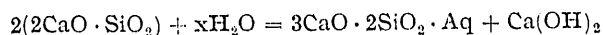
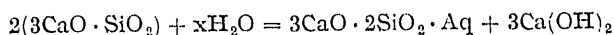


a trabajos no publicados de mi laboratorio), resulta sumamente probable que, al hidratarse los silicatos altos en cal, se produzca un hidrosilicato que por cada 2 moléculas de sílice contenga 3 moléculas de cal, según fué establecido ya por W. Michaelis¹ hace veintiséis años, y tal como han considerado posible también Lerch y Bogue, a base de mediciones del pH. De confirmarse la existencia de un hidrosilicato de la fórmula $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{Aq}$, no hidrolizable por el agua de cal saturada, dicho compuesto debe tener su origen en la hidrolización tanto del silicato tricálcico como del dicálcico contenidos en el cemento portland, en cuyo caso la hidratación de ambos silicatos se efectuará según las siguientes ecuaciones:



Esta relación nos permite asimismo calcular la *cantidad máxima de hidrato cálcico* que puede ser puesta en libertad durante el endurecimiento de un cemento portland. Supongamos que se trate de un cemento con alta dosis de cal, pero que no contenga nada de óxido cálcico libre, y en el que, además, toda la sílice se halle combinada en forma de silicato tricálcico; en tal caso resultará que por cada 2 moléculas de sílice quedarán en libertad 3 moléculas de hidrato cálcico. Un sencillo cálculo demuestra que si, por ejemplo, el cemento contuviera un 20 por 100 de sílice, podría transformarse en hidrato cálcico un 28 por 100 de óxido cálcico. Como ya se ha dicho, esto sería un *valor máximo*; en realidad, la cantidad de hidróxido cálcico que se forma es notablemente inferior, ya que, junto con el silicato tricálcico, existe siempre en el cemento silicato dicálcico; por necesitarse asimismo cierta cantidad de cal para la formación del hidroaluminato tricálcico, partiendo del compuesto de Brownmiller, y, finalmente, porque es imposible moler un cemento a finura tal que todas sus partículas tomen parte íntegramente en la hidratación.

Muy distintas son las circunstancias cuando se trata de la hidratación de los *cementos de alúmina*. En ella se forma sólo una reducida concentración de cal, y, por consiguiente, la hidrólisis tiene que dar lugar a un hidrosilicato cálcico mucho más bajo en cal que el que hemos tenido que admitir para el cemento portland endurecido. Queda aún por aclarar si realmente se trata de un hidrosilicato monocálcico; considero perfectamente posible que tengamos que aceptar un

silicato cálcico todavía más bajo en cal, y aun tal vez hidrato silícico libre. Desde luego, este punto no tiene gran importancia, pues cuando los cementos aluminosos son de buena calidad tienen que contener muy poca sílice.

Hidroferritos cálcicos.—Los ya mencionados trabajos de los Sres. Wang y Berchem, llevados a cabo el año pasado en mi laboratorio, en ningún caso permitieron observar nuevos compuestos con hierro en el cemento endurecido. En contra de la opinión generalmente aceptada de que los ferritos cálcicos se hidratan, mi creencia hoy día es de que no existen en el cemento endurecido compuestos hidratados de cal y óxido férrico. Es muy probable que los ferritos existentes en el cemento cocido permanezcan invariables durante la hidratación. Si se produjeran compuestos hidratados de hierro, es probable que los cementos fraguados adquiriesen una tonalidad parduzca. La hidratación del alúmino-ferrito-tetracálcico hay que suponer que se efectúa (según se ha indicado ya) disociándose el compuesto y dando lugar a un aluminato cálcico hidratado y a un ferrito cálcico no hidratado.

Hidratos complejos.—Si los elementos cálcicos contienen compuestos de ácido sulfúrico, de cloro o de diversos otros iones, entre estas sales y el hidroaluminato tricálcico se forman combinaciones complejas, como son, por ejemplo, el *sulfoaluminato cálcico* ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO} \cdot \text{SO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$), de Candlot y Michaelis, y el *cloroaluminato cálcico*, de Friedel ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaCl}_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), y los de diversos otros aniones que fueron descritos especialmente por Forsén¹.

