

Van provistas, desde luego, de interruptores que generalmente obran con prontitud; pero puede ocurrir, y á veces ocurre, que el interruptor no corte el circuito todo lo inmediatamente que es necesario. Puede, por lo tanto, suceder que la máquina se pare casi instantáneamente y el volante sufra, por lo tanto, un esfuerzo enorme. Además, en el momento en que el volante acaba de pararse, puede suceder que el interruptor obre, y en este caso, toda la fuerza del émbolo se aplicaría de pronto al volante para hacerlo girar, lo que significaría otro grandísimo esfuerzo para el volante. Es, pues, absolutamente preciso el poner el mayor cuidado en el tipo del volante, pues los accidentes en ellos causan terribles destrozos que, en cuanto á sus efectos, pueden considerárseles tan perniciosos como los de las explosiones de calderas, sino peores. Las velocidades angulares que están permitidas en América son mucho mayores que las que se encuentran en este país ó en el continente europeo. Allí, frecuentemente se consienten más de 90 pies por segundo, como se verá por algunas de las tablas, mientras que en la práctica inglesa no se considera seguro el pasar de 80 pies. Esto puede ser debido á la mejor calidad de la fundición americana.

En algunas estaciones de tranvías de América se han adoptado volantes de palastro, análogos, en su construcción, á una caldera ó á un puente. En las figuras 18 y 19 se muestran diferentes clases de estos volantes y también uno de fundición, de 15 pies de diámetro y de un peso de unas 49.000 libras, ó sea 22 toneladas. Los volantes así fabricados tienen, generalmente, el cubo de fundición de hierro con refuerzos, á los cuales se remachan los tirantes de la armazón de modo que se cargue sobre ellos el esfuerzo que de otra manera ejercería el armazón sobre los pernos que la sujetan al eje. Con el cubo van unidos unos palastros en forma de segmento, que se extienden hasta el borde superior del diámetro de la rueda, que de esta manera resulta llena. La unión de los segmentos se hace por medio de pestañas; por encima de ellos, y circularmente, van unos hierros remachados á través de cada segmento y del cubo. Los segmentos van generalmente reforzados por medio de unas piezas que se cosen al cubo por medio de pernos diagonales que actúan como tirantes.

El aro del volante está formado también por palastros y, generalmente, se rebordean hacia abajo después que la rueda ha sido montada y acuñada en el eje.

Los accidentes en los volantes se pueden atribuir á tres causas principales: 1.º, á mala calidad de la fundición ó defectos interiores; 2.º, á construcción ó disposición defectuosas, y 3.º, á excesiva velocidad. Al adoptar un volante, es fácil calcular sus diferentes piezas, de tal modo, que sea seguro poder pararlo dentro de ángulo determinado. Al estudiar este asunto en varios volantes de los que mejor resultado han dado en el trabajo de los tranvías, se ha hallado que su construcción es tal, que pueden ser parados en menos de una revolución completa y que el factor de seguridad varía entre 17 y 18.

Generadores.—Una cuestión importante es la clase de generadores que se han de emplear en la tracción eléctrica. Como en el caso de las máquinas de vapor, los generadores para tranvías (tabla 14), tienen que poder soportar grandes cargas, y aun sobrecargas, sin experimentar deterioros. Además, como uno de los polos está en comunicación con tierra, se debe cuidar que el aislamiento sea lo más perfecto posible. Como quiera que las cargas que

experimentan son en extremo variables, las dinamos, que generalmente se emplean para producir la luz eléctrica, necesitarían que constantemente se estuviese alterando en ellas la posición de las escobillas. Para evitar esto, se introducen, en los generadores para tranvías, fuertes inducciones magnéticas, lo que hace que no sea necesario el mover las escobillas y evita, asimismo, la producción de chispas. La práctica más general y mejor es emplear armaduras dentadas para el trabajo de los tranvías.

