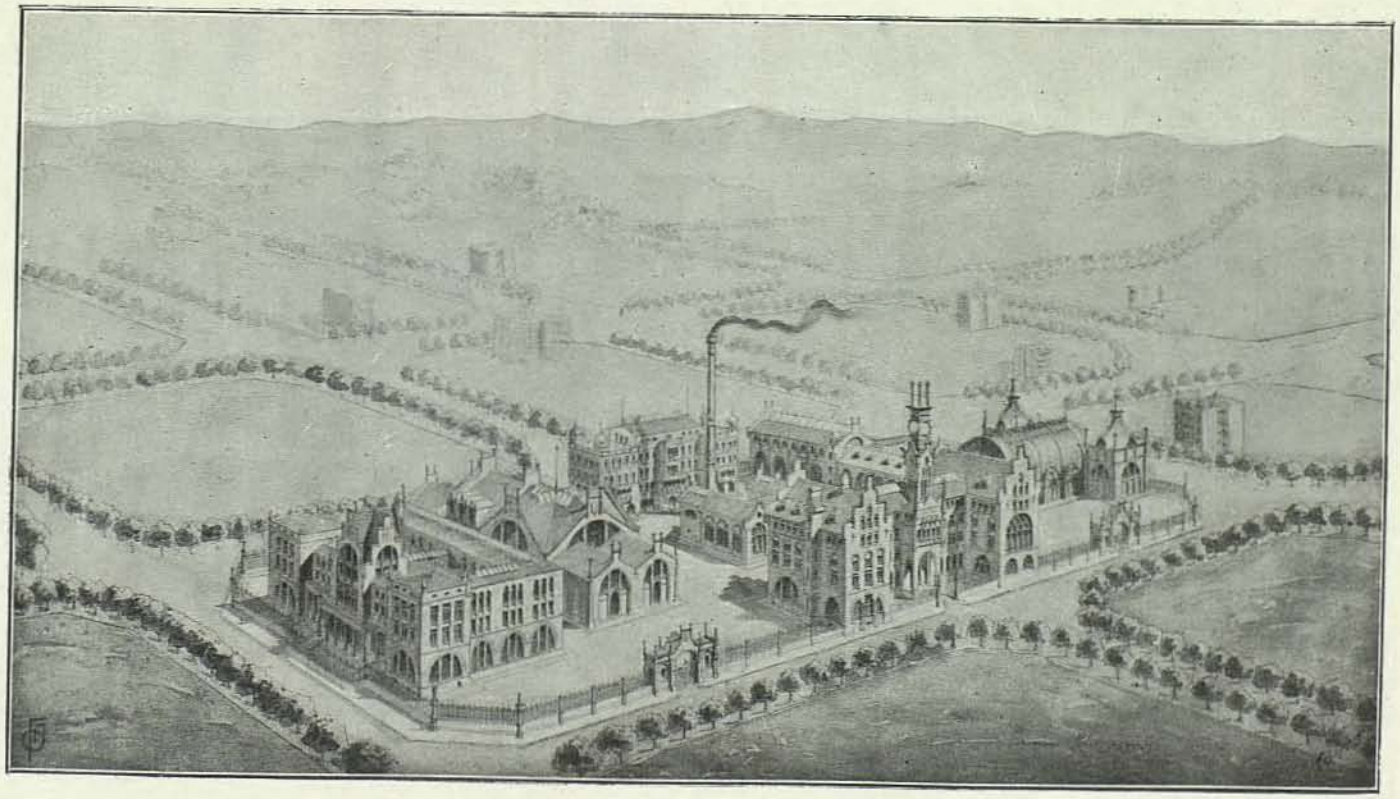


Fig. 6. — Proyecto de una Escuela industrial para Barcelona. — Arquitecto : Cardellach

lica y los puentes de piedra, encontramos los interesantísimos cursos *d'Architecture* desempeñados por el Ingeniero de los *Chemins de fer de l'Ouest*, M. Bonnet.

El primer curso que desarrolla este profesor marca claramente una moderna orientación en la enseñanza de la arquitectura del Ingeniero; podráse vislumbrar fácilmente en qué consiste esta arquitectura sin más que leer los epígrafes de su programa, continuados aquí:

I. — La arquitectura, complemento indispensable de los estudios del Ingeniero. — Caracteres y arquitectura de las obras de arte del Ingeniero: puentes, viaductos, acueductos, faros, estaciones, etc.

II. — Arquitectura industrial, fábricas y casas obreras; construcciones de la explotación para ferrocarriles. — Cemento armado. — Decoración en el cemento armado. — Revestimientos en cerámica, mosaicos, etc.

III. — Arquitectura doméstica. — La habitación doméstica; la habitación higiénica. — Elección y emplazamiento de la habitación. — Materiales á emplear. — Detalles de construcción. — Traída de aguas. — W. C. y fosas sépticas. — Iluminación, ventilación y calefacción. — Chimeneas caloríferos. — Ascensores.

Este programa afirma claramente la existencia de una arquitectura ingenieril, definiendo y estudiando las diversas partes que la integran con una entera independencia de lo que ordinariamente puede entenderse por arquitectura, y que es, ó lo concerniente á procedimientos de construcción (es decir, los cursos de los profesores antes citados) ó la arquitectura propiamente dicha, que constituye un segundo curso especial, explicado por el mismo M. Bonnet, en la propia Escuela des Ponts et Chausseés, titulado «Histoire de l'Architecture». Tiene, pues, el programa transcrito un valor de oportunidad innegable que le hace apreciabilísimo en el orden de las cuestiones de que tratamos. El antecesor de M. Bonnet, l'*Inspecteur générale*, hoy en *Retraite*, M. de

Dartein, inició ya la enseñanza de la arquitectura ingenieril en sus célebres lecciones sobre puentes y viaductos que contenían en germen todos los principios de la decoración industrial, así pétrea como metálica, y también por combinación de ambos materiales.

En esta «Ecole Nationale» se celebran todos los años concursos entre los alumnos de cada asignatura, y es de ver lo interesante de los temas y sus condiciones fijadas por los profesores previa aprobación de los *Inspecteur* y *Directeur* de «l'Ecole». Así, en los concursos de Arquitectura y Construcción, figuran variadísimos problemas que estimulan grandemente el interés de los alumnos, obligándolos á resolver la parte propiamente arquitectural bajo estilo precisamente fijado y á dibujar determinados detalles de decoración á escalas reglamentarias.

Existe, en París también, otra Escuela superior, la «Ecole Centrale des arts et manufactures», que, por tener más analogía que la anterior, con las nuestras de Ingenieros industriales, parecerá más en su lugar el que la comentemos en su relación con la enseñanza arquitectónica. Las doctrinas de la construcción, interesan en la referida Escuela numerosos cursos y extensos programas, pues amén de las de Estereotomía, Mecánica aplicada, y edificaciones para ferrocarriles, minas, etcétera, existen cinco importantísimas asignaturas que tratan respectivamente de: 1.° Historia de la Arquitectura y su influencia en el desarrollo de los pueblos; 2.° Construcciones metálicas y singularmente puentes y *charpentes;* 3.° Estudio detallado del programa y organismo de los talleres de maquinaria y de calderería; 4.° Curso de construcciones civiles; y 5.° Curso de trabajos públicos.

De la reflexión sobre la existencia de todas estas materias en una tan afamada Escuela como la *des arts et manufactures*, y del detalle de sus programas (cuya extensión no nos permite transcribir), colegimos como en Francia, país en que la construcción indiscutiblemente ha llegado á un grado elevadísimo,

considérase conveniente dar en una Escuela industrial, no solamente una gran importancia á *l'art de batir*, sino hasta ilustrar á sus alumnos en las arquitecturas de las civilizaciones pasadas. Esta observación debe inducirnos, no precisamente á enseñar la historia de la Arquitectura en nuestras Escuelas de Ingenieros industriales, toda vez que la gran latitud de la carrera no permite ya aglomerar más materias, pero sí á exponer dentro de la Arquitectura industrial unas lecciones siquiera de procedimientos de construcción históricos para poder comprender las leyes modernas de la construcción esencialmente inspiradas en la práctica secular de este arte. Asimismo, el estudio de la edificación y organización de un taller de máquinas y calderería que encontramos en la citada «Ecole Centrale des arts et manufactures», estudio que no tiene nada que ver con la parte económica y social extensamente desarrollado en el curso de «Legislation et economie Industrielle et sociale», nos ofrece un interesante ejemplo que suficientemente generalizado ha hecho surgir una parte de nuestro curso que trata de la Composición y Programas de los edificios industriales.

El célebre «Conservatoire Nationale des arts et métiers», sostenido casi completamente por el «Ministère du Commerce et de l'Industrie», de Francia, tiene abiertos un gran número de cursos públicos á cargo todos de los más sabios hombres de la vecina República, y donde gratuitamente con absoluta libertad puede acudir el amante de cuanto hace referencia á las artes, así en sus estudios fundamentales y concretos como en lo tocante á los del orden económico y social. Particularmente el arte de la construcción está en el «Conservatoire» especialmente atendido, pues aun dejando de mentar sus museos, su importante laboratorio de ensayos, etc., encontramos los interesantes cursos de *Constructions civiles* creados desde 1854 por el célebre Émile Trélat y desempeñados actualmente por una de las más relevantes figuras en la ciencia de la construcción, M. J. Pillet.

Los tres años que abarcan estos cursos comprenden respectivamente:

I. Materiales, elementos de construcción y fundaciones.
II. Organos de construcción y composición de edificios.
III. Resistencia de materiales, confort y salubridad de habitaciones; racionalísima agrupación que condensa, como vemos metódicamente, los principales conocimientos de la ciencia constructiva.

En cuanto al arte propiamente dicho de la construcción, y en general de todos los oficios, tiene una enseñanza verdaderamente moderna en dicho «Conservatoire», con miras é ideales altamente artísticos y profundamente racionales. Los cursos de esta enseñanza *(Art appliqué aux métiers)* están confiados á l'*Inspecteur générale des monuments historiques*, M. Lucien Magne, cuya personalidad artística es bien conocida. En los cursos de M. Magne encontramos sólidamente afirmados los más fecundos principios de la Decoración industrial, de esta decoración de que tanto se habla en nuestros días, pero cuyas leyes son casi desconocidas. El arte en nuestras industrias casi todas mecanizadas hase llegado poco menos que á negar, pero la idealidad que lleva aparejada la vida del hombre opónese tenazmente á esta negación, y es preciso ayudar á esta ley natural con la razón nuestra, esclareciendo los principios del arte, educando en este sentido á la civilización que sube, y creando, en fin, escuelas que mantengan el sentimiento artístico en nuestra industria. De aquí la oportunidad y celebridad de los cursos de M. Magne. Para evitar comentarios, dejamos al criterio del lector el formarse idea de la importancia de estos cursos (que integran tres años), transcribiendo algunos de los epígrafes de sus respectivos programas:

Primer año. — *Enseñanza del arte*: naturaleza y tradición. — Principios de composición y decoración en el espacio y en superficies. — Acuerdo de la forma y del destino. —

Utilización de las cualidades técnicas de la materia. — Estilo. — Personalidad en la creación.

El hierro: procedimientos antiguos y modernos de trabajo. — Puentes y tejados de gran luz. — Acuerdo del arte y la ciencia. — Gran construcción metálica. — Sistemas articulados, decoración del metal por el metal. — El hierro en la arquitectura moderna. — Pequeña construcción metálica. — Cerrajería. — Quincallería, etc.

Tabajos artísticos y utilizaciones decorativas del plomo, cinc, cobre y bronce, plata, oro, etc.

Segundo año. — *El arte aplicado al trabajo de la madera.* — Combinaciones simples en la carpintería antigua. — Empleo en la Edad media. — Formas aparentes, piezas secundarias, etc. — Combinaciones especiales en la carpintería de taller. — Puertas de los siglos xv al xviii. — Maderas pintadas. — Techos, etc.

Mobiliario, ebanistería. — El arte aplicado al trabajo de los tejidos. — El arte aplicado á la decoración del papel.

Tercer año. — *El arte aplicado al trabajo de la tierra.* Cerámica arquitectural. — Aplicaciones del gres y de la porcelana á la decoración monumental.

El arte aplicado al trabajo del vidrio. — Decoración del vidrio. — Irisación natural y artificial. — Incorporación de pastas naturales en la masa vítrea. — Principios de decoración del mosaico. — Mosaicos primitivos, bizantinos, árabes, etc. — Aplicaciones modernas del mosaico. — Esmaltes, mosaico translúcido, *vitrail*, etc., etc.

El arte aplicado al trabajo de la piedra. — Elementos de composición aplicables á los materiales estratificados y no estratificados. — Decoración de soportes aislados y continuos. — Puertas, ventanas, lucernarios, chimeneas, etc. — Decoración en los diferentes sistemas de bóvedas.

En la «Ecole Nationale et spéciale des Beaux-Arts», de París, hay también, para nuestro orden de ideas, dos interesantísimos cursos destinados uno á Construcción propiamente dicha y otro á teoría de la arquitectura. El primero de ellos, á cargo del profesor M. Monduit, tiene dos partes, respectivamente destinadas á resistencia y estabilidad y á la técnica de la construcción, muy notable esta última, por el método y claridad de exposición; pero principalmente es atrayente el segundo de los referidos cursos por cuanto en él se encuentran magistralmente marcados los principios de la teoría de la arquitectura, es decir, de esta especialísima parte tectónica de la construcción que, glosando los fundamentos racionales con los artísticos, nos proporciona las reglas de la buena composición. M. Gaudet, el venerable Architecte-Professeur, del curso a que nos referimos, ya en su *Leçon d'ouverture* cautiva nuestra atención é interés al desplegarnos ante los ojos el panorama de su asignatura que abarca desde los principios y reglas generales de la composición hasta las conclusiones sacadas del estudio de los elementos arquitecturales, pasando metódica y sucesivamente por el análisis de la construcción y carácter de los órganos constructivos en todas las edades y épocas de la arquitectura.

Este curso, realmente notable, encierra profundas enseñanzas de general aplicación, y que, por tanto, convenientemente interpretadas, nos ha conducido á un especial tratamiento en algunas de las lecciones de la Arquitectura industrial.

Otra Escuela francesa, esencialmente dedicada á la construcción, es la llamada «Ecole Spéciale des Travaux Publics» de París, que, aun cuando de carácter particular, es digna de ser comentada por su complejidad, organización y práctica enseñanza. Sería prolijo el continuar siquiera una nota de las diversas asignaturas que contiene el cuadro de esta Escuela; diremos tan sólo que ellas comprenden absolutamente todas las especialidades de la construcción, como puede colegirse por estas cuatro secciones que la integran: *Ingenieurs de*

Travaux Publics et section administrative, Ingenieurs-Architectes, Ingenieurs-geometres, Ingenieurs-electriciens. Los cursos de esta Escuela más íntimamente relacionados con las modernas tendencias de la Arquitectura industrial son, indudablemente, los que tratan de *Execution des travaux*, *Batiment-Architecture*, *Redaction de Projets*, *Beton armé*, etc., y más especialmente aún los relativos á las *Industries du Bâtiment* y *Constructions Industrielles.*

Sin movernos de Francia, encontraríamos aún otras escuelas numerosas donde inspirarnos en la redacción de un plan de arquitectura del Ingeniero; así, en la industrial «Ecole d'Ingénieurs de Marseille», anexa á la Facultad de Ciencias, existen, además del curso preliminar de elementos de Arquitectura, los de *Travaux Publics* y *Construction civils*, interesantes todos, pero principalmente el último, por exponer conocimientos sobre la composición de edificios destinados á casas obreras, talleres, fábricas, etc.; en «l'Ecole Nationale des Mines», de París, y en la de «Mines de St.-Etienne» encontramos la enseñanza de la construcción, si no desarrollada precisamente con amplitud y orientación artística, por ser especial la índole de estas escuelas, al menos con una claridad y método realmente notables; en la «Ecole Nationale des Beaux-Arts», de Lyón, de la cual recientemente se ha desprendido una «Ecole regionale d'Architecture», figuran asimismo interesantes enseñanzas relativas á la construcción, si bien con un rumbo esencialmente artístico, que sería preciso desviar al tratar de aplicar aquellas enseñanzas á una Escuela industrial; en la «Ecole Polytechnique», adjunta al Ministerio de la Guerra, se expone un curso *d'Architecture*, que, junto con sus interesantes *Exercices*, forma una enseñanza importante de cuanto atañe á los elementos y composición de los edificios, así en su parte constructiva como decorativa, etc.

