

	Pesetas
Escoria, 1 m ³	9,00
Alquitrán, 60 litros.....	11,30
Manipulación, tendido y apisonado.....	12,00
Alquitranado superficial.....	7,00
TOTAL.....	39,30

El espesor del afirmado es de unos 10 cm y el precio por metro cuadrado resulta a 3,93 pesetas. No está incluido el transporte de los materiales a la obra.

La clasificación de la escoria por tamaño es la siguiente:

60 por 100 de escoria de tamaño comprendido entre 4 y 6 cm.

30 por 100 de escoria de tamaño comprendido entre 2 y 4 cm.

10 por 100 de escoria de tamaño comprendido entre 1 y 2 cm.

La Diputación de Vizcaya ha consignado este año en sus presupuestos una partida para firmes especiales, con cargo a la cual se efectuarán varios ensayos y entre ellos uno de losetas de hormigón de cemento portland.

Aparte de las mejoras en los afirmados preocupa mucho el dar facilidades a la circulación automóvil, y con tal objeto se han hecho muchas obras para ensanchar curvas, despejarlas y darles peralte.

Va siendo corriente en Vizcaya la instalación de grandes espejos en las curvas peligrosas y, particularmente, en las travesías de poblaciones. Para que las curvas resulten visibles durante la noche, en carreteras alquitranadas, se pintan de blanco los pretilos y los malecones, y, si no existen, se colocan piedras que se pintan de blanco.

El circuito automovilista de Guipúzcoa constituye un verdadero alarde.

Manuel AGUILAR
Profesor de la Escuela de C., C. y P.

La generalización de los pisos de hormigón armado

Así como la vigueta de acero laminado destronó totalmente a la de madera en la construcción de forjados de pisos, era de esperar que actualmente en que el hormigón armado ha adquirido tanto desarrollo fuera el forjado de este material el que sustituyera al metálico en los entramados horizontales de los edificios y, sin embargo, la experiencia denota claramente que el empleo del hormigón armado en la edificación se encuentra muy restringido.

A nuestro entender, y ciñéndose únicamente a lo que a pisos se refiere, existen dos motivos fundamentales para justificar tal retraimiento general. Uno de índole puramente técnica y de naturaleza económica el otro.

Es evidente que las grandes empresas que se dedican a la edificación, contando con ingenieros proyectistas especializados y disponibilidades económicas para mecanizar cuantas operaciones lo requieran, no han de encontrar, al emplear el hormigón armado, las mismas dificultades que el modesto constructor, el clásico maestro de obras, que con el solo bagaje científico de su «buen ojo» de oficial albañil y unas pesetas ahorradas o prestadas, toma a su cargo obras donde, no habiendo difíciles problemas técnicos que resolver, no tenga duda siquiera al escoger procedimientos constructivos, en acogerse al tradicional ladrillo o a la mampostería y encargar la viguería a un almacén después de una rápida ojeada al pronuario de Altos Hornos para escoger el número del perfil de vigueta, si es que «a sentimiento» no se ha atrevido a jirlo.

Si se tiene en cuenta, pues, que la gran mayoría de las obras que se construyen, muy especialmente fuera de las grandes poblaciones, están a cargo de estos maestros y, en muchos casos, ni siquiera existe dirección facultativa, no es de extrañar el retraimiento general a salirse de los procedimientos ru-

tinarios para adoptar un material, como es el hormigón armado, tan expuesto a fracasos cuando por inexpertas manos se maneja.

Es muy curioso observar cómo ese «ojo de buen cubero», que pronto se adquiere en el cálculo a sentimiento de diferentes partes de las construcciones, falla totalmente en cuanto que un nuevo material de compleja constitución entra en juego. Podría decirse que cualquier persona algo entrenada en la construcción adquiere el «sentido de la resistencia de materiales», factor comparable al «ojo clínico» del médico y de tanta importancia como él.

