

Polígono Industrial "La Fuente" C/ Málaga s/n C.P.18430 – FUENTE VAQUEROS (Granada)

Telefono: **958 496 894** Email: **lte.laboratorio@gmail.com**

Laboratorio inscrito en el Reg. Gral. de laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación del CTE, Mº de Vivienda, con nº de Reg. **LECCE AND-L-149** (R.D. 410/2010)

**MEMORIA – INFORME SOBRE EL ENSAYO
REALIZADO EL 27/07/2015 PARA OBTENER LA
RESISTENCIA A FLEXIÓN DE UNA MUESTRA DE
FÁBRICA DE BLOQUES DE HORMIGÓN
PRODUCIDOS POR DULMEK SA EN SUS
INSTALACIONES DE ANTEQUERA (MÁLAGA)
PARA SU SISTEMA DE AUTOCONSTRUCCIÓN
DE VIVIENDAS.**

PETICIONARIO:

DULMEK SA

PROYECTO:

ENSAYO DE MURO A FLEXIÓN

FECHA:

5 DE AGOSTO DE 2.015

INDICE

INDICE	2
1.- ANTECEDENTES.....	3
2.- PRESENTACIÓN PREVIA DE LA MUESTRA DE LA FÁBRICA ENSAYADA EL 27 DE JULIO DE 2015.....	4
3.- FUNDAMENTO TEÓRICO.....	5
4.- CONCLUSIONES.....	7
5.- REPORTAJE FOTOGRAFICO DEL DESARROLLO DEL ENSAYO.....	10
6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	12

1.- ANTECEDENTES.

Por encargo de la mercantil **DULMEK SA**, y de acuerdo con el plan de control convenido con la sociedad **LTE (Laboratorio de Tecnología Estructural)** para comprobar experimentalmente el comportamiento estructural de un novedoso sistema de autoconstrucción de viviendas unifamiliares que desde hace algún tiempo se viene desarrollando en las instalaciones industriales de **DULMEK SA** implantadas en Antequera (Málaga), el pasado día 27 de julio de 2015 se efectuó un ensayo sobre una muestra de fábrica constituida por bloques de hormigón y sus correspondientes placas de encaje de las hiladas horizontales de bloques, expresamente diseñada por **DULMEK SA** que, así mismo, suministró todos los elementos necesarios para su montaje.

Dicho ensayo consistió en la **determinación de la resistencia a flexión** de la muestra y de la magnitud de su flecha máxima en los distintos estados de carga a que fue sometida antes de alcanzar la rotura.





2.- PRESENTACIÓN PREVIA DE LA MUESTRA DE LA FÁBRICA ENSAYADA EL 27 DE JULIO DE 2015.

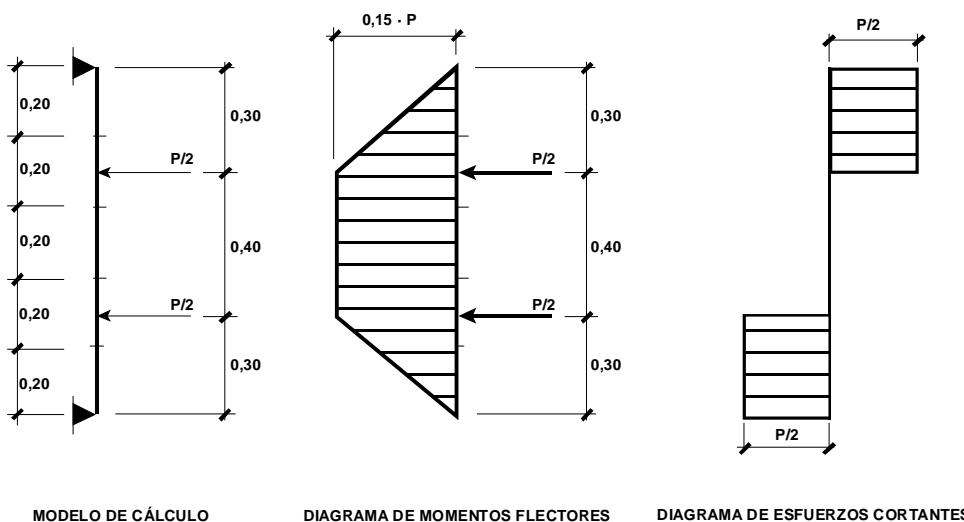
En la siguiente fotografía se muestra el dispositivo de puesta en carga con un gato hidráulico de 200 KN en disposición de iniciar los procesos de carga de la muestra a ensayar.



