñada en la fig.^a 425: la rueda dentada B está montada libremente sobre el grueso eje fijo B'; dentro de éste, pero excéntrico con él, hay otro *l* que termina por uno de sus extremos en una pieza L, que hace de excéntrica, y ésta tiene una ranura en su cara interior para alojar el dado *g* fijo á la rueda, y otra en la cara anterior para unirse á la biela *b* por medio de un botón. Resulta de tal combinación, que la rueda B trasmite á la excéntrica L un movimiento circular, que varía constantemente de velocidad á medida que el dado *g* que la mueve y el eje *l* que la mantiene, se aproximan ó separan; porque siendo constante la velocidad lineal del dado, y variable la distancia al eje de rotación de la excéntrica, la velocidad angular de ésta debe variar en razón inversa del expresado radio de rotación. Por consiguiente, cuando el dado *g* recorre la semicircunferencia inferior, el movimiento de rotación de la excéntrica es más lento que cuando el mismo dado recorre la semicircunferencia superior; y como el primero de los citados períodos corresponde al curso de avance, ó de trabajo de la herramienta, resultará más rápido el retroceso.

616. El curso del portaherramienta depende de la distancia desde el eje de la pieza L al punto de unión de la biela *b*; la que puede variarse á voluntad por medio del botón *n* que se corre á lo largo de la canal de aquélla.

Cuanto mayor sea el curso de la herramienta más necesario se hace

el retroceso rápido; así es, que muchos constructores prescinden de este perfeccionamiento en las expresadas máquinas, cuando tienen pequeñas dimensiones.

El botón z , con que se fija la biela al portaherramienta, puede correrse á lo largo de una ranura de sección en T, con objeto de aumentar ó disminuir la longitud de dicha pieza A, para que el trabajo principie más ó menos lejos del banco (fig.^o 123 y 124).

617. Además de las condiciones generales (572 y siguientes) á que deben satisfacer las herramientas cortantes, tenemos que añadir respecto á las que obran con movimiento alternativo: 1.^o Que el filo no penetre de frente en la materia, sino sucesivamente desde su nacimiento á la punta, para evitar á la vez, el choque que tiende á producirse al principiar cada curso, y la rotura de la punta. 2.^o La herramienta debe estar en disposición de separarse de la materia y no clavarse, cuando ceda á la resistencia de ésta, ya sea por flexión ó por algún juego del portaherramienta; y por esto, el filo debe quedar algo retrasado respecto á la espiga ó cuadradillo que sirve de sujeción á la herramienta.

618. Alimentación circular.—La mayor parte de las máquinas de la clase que acabamos de describir, están dotadas de ciertos órganos para dedicarlas también al cepillado de superficies cilíndricas convexas; por lo cual, algunos industriales consideran á este tipo de máquinas como uno de los mejores, entre las operadoras de que se hace uso en los talleres, puesto que con ellas se llevan á cabo una gran variedad de obras pequeñas, que antes era preciso efectuar por el procedimiento manual.

El cepillado de las superficies cilíndricas se realiza, comunicando á la pieza el movimiento intermitente de alimentación y dejando fija la peana M, para que la herramienta participe solamente del movimiento principal. A este fin responde el árbol horizontal G, montado sobre un cojinete situado en el centro del banco, para recibir la pieza destinada al trabajo. En la extremidad interior de dicho árbol, va montada una rueda que engrana con un husillo sin fin labrado en el eje g ; de manera que la rotación de este último produce la del árbol portapiezas. Puede comunicarse á mano dicho movimiento por medio de una manivela acoplada en el cuadradillo correspondiente; pero la exactitud del trabajo requiere

que sea automática la alimentación; así es, que para dejar inmóvil la peana *M* y comunicar al propio tiempo la rotación intermitente á la pieza, se monta en el eje *g* la rueda *m*, que le trasmirá el movimiento comunicado por las palancas angulares y trinquete.

La pieza se monta de manera que el eje de la superficie que se desea labrar coincida con el de rotación del árbol. Así dispuesta y preparados los demás elementos de la máquina, podrá ponerse ésta en actividad y la herramienta realizará el trabajo de la primera pasada, recorriendo todas las generatrices que sucesivamente se presenten en la posición más alta.

Cuando el cilindro es completo, la segunda pasada sigue sin interrupción á la primera, sin otra alteración que la de bajar un poco la herramienta para que alcance á la materia; pero si solamente se trabajase una parte de la superficie cilíndrica de revolución, habría necesidad de cambiar el sentido de la alimentación, ó bien volver la pieza á la posición inicial para repetir las pasadas, si hubiese precisión de arrancar por capas concéntricas mayor cantidad de metal. La superficie se perfecciona de igual manera que las planas, con una pasada de conclusión; pero en este caso es conveniente que la herramienta sea de filo cóncavo con la curvatura próximamente igual al perfil del cilindro que se trabaja.

619. Máquinas de cepillar de gran curso.—Estas máquinas, conocidas generalmente con el nombre de *garlopas*, son muy apreciadas en los talleres mecánicos, existiendo un gran número de tipos de todas las dimensiones, desde la más pequeña, que se hace funcionar á mano, hasta las de magnitud verdaderamente colosal, cuyo banco mide más de 45 m. Una mesa de fundición movable á corredera sobre dos guías horizontales y los mecanismos necesarios para mantener y guiar una ó más herramientas, constituyen una máquina de *garlopar*.

620. Antes de entrar en la descripción detallada de la máquina, vamos á examinar en primer lugar los medios adoptados para imprimir á la mesa el movimiento principal, en la inteligencia de que la intensidad de la fuerza trasmitada sea la suficiente, no solamente para ponerla en movimiento con la pieza que soporta, sino también para obligar á que la herramienta arranque en virutas el metal.

De los procedimientos ideados para conseguir tal objeto, solamente han predominado dos: uno que consiste en colocar á lo largo del banco un

fuerte husillo que puede tomar el movimiento de rotación para trasformarlo en rectilíneo por una tuerca fija á la parte inferior de la mesa; y el otro en una cremallera labrada también en la parte inferior de la plataforma que se traslada por la rotación de un piñón montado en el banco. El movimiento obtenido con el husillo es á la vez regular y preciso; no produce choques ni vibraciones; pero el rozamiento que ocasiona este órgano es grande, y por consiguiente es excesivo el gasto de fuerza motriz. La cremallera absorbe menos trabajo por rozamiento, y esta ventaja es de alguna consideración para los constructores; pero cuando tiene solamente un orden de dientes rectos, se producen pequeños choques que aumentan con el desgaste del piñón y hacen irregular el movimiento de la mesa. El empleo de un engranaje de dientes oblicuos, ó bien dos ó tres órdenes de dientes rectos formando la *cremallera escalonada* con un piñón adecuado, hace que el movimiento transmitido sea regular y casi tan suave como el del husillo.

621. Otra condición de mucha importancia que debe tenerse presente respecto al movimiento de la mesa, es la velocidad que conviene transmitirle tanto en el curso de ida como en el de vuelta. Algunos constructores hacen invariable la velocidad de la mesa en sus dos periodos, y dotan de una doble herramienta á la máquina, ó bien emplean un estuche giratorio, para que el cepillado se haga en los dos sentidos sin pérdida de tiempo. Otros prefieren que la herramienta no corte más que en un sentido, y hacen que la velocidad en el retroceso de la mesa, sea dos ó tres veces más grande.

El primer sistema es el más conveniente desde el punto de vista económico; pero el segundo tiene más sencillez en el mecanismo del carrillo que lleva la herramienta y ésta queda más rígida. La adopción de uno ú otro, depende de las circunstancias de la máquina: cuando el curso de la mesa sea muy grande, será ventajosa la primera disposición; por el contrario, para los cepillos de curso más pequeño, conviene desechar tal combinación y adoptar la de retroceso rápido, porque en este caso el aumento de mecanismos en la herramienta, da relativamente más complicación que la traslación rápida de la mesa.

622. Las fig.^s 426 y 427 representan un tipo de las garlopas más usadas: como puede comprenderse por la rápida inspección, la mesa A

resbala á lo largo de las guías abiertas en un sólido banco de fundición ZZ , cuando la acción del motor hace girar el husillo H . El eje receptor del movimiento sostiene tres poleas, la b montada sobre un manguito forma cuerpo con la rueda cónica B , la central a es loca, y la d está adosada directamente al mismo eje. La rueda B engrana con otra de igual diámetro B' , y la D unida al eje receptor engrana á su vez con otra D' de menor diámetro, montada con la B' en el extremo del husillo. Resulta de esta disposición, que cuando la correa sin fin trasmite su movimiento á la polea b , funciona el engranaje $B B'$ y el husillo gira en cierto sentido con una velocidad determinada; pero si la correa se apoya sobre la polea d , el movimiento se trasmite por el engranaje $D D'$ en sentido contrario y con mayor velocidad. El husillo mueve la mesa alternativamente á uno y otro lado con distinta velocidad, y se satisface así la necesidad de disminuir el tiempo en que la herramienta no trabaja.

El paso de la correa por la polea loca produce un corto período de reposo en la transmisión, que favorece la conservación de los órganos de la máquina, porque evita la violencia de los choques ocasionados cuando varía la dirección del movimiento.

623. Los continuados viajes de ida y vuelta de la mesa, exigen que la correa de transmisión pase repetidas veces de una á otra polea, y como si este cambio se hiciese manualmente, absorbería casi por completo la atención del obrero, los constructores encomiendan tal misión á la misma máquina, dotándola de un sencillo mecanismo compuesto de dos barras mm y ss , unidas á las extremidades de los brazos de una palanca angular, que gira alrededor del pasador P . Ambas barras están dispuestas para poder resbalar longitudinalmente dentro de los apoyos que las sostienen: la primera mm lleva la horquilla pasacorreas n , y la segunda dos pequeños toques t variables de posición; de manera que cuando el saliente r de la plataforma tropieza con uno de los toques, le arrastra en su movimiento y hace girar á la palanca angular que trasmite el movimiento á la horquilla; la correa pasa de una á otra polea y se cambia el movimiento de la mesa.

La distancia entre los toques t y la posición del saliente r que se fija con tornillos de presión á la ranura del canto de la mesa, determinan el tiempo que la correa de transmisión permanece en cada polea, ó sea la

amplitud del curso de la mesa; así es, que su colocación debe subordinarse á la magnitud y posición de la pieza preparada para el trabajo.

624. A derecha ó izquierda del banco, se elevan dos grandes montantes de fundición *XX* ligados por la cumbreira *Y*, que sustentan la corredera horizontal *MM* acoplada á cola de milano. Esta corredera, que puede ascender ó descender á lo largo de las guías de los montantes, si los engranajes cónicos *O, O*, hacen girar á la par á los dos husillos verticales, soporta el carrillo portaherramienta, dispuesto para resbalar en sentido horizontal cuando á ello le obliga la rotación del husillo *hh* fijo longitudinalmente en la corredera. Los movimientos mencionados sirven de preparación llevando rápidamente la herramienta al sitio que convenga para principiar el trabajo, y el segundo de ellos se usa también para la alimentación en sentido horizontal, ya manualmente valiéndose de la manivela *k*, ya automáticamente por la disposición que luego se mencionará.

Para que la herramienta reciba movimientos de ascenso y descenso, ya sean verticales ya inclinados, el carrillo consta de cuatro partes distintas: la primera, que sirve de base á las demás, es una placa *N* encastada en las guías de la corredera horizontal; la segunda *T* está unida á la primera por medio de dos pernos que penetrando en ranuras circulares, le permiten inclinarse más ó menos, y soporta un husillo en dirección paralela á dos guías labradas en su espesor; la tercera es una placa *R*, que se mueve á corredera por las guías de la anterior, arrastrada por el husillo; y por último, el verdadero estuche *F* que análogamente al de la máquina ya descrita, oscila sobre un pasador perpendicular al vástago de la herramienta, para disminuir el rozamiento del filo de ésta en el viaje de vuelta.

625. El movimiento automático de alimentación horizontal se produce con el auxilio de un trinquete y la rueda de fiador *I* montada en el eje del husillo *hh*, cuando la rotación intermitente del eje *E* se transmite desde la polea *L* á la *G* por una cuerda sin fin. El eje *E* está montado sobre un manguito fijo á uno de los montantes *X*, y lleva en el extremo próximo al banco dos toques *e, e*, colocados de manera que el saliente *r* de la mesa tropiece con alguno de ellos al mismo tiempo que arrastra uno de los toques de la barra *ss*. De este modo se consigue imprimir

automáticamente un pequeño giro al eje E, que se comunica al portaherramienta como se acaba de indicar, precisamente en el momento en que la mesa termina su viaje y la herramienta queda libre del contacto de la pieza que se trabaja. Cuando la mesa vuelve á su posición, el saliente *r* tropieza en el segundo tope *e* y comunica otro pequeño giro al eje E; pero como éste se produce en sentido contrario, el trinquete resbala sobre los dientes de la rueda de fiador y no la mueve.

Para que el movimiento angular de la rueda L quede determinado con exactitud y precisión en la amplitud que conviene en cada caso á la alimentación; el eje E está provisto de un contrapeso C, que después de rebasar de la vertical concluye el movimiento iniciado por el tope *e*, y de un diente que limita el giro en el interior de una caja abierta en el manguito. La amplitud del movimiento del diente corresponde al giro de la rueda L, y como de él depende la traslación de la herramienta, claro es, que para aumentar ó disminuir la alimentación, deberá variarse en proporción análoga la extensión de la caja. También se consigue ó se completa este resultado con la sustitución de las poleas L y G por otras cuyos radios estén en una relación determinada.

626. El descenso lento de la herramienta y la alimentación en sentido vertical se obtienen manualmente, aplicando una manivela al cuadradillo *f* del portaherramienta; pero en el cepillado de superficies verticales, es necesaria la alimentación automática, que se consigue montando sobre el expresado cuadradillo una rueda con su trinquete y polea, y comunicándole el movimiento intermitente por medio de una cuerda sin fin que parte de la polea L y pasa por el rodillo K.

627. Por último, para labrar planos inclinados, es necesario oblicuar el estuche T, á fin de que la herramienta no avance en dirección vertical. La alimentación se produce en este caso como anteriormente; pero es necesario colocar rodillos que guíen la cuerda sin fin.

628. De todo lo expuesto se deducen facilmente, las aplicaciones de la máquina, la manera de emplearla y las ventajas que se obtienen con la disposición dada al portaherramienta, cuando se opera sobre piezas pesadas, que no solamente deben labrarse en su cara principal, colocada horizontalmente, sino también en los cantos y biseles, sin cambiar de posición sobre la mesa.

629. Para que la herramienta de las máquinas, en que el movimiento de la mesa tiene la misma velocidad en los dos periodos de su marcha, trabaje en el curso de retroceso, se ha ideado el portaherramientas giratorio. Las piezas R y F están sustituidas por un estuche cilindrico vertical, que puede girar media revolución exacta alrededor de su eje, dentro de un collar unido invariablemente á la placa T. La disposición adoptada con preferencia para hacer girar el cilindro, consiste en una cuerda sin fin arrollada á su parte superior con dos vueltas, que pasando después por rodillos de tensión colocados en los extremos de la corredera horizontal, recibe un movimiento intermitente cada vez que cambia de dirección el de la mesa. La herramienta se sujeta al estuche, de manera que coincida con su eje, y recibe el movimiento de alimentación horizontal siempre que el cilindro verifica media revolución.

Este sistema presenta, como ya se ha indicado, el inconveniente de hacer muy difícil el encastre rígido de la herramienta; pero á pesar de ello es ventajoso en casos especiales.

630. En algunos talleres, se prefiere el empleo de dos herramientas con filos opuestos, para que cada una de ellas trabaje en uno de los periodos del viaje de la mesa, estando colocados sus estuches á distinto lado del carrillo, con objeto de que oscilen sin dificultad cuando la herramienta respectiva repasa el surco abierto por la otra.

El cepillado de piezas extensas puede efectuarse con economía de tiempo, en máquinas dotadas de dos carrillos montados en la corredera horizontal, cuyas herramientas trabajen alternativamente; lo cual exige un doble mecanismo para comunicar independientemente el movimiento de alimentación á ambos carrillos.

631. Máquina de cepillar piezas de gran peso.—Las piezas de grandes dimensiones, tales como las placas de fundación, planchas de blindaje para buques y baterías acorazadas, y otras muchas de peso considerable, no pueden someterse al trabajo en la máquina anteriormente descrita, porque la fuerza motriz necesaria para producir el movimiento de la mesa sería excesiva; ha habido necesidad de adoptar para estos casos otras máquinas, en las que la pieza que se trabaja está fija y todos los movimientos necesarios para el cepillado residen en la herramienta; con todo lo cual se ahorra una gran cantidad de potencia

que se consumiría inútilmente para poner en movimiento la mesa portadora de peso tan considerable.

Dichos cepillos exigen grandes y sólidos emplazamientos (*) para la marcha regular de sus órganos, y como éstos deben ser de grandes dimensiones y muy resistentes, se hace difícil la trasmisión del movimiento; por lo que, tales máquinas carecen en general de precisión y se dedican principalmente á trabajos de desbaste.

632. Cepillo de curso vertical.—Se comprende bajo esta denominación á las máquinas en que la herramienta se mueve verticalmente á lo largo de un montante, para cepillar las superficies de las piezas sometidas al trabajo. En igualdad de circunstancias, las máquinas verticales exigen menos fuerza motriz que las horizontales que se acaban de mencionar, á causa de la reducción de dimensiones en la mayor parte de sus órganos; y además, su montaje no requiere tanto espacio.

Las máquinas de este género, cuando tienen grandes dimensiones, se destinan á labrar piezas voluminosas, que como los cilindros de las potentes máquinas de vapor, son susceptibles de montarse verticalmente sin grandes dificultades.

633. Los cepillos de curso vertical, de uso más frecuente en los talleres de construcción, son los conocidos con el nombre de *máquinas de acanalar*, de las que se ha diseñado un ejemplar en dos proyecciones verticales en las fig.^s 428 y 429. El curso de su herramienta es bastante limitado y la plataforma en que se coloca la pieza que se desea cepillar, está dispuesta para recibir separada ó simultáneamente, dos movimientos rectilíneos en dirección perpendicular, y uno de rotación.

634. El cono de poleas A, que recibe la acción del motor, se halla montado sobre un árbol horizontal que lleva en uno de sus extremos el volante F regulador del movimiento, y un piñón dentado *b* en el otro; este piñón trasmite el movimiento de rotación al plato manivela C, por el intermedio de la rueda dentada B. La biela D, fija por uno de sus extremos á una canal radial del plato C, y por el otro á la parte superior del

(*) El uso tan frecuente y generalizado que se ha hecho de este galicismo para designar el sitio en que se levanta una obra, se asienta una máquina ó se coloca una pieza de artillería, nos autoriza para emplear tal palabra con preferencia á otra que no expresaría tan concisamente la idea.

portaherramienta E, transforma el movimiento circular en otro rectilíneo alternativo que trasmite al expresado portaherramienta, dispuesto para resbalar á corredera por dos guías verticales del montante z de la máquina.

La posición del botón que une la biela con el plato, determina la longitud del curso de la herramienta, que puede variarse á voluntad, corriendo dicho botón á lo largo de la ranura radial de aquél; y la altura inicial del portaherramienta se regula también con el pasador e , que puede correr á lo largo de una ranura vertical para alargar ó acortar su altura al ligar el extremo superior de la biela.

635. La mesa M, sostén de las piezas en el trabajo, es un plato circular que forma cuerpo con un disco dentado N, y ambos pueden girar alrededor de un eje vertical fijo á la placa P, que se halla ajustada por su parte inferior á las guías horizontales de otra pieza R, con la facultad de resbalar á lo largo de ellas; y esta última placa descansa y puede resbalar á su vez sobre dos guías paralelas, labradas en el macizo del banco perpendicularmente á las primeras. Resulta de aquí, que la unión de los carrillos P y R, constituye uno doble ó *corredera compuesta*, dotado de dos movimientos horizontales en sentido perpendicular; y con la adición del plato giratorio M, forma un conjunto capaz de comunicar á la pieza que ha de cepillarse los movimientos necesarios para el trabajo. Los movimientos de la corredera compuesta, se verifican por medio de manivelas acopladas en los cuadrillos r y p correspondientes á dos husillos que engranan en las tuercas fijas á los carrillos R y P; y el de la rueda N y plataforma M tienen lugar por la rotación de un husillo sin fin montado en el árbol n y sostenido por dos brazos verticales que se elevan desde el carrillo inferior.

636. Cada uno de los movimientos expresados se comunican manualmente aplicando una manivela al cuadrillo del árbol que corresponda; y automáticamente en condiciones propias para la alimentación, haciendo uso de un mecanismo análogo al que con igual objeto se ha explicado (612) en el cepillo de curso horizontal.

Una ranura excéntrica abierta en el disco de la rueda B, produce un movimiento oscilatorio á una palanca angular montada en el manguito x ; trasmitiéndose las oscilaciones por el intermedio de la varilla q , al

trinquete t , que mueve periódicamente en un solo sentido la rueda de fiador y el árbol acanalado T .

637. Cuando la alimentación deba obtenerse en sentido del banco, se coloca la rueda L en el extremo del árbol T , para que engrane con el piñón del eje r y mueva el carrillo R con todas las piezas que soporta.

Para la alimentación en sentido transversal, es preciso transmitir el movimiento del árbol acanalado al husillo p , lo cual se consigue montando un piñón en el extremo de este último y una rueda en el eje s , que recibe el movimiento del árbol T , por el intermedio de dos piñones cónicos. Como el husillo p varía de posición con el movimiento del carrillo R , y el árbol T está ligado á dos collares fijos al banco, es necesario que el engranaje citado siga los movimientos del primero, sin perder la conexión con el segundo: con este objeto, las dos ruedas cónicas y el eje s están unidos á dos pescantes del carrillo, que los arrastran en su movimiento, y el árbol T lleva abierta una canal longitudinal para recibir la chabeta de la rueda que sostiene.

La alimentación circular se consigue montando en el eje n un piñón que engrane con la rueda del árbol s .

638. Tanto la alimentación circular como las dos rectilíneas, pueden funcionar independientemente, combinadas dos á dos ó reunidas las tres, montando en los ejes de los tres husillos las ruedas que se necesiten. De aquí resulta una variedad de movimientos que permiten labrar superficies planas y gran número de las cilíndricas, haciendo la máquina adaptable al trabajo de muchos objetos.

639. Las piezas preparadas para el trabajo se consolidan por medio de pernos retenidos en las ranuras, cuya sección tiene la forma de T , abiertas en la mesa, y cuando son cilíndricas y huecas pueden sujetarse con el perno central m . La herramienta se fija al estuche por dos bridas con sus tornillos de presión, después de haberla preparado de manera que el filo se encuentre en condiciones de trabajar en el descenso.

640. Algunas máquinas más completas pueden cepillar también superficies cónicas y aun de otras clases. Para conseguir tales resultados, las guías del portaherramienta están labradas en un disco dispuesto para girar sobre un eje horizontal ó pezón del montante de la máquina; de manera que el curso de la herramienta deja de ser vertical y toma la

inclinación que se desea: los movimientos de la mesa se completan con otro de inclinación de la plataforma, el que se obtiene por la adición de un carrillo; y además se coloca todo el sistema en condiciones de ascender ó descender, para recibir de este modo piezas de alturas muy diferentes; constituyendo así estos tipos, cepillos casi universales por la variedad de trabajos á que se prestan.

641. La herramienta de los cepillos de curso vertical solamente corta en el viaje de descenso, de suerte que una parte del tiempo no se utiliza en el trabajo: algunos mecánicos combinan los órganos de estas máquinas para que aquélla ascienda con mayor velocidad que al descender, pretendiendo de este modo economizar tiempo, á la vez que se reparte con mayor igualdad el trabajo absorbido durante los dos periodos del movimiento. Por el contrario, otros constructores no adoptan, como en los cepillos de curso horizontal, mecanismos que produzcan el ascenso rápido, fundándose en que los pesos del portaherramienta y de la biela, que obran como resistencia durante el ascenso, se añaden al esfuerzo del motor cuando la herramienta desciende, y que esta diferencia de potencia compensa el trabajo absorbido al arrancar la materia.

642. Consideraciones sobre los cepillos.—Aun cuando los tres tipos de cepillos descritos revisten carácter de generalidad para trabajos de este género, son tan diversas la índole y las condiciones de las piezas que deben sufrir operaciones mecánicas en los talleres de importancia, que no se puede prescindir de ninguna de las tres clases, y muchas veces conviene tener á mano, varios de distintos tamaños correspondientes á cada tipo.

643. Del estudio de las máquinas de cepillar, se deduce que la importancia de cada una, cualquiera que sea su clase, depende: 1.º de la amplitud del movimiento principal; 2.º del número y condiciones de los movimientos que puede adquirir el portaherramienta; 3.º de las distancias de éste á los montantes y á la mesa; 4.º del número y clase de movimientos inherentes á la última; 5.º del aprovechamiento de la fuerza motora, y 6.º del ajuste y precisión de todos los órganos principales de la máquina.

644. Antes de determinar la velocidad más favorable al trabajo que desarrollan las máquinas de cepillar, conviene hacer notar que cuando el

móvimiento principal es trasmitido por un husillo ó cremallera, como sucede en la garlopa, la velocidad es constante en cada uno de los períodos de la marcha; pero si la trasmisión se verifica por medio de un plato manivela, como en las limadoras y en las máquinas de acanalar, dicha velocidad es variable en cada momento del curso. En este último caso, se toma por velocidad de la herramienta, la media de todo el curso; es decir, el cociente de dividir la longitud del trayecto por el tiempo empleado en recorrerlo.

Del mismo modo que la mejor herramienta es aquella que arranca un peso determinado de materia, absorbiendo el minimum de trabajo motor; así también puede decirse que las velocidades más favorables para los movimientos principal y de alimentación, son aquellas, que hacen más económico el trabajo desde el punto de vista del aprovechamiento de la fuerza motora. La determinación de la marcha de la máquina en condiciones de absorber un minimum de trabajo por kilogramo de materia arrancada, es una cuestión puramente experimental que puede resolverse con ayuda de un dinamómetro, cualquiera que sea la máquina.

De las experiencias practicadas con este objeto se ha deducido, que para cada clase de metal existe una velocidad adecuada, tanto en el movimiento principal como en el de alimentación. Dichas velocidades son por segundo:

Para el hierro dulce.....	55 milímetros.
Para la fundición.....	40 idem.
Para el acero.....	30 idem.

á las que corresponde una alimentación de 0,50 milímetros para las máquinas pequeñas, de 0,55 para las medianas, y 0,60 para las grandes.

645. Las condiciones económicas de la fabricación no estriban solamente en el aprovechamiento del motor, porque debe tomarse también en cuenta el tiempo empleado, y por lo tanto, los jornales del personal obrero. Esta última circunstancia está en contradicción con la primera, principalmente en casos de urgencia; y como se ha observado que el kilogramo de hierro arrancado resulta tanto más barato, cuanto más rápida sea la marcha de la máquina, en la práctica no se toman siempre como tipo las velocidades expresadas anteriormente, sino que se considera ventajoso aumentarlas hasta las cifras siguientes:

Para el hierro dulce.....	120 milímetros.
Para la fundición.....	90 idem.
Para el acero.....	60 idem.
Para los bronce y latones.....	muy variable,

y en cuanto á la alimentación, un milímetro por término medio.

No se debe rebasar de estos límites, porque de lo contrario habrá exposición á que la herramienta se destemple por la elevación de temperatura, y las reparaciones y afilado que en este caso serían necesarias ocasionarían pérdida de tiempo.

646. La polea receptora del movimiento debe calcularse de modo que trasmita á la herramienta una velocidad de cien milímetros; pero como en muchas ocasiones las máquinas trabajan con velocidades menores, es preciso que el eje receptor esté en condiciones de recibirlas, y con tal objeto debe dotarse de un cono de poleas, en las que el diámetro de la mayor sea próximamente doble que el de la calculada.

647. La lubricación de los órganos, cuyo juego origina rozamientos, se considera siempre necesaria en toda máquina; pero tratándose de los cepillos, es más de notar su influencia para suavizar el movimiento de los portaherramientas dentro de las guías que las conducen, y especialmente para la traslación de la mesa en las garlopas. Por esta razón, es preciso tener la precaución de mantener cubiertas constantemente las correderas con una grasa más ó menos fluida, que disminuya los rozamientos.

ARTÍCULO 4.º

=

TALADRAR Y AVELLANAR.

TALADRAR.

648. Definición y herramientas.—Se entiende por taladrar, la operación que tiene por objeto practicar orificios cilindricos arrancando la materia por pequeñas porciones.

Se consigue dicho objeto con herramientas denominadas brocas; las cuales obran en virtud de dos movimientos simultáneos de rotación y traslación, desalojando paulatinamente la materia.

Ya en las operaciones de punzar y agujerear explicadas en los párrafos 490 y 527 respectivamente, habíamos indicado el medio de perforar los metales, sin arrancar materia en el primer caso y extrayendo de una vez el trozo ó bocado, en el segundo; pero este modo de operar no es practicable en todos los casos, sobre todo cuando los espesores de las piezas pasan de ciertos límites, ó cuando el hueco proyectado no deba traspasar todo su grueso.

De aquí la necesidad de la nueva operación que hemos definido, expresando al hacerlo la diferencia característica que la distingue de las de punzar y agujerear.

649. Las brocas presentan generalmente la forma que representa la fig.^a 430; su parte activa está formada por filos cortantes próximamente perpendiculares uno á otro é igualmente inclinados sobre el eje, que se reúnen en un punto de éste y determinan la punta de la herramienta. Cuando la broca se dedica á trabajar en un solo sentido, cada filo está formado por un bisel; pero son indispensables dos biseles para cada uno de ellos en las que han de moverse alternativamente hacia uno y otro lado.

La fig.^a 431 representa una broca con filos en doble bisel y aunque no corta en buenas condiciones, pues más bien puede decirse que rae la materia, es bastante eficaz cuando su tamaño es pequeño y rápida la rotación. En la armería y en la cerrajería se emplean con frecuencia las brocas de esta clase.

La distancia entre los dos puntos más separados de los filos determina, tanto en la broca que se acaba de citar como en la diseñada en la figura 430, el diámetro de los taladros que pueden abrirse; y para que el rozamiento del vástago contra las paredes del agujero no absorba mucho trabajo, se adelgazan generalmente las brocas en la proximidad de los puntos más salientes del filo, lo que hace que se les conozca con el nombre de brocas *de lengua de carpa*. En la fig.^a 430 están marcados los ángulos de filo *cad* y los de incidencia *bae*, cuyos valores deben subordinarse á las reglas generales expuestas (572 y 575) para las herramientas

cortantes, teniendo siempre en cuenta las modificaciones que aconseje la experiencia.

650. Para que las brocas satisfagan más cumplidamente su misión, principalmente cuando se opera sobre metales muy duros, es preciso labrar una canal en la cara anterior de cada filo (fig.^a 132); y así se consigue que el ángulo se encuentre en condiciones más apropiadas para penetrar, porque puede hacerse el filo tan agudo como sea preciso, logrando á la par, que su bisectriz forme mayor ángulo con la parte de metal que ha de arrancar.

651. Las brocas que se emplean para abrir agujeros de alguna profundidad tienen como la representada en la fig.^a 133, dos filos auxiliares paralelos al eje de rotación, con objeto de alisar la superficie interior del hueco y servir de guía para asegurar la exactitud de la operación, impidiendo las desviaciones del eje de la herramienta. Algunas brocas (fig.^a 134) están terminadas por filos perpendiculares al eje y llevan en dirección de este una punta piramidal que les da el nombre de *brocas de punta de diamante*. Su principal aplicación es abrir agujeros que no calen el espesor de la pieza y tengan el fondo plano; pero tienen el inconveniente de absorber mucha fuerza motora.

652. El elemento principal de las herramientas destinadas á taladrar los metales, es la parte activa de que se ha hecho mérito; pero hay que considerar además el *vástago* y la *espiga*. El primero, que es de forma cilíndrica ó prismática, debe ser de una longitud algo mayor que el espesor de las piezas sometidas al trabajo y de menor sección que el orificio. La espiga ó extremidad opuesta á la punta, sirve para unir la broca al aparato ó máquina destinada á transmitirle los movimientos necesarios para el trabajo, y suele afectar la forma de cuadradillo piramidal ó bien la troncocónica con un pequeño chaflán para sujetarla al portaherramienta.

Es indispensable, cualquiera que sea la forma de las brocas, que el eje de la espiga coincida con el del vástago y que dicha línea pase por el vértice de la punta.

653. Berbiqui.—Este antiguo y sencillo aparato *abc* representado en la fig.^a 135, consiste en una barra de hierro dos veces encorvada en ángulo recto, que lleva en su centro un manguito *b* giratorio para po-

nerlo en movimiento, sin que produzca frotamiento sobre la mano del obrero; termina por la parte inferior en un taladro piramidal *a* para ajustar la espiga de la broca, y por la superior en una pequeña cavidad *c* para recibir el extremo de un tornillo, que la comprime y hace avanzar á medida que profundiza el agujero.

654. El empleo del berbiquí exige un contraapoyo en su parte superior y una presión constante para que la broca penetre paulatinamente en la pieza que se trabaja. A estos fines responde el pescante *M* sólidamente unido al muro del taller, cuyo brazo horizontal termina en una tuerca *m* que da paso al husillo de apoyo y alimentación *D*. La ejecución del trabajo se reduce á imprimir el movimiento de rotación á la broca, empuñando el mango *b*, al propio tiempo que se hace girar el husillo *D* para que la herramienta avance.

La precisión del trabajo depende de la coincidencia de los ejes de la broca y del husillo, de cuya circunstancia deberá asegurarse el obrero antes de empezar la operación. La magnitud variable del brazo horizontal del pescante y el giro de éste alrededor de las grapas que lo sujetan al muro, permiten llevar el husillo *D* á donde sea necesario para la colocación del berbiquí.

655. El uso del berbiquí fuera de los talleres, exige que se le asocie un grapón ó prensa *P* (fig.ª 436) terminado, por uno de sus extremos en una tuerca para recibir el husillo de presión *D* y por el otro en un asiento *R* para apoyar la pieza sometida al trabajo.

656. Taladro de carrete.—Los agujeros de pequeñas dimensiones se practican en algunos oficios con un taladro de carrete, que también se denomina *de pecho*, cuya parte principal es el carrete *A* (figura 437) con una hembra de cuadrado *c* en una de sus bases para acoplar la espiga de la broca, y con un pezón *b* en el otro extremo.

Para taladrar con tal aparato, se coloca horizontalmente, apoyando la punta de la herramienta en la pieza que ha de agujerarse y el pezón en el pequeño dado ó cojinete de una placa metálica, sujeta con dos correas al pecho del obrero: preparado de esta manera, el obrero comunica á la broca el movimiento de rotación alternativo, imprimiendo el de vaivén á un arco flexible que lleva sujetas á sus extremos las dos puntas de una cuerda arrollada una vez sobre el carrete, y ejerciendo al propio tiempo

presión con el pecho para acentuar la penetración de la herramienta; la que tiene sus filos en doble bisel, como corresponde al trabajo en ambos sentidos.

657. Carraca.—Otro aparato portátil de mucha aplicación para taladrar, es la *carraca*: consta de un cuerpo de hierro A B (fig.ª 138) roscado interiormente para recibir al husillo D, con un alojamiento en el extremo opuesto, donde se acopla la broca, y guarnecido exteriormente de dientes que forman una rueda de fiador C. Un mango H sujeto por tornillos á las colas de dos collares *m*, *n*, que abarcan al cuerpo principal de la carraca, lleva una lengüeta ó muelle de acero L, que descansa por su extremo en los dientes de la rueda; de manera, que el mango puede girar libremente alrededor del cuerpo A B en un sentido, y arrastra en su movimiento al expresado cuerpo, cuando se le hace girar en sentido contrario; porque en el primer caso la lengüeta resbala sobre los flancos curvos de los dientes de la rueda de fiador, y en el segundo le comunica el movimiento apalancando en el flanco recto de un diente.

658. Una armadura ó grapón, que proporciona un contraapoyo para la punta *d*, es el complemento del aparato descrito; siendo semejante á la explicada en el berbiquí, la manera de disponerlo para el trabajo. El movimiento de vaivén, que el obrero comunica al mango, se traduce en rotación intermitente en un solo sentido para la broca, que se hace avanzar simultáneamente cuanto sea necesario, sacando el husillo D de su tuerca por medio de la palanqueta *p*, para aumentar la distancia entre las puntas del aparato.

La circunstancia de poder aumentar la potencia de la carraca alargando el mango, sin que la excesiva longitud de éste sea obstáculo para el trabajo, permite emplearla en mayor número de casos que los taladros anteriores.

659. Máquinas de taladrar.—Lo explicado hasta aquí, basta para comprender la manera de practicar taladros de diámetros moderados; pero estos procedimientos son necesariamente lentos, puesto que la fuerza dedicada á vencer la resistencia del metal está limitada á la que directamente puede aplicar el obrero, y son ineficaces para las aplicaciones en grande escala que se llevan á cabo con las máquinas de taladrar, tanto por la importancia de la obra que pueden ejecutar, cuanto por la mayor

rapidez y exactitud que se necesita. Sin embargo, el uso de la carraca y aun del berbiquí, es indispensable para los trabajos que han de efectuarse fuera de los talleres.

Cualquiera que sea el tipo de la máquina, debe tener un árbol portabroca, que generalmente es vertical, susceptible de adquirir independientemente los movimientos de rotación y traslación; y una mesa ó plataforma, que sirva de asiento y sujeción á las piezas sometidas á la acción de la herramienta. Las máquinas más perfeccionadas tienen movimientos de preparación que permiten variar la posición de la broca, ó bien la de la mesa, para colocarlas en las posiciones relativas más convenientes al trabajo.

660. Máquina de taladrar de pequeñas dimensiones.

—Con este nombre distinguiremos los taladros mecánicos de sencilla construcción, que por ser de reducidas dimensiones pueden moverse manualmente. La fig.^a 439 representa una máquina de esta clase: el movimiento principal comunicado al eje BC con la manivela *b*, se trasmite por el intermedio de un engranaje cónico al árbol portabroca A; y para que la herramienta *a*, montada en el extremo inferior de éste, pueda ascender ó descender al mismo tiempo, el piñón manguito D tiene un diente en su interior que se aloja en la canal labrada en el árbol A. Del extremo superior del portabroca, arranca un husillo E que atraviesa una tuerca abierta en el volante manivela H, tuerca que se halla retenida entre dos brazos del montante Z de la máquina y gira libremente alrededor de su eje. Este movimiento determina el de traslación del husillo, cuya tendencia á girar está contrarrestada por una clavija α fija al montante, que penetra en una ranura longitudinal del husillo. Un embrague M, (representado en corte en mayor escala), liga el husillo y el árbol sin que la rotación de éste dificulte el movimiento rectilíneo del primero.

661. Para efectuar la operación, se sujeta á la mesa N la pieza que se pretende taladrar, y se pone en movimiento la máquina aplicando el esfuerzo sobre la manivela *b*, haciendo además girar gradualmente á la tuerca H, para proporcionar la alimentación que necesita la broca.

La máquina que se acaba de describir puede moverse mecánicamente, substituyendó la manivela *b* por el cono de poleas C y aplicando sobre éste una correa de trasmisión.

662. Máquinas grandes de taladrar.—Las máquinas de que nos vamos á ocupar, son siempre más perfectas y de mayores dimensiones que las de taladrar á mano; se destinan al trabajo de piezas más voluminosas y necesitan la intervención de un motor más potente que el muscular.

Una máquina, que pueda tomarse como ejemplo de tal clase, es la que diseña la fig.^a 440. Mecanismos análogos á los que hemos tenido ocasión de conocer en la máquina anterior, proporcionan en la que nos ocupa, los movimientos de rotación y traslación de su herramienta; pero por estar destinada á trabajos más variados y de mayor entidad, presenta algunos perfeccionamientos que vamos á mencionar. Para la comodidad del obrero, cuando se exija su concurso en la alimentación de la broca, la tuerca que mueve el husillo E está dentada exteriormente y engrana en una rueda de menor diámetro, montada en el extremo superior del eje F que termina por la parte inferior en una manivela G.

663. La alimentación automática se consigue por la conexión de los conos de poleas K y H, montado el primero en el eje B D receptor del movimiento, y el segundo en el eje del husillo sin fin P, que engrana con el piñón R acoplado en la varilla F. Como la alimentación automática tiene lugar únicamente cuando la broca descende, el piñón R debe estar unido á una rueda de fiador que le obligue á formar cuerpo con el eje cuando gira en un sentido, sin impedirle que pueda girar libremente en el otro; de cuyo mecanismo se habrá de prescindir, siempre que se dé manualmente la alimentación, levantando la uña de la rueda de fiador.

La mayor parte de las máquinas de este género están dotadas de los mecanismos para la alimentación automática á diferentes velocidades; sin embargo, la práctica no sanciona siempre las ventajas que se han señalado en este procedimiento para otras operadoras; ya por las condiciones especiales de la herramienta y la manera de trabajar, ya también por la regularidad que puede obtenerse manualmente.

664. Las diferentes clases de metal que se someten al trabajo en las máquinas de taladrar y otras circunstancias, exigen ciertos órganos mecánicos, que permitan variar entre grandes límites la velocidad de rotación de la broca. Los conos de poleas responden á dicha necesidad, pero su influencia no basta en la mayor parte de los casos.

El cono C, que recibe la correa motora, no transmite directamente el movimiento al eje BD, sino que lo hace por el intermedio de los engranajes nN y lL . Con este objeto, el piñón n forma cuerpo con el cono de poleas y la rueda L está montada y fija al eje BD; consiguiéndose que el movimiento de rotación de este último sea tanto más lento, cuanto menor sea el producto de las relaciones de los radios de los piñones á las ruedas. Cuando convenga prescindir de estos órganos, que favorecen la potencia de la máquina, se interrumpe la trasmisión por el eje lN , corriéndolo lateralmente para desengranar el piñón l , y se liga el cono de poleas C á la rueda L, por medio de una chabeta.

La combinación de las poleas del cono receptor, con el mecanismo descrito, da lugar á otras tantas velocidades, de las que se puede disponer según los casos; y si los radios de las ruedas se han calculado con inteligencia, podrá obtenerse una escala gradual de velocidades.

665. Un grueso husillo T fijo al montante de la máquina, sostiene la mesa M destinada á mantener las piezas que han de ser taladradas; dicha mesa puede variar de altura haciendo funcionar una tuerca, que abarca el husillo y gira dentro de una caja abierta en su espesor; cuyo mecanismo permite también comunicarle movimientos angulares alrededor del eje vertical del husillo de sujeción.

Cuando las piezas que deben taladrarse son muy voluminosas, se prescinde de la mesa descripta, retirándola á un costado, y se sujetan aquellas por medio de bridas y tirantes á las ranuras de las basa X. Algunas máquinas, dedicadas á taladrar piezas de gran altura, se montan en el borde de una fosa destinada á recibir las expresadas piezas.

666. Máquinas de taladrar, sin montante propio.— Con el nombre de *máquinas murales* y de *columna* se distinguen los taladros que carecen de montante propio, y se encuentran adosados á los muros y columnas de algunos talleres: las primeras se fijan á la mampostería por largos pernos que atraviesan todo el espesor del muro, y las segundas se sujetan á los apoyos aislados del techo por medio de collares y manguitos.

667. Diferentes medios de producir la alimentación.— La alimentación de la herramienta en las máquinas descriptas, tiene lugar por medio de un husillo colocado en dirección del árbol portabroca;

pero no en todos los taladros mecánicos que se construyen, se adopta este sistema, que es sustituido muchas veces por otros más ó menos apropiados, según los casos. Sin entrar en la descripción de los muchos medios ideados por diferentes constructores para proporcionar la alimentación, citaremos únicamente el muy conocido de cremallera, y el de husillo hueco.

668. Una cremallera colocada en dirección del portabroca y ligada á él por medio de un embrague que le permite el giro, determina la traslación de la herramienta cuando se hace girar al piñón correspondiente. Este mecanismo absorbe menos fuerza que el del husillo, á causa de su menor rozamiento, pero tiene el inconveniente de hacer intermitente la trasmisión; defecto que no es de tanta importancia como el señalado para las máquinas de cepillar, y se atenúa como allí se dijo (620) empleando la cremallera de dientes oblicuos.

669. La altura de las máquinas resulta muchas veces excesiva, por estar la cremallera ó el husillo de alimentación ligados por su extremo al árbol portabroca: con objeto de reducirla, se ha ideado variar la disposición relativa de estos órganos, valiéndose de un husillo hueco que abarca el portaherramienta, como se representa en la fig.^a 441. La clavija *a* fija al montante *Z Z*, penetra en una canal longitudinal abierta en el husillo *H*, para impedirle girar, y el movimiento de traslación que este adquiere por la rotación de la tuerca *M*, lo comunica al portabroca *A A* empujando uno de los resaltes *b* ó *d*.

670. Máquina radial de taladrar.—Para facilitar el trabajo de las piezas voluminosas ó pesadas, suelen adoptarse disposiciones especiales en muchos taladros mecánicos, dotándolos de movimientos de preparación. En las máquinas descritas hasta aquí, el eje matemático del árbol portabroca no varía de posición; de manera que para hacerlo coincidir con el del taladro que se desea practicar, es necesario manipular con las piezas; circunstancia que, no siendo de importancia para las de pequeñas dimensiones, constituye un inconveniente para las grandes. En el trabajo de estas últimas es preferible que con la broca se busque la coincidencia de ambos ejes; máxime si es preciso abrir varios agujeros paralelos en una misma pieza, porque se podrá practicar la operación sin variar la posición de ella.

A dicho fin responden las máquinas llamadas *radiales*, cuyo tipo se representa en la fig.^a 142. El árbol H recibe la acción del motor, y el movimiento se trasmite al taladro propiamente dicho, por una pareja de conos de poleas y por los engranajes cónicos *a*, *b* y *c*; cuyos órganos están montados en la placa M N. El engranaje *d* y los conos de poleas C y D transmiten el movimiento para la alimentación automática.

La placa M N está dispuesta para moverse á corredera á lo largo de las guías horizontales del brazo R S, cuando se hace funcionar el husillo E; cuyo movimiento no se opone á la trasmisión del principal, porque el eje A resbala en el interior de la rueda cónica *b*, sin perder su conexión para el giro, por estar acanalado en toda la longitud.

El brazo R S forma cuerpo con la campana P, facultada para girar alrededor de la columna hueca X, que le sirve al propio tiempo de sostén. Merced á tal disposición, el expresado brazo puede dar una revolución completa alrededor del montante; cuyo movimiento tampoco se opone á la trasmisión de los correspondientes al trabajo de la broca, por coincidir los ejes matemáticos del árbol B y de la campana.

Los movimientos mencionados dan á esta máquina la valiosa cualidad de llevar el eje de la herramienta al punto que conviene para realizar la operación, ya se coloque la pieza sobre la mesa Z ó bien en el suelo del taller, á una distancia de eje de la campana, menor que la longitud del brazo.

671. Taladro múltiple.—En los talleres de calderería es frecuente encontrar máquinas de taladrar con muchas brocas paralelas (y las hay que tienen hasta cuarenta herramientas), dispuestas para abrir simultáneamente los numerosos agujeros que en los trabajos de chapa son necesarios para hacer las uniones ó costuras.

El mecanismo de dichas operadoras consta de un árbol horizontal, que recibe la acción del motor y la trasmite á los portabrocas por el intermedio de engranajes cónicos ó por ruedas helicoidales y husillos sin fin. No se ha creído prudente dotar á las herramientas del movimiento de alimentación, por la mayor complicación que resultaría en la máquina, y se prefiere que la ancha mesa donde se coloca la chapa que se taladra, pueda elevarse con lentitud; lo cual se consigue fácilmente en los casos ordinarios por medio de un husillo vertical y con el auxilio de una

prensa hidráulica cuando la operadora tenga numerosas y grandes brocas.

672. Taladro mecánico con varias brocas.—Con objeto de facilitar la rapidez del trabajo, cuando haya necesidad de abrir muchos taladros de diferentes diámetros, se ha ideado la ingeniosa máquina representada en la fig.^a 443, de la que se hace mucho uso en los talleres de armería y cerrajería.

La broca *a*, dispuesta para efectuar el trabajo, gira en virtud del engranaje á fricción de las ruedas *A* y *R*; montada la primera en el eje de la herramienta y la segunda en el extremo de un eje vertical puesto en comunicación con el árbol receptor del motor por el intermedio de un engranaje cónico. El manguito *D*, del cual parten cuatro ó seis brazos, que como el *E* y el *F* sustentan sus correspondientes portabrocas, abarca la columna ó montante *XX*, y como el eje de éste y el de aquél no coinciden resultando por lo tanto excéntricos el manguito y la rueda *R* el movimiento de rotación se trasmite únicamente á una herramienta. Debajo de ésta, aparece la mesa *M* destinada á mantener las piezas que se taladran, con la facultad de elevarse para proporcionar la alimentación, cuando aplicando el esfuerzo á las aspas *m* se hace funcionar la tuerca y el husillo correspondiente.

Si después de efectuado el trabajo con la broca *a*, se necesita abrir otros taladros de mayor ó menor diámetro; se desvía el brazo *E* haciendo girar el manguito hasta que se presente encima de la mesa la herramienta conveniente, en cuyo momento se fija con una clavija la posición del manguito, y la rueda *R* dejará de poner en movimiento á la broca *a*, para comunicarlo á la colocada en su lugar. De esta manera se hace con gran rapidez el relevo de herramientas, y quedan sin acción, por la excentricidad del sistema, las que no han de ser empleadas en el momento.

AVELLANAR.

673. Objeto de la operación y modo de efectuarla.—

Un gran número de los taladros que se abren en las piezas se destinan á recibir pernos ó ejes, cuyas cabezas, de forma troncocónica ó cilíndrica, deben quedar embebidas en el metal: la operación que nos ocupa tiene por objeto completar dichos taladros, abriendo en su embocadura un

huevo ó *avellanado* de igual forma y de las mismas dimensiones que la cabeza del perno que ha de alojar.

674. El avellanado se efectúa por los mismos procedimientos que la operación de taladrar, abriendo los huecos troncocónicos, con brocas ordinarias cuyos filos tienen la extensión é inclinación que corresponde al tamaño y figura de la cabeza de los pernos, y empleando brocas como la representada en la fig.^a 134, si el avellanado ha de ser cilíndrico.

En uno y otro caso es necesario que el eje del avellanado coincida con el del taladro, y que su profundidad se subordine á la altura de la cabeza del perno, para que una vez colocado en su lugar, quede enrasando con la superficie de la pieza.

675. Para garantir mejor la coincidencia del eje del taladro con el del avellanado, pueden emplearse *brocas de guía*, como la diseñada en la fig.^a 144, en la que el macho ó guía A es de igual diámetro que el taladro, y la cuchilla B que lo atraviesa tiene la forma y saliente que corresponde al avellanado.

En muchas ocasiones, suele ejecutarse también la operación con fresas cónicas ó planas, que reciben el nombre de *avellanadores*.

