

EVOLUCION DE LAS DIMENSIONES DE LOS LADRILLOS Y SU COORDINACIÓN DESDE LA ADOPCIÓN DEL METRO COMO UNIDAD DE MEDIDA

EVOLUTION AND COORDINATION DIMENSIONAL OF BRICKS SINCE THE ADOPTION OF THE METRIC SYSTEM

Antonio Rodríguez Sánchez

Dr. Arquitecto, Profesor del Departamento de Construcciones Arquitectónicas y su Control
Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica - Universidad Politécnica de Madrid.

Resumen.

La adopción del sistema métrico decimal supuso una revolución respecto a los sistemas tradicionales de medir. En los ladrillos provoca los primeros estudios para adaptar las piezas a las nuevas medidas y la coordinación de estas medidas para poder colocar correctamente las piezas en la fábrica en distintas posiciones.

Se analizan, en los *tratados de construcción* del siglo XIX y primera mitad del siglo XX, la evolución de las medidas de los ladrillos y su coordinación y se comparan con datos tomados en los propios edificios. Esto permite establecer conclusiones respecto a la utilización real de ladrillos con coordinación total o parcial, su repercusión en utilizaciones a hueso o con junta y los recursos utilizados en las fábricas cuando no existe coordinación total, cuestiones que nunca quedan recogidas en los *tratados de construcción*.

1. Introducción.

El metro se adopta como unidad de medida internacional el 10 de diciembre de 1799. En España, a partir de ese momento, se impulsó la implantación del nuevo sistema de pesos y medidas pensando en la modernización de la economía y la sociedad, pero no se consiguió hasta el 19 de julio de 1849 cuando Isabel II sancionó la Ley de Pesas y Medidas, previamente decretada por las Cortes.

Summary.

The adoption of the decimal metric system implied a great change in the traditional measuring systems. Regarding bricks, it originated the first studies carried out to adapt the brick units to the new dimensions and to coordinate these measures to permit the placing of the brickwork pieces correctly in the different positions.

In this article, the evolution of the brick dimensions and their coordination from the construction treaties of the 19th century and first half of the 20th century are compared to the data collected in different building from that time. This allows making conclusions on the precise use of the brick with total or partial coordination, its repercussions with the mortar or dry bond, as well as the resources used in brickwork when there is no total coordination – issues which do not appear in the construction treaties.

1. Introduction.

The meter was adopted as international measure unit on the 10th of December 1799. In Spain, the new system was encouraged thinking it would modernize the economy and the society, but it did not become into force until July 19th 1849, when the Queen Isabel the 2nd approved the Law of Weight and measures previously passed in Parliament.

La introducción del nuevo sistema métrico fue muy lenta; un nuevo Real Decreto de 19 de junio de 1867 lo haría obligatorio a partir del 1 de julio del mismo año para las distintas Administraciones y dependencias del Estado y a partir del 1 de julio de 1868 para los particulares, pero los problemas políticos del país impidieron su cumplimiento. Finalmente el Real Decreto de 14 de febrero de 1879 estableció la definitiva obligatoriedad del sistema métrico decimal a partir del 1 de julio de 1880.

En este nuevo sistema de medidas no encajan las dimensiones de los ladrillos tradicionales basados en medidas *humanas* (pie, palmo, dedo) y provoca los primeros estudios de normalización para adaptar las piezas de fábrica a las nuevas medidas, que coexistirán con las anteriores durante el siglo XIX y parte del XX.

2. Dimensiones de los ladrillos y su coordinación en el siglo XIX.

Durante el siglo XIX se siguen utilizando ladrillos basados en medidas *humanas*. Este hecho queda reflejado en las Ordenanzas de Madrid de 1820, donde se recogen las condiciones que deben cumplir los fabricantes de ladrillos, y en lo que hace referencia a las medidas dice: *Que la gradilla para cortar el ladrillo haya de tener diez y siete dedos de largo, trece de ancho, y tres y medio de grueso*¹. Esto significaría unas dimensiones aproximadas del ladrillo de 31,5 cm para la soga, 24,0 cm para el tizón, y como máximo 6,5 cm para el grueso. Avanzando en el siglo encontramos algo parecido en las Ordenanzas de Madrid de 1857 de Manuel Fornés y Gurrea, donde también se establecen las condiciones que deben cumplir los fabricantes de ladrillos, siendo interesantes las siguientes: *Que los que trajeron ladrillo y baldosa, no siendo bien cocido, sin venteaduras ni caliches, y que no tenga muy cabal (siendo ladrillo) un pie de largo y una cuarta de ancho, y dos dedos de grueso,...*².

¹ ARDEMANS, Teodoro. Ordenanzas de Madrid, y otras diferentes, Madrid, 1820, p.108.

² FORNÉS Y GURREA, Manuel. El arte de edificar, (edición facsímil), Madrid, 1982, p.68.

The introduction of the new metric system was a slow process. The Royal Decree of June 19th 1867 made it compulsory for all the administrations and State institutions, and from the first of July 1868 all private and particular companies had to use it. But political problems of the time prevented the law to be enforced. Finally, the Royal Decree on July 14th 1879 established the definite application of the decimal metric system from the 1st of July 1880.

In this new system the dimensions of the traditional brick do not fit, as they are based on human dimensions (foot, palm, finger) and it causes the first standardization studies in order to adapt the brickwork units to the new dimensions. The new dimensions coexisted with the earlier traditional ones through the end of the 19th century and the first part of the 20th century.

