

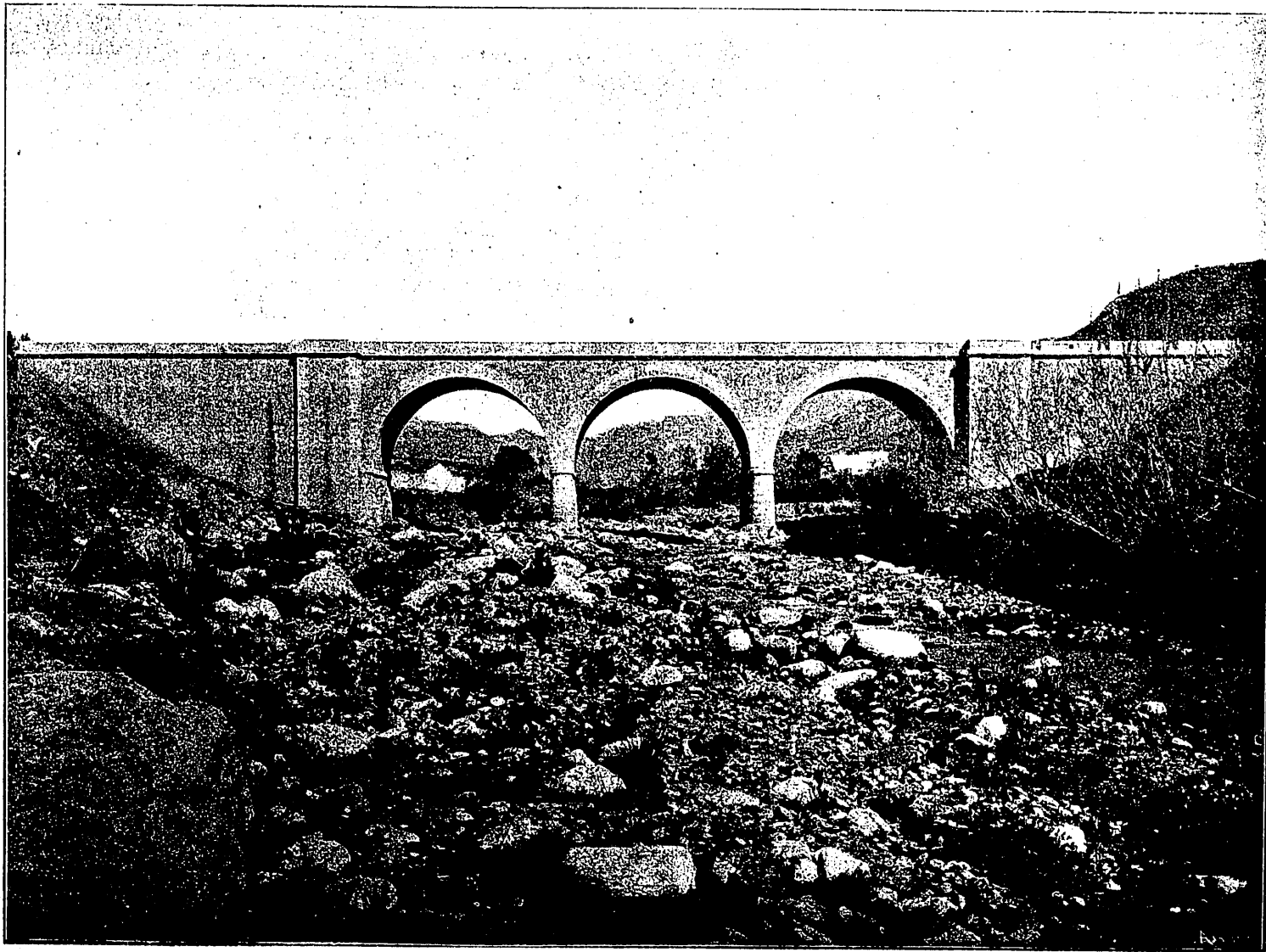
REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Redactor-Presidente..... Excmo. é Ilmo. Sr. D. Luis Sáinz, Inspector general de primera clase del Cuerpo.
Redactores..... Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
 D. Luis Gaztelu, Profesor de la Escuela de Caminos.
 D. Manuel Maluquer, Ingeniero del mismo Cuerpo, *Secretario*.
Colaboradores..... Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
Corresponsal en Londres.. D. Enrique Sanchis, Ingeniero del mismo Cuerpo.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral.