ARTÍCULO 5.º

TORNEAR, BARRENAR Y ROSCAR.

TORNEAR.

676. Herramientas.—La operación de torneear tiene por objeto labrar superficies de revolución, valiéndose de los aparatos denominados *torneos*, que comunican á la pieza un movimiento de rotación continuo y uniforme alrededor del eje matemático de la superficie que se intenta formar.

La línea que ha de servir de eje de rotación, se marca en la pieza metálica por dos puntos hechos á golpe de punzón, y para que resulte completo

el cuerpo de revolución que se quiere tornear y nunca falte metal, es necesario que la pieza tenga suficientes espesores, á contar de la expresada línea.

677. Las herramientas cortantes empleadas en el torneado tienen filos de igual ó parecida forma que las destinadas al cepillado de metales, y de igual manera que en este trabajo, se usan en un principio las herramientas de punta para desbastar, y las de filo extenso y ligeramente convexo en las últimas pasadas, para borrar los surcos abiertos con las primeras y alisar y perfeccionar la superficie. Si el perfil tiene ángulos entrantes é inflexiones delicadas, será necesario que la extremidad de la herramienta esté suficientemente alargada y aun vuelta á un costado, para llevar su acción á donde convenga.

En los tornos provistos de un carrillo para mantener y guiar la herramienta, ésta se reduce á una pequeña barra cuadrada de acero, con la extremidad afilada, y en otros tornos más elementales, se emplean herramientas sueltas manejadas directamente por el obrero, á cuyo fin están enmangadas y se pueden asir con ambas manos durante el trabajo.

678. Trabajo.—En principio, la operación de tornear se efectúa separando el metal que oculta la superficie del cuerpo de revolución que se quiere obtener; operación que se consigue en virtud del movimiento de rotación de la pieza montada en el torno y mediante la acción de la herramienta, cuyo filo se aproxima más ó menos y se corre de un lado á otro para arrancar paulatinamente, en forma de viruta, el metal excedente, hasta descubrir la superficie que se busca.

679. Los mencionados movimientos laterales y de aproximación, que constituyen la alimentación del trabajo, se verifican ordinariamente en un plano horizontal, y para que aquél se ejecute en buenas condiciones, es preciso que dicho plano esté próximo al mn (fig.^a 445) que pasa por el eje de rotación de la pieza P , y que el filo a de la herramienta se aplique por el costado n , si el sentido de la rotación es el que indica la figura. Si la herramienta se colocase más lejos del plano horizontal citado, resultarían ángulos de trabajo impropios para cortar el metal, por diferir bastante del recto, y si se aplicase el filo por el otro costado de la pieza, habría necesidad de darle la vuelta, pues de lo contrario, el movimiento de rotación no contribuiría al trabajo.

680. Tornos.—El torno es la máquina operadora que puede considerarse más útil en los talleres de construcción: conocida desde muy antiguo, ha sufrido grandes modificaciones para responder á las crecientes exigencias de la industria. Al principio del siglo, época en la cual los talleres de construcción comenzaron á tomar el colosal desarrollo que hoy día han adquirido; los tornos eran máquinas sencillas, que no se empleaban más que para torneear piezas de dimensiones poco considerables; el trabajo se hacia generalmente á mano, y no presentaban por consiguiente las condiciones de perfección y economía que en la actualidad se requieren.

En el día, los tornos sirven para torneear piezas de las mayores dimensiones; pueden realizar el trabajo de una manera automática sin necesidad de poner en juego la fuerza del obrero, y en muchos casos, ni aun es indispensable su presencia durante la operación. Además, el trabajo de dichas máquinas no se ha limitado al torneado, sino que se ha hecho extensivo á otra multitud de operaciones de diversa índole, que tendremos ocasión de mencionar.

681. Existe gran variedad de tornos por su trazado y tamaño, cuya clasificación es difícil por la abundancia de tipos que diariamente presentan los constructores. Sin embargo, prescindiendo de los tornos dedicados á trabajos especiales, se pueden clasificar de diferentes modos, ya sea desde el punto de vista del motor que los pone en acción, ya tomando en cuenta la manera de producir y guiar el movimiento de la herramienta, ya en fin considerando los medios de que se dispone, para montar y sujetar las piezas que han de tornearse.

En el primer caso, se dividen en *tornos de pedal ó de mano* y en *tornos mecánicos*, según se aplique á la máquina la fuerza muscular ó un motor industrial. Bajo el segundo aspecto, los tornos pueden ser: *de herramienta independiente*, *de carrillo movido á mano* y *de carrillo automático*. Por último, según estén dispuestos para torneear piezas de pequeña longitud y ancha base, ó piezas largas, así los tornos se distinguen con los nombres de *tornos al aire ó de puntas*.

La segunda de las clasificaciones mencionadas es la más importante, y combinándola con la primera da lugar á tres tipos de tornos diferentes, que van á ser objeto de nuestro estudio.

682. Tornos de pedal y herramienta independiente.—

Los tornos de pedal forman el grupo menos importante de las operadoras que estamos considerando; grupo caracterizado por el medio de ponerlas en movimiento, que suele ser aplicando sobre un pedal el esfuerzo del obrero; aunque á veces se sustituye el pedal por el manubrio de un volante de gran diámetro. Tales máquinas son siempre de reducidas dimensiones y se destinan para trabajar piezas pequeñas de sencillas formas, porque la fuerza desarrollada por un hombre no es muy grande, y además no están provistas de carrillos y guías para sustentar y conducir la herramienta.

La fig. ^a 146 representa un torno de pedal; el *cabezal*, la *punta móvil* y el *apoyo*, descansan sobre dos guías horizontales planas que presenta en su parte superior el banco de fundición de hierro X X, y debajo de éste, aparece el pedal M en comunicación con el eje de un volante D, que tiene varias gargantas para transmitir el movimiento con diversas velocidades.

El eje *a c* del cabezal, que termina en una punta acerada *a* denominada *fija*, está montado sobre los cojinetes *z, z*, y además del cono de poleas para recibir el movimiento de rotación del volante, lleva un plato A guarnecido de ranuras, ó bien está dotado de tornillos de presión ó de otros medios destinados á fijar las piezas que se tornean.

Constituye el aparato de punta móvil un pequeño árbol roscado y acanalado, cuya extremidad acerada *b*, ó *punta móvil* pròpiamente dicha, avanza ó retrocede dentro de un estuche cilindrico cuando gira el husillo adosado á B; el cual forma parte de una peana destinada á correrse á lo largo de las guías del banco y fijarse con el perno *t* en cualquier punto. Las alturas de las puntas sobre las guías del banco son iguales, y el eje de la punta móvil coincide en todas sus posiciones con el eje del cabezal.

El apoyo *m* arranca de una placa que puede moverse sobre el banco y fijarse donde convenga para la comodidad del obrero en el trabajo.

683. La pieza preparada para el torneó se monta sobre el torno, aplicando uno de sus extremos á la punta fija y corriendo la móvil hasta que toque al opuesto, de manera que ambas puntas penetren en los puntos marcados de antemano; en esta posición se sujeta al plato con pernos,

tornillos de presión, perrillos ú otros medios, para que la pieza adquiriera el movimiento de rotación alrededor de la línea que une las puntas, cuando se haga funcionar la máquina.

Las herramientas enmangadas, que se usan para los tornos de pedal, toman ordinariamente la forma de corchete como la representada en la fig. ° 447, que tiene en su lomo unos dientes para aumentar la adherencia con la pieza que le sirve de apoyo durante el trabajo.

684. Para proceder á la operación de torneare, el obrero empuña la herramienta con ambas manos y la coloca de manera que descanse por el lomo en el apoyo destinado á este fin, presentando el filo cerca de la superficie de la pieza y poco más alto que el plano horizontal del eje de rotación: hecho esto, se pone el torno en movimiento y se aproxima poco á poco la herramienta, hasta que alcance al metal para arrancar fragmentos ó virutas. Así se continúa en toda la extensión de la pieza, profundizando más ó menos según lo exija el perfil, hasta que se logre obtener en primer desbaste el cuerpo de revolución; este trabajo se perfecciona después con otras herramientas de formas adecuadas, que borran en segunda ó tercera pasada los surcos del desbaste, reduciendo la pieza á las dimensiones precisas.

Durante este último periodo del trabajo, se aplica con frecuencia sobre la pieza una plantilla de chapa de hierro que lleva recortado su perfil para determinar los puntos en que debe arrancarse metal, y se miden con compases curvos ó plantillas de diámetros las secciones que convenga.

Como sucede en todos los trabajos de este género, el frotamiento de la herramienta contra el metal ocasiona casi siempre un calor bastante fuerte que destempla el acero; por cuya causa es preciso mojar frecuentemente el corchete introduciéndolo en agua, ó refrescar con una esponja el metal que se trabaja.

685. Las piezas de pequeña longitud y ancha base se montan en el torno sujetándolas solamente al plato del cabezal; y para asegurarse que el eje del cuerpo de revolución coincide con el de rotación, es necesario observar si el punto marcado en el extremo libre queda inmóvil durante el movimiento, en cuyo caso, se dice que la pieza está montada *al aire*. Los tornos que trabajan de este modo, prescindiendo de la punta móvil, se denominan *tornos al aire* para distinguirlos de los otros que se conocen con el nombre de *tornos de puntas*.

686. Torno mecánico con carrillo movido á mano.—

Los tornos que acabamos de mencionar no bastan para el trabajo de las piezas que hoy se tornean en los talleres de construcción, habiendo llegado á ser de absoluta necesidad el uso de tornos más perfeccionados, que se mueven poniéndolos en conexión con una máquina de vapor ú otro motor cualquiera.

La fig.^a 148 representa un torno de tal clase: el cabezal y la punta móvil no difieren esencialmente de los que hemos descrito en el torno anterior; pero la herramienta, lejos de ser independiente, va siempre montada en un carrillo más ó menos complicado, que la lleva al punto conveniente y soporta la reacción originada por la resistencia del metal de la pieza.

Para que los tornos respondan á las múltiples exigencias que se presentan en los talleres dedicados á trabajos generales, ya sea por la diversidad de dimensiones de las piezas que se tornean, ya por la naturaleza del metal, ya en fin por la índole del trabajo, es conveniente disponer del mayor número de velocidades aplicables á cada máquina, y á este fin responden el cabezal de doble engranaje y cono de poleas, cuya disposición es idéntica á la descrita en la máquina de taladrar (664), representada en la fig.^a 140, y que, como allí se ha visto, favorecen notablemente la potencia de la máquina á expensas de la velocidad.

687. El carrillo portaherramientas que forma parte del torno, es el conocido con el nombre de carrillo de doble corredera, porque está formado de dos estuches sobrepuestos que se mueven en direcciones perpendiculares. El estuche superior lleva una pequeña plataforma M, provista de tornillos de presión para sujetar sólidamente la herramienta en la posición que convenga, y la peana N va montada sobre la placa P, que puede resbalar por las guías del banco y está guarnecida de algunas ranuras en T, para fijar y variar la posición del perno *n* que sujeta el carrillo.

688. Después de montada la pieza que se desea tornearse, de la misma manera que se ha hecho en el torno de pedal, se arma el carrillo con la herramienta que corresponde al trabajo, y se fija sobre la placa P, de tal modo, que el estuche inferior quede á una distancia conveniente del eje de rotación, y sus guías en dirección paralela á dicha línea, si han de labrar-se superficies cilíndricas.

El trabajo se verifica desde un extremo á otro de la pieza, y las pasadas se llevan á cabo corriendo la herramienta sobre las guías del estuche inferior, mediante un continuo y regular esfuerzo del obrero aplicado á la manivela *m*: en cada una de aquéllas se aproxima la herramienta cuanto sea necesario, utilizando el movimiento del estuche superior.

689. Las superficies cónicas se obtienen de igual manera, sin otra diferencia que la de colocar las guías del estuche más bajo con la inclinación de las generatrices del cono. Los planos se labran preparando el carrillo como en el primer caso, haciendo uso para el trabajo del movimiento perpendicular al eje de rotación, y del paralelo para la alimentación correspondiente á cada pasada.

690. Los rasgos ó surcos que la herramienta produce en la pieza, deben estar en contacto unos con otros, para que no quede parte alguna que no haya sido trabajada; cuyo resultado se consigue disminuyendo cuanto sea preciso la velocidad de traslación de la herramienta, en armonía con la extensión de su filo y con la velocidad de rotación y diámetro de la pieza sometida al trabajo.

Cuando hayan desaparecido en las primeras pasadas las irregularidades de la superficie, y el movimiento de traslación de la herramienta, ó sea el de trabajo, se comunique uniformemente, el filo de ésta describirá un rasgo helicoidal en los cuerpos cilindricos y un surco de forma espiral en las superficies planas y cónicas.

691. Las piezas cuyas superficies son de revolución con varios cuerpos cilindricos, cónicos y planos, se tornean por partes como acabamos de decir; y si contienen alguna zona ó molduras de generatriz curva, es necesario combinar con inteligencia los movimientos de los dos estuches para trasladar, aproximar ó retirar el filo de la herramienta cuanto exija el modelo ó plantilla que rige el trabajo.

En este último caso, se puede concluir la superficie de revolución, auxiliándose de *herramientas plantillas ó terrajas*, que presentan un filo de bastante extensión labrado en una placa de acero, con las inflexiones correspondientes al perfil generador, y se montan en el carrillo para aplicarlas á las piezas, aproximándolas cuanto haga falta. Las terrajas se usan principalmente para torneare los metales, que, siendo poco duros, oponen escasa resistencia al trabajo y no ocasionan gran deterioro

en estas herramientas, que en general son de difícil construcción y mantenimiento.

692. Las piezas de magnitud mayor que la longitud de las guías inferiores del carrillo, no pueden tornearse en toda su extensión sin variar la posición de la placa P: es preciso proceder por trozos, cambiando sucesivamente la situación del carrillo, que se coloca en cada caso frente á la zona que se desea torrear.

El procedimiento mencionado para labrar piezas largas, no debe considerarse más que como un recurso de estos tornos para algunos casos, porque además de ser poco práctico, no se presta á la exactitud que casi siempre se exige en el torneado. De aquí que la aplicación de los tornos con carrillo movido á mano, se limite al trabajo de las piezas de corta extensión; y como con poco coste pueden completarse con los mecanismos necesarios para hacer automáticos los movimientos del carrillo, es reducido el número de los que se construyen sin la expresada adición.

693. Tornos con carrillo movido automáticamente.—

Esta denominación designa los tornos de mayor aplicación en los talleres mecánicos, que se distinguen también con los nombres de *tornos compuestos, paralelos* y *de roscar*, y aunque varían en detalles de trazado y en algunos mecanismos de transmisión, no difieren esencialmente del que damos á conocer en la fig.^a 149, cuya simple inspección pone en evidencia, que el cabezal, la punta móvil y el carrillo son análogos á los que ya se han descrito.

El órgano principal de los mecanismos de transmisión para el movimiento automático de la herramienta, es el husillo de tracción HH, montado sobre dos cojinetes S, S, fijos al banco. El husillo recibe movimiento de rotación del eje del cabezal, por el intermedio de un doble ó triple engranaje; rotación que produce la traslación del carrillo, cuya peana lleva labrada en su parte inferior una tuerca T que abarca á aquél, y se ajusta con exactitud á las guías del banco. El engranaje múltiple de transmisión responde á la necesidad de disminuir la velocidad de traslación del carrillo, cuya circunstancia favorece el trabajo de los metales; y para que la relación de las velocidades pueda variarse en cada caso con arreglo á las condiciones de la operación, todos los tornos de este género tienen en reserva una serie de *ruedas de recambio*, que pueden acoplarse

sobre los mismos ejes para formar distintos juegos de transmisión.

694. El torneado de las superficies cilíndricas, que son las que se labran en el torno descrito sin necesidad de aumentarle ningún otro órgano, se ejecuta con gran facilidad y precisión; basta llevar el carrillo delante de la pieza y frente al extremo puesto en contacto con la punta móvil, de manera que el filo de la herramienta quede en disposición de arrancar la materia, y ligar al motor el cono de poleas del cabezal. Desde este momento se inicia la tracción de la herramienta, que se mueve paralelamente al eje de rotación, al propio tiempo que la pieza gira alrededor de la misma línea; y se desarrolla el trabajo de la primera pasada sin la intervención directa del obrero.

Cuando la herramienta haya recorrido la longitud del cilindro que se tornea, se interrumpe la comunicación con el motor para que cese el movimiento del torno; se retira la herramienta del metal; se desembraga la tuerca del husillo de tracción, para hacer independiente el carrillo; y se obliga á resbalar sobre las guías del banco, hasta que ocupe la posición primitiva. En tal estado se procede á la segunda pasada, volviendo á embragar la tuerca y aproximando la herramienta cuanto sea necesario.

Los tornos modernos llevan una cremallera debajo de una de las guías del banco, que engrana con un piñón P montado en la peana del carrillo; cuyo engranaje facilita notablemente la traslación manual, aplicando el esfuerzo á la manivela M.

695. La transición de la primera á la segunda pasada y de ésta á las siguientes, puede verificarse también sin necesidad de interrumpir la conexión del carrillo con el husillo, porque basta hacer girar á éste en sentido contrario, para que la herramienta vuelva á la posición inicial. Como la herramienta no trabaja durante este período, es conveniente que sea corto, para economizar tiempo y motor; es decir, que análogamente á lo expresado para las máquinas de cepillar, la velocidad de traslación del carrillo ha de ser mayor que en el período de trabajo.

Este resultado se consigue con facilidad, mediante la disposición representada en la fig.^a 450: paralelamente al árbol FF de transmisión general del taller, se encuentra un eje intermedio HH, y las correas sin fin M ó N establecen la conexión entre ambos. Las poleas A y B fijas al

eje HH y las locas C y D colocadas al lado de ellas, reciben las dos correas nombradas, de modo que cuando la M comunica el movimiento, la N descansa sobre la polea loca D, verificándose lo contrario cuando se hace funcionar el pasacorreas RR, en el sentido indicado por la flecha. Sobre el mismo eje va montado el cono E, conjugado con el del cabezal del torno, que puede recibir con diferente velocidad, movimiento de rotación en uno y otro sentido, puesto que los diámetros de las poleas A y B son diferentes y se encuentra cruzada la correa N.

La mayor anchura que se da á las poleas locas, responde á la necesidad de evitar la transición brusca en el cambio de movimiento, porque existe así un momento en que ambas correas descansan sobre aquellas dos.

696. Velocidades.—El torno es la máquina operadora en la que tiene más importancia el estudio de las velocidades, porque no solamente débese atender á la naturaleza del metal que se trabaja y al período de la operación, sinó también al diámetro variable de las piezas que han de tornearse. En efecto, en el movimiento de rotación, la velocidad lineal es dependiente del radio, variando en la misma relación que él, y dicha velocidad es la que debe considerarse para el trabajo: es necesario pues, en igualdad de circunstancias, comunicar al cabezal del torno, velocidades tanto más grandes cuanto menor sea el diámetro de la pieza. De aquí se desprende la necesidad de disponer de un amplio cono de poleas y del doble engranaje que se vé en casi todos los tornos, para transmitir el movimiento con la velocidad más conveniente en cada caso.

697. En cuanto al valor de las velocidades lineales en los puntos que ataca la herramienta, nada tenemos que añadir después de lo que se explicó en los números 644, 645 y 646, para el cepillado de las diferentes clases de metales; cuya doctrina es en un todo aplicable á la operación que nos ocupa y que podemos considerar como un caso particular de aquélla, respecto á la manera de actuar la herramienta.

Con arreglo á las velocidades indicadas en los párrafos citados y al radio de la pieza que se trata de torneear, se calcula la velocidad angular correspondiente, y conocida ésta, es fácil determinar el diámetro de la polea que debe emplearse para poner en movimiento la máquina.

698. La cantidad que la herramienta debe avanzar hacia el metal, no es en los tornos tan pequeña como en las máquinas de taladrar ni tan

grande como en las operadoras de movimiento alternativo, conceptuándose 0,5 mm. el avance más adecuado para todos los casos.

699. La velocidad de traslación del carrillo debe ser muy pequeña, como ya se ha dicho, para que las espiras del surco helicoidal labrado queden en contacto unas con otras; lo que se consigue con un husillo de tracción de corto paso y un sistema de ruedas de engranaje calculado con inteligencia, para que transmita al husillo el movimiento del cabezal convenientemente disminuido.

La fig.ª 151 representa el costado de un torno con los expresados engranajes, los que comunican una revolución al husillo por doce del cabezal, puesto que la relación de los radios de las ruedas a y A es $\frac{1}{4}$ y la de los b y B es $\frac{1}{3}$, de donde resulta que por cada vuelta que dé la pieza, se trasladará la herramienta $\frac{1}{12}$ del paso del husillo de tracción.

El cambio de velocidad en la herramienta, con respecto al movimiento principal, se hace reemplazando las dos ruedas intermedias y la del husillo por otras de radios diferentes; y para establecer la conexión de unas con otras, la placa M que sustenta al eje intermedio puede girar alrededor del eje del husillo, y lleva abiertas una ó dos ranuras, que permite fijar aquél á la distancia y en la posición que exija la magnitud de las ruedas.

700. Circunstancias de que depende la importancia de un torno.—La distancia entre las puntas, la altura de estas sobre el banco, la potencia y velocidad que pueden adquirir la herramienta y la pieza que se trabaja, el número de movimientos manuales y automáticos del carrillo, y la precisión y ajuste de todas las partes de la máquina, son las circunstancias de que depende la importancia de los tornos; y para determinarla, en cada caso particular, se debe tener presente con preferencia, las que directamente se relacionen con el objeto principal á que se destinan.

701. El límite de la longitud de las piezas que admite un torno, depende de la mayor distancia á que puede colocarse la punta móvil de la fija; y la altura de éstas sobre las guías del banco determina el radio máximo de aquéllas. Sin embargo, para que las piezas de gran diámetro y corta longitud, como poleas, ruedas, platos, etc., puedan labrarse en

los tornos dedicados á trabajos generales, los constructores modernos trazan el banco con un doble recodo (fig.ª 149) que rebaja la parte más próxima al cabezal y no se opone al giro de las piezas indicadas, cuando se han montado en el plato.

A esta misma idea, pero con mayor amplitud, responden los tornos denominados *de banco partido*, en los que, el cabezal está montado independientemente del banco y queda entre ambos un espacio, que á veces se puede aumentar si el banco está dispuesto para correrse en sentido de su longitud.

702. En cuanto á los carrillos de los tornos, los hay también con los órganos necesarios para comunicar automáticamente á la herramienta el movimiento en sentido perpendicular á las guías del banco, ya de una manera independiente, ya combinándolo con el que sigue la dirección del eje; y claro es, que estos mecanismos aumentan el valor de la máquina, porque en los tornos así dispuestos se pueden labrar mayor número de superficies sin la intervención directa del obrero.

703. Lunetas.—La sujeción en el cabezal y el apoyo en la punta móvil no proporcionan á las piezas de gran longitud, la estabilidad que necesitan para torneárselas: es preciso colocar en éstos casos, uno ó más apoyos intermedios que mantengan centrada la pieza sin dificultar el movimiento de rotación.

Estos apoyos, llamados *lunetas*, consisten en un montante dispuesto para resbalar sobre las guías del banco, con un rebajo semicircular ó angular en la parte superior para recibir las piezas; y con objeto de disminuir el rozamiento, es preciso torneár previamente las zonas que hayan de ponerse en contacto con las lunetas. Las empleadas en los trabajos de precisión tienen abierto el hueco en una pieza independiente de bronce, que constituye un verdadero cojinete, y las más de las veces, está cerrado para evitar las pequeñas trepidaciones de la pieza.

704. El calor desarrollado al torneár los metales produce dilataciones, que se hacen sensibles en las piezas de gran longitud y pequeños espesores; las que pierden su rectitud, por la resistencia que las puntas del torno oponen al alargamiento rectilíneo en sentido del eje. Para evitar en lo posible el inconveniente citado, se tiene la precaución de refrescar constantemente el metal sometido al trabajo, y se afloja la punta móvil,

siempre que la presión excesiva indique que se desarrolla la dilatación.

Las lunetas contribuyen también á que no se produzcan torceduras, sobre todo cuando dimanan del mucho peso de las piezas, ó bien de la presión lateral de la herramienta, aunque en este último caso, se evita con más seguridad, colocando un contraapoyo de bronce ó madera dura en el estuche superior del carrillo, para que contrarreste los efectos del empuje de la herramienta.

705. Tornos especiales.—Además de los tornos de uso general, cuyos tipos acabamos de describir, hay otros muchos dedicados exclusivamente á trabajos determinados, en los que el trazado responde únicamente á las necesidades de cada caso particular. Los tornos especiales tienen la ventaja de abreviar notablemente la operación de tornear, pero presentan el inconveniente de no poderse dedicar más que al género de trabajo para que se han construído; así es, que tienen aplicación económica en la fabricación corriente, mas su presencia no está justificada en los talleres, que como los de recomposición de máquinas, han de elaborar objetos muy variados.

706. Bajo la denominación de *tornos de doble cabezal*, se designan los que sirven para tornear los ejes y las ruedas de los wagones y locomotoras: la punta móvil está sustituida por un segundo cabezal con su plato correspondiente, y tanto éste como el que tiene enfrente, se mueven simultáneamente con la misma velocidad. Dos ó cuatro carrillos conducen las herramientas para tornear, que se lleva á cabo en buenas condiciones, puesto que á la vez se trabaja todo el sistema, sin temor de que no se correspondan los ejes de ambas ruedas.

707. En la fabricación de algunas clases de pernos y tornillos, es costumbre usar *tornos de cabezal hueco*, que carecen de punta fija y tienen hueco, como su nombre indica, el eje del cabezal; circunstancia que permite introducir en él, la cabilla que sirve de primera materia, de manera que sólo asome por el centro del plato la parte que debe tornearse para formar el perno. Cada trozo se separa después y se corre la cabilla en la cantidad necesaria para repetir la operación con el siguiente.

708. Los tornos que se construyen para labrar algunos cuerpos de revolución de generatriz curva, tienen montado el carrillo sobre guías del mismo perfil que el cuerpo que se desea obtener, para que la punta

de la herramienta describa al moverse, una línea de igual forma.

Cuando la conducción del carrillo se encomienda á uno de los flancos de la guía, es necesario hacer uso de un contrapeso que asegure el contacto en los períodos de aproximación de la herramienta; disposición que se conceptúa muy conveniente porque evita la rigidez del sistema.

El trabajo de la herramienta da por resultado la reproducción de determinado perfil; cuya circunstancia hace que se distingan con el nombre de *copiadores* los tornos que se acaban de mencionar.

Se conocen también con el nombre de tornos copiadores, los destinados á reproducir fielmente un cuerpo ó modelo que no es de revolución; pero como la operación que realizan sale de los límites señalados á la de tornejar, no consideramos á estas máquinas entre los tornos y se reserva su estudio para *la operación de copiar*.

BARRENAR.

709. Definición y herramientas.—Con el nombre de barrenar, se comprende la operación cuyo objeto es aumentar el calibre de los taladros y alisar interiormente los huecos cilindricos de las piezas forjadas ó fundidas. Puede considerarse como un caso particular de taladrar, pero es indispensable hacer uso de potentes máquinas, y tanto éstas como las herramientas difieren bastante de las que se emplean en aquella operación.

El trabajo es resultado de la combinación de dos movimientos relativos de rotación y de traslación, que pueden residir ambos en la herramienta, ó uno en ésta y otro en la pieza que se barrena; así es, que cualquiera máquina susceptible de proporcionar los dos movimientos indicados, como son los taladros y los tornos, puede utilizarse para barrenar.

710. La barrena, herramienta muy parecida á la broca de guía representada en la fig.^a 144, consiste en una barra guarnecida de cuchillas que se colocan ya directamente sobre ella, ya sobre una cabeza ó estuche de que está armada: la primera disposición se emplea en los barrenos de diámetro pequeño, y la última en los de grandes dimensiones. Los salientes de todas las cuchillas deben ser iguales, para que los filos

queden equidistantes del eje de rotación, y es conveniente que los ángulos estén redondeados y que una parte del filo sea paralela á dicha línea, para que la herramienta presente mayor resistencia y alise las paredes del barreno á medida que se abre.

La fig.^a 452 da idea de tres tipos de barrenas A, B y C. La primera tiene cuatro cuchillas acopladas en otras tantas ranuras abiertas en la barra; la segunda difiere de la anterior en que la cabeza ó extremo de mayor diámetro, va guarnecida con las cuchillas: en ambas, la parte *mn* del filo está destinada á arrancar el metal, y la *nr* sirve para alisar el interior del hueco. La tercera C no tiene más que una cuchilla sujeta con tornillos á un asiento plano que presenta el vástago, pero lleva también dos topes *t*, con igual salida que aquélla, para impedir la excentricidad de la herramienta durante el trabajo.

El vástago de todas las barrenas debe ser bastante resistente para evitar los efectos de torsión. La exactitud del trabajo se garantiza con guías de bronce ó madera dura, que colocadas detrás de las cuchillas, ajustan con precisión al barreno y se oponen á las desviaciones de la herramienta.

711. Cuando la barrena se destina á alisar huecos de pequeño diámetro, se labran los filos en el extremo acerado del vástago ligeramente piramidal, y muchas veces basta que sea de sección cuadrada ó pentagonal para que las mismas aristas produzcan el desgaste.

712. Máquinas.—Uno de los medios más sencillos de efectuar la operación de barrenar, es utilizando los tornos: la pieza que se pretende trabajar se asienta sobre un carrillo, de modo que el eje de su taladro coincida con el del cabezal, y la barrena A (fig.^a 452) se coloca entre las dos puntas, fijándola al plato para que reciba el movimiento de rotación. Este sistema sólo tiene aplicación á las piezas de poco peso, corta longitud y taladradas de parte á parte; porque no satisfaciéndose tales condiciones, sería impracticable el trabajo.

En el barrenado de piezas de grandes dimensiones, como sucede en la apertura del ánima de los cañones de artillería, se emplean también los tornos, disponiéndolos para que el cañón reciba el movimiento de rotación y la herramienta el de traslación, cuyo sistema hace indispensable el empleo de una luneta que sustituya á la punta móvil.

713. Para barrenar los grandes cilindros de las máquinas de vapor y

otros de calibres considerables, es ventajoso que piezas tan voluminosas y pesadas permanezcan fijas durante el trabajo; así es, que el medio práctico en tales casos, consiste en proporcionar á la barrena ambos movimientos de traslación y rotación.

La fig.^a 433 representa una máquina de este género: en ella se ve el cilindro M de una locomóvil que se intenta barrenar, asentado sólidamente en el centro del basamento ZZ de la máquina, y dos montantes X, X, que soportan la barrena y los órganos de trasmisión. Un disco A, armado de cuatro cuchillas y montado sobre el tubo BB, forma la parte principal de la herramienta, que recibe por el engranaje helicoidal ED, el movimiento de rotación del cono de poleas C.

El tubo BB está hendido en toda su longitud para dar paso á una cola del disco A, que es la tuerca del husillo H alojado en el interior de aquél; de manera que la rotación del husillo origina la traslación de las cuchillas. Dos ruedas R y N, montadas en un eje horizontal, transmiten el movimiento de rotación de una rueda n montada en el tubo BB, á otra r fija al husillo, determinándose el avance relativo de la herramienta en cada caso por la relación variable de los radios de dichos pares de engranajes.

Cualesquiera que sean los medios que se adopten para conseguir los movimientos necesarios á la máquina, en las obras de precisión como la citada, es indispensable que las cuchillas recorran de una manera continuada la extensión de la pieza sometida al trabajo.

714. La velocidad comunicada á las máquinas de barrenar es casi siempre menor que en las de tornear, y como la resistencia que se opone al trabajo es dependiente del número de cuchillas y extensión de los filos, claro es que debe disminuirse la velocidad á medida que aumenten estos últimos factores.

ROSCAR.

715. Objeto.—La operación de *roscar* tiene por objeto la construcción de los filetes helicoidales de los tornillos y de las tuercas.

El perfil de los filetes admite diferentes formas, pero la triangular y la rectangular son las empleadas con más frecuencia; la primera tiene mayor aplicación que la segunda en los tornillos de pequeño

diámetro, y presenta más resistencia; pero el juego de estas roscas absorbe por rozamiento, mayor cantidad de fuerza que las de filetes rectangulares.

La práctica ha hecho ver, que el mejor ángulo para el saliente del filete triangular es de 57° (*); redondeándose los ángulos saliente y entrante hasta $\frac{1}{6}$ de la altura del triángulo para evitar el deterioro prematuro de las aristas.

La operación de roscar puede realizarse por los procedimientos manual y mecánico, pero el primero únicamente tiene aplicación á los tornillos y tuercas de diámetros pequeños.

716. Procedimiento manual.—Tornillos.—La *terraja* es la herramienta con que se labran los filetes de un tornillo, en el cilindro ó varilla del mismo diámetro. En la fabricación de los tornillos de diámetro muy pequeño, se hace uso de la *terraja* múltiple que se diseña en la fig.^a 154, formada por una placa de acero enmangada, perforada en dos series de agujeros de diferentes calibres, con dos ó tres filos helicoidales en el interior de cada uno para formar la parte activa de la herramienta. La mitad de los agujeros son de forma troncocónica y cilindricos los demás; todos ellos están hendidos por dos pequeñas muescas diametralmente opuestas para proporcionar punta á los filetes cortantes y dar salida á los residuos del trabajo.

717. Para roscar con la *terraja* descrita, se sujeta la varilla ó alambre correspondiente, se introduce su extremo en uno de los agujeros cónicos de la placa, y se da vueltas á esta, para que arrancando la materia, al mismo tiempo que avanza, labre los filetes del tornillo, que después se perfeccionan volviéndolo á pasar por el agujero cilíndrico asignado al mismo tamaño.

Desde luego se comprende la dificultad de roscar con la *terraja cerrada*, los tornillos que requieran esmerada construcción y no sea tan reducido su diámetro; así es, que para aquellos cuyo diámetro exceda

(*) Tal es el tipo adoptado por Sir J. Whitworth para fabricar la colección de *terrajás* y machos de roscar que salen de sus talleres. En los Estados Unidos han admitido posteriormente el filete triangular de 60° achaflanado en $\frac{1}{8}$ de la altura, fundando esta modificación en la mayor facilidad de trazar el ángulo y ejecutar el chaflán.

de 8 mm. es indispensable la *terraja de cojinetes* de la fig.^a 455. Los cojinetes *a* y *c*, que constituyen la herramienta propiamente dicha, están encerrados en un cepo ó caja de hierro terminada en dos grandes brazos. Cada uno de los cojinetes tiene un rebajo cilíndrico fileteado, y el conjunto de ambos presenta una forma semejante á los agujeros de la *terraja cerrada*, pero con la particularidad de que se puede disminuir la abertura apretando con el tornillo de presión *m*.

La manera de hacer funcionar esta *terraja* es igual á la anterior, sin más diferencia que la de obligarla á recorrer varias veces la longitud del tornillo, apretando en cada pasada el cojinete móvil para reducir el espacio entre los filos cortantes; dando por terminada la operación, cuando las espiras del surco helicoidal, que se abre paulatinamente, queden en contacto, y teniendo cuidado de no rebasar dicho límite porque disminuiría el diámetro y se perdería la forma en la parte roscada.

718. En la fig.^a 456, se ha representado una *terraja* más perfeccionada con tres cojinetes, uno fijo y dos móviles por medio de un doble plano inclinado, cuya tracción se ejerce con la tuerca graduada *n*. La disposición de los cojinetes facilita notablemente la acción cortante de los filos, que pueden afilarse con la misma facilidad que las herramientas ordinarias.

Cada juego de cojinetes corresponde á una rosca de diámetro y paso determinado, y á cada cepo acompañan diferentes juegos para la construcción de varios tornillos, cuyo tamaño aumenta gradualmente.

719. Tuercas.—Las roscas interiores ó tuercas se hacen con el auxilio de *machos de roscar*, fabricados de acero duro, en cuya superficie se ha abierto una rosca igual á la del tornillo que deba cebar en la tuerca. La parte roscada está interrumpida en toda su longitud por tres anchas canales que descubren las puntas *a, a, a,...* (fig.^a 457).

Son indispensables dos machos por lo menos para la construcción de cada tuerca; uno cónico con el cual se principia el trabajo y otro cilíndrico para repasarlo y concluirlo. El macho cónico procede de uno cilíndrico, que se ha adelgazado hacia un extremo hasta hacer desaparecer los últimos filetes.

720. El trabajo con los machos de roscar se lleva á cabo, aplicando el esfuerzo sobre una palanca ó *volvedor* acoplado en el cuadradillo *C*, para forzarles á penetrar en el taladro que se desea roscar, de la misma

manera que un tornillo se introduce en su tuerca: las puntas *a, a, a,...*, cortando el metal abren paso á los filetes y éstos labran los surcos helicoidales.

Para las tuercas de mayor calibre ó para las que se practican en metales duros, se hace uso de un macho intermedio, además de los citados; cuyo macho facilita la apertura paulatina de los surcos.

721. En la construcción de tornillos y tuercas, el procedimiento manual desarrolla un rozamiento tan grande, que es preciso disminuir por medio de una abundante lubricación para favorecer el esfuerzo del obrero y conservar el temple de los cojinetes y machos.

722. Procedimiento mecánico.—El procedimiento descrito es ineficaz para labrar los tornillos y tuercas de grandes dimensiones y no es económico en la fabricación corriente de los de pequeño diámetro; es indispensable por lo tanto, recurrir á las máquinas operadoras.

La máquina especial dedicada á la construcción en grande escala de las tuercas y tornillos pequeños, produce el trabajo con herramientas iguales á las descritas en el procedimiento manual; herramientas que obran de una manera análoga, en virtud de los movimientos combinados de rotación y traslación. Ambos movimientos radican generalmente en el macho ó en el perno que se pretende roscar, y las tuercas ó los cojinetes permanecen fijos sobre un soporte, guarnecido con dos mordazas, que se aproximan ó separan á voluntad para variar la distancia entre los cojinetes.

723. Los tornos más sencillos se utilizan también para la apertura de roscas en metales blandos, valiéndose de una herramienta plantilla, denominada *peine*, que como se ve en la fig. ^a 458, tiene dentada la parte activa en armonía con el perfil de la rosca.

La manera de hacer uso del peine consiste en aproximarle al metal montado en el torno y moverlo paralelamente al eje de rotación, con tal velocidad, que avance un solo filete por cada revolución. Este procedimiento exige mucha práctica, especialmente en las roscas gruesas.

724. Tornos de roscar. — Tornillos.—El torno con carrillo automático, que también hemos denominado de *roscar*, es la máquina general dedicada á labrar los filetes exteriores de los tornillos y los interiores de las tuercas.

Para la construcción de un tornillo de paso determinado, es indispensable preparar el torno, de manera que al ponerlo en movimiento, la herramienta se traslade una cantidad igual al paso de hélice por cada revolución de la pieza que se trabaja; preparación fácil de realizar cuando se conoce el paso del husillo de tracción y se dispone de numerosas ruedas de recambio. El caso más sencillo que puede presentarse, es aquel en que se pretenda labrar un tornillo de igual paso que el husillo de tracción; porque basta acoplar dos ruedas iguales sobre los ejes del cabezal y del husillo para que el movimiento se transmita en condiciones convenientes.

En general, la construcción de un tornillo cuyo paso esté en la relación $\frac{m}{n}$ con el del husillo madre, requiere una transmisión de movimiento en la misma proporción, por el intermedio de uno ó más engranajes; lo que es factible en casi todos los tornos para gran número de casos, por la variada colección de ruedas de recambio que acompaña á cada uno. Conviene recordar que en la operación de tornearse han mencionado ya estas mismas ruedas.

725. La parte activa de la herramienta afecta una figura igual á la sección de la ranura helicoidal que debe abrir para descubrir el filete, ya sea cuadrado, ya triangular.

726. El trabajo se ejecuta en varias pasadas, y tanto éstas, como la transición de unas á otras, se verifican como se ha explicado en el torneado. La herramienta avanza en cada pasada una pequeña cantidad, dándose por terminada la operación cuando el surco abierto tenga la profundidad que corresponde al tornillo rectangular, ó cuando aparezcan las aristas salientes en la superficie cilíndrica si el filete ha de ser triangular.

727. Tuercas.—La pieza hueca que se intenta roscar, se monta y centra en el torno, sujetándola al plato y apoyándola en una luneta, si fuese preciso; el torno se prepara como en el caso anterior, y la operación se lleva á cabo de igual manera; pero las herramientas destinadas á labrar las roscas interiores, son más largas y presentan un recodo (fig.ª 459) próximo á la parte activa para que puedan obrar lateralmente dentro del taladro.

ARTÍCULO 6.º

=

COPIAR.

728. Generalidades.—En los talleres de construcción se presenta con frecuencia el caso de labrar mecánicamente algunas piezas, que no pueden trabajarse en las máquinas de tornejar, cepillar y fresar recto, porque tienen superficies que no son de revolución ni admiten generación rectilínea.

A esta necesidad responde un nuevo género de máquinas, denominadas *copiadoras*, en las que la herramienta es una fresa guiada en su movimiento de alimentación por una *matriz* ó *modelo* determinado, que sirve para reproducir en las mismas condiciones un gran número de objetos iguales.

729. Aun cuando las máquinas copiadoras varían bastante en sus detalles, casi todas ellas contienen un bastidor vertical que soporta la herramienta y el *tope de guía*, de manera que la distancia entre éstos es invariable cualesquiera que sean los movimientos de aquél; así es, que obligando al tope á recorrer el contorno de un modelo, la fresa describe otro, que reproducirá exactamente cuantas veces se realice la operación con el mismo modelo.

Los sistemas que se emplean para obtener el fin indicado, son siempre resultado de la combinación de dos movimientos: uno de alimentación, que radica ordinariamente en el carrillo ó mesa que sustenta el modelo y la pieza que se trabaja, y otro que es peculiar del bastidor y le podemos llamar de aproximación ó de contacto. El primero de los dos movimientos es unas veces rectilíneo y otras circular, produciéndose manual ó automáticamente; el segundo es rectilíneo y también se comunica manualmente ó por medio de contrapesos.

730. Máquina copidora de movimiento rectilíneo.—La fig.^a 460 da idea de una copiadora de movimiento rectilíneo. Dos montantes ó columnas Z, Z, colocadas sobre el banco de fundición X X,

presentan dos correderas horizontales z, z , para guiar el movimiento de un marco MM , que á su vez lleva otras dos guías verticales, por las que puede resbalar el bastidor NN . El primer marco tiene en uno de sus costados una prolongación dentada que engrana con un piñón p fijo á uno de los montantes, y sobre el eje del piñón va montada una palanca terminada en el contrapeso P ; cuya disposición establece en el marco MM la tendencia á resbalar hacia la izquierda. El peso del bastidor NN con sus adherentes está equilibrado por el contrapeso Q , colocado al extremo de una palanca, que tiene su punto de apoyo en el otro marco. La altura del bastidor NN se fija á voluntad por medio de clavijas.

Un tambor A , terminado por su parte inferior en un cuadradillo hueco para introducir la espiga de la herramienta, y una grapa B para colocar el tope de guía, van montados sobre el bastidor NN , que con este motivo le distinguiremos con los nombres de *portaherramienta* y *portatope de guía*.

La acción del motor llega por medio de una correa sin fin á la polea C , y otra correa DD liga el tambor de la herramienta con el eje receptor del movimiento.

La pieza que se trabaja, así como el modelo, se disponen sobre la parte superior del carrillo EE , facultado para resbalar horizontalmente á lo largo del banco, por la rotación del husillo H , que se pone en movimiento con la manivela h .

731. La máquina se prepara para el trabajo, asegurando sobre el carrillo el modelo m y la pieza n que se va á trabajar, de tal manera que ambos queden en posición paralela y á la misma altura, como se representa en la figura; y una vez armado el bastidor con la fresa a , se coloca el tope b á una distancia de aquélla, igual á la que separa la pieza y el modelo.

Preparados así, carrillo y bastidor, se corre el primero y se hace descender simultáneamente el segundo, hasta que la fresa quede en contacto con el costado de la pieza; en este estado, se liga la máquina al motor para que principie el trabajo.

La fresa, en virtud de su movimiento de rotación y con la presión que le imprime el contrapeso P , arranca el metal puesto á su alcance, hasta que el tope toca al modelo; y como la traslación del carrillo se verifica

al mismo tiempo, el trabajo se realiza en todo el flanco de la pieza, con arreglo á la figura del modelo, que retira con los salientes la herramienta y la deja en libertad bajo la acción del contrapeso en los demás puntos.

732. La operación de copiar es sumamente sencilla en las piezas de contorno con perfil uniforme, porque basta una sola pasada en las condiciones dichas, haciendo uso de una fresa cuyo perfil sea inverso al que se quiere labrar en el canto de aquélla; pero en el trabajo de superficies más irregulares, es preciso proceder por zonas paralelas, empleando para cada una la fresa de perfil más adecuado.

733. El movimiento automático y la detención del carrillo en el momento oportuno se pueden verificar en esta operadora, en análogas condiciones á las que se explicaron (598) para la máquina de fresar recto.

734. Máquina copiadora de movimiento circular.—La disposición del carrillo es el distintivo principal de las máquinas de esta especie: en ellas se encuentra montado dicho órgano sobre un árbol vertical *m* (fig.^a 461) que le permite girar. El bastidor portafresa está colocado encima de la plataforma ó carrillo mencionado *M*, de tal manera, que el plano vertical *XY*, que contiene la herramienta y el tope de guía, pasa constantemente por el eje matemático de rotación de aquélla.

735. El modelo difiere en forma y dimensiones del objeto que se desea construir, y su trazado geométrico, para reproducir un contorno tal como el *abcde* (fig.^a 462), se obtiene tomando las magnitudes iguales *aA*, *bB*, *cC*. ., sobre los radios vectores que parten de un punto *o* convenientemente elegido.

Una vez construido de acero el modelo, con arreglo al trazado *ABCDE*, se pueden reproducir, con la máquina que nos ocupa, un número cualquiera de ejemplares de contorno idéntico al *abcde*, montando la pieza y el modelo sobre la plataforma *M* (fig.^a 461) de tal modo que el punto *o* coincida con el eje de rotación; y preparando el bastidor de manera que la distancia entre la fresa y el tope de guía sea igual á la magnitud *aA*.

736. Cuando la máquina preparada de este modo se ponga en movimiento, y sus mecanismos obliguen al tope de guía á recorrer el perímetro del modelo, la fresa labrará, en la pieza sometida al trabajo, un

contorno igual al $abcde$ que sirvió para el trazado de aquél; cuyo resultado se producirá fielmente en cuantas piezas se coloquen en las mismas condiciones.

737. El modelo, construido como se ha dicho, tiene mayores dimensiones que el objeto que se trabaja; pero no hay dificultad en reducir su tamaño, como conviene tratándose de piezas de perímetro extenso, si el trazado se hace disminuyendo la longitud de los radios vectores en la magnitud correspondiente á la distancia entre el tope y la fresa. De esta manera aparece el modelo de menor tamaño que el objeto, y por lo tanto la posición relativa del tope y la fresa en el bastidor debe ser inversa, quedando el primero más próximo al eje de rotación de la plataforma.

738. La labor ejecutada por la fresa en las máquinas copiadoras debe ser igual en todos los puntos, cuya igualdad no se consigue mientras no haya proporcionalidad entre el camino recorrido por la herramienta y el tiempo empleado en recorrerlo. En general, esta circunstancia no queda satisfecha con el movimiento de rotación uniforme de la mesa: en efecto, la fresa salva en tiempos iguales los espacios angulares iguales aob , boc , $cod...$ (fig.^a 162), y sin embargo, se ve precisada á labrar partes de distinta longitud con perjuicio para la igualdad del trabajo. Se hace preciso, por lo tanto, retardar el movimiento angular de alimentación en aquellos puntos como los m y n , en que presentando el contorno más curvatura, sea mayor el desarrollo de curva á igualdad de ángulos.

El objeto indicado se consigue con la intervención de un freno establecido en la máquina, que hace variar convenientemente la velocidad de rotación de la plataforma.

739. Dicho freno está constituido por dos platos s y n (fig.^a 161) que, oprimiendo al disco r montado en el eje R , originan un rozamiento tanto más intenso, cuanto mayor es la superficie de contacto; rozamiento que da lugar á que la velocidad transmitida al eje m , por el expresado árbol, engranaje K y husillo k , varíe en razón inversa. Los platos están montados en el extremo de la palanca L , solicitada á moverse en un sentido por el contrapeso P , y en el otro por la acción del tirante T y excéntrica H , acoplada en el mismo árbol vertical de la mesa.

Esta excéntrica tiene una forma especial y está colocada en posición

conveniente respecto al modelo y pieza que se trabaja, para que sus partes salientes determinen el descenso de los platos, y las de menor radio dejen libre la acción del contrapeso que retardará la velocidad de rotación de la plataforma al aumentar la superficie de rozamiento.

740. Máquina copiadora de movimiento doble de alimentación.—Como tipo de máquinas de sencilla construcción y de uso más general que las anteriores, presentamos la que se diseña en las figuras 163 y 164, cuya simple inspección basta para formar idea del conjunto, que no difiere esencialmente de las otras máquinas copiadoras en cuanto á los mecanismos.

El movimiento de aproximación de la herramienta y del tope á la pieza y al modelo respectivamente, que en las máquinas descritas antes estaba encomendado al contrapeso, se hace manualmente por medio de la gran palanca H que tiene su punto fijo en E, y que no solamente se utiliza para el movimiento horizontal, sino también para el ascenso y descenso de la herramienta, puesto que el sistema de los dos bastidores está en libertad de moverse en las dos direcciones perpendiculares que permiten las guías.

La mesa M se halla dispuesta para colocarse á diferentes alturas, con objeto de poder trabajar las piezas de distintas dimensiones á que se dedica la operadora.

741. Ya se ha indicado en otra ocasión, que las piezas que salen de los talleres de fundición y de forja, para sufrir después alguna ó varias de las operaciones mecánicas mencionadas en este Capítulo, deben tener las dimensiones algún tanto crecidas y presentar una forma muy aproximada á la definitiva, y esta circunstancia, que en general es tan conveniente para la economía de la fabricación, es de todo punto indispensable en las piezas que se someten después á la acción de las máquinas copiadoras, para que el espesor de la capa metálica que desgasta la fresa, sea próximamente uniforme en todas sus partes y no haya movimientos bruscos ó choques debidos á las desigualdades.

De este manera y haciendo uso de una lubricación conveniente, se conseguirá no solamente gran economía en el gasto de herramientas, sino también que la máquina y el modelo se conserven en buen estado sin prematuros desgastes.

ARTÍCULO 7.º

=

AMOLAR Y ESMERILAR.

AMOLAR.