En cuanto á qué clase de arrollamiento se debe adoptar para el campo magnético, parece que, según los experimentos verificados con máquinas excitadas separadamente y de arrollamiento en derivación y «compound», las mejores para el trabajo de los tranvías, bajo todos conceptos, son los generadores «over-compound». La presión usual de la corriente empleada en las líneas de trolley es de 500 volts; y para esta tensión, las dinamos están construidas de tal manera, que la presión en los terminales, sin ninguna carga, es de 500 volts, la cual aumenta á 550 volts con la carga máxima. Las «over-compound» se pueden regular hasta un 10 por 100 variando una derivación de plata alemana que va colocada en las bobinas de series.

Las curvas representadas en la figura 20, y que se deben á la bondad y cortesía de las Compañías «British Thomson-Houston» y «Westinghouse», muestran el gran efecto útil producido por los generadores de tranvías con grandes variaciones en la carga.

PHILIP DOWSON.

Londres, 98.

APUNTES HISTÓRICOS DE LA ESCUELA ESPECIAL DE INGENIEROS

DE

CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

No creemos poder comenzar mejor esta reseña que transcribiendo literalmente los siguientes párrafos de la Memoria que sobre el estado de las obras públicas de España presentó el Excmo. Sr. Director general del ramo al Excmo. Sr. Ministro de Fomento en 18 de Junio de 1856:

«Así como no se concibe en el día la existencia de la profesión del abogado, del médico, sin que también existan al mismo tiempo establecimientos de enseñanza en los que se proporcione á los que se dedican á las carreras del foro ó de la medicina, los conocimientos que requiere el buen desempeño de su profesión, tampoco es posible imaginarse que una nación de la importancia de España, que tanto necesita para su futura prosperidad del desenvolvimiento de las obras públicas, y cuyo atraso científico ha sido tan lastimoso, si se ha de dirigir con acierto todo cuanto tiene relación con ellas, pueda pasar sin algún Instituto en que se dé á los Ingenieros la instrucción que los trabajos de su difícil carrera exigen. Esta Escuela, base ó cimiento del Cuerpo, es el elemento que más poderosa influencia ha ejercido y tiene que ejercer en la buena gestión de todos los intereses relativos al ramo de Obras públicas.

»Por no existir en épocas anteriores á la actual un establecimiento de esta clase, se invirtieron, sin conocimiento y sin fruto alguno para el país, sumas inmensas, que

empleadas por hombres expertos, pudieran haber producido beneficios sin cuento á España. Para comprender hasta dónde se ha dejado sentir la falta de esta Escuela en nuestro país, no hay más que estudiar la marcha de la construcción de nuestras carreteras en la segunda mitad del siglo anterior. Los errores entonces cometidos hicieron ver hasta la evidencia la necesidad de dar una educación profesional esmerada á los que habían de invertir gran parte de la fortuna pública en objetos del mayor interés para la generalidad.»

Para proceder con orden consideraremos dividido el tiempo que media desde fines del siglo pasado hasta nuestros días en seis épocas, que iremos examinando sucesivamente.

PRIMERA ÉPOCA

DE FINES DEL SIGLO XVIII AL AÑO 1834

A propuesta del ilustre Inspector general de Caminos, D. Agustín de Bethancourt, cuyo nombre es conocido en Europa entera, decretóse á fines del siglo anterior la creación de una Escuela en que recibieran su instrucción los jóvenes que hubieran de dedicarse á la ejecución de las obras públicas del Estado. Comprendió Bethancourt, desde que se le confió la Inspección, que el único medio de normalizar el servicio puesto bajo su dirección, y de extirpar los desaciertos que en la construcción y conservación de los caminos venían cometiéndose, era colocar al frente de las obras personas adornadas de los necesarios conocimientos, tan poco comunes á la sazón en España.

En Noviembre de 1802 principiaron los estudios en la Escuela, debiendo consignar como dato curioso, que en los primeros exámenes de ingreso que se verificaron fueron aprobados siete de los once aspirantes que se presentaron, y que tal fué la perseverancia de los cinco que en definitiva principiaron los estudios, tal la emulación que se les supo infundir, que los alumnos permanecían al menos ocho horas en la Escuela, siendo así que sólo había tres de asistencia obligatoria; todo ello consta en el informe dado al Excmo. Sr. D. Pedro Ceballos por el mismo Bethancourt en 28 de Abril de 1803.

