

# REVISTA TECNOLÓGICO-INDUSTRIAL

PUBLICADA POR LA

ASOCIACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES

Barcelona, Febrero, 1912

---

## La mancomunidad provincial y nuestra carrera

---

La feliz iniciativa del digno Presidente de la Diputación Provincial de Barcelona, proponiendo á las demás provincias catalanas mancomunarse para fines de interés común, ha sido acogida con general aprobación, y es de esperar que dentro de un plazo relativamente breve las Cortes han de sancionar el proyecto, haciéndolo extensivo á otras regiones.

El hecho tiene un aspecto político que no sería oportuno estudiar en esta Revista ni entra por otra parte en nuestros conocimientos y aficiones. Pero al definir las funciones que la mancomunidad se propone desempeñar, por delegación del Estado, se habla de obras públicas y enseñanza técnica, y en el resumen del discurso que un distinguido hombre público catalán pronunció hace poco en Zaragoza, hemos leído que se trataba de la *enseñanza técnica superior*. Y bajo este aspecto sí que es necesario estudiar detenidamente el asunto, todo por lo que afecta en general á nuestra clase, todo lo que á técnica se refiere, como por la triste experiencia adquirida durante la última mitad del siglo pasado, que demuestra que desde el punto de vista de nuestra importancia oficial, los ensayos de descentralización que se han hecho no han sido en general beneficiosos para nuestra clase.

Quizás el orador citado, al hablar de enseñanza técnica superior, no quiso referirse á nuestra carrera y sus similares (arquitectos ó ingenieros de otros ramos), porque se da el caso curioso de que en España el mismo Ministerio de Instrucción Pública denomina Escuelas Superiores de Industrias á simples Escuelas intermedias de Peritos; cuando en los demás paí-



ses estas escuelas se llaman simplemente Escuelas de Artes y Oficios (Arts et Metiers) ó Escuelas técnicas (Technikums, de Suiza y Alemania), reservándose el calificativo de *Superior* para las verdaderas Escuelas de Ingenieros, que en Alemania se llaman «Technische Hochschule», así como en Francia la Escuela de Ingenieros de Minas se llama «Ecole Nationale Superieure des Mines», etc. Lo más probable es que aquella frase abrazaba en la mente del orador los diversos grados de la enseñanza técnica no elemental, comprendiendo por lo tanto la carrera de Ingeniero Industrial y que esta misma ha sido la intención de los que han trazado directamente las bases del proyecto de Mancomunidad Catalana.

Puestas las cosas en este terreno, creemos altamente necesario llamar la atención de nuestros compañeros y poner los puntos sobre las íes, no para rechazar esta intervención, sino para evitar con tiempo que cuando acabamos de conseguir la creación del Cuerpo Nacional de Ingenieros Industriales, el choque entre la corriente burocrática centralista y las aspiraciones regionales mal interpretadas, vengan á aumentar el desbarajuste que sobre nuestras prerrogativas existe y que son sin duda alguna la causa principal de la insignificante fuerza oficial que tenemos:

La explicación sucinta de lo ocurrido desde la creación de la carrera concretará mejor nuestra idea.

La carrera de Ingeniero Industrial fué creada por R. D. de 4 de Septiembre de 1850, como el grado superior de la enseñanza técnica que se dividía en tres partes: Enseñanza elemental que se daba en todos los Institutos de 1.<sup>a</sup> clase (léase de 2.<sup>a</sup> enseñanza), enseñanza de ampliación que se daba en Madrid, Barcelona, Sevilla y Vergara y Enseñanza Superior que se daba solamente en el Real Instituto Industrial creado al efecto y establecido en Madrid. Los títulos que se otorgaban para los tres grados eran respectivamente: Maestros en Artes y Oficios, Ingenieros Industriales de 2.<sup>a</sup> clase é Ingenieros Industriales.

Cinco años más tarde, por R. D. de 20 de Mayo de 1855, se confirmaron y ampliaron estas disposiciones, substituyendo los dos primeros títulos respectivamente por un certificado de aptitud y el título de Aspirante á Ingeniero. Al mismo tiempo, el Real Instituto, único centro donde se daba el título de Ingeniero Industrial, era elevado á la categoría de Centro consultivo del Estado. Según el art. 17 de dicho R. D., correspondía textualmente al Director del Real Instituto Industrial:

1.<sup>o</sup> Informar acerca de las instancias sobre concesión de *privilegios de industria*.

2.<sup>o</sup> Informar acerca de las peticiones sobre certificados de las *marcas y distintivos de las fábricas y talleres industriales*.



3.º Evacuar los demás informes que pida el Gobierno sobre los diversos ramos de la industria y sus establecimientos.

4.º Custodiar y conservar los *tipos y patrones originales de las pesas y medidas*.

5.º Promover y arreglar las exposiciones públicas de la industria española.

Estas atribuciones del Real Instituto ó Escuela central y única superior del ramo por entonces, demuestran los buenos auspicios con que nuestra carrera fué creada, augurándole un porvenir en el terreno oficial que por desgracia no ha tenido efecto, puesto que en la actualidad el Negociado de Patentes de Invención y la mayor parte de servicios anexos á la Dirección General de Industria, Comercio y Trabajo están desempeñados por personal ajeno por completo á nuestra carrera y hasta en muchos casos á toda preparación técnica.

Poco después, al promulgarse la Ley de Instrucción Pública de 1857, se autorizó á las Escuelas intermedias ó de ampliación para establecer la enseñanza completa de la carrera, con tal que los organismos locales que las sostenían costearan los gastos necesarios para que el profesorado y el material de enseñanza reunieran condiciones equivalentes á las que regían para el Real Instituto de Madrid. Al amparo de esta disposición, las Escuelas de Barcelona, Sevilla y Valencia organizaron la enseñanza completa, obteniendo además en 1861 la facultad de admitir los alumnos al ejercicio de Reválida, que hasta entonces estaba reservado á la Escuela central. Los resultados de esta descentralización fueron contraproducentes, sin duda por la falta de ambiente para los estudios técnicos superiores en el país, lo cual no es de extrañar si se considera que aún actualmente en Francia, á pesar de su gran riqueza y desarrollo intelectual, no hay más Escuela superior similar á las nuestras que la Escuela Central de Artes y Manufacturas de París; y en Suiza, á pesar de su sistema federativo, el Politechnikum de Zurich es la única Escuela técnica Superior que por otra parte tiene carácter federal, es decir que está sostenida por la Confederación y no por ninguno de los Cantones.

Sea cual fuere la causa, lo cierto es que tres años después de funcionar en pleno las cuatro escuelas, se cerraron las de Sevilla y Valencia y poco más tarde, en 1867, la de Madrid, quedando únicamente en pie la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona, gracias á la generosidad de la Diputación Provincial, que se ofreció á mantenerla con sólo una subvención, bien exigua, por cierto, del Estado.

Desde 1867 á 1899, ó sea durante 32 años, funcionó la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona como escuela única, y todos sabemos



los brillantes resultados que dió en el terreno de la industria privada, hasta el punto de que de todas partes de España acudían alumnos á cursar la carrera, y no bastando esto, numerosos ingenieros hijos de esta región eran llamados á desempeñar cargos importantes en las fábricas de las demás regiones y en especial del Norte de la Península.

Pero en cambio, al cerrarse el Real Instituto ó Escuela Central de Madrid, los múltiples servicios que se le habían conferido por R. D. de 20 de Mayo de 1855, que no eran precisamente funciones de enseñanza y su calidad de Centro Consultivo del Estado fué á parar á otros organismos, y nuestra importancia oficial, que con tan buenos auspicios había comenzado, recibió un golpe de muerte. Nuestros paisanos, que formaron el núcleo más importante de los ingenieros de aquella época, algunos de los cuales aún viven hoy respetados de todos y ocupando altos cargos en la industria particular, siguiendo la tradición regional de apartarse desdeñosamente de los cargos oficiales, dejaron que en las esferas centralistas nuestra carrera fuese totalmente desconocida, que se nos considerara á lo más como unos distinguidos ingenieros de provincia, muy prácticos, eso sí, muy trabajadores, pero inferiores en cuanto á elevación de conocimientos y facultades para asesorar al Estado á los ingenieros de otros ramos. Y mientras los Ingenieros de Caminos, cuyos méritos no regateamos, han ido ensanchando continuamente su campo de acción oficial; mientras los Ingenieros de Minas han logrado una protección tan decidida como la que se desprende del Reglamento de Policía Minera, nuestra carrera ha sido y sigue siendo hoy, por desgracia, el Puerto de Arrebatacapas, donde han acudido todos cuantos aspiran á mejorar su condición, prestando servicios públicos de carácter industrial, para los cuales no tienen, oficialmente al menos, preparación técnica.

Como consecuencia de este estado de cosas, vemos el Registro de la Propiedad Industrial desempeñado por personas ajenas por completo á la carrera y hasta á la ingeniería, convirtiéndose la concesión de patentes en un simple trámite oficinesco, lo cual da por resultado un semillero de pleitos. Los jurados industriales que deberían juzgar de estos asuntos y en los cuales nuestros compañeros tendrían legítimo y noble empleo, no han sido creados todavía, y en su defecto intervienen los Juzgados ordinarios, alimentando de esta manera una nube de curiales que embrollan los asuntos y llegan muchas veces, á pesar de la intervención de peritos, á resultados absurdos. De una manera análoga, la inspección relativa al cumplimiento de la Ley sobre accidentes del trabajo está desempeñada por personas sin base técnica y por otras que, aunque osten-



tan un título de ingeniero, desconocen en muchos casos la práctica de la industria.

Y no es esto solo, sino que al paso que se invade nuestro terreno, las demás clases se encierran cada día en un recinto más cerrado, y á pesar de no existir deslinde de atribuciones entre los diversos ramos de la Ingeniería, un día hemos de librar una batalla para evitar que en tal ó cual Jefatura de Obras Públicas se nos recuse para la presentación de un aprovechamiento hidráulico; otro día vemos que á pretexto de la Policía Minera, se pretende que los Jefes de Minas de las provincias puedan fiscalizar la aptitud técnica de los ingenieros empleados en empresas metálicas particulares y casi al mismo tiempo, con olvido manifiesto de nuestros estudios químicos, se nos excluye de los Laboratorios municipales encargados de velar por la salubridad pública, admitiendo en cambio á otros titulares de aptitud legal muy discutible.