742. Objeto de la operación.—Las operaciones mecánicas explicadas hasta aquí para reducir y precisar la forma y dimensiones de las piezas obtenidas por forja ó fundición, se practican, como se ha dicho, arrancando el metal excedente por medio de herramientas de acero duro y templado; pero no son estas herramientas las únicas que se usan en los talleres mecánicos. Los metales muy duros son difíciles de trabajar con herramientas de acero, cuyos filos y puntas se desgastan pronto, y los blandos como el cobre, latón, etc., no siempre se trabajan con la rapidez deseada cuando se les somete á la acción de la lima. Además, en muchas ocasiones las piezas conservan los trazos de la herramienta que las ha trabajado, y algunas veces se necesitan aparatos costosos para llevar á cabo determinadas operaciones.

En la operación de *amolarse* se realizan trabajos análogos á los mencionados en las demás operaciones mecánicas, pero haciendo uso de un nuevo género de herramientas, denominadas *muelas*, con las que se salvan los inconvenientes señalados y son las únicas aplicables al trabajo de las piezas de acero templado, que por su gran dureza no se pueden atacar con las herramientas ordinarias.

743. Las muelas ó piedras de amolar afectan ordinariamente la forma cilíndrica, y cuando se les comunica un rápido movimiento de rotación alrededor de su eje, están en condiciones de desgastar las piezas metálicas puestas al alcance de su periferia. Los granos duros y finos de la piedra dan aspereza á la superficie, y al rozar con el metal, le desgastan arrancando las partículas más salientes de la pieza sometida á la acción del amolado.

Los efectos de este trabajo se asemejan, por lo tanto, á los de fresar

y limar, á cuyas operaciones sustituye ventajosamente en muchos casos.

744. Muelas.—La dureza de los metales y especialmente la del acero templado y fundición blanca, exige que las piedras dedicadas al amolado sean resistentes y homogéneas, de grano muy duro, fino é igual: entre las de naturaleza silicea, las llamadas de *gres* ó *asperón* son las que llenan más cumplidamente este objeto.

Las piedras varían mucho de calidad aun cuando procedan de una misma cantera, tanto por lo que respecta á la dureza, como al tamaño del grano: se clasifican en *bastas* y *finas*, según sean á propósito para desbastar ó para alisar; y con relación á la dureza, se denominan *blandas*, *intermedias* y *duras*, que se utilizan según los casos.

745. La igualdad del grano y la homogeneidad y resistencia en toda la masa son condiciones indispensables en las piedras de amolar, para que el desgaste resulte uniforme; la presencia de algún grano más grueso y duro que los demás, produciría una resistencia inesperada durante el trabajo, que podría ocasionar su rotura. Este accidente debe evitarse con tanta más razón, cuanto que favorecido por la fuerza centrífuga que desarrolla la gran velocidad de rotación de las muelas, puede suceder que, vencida la cohesión de la materia, la piedra salte en pedazos, y animados éstos de una considerable fuerza de proyección, ocasionen lamentables desgracias en el personal obrero.

746. Las piedras se montan sobre un árbol horizontal de hierro, que lleva en uno de sus extremos una polea loca y otra fija para recibir la correa de transmisión del movimiento.

El tamaño de las muelas es muy variable, las hay hasta de 2,80 m. de diámetro; la velocidad de rotación, que en todas ellas es considerable, es más grande en las menores; pero la velocidad lineal en la circunferencia, generalmente varía muy poco de unas á otras, siendo por término medio de 10 á 12 m. por segundo: así las muelas de 2,60 m. de diámetro suelen dar 80 vueltas por minuto, y las de 1,20 m. hacen 480 revoluciones.

En los talleres que carecen de motor, se mueven por medio de un pedal las piedras destinadas al afilado de herramientas, y claro es, que en este caso nunca alcanzan las velocidades mencionadas.

747. El amolado se hace en seco ó con agua: el primero es más eficaz que el segundo, pero presenta los inconvenientes de elevar la temperatura de la pieza que se trabaja y desprender polvo silíceo perjudicial á la salud de los obreros; el segundo, además de producir menos trabajo, tiene los inconvenientes de enmohecer el metal y reblandecer las piedras. El empleo de este último procedimiento es indispensable, cuando no se dispone de los medios necesarios para preservar á los obreros de la influencia nociva que el polvo esparcido en el ambiente ejerce en sus órganos respiratorios.

Las muelas se mantienen constantemente mojadas durante el trabajo; ya sea bañando su parte inferior con el agua de un depósito, ya haciendo caer un chorro por encima.

748. Además de las muelas de forma cilíndrica, las hay también de superficie convexa ó cóncava y otras acanaladas, con aplicación al amolado de piezas curvas susceptibles de este trabajo.

Las piedras que deben presentar pequeños espesores en la circunferencia, reciben la forma lenticular para aumentar su resistencia á la rotura.

749. Algunas piedras, sobre todo las dedicadas al afilado de herramientas, suelen tener á su inmediación un carrillo giratorio de doble corredera, para mantener y aproximar convenientemente el trozo de acero; y en otras, destinadas al desbaste de piezas voluminosas y pesadas, hay apoyos de madera ó grapas de hierro que facilitan las manipulaciones.

750. Amolado.—La manera de efectuar la operación consiste en aplicar con cierta presión la pieza metálica sobre la superficie cilíndrica de la muela puesta en movimiento, y pasearla de un lado á otro para facilitar el desgaste y hacer más imperceptibles los rasgos producidos por el mordiente de la piedra. El obrero coge generalmente con ambas manos la pieza que se trabaja y regula la presión por la dureza del metal y cantidad que debe desgastarse, tomando las mayores precauciones en la última fase de la operación, á fin de no rebasar el límite del trabajo.

El carrillo portapieza facilita notablemente el trabajo del obrero y da resultados más exactos, especialmente en el afilado de las herramientas que tienen biseles de inclinación determinada.

751. Las piedras, á causa de un principio de pulimento que experimentan durante su servicio, pierden el mordiente al cabo de algún tiempo y quedan ineficaces para el trabajo; cuando esto sucede, el amolador debe picarlas nuevamente con la *escoda*, y si el desgaste fuese desigual y hubieran perdido la forma cilíndrica, será necesario tornearlas como las nuevas.

752. Peligros.—Desde la aplicación en grande escala de las piedras de amolar, se ha sentido la necesidad de combatir los peligros que rodean á los obreros dedicados á este trabajo. Además de los accidentes desagradables á que pueda dar lugar la rotura de las piedras y la nociva aspiración del polvo silíceo esparcido en el taller, la salud de los obreros está también comprometida por la influencia de una constante humedad, y por la trepidación que tienen que soportar cuando sostienen con las manos la pieza que se trabaja.

El primero de los peligros citados, ó sea el de la rotura de las muelas, se contrarresta fácilmente con un previo y escrupuloso reconocimiento de las piedras, y con una montura bien entendida.

La presencia del polvo silíceo en el ambiente, se evita en lo posible con una ventilación suficientemente eficaz que lo arrastre fuera del taller á medida que se forme.

753. Para que las muelas no salpiquen con exceso el agua, se cubren con tablas en forma de cajón, dejando al descubierto el espacio necesario para el trabajo, y se coloca además uno ó más pedazos de lienzo que descansan sobre la superficie de aquéllas.

754. Las pequeñas y continuas sacudidas, producidas por las desigualdades del asperón, originan un movimiento de trepidación en las piezas que se desbastan: cuando el obrero aplica directamente las piezas á la muela, experimenta una desagradable sensación en los brazos y en el pecho, que al cabo de algún tiempo puede serle funesta.

Los efectos mencionados se atenúan, manejando las piezas, siempre que sea posible, con mangos ó agarraderos de madera que aislen el movimiento de trepidación.

755. Reconocimiento, montura y preparación de las piedras.—Las piedras que se extraen de las canteras para destinarlas al amolado, se tallan toscamente dándoles la forma cilíndrica, de manera

que sus bases sigan la dirección de los lechos de extratificación, y antes de proceder á la montura de las muelas, se golpean ligeramente con un martillo para juzgar, por el sonido, si están perfectamente sanas, y se examinan cuidadosamente para ver si su aspecto y estructura reúnen las condiciones que se exigen.

La mayor parte de los accidentes que hace algún tiempo ocurrían en los talleres de amolar, podían atribuirse al sistema defectuoso de montura que entonces estaba en uso.

El sistema consistía en colocar las muelas, perforadas en su centro, sobre un tarugo ó núcleo de madera montado en un árbol de hierro, asegurándolas en dicha posición por medio de cuñas. Ocurría con frecuencia que la excesiva fuerza con que se apretaban las cuñas, producía en el centro de la muela pequeñas hendiduras, que creciendo rápidamente por la constante influencia de la fuerza centrífuga, no tardaban en ocasionar la rotura de aquélla. Los mismos efectos tenían lugar cuando las cuñas se hinchaban al contacto del agua.

756. Hoy día se montan las muelas directamente sobre los árboles de hierro forjado, fijándolas entre dos platos de fundición, los que se aprietan por medio de una tuerca que ceba en una parte roscada del árbol.

Los platos llevan cerca de su circunferencia varios nervios, que se alojan en ranuras talladas en la piedra, con objeto de asegurar la estabilidad del conjunto; y la unión se afirma, vertiendo azufre fundido en los huecos que quedan entre los platos y la muela, y entre ésta y el árbol.

757. Después de armar la muela y montarla sobre sus cojinetes, se procede á tornearla con una barra de hierro ó de acero, á fin de descubrir una superficie perfectamente cilíndrica é igual, que ha de constituir la parte activa de esta herramienta; acto seguido, sométese á un segundo reconocimiento, golpeándola ligeramente con el martillo, y por último, se pone en movimiento durante una hora á título de ensayo, con una velocidad algo mayor que la correspondiente al trabajo á que se dedique.

Es indispensable que esta prueba se haga con las mayores precauciones, para evitar accidentes desagradables, y es conveniente que el amolador destinado á cada piedra intervenga en las pruebas y reconocimientos, por ser la persona más interesada en ellos.

758. La velocidad de las muelas no debe rebasar de los límites asignados, porque el aumento de fuerza centrífuga podría ocasionar su rotura; así, para alejar en lo posible esta contingencia, es muy conveniente que la velocidad del motor esté con la de las muelas en la relación de $\frac{1}{2}$ ó de $\frac{1}{3}$, pues de esta manera, el aumento ó disminución de resistencias no ocasiona gran alteración en el movimiento de las piedras.

759. Ventilación.—Diversos son los medios de ventilación ideados para combatir un mal tan perjudicial á la salud del obrero, como es el polvo desprendido de las piedras siempre que se tornean ó pican, y cuando trabajan en seco. Uno de los que han producido excelentes resultados, está constituido por un conducto subterráneo que comunica con el interior de los cajones que encierran las muelas, y por un ventilador colocado fuera del taller en disposición de absorber el aire que circula por dicho conducto.

La acción del ventilador debe establecer una corriente suficientemente enérgica, que no solamente arrastre al exterior del taller el polvo que rodea las muelas, sino que sostenga también la pureza del ambiente con una constante renovación de aire.

760. Para obtener un buen resultado es indispensable, disminuir cuanto sea posible el espacio que existe entre las muelas y los cajones que las envuelven; dar á la canal de ventilación y á las de comunicación las dimensiones que exija el volumen de aire removido; calcular convenientemente la magnitud y velocidad de los ventiladores, y adoptar una sencilla combinación de válvulas, para que cada obrero pueda comunicar ó incomunicar su muela con el ventilador.

En los grandes talleres de amolar, que disponen de muelas de diferentes magnitudes para trabajar unas en seco y otras en agua, el sistema de ventilación no se limita á las primeras, sino que se hace también extensivo á las otras para utilizarlo cuando se deban tornean ó picar.

761. Muelas artificiales.—No todas las piedras de amolar presentan la homogeneidad, dureza ó igualdad de grano, que son indispensables para aplicarlas con ventaja al trabajo de metales; estos inconvenientes han hecho pensar en las *muelas artificiales*, que ofrecen una masa compacta, homogénea y resistente, compuesta de sílice, vidrio ó esmeril dividido en granos más ó menos finos, según el grado de mor-

diente que se quiera obtener, y de otra sustancia, que formando cuerpo de bastante cohesión con la primera, pueda tomar y conservar todas las formas que se le den. El azufre, las resinas, la goma laca, los betunes, el cautchuc, la cola y otras, son las materias empleadas con este objeto, y la proporción, en que se encuentran en la pasta, suele ser la novena parte del elemento activo.

762. Las muelas artificiales se montan del mismo modo que las naturales; son susceptibles de adquirir mayor velocidad de rotación sin peligro de rotura; y como la disgregación de sus elementos no es tan rápida, se emplean sin agua y no exigen una ventilación muy eficaz.

763. Algunas muelas están dispuestas para trabajar por la parte plana, á cuyo fin se montan en el extremo de un eje colocado horizontal ó verticalmente; y otras, como la representada en la fig.^a 465, están además formadas de cuatro ó seis trozos A, A, A, A, introducidos en una caja B B de fundición y sujetos en su interior por los tornillos de presión *a, a, a, a*. Cuando el desgaste sucesivo de la muela rebaje el plano del mordiente *m n*, hasta la proximidad de los bordes de la caja, es necesario elevar los trozos, colocando entre éstos y el fondo de aquélla algunos suplementos de madera de igual altura.

764. Máquinas de amolar.—También se han construído máquinas, cuya herramienta es una pequeña muela artificial, con objeto, no solamente de complementar el cepillado y fresado de las piezas metálicas, sino también para sustituir en muchas ocasiones á estas operaciones y aun para afilar sierras y otras herramientas cortantes.

Estas operadoras son muy semejantes, en sus mecanismos y modo de funcionar, á las máquinas de fresar; comunican á la muela de esmeril una velocidad lineal, en la circunferencia, de 4.880 m. por minuto, y están dispuestas para que la dirección del movimiento de rotación sea tal, que las chispas y el polvo desprendido durante el trabajo, sean arrastrados al lado opuesto al que se encuentra el obrero.

765. Aplicaciones.—Los metales muy duros, que, como el acero templado y la fundición blanca, resisten á la acción de las herramientas ordinarias, se trabajan precisamente con las piedras de amolar naturales ó artificiales, siendo por lo tanto grande la aplicación que se hace de las muelas en los talleres de armas blancas y de cuchillería. Su presencia es

igualmente indispensable en todos los talleres de construcción, en los que siempre deben existir algunas piedras para el afilado de las herramientas cortantes.

766. El amolado sustituye ventajosamente en muchos casos, como ya se ha dicho, al trabajo ejecutado con otras herramientas, obteniéndose con él una economía digna de tenerse presente, porque efectuándose la operación con gran rapidez, ahorra tiempo y mano de obra, y aun cuando el desgaste de la herramienta es considerable, su coste y entretenimiento son más económicos.

767. La limpia y el primer desbaste de los objetos fundidos, son operaciones en que está justificado el empleo de muelas, porque las arenas que aquéllos sacan de los moldes deterioran los filos ó dientes de las herramientas de acero.

768. En algunos establecimientos industriales utilizan las muelas para tornejar la superficie exterior de las poleas, montando éstas entre las puntas de un torno, y colocando aquéllas en el carrillo, de manera que puedan recibir rápido movimiento de rotación.

ESMERILAR.

769. Repasaderas.—La operación de esmerilar es de índole muy semejante á la de amolar, de la que puede considerarse como complemento ó continuación: su objeto principal es borrar, con un ligero desgaste, las señales ó rasgos que han dejado las muelas en las piezas metálicas. También se hace aplicación del esmerilado en la limpieza de las superficies oxidadas ó enmohecidas de los objetos ya elaborados, que no es prudente desgastar.

Las ruedas de esmerilar, llamadas *repasaderas*, están formadas de un disco de madera de 0,40 á 0,60 m. de diámetro, con anchura variable según las dimensiones de los objetos que se desean esmerilar, y guarnecido en su circunferencia con una banda de cuero, recubierta de una capa de esmeril que se fija con cola. De esta manera se forma una

especie de muela artificial, en condiciones de trabajar con mayor velocidad y de producir desgaste más moderado y uniforme que con las piedras de amolar.

La velocidad de rotación es próximamente de 500 vueltas por minuto, que corresponde á la de 14 m. por segundo en la circunferencia.

770. La fig.^a 166 representa una repasadera en corte y proyección vertical: el disco B está formado de diez sectores de nogal, colocados análogamente respecto á sus fibras, consolidados con aros de hierro *a* y con dos placas centrales *c*, que presentan dos aberturas cuadradas para el paso del árbol A.

La superficie cilíndrica de la rueda está guarnecida de piel de búfalo, que por ser más porosa que la de buey, retiene mejor la capa de esmeril que la cobre.

El árbol A lleva dos poleas y termina por sus extremos en dos puntas que penetran en los trozos de madera dura *m*, *m*, sostenidos en los montantes *Z Z*, para servir de cojinetes. El pequeño peso de las repasaderas y la gran velocidad que alcanzan, son circunstancias que han obligado á adoptar el sencillo sistema de cojinetes mencionado, que aun cuando se gastan con más rapidez que los ordinarios, pueden apretarse contra el eje por medio de las cuñas *S, S*, y reemplazarse con facilidad.

771. En los grandes talleres de cuchillería, en que se hace uso de numerosas repasaderas, es conveniente adoptar en obsequio de los obreros, algún sistema de ventilación, pues si bien no se desprende tanto polvo como en el amolado, el esmeril se pulveriza también durante el trabajo, y al esparcirse por el aire, ocasiona molestias á las personas que aspiran en atmósfera tan viciada.

El mismo sistema de ventilación, mencionado al tratar de los talleres de amolar, aplícase con buen éxito á los de esmerilar, á cuyo fin, cada repasadera está rodeada de una envuelta de madera, en comunicación con el conducto general de aspiración.

772. La forma del perfil de las repasaderas, depende como en las muelas (748) de la figura de las piezas que se tratan de esmerilar.

773. Operación.—La pieza presentada al trabajo se maneja y aplica directamente sobre la repasadera, con menor presión que para amolar, procurando presentarla con cierta inclinación respecto al eje de

rotación para que los rasgos del esmeril corten oblicuamente á los del amolado.

774. Cuando el mordiente pierde su eficacia ó se desgasta con desigualdad, se renueva; y para que la repasadera quede en buenas condiciones, es necesario levantar por completo la primera capa antes de aplicar la nueva; operación que se hace fácilmente rascándola con un ladrillo.

775. El esmeril muy fino amasado con aceite, constituye un mordiente utilizable en las últimas pasadas; pero la operación entra entonces en el dominio de otra serie de trabajos llamados de *conclusión*, que corresponden al capítulo siguiente.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIÓN.

776. Preliminares.—La mayor parte de los objetos metálicos no pueden darse por terminados con los trabajos de que se ha dado cuenta hasta aquí, siendo necesario ó conveniente someterlos después á una ó varias de las operaciones comprendidas en la denominación general de *conclusión*, que constituye el objeto de este Capítulo.

Las operaciones de conclusión, que unas son mecánicas y otras de distinta índole, tienen por objeto, precisar las dimensiones, forma y demás condiciones de las piezas, ya en absoluto, ya con relación á otras con quienes deben entrar en juego; perfeccionar sus superficies y contornos; recubrirlas con otros metales ó sustancias que les sirvan de preservativo, y darles un aspecto determinado.

Las operaciones de *ajustar*, *grabar*, *dividir* ó *graduar*, *acicalar*, *bruñir*, *pulimentar* y las comprendidas en el grupo de preservativos, son las que tienen mayor aplicación industrial, y de ellas nos vamos á ocupar.

ARTÍCULO 1.º

AJUSTAR.

777. Tolerancias.—Las piezas trabajadas por los procedimientos descritos, pasan casi siempre á los talleres de *ajustar*, en donde se

someten á esta operación, con el fin de rectificar cuidadosamente su forma y precisar las dimensiones. La índole especial de la operación exige: reconocida habilidad é inteligencia en los obreros *ajustadores*; un juego de herramientas muy finas, y reglas, escuadras, planos, compases, plantillas, etc., que sirven de norma al trabajo; el cual, se ejecuta casi siempre manualmente, por más que en las grandes fábricas haya máquinas de precisión montadas con igual objeto.

778. En la imposibilidad de alcanzar una exactitud absoluta en las dimensiones de los objetos que se fabrican, por mucha que sea la perfección de los procedimientos empleados, ha sido necesario transigir con ciertos errores, admitiendo algunas diferencias más ó ménos grandes, según permita la importancia de la pieza ó de las partes á que afecten aquéllos.

Estas *tolerancias*, convenientemente adjudicadas á cada caso particular, facilitan notablemente los trabajos de ajuste, concediendo dos límites, entre los que ha de quedar comprendida la obra que se ejecuta; límites que comunmente se marcan con un doble juego de plantillas ó calibradores de acero, rigurosamente contrastados.

La mayor ó menor restricción de las tolerancias máxima y mínima, asignadas á cada dimensión, indica el grado de preferencia y cuidado que el ajustador debe poner en cada punto.

779. Herramientas.—Por regla general, en los trabajos de ajuste se reducen muy poco las dimensiones de las piezas; así es que las herramientas con que se llevan á cabo, son sumamente finas para que desgasten el metal en pequeña escala. Las limas finas ó muy gastadas, los *rascadores*, el esmeril en grano muy fino, la piedra pómez y otras sustancias, prestan valiosa ayuda al ajustador.

Los rascadores son sencillamente limas triangulares inútiles que se desgastan en una piedra de amolar, hasta obtener filos rectos ó curvos, según su origen.

El esmeril se prepara pegándolo sobre papel ó tela, ó bien aplicándolo directamente á un palo después de amasado con aceite, para formar una especie de lima.

780. Trabajo.—Provisto el obrero ajustador de estas herramientas y teniendo á la vista las plantillas y demás instrumentos de medición

y comprobación, principia por hacer desaparecer las pequeñas desigualdades, rebabas y aristas vivas de las piezas, y desgasta después las superficies y cantos, avanzando lentamente en este trabajo, que confronta con tanta más frecuencia y cuidado, cuanto más se aproxima á su terminación, para que nunca rebase de los límites asignados.

781. Las caras planas presentan en el ajuste algunas dificultades que aumentan á medida que es más grande su extensión. Puede hacerse dicho trabajo con el auxilio de reglas de acero de bastante confianza, que se aplican en diferentes direcciones, para observar al trasluz los puntos que es preciso rebajar con la lima ó con el rascador; pero la operación se abrevia y resulta más acabada, haciendo uso del *plano tipo*.

Este valioso auxiliar del ajustador de metales es una placa de fundición afinada ó de acero, reforzada con nervios en una de sus caras y que presenta en la otra una superficie plana, tersa y unida, construída con la mayor exactitud.

Una vez desbastada la cara que se quiere ajustar á la forma plana, se unta con una mezcla de ocre rojo y aceite, aplicase al plano tipo y se le comunica un pequeño movimiento epicicloidal, apretándola suavemente para expulsar el exceso de ocre y asegurar la adherencia; después levántase con cuidado la pieza, y por el estado en que se encuentre la pasta de aceite pegada á ella, se viene en conocimiento de las partes salientes que impedían el contacto total de ambas superficies. Se procede á rebajar estos puntos con suma prudencia, utilizando las limas finas y aun mejor el rascador, porque su acción se puede llevar y localizar donde convenga sin gran dificultad; confróntanse nuevamente las superficies después de untadas y se desgastan los salientes con mayor cuidado; cuyas operaciones se repiten cuantas veces sea necesario, hasta conseguir que la coincidencia entre el plano tipo y la cara que se trabaja, sea tal, que la capa de grasa que se interponga quede muy delgada y uniforme, y no pueda alojarse cantidad alguna de aire entre ambas superficies.

Esta última circunstancia aumenta notablemente la adherencia, hasta el extremo de no bastar en muchos casos la pesantez de la pieza para separarla del plano, cuando se le da la vuelta.

782. La forma y dimensiones de los cuerpos de revolución se precisa

en los mismos tornos que han servido para su trabajo, siempre que sean suficientemente exactos para que no oscile el eje de rotación y los carrillos se acoplen bien en las guías respectivas. Las herramientas que se usan son del mismo género que las empleadas en el torneado, pero tienen filos más extensos, aplicándose con suma cautela, para no arrancar nunca mayor cantidad de metal que la sobrante, pues de lo contrario se inutilizarían por completo las piezas.

Las limas desgastadas y el papel de esmerilar muy fino untado de aceite, se emplean en la última fase del trabajo, aplicándolos con ligera presión á la pieza montada en el torno y animada de un movimiento rápido de rotación.

783. La rectitud de las superficies exterior é interior de los tubos, que debe ajustarse con precisión, y la de otras de generación rectilínea, se comprueba dirigiendo visuales á lo largo de las piezas y observando los contrastes de luz, y con el auxilio de escuadras de nivel se viene en conocimiento del paralelismo y de la inclinación de unas caras con respecto á otras.

784. No se pueden dar reglas generales para todos los casos de ajuste que suelen presentarse: lo dicho hasta aquí, basta para formar idea de la operación, debiendo tener presente que una gran práctica y el acertado empleo de las herramientas, son la mejor garantía para obtener un buen resultado en los trabajos de esta clase.

785. Ajuste relativo.—Además del ajuste de que se acaba de dar cuenta, hay otro muy importante, que podemos llamar ajuste *relativo* ó de *montura*, al cual se someten las piezas que forman parte de un mecanismo para arreglar las dimensiones á las exigencias de su mútua dependencia.

Para conseguir el ajuste de las piezas que han de formar determinado mecanismo, se colocan ó arman unas con otras en la misma disposición que deben tener, y una vez hecho así, se ponen en juego, examinando los obstáculos ó resistencias que se opongan á su movimiento. Inmediatamente, se desarman las piezas y se desgastan las desigualdades que deban desaparecer; móntase nuevamente el mecanismo y se siguen observando detenidamente las causas que dificultan el movimiento de los órganos; cuyas operaciones se repiten sucesivamente, hasta que el me-

canismo funcione con regularidad, precisión y suave rozamiento, sin necesidad de lubricante.

786. Las herramientas empleadas en este trabajo son iguales á las mencionadas anteriormente; no se necesitan juegos de plantillas ni calibradores porque las mismas piezas prestan este servicio.

787. Concluído el ajuste, se marcan con un número ó letra las diferentes piezas que constituyen cada mecanismo, para evitar la confusión que se ocasionaría en la fabricación corriente, porque en general cada pieza únicamente funciona bien, entre aquellas con quienes se ha ajustado.

788. Cuando las piezas se ajustan aisladamente con mucha exactitud, el mecanismo que con ellas se componga funcionará desde luego; por lo tanto, no es indispensable ajustarlas nuevamente y se pueden considerar como piezas intercambiables, si hay varios mecanismos del mismo género.

ARTÍCULO 2.º



GRABAR Y DIVIDIR.



GRABAR.

789. Objeto.—La operación de grabar, en metales, tiene por objeto producir inscripciones, señales ó dibujos, por medio de incisiones hechas con el *buril* ó atacando la materia con los ácidos. Además de este grabado superficial, conocido con la denominación de *talla dulce*, existen el llamado *en hueco* ó *en fondo* y el de *relieve*, que se ejecutan rebajando ó comprimiendo el metal por medio de ácidos, buriles, cinceles y punzónes, hasta obtener los huecos ó salientes que se desean; mas como tal género de trabajo, que en gran parte pertenece al arte de *cincelar*, se aleja de los fines industriales que nos hemos propuesto, no nos ocupare-

mos de él, y consignaremos únicamente el grabado al buril y al agua fuerte.

790. Grabado al buril.—El buril es una barra delgada de acero templado de sección cuadrada ó romboidal, montada por uno de sus extremos en un mango de madera y terminada por el otro en un bisel que forma, con las caras laterales, una punta más ó menos aguda.

Por sencillo que sea el grabado que se trate de ejecutar, son siempre necesarios varios buriles de diversas formas y tamaños, que el grabador utiliza según las condiciones del trabajo en cada punto.

La perfección de un grabado depende en gran parte de la bondad de los buriles, y es de la mayor importancia que el grabador sepa aguzarlos bien, para lo que tiene siempre á mano una piedra de afilar impregnada en aceite.

791. La operación que nos ocupa da principio marcando con una punta de acero sobre la superficie metálica, las letras, números ó los contornos del dibujo que se desean grabar, ya sea calcando ya copiando el original.

Obtenido el trazado, se hace obrar al buril por las líneas marcadas para abrir surcos más ó menos anchos, lo que se consigue, undiendo ligeramente la punta y empujando la herramienta con la palma de la mano derecha, en dirección casi paralela á la superficie, al propio tiempo que se sostiene ó mueve la pieza con la izquierda.

Los rasgos del buril resultarán bien definidos y representarán fielmente las letras ó adornos, siempre que el grabador sea hábil dibujante, tenga buena vista, mano segura y se haya ejercitado largo tiempo en este arte.

792. Grabado al agua fuerte.—Para grabar por medio de los ácidos, se recubre la pieza con una capa de cera ó barniz, márcase en esta el dibujo ó leyenda que se pretende grabar y se descubren con una aguja las partes del metal que han de ser rebajadas.

Dispuesta así la pieza, introdúcese en la disolución ácida preparada de antemano, la que ataca las partes del metal no protegidas por el barniz, y cuando se considere que el ácido ha obrado suficientemente en los trazos gruesos y comienza á hacer su efecto en los finos; se retira la pieza de la disolución y se lava con agua para examinar el resultado, sin

perjuicio de repetir la operación, cuantas veces fuese necesario, hasta conseguir el fin que se desea, procurando cubrir con barniz, antes de cada inmersión, las partes que no deben profundizarse más.

Es muy conveniente que sea corto el tiempo empleado en cada inmersión, para que el calor desarrollado en la reacción química que tiene lugar, no llegue á fundir el barniz, y la acción disolvente no se extienda á puntos que no deban ser atacados.

793. Terminado el grabado, se lava la pieza con agua para quitar el ácido que haya podido quedar en los huecos, se hace desaparecer por medio de moderado calor la cera que recubre el metal, y se limpia con una bruza ó bien con una rueda cuya periferia está guarnecida con feminela de esparto ó cerda.

794. Varias son las ceras y barnices empleados en el grabado al agua fuerte; pero cualquiera que sea su clase, es necesario asegurar la adherencia á la pieza, limpiando ésta previamente con albayalde, debiéndose ennegrecer con humo la capa de barniz aplicada uniformemente, para que los perfiles del dibujo se perciban bien.

795. El baño para atacar los metales varía según la naturaleza de éstos; el elemento que entra en todos ellos es el ácido nítrico más ó menos concentrado, y entre las muchas recetas admitidas, citaremos la de:

800 g. de ácido nítrico á 36° del aereómetro Beaumé.

90 id. de clorhidrato de amoniaco

que se emplea para el grabado en el acero.

796. El grabado de metales por el ácido nítrico tiene el inconveniente de desprender vapores nitrosos, que además de perjudicar al operador, levantan la capa de barniz en los bordes, y resultando atacado el metal subyacente, aparece el grabado poco definido. Con el fin de evitar tales inconvenientes, se ha propuesto el empleo del ácido crómico para el grabado sobre cobre, hierro y acero, disolviendo 75 g. de bicromato de potasio en 400 de agua caliente y añadiendo á la disolución 184 g. de ácido sulfúrico á 66° Beaumé.

La acción de este baño es un poco lenta, pero el grabado resulta claro y no se desprenden vapores perniciosos para la salud de los obreros.

797. Además del uso que se hace del grabado para marcar por me-

dio de números y señales los objetos que se fabrican, é inscribir en ellos cuanto sea necesario, una de las principales aplicaciones de dicho trabajo es la de reproducir por impresión sobre papel ó tela la labor ejecutada en planchas ó cilindros metálicos, en madera ó en piedra.

798. Procedimiento mecánico de grabar.—Algunos grabados formados por líneas geométricas de diversas formas, cuyas múltiples combinaciones constituyen caprichosos dibujos, se construyen con el auxilio de *tornos de grabar*, que difieren de los ordinarios en algunos órganos dedicados á comunicar automáticamente mayor número de movimientos á la herramienta y á la pieza. Estos tornos, igualmente que las *máquinas especiales de grabar*, se emplean para decorar con suma facilidad y economía muchos objetos de lujo, y como los recursos de la mecánica son tan grandes, pueden producirse grabados extremadamente complicados, imposibles de imitar por el más hábil dibujante, constituyendo este procedimiento un medio de grabar las planchas destinadas á la impresión de billetes de banco y valores públicos.

DIVIDIR.

799. División de reglas.—Esta operación, como su nombre indica, tiene por objeto practicar las líneas ó señales que constituyen las medidas lineales en las reglas, limbos, nonius, alzas, compases de espesores y demás piezas graduadas. La igualdad y exactitud con que deben resultar estas graduaciones, exige el empleo de máquinas de precisión que garanticen las condiciones expresadas y que permitan hacer periódicamente señales de longitud diferente para facilitar la lectura ó recuento.

800. La máquina de dividir, ideada por Mr. L. Guyenot, satisface cumplidamente el objeto, con escasa intervención del obrero, porque una vez preparada la máquina, se realiza el trabajo sin más que dar vueltas á un manubrio.

La que vamos á describir, representada en escala $\frac{1}{5}$ en la fig. ^a 167; requiere mayor atención por parte del obrero, el que no solamente tiene

que producir el movimiento de trabajo del buril, sino también su traslación de una á otra división; pero en cambio el mecanismo es mucho más sencillo.

La regla *mm*, que se desea graduar, se fija á la máquina por medio de dos quijadas *p, p*, de manera que quede en dirección perfectamente paralela á las guías *X, X* del banco *ZZ*. El aparato divisor, colocado sobre la peana *D* y armado de un buril fino, resbala á lo largo de las expresadas guías, cuando el esfuerzo del obrero se aplica sobre la manivela *B* para transmitirlo por el engranaje *b, c, a*, al husillo *A* abarcado por una tuerca que forma parte de la peana.

Un disco *E* con cuatro salientes para el juego de las uñas de fiador *e, e, e*, está montado en el eje de la manivela, á fin de que el giro de ésta se limite en cada caso á un cuarto de revolución exacto, lo cual permite determinar con precisión la traslación y detención periódica del aparato divisor. La cantidad que debe trasladarse al aparato divisor, por cada oscilación de la manivela *B* correspondiente al giro de un cuadrante en el disco, depende de la relación entre el número de dientes de las ruedas *a* y *b*, y del paso del husillo *A*. El paso de éste es un milímetro en la máquina que se describe, de manera que si se desea graduar la regla en medios milímetros, será necesario detener el aparato divisor para hacer las incisiones, en cuanto se haya trasladado dicha cantidad, lo que se consigue, porque la rueda *b* tiene doble número de dientes que la *a*. Variando la amplitud del giro de la manivela *B* y las ruedas *b* y *a*, ó colocando otras intermedias que transmitan el movimiento en relación conveniente, se podrá conseguir un avance cualquiera en el aparato divisor (*).

El aparato divisor consta de dos correderas horizontales *H, H*, cuya altura se modifica á voluntad variando el punto de sujeción *K* y el apoyo *F*. El estuche portaburil *M* resbala sobre las expresadas correderas; su movimiento se determina por la palanca *N* y biela *n*, y se limita por la varilla tope *t*, cuyo extremo penetra en las entalladuras del disco *T*. Un contrapeso *R* impide que se eleve el buril cuando en su movimiento se ve

(*) En la tabla colocada al final del artículo (pág. 297) se detallan el número y la clase de ruedas de recambio que acompañan á la máquina descrita, aplicables al trazado de diversas graduaciones en las reglas y en los nonius.

forzado á abrir una incisión, cuya profundidad se gradúa con el tornillo de coincidencia *r*.

801. La manera de operar con esta máquina se puede resumir en los siguientes términos: muévase la manivela *B* hasta que el buril *d* quede frente al extremo de la regla que se supone fija y convenientemente colocada; se hace oscilar después la palanca *N* para que el estuche avance la cantidad que permita el tope *t* y el buril abra la primera división; se vuelve á manejar la manivela *B* para que el aparato divisor recorra la longitud de medio milímetro; repítase el movimiento de la palanca para hacer la segunda división, y se continúa haciendo alternativamente uso de la manivela y de la palanca, hasta que se haya recorrido toda la extensión de la regla.

802. Para que las rayas divisorias resulten de diferente longitud, según aparecen en las reglas métricas las que corresponden á medios milímetros, múltiplos de cinco y de diez, el disco *T* que limita el curso del buril lleva practicadas en su canto 20 muescas de cuatro profundidades diferentes, como representa en mayor escala la fig.^a 468. El movimiento periódico, que el obrero comunica á la palanca *N*, se trasmite por la biela *S* á una rueda de fiador montada en el eje del disco, á fin de producir en éste $\frac{1}{20}$ de revolución para que las muescas se presenten sucesivamente delante del tope *t*.

803. División de limbos.—Las máquinas destinadas á graduar limbos y nonius circulares difieren de la descrita, en que el estuche portaburil solamente tiene el movimiento rectilíneo de trabajo, y el disco que se gradúa está animado de un movimiento intermitente de rotación al rededor de su centro, para que los diversos puntos que deben marcarse se presenten sucesivamente delante del buril.

Los mecanismos y la manera de operar con esta máquina son análogos á los explicados para la anterior.

804. Las ruedas que acompañan á la máquina descrita en el número 800, se detallan á continuación:

GRADUACIÓN DE LA REGLA	Número de cuadrantes que recorre la manivela B.	NÚMERO DE DIENTES DE LA				
		rueda <i>b</i> montada en el eje del disco.	rueda <i>c</i> montada en el eje intermedio.	rueda mont. ^a en un eje interm. ^o que engrana con la <i>b</i> .	rueda montada en el mismo eje que engrana con la <i>a</i> .	rueda <i>a</i> montada en el eje del husillo.
En milímetros.	2	50	cualquiera	.....	.....	25
En 1/2 id.	4	50	id.	.....	.....	25
En 1/4 id.	4	100	id.	.....	.....	100
En 1/5 id.	2	400	.....	50	20	400
En 1/10 id.	4	400	.....	50	20	400
GRADUACIÓN DE NONIUS.						
Para apreciar décimas de milímetro; 10 divisiones en 9 mm.	4	90	cualquiera	.....	.....	100
Para apreciar medias décimas de milímetro; 20 divisiones en 49 mm	4	95	id.	.....	.....	100
Para apreciar cuartos de décimas de milímetro; 40 divisiones en 39 mm	4	39	id.	.....	.....	40

ARTÍCULO 3.º

ACICALAR, BRUÑIR, PULIMENTAR.

805. Objeto.—Con estos nombres se designan las operaciones que tienen por objeto concluir y abrillantar las superficies de las piezas, haciendo desaparecer, por frotamiento, los pequeños rasgos ó señales que hayan dejado las piedras de amolar, el esmeril, las limas ó el rascador.

Cualquiera que sea la sustancia empleada en esta operación, ocasiona rayas más ó menos finas, que siempre son perceptibles con un microscopio; pero se conceptúa buen pulimento cuando á simple vista no se distinguen aquéllas.

806. El esmeril muy fino, el polvo de carbón, el rojo de Inglaterra ó colcótar y en general los óxidos de hierro, el polvo de ladrillo, el trípoli, el albayalde, el blanco de España y otras, son las sustancias, que ya en seco, ya con aceite ó mezcladas con otro líquido, se emplean para el pulimento de metales.

807. Ejecución.—El acicalado ó pulimento se practica de la misma manera que la operación de esmerilar por medio de repasaderas cubiertas de alguna de las materias citadas, ó bien valiéndose de una tira larga de cuero ó tela fuerte, preparada por una de sus caras con el mordiente, colocada sobre dos poleas para ponerse en movimiento como las correas sin fin.

Cuando no se disponga de elementos mecánicos, ó la forma de las piezas lo requiera, se frotan con un cepillo ó con un palo, impregnados de las mismas sustancias.

Tratándose de los pequeños objetos, que en gran número producen algunas industrias, se acostumbra á pulimentarlos introduciéndolos con polvo de esmeril y trípoli en una caja cilíndrica montada sobre un eje horizontal, é imprimiendo á ésta un movimiento de rotación.

808. Cualquiera que sea la manera de producir el frotamiento, se consigue mayor perfección en el pulimento, empleando sucesiva y gradualmente las materias enumeradas; y se abrillantan las superficies con un bruñidor de acero ó con la piedra de bruñir.

Los bruñidores afectan diversas formas, propias para adaptarse á los entrantes y salientes de las piezas que se desean bruñir, y carecen de puntas y de aristas vivas para que no levanten ni rayen el metal. Las *ágatas*, las *hematites rojas* y el *silex*, se eligen, por su gran dureza, para piedras de bruñir.

En algunas artes, como la joyería, se utiliza la badana para el pulimento, y muchas veces, los obreros terminan la operación frotando directamente con la mano las piezas metálicas.

ARTÍCULO 4.º

PRESERVATIVOS DE LOS METALES.

809. Necesidad de los preservativos.—La alteración más ó menos considerable que experimentan los metales en el aire y en el agua, y cuando están en contacto con las grasas y líquidos corrosivos, constituye una de las principales dificultades inherentes á su empleo y crea la necesidad de adoptar algún medio para preservarlos evitando el deterioro, ó inutilización prematura de las piezas construídas con ellos.

Tal necesidad se ha evidenciado hace largo tiempo, manifestándose más apremiante de día en día, sobre todo, desde que se tiende á sustituir con el hierro, la madera y la mampostería de las construcciones.

810. La alteración de los metales es debida en gran parte á la afinidad que tienen con el oxígeno, y aun cuando la oxidación se limita á la superficie en alguno de ellos, no sucede lo propio con el hierro, en el que dicho efecto avanza rápidamente al interior de la masa. Sabido es, que cuando un pedazo de hierro se encuentra expuesto á la acción del aire húmedo ó del agua, se cubre de una película de protóxido, que pronto se trasforma en sesquióxido, el que á su vez cede parte del oxígeno al hierro que se encuentra debajo y determina la formación de una nueva capa de protóxido. La primera capa hace el efecto de un conductor de oxígeno á las partes interiores y toda la masa metálica se corroe paulatinamente.

811. Para que la protección reúna buenas condiciones, es necesario:

- 1.º Que las piezas metálicas estén cubiertas completamente con una sustancia que resista sin alteración á los agentes atmosféricos, y á los efectos de las materias que pueda tener en contacto.
- 2.º Dicha sustancia ha de constituir una capa delgada de espesor uniforme, que no altere sensiblemente las formas y dimensiones de las piezas.
- 3.º La adherencia de esta capa al metal, ha de ser grande para que no se desprenda.
- 4.º La materia protectora debe poseer cierta tenacidad, dureza y elasticidad, para que resista los rozamientos y choques que se originan en el servicio

de las piezas, y no se agriete, cuando se dilate ó contraiga el metal por efecto de algún cambio de temperatura, y 5.º La superficie exterior debe resultar tersa y unida, porque de lo contrario podrían adherirse cuerpos extraños.

812. De los metales empleados en la industria, el hierro, el acero y la fundición, son los que más protección necesitan, ya por ser los más alterables, ya también por el grande y variado número de aplicaciones á que se destinan; y el problema de preservarles de la oxidación es uno de los más importantes de la industria. Muchos son los esfuerzos que se han hecho para encontrar un medio, que á la par que sencillo y económico, reuna en el mayor grado las condiciones antedichas.

813. Para conseguir el fin propuesto, se han ideado y puesto en uso gran número de procedimientos de diversa índole, cuyas ventajas é inconvenientes varían según las condiciones de las piezas á que se aplican; procedimientos que agrupados en los tres órdenes siguientes; *pintura, aplicación de un metal sobre otro y pavón*; serán objeto de nuestro estudio.

PINTURA.

814. Composición de las pinturas.—Las pinturas y barnices constituyen un medio de preservar los metales de la oxidación, que si bien insuficiente en muchos casos, no deja de tener buena aplicación para otros, tanto por su sencillez como por prestarse á variar el aspecto exterior de las piezas. Esta última circunstancia es importante siempre que se desee obtener ornatos agradables á la vista, de manera que además del principio constitutivo que suele ser algún óxido ó sal de plomo y de la sustancia disolvente, entra en la composición de las pinturas otro destinado á dar coloracion.

815. Las condiciones que debe llenar una pintura para emplearla como preservativo, son: 4.ª Que tenga suficiente viscosidad para que al extenderla con la brocha sobre la superficie de un cuerpo, forme una capa y conserve la uniformidad de espesor que se le dá, aun cuando sea vertical ó inclinada la posición de dicha superficie. 2.ª Que después de

aplicada, se soldifique y quede fuertemente adherida á la superficie metálica del objeto.

La esmerada pulverización de los ingredientes sólidos y la mezcla de todos en proporciones convenientes, garantiza la primera condición; la absorción del oxígeno de la atmósfera y la evaporación de los líquidos contribuye á la soldificación ó secado de la pintura.

816. Las partes sólidas, que frecuentemente entran en la composición de las pinturas, son: el albayalde, el minio, el litargirio y otros óxidos ó sales metálicas.

El aceite de linaza juega un papel muy importante como disolvente en la composición de las pinturas y barnices, por la propiedad que tiene de secar muy fácilmente; pero tanto éste como otros muchos secantes, no deben considerarse como la causa única del fenómeno que presenta la pintura al soldificarse, puesto que á tal hecho concurren otros cuerpos que modifican dicha propiedad en circunstancias determinadas.

La esencia de trementina es el mejor disolvente de las resinas y el agente más propio para dar fluidez á las pinturas preparadas con aceite.

817. En la imposibilidad de enumerar las muchas recetas propuestas para estas preparaciones, citaremos la siguiente, propia para pintar de negro el hierro.

Albayalde.....	0,5 kg.
Litargirio.....	4,0 »
Negro de humo.....	3,5 »
Aceite de linaza.....	5,0 litros.
Esencia de trementina.....	0,5 »

Otra composición aplicable á todos los metales es la de

Litargirio.....	4 kg.
Tierra de sombra.....	3 »
Aceite de linaza.....	400 »

cuyas sustancias se mezclan en una caldera, se hacen hervir durante doce horas, añadiéndoles después de cinco horas de ebullición un kilogramo de extracto de campeche y otro de aceite de coco.

818. Modernamente se ha propuesto el empleo de los colores llamados *al silicato*, cuya base es una sílice natural de origen acuoso con pequeñas dosis de óxido férrico, de alúmina y magnesia, y que posee la

finura y consistencia designada con el nombre de impalpable. El disolvente empleado es el aceite de linaza por no haberse encontrado hasta el día otro superior.

Los colores al silicato presentan sobre los otros la ventaja de ser más permanentes, de más cuerpo y menos higrométricos. Atribúyese el buen resultado de estas pinturas á una especie de acción petrificante que determina sobre los objetos, una capa de naturaleza parecida á la de las piedras.

Los puentes, los buques y los faros de hierro, se pueden preservar con esta pintura, que resiste más que las otras á la acción del sol, de la lluvia y del agua del mar.

819. Barnices.—Con este nombre se distingue un género de pintura con base resinosa ó gomoresinosa, que, extendida sobre la superficie de los cuerpos, queda después de la evaporación ó desecación del líquido disolvente, formando una capa sólida, lisa y brillante, susceptible de lavarse.

Los barnices grasos ó al aceite son destinados para los objetos de palastro, hoja de lata, cobre y latón, tales como lámparas, bandejas y demás utensilios de uso común.

820. El ambar amarillo y las diferentes especies de copal, son las sustancias sólidas resinosas, que, en unión con la esencia de trementina y el aceite de linaza, entran en la composición de los barnices grasos. La receta siguiente corresponde á un barniz negro para los metales.

Copal semiduro.....	1,00 kg.
Betún de Judea.....	1,25 »
Esencia de trementina.....	2,00 »
Aceite de linaza.....	4,00 »

821. También es costumbre hacer uso de los barnices en las piezas que ya han sido pintadas con objeto de endurecer y alisar algún tanto la superficie.

822. Manera de aplicar las pinturas.—Esta operación manual no ofrece ninguna dificultad, pues se reduce á tomar con una brocha una pequeña cantidad de pintura y aplicarla sobre la superficie que se quiere recubrir, extendiéndola, pasando y repasando la brocha varias veces para que la capa adherida tenga un espesor uniforme; pero

antes deben limpiarse las piezas, despojándolas de los óxidos, residuos de pinturas anteriores y materias extrañas que se opongán al íntimo contacto del metal con la capa preservadora.

Generalmente después de limpios y gratados los objetos, se les prepara con una capa de albayalde ó de minio, y cuando ésta se ha secado, aplícase la primera mano de la composición designada al efecto.

823. La aplicación de los barnices, ya sea directamente sobre el metal, ya sobre otras pinturas, ejecútase de igual manera con el auxilio de brochas; sin embargo, la especial composición de algunos barnices requiere que las piezas estén calientes para que intimen mejor las partes resinosas.

824. Inconvenientes. Las pinturas y barnices no dan buen resultado como preservativos, más que entre ciertos límites; porque la capa que forman nunca se adhiere tan íntimamente al metal que no esté expuesta á descascararse. La eficacia de las pinturas es de corta duración y deben renovarse con frecuencia, lo que en muchos casos exige gastos de consideración, y en otros, como cuando los objetos están enterrados, es imposible realizarlo.

Por otra parte, el menor defecto de continuidad da acceso al oxígeno, y la oxidación se extiende lateralmente por debajo de la capa de pintura, que lejos de servir de preservativo, favorece y oculta, en este caso, los progresos del orín.

APLICACIÓN DE UN METAL SOBRE OTRO.

825. Ideas generales.—Si una pieza metálica se cubre con una capa de otro metal, se obtiene un conjunto que conserva la forma y dimensiones de aquella y goza de propiedades inherentes á ambos metales.

La citada capa no se adhiere sólidamente mientras no haya combinación entre los dos metales yuxtapuestos, y para conseguir la adherencia cuando dichos metales no puedan alearse, se necesita el concurso de un metal intermedio que tenga afinidad con los otros dos.

Los metales que, como el estaño, zinc, plomo, cobre, níquel y platino, tienen la propiedad de alterarse muy poco en contacto del aire húmedo,

son los que la industria emplea para recubrir á otros más oxidables, proporcionándoles la inalterabilidad que necesitan.

El cobre es impropio para recubrir las piezas que han de estar en contacto con materias grasas, porque estas sustancias le atacan; así es, que los objetos de dicho metal necesitan á su vez la protección de otro que sea inalterable.

La plata y el oro pueden emplearse también con el mismo fin, pero el elevado precio de estos metales limita su aplicación á los casos en que se pretenda mejorar las condiciones y aspecto de los objetos, aumentando su valor.

826. Los diferentes procedimientos, que se emplean para aplicar una capa de un metal sobre otro, pueden dividirse en cuatro clases: 1.^a *por fusión*; 2.^a *por la vía húmeda*; 3.^a *por presión*, y 4.^a *por la acción galvánica*. No son aplicables á todos los casos los cuatro medios enumerados, porque las propiedades de los metales, las condiciones de las piezas y la economía de la operación, influyen de diversos modos en el resultado.

