
LECCIONES de ARQUITECTURA

POR

LINO MARIA FLOR

Ingeniero civil, Profesor en la Universidad Central del Ecuador

(Continuación de la página 331 N° 111)

Estos muros por falta de trabazón ofrecen poca solidez y pueden separarse con facilidad los revestimientos de entrambos lados del núcleo ó cuerpo de la pared; porque los materiales heterogéneos de que se componen ejercen desiguales presiones; y por consiguiente, distintos asientos que producen rajadas y separación de dichos materiales. Para dar pues mayor estabilidad á esta clase de muros, se construyen á distancias de un metro á dos en todo el grueso de la pared y de materiales de dimensiones que tengan relación entre sí, unas cadenas ó muros con estricta trabazón, que repetidas en el sentido de la altura y también de la longitud á las distancias indicadas, dejan unos espacios que se rellenan con hormigón ó mampostería ordinaria. Estas cadenas hechas con dos ó tres hiladas impiden la separación de los materiales, dando mayor estabilidad al muro (fig. 42, Lám. IV). La trabazón gótica presenta en los paramentos una regularidad con el cambio simétrico de las llagas que les da un aspecto gracioso; pero la trabazón á cruz es pre-

ferible si se considera su estabilidad. Se obtiene trabazón gótica sentando á sogá en las esquinas piezas de tres cuartos.

Si se trata de revestir con ladrillos un muro de piedras regulares, tales como se extraen de las canteras ó con pequeñas modificaciones hechas por el cantero, es preferible la trabazón holandeza; ó también se ponen dos hiladas de asta á juntas encontradas alternando con otras dos de sogá, también á juntas encontradas, resultando un engranaje ó endentado muy espacioso, que puede trabarse sólidamente con el revestimiento las hiladas de piedra; y de este modo, se obtienen las hiladas de mampostería verticales y los lechos horizontales y prolongaciones de las hiladas de sogá y asta del revestimiento.

246. Trabazón holandeza.—Consiste en colocar sobre el zócalo una hilada de asta y otra en que se cambia regularmente un ladrillo de sogá con otro de asta (fig. 43, Lám. IV), en la que los últimos se hallan sombreados y las uniones ó ligazones de los ladrillos en las esquinas se hacen también por medio de piezas de tres cuartos; con lo cual, resulta que el endentado es regular como en la trabazón á cepo, pero la gradería muy diferente. La trabazón holandeza tiene muy poca aplicación en la práctica por ese cambio continuo en las hiladas consecutivas.

247. Trabazón de murallas.—Hay casos en que los muros deben tener mucha solidez, tales como cuando tienen que resistir á empujes laterales de tierras ó de aguas; para murallas de fortalezas militares etc.; entonces se forman de un revestido en el que van alternando hiladas de sogá con hiladas de asta, de manera que en los paramentos aparezcan las trabazones á cepo ó á cruz (fig. 44, Lám. V); mas en el centro del muro varían dos hiladas de asta y á juntas encontradas con otras dos á cruz, que forman con la longitud del muro ángulos de 45° á 60° , y entre sí, de 90° á 60° , como se ven en la [fig. 45, Lám. V]. Por la variación en la posición de los ladrillos y de las juntas que se observa en esta trabazón parece ser la más resistente de todas.