La misma concesión hecha á los Oficiales de Artillería de nuestro título para ejercer la ingeniería en trabajos particulares, es una prueba más de nuestra debilidad colectiva, y es más grave todavía el reconocimiento que acaba de hacer un alto tribunal de la nación del título de Ingeniero industrial del ejército para obtener ciertos cargos públicos civiles, en los cuales nos creíamos, con motivo, libres de toda competencia.

Esta desconsideración que por todas partes ha tenido que sufrir nuestra clase, se vió una vez más comprobada al crearse la Escuela de Ingenieros Industriales de Bilbao. Sobre este punto nos detendremos un poco, puesto que lo ocurrido en dicha Escuela constituye una enseñanza útil y puede servir de saludable ejemplo para evitar los peligros que nos han inducido á escribir este artículo.

Antes de entrar en materia, hemos de hacer presente que habiendo ocupado el autor de estas líneas un cargo de profesor en la Escuela de Bilbao, se guardará muy bien de cometer indiscreciones, limitándose á relatar hechos de dominio público, la mayor parte de los cuales pueden verse en las mismas Memorias oficiales de dicha Escuela.

La idea de crear en Bilbao una Escuela de Ingenieros, donde se formara personal técnico competente para la dirección de las fábricas y establecimientos industriales, nació en Bilbao á fines del pasado siglo, y después de estudiar el asunto una comisión mixta de la Diputación y el Ayuntamiento, habiéndose comprometido dichas corporaciones á costear respectivamente el 55 'y el 45 por ciento de los gastos que la Escuela ocasionara, sometieron al Gobierno un proyecto de bases que fué aprobado, quedando creada la Escuela por R. D. de 5 de Enero de 1899.

En cualquier otra nación civilizada, estas escuelas creadas para pro-



porcionar técnicos inteligentes de aplicación inmediata á la industria local, suelen prescindir de títulos oficiales ya establecidos; en Francia misma, á pesar de la empleomanía que nuestros vecinos sufren como nosotros mismos, se han creado Escuelas industriales de carácter bastante elevado en Grenoble, en Nancy; en Lille, en Rouen, etc., mantenidas con fondos locales y dedicadas exclusivamente á sus respectivas industrias, sin ocurrirseles recabar títulos equiparables á los de la Escuela Central de Artes y Manufacturas de París, lo cual tiene la ventaja de prescindir de ciertas trabas y poder consagrar todas las energías y todos los recursos al fin esencial de la Escuela, que es el desarrollo de la industria local.

Los organizadores de la Escuela de Bilbao no siguieron este criterio, quizás porque creyeran que el único aliciente para atraer á la juventud estudiosa en España es la posesión de un título superior que goce de ciertas prerrogativas oficiales. Y como el título más semejante al objeto que se proponían y al mismo tiempo la clase más abordable para meterse con ella sin consultarla, eran sin duda nuestro título y nuestra clase; en vez de crearse en Bilbao una Escuela especial de Siderurgia y Construcción mecánica, se echó por la calle de enmedio, adoptando el título de Ingeniero Industrial, para poder disfrutar de los menguados derechos de que este goza; pero menospreciándole al mismo tiempo, desde el momento que para nada se consultó la clase, ni por medio de su Asociación ni por medio de su Escuela única de Barcelona.

Así se explica, que mientras en Barcelona regía un plan de estudios con dos especialidades, la mecánica y la química, en la Escuela de Bilbao se adoptara un plan único, que á pesar de haber sido fuertemente retocado por el Consejo de Instrucción Pública, no equivalía en importancia á los conocimientos que integraban las dos especialidades de Barcelona sumadas. Verdad es que para el ingeniero siderúrgico, que era el que convenía á Bilbao, la mecánica y la química tenían igual importancia, pero habría sido más natural pedir este título y no introducir en nuestra carrera el desbarajuste que supone una diversidad de planes tan absurda. Y es de admirar, y no ciertamente con satisfacción para nuestra clase, el que el Gobierno Central accediese, salvo algunas mejoras en el plan de estudios, á las exigencias de los organizadores de la Escuela de Bilbao, cuando pocos años después, una Escuela de Capataces de Minas, creada en la misma villa, con un plan calcado de la Escuela de Capataces de Huelva, dependiente del Estado, no ha podido conseguir los títulos equivalentes á éste, sólo por no querer sujetarse al mismo régimen, bastando para ello la oposición del Consejo Superior de Minería.



Ha sido necesario para que los planes de las Escuelas se uniformaran, que se crease de nuevo, dos años más tarde, la Escuela Central de Ingenieros Industriales y que en el R. D. de creación se impusiera á las de Barcelona y Bilbao la adopción del nuevo plan de aquella. Esta vez, la Escuela de Bilbao, á pesar de estar ya organizada y en funciones plenas, no ha podido sostener más su independencia de criterio, rayana en anarquía, y por casual coincidencia de los hechos, mientras los profesores de la Escuela discutíamos hasta con apasionamiento nuevos planes de estudios que nos obligara á trazar la Junta de Patronato, ha venido un ministro vascongado, muy amante de su tierra, el Excmo. Sr. D. Manuel Allende Salazar, á imponer la unificación de estudios, que el sentido común y el prestigio de la carrera reclamaban.

Otra cuestión batallona, que ha dado mucho juego en la Escuela de Bilbao, ha sido la cuestión del profesorado. Habiendo tenido la honra de pertenecer á él, nos guardaremos muy bien de hacer apreciaciones personales de ningún género, y ante todo hemos de expresar nuestro agradecimiento á la Junta que nos nombró y distinguió durante nuestra permanencia en la Escuela, así como nuestra simpatía á los compañeros. La gratitud no excluye, sin embargo, la verdad, y esta se nos impone para afirmar que, á pesar de la buena voluntad que reconocemos en los dignos vocales del Patronato de la Escuela de Bilbao, su empeño de romper los viejos moldes no ha hecho más que crear una serie de conflictos, llegando por caminos tortuosos á resultados comparables, pero no superiores á los que han obtenido las demás Escuelas, sin conflicto de ningún género.

Desde la creación de la Escuela, la Junta de Patronato, en la cual, dicho sea de paso, sólo figuraba un ingeniero industrial con título nacional, puso manifiesto empeño en nombrar ella misma el profesorado. No lo consiguió de momento, logrando sólo que se admitiera como profesores á ingenieros de todos los ramos y Doctores en Ciencias, medida que juzgaríamos muy acertada si hubiese justa reciprocidad, pero que es depresiva; no habiéndola. Para zafarse de la obligación de que estos nombramientos se hicieran por el Ministro de Fomento, previa oposición en Madrid, pensó la Junta de Patronato que podía ir pasando con profesores interinos que ella misma propondría, pero el resultado fué durante dos años una serie interminable de dimisiones y cambios de personal docente, que no podía compaginarse con una organización formal de los estudios. Obtenida por fin en 1900 por la Junta de Patronato la facultad de nombrar ella misma los Profesores definitivos, sin que se le señalara más limitación que el estar en posesión de los mencionados títulos y el



V.º B.º del Ministro de Instrucción Pública, decidieron hacer un *tour de force*, y coincidiendo esta nueva facultad con la fiebre de oro que en aquella época se desarrolló en Bilbao, decidió la Junta sacar á concurso la Dirección y cuatro plazas de Profesor, con sueldos espléndidos, hasta entonces desconocidos en nuestras escuelas. A pesar de esto, si se exceptúa la plaza de Director, dotada con 15000 ptas. ó 20000, si al mismo tiempo daba cátedra, las demás no fueron solicitadas por el número de aspirantes que tenemos la seguridad de que habrían concurrido á plazas igualmente retribuidas por el Estado. Proveyéronse, sin embargo, y es justo reconocer que, salvando nuestra persona, la Junta procedió con verdadera escrupulosidad, tomando informes privados de los concursantes, asegurándose de la importancia efectiva de sus certificados y consiguiendo reunir un núcleo de ingenieros distinguidos y prácticos, á los cuales se encargó, no sólo la enseñanza, sino además la organización de la Escuela.

Poco después de haberse provisto las plazas, dimitieron colectivamente los Profesores interinos y hubo que reemplazarlos á toda prisa, recurriendo casi por favor á algunos ingenieros de la localidad, que salvaron la enseñanza hasta terminar el curso. Entre tanto, siguiendo un plan algo raro, pero metódico al fin, ocupóse la Junta en proveer las restantes plazas de profesor, organizando al efecto unas oposiciones, cuyos tribunales formaron con el Director y profesores que entraron por concurso y los vocales de la Junta que tenían carácter técnico. De las ocho plazas á proveer se cubrieron solamente cuatro, después de brillantes ejercicios y cuando parecía natural convocar con tiempo nuevas oposiciones para las cátedras desiertas, por uno de estos movimientos de impaciencia propios de las personas no sujetas á un régimen, se acordó proveer dichas cátedras por nombramiento directo, dándose el caso curioso de que un distinguido compañero nuestro, que por un exceso de delicadeza se retiró en las oposiciones, después de un ejercicio algo descuidado, pudo ver como otro titular, muy digno, sin duda, pero que sólo había demostrado su valer, quedando en segundo lugar en otra cátedra muy distinta de la primera, se la llevaba directamente, sin esperar siquiera á que una interinidad saludable, sancionara sus aptitudes para el cargo. Y no fué esto lo peor, sino que como en estos nombramientos se hacía intervenir al director y á los profesores nombrados por concurso y los juicios contradictorios sobre personas sin pruebas palpables resultan muchas veces molestos, surgieron bien pronto rozamientos, que se exteriorizaron poco después en una polémica periodística, dando por consecuencia la salida



del Director y uno de los profesores, que dimitieron su cargo al año de haber entrado á ocuparlos.

Cubiertas las vacantes, acudiendo al personal auxiliar de la misma escuela y nombrado nuevo Director; empezó una era de relativa estabilidad, sólo turbada por la dimisión escalonada de varios profesores, que por lo mismo que consideraban su cátedra como un cargo privado, no se preocuparon gran cosa de los derechos que les hubiera dado un cargo análogo al servicio del Estado. Pareció entonces que la Junta de Patronato quería adoptar de nuevo un criterio estable; recurriendo al concurso ó á la oposición para la provisión de cátedras, y así se hizo, con muy buen éxito, por cierto, en dos casos seguidos, pero poco después ocurrió un hecho que no dejó muy bien parada la seriedad de la Junta de Patronato.