Puente sobre el río Salia (Málaga).—Carretera de Loja al puerto de Torre del Mar.

EL HORMIGÓN ARMADO

En los números de 28 de Enero y 11 de Febrero de 1897 publicamos dos artículos sobre las construcciones de hormigón armado inventadas por el Ingeniero M. Hennebi-que, que es, sin duda alguna, el sistema que más se ha generalizado.

Nuestro compañero D. J. Eugenio Ribera, que lleva

algún tiempo estudiando esta cuestión, á cuyo efecto asistió al Congreso de hormigón armado que se celebró en París en Marzo último, se ha decidido á emprender una serie de experiencias del sistema; y entre otras aplicaciones, ha ejecutado en Oviedo un piso de ensayo, que ha probado ante los facultativos residentes en la capital asturiana, y con el que ha obtenido resultados verdaderamente extraordinarios.

En lugar de un artículo descriptivo, creemos mejor

publicar íntegra el acta de dichas experiencias, cuyas interesantísimas conclusiones permiten augurar crecientes aplicaciones al sistema de hormigón armado que preconiza nuestro querido colaborador Sr. Ribera.

Experiencias de rotura de un piso de hormigón armado sistema Hennebique, construido por D. J. Eugenio Ribera, Ingeniero de Caminos, en Oviedo, en Febrero de 1898.

DATOS PRINCIPALES

El piso probado tiene las dimensiones correspondientes á una celda de la nueva Cárcel de Oviedo en construcción, y se apoya sobre sus cuatro lados en paredes de ladrillo y mampostería de 1^m,50 de altura y de espesores iguales á los que han de tener en la obra. El hueco cubierto por el piso es de $3,50 \times 2,60 = 9,10 \text{ m.}^2$

Se ha calculado para una sobrecarga de 2,50 kilogramos por metro cuadrado.

Hormigón formado por { 300 kilogramos de cemento Portland Boulonnais,
0,825 m.³ de piedra machacada al tamaño de 3 centímetros,
0,400 m.³ de arena,

produjeron 1,036 m.³ de hormigón necesario para todo el piso; es decir, $\frac{1,036 \text{ m.}^3}{9,10} = 0,113$ de hormigón por metro cuadrado de hueco cubierto.

El hierro empleado, que fué acero dulce Martín Siemens de la fábrica de Mieres, pesaba:

Los 23 redondos de 8 milímetros de diámetro.	25 kilogs.
Las 140 horquillas de flejes.	5 »
Total.	30 »

Asistieron á la construcción y experiencias en todo ó en parte, comprobando los pesos y los resultados que se consignan en esta acta, los señores siguientes:

- D. Nicolás García Rivero, Arquitecto provincial y director de las obras de la nueva Cárcel de Oviedo.
- D. Miguel de la Guardia, Arquitecto municipal.
- D. Luis Bellido, Arquitecto diocesano.
- D. Delfín Fernández Vega, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
- D. Enrique Galán, id. id.
- D. Manuel de Gomendio, id. id.
- D. Martín Díez de la Banda, id. id.
- D. Eduardo de Castro, id. id.
- D. Jerónimo Ibrán, Ingeniero Jefe de Minas.

D. Antonio Sempau, Ingeniero de Minas.

D. Ventura Junquera, Ingeniero industrial.

D. Mariano Colubi, Ayudante de Obras públicas.

D. Tomás López, id. id.

D. Narciso Hernández, id. id.

D. Luis López Planas, id. id.

D. José de la Roza, id. id., y contratista de las obras de la Cárcel, que ha facilitado al constructor, D. José Eugenio Ribera, terrenos, materiales y operarios.

Se ejecutó el piso el día 17 de Febrero de 1898, con un tiempo húmedo.