Además, son importantísimas por su especial enseñanza en determinadas ramas del arte de la construcción las Es-

cuelas Profesionales que en gran número sostiene el Ayuntamiento de París, y en las que figuran en primer lugar las «Ecoles Dorian» y «Diderot», exclusivas para formar hábiles artífices y maestros en trabajos de hierro y carpintería; las «Bernard Palissy», «Germain Pilon», etc., interesantes por sus estudios de aplicación de las Bellas Artes a la industria; la «Ecole Boule», de aplicación de las artes y ciencias á las industrias del mobiliario, etc.; escuelas todas que producen incalculables beneficios al arte industrial con que se engalanan las numerosísimas obras modernas de la capital francesa.

En verdad que realmente sorprende al observador visitante de las ciudades francesas el intenso ambiente artístico industrial que por doquiera se respira y que indudablemente es sostenido por la segura orientación que allí tienen estas enseñanzas y por el gran número de escuelas y centros, donde se dan, con beneficio patente de nuestra vecina nación, que ha logrado así definirse de una manera precisa con materiales rasgos externos, con Arquitectura industrial y propia. Para convencernos más de la existencia de este factor del *genie francaise*, no tenemos sino que proseguir visitando las escuelas de la vecina República, y si no lo hacemos aquí es por no convertir en reseña estas ligeras notas, pero invitamos al lector á que consulte las estadísticas de escuelas, á que hojee *L'Enseignement Technique en France* y á que observe el gran número de asociaciones que, protegidas por la culta mano del *Ministere du Commers et de l'Industrie*, organizan cursos profesionales relacionados con el arte de la construcción y sus industrias.

Señalemos ahora las materias que se relacionan con estas ideas en algunas otras escuelas extranjeras, no francesas, que aun cuando nos son conocidas con menos detalle, interesan directamente nuestro objetivo.

En la «R. Università Romana» existe una Escuela de aplicación para Ingenieros, en la cual se desarrolla con gran

extensión y método la ciencia de la construcción, iniciada ya desde los primeros cursos en las aplicaciones estereotómicas de la geometría descriptiva, y terminada en los últimos años con las enseñanzas especiales sobre construcciones hidráulicas, túneles, obras de ferrocarriles, puentes y viaductos de fábrica, etc., pero en la que singularmente nos atraen la atención tres notables cursos de *Architettura tecnica*, á cargo los dos primeros del profesor Calderini y el último hasta hace poco desempeñado por el malogrado E. Guy, recientemente fallecido. Estos tres cursos comprenden cuanto interesa á la construcción civil y parte de la industrial, bajo un complejo aspecto de construcción y de composición arquitectural, principalmente resuelta á base de las formas típicas del Renacimiento italiano. Basta hojear la obra de las lecciones explicadas por el profesor Guy, para descubrir un aire especial, un moderno tratamiento de los problemas de la construcción que justifican plenamente el título de «Arquitectura técnica», que llevan y pueden orientar, convenientemente tratados, la pedagogía de la Arquitectura industrial.

Por lo modernos y completos resultan también de un profundo interés los programas de la teoría de la construcción del *Technicum de la Suisse occidentale-Bienne* y los de Construcción civil, Puentes de piedra, Arquitectura hidráulica, etc., de la *Ingenieurschule* del «Eidg. Polytechnischeu Schule-Zurich,» pero de un modo especial interesan al objetivo de estas noticias los cursos de construcción del «Allgemeinen Gewerbeschule Basel» (Escuela general de Artes y oficios), toda vez que en su *sección superior* encontramos una entera enseñanza técnico artística de la arquitectura en sus asignaturas tituladas *Teoría de los materiales constructivos*, *Estilos* y *Teoría del Arte* y *Teoría de las formas constructivas* (dos cursos), que exponen, respectivamente, cuanto atañe al conocimiento, aplicación y conservación de los materiales, al estudio de la gramática arquitectural de todas las épocas y la exposición y reglas de construcción de las diversas

formas que han ido apareciendo desde las arquitrabadas construcciones pétreas iniciadas en el mundo antiguo hasta las en arcuación y elásticas de la civilización moderna.

En Inglaterra dase también una capital importancia á la enseñanza del arte de la construcción, en general y particularmente al «Building construction». Las escuelas inglesas ofrecen la particularidad de concretar y dividir de un modo muy preciso las diversas partes de una materia dada; así en la «Central Municipal Technical School», de Liverpool, puédense estudiar por grupos independientes los diversos oficios y conocimientos que integran la construcción, y á tal efecto encontramos clases de *Brickwork, Masonry, Plasterers' work, Plumbers' work, Painters' and Decorators' work, Builders' Quantities, Building Construction y Carpentry and Joinery*, interesantes todas, pero especialmente por sus programas y prácticas enseñanzas, las dos últimas que están á cargo del profesor Mr. F. O. Creswell.

Son asimismo notables algunas de las asignaturas relacionadas con la construcción que se dan en la «School of Architecture and Applied Art» y en la «Faculty of Engineering», de la Universidad de Liverpool, mereciendo citarse, de entre las enseñanzas de la dicha «Faculty», el curso de *Graphie statics and Theory of simple Structures*, cuya materia, aun más especialmente tratada, figura asimismo en el «Institute of Civil Engineers», de Londres, bajo el título «Theory of Structures», y por más que en el fondo estas asignaturas constituyan una aplicación de la Grafostática, nosotros vemos en ellas como una revelación en lo que atañe á la pedagogía de las formas mecánicas de las construcciones, cosa que indudablemente ha influído en sugerirnos la parte que llamamos «Estructuras» en el plan de nuestro curso que más adelante presentamos.

Sería prolijo ya el detenernos en más Escuelas, tenemos a la mano datos de otras como la «Municipal School of Technology» y la «Municipal School of Art», de Manchester, y en

éstas como en las de Glasgow, Edinburgh, etc., y en las mismas «Industrial Schools», «Technical Institutes» y «Schools of Art» que sostiene el «County Concil», de Londres, encontramos siempre el rastro general, antes definido, de todas las Escuelas inglesas, esto es, la subdivisión de sus enseñanzas, haciéndolas concretas, especiales y esencialmente prácticas y breves, carácter que si bien no pueden adoptar nuestras Escuelas de Ingenieros por la integral enseñanza que se las asigna, debe, sin embargo, inducir á la razonada división de las materias en partes dentro de cada asignatura, haciéndolas en lo posible independientes, breves y concretas también.

La característica precisión de las enseñanzas inglesas constituye asimismo la nota típica de las modernas Escuelas del Norte de América, como vemos, por ejemplo, en las «Trade Schools», de New York, y ambos países además coinciden en las expresiones gráficas de su potente pensamiento dibujando con una simplicidad y energía sorprendentes: los *skeletous* y *diagrams* ingleses y americanos que llenando sus numerosos tratados de construcción, impresionan vivamente y constituyen un lenguaje instantáneo y claro de inestimable valor pedagógico, en el que nos debemos inspirar.

SYLLABUS

I

El plan

Objetivo y ventajas de un plan

Al escribir este *Syllabus* nos proponemos sencillamente exponer con cierto detalle el plan general de nuestro Curso de Construcción y Arquitectura en la Escuela de Ingenieros industriales, creyendo que el público y entidades que sostienen á un centro de enseñanza tienen derecho indiscutible á conocer el género y orientación de las doctrinas que allí se exponen y entendiendo además, que si bien siempre es obligación, por parte del profesor, el mostrar por medio de un programa ó índice, la relación de puntos que se van á desarrollar ante los alumnos, en este caso particular, es decir, en el de una asignatura de creación reciente, de extensión grandísima y de no fácil interpretación á la sola vista de su título, se hace preciso una explicación previa, una definición concreta y una delineación razonada de su plan.

La redacción de un plan de nueva asignatura constituye un gran esfuerzo y un penosísimo trabajo; al que leyere estas páginas, por el mero hecho que implica el ocurrírsele leerlas, no se le escapará la verdad de nuestra aserción.

Antes de llegar á la concepción precisa de un plan posiblemente pedagógico, racional y práctico, hase de vencer un mundo de dificultades, hase de eruditar en una porción de obras, hase de haber pasado por un no breve período experimental. Sólo después de este trabajo, y aun llevado á cabo con gran amor y observación, comienzan á delinearse con cierta distinción las cuestiones en el espíritu del profesor y á sugerírsele con relativa claridad el esqueleto del plan;

pero con esto no se alcanza aún el programa entero y definitivo, resta todavía un trabajo intensísimo, latente, por nadie apreciado ni visto: el trabajo de desarrollo y el de ordenación, ó clasificación, y el de síntesis de todos los estudios, sin cuyo trabajo no es posible llegar á la metodización de principios generales, ni timbrar de personalidad las ideas, ni animar de vida á las lecciones, factores indispensables para una exposición doctrinal completa y dotada además con la persuasión y el convencimiento que sugestionan al oyente dando fruto en la enseñanza.

Por otra parte, un plan contribuye poderosamente á economizar tiempo al alumno quien tiene así ante sus ojos un orden claro y una situación precisa de las cuestiones que estudia. El tiempo invertido para imponerse el estudiante en una cuestión está en razón inversa del empleado por el profesor en prepararla y darla forma.

No es, pues, estéril para la enseñanza el penoso trabajo de preparación que al profesor exige el laborar un plan.

Constituye además, la existencia de un plan general y metódico, el único medio posible para difundir con la brevedad exigida por el cúmulo de asignaturas de nuestras carreras de aplicación, todos los conocimientos que integra una materia tan vasta como la de que tratamos. Por esto precisamente el práctico profesorado dirige todos sus esfuerzos á la enseñanza de los principios fundamentales generales, más bien que á la de los pequeños detalles, orientación que indefectiblemente conduce á la razonada división de un estudio y, por consiguiente, al trazado de su plan.

Los profesores técnicos más eminentemente prácticos, los norteamericanos, observan atinadamente, que una fuerte instrucción metódica y teórica despierta en el alumno una superior altura de miras que les permite fácilmente resolver los problemas nuevos que el progreso de la Ingeniería plantea. La tendencia, pues, á teorizar las asignaturas, único defecto de que á primera vista se podría tildar á un plan

excesivamente modelado, no debe temerse en manera alguna' máxime si no quedan olvidados los ejercicios y prácticas, de que más adelante, en oportuna ocasión, hablaremos.

Dificultades en la formación de un plan

Al trabajo que entraña la redacción de un plan de enseñanza, se suman en esta asignatura, varias serias dificultades, indistintamente originadas por las tres siguientes causas generales: el sinnúmero de materias que la cuestión abarca; la casi imposibilidad de agruparlas metódicamente y la original heterogeneidad de elementos bibliográficos.

Efectivamente: la simplicidad del antiguo arte de la construcción, que venía únicamente constituído por las reglas de la montea y los trazados de carpintería, se ha convertido hoy en un mundo de artes y de ciencias, engendradas por un cúmulo de procedimientos de construcción esencialmente nuevos, por una infinidad de materiales fabricados, y por el sinnúmero de exigencias constructivas en los diversos problemas industriales de la manufactura, del transporte, de la utilización de la energía, etc., etc.

Esta riqueza de elementos y abundancia de problemas, trae evidentemente aparejada la dificultad de su metódica agrupación: consúltense, si no, los actuales programas y los modernos tratados sobre construcciones y arquitectura, y se observará una original discrepancia y una diversidad de método que viene á demostrar nuestra aserción. Ciertos autores clasifican las cuestiones por la naturaleza de los materiales, estudiando al efecto con entera independencia la construcción de ladrillería, la de sillería, la de hierro, la de madera, etc.; otros, establecen una división de orden que podríamos llamar cronológico, estudiando sucesivamente en las obras, primero las fundaciones, después las paredes y, por fin, los techos. La clasificación por órganos constituye otro método que se encuentra en algunas obras también de

carácter general, y así en ellas vemos independientes capítulos respectivamente destinados al estudio de los vanos o huecos, al de los apoyos, al de las chimeneas, etc., capítulos todos en los que cada uno de estos órganos vanse describiendo en sus diversos tipos, y distintos materiales con que hoy se construyen. La bondad de los citados métodos, que no discutiremos para enseñanzas elementales y restringidas, á pesar de las repeticiones y confusiones que entraña, no puede en manera alguna proclamarse al tratar de aplicarlas de un modo exclusivo á la enseñanza de la Arquitectura industrial, materia compleja, extensísima, que reclama una utilización escrupulosa del tiempo y un más amplio o elevado punto de vista. La generalidad de temas de la Arquitectura industrial moderna, casi siempre, como veremos, interesa varios capítulos á la vez, de las clasificaciones citadas, y este hecho, naturalmente se opone de un modo completo á toda agrupación sistemática de materias, ya sea por clases de materiales, ya por orden constructivo, ó por naturaleza de partes del edificio, etc., etc. (1) Esta seria dificultad con que indefectiblemente ha de dar todo profesor que se proponga exponer una enseñanza completa y metódica, obliga juntamente con la especial naturaleza, ya definida, de la presente asignatura, no tan sólo á establecer en ella, una clasificación teórica y primordial, que, basándose exclusivamente en el verdadero fondo de la construcción, es decir, en lo que podríamos llamar su *filosofía*, establezca ordenadamente los principios fundamentales de toda obra arquitectónico-industrial, sino á adoptar luego en la parte expositiva de los pro-

(1) Como á una de las varias razones que podemos aducir para probar nuestro aserto, notaremos, p. e., el caso de los andamiajes. De involucrar este género de construcción en el capítulo de obras de madera, queda evidentemente incompleta su exposición, pues hoy los modernos medios de montura de obras son con andamiaje metálico. En la construcción metálica deben por consiguiente volverse á tratar los andamiajes, y esto naturalmente ocasiona repeticiones y falta de unidad. Nosotros agrupamos los andamiajes en el capítulo de las «obras auxiliares, provisionales y de conservación» y allí, de una sola vez, exponemos las generalidades de dichas obras y sus métodos y materias de construcción.

cedimientos de construcción, una especialísima división que permita exponer, sin repeticiones y con método, las obras generales, las complementarias y las auxiliares de toda construcción así civil, como industrial ó pública en que puede el Ingeniero tener intervención.

Otro punto que viene á dificultarnos en la redacción de nuestro método, es el ambiente artístico que indefectiblemente se desarrolla, como ya dijimos, en el campo de la Construcción industrial (1) y que es por tanto indispensable dar á conocer, á lo menos por sus generales principios, en la exposición de esta asignatura.