El hecho no es nuevo para los lectores de esta Revista, puesto que nos ocupamos de él en Junio de 1909. Se trataba de proveer una cátedra, y se anunciaron oposiciones en forma tal, que de la convocatoria se desprendía que la plaza sería para aquél á quien propusiera el tribunal calificador nombrado por el mismo Patronato. De los cinco vocales que componían el tribunal, un opositor obtuvo tres votos, entre ellos el del Presidente, que era patrono, y el otro dos; sin que nada hubiese en los ejercicios que implicase vicio de nulidad. Pero el Patronato, sin cumplidos de ninguna clase, sin tratar siquiera de revisar ó de ampliar los ejercicios, resolvió nombrar por diez votos contra dos y una abstención al candidato de minoría. Hagamos constar, en honor de la carrera y de la ingeniería en general, que la abstención fué de un distinguido compañero nuestro y los votos contrarios de dos ingenieros de Caminos, el Jefe de Obras Públicas y el de las Obras del Puerto, que según el R. D. de creación de aquella escuela son vocales natos de la Junta y representan al Gobierno central. Afortunadamente para los fueros de la justicia, el opositor propuesto y rechazado no se conformó y acudió al Tribunal Supremo, ganando un recurso contencioso que obligó á la Junta á darle posesión de su cargo.

Salvo este lunar, que probablemente habrá servido á la Junta para proceder en adelante con más escrupulosidad, hay que consignar con satisfacción que la Escuela de Bilbao funciona desde hace algunos años con perfecta regularidad y que si no supera á las otras, en términos generales tampoco desmerece de ellas. Pero es digno de llamar la atención el que para llegar á este resultado haya sido preciso pasar por una serie de dificultades que no habrían existido de haber adoptado desde un principio el mismo plan de estudios y el mismo criterio para la provisión de



cátedras que las demás escuelas. Porque á pesar de los mayores sueldos, el desfile de directores (cinco de 1899 á 1912); y aún de profesores, ha sido más considerable que en cualquier otro centro docente, sin que pueda alegarse en disculpa de ello que el personal sustituido lo haya sido por deficiencia suya, sino por estar dotado del mismo espíritu independiente de que alardeaba el Patronato. El mismo personal actual, de indiscutibles méritos, ha adquirido una estabilidad de hecho que le dan la convicción práctica de que en una Escuela superior no se puede cambiar de profesores como una fábrica cambia de ingenieros. Y además, la Junta ha rectificado su criterio primitivo, unificando los sueldos en sentido descendente y concediendo en cambio quinquenios como el Estado.

Al escribir lo que antecede, no pretendemos afirmar que la forma de provisión de cátedras que emplea el Estado sea inmejorable, pero siempre resulta más práctico que el empleo de un sistema arbitrario.

Por otra parte, todos estos conatos de independencia, han creado á la Escuela de Bilbao una hostilidad manifiesta, la cual hemos tenido ocasión de notar, hasta en aquellos alumnos de ella que no están saturados de espíritu local, y consecuencia de ello ha sido la exclusión hecha en el Reglamento de las Escuelas de Madrid y Barcelona de 1907, de los alumnos de dicha Escuela para optar á sus cátedras. Esta represalia es un poco dura, pero es justa compensación á la existencia en Bilbao de un Reglamento especial que les permite á su vez excluir á cualquiera del profesorado, puesto que no deben sujetarse á reglas determinadas para su nombramiento.

No se crea, sin embargo, que seamos partidarios de una absoluta unificación de Reglamentos para las Escuelas, que haga imposible siquiera la más mínima intervención de las entidades locales que mantienen escuelas distintas de la Central. Esta cuestión fué tratada hasta con apasionamiento en la Asamblea de Ingenieros Industriales celebrada en Madrid en Noviembre de 1909. Allí, al discutirse el Proyecto de Reglamento del Cuerpo Nacional de Ingenieros Industriales, hoy ya creado, que ha de ser la base de nuestra resurrección oficial, nos opusimos con energía á que prosperara un artículo en el cual se establecía que sólo tendrían derecho á formar parte del Cuerpo los alumnos salidos de aquellas Escuelas que tuvieran el mismo Reglamento que la Escuela Central de Ingenieros Industriales. La cuestión se solucionó con la presentación de una enmienda que tuvimos el honor de ver aceptada y que concretaba el criterio de la mayor parte, por no decir todos los asambleístas de Barcelona. La enmienda consistía en sustituir «el mismo Reglamento» por «el mismo plan de estudios y la misma forma de proveer las cátedras».



Si mañana es un hecho la mancomunidad catalana, y bajo esta base se trata de obtener del Estado la delegación de poderes para encargarse de la verdadera Enseñanza técnica superior, entendemos que es absolutamente necesario que se dejen inamovibles aquellos dos puntos. Discútese en buen hora cuál ha de ser el plan más adecuado; recábase cierta libertad para que en cada región puedan encauzarse los estudios tecnológicos hacia las industrias más importantes en ella, pero que todos los que ostenten el título de ingeniero industrial puedan declararse equivalentes en cuanto á suficiencia técnica fundamental. Y lo mismo decimos de los profesores, puesto que la diversidad de procedimientos y la independencia completa de las escuelas en este terreno sólo puede servir para alimentar desconfianzas y antagonismos.

De no hacerlo así, aunque consideremos de momento como un triunfo regional una concesión más amplia, la importancia oficial de nuestro título saldría rudamente perjudicada, y los que residimos en provincias correríamos el peligro de que algún día la Escuela Central recabe para sí al exclusiva para dar ingenieros industriales al Estado.

El ejemplo de Suiza, que ha reunido en una sola Escuela Federal todas las carreras de ingeniero, es muy significativo, aunque aquel país sea mucho menos extenso que el nuestro, porque revela el criterio aceptado por los legisladores de aquella confederación, de que en la enseñanza superior técnica de un país no hay que desperdigar fuerzas y que no es abdicar de la personalidad local, el aceptar en ciertos casos el principio aplicable á nuestra clase, de que «La unión hace la fuerza.»

31 Enero 1912.

JOSÉ SERRAT Y BONASTRE.

---



## La resistencia de los cilindros huecos de paredes gruesas sometidos á presiones internas

por GILBERT COOK y ANDREW ROBERTSON, M. Sc.

Traducción de «The Engineering».

La resistencia de los cilindros huecos de paredes gruesas, sometidos á presión interior, no ha sido objeto de muchas investigaciones experimentales, aunque existen algunos datos útiles relativos al hierro fundido y á diversas aleaciones.

La teoría matemática corriente, tal como está desarrollada por Lamé, ha sido considerada, careciendo de comprobación experimental, como dando exactamente los esfuerzos que se desarrollan en un material perfectamente elástico. La necesidad de la experimentación se hace sentir porque si se emplea la fórmula usual derivada de la teoría de Lamé para el cálculo de la presión que da lugar á la carga límite de elasticidad en la superficie interna, se considera que solo la fatiga máxima principal determina este límite y recientemente se ha comprobado que esto es erróneo para ciertos materiales sometidos á condiciones determinadas.

En la superficie interior de un cilindro hueco, cerrado por sus extremos y sometido á una presión interna  $p$ , existen tres esfuerzos principales; á saber:

1. Una tensión circunferencial  $Q$ .
2. Una compresión radial  $P$ .
3. Una tensión longitudinal  $R$ .

Según la teoría de Lamé

$$Q = p \frac{d_1^2 + d_0^2}{d_1^2 - d_0^2} = p \frac{k^2 + 1}{k^2 - 1} \quad (1)$$

siendo  $d_1$  y  $d_0$  los diámetros exterior é interior y  $k = \frac{d_1}{d_0}$ .



Es evidente asimismo que  $P = p$

y 
$$R = p \frac{d_o^3}{d_1^2 - d_o^2} = p \frac{1}{k^2 - 1}.$$

La ruptura de los materiales sometidos á esfuerzos combinados se explica por tres hipótesis distintas que conviene consignar á continuación:

a) La teoría del trabajo principal máximo, en la cual se considera que se alcanza el límite de elasticidad cuando el trabajo principal máximo alcanza cierto valor específico.

b) La teoría de la carga máxima, conocida por teoría de St. Venant, en la cual se parte del principio de que la ruptura sobreviene cuando la carga máxima alcanza cierto valor.

c) La teoría del esfuerzo cortante máximo en la cual se considera al esfuerzo cortante como el factor que determina el límite elástico. Esta teoría, anunciada primeramente por J. J. Guest, es conocida por teoría de la ruptura elástica de Guest.

En estos últimos años ha habido mucha discusión y se han hecho muchas investigaciones sobre las condiciones de trabajo del material en las cuales se aplican estas hipótesis. Para el caso de materiales quebradizos como, por ejemplo, en el caso de hierro colado, se acepta generalmente que es aplicable la primera hipótesis. Para un cilindro hueco de fundición, por lo tanto, la presión teórica para la cual debe tener lugar la ruptura viene dada, considerando una elasticidad perfecta, por la ecuación

$$\frac{p}{f} = \frac{k^2 - 1}{k^2 + 1} \quad (2)$$

siendo  $f$  la carga de ruptura por tensión simple.

Las investigaciones recientes á que nos referimos más arriba han probado, sin embargo, que la hipótesis del trabajo principal máximo no puede aplicarse en el caso de materiales dúctiles y particularmente del acero dulce. Por otra parte parece haberse demostrado definitivamente que en ciertos casos, en todas condiciones, el límite elástico está determinado por el valor del esfuerzo cortante máximo.

En el caso del cilindro que estudiamos, los planos según los cuales se desarrolla el máximo esfuerzo cortante son paralelos al eje y



están inclinados á 45° respecto del radio de un punto cualquiera. El valor del máximo esfuerzo cortante en la superficie interna está dado por

$$\frac{1}{2} (P + Q) = p \frac{d_1^2}{d_1^2 - d_0^2} = p \frac{k^2}{k^2 - 1}.$$

Si llamamos  $f$  la carga límite de elasticidad por tensión simple, la máxima carga correspondiente al límite de elasticidad por esfuerzo cortante, será  $\frac{1}{2} f$  y por lo tanto la deformación permanente tendrá lugar en la superficie interior del cilindro cuando se tenga

$$\frac{f}{2} = p \frac{k^2}{k^2 - 1} \quad \text{ó bien} \quad \frac{p}{f} = \frac{k^2 - 1}{2 k^2}. \quad (3)$$

Puesto que  $k$  debe ser siempre mayor que la unidad, el valor de  $p/f$  dado por la fórmula (3) será siempre menor que el dado por la fórmula (2). Cuando  $k$ , relación del diámetro exterior al interior aumenta, la relación de los dos valores de  $p/f$ , según que se considere que el material ha de ceder por esfuerzo cortante ó por su fatiga principal máxima, se aproxima al límite  $\frac{1}{2}$ .

