

TESIS DOCTORAL

**INVESTIGACIÓN TEÓRICO – EXPERIMENTAL SOBRE
ENSAYOS LIGERAMENTE DESTRUCTIVOS (MDT)
UTILIZADOS PARA LA CARACTERIZACIÓN MECÁNICA
IN SITU DE ESTRUCTURAS DE FÁBRICA DEL
PATRIMONIO CONSTRUIDO**

Autor

IGNACIO LOMBILLO VOZMEDIANO
INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Director

PROF. DR. LUIS VILLEGAS CABREDO
DOCTOR INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

ANEXOS

8

ANEXO 1: REGISTRO DE SONDEO PARA CONOCER EL IMPACTO EN ESPAÑA DE DETERMINADAS TÉCNICAS NO DESTRUCTIVAS EN EL MERCADO DE LA REHABILITACIÓN DE CONSTRUCCIONES HISTÓRICAS.

A/A.:

Entidad:

Con motivo del desarrollo de la tesis doctoral de Ignacio Lombillo (Prof. Ayudante de la Universidad de Cantabria), estamos realizando un sondeo, a nivel nacional, para conocer el impacto de determinadas técnicas no destructivas en el mercado de la rehabilitación de construcciones históricas (fundamentalmente aplicadas a la caracterización mecánica de estructuras de fábrica). Es por ello que le rogamos nos complete, dentro de lo posible, la información que le solicitamos a continuación. Dicha información se integrará con la globalidad de las encuestas recibidas, de modo que a nivel individual tendrá carácter plenamente CONFIDENCIAL. Muchas gracias por su apreciada colaboración.

Por favor, indique la experiencia que atesora (en caso positivo indicando el nº aproximado de ensayos realizados), haciendo referencia al caso particular de aplicación de las técnicas que acompañan, para cada una de las tipologías de fábricas siguientes.

Método de ensayo	Fábricas de ladrillo	Fábricas de mampostería	Fábricas de sillería
Gato plano simple			
Gato plano doble			
Hole drilling			
Dilatometría de fábricas			
Técnicas acústicas (sónicas y ultrasónicas)			
Esclerometría aplicada sobre materiales pétreos o ladrillos			
Esclerometría de morteros			
Penetrometría aplicada sobre materiales pétreos o ladrillos			
Penetrometría de morteros			

Por favor, indique su satisfacción referente a los resultados de los ensayos realizados y que ha aludido en la tabla anterior: Muy buena (MB), buena (B), regular (R), mala (M) y muy mala (MM)

Método de ensayo	Fábricas de ladrillo	Fábricas de mampostería	Fábricas de sillería
Gato plano simple			
Gato plano doble			
Hole drilling			
Dilatometría de fábricas			
Técnicas acústicas (sónicas y ultrasónicas)			
Esclerometría aplicada sobre materiales pétreos o ladrillos			
Esclerometría de morteros			
Penetrometría aplicada sobre materiales pétreos o ladrillos			
Esclerometría de morteros			

Por favor, indique, si tiene conocimiento, otras entidades que han trabajado en la temática referida. La finalidad es tratar de contactar con dichas entidades para hacer un sondeo lo más completo posible

Método de ensayo	Otras entidades que han trabajado con la técnica relacionada
Técnicas de gato plano	
Técnica de hole drilling	
Dilatometría de fábricas	
Técnicas acústicas (sónicas y ultrasónicas)	
Técnicas esclerométricas	
Técnicas penetrométricas	

Finalmente, sería de gran ayuda que nos transmita su sentimiento referente a las técnicas que ha empleado en relación a su posible aplicación al sector industrial, así como la conclusión general más importante que ha alcanzado con cada una de las técnicas empleadas.

Método de ensayo	Conclusiones obtenidas
Técnicas de gato plano	
Técnica de hole drilling	
Dilatometría de fábricas	
Técnicas acústicas (sónicas y ultrasónicas)	
Técnicas esclerométricas	
Técnicas penetrométricas	

9

ANEXO 2: CARACTERIZACIÓN DE LOS MORTEROS FORMES DE LOS MUROS DE LADRILLO, SILLERÍA Y MAMPOSTERÍA ENSAYADOS.

1.1	Ensayos para obtener la carga de rotura a flexión.	1
1.2	Ensayos para obtener la resistencia a compresión.	3
1.3	Ensayos para obtener las características mecánicas (módulo de deformación y coeficiente de Poisson).	4
1.4	Ensayos de propagación directa de ondas ultrasónicas.	5
1.5	Ensayos de penetrometría de morteros.	7
1.6	Ensayos de esclerometría de morteros.	9
1.7	Resumen de resultados y comentarios finales.	10

Investigación teórico – experimental sobre ensayos ligeramente destructivos (MDT) utilizados para la caracterización mecánica in situ de estructuras de fábrica del patrimonio construido

En el presente anexo se presenta los trabajos desarrollados para la caracterización mecánica de los morteros formes de los muros de ladrillo, sillería y mampostería ensayados con motivo de la presente tesis doctoral.

Dos fueron los tipos de mortero empleados, un mortero de cemento (M-80) relativo al muro de ladrillo, y otro, bastardo de cal y cemento (M-20), que compuso los muros de sillería y mampostería. En la Tabla A2.1 se presenta la composición en parte en volumen de sus componentes en base a la NBE FL-90.

Tabla A2.1: Composición en partes en volumen de los componentes de los morteros empleados.

Mortero	Tipo	Cemento	Cal	Arena
M-80	a	1	-	4
M-20	b	1	2	10

En la fase de construcción de los muros referidos, con los mismos morteros empleados fueron generadas una serie de probetas prismáticas de dimensiones 160 x 40 x 40 (largo x ancho x alto), Fig. A2.1 y A2.2, para realizar sobre éstas una serie de ensayos tanto de carácter mecánico destructivo (ensayos de flexotracción y ensayos de compresión), como ensayos de carácter no destructivo (penetrometría y esclerometría de morteros, y ensayos ultrasónicos directos). Las probetas de M-80 fueron elaboradas los días 8 y 9 de agosto de 2007, y las de M-20 el 28 de diciembre del mismo año.



Fig. A2.1: Instante tomado durante la fabricación de las probetas de mortero M-80, en molde prismático de 160 x 40 x 40 mm. Las probetas fueron elaboradas el 8 y 9 de agosto de 2007 (en el caso del M-80 empleado en el muro de ladrillo) y el 28 de diciembre de 2007 (en el caso del M-20 empleado en la sillería y la mampostería).

Fig. A2.2: Detalle de alguna de las probetas fabricadas previamente a su desmoldeo.

9.1 Ensayos para obtener la carga de rotura a flexión.

Los ensayos de determinación de la resistencia a la flexotracción fueron realizados siguiendo la norma UNE-EN 1015-11 “Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 11: Determinación de la resistencia a flexión y a compresión del mortero endurecido”.

Para la realización de los ensayos se utilizó una prensa servohidráulica universal de 1500 kN de carga máxima, hasta rotura, y con una velocidad de aplicación de 100N/s para el caso del mortero M-20, y 400 N/s para el M-80.

En la Tabla A2.2 se resumen los resultados obtenidos para las probetas de mortero M-80, mientras que en la Tabla A2.3 se relacionan las del M-20.

Investigación teórico – experimental sobre ensayos ligeramente destructivos (MDT) utilizados para la caracterización mecánica in situ de estructuras de fábrica del patrimonio construido

Tabla A2.2: Carga de rotura a flexión en probetas de mortero M-80.

Probeta	Fecha de construcción	Fecha de ensayo	Carga de rotura a flexión (ton.)
M80-1'	09/08/2007	29/05/2008	0.45
M80-2'	09/08/2007	29/05/2008	0.43
M80-3'	09/08/2007	29/05/2008	0.40
M80-4'	09/08/2007	29/05/2008	0.39
M80-5'	09/08/2007	29/05/2008	0.41
M80-6'	09/08/2007	29/05/2008	0.39
M80-1"	08/08/2007	06/06/2008	0.47
M80-2"	08/08/2007	06/06/2008	0.59
M80-3"	08/08/2007	29/05/2008	0.45
M80-4"	08/08/2007	06/06/2008	0.50
M80-5"	08/08/2007	06/06/2008	0.57
M80-6"	08/08/2007	06/06/2008	0.57

La **carga de rotura a flexión promedio fue de 0.47 ton.**, presentando una desviación típica de 0.07 ton., y, por ende, un **coeficiente de variación del 15. 63%**.

Tabla A2.3: Carga de rotura a flexión en probetas de mortero M-20.

Probeta	Fecha de construcción	Fecha de ensayo	Carga de rotura a flexión (ton.)
M20-2	28/12/2007	06/06/2008	0.33
M20-3	28/12/2007	29/05/2008	0.33
M20-4	28/12/2007	29/05/2008	0.16
M20-6	28/12/2007	12/06/2008	0.32
M20-7	28/12/2007	12/06/2008	0.32
M20-8	28/12/2007	12/06/2008	0.29
M20-9	28/12/2007	12/06/2008	0.30
M20-10	28/12/2007	12/06/2008	0.33
M20-11	28/12/2007	12/06/2008	0.32
M20-12	28/12/2007	29/05/2008	0.31
M20-13	28/12/2007	29/05/2008	0.24
M20-14	28/12/2007	12/06/2008	0.33
M20-15	28/12/2007	12/06/2008	0.24
M20-16	28/12/2007	06/06/2008	0.24
M20-17	28/12/2007	12/06/2008	0.30
M20-18	28/12/2007	12/06/2008	0.46
M20-19	28/12/2007	12/06/2008	0.53
M20-20	28/12/2007	29/05/2008	0.51
M20-21	28/12/2007	29/05/2008	0.47
M20-22	28/12/2007	29/05/2008	0.60
M20-23	28/12/2007	12/06/2008	0.46
M20-24	28/12/2007	12/06/2008	0.59
M20-25	28/12/2007	12/06/2008	0.50
M20-26	28/12/2007	12/06/2008	0.50

La **carga de rotura a flexión promedio fue de 0.37 ton.**, presentando una desviación típica de 0.12 ton., y, por ende, un **coeficiente de variación del 32.23%**.

9.2 Ensayos para obtener la resistencia a compresión.

Los ensayos de determinación de la resistencia a la compresión fueron realizados siguiendo la norma UNE-EN 1015-11 “Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 11: Determinación de la resistencia a flexión y a compresión del mortero endurecido”.

Para la realización de los ensayos se utilizó una prensa servohidráulica universal de 1500 kN de carga máxima, hasta rotura, y con una velocidad de aplicación de 100N/s para el caso del mortero M-20, y 400 N/s para el M-80.

En la Fig. A2.3 se ilustra un instante tomado durante la realización de uno de los ensayos. Por su parte en la Fig. A2.4 se ilustra el aspecto de una de las roturas de las probetas confeccionadas.



Fig. A2.3: Ensayo a compresión sobre la probeta de mortero M20-17.

Fig. A2.4: Resultado de la rotura a compresión de la probeta de mortero M20-17.

En la Tabla A2.4 se resumen los resultados obtenidos para las probetas de mortero M-80, mientras que en la Tabla A2.5 se relacionan las del M-20.

Tabla A2.4: Resistencia a compresión de probetas de mortero M-80.

Probeta	Fecha de construcción	Fecha de ensayo	Resistencia a compresión (kp/cm ²)
M80-1'	09/08/2007	29/05/2008	119.40
M80-2'	09/08/2007	29/05/2008	152.26
M80-3'	09/08/2007	29/05/2008	121.65
M80-4'	09/08/2007	29/05/2008	141.17
M80-6'	09/08/2007	29/05/2008	120.33
M80-3"	08/08/2007	29/05/2008	162.84

La **resistencia a compresión promedio 136.27 kp/cm²**, presentando una desviación típica de 18.64 kp/cm², y, por ende, un **coeficiente de variación del 13.68%**.

Tabla A2.5: Resistencia a compresión de probetas de mortero M-20.

Probeta	Fecha de construcción	Fecha de ensayo	Resistencia a compresión (kp/cm ²)
M20-3	28/12/2007	29/05/2008	57.08
M20-6	28/12/2007	12/06/2008	26.41
M20-7	28/12/2007	12/06/2008	24.26
M20-9	28/12/2007	12/06/2008	25.49
M20-10	28/12/2007	12/06/2008	29.09
M20-12	28/12/2007	29/05/2008	96.49
M20-13	28/12/2007	29/05/2008	79.34
M20-14	28/12/2007	12/06/2008	23.26
M20-17	28/12/2007	12/06/2008	26.27
M20-18	28/12/2007	12/06/2008	30.28
M20-19	28/12/2007	12/06/2008	49.49
M20-20	28/12/2007	29/05/2008	91.89
M20-23	28/12/2007	12/06/2008	47.28
M20-24	28/12/2007	12/06/2008	55.06
M20-25	28/12/2007	12/06/2008	47.64

La **resistencia a compresión promedio 47.29 kp/cm²**, presentando una desviación típica de 24.90 kp/cm², y, por ende, un **coeficiente de variación del 52.65%**.

9.3 Ensayos para obtener las características mecánicas (módulo de deformación y coeficiente de Poisson).

En la Fig. A2.5 se ilustra un instante tomado durante la realización de uno de los ensayos para la determinación de las características mecánicas en una de las probetas de mortero. Por su parte en la Fig. A2.6 se ilustra el aspecto de una de las roturas de las probetas ensayadas. Las deformaciones verticales y horizontales, necesarias para la obtención de los parámetros mecánicos, se obtuvieron promediando los registros de dos galgas bi-direccionales dispuestas en sendas caras opuestas verticales de las probetas.

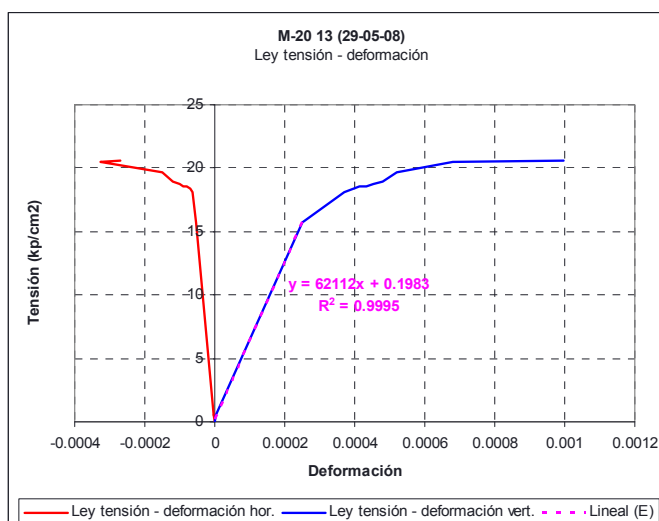


Fig. A2.5: Instante captado durante la ejecución de uno de los ensayos a compresión con registro de deformación vertical y horizontal.

Fig. A2.6 Ejemplo de gráfico tensión deformación a partir del cuál pueden obtenerse los parámetros mecánicos elásticos del material.

Investigación teórico – experimental sobre ensayos ligeramente destructivos (MDT) utilizados para la caracterización mecánica in situ de estructuras de fábrica del patrimonio construido

El módulo de elasticidad fue obtenido mediante la pendiente de una regresión lineal realizada en la fase de comportamiento elástico del material (Fig. A2.6). Mientras que el coeficiente de Poisson se calculó mediante la relación entre la deformación horizontal promedio y la deformación vertical promedio en el rango elástico referido.

Para la realización de los ensayos se utilizó una prensa servohidráulica universal de 1500 kN de carga máxima, hasta rotura, y con una velocidad de aplicación de 100N/s para el caso del mortero M-20, y 400 N/s para el M-80.

Por su parte en la Tabla A2.6 se resumen los resultados obtenidos para las probetas de mortero M-80, mientras que en la Tabla A2.7 se relacionan las del M-20.

Tabla A2.6: Características mecánicas (módulo de deformación y coeficiente de Poisson) de las probetas de mortero M-80.

Probeta	Fecha de construcción	Fecha de ensayo	Módulo de deformación, E (kp/cm ²)	Coeficiente de Poisson, ν
M80-1'	29/05/2008	09/08/2007	68,706.20	0.22
M80-1''	06/06/2008	08/08/2007	100,000.00	0.12
M80-2'	29/05/2008	09/08/2007	67,033.20	0.18
M80-2''	06/06/2008	08/08/2007	94,986.50	0.15
M80-3'	29/05/2008	09/08/2007	69,733.30	0.25
M80-4'	29/05/2008	09/08/2007	66,951.50	0.31
M80-5''	06/06/2008	08/08/2007	99,817.40	0.22
M80-6'	29/05/2008	09/08/2007	67,900.50	0.33
M80-6''	06/06/2008	08/08/2007	100,000.00	0.30

El **módulo de deformación promedio es de 81,680.96 kp/cm²**, presentando una desviación típica de 16,239.03 kp/cm², y, por ende, un **coeficiente de variación del 19.88%**.

En lo que respecta al **coeficiente de Poisson**, se alcanza un **valor promedio de 0.23**, presentando una desviación típica de 0.07, y, por ende, un **coeficiente de variación del 31.52%**.

Tabla A2.7: Características mecánicas (módulo de deformación y coeficiente de Poisson) de las probetas de mortero M-20.

Probeta	Fecha de construcción	Fecha de ensayo	Módulo de deformación, E (kp/cm ²)	Coeficiente de Poisson, ν
M20-3	29/05/2008	28/12/2007	44,606.40	0.27
M20-4	29/05/2008	28/12/2007	37,422.00	0.19
M20-12	29/05/2008	28/12/2007	49,955.40	0.21
M20-13	29/05/2008	28/12/2007	62,112.00	0.22
M20-14	06/06/2008	28/12/2007	31,855.10	0.36
M20-20	29/05/2008	28/12/2007	46,906.90	0.29
M20-21	29/05/2008	28/12/2007	60,911.80	0.24

El **módulo de deformación promedio es de 47,681.37 kp/cm²**, presentando una desviación típica de 11,211.89 kp/cm², y, por ende, un **coeficiente de variación del 23.51%**.

En lo que respecta al **coeficiente de Poisson**, se alcanza un **valor promedio de 0.25**, presentando una desviación típica de 0.06, y, por ende, un **coeficiente de variación del 22.80%**.

9.4 Ensayos de propagación directa de ondas ultrasónicas.

Para la ejecución de los ensayos ultrasónicos se empleo un equipo TDAS16 (distribuido por la casa comercial Boviari s.r.l.) con n° de serie 192168064, así como un transductor emisor de 55 kHz y otro receptor.

Investigación teórico – experimental sobre ensayos ligeramente destructivos (MDT) utilizados para la caracterización mecánica in situ de estructuras de fábrica del patrimonio construido

Tras la medida de la distancia a recorrer por la onda ultrasónica (Fig. A2.7), fue dispuesto un medio acoplante (gel de ecografía, el cuál se comprobó, mediante la ejecución de un ensayo sobre el patrón de calibrado proporcionado por el fabricante, que no generaba atenuación de la señal) sobre la superficie de cada uno de los transductores, los que, ejerciendo un ligera presión, fueron posicionados en dos caras opuestas de la probeta.

A continuación fue emitida una onda de 55 kHz de frecuencia desde el transductor emisor, que tras propagarse por el seno del material era captada por el transductor receptor. En las Fig. A2.8 y A2.9 se ilustra el procedimiento de ensayo. En el instante en que dicha onda era recibida (Fig. A2.10) se determinó el tiempo de propagación entre ambos transductores, magnitud que junto con la distancia inicialmente medida, permite obtener la velocidad de propagación ultrasónica de la onda longitudinal en el material objeto de ensayo.

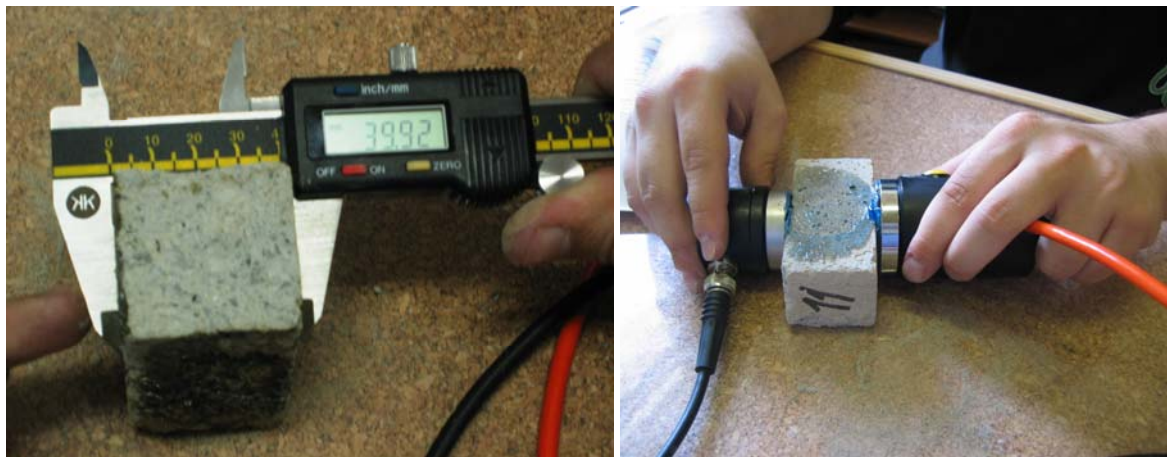


Fig. A2.7: Medida mediante calibre digital de la distancia existente entre el transductor emisor de 55 kHz y el transductor receptor (dimensión de la probeta) para poder estimar la velocidad de propagación, a partir del tiempo que se toma la onda ultrasónica en recorrer dicha distancia.

Fig. A2.8: Detalle de la disposición de los transductores respecto de la una probeta, interponiendo un gel (con denominación comercial EKO GEL), especial para ultrasonidos, para mejorar su acoplamiento.

En cada una de las probetas se registraron un total de 12 medidas, 6 entre dos de las caras paralelas y otros 6 en las otras dos caras perpendiculares, de forma que mediante promediado de las velocidades obtenidas se calculaban las velocidades de que figuran en las tablas siguientes.

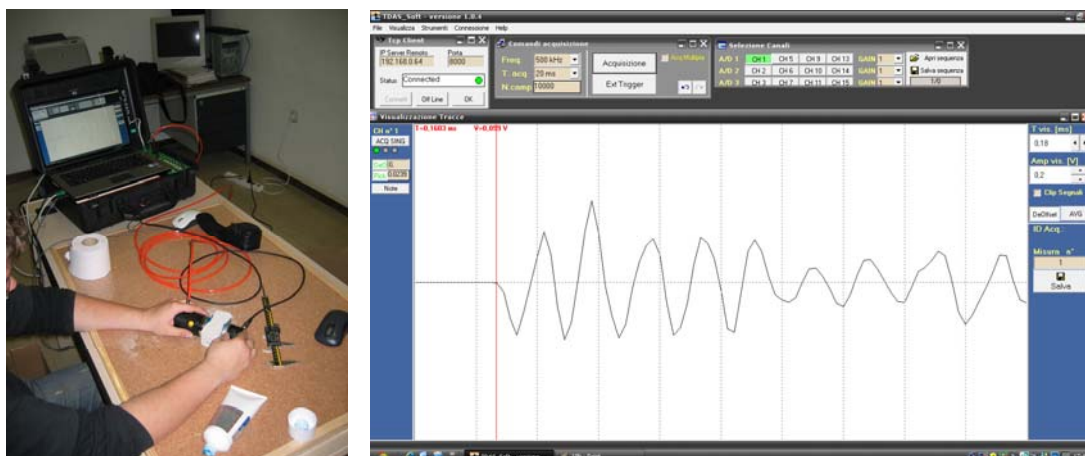


Fig. A2.9: Perspectiva general de la configuración del ensayo ultrasónico.

Fig. A2.10: Captura de pantalla en la que pueda apreciarse el instante en el que llega la onda receptor, a partir del cuál se obtiene de tiempo de propagación de la onda longitudinal.

En este sentido, en la Tabla A2.8 se resumen los resultados obtenidos para las probetas de mortero M-80, mientras que en la Tabla A2.9 se relacionan las del M-20.

Investigación teórico – experimental sobre ensayos ligeramente destructivos (MDT) utilizados para la caracterización mecánica in situ de estructuras de fábrica del patrimonio construido

Tabla A2.8: Velocidad de propagación de ondas ultrasónicas (55 KHz) en las probetas de mortero M-80.

Probeta	Fecha de construcción	Fecha de ensayo	Velocidad de propagación ultrasónica, XXX KHz (m/s)
M80-1'	09/08/2007	13/06/2008	1,822.23
M80-2'	09/08/2007	13/06/2008	1,979.28
M80-3'	09/08/2007	13/06/2008	1,899.24
M80-4'	09/08/2007	13/06/2008	1,824.15
M80-5'	09/08/2007	13/06/2008	1,828.33
M80-6'	09/08/2007	13/06/2008	1,775.56
M80-1"	08/08/2007	13/06/2008	1,993.26
M80-2"	08/08/2007	13/06/2008	1,989.69
M80-3"	08/08/2007	13/06/2008	1,948.43
M80-4"	08/08/2007	13/06/2008	1,991.51
M80-5"	08/08/2007	13/06/2008	2,008.82
M80-6"	08/08/2007	13/06/2008	1,996.25

La **velocidad de propagación promedio es de 1,921.40 m/s**, presentando una desviación típica de 86.22 m/s, y, por ende, un **coeficiente de variación del 4.49%**.

Tabla A2.9: Velocidad de propagación de ondas ultrasónicas (55 KHz) en las probetas de mortero M-20.

Probeta	Fecha de construcción	Fecha de ensayo	Velocidad de propagación ultrasónica, XXX KHz (m/s)
M20-2	28/12/2007	06/06/2008	1,605.02
M20-3	28/12/2007	29/05/2008	1,584.47
M20-6	28/12/2007	12/06/2008	1,641.05
M20-7	28/12/2007	12/06/2008	1,515.00
M20-8	28/12/2007	12/06/2008	1,639.32
M20-9	28/12/2007	12/06/2008	1,637.24
M20-10	28/12/2007	12/06/2008	1,622.64
M20-12	28/12/2007	29/05/2008	1,672.23
M20-13	28/12/2007	29/05/2008	1,679.08
M20-14	28/12/2007	12/06/2008	1,612.54
M20-15	28/12/2007	12/06/2008	1,704.58
M20-16	28/12/2007	06/06/2008	1,760.27
M20-17	28/12/2007	12/06/2008	1,775.59
M20-18	28/12/2007	12/06/2008	1,800.07
M20-19	28/12/2007	12/06/2008	1,985.85
M20-20	28/12/2007	29/05/2008	1,914.17
M20-21	28/12/2007	29/05/2008	1,968.43
M20-22	28/12/2007	29/05/2008	1,977.05
M20-23	28/12/2007	12/06/2008	2,071.00
M20-24	28/12/2007	12/06/2008	1,949.64
M20-25	28/12/2007	12/06/2008	2,104.93

La **velocidad de propagación promedio es de 1,772.39 m/s**, presentando una desviación típica de 177.79 m/s, y, por ende, un **coeficiente de variación del 10.03%**.

9.5 Ensayos de penetrometría de morteros.

Para la ejecución de los ensayos penetrométricos se empleó un penetrómetro PNT-G (desarrollado por el Prof. Natale Gucci y distribuido por la casa comercial Boviari s.r.l.) con nº de serie 108.

Investigación teórico – experimental sobre ensayos ligeramente destructivos (MDT) utilizados para la caracterización mecánica in situ de estructuras de fábrica del patrimonio construido

El procedimiento consiste en realizar la perforación de un agujero ciego con un taladro dotado de cabeza de vidia (Fig. A2.11 y A2.12). Midiendo la energía consumida en dicha operación, puede obtenerse un parámetro muy significativo de las características mecánicas del mortero que puede llegar correlacionarse con su resistencia mecánica.

El taladro que compone el penetrómetro está dotado de un grupo electromecánico para definir y guiar la perforación, y dispone de una unidad electrónica de medida, la cuál tiene habilitada una lectura digital de los datos.

Sobre cada probeta de mortero se realizaron un total de 12 medidas de penetración (Fig. A2.13), de forma que el valor recogido en las tablas siguientes responde al promedio de los referidos.



Fig. A2.11 y A2.12: Instantes captados durante la ejecución de dos medidas de penetración.

Fig. A2.13: Detalle de las ligeras perforaciones realizadas en la superficie de una de las caras de una probeta.

En la Tabla A2.10 se resumen los resultados obtenidos para las probetas de mortero M-80, mientras que en la Tabla A2.11 se relacionan las del M-20.

Tabla A2.10: Resultados del índice de penetración de las probetas de mortero M-80.

Probeta	Fecha de construcción	Fecha de ensayo	Índice de penetración
M80-1'	09/08/2007	13/06/2008	604.25
M80-2'	09/08/2007	13/06/2008	671.50
M80-3'	09/08/2007	13/06/2008	652.50
M80-4'	09/08/2007	13/06/2008	400.50
M80-5'	09/08/2007	13/06/2008	591.75
M80-6'	09/08/2007	13/06/2008	891.43
M80-1"	08/08/2007	13/06/2008	924.88
M80-2"	08/08/2007	13/06/2008	937.50
M80-3"	08/08/2007	13/06/2008	1,052.75
M80-4"	08/08/2007	13/06/2008	887.88
M80-5"	08/08/2007	13/06/2008	1,045.75
M80-6"	08/08/2007	13/06/2008	980.75

El **índice de penetración promedio es de 803.45**, presentando una desviación típica de 210.40, y, por ende, un **coeficiente de variación del 26.19%**.

Tabla A2.11: Resultados del índice de penetración de las probetas de mortero M-20.

Probeta	Fecha de construcción	Fecha de ensayo	Índice de penetración
M20-2	28/12/2007	13/06/2008	176.38
M20-4	28/12/2007	13/06/2008	182.13
M20-6	28/12/2007	13/06/2008	238.88
M20-8	28/12/2007	13/06/2008	602.00
M20-10	28/12/2007	13/06/2008	342.50
M20-12	28/12/2007	13/06/2008	323.38
M20-13	28/12/2007	13/06/2008	295.13
M20-14	28/12/2007	13/06/2008	283.88
M20-15	28/12/2007	13/06/2008	497.50
M20-16	28/12/2007	13/06/2008	533.50
M20-17	28/12/2007	13/06/2008	429.50
M20-18	28/12/2007	13/06/2008	343.25
M20-19	28/12/2007	13/06/2008	452.13
M20-20	28/12/2007	13/06/2008	449.00
M20-21	28/12/2007	13/06/2008	355.25
M20-22	28/12/2007	13/06/2008	754.25
M20-23	28/12/2007	13/06/2008	354.38
M20-24	28/12/2007	13/06/2008	446.88
M20-25	28/12/2007	13/06/2008	673.63
M20-26	28/12/2007	13/06/2008	385.63

El **índice de penetración promedio es de 405.96**, presentando una desviación típica de 152.28, y, por ende, un **coeficiente de variación del 37.51%**.

9.6 Ensayos de esclerometría de morteros.

Para la ejecución de los ensayos esclerométricos se empleo un esclerómetro Schmidt Proceq PM (distribuido por la casa comercial Daga s.l.) con nº de serie 8-001.

En las Fig. A2.14 y A2.15 se detallan sendos instantes captados durante uno de los ensayos realizados.



Fig. A2.14 y A2.15: Instantes captados durante la ejecución de dos medidas esclerométricas.

En la Tabla A2.12 se resumen los resultados obtenidos para las probetas de mortero M-80, mientras que en la Tabla A2.13 se relacionan las del M-20.

Tabla A2.12: Resultados del índice esclerométrico de las probetas de mortero M-80.

Probeta	Fecha de construcción	Fecha de ensayo	Índice esclerométrico
M80-1'	09/08/2007	13/06/2008	16.88
M80-3'	09/08/2007	13/06/2008	18.75
M80-5'	09/08/2007	13/06/2008	12.00
M80-1"	08/08/2007	13/06/2008	17.80
M80-3"	08/08/2007	13/06/2008	21.63
M80-5"	08/08/2007	13/06/2008	15.79

El **índice esclerométrico promedio es de 17.14**, presentando una desviación típica de 3.21, y, por ende, un **coeficiente de variación del 18.72%**.

Tabla A2.13: Resultados del índice esclerométrico de las probetas de mortero M-20.

Probeta	Fecha de construcción	Fecha de ensayo	Índice esclerométrico
M20-3	28/12/2007	13/06/2008	13.57
M20-4	28/12/2007	13/06/2008	11.40
M20-7	28/12/2007	13/06/2008	14.00
M20-9	28/12/2007	13/06/2008	15.00
M20-11	28/12/2007	13/06/2008	13.10
M20-13	28/12/2007	13/06/2008	14.31
M20-15	28/12/2007	13/06/2008	13.86
M20-17	28/12/2007	13/06/2008	14.13
M20-19	28/12/2007	13/06/2008	13.13
M20-21	28/12/2007	13/06/2008	16.75
M20-23	28/12/2007	13/06/2008	14.50
M20-25	28/12/2007	13/06/2008	13.83

El **índice esclerométrico promedio es de 13.96**, presentando una desviación típica de 1.26, y, por ende, un **coeficiente de variación del 9.02%**.

9.7 Resumen de resultados y comentarios finales.

Como norma general puede comprobarse que los resultados obtenidos para las distintas propiedades estudiadas arrojan unas conclusiones lógicas.

En la Tabla A2.14 se ha indicado, para las diferentes propiedades (carga de rotura a flexión, resistencia a compresión, módulo de deformación, coeficiente de Poisson, velocidad de propagación ultrasónica, índice de penetración e índice esclerométrico) objeto de estudio, los valores promedio calculados para las dos tipologías de mortero empleadas, M80 y M20.

Tabla A2.14: Valores promedio obtenidos en las probetas de mortero tipos M80 y M20, para las diferentes propiedades estudiadas.

Propiedad (Valores promedio)	M80	M20	M80/M20
Carga de rotura a flexión (ton.)	0.47	0.37	1.27
Resistencia a compresión (kp/cm ²)	136.27	47.29	2.88
Módulo de deformación, E (kp/cm ²)	81,680.96	47,681.37	1.71
Coeficiente de Poisson, ν	0.23	0.25	0.92
Velocidad de propagación ultrasónica, 55 KHz (m/s)	1,921.40	1,772.39	1.08
Índice de penetración	803.45	405.96	1.98
Índice esclerométrico	17.14	13.96	1.23

Investigación teórico – experimental sobre ensayos ligeramente destructivos (MDT) utilizados para la caracterización mecánica in situ de estructuras de fábrica del patrimonio construido

En base a los valores presentados en la Tabla 14 puede concluirse que para todas las propiedades estudiadas, **los valores promedios obtenidos para el mortero tipo M80, respecto de los del M20, indican:**

- Una **mejor adecuación mecánica**, dado que presenta un 27% más de carga a rotura a flexión que el M20 y una resistencia a compresión un 188% mayor.
- Una **mayor rigidez**, dado que el módulo de deformación obtenido es un 71% mayor que en el caso del mortero tipo M20; por su parte el coeficiente de Poisson es un 8% menor, circunstancia que indica menor deformación transversal frente al mismo nivel de carga.
- Una **mayor velocidad de propagación directa de ondas ultrasónicas**, concretamente el mortero M80 presenta un 8% más de velocidad de propagación, indicativo de una mayor compacidad, mayor resistencia y mayor rigidez.
- Una **mayor resistencia a la penetración**, el mortero M80 presenta una resistencia a la penetración casi el doble que el M20.
- Finalmente, **mayor dureza superficial**, el mortero M80 presenta una dureza un 23% mayor que la del M20.

Por su parte en la Tabla A2.15 se presentan los coeficientes de variación asociados a los ensayos realizados para obtener las propiedades referidas, y para los dos tipos de mortero M80 y M20.

Como norma general, puede apreciarse como los coeficientes de variación calculados para las propiedades relacionadas, indican como el margen de incertidumbre en los valores promedio obtenidos es bastante mayor en el caso del mortero M20 que en el caso del mortero M80, circunstancia que genera una idea en el lector de la complejidad de tratar con morteros antiguos base cal, debido a tanto al desconocimiento del material en si mismo, como a la dificultad para tomar muestras conducentes a una caracterización mecánica al uso, y a que la dispersión de los resultados obtenidos mediante ensayos es mucho mayor que con morteros base cemento.

Tabla A2.15: Coeficientes de variación obtenidos en las probetas de mortero tipos M80 y M20, para las diferentes propiedades estudiadas.

Propiedad (Coeficiente de variación, en %)	M80	M20
Carga de rotura a flexión	15.63	32.23
Resistencia a compresión	13.68	52.65
Módulo de deformación, E	19.88	23.51
Coeficiente de Poisson, ν	31.52	22.80
Velocidad de propagación ultrasónica, 55 KHz	4.49	10.03
Índice de penetración	26.19	37.51
Índice esclerométrico	18.72	9.02

Dado el número reducido de tipologías de mortero ensayadas, únicamente dos, no se presentan correlaciones cruzadas entre parámetros. Si bien se estima que la profundización en la investigación desarrollada, para un mayor número de tipologías de morteros comúnmente presente en edificios del patrimonio construido, favorecería la obtención de relaciones entre los parámetros mecánicos y los métodos no destructivos empleados.

10

ANEXO 3: REGISTRO DE LOS ENSAYOS HOLE DRILLING REALIZADOS EN LABORATORIO SOBRE EL MURO DE SILLERÍA.

- 10.1 Registro del ensayo HDS1 (Lab0810).
- 10.2 Registro del ensayo HDS2 (Lab0811).
- 10.3 Registro del ensayo HDS3 (Lab0812).
- 10.4 Registro del ensayo HDS4 (Lab0813).
- 10.5 Registro del ensayo HDS5 (Lab0814).
- 10.6 Registro del ensayo HDS6 (Lab0833).
- 10.7 Registro del ensayo HDS7 mediante extensometría óptica (Lab0834).
- 10.8 Registro del ensayo HDS8 (Lab0819).

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 16-06-08
		Ref.: Lab0810
	CONSTRUCCIÓN: Muro de sillería arenisca (HDS1)	Pag 1 de 4

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 28-12-2007

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de sillería esta construido a base una hoja de piedra arenisca. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,05 x 1,58 x 0,31 m (ancho x alto x espesor).

Los bloques de piedra arenisca presentan una dimensión de soga variable entre los 200 y 670 mm, un tizón de 310 mm, y un grueso del orden de los 310 mm.

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-20 tipo b, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento, 2 partes de cal y 10 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 370 kp con un coeficiente de variación de 32,23%, y una resistencia a compresión promedio de 4.73 N/mm² con un coeficiente de variación de 52.65%. Dichos ensayos fueron realizados los días 29-05-08, 06-06-08 y 12-06-08 sobre probetas elaboradas el 28-12-07. El espesor aproximado de los tendeles de mortero fue de 15 mm.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

El elemento estructural a ensayar es un muro de sillería arenisca aparejada con un mortero bastardo de cal y cemento, la cuál presenta buenas condiciones.

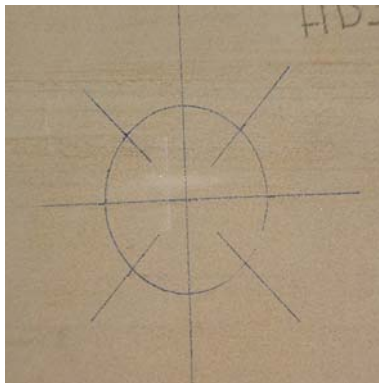
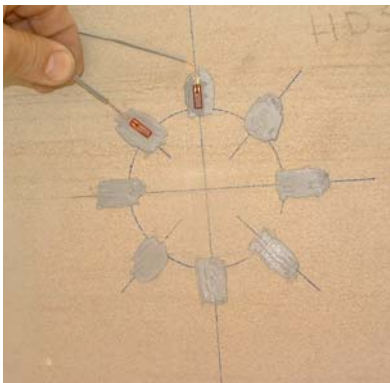
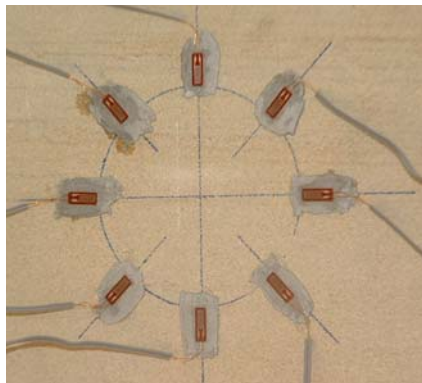
3. Recursos empleados

Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	Solartron y equipo propio UC
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cuarto de puente
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):		Tokio Sokki / 6 mm / Metal ceys	

¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).

4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

Marcado	Pegado	
		

Observaciones:

Nada reseñable

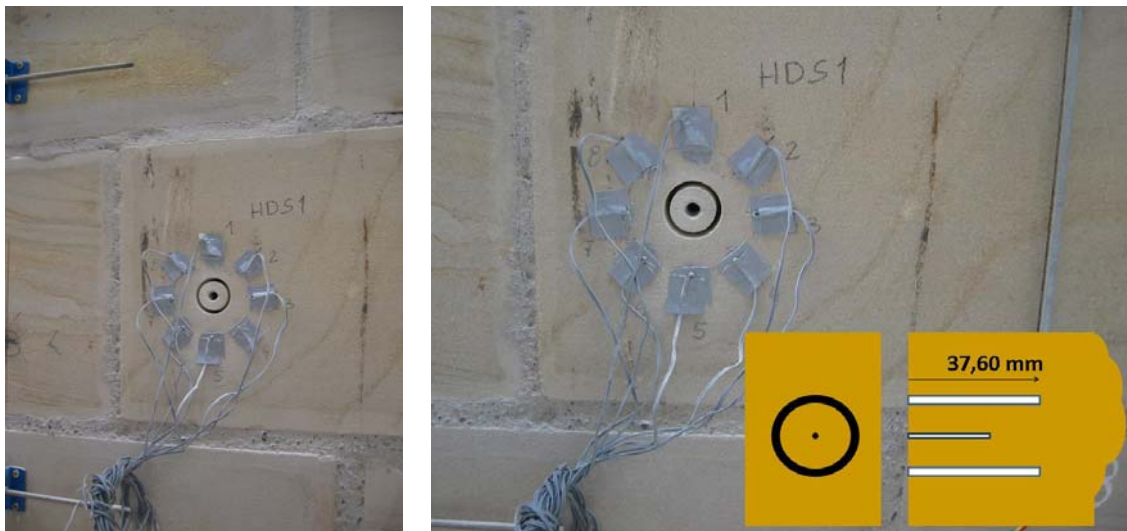
4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones:

Nada reseñable

4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.

Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²: 70 horas

4.4 Ejecución del taladro.



Fotografías del proceso de ejecución.

Recomendaciones:

- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.
- Uso de nivel para controlar la horizontalidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por T^a.

Controlar la profundidad del taladro (al menos 0,4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

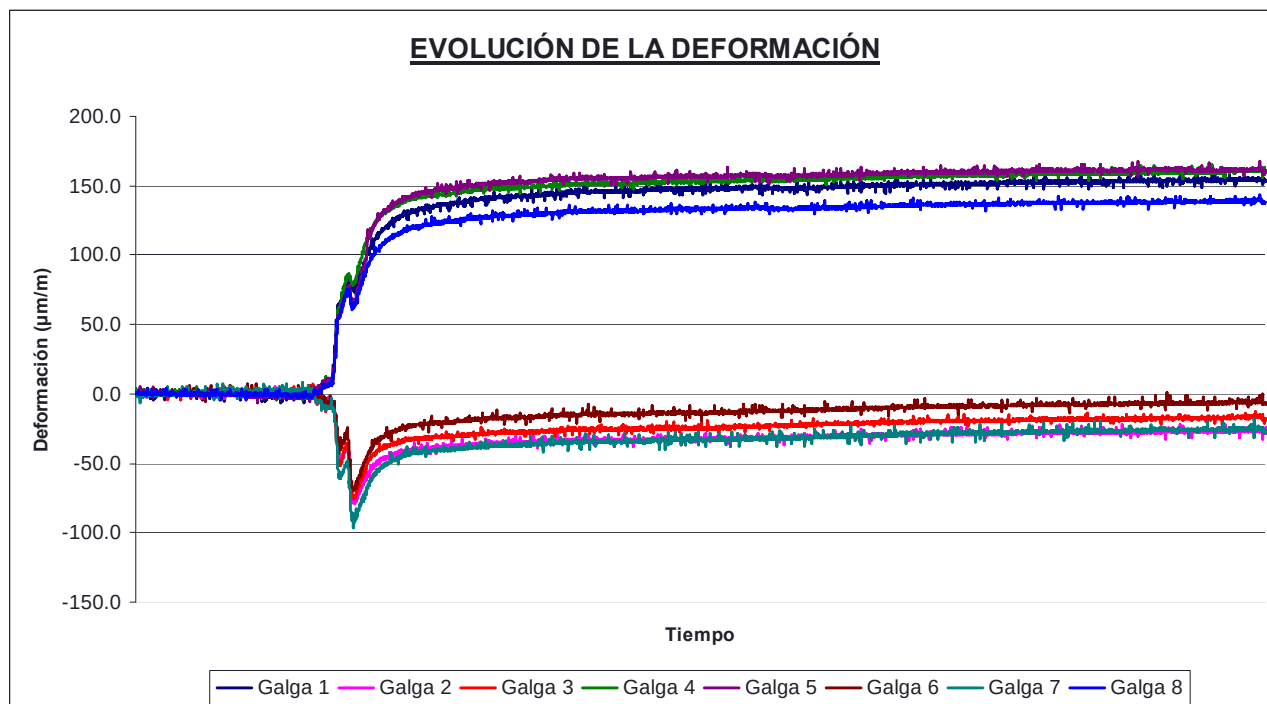
² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 16-06-08
		Ref.: Lab0810
	CONSTRUCCIÓN: Muro de sillería arenisca (HDS1)	Pag 3 de 4

5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm^2):

-1.63³



Gráfica de la evolución de las deformaciones registradas

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

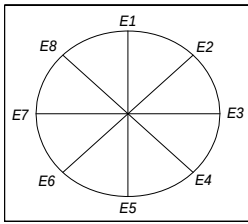


Firma

³ El signo - representa comportamiento a compresión.



ANEXO 1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE HOLE DRILLING



Código: **Lab0810**
Referencia: **Hole Drilling HDS1 en Sillería ensayada en LABEST-UC**
Fecha: **16/06/2008**

En esta hoja se obtiene, para cada una de las combinaciones de galgas, la tensión principal máxima, la mínima y la dirección (ángulo existente horario) entre la tensión principal máxima con la dirección de la primera de las galgas de la combinación. Igualmente se estima a partir de los datos referidos la tensión vertical existente



Def. final tras taladrado ($\mu\text{m/m} = 10^{-6}\text{m/m}$)

Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
152.7	-27.8	-18.4	158.7	160.8	-7.7	-27.0	137.5

*El signo - representa comportamiento a compresión

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias < 5 $\mu\text{m/m}$

Módulo de Young (Mpa) = 3.420
Coef. Poisson = 0.13

d (cm) = 3.6

a = 0.199

D (cm) = 8.8

b = 0.484

Prof. Taladro (mm) = 37.6

$$A_t = -4 \left(\frac{1 + \nu}{2E} \right) a$$

$$B_t = -4 \left(\frac{1}{2E} \right) b$$

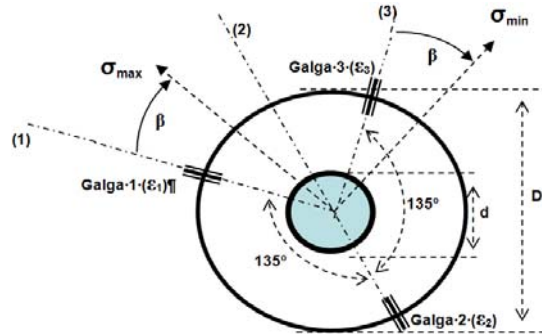
At =	-0.000132
Bt =	-0.000283

d/D	a	b
0.38	0.174	0.430
0.39	0.182	0.448
0.40	0.190	0.466
0.41	0.199	0.484
0.42	0.208	0.503
0.43	0.217	0.521

$$\sigma_{\max} = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_3}{A} - \frac{\sqrt{(\epsilon_3 - \epsilon_1)^2 + (\epsilon_3 + \epsilon_1 - 2\epsilon_2)^2}}{B}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_3}{A} + \frac{\sqrt{(\epsilon_3 - \epsilon_1)^2 + (\epsilon_3 + \epsilon_1 - 2\epsilon_2)^2}}{B}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{\epsilon_3 + \epsilon_1 - 2\epsilon_2}{\epsilon_3 - \epsilon_1} \right)$$



COMBINACIÓN 1	Ch1	E1 = 0.000152729	AUX1= -1.017	Tmax (N/mm2)=	-0.21
	Ch3	E3 = -1.84214E-05	AUX2= -0.803	Tmin (N/mm2)=	-1.82
	Ch6	E2 = -7.68228E-06		β=	69
				Tvert (N/mm2)=	-1.61
COMBINACIÓN 2	Ch2	E1 = -2.77943E-05	AUX1= -0.992	Tmax (N/mm2)=	-0.06
	Ch4	E3 = 0.000158688	AUX2= -0.928	Tmin (N/mm2)=	-1.92
	Ch7	E2 = -2.70064E-05		β=	22
				Tvert (N/mm2)=	-1.64
COMBINACIÓN 3	Ch3	E1 = -1.84214E-05	AUX1= -1.078	Tmax (N/mm2)=	-0.29
	Ch5	E3 = 0.000160783	AUX2= -0.788	Tmin (N/mm2)=	-1.87
	Ch8	E2 = 0.000137515		β=	-18
				Tvert (N/mm2)=	-1.72
COMBINACIÓN 4	Ch4	E1 = 0.000158688	AUX1= -1.144	Tmax (N/mm2)=	-0.34
	Ch6	E3 = -7.68228E-06	AUX2= -0.802	Tmin (N/mm2)=	-1.95
	Ch1	E2 = 0.000152729		β=	-69
				Tvert (N/mm2)=	-1.68
COMBINACIÓN 5	Ch5	E1 = 0.000160783	AUX1= -1.013	Tmax (N/mm2)=	-0.07
	Ch7	E3 = -2.70064E-05	AUX2= -0.942	Tmin (N/mm2)=	-1.96
	Ch2	E2 = -2.77943E-05		β=	67
				Tvert (N/mm2)=	-1.67
COMBINACIÓN 6	Ch6	E1 = -7.68228E-06	AUX1= -0.984	Tmax (N/mm2)=	-0.2
	Ch8	E3 = 0.000137515	AUX2= -0.781	Tmin (N/mm2)=	-1.77
	Ch3	E2 = -1.84214E-05		β=	24
				Tvert (N/mm2)=	-1.57
COMBINACIÓN 7	Ch7	E1 = -2.70064E-05	AUX1= -0.952	Tmax (N/mm2)=	-0.02
	Ch1	E3 = 0.000152729	AUX2= -0.928	Tmin (N/mm2)=	-1.88
	Ch4	E2 = 0.000158688		β=	-23
				Tvert (N/mm2)=	-1.60
COMBINACIÓN 8	Ch8	E1 = 0.000137515	AUX1= -0.831	Tmax (N/mm2)=	0.12
	Ch2	E3 = -2.77943E-05	AUX2= -0.95	Tmin (N/mm2)=	-1.78
	Ch5	E2 = 0.000160783		β=	-64
				Tvert (N/mm2)=	-1.58

TENSIÓN VERTICAL = -1.63 N/mm2 (Compresión)

Comentarios:

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias inferiores a $\pm 5 \mu\text{m/m}$ durante los 30 últimos minutos del ensayo. A su vez desde un punto de vista estadístico se tienen en cuenta las ocho combinaciones, dado que presentan un coeficiente de variación del 3.24%.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING		Fecha: 18-06-08
			Ref.: Lab0811
	CONSTRUCCIÓN: Muro de sillería arenisca (HDS2)		Pag 1 de 3

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 28-12-2007

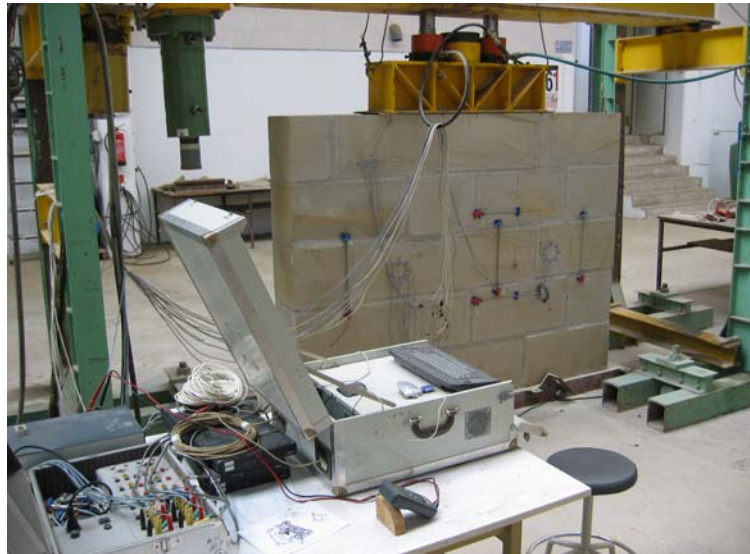
2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de sillería esta construido a base una hoja de piedra arenisca. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,05 x 1,58 x 0,31 m (ancho x alto x espesor).

Los bloques de piedra arenisca presentan una dimensión de soga variable entre los 200 y 670 mm, un tizón de 310 mm, y un grueso del orden de los 310 mm.

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-20 tipo b, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento, 2 partes de cal y 10 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 370 kp con un coeficiente de variación de 32,23%, y una resistencia a compresión promedio de 4.73 N/mm² con un coeficiente de variación de 52.65%. Dichos ensayos fueron realizados los días 29-05-08, 06-06-08 y 12-06-08 sobre probetas elaboradas el 28-12-07. El espesor aproximado de los tendeles de mortero fue de 15 mm.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

El elemento estructural a ensayar es un muro de sillería arenisca aparejada con un mortero bastardo de cal y cemento, la cuál presenta buenas condiciones.

3. Recursos empleados

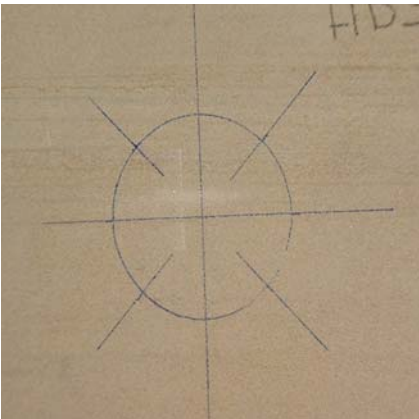
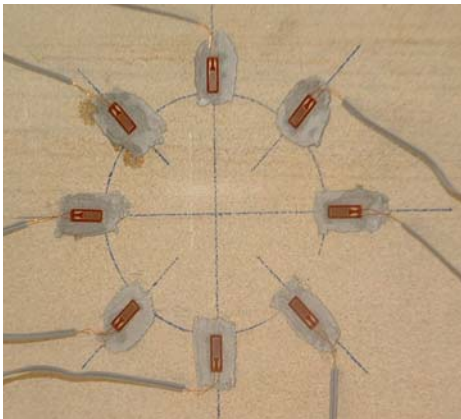
Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	Solartron y equipo propio UC
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cuarto de puente
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):		Tokio Sokki / 6 mm / Metal ceys	

¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 18-06-08
		Ref.: Lab0811
	CONSTRUCCIÓN: Muro de sillería arenisca (HDS2)	Pag 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

Marcado	Pegado	Puesta en carga del muro
		

Observaciones:

Nada reseñable

4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones:

Nada reseñable

4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.

Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²: 44 horas

4.4 Ejecución del taladro.



Fotografías del proceso de ejecución.

Recomendaciones:

- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.
- Uso de nivel para controlar la horizontalidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por T^a.

Controlar la profundidad del taladrado (al menos 0,4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

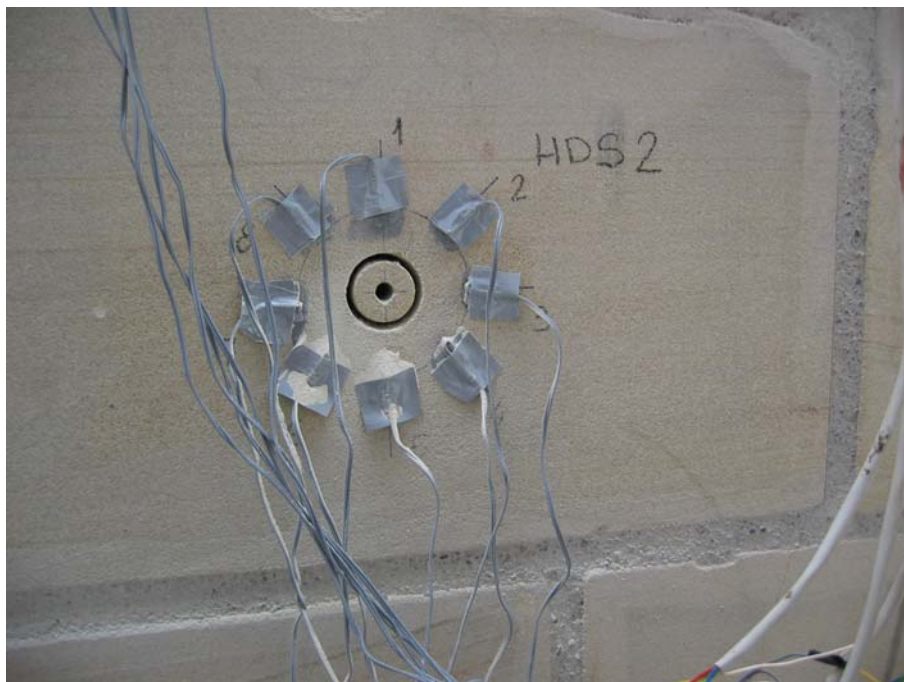
² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 18-06-08
		Ref.: Lab0811
	CONSTRUCCIÓN: Muro de sillería arenisca (HDS2)	Pag 3 de 3

5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm²):

**Registro fallido
de datos**



Aspecto de la zona de ensayo una vez finalizado éste

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING		Fecha: 20-06-08
			Ref.: Lab0812
	CONSTRUCCIÓN: Muro de sillería arenisca (HDS3)		Pag 1 de 4

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección:	E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.		
Localidad:	Santander	Provincia:	Cantabria
		País:	España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 28-12-2007

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de sillería esta construido a base una hoja de piedra arenisca. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,05 x 1,58 x 0,31 m (ancho x alto x espesor).

Los bloques de piedra arenisca presentan una dimensión de soga variable entre los 200 y 670 mm, un tizón de 310 mm, y un grueso del orden de los 310 mm.

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-20 tipo b, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento, 2 partes de cal y 10 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 370 kp con un coeficiente de variación de 32,23%, y una resistencia a compresión promedio de 4.73 N/mm² con un coeficiente de variación de 52.65%. Dichos ensayos fueron realizados los días 29-05-08, 06-06-08 y 12-06-08 sobre probetas elaboradas el 28-12-07. El espesor aproximado de los tendeles de mortero fue de 15 mm.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

El elemento estructural a ensayar es un muro de sillería arenisca aparejada con un mortero bastardo de cal y cemento, la cuál presenta buenas condiciones.

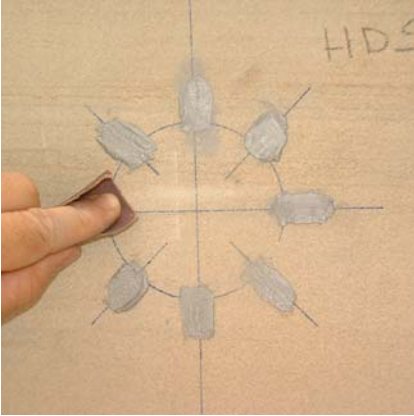
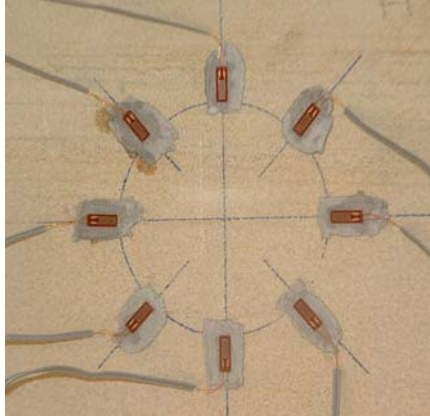
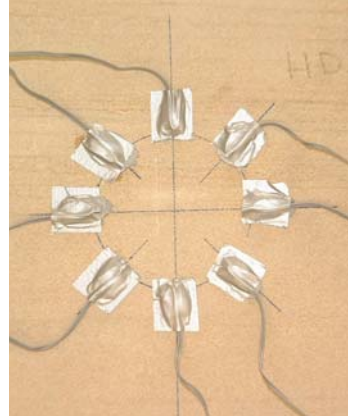
3. Recursos empleados

Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	Solartron y equipo propio UC
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cuarto de puente
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):		Tokio Sokki / 6 mm / Metal ceys	

¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).

4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

Marcado	Pegado	Protección
		

Observaciones:

Nada reseñable

4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones:

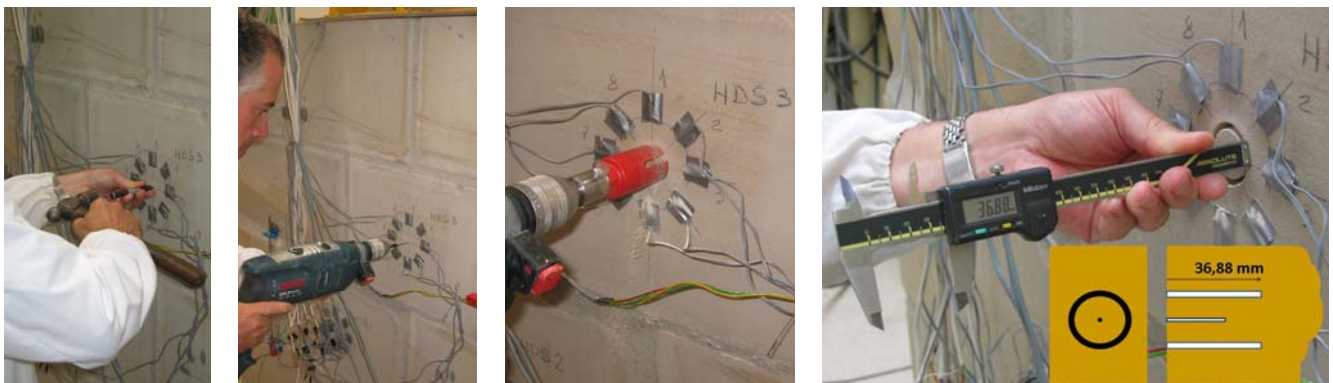
Nada reseñable

4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.

Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²:

44 horas

4.4 Ejecución del taladro.



Fotografías del proceso de ejecución.

Recomendaciones:

- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.
- Uso de nivel para controlar la horizontalidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por T^a.

Controlar la profundidad del taladrado (al menos 0,4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

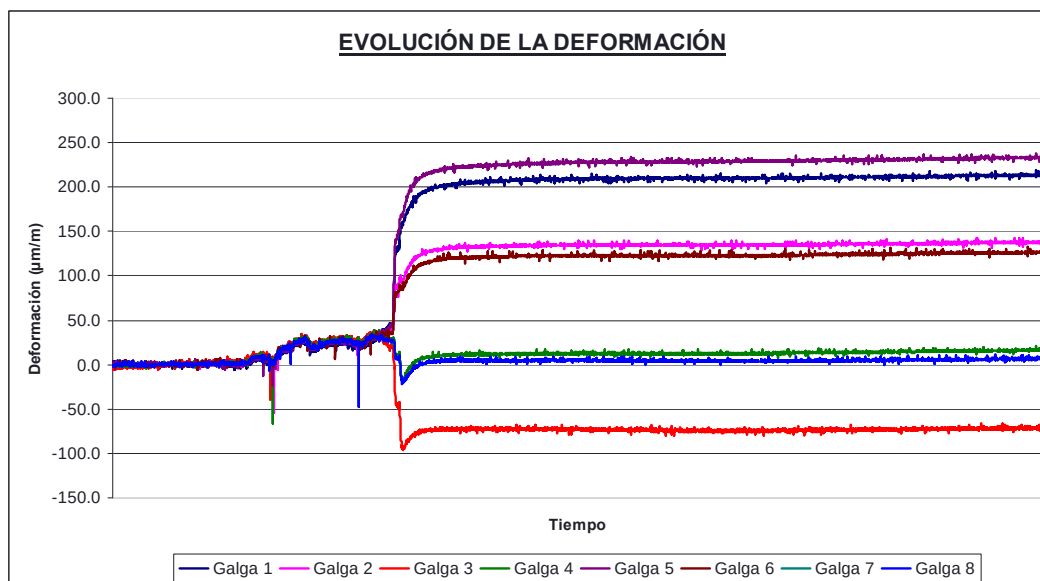
5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm²):

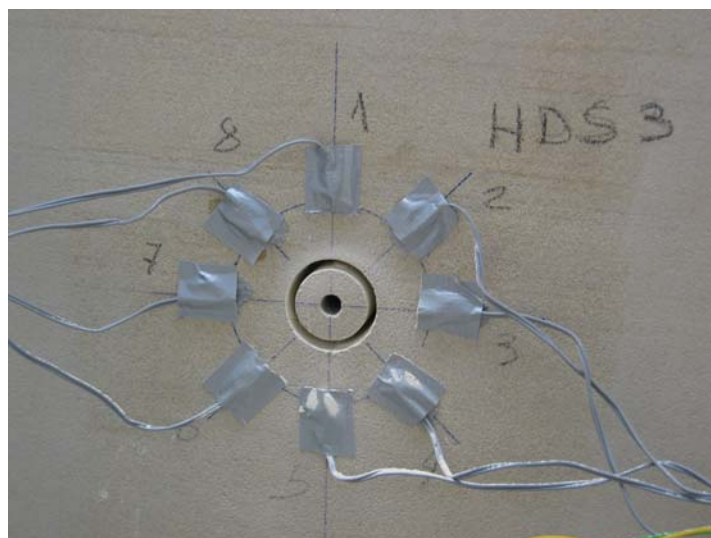
-2.07³

² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.

³ El signo - representa comportamiento a compresión.



Gráfica de la evolución de las deformaciones registradas



Aspecto de la zona de ensayo una vez finalizado éste

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

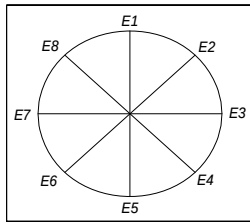
Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

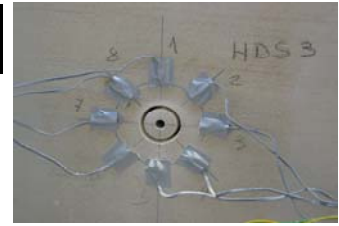


ANEXO 1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE HOLE DRILLING



Código: **Lab0812**
Referencia: **Hole Drilling HDS1 en Sillería ensayada en LABEST-UC**
Fecha: **20/06/2008**

En esta hoja se obtiene, para cada una de las combinaciones de galgas, la tensión principal máxima, la mínima y la dirección (ángulo existente horario) entre la tensión principal máxima con la dirección de la primera de las galgas de la combinación. Igualmente se estima a partir de los datos referidos la tensión vertical existente



Def. final tras taladrado ($\mu\text{m/m} = 10^{-6}\text{m/m}$)

Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
212.0	136.4	-72.8	14.6	231.4	124.9	-53.3	5.4

*El signo - representa comportamiento a compresión

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias < 5 $\mu\text{m/m}$

Módulo de Young (Mpa) = 3.475
Coef. Poisson = 0.25

d (cm) = 3.6

a = 0.199

D (cm) = 8.8

b = 0.484

Prof. Taladro (mm) = 36.88

$$A_t = -4 \left(\frac{1 + \nu}{2E} \right) a$$

$$B_t = -4 \left(\frac{1}{2E} \right) b$$

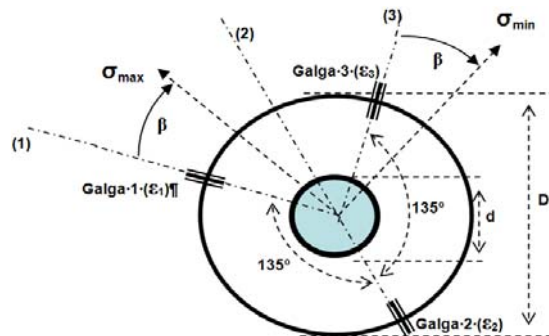
At =	-0.000143
Bt =	-0.000279

d/D	a	b
0.38	0.174	0.430
0.39	0.182	0.448
0.40	0.190	0.466
0.41	0.199	0.484
0.42	0.208	0.503
0.43	0.217	0.521

$$\sigma_{\max} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} - \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} + \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2}{\varepsilon_3 - \varepsilon_1} \right)$$



COMBINACIÓN 1	Ch1	E1 = 0.000211985	AUX1= -0.974	Tmax (N/mm2)=	0.12
	Ch3	E3 = -7.2751E-05	AUX2= -1.095	Tmin (N/mm2)=	-2.07
	Ch6	E2 = 0.000124939		β=	-79
				Tvert (N/mm2)=	-1.99
COMBINACIÓN 2	Ch2	E1 = 0.00013644	AUX1= -1.056	Tmax (N/mm2)=	-0.04
	Ch4	E3 = 1.45793E-05	AUX2= -1.021	Tmin (N/mm2)=	-2.08
	Ch7	E2 = -5.32853E-05		β=	58
				Tvert (N/mm2)=	-1.98
COMBINACIÓN 3	Ch3	E1 = -7.2751E-05	AUX1= -1.11	Tmax (N/mm2)=	0.1
	Ch5	E3 = 0.000231436	AUX2= -1.212	Tmin (N/mm2)=	-2.32
	Ch8	E2 = 5.43958E-06		β=	13
				Tvert (N/mm2)=	-2.20
COMBINACIÓN 4	Ch4	E1 = 1.45793E-05	AUX1= -0.976	Tmax (N/mm2)=	0.12
	Ch6	E3 = 0.000124939	AUX2= -1.094	Tmin (N/mm2)=	-2.07
	Ch1	E2 = 0.000211985		β=	-34
				Tvert (N/mm2)=	-1.99
COMBINACIÓN 5	Ch5	E1 = 0.000231436	AUX1= -1.246	Tmax (N/mm2)=	-0.17
	Ch7	E3 = -5.32853E-05	AUX2= -1.076	Tmin (N/mm2)=	-2.32
	Ch2	E2 = 0.00013644		β=	-81
				Tvert (N/mm2)=	-2.27
COMBINACIÓN 6	Ch6	E1 = 0.000124939	AUX1= -0.912	Tmax (N/mm2)=	0.17
	Ch8	E3 = 5.43958E-06	AUX2= -1.078	Tmin (N/mm2)=	-1.99
	Ch3	E2 = -7.2751E-05		β=	57
				Tvert (N/mm2)=	-1.90
COMBINACIÓN 7	Ch7	E1 = -5.32853E-05	AUX1= -1.11	Tmax (N/mm2)=	-0.05
	Ch1	E3 = 0.000211985	AUX2= -1.058	Tmin (N/mm2)=	-2.17
	Ch4	E2 = 1.45793E-05		β=	13
				Tvert (N/mm2)=	-2.06
COMBINACIÓN 8	Ch8	E1 = 5.43958E-06	AUX1= -0.992	Tmax (N/mm2)=	0.25
	Ch2	E3 = 0.00013644	AUX2= -1.243	Tmin (N/mm2)=	-2.24
	Ch5	E2 = 0.000231436		β=	-34
				Tvert (N/mm2)=	-2.15

TENSIÓN VERTICAL = -2.07 N/mm2 (Compresión)

Comentarios:

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias inferiores a $\pm 5 \mu\text{m/m}$ durante los 30 últimos minutos del ensayo. A su vez desde un punto de vista estadístico se tienen en cuenta las ocho combinaciones, dado que presentan un coeficiente de variación del 6.15%.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING		Fecha: 23-06-08
			Ref.: Lab0813
	CONSTRUCCIÓN: Muro de sillería arenisca (HDS4)		Pag 1 de 3

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 28-12-2007

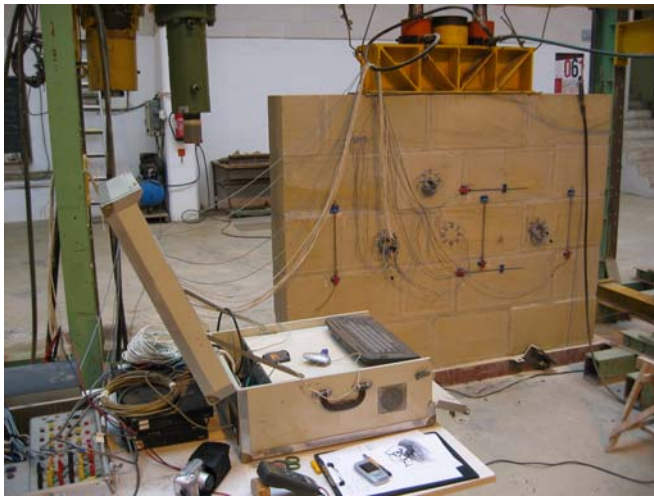
2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de sillería esta construido a base una hoja de piedra arenisca. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,05 x 1,58 x 0,31 m (ancho x alto x espesor).

Los bloques de piedra arenisca presentan una dimensión de soga variable entre los 200 y 670 mm, un tizón de 310 mm, y un grueso del orden de los 310 mm.

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-20 tipo b, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento, 2 partes de cal y 10 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 370 kp con un coeficiente de variación de 32,23%, y una resistencia a compresión promedio de 4.73 N/mm² con un coeficiente de variación de 52.65%. Dichos ensayos fueron realizados los días 29-05-08, 06-06-08 y 12-06-08 sobre probetas elaboradas el 28-12-07. El espesor aproximado de los tendeles de mortero fue de 15 mm.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

El elemento estructural a ensayar es un muro de sillería arenisca aparejada con un mortero bastardo de cal y cemento, la cuál presenta buenas condiciones.

3. Recursos empleados

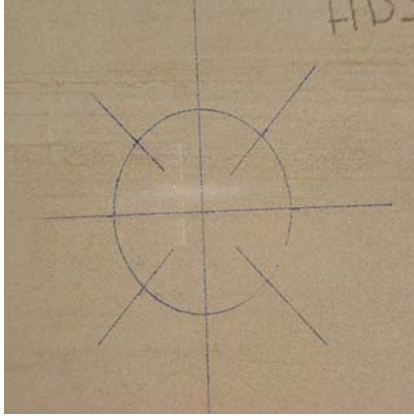
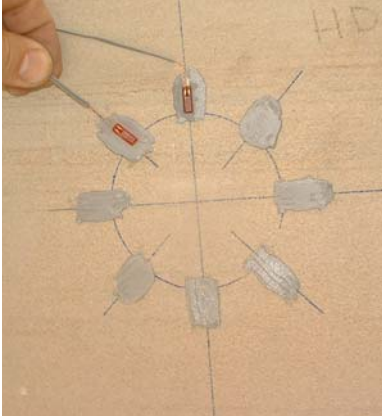
Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	Solartron y equipo propio UC
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cuarto de puente
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):		Tokio Sokki / 6 mm / Metal ceys	

¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 23-06-08
		Ref.: Lab0813
	CONSTRUCCIÓN: Muro de sillería arenisca (HDS4)	Pag 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

Marcado	Pegado	Protección
		

Observaciones:

Nada reseñable

4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones:

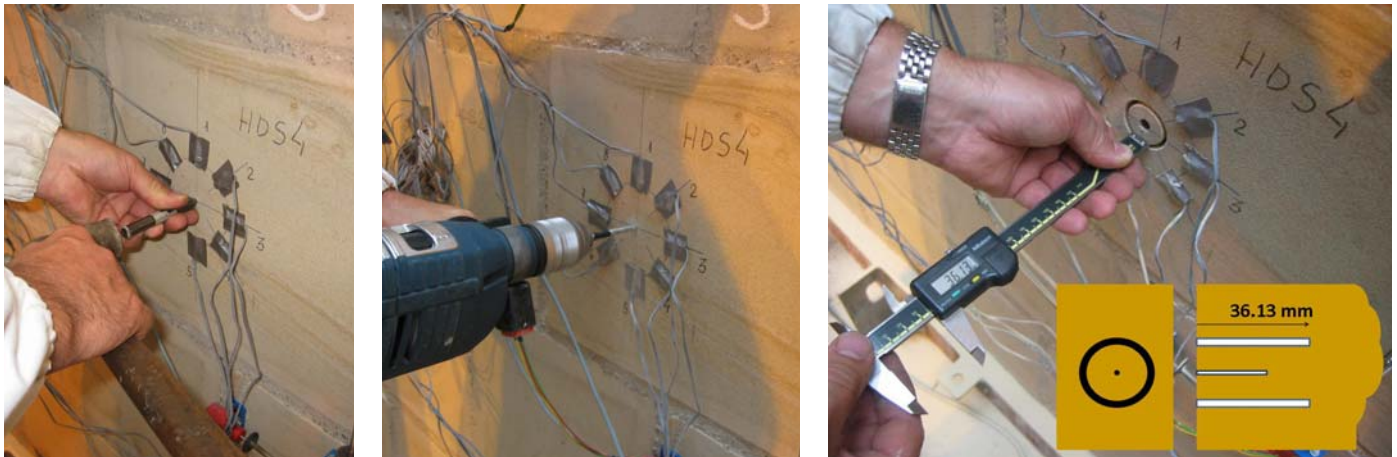
Nada reseñable

4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.

Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²:

70 horas

4.4 Ejecución del taladro.



Fotografías del proceso de ejecución.

Recomendaciones:

- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.
- Uso de nivel para controlar la horizontabilidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por Tª.

Controlar la profundidad del taladrado (al menos 0,4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 23-06-08
		Ref.: Lab0813
	CONSTRUCCIÓN: Muro de sillería arenisca (HDS4)	Pag 3 de 3

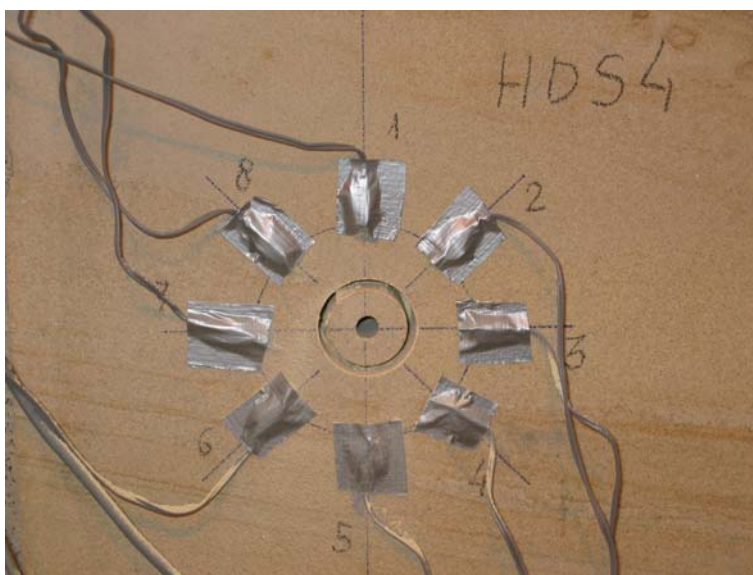
5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm^2):

**Registro fallido de
datos**



Aspecto de la zona de ensayo una vez finalizado éste



Aspecto de la zona de ensayo una vez finalizado éste

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING		Fecha: 25-06-08
			Ref.: Lab0814
	CONSTRUCCIÓN: Muro de sillería arenisca (HDS5)		Pag 1 de 4

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (peticionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 28-12-2007

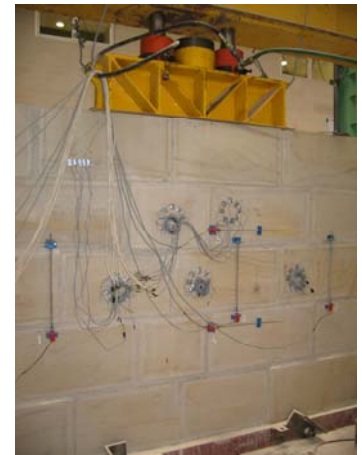
2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de sillería esta construido a base una hoja de piedra arenisca. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,05 x 1,58 x 0,31 m (ancho x alto x espesor).

Los bloques de piedra arenisca presentan una dimensión de soga variable entre los 200 y 670 mm, un tizón de 310 mm, y un grueso del orden de los 310 mm.

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-20 tipo b, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento, 2 partes de cal y 10 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 370 kp con un coeficiente de variación de 32,23%, y una resistencia a compresión promedio de 4.73 N/mm² con un coeficiente de variación de 52.65%. Dichos ensayos fueron realizados los días 29-05-08, 06-06-08 y 12-06-08 sobre probetas elaboradas el 28-12-07. El espesor aproximado de los tendeles de mortero fue de 15 mm.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

El elemento estructural a ensayar es un muro de sillería arenisca aparejada con un mortero bastardo de cal y cemento, la cuál presenta buenas condiciones.

3. Recursos empleados

Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	Solartron y equipo propio UC
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cuarto de puente
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):		Tokio Sokki / 6 mm / Metal ceys	

¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).

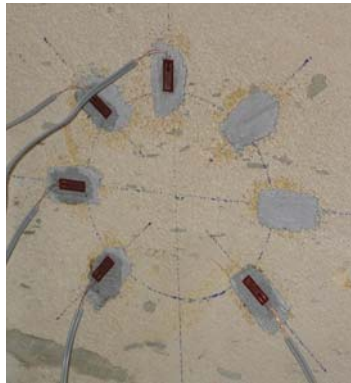
4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

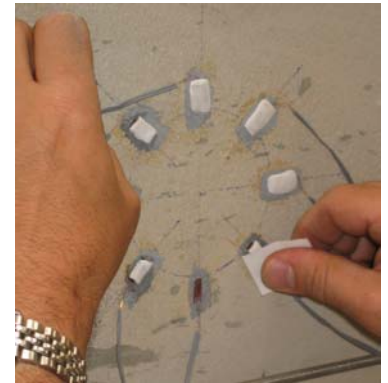
Marcado



Pegado



Protección



Observaciones:

Nada reseñable

4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones:

Nada reseñable

4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.

Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²:

21 horas

4.4 Ejecución del taladro.



Fotografías del proceso de ejecución.

Recomendaciones:

- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.
- Uso de nivel para controlar la horizontalidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por T^a.

Controlar la profundidad del taladrado (al menos 0,4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

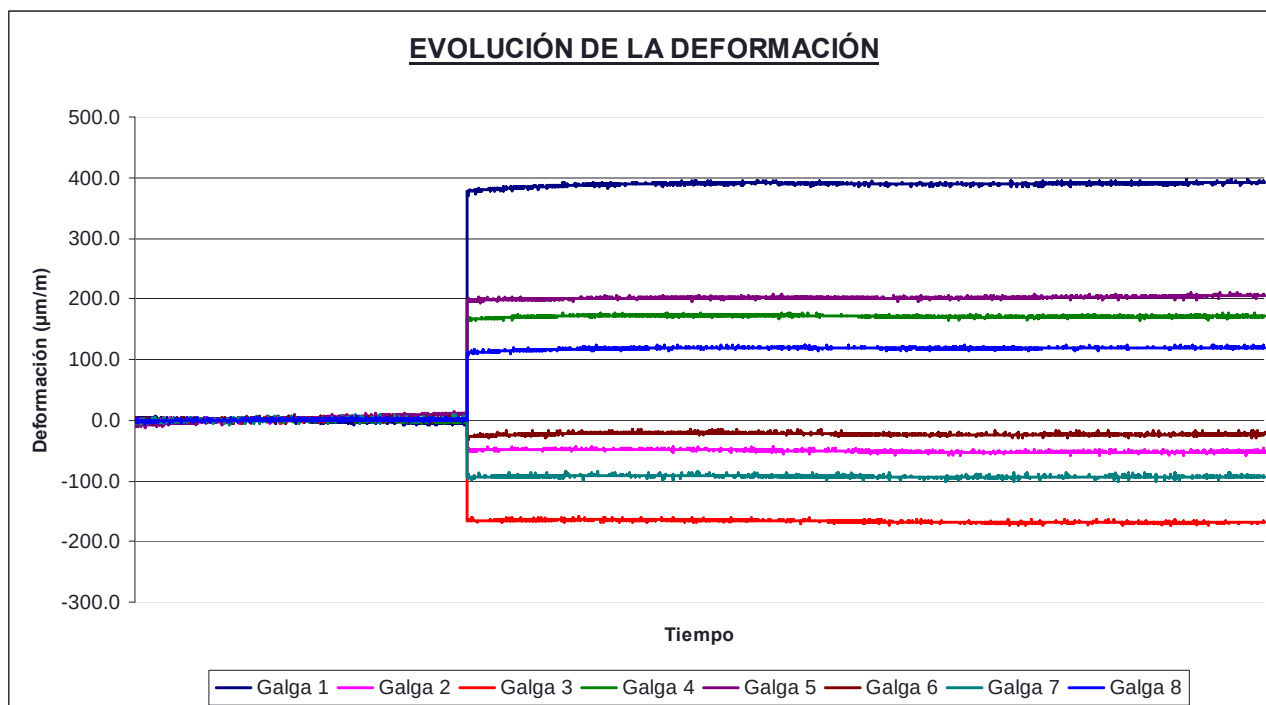
² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 25-06-08
		Ref.: Lab0814
	CONSTRUCCIÓN: Muro de sillería arenisca (HDS5)	Pag 3 de 4

5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm^2):

-1.87³



Gráfica de la evolución de las deformaciones registradas

Como circunstancia reseñable durante la fase de registro de datos conviene aludir, en vista de la evolución gráfica de las deformaciones, que entre las 10:37:55 h y las 10:50:48 h (día 25-06-08), debido a un error no identificado (bajada de tensión, etc.) pese a que el sistema de adquisición de datos funcionó correctamente, el software relacionado con la gestión de los datos no registró los valores durante el intervalo de tiempo referido (a ello responde el salto presente en todas las galgas en la gráfica de evolución presentada).

Dado que se disponen datos de la deformación previa al taladrado y de la deformación de estabilización tras el taladrado, puede estimarse el incremento deformacional para cada una de las galgas y, por ende, realizar el procesamiento matemático recogido en el Anexo 1. En este sentido, como único aspecto a tener en cuenta, puede referirse que la galga 1 registra un valor de deformación excesivo, debido a lo cual no se han tenido en cuenta, para la estimación del nivel de tensiones en servicio, las combinaciones en las que está presente dicha galga 1 (Comb. 1, 4 y 7).

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

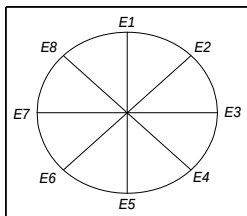


Firma

³ El signo - representa comportamiento a compresión.

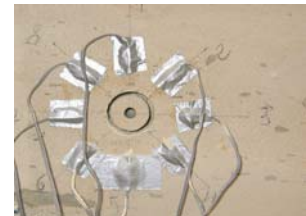


ANEXO 1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE HOLE DRILLING



Código: **Lab0814**
Referencia: **Hole Drilling HDS5 en Sillería ensayada en LABEST-UC**
Fecha: **25/06/2008**

En esta hoja se obtiene, para cada una de las combinaciones de galgas, la tensión principal máxima, la mínima y la dirección (ángulo existente horario) entre la tensión principal máxima con la dirección de la primera de las galgas de la combinación. Igualmente se estima a partir de los datos referidos la tensión vertical existente

Def. final tras taladrado ($\mu\text{m/m} = 10\text{e-6m/m}$)

Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
390.7	-52.9	-168.9	170.5	203.2	-23.8	-94.0	118.9

*El signo - representa comportamiento a compresión

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias < 5 $\mu\text{m/m}$

Módulo de Young (Mpa) = 3.517
Coef. Poisson = 0.26

d (cm) = 3.6
D (cm) = 8.8
Prof. Taladro (mm) = 38.41

a = 0.199
b = 0.484

$$A_t = -4 \left(\frac{1 + \nu}{2E} \right) a$$

$$B_t = -4 \left(\frac{1}{2E} \right) b$$

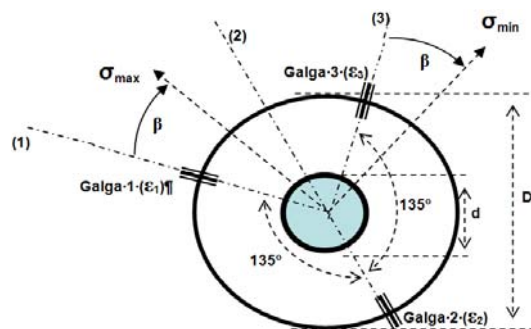
At =	-0.000142
Bt =	-0.000275

d/D	a	b
0.38	0.174	0.430
0.39	0.182	0.448
0.40	0.190	0.466
0.41	0.199	0.484
0.42	0.208	0.503
0.43	0.217	0.521

$$\sigma_{\max} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} - \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} + \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2}{\varepsilon_3 - \varepsilon_1} \right)$$



COMBINACIÓN 1	Ch1	E1 = 0.000390658	AUX1= -1.562	Tmax (N/mm2)= 0.7
	Ch3	E3 = -0.000168873	AUX2= -2.258	Tmin (N/mm2)= -3.82
	Ch6	E2 = -2.37994E-05		beta= 77
				Tvert (N/mm2)= -3.59
COMBINACIÓN 2	Ch2	E1 = -5.28831E-05	AUX1= -0.828	Tmax (N/mm2)= 0.55
	Ch4	E3 = 0.000170469	AUX2= -1.376	Tmin (N/mm2)= -2.2
	Ch7	E2 = -9.40007E-05		beta= 27
				Tvert (N/mm2)= -1.94
COMBINACIÓN 3	Ch3	E1 = -0.000168873	AUX1= -0.242	Tmax (N/mm2)= 1.3
	Ch5	E3 = 0.000203192	AUX2= -1.542	Tmin (N/mm2)= -1.78
	Ch8	E2 = 0.000118912		beta= -14
				Tvert (N/mm2)= -1.60
COMBINACIÓN 4	Ch4	E1 = 0.000170469	AUX1= -1.033	Tmax (N/mm2)= 1.38
	Ch6	E3 = -2.37994E-05	AUX2= -2.414	Tmin (N/mm2)= -3.45
	Ch1	E2 = 0.000390658		beta= -54
				Tvert (N/mm2)= -3.33
COMBINACIÓN 5	Ch5	E1 = 0.000203192	AUX1= -0.769	Tmax (N/mm2)= 0.57
	Ch7	E3 = -9.40007E-05	AUX2= -1.334	Tmin (N/mm2)= -2.1
	Ch2	E2 = -5.28831E-05		beta= 72
				Tvert (N/mm2)= -1.85
COMBINACIÓN 6	Ch6	E1 = -2.37994E-05	AUX1= -0.67	Tmax (N/mm2)= 0.99
	Ch8	E3 = 0.000118912	AUX2= -1.657	Tmin (N/mm2)= -2.33
	Ch3	E2 = -0.000168873		beta= 36
				Tvert (N/mm2)= -2.25
COMBINACIÓN 7	Ch7	E1 = -9.40007E-05	AUX1= -2.089	Tmax (N/mm2)= -0.32
	Ch1	E3 = 0.000390658	AUX2= -1.77	Tmin (N/mm2)= -3.86
	Ch4	E2 = 0.000170469		beta= -3
				Tvert (N/mm2)= -3.85
COMBINACIÓN 8	Ch8	E1 = 0.000118912	AUX1= -0.465	Tmax (N/mm2)= 0.92
	Ch2	E3 = -5.28831E-05	AUX2= -1.386	Tmin (N/mm2)= -1.85
	Ch5	E2 = 0.000203192		beta= -58
				Tvert (N/mm2)= -1.71
TENSIÓN VERTICAL = -1.87 N/mm2 (Compresión)				

Comentarios:

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias inferiores a $\pm 5 \mu\text{m/m}$ durante los 30 últimos minutos del ensayo. Ahora bien, se detecta que las combinaciones en las que está presente la galga 1 (Comb. 1, 4 y 7) alcanzan valores de tensiones excesivamente altos. Igualmente, la galga 1 y la galga 5 presenta tendencia similar, si bien la galga 1 registra un valor de deformación excesivo. Por todo ello sólo se tienen en cuenta las combinaciones 2, 3, 5, 6 y 8, estimando un nivel tensoral de -1.86 MPa con un coeficiente de variación del 13.52%.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING		Fecha: 05-12-08
	CONSTRUCCIÓN: Murete de sillería arenisca – Hole Drilling HDS6 mediante extensometría resistiva		Ref.: Lab0833
			Pag 1 de 4

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección:	E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.		
Localidad:	Santander	Provincia:	Cantabria
		País:	España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.):

28-12-2007

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El murete de sillería esta construido a base una hoja de piedra arenisca. Tiene unas dimensiones aproximadas de 0.63 x 0.93 x 0,31 m (ancho x alto x espesor).

Los bloques de piedra arenisca presentan una dimensión de soga variable entre los 300 y 630 mm, un tizón de 310 mm, y un grueso del orden de los 300 mm.

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-20 tipo b, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento, 2 partes de cal y 10 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 370 kp con un coeficiente de variación de 32,23%, y una resistencia a compresión promedio de 4.73 N/mm² con un coeficiente de variación de 52.65%. Dichos ensayos fueron realizados los días 29-05-08, 06-06-08 y 12-06-08 sobre probetas elaboradas el 28-12-07. El espesor aproximado de los tendeles de mortero fue de 15 mm.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

Puede observarse en las fotografías anteriores la elevada porosidad de la arenisca empleada, a través del empapamiento reflejado fruto del agua de amasado de los morteros componentes de la llaga y a los tendeles de la fábrica.

El elemento estructural a ensayar es un murete de sillería arenisca aparejada con un mortero bastardo de cal y cemento, el cuál presenta buenas condiciones.

3. Recursos empleados

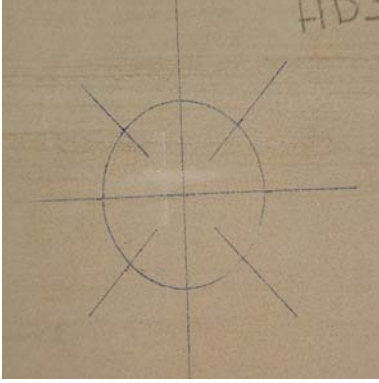
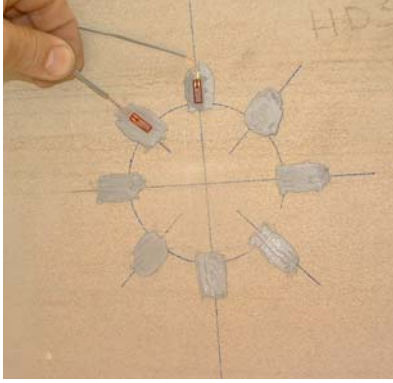
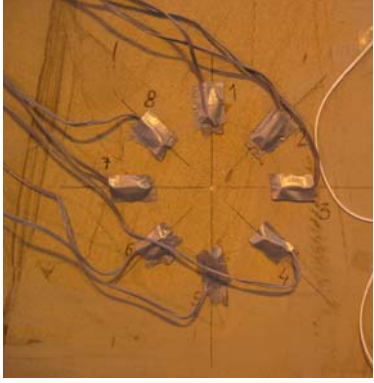
Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	Solartron y equipo propio UC
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cuarto de puente
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):		Tokio Sokki / 6 mm / Metal ceys	

¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 05-12-08
		Ref.: Lab0833
	CONSTRUCCIÓN: Murete de sillería arenisca – Hole Drilling HDS6 mediante extensometría resistiva	Pag 2 de 4

4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

Marcado	Pegado	Protección
		

Observaciones:

El ensayo se realiza de forma simultánea con otro provisto de extensometría óptica (Lab 0834).

4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones:

Nada reseñable

4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.

Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²:

48 horas

4.4 Ejecución del taladro.



Fotografías del proceso de ejecución.

Recomendaciones:

- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.
- Uso de nivel para controlar la horizontabilidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por T^a.

Controlar la profundidad del taladrado (al menos 0,4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

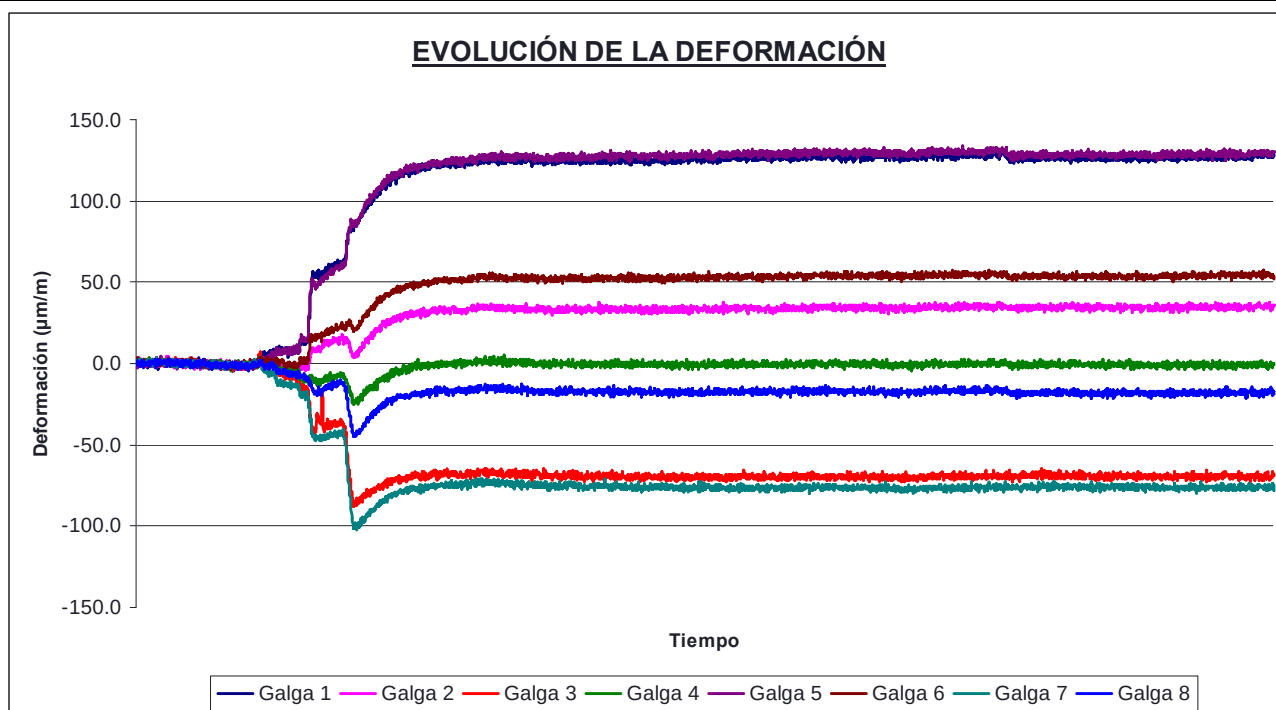
Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm²):

-2.77 ³

² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.

³ El signo - representa comportamiento a compresión.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 05-12-08
		Ref.: Lab0833
	CONSTRUCCIÓN: Murete de sillería arenisca – Hole Drilling HDS6 mediante extensometría resistiva	Pag 3 de 4



Gráfica de la evolución de las deformaciones registradas



Detalles del ensayo una vez finalizada la perforación

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

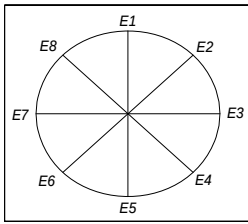
Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

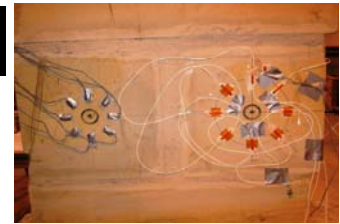


ANEXO 1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE HOLE DRILLING



Código: Lab0833
Referencia: Hole Drilling HDS6 en Sillería ensayada en LABEST-UC
Fecha: 05/12/2008

En esta hoja se obtiene, para cada una de las combinaciones de galgas, la tensión principal máxima, la mínima y la dirección (ángulo existente horario) entre la tensión principal máxima con la dirección de la primera de las galgas de la combinación. Igualmente se estima a partir de los datos referidos la tensión vertical existente



Def. final tras taladrado ($\mu\text{m/m} = 10\text{e-6m/m}$)

Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
127.0	34.4	-69.4	-0.8	129.1	53.9	-76.1	-17.5

*El signo - representa comportamiento a compresión

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias < 5 $\mu\text{m/m}$

Módulo de Young (Mpa) =	9.233
Coef. Poisson =	0.24

d (cm) = 3.6

a = 0.199

D (cm) = 8.8

b = 0.484

Prof. Taladro (mm) = 37.04

$$A_t = -4 \left(\frac{1 + \nu}{2E} \right) a$$

$$B_t = -4 \left(\frac{1}{2E} \right) b$$

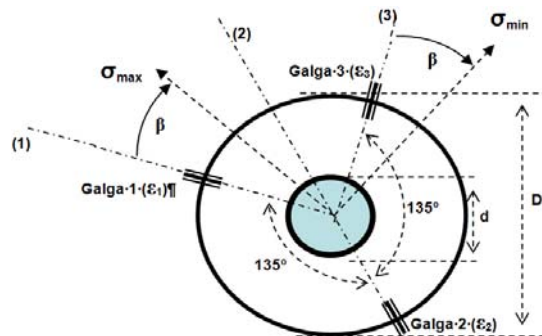
At =	-0.000053
Bt =	-0.000105

d/D	a	b
0.38	0.174	0.430
0.39	0.182	0.448
0.40	0.190	0.466
0.41	0.199	0.484
0.42	0.208	0.503
0.43	0.217	0.521

$$\sigma_{\max} = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_3}{A} - \frac{\sqrt{(\epsilon_3 - \epsilon_1)^2 + (\epsilon_3 + \epsilon_1 - 2\epsilon_2)^2}}{B}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_3}{A} + \frac{\sqrt{(\epsilon_3 - \epsilon_1)^2 + (\epsilon_3 + \epsilon_1 - 2\epsilon_2)^2}}{B}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{\epsilon_3 + \epsilon_1 - 2\epsilon_2}{\epsilon_3 - \epsilon_1} \right)$$



COMBINACIÓN 1	Ch1	E1 = 0.000126964	AUX1= -1.086	Tmax (N/mm2)=	0.84
	Ch3	E3 = -6.93921E-05	AUX2= -1.93	Tmin (N/mm2)=	-3.02
	Ch6	E2 = 5.39243E-05		beta=	-83
				Tvert (N/mm2)=	-2.96
COMBINACIÓN 2	Ch2	E1 = 3.44395E-05	AUX1= -0.635	Tmax (N/mm2)=	1.17
	Ch4	E3 = -7.69639E-07	AUX2= -1.801	Tmin (N/mm2)=	-2.44
	Ch7	E2 = -7.60801E-05		beta=	50
				Tvert (N/mm2)=	-2.41
COMBINACIÓN 3	Ch3	E1 = -6.93921E-05	AUX1= -1.127	Tmax (N/mm2)=	0.97
	Ch5	E3 = 0.000129109	AUX2= -2.094	Tmin (N/mm2)=	-3.22
	Ch8	E2 = -1.74562E-05		beta=	13
				Tvert (N/mm2)=	-3.01
COMBINACIÓN 4	Ch4	E1 = -7.69639E-07	AUX1= -1.003	Tmax (N/mm2)=	0.98
	Ch6	E3 = 5.39243E-05	AUX2= -1.982	Tmin (N/mm2)=	-2.99
	Ch1	E2 = 0.000126964		beta=	-37
				Tvert (N/mm2)=	-2.91
COMBINACIÓN 5	Ch5	E1 = 0.000129109	AUX1= -1.001	Tmax (N/mm2)=	0.96
	Ch7	E3 = -7.60801E-05	AUX2= -1.96	Tmin (N/mm2)=	-2.96
	Ch2	E2 = 3.44395E-05		beta=	-88
				Tvert (N/mm2)=	-2.96
COMBINACIÓN 6	Ch6	E1 = 5.39243E-05	AUX1= -0.688	Tmax (N/mm2)=	1.11
	Ch8	E3 = -1.74562E-05	AUX2= -1.802	Tmin (N/mm2)=	-2.49
	Ch3	E2 = -6.93921E-05		beta=	56
				Tvert (N/mm2)=	-2.36
COMBINACIÓN 7	Ch7	E1 = -7.60801E-05	AUX1= -0.96	Tmax (N/mm2)=	1.04
	Ch1	E3 = 0.000126964	AUX2= -1.997	Tmin (N/mm2)=	-2.96
	Ch4	E2 = -7.69639E-07		beta=	7
				Tvert (N/mm2)=	-2.90
COMBINACIÓN 8	Ch8	E1 = -1.74562E-05	AUX1= -0.32	Tmax (N/mm2)=	2.03
	Ch2	E3 = 3.44395E-05	AUX2= -2.35	Tmin (N/mm2)=	-2.67
	Ch5	E2 = 0.000129109		beta=	-39
				Tvert (N/mm2)=	-2.62

TENSIÓN VERTICAL = -2.77 N/mm2 (Compresión)

Comentarios:

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias inferiores a $\pm 5 \mu\text{m/m}$ durante los 30 últimos minutos del ensayo. A su vez desde un punto de vista estadístico se tienen en cuenta las ocho combinaciones, dado que presentan un coeficiente de variación del 4.39%.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING		Fecha: 05-12-08
	CONSTRUCCIÓN: Murete de sillería arenisca – Hole Drilling HDS7 mediante extensometría óptica		Ref.: Lab0834
			Pag 1 de 5

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección:	E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.		
Localidad:	Santander	Provincia:	Cantabria
		País:	España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 28-12-2007

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El murete de sillería está construido a base una hoja de piedra arenisca. Tiene unas dimensiones aproximadas de 0.63 x 0.93 x 0,31 m (ancho x alto x espesor).

Los bloques de piedra arenisca presentan una dimensión de soga variable entre los 300 y 630 mm, un tizón de 310 mm, y un grueso del orden de los 300 mm.

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-20 tipo b, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento, 2 partes de cal y 10 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 370 kp con un coeficiente de variación de 32,23%, y una resistencia a compresión promedio de 4.73 N/mm² con un coeficiente de variación de 52.65%. Dichos ensayos fueron realizados los días 29-05-08, 06-06-08 y 12-06-08 sobre probetas elaboradas el 28-12-07. El espesor aproximado de los tendeles de mortero fue de 15 mm.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

Puede observarse en las fotografías anteriores la elevada porosidad de la arenisca empleada, a través del empapamiento reflejado fruto del agua de amasado de los morteros componentes de la llaga y a los tendeles de la fábrica.

El elemento estructural a ensayar es un murete de sillería arenisca aparejada con un mortero bastardo de cal y cemento, el cuál presenta buenas condiciones.

3. Recursos empleados

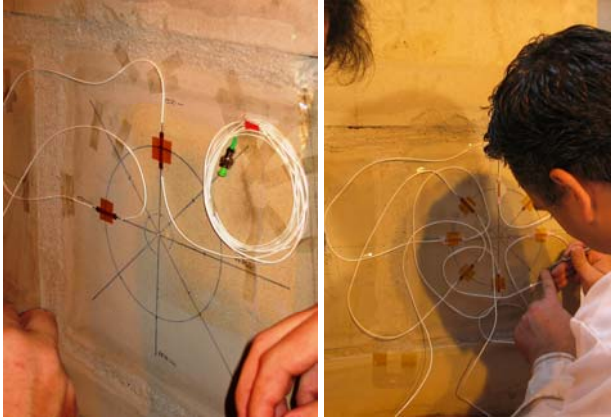
Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	D101 HBM
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cadenas de Fibra Óptica
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):		HBM / Adhesivo bicomponente HBM	

¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 05-12-08
		Ref.: Lab0834
	CONSTRUCCIÓN: Murete de sillería arenisca – Hole Drilling HDS7 mediante extensometría óptica	Pag 2 de 5

4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

Limpieza y marcado	Posicionamiento	Pegado
		

Observaciones:

El ensayo se realiza de forma simultánea con otro provisto de extensometría resistiva (Lab 0833).

4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones:

Nada reseñable

4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.

Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²: 3.5 horas

4.4 Ejecución del taladro.



Fotografías del proceso de ejecución.

Recomendaciones:

- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.
- Uso de nivel para controlar la horizontabilidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por T^a.

Controlar la profundidad del taladrado (al menos 0.4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm²):

-2.85³

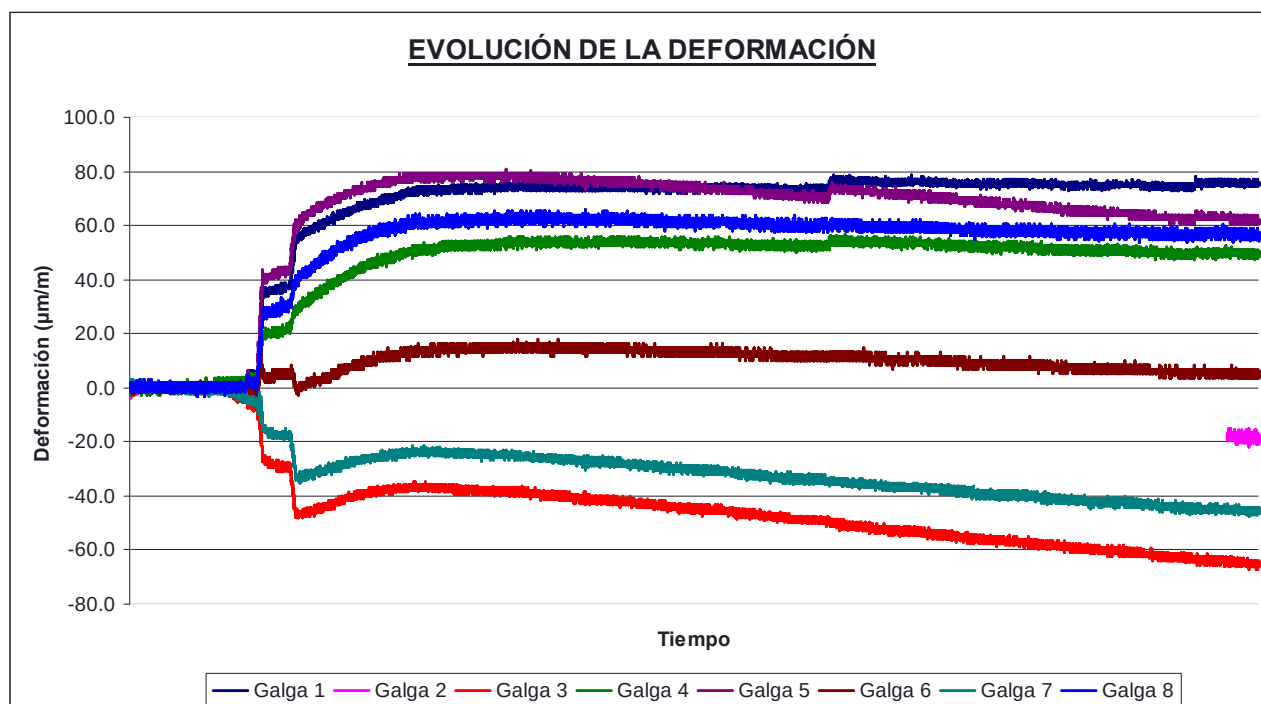
² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.

