

menta de un modo análogo el trabajo de la excavadora ordinaria con la llamada «Orangepeel», la cual carga los carros que hacen el transporte.

Una vez depositadas las tierras en el macizo, se extienden por capas de 15 á 20 centímetros, que después se riegan y cilindran. Para esparcirlas é igualarlas suele hacerse uso de las arrobaderas, empleándose también en varios casos una máquina arrastrada por caballerías, provista de una plancha de acero que sirve para distribuir la tierra, y que, por usarse mucho en la extensión de firmes de carretera, se denomina «road machine»; vimos trabajar una de ellas, representada en el fotograbado que se acompaña, en la presa superior de Deer Flat, construída por la Austin Manufacturing Co, de Chicago. Después de extendidas las tierras se riegan, bien con cubas ó con agua á presión, que muchas veces se obtiene elevándola por medio de bombas á un depósito alto, desde el que se distribuye en la zona de los trabajos y campamento donde vive el personal. La consolidación se opera con rodillos que en varios casos se prescribe estén formados por discos sucesivos, con 5 centímetros de diferencia en sus diámetros, y produciendo una presión que no baje de 330 kilogramos por decímetro de anchura. Generalmente estos rodillos son del tipo corriente en los cilindros compresores, pero algunas veces consisten simplemente en rodillos arrastrados por una máquina de tracción. Entre éstos citaremos uno, representado en un fotograbado siguiente, que vimos funcionar en las obras de la indicada presa superior de Deer Flat, que ofrece la particularidad de estar formado por un cilindro de hormigón construído en la misma obra, habiéndose adoptado esta solución, por no haberse admitido, á causa de estimarlas demasiado elevadas, ninguna de las proposiciones hechas por las casas constructoras, á las que se había recurrido para adquirir uno metálico.

En casi todas las obras se requiere la construcción de campamentos para el personal, exigidos por lo riguroso del clima y la falta de poblaciones en que aquél pueda alojarse. Algunos, como el que la Administración federal ha instalado para construir la presa antes citada, revelan que se ha consagrado atención especial á fin de que resulten sanos y agradables: en él se encuentran, distribución de agua á presión, instalación de duchas para los obreros, oficinas y otras dependencias muy completas, depósito subterráneo para guardar comestibles, dormitorios bien ventilados, retretes asépticos, cuarto de lectura, etc. Contra lo que suele ser general en estos campamentos, en éste se hallan separados los comedores de los obreros del de los Ingenieros y empleados administrativos.

Comparación entre los tipos de presas de tierra.—El estudio de las circunstancias particulares de cada caso es lo que, en definitiva, permite al Ingeniero escoger la solución apropiada, sin que pueda decirse *a priori* que unos tipos deban siempre preferirse á otros. Antes se buscaban materiales apropiados para la ejecución de los perfiles considerados como modelos, y hoy, por el contrario, se proyecta la sección adecuada á los materiales de que se dispone, pudiendo decirse que han dado buen resultado presas formadas con casi toda clase de tierras, siempre que éstas se hayan dispuesto convenientemente, no empeñándose, por ejemplo, cuando sólo se dispone de materiales sueltos, en conservar los taludes y secciones sancionadas por la práctica para el caso de mezclas apisonadas de arcilla y grava.

Creemos, por consiguiente, que la cuestión, tan debatida

en América, de si las presas de tierra deben ó no llevar en todos los casos pantallas impermeables, no puede resolverse de un modo radical, por más que, á nuestro juicio, cuando el examen y los ensayos que se hagan con las tierras de que se disponga permitan formular la conclusión de que puede conseguirse la impermeabilidad sin llegar á macizos de espesores excesivos, será, en general, posible prescindir de la pantalla, que es causa de los inconvenientes ya citados en otro lugar.