Hemos además anotado la heterogeneidad de elementos bibliográficos, y realmente así es, por cuanto, tal vez en ninguna otra materia se ha escrito con más diversidad y con peor repartida atención, ofreciéndose naturalmente al Profesor un excesivo número de datos para alguna parte de su curso, é inaplicables otros, encontrándose en cambio completamente indocumentado para la exposición de ciertas cuestiones de esta asignatura cuyos principios se sienten y manifiestan innegablemente pero que no han llegado aún al terreno literario, y hay por consiguiente que arrancarlos por observación personal de los ejemplos vivos y dispersos. Tal es, en síntesis, la opinión que sobre la existencia de datos relativos á la Arquitectura industrial sustentan los maestros y los constructores de Francia (Bonnet, Planat, Magne, etc., etc.).

Todas las anteriores razones pueden dispensar la imperfección del plan y programa que presentamos, imperfección que sinceramente comenzamos proclamando al no reconocerle carácter definitivo (2), y sí pretendiendo únicamente publicar un primer ensayo de la doctrina arquitectónico-indus-

(1) Véanse las «Conferencias de Arquitectura industrial» del autor, en el Anuario de la Universidad de Barcelona, 1907 a 1908.

(2) Al salir á luz este trabajo, el autor ha publicado ya un nuevo «Programa de Arquitectura industrial», que conserva, sin embargo, los ejes principales del que aquí se expone.

trial, modelado con material moderno, con detenidos estudios personales y con la experiencia de varios cursos de enseñanza. No intentamos tampoco llevar al ánimo de nuestros compañeros el convencimiento de la bondad de este plan, sabemos sobradamente cuanto una misma cosa es vista en diferentes colores por hombres distintos, y es más, sabemos también que las continuas fluctuaciones del espíritu humano hacen apreciar desigualmente, en cada ocasión, á un mismo hombre sus propias ideas y producciones. Tal vez, pues, variaremos pronto algún detalle del presente programa, pero convencidos por otra parte de que el constante estudio y reflexión esclarece las ideas, y alumbra la verdad, conservaremos en lo posible las trazas principales de este plan, cuyo encuentro nos ha exigido penoso estudio y sacrificio y cuya aplicación nos ha dado excelentes resultados.

Extensión del plan que presentamos

Vamos ahora á señalar una particularidad de este programa, que si se quiere podráse á primera vista calificarla de obstáculo á su desarrollo, pero que en el fondo no lo es. Consiste sencillamente en su aparentemente excesiva extensión. En verdad que la amplia enseñanza de todos los numerosos puntos que interesa nuestro programa es dificilísima de alcanzar en la ordinaria duración de un curso, pero contra esta observación notaremos la facilidad y medios que tiene siempre el profesor de adaptar al tiempo disponible la extensión de una materia, hecho que permite exponer en un curso todos los principios generales de su contenido y repartir desigualmente cada año el desarrollo en detalle de sus diferentes puntos á tenor de los estudios que el profesor vaya practicando y de las oportunidades que se le presenten para la buena enseñanza de los mismos. De esta manera, todos los años se da completa la enseñanza general de la asignatura, beneficiándose indistintamente, ora unos cursos,

ora otros, de los estudios que sucesivamente el profesor va practicando, por su propio impulso y amor natural á algún aspecto determinado de la ciencia, libertad de estudio, que, por oponerse á toda mecánica rutina, ha de infundir vida á las lecciones y dar fruto á los alumnos. Naturalmente que este procedimiento exige en el profesor un trabajo interminable, constante en su sacerdocio, infinitamente superior al que representa la exposición monótona de un curso, constantemente uniforme, siempre el mismo, calcado en un índice que menos mal cuando es bueno, tiene, por lo general, sus falsedades cristalizadas con la repetición ante generaciones de estudiantes; pero no se debe parar mientes en el trabajo excesivo, en el sacrificio de un hombre, cuando se trata de beneficiar realmente á otros muchos.

Cualidades que en los alumnos tiende á desarrollar este plan

Debiendo todo plan de estudio tener en su fondo algo más que una metodización completa y una agrupación racional y pedagógica de las materias, debiendo, según las modernas tendencias de la enseñanza, tener una orientación fija, desarrollar una cualidad á propósito para influir directamente en el progreso de los conocimientos estudiados, una vez que éstos sean llevados al terreno de la práctica por los mismos alumnos, hemos procurado en la formación de este plan, tender también á una finalidad útil y directamente apropiable á la «Arquitectura industrial».

Teniendo en cuenta que este género de arquitectura, cuya ausencia de códigos y necesidad de arte hemos repetidamente proclamado en todos nuestros ensayos, está de continuo exigiendo la creación de formas nuevas y solicitando un cierto grado de belleza, hemos creído indicadísimo el tender, en su enseñanza, *al desarrollo del espíritu mecánico* y *al desenvolvimiento del sentido artístico,* cualidades que indudablemente existen en germen en el cerebro humano.

Con el desarrollo de estos dos sentimientos se facilita portentosamente la buena resolución de los temas de la «Arquitectura del Ingeniero», ya que el espíritu ó sentimiento mecánico constituye una síntesis admirable é instintiva de toda la extensa ciencia fundamental de la construcción, llamada «Resistencia de materiales», y ya también que el sentido artístico no es esencialmente más que la apropiación de la forma al destino en armonía con las cualidades del material de que se dispone.

Evidentemente, pues, ha de redundar en beneficio de la Arquitectura industrial y ha de contribuir á la codificación de sus racionales principios el desarrollo de los citados sentimientos que por otra parte equivalen, en cierto modo, al *espíritu inventivo* y á la *originalidad*, cualidades que, según opinión del eminente profesor inglés Mr. Fleming, deben ampliamente desplegarse en los candidatos al noble título de Ingeniero.

II

La división

Ejes principales de la asignatura

La determinación de las cuestiones principales que integra la doctrina de que nos venimos ocupando, es decir, de lo que podríamos llamar sus ejes, es una sencilla y clara consecuencia de las generales condiciones que debe llenar toda obra de Ingeniería. Estas condiciones puédense agrupar en las de *utilidad* y *solidez*, esencialmente prácticas é industriales, y en la de *idealización*, invariablemente reclamada por toda producción humana.

La reunión de los tres indicados factores en una manifestación arquitectónico-industrial, se logra de un modo espontáneo, razonando atinadamente la disposición y construyendo perfectamente la obra; pero estos dos problemas deben resolverse con un espíritu complejo de ciencia y de arte. Este espíritu es, pues, lo que primordialmente se debe educar, proporcionando después los procedimientos de la buena construcción. Lo primero pertenece al orden especulativo, filosófico, y lo segundo es de carácter eminentemente práctico.

Nuestro raciocinio, fruto de todas las consideraciones anotadas en este ensayo, nos conduce, decididamente á la división de la asignatura, en dos grandes capítulos destinados: el uno á la parte filosófica de la construcción, y á la parte práctica el otro. Y naturalmente, como se trata de construir y edificar, haremos preceder á dichos capítulos de uno breve, pero especial, exclusivamente destinado á dar á conocer los elementos de que disponemos para la realización de la obra, sin cuyo conocimiento sería incomprensible la exposición de las partes constructivas.

Definitivamente, pues, dividiremos nuestra doctrina en estos tres capítulos:

I. Elementos para construir.
II. Filosofía de la construcción.
III. Procedimientos de construcción.

Característica de este curso

Las materias que integran los capítulos I y III, constituyen con más ó menos extensión y novedad el contenido de los diversos cursos y textos conocidos relativos al arte de la construcción; la habilidad del profesor, pues, en la exposición de dichos capítulos, deberá únicamente consistir en la condensación de la materia y en la metódica agrupación de sus múltiples y complejas cuestiones, resultado que, sin embargo, no se podrá alcanzar, es preciso afirmarlo nuevamente, hasta tanto que el profesor no se haya experimentado en la enseñanza de un regular número de cursos, en la práctica de los procedimientos de construcción y en el estudio de numerosas obras de consulta y multiplicados catálogos de materiales.

Respecto del capítulo II, esto es, del que trata de la «Filosofía de la construcción», debemos hacer notar que su existencia es lo que precisamente caracteriza al curso que hemos concebido. La posesión de las ideas y de los principios que dicho capítulo comprende, y cuya mayor parte no está al alcance del simple constructor, debe formar un patrimonio casi exclusivo del Ingeniero, ó más generalmente hablando, del proyectista, es decir, del hombre que por sus conocimientos sólidos y amplio concepto de la construcción, puede imaginar una obra completamente racional, en su fondo y en su forma. Por esto es que el citado capítulo debe exponerse sólo en escuelas de carácter superior, y, á nuestro entender, debería figurar de un modo preeminente, es decir, constituyendo especial y exclusiva asignatura, en las

Escuelas de Ingenieros y de Arquitectos, únicas á que los alumnos llegan con una preparación científica y un espíritu de razonamiento que es garantía firme para la comprensión del estudio á que nos referimos.

Este estudio, esta filosofía, viene á constituir un *algo* de esencia superior á los usuales conocimientos didácticos de la construcción; viene, digámoslo así, á constituir como una doctrina especial y nueva, con cuyo estudio se acelera prodigiosamente el desarrollo del sentimiento del arte de construir, sentimiento que de un modo indefectible, con el tiempo, se desenvolvería más ó menos perfectamente en el individuo que practicase dicho arte, en virtud de un general fenómeno de síntesis, claramente comprobado en el ejercicio de todas las profesiones. El cúmulo de reglas científicas, el número de raciocinios matemáticos y la infinidad de observaciones, argumentos y principios que se exponen en las asignaturas de construcción de todas las escuelas, viene á constituir como una película de largo metraje y de más ó menos fácil consulta por el cerebro del joven Ingeniero, pero que inevitablemente con el tiempo se va velando de un modo insensible, dejando en su lugar, si se ejerce la carrera, á un instinto especial, como si dijésemos a un «don de adivinación», que conduce orientadamente y con rapidez al fondo de las cuestiones. Sólo entonces, es decir, cuando á través de nuestra propia videncia, sin rodeos ni preámbulos, vemos claro el problema, es cuando lo sentimos con amor e intensidad, y dejando trabajar libremente á nuestra imaginación, proyectamos y *creamos* obras. ¡Cuánta falta está haciendo en las Escuelas superiores en general, la existencia de una doctrina directamente educadora de esta especie como único medio, además, de interesar y estimular el sentimiento por las cosas que se estudian, y en nuestro caso por la interpretación y creación de formas del arte de construir! (1).

(1) Al publicarse estas páginas llevamos ya tres cursos desarrollados en la forma propuesta, y con íntima satisfacción hacemos constar que el resultado ha sido excelente.

Para triunfar, pues, en este ensayo, evitaremos la exposición prolongada y la forma excesivamente teórica, presentando las cuestiones por su faz más expresiva en el sentido mecánico, en el artístico y en el utilitario.

Haremos pasar ante los alumnos las diversas formas de equilibrio de construcciones de todo género, desde las históricas primitivas hasta las más modernas, pero no por orden cronológico, sino por agrupación de sistemas mecánicos, y este ordenado panorama de la estática constructiva cautivará indefectiblemente la atención del alumno explotando su instinto práctico y conduciéndole rápidamente á la perfecta comprensión y sentimiento de la parte *estructural* de toda obra, indispensable base para la creación de formas nuevas y para la propulsión de la Ingeniería arquitectural.

La franca y sencilla exposición del *por qué* de la belleza de las formas arquitectónico-monumentales inculcará breve, pero profundamente, la noción de *estética* al alumno, con cuyo conocimiento podrá entender, sólidamente, los tratamientos decorativos, genuinamente industriales, de los diversos materiales de la construcción.

Y, finalmente, el general análisis de las condiciones que debe llevar toda obra ó edificio, mostrará de un modo claro el verdadero camino á seguir en la *composición* de las construcciones industriales modernas, tanto en lo que atañe á la planta como á los alzados exterior é interior, en miras siempre á la solidez, á la belleza y á la utilidad, es decir, á la completa perfección.

Resumiendo, pues, la Filosofía de la construcción, este estudio que afirmamos ser la característica de nuestro curso, abarca las tres siguientes cuestiones:

1. Estructuras.
2. Estética industrial.
3. Composición.

Conjuntamente estas tres cuestiones glosan de un modo completo las leyes generales de la construcción, pero más

especialmente las de la Arquitectura industrial que, por su ya descrito y especialísimo fondo, se procurarán inculcar á los que mañana débense manifestar en este campo de la actividad humana, es decir, á los alumnos de las Escuelas de Ingenieros industriales de España, á cuyas manos será confiada, no solamente la progresión de nuestra industria, sino la impresión que puedan recibir los extranjeros ante la vista externa de nuestras manufacturas, industriales obras y demás centros de producción.

Independencia entre el orden educativo y el ejecutivo

Si bien en el desarrollo de un proyecto de arquitectura que deba reunir perfección y unidad, hanse de glosar ya desde un principio todos los conceptos de estructura, estética y composición, los que simultáneamente van esclareciéndose y dibujándose por etapas insensibles desde su origen (el croquis), hasta su terminación (el proyecto definitivo), siguiendo así la ley de gestación de todas las obras y de la cual nos da un claro ejemplo el escultor cuya definida concepción no alcanza hasta después de haber pasado por una serie de formas generales y cada vez más modeladas que tienen por origen el tosco, pero justo boceto, existe, sin embargo, una cierta prioridad entre los tres mentados conceptos que obliga instintivamente á resolver, primero la *Composición* general de la obra, después la *Estructura*, que es hija de aquella composición, y, finalmente, la Estética y *Decoración*, que es función, digámoslo así, de las dos anteriores partes.

Al objeto de precisar más la definición y diferencias de la *Composición*, la *Estructura* y la *Estética*, continuamos un ejemplo (fig. 7) en que se croquizan estas tres partes de la obra arquitectónica y que pueden, á su vez, considerarse como las tres principales fases de su correspondiente proyecto.