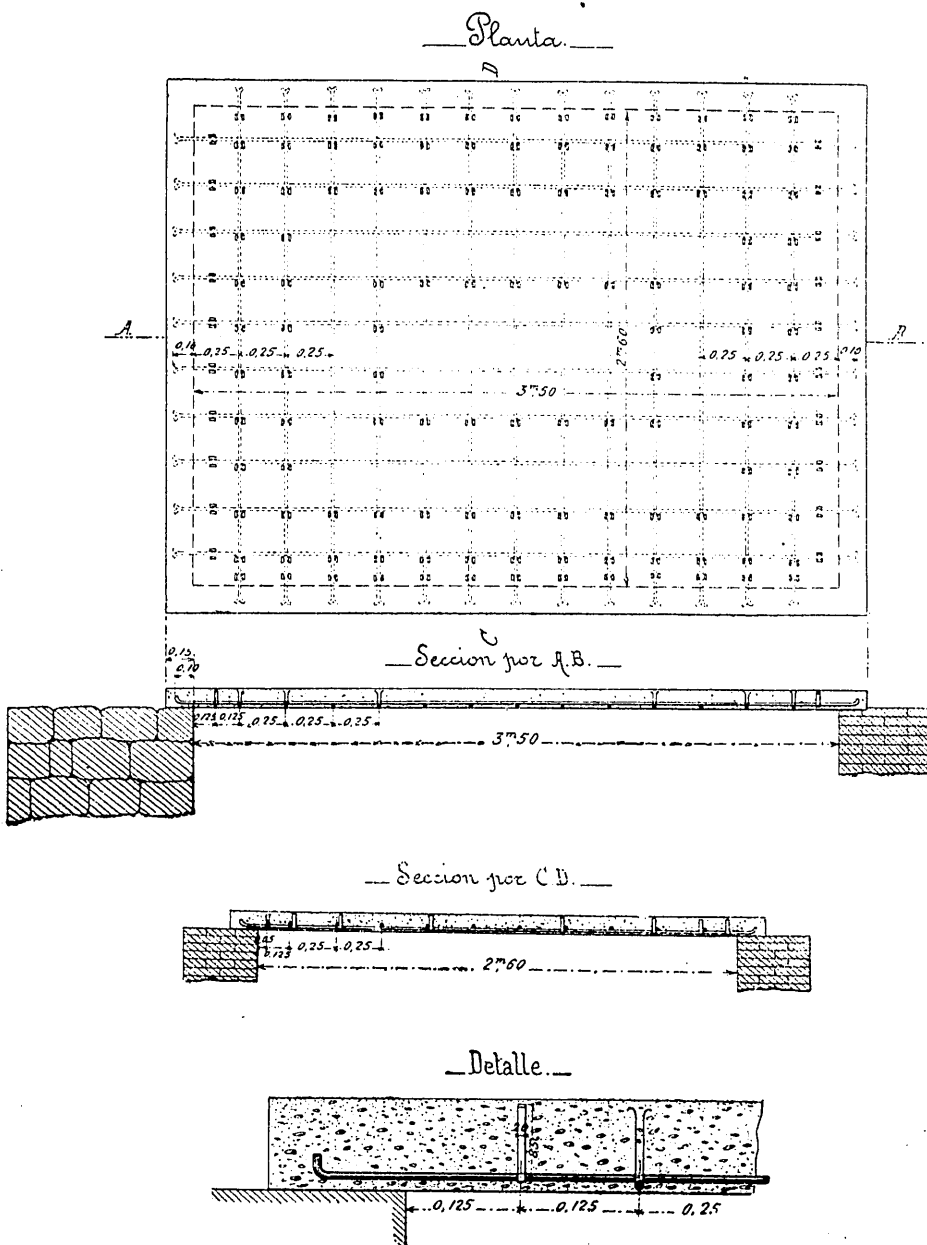
El día 13 de Abril, es decir, á los cincuenta y cinco días de ejecutado, se extendió sobre el piso una capa de arena equivalente á una sobrecarga de 375 kilogramos por m.² (vez y media la carga del cálculo).

Se dejó esta sobrecarga veinticuatro horas, sin observar en el piso flecha apreciable.

El 14 de Abril se aumentó la carga hasta 500 kilogramos por m.², observándose en el centro una flecha de 1^m/m.

Se prosiguió el mismo día cargando hasta 1.000 kilogramos por m.², aumentando la flecha hasta 4^m/m en el centro.