Un carpintero de armar sabe muy bien la escuadría que ha de emplear en una cubierta o castillete sin hacer un solo número, y un maestro albañil fija espesores de muros de ladrillo y determina perfiles de viguetas laminadas sin necesidad de cálculo científico previo, pudiéndose comprobar, al hacer un estudio posterior, el acierto de estas intuiciones en la mayoría de los casos.

En cambio, con el hormigón armado es mucho más difícil adquirir este «sentido de la resistencia», debido a la heterogeneidad del material y a la diversidad de formas constructivas a que se presta, no sujetas como en el hierro a un número limitado de perfiles o de escuadrías comerciales en el caso de la madera.

Y de aquí el motivo de índole técnica que al principio apuntamos como causante del retraimiento en el empleo del hormigón armado por la inmensa mayoría de los constructores, que no pueden improvisar una sólida base científica necesaria para manejar un formulario solamente.

Respecto a la otra causa de índole económica, no es de extrañar tampoco que los modestos constructores desconfíen del resultado económico de una obra, para la cual tienen que adquirir una cantidad

importante de madera para encofrados, sujeta a una rápida amortización.

Si a esto se une el costo de mano de obra de estos encofrados, muy elevado cuando se construyen por carpinteros no muy versados en estas tareas y sin disponer de máquinas auxiliares, es muy lógico que el modesto contratista no se atreva a emprender estas obras, de cuyo balance es tan dudoso obtener un resultado positivo.

Al proyectar una obra de hormigón armado es preciso tener siempre muy en cuenta la influencia de cada uno de los factores que integran el presupuesto total, para estudiar con más detenimiento aquéllos que afecten porcentualmente en una cifra importante. Así se observa al presuponer un piso de hormigón armado la relativamente escasa importan-

la altura total del edificio y la mínima de cada planta, y por el propietario, que exige el mayor aprovechamiento del terreno.

La adopción de un perfil constante presenta, en cambio, la enorme ventaja de poder moldear en encofrado metálico, cuya amortización es mucho más lenta que la del de madera y que permite, sobre todo, una rapidez mucho mayor en la instalación.

Además, siendo constantes la altura de la vigueta y la separación entre ellas, puede calcularse en cada caso un cuadro, a manera de prontuario, en el cual, entrando con los valores de la luz y de la sobrecarga por metro cuadrado, se obtengan directamente los diámetros de las barras de la armadura metálica, poniéndose con ello al alcance de los constructores no técnicos el cálculo de un piso de hormigón armado

