

# TEMAS TECNICOS

## EL TAMAÑO DE LOS LADRILLOS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA COORDINACION MODULADA DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Germán Valentín Gamazo, Arquitecto

En un reciente artículo de esta sección ha planteado Javier Lahuerta, con su precisión y competencia características, la urgente necesidad de la reforma de las dimensiones normales de los ladrillos.

Es frecuente oír este deseo a arquitectos y constructores. Luis Moya, en su interesante artículo «Regularización de medidas», publicado en el número 5 del *Boletín de la Dirección General de Arquitectura*, se queja de la imposibilidad de coordinar las dimensiones de muros que produce el ladrillo de 25 centímetros, ahora en uso con un sistema modular sencillo.

El haber llegado a mis manos recientemente la Guía A 62 para coordinación Modular, preparada bajo la dirección de la American Standard Association y patrocinada por el American Institute of Architects y el Producers Council, en la que se exponen las bases de los standards americanos para construcción de edificios y su coordinación modular, me ha inducido a escribir este artículo como una aportación más al planteamiento de este problema. La exposición sumaría que hago más adelante del sistema adoptado en los Estados Unidos, está tomada de aquel libro y a él remito a los lectores que deseen un mayor detalle.

Estimo que es necesaria y urgente la reforma de la dimensión normal de los ladrillos, si se considera desde el punto de vista de la economía de la construcción y rendimiento de la mano de obra, pero no lo es menos, a mi juicio, si se tienen en cuenta las ventajas que se obtendrían con una coordinación modular de todos los elementos que integran un edificio. Esta coordinación que a algunos asusta no consiste en la fijación de tipos o modelos normales para los elementos, lo que sería cruel e incómodo por su rigidez y muy árido desde el punto de vista artístico, sino en que todos los elementos, desde el ladrillo a los que son preparados en taller para su posterior colocación en obra, tales como puertas, cocinas, etcétera., se dimensionen con arreglo a incrementos de dimensión que sean múltiplos del módulo que se adopte. Siendo el módulo suficientemente pequeño, existe una flexibilidad para componer prácticamente ilimitada. En América, se ha adoptado el de 4" = 10,16 centímetros, y para algunos se admiten tolerancias de la mitad del módulo.

En España no es esto nuevo tampoco; en muchas oficinas de arquitectos se emplean ya tipos normalizados de carpintería, que son usados para las obras más comunes y frecuentes. Los talleres grandes de fumistería tienen

también tipos que suelen encajar en medidas múltiplos de 5 ó de 10 cm. Los radiadores de calefacción y otros elementos semejantes están tipificados de hecho por las casas suministradoras. Todo ello hace que, al proyectar, tengamos que tener en cuenta las medidas tipo o de catálogo de todos estos componentes de la obra. Ahora bien: esta tipificación actual está hecha por los fabricantes con arreglo a su criterio particular y conveniencia de fabricación, o si se ha establecido oficialmente, se ha hecho teniendo en cuenta tan sólo los factores que condicionan la producción en ese ramo específico. Falta evidentemente la coordinación. Se necesita que todos respondan a un orden común que evite la incompatibilidad de medidas con que tantas veces tropezamos al proyectar los detalles de obra.

La coordinación de dimensiones es una de las operaciones más esenciales de la construcción. Se hace preciso coordinar las dimensiones de cada uno de los elementos que componen un edificio para que, al ser unidos en obra, den como resultado el edificio que se proyectó.

Si bien este proceso es común a todos los edificios, hay diferencias básicas en el modo de llevarlo a cabo. La coordinación de dimensiones de las diferentes partes puede ser hecha en el taller antes de llevarlas a la obra, o puede hacerse en la misma obra, presentando las piezas en el lugar que hayan de ocupar, cortándolas o ajustándolas en la medida que requiera su acoplamiento. A menudo, es una combinación de ambos procedimientos.

El arquitecto establece el método a utilizar, por medio de los planos, detalles y condiciones técnicas. Fija las dimensiones, especifica los materiales y muestra, en los detalles constructivos, el modo de acoplar las diversas piezas. En muchos casos estas instrucciones no son suficientemente detalladas, y es preciso hacer gran parte de la coordinación de las dimensiones de las piezas prefabricadas, respecto a las dadas a las partes del edificio que hayan de recibirlas.