³ El signo - representa comportamiento a compresión.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 05-12-08
		Ref.: Lab0834
	CONSTRUCCIÓN: Murete de sillería arenisca – Hole Drilling HDS7 mediante extensometría óptica	Pag 3 de 5

Las galgas ópticas 1, 4, 5, 6 y 8 presentan una cierta estabilización de los valores de las deformaciones registradas tras el taladrado (unas con mayor claridad que otras). Por su parte las galgas 3 y 7 presentan una evolución monótona decreciente (más o menos con una pendiente constante), circunstancia que hace dudar de cuál pueda ser un valor lógico de estabilización de dicha deformación. En lo que respecta a la galga 2, dado el corto lapso de tiempo del que se tiene registro de la evolución de la deformación tras el taladrado, no puede hacerse afirmación alguna con rigor suficiente.

Dicho comportamiento, una vez tratado el tema con el Prof. Sánchez Beitia y con los técnicos de HBM, parece que pueda estar relacionado con el inadecuado comportamiento del adhesivo bicomponente empleado dada la humedad del soporte pétreo que suponía una reacción prácticamente súbita del adhesivo, en el momento que entraba en contacto con el soporte de arenisca, de forma que la adhesión de las galgas ópticas al murete pudo no ser del todo efectiva.



Gráfica de la evolución de las deformaciones registradas

Dado que el diámetro definido por las galgas ópticas (12 cm) es diferente que el común de 8.8 cm empleado en este tipo de ensayos (esta circunstancia se explica debido a que la curvatura descrita por la fibra óptica debe ser todo lo suave que se pueda para evitar un registro inadecuado de los datos), debemos de obtener las constantes "a" y "b" de forma independiente a como se ha llevado a cabo para otros ensayos. En este sentido, tomando como referencia la norma "ASTM E 837-99 Standard Test Method for Determining Residual Stresses by the Hole-Drilling Strain-Gage Method", puede concluirse lo siguiente:

Profundidad de la perforación (Depth): 36.97 mm.
 Diámetro de la perforación (D_0): 36 mm.
 Diámetro definido por la galgas ópticas (D): 120 mm.

→ $D_0/D=0.30$
 $Depth/D=0.308$

Tabla siguiente

→
 (promediando)

a=0.113
b=0.281

TABLE 1 Numerical Values of Coefficients $\bar{a}$ and $\bar{b}$

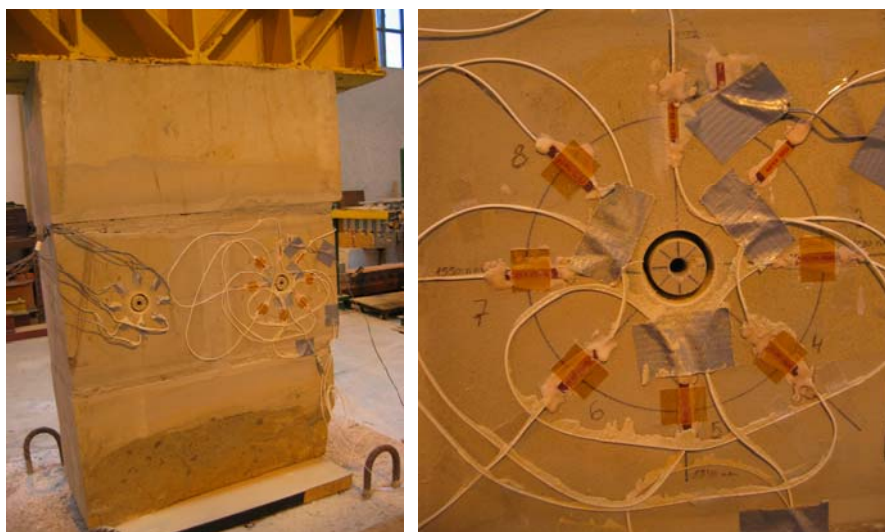
Rosette A	$\bar{a}$					$\bar{b}$				
Blind hole	Hole Diameter, D_0/D					Hole Diameter, D_0/D				
Depth/D	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
0.00	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
0.05	.027	.037	.049	.063	.080	.051	.069	.090	.113	.140
0.10	.059	.081	.108	.138	.176	.118	.159	.206	.255	.317
0.15	.085	.115	.151	.192	.238	.180	.239	.305	.375	.453
0.20	.101	.137	.177	.223	.273	.227	.299	.377	.459	.545
0.25	.110	.147	.190	.238	.288	.259	.339	.425	.513	.603
0.30	.113	.151	.195	.243	.293	.279	.364	.454	.546	.638
0.35	.113	.151	.195	.242	.292	.292	.379	.472	.566	.657
0.40	.111	.149	.192	.239	.289	.297	.387	.482	.576	.668
Through Hole	.090	.122	.160	.203	.249	.288	.377	.470	.562	.651

Dichas constantes "a" y "b" son parámetros de entrada necesarios para la obtención de nivel de tensiones.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 05-12-08
	CONSTRUCCIÓN: Murete de sillería arenisca – Hole Drilling HDS7 mediante extensometría óptica	Ref.: Lab0834
		Pag 4 de 5



Fotografía durante un instante del ensayo



Detalles del área de ensayo una vez finalizado el taladrado

6. Personal:**Técnico Principal:**

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

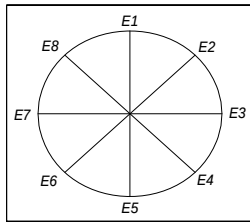
Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma



ANEXO 1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE HOLE DRILLING



Código: Lab0834
Referencia: Hole Drilling HDS7 en Sillería ensayada en LABEST-UC
Fecha: 05/12/2008

En esta hoja se obtiene, para cada una de las combinaciones de galgas, la tensión principal máxima, la mínima y la dirección (ángulo existente horario) entre la tensión principal máxima con la dirección de la primera de las galgas de la combinación. Igualmente se estima a partir de los datos referidos la tensión vertical existente



Def. final tras taladrado ($\mu\text{m/m} = 10\text{-}6\text{m/m}$)

Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
75.2	-18.2	-63.3	49.7	62.8	5.7	-44.4	56.9

*El signo - representa comportamiento a compresión

las galgas 3 y 7 no se estabilizan tras el taladrado. De la 2 no puede afirmarse nada con rigor.

Módulo de Young (Mpa) = 9.233
Coef. Poisson = 0.24

d (cm) = 3.6
D (cm) = 12
Prof. Taladro (mm) = 36.97

a = 0.113
b = 0.281

$$A_t = -4 \left(\frac{1 + \nu}{2E} \right) a$$

$$B_t = -4 \left(\frac{1}{2E} \right) b$$

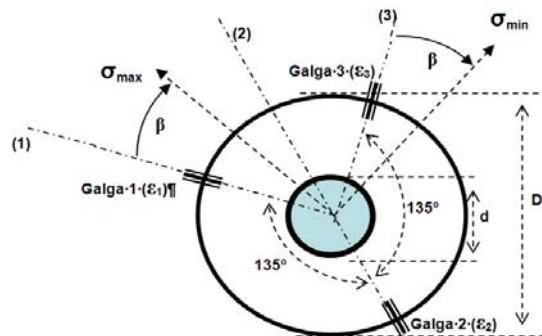
At =	-0.00003
Bt =	-0.000061

d/D	a	b
0.38	0.174	0.430
0.39	0.182	0.448
0.40	0.190	0.466
0.41	0.199	0.484
0.42	0.208	0.503
0.43	0.217	0.521

$$\sigma_{\max} = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_3}{A} - \frac{\sqrt{(\epsilon_3 - \epsilon_1)^2 + (\epsilon_3 + \epsilon_1 - 2\epsilon_2)^2}}{B}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_3}{A} + \frac{\sqrt{(\epsilon_3 - \epsilon_1)^2 + (\epsilon_3 + \epsilon_1 - 2\epsilon_2)^2}}{B}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{\epsilon_3 + \epsilon_1 - 2\epsilon_2}{\epsilon_3 - \epsilon_1} \right)$$



COMBINACIÓN 1	Ch1	E1 = 7.51699E-05	AUX1= -0.394	Tmax (N/mm2)=	1.88
	Ch3	E3 = -6.33415E-05	AUX2= -2.271	Tmin (N/mm2)=	-2.67
	Ch6	E2 = 5.69073E-06		beta=	90
				Tvert (N/mm2)=	-2.67
COMBINACIÓN 2	Ch2	E1 = -1.82151E-05	AUX1= -1.05	Tmax (N/mm2)=	1.22
	Ch4	E3 = 4.97114E-05	AUX2= -2.265	Tmin (N/mm2)=	-3.32
	Ch7	E2 = -4.44248E-05		beta=	30
				Tvert (N/mm2)=	-3.02
COMBINACIÓN 3	Ch3	E1 = -6.33415E-05	AUX1= 0.017	Tmax (N/mm2)=	2.81
	Ch5	E3 = 6.283E-05	AUX2= -2.79	Tmin (N/mm2)=	-2.77
	Ch8	E2 = 5.68635E-05		beta=	-21
				Tvert (N/mm2)=	-2.05
COMBINACIÓN 4	Ch4	E1 = 4.97114E-05	AUX1= -1.847	Tmax (N/mm2)=	-0.13
	Ch6	E3 = 5.69073E-06	AUX2= -1.716	Tmin (N/mm2)=	-3.56
	Ch1	E2 = 7.51699E-05		beta=	-57
				Tvert (N/mm2)=	-3.41
COMBINACIÓN 5	Ch5	E1 = 6.283E-05	AUX1= -0.614	Tmax (N/mm2)=	1.36
	Ch7	E3 = -4.44248E-05	AUX2= -1.975	Tmin (N/mm2)=	-2.59
	Ch2	E2 = -1.82151E-05		beta=	76
				Tvert (N/mm2)=	-2.36
COMBINACIÓN 6	Ch6	E1 = 5.69073E-06	AUX1= -2.085	Tmax (N/mm2)=	1.13
	Ch8	E3 = 5.68635E-05	AUX2= -3.214	Tmin (N/mm2)=	-5.3
	Ch3	E2 = -6.33415E-05		beta=	37
				Tvert (N/mm2)=	-5.18
COMBINACIÓN 7	Ch7	E1 = -4.44248E-05	AUX1= -1.025	Tmax (N/mm2)=	1.24
	Ch1	E3 = 7.51699E-05	AUX2= -2.261	Tmin (N/mm2)=	-3.29
	Ch4	E2 = 4.97114E-05		beta=	-15
				Tvert (N/mm2)=	-2.99
COMBINACIÓN 8	Ch8	E1 = 5.68635E-05	AUX1= -1.288	Tmax (N/mm2)=	0.6
	Ch2	E3 = -1.82151E-05	AUX2= -1.884	Tmin (N/mm2)=	-3.17
	Ch5	E2 = 6.283E-05		beta=	-65
				Tvert (N/mm2)=	-2.73

TENSIÓN VERTICAL = -2.85 N/mm2 (Compresión)

Comentarios:

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias inferiores a $\pm 5 \mu\text{m/m}$ durante los 30 últimos minutos del ensayo. A su vez desde un punto de vista estadístico se tienen en cuenta las ocho combinaciones, dado que presentan un coeficiente de variación del 4.39%.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING		Fecha: 22-07-08
	CONSTRUCCIÓN: Murete de sillería arenisca – Hole Drilling HDS8 mediante extensometría resistiva		Ref.: Lab0819
			Pag 1 de 4

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 28-12-2007

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El murete de sillería esta construido a base una hoja de piedra arenisca. Tiene unas dimensiones aproximadas de 0.63 x 0.93 x 0,31 m (ancho x alto x espesor).

Los bloques de piedra arenisca presentan una dimensión de soga variable entre los 300 y 630 mm, un tizón de 310 mm, y un grueso del orden de los 300 mm.

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-20 tipo b, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento, 2 partes de cal y 10 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 370 kp con un coeficiente de variación de 32,23%, y una resistencia a compresión promedio de 4.73 N/mm² con un coeficiente de variación de 52.65%. Dichos ensayos fueron realizados los días 29-05-08, 06-06-08 y 12-06-08 sobre probetas elaboradas el 28-12-07. El espesor aproximado de los tendeles de mortero fue de 15 mm.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

Puede observarse en las fotografías anteriores la elevada porosidad de la arenisca empleada, a través del empapamiento reflejado fruto del agua de amasado de los morteros componentes de la llaga y a los tendeles de la fábrica.

El elemento estructural a ensayar es un murete de sillería arenisca aparejada con un mortero bastardo de cal y cemento, el cuál presenta buenas condiciones.

3. Recursos empleados

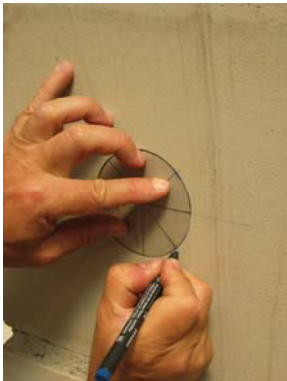
Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	Solartron y equipo propio UC
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cuarto de puente
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):		Tokio Sokki / 6 mm / Metal ceys	

¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 22-07-08
		Ref.: Lab0819
	CONSTRUCCIÓN: Murete de sillería arenisca – Hole Drilling HDS8 mediante extensometría resistiva	Pag 2 de 4

4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

Marcado	Pegado	Protección
		

Observaciones:

El ensayo se realiza de forma simultánea con otro cuyo registro de deformaciones se obtiene por la técnica de la video correlación

4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones:

Nada reseñable

4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.

Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²:

110 horas

4.4 Ejecución del taladro.



Fotografías del proceso de ejecución.

Recomendaciones:

- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.
- Uso de nivel para controlar la horizontabilidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por T^a.

Controlar la profundidad del taladrado (al menos 0,4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

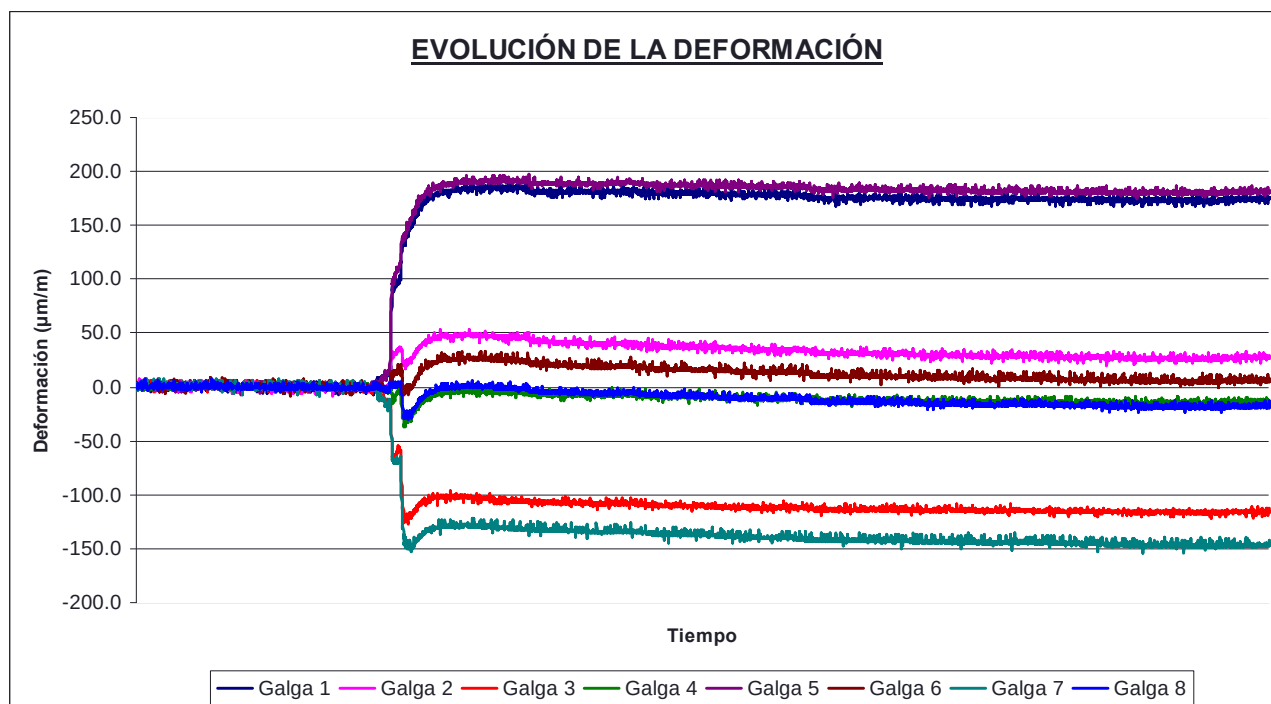
Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm²):

-3.52³

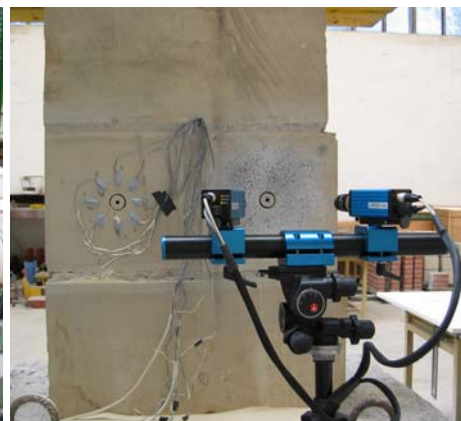
² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.

³ El signo - representa comportamiento a compresión.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 22-07-08
		Ref.: Lab0819
	CONSTRUCCIÓN: Murete de sillería arenisca – Hole Drilling HDS8 mediante extensometría resistiva	Pag 3 de 4



Gráfica de la evolución de las deformaciones registradas



Detalles del ensayo una vez finalizada la perforación

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

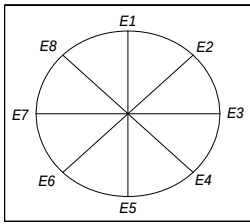
Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma



ANEXO 1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE HOLE DRILLING



Código:

Lab0819

Referencia:

Hole Drilling HDS8 en Sillería ensayada en LABEST-UC

Fecha:

22/07/2008

En esta hoja se obtiene, para cada una de las combinaciones de galgas, la tensión principal máxima, la mínima y la dirección (ángulo existente horario) entre la tensión principal máxima con la dirección de la primera de las galgas de la combinación. Igualmente se estima a partir de los datos referidos la tensión vertical existente

Def. final tras taladrado ($\mu\text{m/m} = 10\text{e-6m/m}$)Canal 1
173.8Canal 2
27.4Canal 3
-115.8Canal 4
-13.9Canal 5
180.9Canal 6
6.6Canal 7
-145.8Canal 8
-17.7

*El signo - representa comportamiento a compresión

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias < 5 $\mu\text{m/m}$

Módulo de Young (Mpa) =

9.233

Coef. Poisson =

0.24

d (cm) = 3.6

a = 0.199

D (cm) = 8.8

b = 0.484

Prof. Taladro (mm) = 37.97

$$A_t = -4 \left(\frac{1 + \nu}{2E} \right) a$$

$$B_t = -4 \left(\frac{1}{2E} \right) b$$

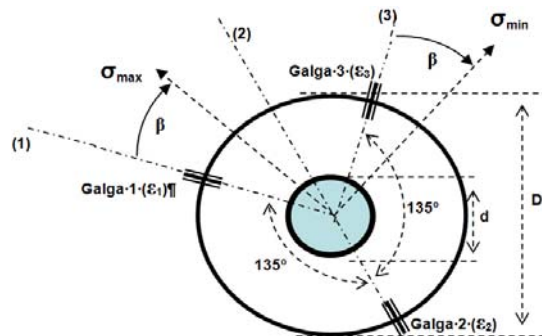
At =	-0.000053
Bt =	-0.000105

d/D	a	b
0.38	0.174	0.430
0.39	0.182	0.448
0.40	0.190	0.466
0.41	0.199	0.484
0.42	0.208	0.503
0.43	0.217	0.521

$$\sigma_{\max} = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_3}{A} - \frac{\sqrt{(\epsilon_3 - \epsilon_1)^2 + (\epsilon_3 + \epsilon_1 - 2\epsilon_2)^2}}{B}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_3}{A} + \frac{\sqrt{(\epsilon_3 - \epsilon_1)^2 + (\epsilon_3 + \epsilon_1 - 2\epsilon_2)^2}}{B}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{\epsilon_3 + \epsilon_1 - 2\epsilon_2}{\epsilon_3 - \epsilon_1} \right)$$



COMBINACIÓN 1	Ch1	E1 = 0.000173814	AUX1= -1.095	Tmax (N/mm2)=	1.7
	Ch3	E3 = -0.000115805	AUX2= -2.791	Tmin (N/mm2)=	-3.89
	Ch6	E2 = 6.58023E-06		β=	86
				Tvert (N/mm2)=	-3.86
COMBINACIÓN 2	Ch2	E1 = 2.73916E-05	AUX1= -0.255	Tmax (N/mm2)=	2.68
	Ch4	E3 = -1.38926E-05	AUX2= -2.933	Tmin (N/mm2)=	-3.19
	Ch7	E2 = -0.000145835		β=	49
				Tvert (N/mm2)=	-3.16
COMBINACIÓN 3	Ch3	E1 = -0.000115805	AUX1= -1.228	Tmax (N/mm2)=	1.76
	Ch5	E3 = 0.00018091	AUX2= -2.984	Tmin (N/mm2)=	-4.21
	Ch8	E2 = -1.77023E-05		β=	9
				Tvert (N/mm2)=	-4.06
COMBINACIÓN 4	Ch4	E1 = -1.38926E-05	AUX1= 0.138	Tmax (N/mm2)=	3.52
	Ch6	E3 = 6.58023E-06	AUX2= -3.386	Tmin (N/mm2)=	-3.25
	Ch1	E2 = 0.000173814		β=	-43
				Tvert (N/mm2)=	-3.24
COMBINACIÓN 5	Ch5	E1 = 0.00018091	AUX1= -0.662	Tmax (N/mm2)=	2.46
	Ch7	E3 = -0.000145835	AUX2= -3.118	Tmin (N/mm2)=	-3.78
	Ch2	E2 = 2.73916E-05		β=	-88
				Tvert (N/mm2)=	-3.77
COMBINACIÓN 6	Ch6	E1 = 6.58023E-06	AUX1= 0.21	Tmax (N/mm2)=	2.32
	Ch8	E3 = -1.77023E-05	AUX2= -2.113	Tmin (N/mm2)=	-1.9
	Ch3	E2 = -0.000115805		β=	48
				Tvert (N/mm2)=	-1.89
COMBINACIÓN 7	Ch7	E1 = -0.000145835	AUX1= -0.528	Tmax (N/mm2)=	2.56
	Ch1	E3 = 0.000173814	AUX2= -3.09	Tmin (N/mm2)=	-3.62
	Ch4	E2 = -1.38926E-05		β=	5
				Tvert (N/mm2)=	-3.57
COMBINACIÓN 8	Ch8	E1 = -1.77023E-05	AUX1= -0.183	Tmax (N/mm2)=	3.2
	Ch2	E3 = 2.73916E-05	AUX2= -3.381	Tmin (N/mm2)=	-3.56
	Ch5	E2 = 0.00018091		β=	-41
				Tvert (N/mm2)=	-3.53

TENSIÓN VERTICAL = -3.52 N/mm2 (Compresión)

Comentarios:

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias inferiores a $\pm 5 \mu\text{m/m}$ durante los 30 últimos minutos del ensayo. Si bien, desde un punto de vista estadístico no se tienen en cuenta las combinaciones 3 y 6. El valor promedio de 3.52 MPa (compresión) presenta un coeficiente de variación del 7.92%.

11

ANEXO 4: JUSTIFICACIÓN DE LOS COEFICIENTES K_m EMPLEADOS EN LOS ENSAYOS DE GATO PLANO.

MARTINETTI PIATTI Glötzl GmbH

Tabella di riferimento per fattore K_m (*)

MODELLO DI MARTINETTO	FATTORE K_m
Semiovale per K3500/3600 350 x 260 x 3,5 mm	0,94 – 0,96

(*) Si vedano le Considerazioni tecniche allegate.

Rif. matricole dal n° 3149 al n° 3198

NOTE

- ❑ La taratura viene eseguita a campione per ciascun lotto di produzione. I valori di K_m sono stati ottenuti dal rapporto tra il valore letto alla cella di carico e quello letto al manometro della pompa utilizzata per mettere in pressione il martinetto.
- ❑ Per la preparazione del fluido idraulico per la pompa Glötzl Mod. M2H16 si consiglia una miscela di petrolio bianco e olio idraulico a bassa viscosità (*Shell Tellus C5*) nel rapporto 10:1.
(Altri oli consigliati: API CIS 5, IP HYDRUS OIL 05, CASTROL Magna AB5, ESSO Nuto H5)
- ❑ La tubazione oleodinamica fornita coi martinetti (Ø 6 x 3 mm) ha una pressione operativa nominale di 75 bar anche se l'effettiva pressione di scoppio è notevolmente maggiore. Si suggerisce, in ogni caso, una certa precauzione una volta superato (comunque non oltre 110 bar) il valore indicato: in particolare, durante l'esecuzione della prova, non lasciare a lungo la tubazione ad una pressione superiore a 100 bar.

BOVIAR s.r.l.

80026 Casoria (Na) via G. Puccini 12/a
t. +39 0817583566
f. +39 0817587857

sede legale

20020 Lainate (Mi) via Rho 56
t. +39 0293799240
f. +39 0293301029
www.boviar.com - info@boviar.com

Partita Iva 06612870151

Reg. Imprese Trib. MI n°216325
Codice Fiscale 00481810638
C.C.I.A.A. 1121307
Capitale sociale 110000 euro i.v.

certificazioni e associazioni



Considerazioni tecniche sul coefficiente K_m dei martinetti piatti

*I martinetti piatti oleodinamici per prove di deformabilità da noi forniti sono prodotti in Germania dalla ns. Rappresentata **Glötzl GmbH**, azienda con sistema di qualità certificato DIN EN ISO 9001 dal TÜV.*

Come è noto, ciascun modello di martinetto piatto è caratterizzato, oltre che da forma geometrica e spessore specifici, da un coefficiente (indicato in genere con K_m) che indica - in condizioni "ottimali" di utilizzo - la percentuale della pressione che applicata all'interno del martinetto si riesce a trasferire alla superficie del materiale (muratura o roccia) in cui è stato inserito il martinetto stesso.

Per comprendere meglio il significato del coefficiente K_m occorre, però, far riferimento al tipo di prova per il quale viene utilizzato il martinetto ed alle modalità di taratura di quest'ultimo.

La prova a singolo martinetto viene utilizzata per la determinazione del tasso di sollecitazione agente ortogonalmente al piano del martinetto. Per l'inserimento del martinetto all'interno della muratura occorre effettuare un taglio mediante una sega a catena o a lama diamantata, a seconda della durezza del materiale. L'esecuzione del taglio ha come effetto l'annullamento delle tensioni che si trasmettono attraverso il materiale eliminato col taglio stesso e la conseguente ridistribuzione delle tensioni all'intorno della superficie del taglio.

E' evidente pertanto che l'esecuzione di un taglio appena più grande del martinetto, sia in riferimento allo spessore sia alla superficie, conduca ad un risultato più attendibile dato che le sollecitazioni indotte dal taglio risultano di più modesta entità quanto minore è il "disturbo" indotto al materiale. In effetti in questo modo si evitano (o quanto meno si riducono sensibilmente) gli effetti di plasticizzazione che insorgono inevitabilmente ai bordi del taglio per concentrazione locale di tensione.

In merito alla taratura del martinetto, per la determinazione della costante K_m , si riporta brevemente la procedura seguita per ottenere detto valore.

Il martinetto piatto viene sottoposto ad una serie di cicli di carico e scarico, per ciascuno dei quali viene calcolato il valore della costante come rapporto tra pressione esercitata dallo stesso martinetto sui piatti di una pressa appositamente attrezzata per il caso e quella del fluido presente all'interno dei martinetti. I piatti della pressa sono di elevato spessore (5-7 cm) e vengono tenuti a distanza fissa mediante spessori metallici aventi dimensioni pari a quelle del martinetto in prova. Per simulare, poi, la cedibilità della muratura la stessa prova viene effettuata incrementando l'apertura dei piatti di una quantità superiore del 5 e del 10% lo spessore del martinetto.

In tal modo, si ottengono tre serie di valori (una per ciascuno degli spessori utilizzati) che risultano crescenti con il diminuire dello spessore interposto (coincidente con l'apertura massima che può subire il martinetto) e con l'aumentare della pressione applicata.

E' opportuno fare notare che il valore di K_m dipende anche dalle dimensioni, dalla forma e dal tipo di saldatura realizzata per collegare le due lamine che costituiscono il martinetto. I valori più prossimi all'unità competono a martinetti più deformabili i quali consentono di ottenere misure sufficientemente attendibili anche a valori bassi di pressione.

Al coefficiente K_m è quindi possibile associare il significato di valore massimo della pressione che si riesce a trasmettere al mezzo in modalità di comportamento ottimale del martinetto, vale a dire, non permettendo dilatazioni delle facce del martinetto superiori ai valori imposti nella procedura di taratura. Ciò potrebbe sembrare una limitazione nell'uso corretto del martinetto, ma - ricordando quanto riportato all'inizio di questa nota a proposito delle sollecitazioni indotte dal taglio - si comprende che una prova con martinetti, per poter essere considerata correttamente effettuata, richieda quale condizione indispensabile, l'esecuzione di un taglio di dimensioni (in particolare dello spessore), pari a quelle del martinetto utilizzato. Solo in queste condizioni il valore di K_m interpreta correttamente il funzionamento del martinetto.

Dalle esperienze acquisite dalla ns. società e dal produttore tedesco, sia in laboratorio sia in sito, e da quanto riportato nella letteratura tecnica si può riassumere la seguente tabella:

Campi di pressione applicati	Valore K_m (*) (espresso in percentuale del valore indicato per ogni modello di martinetto piatto)
< 5 bar	Non riscontrato un valore proporzionale costante
tra 5 e 10 bar	ca. 75%
tra 10 e 15 bar	ca. 90%
> 15 bar	100%

(*) Valori riferiti ad una deformazione non superiore del 20% circa dello spessore iniziale del martinetto

La scelta della qualità del materiale per la realizzazione dei martinetti piatti operata dalla GLÖTZL GmbH è il risultato di una mediazione tra le caratteristiche elastiche del materiale e l'esigenza di riutilizzo, anche a pressioni alte, del martinetto piatto.

Le migliori condizioni per l'esecuzione della prova coi martinetti piatti - ipotizzando una tessitura omogenea della muratura e con blocchi di dimensioni medie - si ottengono con l'utilizzo di una troncitrice orbitale (Partner K3500 / K3600) e dei martinetti per essa specificamente realizzati. In tal modo, infatti si riducono al minimo sia le differenze fra la superficie del taglio e quella del martinetto (il rapporto diventa in pratica di 1:1), sia la distanza libera tra il martinetto a riposo e la faccia superiore del taglio. Questa tecnica, ideata e messa a punto dalla ns. società, si è sempre più diffusa nel corso degli ultimi dieci anni.

12

ANEXO 5: REGISTRO DE LOS ENSAYOS DE GATO PLANO REALIZADOS EN LABORATORIO SOBRE EL MURO DE SILLERÍA.

- 12.1 Registro del ensayo GPS-A Simple (Lab0815).**
- 12.2 Registro del ensayo GPS-A Doble (Lab0816).**
- 12.3 Registro del ensayo GPS-B Simple (Lab0817).**
- 12.4 Registro del ensayo GPS-B Doble (Lab0818).**

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04	Fecha: 15-07-08
		Ref.: Lab0815
	CONSTRUCCIÓN: Muro de sillería arenisca (GPS-A)	Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 28-12-2007

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de sillería esta construido a base una hoja de piedra arenisca. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,05 x 1,58 x 0,31 m (ancho x alto x espesor).

Los bloques de piedra arenisca presentan una dimensión de soga variable entre los 200 y 670 mm, un tizón de 310 mm, y un grueso del orden de los 310 mm.

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-20 tipo b, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento, 2 partes de cal y 10 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 370 kp con un coeficiente de variación de 32,23%, y una resistencia a compresión promedio de 4.73 N/mm² con un coeficiente de variación de 52.65%. Dichos ensayos fueron realizados los días 29-05-08, 06-06-08 y 12-06-08 sobre probetas elaboradas el 28-12-07. El espesor aproximado de los tendeles de mortero fue de 15 mm.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

El elemento estructural a ensayar es un muro de sillería arenisca aparejada con un mortero bastardo de cal y cemento, la cuál presenta buenas condiciones.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 1 gato plano semioval.

Uillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04	Fecha: 15-07-08
		Ref.: Lab0815
	CONSTRUCCIÓN: Muro de sillería arenisca (GPS-A)	Pág. 2 de 3

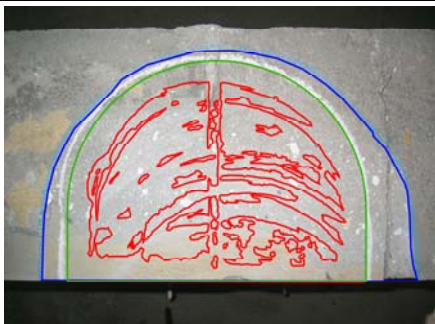
4. Ejecución del ensayo:

Colocación de puntos de control 	Apertura de roza 	Instante del ensayo 

5. Tensión de compresión y su cálculo:

Factor de calibración K_m : 0.95	
Superficie del gato plano (cm^2): 778.56	Factor de calibración K_a : 0.808
Superficie de la roza (cm^2): 963.38	
Valor de la tensión de compresión (se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)	
3.49 N/mm ²	

Observaciones:



Con la finalidad de estimar el área neta de contacto entre el gato plano y el muro se dispuso un calco entre dos láminas de papel, de manera que los puntos de presión queden reflejados en el papel por acción del calco.

Factores geométricos, k_a , GPS-A			
Áreas (cm^2)		Constantes	
A_{roza}	963.38	$K_{\text{gato-roza}}$	0.808
A_{gato}	778.56	$K_{\text{contacto-gato}}$	0.456
A_{contacto}	355.28	$K_{\text{contacto-roza}}$	0.369

En base a las diferentes constantes geométricas obtenidas los niveles tensionales experimentales y el error del valor respecto al nivel de tensión medio estimado en el plano del muro donde se realizó el ensayo se recogen en la tabla siguiente.

K_a		K_m	$\sigma_{\text{experimental}}$ (MPa)
$K_{\text{gato-roza}}$	0.808	0.95	3.49
$K_{\text{contacto-gato}}$	0.456	0.95	1.97
$K_{\text{contacto-roza}}$	0.369	0.95	1.59

6. Personal:

Técnico Principal: Ignacio Lombillo Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  Firma	Técnico Asistente: Jorge Elices Ingeniero Técnico Industrial  Firma	Director del Lab. de Edificación: Luis Villegas Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  Firma



ANEXO 1: ESTIMACIÓN DEL NIVEL TENSIONAL MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO SIMPLE

Norma: ASTM-C 1196
Ensayo: Lab0815

Ubicación: Laboratorio GTED
Fecha: 15/07/2008
Colocación: Gato plano simple en Laboratorio-Sillería (GPS-A)
Empresa: GTED-UC

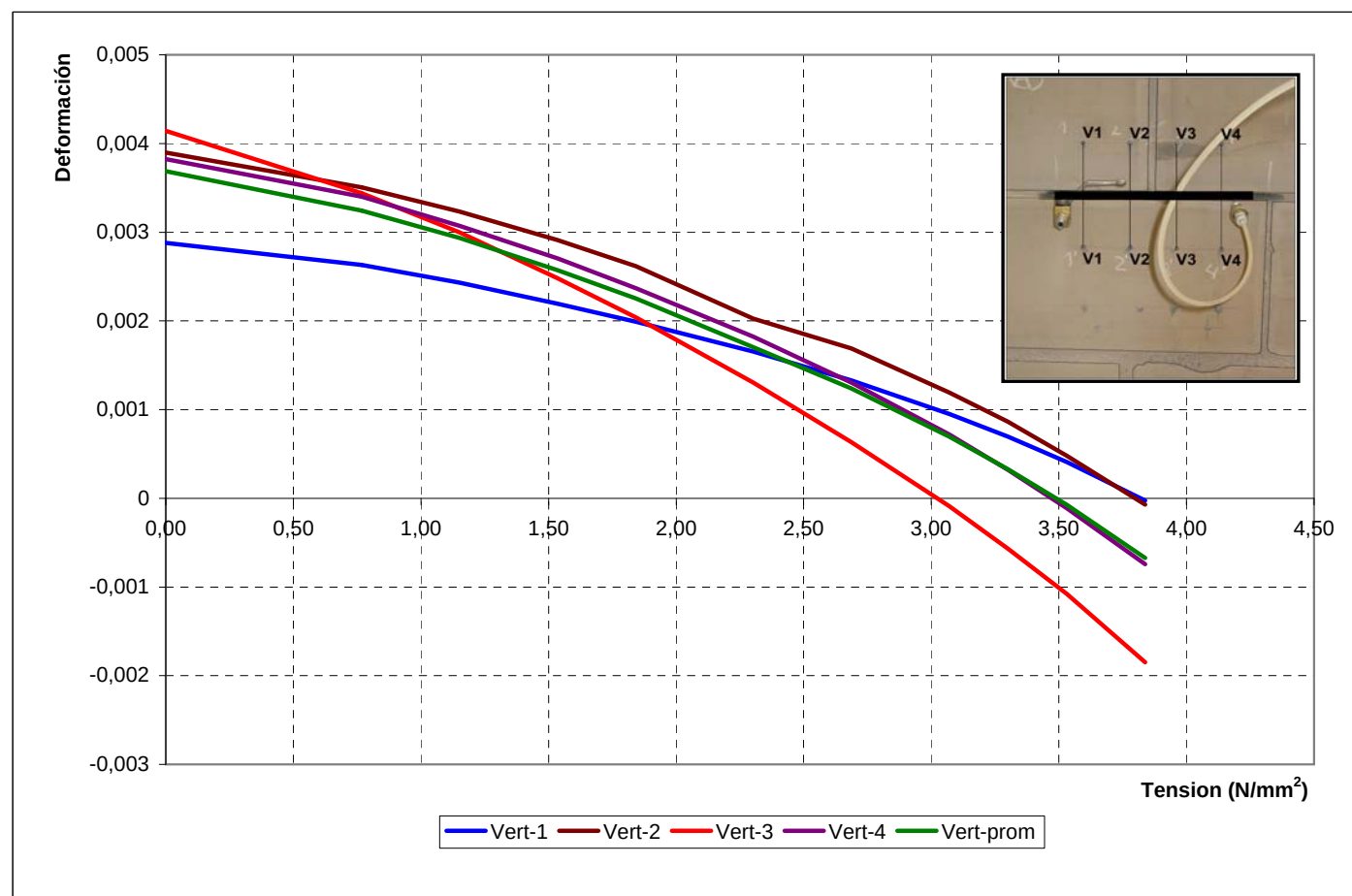
Dimensiones del gato: Semioval 350x260x3,5 mm
Ref. del gato: 1

Km: 0,95
Ka: 0,808



Fotografía del ensayo

		Curva tensión - deformación						
P. Bomba (kg/cm ²)	Comentarios	P. corregida (N/mm ²)	P.corregida (N/mm ²)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	Def Vert mean (abs.)
0	Antes roza	0	0,000	0	0	0	0	0
0	Tras roza	0	0,000	0,002832	0,00304	0,004168	0,003784	0,003456
10		0,7676	0,768	0,0026	0,00344	0,003392	0,003344	0,003194
0		0	0,000	0,00288	0,003896	0,004144	0,003824	0,003686
10		0,7676	0,768	0,002632	0,003504	0,00344	0,0034	0,003244
15		1,1514	1,151	0,002432	0,003232	0,003	0,003072	0,002934
20		1,5352	1,535	0,002192	0,002912	0,00248	0,002704	0,002572
24		1,84224	1,842	0,001992	0,002616	0,00204	0,002368	0,002254
30		2,3028	2,303	0,001656	0,002024	0,001304	0,001824	0,001702
35		2,6866	2,687	0,001328	0,001688	0,000632	0,001304	0,001238
40		3,0704	3,070	0,000952	0,001192	-8,8E-05	0,00072	0,000694
43		3,30068	3,301	0,000696	0,000864	-0,000568	0,00032	0,000328
46		3,53096	3,531	0,000408	0,00048	-0,00108	-0,000112	-0,000076
50		3,838	3,838	-2,4E-05	-7,2E-05	-0,001848	-0,000744	-0,000672



	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 16-07-08
		Ref.: Lab0916
	CONSTRUCCIÓN: Muro de sillería arenisca (GPS-A)	Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DE LA DEFORMABILIDAD DE FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo. Estimación de la deformabilidad de un muro de sillería construido en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad de Cantabria.

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 28-12-2007

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de sillería esta construido a base una hoja de piedra arenisca. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,05 x 1,58 x 0,31 m (ancho x alto x espesor).

Los bloques de piedra arenisca presentan una dimensión de soga variable entre los 200 y 670 mm, un tizón de 310 mm, y un grueso del orden de los 310 mm.

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-20 tipo b, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento, 2 partes de cal y 10 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 370 kp con un coeficiente de variación de 32,23%, y una resistencia a compresión promedio de 4.73 N/mm² con un coeficiente de variación de 52.65%. Dichos ensayos fueron realizados los días 29-05-08, 06-06-08 y 12-06-08 sobre probetas elaboradas el 28-12-07. El espesor aproximado de los tendeles de mortero fue de 15 mm.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

El elemento estructural a ensayar es un muro de sillería arenisca aparejada con un mortero bastardo de cal y cemento, la cuál presenta buenas condiciones.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 2 gatos planos semiovais.

Uillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia. La distancia entre los puntos de control verticales fue de 200 mm.

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04		Fecha: 16-07-08
	CONSTRUCCIÓN: Muro de sillería arenisca (GPS-A)		Ref.: Lab0916
			Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

Puntos de control	Apertura de roza	Instante del ensayo
		

5. Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson:

(Se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

Factor de calibración K_m : 0.95

Superficie del gato plano superior (cm^2): 778.56

Superficie de la roza superior (cm^2): 963.38

Superficie del gato plano inferior (cm^2): 778.56

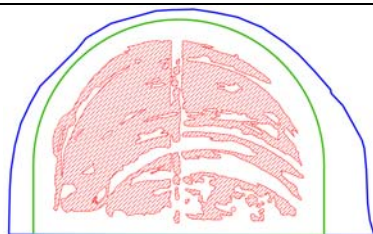
Superficie de la roza inferior (cm^2): 957.43

Factor de calibración K_a : 0.811

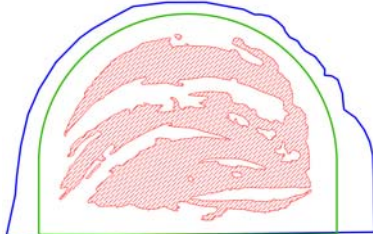
Módulo de elasticidad (E): 2,638.29 N/mm²

Coeficiente de Poisson (ν): 0.04

Observaciones:



Gato plano superior



Gato plano inferior

El módulo de elasticidad, E, es el módulo secante promedio, sin tener en cuenta el punto de control nº 1 dado su comportamiento discordante del resto, obtenido en el ciclo 1 para un valor de tensión de 4 Kp/cm², en el ciclo 2 para un valor de tensión de 8 Kp/cm², en el ciclo 3 para un valor de tensión de 16 Kp/cm², y en el ciclo 4 para un valor de tensión de 20 Kp/cm².

Por su parte el coeficiente de poisson representa, para los ciclos 3 y 4 (no se ha tenido en cuenta para los ciclos 1 y 2 dado que los resultados no eran coherentes, el muro experimentaba acortamientos en sentido horizontal, probablemente debido al reducido nivel de tensión existente), la relación entre las deformaciones promedio horizontal y vertical registradas por los puntos de control, en los mismos intervalos de tensión para el cuál fue obtenido el módulo de elasticidad secante.

De forma que, en función del factor de corrección geométrico empleado, las características mecánicas estimadas son las que figuran a continuación:

	K_a	K_m	ν_{exp}	E_{exp} (N/mm ²)
$K_{gato-roza}$	0.811	0.95	-0.04	2,638.29
$K_{contacto-gato}$	0.45	0.95	-0.04	1,463.90
$K_{contacto-roza}$	0.365	0.95	-0.04	1,187.40

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma



ANEXO 1: DETERMINACION DE PROPIEDADES DE DEFORMACION MEDIANTE GATOS PLANOS

Norma: ASTM-C 1197

Ensayo: Lab0816

Ubicación: Laboratorio GTED

Fecha: 16/07/2008

Colocación: Gato plano doble en Laboratorio-Sillería (GPD-A)

Empresa: GTED-UC

Dimensiones del gato: Semioval 350x260x3,5 mm

Ref. del gato superior: 1

Ref. del gato inferior: 2

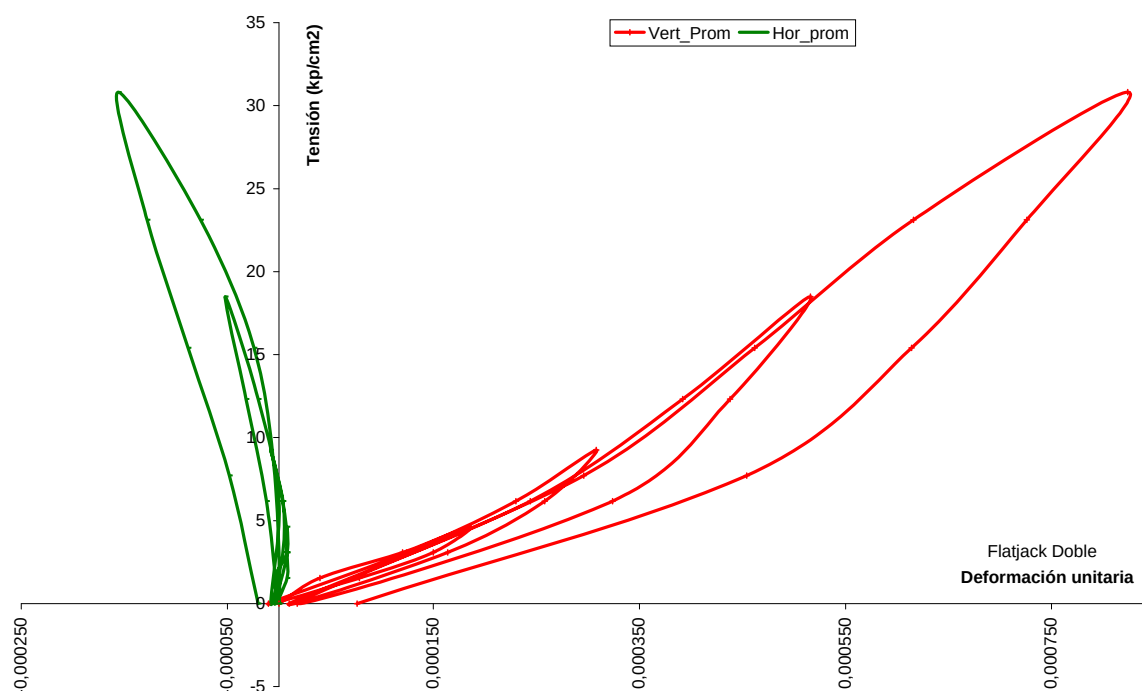
Km: 0,95

Ka: 0,811



Fotografías del ensayo

Curva tensión-deformación									
P. Bomba (kg/cm2)	P. corregida (kg/cm2)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	Def5 (abs.)	Def6 (abs.)	Def Vert mean (abs.)	Def Horiz mean (abs.)
0	0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20	15,409	0,000128	0,000760	0,000712	0,000408	-0,000048	0,000040	0,000502	-0,000004
0	0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	1,5409	-0,000056	0,000080	0,000104	0,000032	-0,000008	0,000000	0,000040	-0,000004
4	3,0818	-0,000016	0,000208	0,000208	0,000080	-0,000008	0,000024	0,000120	0,000008
6	4,6227	0,000000	0,000304	0,000320	0,000120	-0,000008	0,000024	0,000186	0,000008
4	3,0818	-0,000024	0,000256	0,000256	0,000112	-0,000008	0,000024	0,000150	0,000008
2	1,5409	-0,000032	0,000144	0,000152	0,000048	0,000000	0,000016	0,000078	0,000008
0	0	-0,000056	0,000008	0,000008	0,000000	0,000000	-0,000008	-0,000010	-0,000004
4	3,0818	-0,000032	0,000224	0,000224	0,000080	-0,000008	0,000024	0,000124	0,000008
8	6,1636	-0,000008	0,000392	0,000376	0,000160	-0,000016	0,000024	0,000230	0,000004
12	9,2454	0,000008	0,000504	0,000496	0,000224	-0,000032	0,000016	0,000308	-0,000008
8	6,1636	-0,000008	0,000440	0,000424	0,000176	-0,000016	0,000024	0,000258	4E-06
4	3,0818	-0,000024	0,000288	0,000288	0,000104	-0,000016	0,000024	0,000164	4E-06
0	0	-0,000040	0,000024	0,000040	0,000016	-0,000008	-0,000008	0,000010	-8E-06
8	6,1636	0,000000	0,000400	0,000400	0,000176	-0,000016	0,000016	0,000244	1,10961E-18
16	12,3272	0,000032	0,000608	0,000608	0,000320	-0,000048	0,000008	0,000392	-0,000002
24	18,4908	0,000080	0,000784	0,000784	0,000416	-0,000088	-0,000016	0,000516	-5,2E-05
16	12,3272	0,000048	0,000688	0,000680	0,000336	-0,000064	0,000000	0,000438	-3,2E-05
8	6,1636	0,000008	0,000520	0,000520	0,000248	-0,000040	0,000016	0,000324	-1,2E-05
0	0	-0,000040	0,000040	0,000032	0,000040	-0,000008	0,000008	0,000018	0
10	7,7045	0,000016	0,000488	0,000464	0,000216	-0,000032	0,000024	0,000296	-4E-06
20	15,409	0,000064	0,000728	0,000696	0,000360	-0,000064	0,000016	0,000462	-2,4E-05
30	23,1135	0,000128	0,000936	0,000904	0,000496	-0,000120	-0,000032	0,000616	-0,000076
40	30,818	0,000256	0,001192	0,001184	0,000664	-0,000216	-0,000096	0,000824	-0,000156
30	23,1135	0,000192	0,001080	0,001056	0,000576	-0,000184	-0,000072	0,000726	-0,000128
20	15,409	0,000136	0,000944	0,000904	0,000472	-0,000144	-0,000032	0,000614	-8,8E-05
10	7,7045	0,000072	0,000728	0,000680	0,000336	-0,000096	0,000000	0,000454	-4,8E-05
0	0	-0,000008	0,000144	0,000112	0,000056	-0,000032	-0,000008	0,000076	-2E-05



Módulo de elasticidad (kp/cm2)					
	Pto control 1	Pto control 2	Pto control 3	Pto control 4	E medio
Ciclo1	192.613,00	14.816,00	14.816,00	38.523,00	22.718,33
Ciclo2	128.408,00	16.051,00	16.749,00	38.523,00	23.774,33
Ciclo3	171.211,00	21.108,00	21.703,00	40.550,00	27.787,00
Ciclo4	148.163,00	22.397,00	23.206,00	48.153,00	31.252,00

	Coef. Poisson				
Ciclo1	-				
Ciclo2	-				
Ciclo3	-0,03				
Ciclo4	-0,05				

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04	Fecha: 16-07-08
		Ref.: Lab0817
	CONSTRUCCIÓN: Muro de sillería arenisca (GPS-B)	Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 28-12-2007

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de sillería esta construido a base una hoja de piedra arenisca. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,05 x 1,58 x 0,31 m (ancho x alto x espesor).

Los bloques de piedra arenisca presentan una dimensión de soga variable entre los 200 y 670 mm, un tizón de 310 mm, y un grueso del orden de los 310 mm.

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-20 tipo b, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento, 2 partes de cal y 10 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 370 kp con un coeficiente de variación de 32,23%, y una resistencia a compresión promedio de 4.73 N/mm² con un coeficiente de variación de 52.65%. Dichos ensayos fueron realizados los días 29-05-08, 06-06-08 y 12-06-08 sobre probetas elaboradas el 28-12-07. El espesor aproximado de los tendeles de mortero fue de 15 mm.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

El elemento estructural a ensayar es un muro de sillería arenisca aparejada con un mortero bastardo de cal y cemento, la cuál presenta buenas condiciones.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 1 gato plano semioval.

Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.



ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04

CONSTRUCCIÓN: Muro de sillería arenisca (GPS-B)

Fecha: 16-07-08

Ref.: Lab0817

Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

Medida de la distancia inicial entre puntos de control



Apertura de roza



Purga del aire contenido en el gato previamente al inicio del ensayo



5. Tensión de compresión y su cálculo:

Factor de calibración K_m : 0.95

Superficie del gato plano (cm^2): 778.56

Superficie de la roza (cm^2): 1,067.19

Factor de calibración K_a : 0.730

Valor de la tensión de compresión (se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

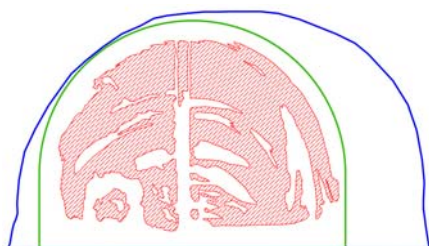
2.5 N/mm^2

Observaciones:



Con la finalidad de estimar el área neta de contacto entre el gato plano y el muro se dispuso un calco entre dos láminas de papel, de manera que los puntos de presión queden reflejados en el papel por acción del calco.

Factores geométricos, k_a , GPS-B			
Áreas (cm^2)		Constantes	
A_{roza}	1,067.19	$K_{\text{gato-roza}}$	0.730
A_{gato}	778.56	$K_{\text{contacto-gato}}$	0.490
A_{contacto}	381.63	$K_{\text{contacto-roza}}$	0.358



En base a las diferentes constantes geométricas obtenidas los niveles tensionales experimentales y el error del valor respecto al nivel de tensión medio estimado en el plano del muro donde se realizó el ensayo se recogen en la tabla siguiente.

