

INFORME

SOBRE EL ENSAYO DE ROTURA A CIZALLADURA DE UNA MUESTRA DE FÁBRICA DE BLOQUES DE HORMIGÓN FABRICADOS POR INDUSTRIAS AUDIOLES EN LAS INSTALACIONES DE ANTEQUERA (MÁLAGA) PARA SU SISTEMA DE AUTOCONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS.

PETICIONARIO: INDUSTRIAS AUDIOLES

PROYECTO: ENSAYO DE MURO A CIZALLADURA

FECHA: 13 DE JUNIO DE 2013



LABORATORIO ACREDITADO PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN EDIFICACIÓN

**LABORATORIOS DE
TECNOLOGÍA ESTRUCTURAL**

INDICE

INDICE	2
I.- INTRODUCCIÓN	3
II.- ESTABILIDAD GENERAL ANTE ACCIONES HORIZONTALES.....	4
III.- REPORTAJE FOTOGRÁFICO DE LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO	8
IV.- RESULTADOS	13
IV.1.- Cuadro de desplazamientos horizontales en la hilada superior de los bloques de hormigón.....	13
IV.2.- DIAGRAMA CARGA-DEFORMACIÓN.....	14
V.- INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS Y SU RELACIÓN CON LAS FUERZAS SÍSMICAS.....	14
VI.- CONCLUSION Y RECOMENDACIONES	16



LABORATORIOS DE
TECNOLOGIA ESTRUCTURAL

LABORATORIO ACREDITADO PARA EL CONTROL DE
CALIDAD EN EDIFICACIÓN

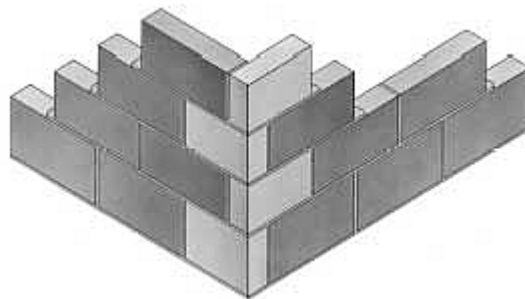
I.- INTRODUCCIÓN

El Planteamiento estructural de una construcción monolítica con muros de carga bajo los forjados, constituidos por de fábricas resistentes, debe contar con muros de arriostramiento para soportar las acciones horizontales de viento y sismo. Para ello, es necesario que los forjados apoyen perfectamente sobre los muros de carga y que estos últimos, queden bien sujetos por los muros de arriostramiento.

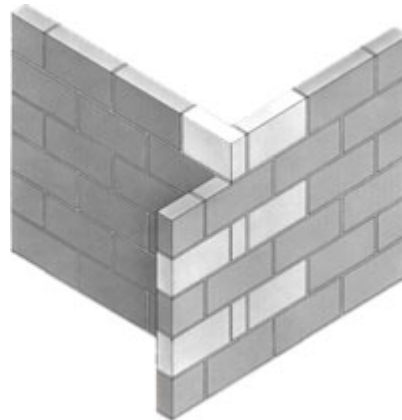
Los encuentros entre los planos de los forjados y los planos de los muros, deben producirse con cierta continuidad, transmitiendo los esfuerzos a través de elementos de conexión.

Las figuras siguientes muestran los detalles principales de encuentro de muros:

- Esquina entre muro de carga y arriostramiento



- Cruce entre muros de carga y arriostramiento



Según el C.T.E., los muros de carga y los de arriostramiento pueden ser analizados independientemente si se considera su disposición espacial y la interacción con el resto de la estructura.

El comportamiento supuesto para las uniones, conexiones e interacciones en el modelo de análisis se ajustará al comportamiento real. La estructura de muros se diseñará para que pueda resistir esfuerzos laterales, de acuerdo con cálculos de estabilidad global.

II.- ESTABILIDAD GENERAL ANTE ACCIONES HORIZONTALES.