Finalmente, puede deducirse fácilmente que la teoría de la carga principal máxima conduce para  $p/f$  en el momento de la deformación permanente al valor

$$\frac{p}{f} = \frac{4 (k^2 - 1)}{5 k^2 + 2} \quad (4)$$

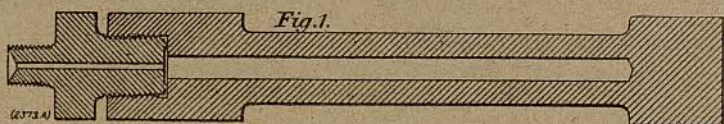
El valor límite de  $p/f$  dado por esta fórmula, cuando  $k$  es grande, es cuatro quintos del valor dado por la fórmula (2).

Así es que la presión que origina la deformación permanente de un cilindro de paredes gruesas corresponde á un criterio que debe estar entre las tres teorías citadas, y por lo tanto la experimentación directa es de gran importancia.

El número de pruebas hecho por los autores fué de 35. De estas ocho fueron hechas con cilindros de hierro colado y el resto con cilindros de acero dulce cuidadosamente recocido. Los cilindros eran todos de la forma representada en sección en la figura 1.



En el caso del hierro colado, estos cilindros fueron torneados y taladrados, partiendo de una pieza fundida maciza; para el acero dulce se sacaron de una barra laminada maciza de  $57 \text{ m/m}$  de diámetro. Uno de los extremos se dejó macizo y en el otro el agujero central se ensanchó y roscó con rosca de gas de  $1''$ , formando un hueco en el cual se encajó un tapón roscado de acero dulce, provisto en un extremo de un anillo de asiento, que formaba con el fondo del hueco del cilindro una junta de metal sobre metal, que resultó ser perfectamen-



te estancia á las mayores presiones usadas en las experiencias; ó sea unos  $2400 \text{ kg. por cm}^2$ . El tapón fué á su vez taladrado con un agujero de  $3 \text{ m/m}$  de diámetro y enlazado con una bomba de alta presión construida hace años bajo el proyecto del Profesor J. E. Petavel. Por medio de esta bomba puede producirse una presión de unas  $3000$  atmósferas y mantenerse durante un tiempo indefinido, midiéndose estas presiones por medio de un manómetro tipo.

*Cilindros de hierro colado.*—En este material la carga de ruptura coincide con la carga límite de elasticidad. Los resultados obtenidos están consignados en el cuadro 1. Las relaciones del diámetro exterior al interior varían desde  $1,30$  á  $2,96$  y la resistencia á la tracción del material, obtenida con barretas cortadas de las paredes de los cilindros rotos y comprobados en una máquina de probar, constan en la quinta columna. En las columnas sexta y séptima constan las presiones que determinará la ruptura y las calculadas teóricamente según la fórmula (2). En las dos últimas columnas se consignan los valores reales y teóricos de  $p/f$ . Estos valores están además representados en la fig. 2, cuyas ordenadas son los valores de  $p/f$  referidos á diferentes valores de  $k$ . Es de notar que los valores obtenidos coinciden con los que da la fórmula (2), y bajo este punto de vista, los resultados confirman los obtenidos por anteriores experimentadores.



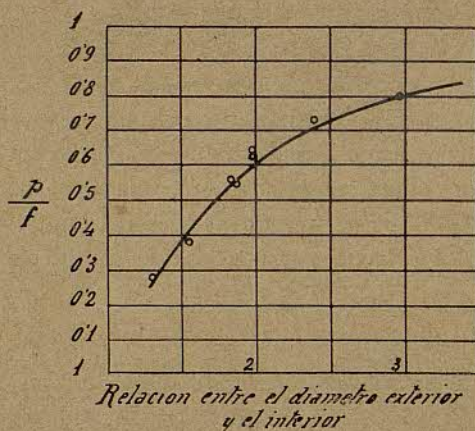


Fig. 2.—Cilindros de hierro colado.

CUADRO I

*Resultado de las pruebas efectuadas con cilindros de hierro colado (\*)*

N.º de la prueba	Díámetro exterior	Díámetro interior	Relación de diámetros k	Resistencia a la tracción f	Presión de ruptura p	Presión teórica de ruptura	Valor obtenido para p : f	Valor teórico de p : f (form. (2))
	mm.	mm.		kg. p. cm <sup>2</sup>	kg. p. cm <sup>2</sup>	kg. p. cm <sup>2</sup>		
1	23,78	22,17	1,30	1300	350	330	0,272	0,256
2	36,07	23,44	1,54	1700	660	700	0,388	0,406
3	35,31	19,18	1,83	1650	910	900	0,552	0,540
4	43,43	23,42	1,85	1900	1020	1040	0,540	0,550
5	39,65	20,14	1,97	1700	1060	1000	0,623	0,590
6	37,46	19,05	1,97	1750	1150	1030	0,665	0,590
7	38,51	16,15	2,40	1850	1350	1320	0,720	0,704
8	47,50	16,00	2,96	1750	1220	1210	0,802	0,796

*Acero dulce.*— Con objeto de determinar si la deformación permanente tiene lugar en la superficie interna, el único procedimiento que pareció factible fué medir las extensiones elásticas de la superficie externa. Mientras todos los esfuerzos se conservan por debajo del límite de elasticidad, la extensión elástica de cualquier parte del cilindro es

(\*) Al reducir las medidas inglesas del trabajo original á métricas, tanto en éste como en los demás cuadros, se ha procedido con rigurosa exactitud en las dimensiones, pero en las cargas unitarias sólo con aproximación suficiente para dar idea de los resultados.



directamente proporcional á la presión interna. Pero cuando tiene lugar una deformación permanente en la superficie interna, deja de existir aquella proporcionalidad, obedeciendo á la nueva distribución de trabajo que debe tener lugar evidentemente. Si se representan las extensiones diametrales referidas á las presiones, la curva representativa se desvía bruscamente en este punto, á pesar de que la parte exterior del cilindro donde se miden las extensiones trabaje por debajo del límite de elasticidad. En las primeras etapas del trabajo era suficientemente preciso observar la extensión diametral por medio de un diafragma, cuya compresión producía el movimiento de un líquido en un tubo capilar, proporcional al aumento de la compresión; esto es, el aumento del diámetro del cilindro. Pero pronto se presentaron

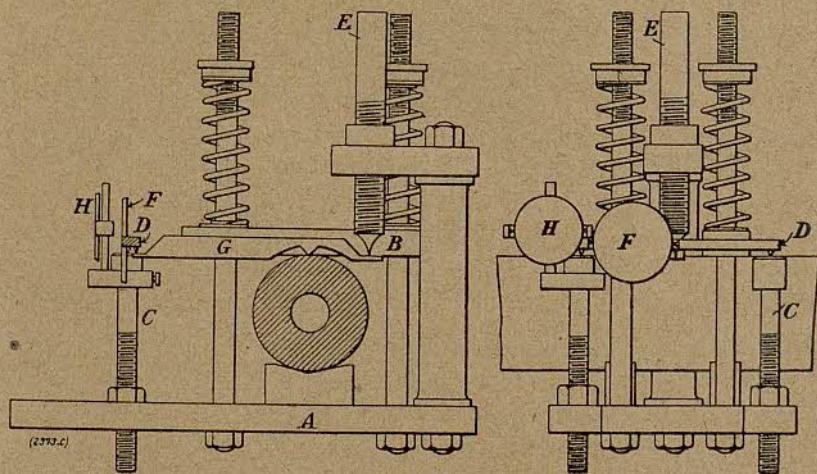


Fig. 3.—Extensómetro.

grandes dificultades debidas á la pequeña escala de las lecturas obtenidas y los trabajos siguientes demostraron que la deformación permanente empieza antes de lo que se había observado cuando se dió un avance de estas experiencias en la reunión de la «British Association» en Sheffield. Los experimentos allí descritos habían sido hechos con acero sin recocer.

La fig. 3 representa esquemáticamente el extensómetro empleado en los trabajos actuales. Consiste en una placa A provista de piezas en V de acero duro apretadas contra el cilindro por medio de largos



resortes en espiral que insisten sobre las barras transversales B. La placa está provista de tornillos C con extremos de acero endurecido sobre los cuales descansan las puntas de acero de un trípode D. La placa lleva también una columna á la cual se fija el tornillo E. El trípode lleva un espejo F y la tercera punta de acero descansa sobre el extremo de una palanca G la cual á su vez descansa por medio de una cuchilla sobre el cilindro y su otro extremo apoya contra el extremo en punta del tornillo E.

La extensión diametral del cilindro hace oscilar el espejo y la imagen de una escala milimétrica colocada á  $3^m,048$  del espejo era leída, con la ayuda de un poderoso anteojo provisto de alambres transversales. El instrumento era soportado completamente por el cilindro, el cual estaba sostenido por un extremo en un porta-tubos asegurado sobre una mesa rígida y libre por lo tanto de otros esfuerzos. Un segundo espejo H, unido de una manera rígida á uno de los tornillos C, permiten conocer cualquier movimiento angular del conjunto del aparato. La diferencia de lecturas multiplicada por una constante que depende de las dimensiones de la palanca y del trípode y de la distancia de la escala, daban la extensión real del cilindro.

Una diferencia de un milímetro en la escala de lectura, correspondía, según el cálculo, á una extensión diametral de una diezmilésima de milímetro. El anteojo empleado era suficiente potente para leer con facilidad hasta una décima de milímetro, de modo que podía observarse una diferencia de una cienmilésima de milímetro, y por lo tanto las mediciones hasta veinticinco millonésimas (una millonésima de pulgada) pudieron hacerse sin dificultad.