El reajuste de dimensiones en la obra no se limita a los materiales que son fáciles de cortar, como la madera, sino también a las tuberías, fábricas, piezas de solado, azulejos, etc. Hay, sin embargo, muchos elementos cuyas dimensiones no pueden ser alteradas después de salir del taller, y es preciso, para su colocación, cortar o rozar las partes adyacentes, llegando incluso a forzar la altura de las hiladas de las fábricas y falsear los niveles.

Resulta evidente el despilfarro de materiales y mano de obra que esto lleva consigo, como lo prueban los mon-

tones de desperdicios que se forman en las obras y el elevado precio que se asigna en los presupuestos a las operaciones de recibido y montaje. Es frecuente que la imposibilidad de acoplar un elemento obligue a cambiar la solución dada a aquella parte del edificio. Esta situación se hace más incompatible cada día con la complejidad de elementos e instalaciones de los edificios actuales.

El único procedimiento de que disponemos hoy para evitarlo es el estudio y dimensionamiento detalladísimo de los planos y detalles de obra; pero tal labor sólo es posible para obras monumentales o de lujo. Su alto coste se debe no sólo al gran trabajo de un proyecto tan detallado, sino, además, por la necesidad de hacer especialmente y a medida una gran parte de los elementos de la obra. Esto es también incompatible con la economía de la construcción moderna que se basa en la producción en serie de unidades tipos.

Resulta, pues, evidente que el primer paso para lograr una economía en la construcción ha de ser dado por las industrias suministradoras, previa coordinación de las dimensiones de los elementos constructivos que les permita la producción económica en gran escala. Con ello disfrutaría la industria de la construcción de las ventajas que ya gozan otras industrias.

La adopción de dimensiones coordinadas para los elementos constructivos que sean susceptibles de ello, constituye el objetivo principal de la coordinación modular adoptada en los Estados Unidos. Alcanza a gran número de materiales y ha tenido favorable acogida por el buen resultado obtenido ya hace años, al adoptar la coordinación de dimensiones de algunos, como las planchas de aislamiento y tablero de yeso, que responden al espaciamiento tipo 16" que se adopta para los pies derechos y vigas de entramado de madera en las construcciones económicas. También se coordinaron, y de hecho lo están, en nuestro país, los espesores de cercos con el grueso de la tabiquería.

Es evidente que una coordinación de la amplitud que se necesita, plantea problemas mucho más complejos. Los materiales de construcción son variadísimos y lo son también los modos de emplearlos. Se requiere una base de coordinación que pueda adaptarse a la naturaleza y proceso de fabricación de cada material y proporcione a los arquitectos una proporcionalidad o relación de dimensiones entre ellos, que no perjudique a la flexibilidad que se precisa al proyectar.

La coordinación ha de deducirse del estudio de detalles tipo para el acoplamiento de los diversos materiales, de modo que se presten a la solución de los problemas más frecuentes y que sean también compatibles con el empleo de detalles o elementos especiales, fuera de tipo, cuando se necesite, o los detalles tipo no se adapten a la solución de algún problema particular.

En la derivación de la base adoptada en los Estados Unidos se ha seguido el criterio siguiente: La coordinación de las dimensiones para los materiales de construcción y para los edificios, requiere la adopción de una unidad tipo de medida o módulo. El módulo no puede ser aplicado, sin embargo, tomando medidas y dimensiones múltiplos de él. Proceder así, estaría en desacuerdo con los métodos empleados en construcción para unir las diferentes piezas, tales como juntas de mortero, solapes, etc., y no consentiría las tolerancias y holguras que se precisan en la práctica constructiva. Por añadidura, sería antieconómico limitar los espesores de muros y suelos a los múltiplos de un módulo, ya que éste resultaría demasiado pequeño para una tipificación eficaz. Los materiales resistentes, de estructura, deben ser concebidos y usados en forma que su aplicación de obra requiera un mínimo de alteración en sus dimensiones. Estas alteraciones afectarían a la dimensión de los elementos adyacentes y, en definitiva, a la disposición y traza del edificio. La aplicación del módulo debe tener una flexibilidad que resuelva estas incidencias.