2. Brick dimensions and their coordination in the 19th century.

During the 19th century bricks are still being used based on human dimensions. This is shown in the Madrid Ordinances of 1820, where it specifies the conditions and requirements the brick manufacturers have to comply. Also, in relation to the dimensions, it said: "The mould to cut the brick has to have seventeen fingers long, thirteen in width and a thickness of three and a half"¹. This means the approximate dimensions of the brick are: 31.5 cm for the stretcher, 24.0 for the header, and a maximum of 6.5 as thickness. Towards the middle of the century, something similar can be found in the Madrid Ordinances from 1857 by Manuel Fornés y Gurrea, where the conditions of brick manufacturers are established. Some interesting requirement shown here are the following: "The bricks and tiles, not correctly fired, without seams or lime dots, and bricks not having the correct dimensions of one foot long, one quarter (palm) wide and two fingers thick..."².

¹ ARDEMANS, Teodoro. Ordenanzas de Madrid, y otras diferentes, Madrid, 1820, p.108.

² FORNÉS Y GURREA, Manuel. El arte de edificar, (edición facsímil), Madrid, 1982, p.68.

De acuerdo con esto, considerando la cuarta (mano extendida) como la cuarta parte de la vara castellana (83,6 cm), los ladrillos tendrían unas dimensiones aproximadas de 29,6 cm para la soga, 20,9 cm para el tizón y 3,7 cm para el grueso, con una proporción de 1,41 ($\sqrt{2}$) entre sus aristas mayores.

Estas medidas impiden colocar los ladrillos alternando sogas y tizones en la misma o distintas hiladas manteniendo un determinado solapo, al no existir una relación entre sus dimensiones que lo permita, que denominamos *coordinación dimensional*.

3. Dimensiones de los ladrillos y su coordinación en el siglo XX

Es en la primera mitad del siglo XX cuando los Tratados de Construcción recogen indicaciones sobre la proporción que debe existir entre las dimensiones de soga (largo) y tizón (ancho) de los ladrillos, pero nunca relacionándolas con el grueso de la pieza.

Ger y Lóbez, aunque sin reflejar medidas, en 1898 ya establece la proporción entre las dimensiones de los ladrillos: “Los ordinarios y más usados son los que tienen forma de un paralelepípedo en donde la longitud es doble de la anchura más el grueso de la junta de mortero que se ha de interponer en la obra: el grueso varía entre el sexto y el octavo de la longitud, y cuando ha de emplearse en bóvedas se les da más grueso por un lado que por otro.”³

Con esto queda claramente establecida la coordinación que debe existir entre la soga y el tizón para poder colocar los ladrillos a soga o a tizón en la misma y contiguas hiladas, manteniéndose la misma ley de traba. El grueso también está relacionado con las otras dos dimensiones del ladrillo e interviene cuando existen ladrillos a sardinel para hacer coincidir un número exacto de hiladas con el tizón o el doble de hiladas con la soga de la pieza.

3 GER Y LOBEZ, Florencio. Tratado de construcción civil, (reproducción facsímil de la edición de Badajoz: La Minerva Extremeña, 1898), Badajoz, 2000, p.23.

Therefore, considering a palm as a quarter of the Spanish yard (83.6cm), bricks had approximate dimensions of 29.6cm as stretcher, 20.9 as header and 3.7 thickness, with a proportion of 1.41($\sqrt{2}$) between its longer edges.

These dimensions prevent the placing of bricks alternating header and stretcher in the same or in different courses maintaining a fixed overlapping, since there is no relation among the dimensions to allow it, that is, there is no dimensional coordination.

3. Brick dimensions and their coordination in the 20th century

In the first half of the 20th century the construction treaties start specifying the proportion needed between the stretcher (length) and header (width) of bricks but there is no relation with the thickness of the brick.

Ger and Lóbez, although not specifying the size, already in 1898 established the proportions among the brick dimensions: “The most common ones have a parallelepiped shape, having a length of double the width plus the mortar joint thickness which has to be added to the brickwork: the thickness varies between a sixth and an eighth of the length, and when being used in vaults the brick will be thicker on one side than on the other”³.

This clearly states the coordination needed between the dimensions so as to place the bricks according to stretcher or header bond in the same or adjoining courses maintaining the binding law. Thickness is also related with the other two brick dimensions and it is referred to when bricks are placed at sardinel bond to make the number of courses even to the header or to make it coincide with the brick stretcher.

3 GER Y LOBEZ, Florencio. Tratado de construcción civil, (reproducción facsímil de la edición de Badajoz: La Minerva Extremeña, 1898), Badajoz, 2000, p.23.

Profundizando en este sentido, para que el ladrillo pueda colocarse correctamente en la fábrica en las distintas posiciones (soga, tizón, sardinel, etc.) debería tener unas dimensiones relacionadas de la siguiente manera: Llamando

s = soga; t = tizón; g = grueso; j = junta.
 $s = 2t + j = 4g + 3j = 6g + 5j = 8g + 7j$.

Esta relación condiciona el valor de la llaga, no así del tendel que debería adquirir valores próximos.

So, in order for the brick to be placed in the different positions, it should have dimensions related in the following way:

$s = \text{stretcher}; h = \text{header}; t = \text{thickness}, j = \text{joint}.$
 $s = 2h + j = 4t + 3j = 6t + 5j = 8t + 7j$.

This relationship conditions the value of the pointing, but not the perpend which should have similar size.

	<u>largo</u>	<u>ancho</u>	<u>grueso</u>
Alicante milímetros	280	140	40
Andalucía (Oeste)	286	140	40
Andalucía (Este)	240	120	50
Aragón.	300	150	60
Asturias	240	120	50
Cataluña	300	150	55
Castilla la Vieja (Norte).	240	120	50
Castilla la Vieja (Sur).	270	130	60
Castilla la Nueva (Madrid).	270	135	52
Extremadura.	260	130	50
Galicia.	220	110	55
León	250	120	50
Murcia.	280	140	60
Navarra	260	125	65
Rioja	300	145	50
Valencia	250	125	50
Vascongadas.	260	146	45

Tabla 1: Tamaño del ladrillo macizo en España. (Bassegoda, década de 1920, p.84)
Tabl2 1: Dimensions of Spanish solid bricks at about 1920.