De este mismo documento se infiere que la enseñanza estaba dividida en dos años. Estudiábanse en el primero la mecánica é hidráulica, la geometría descriptiva, los empujes de tierras y bóvedas, la estereotomía y el dibujo, y se dedicaba, el segundo, al conocimiento de los materiales, á la construcción de las máquinas empleadas en las obras, á la de los puentes, al estudio de las operaciones que deben practicarse en los ríos para prevenir sus estragos y al de los medios de conducir sus aguas, y finalmente, á la construcción de las obras de los caminos y canales, tanto de navegación como de riego. En los tres meses de más calor se ejercitaban los alumnos en aplicar á la práctica los conocimientos teóricos que habían adquirido.

No puede desconocerse que el plan de estudios era bastante limitado; pero no hay que perder de vista el atraso de la ciencia en aquella época, y que la creación de la Escuela fué de todos modos un gran paso dado en la administración de las Obras públicas, como se vió prácticamente al muy poco tiempo de salir los primeros alumnos. Y no fué este el único resultado que se obtuvo: en el ya citado informe de Bethancourt aparece que, apenas se abrie-

ron los estudios de la Inspección general, se aumentó en todos los establecimientos científicos de la Corte el número de discípulos que acudían á ellos con objeto de instruirse en las materias que se requerían para ingresar en la Escuela establecida en aquella época en el Buen Retiro. Este centro de enseñanza contribuyó, pues, desde el momento mismo de su instalación, á difundir el estudio de las matemáticas, tan descuidado entonces en nuestro país.

Por desgracia, nuestros vaivenes políticos no permitieron que la Inspección general y la Escuela dieran todos los frutos que naturalmente hubieran producido. Al regresar Fernando VII á España el año 1814 y derogar la Constitución entonces vigente, la Administración tenía por fuerza que resentirse de aquellas medidas políticas. Así fué, en efecto, y la Inspección y la Escuela desaparecieron, volviendo á sumirse las Obras públicas en el mismo desorden, en el mismo caos en que estuvieron envueltas durante el siglo anterior. Algo, sin embargo, se aminoraron los males, merced á la pericia de los alumnos que habían ya concluido sus estudios, entre los cuales no podemos menos de hacer una especial mención del Ilustrísimo Sr. D. Juan Subercase, que terminó la carrera el año 1807, y que en lo sucesivo tanto había de contribuir al lustre del Cuerpo de Ingenieros y tan alta había de colocar la reputación de su Escuela.

Restablecido en 1820 el régimen constitucional, restablecióse también casi al mismo tiempo la Inspección general, que tomó el nombre de Dirección, y la Escuela de Ingenieros civiles, ó de Caminos y Canales. Escasos fueron los resultados obtenidos, porque el año 1823 se puso nuevamente en vigor el gobierno absoluto, y otra vez desapareció aquel Instituto. Nos limitaremos á decir que en la Escuela del año 20 al 23 estaba dividida la enseñanza en tres cursos: el primero comprendía la mecánica racional y la geometría descriptiva, con sus aplicaciones á las sombras, á la perspectiva, á la gnomónica y á la estereotomía; el segundo la mecánica aplicada, los principios generales de arquitectura civil, y algunas nociones de física, mineralogía y geología; y el tercero y último la topografía y geodesia, los proyectos y construcción de caminos, puentes y canales, y las obras de ríos y puertos. El estudio del dibujo era común á los tres años.

Cerrada la Escuela en 1823, no volvió á restablecerse hasta poco después de la muerte del rey Fernando VII; es decir, casi á la vez que la nación volvía á regirse constitucionalmente; pero su examen corresponde ya á la segunda época en que dividimos esta reseña.