Es importante el hecho de que sólo el hidroaluminato tricálcico parece poseer la aptitud de formar tales compuestos complejos; el hidroaluminato dicálcico no forma, en cambio, compuestos semejantes. Los compuestos complejos del hidroaluminato tricálcico sufren con relativa facilidad la hidrolización, y, por consiguiente, sólo se forman cuando existe una elevada concentración en cal, según ya se ha dicho al tratar de la estabilidad del hidroaluminato tricálcico, y como condición previa para la misma. Las sales complejas del ácido sulfúrico y del cloro son las causas de que se produzcan las expansiones por el yeso y por el cloro; estas expansiones pueden, por consiguiente, presentarse sólo en los casos en que se reúnan las condiciones necesarias para que dichas sales puedan formarse.

La teoría del gel será objeto del próximo artículo.

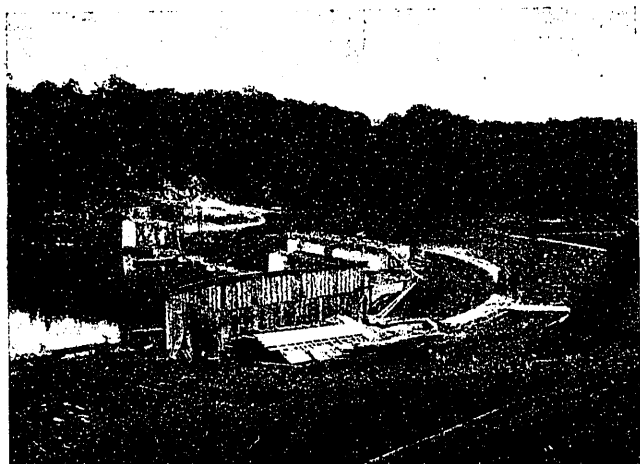
¹ "Protok. d. Verh. d. Vereins Deutsche Portl. Zem. Fabr.", 1926, pág. 149.

¹ "Protok. d. Verh. d. Vereins Deutsche Portl. Zem. Fabr.", 1930, pág. 161.

Puente del río Nalón, en Valduno

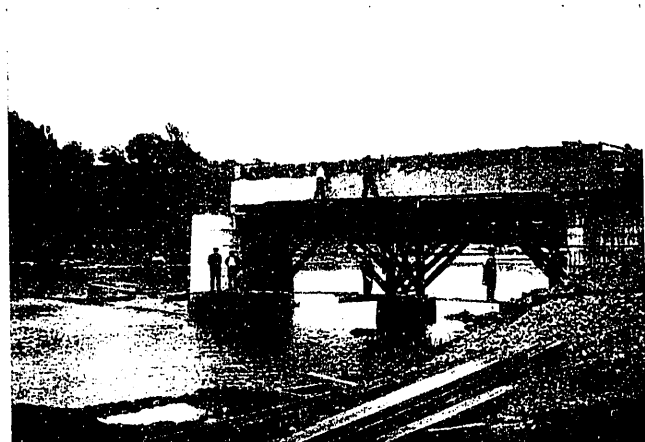
Este puente lleva el número 28 de las obras de caminos vecinales y puentes económicos pertenecientes al cuarto concurso, debiendo ejecutar la Diputación de Oviedo los cimientos por administración y contribuyendo el Ayuntamiento de Las Regueras a las obras de superestructura.

Al hacerme cargo de este servicio, como ingeniero de la Sección de Vías y Obras provinciales, me encontré con un proyecto aprobado formando el puente con cinco tramos rectos, de la Colección oficial para caminos vecinales. La orden de construcción de cimientos la pedimos, y se nos dió con la facultad de



Situación de las obras en 29 de septiembre de 1930

modificar las luces, si así se estimase necesario, por la naturaleza del lecho de acarreo y profundidad del terreno firme, acudiendo a la Jefatura de Sondeos en caso preciso.



