

Las nuevas prescripciones alemanas para las obras de hormigón¹

VI. Cargas prácticas de trabajo

La carga de trabajo de los hormigones para armar varía con la resistencia R_{h28} de los cubos a los veintiocho días (parte D), fabricados con hormigón de la misma clase y de la misma "docilidad" que el que ha de ser empleado en la obra. Esta resistencia no puede bajar de 120 kg/cm² para un cemento ordinario, ni de 160 kilogramos por centímetro cuadrado para los cementos especiales. Si, por premura de tiempo, se hicieran ensayos de siete días, se debe alcanzar, por lo menos, el 70 por 100 de la resistencia necesaria; pero en todo caso la resistencia a los veintiocho días se considerará como definitiva.

Autorización para cargas elevadas de trabajo.—Cuando $R_{h28} \geq 160$ kg/cm² se podrán emplear las cargas de trabajo señaladas en los cuadros con c si se cumplen, además, las condiciones siguientes:

El cálculo, el proyecto y la construcción se deben hacer escrupulosamente. La obra debe ser ejecutada por un constructor que tenga extensa experiencia y conocimientos del hormigón armado. Se cuidará por el constructor especialmente de mantener las cualidades del hormigón durante sus transportes y se mantendrá un control minucioso.

Cargas de trabajo en pilares.—Del hormigón.

1	2	3	4
	Clase de hormigón	Carga de trabajo σ_h kg/cm ²	Resistencia necesaria R_{h28} kg/cm ²
a	Hormigón de cemento ordinario.....	35	120
b	Hormigón de cemento especial.....	45	160
c	Teniendo en cuenta la resistencia de los cubos, cuando se cumplan las condiciones necesarias pero sin exceder de los límites:	$\frac{R_{h28}}{3}$	160
	para $1 \leq 40$ cm.....	60	120
	para $1 \geq 40$ cm.....	70	210

Quando R_{h28} exceda de estos valores puede verse lo que se ha dicho al hablar del cálculo de los pilares.

Al calcular las secciones de los pilares de un edificio de varios pisos, cuando no se ha hecho una reducción semejante en las cargas exteriores, puede elevarse en las siguientes cantidades el valor de K_h :

En los pisos 1.º, 2.º y 3.º, a contar desde arriba.... 0 kg/cm²
 En el piso 4.º..... 5 "
 En el piso 5.º y siguientes, desde arriba..... 10 "

Cargas de trabajo para flexión y flexión compuesta.—Aceros: La tensión no excederá de 1 200 kg/cm² para acero comercial o 1 500 kg/cm² para acero St52; sin embargo, sólo se pasará de los 1 200 kg/cm² en vigas y pórticos si R_{h28} es mayor de 225 kg/cm² y se cumplen todas las condiciones dichas.

Hormigón:

1	2	3	4
	Clase de hormigón	Carga de trabajo σ_h kg/cm ²	Resistencia necesaria R_{h28} kg/cm ²
a	Hormigón de cemento ordinario.....	40	120
b	Hormigón de cemento especial.....	50	160
c	Teniendo en cuenta la resistencia de los cubos, cuando se cumplan las condiciones necesarias pero sin exceder de.....	$\frac{R_{h28}}{3}$ 65	160 195

Estas cargas se pueden aumentar en 10 kg/cm² por una sola vez en los siguientes casos:

α) Vigas o nervios de losas cuando la cabeza de compresión no está en la losa para resistir los momentos negativos.

β) Pórticos, arcos, pilares (también de pisos seta) y otras estructuras que hayan sido calculadas con arreglo a la teoría de los pórticos, y también en edificaciones corrientes cuando se hayan considerado sobrecargas desfavorables, y otras construcciones en las que se han tenido en cuenta la influencia de la temperatura, de la retracción y los efectos de impacto y frenado.

γ) Pisos seta y losas con armaduras cruzadas.

δ) Secciones rectangulares de más de 20 cm de altura (vigas o losas gruesas).

ε) Piezas prefabricadas con control permanente por una empresa especializada.