Fotografía del dispositivo y del montaje de la fábrica para realizar el ensayo a flexión el 27/07/2015 con bloques de hormigón fabricados por DULMEK SA.

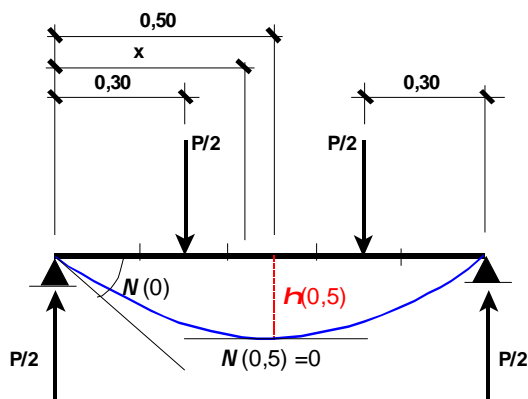
3.- PREVISIONES TEÓRICAS.

Si la fábrica a ensayar pudiera ser considerada como un medio continuo y homogéneo cabría establecer el modelo de cálculo que se muestra a continuación junto a los correspondientes diagramas de Momento Flector y Esfuerzo Cortante.



En tal supuesto, mediante la **ECUACIÓN UNIVERSAL DE LA LÍNEA ELÁSTICA** se podría determinar la flecha máxima para cada valor de "P":

Laboratorio inscrito en el Reg. Gral. de laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación del CTE, Mº de Vivienda, con nº de Reg. **LECCE AND-L-149** (R.D. 410/2010)



$$E \cdot I \cdot \vartheta(x) = E \cdot I \cdot \vartheta(0) \cdot x - \frac{P}{2 \cdot 3} x^3 - \frac{-P}{2 \cdot 3} (x - 0,30)^3$$

En $x = 0,5$ el giro es nulo; $\vartheta(0,5) = 0$. Derivando respecto a x la anterior ecuación se tiene:

$$E \cdot I \cdot \vartheta(x) = E \cdot I \cdot \vartheta(0) - \frac{P}{2} x^2 + \frac{P}{2} (x - 0,30)^2$$

y

$$0 = E \cdot I \cdot \vartheta(0) - \frac{P}{2} (0,5)^2 + \frac{P}{2} (0,5 - 0,30)^2$$

De ésta ecuación se deduce:

$$E \cdot I \cdot \vartheta(0) = \frac{P}{2} (0,5)^2 - \frac{P}{2} (0,5 - 0,30)^2 = \frac{P}{2} \cdot (0,25 - 0,04) = 0,105 P$$

Por consiguiente:

$$E \cdot I \cdot \vartheta(0,5) = 0,525P - 0,125 \cdot \frac{P}{6} + 0,008 \frac{P}{6} = 0,5055 \cdot P$$

Laboratorio inscrito en el Reg. Gral. de laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación del CTE, Mº de Vivienda, con nº de Reg. **LECCE AND-L-149** (R.D. 410/2010)

Para cualquier valor de "P" se tiene la siguiente expresión para la flecha máxima:

$$E \cdot I \cdot \vartheta_{max} = 0,5055 \cdot P$$

y por consiguiente:

$$E = \frac{0,5055}{I \cdot \vartheta_{max}} \cdot P$$

Si la muestra de fábrica ensayada pudiera ser considerada como un medio material elástico, continuo y homogéneo, de los resultados de su ensayo a flexión simple podría deducirse su módulo de elasticidad longitud mediante la expresión últimamente expuesta.

4.- RESULTADOS PRÁCTICOS.

A continuación se muestran los resultados de las flechas máximas obtenidas para cada valor de carga aplicada a la muestra:

Laboratorio inscrito en el Reg. Gral. de laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación del CTE, Mº de Vivienda, con nº de Reg. **LECCE AND-L-149** (R.D. 410/2010)

CARGA(P) En Kp	v _{max} En mm
100	2,3
200	4
300	4
400	4,5
500	4,6
600	5,3
700	7,7
800	8,8
900	11,2
1000	11,9
1100	11,9
1200	13,3
1300	13,2
1400	15,5
1500	15,9
1600	18,1
1700	24,5
1800	24,6
2000	24,9
2200	31,4
2500	34,8
2800	36,4
3000	-