Tramo recto de la margen izquierda en 29 de septiembre de 1930

Tuvo este puente un enemigo fundamental para la cimentación, que es el ennegrecimiento del agua del Nalón, producido por el lavado de carbones, que por sí solo justificaría la intervención de la Jefatura de Sondeos; pero las exploraciones practicadas en varios perfiles transversales del río acusaban, en el elegido por más favorable, la existencia de roca claramente definida a unos 15 m de distancia de cada margen, y gruesos regodones, que se consideraban como roca, hacia el centro del río.

No hay manera de desviar éste, y, por lo mismo, creímos conveniente buscar un apoyo central y voltear dos arcos a fin de evitar la costosa cimentación de dos bases en el río, conforme al proyecto aprobado; y como de gestiones particulares cerca de la Jefatura de Sondeos resultaba la posibilidad de perder el verano de 1928, decidimos aprovechar el

estiaje haciendo un tabiestacado que permitiese el agotamiento para cimentar en el caso de que la roca se encontrase.

Después de agotar, en el lugar elegido en el centro del río, dos metros de agua, se clavó en diversos puntos del recinto una barra de acero de 4 m de longitud, que no encontró suelo firme, haciendo presumir que donde rechazaba seguían los cantos rodados que se encontraron, y como era de análoga fisonomía el fondo de la parte central del río, y estábamos satisfechos del buen resultado del tabiestacado de madera, buscamos, lo más lejos posible de las

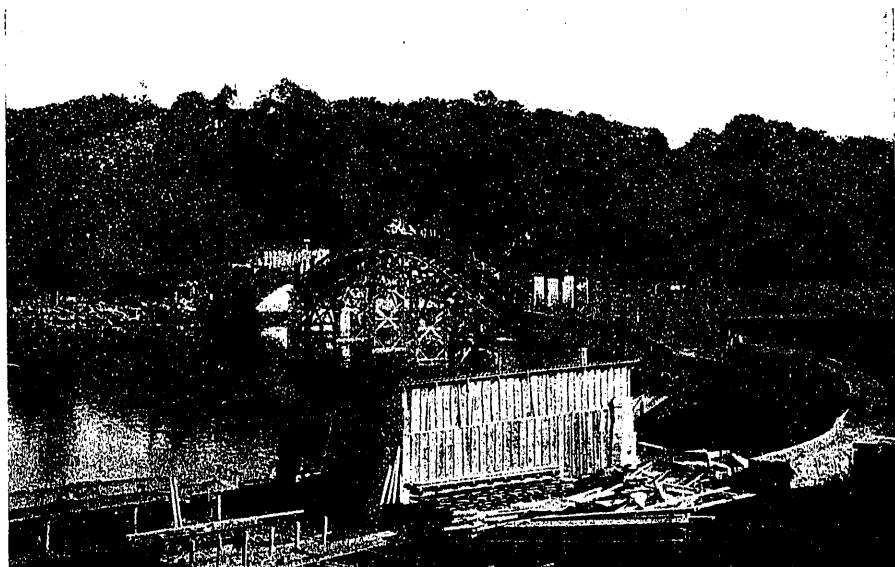


Tramo recto de la margen derecha en 29 de septiembre de 1930

márgenes, los puntos donde no había duda de la existencia de la roca, por las puntas que el filón acusaba, resbalando después por sus paramentos, para allí levantar pilas basadas con plena garantía.

De esta manera podría voltearse un arco, si bien carecía de estribos, por la necesidad de respetar el desagüe y la dificultad, por otra parte, de aumentar el recinto del tabiestacado, sin grandes probabilidades de que se forzasen las filtraciones hasta donde no llegaran a ser agotadas por la bomba, capaz de desalojar 5 000 litros por minuto.

Es decir, que la solución adoptada es la que se concibió a la vista de las incidencias surgidas, que



Situación de las obras en 1.º de noviembre de 1930

dieron por resultado el proyectar un arco de 44 m de luz, cuya componente vertical de empuje en los arranques es absorbida por las pilas, y la horizontal, también de cada lado, por dos tramos rectos de 14 m, pues un tramo recto central en celosía daría lugar a grandes masas de hormigón armado, y hemos querido prescindir de soluciones metálicas, tanto en tramos como en tirantes, por los inconvenientes que origina su conservación.