En ocasiones especiales, para los casos señalados con β), las Oficinas de Policía pueden autorizar cargas de trabajo que alcancen el valor

$$\sigma_h = 75 + \frac{R_{h28} - 225}{9}$$

Quando una losa tenga nervios de 8 cm de espesor se disminuirán en 10 kg/cm² las cargas de trabajo indicadas en el cuadro, excepto para la zona de compresión en las losas nervadas.

Parte D) Prescripciones para los ensayos de docilidad¹ y de rotura de cubos en las construcciones de hormigón y hormigón armado

El ensayo de *docilidad* facilita el mantener esta propiedad en grado constante en los hormigones plásticos o fluidos que se emplean en las obras. Resulta indispensable para una ejecución correcta y también para definir el tipo de hormigón empleado en la fabricación de los cubos. La docilidad se determinará por el ensanchamiento de la base de la muestra (desparramamiento, desparrame).

La *resistencia a la compresión* se determinará por la rotura de probetas cúbicas fabricadas con hormigón de

¹ *Docilidad*—adoptando la nomenclatura propuesta por el Sr. Torroja (REV. DE O. P., 1932, pág. 295)—es la propiedad de los hormigones que hace innecesario un apisonado excesivamente costoso para suprimir las coqueras.

¹ Véase la REVISTA de 1.º de diciembre de 1932, página 540.

las mismas propiedades que el empleado en la obra, después de n días de endurecimiento. Se representará por R_m . Atendiendo a su fin práctico, estos ensayos se pueden dividir en tres clases.

a) *Ensayos de adecuación*, o de tanteo de composición, desarrollados antes del principio de la obra para determinar en cada caso la dosificación conveniente. Es de recomendar que se busque una resistencia algo mayor que la exigida para tener en cuenta la diferencia entre el laboratorio y la obra.

b) *Ensayos de calidad* para comprobar durante la obra que los hormigones de la dosificación escogida tienen la resistencia prescrita en los pliegos; y

c) *Ensayos de endurecimiento*, que, por haber dejado a las probetas en las mismas condiciones que el hormigón de la obra, sirven para determinar los plazos de desencofrado en ocasión de heladas, etc.

1).—Toma de muestras.

Las muestras para los ensayos deben tener las mismas cualidades que el hormigón empleado en la obra; esto es, la misma composición, la misma humedad y, cuando sea posible, la misma preparación. Sin embargo, aun para las obras en que el amasado se haya de hacer mecánicamente, se permite en los ensayos previos sustituirlo por un amasado a mano cuidadoso.

2).—Lugar de trabajo.

En un laboratorio las probetas se fabricarán junto al lugar del amasado, pero en la obra lo más inmediatamente posible al lugar del empleo. Si no se pudiera evitar un transporte largo, se debe revolver el hormigón antes de llenar los moldes.

3).—Ensayo de docilidad (método de desparramamiento).

1. *Advertencia*.—Este ensayo de docilidad es adecuado especialmente a los hormigones para armar, pero no para los hormigones de consistencia terrosa ni para los que—aun siendo plásticos o fluidos—tienen una proporción de cemento menor que la requerida en los hormigones para armar.

2. *Aparatos*.—El tablero de desparramamiento (fig. 6) tiene 70×70 cm y está forrado de palastro de 2 milímetros. Tiene dibujadas dos rectas paralelas a los la-

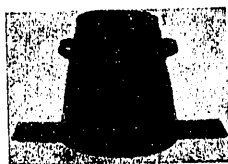
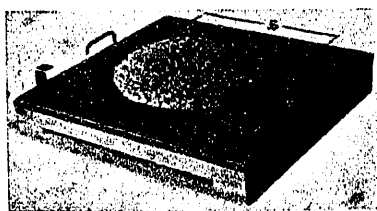


Fig. 6.

dos, que se cortan en el centro, y una circunferencia de 20 cm de diámetro. La parte móvil superior pesa unos 16 kg, y, por medio de un tope, su carrera se limita a 4 centímetros.

El molde es troncocónico, de palastro, de 2 mm de espesor; los diámetros de las bases son 13 y 20 cm, y la altura es de 20 cm¹.

3. *Modo de hacer el ensayo*.—Colocado el tablero firme y horizontal, se mojará con un paño, así como el molde.