La Carga de rotura fue de 3000 Kp, a la que corresponde el MOMENTO DE ROTURA "M_R" que a continuación se deduce:

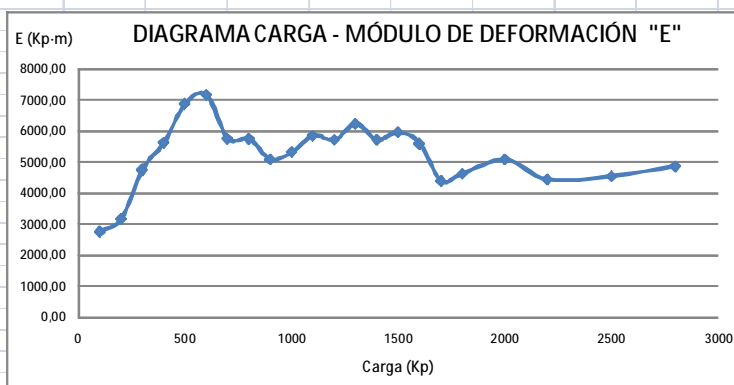
$$M_R = \frac{P}{2} \cdot 0,30 = 0,15P = 450 \text{ Kp} \cdot \text{m} = 4500 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Laboratorio inscrito en el Reg. Gral. de laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación del CTE, Mº de Vivienda, con nº de Reg. **LECCE AND-L-149** (R.D. 410/2010)

La magnitud del Esfuerzo Cortante máximo al que se encontraba sometida la muestra en el momento de la rotura "QR" era igual a la mitad de la de la carga, esto es **$Q_R = 1500 \text{ Kp} = 15 \text{ KN}$**

Considerando la sección transversal bruta, $I = 0,0008 \text{ m}^4$, mediante la expresión $E = \frac{0,5055}{I \cdot \theta_{\max}} \cdot P$ se deducen los siguientes valores de "E"

CARGA(P)	E
En Kp	En Kp/cm ²
100	2747,28
200	3159,38
300	4739,06
400	5616,67
500	6868,21
600	7153,30
700	5744,32
800	5744,32
900	5077,57
1000	5309,87
1100	5840,86
1200	5701,13
1300	6223,01
1400	5707,26
1500	5961,08
1600	5585,64
1700	4384,44
1800	4623,48
2000	5075,30
2200	4427,15
2500	4539,33



5.- REPORTAJE FOTOGRAFICO DEL DESARROLLO DEL ENSAYO.



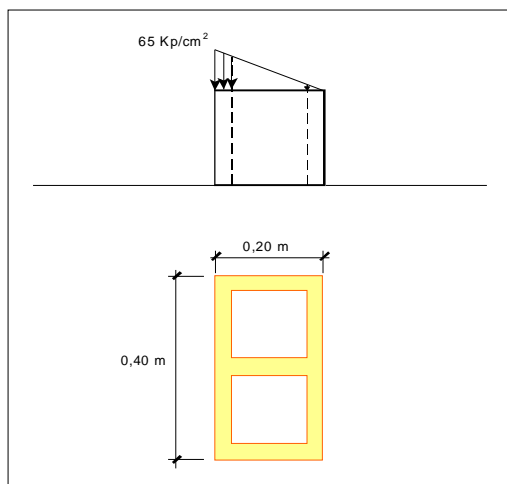
INFORME TÉCNICO



6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- a) Según los resultados obtenidos y tras una minuciosa observación del reportaje fotográfico presentado en el capítulo anterior, todo parece indicar que la rotura se produjo por deformación excesiva de las placas de conexión entre las sucesivas hiladas de bloques de hormigón y fundamentalmente debida al ESFUERZO CORTANTE, ya que no se aprecian fisuras ni roturas en las caras comprimidas de los Bloques.

Esta conclusión viene avalada por la evaluación del momento que debería actuar en la sección de un bloque para que en una cara se produjera una tensión de compresión acorde con la de rotura que se han obtenido por ensayos anteriores (del orden de 65 Kp/cm^2), tal como viene indicado en el siguiente esquema gráfico:

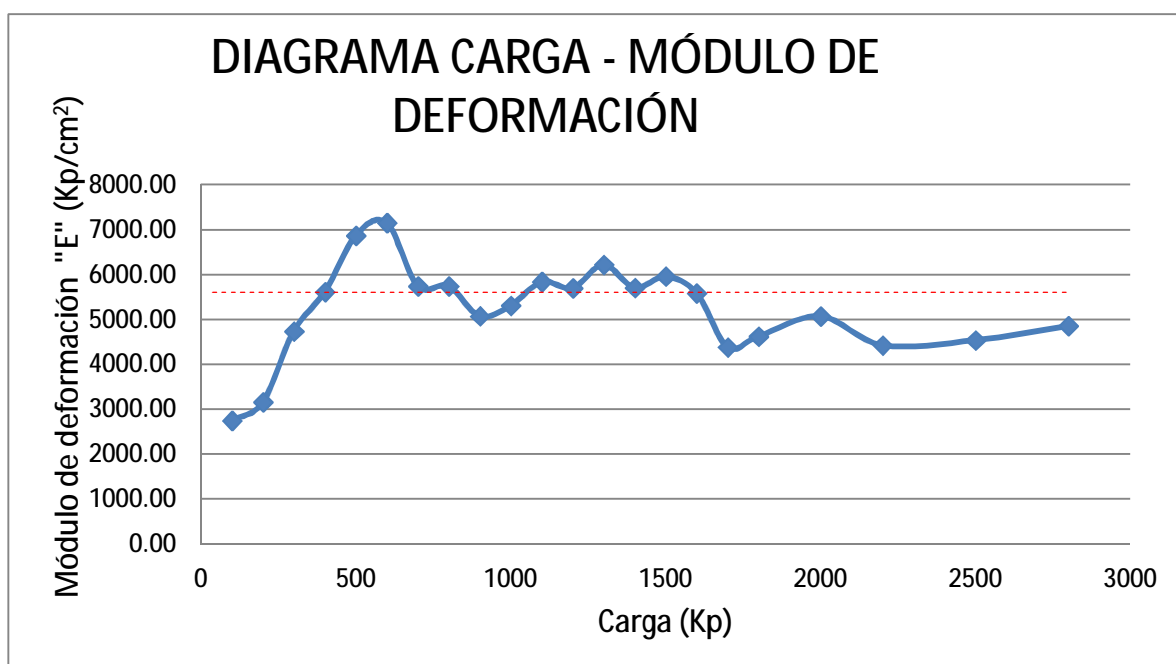


RESULTANTE	16640 Kp
CENTRO DE GRAVEDAD DE LAS TENSIONES	15,27
EXCENTRIDAD	5,27 cm
MOM. MAX =	87693 Kp-cm = 876,93 Kp-m
MOM. MAX POR METRO	= 2192,32 Kp-m
MOM. MAX DE CÁLCULO (POR METRO)	= 1461,55 Kp-m

Laboratorio inscrito en el Reg. Gral. de laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación del CTE, Mº de Vivienda, con nº de Reg. **LECCE AND-L-149** (R.D. 410/2010)

El momento así obtenido (Flexión Compuesta) resulta muy superior al obtenido en el ensayo.

- b) Según el Diagrama Carga – Módulo de deformación, su valor medio se encuentra en torno al valor $E = 5500 \text{ Kp/cm}^2 = 550 \text{ N/mm}^2$ respecto a la sección bruta de la fábrica.



- c) Sin perjuicio de lo indicado anteriormente, entendiendo que fundamentalmente la rotura producida en el muro, se debe al esfuerzo cortante; haciendo una aplicación rigurosa de la norma UNE-EN 1052-2:2000 Métodos de ensayo para fábricas de albañilería. Parte 2: Determinación de la resistencia a la flexión, se puede estimar la hipotética resistencia a flexión del muro, en base a la expresión:

Polígono Industrial "La Fuente" C/ Málaga s/n C.P.18430 – FUENTE VAQUEROS (Granada)

Telefono: **958 496 894** Email: lte.laboratorio@gmail.com

Laboratorio inscrito en el Reg. Gral. de laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación del CTE, Mº de Vivienda, con nº de Reg. **LECCE AND-L-149** (R.D. 410/2010)

Lo que nos proporcionaría una resistencia a flexión, en base a las características de la probeta de muro ensayada, de **0.47 N/mm²**; pero siempre sin perder de vista, como se ha comentado, que la rotura se produce principalmente por un esfuerzo a cortante.

En Fuente Vaqueros (Granada), a 5 de Agosto de 2015.



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



RAFAEL FONTALBA DÍAZ
Director Técnico

JUAN PABLO TOLÓN GONZÁLEZ
Licenciado en Química

Laboratorio de Tecnología Estructural S.L.

INFORME TÉCNICO