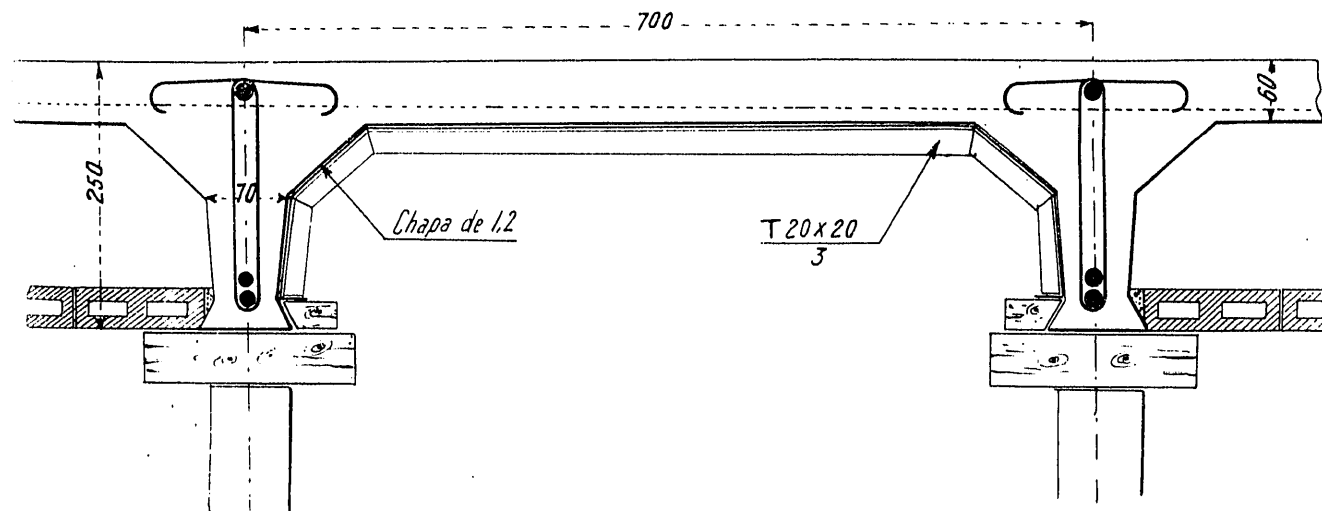


Fig. 1.ª

cia que tiene el aumento indebido de unos milímetros en el diámetro de los hierros y, en cambio, la enorme influencia de disponer un sistema de encofrado que *economice jornales* en su montaje y desarme.

Es, pues, desconsolador para el ingeniero proyectista comprobar cómo el capataz de trabajos puede economizar, con la sola supresión de unas puntillas menos que clavar, una cifra de pesetas muy superior a la que por la aplicación de las más modernas teorías de elasticidad molecular pueda él conseguir al reducir al mínimo las secciones de hierro y hormigón.

Todas estas razones nos han conducido a proyectar y ensayar con halagüeños resultados un sistema de forjado de hormigón armado, especialmente diseñado para los anchos de tres a seis metros, corrientes en los edificios urbanos, adoptando, para todos, una vigueta de perfil y altura constante y una separación también uniforme entre sus ejes, igual a la usual en forjados con hierro, con el objeto de construir si se desea un cielo raso por análogos procedimientos que en éstos.

Parece, a primera vista, que la adopción de un perfil constante de vigueta, independientemente de la luz, es una solución antieconómica, y así lo es, efectivamente, si sólo el aspecto científico de la cuestión se considera; pero al descender a la realidad, pronto se encuentra el proyectista escrupuloso con la dificultad de no poder dar a las viguetas el peralte más económico, superior, en la mayoría de los casos, al espesor de pisos admitido por el arquitecto, forzado por las Ordenanzas Municipales, que fijan

de modo análogo al que utilizan actualmente para el cálculo de vigería de hierro, mediante el prontuario de Altos Hornos.

Aplicación práctica

La figura 1.ª muestra la disposición adoptada por el que suscribe para la construcción de los forjados de los pisos de los hoteles calle Serrano, 89 y 91, de Madrid, en el año 1923, edificios en que los cimientos, muros, pisos y tejas son de hormigón de cemento, con resultados altamente satisfactorios.

Fué construido el encofrado de los pisos en la misma obra por operarios no especializados, simples peones, dirigidos por un maestro inteligente, utilizando chapas de dimensiones comerciales (2 m x 1 m) de 1,2 mm de espesor, cuyos dobleces se hicieron por medio de un banco formado por dos tablones, entre los que se aprisionaba la chapa mediante dos tornillos, y cuyos bordes estaban protegidos por dos perfiles en U, para que resultara viva la arista, comprobándose al doblar el valor exacto de los ángulos por medio de plantillas (fig. 2.ª).

La rigidez de estas chapas se consiguió mediante pequeñas cerchas, convenientemente repartidas en el intradós, constituidas por una simple T de $\frac{20 \times 20}{3}$ en cuya alma se hacían a tijera de mano

los cortes en ángulo en los puntos de cada doblez para darles el perfil interno del encofrado. En los testeros o empotramientos de las viguetas al muro

estas cerchas metálicas eran sustituidas por tablas que impedían se vertiera el hormigón.