Tal flexibilidad se puede lograr aplicando el módulo como un incremento uniforme de medida o de dimensión más que por directa multiplicación. Este procedimiento viene siendo aplicado hace tiempo en otras industrias. Permite el empleo de detalles tipo de montaje o de ensamble que se aplican siempre que se repitan en la construcción las mismas condiciones y circunstancias. Por ejemplo: la jamba de una ventana es un detalle típico que puede aplicarse para todas las ventanas de la misma contextura, aunque su ancho varíe. Si suponemos una ventana colocada en un muro (fig. 1), el detalle del recibido de su cerco exigirá que dejemos las holguras J a cada lado. Si variamos el ancho de la ventana en un incremento A, el ancho del hueco en la fábrica ha de ser variado en la misma cantidad A, para que el detalle de montaje o recibido de la jamba pueda ser

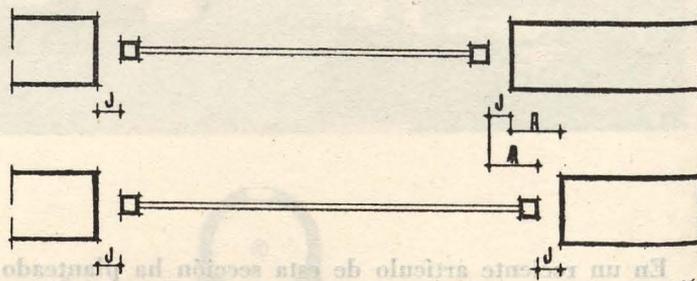


Fig. 1

aplicado sin alteración. Como consecuencia, habrá que aplicar el mismo incremento a otra serie de elementos, como el dintel y la peana del hueco y del cerco, los tapajuntas, etc. Análogamente, las piezas verticales de la ventana experimentarán una variación similar si incrementamos su altura. Todos los detalles tipo obligan a esta uniformidad de incrementos en su aplicación. La variación de la dimensión de una pieza obliga a incrementar las inmediatas en la misma cantidad; de ahí la necesidad de que todos los elementos y partes constitutivas de una construcción varíen en sus dimensiones con arreglo a incrementos uniformes.

El concepto de una dimensión que varía con un incremento uniforme viene expresada por la fórmula  $(D \pm KM)$ , en la cual «D» representa una dimensión convencional propia del elemento de que se trate; «K» un número entero cualquiera, y «M» el módulo. Siendo «K» arbitrario, la fórmula puede ser expresada de otro modo más útil, así:  $(KM \pm d)$ , donde «d» es diferencia fija menor que «M». El diagrama adjunto (fig. 2) muestra esta transformación.

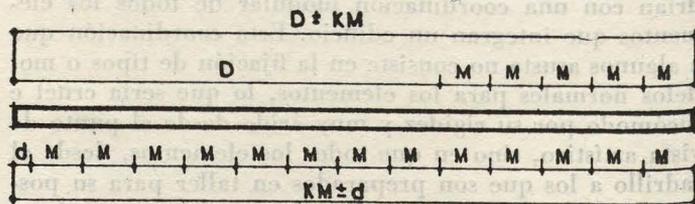


Fig. 2

La determinación del tamaño del módulo exigió una extensa investigación y estudio. Un módulo muy grande hubiera restringido la flexibilidad de proyectar y hubiese sido incómodo para dimensionar los materiales. Por otra parte, cuanto más grande sea el módulo, es más simple y económica la tipificación. Fué preciso ele-

gir un término medio como resultado del análisis de los planos de edificios diversos, incluso los de casas económicas de dimensiones muy alambicadas. Se llegó así a adoptar el módulo de 4". Este módulo se adaptaba bien, por otra parte, a productos ya tipificados, lo que representaba una gran ventaja, ya que muchas industrias no necesitarían cambiar sus tipos.

La base tipo para la coordinación modular es una red espacial, tridimensional, de cubos de 4" de lado (figura 3). Todos los planos de edificios y los detalles

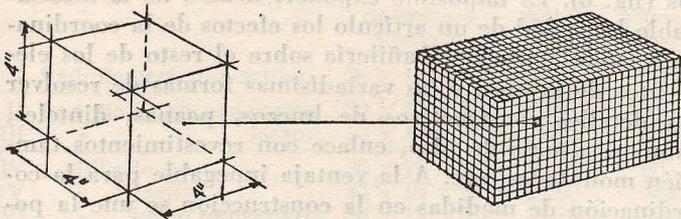


Fig. 3

constructivos son relacionados o referidos a esta red tipo. Esta relación o referencia es arbitraria y, por tanto, no implica limitación alguna. La referencia a la red común proporciona una correlación automática de los planos a escala pequeña con los detalles a gran escala. En los planos a escala reducida no es práctico representar la cuadrícula de la red. A los efectos de referir el plano a la red, se conviene en indicar las dimensiones del siguiente modo (fig. 4): Se emplea una flecha cuando el punto está en una línea de la cuadrícula, y un punto, cuando no lo está.