La estabilidad general de un edificio ante acciones horizontales debe estar siempre garantizada. En el caso de estructuras de muros de carga paralelos es imprescindible asegurar su estabilidad frente a movimientos de dirección perpendicular a su plano. Es notable el hecho de que basta una fuerza pequeñísima en esa dirección para provocar el abatimiento del muro, pero también basta una fuerza relativamente pequeña para evitarlo. De ello se ocupan los muros transversales, formando entre unos y otros una organización en celdas que, junto con la rigidez en el plano horizontal suministrada por los forjados, garantizan la estabilidad del conjunto ante



LABORATORIO ACREDITADO PARA EL CONTROL DE CALIDAD EN EDIFICACIÓN

LABORATORIOS DE
TECNOLOGIA ESTRUCTURAL

fuerzas de cualquier orientación. Los esfuerzos ante la acción del viento en los elementos implicados proceden del traslado de la fuerza, que puede actuar en cualquier punto de la superficie exterior del edificio, hasta la cimentación. El primer traslado de fuerzas debe producirse a través de los propios paños de los muros de fachada, tanto si son de carga como si sólo son de cerramiento, a los elementos rígidos situados en sus bordes (forjados y muros perpendiculares). Este primer traslado de fuerzas se realiza por flexión bidireccional, comportándose el paño como una placa sustentada en sus bordes. El trabajo estructural debe realizarse en adecuadas condiciones de resistencia a flexión horizontal y vertical del correspondiente paño. El siguiente traslado se realiza a través de los muros perpendiculares. Se debe transmitir la totalidad de la acción, parte de la cual llega a través de los forjados, y parte llega directamente repartida a lo largo de los propios muros. El trabajo estructural que se genera es en ménsula, para el cual los muros son enormemente eficaces, puesto que responden con toda su longitud actuando como piezas de gran canto a flexión.

Desde el punto de vista de las solicitaciones que se generan en los muros al transmitir la acción de viento, cabe clasificar los muros existentes en tres grupos:

- Muros de carga exteriores: solicitados a compresión y flexión bidireccional
- Muros de cerramiento no cargados: solicitados a flexión bidireccional.
- Muros de arriostramiento interiores: solicitados a flexión y cortadura.

La aproximación al comportamiento real del tercer tipo de muros es el objetivo principal del Ensayo realizado sobre un paño de fábrica construido según el sistema que INDUSTRIAS AUDIOLES viene desarrollando en sus instalaciones de Antequera (Málaga).



LABORATORIOS DE
TECNOLOGIA ESTRUCTURAL

LABORATORIO ACREDITADO PARA EL CONTROL DE
CALIDAD EN EDIFICACIÓN

Para cada dirección del viento, los muros transversos del edificio (paralelos a la dirección del viento considerada) actúan como pantallas de gran canto, cuya función es transmitir la totalidad de la acción hasta la cimentación. Los valores de la acción de viento se pueden obtener en el Documento Básico Seguridad Estructural: Acciones en la Edificación (DB SE-AE), utilizando el procedimiento expuesto en el artículo 3.3.4 para su determinación, y la tabla. 3.4 del mencionado documento para la obtención de los coeficientes eólicos de presión y succión según la esbeltez del edificio en cada dirección.

El novedoso sistema de fábrica de bloques de hormigón ideado por Industrias AUDIOLES no responde a un modelo que en principio pudiera asimilarse al constituido por un medio continuo. Su carácter más propio es el de estar constituido por un medio discontinuo, siendo el tipo de juntas interpuestas entre las hiladas horizontales de los bloques de hormigón los principales elementos que le confieren dicho carácter, de ahí que en su día recomendáramos la realización de éste ensayo para poder apreciar con criterios empíricos la función e influencia de estas juntas en el comportamiento de los elementos de fábrica destinados a soportar la acción de fuerzas paralelas a ellas.

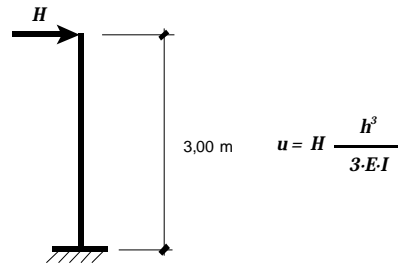
Para las fábricas de características más parecidas al tipo que nos ocupa, las fábricas de bloques de hormigón con juntas horizontales a base de morteros de cemento, los modelos tradicionalmente adoptados para su análisis mecánico son de comportamiento elástico-lineal, concentrando toda la no linealidad del problema en las juntas.