K_a		K_m	$\sigma_{\text{experimental}}$ (MPa)
$K_{\text{gato-roza}}$	0.730	0.95	2.50
$K_{\text{contacto-gato}}$	0.490	0.95	1.68
$K_{\text{contacto-roza}}$	0.358	0.95	1.23

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial

Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Firma



ANEXO 1: ESTIMACIÓN DEL NIVEL TENSIONAL MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO SIMPLE

Norma: ASTM-C 1196

Ensayo: Lab0817

Ubicación: Laboratorio GTED

Fecha: 16/07/2008

Colocación: Gato plano simple en Laboratorio-Sillería (GPS-B)

Empresa: GTED-UC

Dimensiones del gato:

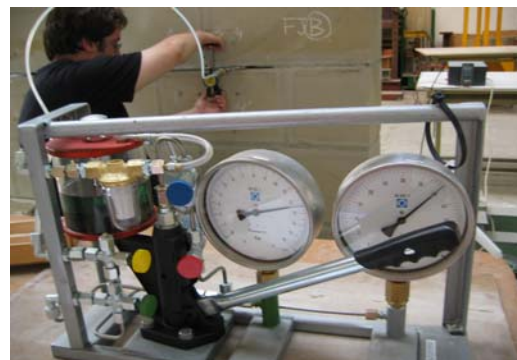
Semioval 350x260x3,5 mm

Ref. del gato:

1

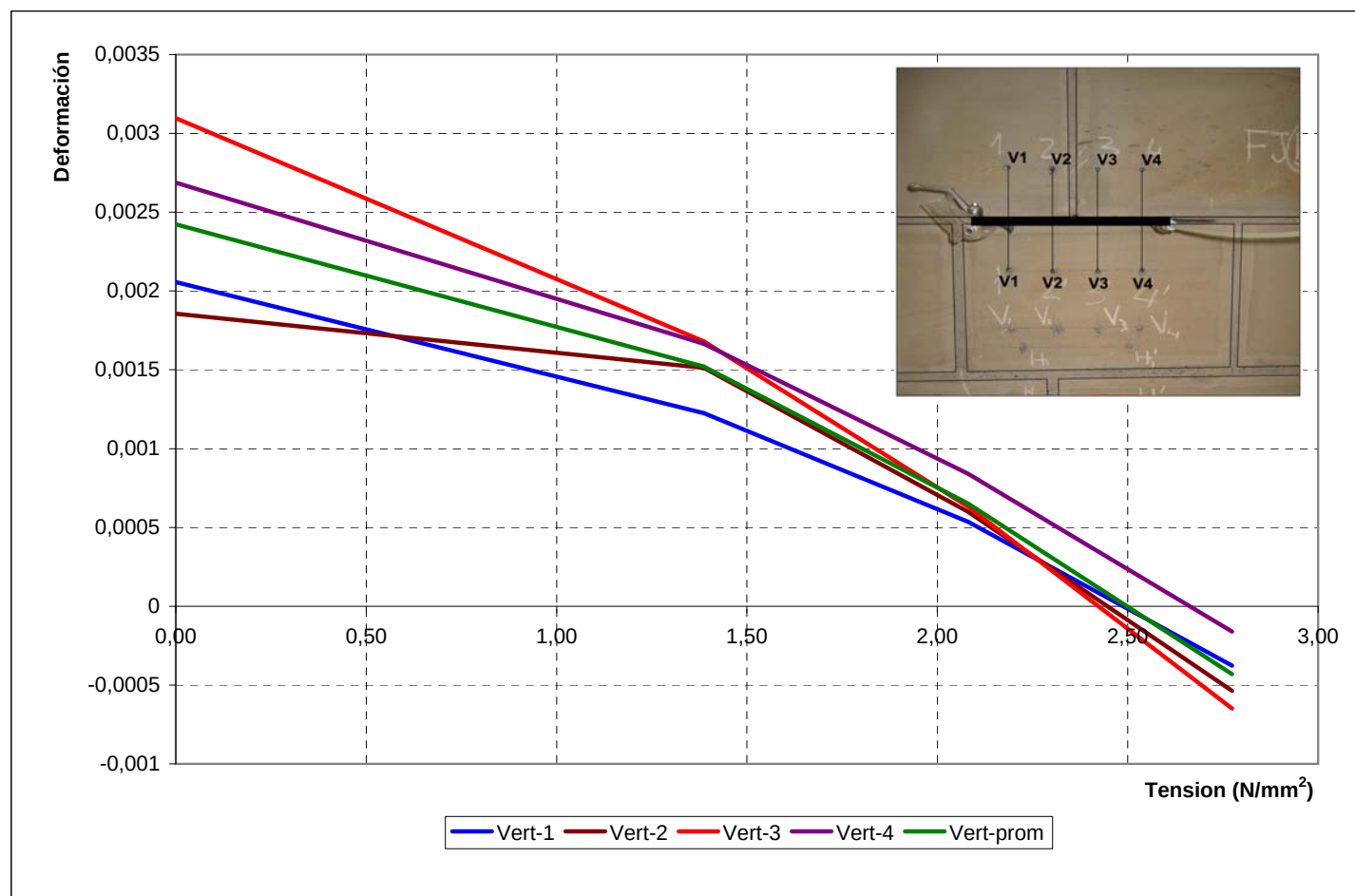
Km: 0,95

Ka: 0,73



Fotografía del ensayo

P. Bomba (kg/cm ²)	Comentarios	Curva tensión - deformación						Def Vert mean (abs.)
		P. corregida (N/mm ²)	P.corregida (N/mm ²)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	
0	Antes roza	0	0,000	0	0	0	0	0
0	Tras roza	0	0,000	0,00204	0,00184	0,003168	0,002696	0,002436
20		1,387	1,387	0,00116	0,00144	0,001616	0,001624	0,001460
0		0	0,000	0,002056	0,001856	0,003096	0,002688	0,002424
20		1,387	1,387	0,001224	0,001512	0,00168	0,001664	0,001520
30		2,0805	2,081	0,000536	0,0006	0,000632	0,00084	0,000652
40		2,774	2,774	-0,000376	-0,000536	-0,000648	-0,00016	-0,000430



Nivel tensional existente en el elemento estructural (MPa):

2,50

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04		Fecha: 17-07-08
	CONSTRUCCIÓN: Muro de sillería arenisca (GPS-A)		Ref.: Lab0918
			Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DE LA DEFORMABILIDAD DE FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo. Estimación de la deformabilidad de un muro de sillería construido en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad de Cantabria.

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 28-12-2007

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de sillería esta construido a base una hoja de piedra arenisca. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,05 x 1,58 x 0,31 m (ancho x alto x espesor).

Los bloques de piedra arenisca presentan una dimensión de soga variable entre los 200 y 670 mm, un tizón de 310 mm, y un grueso del orden de los 310 mm.

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-20 tipo b, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento, 2 partes de cal y 10 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 370 kp con un coeficiente de variación de 32,23%, y una resistencia a compresión promedio de 4.73 N/mm² con un coeficiente de variación de 52.65%. Dichos ensayos fueron realizados los días 29-05-08, 06-06-08 y 12-06-08 sobre probetas elaboradas el 28-12-07. El espesor aproximado de los tendeles de mortero fue de 15 mm.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

El elemento estructural a ensayar es un muro de sillería arenisca aparejada con un mortero bastardo de cal y cemento, la cuál presenta buenas condiciones.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 2 gatos planos semioviales.

Uillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia. La distancia entre los puntos de control verticales fue de 200 mm.

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04		Fecha: 17-07-08
			Ref.: Lab0918
	CONSTRUCCIÓN: Muro de sillería arenisca (GPS-A)		Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

Puntos de control	Apertura de roza	Instante del ensayo
		

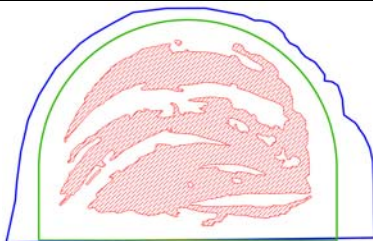
5. Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson:

(Se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

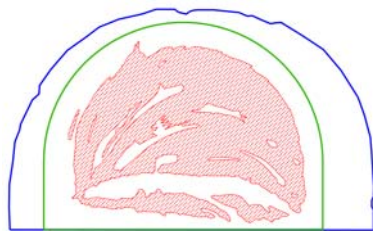
Factor de calibración K_m : 0.95

Superficie del gato plano superior (cm²):		778.56	Factor de calibración K _a :	0.726
Superficie de la roza superior (cm²):		1,067.19		
Superficie del gato plano inferior (cm²):		778.56		
Superficie de la roza inferior (cm²):		1,076.51		
Módulo de elasticidad (E):	3,582.23 N/mm ²	Coeficiente de Poisson (v):		0.19

Observaciones:



Gato plano superior



Gato plano inferior

El módulo de elasticidad, E, es el módulo secante promedio, para los cuatro puntos verticales de control, obtenido en el ciclo 1 para un valor de tensión de 4 Kp/cm², en el ciclo 2 para un valor de tensión de 8 Kp/cm², en el ciclo 3 para un valor de tensión de 16 Kp/cm², y en el ciclo 4 para un valor de tensión de 20 Kp/cm².

Por su parte el coeficiente de poisson representa, para los 4 ciclos referidos, la relación entre las deformaciones promedio horizontal y vertical registradas por los puntos de control, en el mismo intervalo de tensiones para el cuál fue obtenido el módulo de elasticidad secante.

De forma que, en función del factor de corrección geométrico empleado, las características mecánicas estimadas son las que figuran a continuación:

	K_a	K_m	v_{exp}	E_{exp} (N/mm ²)
$K_{gato-roza}$	0.726	0.95	-0.19	3,582.23
$K_{contacto-gato}$	0.502	0.95	-0.19	2,476.96
$K_{contacto-roza}$	0.365	0.95	-0.19	1,800.99

6. Personal:

Técnico Principal: Ignacio Lombillo Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  Firma	Técnico Asistente: Jorge Elices Ingeniero Técnico Industrial  Firma	Director del Lab. de Edificación: Luis Villegas Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  Firma



ANEXO 1: DETERMINACION DE PROPIEDADES DE DEFORMACION MEDIANTE GATOS PLANOS

Norma: ASTM-C 1197
Ensayo: Lab0818

Ubicación: Laboratorio GTED
Fecha: 17/07/2008
Colocación: Gato plano doble en Laboratorio-Sillería (GPD-B)
Empresa: GTED-UC

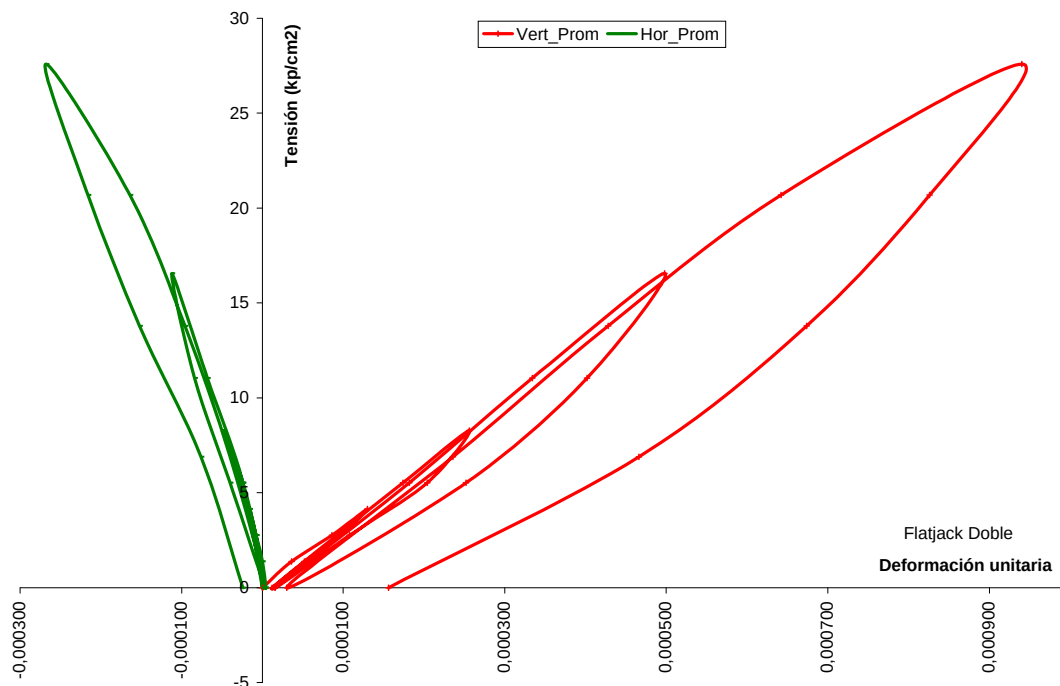
Dimensiones del gato: Semiovale 350x260x3,5 mm
Ref. del gato superior: 1
Ref. del gato inferior: 2

Km: 0,95
Ka: 0,726



Fotografía del ensayo

P. Bomba (kg/cm2)	Curva tensión-deformación					Def5 (abs.)	Def6 (abs.)	Def Vert mean (abs.)	Def Horiz mean (abs.)
	P. corregida (kg/cm2)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)				
0	0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20	13,794	0,000336	0,000600	0,000560	0,000400	-0,000104	-0,000112	0,000474	-0,000108
0	0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	1,3794	0,000032	0,000040	0,000040	0,000032	-0,000008	0,000000	0,000036	-0,000004
4	2,7588	0,000064	0,000104	0,000104	0,000072	-0,000016	-0,000008	0,000086	-0,000012
6	4,1382	0,000096	0,000152	0,000160	0,000112	-0,000016	-0,000016	0,000130	-0,000016
4	2,7588	0,000072	0,000112	0,000112	0,000088	-0,000008	-0,000008	0,000096	-0,000008
2	1,3794	0,000048	0,000056	0,000064	0,000040	-0,000008	0,000008	0,000052	0,000000
0	0	0,000008	0,000000	0,000016	0,000024	0,000008	0,000000	0,000012	0,000004
4	2,7588	0,000064	0,000104	0,000104	0,000096	-0,000008	-0,000008	0,000092	-0,000008
8	5,5176	0,000120	0,000200	0,000200	0,000176	-0,000024	-0,000024	0,000174	-0,000024
12	8,2764	0,000184	0,000304	0,000304	0,000232	-0,000040	-0,000056	0,000256	-0,000048
8	5,5176	0,000152	0,000240	0,000248	0,000176	-0,000024	-0,000032	0,000204	-2,8E-05
4	2,7588	0,000080	0,000136	0,000104	0,000112	-0,000016	0,000000	0,000108	-8E-06
0	0	0,000024	0,000000	0,000016	0,000024	0,000000	0,000000	0,000016	0
8	5,5176	0,000128	0,000216	0,000216	0,000168	-0,000024	-0,000024	0,000182	-2,4E-05
16	11,0352	0,000240	0,000408	0,000392	0,000296	-0,000064	-0,000072	0,000334	-6,8E-05
24	16,5528	0,000360	0,000624	0,000576	0,000432	-0,000104	-0,000120	0,000498	-0,000112
16	11,0352	0,000280	0,000504	0,000472	0,000352	-0,000080	-0,000088	0,000402	-8,4E-05
8	5,5176	0,000176	0,000312	0,000304	0,000216	-0,000040	-0,000040	0,000252	-4E-05
0	0	0,000024	0,000024	0,000032	0,000040	0,000008	0,000000	0,000030	4E-06
10	6,897	0,000160	0,000288	0,000288	0,000208	-0,000040	-0,000040	0,000236	-4E-05
20	13,794	0,000304	0,000536	0,000504	0,000368	-0,000088	-0,000104	0,000428	-9,6E-05
30	20,691	0,000456	0,000808	0,000752	0,000552	-0,000152	-0,000176	0,000642	-0,000164
40	27,588	0,000648	0,001184	0,001096	0,000832	-0,000256	-0,000280	0,000940	-0,000268
30	20,691	0,000568	0,001040	0,000976	0,000720	-0,000208	-0,000224	0,000826	-0,000216
20	13,794	0,000456	0,000864	0,000792	0,000584	-0,000160	-0,000144	0,000674	-0,000152
10	6,897	0,000304	0,000608	0,000552	0,000400	-0,000096	-0,000056	0,000466	-7,6E-05
0	0	0,000072	0,000256	0,000168	0,000128	-0,000024	-0,000024	0,000156	-2,4E-05



	Módulo de elasticidad (kp/cm2)					Coef. Poisson
	Pto control 1	Pto control 2	Pto control 3	Pto control 4	E medio	
Ciclo1	43.106	26.527	26.527	38.317	33.619	-0,14
Ciclo2	49.264	27.588	29.987	36.300	35.785	-0,17
Ciclo3	51.089	27.047	29.349	40.571	37.014	-0,21
Ciclo4	49.264	26.941	29.225	42.055	36.871	-0,25

13

ANEXO 6: REGISTRO DE LOS ENSAYOS HOLE DRILLING REALIZADOS EN LABORATORIO SOBRE EL MURO DE MAMPOSTERÍA.

- 13.1 Registro del ensayo HDM1 (Lab0807).**
- 13.2 Registro del ensayo HDM2 (Lab0808).**
- 13.3 Registro del ensayo HDM3 (Lab0821).**
- 13.4 Registro del ensayo HDM4 (Lab0822).**

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING		Fecha: 24-04-2008
			Ref.: Lab0807
	CONSTRUCCIÓN: Muro de mampostería caliza (HDM1)		Pag 1 de 5

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 28-12-2007

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de mampostería esta construido a base una hoja de piedra caliza. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,20 x 1,60 x 0,31 m (ancho x alto x espesor).

Los mampuestos de piedra caliza presentan una dimensión variable.

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-20 tipo b, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento, 2 partes de cal y 10 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 370 kp con un coeficiente de variación de 32,23%, y una resistencia a compresión promedio de 4.73 N/mm² con un coeficiente de variación de 52.65%. Dichos ensayos fueron realizados los días 29-05-08, 06-06-08 y 12-06-08 sobre probetas elaboradas el 28-12-07.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

El elemento estructural a ensayar es un muro de mampostería caliza aparejada con un mortero bastardo de cal y cemento.

3. Recursos empleados

Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	Solartron y equipo propio UC
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cuarto de puente
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):		Tokio Sokki / 6 mm / Metal ceys	

¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).



MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING

CONSTRUCCIÓN: Muro de mampostería caliza (HDM1)

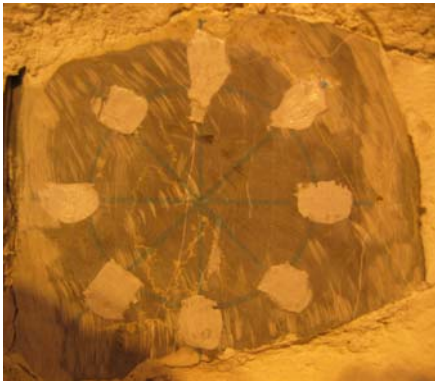
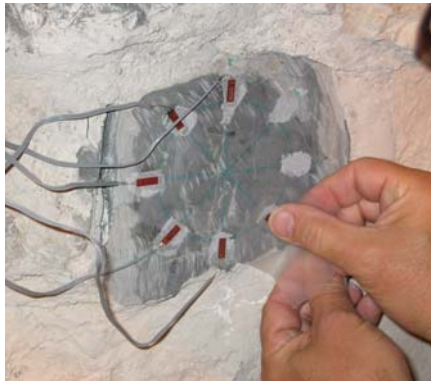
Fecha: 24-04-2008

Ref.: Lab0807

Pag 2 de 5

4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

Marcado	Pegado	
		

Observaciones:

Nada reseñable

4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones:

Nada reseñable

4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.

Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²: 48 horas

4.4 Ejecución del taladro.



Fotografías del proceso de ejecución.

Recomendaciones:

- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.
- Uso de nivel para controlar la horizontabilidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por T^a.

Controlar la profundidad del taladrado (al menos 0,4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.



MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING

CONSTRUCCIÓN: Muro de mampostería caliza (HDM1)

Fecha: 24-04-2008

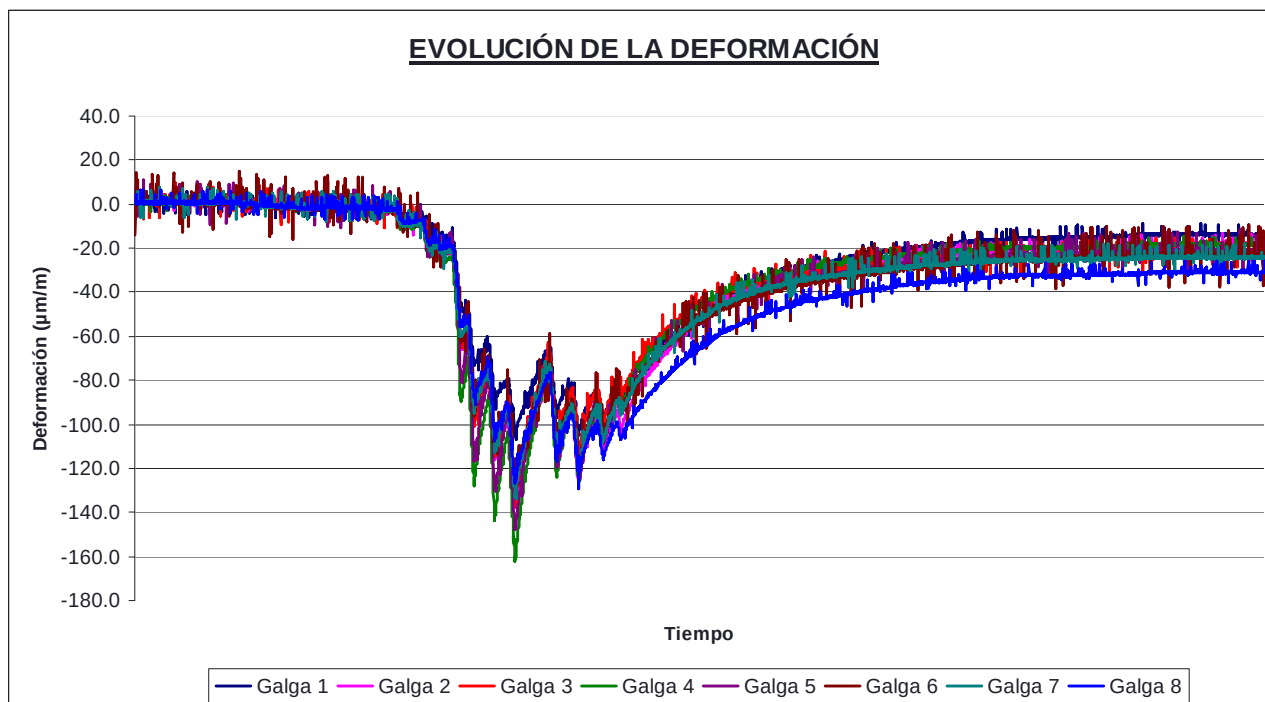
Ref.: Lab0807

Pag 3 de 5

5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm^2):

2.89^{3,4}



Gráfica de la evolución de las deformaciones registradas

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial

Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

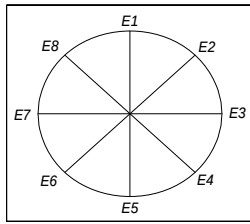
Firma

³ El signo - representa comportamiento a compresión.

⁴ Las características mecánicas empleadas han sido obtenidas mediante ensayos. Para una consulta de los mismos se remite al lector al Anexo 7.



ANEXO 1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE HOLE DRILLING



Código: Lab0807
Referencia: HDM1 en Mampostería ensayada en LABEST-UC
Fecha: 24/04/2008

En esta hoja se obtiene, para cada una de las combinaciones de galgas, la tensión principal máxima, la mínima y la dirección (ángulo existente horario) entre la tensión principal máxima con la dirección de la primera de las galgas de la combinación. Igualmente se estima a partir de los datos referidos la tensión vertical existente

Def. final tras taladrado ($\mu\text{m/m} = 10^{-6}\text{m/m}$)

Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
-13.7	-17.9	-23.3	-18.4	-21.0	-22.8	-24.1	-30.9

*El signo - representa comportamiento a compresión

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias < 5 $\mu\text{m/m}$

Módulo de Young (Mpa) = 33,218
Coef. Poisson = 0.26

d (cm) = 3.6
D (cm) = 8.8
Prof. Taladro (mm) = 38.1

a = 0.199
b = 0.484

$$A_t = -4 \left(\frac{1 + \nu}{2E} \right) a$$

$$B_t = -4 \left(\frac{1}{2E} \right) b$$

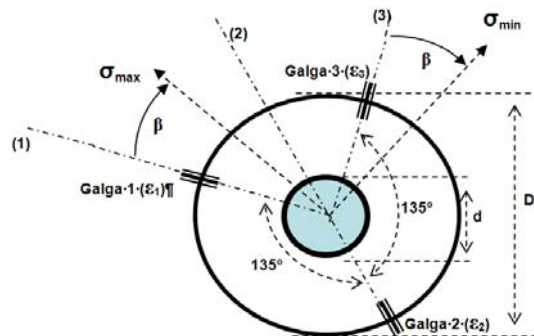
At =	-0.000015
Bt =	-0.000029

d/D	a	b
0.38	0.174	0.430
0.39	0.182	0.448
0.40	0.190	0.466
0.41	0.199	0.484
0.42	0.208	0.503
0.43	0.217	0.521

$$\sigma_{\max} = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_3}{A} - \frac{\sqrt{(\epsilon_3 - \epsilon_1)^2 + (\epsilon_3 + \epsilon_1 - 2\epsilon_2)^2}}{B}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_3}{A} + \frac{\sqrt{(\epsilon_3 - \epsilon_1)^2 + (\epsilon_3 + \epsilon_1 - 2\epsilon_2)^2}}{B}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{\epsilon_3 + \epsilon_1 - 2\epsilon_2}{\epsilon_3 - \epsilon_1} \right)$$



COMBINACIÓN 1	Ch1	E1 = -1.37318E-05	AUX1= 2.469	Tmax (N/mm2)=	2.91
	Ch3	E3 = -2.3302E-05	AUX2= -0.443	Tmin (N/mm2)=	2.03
	Ch6	E2 = -2.28105E-05		β=	69
				Tvert (N/mm2)=	2.14
COMBINACIÓN 2	Ch2	E1 = -1.78993E-05	AUX1= 2.42	Tmax (N/mm2)=	2.83
	Ch4	E3 = -1.83993E-05	AUX2= -0.412	Tmin (N/mm2)=	2.01
	Ch7	E2 = -2.41243E-05		β=	46
				Tvert (N/mm2)=	2.01
COMBINACIÓN 3	Ch3	E1 = -2.3302E-05	AUX1= 2.952	Tmax (N/mm2)=	3.56
	Ch5	E3 = -2.09785E-05	AUX2= -0.606	Tmin (N/mm2)=	2.35
	Ch8	E2 = -3.08547E-05		β=	41
				Tvert (N/mm2)=	2.87
COMBINACIÓN 4	Ch4	E1 = -1.83993E-05	AUX1= 2.747	Tmax (N/mm2)=	3.25
	Ch6	E3 = -2.28105E-05	AUX2= -0.498	Tmin (N/mm2)=	2.25
	Ch1	E2 = -1.37318E-05		β=	-54
				Tvert (N/mm2)=	2.27
COMBINACIÓN 5	Ch5	E1 = -2.09785E-05	AUX1= 3.007	Tmax (N/mm2)=	3.35
	Ch7	E3 = -2.41243E-05	AUX2= -0.339	Tmin (N/mm2)=	2.67
	Ch2	E2 = -1.78993E-05		β=	-54
				Tvert (N/mm2)=	2.90
COMBINACIÓN 6	Ch6	E1 = -2.28105E-05	AUX1= 3.578	Tmax (N/mm2)=	3.95
	Ch8	E3 = -3.08547E-05	AUX2= -0.369	Tmin (N/mm2)=	3.21
	Ch3	E2 = -2.3302E-05		β=	-69
				Tvert (N/mm2)=	3.83
COMBINACIÓN 7	Ch7	E1 = -2.41243E-05	AUX1= 2.524	Tmax (N/mm2)=	2.88
	Ch1	E3 = -1.37318E-05	AUX2= -0.36	Tmin (N/mm2)=	2.16
	Ch4	E2 = -1.83993E-05		β=	-3
				Tvert (N/mm2)=	2.16
COMBINACIÓN 8	Ch8	E1 = -3.08547E-05	AUX1= 3.25	Tmax (N/mm2)=	3.75
	Ch2	E3 = -1.78993E-05	AUX2= -0.504	Tmin (N/mm2)=	2.75
	Ch5	E2 = -2.09785E-05		β=	-14
				Tvert (N/mm2)=	3.02

TENSIÓN VERTICAL = 2.89 N/mm2 (Tracción)

Comentarios:

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias inferiores a $\pm 5 \mu\text{m/m}$ durante los últimos minutos del ensayo. A su vez desde un punto de vista estadístico solo se tienen en cuenta las combinaciones 3 y 5, dado que el nivel tensional vertical estimado presenta un coeficiente de variación del 0.74%.


MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING

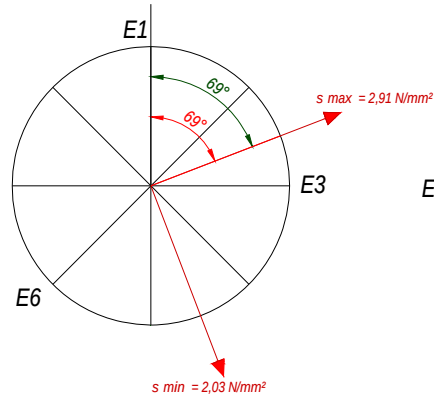
Fecha: 24-04-2008

Ref.: Lab0807

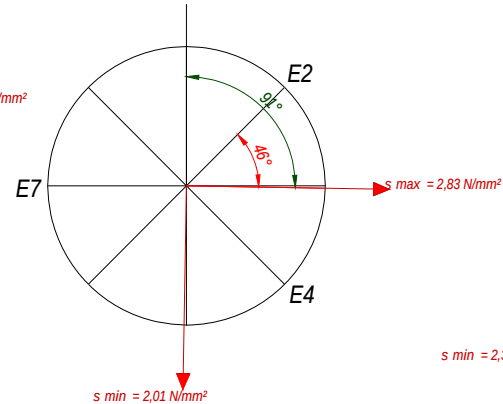
CONSTRUCCIÓN: Muro de mampostería caliza (HDM1)

Pag 5 de 5

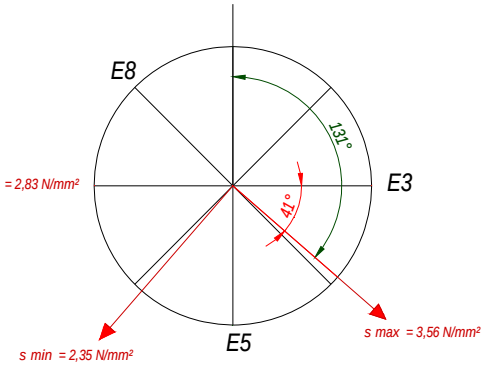
COMBINACIÓN 1



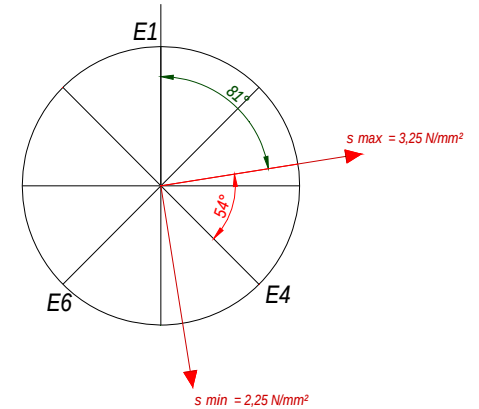
COMBINACIÓN 2



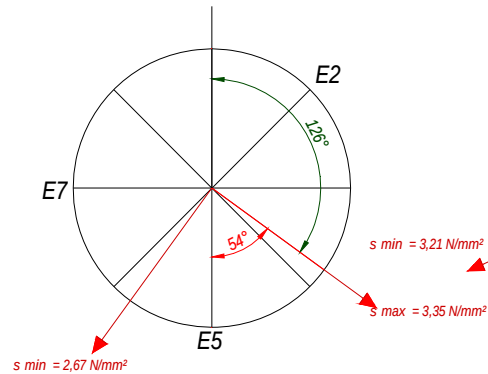
COMBINACIÓN 3



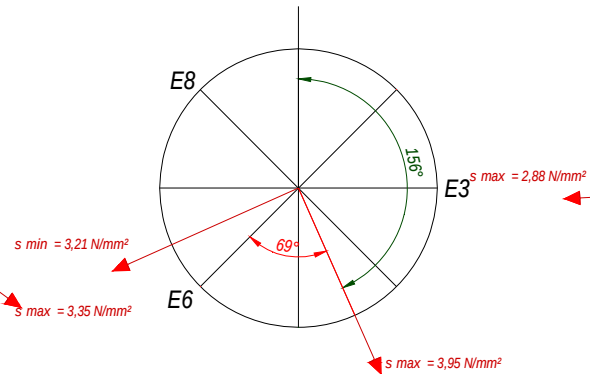
COMBINACIÓN 4



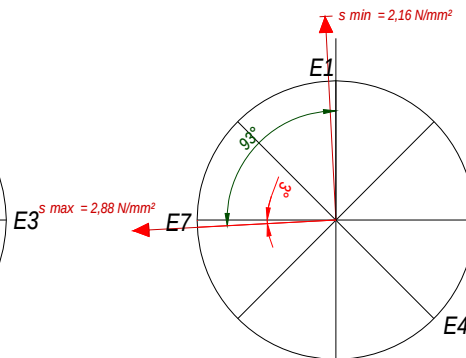
COMBINACIÓN 5



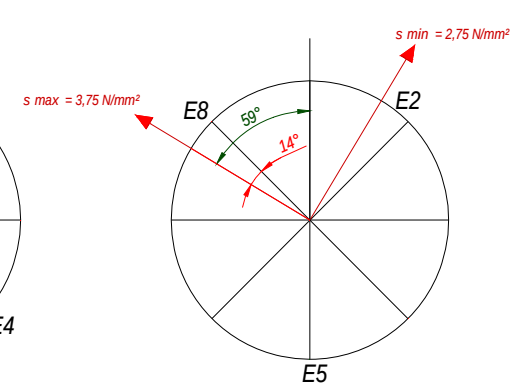
COMBINACIÓN 6



COMBINACIÓN 7



COMBINACIÓN 8



Representación, para cada combinación de galgas extensométricas, del valor de las tensiones principales máxima y mínima, $\sigma_{\max}$ y $\sigma_{\min}$, y de sus direcciones.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING		Fecha: 25-04-2008
			Ref.: Lab0808
	CONSTRUCCIÓN: Muro de mampostería caliza (HDM2)		Pag 1 de 5

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección:	E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.		
Localidad:	Santander	Provincia:	Cantabria
		País:	España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.):

28-12-2007

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de mampostería está construido a base una hoja de piedra caliza. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,20 x 1,60 x 0,31 m (ancho x alto x espesor).

Los mampuestos de piedra caliza presentan una dimensión variable.

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-20 tipo b, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento, 2 partes de cal y 10 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 370 kp con un coeficiente de variación de 32,23%, y una resistencia a compresión promedio de 4.73 N/mm² con un coeficiente de variación de 52.65%. Dichos ensayos fueron realizados los días 29-05-08, 06-06-08 y 12-06-08 sobre probetas elaboradas el 28-12-07.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

El elemento estructural a ensayar es un muro de mampostería caliza aparejada con un mortero bastardo de cal y cemento.

3. Recursos empleados

Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	Solartron y equipo propio UC
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cuarto de puente
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):		Tokio Sokki / 6 mm / Metal ceys	

¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).



MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING

CONSTRUCCIÓN: Muro de mampostería caliza (HDM2)

Fecha: 25-04-2008

Ref.: Lab0808

Pag 2 de 5

4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

Marcado	Pegado y protección	

Observaciones:

Nada reseñable

4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones:

Nada reseñable

4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.

Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²: 72 horas

4.4 Ejecución del taladro.



Fotografías del proceso de ejecución.

Recomendaciones:

- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.
- Uso de nivel para controlar la horizontalidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por T^a.

Controlar la profundidad del taladrado (al menos 0,4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

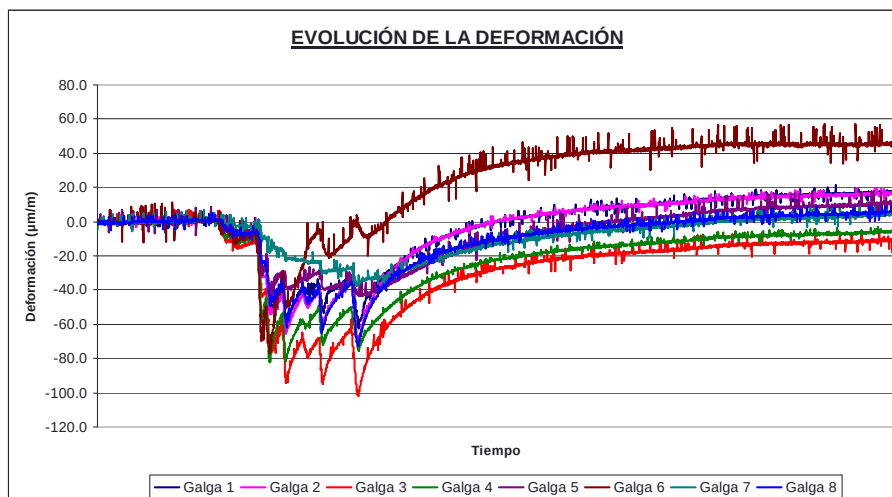
² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 25-04-2008
		Ref.: Lab0808
	CONSTRUCCIÓN: Muro de mampostería caliza (HDM2)	Pag 3 de 5

5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm^2):

-1.39^{3,4}



Gráfica de la evolución de las deformaciones registradas



Emplazamiento del ensayo HDM2 una vez finalizado

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



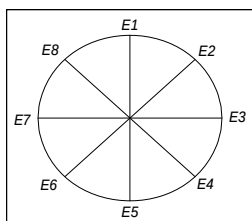
Firma

³ El signo - representa comportamiento a compresión.

⁴ Las características mecánicas empleadas han sido obtenidas mediante ensayos. Para una consulta de los mismos se remite al lector al Anexo 7.



ANEXO 1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE HOLE DRILLING



Código: Lab0808
Referencia: HDM2 en Mampostería ensayada en LABEST-UC
Fecha: 25/04/2008

En esta hoja se obtiene, para cada una de las combinaciones de galgas, la tensión principal máxima, la mínima y la dirección (ángulo existente horario) entre la tensión principal máxima con la dirección de la primera de las galgas de la combinación. Igualmente se estima a partir de los datos referidos la tensión vertical existente



Def. final tras taladrado ($\mu\text{m/m} = 10^{-6}\text{m/m}$)

Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
16.8	16.1	-11.4	-6.4	10.1	45.5	3.6	5.1

*El signo - representa comportamiento a compresión

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias < 5 $\mu\text{m/m}$

Módulo de Young (Mpa) = 36,589
Coef. Poisson = 0.32

d (cm) = 3.6
D (cm) = 8.8
Prof. Taladro (mm) = 41.1

a= 0.199
b= 0.484

$$A_t = -4 \left(\frac{1 + \nu}{2 E} \right) a$$

$$B_t = -4 \left(\frac{1}{2 E} \right) b$$

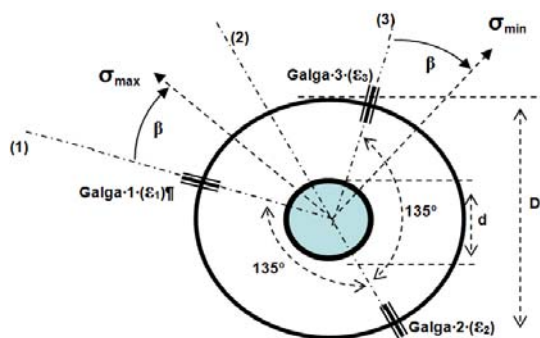
At =	-0.000014
Bt =	-0.000026

d/D	a	b
0.38	0.174	0.430
0.39	0.182	0.448
0.40	0.190	0.466
0.41	0.199	0.484
0.42	0.208	0.503
0.43	0.217	0.521

$$\sigma_{\max} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} - \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} + \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2}{\varepsilon_3 - \varepsilon_1} \right)$$



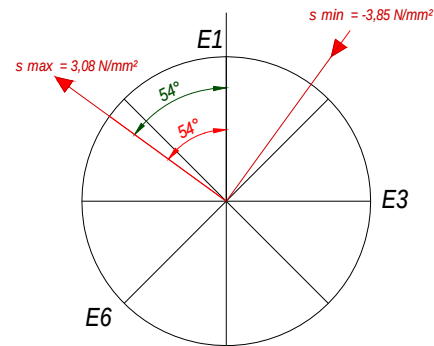
COMBINACIÓN 1	Ch1	E1 = 1.67983E-05	AUX1= -0.385	Tmax (N/mm2)=	3.08
	Ch3	E3 = -1.14062E-05	AUX2= -3.465	Tmin (N/mm2)=	-3.85
	Ch6	E2 = 4.54779E-05		β=	-54
				Tvert (N/mm2)=	-1.46
COMBINACIÓN 2	Ch2	E1 = 1.61325E-05	AUX1= -0.696	Tmax (N/mm2)=	0.18
	Ch4	E3 = -6.38869E-06	AUX2= -0.872	Tmin (N/mm2)=	-1.57
	Ch7	E2 = 3.56304E-06		β=	87
				Tvert (N/mm2)=	-0.79
COMBINACIÓN 3	Ch3	E1 = -1.14062E-05	AUX1= 0.093	Tmax (N/mm2)=	1.03
	Ch5	E3 = 1.01004E-05	AUX2= -0.939	Tmin (N/mm2)=	-0.85
	Ch8	E2 = 5.13449E-06		β=	-14
				Tvert (N/mm2)=	-0.74
COMBINACIÓN 4	Ch4	E1 = -6.38869E-06	AUX1= -2.792	Tmax (N/mm2)=	-0.79
	Ch6	E3 = 4.54779E-05	AUX2= -2.006	Tmin (N/mm2)=	-4.8
	Ch1	E2 = 1.67983E-05		β=	3
				Tvert (N/mm2)=	-2.59
COMBINACIÓN 5	Ch5	E1 = 1.01004E-05	AUX1= -0.976	Tmax (N/mm2)=	-0.22
	Ch7	E3 = 3.56304E-06	AUX2= -0.758	Tmin (N/mm2)=	-1.73
	Ch2	E2 = 1.61325E-05		β=	-55
				Tvert (N/mm2)=	-1.23
COMBINACIÓN 6	Ch6	E1 = 4.54779E-05	AUX1= -3.615	Tmax (N/mm2)=	-0.39
	Ch8	E3 = 5.13449E-06	AUX2= -3.222	Tmin (N/mm2)=	-6.84
	Ch3	E2 = -1.14062E-05		β=	59
				Tvert (N/mm2)=	-6.46
COMBINACIÓN 7	Ch7	E1 = 3.56304E-06	AUX1= -1.454	Tmax (N/mm2)=	-0.08
	Ch1	E3 = 1.67983E-05	AUX2= -1.372	Tmin (N/mm2)=	-2.83
	Ch4	E2 = -6.38869E-06		β=	34
				Tvert (N/mm2)=	-1.97
COMBINACIÓN 8	Ch8	E1 = 5.13449E-06	AUX1= -1.519	Tmax (N/mm2)=	-1.09
	Ch2	E3 = 1.61325E-05	AUX2= -0.425	Tmin (N/mm2)=	-1.94
	Ch5	E2 = 1.01004E-05		β=	3
				Tvert (N/mm2)=	-1.47

TENSIÓN VERTICAL = -1.39 N/mm2 (Compresión)

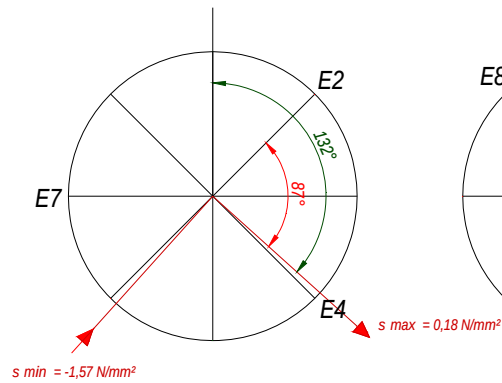
Comentarios:

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias inferiores a $\pm 5 \mu\text{m/m}$ durante los últimos minutos del ensayo. A su vez desde un punto de vista estadístico solo se tienen en cuenta las combinaciones 1, 5 y 8, dado que el nivel tensional vertical estimado presenta un coeficiente de variación del 9.79%.

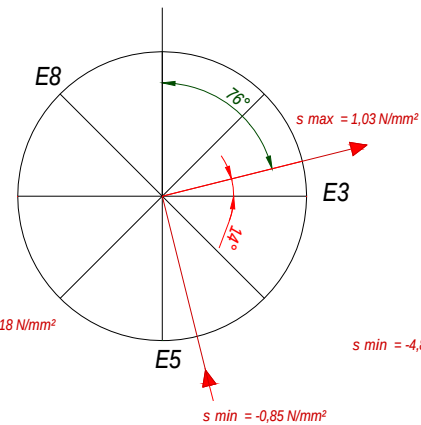
COMBINACIÓN 1



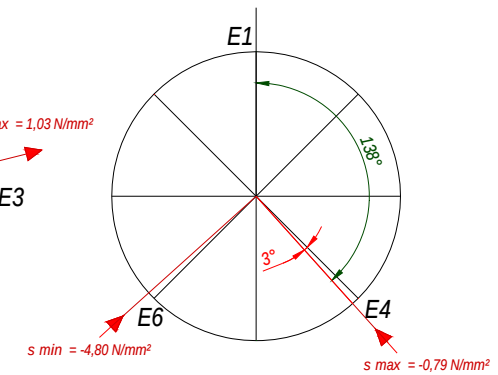
COMBINACIÓN 2



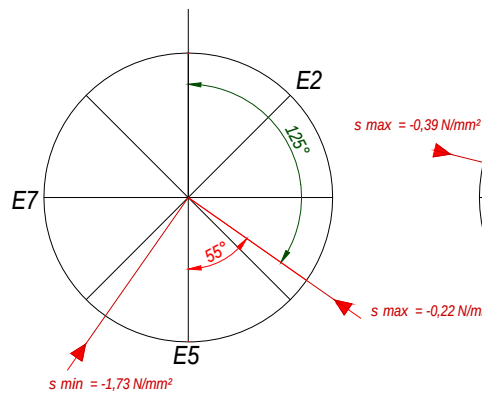
COMBINACIÓN 3



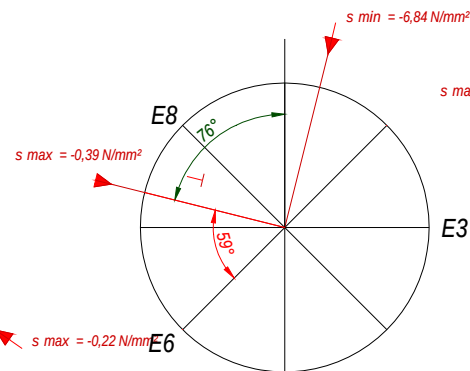
COMBINACIÓN 4



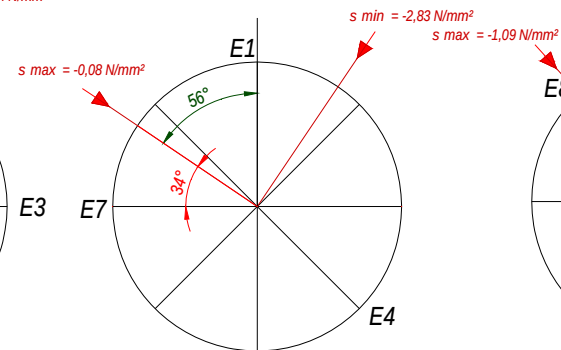
COMBINACIÓN 5



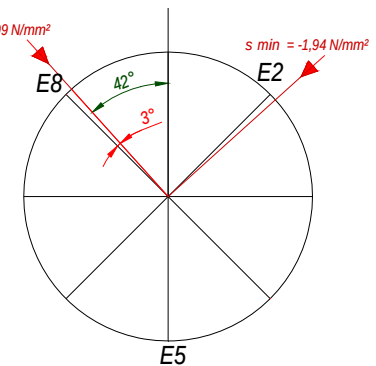
COMBINACIÓN 6



COMBINACIÓN 7



COMBINACIÓN 8



Representación, para cada combinación de galgas extensométricas, del valor de las tensiones principales máxima y mínima, $\sigma_{\max}$ y $\sigma_{\min}$, y de sus direcciones.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING		Fecha: 23-10-2008
			Ref.: Lab0821
	CONSTRUCCIÓN: Muro de mampostería caliza (HDM3)		Pag 1 de 5

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander **Provincia:** Cantabria **País:** España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 28-12-2007

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de mampostería esta construido a base una hoja de piedra caliza. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,20 x 1,60 x 0,31 m (ancho x alto x espesor).

Los mampuestos de piedra caliza presentan una dimensión variable.

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-20 tipo b, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento, 2 partes de cal y 10 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 370 kp con un coeficiente de variación de 32,23%, y una resistencia a compresión promedio de 4.73 N/mm² con un coeficiente de variación de 52.65%. Dichos ensayos fueron realizados los días 29-05-08, 06-06-08 y 12-06-08 sobre probetas elaboradas el 28-12-07.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

El elemento estructural a ensayar es un muro de mampostería caliza aparejada con un mortero bastardo de cal y cemento.

Con fecha 28 de abril de 2008, durante la ejecución de un ensayo de gato plano simple, se produjo el colapso parcial de la cabeza del muro de mampostería, circunstancia que motivo el desmontaje de los mampuestos existentes en la zona dañada y la posterior consolidación del elemento portante. Fruto de dicho imprevisto la geometría del muro se redujo a la que se ilustra en la figura superior derecha.

3. Recursos empleados

Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	Solartron y equipo propio UC
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cuarto de puente
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):		Tokio Sokki / 6 mm / Metal ceys	

¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).



MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING

CONSTRUCCIÓN: Muro de mampostería caliza (HDM3)

Fecha: 23-10-2008

Ref.: Lab0821

Pag 2 de 5

4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

Marcado	Pegado y protección
	

Observaciones:

Nada reseñable

4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones:

Nada reseñable

4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.

Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²: 48 horas

4.4 Ejecución del taladro.



Fotografías del proceso de ejecución.

Recomendaciones:

- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.
- Uso de nivel para controlar la horizontalidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por T^a.

Controlar la profundidad del taladrado (al menos 0.4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

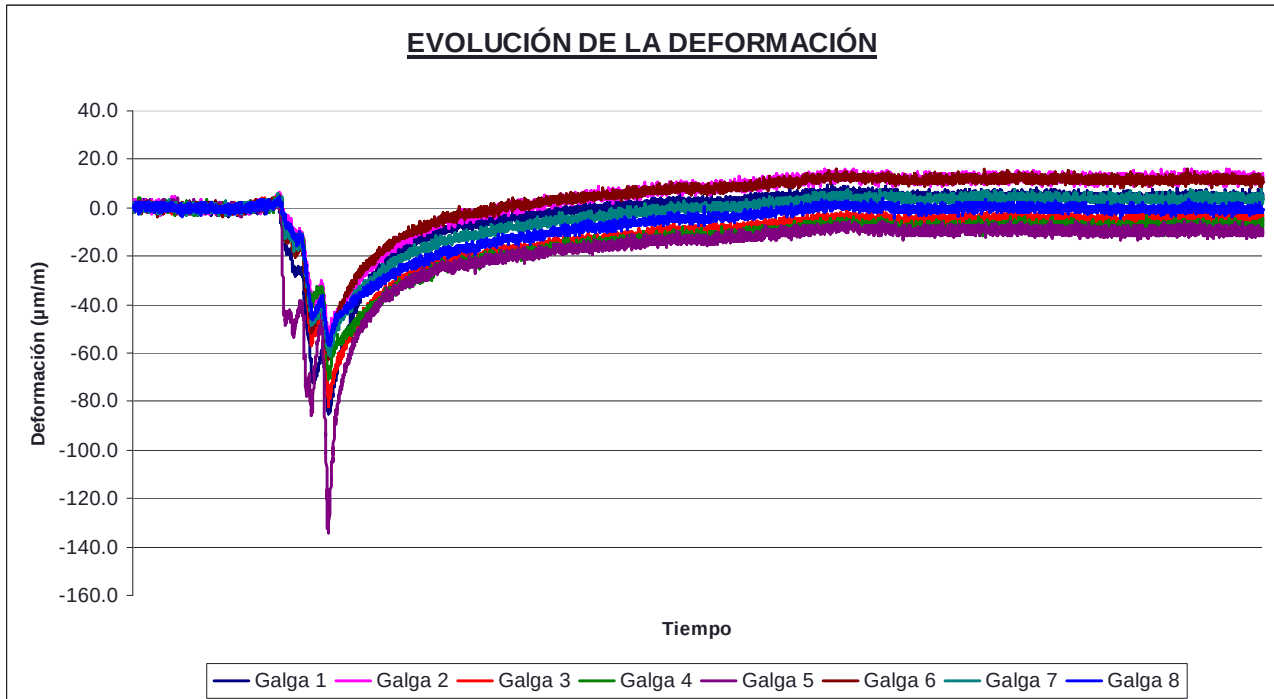
² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 23-10-2008
		Ref.: Lab0821
	CONSTRUCCIÓN: Muro de mampostería caliza (HDM3)	Pag 3 de 5

5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm^2):

¿? ^{3,4}



Gráfica de la evolución de las deformaciones registradas

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



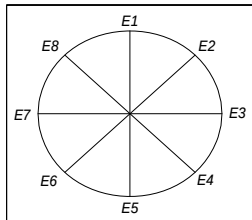
Firma

³ El signo - representa comportamiento a compresión.

⁴ Las características mecánicas empleadas han sido obtenidas mediante ensayos. Para una consulta de los mismos se remite al lector al Anexo 7.