La manera de llevar las pruebas fué la siguiente: Los cilindros, después de haber sido torneados y taladrados, eran cuidadosamente recocidos y de nuevo pulidos y unidos á la bomba. El extensómetro se fijaba al cilindro y se subía lentamente la presión, leyendo á intervalos de 50 atmósferas. La figura 4 da los diagramas típicos que demuestran la relación de la presión á la extensión para cuatro cilindros distintos. Es de notar que el punto donde empieza la deformación permanente es muy marcado, hasta en el caso del cilindro más grueso, para el cual la relación del diámetro exterior con el interior era de 3,66. La sensibilidad del extensómetro queda demostrada por el hecho de que en este cilindro, cuando empezó la deformación perma-



nente, el trabajo del material en la superficie exterior era solamente de 1,5 kgs. por  $m^2$ .

*Límite elástico del material.*—El trabajo máximo principal del cilindro actúa naturalmente en dirección perpendicular á su longitud, y por lo tanto á la dirección del laminado. Con objeto de eliminar cualquier error posible, debido á la diferencia de la carga límite de elasticidad, según que el esfuerzo esté aplicado á lo largo ó á través de

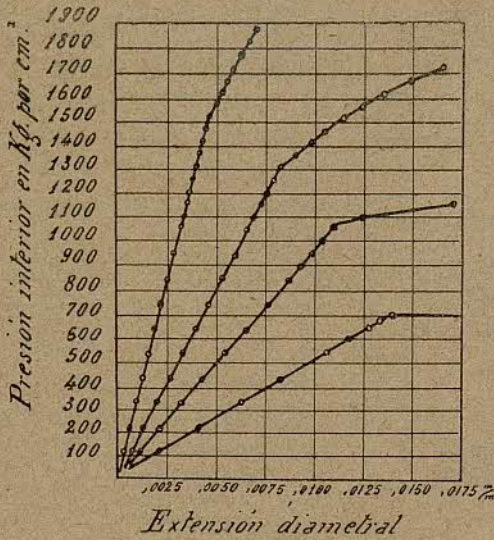


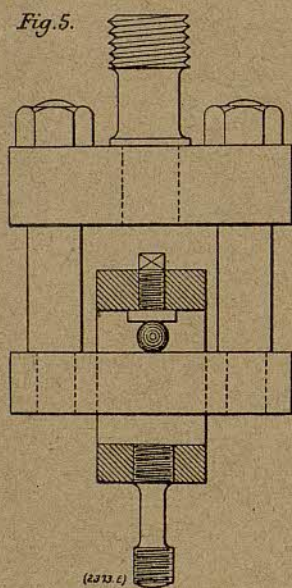
Fig. 4—Relación entre la presión interior y la extensión diametral.

las fibras, se decidió cortar todas las barretas de ensayo de manera que sus ejes estuviesen en ángulo recto con la dirección del laminado. Para ello se tomaron del extremo macizo del cilindro, del cual se cortó suficiente material para sacar tres ó cuatro barretas. Cada una de estas se torneó á un diámetro de 9,5  $m/m$  en una longitud de 25,4  $m/m$  y los extremos se roscaron con rosca de gas de  $\frac{3}{8}$ ".

Para determinar cuidadosamente el límite de elasticidad, era esencial determinar la deformación elástica. La longitud excesivamente corta de las barretas excluía por otra parte los extensómetros empleados en el laboratorio; pero fué posible medir las deformaciones por medio de un aparato sencillo, cuyo principio es el mismo del extensómetro de Martens. Una pequeña barra de acero provista en un extremo de dos puntas agudas, era apretada contra la barreta por



medio de un resorte ligero. En el otro extremo, una pequeña pieza oscilante provista de tres puntas, dos de las cuales estaban en contacto con la barreta y la tercera con la barra de acero, era soportada por fricción. A esta pieza oscilante se sujetaba un espejo, el cual al alargarse la barreta, giraba de un ángulo directamente proporcional al alargamiento, midiéndose este del mismo modo descrito para los cilindros, por medio de un anteojo y una escala.



Para asegurarse de que la carga de la barreta estaba lo más centrada posible, se dispusieron dos mordazas, una de las cuales está representada en la figura 5. Consiste en un bloque hueco de acero dulce, á uno de cuyos extremos se roscó la barreta. En el otro se fijó un disco de acero duro, provisto en su centro de una depresión esférica, cuyo eje coincide exactamente con el de un agujero en el cual se roscó la barreta. La carga es transmitida por medio de una esfera de acero de 13 m/m de diámetro, que aprieta contra la circunferencia de la depresión esférica y á su vez apoya contra una pieza transversal de acero duro pulido, unida por medio de tornillos á una de las piezas de la máquina de probar. La desviación del eje de

la carga del de la barreta resulta ser muy ligera, no pasando de 0,05 m/m.

El trabajo del material al iniciarse la deformación rápida, que en todos los casos coincidió con el límite de elasticidad, resultó variar de 24,5 á 26 kgs. por m/m<sup>2</sup>; la rotura tuvo lugar súbitamente. El valor medio para cada serie de cilindros cortados de una misma barra fué tomado como el límite de elasticidad usado en los cálculos. En la figura 6 se han representado los diagramas de carga típicos de las barretas.

*Efecto de los extremos del cilindro.*—Desde el principio del trabajo se sospechó que los extremos del cilindro, uno de los cuales era macizo, tenían un efecto resistente considerable, y que la presión á la



cual la superficie interior empezara á ceder, debía aumentar en consecuencia. Este punto pareció bastante importante para determinar la extensión de la influencia de los extremos, y con este objeto se prepararon cilindros del mismo diámetro exterior é interior; á saber: 28,6 y 16 m/m, pero con longitudes de 51, 108, 171 y 228 m/m. El cuadro II da los resultados de los ensayos de estos cilindros y la concordancia de la presión que determinó la deformación permanente es nota-

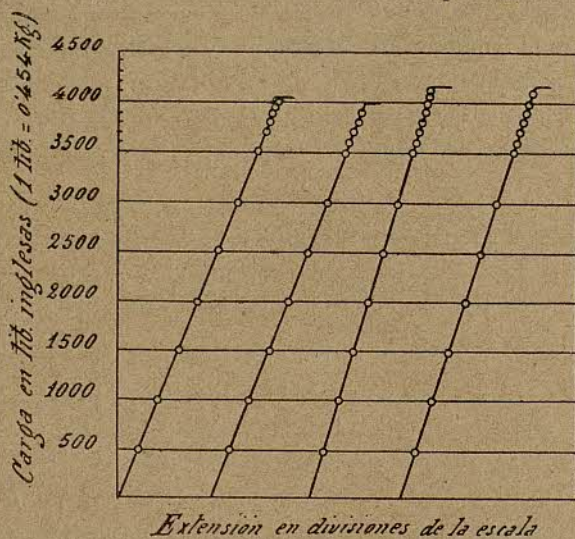


Fig. 6

ble. Es evidente que el efecto del extremo no se extiende más que á una corta distancia y por lo tanto resulta muy interesante determinar donde existe este límite. Con este objeto, el cilindro de 171 m/m de longitud fué recocido y el extensómetro se modificó de manera que pudiera fijarse para medir la extensión diametral en cualquier punto de la longitud del cilindro. La extensión causada por una presión de 600 atmósferas, fué observada en varios puntos y los resultados interpretados gráficamente, dando la curva de la figura 7, en la cual las abscisas representan las distancias á un extremo, correspondiendo la extrema derecha al punto medio de la longitud y las ordenadas las deformaciones en divisiones de la escala. Esta curva es notable por dos razones. En primer lugar se ve que la extensión alcanza su valor completo á menos de 13 m/m del extremo y por otra



parte resulta que existe un punto para el cual la deformación es mayor que en el centro, y por consiguiente debe existir en él un trabajo mayor. El aumento es de un 2 por ciento. Un efecto semejante á este se ha demostrado que existe, así matemática como experimentalmente, en el caso de las calderas, que son á su vez cilindros de pequeño espesor, comparado con el diámetro.

Este aumento es, sin embargo, demasiado pequeño para tener importancia práctica, pero el hecho que demuestra claramente la figura 7, es que la influencia de los extremos, al contrario de lo que se suponía usualmente, se extiende solamente á una corta distancia á lo largo del cilindro. De no ser así, la extensión diametral variaría gradualmente desde cero en los extremos á un máximo en el centro.

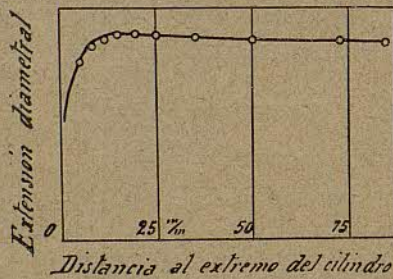


Fig. 7

CUADRO II

Relación del diámetro exterior al interior k	Longitud	Presión que produjo la deformación
	mm	kg. p. cm <sup>2</sup>
1,79	50,8	1083
1,79	108,0	1072
1,79	171,5	1083
1,79	228,6	1084

*Exactitud del manómetro.*—El manómetro empleado en la bomba era un manómetro Bourdon tipo, graduado en atmósferas y capaz de medir presiones hasta 3000 atmósferas, equivalentes á unas 20 toneladas inglesas por pulgada cuadrada. Este manómetro fué comparado para la parte baja de su escala con otro manómetro tipo de 5 toneladas, leyéndose ambos simultáneamente, resultando la diferencia de lecturas menor de 2 por ciento. En vista de que la parte elástica del diagrama de extensión según las presiones para todos los cilindros es una línea recta, es razonable suponer que este error por ciento no es excedido en la parte alta de la escala.