Para que los empujes sean menores y mayor el contrarresto, hicimos el arco de simple vía y de doble los tramos laterales.

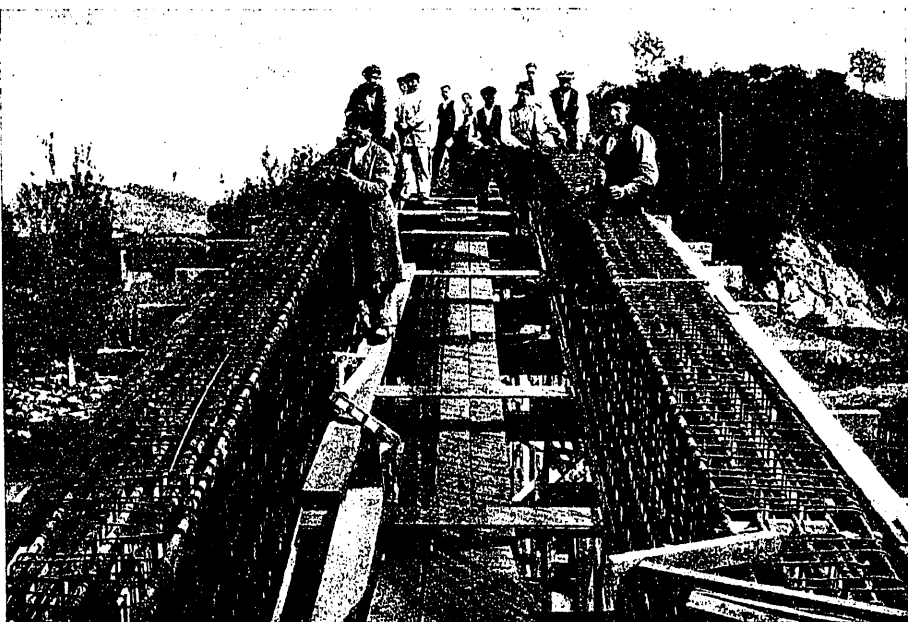
Se compone el tramo central con dos vigas en arco de 50 centímetros de anchura y espesores de 80 cm en la clave y 130 en los arranques. Se rebasan al 1/10, y su forma es la parabólica de segundo grado.

Conveniencias de rasante, economía de material y necesidad de arriostrar entre sí ambos arcos, nos han hecho formar la superficie de rodadura por el mismo arco, en la clave y sus tangentes, al 5 por 100 de pendiente por cada lado, formando un conjunto simétrico.

Así queda en el medio central del arco formada una π , cuyo empleo está tan preconizado en esta clase de obras, y en los dos cuartos laterales se gana la altura del piso con pilares que sustentan dos lar-

ponen a la altura necesaria para el centrado del empuje.