827. Cualquiera que sea el procedimiento que se emplee para recubrir los cuerpos con otra capa metálica, es necesario prepararlos con antelación para que el metal protector se una íntimamente. La preparación consta de dos partes: una, que tiene por objeto despojar á las piezas de las materias estrañas y de los óxidos adheridos, y otra con el fin de *avivar* las superficies que se acaban de limpiar, esto es, ponerlas en estado análogo al que se llama en química *estado naciente*. La limpieza se practica ordinariamente con auxilio del polvo de esmeril, aceite, piedra pómez, cepillo de alambre, etc.; y el avivado tiene lugar sumergiendo las piezas en una disolución ácida, en la que permanecen más ó menos tiempo para que el ácido ataque al metal y produzca asperezas que favorezcan la combinación y la adherencia.

828. Estañado del hierro y del acero.—La protección del hierro por el estaño es una operación que se realiza facilmente porque ambos metales son susceptibles de producir una aleación que hace las veces de soldadura.

El procedimiento que se usa en la industria es el de fusión, semejante en un todo á la fabricación de la hoja de lata. Los objetos, después de

bien limpios, se avivan sumergiéndolos durante algunos minutos en una disolución de ácido clorhídrico á 25° en seis veces su peso de agua; sécanse en hornos calentados al rojo oscuro y se introducen inmediatamente en grasa fundida antes de darles el baño metálico. Al cabo de una hora se sacan de la grasa y se introducen en estaño fundido que contenga $\frac{1}{70}$ de cobre, en el que permanecen próximamente hora y media para que se forme una verdadera aleación de hierro y estaño en todos los puntos, y la superficie quede completamente cubierta.

Retirados del baño los objetos, colócanse sobre una rejilla de hierro para que escurran el estaño sobrante; alguna cantidad de éste se solidifica formando un cordón ó bolsa en la parte inferior, pero se hace desaparecer con una elevación rápida de temperatura en otro baño de estaño más fluido y más puro.

829. Se evita la oxidación de los baños, aislando la superficie libre del metal fundido con una capa de sebo.

830. Para que el estañado sea bueno, es necesario que toda la superficie del objeto quede recubierta, de lo contrario, el hierro se oxidaría por los puntos descubiertos y la alteración se propagaría al interior con mayor rapidez que en las condiciones ordinarias, porque el contacto de los dos metales determina una corriente voltáica que acelera la oxidación.

831. La presión ejercida por los laminadores se utiliza para sobreponeer láminas delgadas de estaño en las placas de hierro; pero tal presión debe ser muy enérgica y grande la temperatura desarrollada en el trabajo, para que se inicie un principio de fusión que favorezca la unión.

832. El estaño, lo mismo que el plomo, presenta dificultad para reducirse por la acción galvánica; así es, que apenas tiene aplicación dicho procedimiento en los objetos de hierro y acero.

833. Estañado del cobre.—Se aplica principalmente á las cacerolas y demás utensilios que sirven para la preparación de alimentos, porque el cobre en contacto con los ácidos y materias grasas se altera fácilmente formando sales venenosas. La operación de estañar una vasija de cobre se verifica vertiendo el estaño fundido en el interior, después de espolvorear con colofonia ó con sal amoniaco la superficie, y agitándolo rápidamente para que se extienda por todas las partes; operación que se repite cuantas veces sea preciso, hasta que toda la superficie que se desea

preservar quede cubierta con una capa uniforme de estaño. Las partes que no deben estañarse se aíslan con una capa de arcilla.

La aleación compuesta de

Estaño.....	9,00 kg.
Níquel.....	0,56 »
Hierro.....	0,38 »

ofrece tales condiciones de dureza, inalterabilidad y adherencia, que presenta grandes ventajas para el estañado del cobre; y para aplicarla se funde con bórax y vidrio pulverizado.

834. El estañado de los utensilios de cobre por el procedimiento galvánico, que ha adquirido alguna importancia en los Estados Unidos, se practica sumergiendo los artículos en una vasija que contiene:

Protocloruro de estaño.....	900 gramos.
Sosa.....	900 »
Acido tártrico.....	620 »
Agua destilada.....	30 litros.

en cuya disolución permanecen más ó menos tiempo según el espesor que deba adquirir la capa de estaño. Las piezas que se estañan se ponen en comunicación con el electrodo negativo de la pila durante la inmersión y se une al positivo un pedazo de estaño que se sumerge también en la disolución.

Después de terminar la operación, se exponen á un fuego vivo los objetos estañados para abrillantar la superficie.

835. Estañado de la fundición de hierro.—El estaño puro se aplica con dificultad sobre la fundición de hierro y no se adhiere suficientemente para formar un conjunto verdadero. La aleación mencionada (833) para el cobre, da resultados más satisfactorios, sobre todo cuando la pieza se ha colado en moldes metálicos.

836. Protección del hierro por el zinc.—Para recubrir con zinc los objetos de hierro, se procede de un modo análogo á la operación del estañado: se limpian y desoxidan perfectamente las piezas; introdúcese en una disolución de amoníaco (que hace las veces de fundente), y se sumergen después en un baño de zinc fundido, del cual se sacan pronto y se meten en agua para que se desprenda el zinc sobrante.

El producto obtenido presenta ventajas sobre el hierro estañado, y

aun cuando el zinc es susceptible de alterarse en el aire húmedo y en el agua, la oxidación constituye una capa permanente semejante á un barniz que preserva la pieza de mayor alteración.

Cuando los objetos que se desean *zincar* son de gran tamaño, se calientan de antemano para que no ocasionen descenso en la temperatura del baño de zinc.

837. Las aplicaciones de hierro zincado, conocido aunque impropriamente con el nombre de *hierro galvanizado*, son numerosas: las cubiertas de los edificios, los clavos y los herrajes de los barcos, los hilos telegráficos y otros muchos objetos, se preservan por este medio de la acción de los agentes atmosféricos; medio muy eficaz aunque el espesor de la capa protectora sea muy pequeño, porque la pérdida ó destrucción del zinc en el trascurso del tiempo es extremadamente débil, como se ha comprobado en las experiencias practicadas con planchas de hierro galvanizado, que durante muchos años habían formado parte de la cubierta de un edificio.

838. La operación de zincar el hierro puede hacerse también con la intervención de la electricidad. A este fin, introdúcese los objetos en un baño de sulfato de zinc, poniéndolos en comunicación con el polo negativo de la pila ó de una máquina dinamoeléctrica de mucha fuerza, y se sumergen en el mismo baño lingotes ó chapas de zinc que se enlazan con el polo positivo.

839. Los objetos adquieren un aspecto semejante al del mármol, si después de galvanizados se calientan rápidamente en un horno hasta que el zinc experimente un principio de fusión.

840. Protección del hierro por el plomo.—El plomo se emplea también, algunas veces, en sustitución del estaño y del zinc para preservar el hierro. Los productos que se obtienen cuando el plomo se aplica sobre el palastro, son muy apropiados para cubiertas de edificios.

La operación de *emplomar* se practica por fusión como las anteriores; pero como la temperatura á que se liquida el plomo, aun cuando esté ligeramente aleado con el estaño, descompone rápidamente las sustancias grasas, es necesario emplear un *flujo* de sal amoniaco ó de cloruro de zinc para impedir la oxidación del metal fundido.

Entre los compuestos del plomo, propuestos para preservar al hierro,

la aleación de siete á ocho partes de plomo por una de zinc da muy buenos resultados, y las chapas cubiertas con ella se prestan mejor que la hoja de lata para ciertos usos. Esta aleación presenta un interés especial para España por ser el plomo un metal que tanto abunda en nuestro país.

841. Protección del hierro por el cobre.—Se recubre con cobre el hierro forjado, calentando éste y sumergiéndolo por espacio de algunos minutos en un baño de aquél. La elevación de temperatura que requiere la operación, exige algunas precauciones que dificultan los trabajos.

La unión de la capa de cobre con el hierro es tan íntima, que se pueden martillar y laminar las planchas preparadas sin temor á que se destruya su adherencia.

842. El procedimiento de la *vía húmeda*, que no se ha mencionado hasta aquí, tiene aplicación en el caso presente. Así, introduciendo los objetos de hierro en una disolución cuprosa, se cubren, en poco tiempo, de una capa adherente de cobre metálico, cuyo espesor aumenta gradualmente. La limpieza y avivado de las superficies debe hacerse en este caso con mucho esmero para favorecer la formación del depósito.

Para preparar la disolución, se precipitan 35 partes de sulfato de cobre por la sosa cáustica, bajo la forma de óxido hidratado; añádense á este óxido de cobre 150 partes de tartrato de potasa ó de sosa disueltas en 1000 de agua, y se agregan por último 60 partes de sosa cáustica. A medida que el baño se empobrece, se añaden nuevas cantidades de óxido de cobre preparado de igual modo.

843. El galvanismo es otro de los medios empleados para recubrir con cobre los objetos de hierro, haciendo uso de uno de los baños siguientes:

1.º.....	{	Sulfato de cobre.....	20 partes.
		Acido sulfúrico.....	8 »
		Agua destilada.....	100 »
2.º.....	{	Cianuro de potasio.....	40 partes.
		Id. de cobre.....	4 »
		Agua destilada.....	100 »

Como el procedimiento tiene aplicación á gran número de metales,

vamos á considerarlo de un modo general, aunque ya en los números 834 y 838 se han apuntado algunas ideas.

844. Procedimiento galvánico.—Sabido es, que el arte de la galvanoplastia está fundado en la propiedad que tienen las corrientes eléctricas, desarrolladas por las pilas ó por las máquinas dinamoeléctricas, de descomponer las disoluciones metálico salinas en dos partes: el metal que va á depositarse al electrodo negativo y el ácido y el oxígeno que pasan al electrodo positivo. La solución del problema de depositar un metal sobre objetos metálicos de cualquiera clase, consiste por lo tanto, en disolver el metal en vehiculos convenientes; sumergir los objetos que se van á recubrir, poniéndolos en comunicación con el polo negativo, é introducir en la disolución el electrodo positivo, poniendo en actividad la máquina ó la pila.

845. La operación dará buenos resultados si se tiene presente:

- 1.º Las disoluciones ó baños que se usen deben ser buenos conductores de la electricidad.
- 2.º Los elementos electronegativos de las disoluciones, es decir, los cuerpos que son trasportados por la corriente al polo negativo, no deben ejercer acción sobre las piezas metálicas que allí se colocan para recibir el depósito.
- 3.º Los baños no deben contener ningún elemento que pueda atacar al metal de las piezas sometidas á la operación.
- 4.º Únicamente el metal que ha de depositarse debe ser precipitado por la acción galvánica.
- 5.º Es conveniente que no varíe el grado de concentración del baño durante la operación; lo que se consigue colgando del polo positivo algunas planchas ó láminas del metal que se precipita, para que se disuelva á medida que el de la disolución se deposita sobre los objetos.

846. La consistencia y el espesor de la capa dependen del tiempo que dura la inmersión y de la naturaleza del metal que se precipita; y la intensidad de la corriente, el grado de concentración y conductibilidad de la disolución, y la temperatura, influyen también en el resultado.

847. Los productos obtenidos presentan una capa muy adherida de espesor uniforme, cual conviene para que no se pierdan las formas primitivas; circunstancia que es muy favorable cuando se trata de

preservar de la intemperie las estatuas y otros objetos de ornamentación.

El metal depositado por la acción galvánica resulta mate y es susceptible de pulimento.

848. Para determinar la cantidad de metal depositada, ó sea el espesor de la capa sobrepuesta, y suspender la operación en el momento preciso, se cuelgan las piezas, una vez sumergidas en el baño, del brazo de una balanza, y en el platillo del otro brazo colócanse los pesos necesarios para establecer el equilibrio; añádese en seguida un peso adicional que represente la cantidad de metal que se quiere precipitar y cuando se restablezca el equilibrio de la balanza se conseguirá el objeto deseado.

849. Protección de la fundición de hierro y del acero por el cobre.—La falta de homogeneidad de la fundición de hierro y la poca igualdad de su superficie, obligan á recubrirla con una capa de cobre de gran espesor, á no ser que se la prepare previamente por medio de un barniz y plombagina que deja la superficie más unida y favorece la continuidad del depósito de cobre.

Lo dicho para el hierro dulce, en los procedimientos galvánicos y de inmersión, es aplicable al acero.

850. Niquelado.—El estudio completo de la metalurgia del níquel, hecho en estos últimos años, ha evidenciado que puede depositarse con facilidad en capas delgadas sobre los demás metales por la vía galvánica, y dadas las condiciones de inalterabilidad y belleza de este metal, se han creado talleres especiales para niquelar en grande escala. Entre los metales que hoy se recubren con níquel, se encuentran el hierro, el acero, la fundición, el cobre, el estaño, el plomo, el zinc y las aleaciones, no solamente en piezas de pequeñas dimensiones sino también en las grandes que forman parte de las máquinas y entran en las construcciones.

851. La operación preliminar de preparar las piezas para recibir la capa de níquel, se hace de la manera siguiente: las de hierro, acero, fundición, etc., se desengrasan con agua cargada de potasa y cal, se frotan después fuertemente con un cepillo y se lavan en agua pura; y los objetos de cobre, bronce, latón ó de cualquiera otra liga de cobre, se sumergen además en una disolución ácida para atacar ligeramente su superficie.

Los baños electroquímicos generalmente adoptados son los propuestos por el *Dr. Adams* de Bostón, que contienen cloruro doble de níquel y amoníaco, ó sulfato doble de níquel y amoníaco en la proporción de 70 á 80 g. por litro de agua. La descomposición de estas sales se opera con gran facilidad por la corriente galvánica, cuya intensidad debe ser mayor cuando se pretenda níquelar hierro, acero, fundición ó zinc.

El tiempo que los objetos permanecen en el baño es comunmente de dos á cuatro horas, según sea el espesor que deba alcanzar la capa de níquel, y la disolución debe mantenerse neutra y con el mismo grado de concentración durante este periodo.

Los baños calientes dan un brillo particular al níquelado, pero el metal depositado no alcanza la solidez que adquiere cuando se opera á la temperatura ordinaria; por cuya razón, es conveniente manipular en frío y concluir la operación sometiendo por algunos minutos las piezas á la acción galvánica en un baño caliente, si se quiere que la capa de níquel esté sólidamente adherida y que aparezca brillante.

Cuando las piezas salen del baño electroquímico, se sumergen en otro de agua caliente y después se secan entre aserrín, pulimentándolas por último, si fuese necesario.

852. Se pueden níquelar por inmersión las piezas de hierro y de acero en un baño calentado hasta la ebullición que contenga de cinco á diez por ciento de zinc, tan puro como sea posible, y la cantidad suficiente de sulfato de níquel para que el líquido tome el color verde intenso: el níquel se precipita, formando una capa brillante sobre todos los puntos en que la superficie del objeto no está oxidada ni grasienta. La duración de la inmersión es de media á una hora; aunque se prolongase mucho más tiempo la operación, no se llegaría á obtener una capa de níquel de espesor mucho más considerable; debiendo siempre tenerse cuidado de agregar agua á medida que se evapora la del baño.

Cuando la superficie del objeto queda enteramente cubierta de níquel, se extrae del baño para lavarlo con agua y creta, y después se seca con cuidado.

853. Las piezas níqueladas, especialmente las que han sido bruñidas, presentan un aspecto muy agradable y son de color blanco brillante con un ligero viso amarillento.

854. El níquelado será bueno, siempre que el cloruro de zinc empleado no contenga ningún metal precipitable por el hierro y que el sulfato de níquel sea lo más puro posible. Si el líquido aparece de color verde pálido, durante la operación, por efecto de la precipitación del níquel, se añaden nuevas cantidades de sulfato, hasta que la coloración verde sea intensa.

855. Los objetos de cobre y latón se cubren en pocos minutos de una capa adherente y muy blanca de níquel casi puro, cuando se introducen en un baño preparado con estaño granulado, tártaro y agua, y al que se le agrega pequeña cantidad de óxido de níquel enrojecido, después de calentado hasta el hervor.

856. Dorado de los metales.—El dorado sirve también para proteger á los metales contra las influencias de los agentes exteriores, y el procedimiento empleado á este fin, puede ser cualquiera de los enumerados (826).

857. La gran maleabilidad del oro permite obtenerlo en láminas extremadamente tenues, muy propias para superponerlas á los objetos que se intenten dorar, por medio de una sencilla operación mecánica; pero rara vez se usa tal procedimiento en el dorado de metales por la poca duración que ofrece el resultado.

858. El dorado por inmersión se lleva á cabo introduciendo los objetos, convenientemente preparados, en una disolución alcalina de oro á la temperatura de ebullición, en la que no se hacen permanecer más de medio minuto, porque después de este tiempo aumenta muy poco la capa delgada de oro depositada en la superficie del objeto. Este procedimiento, sencillo en extremo, se aplica solamente á las piezas pequeñas de cobre y acero.

859. El acero bruñido adquiere una apariencia muy bella, dorándolo por medio de una disolución de oro en éter. La disolución de oro en agua regia se disuelve nuevamente en agua destilada después de haber expulsado, por evaporación lenta, todo el exceso de ácido, y se mezcla con una cantidad crecida de éter sulfúrico. La disolución así preparada se deja reposar algunas horas, y queda en disposición de utilizarla para bañar los objetos de acero.

860. El dorado por medio del mercurio, que tiene principalmente

aplicación á la plata, á los bronce y á los latones, se practica extendiendo la amalgama de oro sobre la superficie de las piezas y volatilizándolo el mercurio después que haya atacado las primeras capas metálicas.

La amalgama de oro se toma en pequeñas cantidades con una grata de latón y se aplica en todos los puntos de la superficie de la pieza que se quiere dorar, previamente mojada con una disolución de nitrato de mercurio. En este estado, se lava, seca y expone al fuego la pieza, para que se volatilice el mercurio; se vuelve á lavar después en agua de vinagre y limpiase cuidadosamente con la grata. Si se conceptúa que el espesor del oro adherido no es el suficiente, se repite la operación cuantas veces sea preciso.

El hierro y el acero toman mal el dorado por amalgamación, pero se facilita la aplicación del oro recubriendo previamente dichos metales con una ligera película de cobre.

Las piezas de cobre sometidas á la citada operación toman cierto color negruzco que las hace desmerecer.

861. Los inconvenientes inherentes al uso del mercurio en las manipulaciones se manifiestan en el indicado procedimiento.

862. El procedimiento galvánico es un excelente medio para dorar los metales; se ha generalizado mucho y presta grandes servicios. El oro aplicado en películas muy delgadas constituye un preservativo contra la oxidación y en capas más gruesas resiste bastante tiempo el desgaste.

Los baños admitidos para dorar por tal medio son muchos, de los que citamos los siguientes como mejores:

1.....	{	Cianuro de potasio.....	40 partes.
		Id. de oro.....	4 »
		Agua destilada.....	400 »
2.....	{	Cianuro de potasio.....	45 partes.
		Cloruro doble de oro y potasio..	4 »
		Agua destilada.....	400 »

La operación se realiza á una temperatura constante de 15 á 20°, y los objetos permanecen en el baño más ó menos tiempo, según deba ser el espesor de la capa de oro, teniendo presente que la precipitación de este metal es regular y proporcional al tiempo de la inmersión.

El dorado galvánico se aplica con facilidad á la plata, al cobre, á los bronce y á los latones; pero para dorar el acero, el hierro, el zinc, el estaño y el plomo, es necesario depositar primero una capa de cobre para que el oro se adhiera con solidez.

863. Plateado.—Todo lo que se ha dicho sobre los procedimientos para dorar, puede extenderse en principio al *plateado*.

El método de mayor aplicación para platear es el galvánico, y entre los baños empleados á este fin, citaremos los siguientes:

1.....	{	Cianuro de potasio.....	40 partes.
		Carbonato de plata.....	1 »
		Agua destilada.....	100 »
2.....	{	Cianuro de potasio.....	40 partes.
		Ferrocianuro de plata.....	1 »
		Agua destilada.....	100 »

864. Platinado.—Para platinar por galvanismo se puede emplear la disolución que sigue:

Yoduro de potasio.....	40 partes.
Cloruro de platino seco.....	0,50 »
Agua destilada.....	100 »

Las preciosas cualidades del platino le hacen muy á propósito para preservar á los demás metales, habiendo demostrado los estudios comparativos que con una pequeña cantidad del metal se puede recubrir una gran extensión superficial.

865. Ventajas é inconvenientes.—Los preservativos que se acaban de señalar presentan la ventaja de ser más permanentes que las pinturas, y dan mayor dureza superficial y mejor aspecto á los objetos; pero son en general costosos y solamente son aplicables á las piezas de dimensiones relativamente pequeñas. Además, exigen una limpieza muy esmerada, porque de ella depende la eficacia del preservativo. Los depósitos metálicos aumentan el peso de los objetos y en algunos casos alteran algo los contornos.

PAVÓN.

866. Procedimiento de Barff.—Entre los medios ideados para preservar de la oxidación al hierro, al acero y á la fundición, el *pavón* es el que reúne mejores condiciones, debiéndose al ingeniero inglés Mr. Barff los primeros adelantos en este ramo de la industria.

Los efectos progresivos del orín son debidos á la naturaleza esponjosa é inestable de los óxidos (810) que se forman espontáneamente sobre la superficie del hierro, cuando un pedazo del metal se encuentra expuesto á la acción del agua ó del aire húmedo en las condiciones ordinarias; pero si la reacción tiene lugar á una temperatura elevada, se produce otro óxido que no se altera en el aire húmedo y resiste á la acción de muchas sustancias corrosivas. Este *óxido magnético*, caracterizado por su color gris negro, es más duro que el hierro de que procede y es susceptible de adherirse á él con mayor fuerza que la de cohesión de este metal, de manera que las piezas de hierro recubiertas de óxido magnético, no solamente quedan inalterables, sino que ganan en condiciones mecánicas.

867. Las piezas de hierro expuestas durante cinco horas á la acción del vapor de agua sobrecalentado, en una cámara que se mantiene á la temperatura de 260° C. $^{\circ}$, se cubren de una capa de óxido magnético que las preserva algún tanto de la humedad y resisten al papel de esmeril. El espesor de la capa de óxido aumenta con la temperatura del vapor y con el tiempo que dura la exposición; si la oxidación se efectúa á 650° C. $^{\circ}$ por espacio de seis á siete horas, se obtiene un revestimiento que preserva indefinidamente á la pieza en el agua y en el aire, y resiste á la lima.

868. El procedimiento ideado por el ilustre profesor Barff consiste en someter las piezas, calentadas al rojo, á la acción del vapor sobrecalentado hasta 700° C. $^{\circ}$ próximamente. El vapor se descompone en contacto de los objetos metálicos y los recubre de una capa de óxido magnético tanto más gruesa cuanto más prolongada sea su acción. La oxidación no altera la superficie del hierro, excepto en que cambia su color volviéndole negro.

Tal procedimiento, que requiere algunas precauciones, como la de

evitar que se introduzca aire con el vapor para que el exceso de oxígeno no perjudique la adherencia del óxido magnético, es aplicable al hierro, al acero y á algunos objetos de fundición.

869. Procedimiento de Bower Barff.—Cuando el procedimiento indicado empezaba á tomar carácter industrial en estos últimos años, otro nuevo descubrimiento debido á MM. Bower, padre é hijo, ha venido á mejorarlo notablemente. Este medio de pavonar consiste en determinar la formación del óxido, haciendo obrar sobre las piezas enrojadas un exceso de aire sobre el necesario para la combustión del óxido de carbono.

Los objetos se introducen en un horno de reverbero, á donde llegan los gases combustibles procedentes de los gasógenos, ya aislados, ya mezclados con variable cantidad de aire caliente. Los gases entran al principio mezclados con la cantidad necesaria de aire para la combustión, hasta que las piezas toman la temperatura del rojo cereza, en cuyo momento se aumenta la entrada del aire para que provoque la formación del sexquióxido de hierro, y al cabo de unos veinte minutos se cierra dicha entrada y no se introducen en el horno más que los gases combustibles, para que, durante este último período de media hora, exista una atmósfera que contribuya á la formación del óxido magnético, reduciendo el oxígeno del sexquióxido. La capa de óxido magnético se aumenta á voluntad repitiendo estas dos operaciones; pero debe tenerse cuidado que la última sea siempre una reducción.

Quando se retiran del horno las piezas, se hallan cubiertas de una capa uniforme de color gris azulado y presentan superficialmente las mismas desigualdades que antes de pavonarlas.

Las experiencias practicadas con las piezas de hierro, acero y fundición sometidas á este tratamiento, han dado excelentes resultados y han comprobado que resisten á la acción destructora de los agentes atmosféricos y de los ácidos débiles. Si la capa de óxido magnético presenta alguna solución de continuidad, el orín se localiza al punto descubierto.

870. La elevación de temperatura solamente determina en las piezas de hierro y acero la formación de una capa muy delgada de este pavón, que se considera como preservativo suficiente en muchos casos.

Los colores que adquiere el pavón en las piezas bruñidas varían con el

grado de calor, y son los que hemos llamado (545) colores del revenido.

Los muelles, las agujas, algunas herramientas y otra multitud de objetos pequeños de acero, se expenden en el comercio con un color más ó menos azulado que adquieren en el revenido y les sirve de pavón.

871. El pavón producido por el óxido magnético no perjudica á la resistencia, y queda adherido al metal, aun cuando se sometan las piezas á esfuerzos de tracción ó de compresión, mientras no se rebase del límite de elasticidad.

Antes de adquirir el cúmulo de conocimientos y detalles que constituyen la verdadera práctica del taller, sin los que las aplicaciones no pueden tener carácter industrial, ha habido necesidad de salvar una multitud de dificultades, como puede preverse, para hacer prácticos los procedimientos mencionados; pues éstos, como todo trabajo análogo, presentan inconvenientes de ejecución, á no ser que se encomienden á manos experimentadas.

872. El procedimiento de Bower Barff es aplicable á una multitud de objetos, y es sumamente económico; así es, que está llamado á prestar grandes servicios en la industria.

873. Pavón por medio de ácidos.—La fundición de hierro se preserva también por el siguiente procedimiento: trátanse las piezas por el ácido clorhídrico diluido que tiene la propiedad de disolver el hierro, dejando en la superficie una capa de grafito homogéneo, perfectamente adherido; se lavan después en agua caliente ó fría y mejor con vapor, hasta que desaparezca el cloruro de hierro formado exteriormente; se dejan secar inmediatamente, y báñanse, por último, en una disolución de resina en esencia de petróleo. La esencia se evapora y la superficie metálica queda cubierta de una capa susceptible de ser esmaltada.

874. Las piezas de acero y de hierro forjado se pavonan formando por medio de una disolución ácida, una capa adherente de óxido de espesor uniforme, resistente á los rozamientos y choques é inalterable por influencias atmosféricas.

Diversas son las tinturas ó disoluciones empleadas, con objeto de pavonar, variando las manipulaciones necesarias para aplicarlas, con arreglo á su composición y al aspecto que se desea dar á las piezas. La receta reglamentaria en España para pavonar los cañones de fusil es la siguiente:

Sulfato de cobre (piedra azul).....	68 gramos.
Alcohol.....	136 »
Deutocloruro de mercurio (sublimado co- rosivo)	22 »
Disolución alcohólica de cloruro de hierro (tintura de acero).....	180 »
Éter nítrico (espíritu de nitro dulce).....	136 »
Acido nítrico (agua fuerte).....	68 »
Agua destilada.....	390 »

TOTAL..... 4.000 gramos.

La disolución citada se aplica con una esponja ó con una brocha sobre la pieza que se pretende pavonar, previamente limpiada y desengrasada, dejándola secar después á la temperatura de 18° á 24° para dar lugar á que sea atacado el metal. Trascorridas algunas horas, se sumergen las piezas durante diez minutos en una caldera de agua hirviendo con algunas gotas de amoniaco, y después de enfriarse, frótanse fuertemente con una grata de alambre de latón, para que se desprenda la parte de óxido que no esté sólidamente adherido.

El espesor de la capa preservativa se aumenta con tres ó más baños, aplicados de una manera idéntica al primero; trabajo que se completa limpiando la pieza, después de cada gratado, con una esponja empapada en agua destilada para dar al pavón mayor brillo. Cuando las piezas han tomado el matiz apetecido, se sumergen por dos veces, con intervalo de media hora, en una disolución de 10 g. de sulfato de potasa en 100 de agua para contener la acción disolvente de los ácidos que impregnan la capa de óxido.

875. Pavón natural.— Algunos metales como el cobre, el zinc, los bronces, etc., se recubren cuando están expuestos largo tiempo á las influencias atmosféricas, de una película de óxido fuertemente adherida é inalterable que constituye un verdadero pavón ó pátina (42). Por esta razón los objetos contruidos con dichos metales no exigen otro preservativo, y por regla general no se les somete en la industria á los procedimientos mencionados.

MADERAS.

CAPÍTULO VI.

CONSIDERACIONES SOBRE LAS MADERAS.

ARTÍCULO 1.º

CONSTITUCIÓN DE LA MADERA.

876. Naturaleza y estructura.—El estudio de las diversas operaciones á que se someten las maderas para darles forma y emplearlas en las construcciones y en las artes, requiere, como necesario preliminar, un conocimiento de la primera materia que sirva de base á las explicaciones: creemos conveniente, por lo tanto, desarrollar algunas ideas relativas á la naturaleza, estructura y propiedades de las diferentes especies de madera, para conocer bien el partido que puede sacarse en cada caso de tan preciado material; para allanar aquellas dificultades que podrian presentarse á los que carezcan de nociones tan necesarias; y con tales antecedentes, abordar más fácil y metódicamente dicho estudio, sin descender á detalles, que, desviándonos del objeto principal harian perder la claridad y riguroso método que nos hemos propuesto seguir.

877. Con el nombre general de *madera*, se designa el tejido leñoso compacto y resistente que constituye la parte más sólida de ciertos árboles.

Los vegetales que producen la madera más usada pertenecen á la clase de los *dicotiledones* (*) y su tallo ó tronco es el que proporciona mayor cantidad de *leño*.

(*) Los botánicos agrupan los seres del reino vegetal en tres grandes clases, que denominan: *acotiledones*, *monocotiledones* y *dicotiledones*, según que la semilla carezca de mamelones, tenga uno ó dos.

878. Si se examina con detenimiento un tronco cortado en dirección perpendicular á su longitud, se distinguen fácilmente varias coronas concéntricas, de color variable desde el centro á la circunferencia, que constituyen el leño ó *duramen*, así como también la *albura* y la *corteza*.

El duramen ó zona interior, que comprende gran número de coronas concéntricas, está formado de un tejido compacto con gran cantidad de fibras dispuestas en dirección de la longitud del árbol, constituyendo la madera propiamente dicha. En el centro hay un vaso ó *estuche medular*, de consistencia esponjosa, apenas visible en muchos casos, que sirve para la nutrición del tejido trasversal llamado *radios medulares*; cuyo tejido enlaza las fibras longitudinales.

La albura ó corona que rodea el duramen, se distingue fácilmente por su color más claro; está compuesta de un tejido blando y húmedo por el que principalmente asciende la savia que nutre al vegetal. La abundancia de jugos fermentables y la escasa solidez de esta zona la hacen impropia para utilizarse como madera.

La corteza, ó zona exterior que recubre el tronco, es de naturaleza semileñosa semiherbácea, preserva al vegetal é impide el derrame de los jugos nutritivos. La parte blanquecina interior de la corteza más inmediata á la albura se denomina *líber*.

879. Los árboles crecen y se desarrollan por la formación anual de una capa de albura, que se trasforma gradualmente en leño al año siguiente, en virtud de la asimilación paulatina de los elementos sólidos de la savia; evolución que se verifica en varias capas á la vez, perfeccionándose las más internas, que ganan en consistencia y pierden la mayor parte de las materias fermentables. El perfeccionamiento no es indefinido, porque desmerecen las capas más antiguas del leño entrando en putrefacción ó enfermando con el trascurso del tiempo.

880. El número de anillos concéntricos con que aparece un tronco cortado, indica la edad aproximada del vegetal.

Las capas anuales se distinguen en unas especies de árboles mejor que en otras; los anillos de las *coníferas* son mas aparentes que los de *árboles frondosos*, y apenas se percibe diferencia entre las zonas de los que crecen en las regiones tropicales, donde la vegetación es activa y continuada.

881. Examinando con un microscopio los elementos constitutivos de

las maderas para ver la disposición anatómica, y estudiando su composición por medio del análisis químico, se observa, que las diferentes especies de árboles dicotiledones varían poco en su esencia, bajo los dos aspectos.

882. Agentes que influyen en la vegetación de los árboles.—Los agentes de la vegetación y las circunstancias que modifican notablemente el desarrollo de los árboles y la calidad de su madera, son: la naturaleza y configuración del terreno, el clima, la luz, la situación, la exposición, los vientos y la acumulación de los árboles en los bosques.

883. Los árboles prosperan más ó menos, según la naturaleza del terreno en que vegetan; todas las especies crecen bien en tierra fértil, ligera, profunda y algo húmeda, que es la más apropiada para el desarrollo de los árboles; pero rara vez se destinan para bosques tales terrenos por dedicarse á otros cultivos más ventajosos.

Los terrenos compuestos de greda mezclada con tierra y aun con piedras que disminuyan la compacidad, producen en general madera fuerte; pero la vegetación es lenta.

Los terrenos exclusivamente gredosos no son buenos para plantas arbóreas, porque no dan paso al agua, ni á la acción de los rayos solares: cuando están cubiertos de una capa de tierra ó arena pueden criar árboles de buen aspecto, pero de mala madera.

En las orillas de los ríos y sitios pantanosos no prosperan más que algunas especies de árboles, como el álamo blanco; la madera que producen es mala por ser demasiado porosa y fácil de podrirse.

Los terrenos areniscos, áridos y secos, dan árboles pequeños, lánguidos, de poca vida y sujetos á enfermedades: su madera tiene poco aprovechamiento.

884. Los valles y hondonadas, por estar expuestos á una excesiva humedad y privados de la circulación del aire, tienen malas condiciones para árboles maderables.

En los bosques situados en las pendientes, los árboles pueden extender sus raíces con mayor independencia que en las llanuras; las copas se encuentran en condiciones favorables para recibir el aire y el sol, por elevarse á distintas alturas, y las aguas de lluvia no se empantanán; pero no es conveniente que la pendiente sea muy rápida porque estas mismas aguas arrastrarían la tierra vegetal y se descubrirían las raíces.

885. El calor activa la vegetación hasta cierto límite variable en las diversas especies. Las maderas procedentes de climas cálidos tienen en general, mejores condiciones para las construcciones. Las alternativas de calor y frío son muy perjudiciales en todos los climas, porque producen enfermedades y pueden ocasionar la muerte del vegetal.

886. Sabido es, que la luz es el agente principal de la respiración de las plantas, contribuyendo á la descomposición del anhídrido carbónico para que el vegetal se asimile al carbono. La cantidad de luz, que cada árbol necesita, depende en primer lugar de la especie á que pertenece: el abeto y el haya son de los que menos luz requieren, mientras que el abedul y el temblón no prosperan bien en los sitios húmbríos.

887. La situación, respecto al nivel del mar, es otra circunstancia que influye notablemente en el crecimiento de los árboles: la corpulencia de ellos disminuye á medida que la altitud del lugar aumenta y cuanto más se acentúa dicha circunstancia, los terrenos son mejores para las especies que se crían más al norte, habiéndose observado que una altitud de 200 m. produce en la vegetación los mismos efectos que 1° de latitud.

888. La exposición de los árboles al *norte* tiene la ventaja de evitar los riesgos que corren con las heladas y con las sequías del terreno. Los bosques expuestos al norte dan árboles de tronco recto y madera poco fibrosa.

Si por el contrario, la exposición es al *mediodía*, la vegetación se activa; pero los árboles corren el riesgo de las heladas tardías de primavera y de las sequías: la madera que producen es fibrosa, pero los troncos son tortuosos. Esta exposición es conveniente para los árboles propios de los países cálidos, mientras que en tales regiones, se conceptúa favorable la exposición norte.

En las vertientes al *este*, se producen árboles muy ramificados, de madera dura y buena; y por último, los expuestos al *oeste* no tienen generalmente tan buenas cualidades.

889. Los vientos, si son moderados, favorecen la vegetación porque renuevan el aire y dan elasticidad á las ramas; pero los violentos son perjudiciales porque producen sacudidas que destruyen la adherencia de los anillos anuales, y desgajan los árboles arrancándolos de raíz en algunas ocasiones.

890. Por último, la situación de un árbol respecto á los demás, influye en el desarrollo y en la calidad de la madera. Los que se crían aislados ó en el perímetro de los bosques, extienden con libertad las ramas y las raíces, y su madera es dura y repelosa; mientras que los criados en el interior de los bosques dan una madera menos fuerte, pero de fibras largas y rectas, porque privados de aire y de luz tienden á elevarse en busca de tan necesarios elementos.

891. Enfermedades de los árboles y defectos de la madera.—Las perturbaciones atmosféricas, la influencia de parásitos, la naturaleza del terreno y otras causas, algunas de ellas desconocidas, originan en los árboles enfermedades que alteran la calidad de la madera. Las que se presentan con más frecuencia son las siguientes: *grietas, ictericia, heladura, colaña, pie de gallo, goteras, nudos, verrugas, decrepitud, albura doble, plantas parásitas, insectos, desprendimiento de la corteza y caída prematura de las hojas*; de las que vamos á dar una ligera idea.

892. Grietas ó venteaduras.—La sequedad y la acción del sol y del aire, cuando obra después de grandes fríos, ocasionan grietas longitudinales y trasversales en la corteza de los árboles que dejan al descubierto el liber y aun la albura. Siempre que las hendiduras sean poco profundas, puede aprovecharse la madera cuando los árboles sean jóvenes separando la parte inmediata al defecto; pero si la enfermedad se presenta en árboles viejos, el tronco adquiere con facilidad otros vicios y se debe desistir de aprovecharlo.

893. Ictericia. Se manifiesta esta enfermedad propia de árboles caducos, por el color amarillo de sus hojas. La madera toma también un aspecto amarillento, que se torna en gris al contacto del aire y exhala un olor particular; es de mala calidad y se desecha en los talleres de importancia.

894. Heladura.—La congelación de la savia con los fríos intensos ó la desigual dilatación de los tejidos, ocasionada por los vientos ó por el calor, suelen producir una hendidura longitudinal que penetra en dirección de los radios medulares. Este defecto no altera, por sí solo, la calidad de la madera, que se denomina *pasmada* y puede utilizarse en forma de tablas.

895. Colaña.—Es una solución de continuidad entre dos capas anuales, que á veces rodea completamente el leño, cuyo defecto proviene de una separación de la corteza y se atribuye á la congelación de la savia, ó á la acción mecánica de los vientos fuertes y al peso de las nieves que han torcido el árbol. Esta imperfección no se reconoce hasta después de cortar el árbol; á no ser que se trate de averiguar la falta de continuidad de la materia, por el sonido que se produce al golpear el tronco con un mazo.

896. Pie de gallo.—Los árboles atacados por esta enfermedad presentan manchas en la corteza, grietas ó abultamientos en su superficie y algunas veces están recubiertos de plantas parásitas. Después de apeado el árbol, aparece con una ó mas grietas, que partiendo del corazón se extienden en sentido radial, y si sus paredes están cubiertas de moho, que exhala olor repugnante, es señal de podredumbre en la madera, y por lo tanto, si la parte dañada alcanza bastante longitud, no podrá emplearse aquélla en las construcciones.

Cuando solamente se presente una grieta limpia, se la distingue con el nombre de *corazón partido*; defecto que se atribuye á un exceso de sequedad y no perjudica la calidad de la madera.

897. Goteras.—Con este nombre se distingue el defecto producido por la filtración del agua en los troncos ó ramas de los árboles. Las ramas azotadas por los vientos, ó sometidas después de las nevadas á mayor peso del que pueden soportar, se desgarran, dejando aberturas por donde penetran las aguas de lluvia, que originan la alteración de la madera en un haz de fibras longitudinales, que á veces se extiende hacia el interior del árbol.

Para examinar la intensidad del defecto en los árboles en pie, se corta si es posible por su nacimiento la rama enferma, y si la parte descubierta aparece de color pardusco, es indicio de que la alteración está localizada en las capas próximas. Las vetas de color rosado ó pardusco que presentan las capas exteriores del leño y las manchas, caracterizan este defecto en las maderas.

Las podas ejecutadas con poca inteligencia pueden dar lugar también á la formación de goteras.

898. Nudos.—Los trozos cilindricos de color oscuro y diferente clase de madera, que se encuentran incrustados en el leño y alteran la

rectitud de sus fibras, reciben el nombre de *nudos*. Proviene del nacimiento de alguna rama arrancada en la juventud del árbol, que ha sido recubierto después con las capas anuales; más como éstas se adhieren con dificultad, el nudo constituye un defecto de alguna importancia. Esta imperfección es difícil de reconocer, cuando el árbol está en pie, aunque los nudos exteriores que provienen de época más reciente se distinguen fácilmente.

Los nudos son defectos puramente locales, pero inutilizan las piezas de madera cuando se encuentran en gran número.

Algunos nudos denominados de *cáscara tragada* que proceden de ramas en descomposición y que se distinguen por unas manchas blancas, son de mayor gravedad que los demás y se desechan las piezas que los contienen.

899. Verrugas, tumores, lupias, etc.—Estas enfermedades son análogas á las del mismo nombre en los animales y perjudican la calidad de la madera. Tales excrescencias se originan por la acumulación de savia en un punto determinado, por las picaduras de insectos, por la succión de plantas y por otras causas.

900. Decrepitud.—Las secas cimas de algunos árboles y la excesiva cantidad de materia leñosa indican poca fuerza asensional en la savia, y por consiguiente, la decadencia y proximidad de la muerte del vegetal. La madera que sale de tales árboles, llamada *borne*, tiene un color blanco sucio ó pardusco, si contiene humedad; desprende un olor característico; es quebradiza, y se considera impropia para toda clase de construcciones.

901. Albura doble.—Como el nombre indica, es defecto con que aparecen algunas maderas recientemente cortadas, constituido por una capa interior de albura rodeada de duramen; efecto producido por heladas que perturbaron el perfeccionamiento del tejido. Los árboles que adolecen de tal defecto, tienen propensión á ser atacados por los insectos y están expuestos á podrirse: la madera que producen rara vez tiene aprovechamiento.

902. Plantas parásitas.—Estos vegetales, que se crían en algunas cortezas, empobrecen y aceleran la muerte de los árboles cuando se desarrollan en gran cantidad; porque unos, como los musgos y lique-

nes absorben la savia, y otros, como los hongos, mantienen la humedad y perturban las funciones naturales del árbol. La madera formada bajo tales influencias se desecha generalmente.

903. Insectos.—Algunos insectos ocasionan daños de consideración en los árboles viviendo á expensas de ellos y contribuyendo á la putrefacción. La madera atacada por insectos se denomina *picada*; presenta multitud de agujeros ó canales, y despidе un olor ácido. Es escaso el aprecio que se hace de la madera picada.

904. Desprendimiento de la corteza.—Las grandes sequias, precedidas de una humedad prolongada, ocasionan alteración en la corteza de algunos árboles; la que, desprendiéndose en pedazos, deja el liber al descubierto. La madera de los árboles que han desprendido la corteza, se considera inútil.

905. Caída prematura de las hojas.—Este accidente se atribuye á un vicio del liber, á las heladas tardías, ó á la acción de un sol abrasador; la madera se forma en este caso con lentitud, pero puede utilizarse.

ARTÍCULO 2.º

CORTA DE ÁRBOLES.

906. Reconocimiento.—Los constructores adquieren casi siempre la madera desprovista de la corteza y de la albura, y muchas veces labrada en toSCO, ya sea procedente de almacenes, ya de contratas hechas al efecto. Sin embargo, en circunstancias determinadas es preciso obtener algunas piezas de madera directamente de los centros de producción, por cuya razón daremos ligeras ideas sobre el particular, sin entrar en los detalles que requiere el estudio de la explotación industrial de los bosques.

907. Antes de designar un árbol para el apeo, es necesario examinarlo detenidamente, para juzgar en primer término de las condiciones de la madera, y apreciar después la forma y dimensiones del duramen, cuya inspección debe hacerse antes de la caída de la hoja.

908. Los caracteres que, según Duhamel, debe presentar un árbol,

para que su madera se considere útil, son: 1.º Las hojas deben tener color verde intenso y vivo, especialmente las más altas. 2.º Las ramas superiores han de ser robustas, desiguales y vigorosas. 3.º La corteza del tronco ha de ser lisa y de color uniforme, y si el árbol pertenece á los que tienen corteza gruesa y resquebrajada, el fondo de las hendiduras debe aparecer sano. 4.º No deben presentar ningún síntoma que indique la existencia de alguna de las enfermedades enumeradas.

909. Después de cerciorarse de la bondad de un árbol, se examina su forma y determinanse las dimensiones, para ver si el tronco reúne las condiciones que convienen.

La cubicación de la madera aprovechable se hace por medio de las fórmulas del volumen relativo al tronco de cono, y con más sencillez por la del cilindro, tomando por base la sección media.

La circunferencia se mide con una cinta métrica, disminuyendo después prudencialmente la magnitud encontrada en lo que corresponde á la corteza y á la albura. El espesor de la corteza y de la albura, con relación al duramen, es distinto en las diversas especies, pero en general es costumbre considerarlo como la quinta parte del radio.

La fórmula

$$v = h \left(\frac{c - \frac{c}{5}}{4} \right)^2$$

en la que c representa la circunferencia medida á la altura del pecho, y h la altura del tronco, es muy empleada para determinar el volumen de madera aprovechable.

910. Si la elección del árbol tiene por objeto sacar una viga ó mástil de sección dada, se procede á dibujar ó calcular la del duramen para ver si tiene las dimensiones convenientes.

911. Epoca más oportuna para la corta — Varias son las opiniones emitidas con respecto á la estación más conveniente para el apeo de árboles: unos creen que debe hacerse en primavera y verano para que la madera se enjuge fácilmente, y otros consideran peligrosa la presencia de la savia en los tejidos, porque podría fermentar el leño y aun hendirse si se seca con rapidez. Esta última opinión es la más acep-

tada, así es que los meses de Noviembre, Diciembre y Enero, son los designados casi siempre para la corta.

912. Antiguamente se atribuía importancia á la influencia lunar, y aun hoy día algunos madereros creen que los árboles apeados en el cuarto creciente son más propensos á sufrir daños que los cortados en el menguante; pero ni la experiencia ni la razón justifican tales creencias.

913. Según los estudios experimentales de Duhamel y Buffón, la madera adquiere propiedades ventajosas cuando se hace morir el árbol en pie, descortezando su tronco: la albura se endurece al cabo de un año y el duramen aumenta por lo tanto. Sin embargo, las comparaciones que se han practicado entre este sistema y el ordinario han dado resultados dudosos. También se ha pensado en descortezar tan sólo un anillo al pie del árbol para evitar la deformación que comunmente sufre el tronco cuando se descorteza por completo.

Otros autores recomiendan que se corten las ramas con un año de anticipación, mientras que el Dr. Raimz opina por el contrario, que los árboles deben conservar sus ramas y hojas aun después de cortados, para que absorban la savia que contenga el tronco. A pesar del gran espacio que ocupan los árboles tendidos en el suelo, se sigue en Cataluña el último procedimiento.

914. Apeo.—La operación de cortar árboles maderables se practica ordinariamente abriendo incisiones en la parte inferior del tronco, bien sea por medio del hacha, ya con el auxilio de sierras.

Cualquiera que sea el procedimiento empleado para cortar un árbol, debe tomarse la precaución de atar tres ó más cuerdas á la parte superior del tronco y sujetarlas á otros árboles ó á fuertes estacas, para sostenerlo en posición vertical durante el trabajo de los hacheros ó aserradores. En el derribo conviene sostener el árbol con los vientos para que no se desvíe de la dirección en que deba caer, y para que no se maltrate en la caída, es necesario que ésta se haga sin violencia y sobre un lecho de ramaje preparado previamente en el suelo.

915. El hacha que usan los madereros, llamada *de dos manos*, es bastante pesada para facilitar la penetración del filo aguzado á doble bisel, y algunas de ellas son de dos hojas desiguales para utilizar la menor en el despojo de las ramas.

El apeo con el hacha se ejecuta abriendo una degolladura alrededor del tronco y profundizándola hasta rebasar el corazón por el lado que deba determinar la caída del árbol.

916. La sierra que se emplea para la corta de árboles es una lámina larga de acero, con dientes abiertos en uno de sus cantos y provista de mangos en sus extremos. El espesor de la lámina es algo mayor que el correspondiente á las sierras destinadas á otros usos; pero como más adelante (1002 y siguientes) tendremos que ocuparnos con más detenimiento de las condiciones generales de las sierras, prescindiremos ahora de los detalles que deberían darse sobre el particular.

El movimiento alternativo de la sierra, estando los dientes en contacto con el tronco, determina una incisión que se profundiza más y más á medida que avanza el trabajo. El mayor aprovechamiento de la madera de un árbol exige que el corte se dé lo más bajo posible, y con objeto de facilitar la operación, se hacen dos escavaciones algo profundas á los dos lados del árbol para comodidad de los aserradores.

El corte se hace ligeramente inclinado y se profundiza hasta rebasar el corazón, introduciendo cuñas en la incisión tan pronto como lo permita la anchura de la sierra, para evitar la presión que el peso del árbol ejercería sobre la hoja. Después de hecho el corte se hace otro por el lado opuesto, á fin de que la caída del árbol no desgaje el tronco, y se continúa el trabajo con precaución por uno ú otro corte, hasta que aquél quede en disposición de ser derribado.

El trabajo de la sierra se ejecuta mejor en invierno que en verano, porque el aserrín es más seco y se desprende mejor. El agua de jabón es el lubricante más conveniente que puede emplearse, porque las grasas forman con el aserrín una pasta que entorpece el movimiento de la hoja.

917. El empleo del hacha para apear los árboles es procedimiento más eficaz y práctico que el de la sierra, pero desperdicia una parte del tronco por la magnitud de la hendidura, mientras que con la segunda herramienta apenas se pierde madera.

El valor de la madera, las dimensiones de las piezas que se desean obtener y otras circunstancias, determinan el medio que debe aplicarse en cada caso.

918. Cuando haya necesidad de apear gran número de árboles, como

sucede en la explotación de bosques, se recurre con ventaja á procedimientos mecánicos para aserrar con más rapidez y seguridad: entre las máquinas construídas con este objeto, la que mejores resultados ha dado, es la Ransome.

Esta operadora consta de una sierra ligada sólidamente al émbolo de un cilindro horizontal de vapor, guarnecida de dientes inclinados y afilados por el flanco más próximo á la máquina, á fin de que muerda solamente durante el retroceso del émbolo. El cilindro se encuentra montado sobre una basa de fundición en disposición de recibir un lento movimiento oscilatorio en el plano de la sierra, para que ésta pueda avanzar en su trabajo. El vapor, producido en un generador cualquiera, se conduce á la máquina por medio de un tubo flexible, y es conveniente que la longitud de éste sea considerable, para no tener que mover el generador del vapor hasta que se hayan cortado los árboles de una gran zona.

La sierra Ransome se instala con facilidad al pie del árbol, sujetándola á él por medio de una cadena, y funciona con regularidad por la acción del vapor que produce el movimiento principal de vaivén á la herramienta, mientras que el de alimentación se trasmite manualmente por el intermedio de un husillo.