Cuando se disponga de materiales de ciertas condiciones de impermeabilidad y consistencia, las presas sin pantalla podrán ser homogéneas; pero, de ordinario, convendrá que tengan una parte de su sección transversal destinada especialmente á impedir el paso del agua, y otra para darla resistencia y proteger la primera contra las erosiones. Se acostumbra generalmente en Norte América á colocar los materiales más impermeables cerca del paramento interior, lo que nos parece conveniente cuando estén formados de arcilla mezclada con productos sueltos; pero cuando aquéllos sean muy arcillosos y tenues, será preferible dejarlos hacia el centro del macizo, pues así quedarán mejor protegidos contra cualquier acción erosiva.

Los núcleos arcillosos y los muros de fábrica tendrán su justificación cuando la naturaleza de los materiales térreos haga necesario asegurar la impermeabilidad por dichos procedimientos. Aun cuando los primeros son más económicos, si la diferencia de precio no es excesiva, juzgamos preferible emplear los muros de fábrica, dándoles espesores suficientes y construyendo los terraplenes en las partes contiguas de modo que al ejecutarlos no se produzcan empujes bruscos ni desiguales. En las pantallas de fábrica parece que podrá, en muchos casos, tener adecuada aplicación el hormigón armado, que permite al muro cierta flexibilidad.

LAS MATEMÁTICAS DEL INGENIERO

(Extracto de un informe presentado por Mr. Maurice D'Ocagne, Ingeniero Jefe de Puentes y Calzadas, Delegado del Ministerio de Obras públicas en el cuarto Congreso internacional de las Matemáticas celebrado en Roma en los días 5 al 12 de Abril de 1908.)

Formada una institución en 1896 para celebrar cada cuatro años Congresos internacionales sobre matemáticas, han tenido lugar los tres primeros en Zurich, París y Heidelberg, habiendo correspondido á Roma el cuarto, según acuerdo tomado en la sesión de clausura del último Congreso.

Lo mismo que en los tres precedentes, el Congreso de Roma debía comprender cuatro Secciones:

- I. Aritmética, Álgebra, Análisis.
- II. Geometría.
- III. Mecánica, Física matemática, Geodesia.
- IV. Cuestiones filosóficas, históricas y didácticas.

Por razón de la naturaleza de ciertos trabajos anunciados, el Comité de organización juzgó conveniente añadir á la Sección III una Sección III B, en la cual se agrupasen todas aquellas comunicaciones que interesan especialmente á la ciencia del Ingeniero, y á consecuencia de esta circunstancia el Comité invitó al Ministro de Obras públicas de Francia para que se hiciese representar en el Congreso por un Delegado oficial. Un decreto del 23 de Marzo de 1908 señaló para este cargo al autor del informe que extractamos.

Cada una de las Secciones del Congreso tenía un introductor italiano, encargado de reunir á los congresistas deseados de tomar parte en los trabajos y tomar al mismo tiempo todas las medidas relativas á la organización material de cada sección.

En la mañana del 9 de Abril tuvo lugar la sesión reservada á los Ingenieros. Sobre la proposición del Profesor Luiggi fué confiada la presidencia á M. D'Ocagne, asistido como Secretario por el Ingeniero Parvopasu, Ayudante de la Escuela de aplicación de Ingenieros de Roma.

En el orden del día de esta sesión figuraron seis comunicaciones, que son las siguientes:

1.º «Consideraciones sobre las relaciones existentes entre las ciencias matemáticas y el arte de construir», por el profesor L. Luiggi, de Roma.

2.º «Las matemáticas y el arte del constructor en Italia», por el Profesor S. Canevazzi, de Bolonia.

3.º «La técnica del cálculo en la ciencia del Ingeniero», por el Profesor M. D'Ocagne, de París.

4.º «Sobre la rectificación gráfica aproximada de los arcos de círculo», por el mismo.

5.º «Sobre las aplicaciones de las matemáticas á la teoría de la construcción», por el Profesor Claxton Fidler, de Dundee.

6.º «La enseñanza y uso de los matemáticas en la profesión del Ingeniero» por el Profesor Swain, de Boston.