ANEXO 1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE HOLE DRILLING



Código: Lab0821
Referencia: HDM3 en Mampostería ensayada en LABEST-UC
Fecha: 23/10/2008

En esta hoja se obtiene, para cada una de las combinaciones de galgas, la tensión principal máxima, la mínima y la dirección (ángulo existente horario) entre la tensión principal máxima con la dirección de la primera de las galgas de la combinación. Igualmente se estima a partir de los datos referidos la tensión vertical existente

Def. final tras taladrado ($\mu\text{m/m} = 10^{-6}\text{m/m}$)

Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
5.0	12.2	-4.4	-7.8	-9.5	11.7	3.8	-0.3

*El signo - representa comportamiento a compresión

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias < 5 $\mu\text{m/m}$

Módulo de Young (Mpa) = 67,180
Coef. Poisson = 0.34

d (cm) = 3.6
D (cm) = 8.8
Prof. Taladro (mm) = 36.05

a= 0.199
b= 0.484

$$A_t = -4 \left(\frac{1 + \nu}{2E} \right) a$$

$$B_t = -4 \left(\frac{1}{2E} \right) b$$

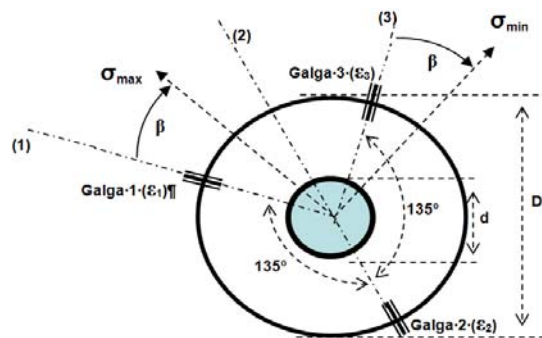
At =	-0.000008
Bt =	-0.000014

d/D	a	b
0.38	0.174	0.430
0.39	0.182	0.448
0.40	0.190	0.466
0.41	0.199	0.484
0.42	0.208	0.503
0.43	0.217	0.521

$$\sigma_{\max} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} - \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} + \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2}{\varepsilon_3 - \varepsilon_1} \right)$$

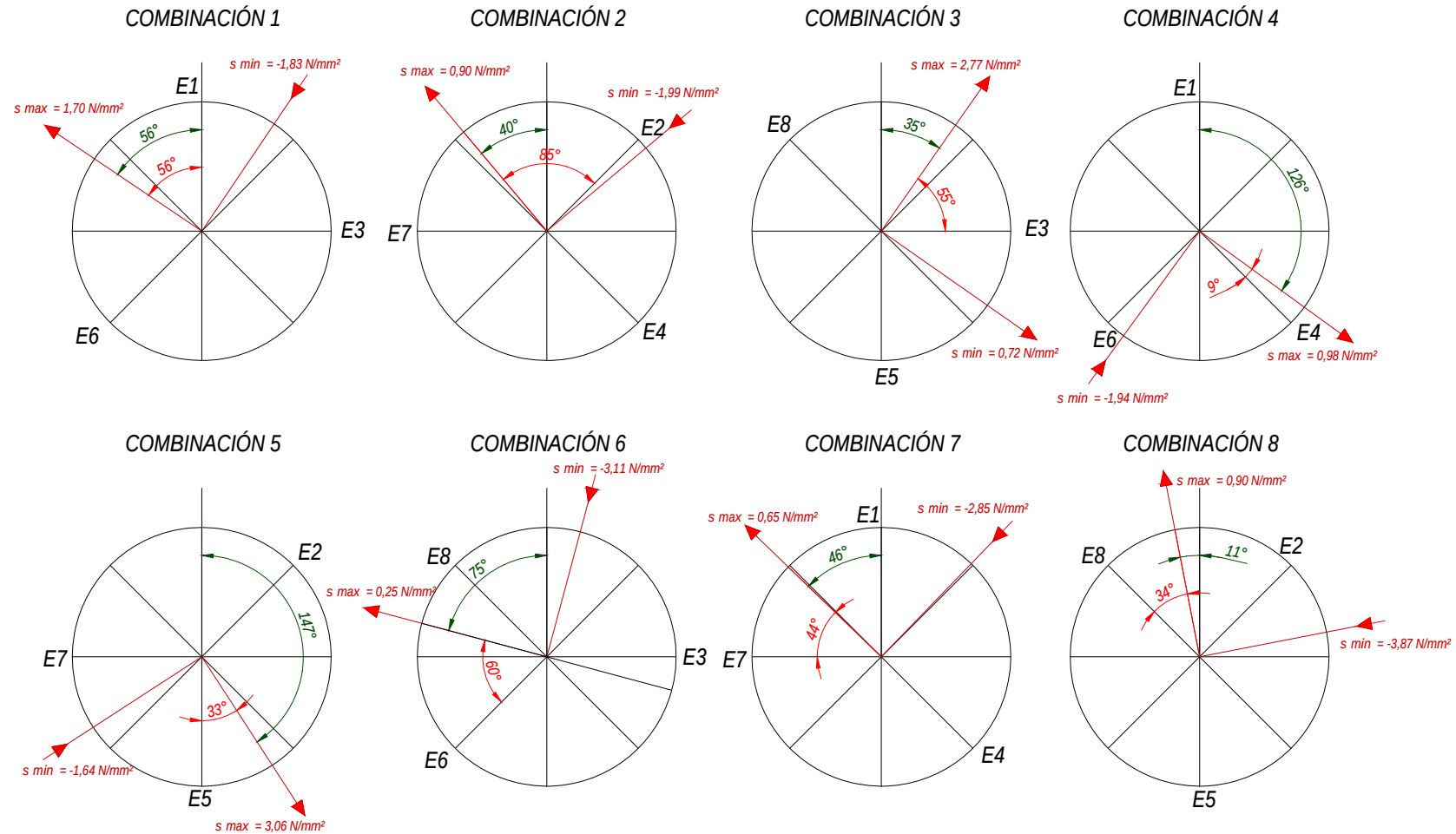


COMBINACIÓN 1	Ch1	E1 = 4.96688E-06	AUX1= -0.068	Tmax (N/mm2)=	1.7
	Ch3	E3 = -4.4254E-06	AUX2= -1.763	Tmin (N/mm2)=	-1.83
	Ch6	E2 = 1.16861E-05		β=	-56
				Tvert (N/mm2)=	-0.73
COMBINACIÓN 2	Ch2	E1 = 1.21804E-05	AUX1= -0.546	Tmax (N/mm2)=	0.9
	Ch4	E3 = -7.81405E-06	AUX2= -1.448	Tmin (N/mm2)=	-1.99
	Ch7	E2 = 3.83519E-06		β=	-85
				Tvert (N/mm2)=	-0.29
COMBINACIÓN 3	Ch3	E1 = -4.4254E-06	AUX1= 1.744	Tmax (N/mm2)=	2.77
	Ch5	E3 = -9.5228E-06	AUX2= -1.024	Tmin (N/mm2)=	0.72
	Ch8	E2 = -2.72543E-07		β=	-55
				Tvert (N/mm2)=	2.10
COMBINACIÓN 4	Ch4	E1 = -7.81405E-06	AUX1= -0.484	Tmax (N/mm2)=	0.98
	Ch6	E3 = 1.16861E-05	AUX2= -1.459	Tmin (N/mm2)=	-1.94
	Ch1	E2 = 4.96688E-06		β=	-9
				Tvert (N/mm2)=	-0.93
COMBINACIÓN 5	Ch5	E1 = -9.5228E-06	AUX1= 0.711	Tmax (N/mm2)=	3.06
	Ch7	E3 = 3.83519E-06	AUX2= -2.349	Tmin (N/mm2)=	-1.64
	Ch2	E2 = 1.21804E-05		β=	-33
				Tvert (N/mm2)=	1.67
COMBINACIÓN 6	Ch6	E1 = 1.16861E-05	AUX1= -1.427	Tmax (N/mm2)=	0.25
	Ch8	E3 = -2.72543E-07	AUX2= -1.681	Tmin (N/mm2)=	-3.11
	Ch3	E2 = -4.4254E-06		β=	60
				Tvert (N/mm2)=	-2.88
COMBINACIÓN 7	Ch7	E1 = 3.83519E-06	AUX1= -1.1	Tmax (N/mm2)=	0.65
	Ch1	E3 = 4.96688E-06	AUX2= -1.747	Tmin (N/mm2)=	-2.85
	Ch4	E2 = -7.81405E-06		β=	44
				Tvert (N/mm2)=	-1.16
COMBINACIÓN 8	Ch8	E1 = -2.72543E-07	AUX1= -1.488	Tmax (N/mm2)=	0.9
	Ch2	E3 = 1.21804E-05	AUX2= -2.383	Tmin (N/mm2)=	-3.87
	Ch5	E2 = -9.5228E-06		β=	34
				Tvert (N/mm2)=	0.73

TENSIÓN VERTICAL = -0.19 N/mm2 (Compresión)

Comentarios:

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias inferiores a $\pm 5 \mu\text{m/m}$ durante los 30 últimos minutos del ensayo. Como puede comprobarse la dispersión de los resultados obtenidos es intolerable (teniendo en cuenta las 8 combinaciones de galgas, el coeficiente de variación es del 874.65%), por lo que el valor tensional vertical promedio obtenido carece de rigor alguno.



Representación, para cada combinación de galgas extensométricas, del valor de las tensiones principales máxima y mínima, $\sigma_{\max}$ y $\sigma_{\min}$, y de sus direcciones.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING		Fecha: 24-10-2008
			Ref.: Lab0822
	CONSTRUCCIÓN: Muro de mampostería caliza (HDM4)		Pag 1 de 5

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 28-12-2007

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de mampostería esta construido a base una hoja de piedra caliza. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,20 x 1,60 x 0,31 m (ancho x alto x espesor).

Los mampuestos de piedra caliza presentan una dimensión variable.

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-20 tipo b, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento, 2 partes de cal y 10 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 370 kp con un coeficiente de variación de 32,23%, y una resistencia a compresión promedio de 4.73 N/mm² con un coeficiente de variación de 52.65%. Dichos ensayos fueron realizados los días 29-05-08, 06-06-08 y 12-06-08 sobre probetas elaboradas el 28-12-07.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

El elemento estructural a ensayar es un muro de mampostería caliza aparejada con un mortero bastardo de cal y cemento.

Con fecha 28 de abril de 2008, durante la ejecución de un ensayo de gato plano simple, se produjo el colapso parcial de la cabeza del muro de mampostería, circunstancia que motivo el desmontaje de los mampuestos existentes en la zona dañada y la posterior consolidación del elemento portante. Fruto de dicho imprevisto la geometría del muro se redujo a la que se ilustra en la figura superior derecha.

3. Recursos empleados

Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	Solartron y equipo propio UC
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cuarto de puente
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):		Tokio Sokki / 6 mm / Metal ceys	

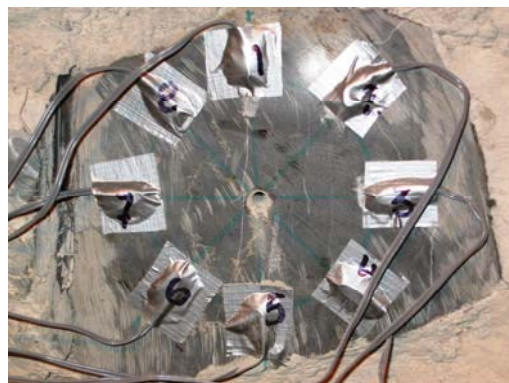
¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 24-10-2008
		Ref.: Lab0822
	CONSTRUCCIÓN: Muro de mampostería caliza (HDM4)	Pag 2 de 5

4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

Pegado y protección



Observaciones:

Nada reseñable

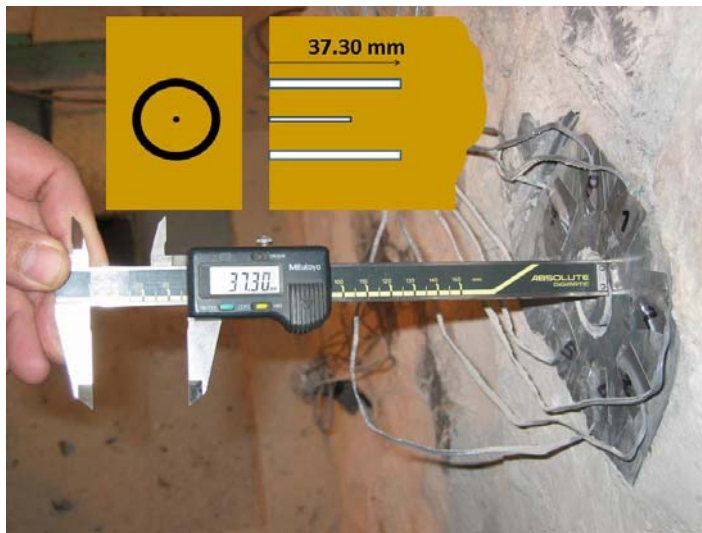
4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones:

Nada reseñable

4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.

Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²: 72 horas

4.4 Ejecución del taladro.



Fotografías del proceso de ejecución.

Recomendaciones:

- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.
- Uso de nivel para controlar la horizontalidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por T^a.

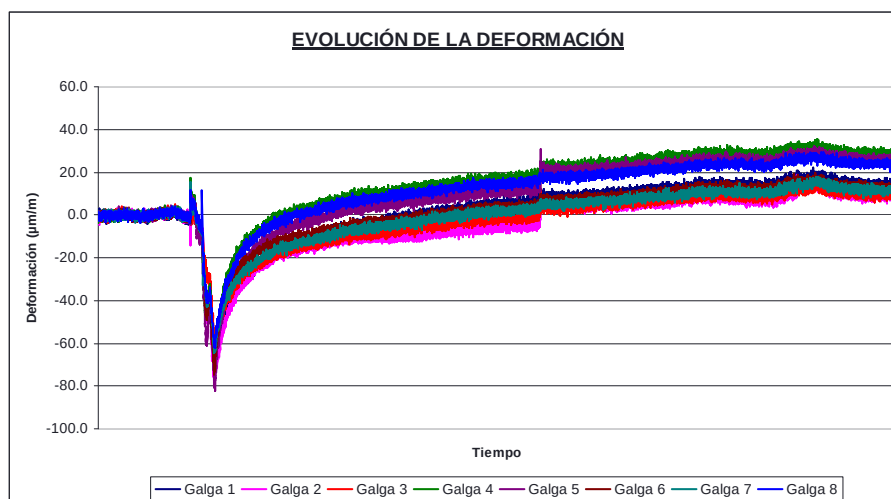
Controlar la profundidad del taladrado (al menos 0.4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.

5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm^2):

-3.00^{3,4}



Gráfica de la evolución de las deformaciones registradas



Detalle del emplazamiento del ensayo HDM4 una vez finalizado

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial

Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

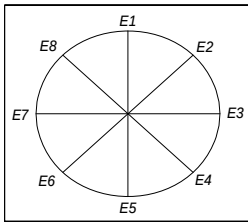
Firma

³ El signo - representa comportamiento a compresión.

⁴ Las características mecánicas empleadas han sido obtenidas mediante ensayos. Para una consulta de los mismos se remite al lector al Anexo 7.



ANEXO 1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE HOLE DRILLING



Código: Lab0822
Referencia: HDM4 en Mampostería ensayada en LABEST-UC
Fecha: 24/10/2008

En esta hoja se obtiene, para cada una de las combinaciones de galgas, la tensión principal máxima, la mínima y la dirección (ángulo existente horario) entre la tensión principal máxima con la dirección de la primera de las galgas de la combinación. Igualmente se estima a partir de los datos referidos la tensión vertical existente



Def. final tras taladrado ($\mu\text{m/m} = 10^{-6}\text{m/m}$)

Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
14.6	8.5	9.0	28.5	25.6	13.0	11.6	23.9

*El signo - representa comportamiento a compresión

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias < 5 $\mu\text{m/m}$

Módulo de Young (Mpa) = 36,589
Coef. Poisson = 0.32

d (cm) = 3.6
D (cm) = 8.8
Prof. Taladro (mm) = 37.3

a = 0.199
b = 0.484

$$A_t = -4 \left(\frac{1 + \nu}{2E} \right) a$$

$$B_t = -4 \left(\frac{1}{2E} \right) b$$

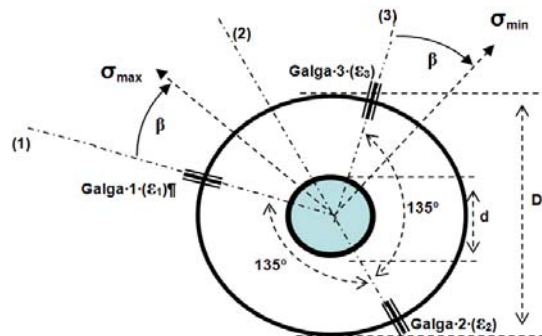
At =	-0.000014
Bt =	-0.000026

d/D	a	b
0.38	0.174	0.430
0.39	0.182	0.448
0.40	0.190	0.466
0.41	0.199	0.484
0.42	0.208	0.503
0.43	0.217	0.521

$$\sigma_{\max} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} - \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} + \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2}{\varepsilon_3 - \varepsilon_1} \right)$$



COMBINACIÓN 1	Ch1	E1 = 1.45616E-05	AUX1= -1.686	Tmax (N/mm2)=	-1.46
	Ch3	E3 = 9.03612E-06	AUX2= -0.231	Tmin (N/mm2)=	-1.92
	Ch6	E2 = 1.29637E-05		beta=	-79
				Tvert (N/mm2)=	-1.90
COMBINACIÓN 2	Ch2	E1 = 8.54631E-06	AUX1= -2.647	Tmax (N/mm2)=	-1.71
	Ch4	E3 = 2.85129E-05	AUX2= -0.937	Tmin (N/mm2)=	-3.58
	Ch7	E2 = 1.15546E-05		beta=	17
				Tvert (N/mm2)=	-3.17
COMBINACIÓN 3	Ch3	E1 = 9.03612E-06	AUX1= -2.471	Tmax (N/mm2)=	-1.66
	Ch5	E3 = 2.5563E-05	AUX2= -0.815	Tmin (N/mm2)=	-3.29
	Ch8	E2 = 2.39217E-05		beta=	-19
				Tvert (N/mm2)=	-3.12
COMBINACIÓN 4	Ch4	E1 = 2.85129E-05	AUX1= -2.963	Tmax (N/mm2)=	-2.2
	Ch6	E3 = 1.29637E-05	AUX2= -0.764	Tmin (N/mm2)=	-3.73
	Ch1	E2 = 1.45616E-05		beta=	71
				Tvert (N/mm2)=	-2.49
COMBINACIÓN 5	Ch5	E1 = 2.5563E-05	AUX1= -2.651	Tmax (N/mm2)=	-1.71
	Ch7	E3 = 1.15546E-05	AUX2= -0.94	Tmin (N/mm2)=	-3.59
	Ch2	E2 = 8.54631E-06		beta=	62
				Tvert (N/mm2)=	-3.18
COMBINACIÓN 6	Ch6	E1 = 1.29637E-05	AUX1= -2.635	Tmax (N/mm2)=	-1.8
	Ch8	E3 = 2.39217E-05	AUX2= -0.837	Tmin (N/mm2)=	-3.47
	Ch3	E2 = 9.03612E-06		beta=	30
				Tvert (N/mm2)=	-3.36
COMBINACIÓN 7	Ch7	E1 = 1.15546E-05	AUX1= -1.865	Tmax (N/mm2)=	-0.67
	Ch1	E3 = 1.45616E-05	AUX2= -1.194	Tmin (N/mm2)=	-3.06
	Ch4	E2 = 2.85129E-05		beta=	-42
				Tvert (N/mm2)=	-1.99
COMBINACIÓN 8	Ch8	E1 = 2.39217E-05	AUX1= -2.319	Tmax (N/mm2)=	-1.39
	Ch2	E3 = 8.54631E-06	AUX2= -0.93	Tmin (N/mm2)=	-3.25
	Ch5	E2 = 2.5563E-05		beta=	-65
				Tvert (N/mm2)=	-3.03

TENSIÓN VERTICAL = -3.00 N/mm2 (Compresión)

Comentarios:

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias inferiores a $\pm 5 \mu\text{m/m}$ durante los últimos minutos del ensayo. A su vez desde un punto de vista estadístico solo se tienen en cuenta las combinaciones 2, 3, 4, 5 y 8, dado que el nivel tensional vertical estimado presenta un coeficiente de variación del 9.68%.

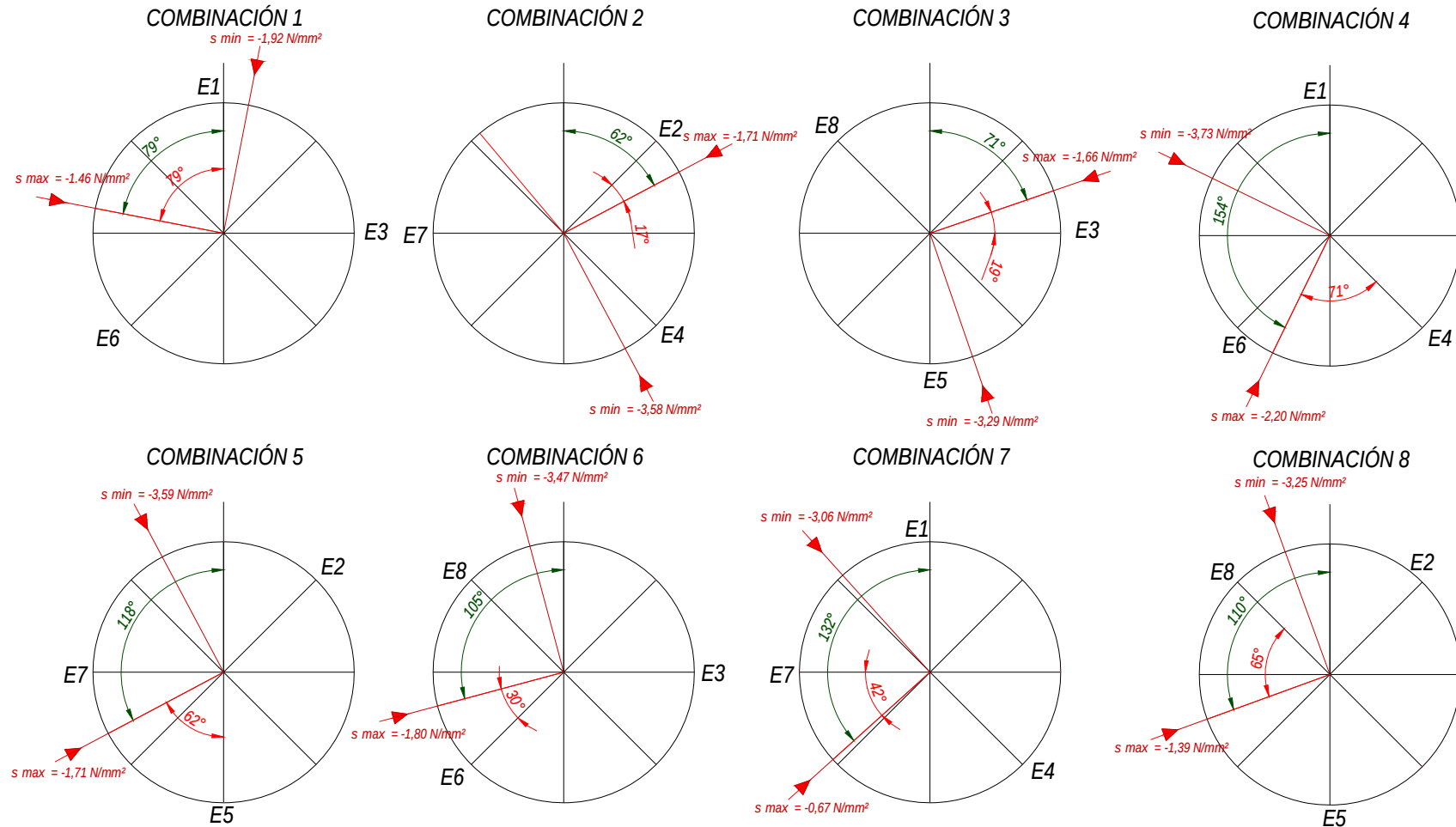

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING

Fecha: 23-10-2008

Ref.: Lab0822

CONSTRUCCIÓN: Muro de mampostería caliza (HDM3)

Pag 5 de 5



Representación, para cada combinación de galgas extensométricas, del valor de las tensiones principales máxima y mínima, σ_{max} y σ_{min} , y de sus direcciones.

14

ANEXO 7: OBTENCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS, E Y v , DE ALGUNA DE LAS ROCAS INVOLUCRADAS EN LOS ENSAYOS DE HOLE DRILLING REALIZADOS.

1.1 Obtención de las características mecánicas, E y v , de alguna de las rocas areniscas involucradas en los ensayos de hole drilling realizados._____ **1**

1.2 Obtención de las características mecánicas, E y v , de alguna de las rocas calizas involucradas en los ensayos de hole drilling realizados._____ **8**

14.1 Obtención de las características mecánicas, E y ν , de alguna de las rocas areniscas involucradas en los ensayos de hole drilling realizados.

En el presente anexo se presenta el procedimiento realizado para la obtención de las características mecánicas, módulo de deformación (E) y coeficiente de Poisson, de alguna de las piedras areniscas involucradas en los ensayos de hole drilling realizados.

Igualmente, con posterioridad, se presenta una ficha con el resumen de los resultados obtenidos en cada una de las probetas de arenisca ensayadas a compresión, con registro de la carga y de la deformación tanto vertical como horizontal. Dichos resultados se resumen en la Tabla A7.1.

Tabla A7.1: Resultados de los ensayos de compresión con registro de la carga y de la deformación, tanto vertical como horizontal, realizados sobre varias probetas de arenisca.

	Muro de sillería arenisca ensayado en laboratorio			
	HDS1	HDS2	HDS3	HDS5
Diámetro, D (cm)	8.00	8.00	8.00	8.00
Altura, H (cm)	16.00	16.00	16.00	16.00
Carga, P (ton)	14.20	19.80	16.00	18.60
H/D	2.00	2.00	2.00	2.00
R^{15}	1.000	1.000	1.000	1.000
σ (MPa)	28.25	39.39	31.83	37.00
E (Mpa)	6084.30	9176.90	8586.60	9098.90
ν	0.37	0.41	0.32	0.34
$\sigma_{Prromedio}$ (MPa)	34.12			
σ_{Desv_tipica} (MPa)	5.03			
σ_{Coef_Var} (%)	14.73%			
$E_{Prromedio}$ (MPa)	8236.68			
E_{Desv_tipica} (MPa)	1458.61			
E_{Coef_Var} (%)	17.71%			
$\nu_{Prromedio}$ (MPa)	0.36			
ν_{Desv_tipica} (MPa)	0.04			
ν_{Coef_Var} (%)	10.88%			

En la Fig. A7.1 se presenta una fotografía que ilustra el transporte de uno de los sillares de arenisca hasta el emplazamiento de extracción de testigos. Por su parte la Fig. A7.2 muestra la configuración general del proceso de perforación de probetas de arenisca, para lo cual se empleó un perforador Hilti dotado de una corona hueca de 80 mm de diámetro nominal interior. A su vez, en la Fig. A7.3, se ilustra un detalle tomado durante el proceso de perforación de una roca arenisca. Puede comprobarse como la dirección de la perforación es perpendicular a la realizada en el ensayo hole drilling correspondiente, con el objetivo de obtener las características mecánicas en la dirección vertical de dicho ensayo (dirección definida por las galgas 1 y 5).

¹⁵ Corrección por esbeltez de la probeta según UNE 83302:1984.



Fig. A7.1: Transporte de uno de los sillares de arenisca que contiene un ensayo de hole drilling, hasta el emplazamiento de extracción de testigos.

Fig. A7.2: Configuración general del proceso de perforación de probetas de arenisca.

Fig. A7.3: Detalle captado durante el proceso de perforación de una roca arenisca.

Las Fig. A7.4 y A7.5 muestran, respectivamente, el aspecto de dos sillares con las perforaciones realizadas, y una perspectiva general de las distintas probetas talladas a partir de los sillares.

De la misma forma, la Fig. A7.6 ofrece un instante captado durante el tallado de una de las probetas de arenisca para el posterior ensayo a compresión.



Fig. A7.4: Aspecto de dos sillares con las perforaciones realizadas.

Fig. A7.5: Detalle general de las distintas probetas talladas a partir de los sillares.

Fig. A7.6: Instante durante el tallado de una de las probetas de arenisca para el posterior ensayo a compresión.

Finalmente, se ilustran diferentes fases del pegado de las galgas extensométricas bidireccionales: En primer lugar se aprecia la disposición de la base de regularización (Fig. A7.7), a continuación el lijado de la misma (Fig. A7.8) y, finalmente, el pegado propiamente dicho de una galga (Fig. A7.9).



Fig. A7.7 - A7.9: Diferentes detalles del pegado de las galgas extensométricas bidireccionales. En primer lugar se aprecia la disposición de la base de regularización, a continuación el lijado de la misma y, finalmente, el pegado propiamente dicho de una galga.

Para la estimación de las resistencias mecánicas a compresión, se han seguido las regulaciones establecidas en la Norma UNE – EN 1926: “Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la resistencia a la compresión”. Se ha utilizado en la ejecución práctica del ensayo una prensa hidráulica de 150 toneladas de capacidad.

Investigación teórico – experimental sobre ensayos ligeramente destructivos (MDT) utilizados para la caracterización mecánica in situ de estructuras de fábrica del patrimonio construido

FECHA DE ENSAYO:	30-03-10	CÓDIGO:	HDS1
COMENTARIOS:	Ensayo de una probeta de arenisca a compresión para obtener el módulo de deformación y el coeficiente de Poisson. Dicha probeta fue obtenida por perforación en dirección perpendicular a la realización del hole drilling HDS1.		
Mód. Deformación, E (MPa):	6,084.3	Coef. Poisson, ν :	0.37

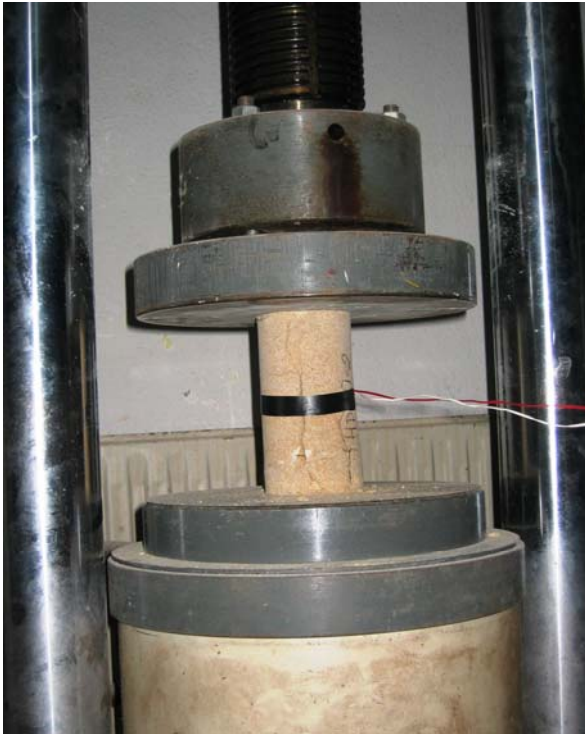
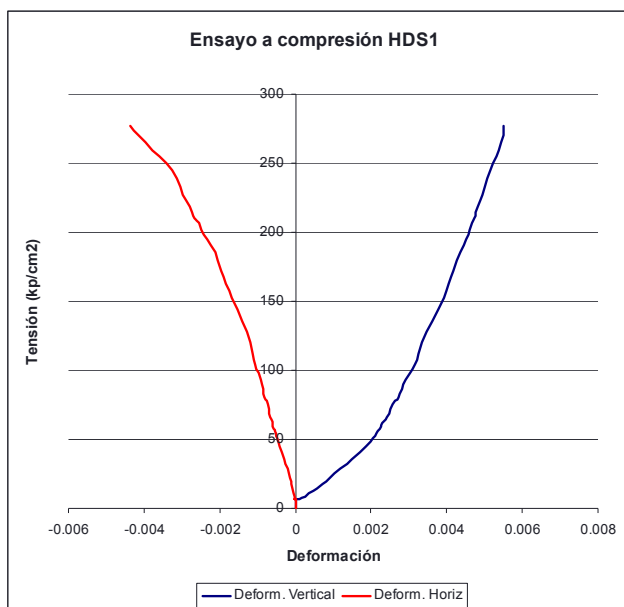


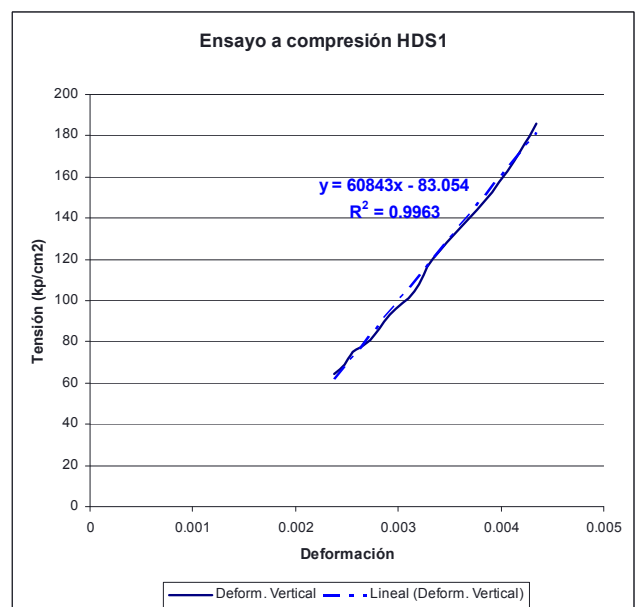
Imagen tomada durante el ensayo



Imagen de la probeta una vez colapsada



Ley tensión-deformación



Obtención del módulo de deformación mediante regresión lineal en la rama elástica

Investigación teórico – experimental sobre ensayos ligeramente destructivos (MDT) utilizados para la caracterización mecánica in situ de estructuras de fábrica del patrimonio construido

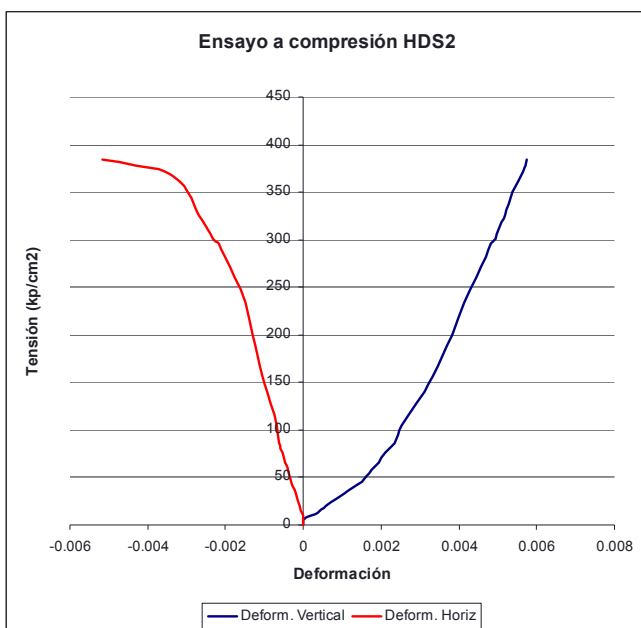
FECHA DE ENSAYO:	30-03-10	CÓDIGO:	HDS2
COMENTARIOS:	Ensayo de una probeta de arenisca a compresión para obtener el módulo de deformación y el coeficiente de Poisson. Dicha probeta fue obtenida por perforación en dirección perpendicular a la realización del hole drilling HDS2.		
Mód. Deformación, E (MPa):	9,176.9	Coef. Poisson, ν:	0.41



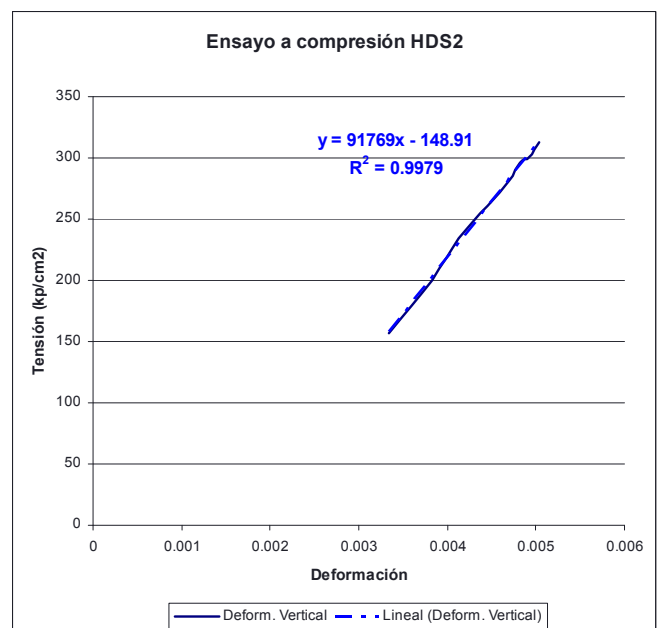
Imagen tomada durante el ensayo



Imagen de la probeta una vez colapsada



Ley tensión-deformación



Obtención del módulo de deformación mediante regresión lineal en la rama elástica

Investigación teórico – experimental sobre ensayos ligeramente destructivos (MDT) utilizados para la caracterización mecánica in situ de estructuras de fábrica del patrimonio construido

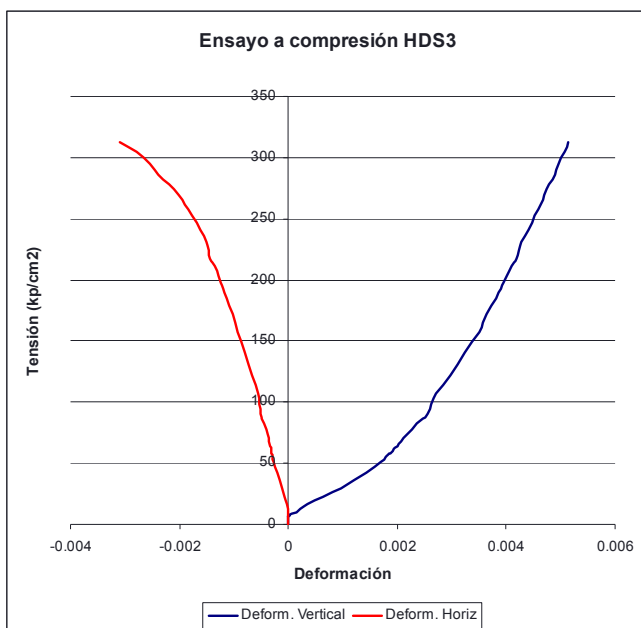
FECHA DE ENSAYO:	30-03-10	CÓDIGO:	HDS3
COMENTARIOS:	Ensayo de una probeta de arenisca a compresión para obtener el módulo de deformación y el coeficiente de Poisson. Dicha probeta fue obtenida por perforación en dirección perpendicular a la realización del hole drilling HDS3.		
Mód. Deformación, E (MPa):	8,586.6	Coef. Poisson, ν:	0.32



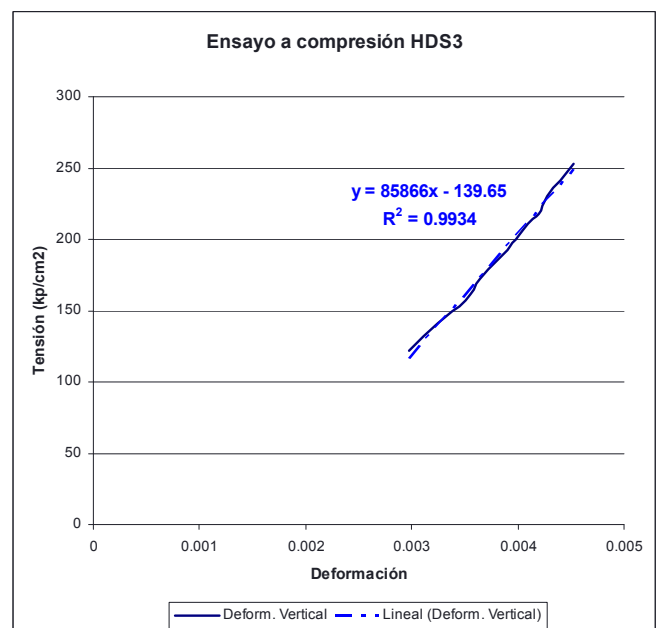
Imagen tomada durante el ensayo



Imagen de la probeta una vez colapsada



Ley tensión-deformación



Obtención del módulo de deformación mediante regresión lineal en la rama elástica

Investigación teórico – experimental sobre ensayos ligeramente destructivos (MDT) utilizados para la caracterización mecánica in situ de estructuras de fábrica del patrimonio construido

FECHA DE ENSAYO:	30-03-10	CÓDIGO:	HDS5
COMENTARIOS:	Ensayo de una probeta de arenisca a compresión para obtener el módulo de deformación y el coeficiente de Poisson. Dicha probeta fue obtenida por perforación en dirección perpendicular a la realización del hole drilling HDS5.		
Mód. Deformación, E (MPa):	9,098.9	Coef. Poisson, ν :	0.34

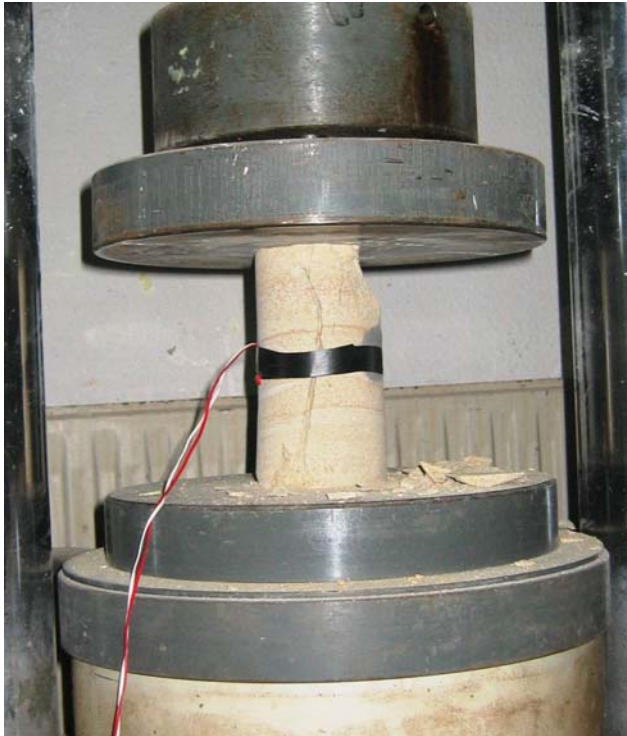


Imagen tomada durante el ensayo

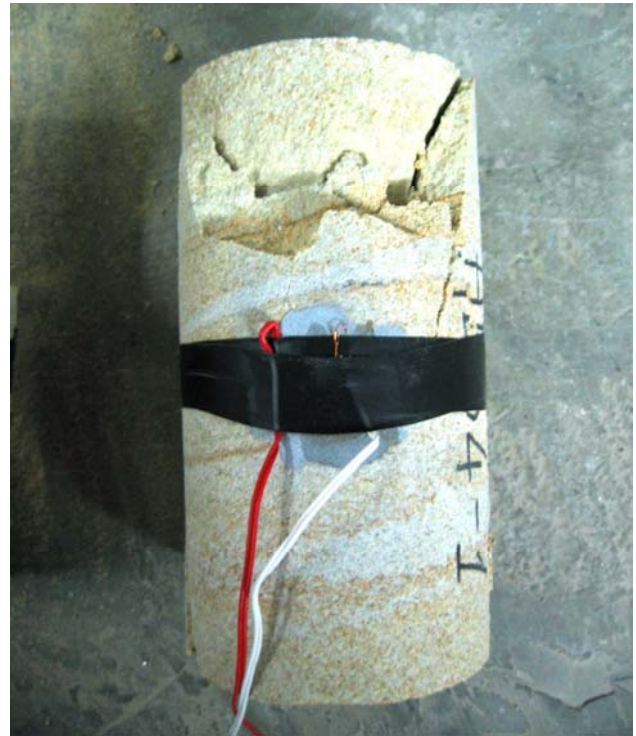
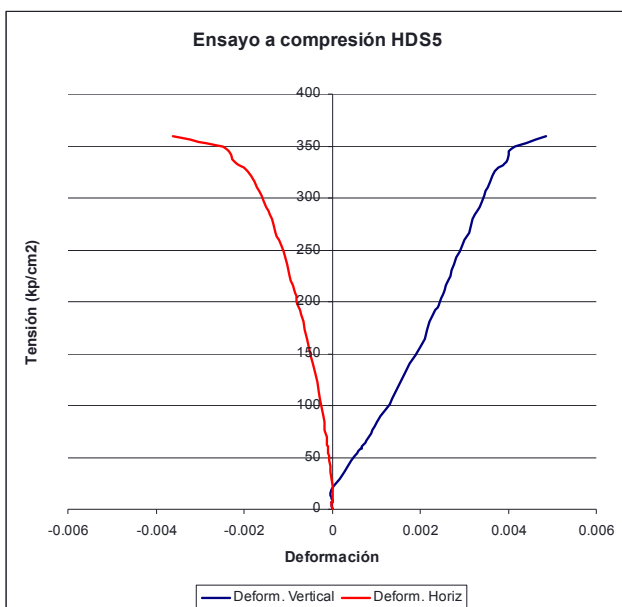
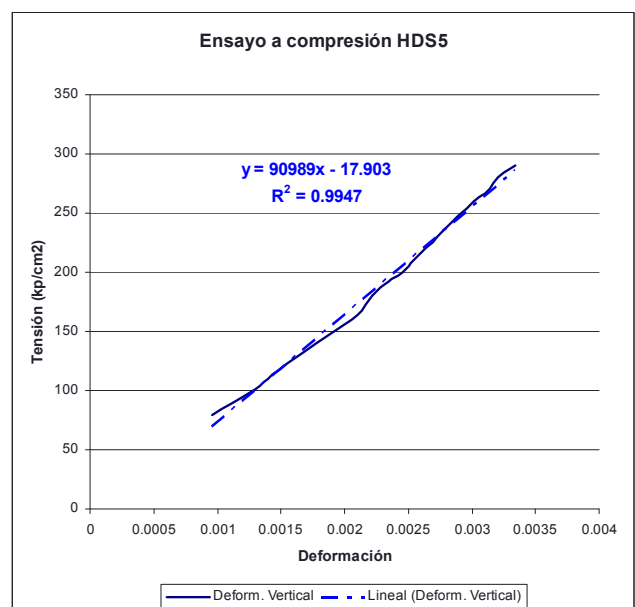


Imagen de la probeta una vez colapsada



Ley tensión-deformación



Obtención del módulo de deformación mediante regresión lineal en la rama elástica

14.2 Obtención de las características mecánicas, E y ν , de alguna de las rocas calizas involucradas en los ensayos de hole drilling realizados.

En el presente anexo se presenta el procedimiento realizado para la obtención de las características mecánicas, módulo de deformación (E) y coeficiente de Poisson (ν), de alguna de las piedras calizas involucradas en los ensayos de hole drilling realizados.

Igualmente, con posterioridad, se presenta una ficha con el resumen de los resultados obtenidos en cada una de las probetas de caliza ensayadas a compresión, con registro de la carga y de la deformación tanto vertical como horizontal. Dichos resultados se resumen en la Tabla A7.2.

Tabla A7.2: Resultados de los ensayos de compresión con registro de la carga y de la deformación, tanto vertical como horizontal, realizados sobre varias probetas de caliza.

	Muro de mampostería ensayado en laboratorio			Seminario Mayor de Comillas (España)	
	HDM0	HDM1	HDM3	HDCOMN	HDCOMW
Diámetro, D (cm)	4.07	4.07	4.07	4.07	4.07
Altura, H (cm)	5.20	7.30	8.00	5.00	8.00
Carga, P (ton)	11.80	9.20	9.10	6.80	8.60
H/D	1.28	1.79	1.97	1.23	1.97
R^{16}	0.942	0.983	0.998	0.935	0.998
σ (MPa)	85.47	69.53	69.78	48.85	65.94
E (Mpa)	9369.90	33218.20	67180.20	27930.80	25437.30
ν	0.37	0.26	0.34	0.31	0.30
$\sigma_{Prromedio}$ (MPa)	74.93			57.40	
σ_{Desv_tipica} (MPa)	9.14			12.09	
σ_{Coef_Var} (%)	12.19%			21.06%	
$E_{Prromedio}$ (MPa)	36589.43			26684.05	
E_{Desv_tipica} (MPa)	29052.22			1763.17	
E_{Coef_Var} (%)	79.40%			6.61%	
$\nu_{Prromedio}$ (MPa)	0.32			0.31	
ν_{Desv_tipica} (MPa)	0.06			0.01	
ν_{Coef_Var} (%)	17.59%			2.32%	

En la Fig. A7.10 se presenta una fotografía que ilustra la disposición de un mampuesto de roca caliza previamente a la extracción de las probetas. Por su parte la Fig. A7.11 muestra la configuración general del proceso de perforación de probetas de caliza, para lo cuál se empleó un perforador Hilti dotado de una corona hueca de 40 mm de diámetro nominal interior.

¹⁶ Corrección por esbeltez de la probeta según UNE 83302:1984.

Investigación teórico – experimental sobre ensayos ligeramente destructivos (MDT) utilizados para la caracterización mecánica *in situ* de estructuras de fábrica del patrimonio construido



Fig. A7.10: Detalle de la disposición de un mampuesto de roca caliza previamente a la extracción de las probetas.

Fig. A7.11: Configuración general del proceso de perforación de probetas de caliza.

En las Fig. A7.12 - A7.14, se ilustran varios instantes tomados durante el proceso de perforación de rocas calizas. Puede comprobarse como la dirección de la perforación es perpendicular a la realizada en el ensayo hole drilling correspondiente, con el objetivo de obtener las características mecánicas en la dirección vertical de dicho ensayo (dirección definida por las galgas 1 y 5).



Fig. A7.12 - A7.14: Detalles captados durante el proceso de perforación de dos de las rocas calizas.

La Fig. A7.15 muestra una perspectiva general de las distintas probetas talladas a partir de los mampuestos calizos.



Investigación teórico – experimental sobre ensayos ligeramente destructivos (MDT) utilizados para la caracterización mecánica in situ de estructuras de fábrica del patrimonio construido

Fig. A7.15: Detalle general de las distintas probetas talladas a partir de los mampuestos calizos.

De la misma forma, las Fig. A7.16 - A7.17 ofrecen sendos instantes captados durante el tallado de una de las probetas de caliza para el posterior ensayo a compresión.



Fig. A7.16 y A7.17: Instantes durante el tallado de una de las probetas de caliza para el posterior ensayo a compresión.

Finalmente, se ilustran diferentes fases del pegado de las galgas extensométricas bidireccionales: En primer lugar se aprecia la disposición de la base de regularización (Fig. A7.18), a continuación el lijado de la misma (Fig. A7.19) y, finalmente, el pegado propiamente dicho de una galga (Fig. A7.20 y A7.21).



Fig. A7.18 - A7.20: Diferentes detalles del pegado de las galgas extensométricas bidireccionales. En primer lugar se aprecia la disposición de la base de regularización, a continuación el lijado de la misma y, finalmente, el pegado propiamente dicho de una galga.

Por su parte, la Fig. A7.22 ilustra varias probetas de roca caliza preparadas para la estimación de las resistencias mecánicas a compresión, para lo cuál se han seguido las regulaciones establecidas en la Norma UNE – EN 1926: “Métodos de ensayo para piedra natural. Determinación de la resistencia a la compresión”. Se ha utilizado en la ejecución práctica del ensayo una prensa hidráulica de 150 toneladas de capacidad.

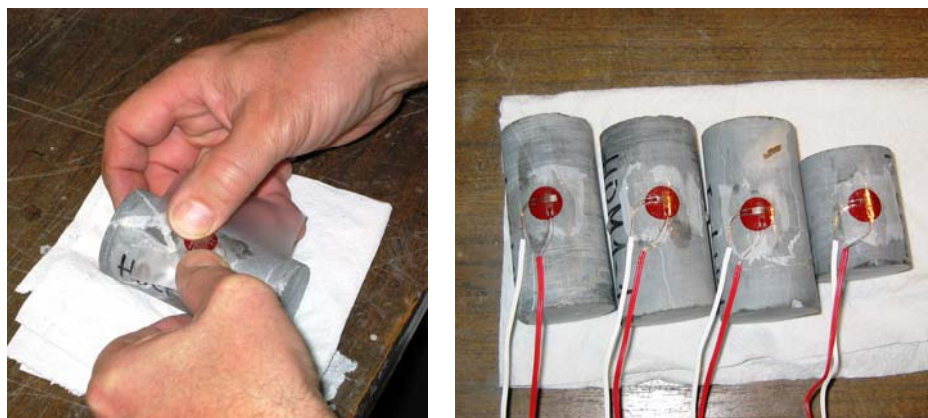


Fig. A7.21: Fijación de una galga extensométrica sobre una probeta de roca caliza.

Fig. A7.22: Detalle de varias probetas de roca caliza preparadas para el ensayo a compresión.