919. Parra arrancar los árboles de raíz, se puede emplear la pólvora, colocando un petardo debajo del tronco; pero este sistema, por los trabajos de excavación que requiere, no tiene ventajas para aplicarlo á la corta ordinaria de árboles.

Los efectos de la dinamita se utilizan con éxito para cortar los árboles por el tronco, dejando la sección de rotura unida é igual: basta rodear el árbol con un cartucho de dicha sustancia, para que la expansión de los gases lo derribe.

920. Hace pocos años se ha anunciado un nuevo procedimiento que quizá pueda reemplazar algún día á los usuales: consiste en enrojecer por la corriente eléctrica un hilo de platino y ceñirlo al árbol que se intenta cortar, de un modo análogo á lo que se hace para trocear el jabón con un alambre.

921. Conservación de las maderas en el bosque.—Después de derribados los árboles y despojados de sus ramas, se les corta ó trocea al largo que determinan las necesidades de su destino, en armonía

con la rectitud ó deformidad de los troncos; y preparados así, quedan en disposición de ser trasportados á los almacenes; pero ordinariamente se someten á una desecación preliminar en el bosque, aislándolos del suelo para que la humedad de la tierra y las plantas no les perjudiquen. A este fin, se apilan los *rollos* en lechos horizontales sobre polines ó calzos, de manera que dejen huecos intermedios para la circulación libre del aire, y se cubren con un techo inclinado de tablas.

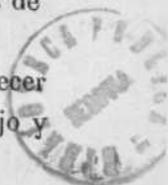
En los países cálidos se cubren los troncos con ramaje y con yerbas secas para evitar la acción perjudicial de los rayos solares, que, cuando es intensa, ocasiona una desecación rápida en la madera y ésta se hiende longitudinalmente á causa de la desigual contracción de las diferentes capas.

922. Escuadrar.—Con este nombre se designa el trabajo de labrar toscamente los troncos en forma de paralelepípedos rectangulares, cuya figura es la más apropiada para sus aplicaciones. En esta operación, que se practica en el mismo bosque y que podemos considerar anexa á la de cortar, deben desaparecer los restos de corteza y la albura, procurándose que solamente se pierda la cantidad indispensable de madera, y que el volumen del prisma resultante sea el mayor posible. Esta preparación no es necesaria cuando los troncos cortados se destinan á pilotaje, construcciones rústicas, cubos de ruedas, mástiles y demás piezas de sección circular.

923. Antes de cortar las partes del tronco que deben desaparecer es indispensable un trazado preliminar que sirva de guía en el trabajo y asegure el máximum de aprovechamiento de la madera.

El tronco MN (fig.ª 469), que se quiere escuadrar, se coloca horizontalmente descansando en el fondo de las muescas ó *cárceles* abiertas en dos ó más rollos de madera A y B, á los que se asegura con cuñas. Hecho esto, se rectifican con la sierra las secciones extremas ó *cabezas* del tronco, de manera que queden perpendiculares á la línea que se toma como eje del trazado. En las piezas rectas se fija sin dificultad esta línea, pero se necesita alguna práctica para determinarla en las que están ligeramente encorvadas, si se quiere desperdiciar poca madera.

En la cabeza menor del tronco se traza, con auxilio de reglas y escuadras, el rectángulo mayor inscrito en el perímetro del duramen, y



después de hacer girar al tronco dentro de las cárceles hasta que dos lados del rectángulo ó una diagonal queden en posición vertical, se copia en la cabeza mayor, con auxilio de la plumada y el compás, un cuadrilátero igual al primero y dispuesto de igual manera.

Al determinar dicho rectángulo, debe tenerse presente que si la sección del tronco es circular, el cuadrado es el rectángulo inscrito de mayor área, y que en la sección elíptica, el rectángulo de mayor superficie es el semejante al construido con los ejes de la elipse.

924. Marcadas ya las dos secciones rectas del prisma que se quiere obtener, se desbasta el tronco con el hacha formando á ojo cuatro chaflanes *m*, *n*, *r* y *s* (fig. ^a 170), paralelos á las caras del paralelepípedo y se marcan las intersecciones *a a'* y *c* de la cara *A C* con los chaflanes *m* y *n*, haciendo uso de una cuerda de lana teñida de almazarrón, cuyos extremos se fijan en dos vértices homólogos de los rectángulos, base del trazado.

Para descubrir el plano de la cara *A C*, determinado por las dos líneas exteriores marcadas, se corta con la sierra la madera sobrante, y si se usa hacha, se procede por trozos separados por los cortes auxiliares *b*, *d*, *c*, practicados hasta las líneas *a a'* y *c*. De igual manera se labra la cara paralela, y dando vuelta al tronco hasta que queden verticales los otros dos chaflanes, se repite lo dicho para completar el prisma.

El empleo de la sierra presenta la ventaja de poder aprovechar los *costeros* ó trozos irregulares que se separan, compuestos en su mayor parte de albura, pero tiene el inconveniente de no ser tan breve como el del hacha y exige caballetes elevados para la colocación de la madera.

925. La operación que nos ocupa no requiere gran precisión, pues su objeto principal es aligerar el peso de la pieza despojándola de la parte inútil, y generalmente no se llega á descubrir las caras del paralelepípedo máximo inscrito en el duramen porque sería fácil que se maltratasen las aristas en el transporte.

ARTÍCULO 3.º

RECONOCIMIENTO Y SECADO DE LAS MADERAS.

926. Reconocimiento.—No es fácil juzgar con precisión de las condiciones de la madera inmediatamente después de apear el árbol, porque los jugos contenidos en los tejidos ocultan algunos defectos, y otras imperfecciones solamente se manifiestan al principiar el secado; por esta razón, no es oportuno hacer desde luego una clasificación definitiva, tanto respecto á la calidad, como á la clase de obra á que se destine este material. El reconocimiento, clasificación y valoración de las maderas pueden hacerse con más acierto, cuando ha trascurrido un año por lo menos, después de cortadas aquéllas, cuyo tiempo es necesario para que desaparezca una gran parte de los jugos de vegetación. Esta circunstancia se exige ordinariamente en las contrata para proveer de maderas á las maestranzas, almacenes y grandes talleres.

927. El reconocimiento de las maderas tiene por objeto apreciar el resultado de la explotación de un bosque, ó cerciorarse de su calidad, con arreglo á las condiciones que se exijan en una contrata de adquisición.

En ambos casos es necesario examinar detenidamente las piezas que se reconocen, para juzgar de la calidad, dimensiones y demás circunstancias; apreciación que se completa en el primer caso con los antecedentes adquiridos en el bosque antes de apear los árboles. Por esta razón, cuando se trata de comprar grandes cantidades de madera, es conveniente tomar parte en la explotación del bosque ó por lo menos intervenir las operaciones de corta.

928. Es indispensable tener presente cuanto se ha dicho sobre las enfermedades de los árboles y defectos de las maderas, para juzgar con acierto de la calidad, propiedades y aprovechamiento de este material.

929. La constitución de la madera es buena, cuando ésta reúne las circunstancias siguientes: color uniforme y algo más oscuro hácia el cora-

zón; fibras fuertes, elásticas y unidas con gran adherencia; pocos nudos; uniformidad en los crecimientos anuales; buen olor, y sonoridad. Los trozos de buena madera han de oponer resistencia á la rotura y después de rotos deben presentar astillas puntiagudas, largas y desiguales; las virutas que se arranquen con el cepillo, en dirección de las vetas, deben ser largas, suaves y enroscadas, siempre en armonía con la especie de la madera, y el color y el olor del aserrín deben atestiguar la carencia de vicios orgánicos.

930. Por el contrario, se conceptúa la madera de mala calidad y se desecha, cuando presenta el defecto denominado pie de gallo, con olor desagradable, manchas amarillas que exhale olor ácido ó soluciones de continuidad entre los crecimientos; cuando tiene hendiduras al través de las fibras, ó éstas se encuentran entrecruzadas y torcidas ó en espiral, y cuando la madera está picada.

931. Las maderas esponjosas y con olor á hongo, las rojizas y porosas, las de doble albura, las que aparecen con muchos nudos, las que tienen manchas pardas y sonido apagado, y las que presentan fibras de desigual tamaño y distribución, suelen desecharse también aun cuando se pueden utilizar en algunos casos.

932. Los defectos locales, como las grietas longitudinales, goteras, nudos aislados, corazón partido, etc., que no afectan más que á puntos determinados, impiden el empleo de la pieza íntegra; pero la madera se utiliza en tablas ó en trozos menores.

933. Para el acto de reconocer las piezas de madera, se colocan éstas sobre caballetes, de manera que puedan volverse con facilidad, y se procede con cada una del modo siguiente: principiase por examinar detenidamente todas las caras desbastadas y especialmente los topes ó cabezas donde aparecen más visibles algunos defectos; se sondan después con la gubia ó con la barrena, los nudos, agujeros ó puntos defectuosos, para determinar su profundidad; se descubren con la azuela todas las partes cuyo olor acuse la existencia de algún vicio; se golpea con un mazo en distintos sitios para juzgar de la homogeneidad de la madera por el sonido; y por último, se dan, si fuese preciso, algunos cortes con la sierra en los parajes sospechosos, para descubrir los defectos interiores.

En esta operación, cuyos pormenores se hacen con arreglo á las bases del contrato, debe procurarse que las piezas queden poco maltratadas para que no desmerezcan en su valor.

934. Después de desechar las piezas que presenten las condiciones de inutilidad establecidas y apreciar la situación y entidad de los defectos locales de las que se puedan admitir, se pasa á medir la madera aprovechable de cada una y clasificanse, por último, con arreglo á su tamaño y en armonía con los objetos que deban construirse con ellas.

935. Necesidad del secado en las maderas.—Las maderas de los árboles recientemente cortados, contienen gran cantidad de jugos acuosos que en algunas especies llega á la mitad de su peso, de la que debe privarse antes de emplearlas en las construcciones. Gran parte de dicha humedad se evapora prontamente, pero el 20 ó 25 por 100 de ella, que conserva al año de cortada, desaparece con mucha lentitud.

Cuando los elementos de la madera se secan, disminuyen de volumen y resulta una contracción que no es igual en todas las dimensiones de la pieza; la que tiene lugar en sentido de las fibras se hace menos sensible que la trasversal. Estas contracciones, que varían con la especie de madera y con el grado de sequedad que reciben, alteran la forma y dimensiones de las piezas; así es, que si se empleasen maderas húmedas en las construcciones, la unión y ajuste de las diferentes partes se destruirían fácilmente con cualquier cambio atmosférico que contribuyera al secado. Como la contracción puede verificarse con distinta intensidad en las diversas piezas de un entramado ó en las distintas caras de una misma pieza, se corre el riesgo de que se alabee y encorve ó se rompa el sistema. Por otra parte, la presencia de jugos fermentales en las celdillas es un peligro inminente de pudrición que concluiría por destruir la madera.

936. Por tales razones se considera indispensable preparar las maderas antes de emplearlas, sometiéndolas á un *secado* regular que expulse paulatinamente la humedad sin deteriorar las piezas. Los procedimientos puestos en práctica con el expresado fin, son tres: *el natural, el artificial y el mixto.*

937. Secado natural.—El secado natural se reduce á almacenar las maderas en condiciones favorables para que la evaporación de los

jugos se verifique de una manera lenta y continuada. Dichas condiciones varían con el clima, con las dimensiones de las maderas y con las especies á que pertenecen. En los países cálidos convendrá moderar la temperatura; en los húmedos debe procurarse la circulación del viento; y en todos ellos se tomarán precauciones para evitar los perjudiciales efectos de los cambios bruscos de temperatura.

938. Los almacenes destinados al secado y conservación de la madera deben ser secos, ventilados y espaciosos. Un simple cobertizo puede servir de almacén en los climas templados, pero en los países cálidos es necesario colocar la madera en parajes abovedados, ó en locales que tengan otros pisos encima. La circulación del aire exige gran número de ventanas, situadas algunas en la parte superior á modo de chimeneas, que deben abrirse cuando reinen vientos favorables, y cerrarse cuando haya bochorno, y en los días húmedos y calurosos.

La disposición adoptada en algunas localidades consiste en emplear cobertizos aislados, cuyos frentes mayores, expuestos al Norte y al Sur, están contruidos con columnas ó pies derechos y tablas formando persiana, para que circule el aire é impida el paso á la lluvia y al sol.

El pavimento de los almacenes debe estar algo más elevado que el terreno, y es conveniente empedrarlo y mejor cubrirlo de hormigón hidrófugo que impida el acceso á la humedad.

939. Las maderas se colocan en los almacenes en pilas, agrupando las de la misma época de corta y á ser posible las de la misma especie é igual corpulencia. El lecho inferior de cada pila se dispone sobre durmientes elevados para evitar la humedad del suelo, y los demás se colocan ya directamente sobre los de abajo, ya sobre listones que se apoyan en ellos de tal modo que pueda circular el aire libremente entre cada dos vigas.

La uniformidad del secado y la policía de los almacenes exigen algunas remociones con objeto de volver las piezas ó cambiarlas de sitio, haciendo pasar las del centro á los costados y las de la parte inferior á la superior, y también para retirar del almacén todas las que hayan experimentado algún principio de descomposición, que atraerían á los insectos con grave riesgo de las demás.

940. A medida que se secan las piezas de madera, se van cerrando sus poros, sobre todo los superficiales de los topes ó cabezas, lo cual difi-

culta la salida de la humedad; y para evitar este inconveniente, es costumbre dar un corte de sierra paralelo é inmediato á las cabezas, que descubra los poros correspondientes á las celdillas longitudinales.

Siempre que hay necesidad de practicar la operación dentro de almacenes, se tiene cuidado de extraer el aserrín del local, igualmente que las virutas y astillas que pudiese haber, porque tales residuos retienen fácilmente la humedad.

941. La duración del secado natural es muy variable por el cúmulo de circunstancias que influyen en la operación; pero nunca es menor de cuatro años, y aun es conveniente é indispensable subdividir después las piezas cuando son gruesas, ó labrarlas en primer desbaste un año antes de su empleo definitivo para continuar el secado en buenos almacenes.

942. El secado natural da muy buenos resultados; pero es poco beneficioso, porque exige un acopio de maderas cuatro veces mayor que el necesario para el consumo anual, y no permite satisfacer las necesidades imprevistas de aumento de producción, á pesar de tener invertido un crecido capital, con los riesgos é inconvenientes al almacenaje de materias tan voluminosas y combustibles. Tan graves inconvenientes han hecho pensar en otros medios más rápidos, como son los mencionados á continuación.

943. Secado artificial.—Este procedimiento, que consiste en someter las maderas que se desean secar, á la acción de una corriente de aire caliente á temperatura inferior á 400° C., se verifica apilando las piezas en el interior de una estufa, que recibe el aire por la parte inferior de uno de sus costados y tiene en el otro una chimenea para la salida del mismo y de los vapores desprendidos. Un ventilador inyecta el aire por una tubería de hierro recodada, que se halla dispuesta sobre un hogar para que aquel fluido tome la temperatura indicada.

944. La operación se conduce con lentitud, de manera que en las primeras horas la temperatura del aire es de 20° á 30° C., y después se va elevando paulatinamente hasta alcanzar el limite expresado. La duración del secado depende de los espesores de las piezas y de la manera de conducir la operación, que nunca debe hacerse con rapidez para que la madera no se hienda.

945. Este procedimiento es mucho más expedito que el anterior;

pero las maderas preparadas así están más sujetas á variaciones de volumen. Ordinariamente no se aplica más que á las piezas trabajadas en primer desbaste, cuyos reducidos espesores hacen más practicable la operación.

946. Secado mixto.—El secado mixto participa de los dos procedimientos anteriores, y por ser el que se adapta mejor á las variables exigencias de los talleres, es el más empleado: consiste en dejar secar las maderas en almacenes durante algún tiempo, dependiente de la urgencia y otras circunstancias, y terminar el secado por el método artificial.

947. Cualquiera que sea el procedimiento empleado en el secado, es conveniente pesar algunas piezas de madera antes de empezar la operación, para conocer en el instante que se desee, por diferencia de pesos, la cantidad de humedad desprendida, observando de este modo los progresos de la desecación y determinar el momento oportuno para darla por terminada.

También es práctica trabajar alguna pieza, tomada como de prueba, para juzgar del estado de la materia por el aspecto del aserrín, de las virutas y de las astillas.

948. Legiación.—En algunas ocasiones se acostumbra á sumergir las maderas en agua corriente y clara para que la savia se disuelva y se haga más fácil el desprendimiento de la humedad. La inmersión en agua salada tiene el inconveniente de dejar en los poros partículas salinas que absorben y retienen la humedad, por cuya razón no se aplica este procedimiento más que en maderas destinadas á la construcción naval.

El método más eficaz para privar á la madera de todos los jugos fermentables es la legiación, ó sea el tratamiento de la madera por el vapor de agua á presión elevada, para que penetre en los poros y disuelva la savia que éstos contienen. Las maderas se colocan apiladas en el interior de una cámara cerrada á la que se hace llegar el vapor por un conducto que desemboca cerca del suelo: el vapor, que invade la cámara, baña las caras de las piezas y poco á poco se introduce en los poros, en los que se condensa y disuelve la savia. Las gotas desprendidas escurren por el suelo y sale el líquido al exterior de la cámara por una canal. El líquido

es de color claro al principio, más poco á poco se va oscureciendo y toma una consistencia pastosa con sabor acre; la pastosidad y el color oscuro se conserva mientras contengan savia las maderas; pero á medida que ésta desaparece, el líquido aumenta en fluidez y toma el color pajizo que indica el fin de la operación.

Es conveniente dejar las maderas en la cámara por algún tiempo para evitar los efectos de un cambio brusco de temperatura.

949. Sustituídos así por agua los jugos de vegetación, se procede al secado de las piezas por cualquiera de los procedimientos indicados, tomando las precauciones que en este caso requieren la gran humedad que contiene la madera y la circunstancia de operarse casi siempre con piezas labradas en primer desbaste.

ARTÍCULO 4.º

=

DESCRIPCIÓN, PROPIEDADES Y APLICACIONES DE LAS MADERAS.

PRINCIPALES ESPECIES DE MADERAS.

950. Clasificación.—La naturaleza nos suministra gran variedad de árboles propios, por su corpulencia y por las condiciones físicas de su duramen, para satisfacer las múltiples necesidades de las construcciones, de la industria y de las artes. En la imposibilidad de enumerar todas las especies, nos limitaremos á las más abundantes de las que se crían en España y en nuestras posesiones de Ultramar, y á las maderas que se importan en grande escala de otras naciones.

Siguiendo el método establecido por algunos autores, consideramos las maderas divididas en las cuatro agrupaciones siguientes: *duras, resinosas, blandas y finas*; clasificación que dista mucho de ser rigurosa, porque algunas maderas resinosas y finas debieran estar comprendidas también en el primer grupo por su mucha dureza.

951. Maderas duras.—Este grupo comprende las maderas más fuertes, resistentes y duraderas, tales como la encina, el roble, el castaño, el olmo, el fresno, el haya, el nogal, etc.

952. Encina verde.—(*Quercus ilex*. Lineo). Este árbol, de crecimiento lento y larga vida, se distingue fácilmente por la rigidez y forma especial de sus hojas persistentes que tienen el borde guarnecido de puntas, y por el fruto que produce, llamado bellota. Se cria en casi todas las provincias de España.

La madera de encina presenta fondo de color amarillo claro con algunas vetas rojas ó negras; tiene textura uniforme, fibras rectas y apretadas, vasos iguales y finos, y gran número de radios medulares. Es madera muy densa, dura, fuerte y más resistente que las demás á la acción del tiempo, sobre todo cuando está sumergida en agua. La encina debe emplearse muy seca; es difícil de labrar y algo quebradiza; su viruta es corta y áspera, y tiene el inconveniente de no admitir en buenas condiciones la clavazón y otros herrajes.

La madera de encina se emplea con preferencia en las obras hidráulicas, piezas curvas, carretería, armaduras de herramientas, dientes de ruedas de engranaje, y en general para todas las piezas que hayan de estar sometidas á grandes presiones, rozamientos y choques.

Bajo la denominación de encina se comprenden muchas variedades, como son: el *chaparro*, el *alcornoque*, la *encina macho*, la *encina hembra* y otras.

953. Roble.—(*Quercus Robus*. L.) Pertenece al mismo género que la encina y también se cria en terrenos secos elevados, de clima templado, distinguiéndose de aquélla por sus hojas, que no son persistentes y tienen vena más recta y menos ramificada. Alcanza gran corpulencia y su principal variedad es el *quejigo*, que vegeta en la mayor parte de las provincias de la Península.

La madera de roble es de color amarillo pardo, de aspecto leonado; la albura es de color claro, y tanto ésta como los crecimientos anuales se distinguen fácilmente; los radios medulares son anchos y muy próximos unos á otros. El roble es fuerte, elástico y duradero; susceptible de buen pulimento; tiene análogas aplicaciones á la encina y es muy estimado en toda clase de construcciones, especialmente cuando está expuesto á la

acción del agua y del calor, por cuya razón se usa mucho en la construcción naval.

954. Castaño.—(*Fagus castánea*. L.) Este árbol abunda en el Norte de España y se encuentra también en Andalucía y Extremadura; se desarrolla en los terrenos elevados y secos; crece con rapidez, y aunque es corpulento, no suele alcanzar las dimensiones del roble; su hoja es larga y estrecha, de contorno dentado y hermoso color verde.

La madera del castaño es semejante á la de encina, y como ésta es resistente á la acción de la humedad; su fibra es larga y elástica, pero tiene los inconvenientes de ser algo quebradiza y de apolillarse por el interior sin señal alguna exterior, cuando no está sumergida en agua. Esta madera tiene mayor duración cuando el castaño se corta joven. Se aplica con ventaja para pilotaje y otras obras hidráulicas, para duelas de toneles y objetos de carpintería.

955. El castaño de Indias se distingue del anterior por sus flores y por el fruto amargo; su madera es blanca, quebradiza y de consistencia esponjosa, por lo que no pertenece á esta agrupación y apenas se usa en las construcciones.

956. Haya.—(*Fagus sylvática*. L.) Es uno de los árboles más apreciados de nuestros montes, por la rectitud de su tronco y de sus ramas; vegeta con preferencia en terrenos sustanciosos y húmedos; su corteza es de color gris ceniciento, muy lisa y cubierta con frecuencia de musgos y líquenes, que dejan manchas blancas, amarillas ó negras; sus hojas son ovales, lustrosas, de verde más claro por la parte inferior y ligeramente dentadas. El haya se cría con abundancia en el norte de España y adquiere gran altura.

La madera es de color claro salpicada de tachones más oscuros y brillantes, con fibras poco aparentes por su finura y gran adherencia; se presta bien á ser labrada y cortada en todos sentidos; se retuerce y deseca fácilmente, y cuando está expuesta á la intemperie, se apolilla. No tiene gran dureza, pero esta cualidad se aumenta sumergiéndola en el agua, si bien se pudre después de extraída.

El haya es de útil aplicación al pilotaje, cimentaciones de máquinas, fabricación de toneles, cedazos, remos, hormas de zapatero, muebles, etc. Preparada con sustancias antisépticas, se usa para traviesas de ferrocarril.

957. Olmo —(*Ulmus campestris*. L.) Vegeta bien este árbol en los terrenos frescos; tiene sus hojas ovales, desigualmente dentadas y de color verde oscuro, y la corteza de su tronco es escabrosa.

La madera es de color pardo rojizo, muy fibrosa, dura y flexible; cuando queda á la intemperie está expuesta á torcerse y á picarse. Se emplea en la carretería, en las pequeñas embarcaciones, en piezas curvas y en trabajos hidráulicos, aun cuando no en tan buenas condiciones como la encina y el roble.

958. Alamo negro.—(*Pópulus nigra*. L.) Es considerado por muchos como una variedad del olmo; su madera es bastante dura, compacta y resistente; recibe bien los herrajes, y tiene, entre otras aplicaciones, la construcción de cureñas y carruajes para el servicio de la artillería.

959. Fresno.—(*Fraxinus excelsior*. L.) Es un árbol de tronco recto y elevado, con hojas pequeñas y alargadas, que se cría bien en los terrenos húmedos del litoral cantábrico, montes Pirineos y provincias de León y Burgos.

Su madera es más blanca que la del olmo; tiene vetas rojizas irregularmente distribuidas; es elástica y muy tenaz, pero se apolilla con facilidad, lo que limita sus aplicaciones en carpintería. Es susceptible de buen pulimento, y recibe sin alteración las formas curvas. Se emplea poco en las grandes construcciones, y es propia para la carretería, escalas de mano, mangos de herramientas, etc.

960. Nogal.—(*Juglans regia*. L.) El nogal es un árbol de gran corpulencia, que crece en los terrenos sustanciosos, profundos y compactos; sus hojas son grandes, flexibles, de hermoso color verde y aromáticas, y la corteza es de color ceniciento.

El aspecto de la madera varía bastante; pero en general es oscuro y vetado. Las fibras tienen mucha adherencia, lo que da homogeneidad al conjunto y facilita el trabajo; es elástica y tiene el inconveniente de agusanarse. Esta madera abunda poco y se la dedica á los trabajos de ebanistería; se emplea también en la fabricación de cajas para armas de fuego, de caza y guerra.

961. Maderas resinosas.—Los árboles de este grupo se distinguen con facilidad de los demás, por sus hojas, que tienen la figura de

largas agujas agrupadas en penacho y por la forma en que se presenta el fruto, en piñas más ó menos prolongadas. La denominación de resinosas proviene de tener numerosos vasos, principalmente en la albura, impregnados de resina, que se extrae haciendo incisiones en la corteza.

Los crecimientos anuales de los árboles resinosos se distinguen con facilidad por estar formados de dos estrechas zonas de diferente coloración y dureza: la zona interior es de tejido más blando y de color claro, y la exterior, mas cargada de resina, es más dura, compacta y rojiza. En consecuencia, las maderas resinosas, cortadas en dirección de las fibras, presentan un color que varía del blanco al rojo, con fajas estrechas más oscuras, y su calidad es tanto mejor cuanto más desarrolladas se presentan las zonas rojizas.

Estas maderas suministran grandes piezas muy elásticas y ligeras; y por su resistencia y duración reemplazan en muchos casos á las duras.

Los árboles del grupo presente quedan inútiles para su aprovechamiento maderable, cuando se les ha extraído toda la cantidad de resina que contienen.

962. Pino.—(*Pinus*.) Diferentes variedades de esta conífera crecen en España formando extensos bosques en los Pirineos, Guadarrama, Sierra Nevada y en las provincias de Burgos, Cuenca, Teruel, Soria, etc., aun cuando no adquieren las colosales proporciones de los que vegetan en el norte de Europa.

El pino *silvestre* es el más común; su tronco es recto, largo y cónico, del que parten numerosas ramas delgadas: se conceptúa que á los cien años próximamente, llega á su plenitud.

La madera expuesta al sol desprende resina de buen olor, que cuando es negruzca y oscuro el color de la madera, es indicio de estar próxima la putrefacción.

Además de la variedad de pino señalada, existen otras que también se encuentran en muchas localidades de España, entre las que pueden citarse el pino *negral* y el *rodano*, cuyas maderas no difieren esencialmente unas de otras.

Las aplicaciones del pino son numerosísimas, tanto por las buenas cualidades de la madera, como por la abundancia con que se encuentra.

En las construcciones navales, se emplea en arboladuras, por la elasticidad, ligereza y grandes dimensiones de las piezas, y por las tales condiciones es muy propia también para construir muchas piezas del material reglamentario de puentes militares. Las cubiertas de edificios, los pisos y demás entramados se hacen casi siempre de pino. Las traviesas de ferrocarril, los postes telegráficos, los andamiajes, empalizadas, cajonería y otra multitud de objetos, se construyen con madera de pino. Por último, en las obras hidráulicas también puede tener aplicación, si la madera es muy resinosa, porque en estas condiciones se mantiene el pino mucho tiempo dentro del agua, sin experimentar alteración.

963. Abeto.—(*Pinus abies*. L.) El abeto se distingue del pino por el fruto más alargado y por el color y forma de sus hojas; su tronco es cónico, se eleva con regularidad á gran altura, y las ramas que parten de él se extienden horizontalmente con simetría.

La madera es menos resinosa y más blanca que la del pino; suele tener pequeños nudos que se desprenden con facilidad, y se emplea en forma de tablas en la carpintería. Cuando la madera está sana y exenta de nudos es, por su sonoridad, muy buscada para la fabricación de instrumentos de música.

964. Pinabete.—(*Abies pectinata*. L.) Este árbol vegeta en buenas condiciones en los terrenos areniscos; como indica su nombre es parecido al pino y al abeto; tiene como ellos el tronco elevado y recto, y las ramas son delgadas comparadas con el tallo.

Una vez serrado el tronco, se perciben perfectamente los anillos anuales, por ser la parte interna de cada uno, que corresponde al crecimiento de primavera, menos consistente y más ancha que la madera formada en otoño: tal diferencia en el tejido hace que la madera sea propensa á rajarse en dirección circular, al contrario de otras maderas que se hienden en sentido radial. La elasticidad y resistencia del pinabete á la flexión es grande, atribuyéndose tan buena cualidad á la independencia relativa de los crecimientos anuales que obran como un conjunto de tubos concéntricos. La madera de pinabete es tanto más preferible cuanto más juntos están sus anillos, y tiene las mismas aplicaciones que el pino.

965. Maderas blancas ó blandas.—Los árboles que producen estas maderas vegetan ordinariamente en terrenos poco elevados y

húmedos; la corteza de su tronco es lisa en muchas especies, sobre todo cuando el vegetal no ha adquirido gran corpulencia, y las hojas son suaves y de distinta coloración en sus dos caras.

Las maderas están formadas por un tejido blando y poroso, de aspecto parecido á la albura, y ésta solamente se distingue del duramen por su mayor humedad y poca consistencia; los crecimientos anuales apenas son perceptibles; las fibras son poco resistentes, y la adherencia entre ellas no es muy grande, por lo cual sus aplicaciones se limitan á obras de poca importancia, á las de carácter provisional y á la carpintería llamada de taller. Las principales maderas comprendidas en este grupo, son: el álamo blanco, el abedul, el aliso, el arce, el tilo, la acacia, el sauce, el castaño de Indias, etc.

966. Álamo blanco.—(*Populus alba*. L.) Existen multitud de variedades, entre las cuales el *chopo* es la más conocida y la que menos difiere del álamo blanco propiamente dicho. Estos árboles crecen rápidamente en los terrenos húmedos y principalmente en las orillas de los ríos. La madera es blanca, ligera, de fibras finas y fácil de pulimentar. Se emplea en la ebanistería y en empaques.

967. Abedul.—(*Betula alba*. L.) Este vegetal, fácil de reconocer por el blanco brillante de su corteza, es de ramas delgadas con hojas pequeñas y lisas; se cria bien en terreno pedregoso, y produce madera correosa de mediana dureza, con fibras finas, rectas y apretadas, de color blanco rojizo.

968. Aliso.—(*Alyssum*. L.) Vegeta el aliso en terrenos sustanciosos y muy húmedos; crece poco; su corteza es lisa de color pardo oscuro, y las hojas anchas y redondas: la madera es ligera, de textura homogénea, color algo rojizo; se apolilla con facilidad, pero se conserva bien sumergida en el agua. Es propia para pilotaje y es empleada por los torneros y por los ebanistas.

969. Maderas finas.—Las maderas comprendidas en este grupo provienen generalmente de los árboles frutales que dan fruto sin cáscara leñosa: son muy duras, resistentes, homogéneas y susceptibles de recibir buen pulimento; su tejido está formado por fibras finas y apretadas, como el peral, el serbal, el boj, el manzano, el cerezo, etc. La escasa corpulencia que adquieren los árboles frutales y las condiciones en que

se cultivan, limitan el empleo de su madera á ciertas piezas de maquinaria y carpintería y á la ebanistería.

970. Peral.—(*Pyrus*. L.) Este árbol, tan conocido en nuestro país, alcanza medianas dimensiones; su madera es pesada, de color rojizo, poco propensa á hendirse y se contrae mucho al secarse, por cuya razón no se debe trabajar hasta que esté completamente seca. El peral silvestre es menos corpulento, pero da madera más dura.

971. Serbal.—(*Sorbus*. L.) El serbal es un árbol que vegeta en los terrenos húmedos y fríos; es de crecimiento sumamente lento hasta el punto de necesitar cien años para llegar á tener 12 metros de altura y 0,30 m. de diámetro; el tronco es recto, con corteza gris ó parda y hojas muy pequeñas, verdes por un lado y blanquecinas por el otro. La madera es de las más duras, finas y compactas del grupo, por lo cual es muy apreciada para las aplicaciones generales enumeradas y para cajas de garlopas y cepillos.

972. Boj.—(*Boxus, semper virens*. L.) Por sus pequeñas dimensiones se considera este vegetal como arbusto; tarda mucho en crecer; tiene corteza amarillenta, y las hojas, siempre verdes, son lisas y correosas. En su madera se perciben con claridad los crecimientos anuales; se trabaja bien en todos sentidos y soporta la clavazón sin rajarse. Se emplea en obras de torno, planchas de grabado, cucharas y otros objetos pequeños.

973. Maderas exóticas.—Además de las maderas mencionadas, daremos á conocer algunas otras de gran interés para nosotros, porque unas se crían en nuestras posesiones de Ultramar y otras se importan de países extranjeros. Entre las primeras se encuentran el *molave*, el *ipil*, el *dungón*, el *banabe*, el *éban*o etc., de Filipinas; y el *sabicú*, la *majagua*, la *caoba*, la *acana* etc., de Cuba y Puerto Rico. En el segundo caso están la *teca* y las maderas del norte de Europa.

974. Molave.—(*Vitex geniculata*.) El árbol llega á adquirir la altura de 20 m. con un diámetro algo mayor de 0,5 m., y produce, por sus buenas cualidades y abundancia, la madera más importante de las Islas Filipinas. Es de color amarillo verdoso, de textura compacta y homogénea, y su viruta es correosa y se enrosca con facilidad. Resiste á la intemperie, igualmente que dentro del agua y empotrada en mampostería;

se emplea para piezas de armaduras, vigas, pies derechos, marcos de puerta y en algunas piezas de la construcción naval.

975. Ipil.—(*Eperua decandra*.) Es madera de color rojo oscuro, que oscurece más con el trascurso del tiempo; su tejido está formado por fibras transversales y muy unidas, con pequeñas canales curvas en dirección longitudinal; su viruta es áspera y enroscada. Tiene las mismas aplicaciones civiles que el molave y se emplea también en la construcción de quillas. Se exporta en forma de tablas á los mercados de Hong-kong.

976. Dungón.—(*Sterculia cymbiformis*.) Es un árbol de bastante corpulencia y abunda en todo el archipiélago, sobre todo en la isla de Luzón. La madera es de color rojo amoratado, con olor á cuero curtido; es poco porosa, con fibras entrelazadas y de gran duración. Su labra es difícil y la viruta que produce es áspera y poco enroscada. Se emplea en pies derechos, largueros, durmientes y demás piezas que necesiten poca labra y deban sufrir grandes esfuerzos.

977. Ebano.—(*Diospyros nigra*.) Este árbol, que abunda en Cabite y Pampanga, es de pequeñas dimensiones; la madera completamente negra, algunas veces presenta manchas amarillentas; es muy dura, muy pesada y quebradiza. Se emplea casi exclusivamente en la construcción de muebles de lujo, puños de armas blancas, y en objetos de adorno combinado con metales.

978. Sábicú.—(*Acacia formosa*) Vegeta en terrenos elevados de la isla de Cuba; es de larga vida; su corteza es unida de color morado oscuro, tiene sus hojas aladas. La madera es de color castaño oscuro, compacta, filamentososa, elástica, de bastante resistencia y de mucha duración á la intemperie. Se usa en carretería, cabrias, molinos, y suple al roble en las construcciones navales.

979. Majagua.—(*Paritium elatum*.) Crece y se desarrolla el árbol en terrenos bajos; su tronco es recto, cónico y elevado, con corteza de color gris, y tiene hojas anchas. La madera de la variedad azul, tiene vetas de este color, es de fibras rectas muy adheridas, resistente y elástica. Se conserva por mucho tiempo á la intemperie y dentro del agua, cuyas cualidades la colocan entre las maderas más apreciadas, y en este concepto se usa para las construcciones navales, carruajes, postes, astas de lanza, etc.

La majagua amarilla ó blanca es menos elástica y sustituye en algunas aplicaciones á la anterior.

Las fibras de esta madera apenas experimentan contracciones y dilataciones longitudinales en los cambios higrométricos y térmicos, por cuya circunstancia se emplea en la construcción de reglas de medición, miras y otros instrumentos topográficos.

980. Caoba.—(*Swietenia mahogani.*) El árbol se cria á la altura media de las montañas; en las selvas y tierra ligera algo pedregosa se desarrolla rápidamente y el tronco adquiere hasta 45 m. de altura por uno y medio de diámetro. Las hojas son aladas y la corteza algo gruesa y de color oscuro.

La madera es de color de canela algo más intenso hacia el corazón y tanto más oscura cuanto más tiempo lleva cortada; es dura, compacta, de resistencia desigual y de hermoso veteado, que le da gran valor en la construcción de muebles de lujo. Su abundancia en la isla de Cuba permite utilizarla en edificios y en construcciones militares y navales.

981. Guayacán.—(*Guaiacum officinalis.*) En las Antillas y Méjico se cria este árbol en casi todos los terrenos, pero mejor en los pedregosos; tiene corteza de color blanco verdoso, delgada y lisa; las hojas son aladas.

La madera, que se conoce también con el nombre de *palo santo*, es de color amarillento con vetas y corazón verdoso, de contextura muy compacta y excesivamente dura y quebradiza. Es difícil de trabajar y el cepillo no arranca la madera en virutas, sinó en forma de aserrín. Se destina como madera fina á trabajos de ebanistería, y se emplea además para roldanas, poleas, dientes de ruedas de engranaje, morteros, y en otros objetos que han de estar sometidos á choques ó á grandes presiones.

982. Ebano.—(*de Cuba.*) El ébano de la Isla de Cuba se desarrolla más que el de Filipinas, pues la variedad *ébano real* llega hasta 14 m. de altura por 0,20 m. á 0,30 m. de diámetro. La corteza y ramas son grises y las hojas de color verde oscuro.

La madera de esta variedad, igualmente que las llamadas *carbonero*, *mulato y blanco*, es muy pesada y se emplea en la construcción de muebles de lujo.

983. Maderas importadas.—Entre las maderas de otros países, que más se usan en nuestras construcciones, la principal es el pino

del Norte que procede de Suecia y Noruega. Se reciben ordinariamente en forma de rollo para las arboladuras de los barcos, en vigas y viguetas para las construcciones civiles y aserrado en tablas para la carpintería en general.

984. El roble se recibe también de la misma región en piezas escuadradas ó aserradas. Aunque en menor escala, llegan á España maderas de abeto, alerce y roble, procedentes de Nápoles, del Tirol meridional, Bosnia, Croacia, etc.; y las de haya, carpe, fresno, tilo, plátano, cedro, pinos, etc., en forma de maderos y tablones, procedentes de los Estados Unidos.

985. La importancia que la madera de *teca* (*tectona grandis*) tiene en las construcciones navales, es causa de que se adquiera del comercio extranjero porque si bien se cría en Filipinas (donde se llama *calatayate*), no es en abundancia.

Este precioso material se encuentra en gran cantidad en Java, Siam, Malavar y Birmania. El árbol alcanza la altura de 80 m. y su tronco adquiere antes de los cien años un grueso de 1 m. de diámetro. La madera tiene aspecto parecido al roble, es sumamente compacta, densa, dura, poco nudosa, resistente á las alternativas de humedad y calor, y de mucha duración, debido á que contiene en su tejido una sustancia resinosa que aleja los insectos y que sirve de preservativo contra la influencia nociva que ejercen los herrajes con que se guarnecen las piezas,

PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS MADERAS.

986. Densidad.—El conocimiento de la densidad ó peso específico de una madera, es dato que debe tenerse presente para apreciar su valor relativo en las construcciones; cuya propiedad está ligada á la dureza y hasta cierto punto á la resistencia.

Con dificultad puede fijarse de una manera absoluta la densidad de la madera, porque no solamente varía entre dos ejemplares de la misma especie, sinó también es distinta, según sea la zona del tronco que se considere.

El peso específico del tejido celular de la madera, una vez reducido á polvo, es sensiblemente igual en las diversas especies, siendo por término medio, según Rumford y experiencias de M. Violette, vez y media el del

agua; pero la sustancia expresada constituye únicamente la parte sólida, que se encuentra repartida, formando multitud de cavidades ocupadas por la savia, el agua ó el aire; de manera que la densidad de la madera es mayor ó menor según sea el volumen de los intersticios ó cavidades mencionadas.

987. Los valores consignados en la tabla siguiente expresan, según experiencias practicadas por varios autores, los límites entre los que oscila la densidad de varias especies de madera secada al aire.

Maderas.	Densidades.	
Encina.	0,90	á 4,14
Roble.	0,66	4,02
Castaño.	0,85	4,10
Olmo.	0,54	0,85
Haya.	0,65	0,90
Fresno.	0,72	0,86
Nogal.	0,58	0,80
Álamo negro.	0,56	0,86
Pino.	0,46	0,72
Pinabete.	0,38	0,65
Abeto.	0,36	0,66
Cedro.	0,45	0,80
Álamo blanco.	0,36	0,66
Abedul.	0,64	0,71
Peral.	0,60	0,70
Boj.	0,90	4,33
Serbal.	0,81	0,94
Molave.	0,80	4,00
Ipil.	0,78	0,93
Dungón.	0,81	4,02
Ébano.	4,14	4,31
Sabicú.	0,90	
Majagua.	0,70	0,90
Caoba.	0,82	4,00
Guayacán.	4,02	
Teca.	0,75	0,87

988. Contracción y dilatación.—Cuando las maderas absorben ó abandonan la humedad, experimentan dilataciones y contracciones, apenas sensibles en dirección de las fibras, pero que llegan hasta el 6 por 100 en sentido perpendicular en algunas especies, como el haya y el fresno. Las resinosas apenas sufren alteración por ser poco higrométricas, así es que el cedro y algunas clases de pino solo merman el 2 por 100 al secarse; dicho fenómeno es más de notar en las maderas poco compactas por la facilidad con que absorben y desprenden la humedad.

Las contracciones ó dilataciones producen únicamente variación de volumen en la madera cuando es homogénea; pero si las fibras no presentan igual compacidad en toda la masa, el efecto se extiende hasta encorvar ó alabear las piezas.

989. Elasticidad.—La elasticidad es muy distinta en las diferentes clases de madera y dentro de la misma especie varía, con la edad del árbol de que proviene, con el estado de sequedad y con otras circunstancias. En general las maderas más pesadas suelen ser las más elásticas, y, en un mismo árbol, la del tronco lo es más que la del ramaje.

Varias son las experiencias que se han hecho para determinar el grado de elasticidad de las maderas, pero se nota bastante divergencia en los resultados, debiendo atribuirse tales diferencias á las distintas circunstancias en que se encontraban las muestras sometidas á las pruebas.

990. Duración.—La duración de una madera depende de la especie á que pertenece, de la preparación á que se ha sometido antes de emplearla y de las condiciones en que se encuentra. Las maderas que están impregnadas de materias antisépticas, como la teca, el guayacán, los pinos, el roble, etc., y las de tejido compacto, son más duraderas que las que no tienen estas condiciones.

La humedad y los jugos fermentables que contiene la madera son, como ya se dijo, un peligro para su conservación. Las alternativas de humedad y calor disminuyen considerablemente la duración de este material, así como también las cargas ó esfuerzos á que se somete. La encina, el roble, el aliso y la teca, constantemente sumergidos en el agua, pueden considerarse indestructibles; y el pino, el alerce y el haya, resisten largo tiempo en las mismas condiciones.

Se calcula que las piezas gruesas de buena madera sin más preparación que un secado natural, cuando están expuestas al aire libre, duran sin gran alteración: el roble y el olmo 100 años; el pino 75; el fresno 65, y el haya 60. Cuando las piezas están colocadas en parajes ventilados y resguardados de la intemperie, como sucede en las armaduras de los edificios, la duración de las maderas es mucho mayor.

991. Resistencia de la madera á ser cortada.—Todas las maderas se cortan más fácilmente en dirección de las fibras que en sentido perpendicular, porque la cohesión molecular, que debe vencerse en este último caso, es siempre mayor que la adherencia entre las fibras; y tanto es así, que basta iniciar la separación de un haz de fibras para que se raje la madera por el esfuerzo de una cuña.

Las maderas de fibras retorcidas y repelosas resisten más á rajarse que las de fibras rectas y lisas. El pino, el haya, el castaño y el roble se rajan más fácilmente que el olmo, el álamo negro y el fresno.

992. Resistencia á la tracción y compresión.—Prescindiendo de la especie y condiciones particulares de las maderas, la dirección de los esfuerzos influye notablemente en la resistencia de las piezas, porque todas las maderas resisten mucho más á la tracción y compresión en dirección de las fibras, que en sentido perpendicular; cuya circunstancia debe tenerse presente en el trazado, corte y aplicaciones de las piezas de madera.

La resistencia de la madera es, como en los demás materiales, proporcional á la sección trasversal de las piezas y aun cuando la longitud no suele tomarse en cuenta en los esfuerzos de tracción, por lo poco que influye, no sucede lo propio al tratarse de la compresión, por la facilidad con que las piezas se tuercen y rompen desde que su longitud pasa de cierto límite.

En la tabla que se incluye á continuación, se expresan las cargas de rotura y de seguridad correspondientes á varias maderas cuando están sometidas á esfuerzos de tracción y compresión en dirección de las fibras. En el último caso, las piezas á que se refieren los datos tienen una altura que no pasa de 12 veces el lado de la sección.

Haciendo uso de la expresada tabla y de las fórmulas de la resistencia de materiales, se pueden determinar las dimensiones de las piezas cuando

tengan que soportar un esfuerzo dado; y recíprocamente, calcular la carga capaz de producir la rotura de una pieza cuya escuadria es conocida, ó la que puede soportar con seguridad.

MADERAS.	Tracción.		Compresión.	
	Esfuerzo en kg. por cm. cuadrado.		Esfuerzo en kg. por cm. cuadrado.	
	Capaz de producir la rotura.	De seguridad.	Capaz de producir la rotura.	De seguridad.
Encina.	700 á 900	70 á 90	380 á 400	38 á 40
Roble.	600 800	60 80	300 400	30 40
Castaño.	600 1300	60 130	520	52
Olmo.	1000	100	700	70
Haya.	800 á 900	80 á 90	540 á 650	54 á 65
Fresno.	1200	120	610 650	61 65
Nogal.	980	98	400 500	40 50
Álamo negro. . .	900 á 1000	90 á 100	700	70
Pino.	700 900	70 90	380 á 600	38 á 60
Molave.	1250	125	600	60
Dungón.	660	66	440	44
Caoba.	850	85	440 á 570	44 á 57
Teca.	1100	110	850	85

993. Resistencia á la flexión.—El esfuerzo vertical necesario para romper un prisma de madera apoyado ó empotrado por sus extremos, depende de la elasticidad y de la resistencia de la madera á la compresión y á la extensión, puesto que, antes de llegar á la rotura, la pieza se encorva estirándose unas fibras y comprimiéndose otras. Entre las diversas fórmulas deducidas del estudio de la resistencia de materiales, creemos útil citar las siguientes, por su sencillez y fácil aplicación para determinar en kilogramos el peso P que resiste una pieza prismática en las condiciones que se expresan.

Para una pieza empotrada por un extremo y con peso en el otro:

$$P = \frac{R b h^2}{6 l}.$$

Para la misma pieza, con el peso uniformemente repartido en toda su extensión:

$$P = 2 \frac{R b h^2}{6 l}.$$

Para una pieza empotrada por los dos extremos y con el peso en el punto medio:

$$P = 8 \frac{R b h^2}{6 l}.$$

Para la misma pieza, con el peso uniformemente repartido:

$$P = 12 \frac{R b h^2}{6 l}.$$

En estas fórmulas, l es la longitud libre de la pieza, b la base del rectángulo sección, h la altura ó lado vertical del mismo rectángulo, y R la resistencia á la flexión de un prisma cuya sección es la unidad.

Los constructores admiten como valor de R la décima parte de la carga de rotura, 600.000 kg., término medio de las que corresponden á las maderas más usadas, para determinar el valor de P , ó sea la carga que puede soportar con toda seguridad una pieza de este material, colocada en las condiciones expresadas.

ARTÍCULO 5.º

=

NOMENCLATURA DE LAS MADERAS EN EL COMERCIO.

994. Marcos.—El comercio presenta las maderas bajo formas y dimensiones diversas con arreglo á una escala gradual ó *marco*, para satisfacer las exigencias más comunes de las construcciones y de las artes.

Los marcos de que se hace uso en los diferentes centros productores son distintos, por la falta de acuerdo al adoptarlos y por la diversidad de medidas empleadas en cada país. En los marcos, se designa la longitud de

las piezas con el nombre de *largo*, con el de *tabla* se expresa la anchura ó lado mayor de la escuadria, y con el de *canto* el grueso. Respecto á la forma de las piezas, se distinguen: la madera en *rollo* ó troncos que solo han sido descortezados; madera *escuadrada* ó *de hilo*, la que ha sido labrada en forma de paralelepípedo más ó menos concluido; madera de *raja*, la que se obtiene separando los trozos por desgaje en sentido de las fibras; y madera de *sierra* la que proviene de subdividir los troncos con la sierra.

995. El marco más conocido es el castellano, que con ligeras diferencias rige en las provincias de Cuenca y Segovia. El marco valenciano tiene por base el volumen y admite variaciones en las diversas especies de maderas.

Sin enumerar los nombres y dimensiones de las piezas que constituyen los diversos marcos (*) por ser datos muy variables y heterogéneos, únicamente citaremos los nombres de *maderos*, *palos* y *estacas* para la madera en rollo; los de *viga*, *sesma*, *vigueta*, *doblero*, *machón*, *traviesa*, etc., para la madera escuadrada; y *tablones*, *tabla*, *tableta*, *hoja*, *chilla* ó *ripiá*, etc., para la de sierra.

(*) En la obra del ingeniero de montes D. Eugenio Pla y Ràve, titulada *Marcos de maderas para la construcción civil y naval*, se encuentran cuantos datos puedan desearse sobre el particular.

The first part of the report is devoted to a general survey of the situation in the country. It is followed by a detailed account of the work done during the year. The report concludes with a summary of the results and a list of recommendations.

The work done during the year has been of a very satisfactory nature. It has been possible to carry out the programme of work which was laid down in the report for the previous year. The results have been very good and it is hoped that they will be of great value to the country.

The following are the main results of the work done during the year: (1) The number of students who have completed their studies has increased by 10%. (2) The number of students who have obtained first class honours has increased by 5%. (3) The number of students who have obtained second class honours has increased by 15%.