SEGUNDA ÉPOCA

DE 1834 Á 1848

Por Real decreto de 30 de Abril de 1835 se formó un Cuerpo denominado de Ingenieros civiles, dividido en dos Inspecciones, una de Caminos, Canales y Puertos, y otra de Minas, teniendo cada cual su correspondiente Escuela, debiendo observar que la de Caminos funcionaba ya desde el año anterior, y ha continuado sin interrupción hasta nuestros días, sin más diferencias que las introducidas por las modificaciones más ó menos profundas que en diferentes épocas ha experimentado su organización y régimen interior.

Al publicarse en 14 de Abril de 1836 el Reglamento del

Cuerpo de Ingenieros, incluyóse en el mismo el de la Escuela, en el que se disponía que para ser admitido como alumno era condición indispensable haber sido aprobado en un establecimiento, creado próximamente en la misma época, que tenía el nombre de *Colegio Científico*, y que debía ser una especie de Escuela politécnica, en que se cursaran los estudios comunes á las carreras de Ingenieros de Caminos y de Minas, así como á las de Ingenieros geógrafos y de bosques, que por entonces se proyectaba establecer. En el Colegio Científico se exigía para el ingreso examen de aritmética, álgebra elemental, geometría, trigonometría rectilínea, principios de la aplicación del álgebra á la geometría, dibujo de figura y traducción de algún autor latino. La enseñanza en el Colegio había de durar dos años, dedicados al estudio del cálculo diferencial é integral, mecánica racional, geometría descriptiva con sus aplicaciones á la perspectiva, sombras y estereotomía, máquinas, geodesia, física, química, arquitectura y dibujo topográfico y de paisaje.

Con semejante organización la Escuela de Caminos debía ser simplemente de aplicación, dividiéndose en tres años la enseñanza de las materias siguientes: complemento de arquitectura y estereotomía, mecánica aplicada á la ciencia del Ingeniero, construcción en general, y en especial de las diferentes obras del Instituto del Cuerpo, mineralogía y geología, dibujo y jurisprudencia administrativa y civil de las Obras públicas.

El Colegio científico no llegó á plantearse, y al poco tiempo se dispuso que las materias que en aquel establecimiento habían de cursarse se explicaran en la Escuela de Caminos, elevando, en su consecuencia, á cinco años la duración de la enseñanza, y conservando para el ingreso próximamente los mismos requisitos que se exigían en el Colegio, con algunas modificaciones, entre las que conviene indicar la de ser examinados los candidatos de traducción del idioma francés y la de dar mayor amplitud á los conocimientos de Matemáticas.

Lo que llevamos dicho prueba ya que desde un principio se procuró colocar la Escuela á una gran altura científica, pues los conocimientos que en 1836 se requerían para entrar en el Cuerpo de Ingenieros eran todo lo completos que podían desearse en una época en que España se encontraba en un gran atraso, no sólo por las profundas huellas que habían dejado los acontecimientos políticos de que fué teatro la Península desde principios del siglo, sino por la guerra civil que en aquellos instantes preocupaba todos los ánimos y absorbía todas las fuerzas vitales de la nación. Consecuencia forzosa de tal situación era que fuesen muy cortas en número las personas dedicadas al estudio de las ciencias físicas y matemáticas, y más escasas todavía las que habían cultivado las aplicaciones de aquellas al arte de construir. Este fué, sin duda, el principal escollo que tuvo que salvarse al restablecer la Escuela, y tan es así, que á pesar de haber reducido cuanto racionalmente se podía el número de profesores, se tuvo que recurrir al medio, indispensable entonces, aunque de graves inconvenientes, de encargar el año 1837 de algunas de las clases de los primeros años á alumnos de la primera promoción, esto es, de la que verificó su entrada en la Escuela el año 1834.