Como se ve por esta relación, á excepción sólo de la comunicación núm. 4, que trata de un punto especial, todas las demás son de un interés general.

Diremos, ante todo, para no tener que volver sobre ello, que esta comunicación núm. 4 tenía por objeto un examen comparativo de las diversas construcciones propuestas para la rectificación gráfica aproximada de los arcos de círculo, debidas á Snellius, Huyghens, Macquorn Rankine Van den Berg y el autor de la comunicación. De este examen resulta que solamente la primera y la última son *reversibles*, es decir, que permiten el procedimiento inverso de establecer sobre un círculo dado un arco de longitud dada, construcción que desde el punto de vista práctico es no menos importante que la construcción directa, teniendo el segundo de estos procedimientos sobre el primero la ventaja de la mayor precisión, sin cederle por eso en nada atendiendo á la sencillez. Otra construcción debida á Euler, que el Profesor Mehmke, de Stuttgart, ha recordado con motivo de esta comunicación, ofreció el interés, por otra parte más bien teórico, de poder por repeticiones sucesivas llegar á una aproximación en cierto modo indefinida; pero tiene el defecto de no ser reversible. Todas las demás comunicaciones se refieren, como puede verse por sus títulos, á las relaciones entre las ciencias matemáticas y el arte del Ingeniero, y en este concepto son las que han dado á los trabajos de la sección, como ya lo hemos dicho anteriormente, un carácter de interés general.

Es hoy una cuestión muy debatida la de saber hasta qué punto y en qué grado deben recurrir los Ingenieros en la práctica de su arte al uso de las matemáticas, y correlativamente con aquella cuestión, hasta qué punto la enseñanza matemática debe llevarse á los alumnos Ingenieros y cuál es la forma que con preferencia debe darse á esta enseñanza.

En semejante debate cada uno evidentemente opina con arreglo á las tendencias particulares de su espíritu; pero es indudable que la cuestión debe ser tratada teniendo en cuenta consideraciones de orden puramente objetivo. No son solos los teóricos de las ciencias de las construcciones los que

proclaman la utilidad para los Ingenieros de una sólida educación matemática. En este concepto, el informe de M. Luiggi tiene una importancia grande. Nombrado recientemente Profesor de Trabajos marítimos en la Escuela de aplicación de Ingenieros de Roma, después de haber seguido una carrera de las más activas, en el curso de la cual se ha distinguido por muy importantes construcciones, emite la opinión de que nunca será excesivo cuanto se haga en el sentido de fomentar los progresos de la aplicación de las ciencias matemáticas al arte de las construcciones. Explícitamente lo afirma en la comunicación núm. 1, cuyos argumentos pueden resumirse así:

«Las grandes construcciones realizadas durante el siglo XIX no hubieran sido posibles sin el recurso de las matemáticas.

Para llegar á establecerlas cada día más grandes, como así lo reclama el progreso de la civilización, este recurso se impone con un carácter más y más indispensable.

Las diversas graves catástrofes ocurridas en ciertas construcciones deben, ante todo, ser imputadas á la insuficiencia de las fórmulas empleadas.

No solamente debe haber interés en perfeccionar los métodos de cálculo, sino que es preciso que desde la Escuela se habitúen los futuros Ingenieros á servirse de ellos prácticamente.

Con objeto de facilitar los cambios de ideas entre constructores y matemáticos, debe constituirse un núcleo intermediario de Ingenieros matemáticos que se ocupen únicamente de apropiarse los principios teóricos descubiertos por los segundos á la solución de los problemas prácticos que se presentan á los primeros.

«Estos Ingenieros matemáticos deberán, ante todo, someter á un severo examen crítico los métodos de cálculo ordinariamente empleados en sus países respectivos, con objeto de llegar á una unificación de estos métodos como se ha hecho para los ensayos de materiales.»

Italia ha sido en todo tiempo una tierra de elección para las matemáticas aplicadas al arte de las construcciones, hasta el punto de que han sido objeto de grandes preocupaciones de uno de los primeros obreros de su renacimiento artístico: Leonardo de Vinci.