248. Trabazón para esquinas de ángulos oblicuos.—Se han explicado las reglas que se deben observar en las esquinas que forman ángulos rectos; ahora veamos como se procede en el caso de obtusos y agudos. Al construir esquinas con estos ángulos, se observan las mismas reglas, pero hay que atender con mucho cuidado la exactitud de las uniones ó juntas que deben tener los ladrillos de formas especiales; para lo cual, se aplan-tillan ó cortan según un patrón ó plantilla, que comun-mente es de hojalata ó madera, ó también se dan las formas necesarias amoldándolos antes de cocerlos. Ade-más los ladrillos ó piedras que forman la arista exterior deben ser tan grandes como sea posible evitando piezas menores; mas cuando el ángulo de la esquina es muy agudo, conviene achastarlo ó cortar su parte aguda, formando dos aristas en vez de una. Se ven en las figs. 46, 47, 48, 49 y 50, Lám. V, las combinaciones de dos hiladas consecutivas en varios casos: en la fig. 46, se encuentran formando ángulo agudo dos muros, el úno de una asta y el otro de una y media, en cada hilada es-tán sombreados los ladrillos de formas especiales, que son hechos á propósito para construir el muro con una trabazón perfecta y sólida, en la que nunca se producen rajas ó aberturas que aíslan los muros que forman la esquina; en la fig. 47, se ve en la esquina formada por dos paredes de dos y dos y media astas en ángulo obtu-so, sombreados los ladrillos que deben tener formas espe-ciales; en la figura 48, se hallan tres muros de dos astas que concurren á un punto formando ángulos mayores que un recto; en la figura 49 se nota, en la esquina formada de dos muros de una y media y dos astas, un pilar como contra-fuerte de dos astas para reforzar dicha esquina; finalmen-te, en la figura 50, se halla dibujada una esquina achastada con muros de dos astas, donde los ladrillos sombrea-dos representan los que deben tener la forma conveniente, y el cambio de las juntas de cada una de estas trabazones, es muy irregular, como se ven en las figuras respec-tivas; por lo que, en estos casos extraordinarios, convie-ne hacer anticipadamente un dibujo exacto de las hiladas consecutivas para conseguir una trabazón satisfactoria.

249. *Proporciones de los muros.*—Las proporciones de los muros son diferentes por la variedad de los materiales de que se componen y según el fin que se tiene al construirlos; la longitud y altura quedan determinadas siempre por la naturaleza misma de la obra y el objeto que se propone el arquitecto; mas el espesor que precisa un perfil que debe ofrecer la necesaria resistencia, sin tener un volumen excesivo de mampostería de piedra ó ladrillo que ocasiona excesivo costo, es menester determinar en cada caso particular, siendo la solución más ó menos complicada; porque intervienen el cálculo y principios de mecánica, en los que entran las condiciones que sirven de datos y las circunstancias que tienden á modificarlos; la experiencia tomada de los edificios comunes de las poblaciones, de los reglamentos de Policía urbana de seguridad y salubridad públicas, que fijan los límites de los espesores y alturas de los muros de los edificios comparables con los de la construcción en proyecto, son reglas empíricas para la práctica; pero un espesor uniforme en toda la longitud y en toda la altura del muro es innecesario, porque origina mayores gastos; de donde se deduce la necesidad de calcular el espesor de los muros para no emprender en construcciones de excesivos volúmenes y para disminuir gradualmente el grueso de los muros en los edificios desde la base hasta la corniza en los varios pisos que los componen, según el uso y el fin á que se destine la pared, para construir con economía; y porque, se debe tener en cuenta que los suelos, pisos, muros transversales y los techos contribuyen á la mayor estabilidad de un muro de fachada ó de travesía, que por lo tanto permiten la disminución práctica de su espesor. Y más todavía conviene en el sentido de la longitud de los muros poner contrafuertes en aquellos puntos que deben haber mayores presiones, resultando de aquí economía en materiales y gastos que ningún ingeniero ni arquitecto debe dejar de atenderlos.

Rondelet.—Este ingeniero dió las fórmulas que siguen, habiéndose dedicado al estudio de las construcciones antiguas de la edad media que han durado varios siglos; encontró el espesor para las paredes de cerca que

no tienen ninguna sobrecarga, suponiendo construídas de ladrillos medianamente buenos y que sean aislados; esto es, que ni en sus extremos ni en ningún otro punto intermedio se apoyen muros trasversales, tierras ú otras obras, ni tampoco estén ligados con vigas de madera, hierro etc. Siendo e el espesor y h la altura:

Para muros gruesos: $e = \frac{1}{8} \times h$, que corresponde á las dimensiones del orden dórico. Para muros medianos:

$e = \frac{1}{10} \times h$, que conviene co las medidas del orden jónico.