#### Resultado de las experiencias hechas con acero dulce

En el cuadro III constan los resultados de los ensayos hechos con el acero dulce. En las columnas tercera y cuarta se consigna la



CUADRO III

*Resultado de las experiencias hechas con cilindros de hierro dulce*

N.º del cilindro	Relación del diámetro exterior al interior $k$	Carga límite de elasticidad por tracción directa $f$	Carga límite de elasticidad del cilindro $p$	Valor experimental de $p:f$	Valores teóricos de $p:f$ según la		
					Teoría del trabajo principal máxima. Fórmula (2)	Teoría de la carga principal máxima. Fórmula (4)	Teoría del esfuerzo cortante máximo. Fórmula (3)
1	1.35	2480	680	0.275	0.291	0.295	0.225
2	1.53	2480	840	0.340	0.402	0.393	0.287
3	1.58	2480	880	0.354	0.430	0.415	0.300
4	1.58	2480	880	0.354	0.430	0.415	0.300
5	1.74	2480	1030	0.416	0.506	0.475	0.336
6	1.77	2480	1020	0.407	0.515	0.483	0.340
7	1.79	2480	1080	0.436	0.525	0.490	0.344
8	1.79	2480	1070	0.432	0.525	0.490	0.344
9	1.79	2480	1070	0.430	0.525	0.490	0.344
10	1.79	2480	1080	0.436	0.525	0.490	0.344
11	1.79	2480	1030	0.413	0.525	0.490	0.344
12	1.79	2480	1030	0.416	0.525	0.490	0.344
13	1.86	2390	960	0.400	0.554	0.511	0.356
14	1.97	2300	1000	0.415	0.590	0.539	0.372
15	2.19	2590	1270	0.490	0.655	0.583	0.395
16	2.19	2590	1270	0.490	0.655	0.583	0.395
17	2.19	2590	1240	0.479	0.655	0.583	0.395
18	2.45	2590	1320	0.508	0.713	0.625	0.416
19	2.45	2590	1360	0.526	0.713	0.625	0.416
20	2.66	2590	1420	0.546	0.752	0.649	0.429
21	2.66	2590	1460	0.565	0.752	0.649	0.429
22	2.88	2590	1430	0.550	0.784	0.672	0.439
23	2.88	2590	1480	0.569	0.784	0.672	0.439
24	3.05	2590	1420	0.547	0.806	0.684	0.446
25	3.26	2590	1520	0.588	0.827	0.697	0.452
26	3.44	2590	1520	0.588	0.843	0.708	0.458
27	3.65	2590	1530	0.591	0.860	0.718	0.467

carga límite de elasticidad del material obtenida por ensayos de tracción directa y la presión interior bajo la cual empezó la deformación permanente de la superficie interior. En la columna quinta está la relación  $p:f$  efectiva, y las columnas restantes dan los valores teóricos de esta relación, según las diversas teorías sobre la deformación elás-



tica, esto es, según las fórmulas (2), (4) y (3). Estos valores están representados gráficamente por las curvas de la figura 8, cuyas abscisas representan las relaciones del diámetro exterior al interior y las ordenadas los valores de  $p:f$ .

De la observación del cuadro III, y aún más de la figura 8, se desprende claramente que los valores experimentales de  $p:f$  están comprendidos entre los valores teóricos dados por las teorías de Guest y St. Venant.

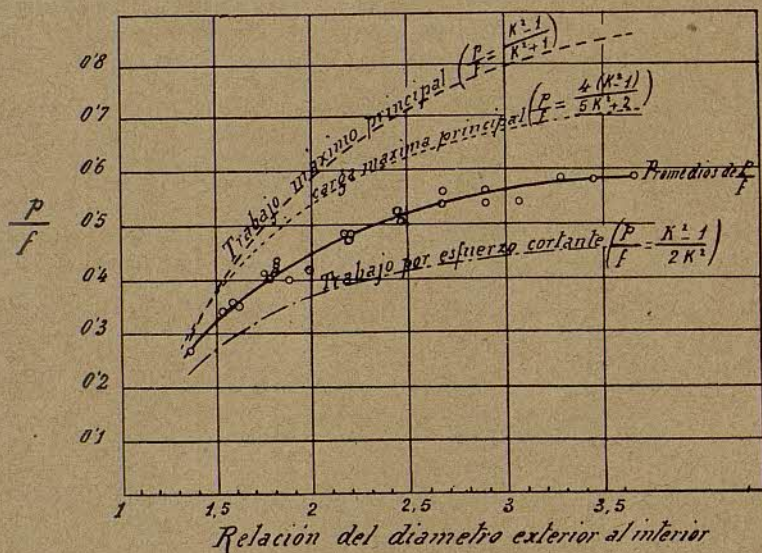


Fig. 8

Hay que hacer notar que pequeñas escentricidades de la carga en los ensayos de tracción directa producían el efecto de dar un límite de elasticidad menor que el real, puesto que se desarrolla á través de la sección un esfuerzo uniformemente variado. Por medio del extensómetro se vió que la carga máxima era 4 ó 5 por ciento mayor que la media y por lo tanto el verdadero límite de elasticidad debe ser excesivo sobre el medido en estas condiciones. La curva experimental debería en este caso ser referida á la curva del máximo esfuerzo cortante. La diferencia es sin embargo de un 20 por ciento y los resultados de las experiencias serían convenientemente representados si se introdujera un factor en la fórmula (3). De esta manera se tendría:



ó bien 
$$\frac{p}{f} = 1,2 \frac{k^2 - 1}{2k^2}$$

$$p = 0,6 f \frac{k^2 - 1}{k^2}$$
(5)

En el cuadro IV se dan las presiones que determinan la deformación permanente y los obtenidos por medio del cálculo según la fórmula (5).

CUÁDRO IV

*Comparación de las presiones que determinan la deformación permanente y las derivadas de la fórmula (5)*

N.º del cilindro	Relación del diámetro exterior al interior	Presión límite de elasticidad observada	Presión calculada
1	1.35	kg. por cm <sup>2</sup> . 680	kg. por cm <sup>2</sup> . 670
2	1.53	840	850
3	1.58	880	900
4	1.58	880	900
5	1.74	1030	1000
6	1.77	1020	1020
7	1.79	1080	1030
8	1.79	1070	1030
9	1.79	1070	1030
10	1.79	1050	1030
11	1.79	1030	1030
12	1.79	1030	1030
13	1.86	960	1020
14	1.97	1000	1060
15	2.19	1270	1230
16	2.19	1270	1230
17	2.19	1240	1230
18	2.45	1320	1290
19	2.45	1360	1290
20	2.66	1420	1340
21	2.66	1460	1340
22	2.88	1430	1370
23	2.88	1480	1370
24	3.05	1420	1400
25	3.26	1520	1410
26	3.44	1520	1420
27	3.65	1530	1440



Es preciso tener presente también que en los cilindros empleados existían en la superficie interna tres trabajos principales; á saber: la tensión circunferencial, la compresión radial y la tensión longitudinal. Por cuidado que hayan puesto los autores en sus estudios, el conjunto de las experiencias llevadas á cabo con esfuerzos combinados, se refiere solamente á los esfuerzos según dos dimensiones. La influencia de un tercer esfuerzo principal sobre el límite de elasticidad correspondiente á los otros dos, no parece haber sido investigado hasta ahora. Al principio parecía posible atribuir á esta causa la discrepancia entre los valores teóricos y experimentales de  $p:f$ . Pero pronto se vió que esto es insostenible, puesto que la diferencia proporcional no parece variar en todas partes siguiendo los valores de  $k$ , al paso que el tercer esfuerzo principal, obrando longitudinalmente, varía desde  $1,22 p$  en el caso del cilindro más delgado hasta  $0,081 p$  en el cilindro más grueso.

*Resistencia final de los cilindros de acero dulce.* En nueve cilindros de pequeñas dimensiones fué posible aumentar la presión sobre la que determinó la deformación permanente hasta que el cilindro reventó. El aumento considerable del diámetro que acompañaba la deformación plástica, hizo que se debiese emplear mucho tiempo en la prueba. La dilatación tal como aparece en la superficie exterior antes de reventar el cilindro fué considerable y la ruptura se produjo en forma de una grieta longitudinal. La máxima presión que los cilindros resistieron fué superior á la que había en el momento de la ruptura, á causa de la expansión rápida que precedió á aquélla. Los valores de la presión máxima están dados en el cuadro V. La resistencia á la ruptura del material, fué obtenida por medio de pruebas hechas con las barretas descritas más arriba.

Aun cuando la teoría de Lamé, para la distribución del trabajo no tiene aplicación cuando el material sufre esfuerzos superiores al límite de elasticidad, ocurre que los valores de la presión máxima coinciden casualmente con los valores que se obtienen aplicando la fórmula de Lamé:

$$\frac{p}{f} = \frac{k^2 - 1}{k^2 + 1} \quad (6)$$

en la cual



$f$  = resistencia del material á la ruptura,  
 $k$  = relación inicial del diámetro exterior al interior  
 y  $p$  = presión máxima.

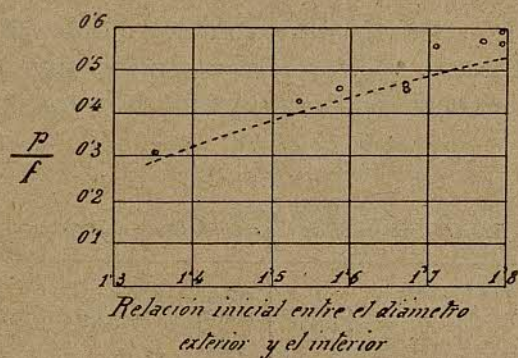


Fig. 9

Esta coincidencia está demostrada en la figura 9, cuyas abscisas representan la relación inicial del diámetro exterior al interior y las ordenadas el valor de  $p:f$ . La línea de puntos es la obtenida por la fórmula (6).

La aplicación de esta fórmula á la resistencia final de los cilindros de acero dulce debe ser considerada como puramente empírica, no existiendo fundamento racional para su empleo por las siguientes razones:

1.<sup>a</sup> La fatiga no es proporcional á la carga.

2.<sup>a</sup> Las dimensiones finales poco antes de la ruptura son muy excesivas respecto de las iniciales y el valor de  $k$  mucho menor.

3.<sup>a</sup>  $f$  es también una medida convencional de la resistencia final del material,

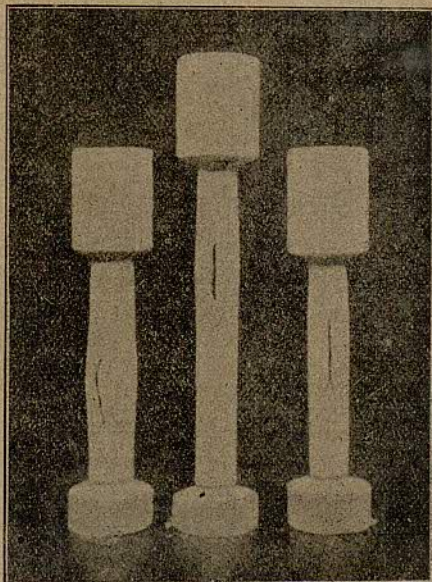


Fig. 10.



puesto que se obtiene dividiendo la carga máxima por el área inicial de la sección.