Centrado éste con la mesa, se llenará de hormigón, en

¹ También se puede emplear el antiguo molde de 30 cm de altura; pero se darán solamente 10 sacudidas al tablero.

dos capas, que se igualarán con un pisón cuadrado de madera de 4 cm. Lleno el molde, se igualará por arriba y se limpiará la superficie libre del tablero.

Medio minuto después de lleno se levantará el molde suave y verticalmente, dándole al tablero 15 sacudidas¹ de 4 cm. Medidos los diámetros perpendiculares señalados en el tablero, su media g es la medida del desparrame.

Ordinariamente el ensayo se hará una sola vez; sin embargo, en los ensayos de *adecuación* se recomienda repetirlo hasta dos o tres veces.

Una vez terminado el ensayo, el tablero y el molde se limpiarán cuidadosamente.

4) a 8).—Rotura de cubos.

La dimensión necesaria de las probetas depende del tamaño del árido. Si éste excede de 40 mm se emplearán cubos de 30 cm de lado; si fuera menor, de 20 centímetros. Para los ensayos de calidad y endurecimiento basta emplear cubos de 10 cm cuando el árido no exceda de 30 mm.

Ordinariamente se fabrican series de tres probetas; en los ensayos de endurecimiento conviene preparar cuatro o seis para estar prevenidos en los casos desfavorables.

Los cubos de hormigones secos se construirán y apisonarán con arreglo a las mismas instrucciones de 1925². Los de hormigón fluidos o plásticos se llenarán del mismo modo y con los mismos instrumentos que en la obra.

Cada probeta se numerará distintamente. Una vez desencofradas, rara vez antes de veinticuatro horas, se conservarán cubiertas con un paño húmedo en un lugar cerrado con temperatura entre 12° y 25°. Por el contrario, las probetas para ensayos de endurecimiento se colocarán lo más aproximadamente posible en las mismas condiciones de la obra.

Antes de romper los cubos se pesarán y medirán, con una aproximación mayor de $\frac{1}{10}$ kg y $\frac{1}{10}$ cm. La rotura se hará de ordinario a los veintiocho días—siguiendo las reglas adecuadas—, expresándose la carga máxima en kg/cm² efectivos. Con cubos de 30 cm la resistencia puede ser 10 por 100 menor que en las normales de 20 cm; con cubos de 10 cm debe ser 15 por 100 mayor que en éstos

* * *

Las nuevas prescripciones alemanas tienen, pues, un carácter general y una extensión semejantes a las publicadas en el año 1925, que vienen a sustituir; pero se diferencian de ellas en varios aspectos, que influyen grandemente en el proyecto y la construcción de las obras que a ellas hayan de sujetarse.

Casi todas las modificaciones y algunas otras que finalmente no han sido aceptadas figuraban ya en el proyecto publicado en enero de 1931 por la Comisión del Hormigón Armado para provocar la crítica, y sería muy interesante seguir, paso a paso, el proceso de la discusión en tablada para admitir o rechazar estas propuestas³, si ello no nos llevara fuera del marco de esta nota; nos limitaremos a subrayar las diferencias más importantes con el pliego de 1925.

² Véase: Hütte, ed. española, t. III, pág. 238.

³ Los temas que mayor discusión han provocado son, principalmente:

- Nuevos sistemas de construcción.
- Composición del árido y dosis de cemento.
- Efecto de las cargas aisladas.
- Resistencia al desgarramiento.
- Cálculo de las losas armadas en dos direcciones.
- Nuevas fórmulas de los pilares.
- Resistencias mínimas y cargas de trabajo.

En cuanto a su forma, el nuevo reglamento tiene un aspecto mucho más lógico y orgánico, lo que facilita su estudio y aplicación.

Respecto al contenido, aparte de algunas modificaciones relativas a la resistencia al esfuerzo cortante, las nuevas fórmulas para los pilares y otros aspectos del cálculo, lo que principalmente da carácter al nuevo reglamento es la preocupación constante por los ensayos y la vigilancia, o sea el "control de obra", como consecuencia del reconocimiento del papel primordial de la dosificación del agua y del árido, junto con la del amasado, transporte y curado del hormigón; esta preocupación conduce a la clasificación tajante de las obras de hormigón armado en dos clases: las que han sido calculadas minuciosamente por los procedimientos de la elasticidad, y en las que se mantiene una vigilancia permanente y cuidadosa de la fabricación y de la colocación del hormigón, y aquellas en las que falta alguno de estos requisitos. En las obras del primer grupo se permiten cargas de trabajo muy elevadas en comparación con las autorizadas para el segundo grupo.