The following are the main recommendations of the report: (1) The number of students who are admitted to the university should be increased. (2) The number of students who are admitted to the university should be increased. (3) The number of students who are admitted to the university should be increased.

The following are the main conclusions of the report: (1) The work done during the year has been of a very satisfactory nature. (2) The results have been very good and it is hoped that they will be of great value to the country. (3) The number of students who have completed their studies has increased by 10%.

CAPÍTULO VII.

LABRA DE LAS MADERAS.

PRELIMINARES.

996. Operaciones principales.—Conocidas las propiedades, estructura y condiciones de las maderas, vamos á ocuparnos de su trabajo, á fin de transformar esta primera materia, para satisfacer las necesidades de las construcciones y elaborar con ella los objetos que se deseen. Se modifican las dimensiones y la forma de las maderas, sometiendo las piezas á una serie de operaciones de *labra*, en las que se arrancan ó separan las partes sobrantes por medio de herramientas cortantes que obran de diversos modos.

Para reducir en cuanto sea posible el trabajo de labra y desperdiciar poca madera, es preciso elegir en los almacenes las piezas que tengan la figura y dimensiones más adecuadas al objeto.

997. Las operaciones principales, que comprendemos bajo la denominación de labra, son: *desbastar, serrar, cepillar, raspar, barrenar, tornear, escoplear, espigar y copiar*. Todas estas operaciones se efectúan, unas veces por el procedimiento manual y otras por el mecánico.

El primero se adapta á las necesidades de los talleres y obras de poca importancia. Las aplicaciones del procedimiento mecánico son más extensas por la economía y exactitud con que resulta el trabajo; así es, que, en los grandes establecimientos y en la fabricación corriente de objetos determinados, el empleo de máquinas operadoras reporta gran utilidad. El procedimiento mecánico tiene también aplicación á algunos trabajos ajenos á los talleres, utilizando máquinas de construcción especial para

instalarlas fácilmente al pie de la obra y en el campo, como ya hemos tenido ocasión de ver en la corta de árboles (918).

998. Herramientas y máquinas —Aunque el principio fundamental de la acción de las herramientas cortantes en el trabajo de las maderas, es el mismo que en los metales, la menor dureza y distinta constitución de la materia, permite utilizar herramientas de acero menos duro con filo más agudo y de mayor extensión.

Las máquinas operadoras destinadas á labrar la madera difieren de las dedicadas á los metales, en que los movimientos de trabajo son mucho más rápidos, á causa del menor esfuerzo que la herramienta necesita para arrancar la materia y para evitar que ésta se desgarre durante el trabajo. Los residuos (virutas y aserrín) del trabajo entorpecen, en algunos casos, la acción de la herramienta y ensucian los órganos de las máquinas aumentando por lo tanto los rozamientos; cuyos inconvenientes se salvan adoptando disposiciones especiales para facilitar la salida de las virutas, é impedir que el polvo se deposite sobre los cojinetes y otros órganos.

ARTÍCULO 1.º

DESBASTAR.

999. Objeto.—Aun cuando bajo la denominación de desbastar podría comprenderse toda operación de labra cuyo objeto sea preparar las piezas para la siguiente, nosotros únicamente consideramos la que se practica con el fin de prepararlas en tosco, arrancando ó separando la cantidad de madera que se conceptúa sobrante desde luego, sin necesidad de un trazado exacto.

El desbaste puede ejecutarse con sierra y más ordinariamente con hacha, como se ha visto en el capítulo anterior (934) al tratar del escuadrado de los troncos.

1000. Herramientas.—El hacha y la azuela son las herramientas empleadas en el desbaste de las maderas, y según sea su peso y la longitud del mango, se manejan con una ó con las dos manos. Ambos instrumentos difieren en la posición del filo con respecto al mango, pues

mientras el hacha tiene los dos elementos en el mismo plano, la azuela presenta el filo en dirección perpendicular. La fig.^a 171 representa una azuela de dos manos, que consiste en una hoja de hierro ligeramente curva, terminada por la parte más ancha en acerado filo, biselado en la cara cóncava, y con un ojo para introducir el mango de madera.

La otra azuela (fig.^a 172) llamada de taller, se diferencia de la anterior en la forma especial del mango dispuesto para proteger la mano del operario de las astillas que se levantan durante el trabajo y en la hoja algo más ligera, que va unida á aquél por medio de una abrazadera de hierro.

1001. La acción de estas herramientas, tan conocidas de todos, participa de la cualidad de cortar y hender de la cuña y de la fuerza de choque del martillo: su uso consiste en hacerlas caer violentamente bajo ángulo pequeño sobre la madera para producir una incisión más ó menos profunda que separa una astilla, y en arrancar ésta, apalancando con la misma herramienta.

La dirección del plano de trabajo con relación á la posición que el obrero puede ocupar, indica casi siempre, si debe emplearse el hacha ó la azuela, eligiendo el obrero la herramienta que maneje con más destreza cuando puedan usarse indistintamente las dos.

ARTÍCULO 2.^o

=

SERRAR.

1002. Hojas de sierra.—El objeto de la operación de serrar es cortar la madera valiéndose de la herramienta conocida con el nombre de *sierra*. Ya hemos tenido ocasión de mencionar esta operación en el apeo de árboles y escuadrado de las maderas, cuyas nociones vamos á ampliar y generalizar.

La forma y dimensiones de los dientes de las sierras varían, no solamente con la estructura, dureza y estado de sequedad de la madera que se trabaja, sino también con arreglo á la dirección del corte respecto á las fibras; pero como no siempre se dispone de sierras adecuadas á las

diferentes clases y circunstancias del material, se adoptan generalmente en los talleres algunos tipos que satisfacen las condiciones del trabajo en la mayoría de los casos.

1003. La hoja de sierra A (fig.ª 173) llamada *de dientes de pico de cuervo*, muy usada en la explotación de bosques, es propia para serrar maderas recién cortadas y blandas; para las duras y secas es conveniente que la punta de los dientes sea menos pronunciada; por el contrario, las sierras destinadas á maderas repelosas deben tener dientes agudos y finos; y por último, los dientes que se conceptúan más ventajosos para cortar en sentido perpendicular á las fibras, son los que tienen la figura de triángulo equilátero como se representa en B.

Los dientes triangulares, más ó menos tendidos C, se adoptan en muchos casos para trabajos generales, sobre todo cuando las sierras tienen pequeños espesores.

El tamaño de los dientes se subordina al grueso de la hoja ó lámina de acero y al esfuerzo disponible para hacer funcionar las sierras, en armonía con la resistencia que la madera oponga.

1004. Cualquiera que sea la forma y tamaño de los dientes de una sierra, se necesita que todos sobresalgan lo mismo para que trabajen con igualdad, y es conveniente que estén *triscados* ó sea levantados alternativamente á un lado y otro del plano de la hoja, de manera que las puntas queden en dos líneas paralelas, para disminuir el rozamiento de la hoja dentro de la incisión que se practica y evitar que el aserrín dificulte su movimiento.

La distancia entre las dos líneas determinadas por las puntas de los dientes de lugar par y los de lugar impar, marca el ancho de la incisión que se practica; la cual no debe pasar nunca del doble del grueso de la lámina.

Las sierras no producen efecto más que en el sentido hacia el cual están inclinados sus dientes, y éstos tienen afilado el flanco de trabajo para facilitar el arranque de las partículas de madera. La posición de éste filo, hecho á bisel, está combinado con el triscado, de manera que cada diente tiene el filo hacia el costado que sobresale del plano de la hoja, como se ve en la figura.

Las sierras de dientes equiláteros pueden cortar la madera moviéndose

en un sentido y otro, siempre que estén afilados los dos flancos de cada diente.

Las sierras de dientes triangulares presentan el inconveniente de no proporcionar espacio suficiente para alojar el aserrín arrancado, y las de pico de cuervo tienen la punta de los dientes demasiado aguda para el trabajo de maderas medianamente duras y secas.

Algunos autores recomiendan, para los grandes establecimientos, el trazado que representa la fig.^a 474, en el cual se salvan los inconvenientes señalados.

Las dimensiones son las siguientes:

Ángulo de los dientes.	60°
Distancia entre los dientes.	25 mm.
Longitud del flanco del trabajo.	40 »
Radio de la concavidad que separa los dientes.	5 »
Grueso de la hoja.	{ Para maderas de regular grueso. 2 »
	{ Para maderas duras y piezas muy gruesas. 2,5 »
Triscado por cada lado.	{ Para maderas secas. 0,5 »
	{ Para maderas verdes ó muy fibrosas. . 0,8 »

Las hojas de las sierras destinadas á producir cortes curvos deben tener poca anchura y por consiguiente dientes pequeños á fin de que el cambio de dirección continuado de la herramienta dentro de la incisión que se va abriendo, sea posible.

Cuando las sierras tienen pequeño espesor, es necesario evitar que se doblen durante el trabajo, lo que se consigue fácilmente montándolas en armaduras y asegurando y manteniendo la hoja en tensión por medio de tornillos de presión, cuñas ó tirantes.

1005. Las hojas de las sierras se construyen de acero fundido suave de buena calidad, estirado en láminas por medio de cilindros, y abriendo después los dientes á golpe de punzón. El temple que se da á las sierras es moderado, á fin de afilar fácilmente los dientes con limas y que se puedan triscar sin quebrarse.

1006. Procedimiento manual.—Las hojas de las sierras dedicadas al trabajo manual tienen forma alargada y están provistas de uno ó dos mangos de madera en sus extremos, ó bien van montadas en armaduras.

En el primer caso reciben el nombre de *serruchos*: el representado en A (fig.ª 175) es de hoja trapezoidal para que resulte más resistente por el punto de aplicación de la fuerza; el B es el denominado *de costilla*, porque siendo de hoja muy delgada necesita un refuerzo ó costilla en el lomo, que le da nombre, y cuyo saliente limita la profundidad del corte que pueda hacerse con la herramienta; y el C, llamado de *punta* ó de *calar*, tiene mayor grueso que el anterior y es sumamente estrecho; lo que permite seguir contornos curvos é iniciar los cortes desde los taldros ó partes estrechas en que no podría penetrar ninguna otra clase de sierra.

Los dientes de los serruchos están indicados hacia el extremo opuesto al mango.

La manera de operar con los serruchos, sobre una pieza de madera que se supone fija, se reduce á empuñarlos con la mano derecha y comunicarles un movimiento de vaivén en el plano de la hoja extendiendo y encogiendo el brazo; de manera que en el primer período ó sea el de trabajo se ejerza una pequeña presión para que los dientes arranquen partículas de madera.

1007. Las sierras de mayores dimensiones que los serruchos tienen dos mangos (fig.ª 176) y se ponen en acción mediante el esfuerzo de dos hombres colocados á distinto lado de la madera. Para dar cortes horizontales ó bien serrar transversalmente las piezas, se hace uso de la A, y para serrar verticalmente dividiendo las maderas en toda su longitud se emplea la B, cuya hoja es de mayores dimensiones.

En este caso, la pieza que se va á cortar se coloca y fija sobre caballetes de altura suficiente para que un hombre pueda acomodarse debajo y asir el mango inferior una vez situada la sierra en la posición que indica la figura. El otro aserrador, puesto en pie sobre la madera, eleva la sierra verticalmente y ambos la empujan hacia abajo con un pequeño avance para la alimentación de la herramienta, cuyo esfuerzo está favorecido por el mismo peso de la sierra y la salida natural del aserrin por la parte inferior. La hoja se lubrica de vez en cuando para disminuir el rozamiento dentro de la incisión que se practica y se mantienen separadas las caras de ésta por medio de una cuña *a*.

1008. Las hojas de sierra de pequeño espesor requieren, como ya

se ha dicho, una armadura que las ponga en tensión. En la fig.^a 177 se ve la sierra A en medio de un bastidor de madera que sujeta los extremos de la hoja guarnecidos de grapas, la que se pone en tensión apretando las cuñas colocadas al exterior de los travesaños. Estos sirven de agarradero á los dos hombres que manejan la herramienta, que como la anterior, se aplica para dar cortes rectos longitudinales, subdividiendo en tablas ó listones los trozos de madera.

La sierra alemana B tiene aplicaciones muy variables, y según sea su tamaño y la índole del trabajo, puede ser manejada por uno ó dos hombres; cuando la lámina es estrecha sirve para dar cortes curvos y toma el nombre de *sierra de rodear*. Los extremos de la hoja están unidos á los travesaños por medio de maniguetas cilíndricas, que permiten variar á voluntad la posición del plano de la lámina respecto al de la armadura, y la tensión se consigue dando garrote á la cuerda con la clavija a.

1009. Procedimiento mecánico.—Muchas son las máquinas ideadas para serrar la madera, pero fijándonos únicamente en la manera de obrar la herramienta, pueden clasificarse en sierras mecánicas de *movimiento alternativo* y de *movimiento continuado*. Este último grupo se divide á su vez en otros dos que comprenden las sierras *circulares* y las de *cinta*.

1010. Sierras de movimiento alternativo.—Se llaman también de *tablear* y sirven principalmente para dar á la vez varios cortes longitudinales y paralelos, á los troncos de árboles y grandes vigas. Una operadora de este género que podemos tomar como tipo, es la representada en la fig.^a 178: las hojas a, a, están sujetas por sus extremos á un bastidor que asciende y desciende verticalmente por dos guías labradas en los montantes X, X; cuyo movimiento se produce por un motor cualquiera, y se trasmite por una correa sin fin al eje B y de éste al bastidor portahojas, por las bielas b. La colocación de las hojas con los dientes inclinados hacia abajo, indica desde luego que solamente actúan en el período descendente del bastidor, durante el cual la potencia se encuentra favorecida por el peso de la parte móvil de la máquina.

La alimentación se verifica mediante un movimiento de traslación intermitente de la madera hacia las sierras, el cual tiene lugar siempre

que descende el bastidor portahojas. La madera que se trata de serrar se apoya y fija con uñas, grapas ú otro medio, á los dos carrillos M y N que resbalan á lo largo de los carriles Z, Z, y el movimiento de alimentación se realiza por el excéntrico E y varilla e, que por el intermedio del trinquete P p, hace girar al torno T donde se arrolla la cadena de tracción tt.

La traslación periódica de la madera se regula alargando ó acortando el brazo P, de manera que cuando se sierren maderas duras ó cuando se disponga de pequeña cantidad de motor con relación al trabajo, será necesario alargar dicho brazo para que la uña p solamente recorra en cada periodo uno ó dos dientes de la rueda de fiador, y la rotación del torno sea menor.

1011. El aumento de velocidad de las hojas proporciona bastante economía en el trabajo, pero no puede extremarse este aumento en las sierras alternativas, porque es necesario vencer la inercia de la parte móvil de la máquina, que aumenta en razón directa del cuadrado de la velocidad. Las sierras mecánicas de bastidor pesado y largo curso no deben funcionar con velocidad mayor de 2 m. por segundo; pero puede aumentarse hasta 2,8 m. en las máquinas más ligeras.

El movimiento de alimentación debe ser proporcional al principal y varía con la clase de madera y con el espesor de la pieza que se trabaja. Tomando como tipo una operadora que funcione con velocidad de 2 m. por segundo y tenga 0,7 m. de curso, la alimentación que puede considerarse como más adecuada oscila entre 4 y 4 mm., cuyos límites corresponden á las maderas duras y blandas, cuando las piezas tienen su espesor comprendido entre 0,2 y 0,6 m.

1012. En los talleres de ebanistería se usa con frecuencia la sierra alternativa denominada de *calar*: la hoja es sumamente estrecha y delgada y funciona muchas veces con el auxilio de una ballesta y un pedal. La poca anchura de la hoja de calar permite variar constantemente la dirección del corte, y puede montarse de manera que penetre aquélla por un taladro de la madera, con el fin de iniciar el recorte interior que quiera hacerse.

1013. Sierras circulares.—La herramienta empleada en estas máquinas es un disco circular de acero, dentado en su circunferencia en

las mismas condiciones que las señaladas para las hojas de sierra en general.

El mecanismo que pone al disco en disposición de funcionar, se reduce á un eje que lo sustenta y que recibe directamente del motor un rápido movimiento de rotación en el sentido indicado por los mismos dientes de la hoja; cuya disposición se completa con un tablero ó mesa de fundición con dos rodillos para apoyar y guiar la madera que se trabaja. Estas máquinas se construyen ordinariamente con el eje y la mesa horizontales, teniendo ésta una ranura para dar paso á la hoja. La fig.^a 179 da idea de la expresada disposición.

La alimentación, que debe ser continuada, como lo es el movimiento principal, se encomienda generalmente al obrero, el que empuja la madera hacia la sierra con la lentitud que exija la resistencia de la materia al trabajo. Fácilmente podría adicionarse á la máquina algunos órganos para que esta traslación fuese automática, pero únicamente se obtendría alguna ventaja en los cortes de bastante extensión.

La amplitud ó dimensión vertical de la incisión que hacen estas sierras, no puede pasar de la sagita del segmento de hoja que la mesa deja al descubierto, y no es conveniente que sea mucho menor que dicha dimensión para no aumentar las resistencias pasivas. Con objeto de aumentar ó disminuir dicha cantidad cuando convenga, se construyen estas operadoras, de modo que sea posible el descenso y ascenso de la mesa, ó bien, si ésta es fija, que el eje portahoja sea el que tenga la facultad de elevarse y descender.

La máquina representada en la figura es de eje móvil, en la que se gradúa la cantidad de hoja que debe rebasar del plano de la mesa por medio de una manivela acoplada en el cuadradillo *a*.

1014. Las piezas prismáticas se sierran con facilidad en dirección perpendicular á sus caras á favor del asiento que éstas proporcionan; pero los cortes oblicuos exigen inclinar la mesa ó adicionar una guía tal como la *bc*, que puede aproximarse á voluntad y oblicuarse con respecto al plano de la hoja.

La citada guía, colocada verticalmente, sirve también para precisar la distancia á que debe darse el corte, haciendo resbalar la madera por el ángulo diedro que forma con la mesa; obteniéndose por este medio tablas ó listones de igual grueso.

1015. En algunos talleres se ven sierras mecánicas con dos ó más hojas circulares, colocadas unas en un mismo plano para serrar á la vez las maderas por la parte superior é inferior, y montadas otras sobre el mismo eje con objeto de dividir las piezas por planos paralelos.

Existen además otras máquinas en las que la hoja posee no solamente el movimiento principal, sino también el de alimentación; disposición que únicamente es ventajosa para cortar á través grandes piezas de madera de difícil manejo.

1016. El diámetro de las hojas circulares varía con su grueso y con el tamaño de los dientes, y en razón inversa de la velocidad de rotación del eje en que ha de montarse. Las grandes sierras, cuyo diámetro excede de un metro y su espesor de tres milímetros, tienen el inconveniente de desperdiciar mucho material al hacer los cortes y absorben mucha fuerza motora porque la madera obra como freno sobre los planos de la hoja, en cuanto la incisión es algo profunda.

La velocidad que adquieren ordinariamente las sierras circulares es de 20 á 25 m. por segundo, en la circunferencia; velocidad que debe moderarse algún tanto en el trabajo de maderas duras.

1017. Sierras de cinta —Estas operadoras, que toman nombre de la forma de su hoja, están constituidas por una larga lámina muy flexible, unida por sus extremos y montada en dos poleas que la ponen en movimiento como las correas sin fin. El grueso y ancho de la hoja es siempre pequeño y por lo tanto los dientes de que está guarnecida no son grandes.

En la fig.^a 180 se representa una máquina que puede tomarse como tipo de las de su clase. En el eje A receptor del motor está acoplada una de las poleas que sustentan la hoja, que no solamente pone en movimiento á ésta sino también á la polea *tensora* B facultada para ascender y descender, cuando se hace girar el husillo *b* para templar convenientemente la hoja.

La colocación de la hoja respecto á la dirección de sus dientes, y el sentido del movimiento deben ser tales, que al pasar por una ranura á través de la mesa M, pueda serrar las maderas que con este fin se sitúan sobre ella.

Con objeto de dar cortes oblicuos, la mesa está dispuesta de manera

que pueda inclinarse con respecto al plano de la hoja; pero es preferible tener fijo el apoyo y hacer uso de la guía móvil ó portapieza representada en la fig.^a 481.

Las poleas deben ser de gran diámetro para que la hoja de sierra se ciña á ellas con facilidad y para que la máquina tenga la amplitud que requiere el trabajo de grandes piezas de madera. Una pestaña que guarnece uno de los bordes de las poleas, impide que la lámina metálica se salga.

Muchos constructores recubren con cautchuc ó cuero la parte cilíndrica para aumentar la adherencia con la hoja y evitar el deterioro de ésta.

Para que la hoja de sierra no oscile cuando trabaja sobre tablas ó maderas de poca altura, existe el pequeño aparato *c d*, que puede colocarse á diferentes alturas para guiar el movimiento de la sierra.

La velocidad de las sierras de cinta es de 15 á 18 m. por segundo.

1018. Las aplicaciones de estas sierras mecánicas son generales en los talleres que han de responder á diferentes obras. Si la hoja que se monta tiene poca anchura, se pueden seguir con ella contornos curvos bastante pronunciados, con solo hacer mover convenientemente la madera para que el corte siga la línea que préviamente se marca con un lápiz; circunstancia que caracteriza las sierras de cinta, porque ni las máquinas de tablear, ni mucho menos las circulares, son susceptibles de ejecutar tales trabajos.

1019. El pequeño grueso y poca anchura de las sierras sin fin ocasiona con frecuencia su rotura, sobre todo, cuando están montadas con mucha tensión ó reciben alimentación excesiva. En tales casos es indispensable soldarlas para volverlas á utilizar; cuya operación se ejecuta de la manera siguiente: se adelgazan con la lima los extremos y practícanse en ellos algunos taladros para colocar el bórax y la soldadura que ha de unirlos; se mantiene la hoja con los extremos sobrepuestos por medio de una barra de hierro y dos pequeñas bridas, de manera que los cabos queden en prolongación; introdúcese esta parte en la fragua, y se procede como ya se dijo al tratar de dicha operación, teniendo la precaución de apretar con unas tenazas enrojecidas la parte soldada para que no adquiera mucho espesor. Quitase después con la lima la soldadura sobrante que haya quedado fuera de la unión y se adelgaza para que quede en lo posible con espesor uniforme.

1020. Cantidad de motor que exige la operación.—De los estudios experimentales hechos sobre el particular, se ha deducido que entre los muchos factores que pueden modificar el consumo de motor por unidad de superficie descubierta por la sierra, son los que expresamos á continuación, en el orden que corresponde á su entidad: espesor de la pieza que se trabaja, naturaleza de la madera, estado de sequedad en que ésta se halla, dirección del corte con respecto á las fibras, anchura de la incisión, forma de los dientes de la sierra y otros.

Si tomamos como tipo la madera de encina seca y de dureza media, el número de kilográmetros que absorben los cortes longitudinales de un metro cuadrado de superficie, se deduce de la fórmula

$$T = 82.000 E + 24.850$$

en la que E representa el espesor de la pieza puesta en trabajo.

El trabajo necesario para otras clases de madera puede obtenerse con la fórmula anterior afectándola de un coeficiente, que se evalúa en 0,66 tratándose del pino.

Los cortes de sierra sobre madera húmeda y los que siguen dirección trasversal absorben menor cantidad de trabajo: la determinación de éste, en dichas condiciones, se hace introduciendo en la fórmula un factor que nunca llega á la unidad. Se asigna ordinariamente 0,66 para la encina no seca y 0,67 para el pino. En los cortes trasversales, los coeficientes son 0,80 para la encina y 0,89 para el pino.

1021. Afilado de las sierras.—El uso prolongado de las hojas de la sierra origina el desgaste de sus dientes, no solamente en la punta sino también en el filo ó bisel del flanco activo. El desgaste de los dientes es casi uniforme en las hojas circulares y de cinta; pero las que obran alternativamente se gastan por el centro mucho más que en los extremos.

Para poner las hojas usadas en estado de servicio, es necesario igualar los dientes y descubrir sus puntas y filos, rectificando además el trisgado, si acaso hubiese disminuído ó desaparecido.

Separada la hoja de su armadura ó máquina en que está montada, se sujeta en un tornillo de banco por el intermedio de mordientes de madera, de modo que si la hoja es recta, la línea de los dientes queda sensiblemente horizontal y hacia arriba. Se aplica una regla para ver los

dientes que más sobresalen y se procede á rebajarlos con una lima triangular, formando chaflanes próximamente paralelos á la primitiva línea de las puntas y al nivel de las más gastadas. Se reconstruyen inmediatamente los dientes, limando y profundizando con la misma herramienta los flancos, hasta descubrir la punta en el centro de cada chaflán para que resulten equidistantes. Si los dientes fuesen de pico de cuervo, sería necesario concluir el trabajo con limas medias cañas ó bien con redondas.

El afilado de los dientes no ofrece gran dificultad una vez igualados, pues se reduce á practicar el bisel, inclinando convenientemente la lima y dando la vuelta á la hoja, después de haber trabajado en los dientes triscados á un lado, para hacer lo propio en los triscados al otro.

La operación se practica de una manera análoga en las hojas circulares, haciendo que todas las puntas estén en una misma circunferencia.

Se acostumbra á afilar las sierras de cinta, manteniéndolas en tensión sobre dos poleas horizontales, que al girar permiten ir corriendo la hoja sucesivamente entre las quijadas de un tornillo de banco que oprime la parte puesta en trabajo.

1022. Existen máquinas especiales dedicadas al afilado de las sierras; la herramienta de semejantes operadoras es una rueda de esmeril de forma lenticular, animada de un rápido movimiento de rotación y dotada de la facultad de oscilar ligeramente é inclinarse á un lado y otro, á fin de que el obrero pueda llevar su acción á donde convenga.

La hoja que se quiere afilar se sujeta á un tornillo de banco que la misma máquina tiene debajo de la rueda de esmeril y después que el obrero ha hecho obrar á ésta sobre el primer diente, se corre la hoja para afilar el tercero y sucesivamente los que tengan un lugar impar.

El afilado de los dientes que presentan el bisel hacia afuera, se practica de igual manera después de dar la vuelta á la hoja y sujetarla con el tornillo.

Las hojas circulares se sujetan á un eje horizontal de rotación y la rueda de esmeril ejerce su acción sobre el diente más alto, debiendo dar la vuelta al disco, como en las hojas rectas, después de haber afilado los dientes triscados á un lado, para hacer igual operación con los triscados al otro.

1023. Máquina de cortar la madera en chapas.—

Ocurre con frecuencia en la carpintería de taller y en la ebanistería recubrir algunas piezas con una lámina delgada de madera más fina, como es el nogal, la caoba y otras. La subdivisión en chapas, de los trozos de tales maderas, se hacía poco tiempo ha, dando numerosos cortes de sierra; pero este procedimiento era sumamente oneroso, porque el aprovechamiento de la madera no llegaba á la mitad de su peso.

Modernamente se han construido en la casa del notable constructor de máquinas para el trabajo de las maderas, Mr. Arbey, ciertas operadoras en las que una ancha cuchilla corta la madera en láminas delgadas y flexibles, sin producir residuo alguno.

La cuchilla está montada en un carrillo análogamente al hierro de las garlopas de afinar, aun cuando con menor ángulo respecto á la horizontal, en cuya dirección resbala sobre dos guías, impulsado por una biela ó dos cremalleras puestas en acción por el motor.

La madera, perfectamente nivelada respecto á sus fibras, se coloca sobre un plato dotado solamente de un pequeño movimiento ascensional, después que la herramienta ha arrancado una lámina, para que la pieza que se subdivide sea alcanzada otra vez en el viaje siguiente de la cuchilla. El filo de ésta ataca oblicuamente á la madera en las máquinas de gran tamaño.

1024. El empleo de estas máquinas, aplicadas también á la corta de tablas para la construcción de cajas de cigarros y otros usos análogos, requiere alguna inteligencia, principalmente para el afilado y montura de la cuchilla y para la preparación de la madera, la cual conviene que esté suficientemente seca para facilitar la acción de la herramienta.

ARTÍCULO 3.º

CEPILLAR Y RASPAR.

1025. Objeto de la operación de cepillar.—Los desbastes y cortes practicados por medio de la azuela ó de la sierra dejan siempre desigualdades y surcos en las caras de las maderas: es conveniente hacer

desaparecer dichas asperezas, no solamente para mejorar el aspecto de las piezas, sino también para asegurar la unión y ajuste perfecto de unas con otras. A tal necesidad responde la operación de cepillar, ejecutada con auxilio de herramientas que arrancan la materia sobrante en forma de viruta.

El cepillado de la madera se emplea frecuentemente con objeto de igualar y alisar las caras de las piezas prismáticas, ó sea *aplunar*; pero tiene también aplicación para labrar superficies cilíndricas ó molduras corridas, abrir ranuras y hacer espigas.

1026. Trabajo manual.—La herramienta con que se ejecuta manualmente la operación se denomina *cepillo*; en ella tenemos que considerar tres partes: la *hoja* ó *hierro*, la *caja* y la *cuña*.

La hoja es una planchuela de hierro A (fig.^a 182) acerada por su parte inferior con un filo en bisel, y la caja es una pieza B de madera dura con una de sus caras *m n* (superficie de trabajo) perfectamente lisa, y con una escopladura ó *lumbrera* *b* en la parte central, para recibir la hoja. La cuña C sirve para sujetar la hoja en la posición representada en la figura, apretándola con el martillo, cuando el carpintero se ha cerciorado de que el filo de aquélla sobresale del plano *m n* la cantidad conveniente.

La operación de cepillar, que se practica en las piezas de madera colocadas sólidamente sobre dos caballetes ó sobre el banco de trabajo, de manera que la superficie que ha de trabajarse quede próximamente horizontal, se reduce á empujar con ambas manos el cepillo en la dirección que indica la hoja, ejerciendo ligera presión sobre aquélla para que, penetrando el filo en la materia levante viruta.

El cepillado se ejecuta ordinariamente en dirección de las fibras, y cuando la superficie queda exenta de desigualdades, se forman virutas largas y rizadas que salen por la parte superior de la lumbrera. La operación requiere mayor esfuerzo, cuando se cepilla la madera en dirección transversal á las fibras y las virutas salen en este caso, más cortas y desiguales.

1027. Existen diferentes variedades del cepillo, las que más principalmente se usan en los talleres reciben los nombres de *garlopín*, *garlopa*, *guillame*, *media caña*, *bocel*, *moldura*, cepillo de *ensamblar*, *juntera*, y cepillo y garlopa de *afinar* ó de *dos hojas*.

La hoja del garlopín tiene el filo ligeramente convexo y sobresale bastante por la boca de la lumbrera, y la caja es de mayor longitud que la del cepillo. Esta herramienta arranca virutas gruesas y se emplea en las primeras pasadas para hacer desaparecer las grandes desigualdades de la madera.

La garlopa (fig.ª 483) tiene mayor longitud, su caja va provista de un mango y el filo de la hoja es recto. Se usa después del garlopín para cepillar las piezas largas.

En las herramientas mencionadas, el ancho de la hoja es siempre menor que el de la caja, lo cual impide que su acción pueda llegar á los ángulos entrantes. El guillame (fig.ª 484) salva este inconveniente pues la forma especial de la lumbrera permite el uso de hojas mas anchas que las cajas, facilitándose la salida de las virutas por los costados.

La superficie de trabajo, en la caja de los cepillos medias cañas, boceles y molduras es cilíndrica, cóncava ó convexa, con perfil igual al del filo de la hoja con que están armados. Estas herramientas se usan para labrar superficies cilíndricas de perfil inverso al filo de la hoja.

Algunos guillames y molduras tienen en la caja una pestaña, que sirve de guía cuando se trabaja el canto ó los bordes de las caras de una pieza, y en este caso, dichas herramientas se denominan junteras.

Los cepillos llamados de ensamblar, que presentan un saliente longitudinal en el que llevan la hoja, son propios para abrir una ranura en los cantos de las tablas, y otros que tienen por el contrario, un entrante con dos hojas á sus lados sirven para descubrir una lengüeta en la madera.

Para que las maderas repelosas sometidas á la operación de cepillar queden bien tersas, es necesario emplear el cepillo ó garlopa de afinar (fig.ª 485) que tiene dos hojas sobrepuestas y con los filos muy próximos. La viruta que levanta la hoja inferior es cortada inmediatamente después por la superior, evitándose así los pequeños desgarres que se producen en algunas maderas, y por lo tanto la presencia de filamentos sueltos que alteran la limpieza de una superficie plana bien cepillada.

1028. La inclinación de la hoja sobre el plano de trabajo varía, en los cepillos y garlopas, con la naturaleza de la madera que se trabaja y con el grado de finura que se desea dar á la superficie. Por regla general se adopta la de 45°, cuyo ángulo se disminuye para cepillar maderas

blandas ó cuando se desea arrancar virutas gruesas, aumentándolo por el contrario para el trabajo de las duras y cuando se dan las últimas pasadas en toda clase de madera.

El plano del bisel suele tener la inclinación de 25° , pero es costumbre hacer una pequeña faceta cerca de la arista, para que el ángulo de trabajo resulte de unos 35° .

1029. Por último, algunos cepillos están guarnecidos de una plancha de bronce en su cara principal, ó bien sólo en la boca de la lumbreira; en este caso reciben el sobrenombre de *calzados*; son de mayor duración y puede reducirse la boca por donde asoma la hoja. Los ebanistas usan cepillos con caja de hierro ó bronce, de formas muy variadas.

Algunos cepillos con hoja guarnecida de pequeños dientes se utilizan con ventaja en el trabajo de maderas repelosas para que no desgarran las fibras ni levanten filamentos.

1030. Afilado de las hojas.—Cuanto más alisada é igual se quiera dejar la madera, tanto mayor será el esmero con que deben afilarse las hojas, porque de él depende en gran parte el buen resultado de la operación de cepillar.

El bisel de las hojas se labra en muelas y el filo se perfecciona frotándolo en la piedra llamada de *aceite*. Estas piedras, que todo carpintero debe conservar cuidadosamente en el interior de una caja de madera, son de naturaleza arenisca, de grano sumamente fino, con una superficie plana que se impregna de aceite antes de aplicar sobre ella la herramienta cortante que se pretende afilar.

El afilado de las hojas de cepillo, ó sea *sentar el filo*, se reduce á frotar la cara bisel, para borrar los rasgos y pequeñas desigualdades del amolado y para descubrir con limpieza la arista viva del filo. La rebaba, que en este trabajo se levanta hacia la otra cara, se hace desaparecer dando la vuelta á la hoja y frotándola de plano por el lado de la rebaba para que no se forme un segundo bisel.

1031. Procedimiento mecánico.—Las máquinas destinadas al cepillado de la madera difieren bastante unas de otras, no tan sólo en la manera de operar, sino también en la forma y condiciones de las herramientas.

Las máquinas de movimiento alternativo, llamadas *garlopas mecá-*

nicas, que en la manera de actuar se asemejan á la acción del obrero en el trabajo manual, tienen, por el reducido curso de la herramienta, muy limitada aplicación en los talleres generales de carpintería; sobre todo desde que las *máquinas rotativas de cepillar*, muy ventajosas para trabajar la madera, se han perfeccionado.

Dos tipos de máquinas se distinguen en las del sistema rotativo: las de *disco*, en las que el eje del movimiento principal es perpendicular á la cara que se labra, y las máquinas rotativas ordinarias que presentan dicho eje paralelo al plano de trabajo. Las últimas se subdividen á su vez en máquinas de *hojas planas* y de *hojas helicoidales*.

1032. Máquinas de cepillar de disco.—Como ejemplo de máquinas de este género daremos á conocer la representada en la figura 486. La madera *M*, dispuesta para el trabajo, va montada sobre el carrillo *mm*, que resbala á lo largo de las guías horizontales del banco *XX*, merced al engranaje de una cremallera con la rueda *R*, y ésta recibe el movimiento del árbol receptor del motor, por el intermedio de los ejes *F* y *E*. Dichos ejes están ligados por dos correas sin fin, una de ellas cruzada, y según se haga que una ú otra descansa sobre una polea loca que hay en el eje *E*, así se obtiene la rotación en uno ú otro sentido y la madera podrá trasladarse á voluntad en ambas direcciones, con sólo hacer funcionar al pasacorreas cuya palanca se ve en *p*.

El disco portaherramientas *A* es de hierro, tiene seis ú ocho huecos ó lumbreras para acoplar hojas de cepillo *a, a, a*, que siguen direcciones próximamente radiales y presentan sus filos en un mismo plano, y el eje *BB* lleva un tambor para recibir la correa *C* que ha de comunicarle rápido movimiento de rotación. El expresado eje va montado en el bastidor *bb*, que puede ascender y descender verticalmente á lo largo de dos guías labradas en los montantes *ZZ*, cuando el obrero hace funcionar á la manivela *D* para poner en acción el husillo de tracción *H* ligado al bastidor.

1033. Para preparar la máquina, basta fijar la madera al carrillo, de modo que quede horizontal el plano que se desea cepillar, y graduar convenientemente la altura del disco portaherramienta. Cuando la máquina se liga al motor, la madera pasa por debajo de las hojas y éstas arrancan violentamente la materia en forma de virutas cortas.

Luego que la madera ha recorrido un espacio algo mayor que su longitud, el obrero hace girar ligeramente la manivela D, para que las herramientas desciendan un poco; mueve después el pasacorreas á fin de que volviendo aquélla á la posición primitiva, se verifique la segunda pasada, y se repiten de igual modo las demás, hasta que desaparezcan todas las desigualdades y quede labrado el plano que se quiere obtener.

Los filos de las herramientas son ligeramente convexos semejantes al de la hoja del garlopin, y pueden profundizar bastante en la madera. Los surcos y rasgos producidos tienen la forma de ciclóides alargadas.

Este cepillo mecánico no deja perfectamente tersa la superficie, pero rebaja con mucha eficacia la madera descubriendo prontamente una cara plana exenta de desigualdades. Se aplica por lo tanto á la preparación ó desbaste de las piezas toscas y aun al escuadrado de las maderas en rollo.

1034. Máquinas rotativas con hojas planas.—El eje, alrededor del cual giran las herramientas de estas operadoras, está dispuesto paralelamente á la cara que se pretende cepillar, como se ve en la fig.^a 487. Las hojas *a, a, a*, de longitud algo mayor que la anchura de la madera M puesta en trabajo, se aseguran con tornillos al eje expresado, de manera que todos los filos disten igualmente del eje matemático de rotación, y reciben por la correa C, rápido movimiento que no baja de 1800 á 2000 vueltas por minuto.

La manivela D regula la altura del eje portahojas, haciéndole ascender ó descender á lo largo de las guías inclinadas que presentan los montantes ZZ.

La traslación de la madera, que es lenta como en la máquina anteriormente descrita, puede verificarse por el mismo procedimiento que en aquélla, con auxilio de una cadena Galle, ó por otro mecanismo análogo.

La posición del eje portahojas es vertical en algunas máquinas con objeto de cepillar las caras laterales de las piezas prismáticas.

El mismo género de cepillos mecánicos se aplica á labrar molduras corridas, abrir ranuras y otros trabajos análogos, con sólo variar la forma de las hojas cuyos filos (fig.^a 488) presentan un perfil inverso á la sección de la moldura.

1035. Hojas helicoidales.—Las hojas planas empleadas en el cepillado de la madera, actuando simultáneamente con todos los puntos de cada uno de los filos, hacen discontinuo el trabajo y originan choques muy perjudiciales á la máquina. La adopción de hojas helicoidales en estas operadoras ha sido un gran adelanto que remedia los inconvenientes señalados, porque permite cortar la madera de una manera sucesiva y uniforme, tanto en dirección de las vetas como al través, sin levantar astillas ni filamentos, y evita las trepidaciones de la máquina y el caldeamiento de los cojinetes que sustentan el eje rotativo.

Estas hojas son láminas de acero, de uno ó dos milímetros de espesor, afiladas por uno de sus lados, que toman la forma helicoidal al montarlas en el eje portaherramientas en el que se mantienen con tornillos de presión y con unas *contrahojas* que sólo dejan al descubierto el filo y una pequeña parte de la lámina. Se construyen de bastante longitud para cepillar maderas que tengan hasta 0,65 m. de anchura.

1036. La adición de una rueda de esmeril acoplada á un eje paralelo al portaherramientas, permite afilar las hojas, sin necesidad de desmontarlas, con gran facilidad y mayor perfección que cuando se hace manualmente.

Se han construído cepillos mecánicos dotados de dos portaherramientas paralelos, con los que se trabajan á la vez las dos caras de las maderas; y para labrar tablas de entarimados llamadas *machihembradas* se han adoptado también máquinas que tienen cuatro juegos de herramientas, para cepillar, no solamente las caras sino también los cantos, abriendo al propio tiempo una ranura en uno de ellos y descubriendo una lengüeta en el otro.

1037. Trompos.—Con tal nombre se acostumbra á designar unas operadoras del mismo género que los cepillos, que hace algún tiempo sólo se usaban en los talleres de ebanistería para la construcción de remates y molduras en piezas curvas, pero que hoy día se han generalizado en la carpintería y se aplican para redondear peldaños de escaleras, abrir ranuras y lengüetas en cantos curvos, y también para cepillar superficies cóncavas y convexas.

Una, dos, á lo más cuatro cuchillas de pequeñas dimensiones con filo convenientemente perfilado, fijas al extremo de un eje de acero y anima-

das de rápido movimiento de rotación que llega muchas veces á 4000 vueltas por minuto, efectúan el trabajo sobre las piezas de madera que se ponen á su alcance, las que se corren en la dirección que indica una guía ó plantilla con la curvatura que ha de tener la pieza elaborada.

1038. Como ejemplo de estas máquinas, daremos á conocer la representada en la fig.^a 489 destinada á labrar y cepillar la cara cóncava de las pinas de ruedas de carruajes.

El eje vertical A va armado de cuatro cuchillas de filo recto *a, a, a, a* que aparecen sobre la mesa fija X; ésta proporciona asiento á la plantilla guía B, sobre la que se coloca y fija la madera, de modo que sobresalga por la línea *bb* la parte que debe ser arrancada por las herramientas.

La aproximación de la madera á las cuchillas y el recorrido de un extremo á otro, se hace manualmente sin gran esfuerzo, merced al apoyo móvil que tiene la extremidad *c* ligada á una placa C que puede resbalar á lo largo de dos guías abiertas en la mesa. El grueso de la plantilla es igual á la altura del cilindro *m* cuyo diámetro es el que describen los filos de las herramientas: el contacto de aquélla con el cilindro limita el alcance de las cuchillas, que labran como es consiguiente; una concavidad de la misma curvatura que el flanco *bb* de la plantilla guía.

1039. Operación de raspar. Esta operación tiene el mismo objeto que la de cepillar, pero sólo se aplica á pequeñas superficies y se ejecuta siempre manualmente con auxilio de la *escofina*, la *cuchilla* la *piel de lija* y el *papel ó tela de esmeril*.

La *escofina* es una herramienta del mismo género que la lima, de la que sólo se diferencia en la picadura más basta, hecha á golpe de punzón para levantar los dientes de forma semicónica.

Se usa la *escofina* para rebajar algunas partes de las maderas, redondear ángulos, agrandar agujeros y en otros trabajos de pequeña importancia en los que sería difícil el empleo de otra herramienta.

La *cuchilla* de raspar (fig.^a 490) es una lámina de acero enmangada por un lado y afilada por el otro. Se emplea para alisar con perfección las superficies planas y convexas preparadas de antemano con el cepillo ó la *escofina*. Algunos carpinteros sustituyen la *cuchilla* por un cristal; pero éste no da tan buenos resultados.

La piel de lija tiene igual aplicación y con ella se acostumbra á frotar las piezas de madera ya elaboradas para darles un principio de pulimento.

El papel ó la tela de esmeril se emplea también en sustitución de la piel de lija cubriendo con ellos un corcho de forma adecuada á la superficie que se trata de alisar.

ARTÍCULO 4.º

=

TALADRAR Y TORNEAR.

TALADRAR.

1040. Procedimiento manual.—La apertura de agujeros cilindricos en la madera se ejecuta manualmente con las herramientas denominadas *barrenas*; las que, como es sabido, constan de un vástago de hierro enmangado por un extremo y acerado por el otro. Se designan según su tamaño, con los nombres de *barrenas de una mano* y *de dos*.

El extremo acerado de las barrenas más usadas de ordinario termina en un pequeño cono fileteado ó *gusanillo a* (fig.ª 494), del cual parte una ranura longitudinal ó helicoidal, que proporciona un filo lateral [y un hueco donde se alojan los residuos de la operación.

Además de estas barrenas llamadas de *gusanillo*, hay otras (fig.ª 492) que por su forma reciben el nombre de *medias cañas* y algunas de dos manos ó sea de vástago grueso tienen la forma *salomónica* representada en la fig.ª 493.

1041. Conocido es de todos el modo de operar con tales herramientas: aplicada la barrena sobre la madera, de manera que el extremo activo esté en el punto inicial del taladro y el vástago en la dirección que éste ha de tener, se obliga á penetrar y profundizar en la pieza por el esfuerzo de presión y rotación. Las partículas arrancadas llenan pronto el hueco del vástago y dificultan la marcha regular del trabajo; lo que hace

necesario sacar la barrena de vez en cuando, para extraer los residuos.

La barrena de gusanillo exige menor presión que las medias cañas porque una vez introducida la punta en la madera, es casi suficiente imprimirle movimiento de rotación para que penetre; pero se embota con facilidad y corta la madera de un modo imperfecto. Las medias cañas practican agujeros más limpios y rectos porque cortan la madera en vez de apartarla ó desgarrarla y los flancos paralelos en que termina el vástago sirven de guía. La primera clase de herramientas se emplea en el trabajo de maderas blandas y la segunda tiene aplicación á las duras y á los taladros que se practican en dirección perpendicular á las fibras.

Con auxilio del berbiquí se facilita notablemente la operación de taladrar, sobre todo cuando se trata de anchos y poco profundos agujeros. El berbiquí de carpintero (fig.^a 494) no difiere esencialmente del descrito (653) para los metales; y para usarlo no se necesita más contrapoyo que la mano ó pecho del obrero, obrando sobre la cabeza B.

Aun cuando puede armarse el berbiquí con cualquiera de las barrenas mencionadas, se acostumbra generalmente á emplear la herramienta representada en la figura, y en su extremidad hay que distinguir: la punta central *a*, que avanza en dirección del eje del taladro, la lateral *b* que corta circularmente la madera, y la cuchilla *c* destinada á levantar viruta helicoidal.

1042. Procedimiento mecánico.—Las máquinas de taladrar los metales pueden utilizarse en las maderas, haciéndolas funcionar al máximo de velocidad y armándolas con alguna de las herramientas de que se ha hecho mérito.

Las operadoras construidas exclusivamente para el trabajo de la madera, son sumamente sencillas; el eje principal es vertical en algunas y en otras horizontal, y la alimentación, que en las primeras reside en la herramienta, está en las segundas en la barrena ó en la madera, mas en todos los casos se encomienda este cuidado al obrero.

1043. La fig.^a 495 representa una máquina de taladrar maderas, de las llamadas verticales, armada de una barrena salomónica, y en la que se comunica el movimiento de alimentación con auxilio de la palanca P.

TORNEAR.

1044. Torneado propiamente dicho.—Cuanto se ha dicho de operación igual en los metales, tiene aplicación á la madera, sin más diferencias que las emanadas de la distinta dureza y constitución, y de la menor importancia industrial que generalmente tienen las piezas construidas con el material que ahora nos ocupa.

Los tornos destinados al trabajo de metales, pueden utilizarse en el de la madera, con sólo prepararlos para que reciban rápido movimiento de rotación; pero los construidos exclusivamente para dicho objeto, aun cuando obedecen á los mismos principios, son más sencillos y no tienen tanta resistencia como aquéllos. El torno de pedal, que sólo sirve para piezas metálicas de reducidas dimensiones, tiene mayor aplicación en el torneado de la madera y es con el que casi siempre se trabaja en muchos talleres.

1045. Las herramientas empleadas en este trabajo, que están emangadas porque se manejan con frecuencia directamente por el obrero, tienen un filo cortante de 20 á 50° según la menor ó mayor dureza de la madera, y su forma varía con arreglo al período de la operación que se practica. Así es, que para dar principio ó sea para desbastar la pieza, se hace uso de la *gubia* (fig.^a 496) cuyo filo en forma de cuchara está constituido por un bisel en la parte convexa; para continuar la operación se emplean *formones* (fig.^a 497) más ó menos anchos y de filo oblicuo; y por último, para dar por terminado el torneado y perfeccionar el cuerpo de revolución, se hace uso de herramientas especiales para cada caso, que como la representada en la fig.^a 498, tienen el filo contorneado según el perfil del objeto que se desea obtener.

1046. El trozo de madera, de donde se quiere sacar el objeto torneado, se prepara cortándolo primeramente con la sierra en forma prismática ó piramidal de sección cuadrada y achaflanando después las aristas con la azuela.

El uso de las diversas herramientas mencionadas, sobre la pieza ya montada en el torno, exige cierta práctica que el tornero de metales adquiere fácilmente por ser el trabajo de igual indole, y aplicándolas conve-

nientemente se pueden construir multitud de objetos, como mangos de herramientas, manubrios, cubos de ruedas, palos de silla, etc.

La conclusión de los objetos de revolución que deban resultar con dimensiones bastante exactas, exige mayor cuidado: para que el obrero pueda regirse con acierto en las últimas pasadas, es preciso que tantee frecuentemente los diámetros con un compás y confronte la forma con una plantilla.

Aun cuando siempre pueden hacerse manualmente las primeras pasadas ó desbaste de la pieza puesta en el torno, no es prudente seguir tal procedimiento hasta la conclusión cuando se trate de obtener con precisión cilindros ó conos de gran longitud, porque es preferible en estos casos montar la herramienta en un carrillo y guiarla á lo largo del banco del torno, paralela ú oblicuamente al eje de rotación.

1047. Algunos tornos se construyen de modo que el carrillo portaherramienta pueda seguir el perfil de una guía ó plantilla adosada al banco: tales máquinas facilitan mucho el trabajo de los objetos de revolución y los resultados que se obtienen repitiendo la operación son idénticos mientras no se cambie la plantilla guía.

1048. Trabajo anexo al torneado.—Los tornos dotados de husillos de tracción y de numerosas combinaciones mecánicas, se prestan á multitud de trabajos mediante los cuales se construyen en las piezas torneadas, filetes de rosca, estrias, ranuras salomónicas, espirales y otras labores de formas geométricas. En esta clase de tornos se construyen balaustres, piezas para muebles de lujo y objetos de adorno.

1049. Máquinas para tornear palos de gran longitud.—No siempre es conveniente emplear el torno para ejecutar la operación que nos ocupa: la elaboración de largas pértigas ó varas, que á ser torneadas por los medios ordinarios, exigiría tornos de banco muy largo con varias lunetas para impedir la flexión ó desviación de la pieza, una vez colocada y centrada en el banco, se realiza mejor por medio de aparatos especiales que difieren bastante del torno.