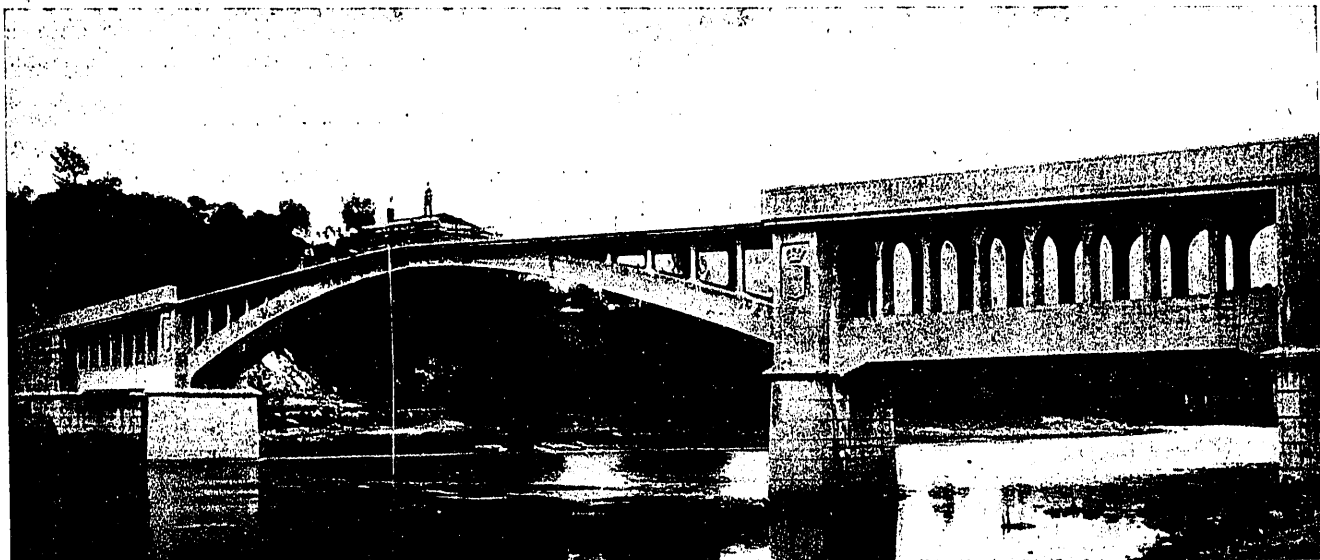
Para continuar dando aspecto de robustez a estos tramos, se gana la altura del piso con tabiques sobre los que se voltean arcos de medio punto que tienen



Construcción de las armaduras metálicas de los arcos en 1.º de noviembre de 1930

de profundidad la dimensión transversal de la viga, que acabamos de decir que es de 70 cm, y sobre cuyo enrase va el forjado.

La calzada central tiene 2,50 m, y va comprendi-



Vista general del puente en 15 de septiembre de 1931

gueros sobre los que se tiende el forjado, de uno a otro y en voladizo.

Los tramos laterales se integran cada uno por dos vigas de $0,70 \times 1,50$ m, que distan entre ejes 2,10, igualmente que los arcos, cuyo empuje horizontal van a soportar, a cuyo efecto se dis-

da entre aceras de 85 cm; las laterales miden 4,20 m, entre aceras de 0,50 m. Son de hormigón aceras y calzada, que en la primera oportunidad regaremos con alquitrán. Su bombeo está invertido porque los vehículos pisan hacia el mordiente, donde conviene mayor altura, a la vez que se desagua entre las dos

vigas sin mancharlas. Las aceras vierten hacia fuera. Van provistas de angular de defensa del borde, y exteriormente tienen goterón.

La barandilla del tramo central es de hierro galvanizado y la de los laterales de hormigón armado,

en consonancia con el grado de robustez que conviene que presenten ambas fábricas.

Acompañamos fotografías de diversas fases de la obra, de la que seguiremos hablando en nuevo artículo.

L. G. OVIES
Ingeniero jefe de Caminos

Averías en cajones de hormigón armado empleados en la construcción de diques de abrigo

En el número de la REVISTA correspondiente al 1.º de diciembre último aparece un artículo de P. Aragónes describiendo y comentando una avería ocurrida en un cajón de hormigón armado colocado en el puerto de San Esteban de Pravia.

La circunstancia de haberse presentado una avería análoga, por no decir igual, en las obras del puerto de Llanes, de las que estoy encargado, y de cuyo proceso de formación he sido testigo, me permite ampliar un poco las ideas que sobre las causas de su iniciación indica acertadamente Aragónes, y, sobre to-

cos de lastre fijo que llevan, su desplazamiento total es de 1315 toneladas, lo cual les da un calado normal de 5,20 metros.

La primera dificultad con que tuvo que luchar el contratista fué la de elegir el lugar para ejecutar la grada de construcción y lanzamiento de los cajones, ya que, estudiado muy ligeramente este punto en el proyecto primitivo, resultó que en la ría de Llanes y costa inmediata no había lugar apropiado para la construcción, por carecer de calado suficiente en los puntos en los que había algo de abrigo. Por fin se hubo de recurrir a construirlos en la concha de Gijón, en lugar abrigado de los temporales del cuarto cuadrante por el dique Norte del Musel. El sitio escogido obligó a transportar los cajones a flote las 60 millas de distancia éntre Gijón y Llanes. Un temporal presentado durante el transporte de uno de ellos demostró las excelentes condiciones de estas estructuras en el mar, pues, a pesar de haberse perdido el remolque, el personal que iba a bordo no corrió peligro alguno.