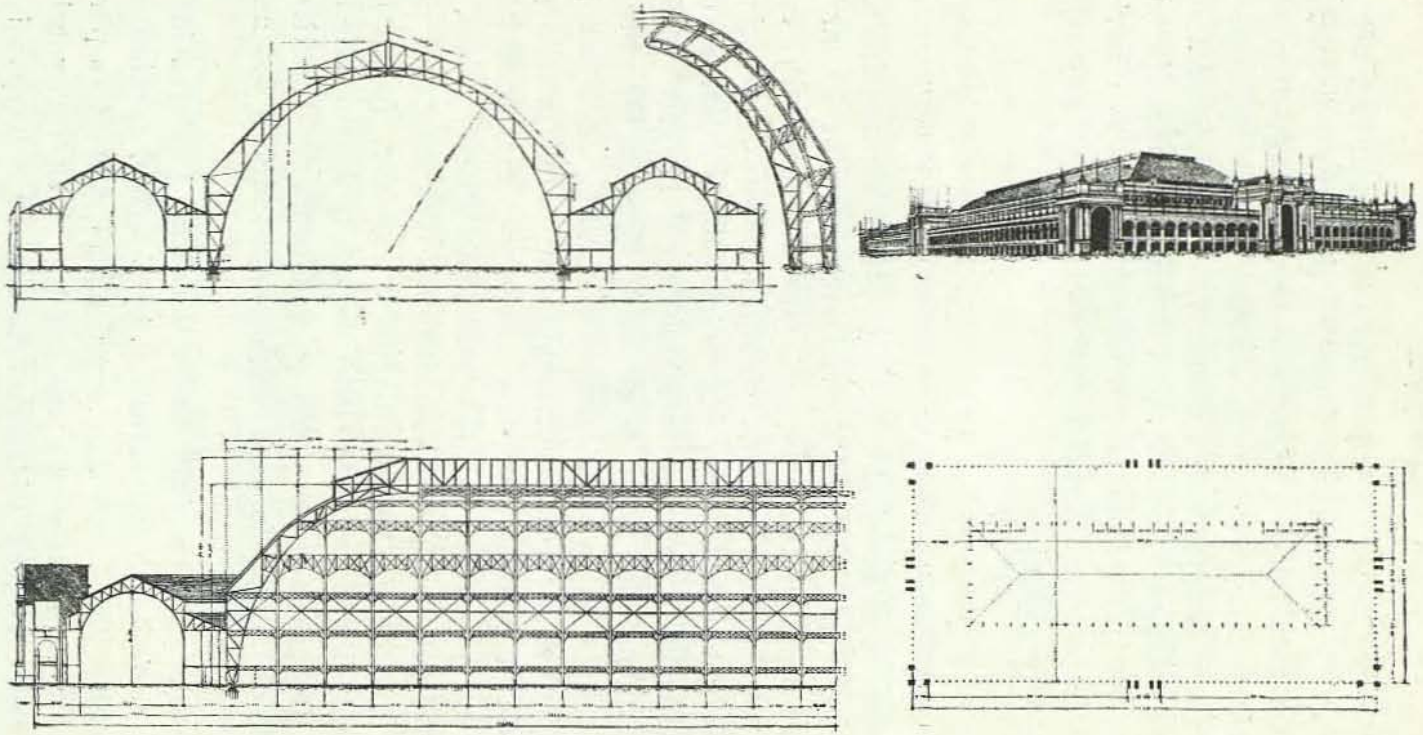


Fig. 7 — Ejemplos de «Composición», «Estructura» y «Estética» en un edificio industrial

Interesantísimo, en el terreno pedagógico, resulta notar que la correlación expuesta no es la expresada al definir la Filosofía de la construcción, es decir, que así como la enseñanza de ésta dijimos abarca:

1.°, Estructura; 2.°, Estética, y 3.°, Composición.

Ahora, tratando del desarrollo de un proyecto, acabamos de indicar que se resuelven:

1.°, Composición; 2.°, Estructura, y 3.°, Estética.

Esta independencia entre el orden doctrinal y el orden de factura de una obra es, sencillamente, un resultado de las leyes pedagógicas, que, prácticamente, hemos notado en nuestras asignaturas. Realmente, no tienen nada que ver entre sí los órdenes educativo y ejecutivo, la razón lo revela y la práctica nos lo demuestra: un estudio de Decoración arquitectónica estaría completamente falto de base si no fuese precedido de la idea de Estructura, y ambos estudios son indispensables para comprender las leyes de la Composición entera. Pero, en cambio, en el caso de aplicar estos estudios á la confección de un proyecto, débese, según queda dicho, comenzar sentando las bases de la Composición y, según resulte ésta, las partes que siguen, es decir, la Estructura y la Decoración ó Estética afectarán una u otra forma.

Vamos, ahora, expuestas las anteriores ideas, a presentar nuestro programa de Arquitectura industrial, definiéndolo ordenadamente en su principales puntos.

III

El Programa

Elementos para construir

El constructor necesita *materia* al plasmar ó realizar sus proyectos; esta materia debe reunir ciertas cualidades para poder ser considerada como *material de construcción,* dentro de los procedimientos actualmente conocidos y, además, este material, bien sea natural ó fabricado, exige un cierto trabajo ó una especial manipulación para ser empleado útilmente y pasar á la categoría de *elemento de construcción.*

Por último, *disponiendo* de un modo apropiado de estos *elementos,* se llegan á obtener los diversos *órganos* y, por tanto, alcanzamos la construcción entera.

La Ciencia y el Arte de la construcción estriban, precisamente, en aquella disposición de elementos. Impónese, pues, naturalmente, en esta asignatura el previo conocimiento de los elementos para construir.

Una de las industrias de mayor desarrollo en la actualidad es la referente al complejo ramo de la construcción. Realmente es, en este sentido, abrumadora la abundancia de materiales de que disponemos (fig. 8), y es extraordinaria la variación de formas (fig. 9 y 10) que revisten los elementos de construcción que hoy el Comercio nos libra, elaborados con aquellos materiales.

La finalidad económica de la arquitectura que estudiamos, obliga, evidentemente, al aprovechamiento de esta grandiosa oferta comercial, exigiendo, por consiguiente, al constructor, el conocimiento de los materiales tal como se encuentran en el mercado.

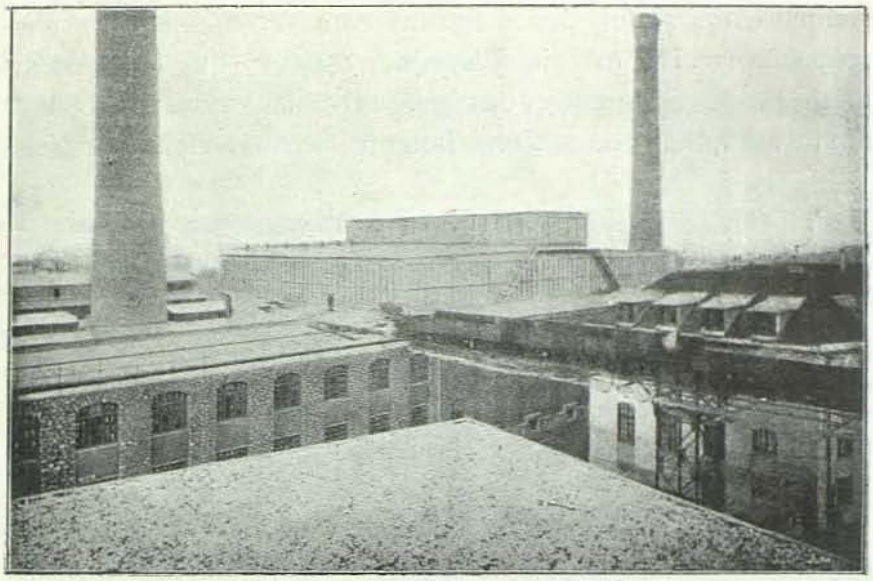


Fig. 8.—Fábrica «du Triphasé» Asniers, cubiertas en *Ciment Volcanique*, Arq. Friésé

Estas ideas deslindan, pues, en el estudio de los elementos para construir, dos aspectos diferentes: uno relativo a la *naturaleza* de los diversos materiales de construcción, y otro que hace referencia á las formas y condiciones que

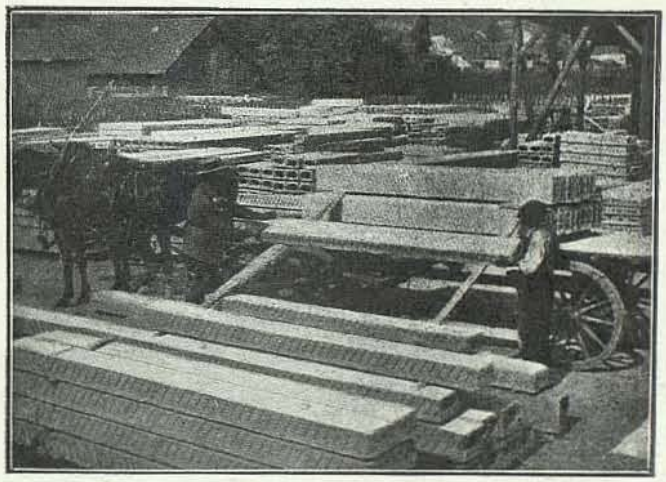


Fig. 9.—Vigas «Siegwart» para construcciones en general

reúnen estos materiales al figurar como *elementos* de construcción en el Comercio. El primer aspecto, que trata de los métodos de examen y ensayo, es considerado ya con el nombre explícito de «Conocimiento de materiales de cons-

Fig. 10.—Rathmore; Eton Avenue, Londres, N. W. – Construcción en *Fort Stone*

trucción», en la asignatura que estudia la resistencia de estos materiales, por tanto, claramente sólo nos incumbe aquí exponer la cuestión en su segundo aspecto.

Una doctrina ideal del punto que discutimos vendría dada por la metódica recopilación de los diversos catálogos de casas que fabrican elementos para construir. En estos interesantes documentos que llegan hoy á constituir nutrida Biblioteca en los gabinetes del constructor, se encuentran de ordinario cuantos datos son necesarios en la utilización de aquellos elementos, como son sus constantes específicas, procedencias, dimensiones, perfiles, empleo, precios, formas de venta y de adquisición, unidades comerciales, etc., etc.;

pero es poco menos que imposible la completa exposición doctrinal de esta parte esencialmente práctica del arte de construcción, no sólo por la inusitada extensión que tendría, pues comprende toda clase de materiales y elementos, así constructivos como decorativos, sino por la constante fluctuación de los datos que integra, y en especial de sus precios. Debe limitarse, pues, la enseñanza de este punto á la general reseña de los principales elementos de construir empleados en España, y más particularmente en la localidad donde radique la Escuela, junto con la exposición de muestras de tales elementos y sus mejores catálogos, en cuyo manejo, cuando tenga interés, se familiarizará también á los alumnos, así como en el de los prontuarios y formularios de más corriente uso.

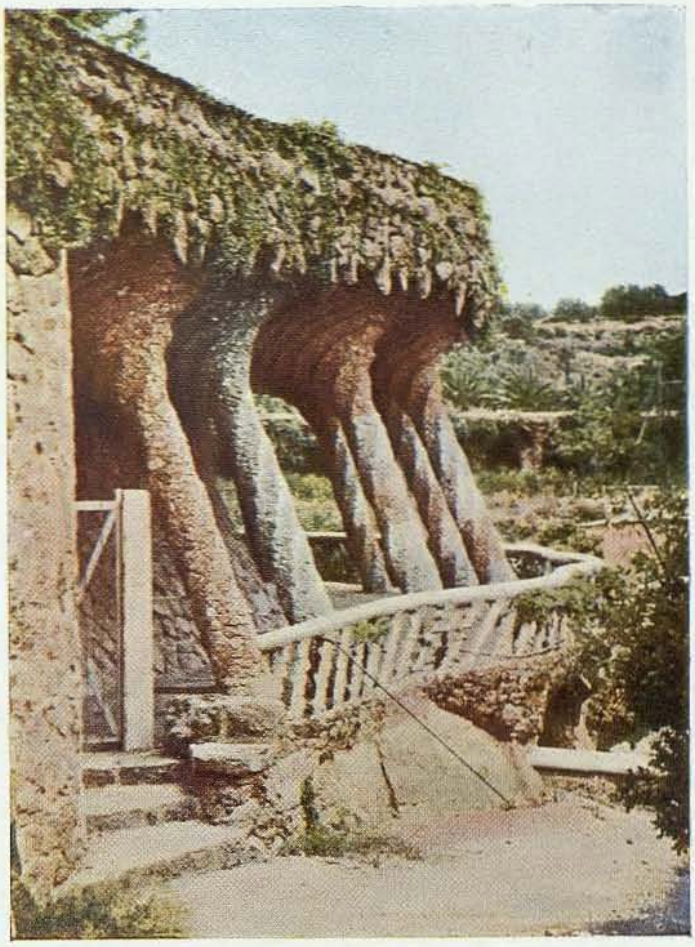
Este especialísimo estudio, de orden puramente industrial y cuyas consecuencias ventajosísimas no hay necesidad de recalcar, debe ir complementado con el desarrollo de las siguientes ideas, al objeto de redondear la doctrina de los materiales y elementos de construcción:

En primer lugar, un ligero recuerdo de las más fundamentales propiedades de los corrientes materiales pétreos, metálicos y leñosos de construcción ha de contribuir poderosamente á la inteligente apreciación de las características de los elementos para construir. Luego, después, será indispensable el indicar la elaboración y fabricación de los principales elementos, dando un mayor detalle en todos aquellos casos en que tales operaciones se realicen al pie de la obra, como son, por ejemplo, las concernientes á la confección de los morteros. Es, además, indispensable el reconocimiento de los materiales y elementos; por tanto, si no precisamente los métodos de ensayo, que, como ya hemos apuntado, corresponden á otra asignatura, á lo menos la exposición de todas aquellas reglas prácticas que permiten, de un modo general, apreciar la bondad de los materiales, deberá, asimismo, figurar en el punto que discutimos, y á este efecto no dejarán de

describirse y mostrarse al natural todas aquellas condiciones que caracterizan la excelencia ó los defectos de la piedra de construcción, material de alfarería, componentes de morteros, etc., etc., ideas todas que, junto con las prácticas relativas á la colocación definitiva de los diversos materiales en obra, completarán el conjunto de necesarias ideas fundamentales del arte de la Construcción que el Ingeniero debe profundamente poseer, no sólo para llegar á proyectar con razón de causa, sino para todos aquellos casos en que su intervención es reclamada, como recepciones de obras, pruebas de resistencia, reconocimientos, etc.

Y si, por fin, adjuntamos á todo este orden de enseñanzas, lo que podríamos llamar las «constantes de la ciencia de la Construcción», esto es, los números concretos y usualmente aceptados, así como los fijados en los vigentes reglamentos oficiales, relativas á coeficientes de seguridad, de dilatación, de elasticidad, etc., de los diversos materiales y á las cargas constantes y accidentales por unidad superficial á que deben calcularse los diversos órganos de una construcción para resistir los pesos continuos ó intermitentes, y la acción de fuerzas externas, como el viento, la nieve, etc., tendremos completado el cimiento práctico en esta asignatura de la enseñanza de la Construcción.

Naturalmente que con el vigente plan de carrera queda muy poco espacio para la exposición de las anteriores ideas, pero la habilidad del profesor que seleccionará, de entre todo, lo más útil y metodizará racionalmente los conocimientos, debe salvar la dificultad, presentando en pocas lecciones, podríamos decir en pocas horas, un cuadro resumido, sí, pero entero y concreto de todas aquellas fundamentales ideas.



Tornapuntas de piedra de los terraplenes del
Parque Güell; Barcelona — Arquitecto: Gaudí

ESTRUCTURAS

El estudio de la Filosofía de la Construcción, que comprende, en primer lugar, el correspondiente á las Estructuras, por lo mismo que es, según dijimos, un estudio de orden superior, debería, en rigor, figurar en la última parte del curso, situación que podría aprovecharse de los conocimientos adquiridos por el alumno durante el estudio concreto y práctico que se hace en el capítulo de esta asignatura que trata de los «Procedimientos de Construcción»; pero hay dos poderosas razones para no posponer aquel estudio, y son: en primer lugar por la inmediata necesidad que tiene el alumno de poseerlo para resolver los diferentes trabajos prácticos de la asignatura (que se comienzan á dictar á poco de comenzado el curso), y después por el principio pedagógico que aconseja, en cuestiones de orden superior, hacer preceder á toda práctica el correspondiente estudio especulativo ó de reflexión.

Justificada la situación de este capítulo en la doctrina que analizamos, vamos á exponer el contenido de su parte primera.