Para muros delgados: $e = \frac{1}{12} \times h$, que tiene relación con el orden corintio. Mas para muros rectilíneos de cerca apoyados lateralmente en sus extremos y que no tienen sobrecarga, calculó el espesor por medio de la fórmula:

$$e = \frac{l \times h}{n \sqrt{l^2 + h^2}}$$

que se encuentra [fig. 51, Lám.V], levantando en el extremo B de la longitud de uno de los lados del polígono la perpendicular $BC = h$, altura del muro que se divide en 8, 10 ó 12 partes conforme á la resistencia que se quiera dar al muro; después se une C con A y toma una parte CD igual á una división de la altura y trazan las líneas FD paralela á la longitud AB y la DE, á la altura BC, y se tiene $BE = e$, espesor que se busca, y los triángulos semejantes ABC y CFD dan:

$$FD : DC = AB : AC$$

$$\text{pero } AC = \sqrt{AB^2 + BC^2}$$

y sustituyendo: $e =$ espesor del muro; $l =$ longitud y $h =$ altura, se tiene:

$$e : \frac{h}{n} = l : \sqrt{l^2 + h^2};$$

de donde,
$$e = \frac{l \times h}{n \sqrt{l^2 + h^2}},$$

fórmula que debe repetirse para cada lado del polígono si tuviese desiguales longitud y altura.

Para el caso que $n=10$ ó que la altura esté dividida en diez partes; que $h=12$ metros y $l=20$,^m00, se tiene:

$$e = \frac{12 \times 20}{10 \sqrt{20^2 + 12^2}} = 1,^{m}029 \text{ milímetros.}$$

Si el muro tuviese la forma circular, consideraremos el círculo exterior como un polígono formado por lados iguales á una mitad de r , que sustituida en vez de l en la fórmula anterior se tiene:

$$e = \frac{h \times r}{n \sqrt{r^2 + 4h^2}}$$

250. Para muros de edificios de una sola cubierta.—En esta clase de muros se pondrá $\frac{h}{12}$, una vez que las vigas del piso y techo unidas con armaduras de madera ó hierro, contribuyen á aumentar la estabilidad del muro, y será:

$$e = \frac{l \times h}{12 \sqrt{l^2 + h^2}}$$

Ahora si estos mismos muros tienen un apoyo lateral en una cierta altura, de manera que sea [fig. 52], h la altura sobre el apoyo, como se tiene en las basílicas sin bóvedas, resulta:

$$e = \frac{(h+h') \times l}{24 \sqrt{l^2 + h^2}}$$

251. Espesor de muros para edificios que tienen varios pisos.—Rondelet dió las fórmulas siguientes, llamando L la dis-

tancia entre dos paredes de fachada y h la altura total de la pared:

1.º Se calcula el espesor de las paredes de fachada que comprenden un sólo cuerpo de habitación con dos paredes de fachadas, por la fórmula:

$$e = \frac{L + \frac{1}{2} h}{24} = \frac{2L + h}{48}$$

2.º Para una habitación doble ó sea para habitaciones divididas en dos estancias por una pared intermedia y paralela á las de fachadas:

$$e = \frac{L' + h'}{48}$$

3.º Para calcular el espesor de las paredes intermedias á otras dos paralelas:

$$e = \frac{L' + h'}{36}$$

en donde L' es la latitud total de la habitación que divide la pared, y h' la altura del primer piso ó la altura total del muro si fuese el edificio de uno sólo.

Ejemplos:—1.º Sea (fig. 54, Lám. V) un edificio cuyas paredes están representadas por las líneas AB, AE, EC, BD, EF, CH etc., y cuyos espesores se pretende determinar, siendo la altura igual á 5 metros: AB se calcula por medio de la fórmula:

$$e = \frac{l \times h}{12 \sqrt{l^2 + h^2}}$$

y haciendo $l = 10,00$ se tiene $e = 0,372$.
AE, por la fórmula:

$$e = \frac{l \times h}{n \sqrt{l^2 + h^2}}$$

haciendo $l=10$, $h=5$, $n=12$; se tiene también:

$$e = 0,372,$$

el mismo grueso corresponde á las EC, BF y FD; para CD se tomará el espesor de AB; pero EF se calcula según:

$$e = \frac{L' + h'}{36};$$

en donde $L'=20$ y $h=5$; y se tiene $0,694$, próximamente, doble espesor de los anteriores, siendo doble también la carga que debe soportar esta pared. Los muros AB y CD que tienen sobrecarga no necesitan mayor espesor que los AC y BD que no la tienen, puesto que sus estabildades son mayores.

2º ¿Cuáles es el coeficiente de seguridad del muro $AB=30$ de longitud, construído según la fórmula anterior?