En la comunicación núm. 2-M., el Profesor Canevazzi presenta un cuadro verdaderamente sorprendente del desarrollo de esta rama de las matemáticas aplicadas en Italia.

Después de demostrar que en los inmortales diálogos de Galileo se encuentra el verdadero manantial de la teoría de la resistencia de materiales, pone en evidencia el papel importantísimo que han desempeñado sus continuadores inmediatos. Marchetti, Fabbri, Viviani, Grandi, y después en el curso del siglo XVIII, Poloni, Lorgna, Frisi, Delanges, Ricati, Lambertini, Orsini, Mascheroni y Salimbeni.

En la segunda mitad del siglo XIX, el estudio de esta teoría ha tomado en Italia un nuevo rumbo. M. Canevazzi caracteriza los trabajos de los sabios italianos de este período por la introducción de la noción de la energía elástica, y el recurrir sistemáticamente á las propiedades de las formas homogéneas de segundo orden. Estos nuevos métodos, muy diferentes de los clásicos de Navier y de Bresse, están llamados á marcar en la ciencia del constructor una huella indeleble.

El cálculo geométrico de las piezas resistentes ha sido también en Italia objeto de una predilección señalada, pero sobre todo en Alemania es donde este método especial se ha

desarrollado, y no es fácil reconocer la contribución importante que á él han llevado los Ingenieros italianos.

Limitándose á no citar más que muertos entre esta pléyade de teóricos del arte de construir durante el período contemporáneo, M. Canevazzi recuerda en primera línea los nombres de Menabrea, de Castigliano y de Cremona, y termina haciendo observar que si es en Italia donde la teoría de la resistencia de los materiales ha tenido su plantel, parece también que por su desarrollo actual es donde debe encontrar una savia muy vigorosa.

La comunicación núm. 3 no se refiere, como las anteriores, á la cuestión del establecimiento de las fórmulas que puede tener necesidad de utilizar el Ingeniero, sino á la traducción en números de estas fórmulas. Efectivamente, á esto queda reducido en el último análisis la aplicación de las matemáticas á un objeto técnico, y es papel del matemático hacer tal operación, sencilla y rápida, sustrayéndola cuanto sea posible á toda causa de error. El ideal sería en este concepto tener para cada fórmula ó ecuación una tabla calculada de antemano, que hiciese reconocer el resultado en todo el campo de variación donde los datos quedan prácticamente comprendidos. Lo que puede hacer fracasar la generalización del empleo de un procedimiento tan ventajoso es, por una parte, el tiempo que exige frecuentemente la construcción de una tabla numérica, y por otra, la imposibilidad de recurrir á un número de entradas en la tabla superior á dos, lo que obliga á reducir todo cálculo á una serie de operaciones donde no entren sino dos parámetros en cada una. Pero estos obstáculos desaparecen gracias al empleo de procedimientos nomográficos, fundados en ciertas relaciones de posición establecidas entre elementos tomados respectivamente en diversos sistemas acotados, coexistiendo en un mismo plano, ó representados sobre diversos planos superpuestos móviles los unos con relación á los otros.

Los elementos acotados los más sencillos son los puntos, y la relación de posición más sencilla que se puede establecer entre ellos es la alineación, lo que hace prever *à priori*, que el método nomográfico más cómodo será el de puntos alineados. La experiencia, en efecto, lo ha demostrado, pues este método es el que más aplicaciones técnicas ha tenido en estos últimos años.

Al final de esta comunicación el autor anuncia que posee en el momento actual y en la Escuela de Puentes y Calzadas una colección de más de 300 ejemplos de aplicaciones técnicas de este método, procedentes de un gran número de técnicos franceses y del extranjero, y que puede poner con sumo gusto al examen de aquellos de sus colegas á quienes particularmente puede interesar el asunto.