La Estructura de un edificio ó construcción en general débesela considerar como la materialización de sus principales líneas resistentes, es decir, como un esqueleto. Esta parte estructural de toda obra es la que racionalmente resuelve su equilibrio.

Toda forma debe comenzar por la concepción de su estructura; resuelta que sea ésta, el resto ó terminación de la Construcción tiene ya un carácter secundario. El macizado de un muro, el forjado de una bóveda y el relleno, en general, de los entrepaños del edificio constituye un elemental problema de la Construcción, al paso que la resolución del esqueleto, el encuentro feliz de sus líneas estructu-

rales requiere, evidentemente, un profundo conocimiento del arte ó, si se quiere, de la ciencia de construir. Los grandes progresos de este arte ó de esta ciencia, pues de ambas maneras se puede calificar, vienen palmariamente marcados en la historia de la Construcción por los sucesivos encuentros de formas estructurales. El clasicismo de la arquitectura helénica es, en primer lugar, debido á la definición perfecta de la estructura arquitrabada de reacción vertical (fig. 11); la fama de las obras góticas ha cundido universalmente por el maravilloso principio constructivo que encierran aquellas geniales estructuras nervadas; la admiración que hoy sentimos por la calderería armada, es el reconocimiento más franco sobre las ventajas que á nuestro siglo reportan los elásticos esqueletos de acero (fig. 12).

Fig. 11 —Estructura pétrea arquitrabada —«La Bourse», París

Lo más sorprendente del problema de las formas estructurales está en la ausencia absoluta de medios y reglas para su encuentro; de manera que una doctrina sobre esta cuestión debe resultar interesantísima y de completa novedad (fig. 13). Por la citada falta de reglas, esta doctrina tenderá especialmente á educar y desarrollar la facultad de concepción de formas mecánicas en el alumno, y á este efecto, auxiliados de los únicos elementos concretos sobre tan importante cuestión, cuales son los ejemplos y manifestaciones técnicas

de la Construcción en sus diversas épocas y especialmente la actual, y las más prácticas conclusiones de la estática y de la teoría de la elasticidad, se irán presentando y razonando diversas formas que (fig. 14), comenzando por lo más elemental y sencillo, nos conduzcan sucesiva y metódicamente en plena cuestión de las estructuras. Esta cuestión, en cuyo seno palpita toda la mecánica aplicada y todo el arte del constructor, en síntesis admirable, encierra un mundo infinito de problemas y de formas para la Arquitectura industrial. Iniciar en este campo nuevo de estudios y aplicaciones fecundas es el objetivo de la parte de « Estructuras » del presente programa.

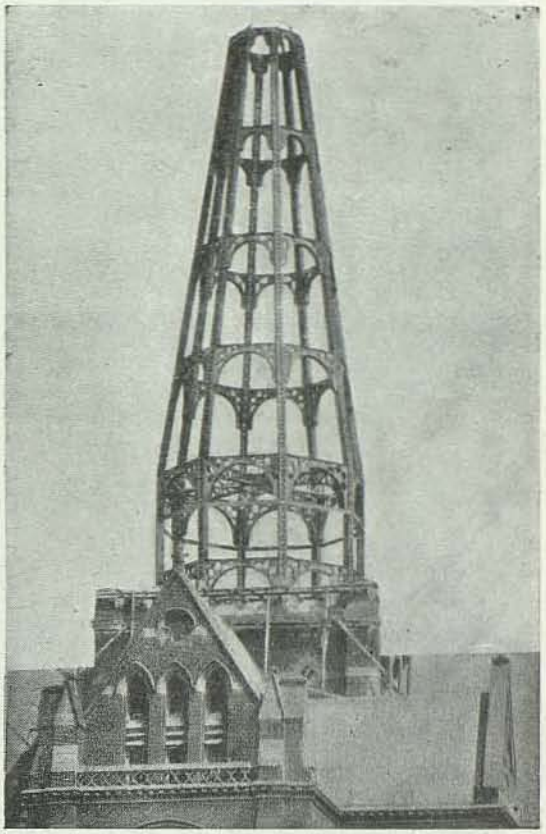


Fig. 12.—Esqueleto metálico de la flecha de Dadizeele

El método que seguimos para lograr este objetivo, el género de clasificación que adoptamos para exponer racional y distintamente los diversos tipos de estructuras y la manera de estimular el sentimiento para ayudarnos á la concepción feliz y comprensión perfecta de las formas estructurales, lo dejamos más ó menos claramente expuesto en otros escritos, nos remitimos para ello á los estudios titulados «El sentimiento mecánico en las

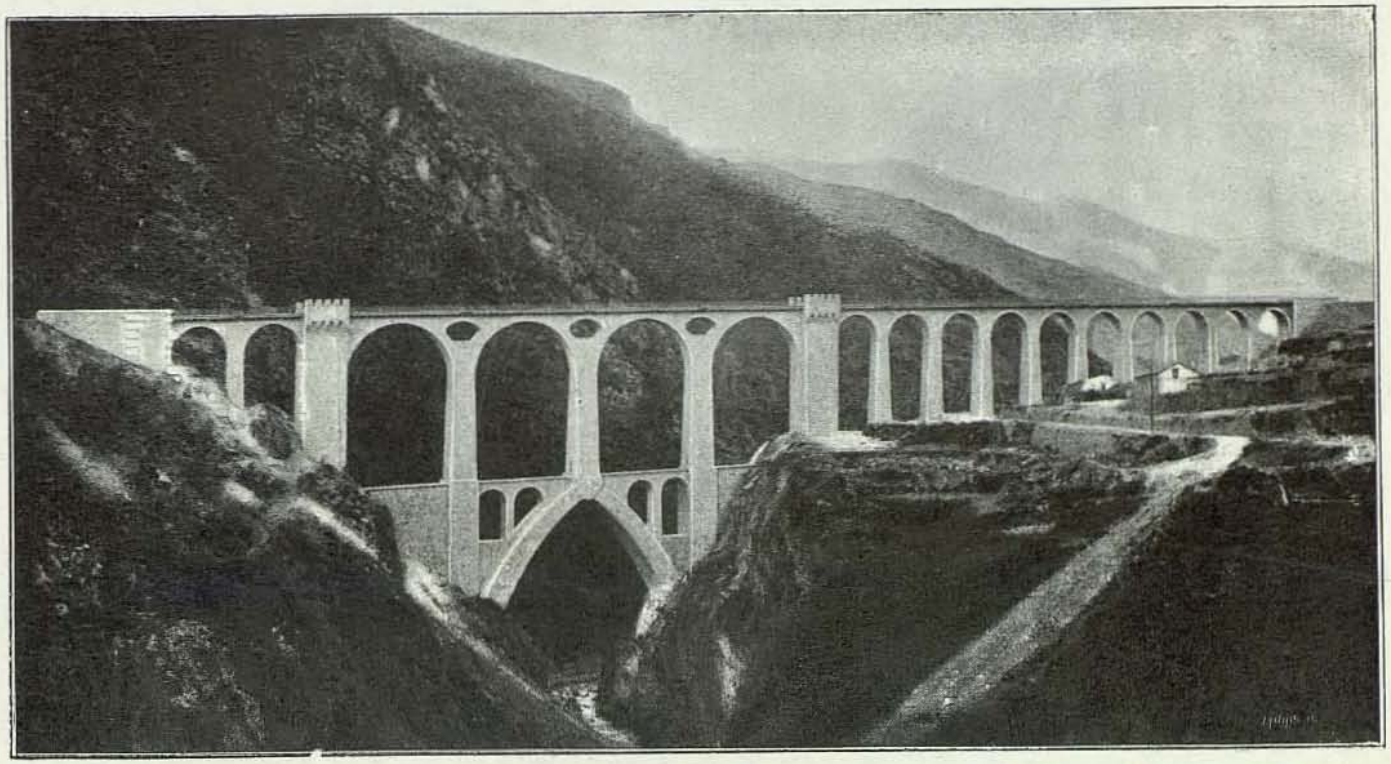


Fig. 13.—Novísima estructura pétrea del gran «puente Sejourné», Font-pedrouse

construcciones metálicas» (1) y «Filosofía de las Estructuras» (2).

Estética y Decoración industrial

Indudablemente ésta es la parte del curso que requiere, por lo que atañe al profesor, más delicadeza y especial conocimiento del asunto, para ceñirse á los justos límites y carácter de sus lecciones. De no ser así expónese el profesor

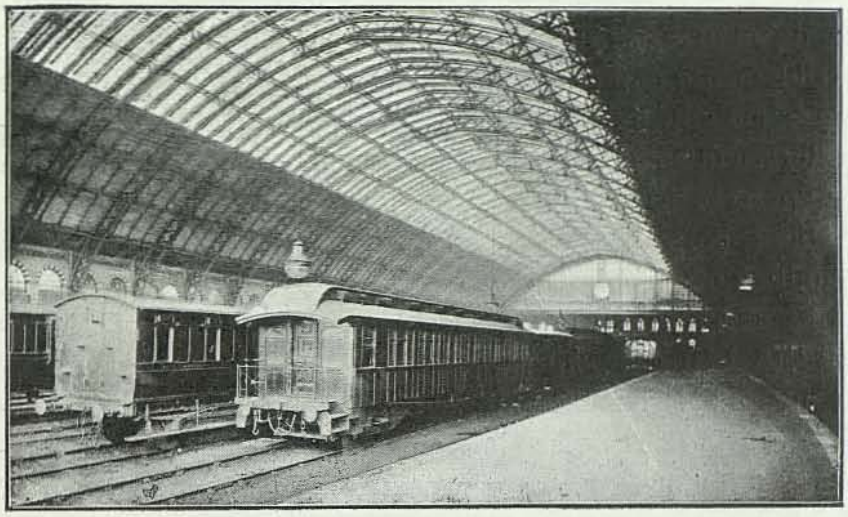


Fig. 14 — Uno de los primeros y notables ensayos de estructuras flexibles arqueadas sin tirante. — « St. Pancras Station », Londres

á exagerar ó concentrar con demasía, y, por consiguente, á que resulte inútil en ambos casos la doctrina de la Decoración industrial, aun suponiendo que el rumbo que se imprima á sus lecciones no diverja respecto á la finalidad de la carrera, condición nada fácil de llenar.

Es indispensable tener constantemente á la vista, en la

(1) Anuario de la Universidad de Barcelona, 1907 á 1908.

(2) Obra publicada por el autor, y reconocida de mérito por la Real Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales de Madrid.

explicación de estas lecciones, el radio de acción de la Ingeniería para no caer en un curso de Arquitectura ó en uno de Arte aplicado á la Decoración. Ninguno de estos dos matices debe tomar la enseñanza de la Estética industrial en la carrera del Ingeniero.

Por otra parte, no puede en manera alguna consentirse que el Ingeniero industrial, á quien por sus complejos estudios, dado el plan que rige en las Escuelas, se le puede confiar y confía, la redacción de proyectos y dirección de obras industriales, llegase á estampar en ellas, por esa tendencia natural que el hombre tiene de embellecer sus obras, el timbre de un arte ingrato y de mal gusto, á lo que se está indefectiblemente expuesto si no se ha pasado siquiera por una ligerísima educación artística. De haber en la carrera de Ingeniero una sola asignatura del orden de Estética podríamos aquí prescindir de la exposición de todo hecho artístico.

Será, por consiguiente, necesario tocar el terreno de la Arquitectura propiamente dicha, si bien de una manera muy sutil y discreta para no entrometernos en la esfera del Arquitecto de por sí especialísima y concretada. A tal efecto, un superficial conocimiento de las formas clásicas, y si hubiese ocasión de las románticas también, iniciará perfectamente al alumno en la comprensión del Renacimiento y del gótico arquitectural, vestimentas de universal expresión con las que es dable tratar á todo género de edificios (fig. 15 y 16) y construcciones.

Con el estudio de estas formas, adquiérese el pleno conocimiento del «hecho artístico», imprescindible base para el desarrollo y aplicación de todo sentimiento estético. Logrado que esto sea, procede continuar inmediatamente las leyes de la Decoración industrial, leyes que, basándose exclusivamente en la explotación de las propiedades de la materia empleada y en los procedimientos de trabajo que económicamente admite, podríamos agrupar racionalmente bajo el título de «Técnica decorativa».

Fig. 15. — Tratamiento arquitectural de la «Gare du Nord», París

La argumentación anterior, hija de larga reflexión y penosa práctica, nos establece una pauta bien clara para la enseñanza de unas lecciones sobre la Decoración industrial: será preciso, conforme acabamos de ver, dividir el estudio en

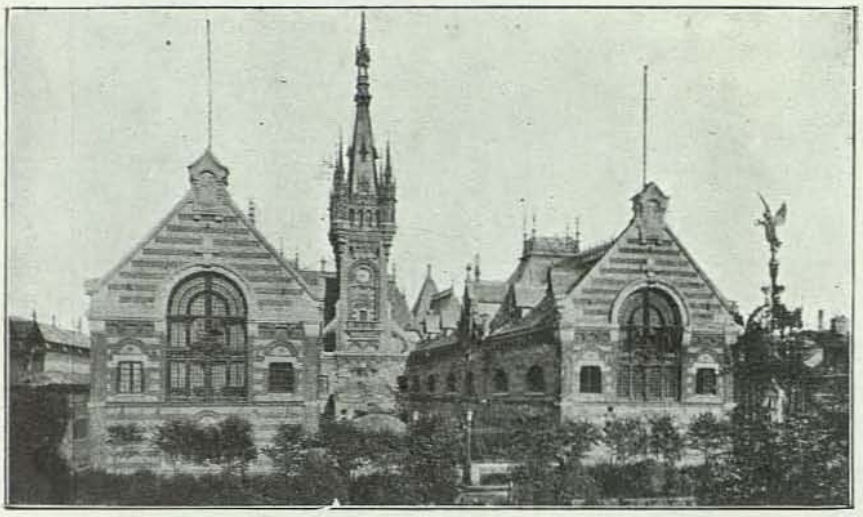


Fig. 16.—Abadía y fábrica de la «Benedictine». — Fécam

dos partes, de las cuales la primera tiene además un carácter preparatorio ó educativo para comprender bien la segunda.

En la parte primera, ó de exposición de los fundamentales hechos artísticos de la arquitectura, hay perfecta ocasión de hacer pasar ante los ojos del alumno las principales formas de rectilínea composición de la Grecia y la combinación de éstas con el elemento romano en arcuación, haciéndole ver el mundo de arquitectura que así se obtiene regido invariablemente por las leyes fundamentales de la proporción, ordenación, ponderación de masas, relación de macizos y huecos, relieve ó rehundido de miembros (para producir el efecto de manchas de sombra), etc., leyes por las cuales siempre se logra la estética y la expresión de la obra.