La coordinación del grueso no será tenida en cuenta hasta muy mediado el siglo XX, y las de soga y tizón, aunque planteadas en distintas publicaciones, no son recogidas por los fabricantes, que siguen fabricando ladrillos con valores del tizón iguales a la mitad de la soga. Bassegoda (década de 1920) recoge esta cuestión en una interesante tabla⁴ que expresa las dimensiones en milímetros de los ladrillos macizos en las distintas regiones españolas (tabla 1). En ella solamente en Castilla la Vieja (Sur) aparece un ladrillo coordinado en las tres dimensiones.

4 BASSEGODA PINIÉS, Sixto. Tratado práctico de construcción moderna. Barcelona, década de 1920, p. 84.

The thickness coordination is not considered until half of the 20th century, and the coordination of header and stretcher dimension, although it appears in the different publications of the time, it is not applied by the manufacturers, who continue producing bricks with values of the header equal to half of that of the stretcher. Bassegoda (in the 1920's) includes this issue in an interesting table⁴ expressing the dimensions of solid bricks in the different regions of Spain, in millimetres (table 1). On that table, as can be seen, only in Castilla la Vieja (South) appears the brick coordinated with its three dimensions.

4 BASEGODA PINIÉS, Sixto. Tratado práctico de construcción moderna. Barcelona, década de 1920, p. 84.

Esselborn (1928) y Schindler (1944) recogen la misma indicación que Ger y Lóbez hacía casi 50 años antes: “se tendrá en cuenta que el doble de la anchura del ladrillo más la junta ha de ser igual a la longitud del ladrillo”⁵.

La fabricación industrial del ladrillo será la que influya decisivamente en sus dimensiones. En los años finales de la década de 1920 se produce un avance en este sentido con la incorporación de maquinaria alemana a muchas fábricas, que empiezan a producir ladrillos con el formato alemán de 25x12 cm. para la tabla de la pieza y distintos gruesos.

En un intento de regularización dimensional el 13 de mayo de 1942 se publica una Orden (B.O. de 15 de mayo de 1942) en la que se establece como tamaño normal para ladrillos macizos el de 25x12x5 cm. recibiendo la denominación de métrico (1/4 del metro).

En Cataluña nunca se aceptó la dimensión de 25 y siguieron fabricando ladrillos basados en la dimensión de 29 cm., consiguiendo la aceptación oficial según resolución de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Industria y Comercio de 20 de julio de 1942.

Estas dimensiones no convencieron a los profesionales de la época y algunos como Javier Lahuerta o Germán Valentín Gamazo analizaron todas las dimensiones de los ladrillos y su coordinación llegando a plantear relaciones entre las medidas de la pieza que no serían aplicadas en su totalidad en la fabricación.

Lahuerta (1948) en el artículo “El tamaño de los ladrillos”⁶ analiza y compara los tamaños de 25 y 29 cm., demostrando que los espesores de muros construidos con ladrillo de 25 cm.,

5 ESSELBORN, Carlos. Tratado general de construcción (versión de la 8ª edición alemana por BASSEGODA MUSTÉ, Buenaventura). Barcelona, 1928, p.76

6 LAHUERTA, Javier. “El tamaño de los ladrillos”, Revista Nacional de Arquitectura, núm. 80, agosto 1948, pp.307-311.

Esselborn (1928) and Schindler (1944) also include the same comment made 50 years earlier by Ger and Lóbez: “It should be considered that double the width of the brick plus the joint is to be the same dimension as the length of the brick”⁵.

The industrial production of brick will greatly influence in the brick dimensions. During the last years of the 1920’s a great advance is produced in this area with the inclusion of German machinery. As a result, brick factories started producing bricks in German format of 25x12 dimensions for the bed and with different thicknesses.

In an attempt to standardize the sizes, a regulation is published on the 15th of May, 1942, which establishes the normal size for solid bricks 25x12x5 cm, and it is called metric (1/4 of a meter).

In Catalonia, this dimension of 25 was never admitted and they continued producing bricks of 29 cm, which was accepted by the Technical Secretary of the Ministry of Industry and Commerce the 20th July, 1942.

These new dimensions did not convince the professional of the time and some of them, as in the case of Javier Lahuerta or Germán Valentín Gamazo, analyzed the different sizes of bricks and their coordination establishing the relationships between the unit dimensions which would not be applied in the manufacture.

Lahuerta (1948) in his article “El tamaño de los ladrillos”⁶ analyzes and compares the sizes of 25 and 29cm bricks showing that the thickness of the walls constructed with 25 cm ,

5 ESSELBORN, Carlos. Tratado general de construcción (versión de la 8ª edición alemana por BASSEGODA MUSTÉ, Buenaventura). Barcelona, 1928, p.76

6 LAHUERTA, Javier. “El tamaño de los ladrillos”, Revista Nacional de Arquitectura, núm. 80, agosto 1948, pp.307-311.

se alejan de fracciones del metro al tener en cuenta el espesor de la llaga, así para espesores de $\frac{1}{2}$ asta (7), 1 asta, $1\frac{1}{2}$ astas, 2 astas y $2\frac{1}{2}$ astas obtendríamos valores de 12 cm., 25 cm., 38 cm., 51 cm. y 64 cm. Sin embargo con el ladrillo de 29 cm. obtendríamos valores de 14 cm., 29 cm., 44 cm., 59 cm. y 74 cm. que para fábricas vistas con 1 cm. de yeso por el interior dan valores múltiplos del decímetro. Basándose en esta medida de 29 cm. establece distintos gruesos del ladrillo como fracciones de la misma coordinadas dimensionalmente (tabla 2).

bricks are more distanced from the meter fractions --since they include the pointing thickness-- presenting: for thickness of $\frac{1}{2}$ bat (7), 1 bat, $1\frac{1}{2}$ bats, 2 bats y $2\frac{1}{2}$ bats the following values of 12 cm, 25cm, 38cm, 51cm and 64cm are obtained. Nevertheless, with the 29 cm brick, values of 14cm, 29cm, 44cm, 59cm and 74cm are obtained. In the case of face bricks with 1 cm mortar in the interior, the values are multiple of the decimetre. Based on this dimension of 29 cm, several thicknesses of brick are established as fractions dimensionally coordinated. (Table 2).