La *influencia perjudicial del agua en exceso* se reconoce explícitamente al tratar de este elemento, y se manifiesta principalmente al exigir un ensayo de docilidad y al imponer que la docilidad de los cubos de prueba sea precisamente la misma que la del hormigón empleado en la obra. Por el contrario—y quizá no haya dejado de llamar la atención—, no se ha tenido en cuenta la relación cemento-agua, introducida por Abrams. Esto es lógico: la relación cemento-agua proporciona un método práctico y aproximado, que dice muy bien con el carácter de los yanquis; pero la policía alemana—minuciosa y severa—no podía menos de exigir la rotura directa de las probetas de hormigón, sin servirse de elemento auxiliar alguno. Por la misma razón ha sido rechazado el "slump test" o ensayo del asiento para la medida de la docilidad, sustituyéndolo por el método de las sacudidas o *desparrame*, mucho menos práctico, a cambio de ser quizá algo más exacto.

También se reconoce el valor de la *dosificación adecuada del árido* y de los ensayos granulométricos; pero en la práctica se autorizan variaciones entre límites muy extensos, lo que se explica porque las cargas de trabajo se fijan en función de la resistencia a la rotura del hormigón exclusivamente. Así, una dosificación defectuosa se traduce sencillamente en una proporción elevada de cemento, sin afectar a los coeficientes de seguridad. Por el contrario, cuando las condiciones del árido son muy adecuadas, se autoriza una dosificación mínima de cemento muy baja.

Es interesante observar que precisamente cuando el árido tiene una proporción reducida de elementos finos es cuando se puede rebajar la dosis de otro elemento fino que es el cemento, de acuerdo con la teoría física de los hormigones, expuesta¹ en esta REVISTA. También coincide con ella una proposición posterior del profesor Graf para que el límite inferior granulométrico de la arena de machaqueo coincida con la semisuma de las curvas A y B (fig. 1)², puesto que la arena de machaqueo, por su menor condición "lubrificante", requiere mayor proporción de elementos finos para obtener un hormigón de trabajabilidad adecuada, a costa de una dosis mayor de cemento y agua.

Entre las prescripciones referentes al cálculo ha sido comentado el que se mantenga para *relación entre los coeficientes de elasticidad* un valor tan alto como $n = 15$, no obstante la mejora constante de los hormigones, a los que se asigna un módulo de elasticidad de sólo 140 000 kg/cm². Como es sabido, una disminución

del valor de n lleva consigo una minoración bastante importante del coeficiente de seguridad del hormigón, a la vez que aumenta ligeramente el de la armadura; mantener, pues, un valor elevado para n equivale a confirmar la prevención contra ese algo complejo que es el hormigón, mientras que la calidad del acero es controlada fácilmente en la fábrica.

No obstante, este valor $n = 15$ sólo se aplica para la comprobación de las secciones, donde es lógico ponerse en condiciones próximas a las de rotura. Para los cálculos elásticos se admite el coeficiente $n = 10$, uniforme en las zonas comprimida y tensa; esto es, la hipótesis del cálculo se aproxima mucho más a las condiciones normales de la obra.

Para el cálculo de la *resistencia al esfuerzo cortante* se ha introducido una variación: en el reglamento anterior, si la carga de desgarramiento llegaba a exceder de 4 kg/cm², se debía disponer de una armadura capaz de resistir todos los esfuerzos de desgarramiento desde esa sección hasta el apoyo inmediato; en el nuevo se exige que la armadura sea capaz de absorber la totalidad de la carga del semitramo, en alguna de cuyas secciones exceda el esfuerzo cortante del límite admitido de 4 kg/cm² (que en ciertos casos se eleva a 5,5, 6 y 8 kg/cm², según dijimos anteriormente). Esta novedad no tiene prácticamente excesiva importancia, y sólo puede obligar a disponer un corto número más de estribos en el centro de los tramos.