Puede asimismo presentarse ante los alumnos una serie de elementos arquitectónicos medioevales con lo que se le

señalará otra fuente de arquitectura más ideal y atrevida que la anterior, igualmente expresiva y tal vez más ingenieril por basarse sus formas constructivas estrictamente en el

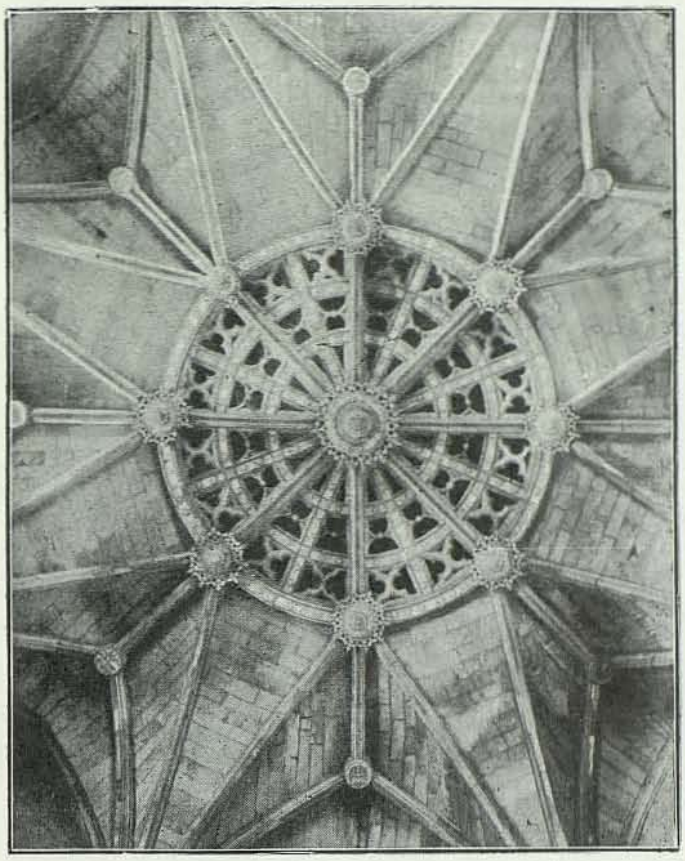


Fig. 17.—Decoración naturalmente resultante de una estructura nervada gótica

equilibrio por las curvas de presión de los elementos arqueados (fig. 17).

El conjunto de todas estas formas de la arquitectura, de conocimiento indispensable, expondráse, sin embargo, rápidamente para no restar tiempo á la técnica decorativa ó análisis de la verdadera Decoración industrial.

Dentro de la condición inviolable de belleza de toda cons-

trucción que se puede siempre llenar fácilmente, sin gravar el importe de la obra, con sólo el conocimiento de los hechos artísticos que supone el haber hojeado las anteriores lecciones, el Ingeniero deberá variar los tratamientos á tenor de las exigencias tecnológicas y de la naturaleza ó propiedades de los materiales de que disponga, etc., en lo cual precisamente estriba el conocimiento de la verdadera técnica decorativa, esto es, el conocimiento de la «ley de la materia» en la construcción industrial.

Esta técnica, se inspira sin embargo más principalmente en consideraciones de orden económico, base de toda industria; por esto el Ingeniero es el llamado á estudiarla y aplicarla en su máximo grado. Es ley general del arte el que el género de decoración de cada material depende de las cualidades de éste; así vemos como las soñadas delicadezas de las labras griegas son permitidas por la compacidad y finura de sus pentélicos mármoles, y los perfiles llenos y esbozadas formas de la estatuaria egipcia se deben principalmente á la contextura de sus granitos. La alteración de esta ley, racionalmente generalizada, implicaría no sólo la falta de propiedad, sino el encarecimiento de la obra en la mayoría de los casos, por efecto de un trabajo excesivo y penoso, muchas veces inútil; así, pues, en el terreno industrial con mayor razón, debemos utilizar la manera de ser de cada material, sometiéndole, al efecto, á un tratamiento adecuado en miras no sólo á la construcción, sino que también á la decoración; así, por ejemplo, utilizaremos la cualidad de reflexión de la luz ó brillantez sobre la cerámica policroma vidriada, para acusar con manchas y líneas luminosas ciertas regiones de un edificio, sacaremos igualmente partido de la geométrica y pequeña forma del ladrillo para disponer en las fábricas atinadas combinaciones de aquel elemento (fig. 18) que darán lugar á resaltos ajedrezados, salamónicos y cuantas disposiciones caracterizan el tratamiento de la ladrillería. En el metal iremos asimismo á explotar sus cualidades para los

Rotonda de uno de los pabellones del Hospital de San Pablo; Barcelona — Arquitecto: Doménech y Muntaner

Fragmento del edificio de Administración del Hospital de San Pablo; Barcelona — Arquitecto: Doménech y Muntaner

efectos de la industrial decoración, utilizando el principio del labrado de una sola forma, para la multiplicada reproducción de otras en fundería (fig. 19), decorando altamente aquélla

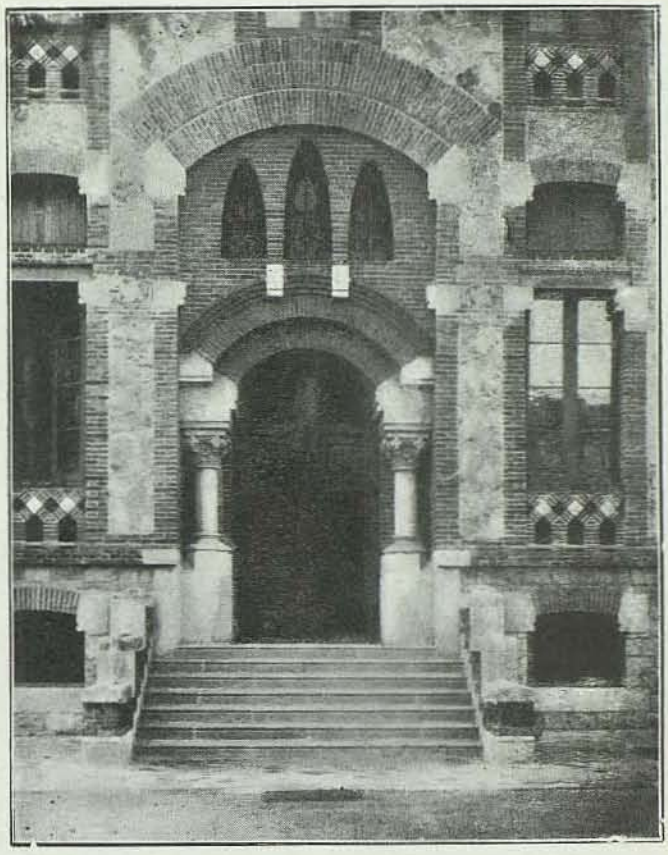


Fig. 18. — Industrial composición en ladrillería. Casa de Maternidad, Barcelona. Arquitecto: Oliveras

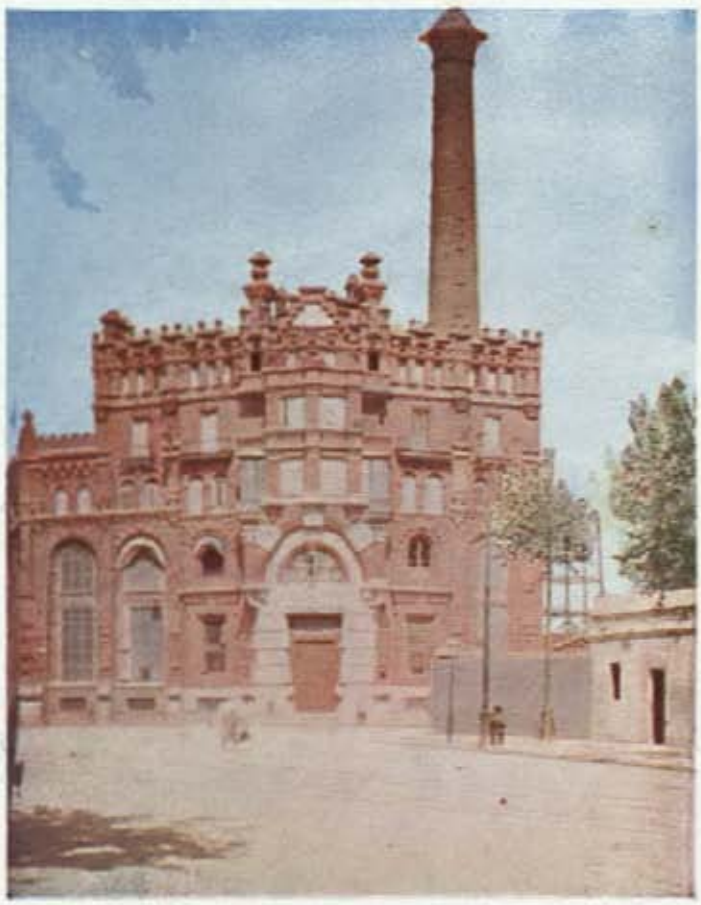
en atención á lo económico que resulta para las restantes este ornato, etc., y al encontrarnos en la aplicación del hierro ó del acero laminado, utilizaremos la forma de sus perfiles comerciales, la tenacidad de la materia y los efectos del ribeteado, para obtener toda una decoración típica de la calderería armada (fig. 20), genuinamente industrial, hija legítima de la industria del laminaje.

Los tratamientos decorativos de la piedra, del ladrillo y del metal, junto con los que son característicos de otras fundamentales materias de construcción, como vidrio, cemento, maderas, etc., constituyen las verdaderas fuentes racionales de la Decoración industrial para aplicarlas atinadamente en

Fig 19 — Serie de columnas de fundición que sostienen los arcos de ladrillo del patio de la Casa de Mat rnidad. — Barcelona.

cada caso, ora aisladamente, ora en combinación armónica unas y otras, atendiendo siempre á sus efectos de masa, forma y color, á su papel constructivo y á su destino (fig. 21 y 22). Una serie de reglas y observaciones á este propósito junto con la exposición de seleccionados ejemplos, sugerirán por necesidad, intensamente, la idea de la verdadera Decoración industrial que tanto caracteriza á las construcciones del Comercio y la Ingeniería de las adelantadas naciones.

Es preciso no perder jamás de vista que la menor intención artística (fig. 23) ennoblece á una construcción, y, por consiguiente, es de todo punto necesario orientar en el sentido



Fachada de la «Catalana de Electricidad» — Barcelona

estético las concepciones constructivas del Ingeniero. La escuela racionalista, es decir, aquella cuyas producciones son exclusivamente hijas del raciocinio en miras á la estricta

Fig. 20. — Composición decorativo-industrial en hierro armado. — « Samaritaine », París. — Arquitecto : Frautz Jourdain

utilidad, puede realmente crear obras aceptables, pero no es menos cierto que por encima del raciocinio existe una intuición superior como un debilitado eco de la Divina Ciencia, que no es otra cosa que el gusto artístico, y éste debe despertarse en el Ingeniero también, para coadyuvar á la perfección completa de sus obras. Una *charpente* metálica racionalmente concebida é irreprochablemente calculada, puede aparecer imperfecta y antipática si no se han previsto siquiera instintivamente ciertos fenómenos de luz y

de óptica en su canevás y en su perfil; de la misma manera, pues, que hace falta al Ingeniero esta moderna rama de la estética en la construcción metálica, le hace también falta la

Fig. 21.— Primitiva composición decorativa de los talleres litográficos «Thomas», Barcelona. — Arquitecto: Doménech Muntaner

estética de la construcción pétrea, con la sola diferencia de que esta última podemos ordinariamente aprenderla sobre la construcción arquitectural, al paso que la primera, es decir, la estética del hierro, está naciendo en las propias manos del Ingeniero.

Todas estas apuntadas ideas sobre la Estética y Decoración industrial, convenientemente documentadas, vendrán á

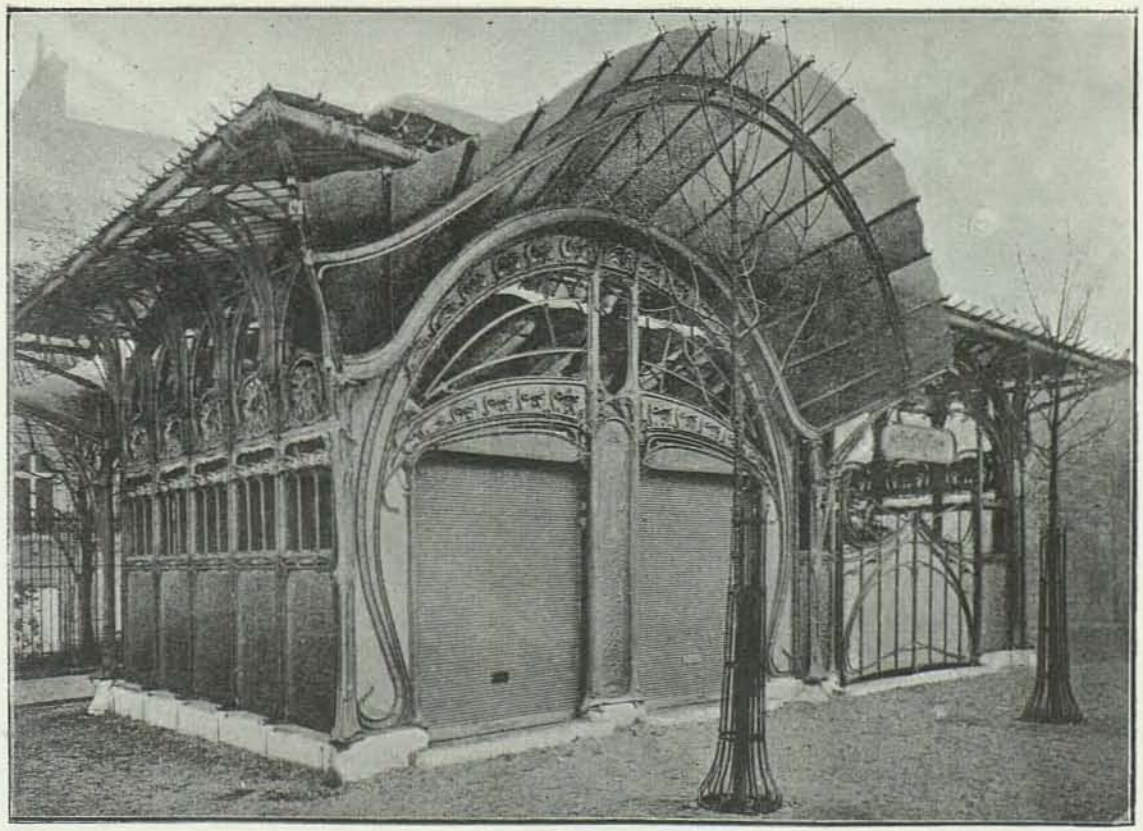


Fig. 22 — Combinación artística de hierro laminado, fundición y vidrio. — Estación de «l'Etoile», Metropolitano de París

formar un reducido número de importantísimas lecciones expuestas en el orden que expresa el programa general que presentamos al fin de este trabajo.