FRACCIÓN FRACTION	DIMENSIÓN – grueso ⁷ DIMENSION - Thickness ⁷	DESIGNACIÓN NAME
1/3 asta	9 cm.	Tochón
1/4 asta	6,5 cm.	Tocho
1/6 asta	4 cm.	Mahón
1/8 asta	2,8 cm.	Rasillón
1/12 asta	1,5 cm.	Rasilla

Tabla 2: Tipos de ladrillos con el grueso coordinado dimensionalmente con la soga de 29 cm (Lahuerta 1948, p.309)

Table 2: Brick types with the thickness dimension coordinated with the stretcher of 29 cm. (Lahuerta 1948, p.309)

Gamazo (1948) da un paso más con su artículo “El tamaño de los ladrillos desde el punto de vista de la coordinación modulada de los elementos constructivos” defendiendo una coordinación modular no solo de los ladrillos sino de todos los elementos que integran el edificio. Respecto a la fábrica de ladrillo, incorpora el concepto de red modular o nominal (figura 1) de la siguiente manera:

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.

⁷ Javier Lahuerta utiliza en el artículo el término “asta” tanto para ladrillos de 24cm como de 29 cm en vez del termino “pie”.

Gamazo (1948) goes a step further in his article “El tamaño de los ladrillos desde el punto de vista de la coordinación modulada de los elementos constructivos” pointing towards a modular coordination not only of the bricks but also of all the elements integrating the building. Regarding brickwork, he incorporates the concept of modular or nominal web (figure 1) describing it as follows:

Typification of modular brickwork is done including for each modular or nominal dimension the size of the brick plus half of the joint thickness in all its faces.

⁷ Javier Lahuerta utiliza en el artículo el término “asta” tanto para ladrillos de 24cm como de 29 cm en vez del termino “pie”.

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 mismas⁸.

Con este criterio debe ser la red modular o nominal la que se ajuste a los submúltiplos del metro, por lo tanto la dimensión de 25 cm debería ser la nominal ó modular y obtener la real descontando el espesor de la junta y las demás dimensiones coordinadas dimensionalmente con ella.

Considerando un espesor de junta de 1 cm obtendríamos un ladrillo de 24 cm de soga, 11,5 cm de tizón y gruesos de 5,25 cm ó 3,2 cm, (figura 2).

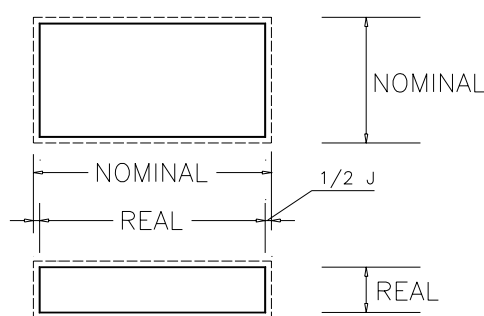


Figura 1 Coordinación dimensional del ladrillo y la fábrica (Valentín Gamazo 1948, p 451)
Figure 1 Dimensional coordination of bricks masonry ((Valentín Gamazo 1948, p 451)

⁸ VALENTIN GAMAZO, Germán. "El tamaño de los ladrillos desde el punto de vista de la coordinación modulada de los elementos constructivos", Revista Nacional de Arquitectura, núm. 83, noviembre 1948, p.452.

The difference between the nominal dimension and the real one is the thickness of each joint for each of the three brick dimensions. As the thickness for the different brick types varies, the actual dimensions would be different for each class, but the nominal dimensions will always remain the same⁸.

Using this criterion then, the modular or nominal web should coincide with the submultiples of the meter. Therefore the dimension of 25 cm should be the nominal or modular one and the real one could be obtained by subtracting the thickness of the joint and the other dimensions coordinated with it.

Considering the joint thickness of 1 cm, a brick of 24 cm stretcher, 11.5 cm header and thickness 5.25 cm or 3.2 cm would be obtained (figure 2).

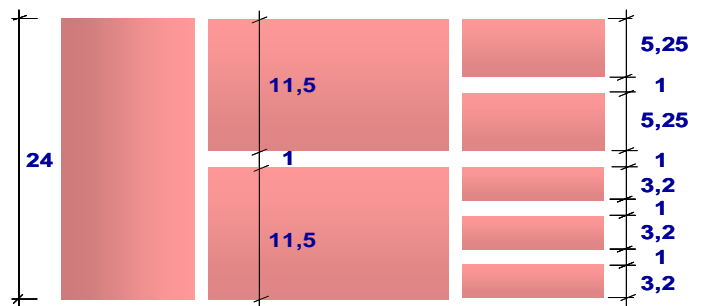


Fig. 2: Dimensiones coordinadas del ladrillo métrico.
Fig. 2 Dimensional coordination of metric brick

⁸ VALENTIN GAMAZO, Germán. "El tamaño de los ladrillos desde el punto de vista de la coordinación modulada de los elementos constructivos", Revista Nacional de Arquitectura, núm. 83, noviembre 1948, p.452.

