

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

EL TÍTULO DE INGENIERO.—LOS ORÍGENES DE LA PALABRA

Se admite generalmente que el título de Ingeniero tiene su origen hacia el año 1450 para designar á los constructores de máquinas de guerra. La quinta edición del *Vocabulaire de l'Académie de la Crusca* le asigna un origen más antiguo.

En 1156 los *Annales de Milan* anunciaron un Arquitecto militar bajo el nombre de «Magister Guitelmus». Cuarenta años más tarde (1196), Alamannus de Guitelmus, que estableció los fosos y empalizadas de Plaisance, tenía un hijo que probablemente sería el que se designaba en los *Annales Placentini Guelfi* por la palabra latina *encignerius*. Éste debería ortográficamente escribirse *ingignerius*, porque la raíz *gigno*; así como la sílaba alemana *in*, designa al que crea, produce ó da origen á alguna cosa. El latín clásico no emplea esta palabra; el Ingeniero es para él los *Architectus militaris*, porque las máquinas son parte de la arquitectura, y así es como se le ve, por ejemplo, en *Vitruve*.

Los *Annales Placentini Guelfi* hablan en 1238 de un cierto Calamandrinus, como del mejor *inzennerium* de Briscia.

Diez años más tarde, Jocelin de Cornaut toma en Francia el título de *maistre engingnierre*, y toma parte con el historiador Joinville, que habla de él en su *Histoire de Saint-Louis* en la sexta cruzada.

En la guerra de Navarra (1276-1277) aparece un «maestre Bertran», que Anelier menciona como *engeynnyre*.

En Alemania se emplea todavía en esta época la palabra *antwermeister*, derivada del término *antwerc*, que designa el material de guerra.

El término alemán de *ingeniero* no aparece hasta mediados del siglo XV. Se le encuentra principalmente en el título de un Tratado manuscrito del arte de la guerra, *Ingenier-und Wunderbuch*; pero se ignora de cuándo data el título en cuestión. Un escrito de 1621 le menciona bajo el título de *Inginier-Buch*.—O.

la verdad de semejante afirmación, los cuales constituyen el objeto de una Memoria que leyó recientemente en el Instituto Americano de Ingenieros Electricistas, cuyo extracto se hace á continuación.

Es tan grande y tan rápido el desarrollo que de día en día adquieren las aplicaciones del hormigón armado á toda clase de construcciones, que se comprenden la importancia que ha de tener el conocimiento exacto de la acción preservadora que con relación á la corrosión electrolítica corresponde al hormigón respecto al hierro y acero situados en el interior de su masa. La experiencia ha enseñado que las piezas metálicas de algunas obras de hormigón armado expuestas á la acción de corrientes derivadas por tierra sufrían alteraciones análogas á las observadas en tuberías de hierro ó de acero no rodeadas con hormigón, hecho de gran importancia, por cuya razón se creyó que sería de gran utilidad y conveniencia para los constructores la realización de experimentos que demostraran de una manera clara y terminante el efecto de dichas corrientes sobre los elementos metálicos de las construcciones de hormigón armado, ó lo que es lo mismo, si el hormigón puede ser considerado ó no como material aislador.

Los ensayos se verificaron en el Laboratorio Eléctrico de Nueva York, con bloques cilíndricos de hormigón de 25 centímetros de diámetro por 30 de altura, en cuyo centro se colocaron tubos de hierro dulce de 5 centímetros de diámetro interior cerrados por el extremo inferior. Los bloques números 1 y 3 se sumergieron en agua dulce y salada respectivamente, y por ellos se hacía pasar una corriente continua de 0,1 amperios de intensidad; el bloque núm. 2 también se colocó en agua salada, pero no recibía corriente alguna. Los resultados de estos ensayos fueron la desagregación creciente del hormigón demostrada por la aparición de grietas y la corrosión electrolítica del tubo de hierro, comprobada por la pérdida de peso que éstos experimentaron. El Laboratorio redactó una Memoria sobre dichos ensayos, que concluye así:

Terminados los ensayos, que duraron treinta días, se extrajeron los bloques del agua y se rompieron, operación que se hizo con mucha facilidad con los números 1 y 3, que estaban muy agrietados, y con bastante dificultad por lo que se refiere al núm. 2. En la parte interior de los dos primeros se observaron los efectos de la acción electrolítica en forma de un depósito de óxido de hierro que se extendía desde el tubo hacia la superficie de los bloques; según la dirección de ciertas líneas, correspondientes á las juntas de las capas de hormigón, el mortero estaba tan blando que podía cortarse fácilmente con un cortaplumas. Los tubos de los bloques números 1 y 3 ofrecían una corrosión muy importante, pudiendo arrancarse la capa de óxido formado para hacer las pesadas; el tubo del bloque núm. 2 esta-

LAS CORRIENTES DERIVADAS POR TIERRA Y EL HORMIGÓN ARMADO

En vista de que el hormigón protege de la oxidación á los elementos de hierro ó de acero que rodea, aunque el conjunto formado por ambos materiales esté sumergido en agua dulce ó salada, se deducía la consecuencia de que también había de preservar á aquéllos de la corrosión electrolítica. Mr. A. A. Kundson realizó una serie de experimentos con objeto de comprobar

ba tan limpio como cuando se colocó, no observándose la menor mancha de óxido en la masa de hormigón.

Los pesos de los tubos antes y después de los ensayos fueron los siguientes:

	Tubo núm. 1. Kilogramos.	Tubo núm. 3. Kilogramos.
Primitivo	1,714	1,572
Final	1,670	1,541
Diferencias	0,044	0,031

Las pérdidas de los tubos son en realidad mayores porque la parte corroída no se pudo separar de una manera completa.

Fueron de tanta importancia los resultados de los ensayos referidos, que antes de consignar números definitivos se juzgó conveniente repetirlos.

Para este fin se confeccionaron dos nuevos bloques de hormigón con cemento de distinta procedencia que el empleado con los tres primeros, á fin de comprobar la influencia que pudiera tener aquélla. Los ensayos duraron treinta días, durante los cuales se observaron con todo detenimiento las alteraciones que sufrían los bloques, anotándose dos veces cada veinticuatro horas los valores de la resistencia eléctrica. La corriente se tomaba de una batería de acumuladores, cuyo voltaje se variaba en el sentido conveniente para que la intensidad de la corriente fuera constantemente 0,1 amperios.

Respecto de esta serie de ensayos, en la Memoria redactada por el Laboratorio se dice lo siguiente:

De los ensayos resulta que antes del noveno día se ha verificado por completo el proceso electrolítico en ambos bloques, elevándose entonces la resistencia que llega hasta 300 y 400 ohmios cuando el bloque está sumergido en agua dulce, en cuyo caso hace falta un voltaje de 30 ó 40 voltios para conservar la intensidad de la corriente en 0,1 amperios; sin embargo de que la resistencia sea tan grande, no se debe deducir que no haya electrolisis. En el bloque sumergido en agua salada se necesitaban tan sólo 5,5 voltios á los once días para que la intensidad de la corriente fuera 0,1 amperios; en esta fecha los dos bloques presentaban grandes grietas. A los treinta días se sacaron del agua y después de secos se rompieron, observándose que en el sumergido en agua salada había una grieta que se extendía desde el tubo á la superficie exterior de aquél, cuyas caras estaban coloreadas con el óxido de hierro, coloración que en el otro bloque sólo existía alrededor del tubo.

Los pesos de los tubos antes y después de los ensayos fueron los siguientes:

	Tubo núm. 4. Kilogramos.	Tubo núm. 5. Kilogramos.
Primitivo	1,561	1,547
Final	1,516	1,516
Diferencias	0,045	0,031

Los resultados de la segunda serie de ensayos son completamente análogos á los de la primera, y de ellos puede deducirse que es nula la influencia de la naturaleza del cemento, así como que el fenómeno de la electrolisis se verificará también cuando los elementos metálicos están rodeados por fábrica de ladrillo ó por mampostería.