Esta sobrecarga se dejó actuando durante diecisiete días, y por efecto de continuadas lluvias, que empaparon la arena, alcanzó un peso de 1.250 kilogramos por m.² (cinco veces la carga del



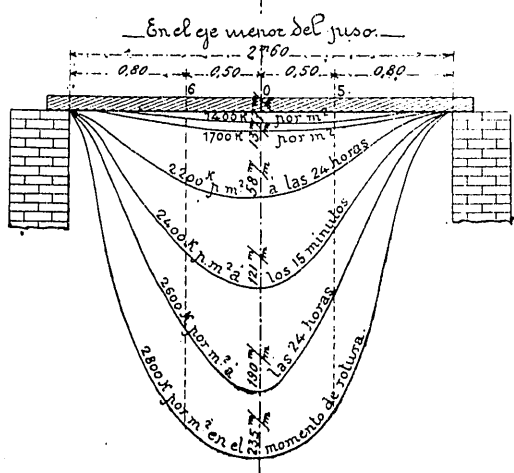
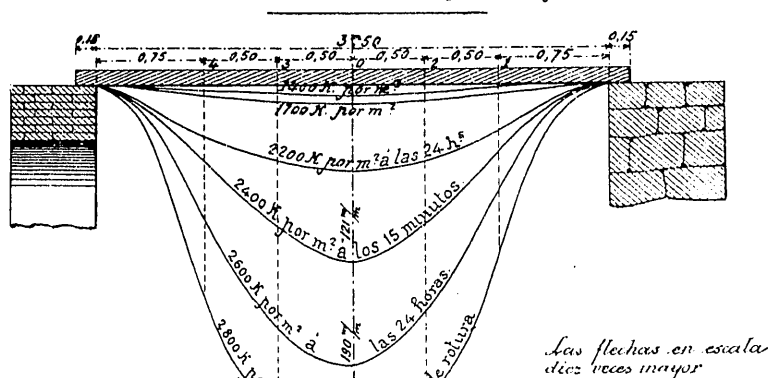
cálculo); y aunque la flecha llegó á 10 m/m , no se pudo observar la menor grieta ni movimiento en ninguna parte del piso.

Al quitar esta sobrecarga desapareció totalmente la flecha.

El 9 de Mayo se reanudaron las experiencias, alcanzándose por medio de ladrillo, lingote, piedra y arena una sobrecarga de $1.750 \text{ kg. por m}^2$.

Por medio de siete puntos del piso perfectamente referidos á unos reglones fijos se han medido las flechas que han servido á construir las curvas del dibujo adjunto que resumimos á continuación.

Flechas obtenidas por distintas sobrecargas en el eje mayor del piso:



Para una sobrecarga de 400 kg por m^2 la flecha en el centro fué de $0,5 \text{ m/m}$.

Para una sobrecarga de 1.400 kg por m^2 la flecha fué de $7,0 \text{ m/m}$.

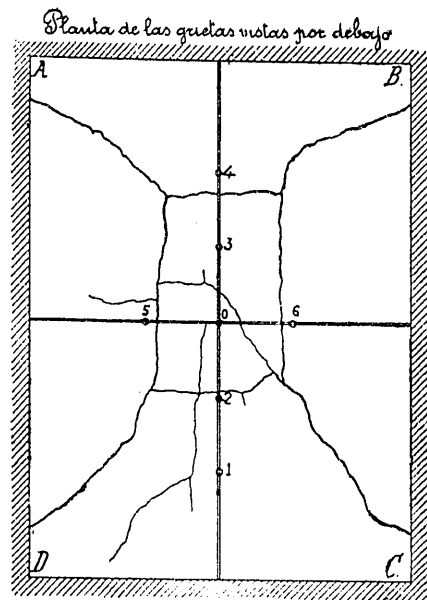
Para una sobrecarga de 1.750 kg la flecha fué de $13,0 \text{ m/m}$.

A partir de $1.600 \text{ kg. por m}^2$ (es decir, $6 \frac{1}{2}$ veces la carga del cálculo) se principiaron á iniciar algunas grietas que quedaron bien dibujadas á los $1.750 \text{ kg. por m}^2$, observándose que estas grietas resultaban perfectamente simétricas y que no terminaban en los vértices del rectángulo, sino en los del cuadro ficticio inscrito en su centro. (Véase el dibujo.)

Se ha dejado actuar esta sobrecarga de 1.750 kg. durante cuarenta y ocho horas, al cabo de las que sólo se observó que la curvatura del piso se había regularizado sin aumentar la flecha en el centro.