Para el cálculo de *losas sin nervios o pisos-seta* se suprimen las fórmulas experimentales del reglamento anterior, que servían para definir los momentos máximos por medio de coeficientes característicos, a semejanza de otros reglamentos, y se exige un cálculo elástico para la determinación de los momentos. Por el contrario, se mantienen las fórmulas que sirven para distribuir los momentos hallados entre tres bandas longitudinales.

Son interesantes las nuevas fórmulas para el *cálculo de los pilares*, producto de investigaciones directas.

Respecto a las *cargas de rotura*, se exige un límite realmente bajo en los ensayos de probetas cúbicas, como es el de 120 kg/cm² para el portland y 150 kg/cm² para los supercementos; pero se ha de tener en cuenta que la carga de trabajo se fija precisamente en función de la resistencia a la rotura. En ciertas condiciones, la carga de trabajo autorizada puede aumentar *ilimitadamente* con la resistencia del hormigón, si bien a partir de cierta cifra el coeficiente de seguridad para los incrementos de carga alcanza el valor de 9.

* * *

Pero más que en sus aspectos meramente técnicos, es interesante el nuevo reglamento alemán por provocar —aún más intensamente que los anteriores— el problema general de los reglamentos oficiales de esta índole. ¿Es necesario, o siquiera útil, un reglamento de tal género? ¿Qué puntos debe tratar y hasta qué detalle debe descender? Extendido a la esfera privada, ¿hasta qué punto conviene hacerlo obligatorio e irrecusable para el constructor o el proyectista?

Puede decirse que la utilidad de los reglamentos es reconocida generalmente; el tomo IX del *Manual del hormigón armado*, de Emperger, ofrece un estudio comparado de 18 reglamentos vigentes entonces en diferentes países, y desde la fecha, aún bien reciente, de su edición (1928), Bélgica, Holanda, Italia, Austria, Rusia, Checoslovaquia, Brasil, Hungría y Alemania han publicado reglamentos o modificado sensiblemente los anteriores. Y aún se puede añadir los proyectos que actualmente se discuten en varios países, como el propuesto por la Cámara Sindical de Constructores de Hormigón Armado de Francia.

¿Qué carácter tiene el nuevo reglamento alemán? La revista inglesa del hormigón armado *Concrete and Cons-*

¹ Ríos: *La dosificación de los hormigones*, REV. DE OBRAS PÚBLICAS, 1932, páginas 129 y 153.

² Publicada en la REVISTA de 1.º diciembre último, pág. 541.

structional Engineering lo comenta muy favorablemente y lo compara con el anticuado e imperfecto código del Consejo del Condado de Londres, el más generalizado en Inglaterra. Por su parte, una revista francesa, *Le Constructeur de Ciment Armé*, dice: "Como los anteriores, el reglamento alemán de 1932 desciende hasta los más nimios detalles de cálculo y de construcción, en oposición a la Circular ministerial francesa, que concede amplio margen a la iniciativa de los ingenieros y proyectistas. El resultado es—continúa, no sin cierta satisfacción—que los reglamentos alemanes, como no pueden seguir al creciente progreso de la industria del hormigón armado, necesitan ser modificados con frecuencia, mientras que nuestra vieja Circular (a pesar de la oposición que encuentra en ciertos medios) se mantiene en pie desde hace veintiséis años, con sólo ligerísimas modificaciones." He aquí dos modos distintos de considerar los reglamentos de construcción.

Es evidente que estos reglamentos, cuando se extienden con carácter obligatorio hasta la zona de la industria privada, persiguen como fin primordial la seguridad pública, y para alcanzarlo plenamente necesitan ser muy completos y detallados, o se exponen de otro modo a resultar inútiles; por la misma causa han de imponer coeficientes de seguridad elevados, más elevados de lo que el tipo medio de las construcciones y de los constructores exigirían. Estos reglamentos que se extienden hasta el detalle y que a todos obligan—si no han sido redactados con criterio elevado que satisfaga todos los puntos de vista y si no son revisados con frecuencia, o, por mejor decir, de un modo permanente—, como igualan a los buenos y a los malos constructores y, cortando la iniciativa individual, limitan o impiden el progreso técnico, constituyen una pesada carga para que el sistema de construcción a que se refieren pueda competir económicamente con los demás, y terminan por ahogar y destruir la industria que debieran proteger.