Investigación teórico – experimental sobre ensayos ligeramente destructivos (MDT) utilizados para la caracterización mecánica in situ de estructuras de fábrica del patrimonio construido

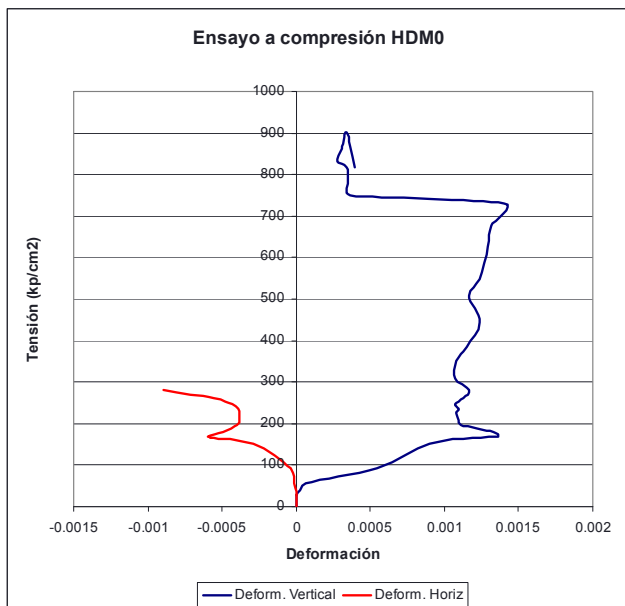
FECHA DE ENSAYO:	30-03-10	CÓDIGO:	HDM0
COMENTARIOS:	Ensayo de una probeta de caliza, a compresión, para obtener el módulo de deformación y el coeficiente de Poisson. Dicha probeta fue obtenida por perforación en dirección perpendicular a la realización del hole drilling HDM0.		
Mód. Deformación, E (MPa):	9,369.9	Coef. Poisson, ν:	0.37



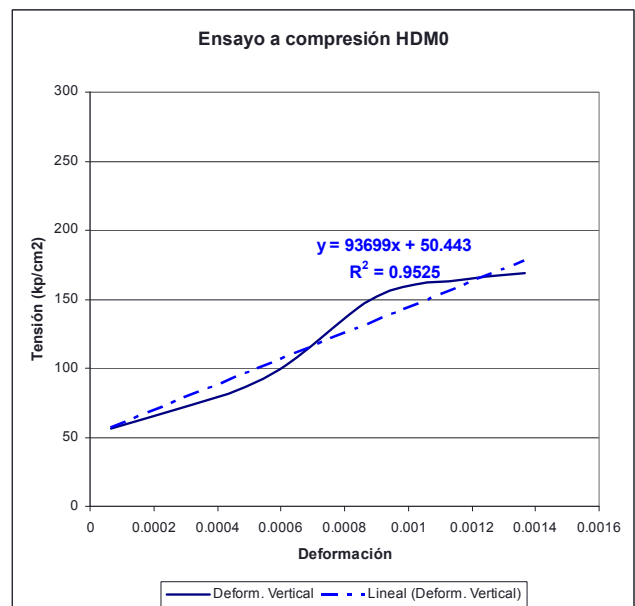
Imagen tomada durante el ensayo



Imagen de la probeta una vez colapsada



Ley tensión-deformación



Obtención del módulo de deformación mediante regresión lineal en la rama elástica

Investigación teórico – experimental sobre ensayos ligeramente destructivos (MDT) utilizados para la caracterización mecánica in situ de estructuras de fábrica del patrimonio construido

FECHA DE ENSAYO:	30-03-10	CÓDIGO:	HDM1
COMENTARIOS:	Ensayo de una probeta de caliza, a compresión, para obtener el módulo de deformación y el coeficiente de Poisson. Dicha probeta fue obtenida por perforación en dirección perpendicular a la realización del hole drilling HDM1.		
Mód. Deformación, E (MPa):	33,218.2	Coef. Poisson, v:	0.26

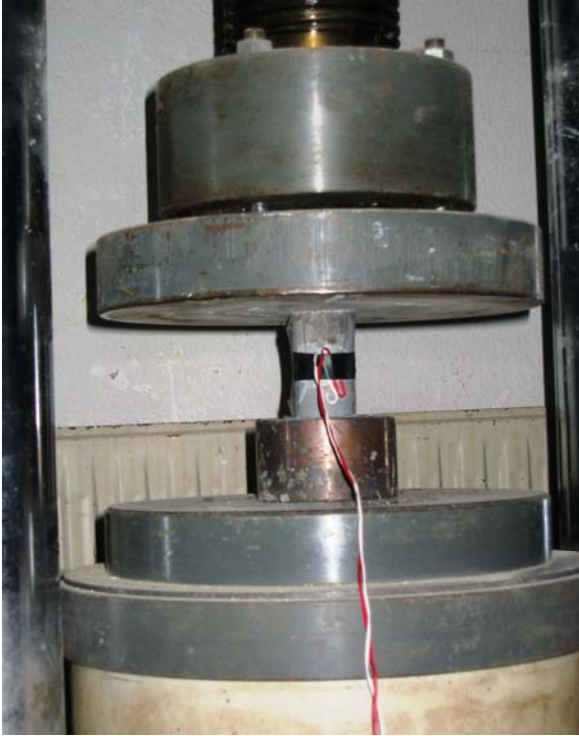
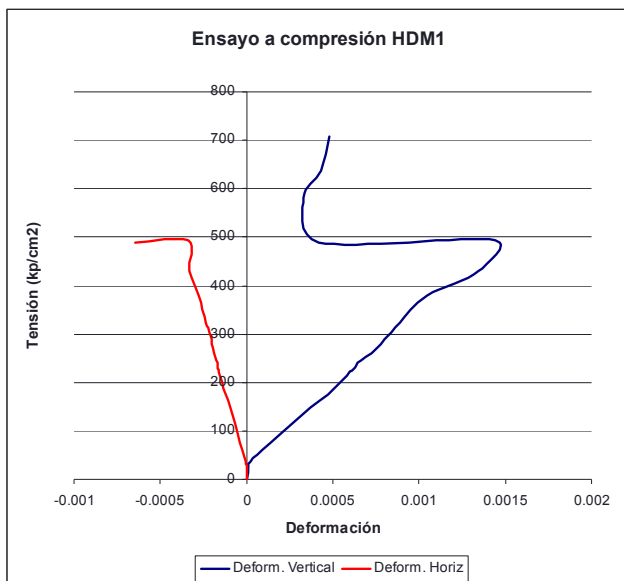


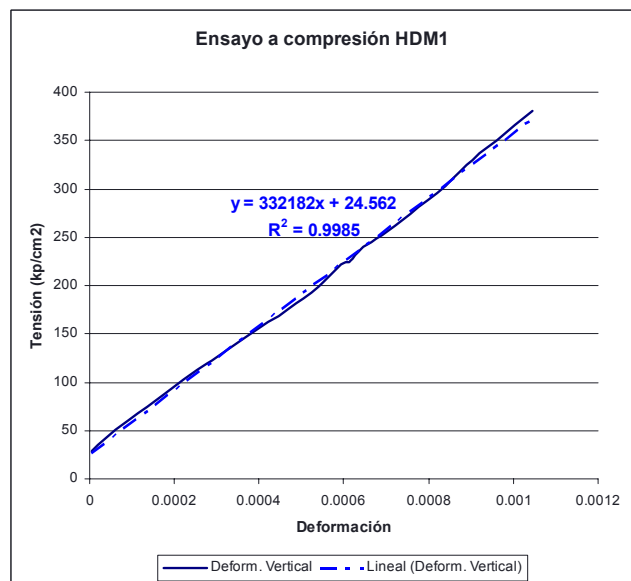
Imagen tomada durante el ensayo



Imagen de la probeta una vez colapsada



Ley tensión-deformación



Obtención del módulo de deformación mediante regresión lineal en la rama elástica

Investigación teórico – experimental sobre ensayos ligeramente destructivos (MDT) utilizados para la caracterización mecánica in situ de estructuras de fábrica del patrimonio construido

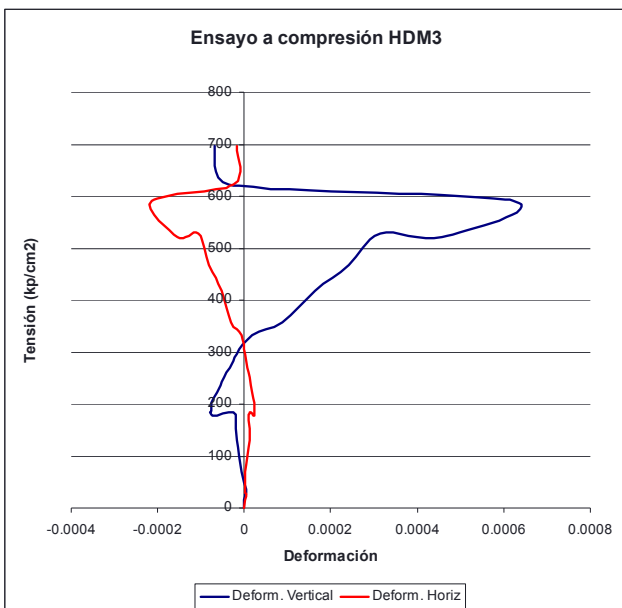
FECHA DE ENSAYO:	30-03-10	CÓDIGO:	HDM3
COMENTARIOS:	Ensayo de una probeta de caliza, a compresión, para obtener el módulo de deformación y el coeficiente de Poisson. Dicha probeta fue obtenida por perforación en dirección perpendicular a la realización del hole drilling HDM3.		
Mód. Deformación, E (MPa):	67,180.2	Coef. Poisson, ν :	0.34



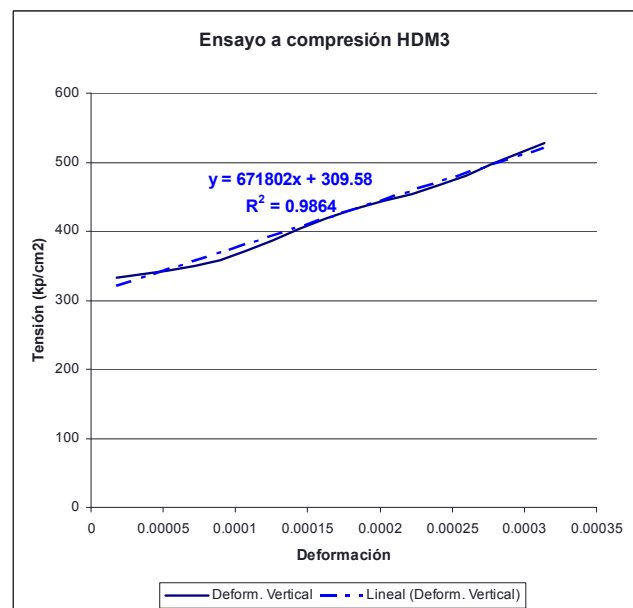
Imagen tomada durante el ensayo



Imagen de la probeta una vez colapsada



Ley tensión-deformación



Obtención del módulo de deformación mediante regresión lineal en la rama elástica

Investigación teórico – experimental sobre ensayos ligeramente destructivos (MDT) utilizados para la caracterización mecánica in situ de estructuras de fábrica del patrimonio construido

FECHA DE ENSAYO:	30-03-10	CÓDIGO:	HDCOMN
COMENTARIOS:	Ensayo de una probeta de caliza, a compresión, para obtener el módulo de deformación y el coeficiente de Poisson. Dicha probeta fue obtenida por perforación en dirección perpendicular a la realización del hole drilling HDCOMN.		
Mód. Deformación, E (MPa):	27,930.8	Coef. Poisson, ν :	0.31



Imagen tomada durante el ensayo

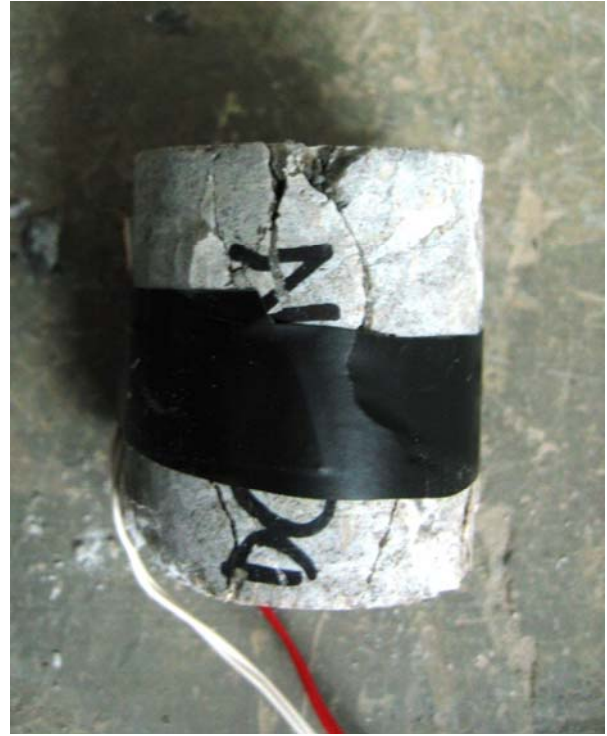
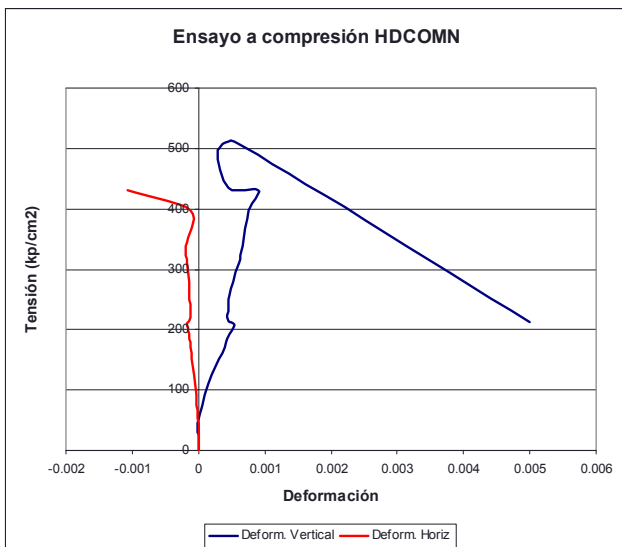
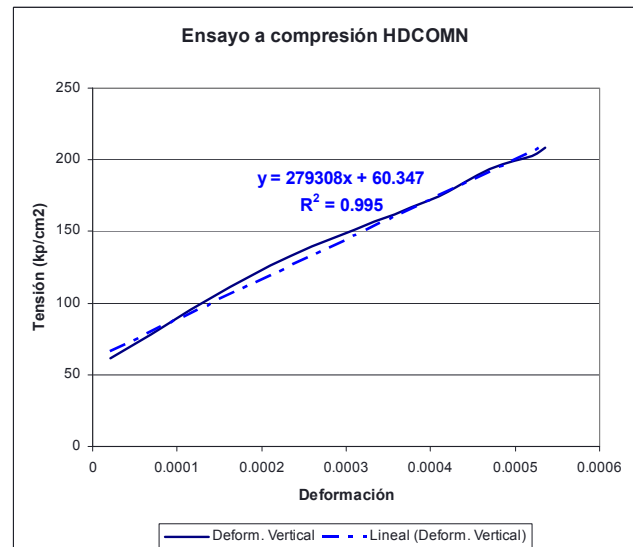


Imagen de la probeta una vez colapsada



Ley tensión-deformación



Obtención del módulo de deformación mediante regresión lineal en la rama elástica

Investigación teórico – experimental sobre ensayos ligeramente destructivos (MDT) utilizados para la caracterización mecánica in situ de estructuras de fábrica del patrimonio construido

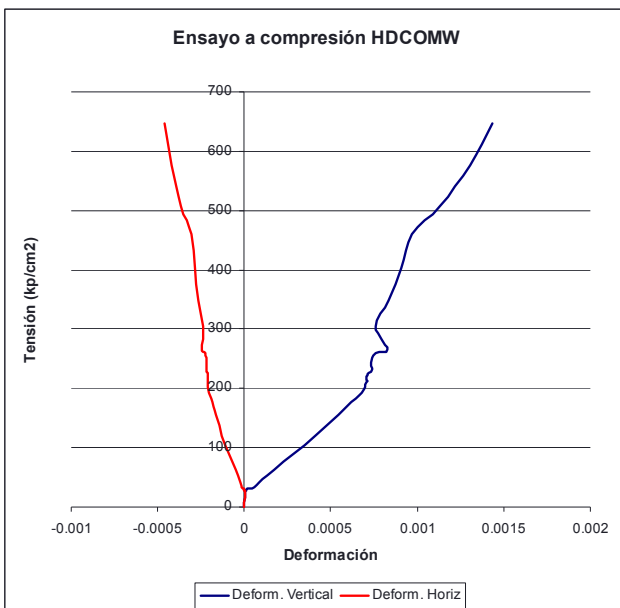
FECHA DE ENSAYO:	30-03-10	CÓDIGO:	HDCOMW
COMENTARIOS:	Ensayo de una probeta de caliza, a compresión, para obtener el módulo de deformación y el coeficiente de Poisson. Dicha probeta fue obtenida por perforación en dirección perpendicular a la realización del hole drilling HDCOMW.		
Mód. Deformación, E (MPa):	25,437.3	Coef. Poisson, ν :	0.30



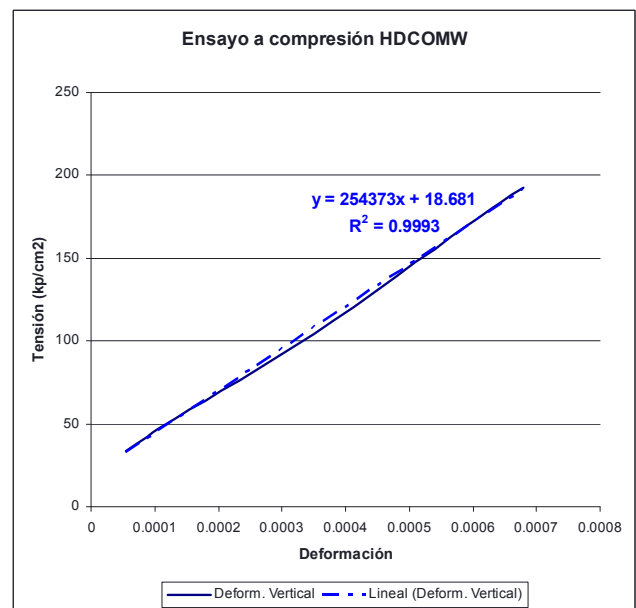
Imagen tomada durante el ensayo



Imagen de la probeta una vez colapsada



Ley tensión-deformación



Obtención del módulo de deformación mediante regresión lineal en la rama elástica

15

ANEXO 8: REGISTRO DE LOS ENSAYOS DE GATO PLANO REALIZADOS EN LABORATORIO SOBRE EL MURO DE MAMPOSTERÍA.

- 15.1 Registro del ensayo GPM1-Simple (Lab0823).**
- 15.2 Registro del ensayo GPM1-Doble (Lab0824).**

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04	Fecha: 27-10-08
		Ref.: Lab0823
	CONSTRUCCIÓN: Muro de mampostería caliza (GPM1-Simple)	Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (peticionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 28-12-2007

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de mampostería está construido a base una hoja de piedra caliza. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,20 x 1,60 x 0,31 m (ancho x alto x espesor).

Los mampuestos de piedra caliza presentan una dimensión variable.

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-20 tipo b, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento, 2 partes de cal y 10 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 370 kp con un coeficiente de variación de 32,23%, y una resistencia a compresión promedio de 4.73 N/mm² con un coeficiente de variación de 52.65%. Dichos ensayos fueron realizados los días 29-05-08, 06-06-08 y 12-06-08 sobre probetas elaboradas el 28-12-07.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

El elemento estructural a ensayar es un muro de mampostería caliza aparejada con un mortero bastardo de cal y cemento.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 1 gato plano semioval.

Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.

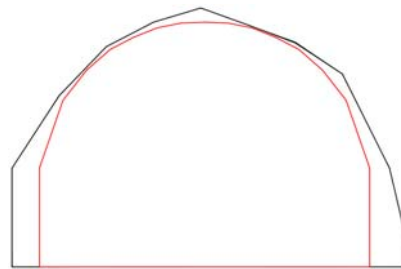
	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04	Fecha: 27-10-08
		Ref.: Lab0823
	CONSTRUCCIÓN: Muro de mampostería caliza (GPM1-Simple)	Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

Colocación de puntos de control	Apertura de roza	Instante del ensayo
		

5. Tensión de compresión y su cálculo:

Factor de calibración K_m :		0.95	
Superficie del gato plano (cm^2):	778.56	Factor de calibración K_a :	0.874
Superficie de la roza (cm^2):	890.50		
Valor de la tensión de compresión (se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)			2.12 N/mm ²
Observaciones:			



En base al área obtenida para la roza ejecutada y conociendo la geometría del gato plano empleado en el ensayo (Semioval 350x260x3.5mm), es posible obtener la relación geométrica ($K_{gato-roza}$) existente entre el área de la roza y la superficie del gato plano, en este caso alcanza un valor de 0.874.

6. Personal:

Técnico Principal: Ignacio Lombillo <i>Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos</i>  Firma	Técnico Asistente: Jorge Elices <i>Ingeniero Técnico Industrial</i>  Firma	Director del Lab. de Edificación: Luis Villegas <i>Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos</i>  Firma



ANEXO 1: ESTIMACIÓN DEL NIVEL TENSIONAL MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO SIMPLE

Norma: ASTM-C 1196
Ensayo: Lab0823

Ubicación: Laboratorio GTED
Fecha: 27/10/2008
Colocación: Mampostería de caliza y mortero de cal
Empresa: GTED-UC

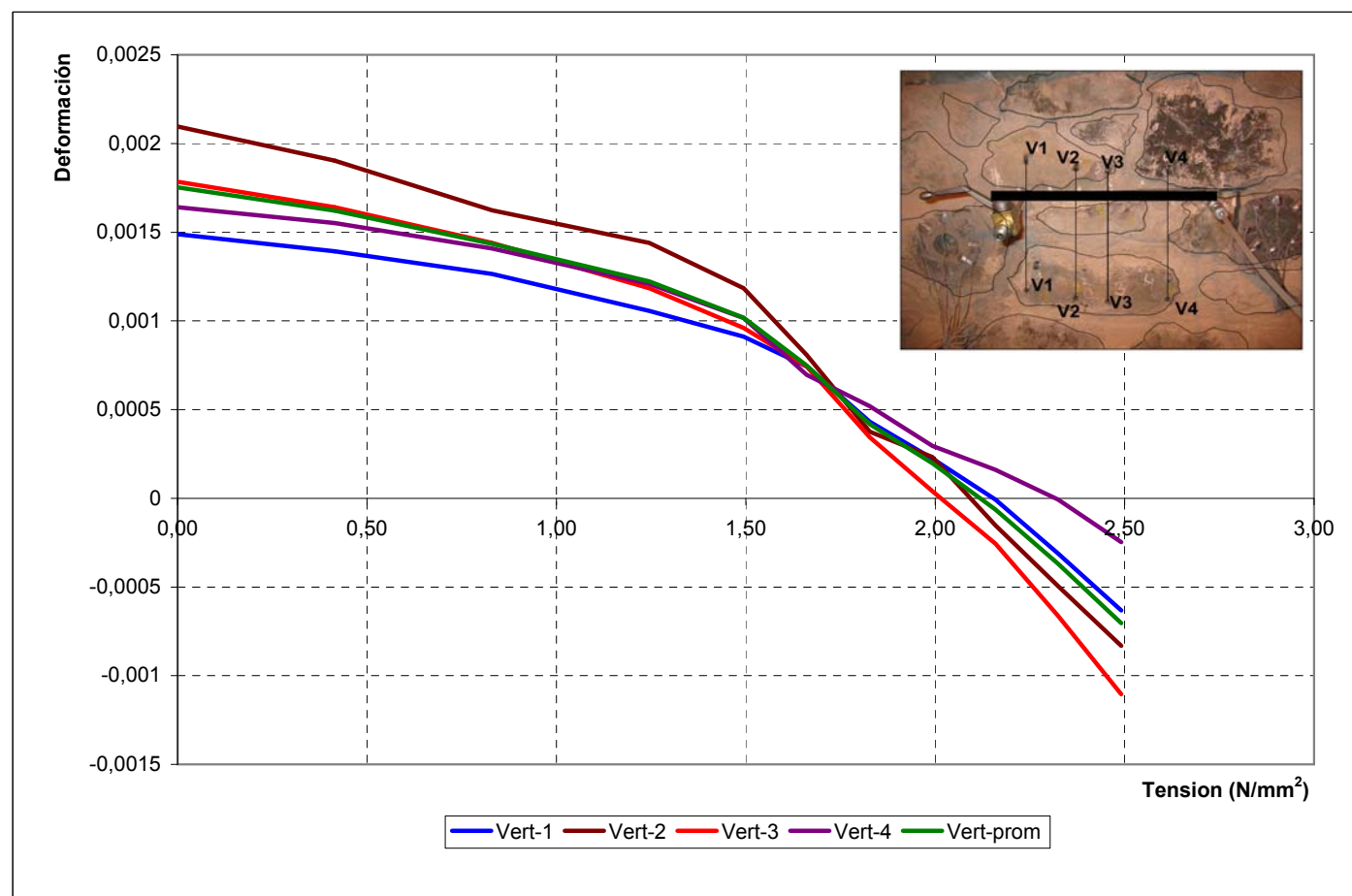
Dimensiones del gato: Semioval 350x260x3,5 mm
Ref. del gato: 1

Km: 0,95
Ka: 0,874



Fotografía del ensayo

		Curva tensión - deformación						
P. Bomba (kg/cm2)	Comentarios	P. corregida (N/mm2)	P.corregida (N/mm2)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	Def Vert mean (abs.)
0	Antes roza	0	0,000	0	0	0	0	0
0	Tras roza	0	0,000	0,001448	0,002016	0,001776	0,00112	0,001590
10		0,8303	0,830	0,001192	0,00172	0,001392	0,000832	0,001284
0		0	0,000	0,001488	0,002096	0,001784	0,00164	0,001752
5		0,41515	0,415	0,001392	0,001904	0,00164	0,001552	0,001622
10		0,8303	0,830	0,001264	0,001624	0,00144	0,001408	0,001434
15		1,24545	1,245	0,001056	0,00144	0,001184	0,001208	0,001222
18		1,49454	1,495	0,000912	0,001184	0,00096	0,001016	0,001018
20		1,6606	1,661	0,000744	0,000808	0,000744	0,000696	0,000748
22		1,82666	1,827	0,000432	0,000376	0,000344	0,00052	0,000418
24		1,99272	1,993	0,000224	0,000232	0,00004	0,000296	0,000198
26		2,15878	2,159	-8E-06	-0,000152	-0,000256	0,00016	-0,000064
28		2,32484	2,325	-0,000312	-0,000496	-0,000664	-8E-06	-0,000370
30		2,4909	2,491	-0,000632	-0,000832	-0,001104	-0,000248	-0,000704



Nivel tensional existente en el elemento estructural (MPa):

2,12

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04		Fecha: 28-10-08
	CONSTRUCCIÓN: Muro de mampostería caliza (GPM1-Doble)		Ref.: Lab0824
			Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DE LA DEFORMABILIDAD DE FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo. Estimación de la deformabilidad de un muro de mampostería construido en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad de Cantabria.

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 28-12-2007

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de mampostería esta construido a base una hoja de piedra caliza. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,20 x 1,60 x 0,31 m (ancho x alto x espesor).

Los mampuestos de piedra caliza presentan una dimensión variable.

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-20 tipo b, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento, 2 partes de cal y 10 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 370 kp con un coeficiente de variación de 32,23%, y una resistencia a compresión promedio de 4.73 N/mm² con un coeficiente de variación de 52.65%. Dichos ensayos fueron realizados los días 29-05-08, 06-06-08 y 12-06-08 sobre probetas elaboradas el 28-12-07.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

El elemento estructural a ensayar es un muro de mampostería caliza aparejada con un mortero bastardo de cal y cemento.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 2 gatos planos semiovais.

Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia. La distancia entre los puntos de control verticales fue de 200 mm.

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04		Fecha: 28-10-08
	CONSTRUCCIÓN: Muro de mampostería caliza (GPM1-Doble)		Ref.: Lab0824
			Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

Puntos de control	Apertura de roza	Instante del ensayo
		

5. Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson:

(Se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

Factor de calibración K_m : 0.95

Superficie del gato plano superior (cm^2): 778.56

Superficie de la roza superior (cm^2): 890.50

Superficie del gato plano inferior (cm^2): 778.56

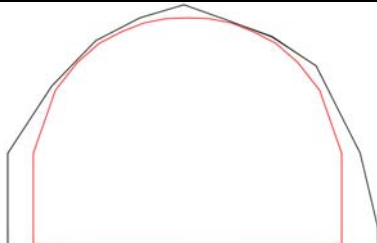
Superficie de la roza inferior (cm^2): 1,039.75

Factor de calibración K_a : 0.812

Módulo de elasticidad (E): 3,092.62 N/mm²

Coeficiente de Poisson (v): 0.14

Observaciones:



Gato plano superior



Gato plano inferior

El módulo de elasticidad, E, es el módulo secante promedio, sin tener en cuenta el punto de control nº 1 dado su comportamiento discordante del resto, obtenido en el ciclo 1 para un valor de tensión de 8 Kp/cm², en el ciclo 2 para un valor de tensión de 8 Kp/cm² y en el ciclo 3 para un valor de tensión de 10 Kp/cm².

Por su parte el coeficiente de poisson representa, para los ciclos 2 y 3 (no se ha tenido en cuenta para el ciclo 1 dado que los resultados no eran coherentes, el muro experimentaba acortamientos en sentido horizontal, probablemente debido al reducido nivel de tensión existente), la relación entre las deformaciones promedio horizontal y vertical registradas por los puntos de control, en los mismos intervalos de tensión para el cuál fue obtenido el módulo de elasticidad secante.

De forma que, en función del factor de corrección geométrico empleado, las características mecánicas estimadas son las que figuran a continuación:

	K_a	K_m	v_{exp}	E_{exp} (N/mm ²)
$K_{gato-roza}$	0.812	0.95	-0.14	3,092.62
$K_{contacto-gato}$	0.415	0.95	-0.14	1,580.59
$K_{contacto-roza}$	0.311	0.95	-0.14	1,184.49

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma



ANEXO 1: DETERMINACION DE PROPIEDADES DE DEFORMACION MEDIANTE GATOS PLANOS

Norma: ASTM-C 1197
Ensayo: Lab0824

Ubicación: Laboratorio GTED
Fecha: 28/10/2008
Colocación: Mampostería caliza en laboratorio
Empresa: GTED-UC

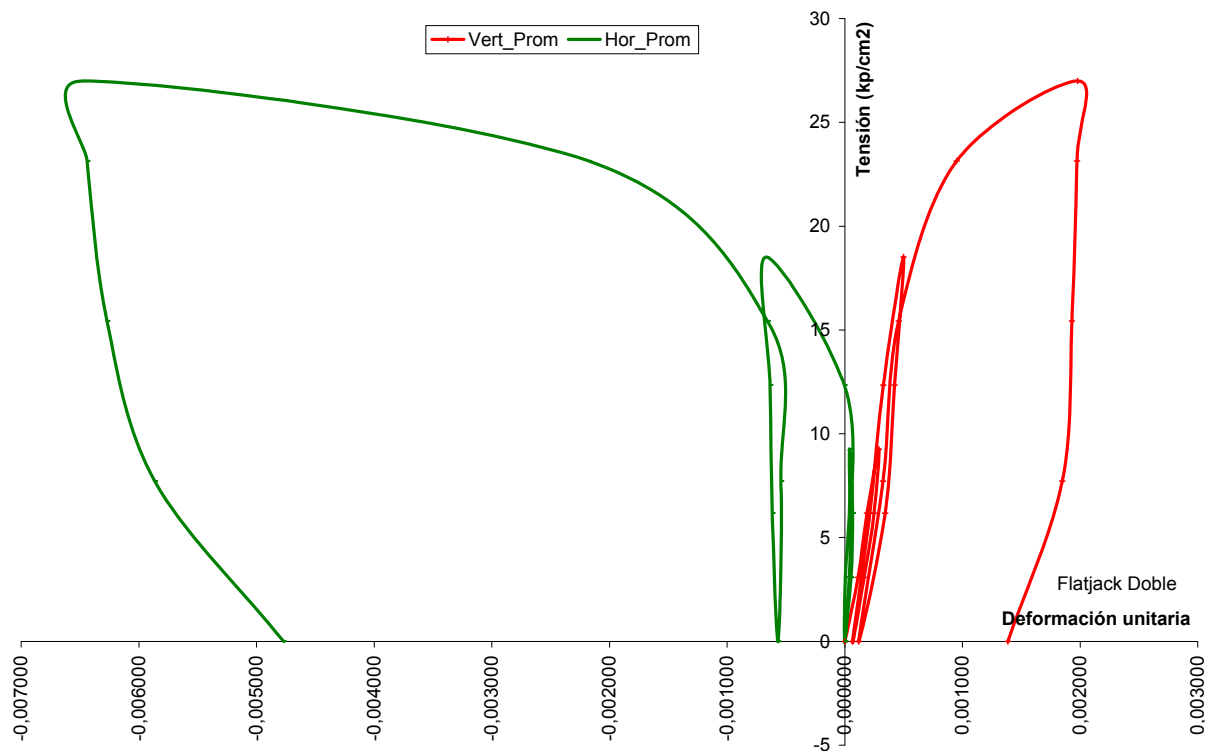
Dimensiones del gato: Semioval 350x260x3,5 mm
Ref. del gato superior: 1
Ref. del gato inferior: 2

Km: 0,95
Ka: 0,812



Fotografía del ensayo

P. Bomba (kg/cm2)	Curva tensión-deformación					Def5 (abs.)	Def6 (abs.)	Def Vert mean (abs.)	Def Horiz mean (abs.)
	P. corregida (kg/cm2)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)				
0	0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
20	15,428	0,000056	0,000592	0,000664	0,000624	-0,000152	-0,002128	0,000484	-0,001140
0	0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
4	3,0856	0,000008	0,000128	0,000128	0,000184	0,000064	0,000040	0,000112	0,000052
8	6,1712	0,000032	0,000240	0,000240	0,000248	0,000096	0,000040	0,000190	0,000068
12	9,2568	0,000032	0,000344	0,000328	0,000456	0,000096	-0,000016	0,000290	0,000040
8	6,1712	0,000032	0,000296	0,000304	0,000360	0,000104	-0,000024	0,000248	0,00004
4	3,0856	0,000016	0,000200	0,000176	0,000264	0,000064	-0,000056	0,000164	4E-06
0	0	0,000000	0,000032	0,000032	0,000208	0,000000	0,000000	0,000068	0
8	6,1712	0,000032	0,000240	0,000264	0,000320	0,000096	0,000016	0,000214	5,6E-05
16	12,3424	0,000040	0,000408	0,000384	0,000480	0,000072	-0,000080	0,000328	-4E-06
24	18,5136	0,000048	0,000608	0,000664	0,000672	-0,000176	-0,001160	0,000498	-0,000668
16	12,3424	0,000040	0,000544	0,000600	0,000512	-0,000136	-0,001136	0,000424	-0,000636
8	6,1712	0,000032	0,000432	0,000496	0,000416	-0,000096	-0,001136	0,000344	-0,000616
0	0	-0,000008	0,000096	0,000168	0,000216	-0,000152	-0,000984	0,000118	-0,000568
10	7,714	0,000032	0,000384	0,000456	0,000424	-0,000080	-0,001008	0,000324	-0,000544
20	15,428	0,000048	0,000536	0,000600	0,000648	-0,000152	-0,001160	0,000458	-0,000656
30	23,142	0,000056	0,001032	0,001392	0,001320	-0,001192	-0,003160	0,000950	-0,002176
35	26,999	-0,000016	0,001952	0,003520	0,002464	-0,004912	-0,008048	0,001980	-0,00648
30	23,142	-0,000024	0,001944	0,003512	0,002464	-0,004856	-0,008024	0,001974	-0,00644
20	15,428	-0,000032	0,001864	0,003424	0,002464	-0,004656	-0,007888	0,001930	-0,006272
10	7,714	-0,000040	0,001768	0,003208	0,002464	-0,004168	-0,007560	0,001850	-0,005864
0	0	-0,000040	0,001184	0,002280	0,002120	-0,002864	-0,006672	0,001386	-0,004768



	Módulo de elasticidad (kp/cm2)					Coef. Poisson
	Pto control 1	Pto control 2	Pto control 3	Pto control 4	E medio	
Ciclo1	192.850	25.713	25.713	24.884	25.437	-
Ciclo2	192.850	29.669	26.600	55.100	37.123	-0,02
Ciclo3	192.850	26.785	26.785	37.087	30.219	-0,26

16

ANEXO 9: LADRILLOS CERÁMICOS CARA VISTA (TEJERÍAS “LA COVADONGA”) EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL MURO DE LADRILLO.

**MARCA AENOR PARA
LADRILLOS CERÁMICOS CARA VISTA**

FABRICANTE: TEJERIAS LA COVADONGA S.A.

LOCALIDAD: MURIEDAS (CANTABRIA)

FICHA DE CARACTERISTICAS TECNICAS

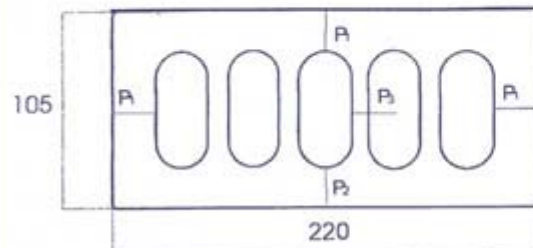
AENOR



Producto
Certificado

Fecha 08-11-01

Nº
1.801-2



Cotas en mm

Visto bueno de la Secretaría del
AEN-CTC 034

NOMBRE DEL PRODUCTO: Ladrillo PV R-500 de 220 x 105 x 48 UNE 67019

MODELOS: KLINKER COVADONGA VIDRIADO

COLORACION EN MASA: Rojo

CARACTERISTICAS TECNICAS				Valores garantizados por el fabricante	Valores exigidos por la Marca
EXFOLIACIONES Y LAMINACIONES				Ninguna	Ninguna
FISURAS				Ninguna	≤ 1 pieza de cada 6
DESCONCHADOS (con dimensión individual media 15 mm)				Ninguna	≤ 1 pieza de cada 6
TOLERANCIAS DIMENSIONALES	VALOR NOMINAL	Soga y Tizón	± 3 mm	± 3 mm	
		Grueso	± 2 mm	± 2 mm	
	DISPERSIÓN	Soga y Tizón	± 5 mm	± 5 mm	
		Grueso	± 3 mm	± 3 mm	
ESPESOR DE PARED	PARED CARA VISTA		P1	≥ 22 mm	≥ 15 mm
	PARED NO VISTA		P2	≥ 18 mm	≥ 10 mm
	PARED INTERIOR		P3	≥ 10 mm	≥ 5 mm
PLANEIDAD DE LAS CARAS	DIAGONALES	TABLA	≤ 2 mm	≤ 2 mm	
		CANTO	≤ 2 mm	≤ 2 mm	
		TESTA	≤ 2 mm	≤ 2 mm	
ABSORCION DE AGUA		(%)	≤ 5%	≤ 6%	
SUCCIÓN		(g/cm2. mín.)	≤ 0,05	≤ 0,45	
DENSIDAD		(g/cm3)	≥ 2,30	≥ 2	
RESISTENCIA CARACTERÍSTICA NORMALIZADA A COMPRESION		(daN/cm2)	≥ 500	≥ 450	
MASA		(gramos)	≥ 1.700	≥ 1.500	
EFLORESCENCIAS			NO EFLORESCIDO	NO EFLORESCIDO	
				LIGERAMENTE EFLORESCIDO	
HELACIDAD	Cámara Manual ☐	Cámara Automática ☐	NO HELADIZO		
COLORACIÓN SUPERFICIAL		SI ☐ NO ☐	HIDROFUGADO	SI ☐	NO ☐
OBSERVACIONES: El vidriado se realiza en diferentes colores El acabado superficial puede ser brillante o mate (pigmentado)					
PIEZAS ESPECIALES: TODAS LAS PIEZAS ESPECIALES ESTAN CERTIFICADAS					

17

ANEXO 10: REGISTRO DE LOS ENSAYOS HOLE DRILLING REALIZADOS EN LABORATORIO SOBRE EL MURO DE LADRILLO.

- 17.1 Registro del ensayo HDL1 (Lab0803).
- 17.2 Registro del ensayo HDL2 (Lab0903).
- 17.3 Registro del ensayo HDL3 (Lab0804).

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING		Fecha: 04-02-08
	CONSTRUCCIÓN: Muro de ladrillo en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad de Cantabria (HDL1)		Ref.: Lab0803
			Pag 1 de 4

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección:	Laboratorio de Estructuras de la UC. E.T.S. de Ing. De Caminos, Canales y Puertos. Avda. Los Castros, s/n (39005).		
Localidad:	Santander	Provincia:	Cantabria
		País:	España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (peticionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo.

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 8 y 9 de Agosto de 2007.

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de ladrillo esta construido a base de dos hojas de ladrillo dispuestos a soga con llaves de conexión en los laterales del mismo. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,05 x 1,63 x 0,22 m (ancho x alto x espesor).

Los ladrillos, de dimensiones 220 x 105 x 48 mm (soga x tizón x grueso), son de klinker vidriado cara vista de tejeras "La Covadonga", y son vendidos bajo la denominación PV R-500, garantizando una resistencia característica normalizada a compresión mayor o igual a 50 N/mm².

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-80 tipo a, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento y 4 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 470 kp con un coeficiente de variación de 15.63%, y una resistencia a compresión promedio de 13.6 N/mm² con un coeficiente de variación de 13.68%. Dichos ensayos fueron realizados el día 29-05-08 sobre probetas elaboradas el 9-08-07. El espesor aproximado de los tendeles de mortero fue de 15 mm.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

El elemento estructural a ensayar es un muro de fábrica de ladrillo conformado por dos hojas de ladrillo cerámico vidriado cara vista y llaves a tizón en los laterales de la construcción.

3. Recursos empleados

Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	Solartron y equipo propio UC
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cuarto de puente
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):		Tokio Sokki / 6 mm / Metal ceys	

¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 04-02-08
		Ref.: Lab0803
	CONSTRUCCIÓN: Muro de ladrillo en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad de Cantabria (HDL1)	Pag 2 de 4

4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

Pegado



Protección



Observaciones:

Nada reseñable

4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones:

Una vez estabilizada la carga, al comienzo del taladrado (todavía no se había progresado en profundidad) se resbala la corona hueca en la superficie del muro provocando la rotura de las galgas 5 y 6, siendo necesario re-conexionarlas (mediante soldadura) y esperar hasta que dichas soldaduras se enfriasen, de modo que la lectura de las galgas alcanzase nuevamente un valor uniforme en sus medidas.

4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.

Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²:

19 horas

4.4 Ejecución del taladro.



Fotografías del proceso de ejecución.

Recomendaciones:

- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.
- Uso de nivel para controlar la horizontalidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por T^a.

Controlar la profundidad del taladrado (al menos 0,4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.

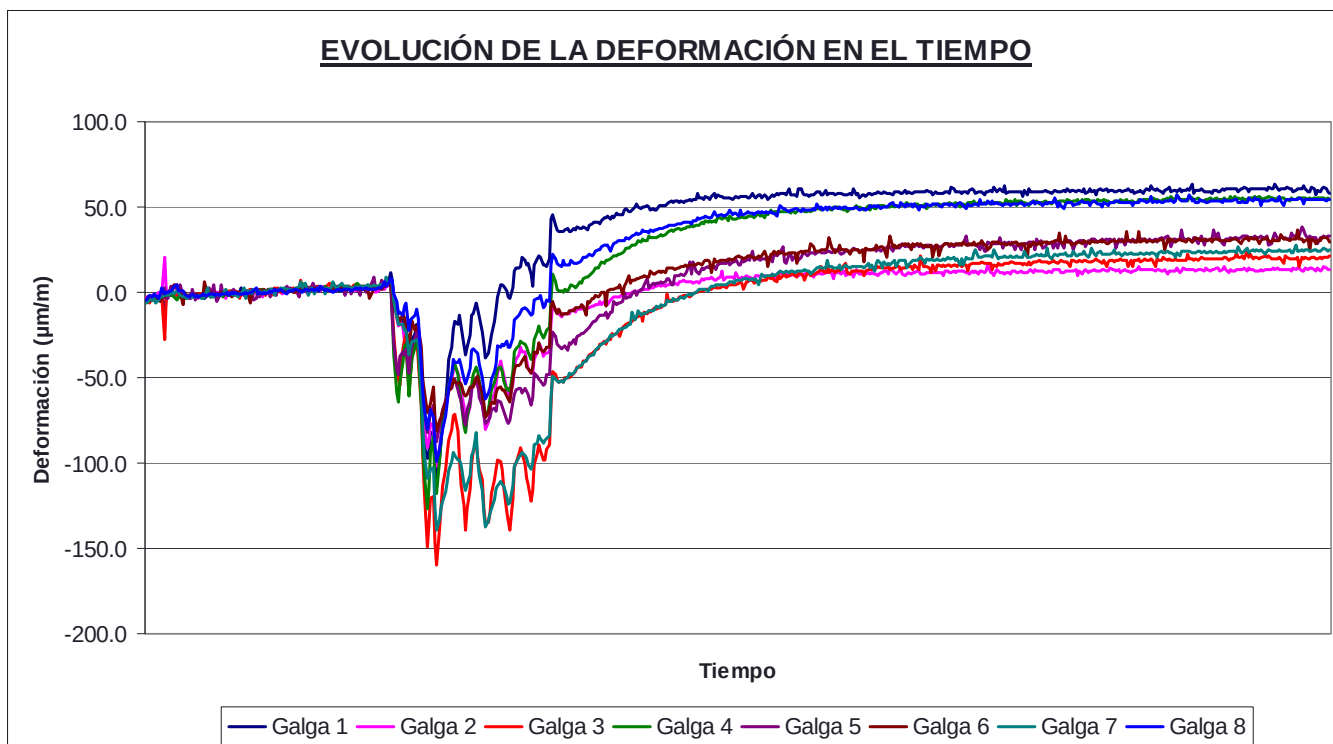
	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 04-02-08
		Ref.: Lab0803
	CONSTRUCCIÓN: Muro de ladrillo en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad de Cantabria (HDL1)	Pag 3 de 4

5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm^2):

-2.03^{3,4}

EVOLUCIÓN DE LA DEFORMACIÓN EN EL TIEMPO



Gráfica de la evolución de las deformaciones registradas

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



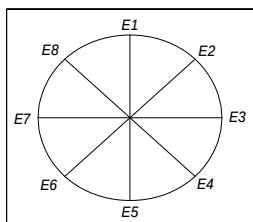
Firma

³ El signo - representa comportamiento a compresión. Tensión positiva, por ende, significa tracción.

⁴ Fueron empleadas las características mecánicas promedio obtenidas mediante transductores potenciométricos, a saber $E=8,430.25$ MPa y $\nu=0.041$



ANEXO 1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE HOLE DRILLING



Código:

Lab0803

Referencia:

Hole Drilling HDL1en Ladrillo ensayada en LABEST-UC

Fecha:

04/02/2008

En esta hoja se obtiene, para cada una de las combinaciones de galgas, la tensión principal máxima, la mínima y la dirección (ángulo existente horario) entre la tensión principal máxima con la dirección de la primera de las galgas de la combinación. Igualmente se estima a partir de los datos referidos la tensión vertical existente

Def. final tras taladrado ($\mu\text{m/m} = 10^{-6}\text{m/m}$)

Canal 1

59.8

Canal 2

13.0

Canal 3

18.9

Canal 4

54.2

Canal 5

30.8

Canal 6

30.0

Canal 7

23.0

Canal 8

53.2

*El signo - representa comportamiento a compresión

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias < 5 $\mu\text{m/m}$

Módulo de Young (Mpa) =

8.430

Coef. Poisson =

0.04

d (cm) = 3.6

a = 0.199

D (cm) = 8.8

b = 0.484

Prof. Taladro (mm) = 37.6

$$A_t = -4 \left(\frac{1 + \nu}{2E} \right) a$$

$$B_t = -4 \left(\frac{1}{2E} \right) b$$

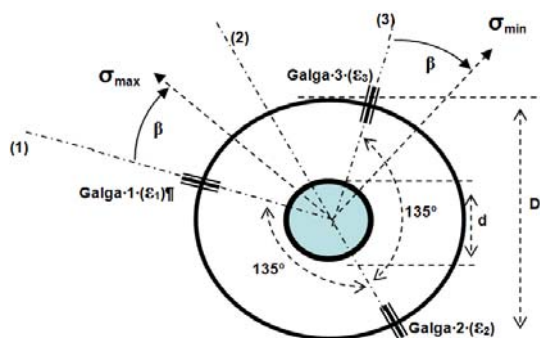
At =	-0.000049
Bt =	-0.000115

d/D	a	b
0.38	0.174	0.430
0.39	0.182	0.448
0.40	0.190	0.466
0.41	0.199	0.484
0.42	0.208	0.503
0.43	0.217	0.521

$$\sigma_{\max} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} - \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} + \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2}{\varepsilon_3 - \varepsilon_1} \right)$$



COMBINACIÓN 1	Ch1	E1 = 5.98303E-05	AUX1= -1.607	Tmax (N/mm2)=	-1.22
	Ch3	E3 = 1.89159E-05	AUX2= -0.391	Tmin (N/mm2)=	-2
	Ch6	E2 = 3.00015E-05		β=	78
				Tvert (N/mm2)=	-1.97
COMBINACIÓN 2	Ch2	E1 = 1.30103E-05	AUX1= -1.372	Tmax (N/mm2)=	-0.97
	Ch4	E3 = 5.4242E-05	AUX2= -0.404	Tmin (N/mm2)=	-1.78
	Ch7	E2 = 2.29571E-05		β=	14
				Tvert (N/mm2)=	-1.57
COMBINACIÓN 3	Ch3	E1 = 1.89159E-05	AUX1= -1.015	Tmax (N/mm2)=	-0.51
	Ch5	E3 = 3.08119E-05	AUX2= -0.503	Tmin (N/mm2)=	-1.52
	Ch8	E2 = 5.31808E-05		β=	-39
				Tvert (N/mm2)=	-1.12
COMBINACIÓN 4	Ch4	E1 = 5.4242E-05	AUX1= -1.719	Tmax (N/mm2)=	-1.35
	Ch6	E3 = 3.00015E-05	AUX2= -0.373	Tmin (N/mm2)=	-2.09
	Ch1	E2 = 5.98303E-05		β=	-62
				Tvert (N/mm2)=	-2.03
COMBINACIÓN 5	Ch5	E1 = 3.08119E-05	AUX1= -1.097	Tmax (N/mm2)=	-0.85
	Ch7	E3 = 2.29571E-05	AUX2= -0.251	Tmin (N/mm2)=	-1.35
	Ch2	E2 = 1.30103E-05		β=	53
				Tvert (N/mm2)=	-1.17
COMBINACIÓN 6	Ch6	E1 = 3.00015E-05	AUX1= -1.698	Tmax (N/mm2)=	-1.26
	Ch8	E3 = 5.31808E-05	AUX2= -0.443	Tmin (N/mm2)=	-2.14
	Ch3	E2 = 1.89159E-05		β=	31
				Tvert (N/mm2)=	-2.09
COMBINACIÓN 7	Ch7	E1 = 2.29571E-05	AUX1= -1.69	Tmax (N/mm2)=	-1.3
	Ch1	E3 = 5.98303E-05	AUX2= -0.391	Tmin (N/mm2)=	-2.08
	Ch4	E2 = 5.4242E-05		β=	-17
				Tvert (N/mm2)=	-2.01
COMBINACIÓN 8	Ch8	E1 = 5.31808E-05	AUX1= -1.351	Tmax (N/mm2)=	-1
	Ch2	E3 = 1.30103E-05	AUX2= -0.352	Tmin (N/mm2)=	-1.7
	Ch5	E2 = 3.08119E-05		β=	87
				Tvert (N/mm2)=	-1.31

TENSIÓN VERTICAL = -2.03 N/mm2 (Compresión)

Comentarios:

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias inferiores a $\pm 5 \mu\text{m/m}$ durante los 30 últimos minutos del ensayo. A su vez desde un punto de vista estadístico solo se tienen en cuenta las combinaciones 1, 4, 6 y 7, dado que presentan un coeficiente de variación del 2.47%.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING		Fecha: 31-03-09
			Ref.: Lab0903
	CONSTRUCCIÓN: Muro de ladrillo en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad de Cantabria (HDL2)		Pag 1 de 4

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: Laboratorio de Estructuras de la UC. E.T.S. de Ing. De Caminos, Canales y Puertos. Avda. Los Castros, s/n (39005).

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (peticionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo.

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 8 y 9 de Agosto de 2007.

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de ladrillo esta construido a base de dos hojas de ladrillo dispuestos a soga con llaves de conexión en los laterales del mismo. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,05 x 1,63 x 0,22 m (ancho x alto x espesor).

Los ladrillos, de dimensiones 220 x 105 x 48 mm (soga x tizón x grueso), son de klinker vidriado cara vista de tejeras "La Covadonga", y son vendidos bajo la denominación PV R-500, garantizando una resistencia característica normalizada a compresión mayor o igual a 50 N/mm².

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-80 tipo a, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento y 4 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 470 kp con un coeficiente de variación de 15.63%, y una resistencia a compresión promedio de 13.6 N/mm² con un coeficiente de variación de 13.68%. Dichos ensayos fueron realizados el día 29-05-08 sobre probetas elaboradas el 9-08-07. El espesor aproximado de los tendeles de mortero fue de 15 mm.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

El elemento estructural a ensayar es un muro de fábrica de ladrillo conformado por dos hojas de ladrillo cerámico vidriado cara vista y llaves a tizón en los laterales de la construcción.

3. Recursos empleados

Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	Solartron y equipo propio UC
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cuarto de puente
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):		Tokio Sokki / 6 mm / Metal ceys	

¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 31-03-09
		Ref.: Lab0903
	CONSTRUCCIÓN: Muro de ladrillo en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad de Cantabria (HDL2)	Pag 2 de 4

4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

Pegado	Protección	Registro de datos
		

Observaciones:

Nada reseñable

4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones:

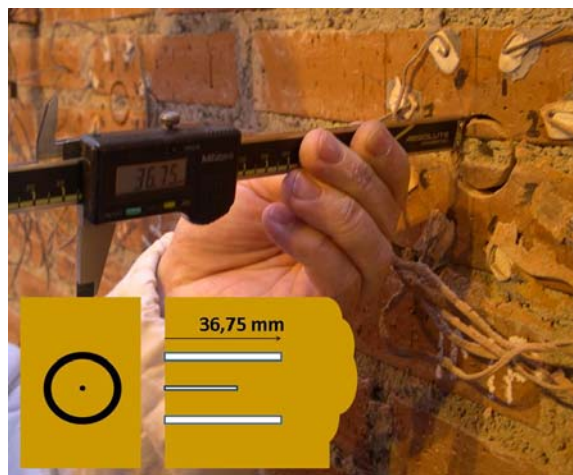
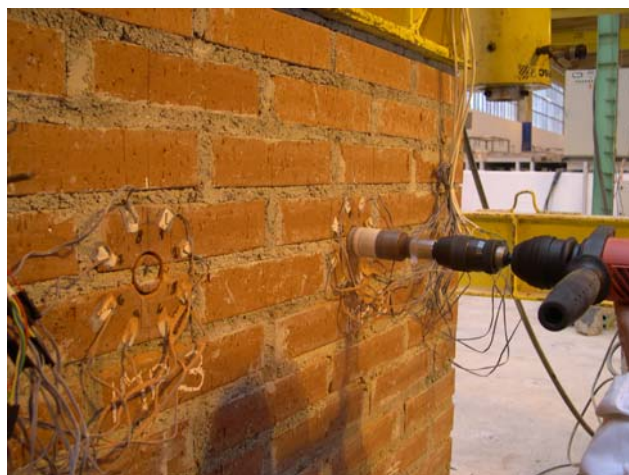
Nada reseñable

4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.

Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²:

20 horas

4.4 Ejecución del taladro.



Fotografías del proceso de ejecución.

Recomendaciones:

- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.
- Uso de nivel para controlar la horizontalidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por T^a.

Controlar la profundidad del taladrado (al menos 0,4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

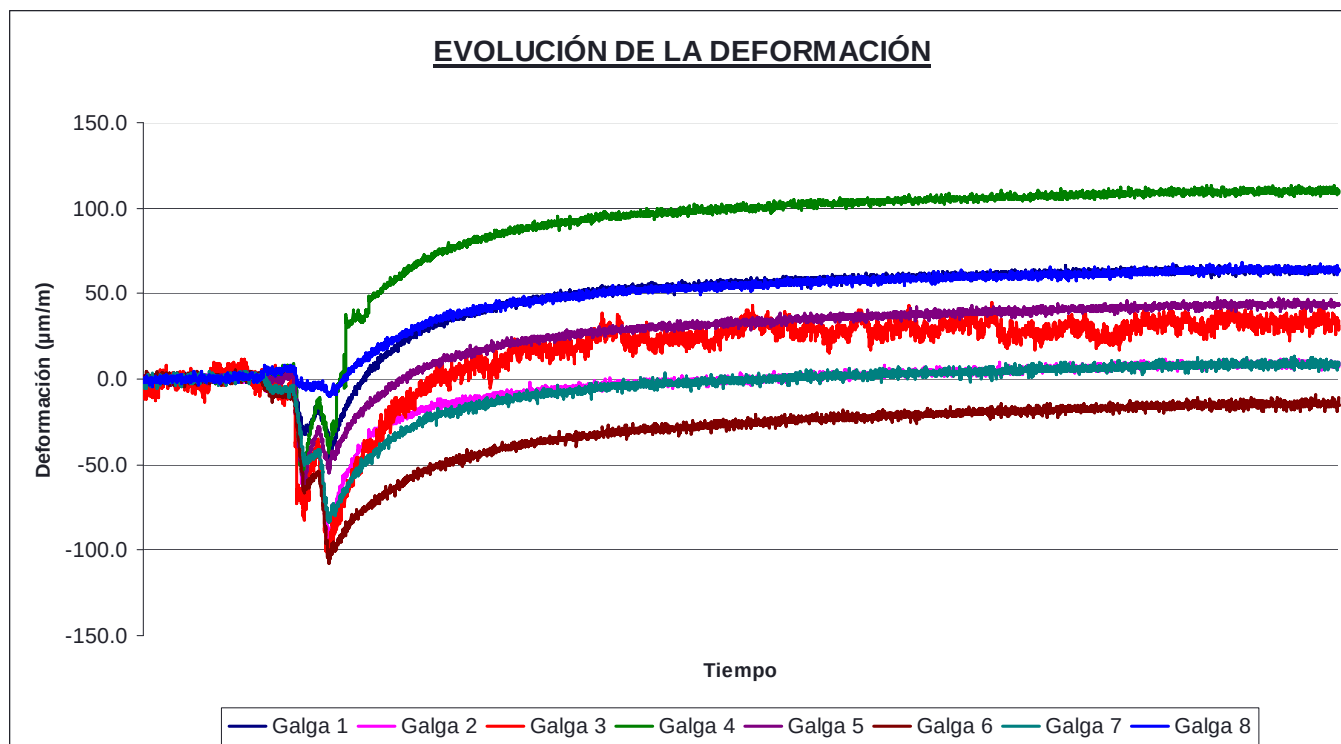
² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 31-03-09
		Ref.: Lab0903
	CONSTRUCCIÓN: Muro de ladrillo en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad de Cantabria (HDL2)	Pag 3 de 4

5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm^2):

-2.13^{3,4}



Gráfica de la evolución de las deformaciones registradas

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



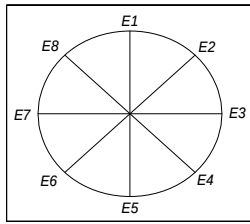
Firma

³ El signo - representa comportamiento a compresión. Tensión positiva, por ende, significa tracción.