Aumentóse entonces la sobrecarga hasta $2.200 \text{ kg. por m}^2$, volviendo á dejar esta sobrecarga durante cuarenta y ocho horas, con lo que la flecha en el centro aumentó hasta 58 m/m , pero afectando el piso una forma de bolsa

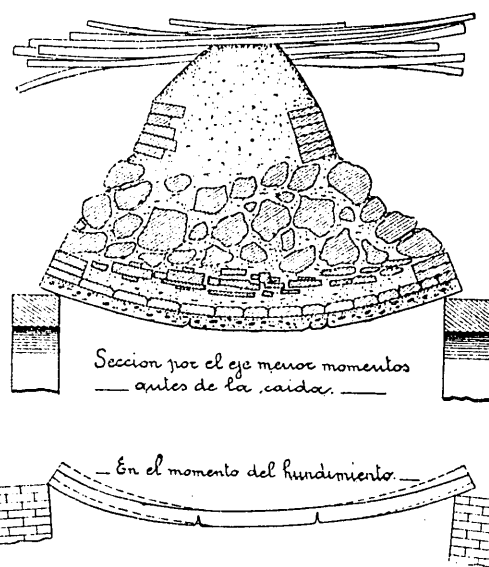
perfectamente regular y simétrica, si bien las mismas grietas observadas en el techo del piso fueron aumentando sensiblemente.



Este día, ó sea el 13 de Mayo, se siguió cargando con carriles hasta alcanzar la sobrecarga un peso de $2.600 \text{ kg. por m}^2$ (es decir, $10 \frac{1}{2}$ veces la carga del cálculo).

Las grietas fueron abriéndose muy sensiblemente hasta tener anchos de 10 m/m , pero siempre con simetría; el bombeo invertido se acentuó de un modo extraordinario hasta alcanzar una flecha en el centro de 190 m/m (cerca de dos veces el espesor del piso), separándose éste de sus apoyos AB y CD y quedando solamente apoyado sobre las aristas AD y CB en la forma representada por la figura.

El día 14 de Mayo, á las veinticuatro horas no se observó aumento de flecha ninguno, por lo que se continuó cargando con carriles hasta $2.800 \text{ kg. por m}^2$ (11 veces la carga del cálculo).



Una vez colocada esta extraordinaria sobrecarga, no se observó ningún movimiento en el piso durante veinte minutos; pero á partir de este instante oyéronse crujidos en el hormigón y empezó la flecha á aumentar gradualmente, pero siempre afectando el piso la forma de bolsa perfectamente regular.

En el momento en que la flecha en el centro alcanzaba

235^m/m se derrumbó todo el piso, empujando unos 10 centímetros el muro AD que se derrumbó totalmente después.

Una vez quitada la sobrecarga, se examinó la superficie superior del piso, que quedó plano y sin rotura. En las líneas correspondientes á las barras redondas de mayor longitud se vió que el hormigón estaba como pulverizado por efecto de la compresión enorme á que estuvo sometido.

Con gran dificultad pudo deshacerse el piso, pues el hormigón presentaba en casi todo su volumen el aspecto y dureza de una brecha caliza.

Ninguna de las barras se había roto y los estribos se conservaron intactos.

Llevadas las barras centrales (que debieron haber sufrido mayor alargamiento) al laboratorio de ensayo en la fábrica de Mieres, se probaron numerosos pedazos, dando los siguientes resultados:

Límite elástico: de 25 á 28 k. por m^2 .

Alargamiento: de 16 á 21 k. por 100.

Carga de rotura: de 38 á 40 k. por m^2 .

Estos coeficientes son iguales á los que se obtuvieron con barras nuevas del mismo diámetro y calidad, lo que demuestra que el trabajo de las barras del piso no alcanzó el límite elástico de 25 k. y que su caída fué debida sin duda alguna á la falta de apoyo por efecto de la enorme flexión que transformó el efecto vertical de la sobrecarga en empujes laterales sobre los dos muros de mayor longitud.

En resumen de todo lo expuesto, las experiencias practicadas permiten deducir las siguientes

CONCLUSIONES

1.^a Que el sistema del piso, sistema «Hennebique», apoyado sobre cuatro muros, ofrece una resistencia excepcional, puesto que ha sido preciso para hundirlo una sobrecarga igual á 11 veces la del cálculo.