Considerando en principio un comportamiento elástico lineal del módulo para el que inicialmente evaluamos la acción sísmica; 5,00 m x 4,00 m x 3,00 m, para una fuerza horizontal H actuando en la parte superior de una de las dos fábricas de 4,00 m x 3,00 m experimentarían el mismo desplazamiento horizontal que una fábrica de 2,00 x 1,50 m:



LABORATORIOS DE
TECNOLOGIA ESTRUCTURAL

**LABORATORIO ACREDITADO PARA EL CONTROL DE
CALIDAD EN EDIFICACIÓN**



Siendo u el desplazamiento horizontal del extremo superior de la barra.

En régimen elástico, una barra de altura $h/2$ y momento de inercia respecto al eje de flexión $I/8$ experimentará el mismo desplazamiento horizontal del extremo superior cuando en él actúe una fuerza H también horizontal. Tomando la sección horizontal bruta de la fábrica con el mismo ancho de la primera (20 cm) y una longitud igual a la mitad de la de la primera, el momento de inercia de la segunda sección transversal será igual a:

$$0,2 \cdot [(I/2)^3] / 12 = [(0,2/12) \cdot I^3] / 8 = I/8$$

Siendo I el momento de inercia de la primera sección transversal respecto a su eje de flexión.

Según lo que se acaba de exponer, el ensayo del muro de arrastramiento del módulo inicialmente considerado en el cálculo de la acción sísmica más pesimista se puede realizar sobre un modelo reducido a escala 1/2, esto es; de 2,00 m. de longitud y 1,50 m de alto.

El proceso de puesta en carga del modelo reducido estuvo inspirado en el siguiente esquema gráfico

PRINCIPIOS SISMICOS:



III.- REPORTAJE FOTOGRÁFICO DE LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO



Vista General del dispositivo del Ensayo



Detalle de la disposición del gato hidráulico para ejercer la Carga Horizontal en el extremo superior d la fábrica de bloques.



Vista de la disposición del micrómetro para conocer el desplazamiento horizontal de la hilada superior de la fábrica de bloques.



LABORATORIOS DE
TECNOLOGIA ESTRUCTURAL

LABORATORIO ACREDITADO PARA EL CONTROL DE
CALIDAD EN EDIFICACIÓN



Imagen instantánea de la realización del Ensayo



Momento. del inicio de la rotura de la fábrica de bloques en el paño vertical en cuyo extremo superior se estaba aplicando la carga.



LABORATORIOS DE
TECNOLOGIA ESTRUCTURAL

LABORATORIO ACREDITADO PARA EL CONTROL DE
CALIDAD EN EDIFICACIÓN



Efecto en las juntas de los bloques de los paños laterales de la fábrica de bloques del Inicio de la rotura en el paño vertical en cuyo extremo superior se estaba aplicando la carga.



Detalles del estado de las juntas abiertas en un paño lateral de la fábrica de bloques al iniciarse la rotura en el paño vertical en cuyo extremo superior se estaba aplicando la carga.



Imagen de la rotura final de un paño lateral de la fábrica de bloques ensayada.



Detalle de las líneas de rotura en un paño lateral de la fábrica de bloques ensayada.



Deformación y rotura de algunos resaltes de las placas interpuestas entre los bloques de hormigón para el encaje entre éstos.

IV.- RESULTADOS.

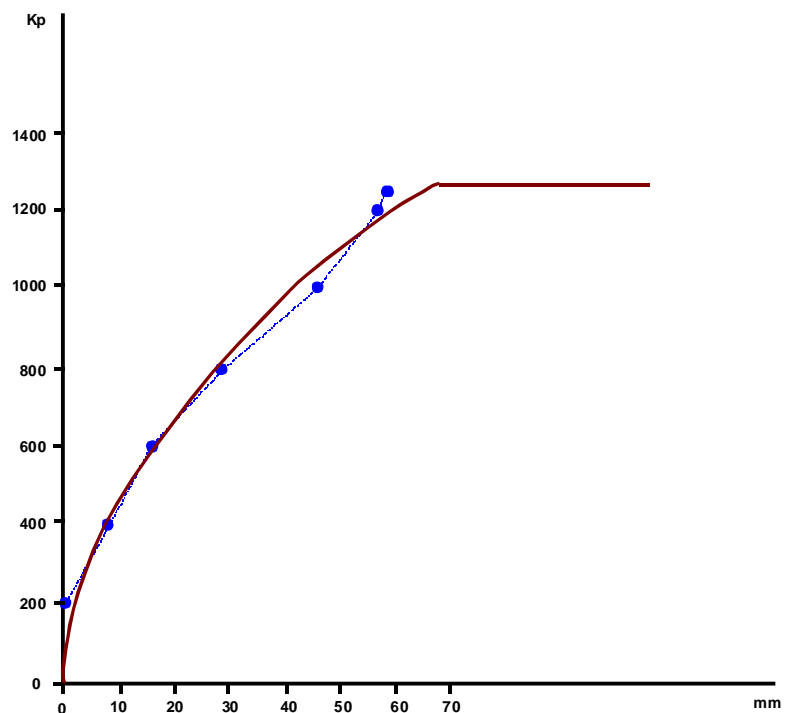
IV.1.- Cuadro de desplazamientos horizontales en la hilada superior de los bloques de hormigón