Cada dos moldes consecutivos se apoyaban en un tablón, sostenido por pies derechos. Entre la chapa y el tablón se colocaron unos listones aserrados en

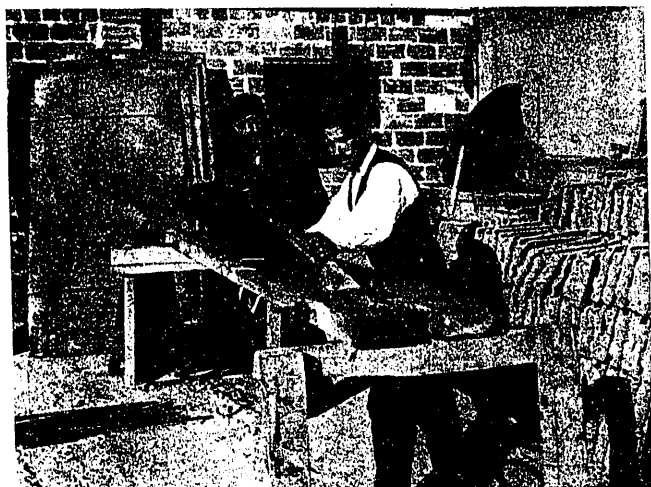


Fig. 2.ª Construcción del encofrado metálico.

ángulo de sección trapezoidal, con el fin de que al desencofrar quedara en la cabeza inferior de la vigueta una ranura por cada lado, formando una especie de nervio donde intestar posteriormente el cielo raso de rasilla.

Las armaduras se construyeron en serie, a pie de obra, y fueron colocadas en los cofres completamente montadas con sus estribos, a los que se dió la forma en bucle, que aparece en el dibujo.

Cálculo del ábaco

El momento de inercia y la posición de la fibra neutra de la sección recta de la vigueta se han obtenido por el procedimiento gráfico, con el cual se

obtiene la ventaja de condensar en un solo dibujo los resultados de una serie de viguetas, en las que, conservando constante la sección de hormigón, vaya variando la de las armaduras de tracción y compresión.

En el ábaco (fig. 3.ª) aparecen claramente el haz de curvas funiculares y el de rectas que corresponden respectivamente a distintos valores de las armaduras de compresión y tracción para diámetros de los hierros corrientes en el comercio.

Se sabe, además, que el área del espacio pseudo triangular, comprendido entre cada una de las curvas superiores y una recta inferior, es proporcional al momento de inercia de la sección con las armaduras correspondientes a las curvas elegidas, indicando el vértice opuesto a la línea vertical la altura o posición de la fibra neutra.

La posición óptima de esta fibra para obtener simultáneamente las cargas máximas de 45 kg/cm² en el hormigón comprimido y de 1 200 kg/cm² en la armadura tendida corresponde al punto que divida a la altura total en la relación de $\frac{45 \times 15}{1\ 200}$, adoptan-

do el valor $r = 15$ para la relación de coeficientes de elasticidad de ambos materiales.

Esta horizontal puede, desde luego, trazarse como lo está en el ábaco, en línea gruesa, y tiene la propiedad de ser el lugar geométrico de los vértices de los triángulos de que antes hicimos mención, que corresponden a vigas de máximo rendimiento, puesto que en todas ellas alcanzan simultáneamente el hierro y el hormigón su máxima carga de trabajo.

Por encima y por debajo de esta horizontal se han trazado otras correspondientes, las de la parte superior a trabajos del hormigón, decrecientes de cinco en cinco kg/cm², y las de la inferior, a trabajos del hierro, decrecientes de cien en cien kg/cm². Cada una de estas horizontales es el lugar geométrico de los vértices de aquellos triángulos correspondientes a vigas, en las cuales el hormigón o el hierro sólo alcanzan la carga de trabajo que se indica al margen