2.^a Que tiene además grandes condiciones de elasticidad, puesto que desapareció la flecha al quitarse la sobrecarga de 1.200 k. (5 veces la carga del cálculo) que se había dejado durante diecisiete días.

3.^a Que su extraordinaria flexión, así como la forma en que se presentan las grietas, se efectúa de una manera perfectamente simétrica y regular, lo que demuestra la perfecta homogeneidad del conjunto, debido no sólo á la compacidad del hormigón, sino, y sobre todo, al poderoso auxilio del entramado metálico racionalmente dispuesto.

4.^a Que ha necesitado para romperse una carga casi doble de la que produjo las primeras grietas (1.600 k. por m^2), lo que ofrece una garantía de seguridad que no se encuentra en ningún otro sistema de piso.

Y para que conste y á los efectos que estime procedentes el concesionario del sistema y constructor del piso, el Ingeniero de Caminos, Canales y puertos D. José Eugenio Ribera, extendemos la presente acta, que firmamos en Oviedo el día 1.^o de Junio de 1898.

Firmado: Nicolás García Rivero.—F. Miguel de la Guardia.—Luis Bellido.—Delfín Fernández Vega.—M. de Gomendio.—Eduardo de Castro.—G. Ibrán.—A. Sempau.—B. Junquera.—Narciso Hernández.—Tomás López.—Luis L. Planas.—José de la Roza.—José Eugenio Ribera.

CONFERENCIAS EN LA ESCUELA DE CAMINOS

Hace unos días llegó á nuestra noticia un hecho de disciplina escolar, sencillo, pero elocuente, de cuyo relato no queremos privar á nuestros lectores, confiando les será grato el conocerlo, como lo ha sido para nosotros, ya que desgraciadamente se presentan pocas ocasiones de aplaudir la asistencia puntual de los estudiantes á nuestros establecimientos de instrucción.

El hecho es el siguiente. A consecuencia de las muchas vacaciones que, de orden superior, se dieron en el mes de Abril á los alumnos de Universidades, Institutos y Escuelas especiales, y principalmente por haberse adelantado, en virtud también de disposición gubernativa, al 9 de Mayo los exámenes de fin de curso, que ordinariamente empiezan el 1.^o de Junio, anticipándose así veintitrés días su época normal, perdióse más de un mes de estudio en todos los centros de enseñanza y quedaron sin terminar en la Escuela de Ingenieros de Caminos algunas de las asignaturas que en ella se dan.

En su vista, la Junta de Profesores, deseando que los alumnos estudiosos pudiesen completar su interrumpida instrucción, acordó que, después de terminados los exámenes, diesen los Profesores respectivos las conferencias necesarias para acabar la explicación de aquellas asignaturas que habían quedado sin terminar, dándoles el carácter de asistencia voluntaria, acuerdo que demuestra el celo de aquella Junta, mereciendo por ello un aplauso, que nosotros no le negaremos.

Pero lo más notable del caso, y lo que nos ha movido á tomar la pluma para que no quede en completo olvido un rasgo laudable de los alumnos de nuestra Escuela, es que, á pesar de no ser obligatoria la asistencia á dichas conferencias y de haberse celebrado después de los exámenes, esto es, cuando en nada se podían tener en cuenta para el resultado del curso, no ha dejado uno sólo de concurrir á las explicaciones, aun cuando ha habido necesidad de prolongar algunas de ellas hasta el 21 de este, ó sea cerca de un mes, con la circunstancia para los de último año que el 24 tenían obligación de presentarse á los jefes de los diferentes servicios en que van á ejecutar las prácticas de fin de carrera, de modo que no han tenido ni un sólo día de vacación.

Este hecho, que no dudamos en calificar nuevamente de sencillo y elocuente, demuestra el celo de aquel profesorado, la disciplina que existe en nuestra Escuela, el buen espíritu de los alumnos y la armonía en que marchan profesores y escolares; concordia que deseáramos ver afirmada en otros establecimientos de instrucción, para bien de la enseñanza y de los mismos estudiantes.

PUERTO DE DENIA

BASES DE LA CONCESIÓN DE LAS OBRAS DEL PUERTO ⁽¹⁾

II

INGRESOS

A) ARBITRIOS

Gran incertidumbre ha existido hasta el presente acerca de la cuantía de los ingresos que puede proporcionar

(1) Véase el número 1.186.