Nº ESCALON (n)	CARGA	MICROMETRO L. INICIAL (Li)	MICROMETRO L. FINAL (Ln)	OBSERVACIONES
1	200 Kp	1,64	1,08	
2	400 Kp	13,11	8,91	
3	600 Kp	84,95	95,30	
4	800 Kp	49,60	71,80	
5	1000 Kp	34,08	55,04	
6	1200 Kp	13,42	43,44	
7	1400 Kp	210,43	219,5	
ROTURA				1250 Kp

OTRAS OBSERVACIONES:

LECTURA INICIAL 1 = 1,00
 LECTURA INICIAL 2 (600 Kp) =100,70
 LECTURA INICIAL 3 (1400 Kp) = 277,97

IV.2.- DIAGRAMA CARGA-DEFORMACIÓN



V.- INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS Y SU RELACIÓN CON LAS FUERZAS SÍSMICAS

La carga horizontal que provoca el colapso de la fábrica por deformación excesiva y rotura de los resaltes de las placas para el encaje de los bloques de hormigón sobre ellas es $H = 1250$ Kp., lo que traducido a tensiones rasantes medias significa un valor $\tau_{rm} = 31,25$ KN/m².

Dado que el colapso se produce por el fallo de las placas interpuestas entre dos hiladas de bloques de hormigón, la fuerza horizontal que provocaría el colapso del muro de arriostramiento del módulo de 5,00m x 4,00 m que inicialmente fue adoptado para el estudio de este sistema de autoconstrucción, resultara igual al doble de la obtenida en el ensayo del modelo reducido; esto es, **25,00** KN.



LABORATORIOS DE
TECNOLOGIA ESTRUCTURAL

LABORATORIO ACREDITADO PARA EL CONTROL DE
CALIDAD EN EDIFICACIÓN

Remitiéndonos al cálculo de la fuerza sísmica más pesimista que para dicho módulo resultó estimada en **23,76** KN según el estudio realizado en el pasado mes de mayo, se puede afirmar que el muro de arriostramiento de 4,00 m de longitud, constituido por el sistema de bloques de hormigón y placas de asiento de las hiladas superiores, puede soportar la acción sísmica más pesimista para el módulo de 5,00 m x 4,00 m de planta y 3,00 m de altura.

Al considerar que tales fábricas habrán de encontrarse reforzadas por elementos tubulares de acero, la anterior estimación cobra el carácter de categórica afirmación.



LABORATORIOS DE
TECNOLOGIA ESTRUCTURAL

LABORATORIO ACREDITADO PARA EL CONTROL DE
CALIDAD EN EDIFICACIÓN

VI.- CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

Según los análisis y comprobaciones experimentales realizados hasta el momento se puede afirmar que el sistema de autoconstrucción que viene desarrollando INDUSTRIAS AUDIOLES en las instalaciones de Antequera (Málaga) resulta estructuralmente fiable siempre que las construcciones resulten debidamente moduladas y los muros convenientemente reforzados, especialmente en las zonas de paso tanto interiores como exteriores y en los huecos para ventanas y otros destinos.

Las placas deberán disponerse de modo que cada una de ellas sirva de apoyo a dos bloques de hormigón de una misma hilada.

Granada 12 de Junio de 2015



Laboratorios de Tecnología Estructural S.L. LTE
C.I.F.: B-93.262.822
C/ Gregorio Marañón, 17
29320 Campillos (Málaga)

Fdo. Rafael Fontalba Díaz
Director Técnico



LABORATORIOS DE
TECNOLOGIA ESTRUCTURAL

LABORATORIO ACREDITADO PARA EL CONTROL DE
CALIDAD EN EDIFICACIÓN