EN LA RED. FUERA DE LA RED.

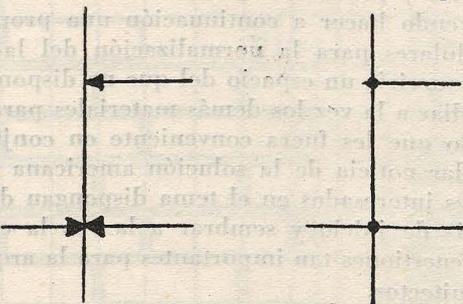


Fig. 4

Reproduzco como ejemplo dos detalles modulares típicos (fig. 5 y 6). La figura 5 es un detalle de la jamba de una puerta y la figura 6, el de una fachada de ladrillo macizo visto, trasdosada con ladrillo hueco, con una parte del forjado y carrera. Las cotas de referencia se indican «R». No se han puesto las cotas que habría que poner en la práctica para dimensionar los distintos elementos.

No es esta la ocasión de exponer en toda su complejidad el sistema y sí de volver sobre el tema principal de este artículo: las dimensiones del ladrillo. La fábrica de ladrillo juega un papel decisivo en la coordinación. Las dimensiones de las unidades modulares de las fábricas determinan las medidas de los huecos de puertas y ventanas y otros elementos, influyendo como consecuencia en la coordinación de gran número de ma-