Se tiene que el peso de un metro cuadrado de un techo, incluyendo también el del piso con que está unido, es el de quinientos kilogramos; y por tanto, la carga sobre el muro AB será, teniendo en cuenta, que AB y CD soportan cargas iguales y EF el doble; y que la latitud del techo sea 20 :

$$AB = \frac{30 \times 20}{4} \times 500 = 75\ 000$$

repartidos en toda la sección del muro, cuyo volumen es

$$30 \times 0,372 \times 5 = 55,800 \text{ metros cúbicos;}$$

mas como el peso de un metro cúbico de ladrillos es igual á $1\ 500$ kilogramos, el peso total es

$$55,800 + 1\ 500 = 83\ 700 \text{ kilogramos;}$$

luego el peso total que la hilada inferior del muro soporta será:

$$75\ 000 \times 83\ 700 = 158\ 700 \text{ kilogramos;}$$

Ahora pues el área de la hilada inferior del muro es $30 \times 0,372 = 11,16$ metros cuadrados, igual 111 600 centímetros cuadrados. Siendo, pues, r la resistencia actual de cada centímetro cuadrado del muro será:

$$111\ 600 \times r = 158\ 700, \text{ de donde;}$$

$$r = \frac{158\ 700}{111\ 600} = 1,42 \text{ kilogramos}$$

Pero la resistencia de ladrillos regulares es por lo menos de 60 kilogramos por un centímetro cuadrado; luego el coeficiente de seguridad será:

$$\frac{60}{1,42} = 42,25$$

cantidad que representa una estabilidad grande del muro, aunque la seguridad absoluta de la construcción depende también de las circunstancias siguientes:

1^a Las mezclas ó argamasas comunes no tienen más resistencia que de 19 á 35 kilogramos contra la presión; de manera que, si un mortero tiene sólo de 20, disminuye la seguridad de los muros de ladrillos, hasta la tercera parte, y considerada la anterior resistencia, quedará en 28 solamente.

2^a Las vigas de los pisos y techos no reposan sobre toda el área del muro repartiendo igualmente sus cargas; pero cuando tienen soleras de 0,11 centímetros de ancho, por ejemplo, soportan entonces las cargas y se reparten sólo sobre éstas; que según el ejemplo anterior, la carga será 75 000 kilogramos sobre una área de 30 metros de largo por 0,11 centímetros de ancho; esto es, 2,27 kilogramos sobre cada centímetro cuadrado; lo que también disminuye la seguridad y se reduce á 25,73 la del muro de ladrillos.

3^a El muro tiene que resistir al encorvamiento en sentido de la altura, circunstancia que requiere que el muro tenga el espesor que enseña la experiencia por medio de la práctica.

4.^a Los muros tienen que resistir á los agentes atmosféricos ó á la intemperie, á los sacudimientos ocasionados por el tránsito de carruajes en las calles, al movimiento que produce la gente que anda sobre los pisos y al ímpetu de los vientos.

5.^a La seguridad de un muro disminuye también de $\frac{3}{4}$ á un $\frac{1}{2}$, según sea el número de vanos de puertas y ventanas que él contenga.

253 Reglas prácticas para el espesor de los muros.—Suponiendo que las dimensiones de los ladrillos sean las de la forma normal: es decir, 0,^m25, 0,^m12 y 0,^m065, longitud, latitud y grueso, respectivamente, y que sean medianamente buenos. Si el edificio es de un sólo piso y las estancias ó aposentos no son muy extensos, basta que el espesor de los muros sean de una y media astas; pero si el edificio tiene varios pisos, el espesor de los muros que están inmediatamente después del techo podrán ser del espesor de una asta, y en cada piso inferior, los muros tendrán media asta más; por ejemplo, si una casa tiene cuatro pisos, el espesor de los muros del piso primero de arriba será de una asta; el de los muros del tercer piso, de una y media; el de los del segundo, de dos y el del inferior, de dos y media astas. Con estas disposiciones los paramentos exteriores de los muros de las casas de varios pisos deben quedar en un plano vertical; pero los paramentos interiores de los mismos resultan formando gradas, cuyos peldaños sirven para colocar las soleras sobre las que reposan las vigas de los pisos.

(Continuará).