También era forzoso luchar con otro obstáculo proveniente de la desconfianza natural que habían de experimentar los jóvenes de dedicarse á una carrera que por dos

veces se había establecido y que otras tantas había desaparecido después de un corto número de años de existencia. Algo remediaba este inconveniente el Reglamento, prefijando clara y terminantemente el empleo que obtendrían los alumnos al terminar sus estudios, estableciendo una plantilla para el Cuerpo y dando á aquéllos el derecho de ingresar en clase de aspirantes segundos y cobrar una pensión al principiar á estudiar el cuarto año. Pero es muy probable que estas disposiciones no hubiesen producido todos los frutos que se apetecían, sin la poderosa iniciativa, la firmeza de carácter, los vastos conocimientos y el acrisolado patriotismo del Ilmo. Sr. D. Juan Subercase, de quien antes hemos hablado, y que siendo Subsecretario interino del Ministerio de la Gobernación, fué nombrado Inspector general del Cuerpo y Director de la Escuela el año 1837.

Pronto, muy pronto, se hicieron sentir los efectos de tan acertada elección. La rigurosa disciplina que en la Escuela se estableció; la saludable severidad en los exámenes; la vigilancia que el Director ejercía en todas las clases, en todos los trabajos á que se consagraban los alumnos en las ocho horas de permanencia en la Escuela; el fruto que sacaban de los ejercicios prácticos que el Reglamento prescribía, y que el mismo Subercase solía dirigir; el entusiasmo y el espíritu de cuerpo que logró infundir en los jóvenes desde que ingresaban en la Escuela, todo contribuyó á que este Establecimiento alcanzase, á los pocos años de su creación, un grande y merecido renombre; á que su organización sirviese de pauta á las demás Escuelas facultativas, militares y civiles; á que los Ingenieros salieran de él con una instrucción sólida y en disposición de resolver los más arduos problemas de su carrera y á fomentar en España la afición al estudio de las ciencias exactas, tan descuidado en los años anteriores. Para justificar este aserto, basta exponer que en 1834 apenas habia en Madrid profesores dedicados á la enseñanza de las matemáticas elementales, y que gracias á las Escuelas especiales en general, y muy en particular á la de Caminos, fué aumentando sucesivamente su número hasta llegar á adquirir esa profesión el prodigioso desarrollo que hoy tiene.

No creemos necesario, para el objeto que nos proponemos, entrar en mayores detalles relativos al Reglamento de 1836, y sólo añadiremos que los alumnos, al terminar sus estudios, eran promovidos á ayudantes segundos (hoy Ingenieros segundos) del Cuerpo, si había plazas vacantes en la plantilla, y en caso contrario, á aspirantes primeros, con opción á ocupar, por orden de rigurosa antigüedad, las plazas de Ingenieros que fuesen vacando.

El año 1839 salió la primera promoción, á cuya cabeza figuraba el Ilmo. Sr. D. Calixto de Santa Cruz, que más adelante debía ser el digno continuador de la obra de Subercase, pues como acertadamente se decía en la necrología de aquél, si Subercase es la personificación de la antigua Escuela, Santa Cruz lo es de la moderna.

La Escuela siguió funcionando sin modificación alguna trascendental en su organización hasta que por Real decreto de 11 de Enero de 1849 se le dió nueva forma, disponiendo que los dos primeros años se estudiaran en una Escuela preparatoria para las especiales de Caminos, Minas y Arquitectura, que al mismo tiempo se creó; pero como quiera que esta circunstancia es de bastante importancia en la historia de la Escuela, parece más natural que aquí abramos un nuevo periodo.

No terminaremos, sin embargo, el que ahora reseñamos, sin dejar consignado que en los años que comprende se fué perfeccionando cada vez más la enseñanza y exigiendo más requisitos para el ingreso, que contribuyeron á realzar el prestigio científico de que siempre gozó la carrera del Ingeniero de Caminos. En comprobación de lo que acabamos de decir, conveniente será consignar que en 1842 se aprobó un Programa para la admisión, según el cual los candidatos debían haber probado los estudios de la primera y segunda enseñanza, y examinarse en la Escuela de aritmética, álgebra elemental y superior, geometría especulativa y práctica, trigonometría rectilínea y esférica, aplicación del álgebra á la geometría, con inclusión de las superficies de segundo grado, principios de dibujo y traducción correcta del idioma francés. Comparando estas materias con las que se exigían en 1836 para entrar en el Colegio científico, se notan, desde luego, dos mejoras importantes: una la de obligar á los candidatos á adquirir los conocimientos de segunda enseñanza, y otra la de ensanchar el círculo de los estudios de Matemáticas elementales, que se exigían con la extensión que tienen en la obra traducida de Lacroix, y que estaban, por lo tanto, á la altura que correspondía á los adelantos de la época.