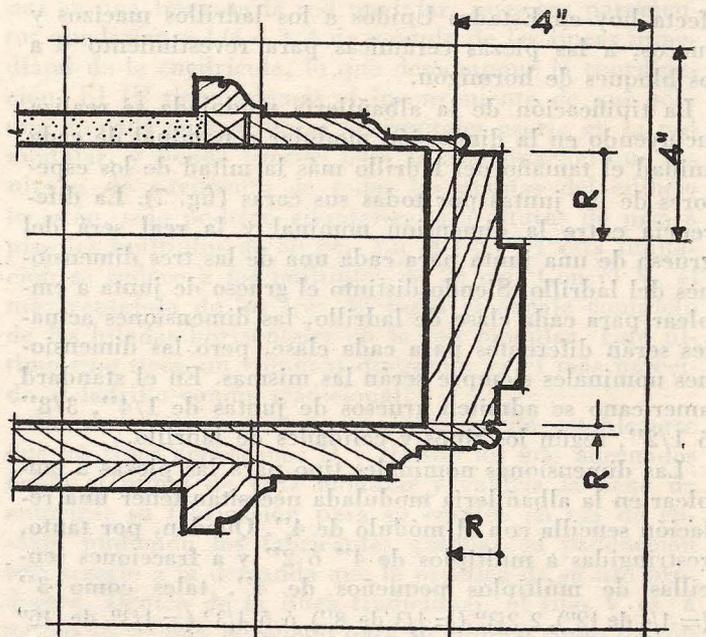


Fig. 5

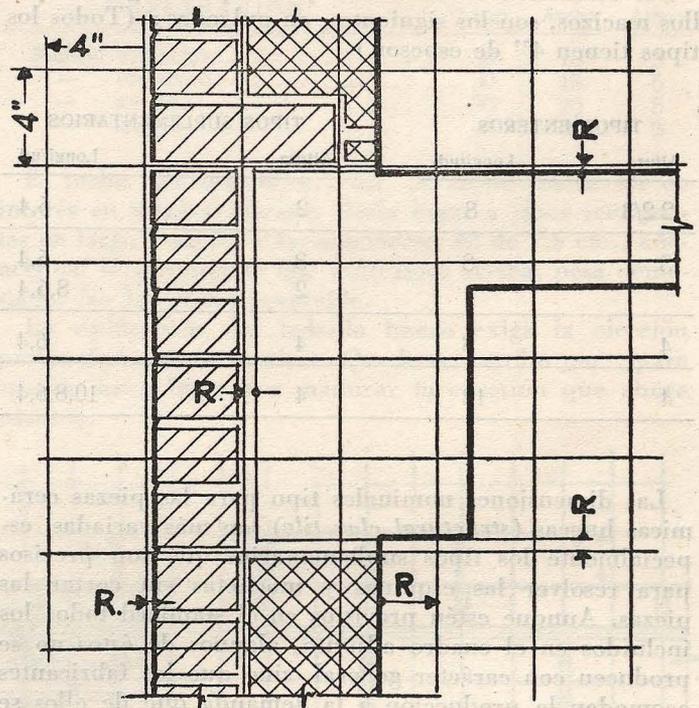


Fig. 6

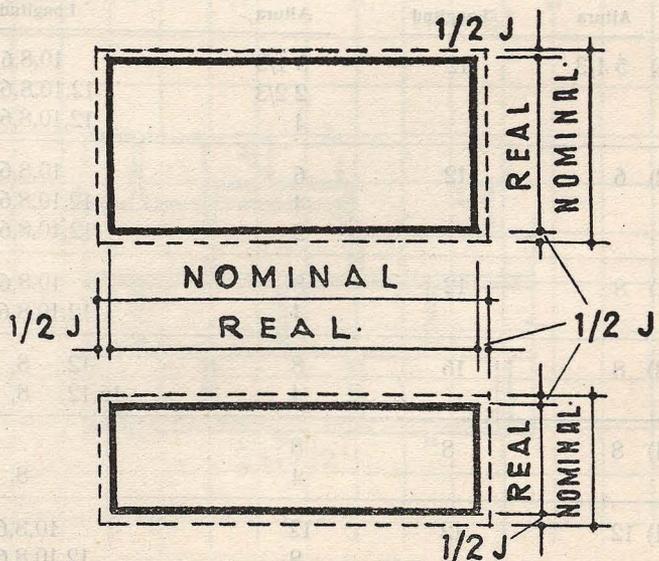


Fig. 7

teriales. La albañilería modulada (*modular masonry*) afecta hoy en Estados Unidos a los ladrillos macizos y huecos, a las piezas cerámicas para revestimiento y a los bloques de hormigón.

La tipificación de la albañilería modulada se realiza incluyendo en la dimensión modular o nominal de cada unidad el tamaño del ladrillo más la mitad de los espesores de las juntas por todas sus caras (fig. 7). La diferencia entre la dimensión nominal y la real será del grueso de una junta para cada una de las tres dimensiones del ladrillo. Siendo distinto el grueso de junta a emplear para cada clase de ladrillo, las dimensiones actuales serán diferentes para cada clase, pero las dimensiones nominales siempre serán las mismas. En el standard americano se admiten gruesos de juntas de 1/4", 3/8" ó 1/2", según los tipos y calidades de ladrillo.

Las dimensiones nominales tipo para las piezas a emplear en la albañilería modulada necesitan tener una relación sencilla con el módulo de 4". Quedan, por tanto, restringidas a múltiplos de 4" ó 2" y a fracciones sencillas de múltiplos pequeños de 4", tales como 3" (= 1/4 de 12"), 2 2/3" (= 1/3 de 8"), ó 5 1/3" (= 1/3" de 16") Los incrementos de 4" se aplican a las longitudes y alturas de las paredes más que a las dimensiones de las piezas.

Las dimensiones nominales tipo adoptadas para ladrillos macizos, son los siguientes, en pulgadas: (Todos los tipos tienen 4" de espesor.)

TIPOS ENTEROS		TIPOS SUPLEMENTARIOS	
Altura	Longitud	Altura	Longitud
2 2/3	8	2	6,4
3	8	3	6,4
		2	8,6,4
4	8	4	6,4
4	12	4	10,8,6,4

Las dimensiones nominales tipo para las piezas cerámicas huecas (*structural clay tile*) son más variadas, especialmente los tipos suplementarios que son precisos para resolver las esquinas y mochetas sin cortar las piezas. Aunque estén previstos en el standard todos los incluidos en el cuadro adjunto, algunos de éstos no se producen con carácter general, sino que los fabricantes acomodan la producción a la demanda que de ellos se haga.