⁴ Fueron empleadas las características mecánicas promedio obtenidas mediante transductores potenciométricos, a saber $E=8,430.25$ MPa y $\nu=0.041$



ANEXO 1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE HOLE DRILLING



Código: Lab0903
Referencia: Hole Drilling en muro de ladrillo (Lab.Estructuras-UC)
Fecha: 31/03/2009

En esta hoja se obtiene, para cada una de las combinaciones de galgas, la tensión principal máxima, la mínima y la dirección (ángulo existente horario) entre la tensión principal máxima con la dirección de la primera de las galgas de la combinación. Igualmente se estima a partir de los datos referidos la tensión vertical existente



Def. final tras taladrado ($\mu\text{m/m} = 10^{-6}\text{m/m}$)

Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
63.6	8.5	33.4	110.0	43.4	-14.8	8.4	63.7

*El signo - representa comportamiento a compresión

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias < 5 $\mu\text{m/m}$

Módulo de Young (Mpa) = 8.430
Coef. Poisson = 0.04

d (cm) = 3.6

a = 0.199

D (cm) = 8.8

b = 0.484

Prof. Taladro (mm) = 36.75

$$A_t = -4 \left(\frac{1 + \nu}{2E} \right) a$$

$$B_t = -4 \left(\frac{1}{2E} \right) b$$

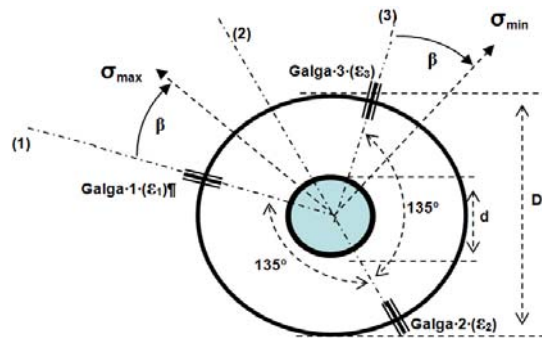
At =	-0.000049
Bt =	-0.000115

d/D	a	b
0.38	0.174	0.430
0.39	0.182	0.448
0.40	0.190	0.466
0.41	0.199	0.484
0.42	0.208	0.503
0.43	0.217	0.521

$$\sigma_{\max} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} - \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} + \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2}{\varepsilon_3 - \varepsilon_1} \right)$$



COMBINACIÓN 1	Ch1	E1 = 6.36009E-05	AUX1= -1.98	Tmax (N/mm2)=	-0.85
	Ch3	E3 = 3.34311E-05	AUX2= -1.132	Tmin (N/mm2)=	-3.11
	Ch6	E2 = -1.48021E-05		beta=	52
				Tvert (N/mm2)=	-2.25
COMBINACIÓN 2	Ch2	E1 = 8.47118E-06	AUX1= -2.417	Tmax (N/mm2)=	-1.17
	Ch4	E3 = 0.000109985	AUX2= -1.249	Tmin (N/mm2)=	-3.67
	Ch7	E2 = 8.42135E-06		beta=	23
				Tvert (N/mm2)=	-3.32
COMBINACIÓN 3	Ch3	E1 = 3.34311E-05	AUX1= -1.568	Tmax (N/mm2)=	-1.12
	Ch5	E3 = 4.33818E-05	AUX2= -0.448	Tmin (N/mm2)=	-2.02
	Ch8	E2 = 6.36791E-05		beta=	-39
				Tvert (N/mm2)=	-1.66
COMBINACIÓN 4	Ch4	E1 = 0.000109985	AUX1= -1.943	Tmax (N/mm2)=	-0.82
	Ch6	E3 = -1.48021E-05	AUX2= -1.12	Tmin (N/mm2)=	-3.06
	Ch1	E2 = 6.36009E-05		beta=	-83
				Tvert (N/mm2)=	-2.21
COMBINACIÓN 5	Ch5	E1 = 4.33818E-05	AUX1= -1.057	Tmax (N/mm2)=	-0.63
	Ch7	E3 = 8.42135E-06	AUX2= -0.429	Tmin (N/mm2)=	-1.49
	Ch2	E2 = 8.47118E-06		beta=	68
				Tvert (N/mm2)=	-1.37
COMBINACIÓN 6	Ch6	E1 = -1.48021E-05	AUX1= -0.997	Tmax (N/mm2)=	-0.3
	Ch8	E3 = 6.36791E-05	AUX2= -0.7	Tmin (N/mm2)=	-1.7
	Ch3	E2 = 3.34311E-05		beta=	-6
				Tvert (N/mm2)=	-0.85
COMBINACIÓN 7	Ch7	E1 = 8.42135E-06	AUX1= -1.47	Tmax (N/mm2)=	-0.1
	Ch1	E3 = 6.36009E-05	AUX2= -1.373	Tmin (N/mm2)=	-2.84
	Ch4	E2 = 0.000109985		beta=	-35
				Tvert (N/mm2)=	-1.94
COMBINACIÓN 8	Ch8	E1 = 6.36791E-05	AUX1= -1.472	Tmax (N/mm2)=	-0.98
	Ch2	E3 = 8.47118E-06	AUX2= -0.497	Tmin (N/mm2)=	-1.97
	Ch5	E2 = 4.33818E-05		beta=	-83
				Tvert (N/mm2)=	-1.59

TENSIÓN VERTICAL = -2.13 N/mm2 (Compresión)

Comentarios:

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias inferiores a $\pm 5 \mu\text{m/m}$ durante los últimos minutos del ensayo. A su vez desde un punto de vista estadístico (coef. variación menor 10%) solo se tienen en cuenta las combinaciones 1, 4 y 7, dado que presentan un coeficiente de variación del 7.90%.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING		Fecha: 31-03-09
			Ref.: Lab0904
	CONSTRUCCIÓN: Muro de ladrillo en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad de Cantabria (HDL3)		Pag 1 de 4

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: Laboratorio de Estructuras de la UC. E.T.S. de Ing. De Caminos, Canales y Puertos. Avda. Los Castros, s/n (39005).

Localidad: Santander **Provincia:** Cantabria **País:** España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (peticionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo.

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 8 y 9 de Agosto de 2007.

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de ladrillo esta construido a base de dos hojas de ladrillo dispuestos a soga con llaves de conexión en los laterales del mismo. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,05 x 1,63 x 0,22 m (ancho x alto x espesor).

Los ladrillos, de dimensiones 220 x 105 x 48 mm (soga x tizón x grueso), son de klinker vidriado cara vista de tejerías "La Covadonga", y son vendidos bajo la denominación PV R-500, garantizando una resistencia característica normalizada a compresión mayor o igual a 50 N/mm².

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-80 tipo a, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento y 4 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 470 kp con un coeficiente de variación de 15.63%, y una resistencia a compresión promedio de 13.6 N/mm² con un coeficiente de variación de 13.68%. Dichos ensayos fueron realizados el día 29-05-08 sobre probetas elaboradas el 9-08-07. El espesor aproximado de los tendeles de mortero fue de 15 mm.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

El elemento estructural a ensayar es un muro de fábrica de ladrillo conformado por dos hojas de ladrillo cerámico vidriado cara vista y llaves a tizón en los laterales de la construcción.

3. Recursos empleados

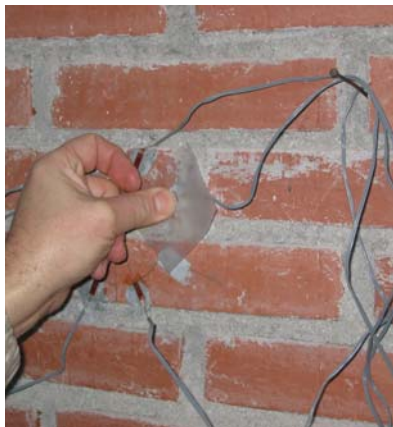
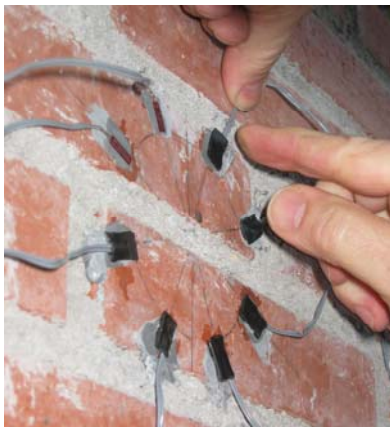
Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	Solartron y equipo propio UC
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cuarto de puente
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):		Tokio Sokki / 6 mm / Metal ceys	

¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 31-03-09
	CONSTRUCCIÓN: Muro de ladrillo en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad de Cantabria (HDL3)	Ref.: Lab0904
		Pag 2 de 4

4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

Pegado	Protección	Registro de datos
		

Observaciones:

Nada reseñable

4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones:

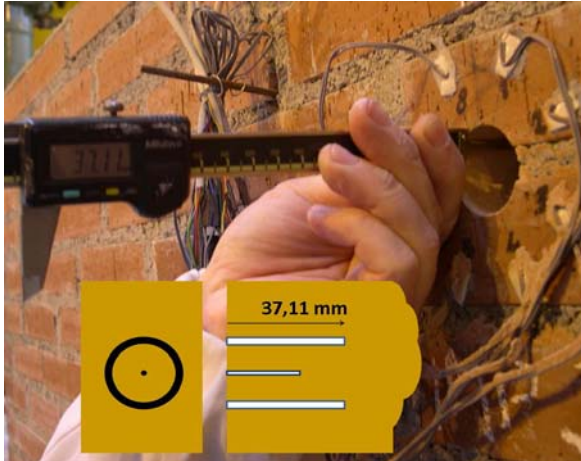
Nada reseñable

4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.

Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²:

20 horas

4.4 Ejecución del taladro.

Fotografías del proceso de ejecución.

Recomendaciones:

- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.
- Uso de nivel para controlar la horizontabilidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por T^a.

Controlar la profundidad del taladrado (al menos 0,4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

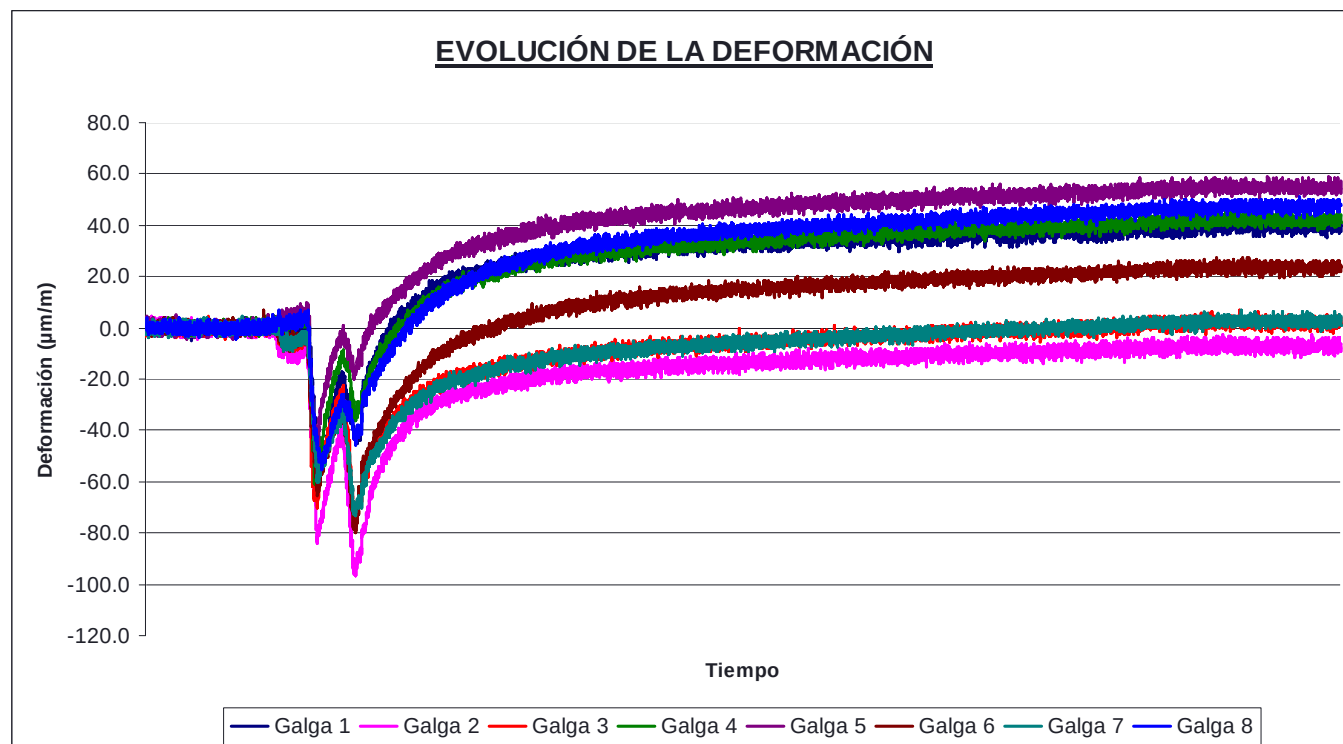
² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 31-03-09
		Ref.: Lab0904
	CONSTRUCCIÓN: Muro de ladrillo en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad de Cantabria (HDL3)	Pag 3 de 4

5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm^2):

-1.54^{3,4}



Gráfica de la evolución de las deformaciones registradas

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



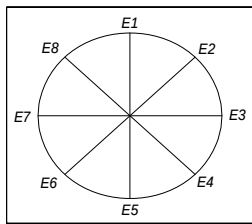
Firma

³ El signo - representa comportamiento a compresión. Tensión positiva, por ende, significa tracción.

⁴ Fueron empleadas las características mecánicas promedio obtenidas mediante transductores potenciométricos, a saber $E=8,430.25$ MPa y $\nu=0.041$



ANEXO 1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE HOLE DRILLING



Código: Lab0904
Referencia: Hole Drilling en muro de ladrillo (Lab.Estructuras-UC)
Fecha: 31/03/2009

En esta hoja se obtiene, para cada una de las combinaciones de galgas, la tensión principal máxima, la mínima y la dirección (ángulo existente horario) entre la tensión principal máxima con la dirección de la primera de las galgas de la combinación. Igualmente se estima a partir de los datos referidos la tensión vertical existente



Def. final tras taladrado ($\mu\text{m/m} = 10\text{e-6m/m}$)

Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
39.4	-7.0	2.1	42.0	54.9	23.5	2.7	47.1

*El signo - representa comportamiento a compresión

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias < 5 $\mu\text{m/m}$

Módulo de Young (Mpa) = 8.430
Coef. Poisson = 0.04

d (cm) = 3.6

a = 0.199

D (cm) = 8.8

b = 0.484

Prof. Taladro (mm) = 37.11

$$A_t = -4 \left(\frac{1 + \nu}{2E} \right) a$$

$$B_t = -4 \left(\frac{1}{2E} \right) b$$

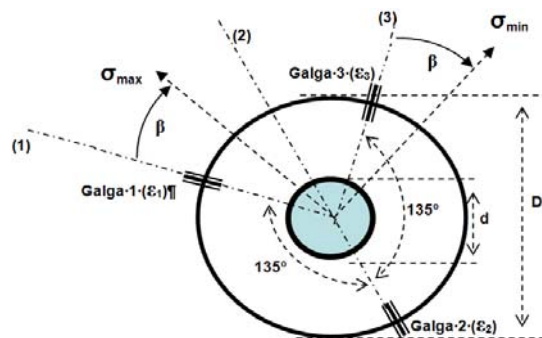
At =	-0.000049
Bt =	-0.000115

d/D	a	b
0.38	0.174	0.430
0.39	0.182	0.448
0.40	0.190	0.466
0.41	0.199	0.484
0.42	0.208	0.503
0.43	0.217	0.521

$$\sigma_{\max} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} - \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} + \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2}{\varepsilon_3 - \varepsilon_1} \right)$$



COMBINACIÓN 1	Ch1	E1 = 3.94119E-05	AUX1= -0.846	Tmax (N/mm2)=	-0.52
	Ch3	E3 = 2.05452E-06	AUX2= -0.328	Tmin (N/mm2)=	-1.17
	Ch6	E2 = 2.34936E-05		beta=	-86
				Tvert (N/mm2)=	-1.17
COMBINACIÓN 2	Ch2	E1 = -7.0235E-06	AUX1= -0.714	Tmax (N/mm2)=	-0.22
	Ch4	E3 = 4.20248E-05	AUX2= -0.499	Tmin (N/mm2)=	-1.21
	Ch7	E2 = 2.65937E-06		beta=	16
				Tvert (N/mm2)=	-0.98
COMBINACIÓN 3	Ch3	E1 = 2.05452E-06	AUX1= -1.163	Tmax (N/mm2)=	-0.6
	Ch5	E3 = 5.49283E-05	AUX2= -0.563	Tmin (N/mm2)=	-1.73
	Ch8	E2 = 4.71468E-05		beta=	-18
				Tvert (N/mm2)=	-1.62
COMBINACIÓN 4	Ch4	E1 = 4.20248E-05	AUX1= -1.337	Tmax (N/mm2)=	-1.14
	Ch6	E3 = 2.34936E-05	AUX2= -0.198	Tmin (N/mm2)=	-1.54
	Ch1	E2 = 3.94119E-05		beta=	-72
				Tvert (N/mm2)=	-1.46
COMBINACIÓN 5	Ch5	E1 = 5.49283E-05	AUX1= -1.175	Tmax (N/mm2)=	-0.4
	Ch7	E3 = 2.65937E-06	AUX2= -0.771	Tmin (N/mm2)=	-1.95
	Ch2	E2 = -7.0235E-06		beta=	63
				Tvert (N/mm2)=	-1.63
COMBINACIÓN 6	Ch6	E1 = 2.34936E-05	AUX1= -1.442	Tmax (N/mm2)=	-0.83
	Ch8	E3 = 4.71468E-05	AUX2= -0.614	Tmin (N/mm2)=	-2.06
	Ch3	E2 = 2.05452E-06		beta=	35
				Tvert (N/mm2)=	-2.02
COMBINACIÓN 7	Ch7	E1 = 2.65937E-06	AUX1= -0.859	Tmax (N/mm2)=	-0.37
	Ch1	E3 = 3.94119E-05	AUX2= -0.485	Tmin (N/mm2)=	-1.34
	Ch4	E2 = 4.20248E-05		beta=	-24
				Tvert (N/mm2)=	-1.18
COMBINACIÓN 8	Ch8	E1 = 4.71468E-05	AUX1= -0.819	Tmax (N/mm2)=	-0.05
	Ch2	E3 = -7.0235E-06	AUX2= -0.768	Tmin (N/mm2)=	-1.59
	Ch5	E2 = 5.49283E-05		beta=	-64
				Tvert (N/mm2)=	-1.43

TENSIÓN VERTICAL = -1.54 N/mm2 (Compresión)

Comentarios:

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias inferiores a $\pm 5 \mu\text{m/m}$ durante los últimos minutos del ensayo. A su vez desde un punto de vista estadístico (coef. variación menor 10%) solo se tienen en cuenta las combinaciones 3, 4, 5 y 8, dado que presentan un coeficiente de variación del 6.82%.

18

ANEXO 11: REGISTRO DE LOS ENSAYOS DE GATO PLANO REALIZADOS EN LABORATORIO SOBRE EL MURO DE LADRILLO.

- 18.1 Registro del ensayo GPL-A Simple (07906).**
- 18.2 Registro del ensayo GPL-A Doble (07097).**
- 18.3 Registro del ensayo GPL-B Simple (Lab0804).**
- 18.4 Registro del ensayo GPL-B Doble (Lab0805).**

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04		Fecha: 29-11-07
			Ref.: 07906
	CONSTRUCCIÓN: Muro de ladrillo (GPL-A Simple)		Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (peticionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 8 y 9 de Agosto de 2009.

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de ladrillo esta construido a base de dos hojas de ladrillo dispuestos a soga con llaves de conexión en los laterales del mismo. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,05 x 1,63 x 0,22 m (ancho x alto x espesor).

Los ladrillos, de dimensiones 220 x 105 x 48 mm (soga x tizón x grueso), son de klinker vidriado cara vista de tejerías "La Covadonga", y son vendidos bajo la denominación PV R-500, garantizando una resistencia característica normalizada a compresión mayor o igual a 50 N/mm².

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-80 tipo a, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento y 4 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 470 kp con un coeficiente de variación de 15.63%, y una resistencia a compresión promedio de 13.6 N/mm² con un coeficiente de variación de 13.68%. Dichos ensayos fueron realizados el día 29-05-08 sobre probetas elaboradas el 9-08-07. El espesor aproximado de los tendeles de mortero fue de 15 mm.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

El elemento estructural a ensayar es un muro de fábrica de ladrillo conformado por dos hojas de ladrillo cerámico vidriado cara vista y llaves a tizón en los laterales de la construcción.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 1 gato plano rectangular.

Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.



ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04

CONSTRUCCIÓN: Muro de ladrillo (GPL-A Simple)

Fecha: 29-11-07

Ref.: 07906

Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

Colocación de los puntos de control



Apertura de roza mediante taladro



Instante tomado durante la inserción del gato plano rectangular en la roza



5. Tensión de compresión y su cálculo:

Factor de calibración K_m : 0.95

Superficie del gato plano (cm^2): 800.00

Superficie de la roza (cm^2): 924.00

Factor de calibración K_a : 0.866

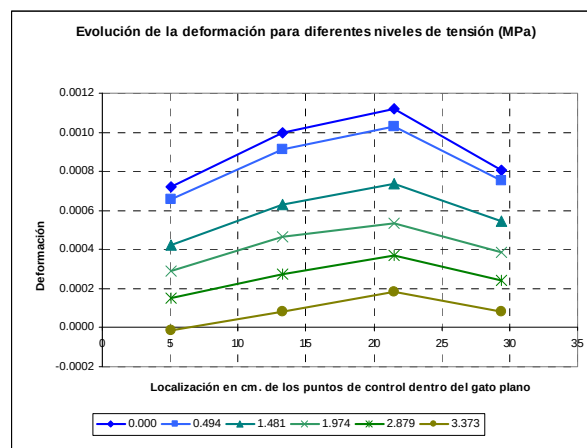
Valor de la tensión de compresión (se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

3.85 N/mm²

Observaciones:



Instante tomado durante la presurización del gato plano.



Evolución de las deformaciones experimentadas por cada par de puntos de control, para varios niveles de tensión proporcionados por el gato plano.

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial

Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Firma



ANEXO 1: ESTIMACIÓN DEL NIVEL TENSIONAL MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO SIMPLE

Norma: ASTM-C 1196

Ensayo: 07906

Ubicación: Laboratorio GTED

Fecha: 29/11/2007

Colocación: Gato plano simple en Laboratorio-Ladrillo (GPL-A Simple)

Empresa: GTED-UC

Dimensiones del gato: Rectangular 400x200x6 mm

Ref. del gato: 1

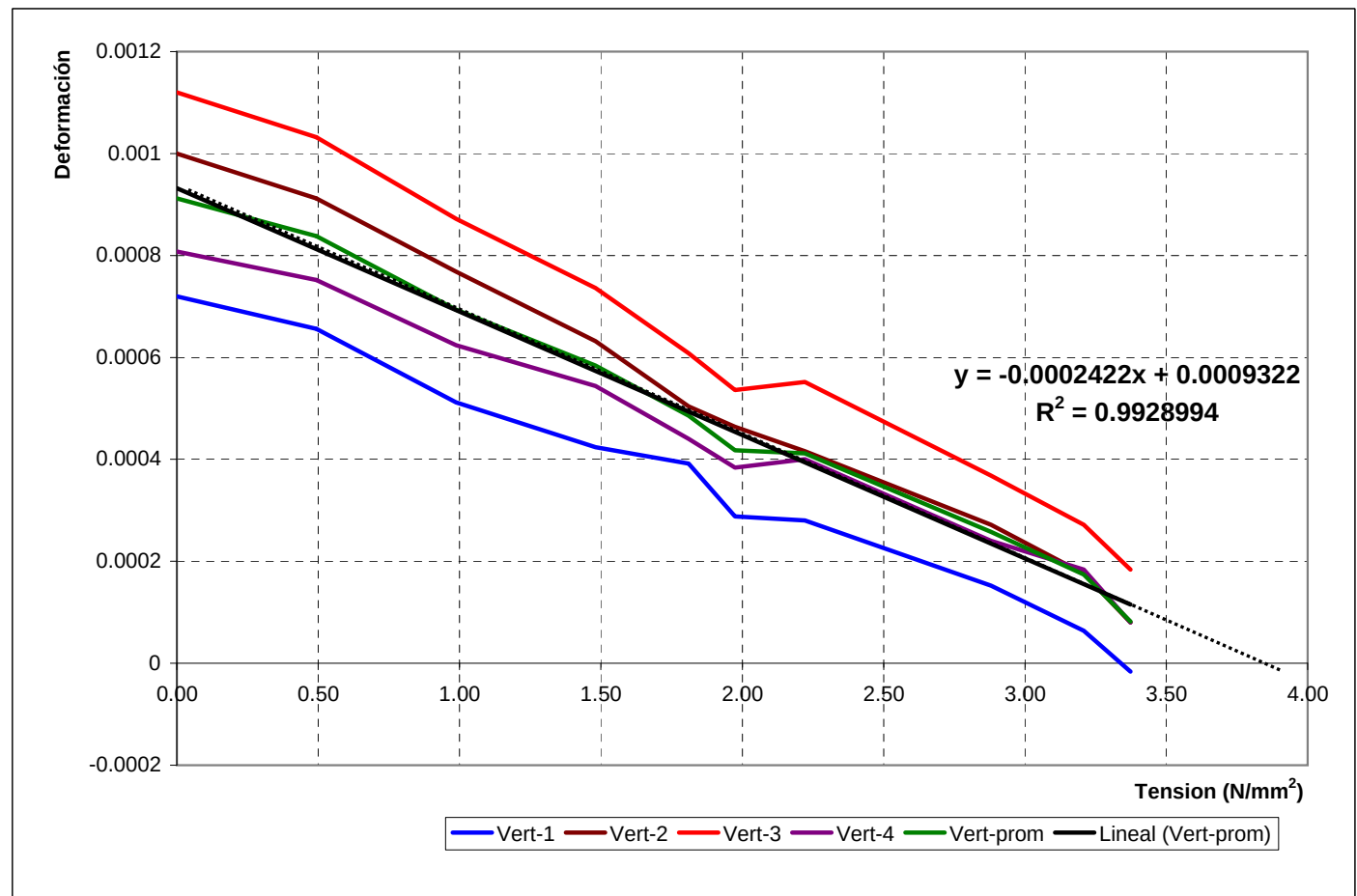
Km: 0.95

Ka: 0.866



Fotografía del ensayo

		Curva tensión - deformación						Def Vert mean (abs.)
P. Bomba (kg/cm ²)	Comentarios	P. corregida (N/mm ²)	P.corregida (N/mm ²)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	
0	Antes roza	0	0.000	0	0	0	0	0
0	Tras roza	0	0.000	0.000704	0.000976	0.001088	0.000808	0.000894
12		0.98724	0.987	0.00056	0.0008	0.000904	0.000672	0.000734
0		0	0.000	0.00072	0.001	0.00112	0.000808	0.000912
6		0.49362	0.494	0.000656	0.000912	0.001032	0.000752	0.000838
12		0.98724	0.987	0.000512	0.000768	0.000872	0.000624	0.000694
18		1.48086	1.481	0.000424	0.000632	0.000736	0.000544	0.000584
22		1.80994	1.810	0.000392	0.000504	0.000608	0.00044	0.000486
24		1.97448	1.974	0.000288	0.000464	0.000536	0.000384	0.000418
27		2.22129	2.221	0.00028	0.000416	0.000552	0.0004	0.000412
35		2.87945	2.879	0.000152	0.000272	0.000368	0.00024	0.000258
39		3.20853	3.209	6.4E-05	0.000176	0.000272	0.000184	0.000174
41		3.37307	3.373	-1.6E-05	8E-05	0.000184	8E-05	0.000082



Nivel tensional existente en el elemento estructural (MPa):

3.85

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 27-11-07
		Ref.: 07907
	CONSTRUCCIÓN: Muro de ladrillo (GPL-A Doble)	Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DE LA DEFORMABILIDAD DE FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo. Estimación de la deformabilidad de un muro de sillería construido en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad de Cantabria.

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 8 y 9 de Agosto de 2009.

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de ladrillo esta construido a base de dos hojas de ladrillo dispuestos a soga con llaves de conexión en los laterales del mismo. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,05 x 1,63 x 0,22 m (ancho x alto x espesor).

Los ladrillos, de dimensiones 220 x 105 x 48 mm (soga x tizón x grueso), son de klinker vidriado cara vista de tejerías "La Covadonga", y son vendidos bajo la denominación PV R-500, garantizando una resistencia característica normalizada a compresión mayor o igual a 50 N/mm².

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-80 tipo a, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento y 4 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 470 kp con un coeficiente de variación de 15.63%, y una resistencia a compresión promedio de 13.6 N/mm² con un coeficiente de variación de 13.68%. Dichos ensayos fueron realizados el día 29-05-08 sobre probetas elaboradas el 9-08-07. El espesor aproximado de los tendeles de mortero fue de 15 mm.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

El elemento estructural a ensayar es un muro de fábrica de ladrillo conformado por dos hojas de ladrillo cerámico vidriado cara vista y llaves a tizón en los laterales de la construcción.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 2 gatos planos rectangulares.

Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia. La distancia entre los puntos de control verticales fue de 200 mm.

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 27-11-07
		Ref.: 07907
	CONSTRUCCIÓN: Muro de ladrillo (GPL-A Doble)	Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

Puntos de control	Apertura de roza	Instante del ensayo
		

5. Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson:

(Se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

Factor de calibración K_m : 0.95

Superficie del gato plano superior (cm^2): 800.00

Superficie de la roza superior (cm^2): 924.00

Superficie del gato plano inferior (cm^2): 800.00

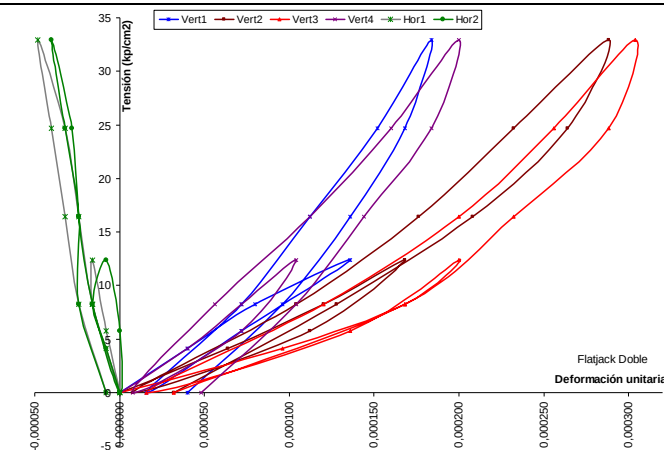
Superficie de la roza inferior (cm^2): 924.00

Factor de calibración K_a : 0.866

Módulo de elasticidad (E): 7,058.30 N/mm²

Coeficiente de Poisson (ν): 0.14

Observaciones:



Leyes tensión – deformación obtenidas para los 6 puntos de control

Los puntos de control 1 y 4 no se tuvieron en cuenta en el procesado de los datos.

El módulo de elasticidad, E, es el módulo secante promedio, para los puntos verticales 2 y 3, obtenido en el ciclo 1 para un valor de tensión de 10 Kp/cm², y en el ciclo 2 para un valor de tensión de 10 Kp/cm².

Por su parte el coeficiente de poisson representa, para los 2 ciclos referidos, la relación entre las deformaciones promedio horizontal y vertical registradas por los puntos de control, en el mismo intervalo de tensiones para el cuál fue obtenido el módulo de elasticidad secante.

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma



Norma: ASTM-C 1197
Ensayo: 07907

Ubicación: Laboratorio GTED
Fecha: 29/11/2007
Colocación: Gato plano doble en Laboratorio-Ladrillo (GPL-A Doble)
Empresa: GTED-UC

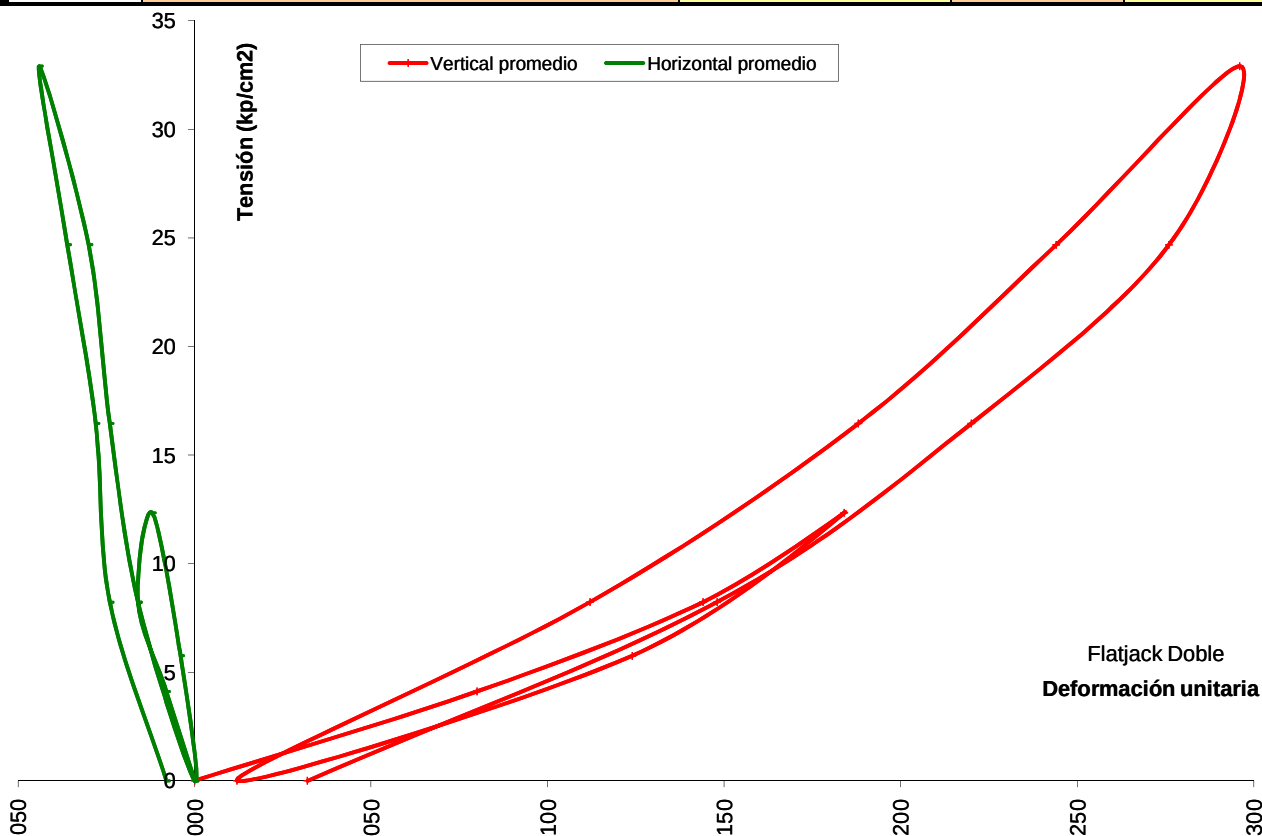
Dimensiones del gato: Rectangular 400x200x6 mm
Ref. del gato superior: 1
Ref. del gato inferior: 2

Km: 0.95
Ka: 0.866



Fotografía del ensayo

Curva tensión-deformación									
P. Bomba (kg/cm ²)	P. corregida (kg/cm ²)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	Def5 (abs.)	Def6 (abs.)	Def Vert mean (abs.)	Def Horiz mean (abs.)
0	0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
20	16.454	0.000104	0.000152	0.000200	0.000104	-0.000032	-0.000032	0.000176	-0.000032
0	0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
5	4.1135	0.000040	0.000064	0.000096	0.000040	-0.000008	-0.000008	0.000080	-0.000008
10	8.227	0.000080	0.000120	0.000168	0.000072	-0.000016	-0.000016	0.000144	-0.000016
15	12.3405	0.000136	0.000168	0.000200	0.000104	-0.000016	-0.000008	0.000184	-0.000012
7	5.7589	0.000072	0.000112	0.000136	0.000072	-0.000008	0.000000	0.000124	-0.000004
0	0	0.000016	0.000008	0.000016	0.000008	0.000000	0.000000	0.000012	0.000000
10	8.227	0.000072	0.000104	0.000120	0.000056	-0.000016	-0.000016	0.000112	-0.000016
20	16.454	0.000112	0.000176	0.000200	0.000112	-0.000024	-0.000024	0.000188	-0.000024
30	24.681	0.000152	0.000232	0.000256	0.000160	-0.000032	-0.000028	0.000244	-0.000030
40	32.908	0.000184	0.000288	0.000304	0.000200	-0.000048	-0.000040	0.000296	-0.000044
30	24.681	0.000168	0.000264	0.000288	0.000184	-0.000040	-0.000032	0.000276	-0.000036
20	16.454	0.000136	0.000208	0.000232	0.000144	-0.000032	-0.000024	0.000220	-0.000028
10	8.227	0.000096	0.000128	0.000168	0.000104	-0.000024	-0.000024	0.000148	-0.000024
0	0	0.000040	0.000032	0.000032	0.000048	-0.000008	-0.000008	0.000032	-0.000008



Módulo de elasticidad (kp/cm ²)						Coef. Poisson
	Pto control 1	Pto control 2	Pto control 3	Pto control 4	E medio	
Ciclo1	102,837	68,558	48,970	114,264	58,764	-0.11
Ciclo2	146,911	85,698	79,106	171,396	82,402	-0.16

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04		Fecha: 14-02-08
			Ref.: Lab0804
	CONSTRUCCIÓN: Muro de ladrillo (GPL-B Simple)		Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (peticionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 8 y 9 de Agosto de 2009.

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de ladrillo esta construido a base de dos hojas de ladrillo dispuestos a soga con llaves de conexión en los laterales del mismo. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,05 x 1,63 x 0,22 m (ancho x alto x espesor).

Los ladrillos, de dimensiones 220 x 105 x 48 mm (soga x tizón x grueso), son de klinker vidriado cara vista de tejerías "La Covadonga", y son vendidos bajo la denominación PV R-500, garantizando una resistencia característica normalizada a compresión mayor o igual a 50 N/mm².

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-80 tipo a, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento y 4 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 470 kp con un coeficiente de variación de 15.63%, y una resistencia a compresión promedio de 13.6 N/mm² con un coeficiente de variación de 13.68%. Dichos ensayos fueron realizados el día 29-05-08 sobre probetas elaboradas el 9-08-07. El espesor aproximado de los tendeles de mortero fue de 15 mm.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

El elemento estructural a ensayar es un muro de fábrica de ladrillo conformado por dos hojas de ladrillo cerámico vidriado cara vista y llaves a tizón en los laterales de la construcción.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 1 gato plano semioval.

Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04	Fecha: 14-02-08
		Ref.: Lab0804
	CONSTRUCCIÓN: Muro de ladrillo (GPL-B Simple)	Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

Medida de la distancia inicial antes de realizar la roza



Apertura de roza



Instante tomado durante la realización del ensayo



5. Tensión de compresión y su cálculo:

Factor de calibración K_m : 0.95

Superficie del gato plano (cm^2): 717.51

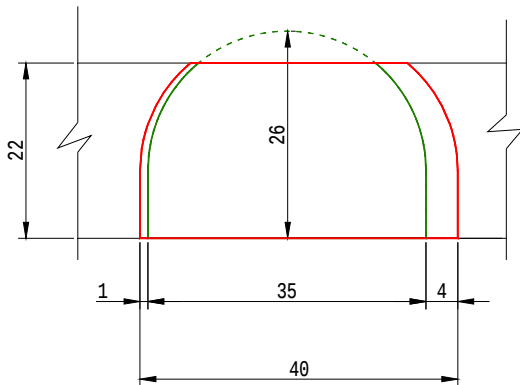
Superficie de la roza (cm^2): 827.16

Factor de calibración K_a : 0.867

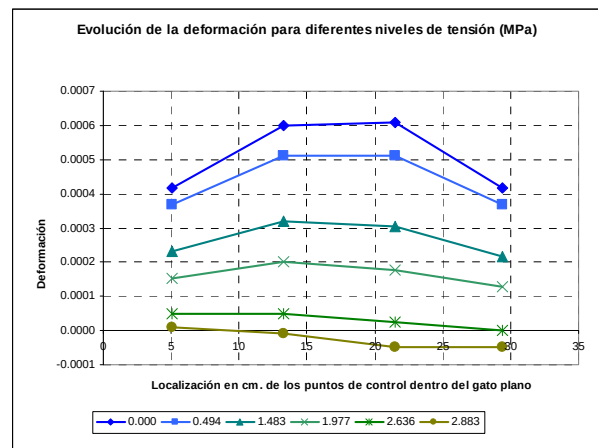
Valor de la tensión de compresión (se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

2.77 N/mm²

Observaciones:



Geometría de la roza y del gato plano simple respecto del espesor del muro (cotas en cm.)



Evolución de las deformaciones experimentadas por cada par de puntos de control, para varios niveles de tensión proporcionados por el gato plano.

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma



ANEXO 1: ESTIMACIÓN DEL NIVEL TENSIONAL MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO SIMPLE

Norma: ASTM-C 1196

Ensayo: Lab0804

Ubicación: Laboratorio GTED

Fecha: 14/02/2008

Colocación: Gato plano simple en Laboratorio-Ladrillo (GPL-B Simple)

Empresa: GTED-UC

Dimensiones del gato:

Semioval 350x260x3,5 mm

Ref. del gato:

1

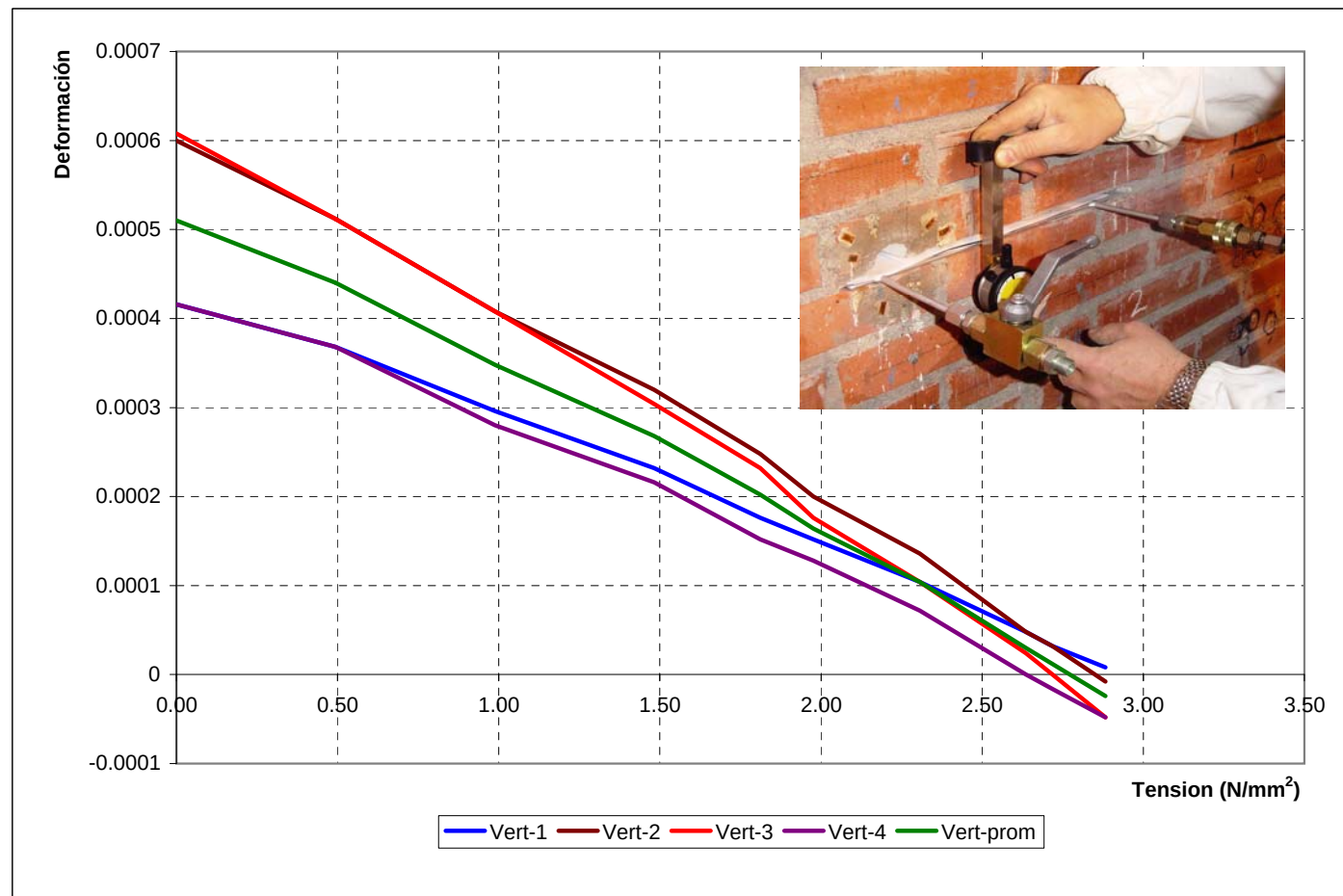
Km: 0.95

Ka: 0.867



Fotografía del ensayo

P. Bomba (kg/cm ²)	Comentarios	Curva tensión - deformación						Def Vert mean (abs.)
		P. corregida (N/mm ²)	P.corregida (N/mm ²)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	
0	Antes roza	0	0.000	0	0	0	0	0
0	Tras roza	0	0.000	0.00048	0.000624	0.000648	0.001288	0.000760
12		0.98838	0.988	0.000312	0.00044	0.000432	0.00036	0.000386
0		0	0.000	0.000416	0.0006	0.000608	0.000416	0.000510
6		0.49419	0.494	0.000368	0.000512	0.000512	0.000368	0.000440
12		0.98838	0.988	0.000296	0.000408	0.000408	0.00028	0.000348
18		1.48257	1.483	0.000232	0.00032	0.000304	0.000216	0.000268
22		1.81203	1.812	0.000176	0.000248	0.000232	0.000152	0.000202
24		1.97676	1.977	0.000152	0.0002	0.000176	0.000128	0.000164
28		2.30622	2.306	0.000104	0.000136	0.000104	7.2E-05	0.000104
32		2.63568	2.636	4.8E-05	4.8E-05	2.4E-05	0	0.000030
33		2.718045	2.718	3.2E-05	3.2E-05	0	-1.6E-05	0.000012
35		2.882775	2.883	8E-06	-8E-06	-4.8E-05	-4.8E-05	-0.000024



Nivel tensional existente en el elemento estructural (MPa):

2.77

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04		Fecha: 15-02-08
	CONSTRUCCIÓN: Muro de ladrillo (GPL-B Doble)		Ref.: Lab0805
			Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DE LA DEFORMABILIDAD DE FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo. Estimación de la deformabilidad de un muro de sillería construido en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad de Cantabria.

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 8 y 9 de Agosto de 2009.

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de ladrillo esta construido a base de dos hojas de ladrillo dispuestos a soga con llaves de conexión en los laterales del mismo. Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,05 x 1,63 x 0,22 m (ancho x alto x espesor).

Los ladrillos, de dimensiones 220 x 105 x 48 mm (soga x tizón x grueso), son de klinker vidriado cara vista de tejerías "La Covadonga", y son vendidos bajo la denominación PV R-500, garantizando una resistencia característica normalizada a compresión mayor o igual a 50 N/mm².

En lo que respecta al mortero fue elaborado con la finalidad de obtener uno tipo M-80 tipo a, en base a la norma NBE FL-90, para lo cual se adoptó una dosificación en volumen de 1 parte de cemento y 4 partes de arena. Se elaboraron probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para su posterior ensayo, en base a los cuáles puede concluirse que alcanzaron una carga de rotura a flexión promedio de 470 kp con un coeficiente de variación de 15.63%, y una resistencia a compresión promedio de 13.6 N/mm² con un coeficiente de variación de 13.68%. Dichos ensayos fueron realizados el día 29-05-08 sobre probetas elaboradas el 9-08-07. El espesor aproximado de los tendeles de mortero fue de 15 mm.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

El elemento estructural a ensayar es un muro de fábrica de ladrillo conformado por dos hojas de ladrillo cerámico vidriado cara vista y llaves a tizón en los laterales de la construcción.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 2 gatos planos semioviales.

Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia. La distancia entre los puntos de control verticales fue de 200 mm.

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04		Fecha: 15-02-08
	CONSTRUCCIÓN: Muro de ladrillo (GPL-B Doble)		Ref.: Lab0805
			Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

Ejecución de la roza 	Medida de la evolución de los puntos de control vertical 	Medida de la evolución de los puntos de control horizontal 

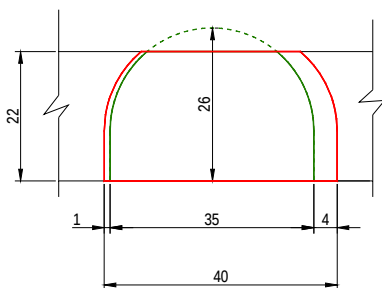
5. Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson:

(Se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

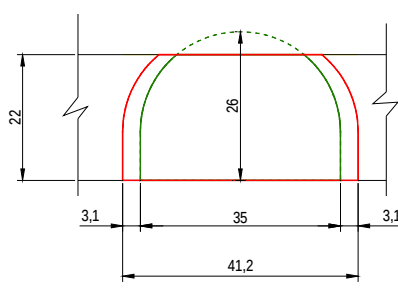
Factor de calibración K_m : 0.95

Superficie del gato plano superior (cm^2):	717.51	Factor de calibración K_a:	0.854
Superficie de la roza superior (cm^2):	827.16		
Superficie del gato plano inferior (cm^2):	717.51		
Superficie de la roza inferior (cm^2):	853.90		
Módulo de elasticidad (E):	9,236.3 N/mm²	Coeficiente de Poisson (ν):	0.05

Observaciones:



Gato plano superior



Gato plano inferior

Los puntos de control 1 y 4 no se tuvieron en cuenta en el procesado de los datos.

El módulo de elasticidad, E, es el módulo secante promedio, para los puntos verticales 2 y 3, obtenido en el ciclo 1 para un valor de tensión de 4 Kp/cm², en el ciclo 2 para un valor de tensión de 8 Kp/cm², en el ciclo 3 para un valor de tensión de 14 Kp/cm² y en el ciclo 4 para un valor de tensión de 20 Kp/cm².

Por su parte el coeficiente de poisson representa, para los 4 ciclos referidos, la relación entre las deformaciones promedio horizontal y vertical registradas por los puntos de control, en el mismo intervalo de tensiones para el cuál fue obtenido el módulo de elasticidad secante.