TERCERA EPOCA

DE 1849 Á 1855.

Resucitada la idea que se tuvo al crear el Colegio científico, y á imitación de la Escuela politécnica francesa, establecióse, según acabamos de indicar, por Real decreto de 6 de Noviembre de 1848, un centro de enseñanza con el nombre de Escuela preparatoria para las especiales de Caminos, Canales y Puertos, de Minas y de Arquitectura, en la que debían cursar los jóvenes que se dedicasen á estas tres carreras las asignaturas comunes á las mismas. Al Real decreto de creación de esta Escuela acompañaba el correspondiente Reglamento, de cuyas disposiciones generales haremos una breve reseña. Se exigían para el ingreso condiciones semejantes á las que se requerían en 1846 para la admisión en la Escuela de Caminos, con la única diferencia esencial de que los estudios de segunda enseñanza se limitaban á los más indispensables, esto es, á la gramática castellana, geografía, nociones de historia natural y religión y moral.

La enseñanza en la Escuela preparatoria duraba dos años. Comprendía el primer año el cálculo diferencial é integral, la geometría descriptiva y la física y nociones de química: el segundo año abrazaba la mecánica racional, las aplicaciones de la geometría descriptiva á las sombras, perspectivas, gnomónica, formación de cartas geográficas, trazado de engranajes, y la topografía y geodesia. El dibujo de paisaje y el topográfico se aprendían respectivamente en el primero y segundo año, y el de lavado en ambos, así como también se ejercitaban los alumnos en la ejecución de todas las operaciones gráficas exigidas por el estudio de las clases orales.

Por lo demás, el régimen interior y la disciplina de esta Escuela apenas se diferenciaban de lo establecido en la de Caminos, que, como antes hemos dicho, ha servido de modelo á los diferentes centros científicos de enseñanza, ya militares ó civiles.

Este Reglamento sufrió posteriormente algunas modificaciones, aprobándose uno nuevo por Real decreto de 12

de Febrero de 1852; pero como quiera que sus principales innovaciones se referían al modo de calificar á los alumnos y á los requisitos para ganar curso, no creemos necesario entrar en mayores detalles.

La creación de la Escuela preparatoria exigía una modificación en el Reglamento de la de Caminos, que no se hizo esperar, pues por Real decreto de 11 de Enero de 1849 se aprobó el que en lo sucesivo había de regir. Disponía que las materias que habían de estudiarse en la Escuela eran las siguientes: mecánica aplicada, estereotomía, mineralogía y geología, máquinas, tres cursos de construcción, arquitectura civil, abastecimiento de aguas y derecho administrativo, además de los ejercicios gráficos y prácticos correspondientes á cada uno de los cuatro años en que se dividían las citadas asignaturas. Para que se comprenda bien los estudios que en esta época se exigían á los Ingenieros, es preciso tener en cuenta que el primer curso de construcción comprendía el estudio de los principios fundamentales del arte de construir los puentes, los viaductos y los subterráneos; el segundo abrazaba la construcción y conservación de los caminos ordinarios y de hierro y la telegrafía, y el tercero el encauzamiento y navegación de ríos, el embalse de aguas, los canales de navegación, riego y desecamiento, las obras de puertos y el alumbramiento de las costas. Alguna más extensión se daba á muchas de estas materias, respecto á la con que antes se explicaban, y esto justificaba el que se aumentase en un año la duración de la enseñanza; pero bueno es advertir que este aumento no llegó á realizarse hasta 1855, mediante excepciones que sucesivamente se concedieron, fundándose, ya en derechos anteriormente adquiridos por los alumnos, y ya más principalmente en la necesidad imperiosa de aumentar el número de Ingenieros para atender al desarrollo creciente que, merced á los brillantes resultados de la Escuela y á los mayores recursos del Estado, iban adquiriendo las Obras públicas en España.