La influencia de los extremos respecto de la resistencia final resulta ser importante. Así pues, la resistencia del cilindro cuya longitud era de 51 m/m fué 15 por ciento superior á la de cilindros largos del mismo diámetro. El efecto, sin embargo, apareció despreciable cuando la longitud excedía de cuatro veces al diámetro exterior.

CUADRO V

*Resistencia final de los cilindros de acero dulce*

Relación del diámetro exterior al interior <i>k</i>	Resistencia á la ruptura del material <i>f</i>	Presión máxima <i>p</i>	Presión máxima calculada según la fórmula (6)	Valor de <i>p:f</i> observado	Valor de <i>p:f</i> calculado por la fórmula (6)
	kg. por cm <sup>2</sup> .	kg. por cm <sup>2</sup> .	kg. por cm <sup>2</sup> .		
1,35	3830	1190	1110	0,310	0,290
1,53	3830	1630	1540	0,426	0,402
1,58	3830	1740	1640	0,457	0,430
1,67	3830	1920	1950	0,462	0,471
1,67	3830	1930	1950	0,465	0,471
1,71	3830	2120	2020	0,513	0,489
1,77	3830	2160	1970	0,566	0,515
1,79	3830	2140	2010	0,560	0,525
1,79	3830	2280	2010	0,594	0,525

*Conclusiones generales.* Las conclusiones que pueden sacarse de los experimentos hechos pueden resumirse como sigue:

1. En el caso de cilindros de hierro colado, la ruptura es determinada únicamente por el trabajo máximo principal, debiendo aplicarse la fórmula de Lamé:

$$p = f \frac{k^2 - 1}{k^2 + 1}$$

2. En el caso del acero dulce, la deformación permanente se produce cuando la presión es un 20 por ciento mayor que la que indica la teoría del máximo esfuerzo cortante siendo dada muy aproximadamente por la fórmula:

$$p = 0,6 f \frac{k^2 - 1}{k^2}$$



3. La resistencia final de los cilindros de acero dulce viene dada empíricamente por la misma fórmula aplicable al hierro colado:

$$p = f \frac{k^2 - 1}{k^2 + 1}$$

pero siendo  $f$  la resistencia á la ruptura del material medida respecto de su sección inicial y  $k$  la relación inicial de diámetros.

La segunda cuestión tiene mucha importancia, particularmente por su aplicación á la resistencia de los cañones. El acero dulce es el único material dúctil que se ha empleado en estas investigaciones, pero el profesor Smith, en sus experiencias sobre trabajos combinados, ha encontrado que es razonable creer que el acero al níquel y algunos otros aceros de alta resistencia se comportan de una manera similar al acero dulce. Los cañones son proyectados con objeto de sufrir en condiciones ordinarias, un trabajo en todas sus partes inferior á la carga límite de elasticidad cuando el cañón dispara. Ordinariamente se emplea una expresión equivalente á la fórmula (2), que como se desprende de la figura 8, da para la presión de trabajo un valor de 30 por ciento demasiado elevado, y es probable que la ausencia de la deformación plástica en las condiciones de servicio sea debida únicamente á la deformación puramente inicial que recibe el cañón en sus primeras pruebas.

Es de esperar que los ensayos experimentales se extenderán á cilindros de acero igual al empleado actualmente en la construcción de cañones, con objeto de determinar hasta qué punto son aplicables á ellos los resultados obtenidos con el acero dulce.

---



## NOTICIAS

EL FERROCARRIL ELÉCTRICO DE MOTTARONE. — Este monte es la cima más alta (1.491 m.) del Margazzolo, situado en la Alta Italia, cerca de la ribera occidental del lago Mayor. La vista que desde allí se domina es espléndida; sin hablar de la cadena de los Alpes y del Monte Rosa, se dominan siete lagos y las vastas llanuras de la Lombardía y del Piamonte, en donde se descubren Milán y su domo y más lejos Turín y el Superga.

Se ha adoptado el sistema mixto de adherencia y de cremallera, que permite reducir al mínimo los gastos de construcción, ya que la conformación del terreno no permite adoptar declividades sin variar en grandes límites. El proyecto ejecutado es debido á la Sociedad de Electricidad Alioth, de Basilea, que ha aplicado ya este sistema en diversas líneas.

El trazado parte de la estación de Streza, en el borde del lago Mayor, á poca distancia del embarcadero de los buques de la Sociedad de Navegación en dicho lago; hay otra estación cerca de la de Streza en el ferrocarril de Arona-Domodorzola, que conduce por un lado á Turín, Milán y Génova, y del otro al Simplón. Las dos líneas que parten de esta estación se reúnen en una sola, y desde el punto de unión, se encuentra el primer tramo de cremallera con rampa máxima de 20 %, que va hasta la estación de Vedasco-Binda en el kilómetro 1,5. De allí parte un segundo tramo de cremallera con inclinaciones del 8 al 20 %, que va hasta la estación de Vezzo, situada en el kilómetro 2,4 y á la altitud de 482 metros sobre el nivel del mar.

Se encuentra en seguida un corto trayecto por adherencia de 710 metros y una parte en cremallera con inclinaciones del 8 al 18 % alcanzando la estación de Giquese en el kilómetro 4,3 y á la altitud de 633 metros; una rampa del 20 % conduce á la estación de Alpina en el kilómetro 5,25 y á 776 metros desde donde se goza de una vista magnífica muy extensa. Se levantan allí un cierto número de pequeñas casitas en terrenos que la Sociedad del ferrocarril ha comprado y que vende por lotes.

Desde allí la línea sigue la forma del terreno pasando de una sección de adherencia á una porción de cremallera hasta la estación de Borromeo en el kilómetro 7,66 y á 981 metros de altitud, y llega finalmente al término, en el Mottarone en el kilómetro 9,86 á 1379 metros sobre el nivel del mar por declividades que generalmente para esta última parte no llegan al 20 %. La estación se encuentra sólo 12 metros más bajo que el punto culminante de la montaña.



La suma de las partes de adherencia es de 2900 metros y la de las partes de cremallera de 6938 metros haciendo un total de 9838 metros; la diferencia de nivel entre el embarcadero de Stresa, situado á 197 metros y el término en la montaña es de 1182 metros. El radio mínimo de las curvas es, para las partes de adherencia, de 25 metros en toda la parte que atraviesa Stresa y de 60 metros en el resto del recorrido, y de 70 metros en las partes de cremallera. Las declividades máximas son del 5,5 % para los trozos de adherencia y del 20 % en la cremallera.

En la parte que atraviesa localidades habitadas, la vía está formada de carriles Phenix del peso de 35 kgs. por metro, y en el resto de la línea por carriles Vignole de 23,6 kgs.

La cremallera, del sistema Strub, pesa 35 kgs. por metro; descansa sobre una pieza de fundición fijada por tirafondos en las traviesas de roble, su cara superior está á 85 mm. sobre de la superficie de rodamiento de los carriles. La presión total sobre los dientes es de 8800 kgs. ó sea 4400 kgs. para cada uno de los dientes que engranan con la cremallera.

Los carriles, tanto del tipo Phenix como del tipo Vignole, tienen 10,50 metros. A intervalos regulares, la vía está fijada al terreno en bloques de mampostería, para evitar el resbalamiento longitudinal. En los puntos donde se pasa de las partes de adherencia á las partes de cremallera se encuentra un aparato de entrada formado de un corto pedazo de cremallera con dientes de altura y ancho crecientes puesta sobre una base flexible para permitir el engrane de las ruedas dentadas con la cremallera sin paro ni choques.

La línea no tiene ninguna obra de fábrica de alguna importancia.

Cerca de la estación de Giquese, se encuentra una sub-estación llamada del Panorama en donde la corriente trifásica á 8000 voltios y 42 periodos suministrada por una Sociedad de electricidad, es transformada en corriente continua á 750 voltios, que es empleada para la tracción de los trenes. Esta sub-estación contiene tres grupos de convertidores de 150 kilovatios que reciben directamente la corriente á 8000 voltios; la tensión secundaria puede ser llevada á 1050 voltios por la carga de una batería de acumuladores de que está provista la sub-estación. Como reserva se ha instalado un motor Diesel de 300 caballos, de la casa Tosi, que acciona una generatriz de corriente continua á 750 voltios. En paralelo con esta generatriz funciona una batería también del sistema Tudor, de la capacidad de 444 amperios-hora.

El cuadro de distribución está dispuesto del modo más perfeccionado; los aparatos de alta tensión están instalados en el subsuelo; en la sub-estación se encuentran las habitaciones para el personal.



En Stesa, cerca de la estación de los ferrocarriles del Estado, se halla la cochera y un taller de reparaciones.

Los conductores están constituidos por dos hilos de cobre de 9 milímetros de diámetro, suspendidos por medio de aisladores á hilos transversales fijos en postes de madera. La línea está dividida en dos secciones, y en cada estación se encuentran interruptores que permiten suprimir la corriente. El retorno se hace por los carriles que están provistos de comunicaciones especiales en las juntas.

El servicio se hace con trenes compuestos de una automotriz de cuatro ejes y de un remolque que, al revés de lo que ordinariamente se hace en las líneas de cremallera, está detrás; para obtener toda seguridad, el remolque está provisto de un freno Westinghouse que actúa sobre una rueda dentada de que está provisto uno de los ejes, y también sobre las ruedas de soporte.

El coche automotor está montado sobre dos bogies de dos ejes accionados cada uno por un motor de 100 caballos. Cada bogie lleva un motor para la adherencia y un motor para la cremallera; los primeros accionan directamente las ruedas, los segundos tienen una reducción de velocidad de la mitad. La potencia necesaria para remontar un tren de 44 toneladas sobre 20 % es de 350 caballos. Los dos ejes de cada bogie están acoplados por medio de bielas exteriores para que se pueda utilizar la totalidad de la adherencia.

En cada plataforma del automotor están dispuestos dos amperímetros, uno para el circuito de adherencia y uno para el circuito de cremallera, un voltímetro común á los dos, una válvula de seguridad y un interruptor automático para cada uno de los circuitos. Los automotores están provistos de aparatos eléctricos de alumbrado y calefacción, y cada coche lleva una instalación telefónica que permite al conductor ponerse en comunicación con cada estación, así como con la sub-estación y la cochera.