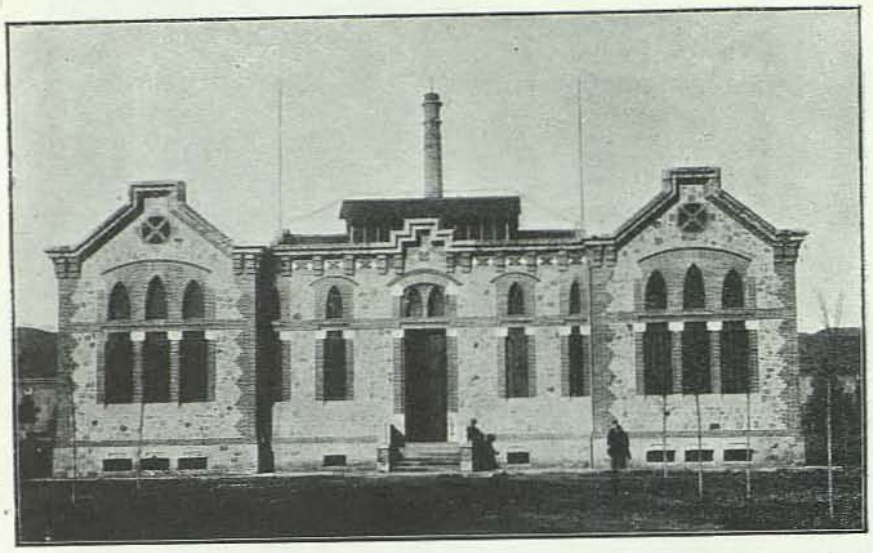


Fig. 23. — Construcción económica, altamente ennoblecida por la intención artística de su autor el arquitecto Oliveras. — Casa de Maternidad, Barcelona

Composición industrial

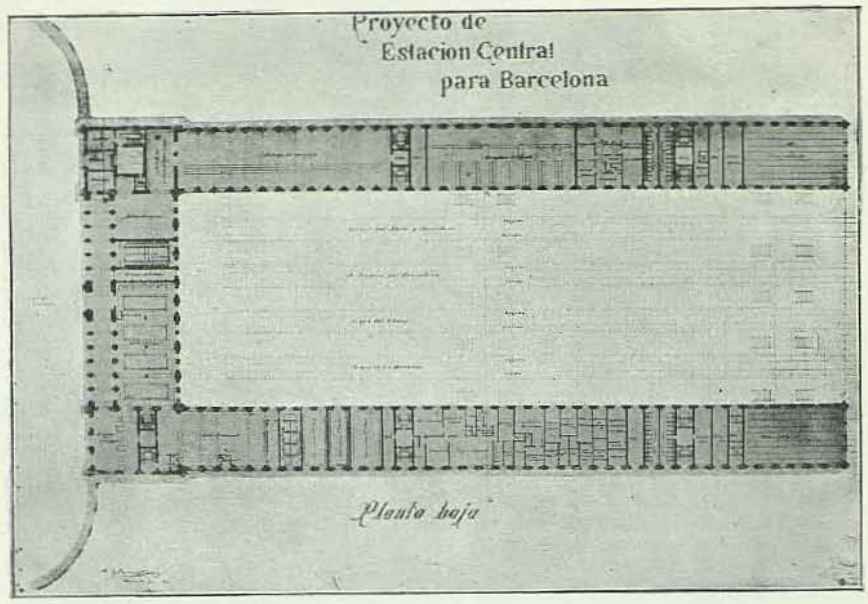
Es esta la tercera y última parte de la doctrina que titulamos *Filosofía de la Construcción*. Después de imponer al alumno en la Estructura y en la Decoración de una obra débesele orientar sobre la manera de componer totalmente dicha obra.

En rigor el problema de la *composición* integra simultáneamente la *estructura* y la *decoración*, pero á lo menos para los efectos de la enseñanza es preciso deslindar los tres citados aspectos en todo proyecto; de aquí que los presentemos sucesivamente. El estudio de la composición de un edificio, ú obra en general, significa el de la resolución completa de su forma y, naturalmente, los principales datos para llegar

á este resultado, son las necesidades que debe cumplir la construcción. En primer lugar, pues, deberemos tener conocimiento de los diferentes servicios afectos á la construcción de que se trata, y á este fin, el estudio general de las diversas operaciones que integran la explotación correspondiente nos dará el *programa* de la fábrica, dato fundamental, que, unido á las circunstancias que diariamente van imperando con mayor intensidad, relativas á la salubridad ó higiene para el obrero, nos permitirá ya hacer el primer ensayo de la composición. Al hacer este ensayo no perderemos tampoco de vista la directa influencia que en la forma de una construcción tienen los modernos principios de organización industrial, y así, deberemos considerar á la manufactura (si de ésta se trata) como un complejo organismo cuya buena marcha dependerá, al igual que la del cuerpo humano, de todas sus dependencias y órganos de relación interior y exterior. Deberemos, por consiguiente, en la buena composición de la fábrica, proceder con un criterio amplísimo que comprenda todo el organismo moral y material (fig. 24 y 25) de la misma é ir adaptando toda la construcción á las necesidades de este organismo que de una manera general y solamente á guisa de ejemplo delineamos en el siguiente cuadro sinóptico.

- Administración general de una fabricación. .
  - Contabilidad general (Tesorería).
  - Dirección general (Gerencia). . . . .
    - Sección comercial. . .
      - Contabilidad.
      - Ventas.
      - Reclamo ó publicidad.
    - Sección de fabricación.
      - Compras. .
      - Fabricación
      - Almacenaje y expedición. . . .
        - Contabilidad.
        - Interior ó de trabajo.
        - Manufactura.

Los diversos principios y ejemplos que comprenden y concretan el complejo estudio que acabamos de rese-



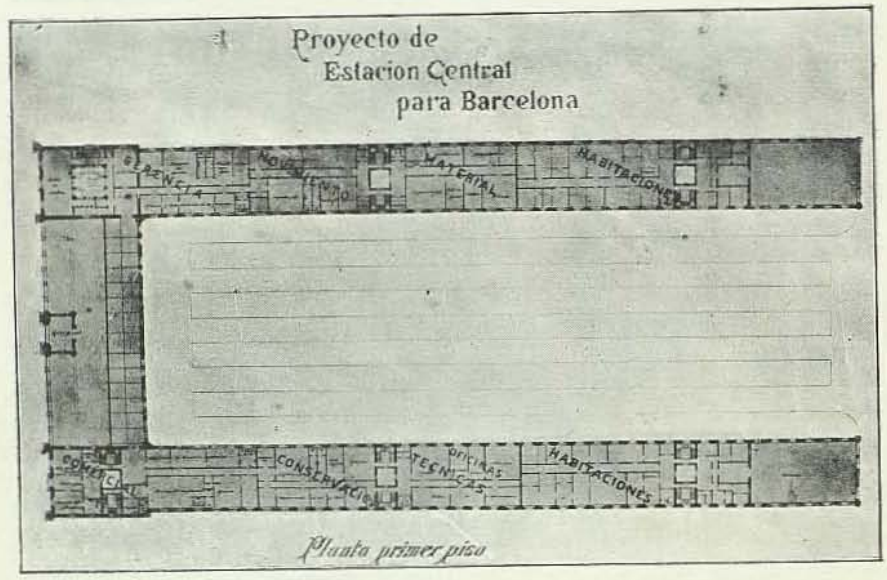
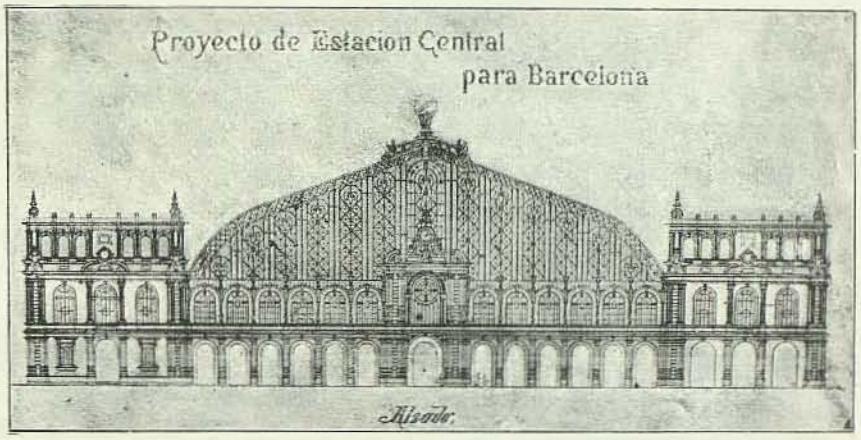
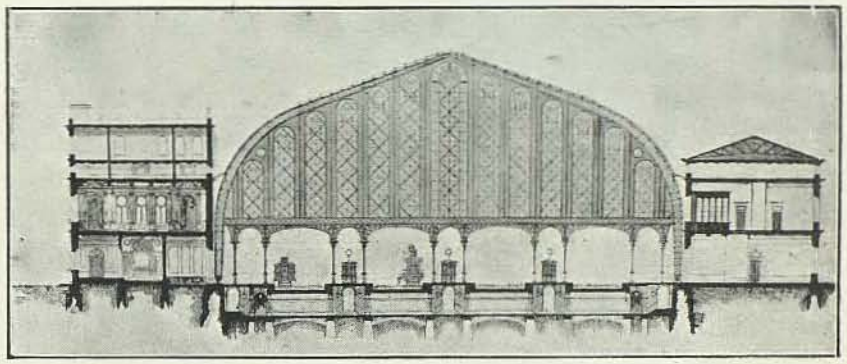


Fig. 24 y 25. — Composición, en planta, de una estación central de ferrocarriles para Barcelona. — Arquitecto : Cardellach

ñar, constituyen las lecciones de la Composición industrial (1).

En el transcurso de estas lecciones, aprenderán los alum-





Figs. 26 y 27. — Composición decorativa y constructiva de una estación central de ferrocarriles para Barcelona.—Arquitecto: Cardellach

nos á distribuir los diferentes servicios de una fábrica ó industria en proyección horizontal (Plantas de los proyectos) y en proyección vertical (Fachadas y cortes), teniendo por consiguiente ocasión de ver y ejercitarse en los problemas de emplazamiento de industrias, ordenación y orientación de

(1) Véase la conferencia «Ensayo sobre la Composición de los modernos edificios industriales». Anuario de la Universidad de Barcelona, 1907 a 1908.

plantas y composición de alzados, cuestiones todas de altísimo interés para el Ingeniero, y, que de ser resueltas bajo la constante presión de las leyes decorativas y de estructura (fig. 26 y 27), que preceden en este programa, sintetizarán los superiores principios de la construcción y habrán de originar, indudablemente, una perfecta tectónica en esta parte del curso, esencialmente nueva, y á que llamamos Composición industrial.

Organización de los trabajos

El principio de la organización, base de método y de perfección en todo género de trabajo, tiene una capital importancia en el arte de construir. Con la implantación de tal principio se beneficia extraordinariamente la calidad de la obra y se llega al máximum de su economía. Es, pues, esta una cuestión también de palpitante interés, especialmente para las construcciones industriales; de aquí la necesidad de exponerla al tratar de la práctica en los diversos procedimientos de construir.

La organización de los trabajos, en el ramo de la construcción, puede hacer referencia al llamado «chantier» (figura 28) ó taller de obra, propiamente dicha, ó también á los diversos talleres en que se disponen y preparan los elementos para construir, entre cuyos locales figuran, en primer lugar, los de carpintería, cerrajería y calderería.

Respecto á los trabajos que se realizan en el sitio donde se levanta la obra, hay una porción de estudios y circunstancias de carácter práctico á tener en cuenta que, debidamente expuestas, constituyen un interesante y fructífero cuerpo de doctrina. Efectivamente: desde las operaciones preliminares, referentes al replanteo y trazado sobre el terreno de los órganos de la construcción, hasta la terminación completa de ésta, hase de pasar por una extensa serie

de trabajos y por un cúmulo de operaciones distintas, que de no estar regidas por una perfecta organización y orden, darían seguramente lugar á trabajos inútiles, á pérdida de tiempo, á transportes superfluos de los materiales, etc., ó bien á accidentes continuados é imperfecciones de la obra, cuestiones todas que el Ingeniero de la construcción, indiscutiblemente, tiene el deber de evitar en miras al fundamental principio de economía y perfección que ha de presidir en todos sus actos y al de humanidad ante los operarios que compromete, para los cuales no puede constituir suficiente garantía la Ley de accidentes del trabajo. — Todas las circunstancias relativas á las operaciones de movimiento de las tierras, y, por consiguiente, á la formación

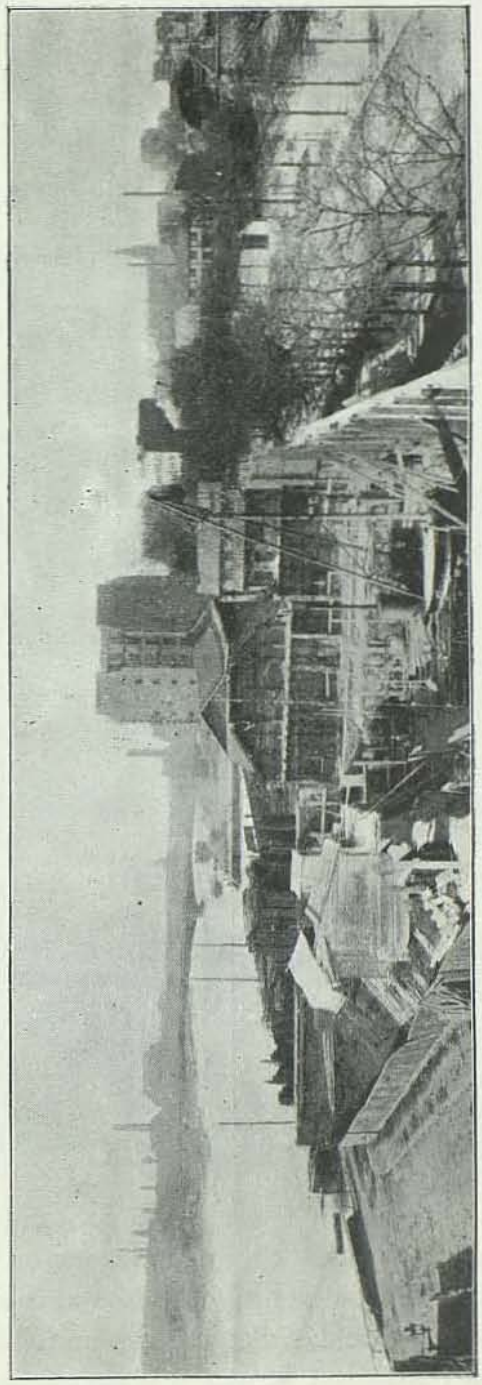


Fig. 28. — Organización de un «chantier» de París

de terraplenes y práctica de excavaciones, extendiendo éstas al caso de verificarlas bajo el agua, con lo que habrá ocasión de exponer los modernos principios y maquinaria del dragado (fig. 29), formarán una parte de la doctrina de que nos ocupamos. — Otra interesante cuestión la encontraremos en

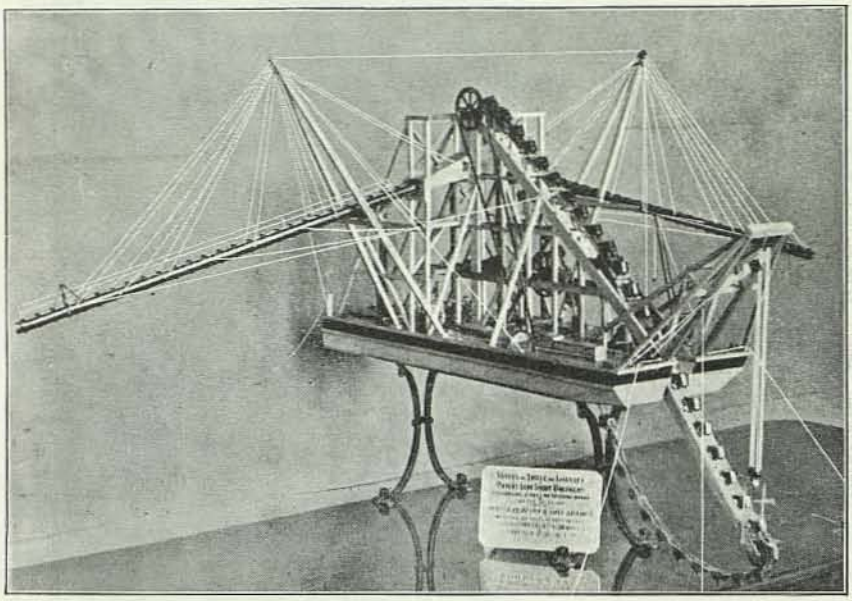


Fig. 29.—Moderna draga «Lobnitz» para el dragado y descarga automática de los detritus

los datos prácticos de los cuales se puede partir para organizar las brigadas de los obreros, y ajustar estrictamente el número de éstos, en miras á la constante ocupación de todos, á la supresión de trayectos inútiles y al sistema de transportes adoptado, sobre cuyo último punto se detendrá debidamente el profesor, atendida la extraordinaria importancia que esta cuestión alcanza en tratando de materiales de gran volumen y peso, como son la mayor parte de los empleados en construcción (fig. 30).—Los aprovisionamientos generales de agua y demás elementales materias, y, por consiguiente, cuanto atañe al acopio y almacenaje, espacio que para ello

se necesita, construcciones provisionales y talleres, utilaje en general, instalaciones mecánicas (fig. 31 y 32) que ciertos *chantiers* exigen, etc., debe asimismo exponerse en forma compendiada, pero concreta, y precisa para que pueda servir de segura orientación en la práctica.