3. Análisis de edificios.

Para contrastar todas estas consideraciones de los distintos autores con la realidad se han analizado las dimensiones de los ladrillos de los principales edificios de fábrica vista realizados en Madrid durante los últimos años del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX. Los datos obtenidos quedan recogidos en la tabla 3, donde se incorporan además dos columnas; una que refleja la existencia o no de ladrillos a sardinel, que tiene incidencia para la coordinación del grueso de la pieza, y otra que complementa la información con el tipo de aparejo utilizado en el edificio.

4. Building analysis

In order to contrast the different considerations of the various authors with what has really been built, some of the main buildings with face brickwork in Madrid, from the end of 19th century and the first half of the 20th century, have been studied. The data obtained are shown on table 3, where two columns have been added; one reflecting the existence or absence of soldier bricks, which is important for the coordination of the brick thickness, and another one implementing information on the type of bond used in the building.

AÑO	EDIFICIO/AUTOR	LADRILLO					
		tipo/junta	dimensiones	coord. soqa-tizón	coord. total	aparejo	sardinel
1875	ASILO DE HERMANITAS DE LOS POBRES. Antonio Ruiz de Salces	MACIZO	27x13,5x4	NO	NO	Inglés	NO
1878	PALACETE DEL MARQUÉS DE NÚÑEZ Emilio Rodríguez Ayuso	PRENSADO/ A HUESO	26,5x12,7x4,8	SI	NO	Tizones	SI
1881	MUSEO DE CIENCIAS Fernando de la Torre / Emilio Boix	MACIZO	27x13,5x4,7	NO	NO	Tizones/ Gótico	NO
1884	ESCUELAS AGUIRRE Emilio Rodríguez Ayuso	PRENSADO/ A HUESO	25x12,2x4,8	SI	NO	Tizones	SI
1886	IGLESIA DE SAN FERMÍN DE LOS NAVARROS Carlos Velasco / Eugenio Jiménez Corera	MACIZO	27x13,5x4	NO	NO	Tizones	NO
1889	INSTITUTO VALENCIA DE DON JUAN Enrique Fort y Guyenet	PRENSADO / A HUESO	24,2x12,3x5	NO	NO	Tizones	SI
1896	INSTITUTO OFTÁLMICO José Urioste y Velada	PRENSADO / A HUESO	28x14x4,7	NO	NO	Tizones	SI
1896	IGLESIA DE LA PALOMA Lorenzo Alvarez Capra / Dimas Rodríguez Izquierdo	MACIZO	27x13,5x4	NO	NO	Tizones	NO
1900	IGLESIA LA MILAGROSA Juan Bautista Lázaro / Narciso Clavería	MACIZO	28x14x4	NO	NO	Tizones	NO
1900	FÁBRICA DE CERVEZAS "EL AGUILA" Eugenio Gimenez Corera / Joaquín Sainz de Terreros	MACIZO	27x13,5x4	NO	NO	Tizones	NO
1903	ASILO DE SAN DIEGO Y SAN NICOLÁS Juan Bautista Lázaro	MACIZO	27x13,5x4	NO	NO	Tizones	NO
1904	ICAI (INST. CATÓLICO DE ARTES E INDUSTRIA) Enrique Fort y Guyenet	MACIZO	27x13,2x4	SI	NO	Tizones	SI
1906	COLEGIO DE LAS DAMAS NEGRAS Vicente Lampérez	MACIZO	27x13,5x4	NO	NO	Tizones	SI
1910	GRUPO ESCOLAR CERVANTES Antonio Flórez Urdapilleta	MACIZO	27x13x4	SI	NO	Tizones	SI
1916	VIVIENDAS C/ROMERO ROBLEDO 17	MACIZO	26,5x13,5x4,2	NO	NO	Tizones	NO
1923	GRUPO ESCOLAR CONCEPCIÓN ARENAL Antonio Flórez Urdapilleta	MACIZO	28x13,5x4	SI	NO	Tizones	SI
1924	DISPENSARIO DE LA CRUZ ROJA Manuel Cárdenas y Pastor	MACIZO	27x13x4	SI	NO	Tizones	SI
1925	IGLESIA DE SAN FRANCISCO DE SALES Joaquín Saldaña	MACIZO	25x12x5	SI	NO	Tizones	SI
1925	VIVIENDAS C/MIGUEL ANGEL 18-24 Gustavo Fdez. Balbuena	MACIZO	27x13x4	SI	NO	Especial	SI
1926	IGLESIA EVANGÉLICA DE SAN JORGE Teodoro Anasagasti	MACIZO	26,5x13x4	SI	SI ⁹	Tizones	SI