Así, cuando no se puede confiar en aquella revisión constante y en una orientación que garantice los dis-

tintos puntos de vista, deben limitarse a señalar indicaciones generales o a prescribir que se efectuarán los cálculos con arreglo a los métodos corrientes, tal como los exponen los autores de reconocida autoridad, y claro está que en este caso los reglamentos pierden todo carácter de tales.

Hemos de señalar dos posiciones intermedias que puedan ser empleadas satisfactoriamente. Cabe recoger fórmulas y detalles en un apéndice, que reuniría métodos desde luego aprobados, pero que podrían ser libremente aceptados por el proyectista. Cabe también recoger las fórmulas e instrucciones en el texto mismo, pero añadiendo a las que lo requieran coletillas como "generalmente", "salvo circunstancias especiales" y otras análogas, que permitan a la intervención estatal obrar libremente en los casos excepcionales.

Pero, sea como sea, un buen reglamento moderno ofrece indudables ventajas al ingeniero: si reúne las condiciones dichas, el especialista puede desenvolverse libremente y destacar netamente con sus proyectos; por su parte, el ingeniero, que sólo de pasada ha de tocar el género de construcción a que el reglamento se refiere, tiene una base cómoda y segura para desarrollar su proyecto, con la confianza de que ha de serle aprobado, sin poner la obra en condiciones económicas muy desfavorables.

También los reglamentos son útiles para los constructores, a los que aseguran contra una competencia desleal. Y si, como ocurre en casi todos los países, la mayoría de los proyectos de construcciones de propiedad particular corren a cargo de las mismas Empresas constructoras, un buen reglamento impide que los concursos privados de proyecto y construcción se conviertan, por atender en exceso a la baratura, en una verdadera carrera de los coeficientes de seguridad. Tampoco es de olvidar la ventaja de que, al imponer normas uniformes y generalizadas de construcción, facilitan la respectiva posición del ingeniero y del contratista, y defienden a éste de una inspección poco inteligente.

Ramón RIOS GARCIA
Ingeniero de Caminos

La construcción del primer trozo del Gran Canal de Alsacia

En el pasado mes de octubre, M. Albert Lebrun, Presidente de la República francesa, acompañado de M. Herriot, presidente del Consejo de Ministros, inauguraron solemnemente las instalaciones hidroeléctricas de Kembs, cuyas obras tuve ocasión de visitar en pleno período de actividad, durante el viaje de ampliación de estudios efectuado al terminar mi carrera.

Al tener conocimiento de la reciente inauguración de tan importantes obras, estimo oportuno resumir en estas notas las características principales del proyecto y los procedimientos que se han empleado para llevarlo a la práctica.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Para mejorar la navegación por el Rhin, entre Bâle y Strasbourg, aprovechando al mismo tiempo la gran disponibilidad de energía existente en este tramo del río, se aprobó el proyecto presentado por la Sociedad Fuerzas Motrices del Alto Rhin, para la construcción

del Gran Canal de Alsacia, con ocho saltos escalonados que lo dividen en otros tantos trozos. El primero de éstos es el correspondiente al salto de Kembs, y en líneas generales consta de una presa, un canal de derivación con esclusas, una central hidroeléctrica y un canal de desagüe.

Presa.—A unos 5 500 metros aguas abajo de la frontera francosuiza se ha construido normalmente al río una presa móvil de 180 metros de longitud, que eleva el nivel del Rhin siete metros sobre aguas medias.

La longitud total de la presa está dividida en cinco vanos de 30 metros, cada uno de los cuales está cerrado con dos compuertas metálicas superpuestas, equilibradas con contrapesos y que pueden maniobrarse independientemente. Esta disposición permite, bajando la compuerta superior, evacuar los hielos y cuerpos flotantes, y subiendo la inferior, producir una corriente de agua capaz de arrastrar los materiales que se depositen aguas arriba de la presa.

A lo largo de ésta corre una solera de hormigón de