TIPOS ENTEROS		TIPOS COMPLEMENTARIOS	
Altura	Longitud	Altura	Longitud
(1) 5 1/3	12	5 1/3	10,8,6,4
		2 2/3	12,10,8,6,4
		4	12,10,8,6,4
(2) 6	12	6	10,8,6,4
		4	12,10,8,6,4
		2	12,10,8,6,4
(1) 8	12	8	10,8,6,4
		4	12,10,8,6,4
(3) 8	16	8	12, 8, 4
		4	16,12, 8, 4
(4) 8	8	8	4
		4	8, 4
(4) 12	12	12	10,8,6,4
		8	12,10,8,6,4
		4	12,10,8,6,4

Los espesores normales son de 4", 6" y 8". Se hacen además piezas de 2" de espesor para revestimientos, las de 8" por 16" y las de 12" por 12" pueden hacerse con 10" y 12" de espesor. Todas las unidades tipo pueden ser fabricadas con las perforaciones en soga o en tizón. Los de las series (1) se emplean preferentemente para trasdosados de fábricas vistas. Los (2) para trasdosados de fábricas vistas hechas con el ladrillo macizo de 3" de altura. Los (3) para muros de ladrillo hueco y los (4) para tabiquería.

Como ejemplo de la coordinación de las diferentes alturas de ladrillo con la cuadrícula modular reproduzco los alzados de fábricas hechos con cinco tipos distintos (fig. 8). Es imposible exponer, dentro de la insoslayable brevedad de un artículo los efectos de la coordinación modular de la albañilería sobre el resto de los elementos de la obra y las variadísimas formas de resolver los detalles constructivos de huecos, peanas, dinteles, jambas, alturas de piso, enlace con revestimientos también modulados, etc. A la ventaja innegable para la coordinación de medidas en la construcción se une la posibilidad, a mi juicio importantísima, de hacer posible el uso con plena eficacia en los proyectos de cuadrículas modulares de mayor dimensión.

Desde hace unos años han vuelto los arquitectos al empleo, ya conocido y usado en la Edad Media y en el Renacimiento, de las cuadrículas modulares para la traza de los proyectos. Hoy existe un gran interés por este tema en todos los países. Luis Moya, en su artículo ya citado, expuso recientemente el estado de estos estudios. En los Estados Unidos la tipificación hace años hecha de varios materiales con módulo 16" ha inducido al empleo de cuadrículas cuya base es un múltiplo sencillo de esta longitud. Frank Lloyd Wright ha llegado a usar como módulo en algunos de sus originales proyectos exágonos y rombos. Lo más corriente es el empleo del cuadrado de cuatro pies de lado, que siendo un número entero de pies, es igual a 3 x 16". También se emplea el de 5' 4" = 4 x 16". La elección del módulo se hace en función del carácter y dimensiones del edificio y fija el espaciamiento de las paredes, pilares, pies derechos o vigas. Impone un control de unidad y escala en el proyecto y proporciona un ritmo cuya repetición tiene interés estético y práctico a la vez.

No pretendo hacer a continuación una propuesta de tipos modulares para la normalización del ladrillo español; requeriría un espacio del que no dispongo y exigiría estudiar a la vez los demás materiales para obtener un módulo que les fuera conveniente en conjunto. Me limito a dar noticia de la solución americana para que los lectores interesados en el tema dispongan de un elemento más de juicio y sembrar a la vez la curiosidad por estas cuestiones tan importantes para la arquitectura y los arquitectos.

Creo interesante, sí, hacer varias observaciones que pueden ayudar a centrar el tema. Da la coincidencia que el módulo adoptado en Estados Unidos para la coordinación es 4", igual 10,16 cm., que muchos elementos constructivos españoles están ya dimensionados con 10 cm. como módulo, lo que es natural y comodísimo para nuestro sistema de medidas, y que, si bien el empleo del módulo 10 cm. se ha hecho para las dimensiones reales de los elementos y no para su dimensión nominal, incluyendo las juntas, la corrección precisa para ello sería muy fácil de hacer. Teniendo esto en cuenta, estimo que los 10 cm. tienen gran probabilidad de ser la mejor dimensión para el módulo que buscamos. Los 5 cm. darían un módulo demasiado pequeño y los 15 centímetros, a más de grande, da lugar a múltiplos incómodos y no es divisor del metro. Todas las medidas intermedias son incómodas o introducen fracciones de centímetro, lo que es inadmisibles.