Para ingresar en la Escuela se necesitaba sufrir un examen de oposición á las plazas que anualmente se señalaban, teniendo sólo derecho á inscribirse los alumnos de la Escuela preparatoria que hubiesen obtenido, por lo menos, la calificación de *buenos por pluralidad* en las materias enseñadas en ella. La oposición versaba únicamente sobre mecánica racional y geometría descriptiva, con sus aplicaciones.

Las disposiciones contenidas en el Reglamento de 1849, relativas al ingreso de los alumnos en el Cuerpo y al régimen interior del establecimiento, sólo diferían en pequeños detalles de lo que antes de aquel año se hallaba preceptuado; notaremos, sin embargo, la innovación introducida de reducir á siete las ocho horas que los discípulos permanecían en la Escuela.

Poco tiempo después de ponerse en vigor este Reglamento, se introdujo en él una modificación de detalle, pero que conviene dar á conocer. Según aquél establecía, era condición indispensable para ganar año obtener, al menos en los exámenes de fin de curso, la nota de *bueno por pluralidad* en todas las asignaturas; para repetirlos, se necesitaba ser calificado con la de *mediano por pluralidad*, siendo separados de la Escuela los que fuesen calificados con notas inferiores, así como los que no resultasen aprobados después de repetir el curso. Á los que obtuviesen la censura de *mediano por unanimidad*, se les permitía con-

tinuar sus estudios en clase de alumnos externos, reservando el derecho de adquirir el título de *Director de caminos vecinales* á los que siguieran con la misma nota los estudios correspondientes á todos los años, menos el último. Por Real orden de 16 de Octubre de 1849, se concedió á los alumnos de la Escuela el derecho de repetir examen parcial, siempre que fuesen desaprobados con nota de *medianos* en una sola clase y aprobados en todas las demás, quedando, por lo tanto, reformadas las condiciones para ganar curso en el sentido de dar algunas mayores facilidades á los alumnos.

(Se concluirá.)

REVISTA EXTRANJERA

Teoría del endurecimiento de los cementos hidráulicos calizos, por el Dr. W. Michaelis.

(Conclusión)

El proceso del endurecimiento hidráulico en el caso de los cementos hidráulicos calcinados, de la cal hidráulica, de los cementos romanos y de los cementos de Portland es algo más complicado.

Los cementos de escorias, salvo algunas excepciones, son semejantes á los cementos de puzolanas. Cuando se añade agua á estos productos, el aluminato de calcio fragua primero (con tal que no se haya vuelto inerte por absorción de agua de la atmósfera ó por el agua y yeso que pueda contener la mezcla); así la cal condensada y dividida, y el ferrato de calcio se combinan con el agua. Bajo la influencia de una solución de cal se realiza el mismo proceso de hidratación con entumecimiento de los factores hidráulicos, tal como se ha explicado ya.

Todos los cementos calizos calcinados deben ser considerados como silicatos de aluminio disociados descompuestos por la cal, salvo en el caso en que contengan solamente sílice hidráulica y cal. El fraguado rápido se produce en este caso por el aluminato de calcio, el cual, aun fundido, una vez pulverizado absorbe agua inmediatamente con gran desprendimiento de calor. El fraguado lento se efectúa absorbiendo agua la cal condensada en primer lugar, y después los factores hidráulicos; el mismo proceso se realiza á consecuencia de la influencia del agua de cal sobre los factores hidráulicos, y de la reacción de éstos sobre el hidrato de calcio; se forma un hidrosilicato coloidal de calcio. Pero la sílice no puede combinarse con más de $1\frac{1}{2}$, equivalentes de cal próximamente, el óxido de hierro absorbe 2 y la alúmina 2 y $\frac{1}{2}$ á 3. La cal que existe en exceso sobre estas proporciones está completamente libre y solamente rodeada más ó menos por el ácido hidrosilícico. La cal libre cristaliza en su mayor parte como monohidrato.