1926	CENTRO REGIONAL DE PREVENCIÓN Y RECONOCIMIENTOS Amós Salvador Carreras	MACIZO	27x13x4	SI	NO	Tizones	SI
1928	CINE EUROPA Luis Gutiérrez Soto	MACIZO/LLAGA A A HUESO	24x12x4	SI	NO	Tizones	NO
1928 1941	FACULTAD DE MEDICINA Miguel de los Santos Nicolás	MACIZO- PRENSADO / A HUESO	25x12x5 28x14x5,8	SI	NO	Tizones	NO
1928 1941	FACULTAD DE FÍSICAS, QUÍMICAS Y EXACTAS Miguel de los Santos Nicolás / Eduardo Torroja	PRENSADO / A HUESO	28x14x6,8	SI	NO	Gótico	SI
1929	COLEGIO DEL SAGRADO CORAZÓN DE JESÚS Manuel de Cárdenas y Pastor / Gonzalo de Cárdenas Rodríguez.	MACIZO	25x12x4,5	SI	NO	Gótico	SI
1930	CASA DE LAS FLORES Secundino Zuazo Ugalde	MACIZO	25x12x5 25x12x3	SI	NO	Especial	SI
1930	INSTITUTO RAMIRO DE MAEZTU Carlos Arniches Moltó / Martín Domínguez Esteban	MACIZO	24,5x11,5x4,5	SI ¹⁰	NO	Gótico Sogas	NO
1931 1941	FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS Agustín Aguirre López-Carbonel	PRENSADO / A HUESO	28x14x6	SI	NO	Gótico	NO
1933	IMPRESA MUNICIPAL Francisco Javier Ferrero Llusía	MACIZO/LLAGA A A HUESO	27x13,5x4	SI	NO	Gótico Sogas	SI
1935	VIVIENDAS C/MIGUEL ANGEL 2,4,6 Luis Gutiérrez Soto	MACIZO	25x12x4,5	SI	NO	Gótico	SI
1935	VIVIENDAS Pº PINTOR ROSALES 50,52 Ángel Laciana García	MACIZO	27x13,5x4,5	NO	NO	Tizones	NO
Años 40	MERCADO DE SANTO DOMINGO Carlos de Miguel	MACIZO	25x12x5	SI	NO	Gótico	SI
1940	MINISTERIO DEL AIRE Luis Gutiérrez Soto	MACIZO	25x12x5	SI	NO	Gótico	NO
1941	FACULTAD DE DERECHO Agustín Aguirre López-Carboell	PRENSADO	24x11,7x4,7	SI ¹¹	NO	Gótico	NO
1942	MUSEO DE AMÉRICA Luis Moya Blanco / Luis Martínez Feduchi	MACIZO/LLAGA A A HUESO	25x12x5	SI	NO	Gótico	SI
1942	IGLESIA DEL ESPÍRITU SANTO Miguel Fisac Serna	MACIZO/LLAGA A A HUESO	25x12x5	SI	NO	Sogas	SI
1945	VIVIENDAS VIRGEN DEL PILAR Francisco de Asís Cabrero Torres-Quevedo	MACIZO	25x12x5	SI	NO	Gótico	NO
1946	IGLESIA DE SAN AGUSTÍN Luis Moya Blanco	MACIZO	25x12x5	SI	NO	Gótico	SI
1948	MINISTERIO DE SANIDAD Francisco de Asís Cabrero Torres-Quevedo / Rafael Aburto	PRENSADO / LLAGA A HUESO	31x8x3	NO	NO	Sogas especial	NO
1949	CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS Miguel Fisac Serna	MACIZO	27x13x3,5	SI	NO	Tizones Sogas	SI NO
1949	VIVIENDAS C/BRETÓN DE LOS HERREROS 55,57 Luis Gutiérrez Soto	MACIZO	25x12x5	SI	NO	Gótico	SI
1953	VIVIENDAS C/JUAN BRAVO 7 y 9 Luis Gutiérrez Soto	MACIZO	25x12x5	SI	NO	Gótico	SI

Tabla 3: Análisis de las dimensiones de los ladrillos y su coordinación dimensional en los principales edificios realizados en Madrid durante el último cuarto del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX.

9 Considerando una llaga y tendel de 0,5 cm.

10 Considerando una llaga de 1,5 cm.

11 Considerando una llaga de 1,5 cm.

YEAR	BUILDING/AUTHOR	BRICKS					
		type/joint	dimensions	stretcher-header coord.	total coord.	brick cond	sardinel
1875	HERMANITAS DE LOS POBRES ASSYLUM Antonio Ruiz de Salces	SOLID	27x13,5x4	NO	NO	English	NO
1878	MARQUÉS DE NÚÑEZ MANOR HOUSE Emilio Rodríguez Ayuso	PRESSED/DRY CONSTRUCT.	26,5x12,7x4,8	YES	NO	Heading	YES
1881	SCIENCE MUSEUM Fernando de la Torriente / Emilio Boix	SOLID	27x13,5x4,7	NO	NO	Heading/ Flemish	YES
1884	AGUIRRE SCHOOL COMPOUND Emilio Rodríguez Ayuso	PRESSED/DRY CONSTRUCT.	25x12,2x4,8	YES	NO	Heading	YES
1886	SAN FERMÍN DE LOS NAVARROS CHURCH Carlos Velasco / Eugenio Jiménez Corera	SOLID	27x13,5x4	NO	NO	Heading	NO
1889	VALENCIA DE DON JUAN INSTITUTE Enrique Fort y Guyenet	PRESSED/DRY CONSTRUCT.	24,2x12,3x5	NO	NO	Heading	YES
1896	IOFTÁLMIC INSTITUTE José Urioste y Velada	PRESSED/DRY CONSTRUCT.	28x14x4,7	NO	NO	Heading	YES
1896	LA PALOMA CHURCH Lorenzo Alvarez Capra / Dimas Rodríguez Izquierdo	SOLID	27x13,5x4	NO	NO	Heading	NO
1900	LA MILAGROSA CHURCH Juan Bautista Lázaro / Narciso Clavería	SOLID	28x14x4	NO	NO	Heading	NO
1900	"EL AGUILA" BREWERY Eugenio Gimenez Corera / Joaquín Sainz de Terreros	SOLID	27x13,5x4	NO	NO	Heading	NO
1903	SAN DIEGO Y SAN NICOLÁS ASSYLUM Juan Bautista Lázaro	SOLID	27x13,5x4	NO	NO	Heading	NO
1904	ICAI (INST. CATÓLICO DE ARTES E INDUSTRIA) Enrique Fort y Guyenet	SOLID	27x13,2x4	YES	NO	Heading	YES
1906	DAMAS NEGRAS SCHOOL Vicente Lampérez	SOLID	27x13,5x4	NO	NO	Heading	YES
1910	CERVANTES SCHOOL COMPOUND Antonio Flórez Urdapilleta	SOLID	27x13x4	YES	NO	Heading	YES
1916	HOUSING BLDG. on ROMERO ROBLEDO 17St	SOLID	26,5x13,5x4,2	NO	NO	Heading	NO
1923	CONCEPCIÓN ARENAL SCHOOL COMPOUND Antonio Flórez Urdapilleta	SOLID	28x13,5x4	YES	NO	Heading	YES
1924	CRUZ ROJA HEALTH CENTREE Manuel Cárdenas y Pastor	SOLID	27x13x4	YES	NO	Heading	YES
1925	FRANCISCO DE SALES CHURCH Joaquín Saldaña	SOLID	25x12x5	YES	NO	Heading	YES
1925	HOUSING BLDG. ON MIGUEL ANGEL 18- 24 St. Gustavo Fdez. Balbuena	SOLID	27x13x4	YES	NO	Special	YES
1926	EVANGELIC CHURCH OF SAN JORGE Teodoro Anasagasti	SOLID	26,5x13x4	YES	YES ⁹	Heading	YES
1926	REGIONAL CENTRE OF PREVENTION AND HEALTH CHECKINGS Amós Salvador Carreras	SOLID	27x13x4	YES	NO	Heading	YES
1928	FILM THEATRE EUROPA Luis Gutiérrez Soto	SOLID /DRY JOINT	24x12x4	YES	NO	Heading	NO
1928 1941	SCHOOL OF MEDICINE Miguel de los Santos Nicolás	SOLID - PRESSED/DRY CONSTRUCT.	25x12x5 28x14x5,8	YES	NO	Heading	NO
1928 1941	SCHOOL OF PHYSICAL SCIENCE, CHEMISTRY AND MATHS Miguel de los Santos Nicolás / Eduardo Torroja	PRESSED/DRY CONSTRUCT.	28x14x6,8	YES	NO	Flemish	YES
1929	SAGRADO CORAZÓN DE JESÚS SCHOOL Manuel de Cárdenas y Pastor / Gonzalo de Cárdenas Rodríguez.	SOLID	25x12x4,5	YES	NO	Flemish	YES
1930	HOUSE BLDG. LAS FLORES Secundino Zuazo Ugalde	SOLID	25x12x5 25x12x3	YES	NO	Special	YES
1930	RAMIRO DE MAEZTU HIGH SCHOOL Carlos Arniches Moltó / Martín Domínguez	SOLID	24,5x11,5x4,5	YES ¹⁰	NO	Flemish Stretching	NO