La adopción de los 10 cm. tiene otra ventaja. Casi todos los módulos adoptados para proyectos se aproximan a 1,20 metros. Los 4' americanos son igual a 1,2182 me-

tros, y da la coincidencia que el módulo de 10 cm. para detalles constructivos resultaría la doceava parte del módulo de 1,20 metros para trazas, con lo que tendríamos de la relación 1 a 12 que era tan útil para componer con el antiguo sistema de medidas, por admitir cuatro divisores enteros.

Siendo la normalización de los ladrillos el primer paso para una coordinación modular, interesa mucho analizar las dimensiones posibles desde este punto de vista. Voy a referirme exclusivamente a dimensiones nominales de los ladrillos macizos y al que pudiéramos llamar ladrillo patrón, el equivalente o sustituto del actual cerámico, ya que de él se deducirían las demás variedades, largos, anchos y estrechos.

	Dimensiones nominales	Volumen en dm <sup>3</sup>	Piezas en dm <sup>3</sup>
I Ladrillo cerámico actual..	26 × 13 × 6	2,028	490
II Ladrillo americano normal.	20 × 10 × 10	2,000	500
III » » largo..	30 × 10 × 10	3,000	333
IV Ladrillo tocho.....	30 × 15 × 7,5	3,375	296
V » mahón .....	30 × 15 × 5	2,250	444
VI » tocho (reducido)..	30 × 15 × 6,7	3,015	332
VII Ladrillo común antiguo...	29 × 15 × 5,5	2,3925	418

He incluido el ladrillo cerámico actual I, y el común antiguo VII, para término de comparación. Desde el punto de vista de la coordinación modular, ambos deben ser excluidos evidentemente por su discordancia con el módulo. De los restantes, el II y el III responden a los tipos americanos. Los IV y V son el tocho y el mahón propuestos por Lahuerta en su artículo, y el VI una reducción del tocho. El tipo II es, sin duda, el que mejor encaja en el módulo por sus tres dimensiones. Es, sin embargo, de forma algo extraña para nuestras costumbres y da, además, un número de piezas por metro cúbico algo mayor que el cerámico actual. El III es sólo admisible como variante del II en el caso de adoptarse éste como tipo. Los IV, V y VI tienen el efecto común de que su ancho o espesor de 15 cm. no se ajusta al módulo y en los aparejos de sogá y tizón alternando exigiría siempre el empleo de piezas partidas o especiales para el remate de la mitad de las hiladas. Además, las

paredes de 1/2, 1 1/2, 2 1/2 astas no pueden ser centradas en una línea de la red modular, pues sus paramentos quedarían a 1/4 ó 3/4 de módulo de las líneas inmediatas de la cuadrícula, lo que descompone la coordinación. El IV tiene además el inconveniente de que sólo una de cada cuatro juntas horizontales caería en la red modular, y siendo preciso para la coordinación que los niveles de pavimento de todas las plantas del edificio lo estén, sólo podrían adoptarse para alturas de piso a piso los múltiplos de 30 cm. En el tipo VI esta limitación se reduce a los múltiplos de 20 cm. Con el V, el más ventajoso de los tres, se logra el encaje completo de las hiladas horizontales en la red modular. Este último tipo tiene un volumen discreto y es el más parecido al ladrillo común tradicional.

Como resumen de este análisis, puede establecerse que los tipos americanos II y III son los más adecuados desde el punto de vista modular y valdría la pena de autorizar su fabricación para su empleo en vía de ensayo, pudiendo los fabricantes graduar su producción con arreglo a la demanda que la práctica de su uso produjera. Dentro de la línea tradicional, el tipo V es, a mi juicio, el más adecuado para su empleo como patrón y podría dar lugar a una familia de ladrillos como la siguiente:

DESIGNACION	Dimensiones nominales		
	Largo	Ancho	Altura
Mahón estrecho .....	30	10	5
— ordinario .....	30	15	5
— ancho.....	30	20	5
— largo.....	40	20	5

El tocho reducido de 6,7 cm. de altura puede ser de interés en muchas obras y daría lugar a tipos semejantes en largo y ancho a los anteriores. El de 7,5 cm., además del inconveniente que indicamos arriba, pesa demasiado. No lo estimo aceptable.