En la comunicación núm. 5 el Profesor Claxton-Fidler proclama la alta importancia de las matemáticas para el progreso de la ciencia del Ingeniero, pero insiste sobre los peligros que se corren en su aplicación por la adopción de hipótesis insuficientemente fundadas. Insiste principalmente en que tales factores, que bien pueden despreciarse en el cálculo de las pequeñas construcciones, pueden, por el contrario, tener una importancia capital en las grandes. Su tesis se reduce en el fondo á decir que la intervención del instrumento analítico es indispensable, pero que debe ir precedida de un estudio puramente mecánico á fin de precisar claramente la dirección en la cual dicha intervención debe ejercerse. En apoyo de esta hipótesis cita varios ejemplos, de los cuales, y sin que esto sea un hecho explícito, es uno de los más elocuentes el desastre del puente de Québec.

En la comunicación núm. 6 el Profesor Swain emite ideas, algunas de las cuales han parecido á la mayoría de los asistentes al Congreso demasiado radicales, y de las que han protestado, como se verá más adelante.

Dichas ideas tienen el punto de partida, seguramente rebatible, de que las matemáticas no tienen estrictamente valor más que por sus aplicaciones, careciendo de valor propio para la educación general del espíritu. A consecuencia de estas premisas, el autor examina cuáles son las partes de las matemáticas que pueden considerarse como de un valor práctico, y en su vista las reduce á la aritmética, el álgebra y la geometría elementales, la trigonometría y los primeros elementos del análisis infinitesimal, enseñados, por supuesto, con ejemplos concretos. Las ecuaciones diferenciales no ofrecen, según él, interés alguno en el dominio de las ciencias aplicadas más que para los electricistas. De acuerdo en esto con otros muchos Ingenieros, preconiza para los cálculos prácticos los procedimientos geométricos con preferencia á los procedimientos analíticos, y formula, en fin, la opinión de que la enseñanza de las matemáticas en las Escuelas técnicas no debe darse más que por Ingenieros.

Á consecuencia de esta última comunicación el Profesor Runge, de Gottingen, ha declarado que en su concepto no se podía sostener el que la instrucción matemática de los Ingenieros estuviera limitada únicamente á los elementos del análisis infinitesimal, pues hay un gran número de problemas técnicos y de los más importantes que no pueden resolverse sino gracias á un profundo conocimiento de las partes avanzadas de la teoría de las ecuaciones diferenciales. Sin embargo, mantiene la opinión de que los Profesores encargados de enseñar las matemáticas á los futuros Ingenieros, deben estar al corriente de las necesidades de la técnica, á fin de evitar de que carguen sus programas con nociones desprovistas de toda utilidad.

Después de hacer constar que la mayoría de las personas presentes participaban de la opinión del Profesor Runge, el Presidente propuso someter á la aprobación del Congreso reunido en sesión plena un voto así formulado: «Resulta del cambio de opiniones que ha tenido lugar en la Sección III B, que sería muy de desear el que se provoque una relación muy estrecha entre los que se ocupan de perfeccionar los métodos matemáticos y los que tienen necesidad de aplicarlos á un objeto práctico. Á este efecto, la Sección vota que las matemáticas aplicadas á la ciencia del Ingeniero constituyan en el próximo Congreso el objeto de una Sección especial.»

Dicha Sección tendrá un doble objeto:

1.º Discutir los problemas generales planteados por la ciencia de las construcciones con objeto de obtener los métodos uniformes de cálculo que se deben recomendar á los Ingenieros.

2.º Poner en claro el *desideratum* á que se debe aspirar desde el punto de vista de la cultura matemática general.

Esta proposición, acogida muy favorablemente por la Sección III B, fué sometida en la sesión plena de clausura á todo el Congreso, que la aprobó con un voto unánime con esta disposición adicional:

«Además, la Sección III B propone la constitución de una Comisión internacional encargada de preparar los trabajos de esta nueva Sección. La composición de esta Comisión internacional se hará por la oficina del IV Congreso.»—O.