	<i>Esteban</i>						
1931 1941	FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS Agustín Aguirre López-Carbonel	PRESSED/DRY CONSTRUCT.	28x14x6	YES	NO	Flemish	NO
1933	MUNICIPAL TYPIST Francisco Javier Ferrero Llusía	SOLID / DRY JOINT	27x13,5x4	YES	NO	Flemish Stretching	YES
1935	HOUSING BLDG. On MIGUEL ANGEL 2,4,6 St. Luis Gutiérrez Soto	SOLID	25x12x4,5	YES	NO	Flemish	YES
1935	HOUSING BLDG. on Pº PINTOR ROSALES 50,52 Ángel Laciana García	SOLID	27x13,5x4,5	NO	NO	Heading	NO
Años 40	SANTO DOMINGO MARKET Carlos de Miguel	SOLID	25x12x5	YES	NO	Flemish	YES
1940	ARMY MINISTRY Luis Gutiérrez Soto	SOLID	25x12x5	YES	NO	Flemish	NO
1941	LAW SCHOOL Agustín Aguirre López-Carboell	PRESSED	24x11,7x4,7	YES ¹¹	NO	Flemish	NO
1942	MUSEUM OF AMÉRICA Luis Moya Blanco / Luis Martínez Feduchi	SOLID / DRY JOINT	25x12x5	YES	NO	Flemish	YES
1942	ESPÍRITU SANTO CHURCH Miguel Fisac Serna	SOLID / DRY JOINT	25x12x5	YES	NO	Stretching	YES
1945	HOUSING BLDG. VIRGEN DEL PILAR Francisco de Asís Cabrero Torres-Quevedo	SOLID	25x12x5	YES	NO	Flemish	NO
1946	SAN AGUSTÍN CHURCH Luis Moya Blanco	SOLID	25x12x5	YES	NO	Flemish	YES
1948	HEALTH MINISTRY Francisco de Asís Cabrero Torres-Quevedo / Rafael Aburto	PRESSED/DRY CONSTRUCT.	31x8x3	NO	NO	Special Stretching	NO
1949	CENTRE OF BIOLOGICAL RESEARCH Miguel Fisac Serna	SOLID	27x13x3,5	YES	NO	Heading Stretching	YES NO
1949	HOUSING BLDG. On BRETÓN DE LOS HERREROS 55,57 St. Luis Gutiérrez Soto	SOLID	25x12x5	YES	NO	Flemish	YES
1953	HOUSING BLDG. On JUAN BRAVO 7y9St Luis Gutiérrez Soto	SOLID	25x12x5	YES	NO	Flemish	YES

Table 3: Analysis of brick dimensions and their dimensional coordination in main buildings in Madrid built during the last quarter

9 Considerando una llaga y tendel de 0,5 cm.

10 Considerando una llaga de 1,5 cm.

11 Considerando una llaga de 1,5 cm.

5. Conclusiones

Desde el punto de vista de la coordinación dimensional, en el último cuarto del siglo XIX y primeros años del siglo XX, se utilizan ladrillos con la soga igual a dos veces el tizón, predominando el formato de tabla de 27x13,5 cm descrito por Bassegoda; pero a partir de 1920 el tizón pierde medio centímetro consiguiéndose la coordinación entre soga y tizón, que se mantendrá de forma generalizada.