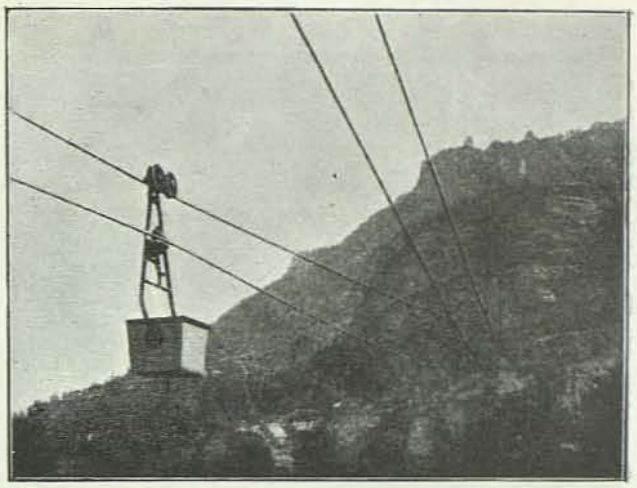


Fig. 30. — Transporte aéreo de materiales de construcción

Y, por fin, puede terminarse esta parte del curso con los

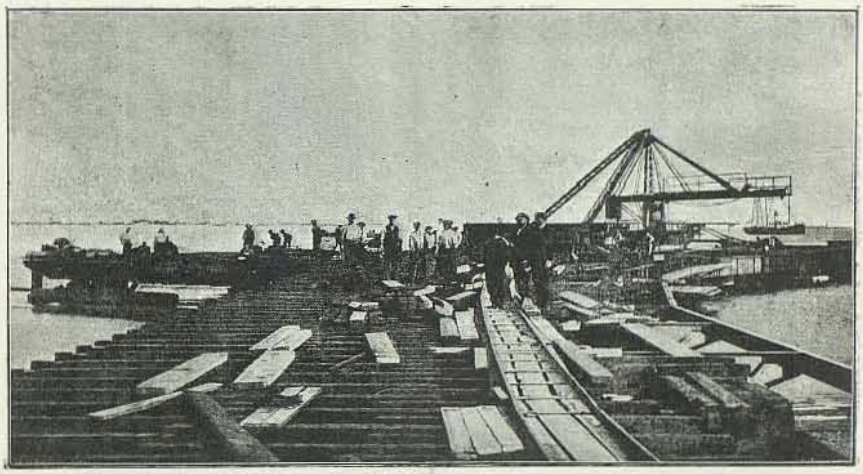


Fig. 31. — Grúa de servicio empleada en la colocación del tablero metálico del «Appontement de Pouillac»

detalles relativos á los talleres de labrado de piedra (fig. 33), disposición de los planos de montea, etc., así como con lo relativo á la organización de los grandes talleres de carpin-

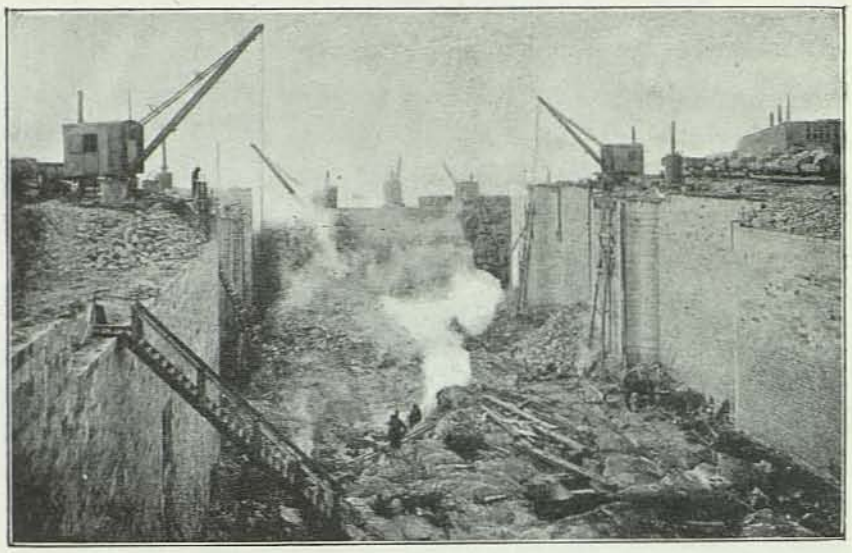


Fig. 32.—Instalaciones mecánicas de los trabajos de entrada del puerto de St.-Nazaire

tería y calderería armada, en los cuales, como es sabido, rige estrictamente el principio de la división del trabajo, en-

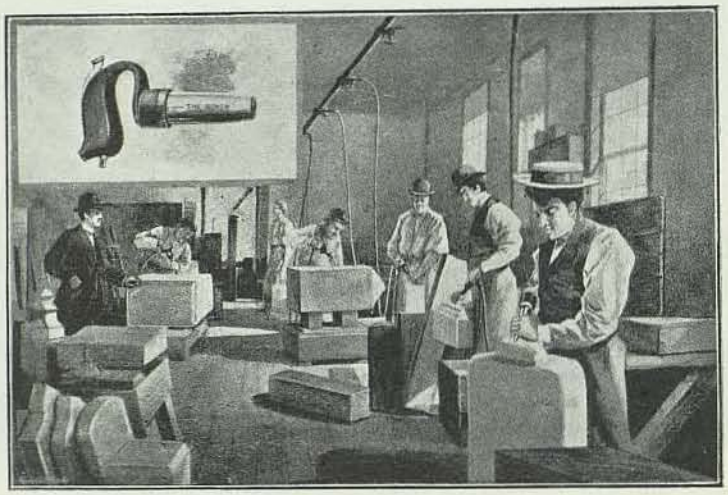


Fig 33. - Disposición de un taller moderno de labrado de piedras con martillo Boyer

contrándose, por ejemplo, en la carpintería de taller, claramente deslindados los principales órdenes de operaciones

que ejecuta, cuales son: taller de dibujo (despiezos), taller de preparación de piezas (aserradas y molduradas) y taller de ajuste (ensambladuras y montaje).

Las anteriores notas no hacen más que enumerar alguno de los conceptos inherentes á la organización de los trabajos de construcciones; éstos en su totalidad son extensísimos y su conocimiento general deberá completarse con la exposición de algunos ejemplos que infundan en el espíritu del alumno clara impresión de la transcendencia que alcanza tan fundamental estudio del ramo de la Ingeniería de obras.

Fundaciones y obras en el subsuelo

Indudablemente, el problema de las fundaciones en toda obra ú edificio tiene un extraordinario interés y ofrece en la actualidad una de las cuestiones más transcendentales del arte de la construcción; sería superfluo el exponer siquiera razones que abonasen este aserto. Es, en verdad, singular que las construcciones primitivas, cuyo análisis revela, generalmente, no sólo una experta y atenta mano, sino un prodigioso instinto de estática, estén negligentemente descuidadas en lo que atañe á la parte inferior de su rasante del suelo. Los mismos estatúmenes góticos de más sorprendente estructura, suelen encontrarse faltos de base por la mala solución de sus fundaciones.

Achácase ordinariamente este defecto al instinto de los constructores por hacer resaltar el trabajo visto y regatear la mano de obra y el material á las partes ocultas ó enterradas en el subsuelo, pero nosotros creemos que la verdadera causa del descuido de las fundaciones está en el desconocimiento de la mecánica del suelo, ó mejor dicho, en no haber parado mientes en la verdadera forma de trabajo y reacción del terreno en general. Hoy este problema mecánico se siente con una intensidad grande entre los construc-

tores avezados y constituye una faz esencialmente nueva en la ciencia de la construcción; considérase al terreno como un elemento de apoyo de la obra, dotado de una resistencia cuyos límites están extraordinariamente separados, desde la que ofrecen los suelos de roca de más espesor y dureza, hasta la ofrecida por los terrenos más turbosos y flúidos, de manera que dentro de esta gran escala de resistencias encontramos el problema de la fundación planteado en términos variadísimos: desde aquel en que el coeficiente de resistencia del terreno es extraordinariamente superior al de los materiales de la obra, en cuyo caso se aplastará la obra antes de ceder el terreno, hasta aquel en que la flúidez de la base exija, para el equilibrio del edificio, resolver cumplidamente un problema de verdadera flotación.

Las reacciones del terreno, constituyen en todo caso para la obra, otras tantas cargas y esfuerzos que es preciso ver y calcular, para dirigir los centros de presión á los sitios convenientes y asegurar así la mecánica del edificio. Este último aspecto del problema es lo que da lugar á los ingeniosos procedimientos de fundar por medio de bóvedas invertidas, de plataformas en cemento armado, de atirantados subterráneos, etc., etc.

Tiene, pues, un aspecto mecánico interesantísimo y moderno, como decíamos, el problema de las fundaciones, y este aspecto se acrecienta si consideramos que las necesidades de nuestro comercio é industria, obligan diariamente á utilizar con mayor resultado el espacio que ocupa el macizo subsuelo, ahuecándolo ó vaciándolo con más frecuencia, en vista de la fuente de ventajas y riquezas que rinde hoy el metro cúbico de espacio. Esta utilización del subsuelo, en las grandes ciudades (fig. 34) y en otros parajes también, exige el resolver problemas cuya índole está íntimamente relacionada con la de las fundaciones.

La verdadera Ingeniería de obras, podríamos convenir en que radica en el subsuelo y bajo el agua; es, pues, preciso

que el profesor conceda en este curso su justa y reconocida importancia al problema de las fundaciones.

La primera base de este problema está en el conocimiento de los terrenos; por consiguiente, deberáse en un principio explicar la clasificación y caracteres de éstos, entrando inmediatamente en el estudio de sus cualidades y diversos procedimientos de reconocer el terreno, en especial los de sondaje. — Antes de proceder á la descripción de los distintos métodos de fundar y cimentar las obras, será conveniente inculcar profundamente á los alumnos, la verdadera esencia mecánica de toda fundación, facilitando, al efecto, cuantos datos sean necesarios relativos á resistencias de terrenos de todas clases, y revistando los sistemas usualmente seguidos para la averiguación de los distintos coeficientes de carga á que se pueden someter aquéllos.

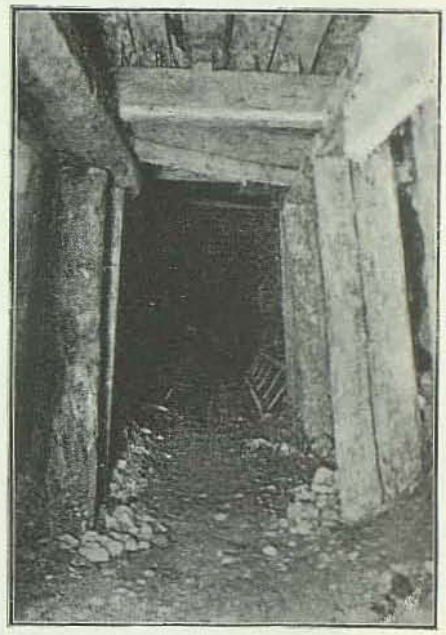


Fig. 34.— Galería de avance de los trabajos subterráneos del Metropolitano de París

Los métodos de fundación podránse dividir, para su ordenado estudio, en ordinarios é hidráulicos, explicando en los primeros los diversos procedimientos empleados en todas clases de terreno natural, y comprendiendo en el grupo de hidráulicos los que son característicos de terrenos aquíferos y los relativos á fundaciones de todo género bajo el agua, con agotamiento y sin agotamiento, procedimientos que darán lugar á un complejo y notable estudio de ataguías y cajones, pero más principalmente á una serie de disertaciones sobre el maravilloso procedimiento por el aire compri-

mido (fig. 35), á cuyo fecundo principio débense exclusivamente las gigantescas obras de nuestra hidráulica ingeniería (fig. 36). La aplicación de este procedimiento deberá

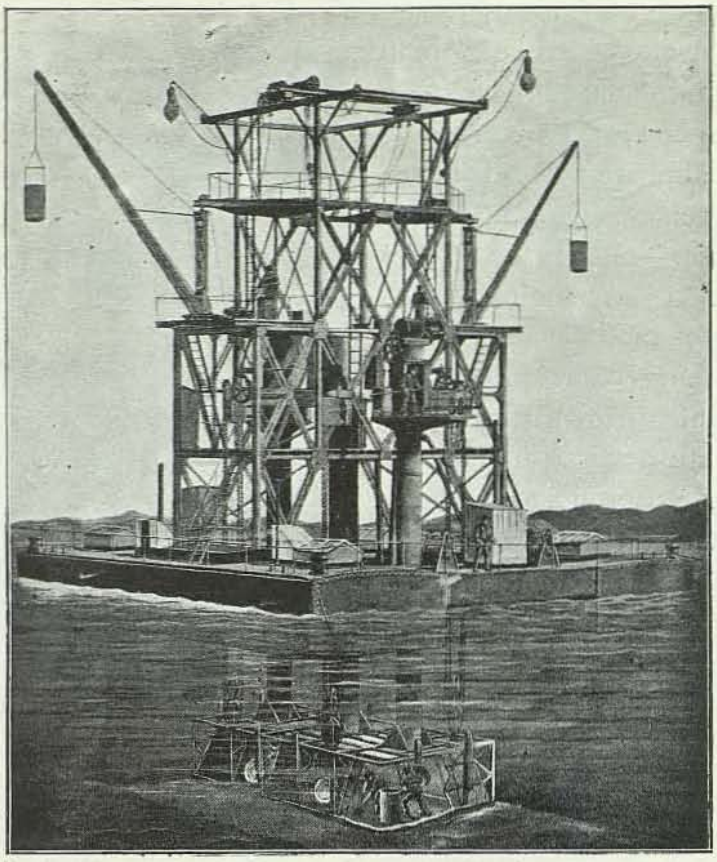


Fig. 35.—Instalación moderna para la aplicación del aire comprimido

asimismo hacerla ver el profesor, en la construcción de todo género de obras practicadas en el subsuelo impregnado de agua.

No queda aún con esto terminado el estudio de las fundaciones, pues amén de algún procedimiento particular, que si bien hoy está en desuso, no deja, sin embargo, de ser ingeniosísimo, como el procedimiento de hinca al vacío, existen