La máquina representada en la fig.^a 499, trasforma rápidamente los cuadradillos de madera en palos cilindricos, con sólo hacerlos pasar por el interior del portaherramientas A A, que montado sobre los cojinetes X, X, recibe rapidísimo movimiento de rotación por una correa sia fin.

El portaherramientas es un cilindro hueco de bronce con varias lumbreras, en donde se acoplan las herramientas, que son semejantes á las hojas de cepillo. Las que primero obran sobre la madera son desbastadoras y tienen por lo tanto filo convexo, debiendo acoplarse de modo que sólo alcancen á los ángulos de la pieza con objeto de ochavarla; las demás herramientas, que continúan el trabajo levantando virutas largas, están más avanzadas, y las que se emplean en el último período tienen el exclusivo objeto de alisar la superficie.

La traslación de la madera se verifica manualmente en el sentido indicado por la flecha, y para que siga con exactitud la dirección del eje matemático del portaherramientas, se hace uso de las lunetas M y N, de forma circular la primera y cuadrada la segunda, á fin de que no gire la pieza prismática que se tornea.

ARTÍCULO 5.º



ESCOPLEAR Y ESPIGAR.

ESCOPLEAR.

1050. Trazado.—Entre todos los trabajos de carpintería, la construcción de ensambles de diferentes especies es una de las aplicaciones que con más frecuencia se presentan. Para la ejecución de un ensamble es necesario reunir dos piezas de madera, introduciendo la extremidad ó espiga de una de ellas en un hueco prismático llamado *escopleadura* ó *mortaja* practicado en la otra.

Las escopleaduras se abren por regla general en el canto de las viguetas ó tablas de cierto espesor; tienen forma alargada y ocupan el tercio medio de la madera. En algunos casos calan la pieza de parte á parte y en otros la profundidad es menor que el ancho de la madera.

1051. La operación de escoplear, que se ejecuta sobre piezas escuadradas con igualdad, da principio trazando con el compás, el *gramil* y la

escuadra de carpintero, el rectángulo que ha de formar la boca de la mortaja.

El gramil (fig.ª 200) es una tabla de madera dura atravesada por uno ó dos listones, que están armados de una punta de hierro: su empleo se reduce, á aplicar y correr la tabla á lo largo de una de las caras de la pieza, de manera que una de las puntas marque en el canto una línea paralela á la cara guía, y á una distancia de ella, igual á la separación que previamente se ha dado á la punta *a*, con respecto á la tabla del gramil.

La escuadra (fig.ª 201) tiene uno de sus brazos de madera y el otro formado por una lámina metálica; los diferentes espesores de ambos permiten adaptar el lado interior del primero á una cara de la pieza, quedando al mismo tiempo el brazo metálico apoyado en el canto para el trazado de perpendiculares.

1052. Procedimiento manual.—El trabajo manual de escoplear se hace con el *escoplo* A y el formón B (fig.ª 202); herramientas que solo se diferencian en la extensión del filo y grueso de la hoja. Después de asegurar bien la pieza de madera, se da principio á la operación introduciendo, á golpe de mazo, el filo del escoplo paralelamente al lado menor del rectángulo trazado, á fin de cortar por diferentes puntos las vetas; haciendo después igual uso del formón en dirección de los lados mayores. La acción repetida de estas herramientas y la extracción de los fragmentos arrancados, da por resultado el hueco que se desea; hueco que aparece imperfecto al principio, y debe perfeccionarse después, igualando y alisando con las mismas herramientas, las caras interiores.

El uso de barrenas simplifica mucho el trabajo del obrero, porque haciendo varios taladros, de un diámetro igual al ancho de la mortaja, puede vaciarse gran parte de ella, y el uso del escoplo y formón queda reducido á descubrir los planos.

La apertura de las mortajas que calan las piezas debe hacerse siempre, iniciando el trabajo por ambas bocas y profundizando hasta la mitad por cada una de ellas.

1053. Procedimiento mecánico.—La operación de escoplear se lleva á cabo con gran facilidad y perfección, haciendo uso de máquinas operadoras como la representada en la fig.ª 203, en la que, la herramienta

a está animada del movimiento de rotación que le trasmite la correa sin fin C. El eje portaherramienta se encuentra montado en el carrillo A que resbala á lo largo de dos guías labradas en el montante Z, cuando se pone en movimiento la palanca P. Del costado del montante sale la mesa M, cuya altura puede variarse á voluntad con un husillo, que mantiene horizontalmente al carrillo portapieza N, con la facultad de correrse en sentido perpendicular al eje de la herramienta, haciendo uso de la palanca Q.

1054. La herramienta que se emplea en la máquina es una barra ordinaria, ó de gubia, de diámetro igual al ancho de la escopleadura, y mejor la representada en la fig.^a 204, cuya sección en forma de S, proporciona dos filos laterales propios para ensanchar longitudinalmente los taladros abiertos con la misma herramienta.

1055. La pieza y la máquina se disponen para el trabajo sujetando aquélla al carrillo con los tornillos de presión *pp* (fig.^a 203), y moviendo éste hasta que el rectángulo ó boca de la escopleadura quede enfrente de la gubia: para ejecutar la operación se abre un taladro en su extremo ó sea tangencialmente á tres de sus lados, haciendo avanzar paulatinamente la herramienta con la palanca P; se repite lo mismo en el otro extremo de la escopleadura, y se hace desaparecer después el trozo intermedio T (fig.^a 204), introduciendo la gubia dos ó tres centímetros en uno de los taladros abiertos y corriendo la madera con la palanca Q, á fin de que obrando la herramienta lateralmente reduzca á virutas cortas la zona *tt*. Volviendo á introducir más la gubia y pasando nuevamente la madera, se consigue el objeto propuesto á la tercera ó cuarta pasada.

El hueco abierto por el procedimiento descrito presenta redondeados los ángulos interiores y para cuando se quiera escuadrar la escopleadura, tiene la misma máquina otra herramienta *b* (fig.^a 203) en forma de doble escoplo llamada *escuadrador*. Esta herramienta, puesta en acción por la impulsión del obrero sobre la palanca R, arrolla con uno de sus filos la madera que oculta los dos ángulos contiguos á uno de los lados menores de la escopleadura, en el supuesto que la pieza haya sido conducida por el carrillo á la altura conveniente; y la operación se repite con el otro filo del escuadrador en el extremo opuesto de la mortaja.

1056. La máquina descrita tiene también aplicación para abrir las

escopleaduras en los cubos de las ruedas de carruajes sin más variación que la de adicionar al carrillo una horma ó unos cojinetes de madera para la sujeción y el giro de la pieza puesta en trabajo.

ESPIGAR.

1057. Procedimiento manual.—Una espiga tal como la que representa la fig.^a 205, se practica en la cabeza de una pieza A, dando con la sierra dos cortes paralelos en sentido de la longitud y separando los tarugos *a* y *b*, por medio de otros dos cortes transversales en dirección de los derrames.

La anchura y grueso de la espiga deben ser iguales á las dimensiones correspondientes de la mortaja, para que pueda introducirse á golpe de mazo; pero es conveniente que la longitud sea algo menor que la profundidad del hueco para asegurar el asiento de los derrames. La espiga se deja con mayor longitud si ha de atravesar la pieza escopleada y se corta el sobrante después de ajustado el ensamble.

Se concluye la espiga haciéndole cuatro pequeños chaffanes en la cabeza para facilitar la entrada en la mortaja.

La operación de construir varias espigas sobre la misma pieza (fig.^a 206) se realiza de una manera análoga, sin más diferencia que la de emplear el escoplo para descubrir los derrames interiores *a* y *b*.

1058. Procedimiento mecánico.—Las máquinas destinadas á hacer las espigas sencillas, imitan al trabajo manual, y para dar los cuatro cortes están provistas de otras tantas sierras circulares, montadas dos en un eje vertical A (fig.^o 207), y las otras dos *b* y *c*, que están en un mismo plano, en los árboles horizontales B y C, de manera que la posición relativa de unas á otras sea la que indica la figura.

El carrillo portapieza M lleva la madera á la acción de las sierras *a*, *a*, y siguiendo después el mismo movimiento, la coloca al alcance de las sierras verticales; lo que da por resultado la formación de la espiga, cortando dos tabletas.

La longitud de las espigas, que pueden hacerse con tal operadora, depende del diámetro de las hojas horizontales descontando el radio del

eje y núcleo de sujeción, y la distancia que la separa determina el grueso. Las expresadas hojas *a, a*, pueden colocarse con mayor ó menor separación, y los ejes *B* y *C* tienen la facultad de ascender y descender, con lo cual siempre podrá prepararse la máquina para realizar los cortes que sean necesarios á fin de dejar al descubierto lengüetas ó espigas de diferentes gruesos.

1059. En otra clase de máquinas de espigar el trabajo se verifica con dos juegos de cuchillas helicoidales *b* y *c* (fig.^a 208), que montados en dos ejes paralelos, obran como en los cepillos mecánicos y adelgazan por ambas caras la madera que paulatinamente se introduce entre ellas. Como en la máquina anterior, los ejes *B* y *C* pueden unirse y separarse á voluntad según el grueso que quiera darse á la espiga, y la longitud de ésta depende de la extensión de las hojas helicoidales.

Esta clase de máquinas tiene ventajosa aplicación á las espigas largas, porque de hacer uso de las otras operadoras, sería necesario emplear sierras circulares de gran diámetro; pero en cambio quizá podrían utilizarse en la pequeña carpintería, las tabletas desprendidas por encima y por debajo de la espiga.

1060. La construcción de espigas dobles ó triples requiere el empleo de varios juegos de herramientas, que ejerzan su acción sobre las cabezas de las piezas: exigiendo estos juegos numerosas cuchillas de pequeño tamaño, se considera preferible emplear herramientas como las representadas en la fig.^a 209, que son del género de las fresas.

ARTÍCULO 6.º

MÁQUINAS COPIADORAS, ESPECIALES Y GENERALES DE CARPINTERÍA.

1061. Máquinas copiadoras.—Los efectos de madera de formas irregulares se labran á mano con bastante dificultad, porque además de tener que emplear casi todas las herramientas ya mencionadas y quizá alguna de trazado especial, es indispensable hacer una confronta-

ción con el modelo ó dibujo, que es sumamente penosa por la variedad de contornos y secciones diferentes que se presentan.

Puede adoptarse el trabajo manual en algunas piezas de la especie indicada que no deban reproducirse muchas veces, ó en las que no se exigen con mucha precisión ni con gran economía; pero tratándose de la fabricación corriente de los mismos efectos, es necesario recurrir á máquinas copiadoras, en las que, á semejanza de las descritas en el trabajo de metales, un *modelo* ó *plantilla* de acero, del tamaño y figura del objeto que se desea obtener, interviene en su mecanismo.

La construcción de hormas de zapatero, zuecos, cajas de fusiles, rayos de ruedas y otros objetos análogos, se lleva á cabo con mucha precisión y economía, haciendo uso de tal género de máquinas operadoras, que podemos dividir en dos agrupaciones: unas dedicadas á labrar exteriormente los objetos, y otras cuya misión es hacer las partes huecas y los encastres.

1062. Primer grupo.—Las herramientas empleadas en las operadoras comprendidas en este grupo, son varias cuchillas iguales montadas sobre un eje, y la máquina está compuesta de mecanismos necesarios para obtener los movimientos siguientes: 1.º Un rápido movimiento de rotación en el eje portaherramientas. 2.º Otro, también de rotación, en la pieza ó piezas dispuestas para el trabajo. 3.º Un pequeño movimiento ascendente y descendente en el eje que sustenta las cuchillas para que se alejen ó aproximen al eje matemático de rotación de la madera; y 4.º Una traslación que puede residir en las herramientas ó en la madera, para que los filos recorran toda la longitud de la pieza.

1063. La fig.^a 210 representa, en dos proyecciones, una máquina copiadora destinada á la fabricación de rayos de ruedas, con la que pueden labrarse hasta cuatro piezas á la vez.

El eje portaherramientas *AA*, que sustenta cuatro juegos de cuchillas *a, a, a, a* y un disco de acero *n*, recibe del árbol receptor del motor, por las correas sin fin *C, C*, el movimiento de rotación. El banco *ZZ* sostiene cinco cabezales de torno con sus correspondientes puntas móviles, en los que se colocan las cuatro piezas de madera *p, p, p, p*, y el modelo de acero *m*, recibiendo por igual un movimiento de rotación transmitido por el eje *EE* y ruedas intermedias. Descansando el eje porta-

herramientas por el disco n en su modelo m , la rotación de éste produce el movimiento oscilatorio de las cuchillas, cuyo avance ó retirada respecto á la madera reproduce su sección, y esto unido á la traslación del carrillo MM , da por resultado la copia del modelo, aunque sea variable la sección que sucesivamente se vaya presentando á la altura del eje AA .

El mayor ó menor grado de perfección que se obtiene en el trabajo, depende del afilado y condiciones de las cuchillas, y de la relación entre las velocidades de rotación de las herramientas y de las piezas, con respecto á la traslación. Ordinariamente se labran los objetos por medio de dos ó más pasadas en la misma ó en distintas máquinas, con objeto de desbastar primero y afinar después.

1064. Segundo grupo.—La herramienta tiene, en estas copadoras, la forma de cuchara ó de gubia y va armada en la extremidad de un eje de rotación más ó menos largo, según sea la profundidad del hueco que se intente abrir. El modelo, que unas veces está fijo y otras tienen un movimiento de traslación, recibe en su interior la extremidad del punzón guía que está ligado invariablemente al eje portaherramienta, de manera que ambos puedan simultáneamente descender y trasladarse de un lado á otro, como puede verse en la figura 211, aplicada á la fabricación de zuecos.

Las máquinas (fig.^a 460 y 461) ya descritas al tratar de los metales (730 y siguientes), tienen también aplicación á la madera, sin más variaciones que la de sustituir la fresa por la gubia y la de aumentar, á ser posible, la velocidad de rotación del eje portaherramienta.

1065. Máquinas especiales.—En los talleres dedicados exclusivamente á la fabricación de objetos determinados, los trabajos están limitados á cierto número de operaciones, que se repiten en circunstancias iguales sobre piezas de idéntico tamaño; lo cual permite emplear máquinas que se designan con el nombre de especiales, construídas con las dimensiones y mecanismos meramente precisos para cada caso, y en condiciones tales, que no necesitan preparación ni pérdida de tiempo para hacerlas funcionar.

La construcción de ruedas para carruajes, la preparación de traviesas de ferrocarril y de tablas de entarimados; la fabricación de toneles, cajas

de fusil, pianos etc.; y los trabajos de ebanistería, exigen casi siempre máquinas adecuadas, si se quiere obtener productos con economía y precisión.

1066. Máquinas generales de carpintería.—Los constructores llaman así, á ciertas máquinas dispuestas de modo que puedan dedicarse á distintas operaciones. La circunstancia de tener muchas de las máquinas ya mencionadas en las distintas operaciones, un eje animado de un movimiento rápido de rotación, hace factible la idea de aprovechar una misma operadora para diferentes usos; así es, que el eje horizontal de una sierra circular se utiliza en algunos casos para la operación de taladrar y escoplear, armando uno de sus extremos con una gubia; y si á la otra extremidad se adosa un juego de cuchillas, servirá igualmente para cepillar.

En la fig.^a 212 se diseña una operadora de este género, dispuesta como se ha dicho, con la adición de una sierra de cinta, que á la vez sirve de correa sin fin para transmitir el movimiento de rotación. Dichas máquinas sólo tienen aplicación á los talleres de limitados recursos, que deben responder á trabajos diversos de carpintería, como sucede con los que se montan para la construcción de modelos en las fundiciones.

CAPÍTULO VIII.

UNIONES.

ARTÍCULO 1.º

UNIONES Á JUNTA PLANA Y ENSAMBLES.

1067. Necesidad de unir piezas de madera.—Los objetos de madera procedentes de una sola pieza, se construyen practicando las operaciones descritas en el capítulo anterior, ó sea arrancando parte de aquélla; pero este procedimiento por sí solo no tiene aplicación en todos los casos. Formas complicadas de algunos cuerpos y crecidas dimensiones de otros, obligan muchas veces á emplear varias piezas, que es preciso unir antes ó después de labrarlas definitivamente; las obras de carpintería afectas á los edificios, á los puentes y á otras construcciones, están también formadas por un sistema de entramados con numerosas piezas ligadas convenientemente.

La distinta índole de estas construcciones y los diversos esfuerzos que, tanto el conjunto como cada una de las partes, deben soportar, hacen muy variables los medios empleados en cada caso para ejecutar las uniones; pero cualquiera que sea el procedimiento que se adopte, el resultado debe ser tal, que proporcione solidez é inalterabilidad al sistema, y que la resistencia y duración de las partes puestas en contacto sea por lo menos igual á la del resto de las piezas.

1068. La unión de dos piezas puede verificarse á junta plana y por ensambles ó sea introduciendo parte de una madera en un hueco practi-

cado en la otra. En ambos casos, es preciso emplear medios que aseguren la adherencia y sujeción mutua de las piezas, como son: la cola fuerte, las clavijas, los clavos, los tornillos, los tirantes y multitud de refuerzos metálicos, que más adelante se mencionan.

1069. Uniones á junta plana.—La única preparación que exigen las piezas que han de unirse por el simple contacto de dos planos, es la de labrar éstos esmeradamente con la sierra y el cepillo, á fin de conseguir buen asiento para la exacta coincidencia de ambas superficies, principalmente en la línea de junta que queda al exterior; evitando así que la humedad y los insectos se introduzcan entre las dos maderas.

Esta clase de unión sólo resiste los esfuerzos que obran en dirección perpendicular al plano de contacto, y por lo tanto necesita casi siempre el concurso de otros medios de sujeción.

En la construcción de efectos de madera que no han de resistir grandes esfuerzos, como sucede con los muebles, los modelos para el moldeo en arena, las plantillas, etc., se suple la falta de madera pegando con cola la junta plana de dos ó más piezas, ó bien ligándolas con clavijas y estaquillas; é igualmente si el conjunto ha de ser trabajado en el torno ó con el cepillo.

1070. Uso de la cola fuerte.—La cola es un producto sólido que resulta de la coción y destilación de las extremidades de pieles y membranas gelatinosas de algunos animales, y como es sabido, se necesita reblandecerla y disolverla en agua caliente mantenida á una temperatura de 60 á 80°, antes de usarla en la carpintería. La cola destinada á pegar maderas porosas y cuando el plano de junta sea perpendicular á las fibras, se prepara menos diluida que en los demás casos, para que no sea absorbida fácilmente por efecto de la capilaridad.

1071. La cola se aplica y extiende con una brocha sobre las superficies de unión, y una vez superpuestas éstas, oprímense las piezas en prensas (fig. 243) hasta que se haya soldificado la pegadura.

La unión de tablas por su canto ofrece algunas dificultades, emanadas de la pequeñez relativa de las superficies de contacto, por lo cual, debe tratarse de trabajar cuidadosamente los cantos y aplicar con igualdad la cola. Después de juntar las tablas y hacerlas resbalar una sobre otra, para que la capa gelatinosa interpuesta quede uniforme, se introducen

entre cuatro ó seis viguetas *a, a, a, a*, (fig.^a 214), unidas por pernos y se aprietan con las cuñas *c, c, c, c*, para conseguir así la adherencia de los cantos y evitar el alabeo de las tablas.

1072. La operación de *chapear*, ó sea recubrir una madera con una chapa de otra más fina, se hace con la interposición de cola, que se aplica con la brocha en toda extensión de las caras que se han de unir, apretando después ambas piezas como en los casos anteriores.

1073. Clavijas ó estaquillas.—Se consolida la unión de las piezas, que no deban soportar grandes esfuerzos de los que tienden á separarlas, por medio de clavijas ó estaquillas de madera suficientemente largas para atravesar una de las maderas y penetrar en la otra. Las clavijas se preparan con formón ó con cepillo, dándoles forma ligeramente piramidal de gran número de caras, y después de impregnarlas con cola para que sujeten mejor las piezas, se introducen á golpe de mazo en los taladros practicados previamente con la barrena en dirección próximamente normal al plano de junta.

La sección media de las clavijas debe ser igual ó algo mayor que el taladro, y una vez colocadas se corta con la sierra la parte sobrante de uno y otro lado, si acaso cala la pieza interior.

1074. Ensamblés.—Los tratados de estereotomía y de carpintería especulativa dan á conocer multitud de ensamblés, clasificados ordinariamente en tres secciones, según que los ejes de las piezas ensambladas formen ángulo, estén en dirección paralela, ó en prolongación.

La acertada aplicación de uno ú otro ensamble, se deduce fácilmente en cada caso, en vista de la dirección, intensidad y naturaleza de las fuerzas que soportarán las piezas y de las condiciones de la madera.

1075. Las piezas que han de ensamblarse, se preparan labrando las escopleaduras, espigas, esperas, cajas ó encastres que sean necesarios; y después pónense en junta mediante la mutua ocupación de unas partes con otras, para cuyos trabajos se tendrán en cuenta los detalles de ejecución que vamos á mencionar.

1076. Antes de hacer uso de herramientas, es preciso marcar con lápiz ó con una punta de hierro, varias líneas sobre las piezas, que interpretando la figura del ensamble, sirvan para regir el trabajo del obrero. Con arreglo al trazado general de la obra y por medio de la *presentación*

(como más adelante veremos), se marca en cada pieza una línea que sirve de base para el trazado de las demás; operación geométrica que se practica con auxilio del compás, la escuadra, la falsa escuadra, el gramil etc. teniendo á la vista un diseño ó un modelo.

También se emplean con igual objeto plantillas de chapa de hierro, medio que se conceptúa ventajoso por su brevedad, en los casos en que sea necesario repetir muchas veces un mismo trazado, y cuando los ensambles tengan numerosas líneas, como sucede en la unión de tablas á cola de milano.

1077. 1.ª Sección.—Entre los ensambles de ángulo, el citado al tratar de las operaciones de escoplear y espigar, es el que se emplea más frecuentemente.

El ajuste y sujeción permanente de la espiga en el interior de las escopleaduras que no atraviesan la madera (fig.ª 215) es difícil, pero se consolida la unión empleando la cola, ó bien de una ó dos clavijas *a, a*. Cuando la escopleadura cala la pieza, se fija además la espiga en su posición con las cuñas *b, b* (fig.ª 216), y si la longitud de ésta lo permite, se fortalece y aprieta la unión de las piezas con una cuña de madera dura *c* (figura 217.)

Los ensambles con dobles ó triples espigas son más resistentes y comparten con mayor igualdad las fuerzas que soportan; pero la obra requiere bastante trabajo de labra y mucha precisión para que todas las partes queden igualmente ajustadas y para que cierren herméticamente las juntas que, en gran número, aparecen al exterior.

1078. Las colas de milano y los encastres correspondientes se ejecutan con la sierra y el escoplo, de manera que, al ponerse las piezas en junta, tenga que emplearse el mazo para forzar la entrada de unas partes en otras.

La relación entre las bases mayor y menor del trapecio que forman las colas, es comunmente de cinco á tres, y se adopta la de cinco á cuatro cuando se quiere aumentar la resistencia de la raíz. Si la longitud de la superficie de junta exige la construcción de varias colas, el intervalo entre ellas debe ser por lo menos igual á las mismas.

1079. El ensamble representado en la fig.ª 218, propio para contrarrestar esfuerzos en dirección de una de las tablas, puede prepararse

trabajando mecánicamente cada una de las piezas con auxilio de máquinas armadas con dos ó más fresas, unas de forma troncocónica para descubrir las colas de las piezas A, y otras cilíndricas para hacer los encastres; cuyas herramientas deben estar animadas de un movimiento de traslación lateral, á fin de labrar cada uno de los flancos oblicuos.

Las máquinas operadoras dedicadas á este trabajo, sólo han sido adoptadas definitivamente en algunos talleres, á causa sin duda de la escasa perfección con que resulta la obra en las maderas poco homogéneas y en las tablas de pequeño espesor.

1080. Los cortes necesarios para unir dos piezas á *espera*, ya sea ésta simple (fig.^a 219), ó doble con mortaja y espiga, se practican fácilmente con sierra y escoplo, después de haber marcado las líneas que guían el trabajo de las herramientas. Debe procurarse que la madera inmediata á las *delanteras* esté exenta de nudos y grietas, que podrían debilitar la resistencia de esta unión, destinada generalmente á soportar grandes presiones.

1081. Las cajas (fig.^a 220) que se abren á media madera para formar un ensamble con otras piezas, se ejecutan manualmente con la sierra, dando dos cortes en dirección de los flancos y haciendo después uso de la azuela para descubrir el fondo de la caja, cuya cara se alisa con el cepillo. Se ejecuta mecánicamente el mismo trabajo, con máquinas de cepillar provistas de hojas helicoidales de longitud igual al ancho del hueco que se desea abrir.

Cuando los flancos de la caja están inclinados (fig.^a 221) se labran mecánicamente con auxilio de fresas troncocónicas.

1082. 2.^a Sección.—La unión de dos vigas ó tablas por sus caras ó por sus cantos, se verifica de diversas maneras; pero en todos los casos es necesario aplanar y alisar con la garlopa las superficies que han de ponerse en contacto, sin perjuicio de hacer en ellas las ranuras y lengüetas que fuesen precisas.

Los ensambles representados en las figuras 222 y 223, tienen el inconveniente de desperdiciar gran cantidad de madera; cosa que no sucede cuando se emplean los de la fig.^a 224, que llevan una *falsa lengüeta a* colocada en toda la longitud de las piezas. Esta disposición es adoptada muchas veces para los entarimados (fig.^a 225), aun cuando el redu-

cido grueso de las tablas no admite el trazado en doble cola de milano. Los listones que constituyen las lengüetas se cortan transversalmente á las fibras de la madera, para que opongan mayor resistencia á las fuerzas que tienden á hundir una tabla más que la inmediata.

Este ensamble tiene mayor resistencia que el formado por tablas machihembradas (fig.^a 226) y tanto el último como el representado en la fig.^a 227, tienen el inconveniente de no aprovechar todo el ancho de las piezas.

1083. Por el intermedio de las falsas espigas *a, a* (fig.^a 228) introducidas por mitad en mortajas abiertas en cada una de las vigas, se puede conseguir la unión de éstas, asegurando las espigas con las clavijas *b, b* y mejor con las cuñas *c, c*, cuyo aprieto permite en cualquier tiempo intimar el contacto de las dos piezas. Con el mismo objeto se han ideado también los ensambles con falsas espigas y cuñas representadas en la fig.^a 229.

1084. La combinación de los ensambles de la primera y segunda clase, da lugar á la formación de diversos entramados continuos ó discontinuos, en donde por regla general, ni la preparación de cada una de las piezas, ni la reunión de ellas, ofrece particularidad alguna.

1085. 3.^a Sección.—Las uniones de dos piezas en sentido de su longitud, llamadas *empalmes*, se realizan de diferentes maneras, según sea la posición del conjunto respecto á las fuerzas que ha de soportar.

La superposición de ambas piezas, después de labrar las cabezas de junta perpendicularmente al eje de las maderas, basta para resistir los esfuerzos de compresión en dirección del eje del empalme, como sucede en los *pies derechos*; pero para contrarrestar los empujes transversales, que eventualmente tienden á desunir ó mover las piezas, se abre una mortaja cuadrada en una de ellas y la espiga correspondiente en la otra (fig.^a 230), ó bien se hace uso de una falsa espiga (fig.^a 231) si se quiere aprovechar mejor la longitud de las maderas.

Dos ó cuatro espigas (fig.^a 232) convenientemente colocadas, impiden el giro de las piezas sobre su eje, con más eficacia que con una sola; pero cuando los esfuerzos laterales que tienden á destruir el empalme sean de alguna consideración, será preciso recurrir á otros trazados con

cortes de pluma y escalones, los cuales requieren pérdida de madera y no puede evitarse la presencia de numerosas juntas.

1086. Entre los empalmes llamados horizontales, destinados á resistir los esfuerzos que tienden á separar las piezas, el empleado más comunmente es el de *rayo de Júpiter* (fig.^a 233), donde la llave en forma de cuña *aa* de madera dura, permite apretar la unión de las dos piezas. La fuerza de tracción que puede resistir el ensamble, depende de la sección mínima *ab* de cada una de las piezas, ó de la resistencia que opongan á desprenderse los prismas triangulares *acd*.

El empalme fig.^a 234, aunque menos usado que el anterior, es más ventajoso, porque la llave resiste mejor al giro y la extensión de las secciones de rotura *ab* y *ad*, es mayor á igualdad de escuadría y de madera superpuesta.

1087. La preparación de una de las piezas *P*, para el empalme de rayo de Júpiter, se hace dando primero los cortes de sierra *mn* y *rs* y después los *ac* y *mh*, procediendo luego á quitar con la azuela el prisma *mhac* y alisar el fondo con formón ó cepillo. Si la longitud de este fondo es grande, basta descubrir con un escoplo una pequeña parte, lo suficiente para introducir la sierra, y dar con el corte *ah*.

ARTÍCULO 2.^o



REFUERZOS METÁLICOS.

1088. Clavos.—Para unir las maderas y reforzar los ensambles, así como para ligar y mantener algunas piezas, se hace uso del hierro dulce, del acero, del bronce y de la fundición; ya sea en forma de clavazón y tornillos, ya en barras rectas y recodadas, ya en fin en forma de placas y cajas.

Los clavos empleados más frecuentemente en carpintería son de hierro dulce, de forma ligeramente piramidal (fig.^a 235), con cabeza *de punta de diamante*; y los de menores dimensiones llamados *puntas de París* (fig.^a 236), están contruidos con alambre. En el comercio se expenden

de una y otra clase, de tamaños muy distintos, y con algunas variaciones en la forma de la cabeza, como se ve en la fig.^a 237, que representa una punta con cabeza *de gota de sebo*.

Los clavos de tamaño excepcional empleados en la carpintería de armar, para unir vigas ó piezas de gran tamaño, se construyen de expreso para cada caso, estirando por medio de la forja un trozo de cabilla ó de cuadradillo y haciendo con una clavera la estampación que ha de producir la cabeza.

Es indispensable que la longitud de los clavos sea mayor que el grueso de una de las piezas que se trata de unir, en la cual se introducen á golpe de martillo en una dirección próximamente perpendicular al plano de unión. Las fibras de la madera se apartan al introducirse los clavos y éstos quedan fuertemente sujetos entre aquéllas, ligando las dos piezas en que han penetrado.

La escasa adherencia, que en general tienen las fibras de la madera, ocasiona la rajadura de las piezas cuando los clavos se colocan en sus extremidades; igualmente que si se hace uso de clavos de grueso desproporcionado, ó cuando se clavan vários de ellos en dirección de una misma veta. Es por lo tanto necesario, emplear clavos de tamaño conveniente y evitar su colocación en las condiciones dichas, con tanto mayor cuidado cuanto más dura y menos estoposa sea la madera.

1089. Al introducir los clavos de gran longitud en las maderas duras, suelen doblarse si los golpes de martillo no se dan siempre en la dirección conveniente, y los muy gruesos fuerzan demasiado las fibras obligándolas á replegarse y rasgarse. Tales inconvenientes desaparecen haciendo previamente un taladro con una barrena, pero á condición de que sus dimensiones en longitud y grueso sean menores que las correspondientes al clavo, porque de lo contrario no se conseguiría que éste quedase apretado dentro de la madera.

En el caso de tener que clavar en dirección oblicua respecto á la cara exterior, como sucede en la fig.^a 238 al unir las piezas A y B debe hacerse con escoplo una pequeña entalladura, para que la punta del clavo no se desvíe á los primeros golpes de martillo (sino se ha hecho barreno) y proporcionar un asiento perfecto á la cabeza.

1090. Se dice que los clavos están colocados á *punta perdida*,

cuando atraviesan solamente una de las piezas, y *á remache*, si su excesiva longitud les permite atravesar ambas y proporcionar sobrante para formar un arco (fig.^a 239) que se rebate con el martillo sobre la madera, volviendo á clavar la punta; operación que debe hacerse al propio tiempo que se apoya la cabeza del clavo sobre algún punto fijo, para que no se remueva la parte introducida. De esta manera la sujeción y el aprieto de las piezas es muy grande, y éstas no pueden separarse sin romper el clavo.

1091. Grapones y retrancos.—El crecido grueso de algunas maderas excluye el uso de clavos colocados como se ha dicho, es decir atravesando una ó las dos piezas que se quieren mantener unidas; es preciso recurrir en dichos casos á otro género de herraje, llamado *grapones*, que tienen dos puntas paralelas *a, a* (fig.^a 240) ó perpendiculares (fig.^a 241), que clavadas en diferente pieza, ligan á éstas por la planchuela *b*, como se representa en las fig.^a 242 y 243 con las vigas *A* y *B*.

Cuando alguna de las piezas es de pequeña escuadría, conviene alargar las puntas del grapón y disponerlo de manera que abarque á dicha pieza (fig.^a 244), sin necesidad de clavar sobre ella.

1092. Análogamente al caso anterior se adoptan algunas veces los *retrancos* ó *fixas a, a*, (fig.^a 245), llamados *de uña doblada*, ó bien los *de uña recta* (fig.^a 246). Estos últimos requieren el concurso de los clavos *b, b* introducidos por los agujeros que tienen las uñas.

Para no maltratar con las percusiones del martillo la uña del retranco, al tratar de hacer penetrar á éste en la madera, es conveniente dar los golpes sobre una barra de hierro que se apoye por su extremo en el talón *c*.

1093. Tornillos.—Los herrajes enumerados hasta aquí penetran por percusión en la madera y es difícil sacarlos después de introducidos. Los tornillos llamados *de rosca de madera* (fig.^a 247), se colocan ejerciendo un esfuerzo de presión al propio tiempo que se les hace girar al rededor de su eje, con auxilio del atornillador (fig.^a 248), aplicado por la uña á la ranura de la cabeza de aquéllos.

Para que el tornillo penetre con regularidad y en la dirección que se desee, se principia por abrir en la madera un taladro cuyo diámetro

permita recibir la extremidad roscada, en una pequeña cantidad si la madera es blanda, y para alojar casi toda la rosca si es dura.

La forma ligeramente troncocónica de los tornillos y el perfil cortante de los filetes, así como el amplio espacio que queda entre las espiras, son circunstancias que favorecen la penetración sin forzar las fibras tan violentamente como los clavos.

Igualmente que los clavos colocados á punta perdida, es necesario que los tornillos destinados á unir dos piezas de madera atraviesen una de ellas y que la punta penetre en la otra, en cantidad suficiente para asegurarla bien; teniendo siempre cuidado de no ponerlos ni en los bordes de las piezas ni muy próximos unos á otros.

1094. Se construyen también tornillos de bronce que aunque presentan menor resistencia que los de hierro dulce, se emplean en obras que han de estar expuestas á la humedad por ser difícilmente oxidables, y en los empaques de materias explosivas porque no producen chispas con el choque de los cuerpos duros.

1095. Pernos.—Los medios de unión mencionados hasta aquí, tienen aplicación á piezas de pequeño y regular tamaño cuando están sometidas á esfuerzos moderados que tienden á desunirlas; pero si se trata de grandes piezas de madera que han de soportar fuerzas de consideración, es indispensable recurrir á pernos y tuercas de diferentes tamaños y formas. El perno que puede considerarse como tipo, es el representado en la fig.^a 249: la forma de su cabeza es de *gota de sebo*, y tiene una parte cuadrada *a* en el nacimiento de la *caña*, para oponerse á que gire cuando se atornilla la tuerca *B* en el extremo roscado *b* después de introducirlo en la madera.

1096. Las piezas que deben unirse taládranse de parte á parte con una barrena de diámetro igual al de la caña del perno, el que se introduce en el agujero después de superpuestas aquéllas, forzando á golpe de mazo la penetración del cuadradillo hasta que la cabeza asiente en la madera. La unión íntima de las dos piezas se consigue, apretando fuertemente con una llave, la tuerca colocada en la extremidad roscada del perno que sobresale por la segunda madera.

Con el fin de evitar que la cabeza del perno y la tuerca se hundan en la madera, si se aprieta demasiado, y para ampliar también la superficie

de presión, se interponen los *ovalillos* de hierro dulce *a* y *b* (fig.^a 250).

1097. Algunos pernos (fig.^a 251) tienen la cabeza de forma apropiada para que quede embebida en un hueco abierto en la madera con el escoplo ó con el avellanador; y si se quiere hacer lo propio con la tuerca, es necesario que esta tenga dos pequeños taladros ó muescas en su cara exterior para que agarre en ellos el atornillador ó llave de tuercas.

El empleo de estos pernos tiene el inconveniente de debilitar las maderas y el de excluir el uso de ovalillos.

1098. En otros pernos (fig.^a 252) la cabeza está sustituida por otra tuerca que se atornilla en los filetes que á este efecto están labrados en sentido contrario á los del extremo opuesto.

Tal disposición se considera de utilidad en muchos casos, porque el aprieto se ejerce por ambos extremos; y por la facilidad de introducir el perno por uno ú otro lado de las maderas.

1099. Se ha supuesto hasta aquí que las piezas que se unen por medio de pernos tienen sus caras exteriores planas y paralelas; si no fuese así, habría necesidad de hacer las entalladuras *a* y *b*, (fig.^a 253) para el asiento de la cabeza y tuerca del perno, ó emplear pernos de cabeza oblicua (fig.^a 254) con un suplemento *b* en forma de cuña, para no debilitar las piezas. Dicho suplemento puede situarse también debajo de la cabeza (fig.^a 255), lo cual evita el uso de pernos especiales.

1100. Las maderas que no están completamente secas se contraen al cabo de algún tiempo, y los pernos colocados en ellas aparecen flojos, cuya contingencia es necesario corregir apretando nuevamente las tuercas para intimar la unión de las piezas.

Las llaves destinadas á introducir y sacar tuercas de la extremidad roscada del perno, y principalmente á apretarlas, tienen una boca abierta ó cerrada *a*, *b* (fig.^a 256) de forma adaptable al exterior poligonal de la tuerca y una manigueta ó palanca larga *c*, para favorecer la potencia que ha de producir el giro. Si la tuerca es circular debe tener dos muescas en los extremos de un diámetro, y la llave correspondiente dos salientes para agarrarla.

Las llaves mencionadas sólo sirven para una clase y tamaño de tuercas, pero la representada en la fig.^a 257, llamada *inglesa*, tiene aplicación á gran número de tuercas cuadradas, exagonales y octogonales, porque

la abertura de su boca varía á voluntad haciendo girar el husillo adherido al mango.

1101. Llantas.—Las uniones de dos piezas se aseguran y refuerzan en muchas ocasiones por medio de planchuelas de hierro dulce llamadas *llantas*, puestas en una ó más caras y sujetas á ambas maderas con clavos, tornillos ó pernos. En la fig.^a 258, se ven las piezas A y B unidas por su canto y mantenidas en esta disposición por las llantas *a, b, c*, que se colocan alternativamente en uno y otro lado, y se fijan con tornillos de rosca de madera. Las mismas piezas se representan en la figura 259 unidas por medio de llantas apareadas y de los pernos *a y b*.

Por último, en la fig.^a 260 se diseña el empalme de las vigas A y B, reforzado con las planchas *a y b*, sujetas por tres pernos pasantes y algunos tornillos. Los extremos de las planchas tienen un reborde ó uñas que penetran en la madera y se oponen á la separación de las vigas.

1102. La combinación de llantas y pernos da lugar al herraje de la fig.^a 261, que tiene ventajoso empleo en la unión de piezas en ángulo (fig.^a 262), porque por medio de las tuercas *a, a*, puede intimarse el contacto de ambas piezas, siempre que la contracción del material lo haga necesario.

1103. Escuadras.—La unión de las piezas que forman ángulo, se consolida con escuadras de hierro colocadas en las caras de paramento, si están en un mismo plano (fig.^a 263), ó en los cantos (fig.^a 264); cuyo herraje se sujeta con clavos ó tornillos y mejor con pernos pasantes, cuando aquéllos se sitúan por ambos lados, como sucede en las figuras citadas.

De igual manera se hace uso de las dobles escuadras (fig.^a 265), cuando una de las piezas no termina en la unión, ya estén ambas en ángulo recto ya formen ángulo agudo (fig.^a 266).

1104. Estribos.—Los herrajes dispuestos en forma de grandes grapas, de modo que abarquen una de las piezas de madera para retenerla en contacto con otra, reciben el nombre de *estribos*. Estos, presentan la ventaja de no exigir taladros más que en una de las piezas, como se ve en las uniones representadas en las fig.^a 267, 268 y 269, si bien las primeras tienen el inconveniente de no poder apretar el estribo después de colocado, cuya circunstancia, debe tenerse siempre en cuenta, por la faci-

lidad con que la madera disminuye de volumen cuando no se ha hecho con perfección el secado.

1105. Cinchos ó sunchos.—Cuando los herrajes abarcan dos ó más piezas para unir las sin necesidad de taladrar ninguna de ellas, toman los nombres expresados é indistintamente los de abrazaderas, cárceles y otras, según sus formas y circunstancias.

El más sencillo de estos refuerzos es el que no presenta solución de continuidad (fig.^s 270 y 271): se construye de planchuela de hierro dulce, de manera que sus dimensiones interiores sean algo menores que las exteriores de la sección de las dos piezas reunidas. Los sunchos se colocan en caliente para suplir con la dilatación del hierro la falta de dimensiones, y una vez introducidos en las maderas, se enfrían con agua para que su contracción apriete fuertemente las piezas. El aro exterior de las ruedas de los carruajes, llamado llanta, se coloca de igual manera, y del aprieto producido contra las pinas depende la solidez de la rueda.

Esta clase de cinchos tiene el inconveniente de no poder aumentar el aprieto cuando sea necesario, á no ser que la superficie exterior de las piezas sea cónica ó forme cuña, pues entonces (fig.^a 272) bastará correr el herraje con un martillo hacia la base mayor.

1106. Para apretar en cualquier momento estos herrajes, se dividen en dos ó cuatro partes unidas por pernos (fig.^s 273 y 274), ó bien se les da la forma representada en la fig.^a 275, en la cual la brida *aa* es la que oprime á las piezas dentro de la cárcel ó suncho de hierro.

1107. Los cinchos que no se ponen en caliente, los estribos y principalmente las llantas y las escuadras, se colocan muchas veces en encastres abiertos en las caras de las piezas para que queden embebidos en la madera. Semejante disposición, presenta la ventaja de fijar mejor la posición de los refuerzos, pero tiene el inconveniente de debilitar las piezas.

Dichos encastres se hacen manualmente con escople y formón, pero resultan más acabados si la operación se ejecuta en máquinas copiadoras.

1108. Tirantes.—Las piezas largas de madera dispuestas en forma de ángulo, se mantienen difícilmente en su posición con los herrajes mencionados hasta aquí, aplicados en la proximidad de la unión. Es preciso recurrir en muchos casos al uso de tirantes, que son sencillamente

barras de hierro dulce que ligan las piezas á bastante distancia del vértice del ángulo, de manera que se opongan á las fuerzas que tienden á aumentar ó disminuir su abertura.

El tirante *a* (fig.^a 276) contrarresta las fuerzas que tratan de agrandar el ángulo de las piezas *A* y *B*; y las varillas *a* y *b* (fig.^a 277) colocadas á distinto lado de la pieza *B*, se oponen á que ésta pierda la perpendicularidad respecto á la *A*.

Para poner en tensión los tirantes y poderlos acortar ó alargar después de colocados, según lo exijan las circunstancias de la obra á que se aplican, se construyen de dos pedazos de cabilla unidos por una doble tuerca *a* (fig.^a 278), que abarca los extremos *b, b*, roscados en sentido contrario. El giro de dicha tuerca hace variar la longitud del tirante apretando ó aflojando la unión de las dos piezas de madera que liga.

1109. El empalme de dos vigas de madera, destinado á resistir grandes esfuerzos de tensión, se dispone con el auxilio de tirantes sin necesidad de sobreponer sus extremidades. La fig.^a 279, representa la ingeniosa disposición adoptada para algunos puentes y cubiertas de gran anchura en los Estados Unidos. Las dos piezas *A* y *B*, que se trata de empalmar se guarnecen con ocho placas de fundición *a, a, a...* íntimamente adheridas á las caras horizontales, merced á los resaltos interiores embebidos en la madera y á los cuatro pernos que las sujetan dos á dos. El exceso de anchura de estas placas sirve de encaje á las cabezas de hierro forjado *b, b, b, b*, y *c, c, c, c*, que tienen tres taladros las primeras y uno las segundas.

Puestas las vigas en prolongación y próximas sus extremidades, procédese á colocar en primer término los dos tirantes *m, m*, que ligan las cabezas *c, c, c, c*, pasando por el taladro central de las *b, b, b, b*, y después se unen estas cabezas con cuatro tirantes de menor longitud y diámetro *n, n, n, n*. Tendidos por igual los seis tirantes, sus respectivas tuercas se oponen á la separación de las dos vigas. Las buenas condiciones de esta unión, dependen de la resistencia á la tensión de los seis tirantes y de la que opongan las placas de fundición á resbalar á lo largo de las caras, cuya resistencia debe ser por lo menos igual á la que corresponda á cada una de las maderas.

1110. Cajas de fundición de hierro.—Las piezas de madera

que se juntan por medio de ensambles, resultan debilitadas en la unión, á causa de las espigas y escopleaduras ó encastres que es necesario labrar en ellas, y además se destruyen fácilmente algunas de estas construcciones, porque la diferente resistencia que las maderas oponen en uno y otro sentido respecto á las fibras, motiva el deterioro de unas piezas ocasionado por otras.

Con objeto de evitar tales inconvenientes se ha pensado en el empleo de cajas de fundición, que como las representadas en corte en las figuras 280, 281 y 282, tienen unas cavidades prismáticas colocadas en dirección conveniente para recibir los extremos de las piezas, sin necesidad de disminuir apenas su escuadría. De esta manera se aislan las piezas, evitándose que penetren las extremidades de unas en otras, y se reparten con mayor regularidad las presiones ó empujes.

1111. Si se quiere contrarrestar las fuerzas que tienden á sacar las piezas de sus cajas, se colocan uno ó más pernos que atraviesen lateralmente la caja y la madera, ó bien se hace uso de cajas (fig.^a 283) cuya superficie interior sea piramidal y que se dividen en dos mitades unidas por pernos para recibir la extremidad de la pieza, la cual se labra en forma de cola de milano.

1112. En las ruedas de los carruajes con cubo metálico, se obtiene la sujeción de los rayos por el procedimiento señalado: los dos discos anulares de fundición ó de bronce *aa* y *bb* (fig.^a 284), forman las cajas que aprisionan los rayos, los que, se fijan en su posición con pernos triangulares *c, c, c*, colocados en los intervalos.

ARTÍCULO 3.º



TRAZADO DE UNA OBRA DE CARPINTERÍA.

1113. El estudio de una obra compuesta de varias piezas de madera ligadas convenientemente y destinada á determinado objeto, debe darse á conocer á las personas encargadas de su ejecución por medio de un

plano acotado que represente el conjunto en dos ó tres proyecciones y separadamente, en mayor escala, el diseño de los detalles concernientes á los herrajes, ensambles y demás particularidades de las piezas. Si la obra fuese de mucha extensión é importancia, sería necesario presentar también dibujos intermedios entre el plano general y el de detalles, que representasen los diferentes entramados ó partes en que fuera susceptible dividir el conjunto.

A los planos debe acompañar una memoria ó nota descriptiva, que exprese la calidad y condiciones de las maderas y que facilite la interpretación de aquéllos.

1114. Con arreglo á dichos planos se procede á sacar de los almacenes las maderas necesarias, y á labrar en los talleres las diferentes piezas, dándoles la escuadría que deban tener y una longitud igual ó algo mayor que la indicada en los diseños, incluyendo las espigas y esperas que tengan en sus extremos.

1115. Labradas las piezas se pasa á *linearlas* y *contralinearlas*; operación que tiene por objeto marcar, en sus cuatro caras, así como también en las cabezas, las intersecciones de dos planos que, pasando por el eje del prisma de madera, sean perpendiculares á aquéllos.

Si suponemos que la pieza está perfectamente labrada y con las cabezas cortadas en dirección perpendicular á su longitud, la operación se reduce á tomar el punto medio de los lados del rectángulo que constituye cada una de las cabezas, trazar las medianas y unir, con la cuerda de marcar, estos puntos con sus homólogos de la otra cabeza.

Se confronta la exactitud del trazado nivelando una de las caras y viendo con la plomada si aparecen verticales las medianas correspondientes en una y otra cabeza; y después de dar un cuarto de vuelta á la pieza, se hace lo propio respecto á las otras dos medianas.

1116. Para hacer la presentación de unas piezas á otras, es preciso disponer de un terreno horizontal preparado ordinariamente con mortero ó yeso, y en él se reproduce en escala natural el plano de la obra ó entramado, pero dejando reducida la representación de las piezas á sus ejes matemáticos.

Sobre este trazado, llamado *montea*, se principia á colocar las maderas en la posición y dirección que deban tener, aun cuando superponiendo

unas á otras, toda vez que no estando labrados los ensambles no es posible disponerlas en un plano.

Tomando como ejemplo la cercha fig.^a 285, su monteá (fig.^a 286) es el conjunto de líneas *a b, a b, c d, c d, e f, g h, p q, p q* correspondientes á los ejes de los pares *A B, A B* (fig.^a 285), contrapares *C D, C D*, tirante *E F*, pendolón *G H* y tornapuntas *P Q, P Q*.

Una vez labradas y lineadas las piezas de madera necesarias para formar la cercha, se principia por colocar los pares sobre la monteá, como se indica en la fig.^a 287, de manera que las caras queden niveladas y sus ejes estén en el mismo plano vertical de las líneas correspondientes. Se hace después lo propio con los contrapares y seguidamente se coloca el tirante; pero como el exceso de longitud que tienen las piezas anteriores no le permite asiento directo sobre el plano de la monteá, se sitúa sobre ellas como se representa en la figura. Después se pone la pieza *G H* destinada á pendolón, apoyándola por un extremo en los pares y por el otro, para que quede horizontal, sobre un calzo de madera *X*; y últimamente, colócanse las tornapuntas *P Q, P Q*, descansando en el pendolón y en calzos *Y, Y*, toda vez que el diferente nivel á que están los contrapares y los pares, no permite que descansen sobre ellos.

1117. Colocadas y superpuestas así las piezas, se procede á marcar las líneas de intersección en las caras situadas verticalmente, con auxilio de plumadas que se aplican como hace ver la figura. Con una punta de hierro se marcan dichas líneas que servirán de base al trazado del ensamble respectivo.

1118. En algunos casos, como sucede en el rayo de Júpiter cuando el tirante de las cerchas es de dos piezas, se trazan también por medio de la presentación, como se ha hecho con el total del entramado; para lo cual, se superponen las extremidades de las dos vigas que han de empalmarse (fig.^a 288), y después de niveladas y dibujado en una de ellas el trazado del corte, se trasporta á la otra pieza con la plumada, el compás y la regla.

CAPÍTULO IX.

DIVERSAS PREPARACIONES Á QUE SE SOMETEN LAS MADERAS.

ARTÍCULO 1.º

PRESERVATIVOS.