En la mayor parte de los casos la relación entre la soga (s) y el tizón (t) es: $S = 2t + j$ de donde se deduce el valor de la llaga (j) de 1 cm.; con este valor se ha analizado la coordinación del grueso (g) con las demás dimensiones aplicando la relación $S = 4g + 3j = 6g + 5j = 8g + 7j = \dots$ no obteniéndose valores satisfactorios salvo en contadas ocasiones.

Cuando existen colocaciones a sardinel y no está coordinado dimensionalmente el grueso, para igualar el valor del tendel al de la llaga se utiliza el recurso de utilizar sardineles de canto importante repartiendo entre el número de hiladas necesarias para conseguir valores de llaga y tendel parecidos (figura 3).



Figura 3: Dispensario de la Cruz Roja: Dintel de 1½ pies repartido entre ocho hiladas (ladrillo 27x13x4).

Figure 3 Dispensary of Red Cross: lintel of 1½ foot with eight brick rows of 27x13x4 cm

5. Conclusions

From the point of view of the dimensional coordination, in the last quarter of the 19th century and the beginning of the 20th century, bricks with stretchers equal two times the header are used, and the format of 27x13.5 described by Basegoda is most common. But from 1920, the header loses ½ a centimetre achieving the coordination between stretcher and header, which will be generally maintained.

In most cases, the relation between the stretcher (s) and the header (h) is: $S = 2h + j$, and therefore, the value of the pointing (j) is 1 cm. With this value, the coordination of the thickness (t) has been analyzed applying the relation $S = 4t + 3j = 6T + 5j = 8T + 7j = \dots$ although no satisfactory values have been obtained except in some rare occasions.

When soldier solutions have been used and the thickness has not been dimensionally coordinated, to equal the value of perpend and that of the pointing, soldier bricks are used distributed in the needed courses to ensure similar values of the perpend and pointing joints. (figure 3).



Figura 4: Facultad de Ciencias Físicas, Químicas y Exactas: los sardineles corridos no entestan contra las hiladas.

Figure 4: Faculty of Ciencias Físicas, Químicas y Exactas: bricks in vertical position are irrespectives of horizontal bricks

El único edificio en que existe un ladrillo coordinado en las tres dimensiones es la Iglesia Evangélica de San Jorge, donde hemos medido un ladrillo de 26,5x13x4 que está coordinado considerando una junta de 0,5 cm. Según esto cada tizón es equivalente a $3t + 2j$ y cada soga a $6t + 5j$.

Que el grueso no esté coordinado dimensionalmente no influye en los edificios que no tienen colocaciones a sardinel; o en los edificios, como la Facultad de Ciencias Físicas, Químicas y Exactas, que tienen sardineles pero su configuración evita que entesten contra hiladas (figura 4).

Cuando la colocación es a hueso se suelen utilizar ladrillos con la soga igual a dos veces el tizoón.

Esto ocurre con ladrillos prensados de 28x14 en el Instituto Oftálmico y los edificios de la Ciudad Universitaria (Medicina, Exactas, Filosofía y Letras) o ladrillos macizos de 24x12 en el Cine Europa ó de 27x13,5 en la Imprenta Municipal.

Teniendo en cuenta que es imposible colocar los ladrillos sin junta aunque sean prensados, estas dimensiones obligarían a elegir un aparejo que tuviese el mismo número de llagas en todas las hiladas para no ir acumulando desviaciones por el exceso de juntas. Esta cuestión se cumple ya que los aparejos de los distintos edificios son de tizones en el Instituto Oftálmico, el cine Europa y en Medicina y gótico en Exactas, Filosofía y Letras y en la Imprenta Municipal que en algunos paños alterna con el de sogas. (figura 5)

There is only one building with bricks coordinated in the three dimensions, and that is the Evangelic Church of San Jorge, where a brick of 26,5x13x4 is coordinated with a joint of 0,5 cm. According to this, each header is equal to $3t + 2j$ and each stretcher is equivalent to $6t + 5j$.

In buildings with no sardinel solutions, the thickness, not dimensionally coordinated, does not interfere. In buildings, such as the School of Physics, Chemistry and Maths, where sardinel disposition of bricks are used, the brick configuration prevents the sardinel row to be levelled. (figure 4).

When the placement is of dry construction, bricks being used are normally with a stretcher two times the header.

This occurs with the pressed bricks of 28x14 of the Oftalmic Institute and of the buildings of the University Campus (School of Medicine, Maths, Philosophy) or also with solid bricks of 24x12 in the Film Theatre Europa or of 27x13.5 in the Municipal Print.

Taking into account that it is impossible to place bricks without joints, even pressed bricks, these dimensions would imply the use of a brickwork bond with the same number of joints in all the courses so as not to accumulate deviations due to the excess of joints. This issue can be seen in the brickwork bond used of headers in the Oftalmic Institute, Film Theatre Europa and in the Flemish bond of the School of Maths, Philosophy and the Municipal Print, where it alternates with the stretching bond (figure 5).



Fig. 5: Imprenta Municipal: la utilización de un ladrillo de 27x13,5 con llaga a hueso obliga a elegir un aparejo como el gótico.

Figure 5: Municipal Print: the use of a 27x13.5 brick with dry joint construction forces a brickwork bond such as the Flemish to be used.

Con el ladrillo de 25x12x5 también se dan colocaciones con la llaga a hueso que obligan a elegir un aparejo con un mismo número de llagas en hiladas consecutivas; esto lo podemos comprobar con aparejo gótico en el Museo de América y con aparejo de sogas en la Iglesia del Espíritu Santo.

With 25x12x5 bricks solutions with dry construction joint also appear, fact which implies using a brickwork with the same number of joints in consecutive courses; this can clearly be seen in the Flemish bond use in the Museum of America and in the stretching bond used in the Church of the Holy Spirit.