Según se ha visto, una corriente de 0,1 amperio puede producir acciones electrolíticas apreciables, siempre que el voltaje sea suficiente y el paso de la primera dure bastante tiempo; condiciones que se verifican en las aplicaciones, razón por la cual serán siempre de temer fenómenos electrolíticos en las construcciones de hormigón armado, expuestas á recibir corrientes eléctricas por pequeña que sea su intensidad. Probablemente no se

producirán grietas en las grandes masas de granito ó de hormigón, pero la corrosión electrolítica no por eso dejará de presentarse en las piezas metálicas en aquéllas encerradas.

De todo lo expuesto se deduce que antes de construir una obra de hormigón armado deben hacerse en el emplazamiento de la misma ensayos que tengan por objeto comprobar si se producirán ó no efectos electrolíticos. En las obras ya construidas será muy conveniente inspeccionarlas con frecuencia, sobre todo si están situadas cerca de alguna central eléctrica ó línea de tranvía, y más aún si en las inmediaciones hay masas de agua pasada ó en movimiento.

Tampoco debe despreciarse la corrosión electrolítica que puede presentarse en los elementos metálicos de los edificios muy altos, conforme se ha hecho en el construido para el *New York Times* recientemente, respecto de cuya cuestión se dice lo siguiente en un folleto publicado en Enero de 1905:

«La posibilidad de que la parte inferior del entramado metálico de un edificio fuera corroída por acciones electrolíticas se tuvo muy presente al construir el palacio para el *New York Times*, tomándose varias precauciones para evitar tal peligro. Es axiomático que las columnas metálicas que se conservan secas no se oxidan, así como que las que están aisladas eléctricamente tampoco sufren los efectos de la electrolisis. Lo primero se consiguió estableciendo un buen sistema de saneamiento y rodeando todos los elementos metálicos inferiores al nivel de la calle con una capa de mortero de cemento Portland de 2 centímetros de espesor. Así también se alejaba todo peligro de electrolisis, cuya acción se ha hecho aún mucho más difícil estableciendo un buen aislamiento y disposiciones tales, que dirijan las corrientes peligrosas á puntos en los cuales sus acciones no tengan consecuencias perjudiciales.»

Así como es relativamente fácil preservar una construcción metálica de la humedad y de las acciones electrolíticas antes de empezada, se presentan muchas dificultades cuando hay que defenderla de los efectos de aquéllas después de concluida.

Una circunstancia que favorece en gran manera el paso de las corrientes derivadas por tierra á los edificios es la gran presión de los apoyos metálicos sobre los cimientos.

Las pinturas y barnices aplicados á los elementos metálicos como substancia aisladora no dan resultados muy satisfactorios, porque es preciso que, además de impedir el paso de la corriente eléctrica, resistan la acción constante de la humedad, así como grandes presiones.

De los ensayos realizados en el Laboratorio de Nueva York se deducen las siguientes conclusiones:

1.^a Según es bien conocido, el hormigón preserva de la oxidación á las armaduras metálicas colocadas en su masa, aunque ésta se sumerja en agua dulce ó salada.

2.^a Si una corriente de muy pequeña intensidad, de fracción de amperio, llega á una columna ó elemento metálico de una construcción en contacto con masas de hormigón, se producirá la corrosión del primero y la destrucción del segundo.

3.^a Cuando el hormigón está en contacto con agua salada, el efecto de las acciones electrolíticas es mucho mayor que si aquélla fuera dulce, por ser menor que la de esta última la resistencia eléctrica.

4.^a El hormigón debe ser considerado como un conductor de condiciones análogas á la tierra.

Mientras se siga aplicando á la tracción el sistema de distribución eléctrica con la vuelta por tierra, serán de temer acciones electrolíticas sobre los entramados metálicos de los cimientos de las construcciones, así como sobre las armaduras del hormigón armado; problema que debe ser estudiado con todo cuidado, tanto por los constructores como por los encargados de la conservación de las obras.—Ω.