La tipificación del ladrillo hueco exige la elección previa de los tipos macizos. Quede su estudio pues, para cuando haya llegado a madurar la cuestión que ahora planteo.

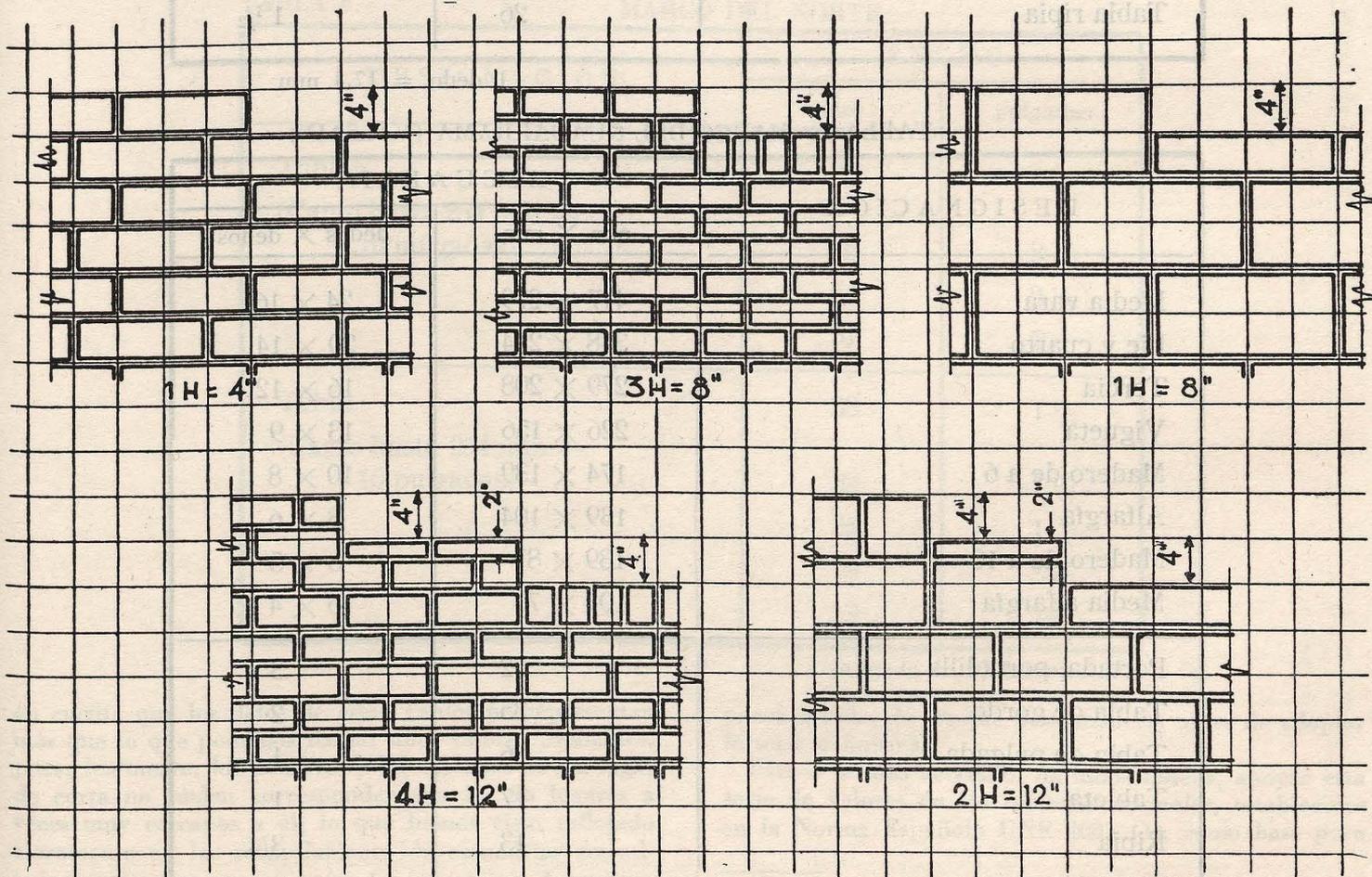


Fig. 8