En las líneas de este género, la cuestión de los frenos tiene una gran importancia. Los coches automotores están provistos:

- a) De una manivela que actúa sobre los frenos de mordazas de las ruedas dentadas y sobre las llantas de las ruedas;
- b) De un freno de aire comprimido Westinghouse que obra sobre los frenos de mordazas de las ruedas dentadas y sobre las llantas;
- c) De un freno eléctrico de corto-circuito;
- d) De un freno especial automático que entra en acción desde que la velocidad excede de 10 km. por hora; este freno actúa sobre las ruedas dentadas y hace entrar en acción el freno Westinghouse. Este freno automático puede igualmente ser puesto en acción por el personal del tren. La maniobra de estos diversos medios de seguridad se encuentra en cada una de las plataformas.

El freno automático de que se acaba de hablar se pone en juego



por la fuerza centrífuga; desde que la velocidad límite de 10 km. es alcanzada, el aparato hace caer un contrapeso que aprieta las mordazas de las ruedas dentadas. Para levantar este contrapeso y dejar abierto el freno se emplea el aire comprimido. Como á la subida se debe poder marchar de 11,5 á 12 km. por hora, el freno automático está dispuesto de manera que no funcione más que en la bajada.

Este freno tiene una acción tan brusca que, para evitar choques perjudiciales á la conservación del material, se han debido disponer entre las ruedas dentadas y sus ejes, piezas obrando por fricción.

La tara de los automotores es de 30.500 kgs. y la de los coches de remolque de 6.000 kgs. Los primeros tienen 44 plazas y los segundos 55. Un tren transportando 99 personas sentadas y 11 de pie, sea en total 110 viajeros, pesa pues unas 44 toneladas.

La velocidad media, tanto á la subida como á la bajada, es de 8,5 km. por hora sobre la cremallera y de 20 km. sobre las partes de adherencia, y cada trayecto dura cerca de una hora.

No hay más que una clase; los coches son muy cómodos y dispuestos de modo que los viajeros puedan gozar, de un modo lo más completo posible, de la vista magnífica que se ofrece á sus ojos.

Las cajas de los coches han sido hechas por la Sociedad Industrial de Neuhausen, los bastidores por la Fábrica de Máquinas y Locomotoras de Winterthur, la instalación eléctrica por la Sociedad Alioth, el todo por cuenta de la Sociedad del Ferrocarril de Mottarone. Este ferrocarril ha sido inaugurado en el verano pasado.

Este resumen lo tomamos del *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France*, hecho de una nota publicada en el *Monitore Tecnico*, por el ingeniero F. Tajour.

---

«EGRAM», NUEVA LÁMPARA A. E. G. — Al hacer su aparición en el campo de las aplicaciones electrotécnicas las primeras lámparas de filamento metálico de metal Wolfram, las ventajas de este invento sensacional, que permite alcanzar una economía de fluido de un 75 %, resultaron casi ficticias por la grande fragilidad del filamento, lo que exigía delicado trato por parte del que la utilizaba.

En realidad esto no era más que las dificultades que siempre lleva consigo todo invento al adaptarlo por primera vez á la práctica; así pues el inconveniente ha sido poco á poco remediado, pero para la técnica quedaba el ideal de substituir el primer filamento comprimido de pasta Wolfram y fragilísimo por su rigidez y falta de cohesión, por otro del mismo metal pero trefilado, ó sea estirado en



alambre homogéneo, y por lo tanto flexible y capaz, por consiguiente, de resistir las trepidaciones más fuertes.

Al principio se luchó con grandes dificultades para lograr esto, pues á ello se oponía la enorme dureza del metal. El primer paso para trefilar el Wolfram, fué buscar una aleación con otros metales más dúctiles; esto tenía el inconveniente de aumentar el gasto de fluido en las lámparas; pero por fin las manufacturas norte-americanas, ligadas con la A. E. G., alcanzaron el éxito de conseguir trefilar metal puro Wolfram, fabricando con él una nueva lámpara titulada «Egram», que además de su solidez absoluta reúne todas las ventajas del consumo económico de las lámparas actuales.

Partícipe de la patente en Europa la A. E. G. de Berlín, representada en España y Portugal por la A. E. G. Thomson Houston Ibérica, instaló á su vez la fabricación de la lámpara «Egram» en sus fábricas y la dará á conocer en breve plazo á su numerosa clientela de España.

El nuevo filamento flexible «Egram» resulta tan sólido que permite la construcción de la lámpara de 10 bujías hasta 135 voltios y de 16 bujías para 200 á 250 voltios.

En los Estados Unidos la «Egram» se ha impuesto por sus ventajas incomparables á todas las demás marcas.

Para simbolizar la absoluta solidez de la lámpara, en los carteles anuncios que hemos visto, figura un puño golpeando la lámpara «Egram».

---



## BIBLIOGRAFÍA

COMPLÉMENT DE LA PREMIÈRE ÉDITION DE LA RÉSISTENCE DE L'AIR ET L'AVIATION. — Expériences effectuées au Laboratoire du Champ-de-Mars, par *G. Eiffel*, ancien Président de la Société des Ingénieurs Civils de France.—Paris, H. Dunod et E. Pinot, éditeurs, 47 et 49, Quai des Grands-Augustins.—Un vol. grand in-4º de 98 pages avec figures dans le texte.

Oportunamente en estas páginas se ha dado cuenta de la notable obra del mismo autor *La Résistance de l'Air et l'Aviation*, de la cual el presente libro es un complemento, pues en éste se comprenden los interesantes resultados que el autor ha obtenido desde la publicación de la primera. El conjunto de estos dos trabajos da una exposición de todas las investigaciones que se han llevado á cabo en el laboratorio del Campo de Marte desde el mes de Agosto de 1909 al mes de Agosto del año último.

Estos nuevos estudios están divididos en dos capítulos: En el capítulo I se ocupa de las superficies de alargamiento diferentes de curvatura circular con flechas de  $\frac{1}{13,5}$  y  $\frac{1}{7}$ ; de las variaciones de la resistencia con el espesor del ala; de las alas levantadas del detrás; de las alas cuya incidencia varía desde el medio hasta los bordes laterales; de los biplanos decalados y superficies en tandem; de los multiplanos ó superficies en láminas de persiana; de los modelos de aparatos Balsau, Tatin, Farman, etc. y de ensayos diversos. En el cap. II el autor presenta sus primeros estudios sobre las hélices, que comprenden el modo de experiencia, el método para representar el funcionamiento de las hélices y los resultados obtenidos.

Este notable trabajo, de grandísimo interés y de verdadera oportunidad, viene á prestar un señalado servicio á todos cuantos se interesan por la aviación, asunto que está á la orden del día en todos los países civilizados y por ello les recomendamos su consulta, en la seguridad de que les servirá de orientación y de un auxiliar de grandísimo valor.

---

STATIQUE ÉCLAIR. — Renseignements pour calculs statiques des machines, par *François Ruff*, Ingénieur civil à Francfort s. M.—Paris, Vve. Ch. Dunod, éditeur.—Un vol. in-12º de 109 pages avec nombreuses figures et tables.

El autor al presentar este interesante libro ha tenido por objeto presentar una obra que dé de un modo preciso y rápido, al mismo tiempo que teórico, el cálculo estático en los casos más corrientes que se presentan en la construcción de máquinas, empleando la estática gráfica, evitando de este modo al ingeniero, lo mismo que al constructor, una considerable pérdida de tiempo y de trabajo.

Después de hacer un estudio preliminar sobre los polígonos de fuerzas y de ocuparse del cálculo de las dimensiones de las barras, entra á la primera parte de las cuatro en que el libro está dividido



y en ella hace un estudio completo de los engranajes, tanto en lo que se refiere al cálculo de su resistencia, como de su trazado en las diferentes aplicaciones.

La segunda parte está dedicada al cálculo de los árboles motores en los diferentes casos que se presentan en la práctica. La parte tercera su resistencia como de su trazado en las diferentes aplicaciones. La segunda parte está dedicada al cálculo de los árboles motores en los diferentes casos que se presentan en la práctica. La parte tercera está dedicada al cálculo de los diversos tipos más corrientes de grúas, fijas y giratorias, así como de las grúas de corredera. Finalmente, en la última parte presenta gran número de interesantes datos sobre tornillos, resortes, cargas de ruptura, valores de coeficientes, pesos, etc., de constante aplicación en la práctica.

Tal es en grandes líneas este útil é interesante libro, perfectamente presentado, que recomendamos eficazmente á nuestros lectores, especialmente á los que se dedican á la construcción de máquinas, en la seguridad de que ha de servirles de un valioso auxiliar y prestarles gran provecho.

---

EL NOMBRE COMERCIAL, LAS RECOMPENSAS INDUSTRIALES, LAS INDICACIONES DE PROCEDENCIA, LA COMPETENCIA ILÍCITA, según la Ley de Propiedad Industrial, por *José Pedrerol y Rubí*, Abogado de los Colegios de Barcelona, San Feliu y Mataró.—Barcelona, 1912.—Un folleto grande en 8º de 68 páginas.—Precio: 2 ptas.

En este interesante trabajo expone el autor los fundamentos de la protección de la ley á tales manifestaciones industriales y constituye un interesante comentario de las disposiciones de la ley de Propiedad industrial que regulan las materias en él tratadas, recurriendo en ocasiones, para su mayor inteligencia, á su comparación con las disposiciones similares de las leyes sobre el mismo asunto de los países extranjeros. Contiene, además, en título especial, un estudio acerca de la cuestión de la caducidad de las patentes por causa de explotación insuficiente y termina con un apéndice que contiene la ley y el reglamento de la Propiedad industrial en la parte pertinente al asunto de la obra.

Son las materias tratadas en la obra del Sr. Pedrerol de mucho interés en la vida de la industria y del comercio, hasta el punto de que en los países que van á la cabeza de la civilización son el objeto de numerosos tratados que se renuevan todos los días. En España son muy escasas las obras sobre Propiedad industrial, y por ello la que acaba de publicarse es de verdadera utilidad para los industriales y comerciantes. Por ello, al mismo tiempo que felicitamos á su autor por tan útil trabajo, recomendamos su lectura á nuestros lectores, en la seguridad de que podrá serles muy provechosa en gran número de casos.