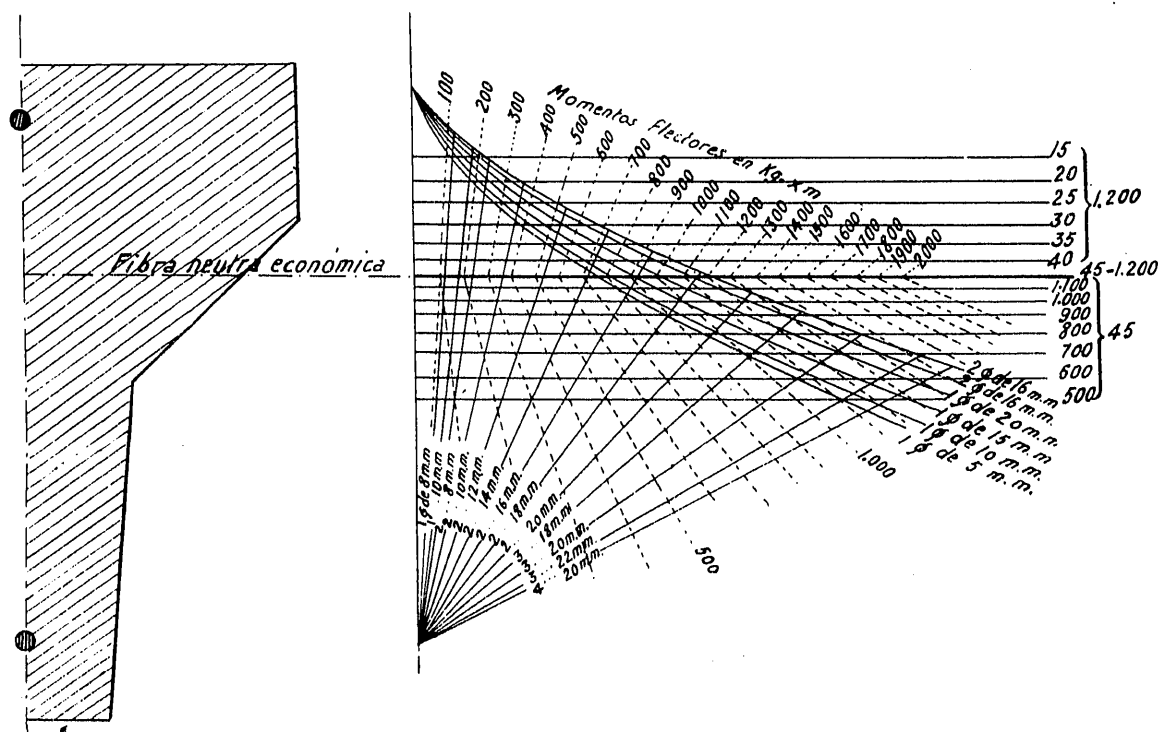


Fig. 3.ª

derecho del ábaco cuando el material en la zona opuesta ha llegado ya a su límite admisible. Van siendo, pues, estas vigas menos económicas a medida que el vértice de su triángulo correspondiente va separándose de la horizontal óptima.

El área de cada uno de aquellos pseudo triángulos puede, con la suficiente aproximación, ponerse en función lineal de la altura respecto a una base común

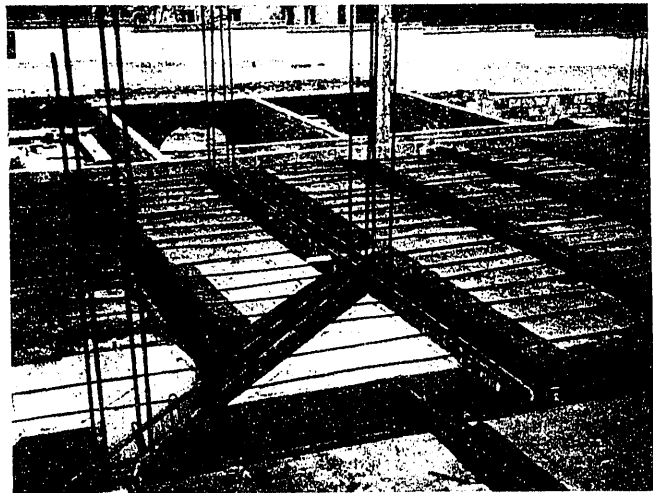


Fig. 4.ª El encofrado a punto de hormigonar.