En cambio, sus condiciones como objeto remolcado son pésimas. Con un remolcador de 750 CV y remolques de más de 200 metros no se pudo obtener más de dos millas por hora de velocidad de transporte.

La segunda dificultad encontrada, en cierto orden análoga a la fijada por Aragónes para los cajones de San Esteban, fué la de no poder entrar con los cajones en el puerto de Llanes, lo cual ha obligado a tenerlos en el puerto de construcción hasta el verano y transportarlos en esta época, dejándolos fondeados provisionalmente en una playa exterior sin abrigo, en espera de las condiciones de mar excepcionales que se necesitan para su colocación en obra.

En el caso de Llanes fué preciso decidir la colocación del primer cajón aún algo avanzada la estación, porque, para ejecutar el cimientó de sacos de hormigón sobre el que insiste aquél, hubo necesidad de volar unas rocas submarinas que eran las que constituían el único abrigo para la entrada del puerto, y, de no haberlo colocado, quedarían los pescadores expuestos a arriesgar sus vidas de un modo cierto durante las costeras del invierno.

Colocado el cajón felizmente en su asiento, se procedió inmediata y rápidamente a su relleno. El procedimiento empleado para ello difiere del señalado para San Esteban de Pravia en que se ha prescindido de la superestructura móvil de bloques de hormigón colocados sobre la cubierta: primero, porque esto exigía un medio auxiliar de gran importancia, titán o cabria flotante, desproporcionado con la cuan-

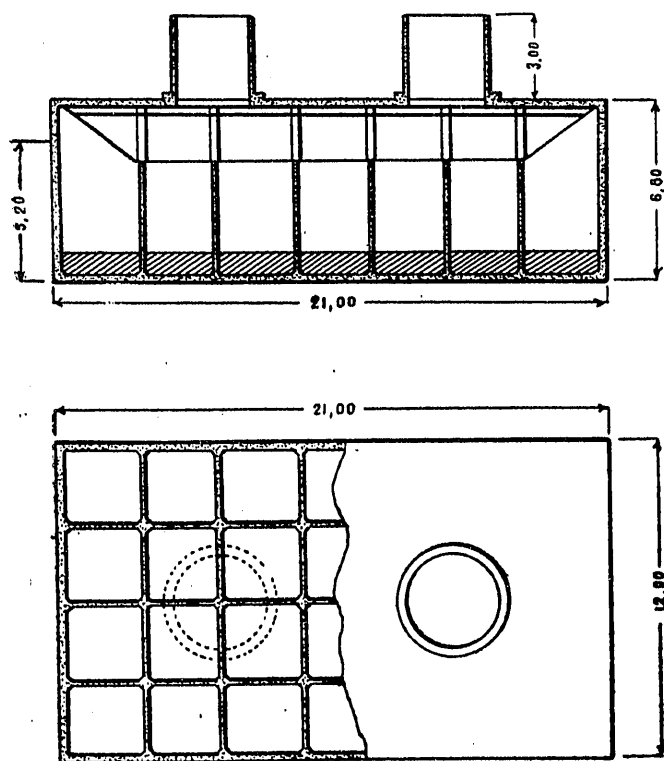


Fig. 1. Corte longitudinal y planta de los cajones del puerto de Llanes

do, justificarlas con fotografías tomadas oportunamente, es decir, oportunamente para que no sufriera la integridad personal del fotógrafo.

Los cajones empleados en el puerto de Llanes son solamente tres, que formarán un dique de una longitud teórica de 63 metros. Sus dimensiones son 21 metros de eslora, 12 de manga y 6,80 de altura exterior. Están dotados de cubierta y de dos chimeneas de acceso, de una altura de tres metros, para permitir la ejecución del relleno. Su peso en vacío es de 875 toneladas, y, teniendo en cuenta los 200 metros cúbicos