1119. Necesidad de preparar las maderas.—Las maderas empleadas en las construcciones y en las artes se someten á varias preparaciones de índole muy diversa, para que adquieran determinadas propiedades.

En algunas ocasiones es necesario aumentar artificialmente la flexibilidad de las piezas para darles formas curvas; otras veces, cuando este material está expuesto á choques ó en peligro de incendiarse, hay interés en endurecerlo ó hacerlo resistente al fuego; y por último en la mayoría de los casos, es muy conveniente emplear preservativos que se opongan á la acción destructora de los numerosos agentes que alteran y descomponen las maderas.

1120. La necesidad de aumentar la duración de las maderas, siempre ha sido asunto de vital interés, principalmente desde que la construcción de las vías férreas y el establecimiento de las líneas telegráficas, han tomado el colosal desarrollo que hoy tienen en todos los países civilizados.

Por otra parte, las estadísticas administrativas referentes al aprovechamiento maderable de los bosques, acusan una disminución considerable, tanto en España como en Francia é Inglaterra, y aunque se trata de remediar dicho mal con la repoblación y policía de los montes, no es de creer que la lenta formación del leño, esté en la debida proporción con el creciente consumo de material tan importante.

1121. Varias son las causas que producen la alteración de las maderas; pero las que más principalmente influyen y que es necesario evitar ó combatir, son: el exceso de trabajo á que están sometidas algunas piezas, que da lugar á la disgregación de los tejidos; los cambios de humedad y temperatura; la presencia de la savia en el interior de los poros, sobre todo cuando está cargada de jugos acuosos ó contiene un exceso de aire en disolución; la fermentación favorecida por una temperatura de 14° á 18° ; la pudrición ocasionada por la humedad del ambiente; la formación de vegetales criptogámicos, debida á sustancias azoadas colocadas en condiciones convenientes, y por fin, la presencia y desarrollo de insectos, cuyos gérmenes están contenidos en el aire y en el agua de lluvia.

Excepción hecha de la encina y de algunas otras maderas, las demás se destruyen pronto cuando están sumergidas en el mar ó en los ríos, principalmente si las aguas son cenagosas, cuya acción es perjudicial á todas las especies. Lo propio sucede en las piezas enterradas ó semi-enterradas y las que están empotradas en mampostería, habiéndose observado en este último caso que las mezclas de cal son más perjudiciales que las de yeso.

En el supuesto que las piezas soporten únicamente un esfuerzo menor que el calculado como carga de seguridad, se ha tratado de combatir por diferentes medios las causas de destrucción de las maderas; procedimientos que consideraremos divididos en las tres agrupaciones siguientes: 1.º Pinturas y enlucidos. 2.º Empleo de sustancias antisépticas. 3.º Carbonización superficial.

1122. Pinturas.—Las pinturas proporcionan á las maderas recubiertas con ellas, un preservativo que las aísla de los agentes exteriores: este procedimiento tiene lógica aplicación en muchos casos, siempre que en el interior no existan gérmenes que puedan ocasionar la alteración de

la materia; porque de lo contrario, la acción destructora de los agentes sería favorecida por la capa de pintura y ésta á su vez sería levantada y rasgada. La adopción de tal medio exige por lo tanto, que antes se haya purgado de los jugos de vegetación y de la humedad que puedan contener las piezas de madera, sometiéndolas á un detenido secado, ó bien preparándolas por medio de sustancias antisépticas.

1123. Las composiciones ó pinturas destinadas á preservar las maderas, no difieren esencialmente de las mencionadas al tratar de los metales; y las condiciones y circunstancias allí expresadas (814 y siguientes) tienen aplicación al caso presente.

Una de las pinturas muy usada, que da á las maderas el color blanco, está compuesta de

Albayalde.	8 kilogramos.
Aceite de linaza.	2,25 litros.
Esencia de trementina.	0,25 kilogramos.

La siguiente composición se emplea en Inglaterra con alguna frecuencia en la carena de los barcos.

Albayalde.	56 kilogramos.
Litargirio.	3 »
Cola.	13 »
Aceite de linaza.	4,50 litros.
Esencia de trementina.	2,25 »

El último ingrediente se aumenta cuando la composición pierde la viscosidad y fluidez que debe tener para que se extienda fácilmente con la brocha.

A dichas mezclas puede adicionarse negro de humo ú otra materia colorante, para obtener el color aplomado ó el que se desee; aumentando, como es consiguiente, la proporción del disolvente, ó disminuyendo la cantidad de albayalde.

En otras pinturas que también se recomiendan para recubrir las maderas, entran además como componentes el alquitrán, las resinas, el azufre, algunos silicatos y otras sustancias, con las que se forman multitud de recetas que sería prolijo enumerar.

1124. Antes de extender las pinturas sobre las maderas, es necesario preparar éstas, tapando las grietas y agujeros con tacos de madera

encolados, introducidos á golpe de martillo; y después se limpian y lavan las superficies, haciendo uso si fuese necesario de la cuchilla de raspar, de la piedra pómez y del agua de potasa, hasta que desaparezcan los restos de pinturas anteriores, las manchas grasientas y demás suciedades que puedan oponerse á la adherencia de la capa que se trata de aplicar.

Los huecos producidos por las cabezas de los clavos, se rellenan con un mastic compuesto de polvos de estaño calcinado y aceite de linaza.

1125. Así preparadas las maderas, se da la mano de imprimación con aceite de linaza, y después de seca se empastan las pequeñas grietas y las juntas con masilla de vidriero ó con betún de albayalde, haciendo uso de un cuchillo de hoja flexible. Seguidamente se extiende la primera capa de pintura procurando depositar con la brocha mayor cantidad en las juntas y en las cabezas, para que resulte perfectamente recubierta la superficie apesar de la absorción que hay en estas partes. Si se quiere dar mayor espesor á la capa preservadora, aplíquese segunda mano después de bien seca la primera.

Es costumbre dar en ciertos casos una mano de barniz encima de las pinturas, con objeto de aumentar la duración y para que el polvo y el agua no se adhieran fácilmente.

1126. Cuando las maderas han de estar sumergidas en agua ó enterradas, se recubren de pinturas en las que predomine el alquitrán, las resinas y las grasas, ó bien reciben un enlucido de alquitrán ó brea.

El alquitrán mineral, producto de la destilación de la hulla, es preferible al vegetal por no ser soluble en el agua, y se aplica en caliente con una brocha sobre las maderas como las pinturas, ó bien se sumergen las piezas en un recipiente que contenga el alquitrán hirviendo. La brea, ó sea el alquitrán privado de los aceites esenciales, se emplea de igual manera.

Al propio tiempo que se aplican estas sustancias, se acostumbra á *calafatear* las maderas, introduciendo con un cuchillo de madera y á golpes de mazo en las grietas, juntas y huecos, estopa empapada en alquitrán.

1127. La protección de las maderas por medio de las pinturas y enlucidos, es en general poco duradera; sobre todo cuando las piezas están sometidas á esfuerzos de flexión, choques ó rozamientos y en los

casos de estar expuestas á continuos cambios de temperatura y humedad; siendo necesario, por lo tanto, renovar la capa protectora siempre que se considere que ha perdido eficacia; cuya operación se realiza en muchas ocasiones sin grandes dificultades, y de aquí que sea bastante frecuente el empleo de tan sencillo procedimiento.

1128. Sustancias antisépticas con que se impregnan las maderas.—Varias son las sustancias y disoluciones propuestas para impregnar los tejidos de la madera y combatir las causas de su destrucción con mayor eficacia que las pinturas, que solamente proporcionan una capa defensiva contra los agentes exteriores; pero las empleadas más generalmente con carácter industrial, son: en primer término el aceite llamado *creosota* y el *sulfato de cobre*, y en segundo el *alquitrán*, el *cloruro de zinc* y el *pirolignito de hierro*.

El tanino, la sal común, el azufre, el alcohol, el acetato y azoato de plomo, el cloruro de mercurio y otras muchas sustancias han sido empleadas también para la conservación de las maderas; pero el escaso poder antiséptico de unas y en otras la dificultad de hacerlas penetrar en el interior de los tejidos leñosos, han sido las causas de su abandono.

1129. La creosota procede de la destilación del alquitrán y contiene gran cantidad de ácido fénico y sustancias grasas: el primero obra como un tóxico sobre los insectos y las segundas obstruyen los poros de la madera, una vez impregnada; lo que hace difícil el acceso de la humedad y de los gases destructores, oponiéndose al propio tiempo á que el ácido se disuelva ó volatilice.

El sulfato de cobre posee también la propiedad tóxica en grado suficiente para impedir el desarrollo de los insectos y de las plantas, y cuando se introduce en la madera, coagula la albúmina; se fija sobre la celulosa y materias azoadas, petrificando en cierto modo los tejidos.

1130. Las maderas impregnadas con la creosota son sumamente combustibles y despiden un olor desagradable; inconvenientes que no presentan las preparadas con el sulfato de cobre, pero en cambio éstas pierden algo de elasticidad y el agua de mar disuelve y se combina con dicha sal, hasta hacerla perder su poder antiséptico.

De aquí que se emplee casi exclusivamente la creosota para las cons-

trucciones que han de estar bañadas por el agua del mar y el sulfato de cobre, en las obras ó piezas expuestas al aire.

Las maderas que han de estar enterradas, como sucede con el pilotaje y las traviesas, pueden ser preparadas con una ú otra sustancia. En Inglaterra, Alemania y Bélgica, es más empleada la creosota, que en Francia y en España.

La eficacia de la creosota para la conservación de las maderas expuestas á la carcoma marítima, está demostrada por numerosos hechos, entre los que podemos citar, el que nos muestra el puerto de Leith; en donde al examinar el pilotaje y demás piezas de madera, cuando hacía 44 años se habian colocado, encontróse intacta toda la obra y sin la menor señal de próxima alteración. Las maderas habian sido preparadas á razón de 160 litros por metro cúbico.

El sulfato de cobre es el antiséptico empleado en España para preparar los postes telegráficos, y las diferentes empresas de ferrocarriles lo han adoptado también lo mismo que la creosota para las traviesas.

1131. El alquitrán penetra difícilmente en el interior de las piezas, aun operando á temperaturas elevadas para aumentar su fluidez. El cloruro de zinc tiene el inconveniente de ser ineficaz contra la acción de una constante humedad, y el pirolignito de hierro ataca, aunque lentamente, á las fibras de la madera; por lo cual, apenas se emplean estas sales en la conservación del material que nos ocupa.

1132. Introducción de las sustancias antisépticas en las maderas.—Los medios empleados para hacer llegar al interior de las maderas, las sustancias que contribuyen á su conservación, son:

- 1.º Por inmersión en líquidos á temperaturas convenientes.
- 2.º Por aspiración é infiltración á la presión ordinaria.
- 3.º Por la acción sucesiva del vacío y una fuerte presión.

Además, puede utilizarse la *succión vital*, para introducir en los troncos de los árboles antes de apearlos, las sustancias que se deseen; pero como tal procedimiento da resultados muy desiguales y la operación es embarazosa, no se aplica en grande escala.

1133. La simple inmersión de la madera es insuficiente para hacer llegar á su interior las sustancias antisépticas; sobre todo, cuando se opera con maderas duras y recién cortadas; porque la humedad y los

gases contenidos en los vasos capilares, oponen resistencia á la penetración. Es necesario, por lo tanto, secar las maderas previamente; y dispuestas así, se colocan verticalmente las piezas dentro del baño, de manera que una de las cabezas quede al descubierto, para que los gases tengan fácil salida, á medida que el líquido penetre por la cabeza inferior y vaya ascendiendo á lo largo de las fibras. Con la elevación de temperatura del líquido antiséptico se aumenta la fluidez facilitándose la penetración; pero nunca se llega á impregnar el corazón de los trozos de algún espesor.

1134. El Dr. Boucherie ha utilizado el movimiento ascensional de la savia en los troncos recién cortados, para producir la absorción de sales antisépticas; cuyo procedimiento se aplica en grande escala para preparar por medio del sulfato de cobre, las estacas, rodrigones, mastiles, etc.

Las piezas que se desean inyectar, no se descortezan; y á ser posible se deja en su extremidad una rama con hojas verdes, que active el movimiento de los jugos de vegetación. Preparada la disolución salina en tinajas, se sumerge en ella la extremidad mayor de las piezas, y se mantienen verticalmente por espacio de algunos días hasta que se derrame por los nudos más altos, una mezcla de savia y de sulfato de cobre.

Para inyectar piezas de mayor escuadría, como son las traviesas, los pies derechos y los postes telegráficos, se combina la absorción con la infiltración: á dicho fin, se disponen las maderas suspendidas verticalmente con la cabeza *raigal* en la parte superior y se adosa á ésta, un tubo ó recipiente de plomo, que se llena de la disolución salina. Los postes de más de 8 m. de longitud, se colocan horizontalmente y se guarnece la extremidad más gruesa con una especie de bolsa de cuero; á la que, por medio de un tubo de cautchuc, se hace llegar con cierta presión el líquido antiséptico.

Al cabo de algunas horas, se desprende por la cabeza opuesta á la de penetración, un líquido viscoso que es savia pura; más tarde empieza á salir sulfato de cobre mezclado con savia, y cuando se ve que la madera no expulsa cantidad alguna del jugo, se da por terminada la operación. Un poste telegráfico de dimensiones ordinarias, tarda tres días en inyectarse; mientras que los mástiles de 8 m. de longitud, tardan siete. La

cantidad de sulfato de cobre inyectada, viene á ser por término medio 7 kg. por metro cúbico.

1135. La acción sucesiva del vacío y de la presión á que se someten las maderas, produce, en primer término, la extracción de los gases contenidos en los poros, y después la penetración de la sustancia anti-séptica. El vacío se hace en el interior de un recipiente cerrado que contiene la madera, valiéndose de bombas neumáticas ó bien por medio de la condensación del vapor; y después de lleno el mismo recipiente del líquido antiséptico, se ejerce, por medio de bombas, una presión de seis á diez atmósferas, que se mantiene por espacio de 40 minutos.

El empleo de dicho procedimiento exige que las maderas hayan sido secadas con antelación y puede usarse indistintamente la creosota ó el sulfato de cobre.

La inyección de las maderas por este sistema debido á M. Bréant y puesto en práctica por M. Béthell, tiene sobre el del Dr. Boucherie las ventajas de ser más eficaz y más breve; por lo cual, se hace de él una aplicación verdaderamente industrial, en los grandes establecimientos susceptibles de suministrar á poco coste 2500 traviesas por día laboral.

1136. Uno de los aparatos de inyección instalado por MM. Dorsett y Blythe en Burdeos, se representa en la fig.^a 289.

Las piezas que se desean preparar, introdúcense en los recipientes cilindricos A, A, de chapa de hierro, colocados en posición horizontal y recubiertos interiormente de una capa de betún y un forro de madera de encina. Las puertas *a, a, a, a*, dotadas de sus correspondientes cierres, sirven para la carga y descarga; operación que se hace de una manera alternativa en cada uno de los recipientes, mientras se verifica la inyección en el otro; para aprovechar así el tiempo y la mano de obra.

Suponiendo cargado y perfectamente cerrado uno de los recipientes, se procede á la extracción del aire interior, haciendo funcionar la bomba B, hasta que el manómetro acuse una depresión de 60 á 65 cm. en la columna de mercurio; entonces, se abre el conducto *d*, para que la disolución de sulfato de cobre contenida en la cubeta D, pase al interior de aquél y bañe las maderas. Cerrado después dicho conducto é incomunicando el *b* con las bombas neumáticas, pónense en acción las aspirantes é impelentes C, las que se cargan del líquido anteséptico por el tubo *e* y lo

inyectan en el recipiente por el mencionado *b*, hasta obtener la presión que convenga entre seis y diez atmósferas. Mantenido por espacio de algunos minutos la presión, se da por terminada la inyección y se abre el conducto *d*, para que la disolución sobrante vuelva á la cubeta *D*, situada con este objeto á nivel más bajo que los recipientes. Ábrense después las puertas de trabajo y se extraen las maderas.

Un motor de vapor pone en movimiento las bombas, y de su generador se deriva una corriente que pasa por un serpentín colocado en el interior de la cubeta, á fin de que el líquido contenido en ella adquiera la temperatura de 16° á 30° C.° Por adiciones sucesivas de agua pura, se mantiene constantemente igual el grado de concentración de la disolución de sulfato de cobre; la que se opera en el filtro *F*, con los cristales de la sal depositados á este fin. El grado de concentración, variable según la calidad de las maderas, está comprendido entre 1,50 y 2,30 kg. por hectolitro de agua.

1137. También puede verificarse la inyección de las maderas por medio de vapores antisépticos á presiones convenientes; pero como este procedimiento no presenta ventajas sobre los descritos anteriormente, no tiene aplicación industrial.

Debe hacerse notar una particularidad observada en la manera de introducirse los vapores en los tejidos leñosos; la de penetrar transversalmente en dirección de los radios medulares en vez de seguir la dirección de los vasos capilares, como sucede con los líquidos.

1138. Cualquiera que sea el medio empleado en la preparación de las maderas, siempre resultan las capas exteriores más impregnadas que el corazón y las extremidades más que el centro. Esta diferencia, igualmente que la cantidad total de antiséptico absorbido, varía con las diversas especies de madera, con la edad del vegetal al hacer la corta, con el tamaño de las piezas y con otras circunstancias.

Se aprecia la calidad y cantidad del preservativo sometiendo á un análisis químico los trozos cortados de las piezas que se desean reconocer, y las muestras de las diferentes partes de una misma pieza, si se trata de examinar la distribución del antiséptico. A este fin se reducen las muestras á aserrín y parte de este residuo se trata con una disolución de sosa para que se manifiesten las sustancias grasas que

puedan contener, al mismo tiempo que se quema la otra parte, en cuyas cenizas se vierte ácido azóico; lo que dará un precipitado de cobre si la madera ha sido preparada con el sulfato.

Sin necesidad de un análisis, se reconocen las maderas que han sido inyectadas por dicha sal, con sólo verter sobre ellas una disolución de cianoferruro de potasio á razón de 90 gramos por kilogramo de agua, y si se verifica reacción que dé por resultado una mancha de color rojo violáceo, es señal de que la madera contiene en aquella parte suficiente cantidad de sulfato de cobre para su conservación. En la recepción de grandes cantidades de este material ya preparado, es costumbre tomar el uno ó dos por ciento de las piezas para serrarlas por la mitad y someter las caras descubiertas á la indicada prueba. Cuando las maderas han sido preparadas por absorción é infiltración, se vierte el cianoferruro de potasio en la cabeza opuesta á la de penetración, por ser ésta la parte á donde más difícilmente llega el sulfato de cobre.

1139. Carbonización superficial.—El procedimiento de carbonizar parcialmente las maderas por todas sus caras, con objeto de aumentar la duración, es conocido desde épocas muy remotas, pero hasta hace algunos años no se ha aplicado de una manera regular, ni se ha hecho extensivo á las piezas labradas.

La eficacia del preservativo es debida: 1.º á la propiedad antipútrida del carbón; 2.º á que la elevación de temperatura ha destruido todos los gérmenes fermentales en la capa de leño situada detrás de la carbonizada, y 3.º á los productos empireumáticos desprendidos de esta parte de la madera que ha experimentado un principio de destilación, los cuales penetran en los tejidos interiores y tienen propiedades antisépticas. Además, la humedad que puedan tener las capas exteriores desaparece con la carbonización, y la superficie de las piezas se endurece.

1140. Este procedimiento ha venido practicándose de una manera muy imperfecta, sometiendo las maderas á la acción de la llama de una hoguera, hasta que M. Lapparent hizo aplicación de un aparato en forma de lámpara de esmaltar, en donde, merced á una corriente de aire comprimido, se quema gas del alumbrado, petróleo ó alquitrán produciéndose una llama larga é intensa que se regula y dirige con facilidad y que es

susceptible de carbonizar rápidamente una gran superficie. Las aristas y vértices de las piezas escuadradas, no deben desaparecer si la operación se conduce con inteligencia.

1141. La carbonización se aplica ordinariamente á las maderas que han de estar enterradas ó sumergidas en el agua, no extendiéndose su uso á otras obras, porque se hacen más combustibles y se corre mayor riesgo de incendiarse; por cuya circunstancia no debe emplearse esta preparación en las construcciones navales, á pesar de haber dado excelentes resultados desde el punto de vista de la duración, como se atestiguó con el *Royal Williams* de la marina inglesa.

Las piezas de madera que, como los postes telegráficos, han de estar enterradas parcialmente, se carbonizan tan sólo en esta parte aun cuando toda la pieza esté inyectada con alguna sal metálica.

1142. El empleo de la carbonización en las traviesas de ferrocarril ha hecho pensar en aparatos especiales, con los que á poco coste pudiera ejecutarse la operación. El representado en corte en la fig.^a 290 satisface todas las exigencias económico industriales dando excelentes resultados.

La cámara de carbonización es un tubo AA de chapa de hierro revestido interiormente con ladrillos refractarios, dotada de su correspondiente hogar B, en donde se quema hulla, leña ó cualquier otro combustible de llama larga que recorra todo su interior atraída por el tiro de la chimenea C situada al extremo opuesto. Por el interior de la cámara corre la doble cadena sin fin *a, a, a, a*, puesta en movimiento, en el sentido que indican las flechas, por el giro del tambor cuadrado D, cuya cadena apoyada en los rodillos *b, b, b*, sirve para sostener en sus mallas las piezas P, P, P, que se tratan de carbonizar. La carga se verifica por encima del tambor colocado junto al hogar y las piezas se descargan automáticamente por el otro extremo de la cámara, después de haber recorrido entre las llamas todo su interior con una velocidad previamente regulada por la máquina motora que pone en movimiento la cadena de transporte. Por el tubo *e*, se deriva del depósito de agua E una pequeña corriente que moja las piezas á su salida.

1143. Coloración.—Los procedimientos anteriormente descritos, incluso la succión vital, empleados para que las sustancias antisépticas penetren en los tejidos leñosos, pueden ser utilizados para la coloración de

las maderas, usando como es consiguiente disoluciones ó tinturas adecuadas al objeto.

La coloración ó tinte de la madera no tiene importancia alguna en las obras de carpintería, y únicamente se aplica en la ebanistería, á fin de imitar con maderas ordinarias otras más finas y apreciadas.

1144. Las disoluciones colorantes se preparan en caliente empleando diferentes sustancias, que varían, no solamente con el aspecto que se quiera dar, sino también con la naturaleza de la madera que se emplea; y dado el pequeño tamaño de las piezas, es suficiente la simple inmersión para que todos los tejidos se impregnen y cambien de color.

A la acacia y al chopo se les da aspecto de caoba oscura por medio de una decocción de palo del Brasil y rubia, y se obtiene análogo resultado en el castaño, tratándolo con una disolución de azafrán. Se imita el ébano, con el haya, el plátano y el arce, haciendo uso de una decocción concentrada de palo campeche y de un baño de acetato de cobre.

ARTÍCULO 2.º

ENCORVADO, ENDURECIMIENTO É INCOMBUSTIBILIDAD DE LAS MADERAS.

1145. Encorvado de las piezas.—En algunas construcciones, como las de cerchas y dinteles, y sobre todo en la fabricación de toneles y en la de muebles, se requieren piezas curvas, que en muchos casos, como las pinas de las ruedas, se obtienen contorneándolas con la sierra; pero estas piezas resultan casi siempre veticortadas, y cuando la curvatura es mucha ó son estrechas las maderas, se debilitan tanto, que son ineficaces para resistir los más pequeños esfuerzos por quedar sin elasticidad.

Cuando las fibras siguen la misma curvatura de las piezas, la resistencia y elasticidad son mayores; pero es difícil encontrar madera que reúna tan favorables circunstancias y sea adecuada á los diferentes usos á que se destina.

1146. Ya que la naturaleza proporciona escasos ejemplares de esta clase de piezas, se ha pensado en obtenerlas artificialmente, á cuyo fin se han aplicado con más ó menos éxito, diversos procedimientos.

Se ha creído que daría buen resultado la operación de encorvar con cuerdas y piquetes los troncos de los árboles muy juvenes para que se desarrollen en favorables condiciones; pero se ha visto que las funciones vitales del vegetal se ejercen con tanta mayor dificultad, cuanto más forzada es la posición en que se encuentran y esto retarda el crecimiento en unos y produce la muerte en los más.

1147. El encorvado se ejecuta ordinariamente en las maderas recién cortadas, ó por lo menos antes de secarse, forzando las piezas para que tomen la figura que se desee; operación que debe practicarse paulatinamente haciendo uso de cuerdas, cuñas ó pesos para aumentar poco á poco la curvatura á medida que las fibras se dilatan ó contraen.

La operación es más difícil en las piezas de bastante espesor, por lo cual se recurre á favorecer la contracción de las fibras que forman la concavidad, desecándolas con la llama de cualquier combustible, al propio tiempo que se facilita la dilatación de la parte convexa reblandeciéndola con agua caliente.

1148. Modernamente se hace uso del vapor de agua en esta aplicación inyectándolo con cierta tensión sobre las maderas situadas en recipientes cerrados, á fin de que reblandeciéndose queden en condiciones de tomar la curvatura que se quiera; cuya variación de forma se hace en las piezas no muy gruesas, introduciéndolas en moldes de fundición. Este procedimiento está en uso para la fabricación de sillas y de otros muebles.

1149. No todas las especies de madera son igualmente apropiadas para ser encorvadas ó alabeadas; las elásticas y ligeras procedentes de árboles juvenes ó de ramas con fibras finas, rectas é iguales, son las que mejor se prestan á esta operación.

Las maderas inyectadas de sales metálicas no se prestan al encorvado, tan bien como las preparadas con la creosota ú otro preservativo de naturaleza grasa, y el reblandecimiento que experimentan al ser tratadas por el vapor y por el antiséptico puede aprovecharse para variar su figura.

1150. Endurecimiento.—En algunas ocasiones es conveniente

augmentar la dureza de la madera para que resista mejor los rozamientos y choques, igualmente que las presiones á que está sometida, como sucede con las cuñas, llaves, clavijas, etc.

Se consigue dicho objeto, en cierto grado, recubriendo las piezas con pinturas que contengan alguna cantidad de cal, arena, vidrio pulverizado, óxidos metálicos ú otras sustancias que combinándose ó mezclándose con los demás componentes, formen, después de su aplicación sobre la madera, una capa compacta y resistente. Ejemplo de tal clase de composiciones, es la que se menciona á continuación, empleada en Alemania:

Resina. 50 partes.

Aceite de linaza. 6 »

Cal. 40 »

Óxido de cobre. 4 »

Ácido sulfúrico. 4 »

la cual se prepara en caliente, haciendo hervir en una caldera los tres primeros ingredientes y añadiendo después los restantes.

1151. Para dar á las maderas el aspecto y dureza de las piedras, se hace uso de cementos, que diluidos en agua, se aplican con una brocha como las pinturas. La adherencia de la capa de cemento se asegura labrando previamente en la superficie de las piezas pequeñas entalladuras con un escoplo, y bañándolas con una disolución de silicato de potasio. Aplicado el cemento en una capa de dos ó tres milímetros de espesor, se le deja secar al aire y se dan después una ó más manos de silicato de potasio.

La base de los cementos empleados es papilla formada con una disolución de silicato de potasio y polvo procedente de la trituración de piedras muy duras; á la que se adicionan limaduras de hierro ó algún óxido metálico, ó bién una materia colorante, si además de endurecer la madera se desea darla un aspecto determinado.

1152. A falta de madera dura de buena calidad, propia para la construcción de las cuñas, llaves de aprieto y clavijas ó estaquillas que entran en la formación de algunos ensambles, se someten las maderas ordinarias á una preparación especial con el doble objeto de preservarlas y endurecerlas.

Las piezas, labradas previamente, se tratan por el vapor de agua y la

creosota en aparatos de inyección semejantes al descrito en el número 4136, y después se introducen en matrices de fundición de hierro, en las que se comprimen fuertemente con rodillos ó muelas metálicas, hasta reducir las á los $\frac{4}{5}$ de su volumen.

Las piezas están expuestas, después de la compresión, á recuperar el volumen primitivo perdiendo dureza, si absorben alguna cantidad de humedad. Para evitar este efecto, se recubren con una capa de resina disuelta en esencia de trementina, recomendándose además su inmediato empleo.

1153. Incombustibilidad.—Las obras de maderas que no están enterradas ni sumergidas en agua tienen el grave inconveniente de hallarse expuestas al incendio; siniestro que se propaga con tanta mayor rapidez cuanto más seco y viejo es el material, y es favorecido por la presencia de las pinturas al aceite.

Sin que se pretenda conseguir la incombustibilidad absoluta de la madera, se han intentado diversos medios para hacerla resistente al fuego y evitar el desarrollo de grandes llamas que propaguen el incendio; asunto del mayor interés y de grandísima importancia, pues muchas veces basta retardar algunos minutos los progresos de un incendio para atajarlo y evitar multitud de desgracias personales y materiales.

1154. Las piezas preparadas con el sulfato de cobre presentan alguna resistencia á incendiarse, y cuando entran en combustión arden con lentitud sin desprendimiento de llama.

Análogo resultado se obtiene con otras sales metálicas, siendo las preparaciones hechas con alumbre las que dan mejores resultados. Como ejemplo de una de estas preparaciones citaremos la siguiente que sirve á la vez para aumentar la duración de la madera.

Alumbre.	16 kg.
Sulfato de cobre.	16 »
Bromuro ó yoduro de sodio.	2 »
Agua.	4000 »

cuyo liquido debe inyectarse en los tejidos á la presión de 5 á 6 atmósferas y á la temperatura ordinaria.

1155. Los cementos aplicados con objeto de endurecer las maderas, como el citado en el número 4151, sirven también para protegerlas contra

los efectos destructores del fuego, principalmente cuando éste se inicia.

El silicato de potasio, que, convenientemente preparado, se expende en el comercio, basta por si solo para retardar la combustión de las maderas. A este fin se extiende con una brocha sobre las piezas perfectamente limpias, aplicando después una segunda mano ó más, si fuese necesario, cuando la capa anterior esté bien seca. El silicato deja la madera aparentemente barnizada y en tal estado no admite ninguna clase de pintura.

Después de algunas experiencias comparativas se ha adoptado dicho procedimiento para preparar las maderas empleadas en la reedificación del Alcázar de Segovia.

FIN.

ÍNDICE.

	Páginas.	Núms.
DOCUMENTOS OFICIALES.	»	»
CONSIDERACIONES GENERALES.	I	»

METALES.

CAPÍTULO PRIMERO.

PROPIEDADES DE LOS METALES EMPLEADOS EN LA INDUSTRIA.

ARTÍCULO 1.º—HIERRO, FUNDICIÓN Y ACERO.—Hierro.	3	1
Fundición de hierro.	7	7
Acero.	10	16
ARTÍCULO 2.º—COBRE, PLOMO Y OTROS METALES.—Cobre.	13	24
Plomo.	14	28
Zinc.	15	31
Estaño.	16	34
Níkel.	17	37
ARTÍCULO 3.º—ALEACIONES.—Definición y propiedades.. . . .	17	39
Bronces.. . . .	18	42
Bronces de cañones.. . . .	19	43
Bronce de campanas.	20	45
Bronce de estatuas.	20	46
Bronce de monedas y medallas.	21	49
Bronce de níkel.	22	50
Metal sterro.	22	51
Bronce de aluminio.	23	52
Bronce manganesífero.	23	53
Bronce fosforoso.	23	54
Bronce maleable.	24	55
Otros bronces.	24	56

	Páginas.	Núms.
Latón.	24	57
Soldaduras.	25	59
Aleaciones para caracteres de imprenta.	26	60

CAPÍTULO SEGUNDO.

FUNDICIÓN DE METALES.

ARTÍCULO 1.º—MOLDERÍA.— <i>Noeiones generales.</i>	27	62
<i>Moldeo en arena—Arenas.</i>	31	71
Baño negro.	35	84
Moldeo en arena verde.	35	85
Moldeo en arena de estufa.	42	102
Moldeo en arena tostada.	51	125
<i>Moldeo en barro.—Materiales.</i>	52	130
Moldeo en dos mitades.	53	136
Moldeo á modelo perdido.	58	152
Ventajas é inconvenientes.	65	172
<i>Moldeo en matrices metálicas.—Moldes y moldeo.</i>	66	176
Ventajas é inconvenientes.	68	183
<i>Moldeo mixto.—Moldeo en arena y barro.</i>	69	187
Moldeo en matrices metálicas y arena ó barro.	70	190
<i>Moldeo de estatuas.</i>	72	193
ARTÍCULO 2.º—FUNDICIÓN.—Diferentes medios empleados en la industria.	76	199
<i>Fundición en cubilotes.—Forma general.</i>	77	203
Trazado interior.	78	208
Repartición del aire.	80	212
Órdenes de toberas.	80	215
Aire inyectado.	81	218
Máquina soplante.	82	221
Combustible.	83	223
Fundición de hierro.—Cargas.	84	227
Fundente.	85	231
Materiales de construcción.	86	235
Secado.	88	244
Caldeo.	89	245
Cubilote en actividad.	90	250
Descripción de algunos cubilotes.	91	253
Cubilote de la Escuela de Angers.	91	255

	Páginas.	Núms.
Cubilotes de Ireland.	92	256
Cubilote de Voisín perfeccionado.	92	257
Cubilotes portátiles.	93	259
Aplicaciones.	93	261
<i>Fundición en hornos de reverbero.—Condiciones generales.</i>	94	266
Combustible.	95	268
Hogar.	95	273
Laboratorio.	97	276
Chimeneas.	98	279
Relación entre las diferentes partes del horno.	99	281
Materiales de construcción.	99	282
Carga y preparación del horno.	100	286
Trabajo del horno.	102	292
Hornos de solera en contrapendiente.	105	304
Hornos de solera circular.	106	306
Calefacción con combustibles gaseosos.—Horno Martín-Siemens.	107	309
Hornos de crisol movable.	111	317
Ventajas é inconvenientes de los hornos de reverbero comparados con los cubilotes.	112	321
<i>Fundición en crisoles.—Crisoles.</i>	113	324
Hornos de viento.	114	327
Combustible.	115	329
Preparación y marcha de la fusión.	116	332
Ventajas é inconvenientes.	118	340
Empleo de los hornos de reverbero.	120	345
Aparatos especiales para fundir en crisoles.	120	348
<i>Fundición en calderas.—Calderas.</i>	121	349
Fusión.	122	352
Aplicaciones.	122	354
ARTÍCULO 3.º—COLADA Y DESMOLDEO.—Colada.—Consideraciones.	122	355
Fosas.	124	358
Colocación de los moldes en la fosa.	124	360
Canales.	125	363
Colada.	127	370
Colada por medio de cazos ó calderas.	129	375
Modo de hacer la colada en cada caso.	131	383
Conclusión.	131	384
Barras de prueba.	132	387

	Páginas.	Núms.
<i>Desmoldeo</i> .—Ejecución.	132	388
Influencia de un desmoldeo inmediato.	133	393
ARTÍCULO 4.º—RECONOCIMIENTO Y PRUEBAS DE LAS PRIMERAS		
MATERIAS, Y DE LOS PRODUCTOS.— <i>Reconocimiento y pruebas</i>		
<i>de las primeras materias</i> .—Datos que deben reunirse.		
	134	396
A—Antecedentes.	135	397
B—Examen de la fractura, aspecto exterior y demás caracteres físicos.	135	398
C—Análisis químico.	136	400
D—Pruebas de resistencia.	136	401
Resistencia á la tracción.	136	402
Máquina de probar metales.	137	403
Resistencia á la compresión.	140	409
Resistencia á la flexión.	140	410
Pruebas de resistencia á la percusión.	141	412
Otras pruebas mecánicas.	141	413
E—Sometiendo los materiales á trabajos determinados.	141	414
F—Construyendo un objeto igual ó en condiciones semejantes á las piezas que deban fabricarse.	142	415
Recepción.	143	416
Primeras materias cooperativas.	143	417
<i>Reconocimiento y pruebas de los productos obtenidos por fusión y moldeo</i> .—Defectos y sus causas.		
	144	418
Examen.	147	428
Medición.	148	430
Barras de prueba ó de ensayo.	149	432
Experimentación de las piezas.	149	433
Recepción.	150	436
Recomposiciones.	152	439

CAPÍTULO TERCERO.

FORJA.

ARTÍCULO 1.º—FORJA Á TEMPERATURA ELEVADA.—Definición.	157	445
Hornos de recalentar y fraguas.	158	448
Yunques.	161	453
Martillos.	162	456
Tenazas.	167	464
Operaciones de forja.—Caldear.	168	466

	Páginas,	Núms.
Estirar..	170	473
Doblar..	172	477
Batir.	173	479
Estampar..	173	480
Remachar..	175	487
Punzar..	176	490
Pegar.	177	492
Forja por presión.	178	497
ARTÍCULO 2.º—FORJA Á LA TEMPERATURA ORDINARIA.—Aplicación y operaciones más principales.		
Estirar..	183	506
Batir..	183	507
Encorvar.	184	509
Doblar y plegar..	184	510
Remachar..	185	511
Estampar..	185	512
Troquelar..	185	513
Embutir.	186	514
Comprimir.	186	515
ARTÍCULO 3.º—TRABAJOS ANEXOS Á LA FORJA.—Operaciones más principales.		
Cortar.	188	519
Agujerear..	188	520
Desbarbar..	192	527
Recocer.	194	530
Templar.	195	531
Revenir.	195	532
Destemplar.	199	544
Soldar.	200	547
ARTÍCULO 4.º—RECONOCIMIENTO DE LAS PRIMERAS MATERIAS Y DE LOS PRODUCTOS.—Reconocimiento de las primeras materias.—A—Antecedentes.		
B—Examen del aspecto exterior, fractura y demás caracteres físicos.	203	552
C—Análisis químico.	203	553
D—Pruebas de resistencia.	204	557
E—Pruebas de trabajo.	205	558
F—Construcción de un objeto igual ó análogo al que debe fabricarse.	205	559
	207	565

	Páginas.	Núms.
Recepción.	207	566
<i>Reconocimiento de los productos.</i> —Defectos.	207	567
Pruebas.	207	568

CAPÍTULO CUARTO.

OPERACIONES MECÁNICAS.

ARTÍCULO 1.º—GENERALIDADES.—Objeto.	209	569
Herramientas.	209	570
Máquinas operadoras.	212	577
Enumeración.	213	581
Trazado.	213	582
ARTÍCULO 2.º—LIMAR Y FRESAR.— <i>Limar.</i> —Herramientas.	214	584
Tornillo de banco.	215	587
Limar.	216	588
<i>Fresar.</i> —Fresas.	217	593
Máquina de fresar.	218	595
ARTÍCULO 3.º—CEPILLAR.—Definición y procedimientos.	223	607
Cepillo de curso horizontal.—Alimentación rectilínea.	224	609
Alimentación circular.	229	618
Máquinas de cepillar de gran curso.	230	619
Máquina de cepillar piezas de gran peso.	235	631
Cepillo de curso vertical.	236	632
Consideraciones sobre los cepillos.	239	642
ARTÍCULO 4.º—TALADRAR Y AVELLANAR.— <i>Taladrar.</i> —Definición y herramientas.	241	648
Berbiquí.	243	653
Taladro de carrete.	244	656
Carraca.	245	657
Máquinas de taladrar.	245	659
Máquina de taladrar de pequeñas dimensiones.	246	660
Máquinas grandes de taladrar.	247	662
Máquinas de taladrar, sin montante propio.	248	666
Diferentes medios de producir la alimentación.	248	667
Máquina radial de taladrar.	249	670
Taladro múltiple.	250	671
Taladro mecánico con varias brocas.	251	672
<i>Avellanar.</i> —Objeto de la operación y modo de ejecutarla.	251	673

ARTÍCULO 5.º—TORNEAR, BARRENAR Y ROSCAR.— <i>Tornear.</i> —		
Herramientas.	252	676
Trabajo.	253	678
Tornos.	254	680
Tornos de pedal y herramienta independiente.	255	682
Torno mecánico con carrillo movido á mano.	257	686
Tornos con carrillo movido automáticamente.	259	693
Velocidades.	261	696
Circunstancias de que depende la importancia de un torno.	262	700
Lunetas.	263	703
Tornos especiales.	264	705
<i>Barrenar.</i> —Definición y herramientas.	265	709
Máquinas.	266	712
<i>Roscar.</i> —Objeto.	267	715
Procedimiento manual.—Tornillos.	268	716
Tuercas.	269	719
Procedimiento mecánico.	270	722
Tornos de roscar.—Tornillos.	270	724
Tuercas.	271	727
ARTÍCULO 6.º—COPIAR.—Generalidades.		
Máquina copiadora de movimiento rectilíneo.	272	728
Máquina copiadora de movimiento circular.	274	734
Máquina copiadora de movimiento doble de alimentación.	276	740
ARTÍCULO 7.º—AMOLAR Y ESMERILAR.— <i>Amolar.</i> —Objeto de la		
operación.	277	742
Muelas.	278	744
Amolado.	279	750
Peligros.	280	752
Reconocimiento, montura y preparación de las piedras.	280	755
Ventilación.	282	759
Muelas artificiales.	282	761
Máquinas de amolar.	283	764
Aplicaciones.	283	765
<i>Esmerilar.</i> —Repasaderas.	284	769
Operación.	285	773

CAPÍTULO QUINTO.

CONCLUSIÓN.

Preliminares.	287	776
-----------------------	-----	-----



	Páginas.	Núms.
ARTÍCULO 1.°—AJUSTAR.—Tolerancias.	287	777
Herramientas.	288	779
Trabajo.	288	780
Ajuste relativo.	290	785
ARTÍCULO 2.°—GRABAR Y DIVIDIR.— <i>Grabar</i> .—Objeto.	291	789
Grabado al buril.	292	790
Grabado al agua fuerte.	292	792
Procedimiento mecánico de grabar.	294	798
<i>Dividir</i> .—División de reglas	294	799
División de limbos.	296	803
ARTÍCULO 3.°—ACICALAR, BRUÑIR Y PULIMENTAR.—Objeto.	297	805
Ejecución.	298	807
ARTÍCULO 4.°—PRESERVATIVOS DE LOS METALES.—Necesidad de los preservativos.	299	809
<i>Pintura</i> .—Composición de las pinturas.	300	814
Barnices.	302	819
Manera de aplicar las pinturas.	302	822
Inconvenientes.	303	824
<i>Aplicación de un metal sobre otro</i> .—Ideas generales.	303	825
Estañado de hierro y del acero	304	828
Estañado del cobre.	305	833
Estañado de la fundición de hierro.	306	835
Protección del hierro por el zinc.	306	836
Protección del hierro por el plomo.	307	840
Protección del hierro por el cobre.	308	841
Procedimiento galvánico.	309	844
Protección de la fundición de hierro y del acero por el cobre.	310	849
Niquelado.	310	850
Dorado de los metales.	312	856
Plateado.	314	863
Platinado.	314	864
Ventajas é inconvenientes.	314	865
<i>Pavón</i> .—Procedimiento de Barff.	315	866
Procedimiento de Bower Barff.	316	869
Pavón por medio de ácidos.	317	873
Pavón natural.	318	875

MADERAS.

CAPÍTULO SEXTO.

CONSIDERACIONES SOBRE LAS MADERAS.

ARTÍCULO 1.º—CONSTITUCIÓN DE LA MADERA.—Naturaleza y estructura.	321	876
Agentes que influyen en la vegetación de los árboles.	323	882
Enfermedades de los árboles y defectos de la madera.	325	891
Grietas ó venteaduras.	325	892
Ictericia.	325	893
Heladura.	325	894
Colaña.	326	895
Pie de gallo.	326	895
Goteras.	326	897
Nudos.	326	898
Verrugas, tumores, lupias, etc.	327	899
Decrepitud.	327	900
Albura doble.	327	901
Plantas parásitas.	327	902
Insectos.	328	903
Desprendimiento de la corteza.	328	904
Caída prematura de las hojas.	328	905
ARTÍCULO 2.º—CORTA DE ÁRBOLES.—Reconocimiento.	328	906
Época más oportuna para la corta.	329	911
Apeo.	330	914
Conservación de las maderas en el bosque.	332	921
Escuadrar.	333	922
ARTÍCULO 3.º—RECONOCIMIENTO Y SECADO DE LAS MADERAS.—		
Reconocimiento.	335	926
Necesidad del secado en las maderas.	337	935
Secado natural.	337	937
Secado artificial.	339	943
Secado mixto.	340	946
Legiación.	340	948
ARTÍCULO 4.º—DESCRIPCIÓN, PROPIEDADES Y APLICACIONES DE LAS MADERAS.— <i>Principales especies de maderas.</i> —Clasificación.	341	950
Maderas duras.—Encina verde.—Roble.—Castaño.—Haya.—Olmo.—Álamo negro.—Fresno.—Nogal.	342	951

	Páginas.	Núms.
Maderas resinosas.—Pino.—Abeto.—Pinabete.	344	961
Maderas blancas ó blandas.—Álamo blanco.—Abedul.—Aliso...	346	965
Maderas finas.—Peral.—Serbal.—Boj.	347	969
Maderas exóticas.—Molave.—Ípil.—Dungón.—Ébano.—Sabicú. —Majagua.—Caoba.—Guayacán.—Ébano (de Cuba).	348	973
Maderas importadas.	350	983
<i>Propiedades físicas de las maderas.</i> —Densidad.	351	986
Contracción y dilatación.	353	988
Elasticidad.	353	989
Duración.	353	990
Resistencia de la madera á ser cortada.	354	601
Resistencia á la tracción y compresión.	354	992
Resistencia á la flexión.	355	993
ARTÍCULO 5.º—NOMENCLATURA DE LAS MADERAS EN EL COMER- cio.—Marcos.	356	994

CAPÍTULO SÉTIMO.

LABRA DE LAS MADERAS.

<i>Preliminares.</i> —Operaciones principales.	359	996
Herramientas y máquinas.	360	998
ARTÍCULO 1.º—DESBASTAR.—Objeto.	360	999
Herramientas.	360	1000
ARTÍCULO 2.º—SERRAR.—Hojas de sierra.	361	1002
Procedimiento manual.	363	1006
Procedimiento mecánico.	365	1009
Sierras de movimiento alternativo.	365	1010
Sierras circulares.	366	1013
Sierras de cinta.	368	1017
Cantidad de motor que exige la operación.	370	1020
Afilado de las sierras.	370	1021
Máquina de cortar la madera en chapas.	372	1023
ARTÍCULO 3.º—CEPILLAR Y RASPAR.—Objeto de la operación de cepillar.	372	1025
Trabajo manual.	373	1026
Afilado de las hojas.	375	1030
Procedimiento mecánico.	375	1031
Máquinas de cepillar de disco.	376	1032
Máquinas rotativas con hojas planas.	377	1034

	Paginas.	Núms.
Hojas helicoidales.	378	1035
Trompos.	378	1037
Operación de raspar.	379	1039
ARTÍCULO 4.º—TALADRAR Y TORNEAR.— <i>Taladrar</i> .—Procedi-		
miento manual.	380	1040
Procedimiento mecánico.	381	1042
<i>Tornear</i> .—Torneado propiamente dicho.	382	1044
Trabajo anexo al torneado.	383	1048
Máquinas para tornear palos de gran longitud.	383	1049
ARTÍCULO 5.º—ESCOPLEAR Y ESPIGAR.— <i>Escoplear</i> .—Trazado.	384	1050
Procedimiento manual.	385	1052
Procedimiento mecánico.	385	1053
<i>Espigar</i> .—Procedimiento manual.	387	1057
Procedimiento mecánico.	387	1058
ARTÍCULO 6.º—MÁQUINAS COPIADORAS ESPECIALES Y GENERALES		
DE CARPINTERÍA.—Máquinas copadoras.	388	1061
Primer grupo.	389	1062
Segundo grupo.	390	1064
Máquinas especiales.	390	1065
Máquinas generales de carpintería.	391	1066

CAPÍTULO OCTAVO.

UNIONES.

ARTÍCULO 1.º—UNIONES Á JUNTA PLANA Y ENSAMBLES.—Necesidad de unir las piezas de madera.	393	1067
Uniones á junta plana.	394	1069
Uso de la cola fuerte.	394	1070
Clavijas ó estaquillas.	395	1073
Ensamblés.	395	1074
1.ª Sección.	396	1077
2.ª Sección.	397	1082
3.ª Sección.	398	1085
ARTÍCULO 2.º—REFUERZOS METÁLICOS.—Clavos.	399	1088
Grapones y retrancos.	401	1091
Tornillos.	401	1093
Pernos.	402	1095
Llantas.	404	1101

	<u>Páginas.</u>	<u>Núms.</u>
Escuadras.	404	1103
Estribos.	404	1104
Cinchos ó sunchos.	405	1105
Tirantes.	405	1108
Cajas de fundición de hierro.	406	1110
ARTÍCULO 3.º—TRAZADO DE UNA OBRA DE CARPINTERÍA.	407	1113

CAPÍTULO NOVENO.

DIVERSAS PREPARACIONES Á QUE SE SOMETEN LAS MADERAS.

ARTÍCULO 1.º—PRESERVATIVOS.—Necesidad de preparar las maderas.	411	1119
Pinturas.	412	1122
Sustancias antisépticas con que se impregnan las maderas.	415	1128
Introducción de las sustancias antisépticas en las maderas.	416	1132
Carbonización superficial.	420	1139
Coloración.	421	1143
ARTÍCULO 2.º—ENCORVADO, ENDURECIMIENTO É INCOMBUSTIBILIDAD DE LAS MADERAS.—Encorvado de las piezas.	422	1145
Endurecimiento.	423	1150
Incombustibilidad.	425	1153

NÚMERO DE PÁGINAS.

<i>Portada y documentos.</i>	20
<i>Consideraciones generales.</i>	12
<i>Texto.</i>	426
<i>Índice.</i>	14
TOTAL.	472

ERRATAS.

Página.	Línea.	DICE.	DEBE DECIR.
•	45	Terminando	Terminadas
•	46	que haciendo	y haciendo
p	2	Concluyendo	Concluye
28	7	contrarios	contrario
32	11	carbonatos del	carbonato de
38	20	carbón	carbón
51	18	cerbeza	cerveza
79	6	del estado	de estado
83	{ 20 } { 21 }	{ caro; por las continuas talas de } { los bosques, por tener poca po- } { tencia calorífica y por exigir }	{ caro, por las continuas talas de } { los bosques; tener poca potencia } { calorífica, y exigir }
88	última	cumbustión	combustión
91	22	aboral	laboral
99	11	ó la entrada	á la entrada
104	5	opore	opere
117	18	como en la	como la
125	15	al agua	el agua
126	19	emplearla	emplear aquélla
143	21	A B	A, B
147	17	todo es	todo en
149	18	el mismo	al mismo.
174	18	bien;	bien,
194	última	á esta	esta
199	2	e	se
202	17	eleación	aleación
216	8	estalladuras	entalladuras
301	6	solidificación	solidificación
370	34	queda	quede
396	15	bien de una	bien una

STATEMENT

[Faint, illegible text, possibly a ledger or account statement]



METALES

Y

MATERIAS



1916 EE