a todos tomada en la vertical de referencia y de una longitud tal que quede compensada la curvatura de uno de los lados del triángulo. De este modo, y mediante este artificio, todas las vigas que tengan los vértices de sus triángulos en una vertical tendrán el mismo momento de inercia, siendo la más económica, es decir, la que más carga soporte, aquélla cuyo vértice esté en la horizontal óptima.

Las vigas que resistan igual momento flector tendrán los vértices de sus triángulos en dos rectas inclinadas, cuyas ecuaciones se obtienen fácilmente de las expresiones del trabajo unitario en las fibras más cargadas, poniendo en ellas el momento de inercia en función de la altura *K* de los triángulos representativos. Estas ecuaciones son:

$$K = \frac{M}{1728} x;$$

y

$$K = \frac{M}{3672} z.$$

Estas rectas se cortan dos a dos sobre la horizontal óptima y están representadas de puntos en el ábaco, con indicación cada una de ellas del momento flector a que corresponden.

El examen de este ábaco demuestra la posibilidad de obtener viguetas de máximo rendimiento, todas con el mismo perfil de hormigón, haciendo variar juiciosamente las armaduras, para una gama de momentos flectores máximos de 750 a 1 225 kg × m, pudiendo aún ampliarla, sin apartarse mucho de dicha condición de economía, entre 550 y 1 350

kg × m. Momentos flectores que, para las sobrecargas usuales en la edificación urbana y la distancia adoptada entre viguetas, corresponden a luces de crujía, comprendidas entre tres y seis metros, que son las más corrientes en la práctica.

Prontuario resumen

Consecuencia inmediata del estudio del ábaco y como resultado final se ha obtenido el siguiente cuadro, en el que, entrando con la sobrecarga adoptada en kg/m² y la luz de la crujía en m, se obtiene directamente el tipo de armadura que ha de emplearse, tipo que se especifica en el otro cuadro auxiliar.

Con este cuadro en la oficina y un buen maestro en la obra, nos atrevemos a asegurar el éxito del más modesto constructor de pisos de hormigón armado.

Luces en metros	SOBRECARGA TOTAL EN KG/METRO CUADRADO															
	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1 000	1 250	1 500	1 750	2 000	2 500	3 000
1,50	A	A	A	A	A	B	B	B	C	C	D	D	E	E	F	G
2,00	B	B	B	B	C	D	D	D	E	E	F	F	G	G	H	I
2,50	B	C	D	D	D	E	E	E	F	F	G	G	H	J	L	
3,00	D	D	D	E	E	E	F	F	G	G	H	J	L			
3,50	D	E	E	E	F	F	G	G	H	I	K					
4,00	E	E	F	F	G	G	H	J	K	L						
4,50	F	F	G	G	H	I	K	L								
5,00	F	G	H	H	J	K										
5,50	G	H	I	J	K											
6,00	H	J	K	L												
6,50	J	K														
7,00	K															

Tipos de armaduras

TIPO	ARMADURAS DE	
	TRACCIÓN	COMPRESIÓN
A	1 de 8 mm.	1 de 5 mm.
B	1 » 10 »	1 » 5 »
C	2 » 8 »	1 » 5 »
D	2 » 10 »	1 » 5 »
E	2 » 12 »	1 » 5 »
F	2 » 14 »	1 » 10 »
G	2 » 16 »	1 » 16 »
H	2 » 18 »	1 » 20 »
I	2 » 20 »	1 » 20 »
J	3 » 18 »	2 » 18 »
K	3 » 20 »	2 » 18 »
L	3 » 22 »	2 » 18 »