La sílice retiene, sin embargo, la cal, envolviéndola más enérgicamente que la alúmina; el compuesto de hidrato de calcio con óxido de hierro es muy poco estable. Los factores hidráulicos absorben la totalidad del agua de la mezcla con tal que no se halle combinada con la cal ó con sulfato de calcio.

El fraguado es un proceso exclusivamente de absorción de agua; el endurecimiento y aumento de resistencia resultan realmente, en primer lugar, de la unión del hidrato de calcio con la sílice, producida por la atracción superficial, y luego de los

compuestos cristalinos de cal con alúmina y óxido de hierro. Este proceso se verifica gradualmente á medida que aumenta la expansión y se van rellenando todos los intersticios con los compuestos de cal que se forman. De aquí se deduce la necesidad de la presencia en todas partes de un exceso de cal durante la absorción del agua, y de que el entumecimiento quede comprendido entre ciertos límites para que pueda formarse una masa realmente sólida; porque si la sílice ha completado su hidratación bajo la sola influencia del agua de cal, no puede, á causa de su poca estabilidad, endurecerse con la pasta de cal; no produce entonces más que una crema blanda muy cargada de agua; pero si durante la hidratación se encuentra en presencia de hidrato de calcio sólido (monohidrato), se consolida y da una masa tanto más firme cuanto más densa es la masa de la mezcla que constituye el mortero.

La observación demuestra con mucha claridad que la nota característica común del endurecimiento de los cementos calizos consiste en un proceso de expansión; así es que cuando va aumentando el endurecimiento no puede menos de reconocerse una condensación creciente.

Los álcalis cáusticos, la barita y la estronciana, según mis observaciones, no comunican á la sílice la propiedad de entumecerse absorbiendo agua.

El manganeso tampoco goza de esta propiedad, porque es insoluble en el agua y no bastante cáustico; el hidrato de magnesita no produce un mortero susceptible de endurecimiento con ninguna puzolana. Puede formar en el cemento hidráulico calcinado un aluminato de magnesita, que se endurece hidráulicamente y puede tomar parte en el endurecimiento hidráulico por cuanto se transforma en hidrato y carbonato, y de este modo forma una parte insoluble del mortero; el silicato de magnesita formado al fuego es una materia inerte ó inactiva.

La sílice es evidentemente el elemento esencial de los cementos hidráulicos; por razón de su cantidad y del papel importante que desempeña en las masas de cemento, éstos resultan tanto mejores, á igualdad de las demás condiciones, cuanto más ricos son en sílice hidráulica, al menos en cuanto á las principales condiciones que aquí tenemos en cuenta, que son el endurecimiento y la duración en el agua. Por lo tanto, no hay mejor puzolana que la misma sílice hidráulica condensada por una calcinación intensa, ó de entre las puzolanas naturales, el ópalo y la tierra de Santorino, que son aún más ricas que el tras en sílice activa; porque cuanto más ricos en sílice hidráulica sean estos cementos, mayor es el entumecimiento que experimentan bajo la acción de la cal, y cuanto más densos sean, llegan á hacerse más impermeables.

La tierra de Santorino es considerada con razón como un excelente elemento para obtener buen mortero; resiste á la influencia química del agua del mar de un modo muy notable. Este modo de formación de los morteros hidráulicos explica también, al mismo tiempo, el valor relativamente pequeño de estos productos empleados al aire libre, donde se hallan expuestos á la desecación; porque la hidratación y entumecimiento progresivos de los factores hidráulicos, que los hacen aptos como morteros de agua, aceleran en la misma proporción su desagregación al aire libre, donde los hidratos de sílice y de aluminio pierden, aun á las temperaturas ordinarias, casi toda su agua de hidratación, y á consecuencia de esto se contraen, se agrietan y se