6. Personal:

Técnico Principal: Ignacio Lombillo Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  Firma	Técnico Asistente: Jorge Elices Ingeniero Técnico Industrial  Firma	Director del Lab. de Edificación: Luis Villegas Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  Firma



ANEXO 1: DETERMINACION DE PROPIEDADES DE DEFORMACION MEDIANTE GATOS PLANOS

Norma: ASTM-C 1197

Ensayo: Lab0805

Ubicación: Laboratorio GTED

Fecha: 15/02/2008

Colocación: Gato plano doble en Laboratorio-Ladrillo (GPL-B Doble)

Empresa: GTED-UC

Dimensiones del gato: Semioval 350x260x3,5 mm

Ref. del gato superior: 1

Ref. del gato inferior: 2

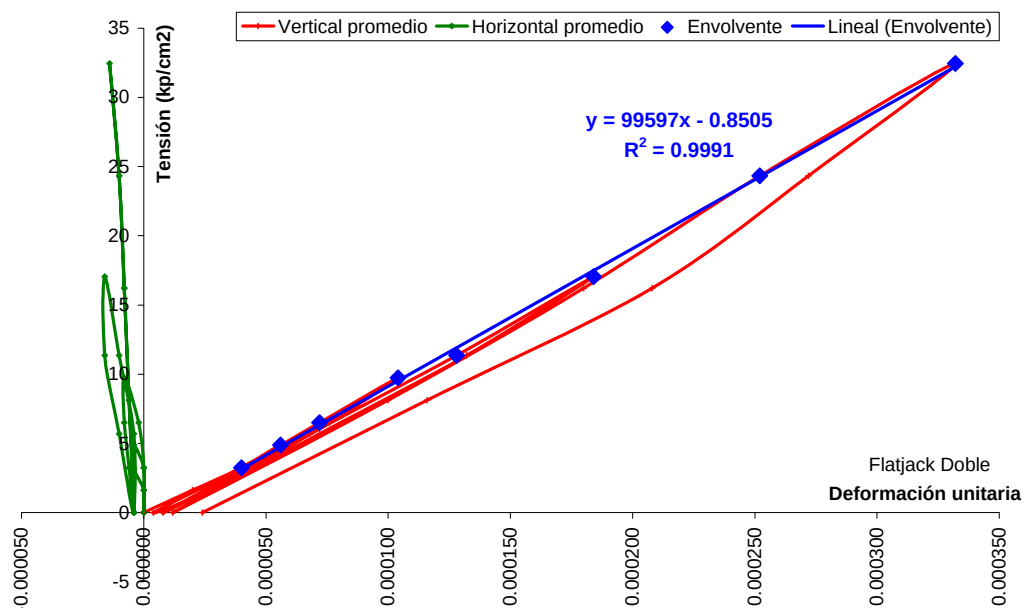
Km: 0.95

Ka: 0.854



Fotografía del ensayo

P. Bomba (kg/cm2)	P. corregida (kg/cm2)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	Def5 (abs.)	Def6 (abs.)	Def Vert mean (abs.)	Def Horiz mean (abs.)
0	0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
20	16.226	0.000104	0.000056	0.000024	0.000048	-0.000008	-0.000016	0.000040	-0.000012
0	0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	1.6226	0.000008	0.000016	0.000024	0.000008	0.000000	0.000000	0.000020	0.000000
4	3.2452	0.000016	0.000040	0.000040	0.000016	0.000000	-0.000008	0.000040	-0.000004
6	4.8678	0.000024	0.000056	0.000056	0.000024	0.000000	-0.000008	0.000056	-0.000004
4	3.2452	0.000020	0.000048	0.000040	0.000016	0.000000	0.000000	0.000044	0.000000
2	1.6226	0.000012	0.000032	0.000024	0.000008	0.000000	0.000000	0.000028	0
0	0	0.000008	0.000016	-0.000008	-0.000008	0.000000	0.000000	0.000004	0
4	3.2452	0.000024	0.000048	0.000032	0.000016	0.000000	0.000000	0.000040	0
8	6.4904	0.000040	0.000080	0.000064	0.000032	-0.000004	0.000000	0.000072	-2E-06
12	9.7356	0.000056	0.000112	0.000096	0.000048	-0.000008	-0.000008	0.000104	-8E-06
8	6.4904	0.000056	0.000080	0.000072	0.000040	-0.000008	-0.000008	0.000076	-8E-06
4	3.2452	0.000040	0.000048	0.000040	0.000024	-0.000004	-0.000008	0.000044	-6E-06
0	0	0.000016	0.000016	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000008	0.000008	-4E-06
7	5.6791	0.000032	0.000072	0.000064	0.000032	0.000000	-0.000008	0.000068	-4E-06
14	11.3582	0.000064	0.000128	0.000128	0.000064	-0.000004	-0.000016	0.000128	-1E-05
21	17.0373	0.000080	0.000184	0.000184	0.000096	-0.000008	-0.000024	0.000184	-1.6E-05
14	11.3582	0.000072	0.000128	0.000136	0.000080	-0.000008	-0.000024	0.000132	-1.6E-05
7	5.6791	0.000040	0.000072	0.000072	0.000056	-0.000004	-0.000016	0.000072	-1E-05
0	0	0.000016	0.000016	0.000008	0.000024	0.000000	-0.000008	0.000012	-4E-06
10	8.113	0.000056	0.000104	0.000096	0.000072	0.000000	-0.000012	0.000100	-6E-06
20	16.226	0.000088	0.000168	0.000192	0.000112	0.000000	-0.000016	0.000180	-8E-06
30	24.339	0.000120	0.000240	0.000264	0.000152	-0.000004	-0.000016	0.000252	-1E-05
40	32.452	0.000168	0.000312	0.000352	0.000200	-0.000012	-0.000016	0.000332	-1.4E-05
30	24.339	0.000144	0.000256	0.000288	0.000168	-0.000008	-0.000012	0.000272	-1E-05
20	16.226	0.000112	0.000200	0.000216	0.000128	-0.000004	-0.000012	0.000208	-8E-06
10	8.113	0.000080	0.000120	0.000112	0.000080	0.000000	-0.000012	0.000116	-6E-06
0	0	0.000056	0.000032	0.000016	0.000032	0.000000	-0.000008	0.000024	-4E-06



	Módulo de elasticidad (kp/cm2)					Coef. Poisson
	Pto control 1	Pto control 2	Pto control 3	Pto control 4	E medio	
Ciclo1	202,825	81,130	81,130	202,825	81,130	-0.10
Ciclo2	202,825	101,413	90,144	162,260	95,779	-0.03
Ciclo3	236,629	101,413	88,736	177,472	95,075	-0.05
Ciclo4	225,361	106,750	88,185	184,386	97,468	-0.02

19

ANEXO 12: DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA DE LA TIERRA EMPLEADA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TAPIAL.

TIERRA ENVENA NUEVAS
↓
¡(VEGETAL)!



INFORME DE RESULTADOS

Cliente : Jon Santiesteban

Núm.Boletín: 370

Reg. Salida: 214

Domicilio : C/ La Fragua, 1

Nº Muestra: 090263

Población : 34429 Amayuelas de Abajo (PALENCIA)

Registro muestra : 30/04/2009

Inicio análisis : 18/05/2009

Finalización análisis : 22/05/2009

Muestra de : SUELO

Nombre Determinación	Resultado	Método
Arena ISSS	64.48 %	Densímetro Bouyoucos
Limo ISSS	9.28 %	Densímetro Bouyoucos
Arcilla ISSS	26.24 %	Densímetro Bouyoucos
Textura ISSS	Arcillo arenoso	
Materia orgánica oxidable	0.59 %	Walkey-Black

La muestra fue facilitada por el propio cliente. El análisis sólo da fe de la muestra recibida.

Este boletín no se puede reproducir parcialmente sin la aprobación por escrito de la entidad emisora.

Emitido por:

Laboratorio

PALENCIA, 22 de Mayo de 2009

Director técnico del laboratorio


centro tecnológico agrario y agroalimentario

MARTA SÁNCHEZ MARTÍN

20

ANEXO 13: FICHAS TÉCNICAS DE LOS ADHESIVOS DE POLIURETANO TERMOPLÁSTICO EMPLEADOS PARA LA FIJACIÓN DE BANDAS EXTENSOMÉTRICAS EN EL SUSTRATO TERROSO.

La documentación correspondiente a este anexo no se incluye por no estar autorizada su reproducción por la empresa propietaria.

21

ANEXO 14: REGISTRO DE LOS ENSAYOS DE GATO PLANO REALIZADOS EN LABORATORIO SOBRE EL TAPIAL.

- 21.1 Registro del ensayo GPTap-Simple 1 (Lab0925).**
- 21.2 Registro del ensayo GPTap-Simple 2 (Lab1001).**
- 21.3 Registro del ensayo GPTap-Doble (Lab1002).**

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04	Fecha: 01-12-09
		Ref.: Lab0925
	CONSTRUCCIÓN: Tapial (GPTap-Simple 1)	Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 12-06-2009

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de tapial esta construido a base tierra compactada. Para su confección se empleó un suelo arcillo-arenoso con la siguiente distribución porcentual granulométrica: arena (64.48%), limo (9.28%), arcilla (26.24%) y materia orgánica oxidable (0.59%). Dicho material fue mezclado con grava con la intención de aumentar la resistencia a compresión y mejorar la maleabilidad de la tierra. La humedad durante el proceso de construcción fue del 5.32 %.

Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,11 x 1,13 x 0,38 m (ancho x alto x espesor). Dos de las aristas verticales que conforman el paralelepípedo no son verticales debido a que el tape de madera dispuesto en el lado correspondiente, para favorecer la construcción, no quedó en posición perfectamente vertical.

En base a una serie de 9 probetas realizadas con el mismo material componente del muro (pero con diferente energía de compactación) se estimó una resistencia a compresión promedio de 3.1 N/mm², presentando un coeficiente de variación del 24.96%.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

El elemento estructural a ensayar es un tapial construido en laboratorio a base de un suelo arcillo-arenoso, mezclado con grava con la intención de aumentar la resistencia a compresión y mejorar la maleabilidad de la tierra, y con una humedad durante el proceso de construcción fue del 5.32 %.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 1 gato plano semioval.

Uillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.



ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04

CONSTRUCCIÓN: Tapial (GPTap-Simple 1)

Fecha: 01-12-09

Ref.: Lab0925

Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

Medida de la distancia inicial de los puntos de control



Apertura de roza



5. Tensión de compresión y su cálculo:

Factor de calibración K_m : 0.855

Superficie del gato plano (cm^2): 778.56

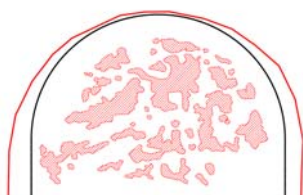
Superficie de la roza (cm^2): 896.58

Factor de calibración K_a : 0.868

Valor de la tensión de compresión (se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

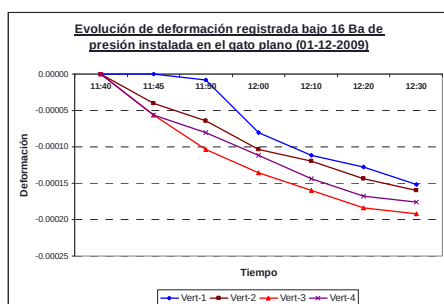
¿¿??

Observaciones:



Con la finalidad de estimar el área neta de contacto entre el gato plano y el muro se dispuso un calco entre dos láminas de papel, de manera que los puntos de presión queden reflejados en el papel por acción del calco.

Factores geométricos, k_a , GPS-A			
Áreas (cm^2)		Constantes	
A_{roza}	896.58	$K_{gato-roza}$	0.868
A_{gato}	778.56	$K_{contacto-gato}$	0.240
$A_{contacto}$	186.81	$K_{contacto-roza}$	0.208



Se comprobó que la deformación registrada por los cuatro puntos de control, para un nivel constante de presión de 16 bar, evolucionaba en el tiempo, de forma que en poco menos de una hora se había registrado un valor de 0.017% de alargamiento, respecto al valor registrado inmediatamente después de introducir la presión referida, fruto de dicha presión interna de instalada en el gato plano. Además, dicha evolución no parece converger, en el lapso de tiempo en el que se tomaron las mediadas, a ningún valor.

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial

Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Firma



ANEXO 1: ESTIMACIÓN DEL NIVEL TENSIONAL MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO SIMPLE

Norma: ASTM-C 1196

Ensayo: Lab0925

Ubicación: Laboratorio GTED

Fecha: 01/12/2009

Colocación: Gato plano simple en Laboratorio-Tapial (GPTap-Simple1)

Empresa: GTED-UC

Dimensiones del gato:

Semioval 350x260x3,5 mm

Ref. del gato:

1

Km: 0,855

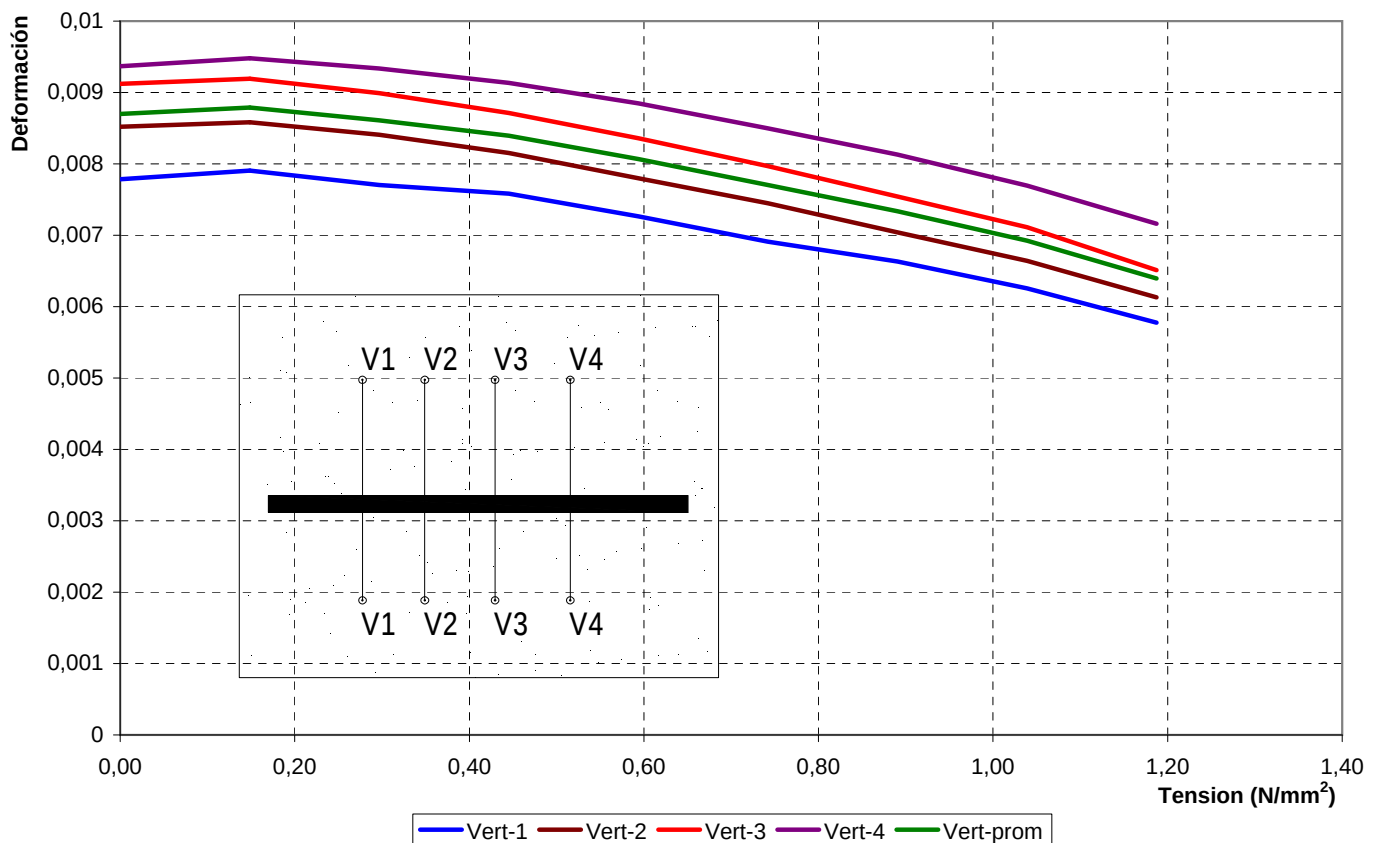
Ka: 0,868



Fotografía del ensayo

Curva tensión - deformación

P. Bomba (kg/cm2)	Comentarios	P. corregida (N/mm2)	P.corregida (N/mm2)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	Def Vert mean (abs.)
0	Antes roza	0	0,000	0	0	0	0	0
0	Tras roza	0	0,000	0,006664	0,007264	0,00776	0,007824	0,007378
5		0,37107	0,371	0,0074	0,008048	0,008624	0,008944	0,008254
0		0	0,000	0,007784	0,00852	0,00912	0,009368	0,008698
2		0,148428	0,148	0,007904	0,008584	0,009192	0,00948	0,008790
4		0,296856	0,297	0,007704	0,008408	0,008992	0,009336	0,008610
6		0,445284	0,445	0,007584	0,008152	0,008712	0,009136	0,008396
8		0,593712	0,594	0,007264	0,0078	0,00836	0,008848	0,008068
10		0,74214	0,742	0,006912	0,007448	0,007968	0,008496	0,007706
12		0,890568	0,891	0,006632	0,00704	0,007544	0,008128	0,007336
14		1,038996	1,039	0,006256	0,00664	0,007112	0,007696	0,006926
16		1,187424	1,187	0,005776	0,006128	0,006512	0,00716	0,006394



Nivel tensional existente en el elemento estructural (MPa):

-

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04	Fecha: 20-01-10
		Ref.: Lab1001
	CONSTRUCCIÓN: Tapial (GPTap-Simple 2)	Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (peticionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 12-06-2009

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de tapial esta construido a base tierra compactada. Para su confección se empleó un suelo arcillo-arenoso con la siguiente distribución porcentual granulométrica: arena (64.48%), limo (9.28%), arcilla (26.24%) y materia orgánica oxidable (0.59%). Dicho material fue mezclado con grava con la intención de aumentar la resistencia a compresión y mejorar la maleabilidad de la tierra. La humedad durante el proceso de construcción fue del 5.32 %.

Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,11 x 1,13 x 0,38 m (ancho x alto x espesor). Dos de las aristas verticales que conforman el paralelepípedo no son verticales debido a que el tape de madera dispuesto en el lado correspondiente, para favorecer la construcción, no quedó en posición perfectamente vertical.

En base a una serie de 9 probetas realizadas con el mismo material componente del muro (pero con diferente energía de compactación) se estimó una resistencia a compresión promedio de 3.1 N/mm², presentando un coeficiente de variación del 24.96%.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

El elemento estructural a ensayar es un tapial construido en laboratorio a base de un suelo arcillo-arenoso, mezclado con grava con la intención de aumentar la resistencia a compresión y mejorar la maleabilidad de la tierra, y con una humedad durante el proceso de construcción fue del 5.32 %.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 1 gato plano semioval.

Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

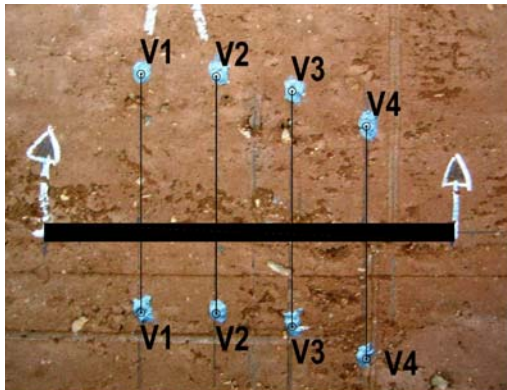
Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04	Fecha: 20-01-10
		Ref.: Lab1001
	CONSTRUCCIÓN: Tapial (GPTap-Simple 2)	Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

Detalle de la disposición de los puntos de control



Apertura de roza



Instante tomado durante el ensayo



5. Tensión de compresión y su cálculo:

Factor de calibración K_m : 0.95

Superficie del gato plano (cm^2): 778.56

Superficie de la roza (cm^2): 918.01

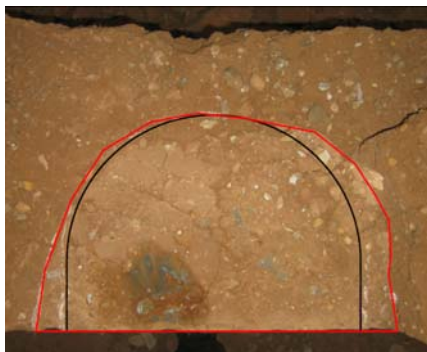
Factor de calibración K_a :

0.848

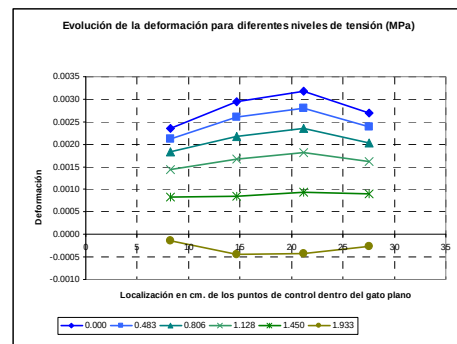
Valor de la tensión de compresión (se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

1.79 N/mm²

Observaciones:



Relación gráfica entre el área de la roza (918.01 cm^2) y área del gato plano GPTap-Simple2 (778.56 cm^2)



Evolución de las deformaciones experimentadas por cada par de puntos de control, para varios niveles de tensión proporcionados por el gato plano

El nivel tensional, obtenido por interpolación lineal, para el cuál se recuperaron las distancias medidas previamente a la ejecución del corte fue de 1.79 MPa. Si bien, se evidencia una clara convergencia de los cuatro puntos de control a un punto de intersección (el denominado punto de desplazamiento residual) que establece un nivel tensional del orden de 1.45 MPa, por ello que se considera este último como el valor real de tensión existente (Ronca 1996 y 1996a) en el tapial en el ensayo GPTap-Simple2

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma



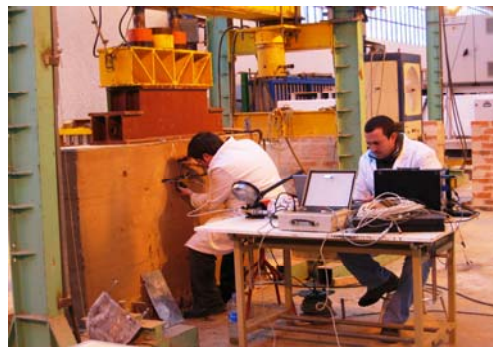
ANEXO 1: ESTIMACIÓN DEL NIVEL TENSIONAL MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO SIMPLE

Norma: ASTM-C 1196
Ensayo: Lab1001

Ubicación: Laboratorio GTED
Fecha: 20/01/2010
Colocación: Gato plano simple en Laboratorio-Tapial (GPTap-Simple2)
Empresa: GTED-UC

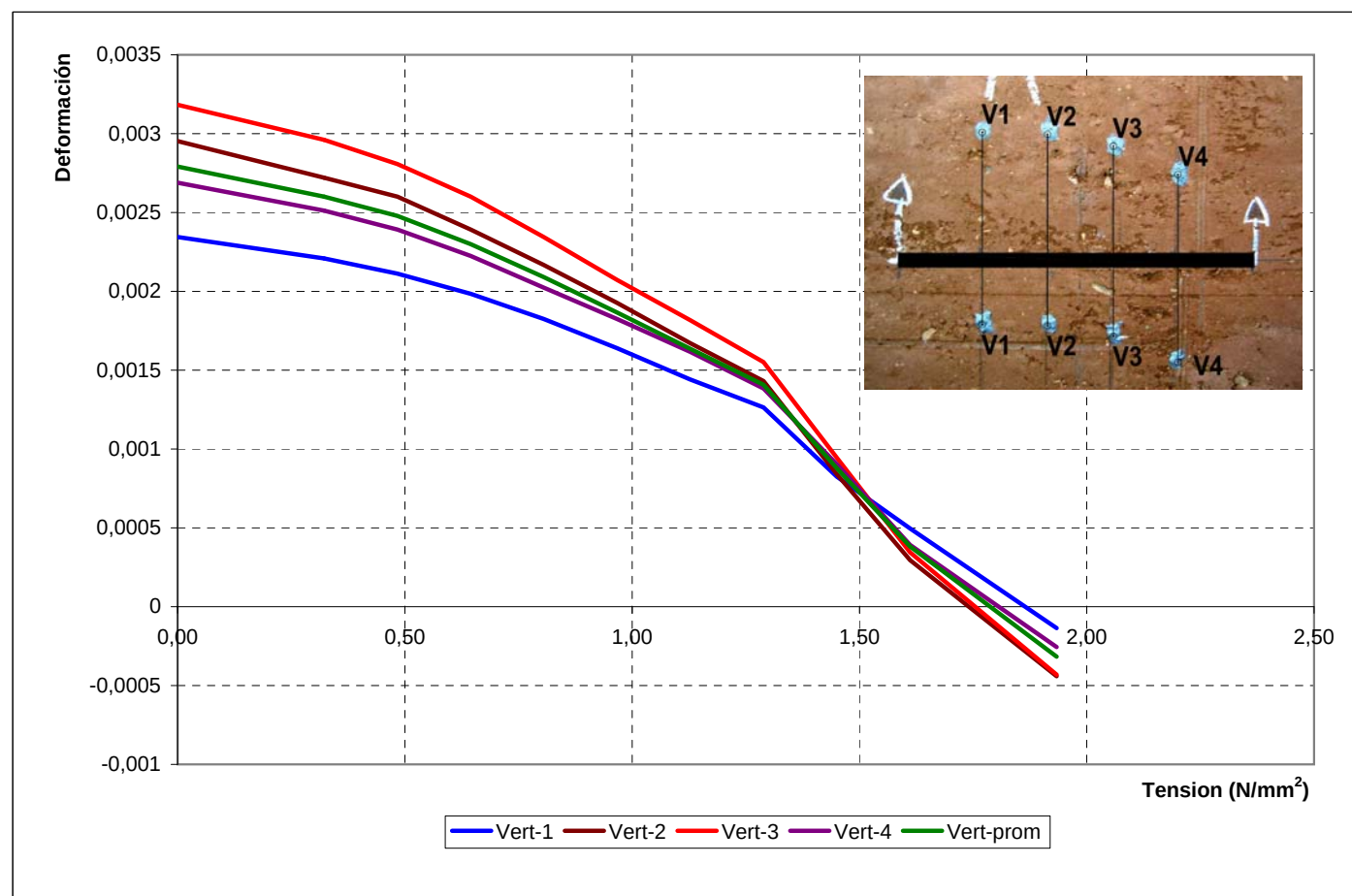
Dimensiones del gato: Semioval 350x260x3,5 mm
Ref. del gato: 1

Km: 0,95
Ka: 0,848



Fotografía del ensayo

		Curva tensión - deformación						
P. Bomba (kg/cm2)	Comentarios	P. corregida (N/mm2)	P.corregida (N/mm2)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	Def Vert mean (abs.)
0	Antes roza	0	0,000	0	0	0	0	0
0	Tras roza	0	0,000	0,00232	0,002952	0,00316	0,002664	0,002774
4		0,32224	0,322	0,00228	0,002736	0,002952	0,002496	0,002616
0		0	0,000	0,002344	0,002952	0,003184	0,002688	0,002792
4		0,32224	0,322	0,002208	0,00272	0,00296	0,002512	0,002600
6		0,48336	0,483	0,002112	0,0026	0,002808	0,002392	0,002478
8		0,64448	0,644	0,001984	0,002392	0,0026	0,002224	0,002300
10		0,8056	0,806	0,001824	0,002168	0,002344	0,002024	0,002090
12		0,96672	0,967	0,00164	0,001928	0,002072	0,001824	0,001866
14		1,12784	1,128	0,00144	0,001672	0,001816	0,001616	0,001636
16		1,28896	1,289	0,001264	0,001432	0,001552	0,001384	0,001408
18		1,45008	1,450	0,000824	0,00084	0,000944	0,000904	0,000878
20		1,6112	1,611	0,000496	0,000296	0,000344	0,000392	0,000382
24		1,93344	1,933	-0,000136	-0,00044	-0,000432	-0,000256	-0,000316



Nivel tensional existente en el elemento estructural (MPa):

1,79

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 29-01-10
		Ref.: Lab1002
	CONSTRUCCIÓN: Tapial (GPTap-Doble)	Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DE LA DEFORMABILIDAD DE FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo. Estimación de la deformabilidad de un tapialconstruido en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad de Cantabria.

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 12-06-2009

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de tapial esta construido a base tierra compactada. Para su confección se empleó un suelo arcillo-arenoso con la siguiente distribución porcentual granulométrica: arena (64.48%), limo (9.28%), arcilla (26.24%) y materia orgánica oxidable (0.59%). Dicho material fue mezclado con grava con la intención de aumentar la resistencia a compresión y mejorar la maleabilidad de la tierra. La humedad durante el proceso de construcción fue del 5.32 %.

Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,11 x 1,13 x 0,38 m (ancho x alto x espesor). Dos de las aristas verticales que conforman el paralelepípedo no son verticales debido a que el tape de madera dispuesto en el lado correspondiente, para favorecer la construcción, no quedó en posición perfectamente vertical.

En base a una serie de 9 probetas realizadas con el mismo material componente del muro (pero con diferente energía de compactación) se estimó una resistencia a compresión promedio de 3.1 N/mm², presentando un coeficiente de variación del 24.96%.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

El elemento estructural a ensayar es un tapial construido en laboratorio a base de un suelo arcillo-arenoso, mezclado con grava con la intención de aumentar la resistencia a compresión y mejorar la maleabilidad de la tierra, y con una humedad durante el proceso de construcción fue del 5.32 %.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 2 gatos planos semiovalados.

Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia. La distancia entre los puntos de control verticales fue de 200 mm.

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 29-01-10
		Ref.: Lab1002
	CONSTRUCCIÓN: Tapial (GPTap-Doble)	Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

Apertura de la roza superior



Apertura de la roza inferior



Instante del ensayo



5. Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson:

(Se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

Factor de calibración K_m : 0.855

Superficie del gato plano superior (cm^2): 778.56

Superficie de la roza superior (cm^2): 874.06

Superficie del gato plano inferior (cm^2): 778.56

Superficie de la roza inferior (cm^2): 888.87

Factor de calibración K_a : 0.883

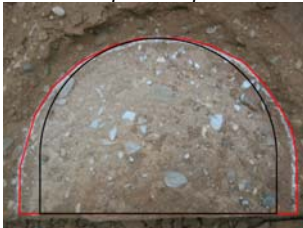
Módulo de elasticidad (E): 3,170.66 N/mm²

Coeficiente de Poisson (ν): 0.16

Observaciones:



Gato plano superior



Gato plano inferior

El módulo de elasticidad, E, es el módulo secante promedio, sin tener en cuenta el punto de control nº 1, obtenido en el ciclo 1 para un valor de tensión de 6 Kp/cm², en el ciclo 2 para un valor de tensión de 8 Kp/cm², en el ciclo 3 para un valor de tensión de 8 Kp/cm², y en el ciclo 4 para un valor de tensión de 8 Kp/cm².

Por su parte el coeficiente de poisson representa, para los cuatro ciclos la relación entre las deformaciones promedio horizontal y vertical registradas por los puntos de control, en los mismos intervalos de tensión para el cuál fue obtenido el módulo de elasticidad secante.

De forma que, en función del factor de corrección geométrico empleado, las características mecánicas estimadas son las que figuran a continuación:

	K_a	K_m	ν_{exp}	E_{exp} (N/mm ²)
$K_{gato-roza}$	0.883	0.855	-0.16	3,170.66

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial

Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Firma



ANEXO 1: DETERMINACION DE PROPIEDADES DE DEFORMACION MEDIANTE GATOS PLANOS

Norma: ASTM-C 1197
Ensayo: Lab1002

Ubicación: Tapial
Fecha: 29/01/2010
Colocación: Gato plano doble en tapial (GPTap-Doble)
Empresa: GTED-UC

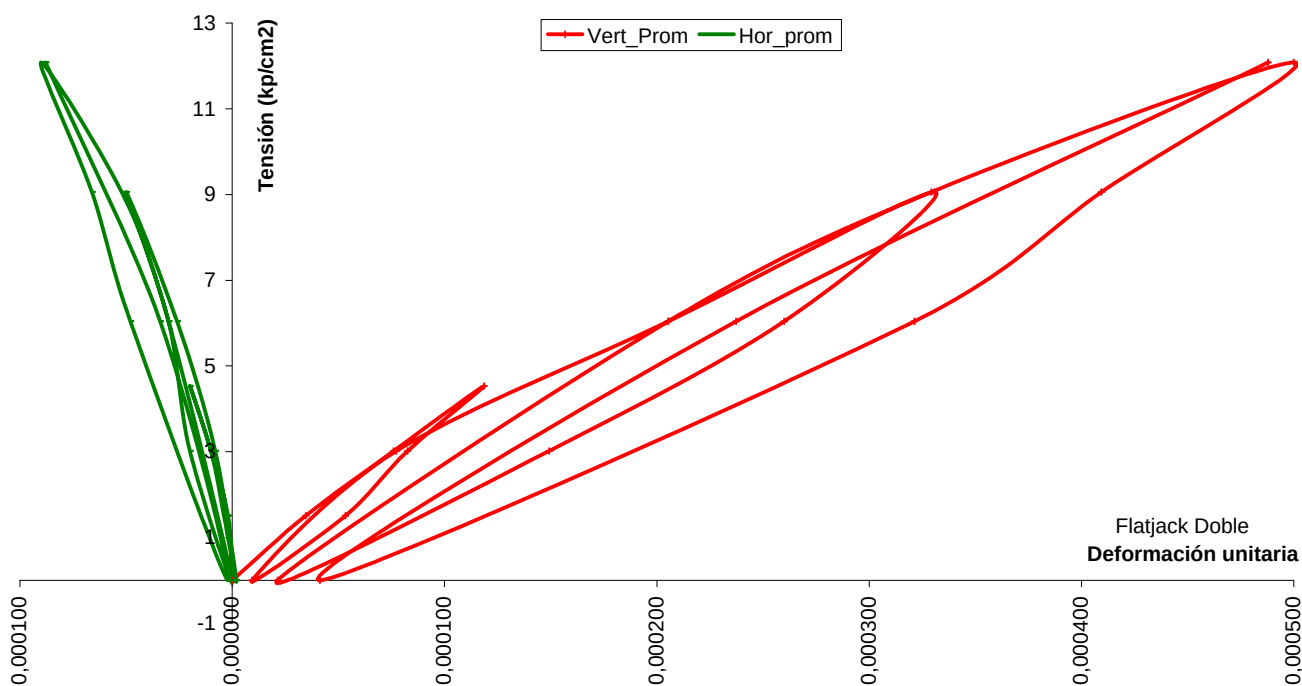
Dimensiones del gato: Semiovale 350x260x3,5 mm
Ref. del gato superior: 1
Ref. del gato inferior: 2

Km: 0,855
Ka: 0,883



Fotografía del ensayo

Curva tensión-deformación									
P. Bomba (kg/cm ²)	P. corregida (kg/cm ²)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	Def5 (abs.)	Def6 (abs.)	Def Vert mean (abs.)	Def Horiz mean (abs.)
0	0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	1,50993	0,000032	0,000060	0,000024	0,000020	0,000000	-0,000004	0,000035	-0,000002
4	3,01986	0,000068	0,000104	0,000076	0,000048	-0,000004	-0,000016	0,000076	-0,000010
6	4,52979	0,000096	0,000132	0,000128	0,000096	-0,000012	-0,000028	0,000119	-0,000020
4	3,01986	0,000068	0,000100	0,000096	0,000052	-0,000004	-0,000016	0,000083	-0,000010
2	1,50993	0,000020	0,000080	0,000056	0,000024	0,000004	-0,000012	0,000053	-0,000004
0	0	0,000004	0,000036	0,000008	-0,000016	0,000008	-0,000004	0,000009	0,000002
4	3,01986	0,000040	0,000100	0,000076	0,000056	0,000000	-0,000016	0,000077	-0,000008
8	6,03972	0,000120	0,000224	0,000216	0,000176	-0,000016	-0,000036	0,000205	-0,000026
12	9,05958	0,000228	0,000316	0,000360	0,000316	-0,000044	-0,000056	0,000331	-0,000050
8	6,03972	0,000168	0,000260	0,000276	0,000244	-0,000024	-0,000036	0,000260	-0,000030
4	3,01986	0,000096	0,000136	0,000176	0,000136	-0,000016	-0,000024	0,000149	-0,000020
0	0	0,000012	0,000016	0,000032	0,000016	0,000004	-0,000004	0,000021	0,000000
8	6,03972	0,000132	0,000172	0,000236	0,000208	-0,000024	-0,000036	0,000205	-0,000030
12	9,05958	0,000216	0,000304	0,000364	0,000320	-0,000044	-0,000060	0,000329	-0,000052
16	12,07944	0,000332	0,000460	0,000552	0,000488	-0,000080	-0,000100	0,000500	-0,000090
12	9,05958	0,000276	0,000372	0,000456	0,000400	-0,000060	-0,000072	0,000409	-0,000066
8	6,03972	0,000200	0,000300	0,000348	0,000316	-0,000040	-0,000056	0,000321	-0,000048
0	0	0,000012	0,000032	0,000052	0,000040	0,000004	-0,000008	0,000041	-0,000002
8	6,03972	0,000148	0,000208	0,000260	0,000244	-0,000028	-0,000040	0,000237	-0,000034
16	12,07944	0,000320	0,000448	0,000536	0,000480	-0,000080	-0,000096	0,000488	-0,000088
20	15,0993	Rompe la soldadura del gato plano inferior							



Módulo de elasticidad (kp/cm ²)						
	Pto control 1	Pto control 2	Pto control 3	Pto control 4	E medio	Coef. Poisson
Ciclo1	47.185	34.317	35.389	47.185	38.964	-0,13
Ciclo2	52.067	32.126	29.037	31.457	30.873	-0,14
Ciclo3	50.331	38.716	29.606	31.457	33.260	-0,16
Ciclo4	44.410	34.317	29.037	29.606	30.987	-0,16

22

ANEXO 15: REGISTRO DE LOS ENSAYOS HOLE DRILLING REALIZADOS EN LABORATORIO SOBRE EL TAPIAL.

22.1 Registro del ensayo HDTap1 (Lab0926).

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING		Fecha: 10-12-09
			Ref.: Lab0926
	CONSTRUCCIÓN: Muro de tapial (HDT1)		Pag 1 de 5

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (peticionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 12-06-2009

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El muro de tapial esta construido a base tierra compactada. Para su confección se empleó un suelo arcillo-arenoso con la siguiente distribución porcentual granulométrica: arena (64.48%), limo (9.28%), arcilla (26.24%) y materia orgánica oxidable (0.59%). Dicho material fue mezclado con grava con la intención de aumentar la resistencia a compresión y mejorar la maleabilidad de la tierra. La humedad durante el proceso de construcción fue del 5.32 %.

Tiene unas dimensiones aproximadas de 2,11 x 1,13 x 0,38 m (ancho x alto x espesor). Dos de las aristas verticales que conforman el paralelepípedo no son verticales debido a que el tape de madera dispuesto en el lado correspondiente, para favorecer la construcción, no quedó en posición perfectamente vertical.

En base a una serie de 9 probetas realizadas con el mismo material componente del muro (pero con diferente energía de compactación) se estimó una resistencia a compresión promedio de 3.1 N/mm², presentando un coeficiente de variación del 24.96%.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

El elemento estructural a ensayar es un tapial construido en laboratorio a base de un suelo arcillo-arenoso, mezclado con grava con la intención de aumentar la resistencia a compresión y mejorar la maleabilidad de la tierra, y con una humedad durante el proceso de construcción fue del 5.32 %.

3. Recursos empleados

Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	Solartron y equipo propio UC
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cuarto de puente
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):			Tokio Sokki / 6 mm / Metal ceys

¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).

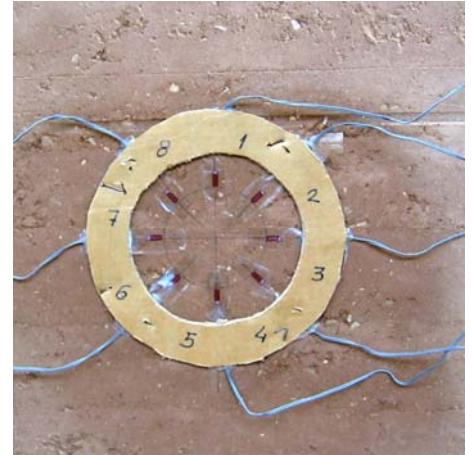
4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

Marcado



Pegado



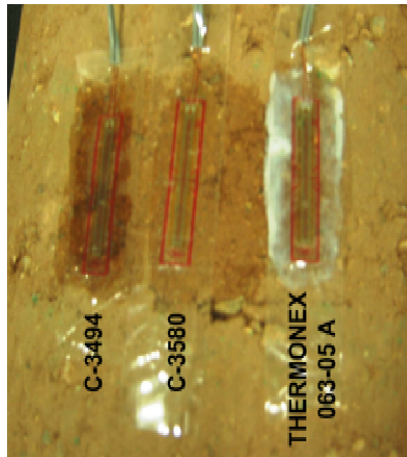
Observaciones:

Un aspecto a considerar giró en torno a qué adhesivo emplear para fijar las bandas extensométricas al sustrato terroso compactado, dado que los adhesivos que normalmente se emplean para otro tipo de soportes no son válidos (fundamentalmente debido a su rigidez).

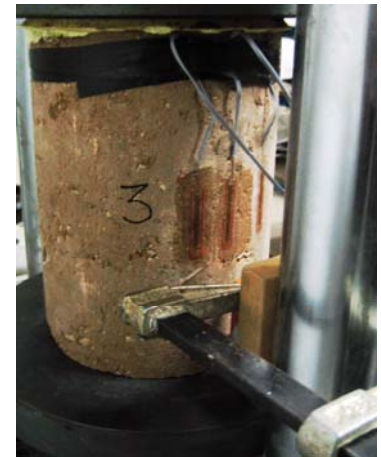
En este sentido se hicieron pruebas con cuatro adhesivos diferentes. Inicialmente se experimentó con la fijación de las galgas extensométricas mediante silicona, la cuál no resultó ser adecuada para la finalidad estudiada.



Adhesión y protección de una galga extensométrica a una probeta de tierra mediante silicona.



Detalle de una probeta de tierra con las tres galgas adheridas mediante los tres tipos de adhesivo referidos, previamente al proceso de curado.



Detalle de las dos probetas ensayadas a compresión simple para verificar la posible idoneidad de los adhesivos empleados para fijar las galgas a su superficie.

Con posterioridad se experimentó con el empleo de tres adhesivos de poliuretano termoplástico, bien en base disolvente orgánico o en base acuosa. Los resultados obtenidos con estos adhesivos fueron más adecuados que en el caso de la silicona. Si bien, de los tres medios estudiados, el más válido resultó ser el adhesivo de poliuretano termoplástico en base acuosa.

4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones:

Nada reseñable

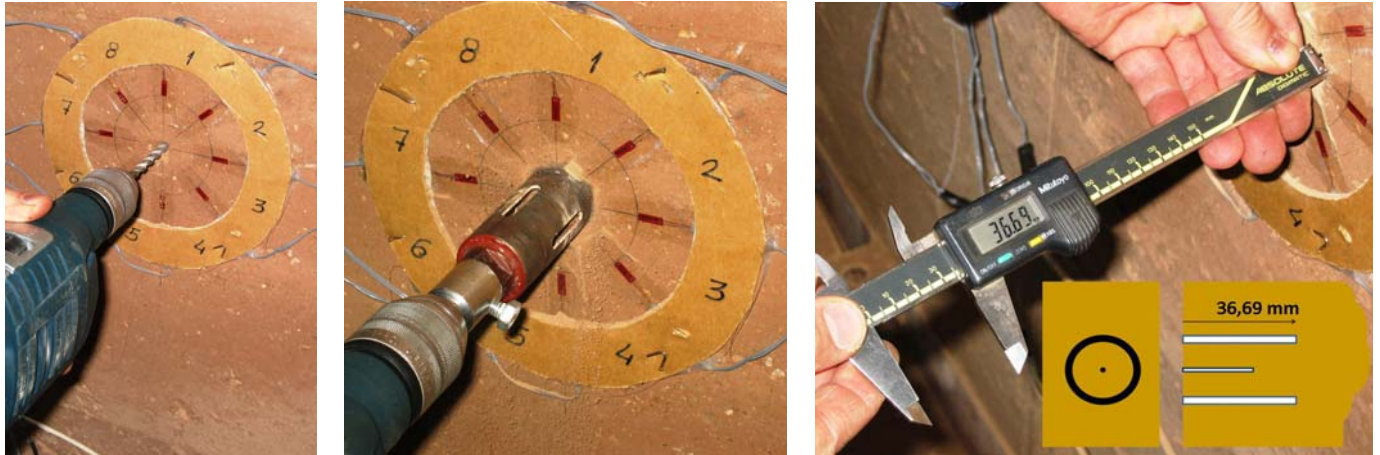
4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.

Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²:

26 horas

² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.

4.4 Ejecución del taladro.



Fotografías del proceso de ejecución.

Recomendaciones:

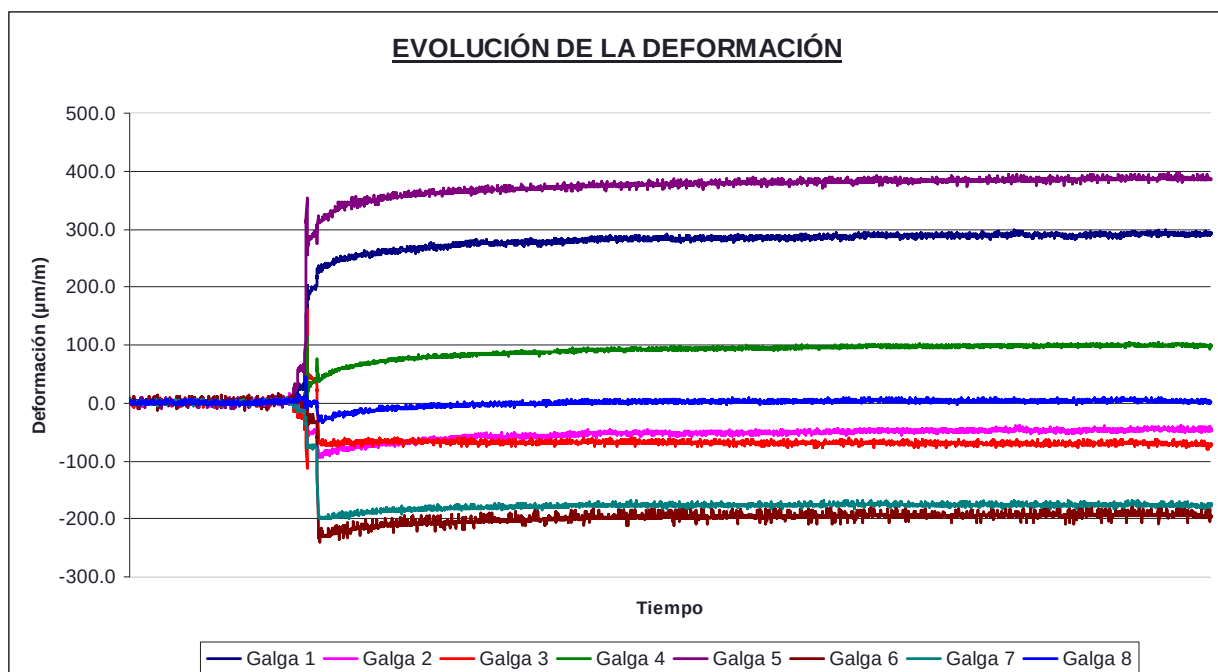
- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.
- Uso de nivel para controlar la horizontabilidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por T^a.

Controlar la profundidad del taladrado (al menos 0,4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm²):

-1.04³



Gráfica de la evolución de las deformaciones registradas

³ El signo - representa comportamiento a compresión.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING		Fecha: 10-12-09
			Ref.: Lab0926
	CONSTRUCCIÓN: Muro de tapial (HDT1)		Pag 4 de 5



Aspecto de la zona de ensayo una vez finalizado

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

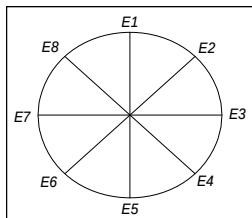
Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

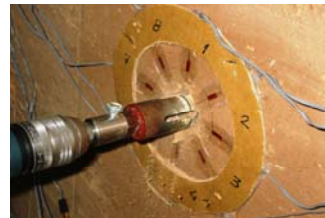


ANEXO 1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE HOLE DRILLING



Código: Lab0926
Referencia: Hole Drilling HDT1en Tapial ensayada en LABEST-UC
Fecha: 10/12/2009

En esta hoja se obtiene, para cada una de las combinaciones de galgas, la tensión principal máxima, la mínima y la dirección (ángulo existente horario) entre la tensión principal máxima con la dirección de la primera de las galgas de la combinación. Igualmente se estima a partir de los datos referidos la tensión vertical existente



Def. final tras taladrado ($\mu\text{m/m} = 10^{-6}\text{m/m}$)

Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
290.2	-47.0	-70.3	98.6	385.5	-193.9	-176.2	3.6

*El signo - representa comportamiento a compresión

Las ocho galgas presentan fluctuaciones medias < 5 $\mu\text{m/m}$

Módulo de Young (Mpa) = 1.394
Coef. Poisson = 0.33

d (cm) = 3.6
D (cm) = 8.8
Prof. Taladro (mm) = 36.69

a = 0.199
b = 0.484

$$A_t = -4 \left(\frac{1 + \nu}{2 E} \right) a$$

$$B_t = -4 \left(\frac{1}{2 E} \right) b$$

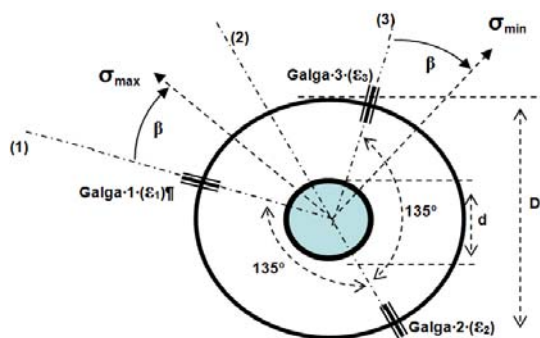
At =	-0.00038
Bt =	-0.000694

d/D	a	b
0.38	0.174	0.430
0.39	0.182	0.448
0.40	0.190	0.466
0.41	0.199	0.484
0.42	0.208	0.503
0.43	0.217	0.521

$$\sigma_{\max} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} - \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} + \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2}{\varepsilon_3 - \varepsilon_1} \right)$$



COMBINACIÓN 1	Ch1	E1 = 0.000290214	AUX1 = -0.579	Tmax (N/mm2) =	0.44
	Ch3	E3 = -7.02683E-05	AUX2 = -1.018	Tmin (N/mm2) =	-1.6
	Ch6	E2 = -0.000193884		β =	60
				Tvert (N/mm2) =	-1.09
COMBINACIÓN 2	Ch2	E1 = -4.69648E-05	AUX1 = -0.136	Tmax (N/mm2) =	0.48
	Ch4	E3 = 9.85592E-05	AUX2 = -0.619	Tmin (N/mm2) =	-0.76
	Ch7	E2 = -0.000176184		β =	35
				Tvert (N/mm2) =	-0.72
COMBINACIÓN 3	Ch3	E1 = -7.02683E-05	AUX1 = -0.829	Tmax (N/mm2) =	-0.04
	Ch5	E3 = 0.000385452	AUX2 = -0.793	Tmin (N/mm2) =	-1.62
	Ch8	E2 = 3.56141E-06		β =	17
				Tvert (N/mm2) =	-1.48
COMBINACIÓN 4	Ch4	E1 = 9.85592E-05	AUX1 = 0.251	Tmax (N/mm2) =	1.31
	Ch6	E3 = -0.000193884	AUX2 = -1.061	Tmin (N/mm2) =	-0.81
	Ch1	E2 = 0.000290214		β =	-57
				Tvert (N/mm2) =	-0.72
COMBINACIÓN 5	Ch5	E1 = 0.000385452	AUX1 = -0.551	Tmax (N/mm2) =	0.37
	Ch7	E3 = -0.000176184	AUX2 = -0.92	Tmin (N/mm2) =	-1.47
	Ch2	E2 = -4.69648E-05		β =	76
				Tvert (N/mm2) =	-1.36
COMBINACIÓN 6	Ch6	E1 = -0.000193884	AUX1 = 0.501	Tmax (N/mm2) =	0.79
	Ch8	E3 = 3.56141E-06	AUX2 = -0.293	Tmin (N/mm2) =	0.21
	Ch3	E2 = -7.02683E-05		β =	-7
				Tvert (N/mm2) =	0.57
COMBINACIÓN 7	Ch7	E1 = -0.000176184	AUX1 = -0.3	Tmax (N/mm2) =	0.38
	Ch1	E3 = 0.000290214	AUX2 = -0.683	Tmin (N/mm2) =	-0.98
	Ch4	E2 = 9.85592E-05		β =	-5
				Tvert (N/mm2) =	-0.97
COMBINACIÓN 8	Ch8	E1 = 3.56141E-06	AUX1 = 0.114	Tmax (N/mm2) =	1.29
	Ch2	E3 = -4.69648E-05	AUX2 = -1.176	Tmin (N/mm2) =	-1.06
	Ch5	E2 = 0.000385452		β =	-47
				Tvert (N/mm2) =	-1.06

TENSIÓN VERTICAL = -1.04 N/mm2 (Compresión)

Comentarios:

La combinación nº 6 se ha omitido por ofrecer un nivel tensional de tracción, por su parte las combinaciones 2, 3, 4 y 5 no se han considerado desde un punto de vista estadístico. Por tanto, para las combinaciones 1, 7 y 8 se obtiene una tensión promedio de 1,04 MPa (compresión) con un coeficiente de variación del 6,00%.

23

ANEXO 16: REGISTRO DE LOS ENSAYOS DE GATO PLANO REALIZADOS EN LABORATORIO SOBRE EL MURO DE ADOBE.

- 23.1 Registro del ensayo GPAd-A Simple (Lab0920).**
- 23.2 Registro del ensayo GPAd-A Doble (Lab0922).**

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04	Fecha: 07-10-09
		Ref.: Lab0920
	CONSTRUCCIÓN: Muro de adobe (GPAd-A Simple)	Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (peticionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 22-06-2009

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

Para su confección se emplearon abodes de dimensiones 34 x 16 x 10 cm (Largo x ancho x alto), suministrados por la empresa Adobera del Norte C.B., y un mortero, confeccionado con la siguiente fórmula de trabajo (igualmente, recomendada por la empresa referida, experta la ejecución de construcciones de adobe ex-novo o rehabilitaciones de elementos antiguos):

- 3 partes en volumen de tierra.
- 2 partes en volumen de arena (grijillo).
- 1 parte en volumen de paja (sin compactar).
- Agua hasta dar la consistencia apropiada (no fluida), que permita crear espesores de junta del orden de 1 cm.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

El elemento estructural a ensayar es un muro de adobe aparejado con una mezcla de tierra, arena, paja y agua, a modo de mortero.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 1 gato plano semioval.

Uillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04	Fecha: 07-10-09
		Ref.: Lab0920
	CONSTRUCCIÓN: Muro de adobe (GPAd-A Simple)	Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

Apertura de la roza 	Apertura de roza 	Instante del ensayo 

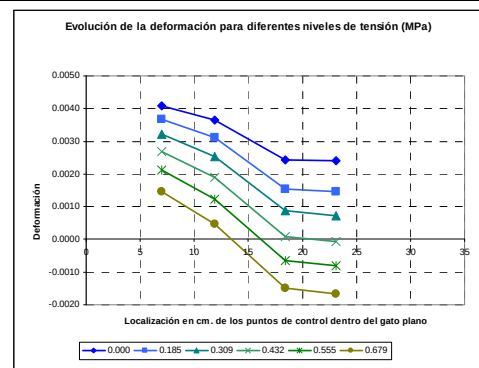
5. Tensión de compresión y su cálculo:

Factor de calibración K_m : 0.7125	
Superficie del gato plano (cm^2): 778.56	Factor de calibración K_a : 0.866
Superficie de la roza (cm^2): 898.61	
Valor de la tensión de compresión (se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)	
0.63 N/mm ²	

Observaciones:



Relación gráfica entre el área de la roza (898.61 cm^2) y área del gato plano GPAd-A Simple (778.56 cm^2)



Evolución de las deformaciones experimentadas por cada par de puntos de control, para varios niveles de tensión proporcionados por el gato plano

El nivel tensional, obtenido por interpolación lineal, para el cuál se recuperaron las distancias medidas previamente a la ejecución del corte fue de 0.63 MPa.

6. Personal:

Técnico Principal: Ignacio Lombillo Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  Firma	Técnico Asistente: Jorge Elices Ingeniero Técnico Industrial  Firma	Director del Lab. de Edificación: Luis Villegas Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  Firma



ANEXO 1: ESTIMACIÓN DEL NIVEL TENSIONAL MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO SIMPLE

Norma: ASTM-C 1196

Ensayo: Lab0920

Ubicación: Laboratorio de Estructuras UC

Fecha: 07/10/2009

Colocación: Gato plano simple

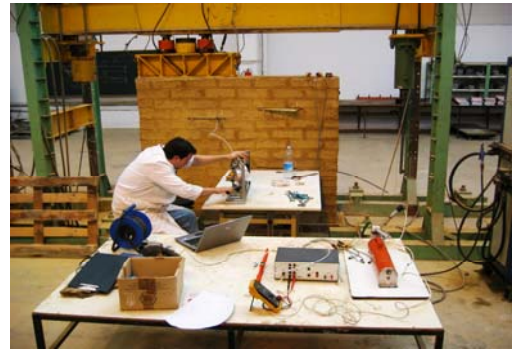
Empresa: GTED-UC

Dimensiones del gato: Semiovale 350x260x3,5 mm

Ref. del gato: 1

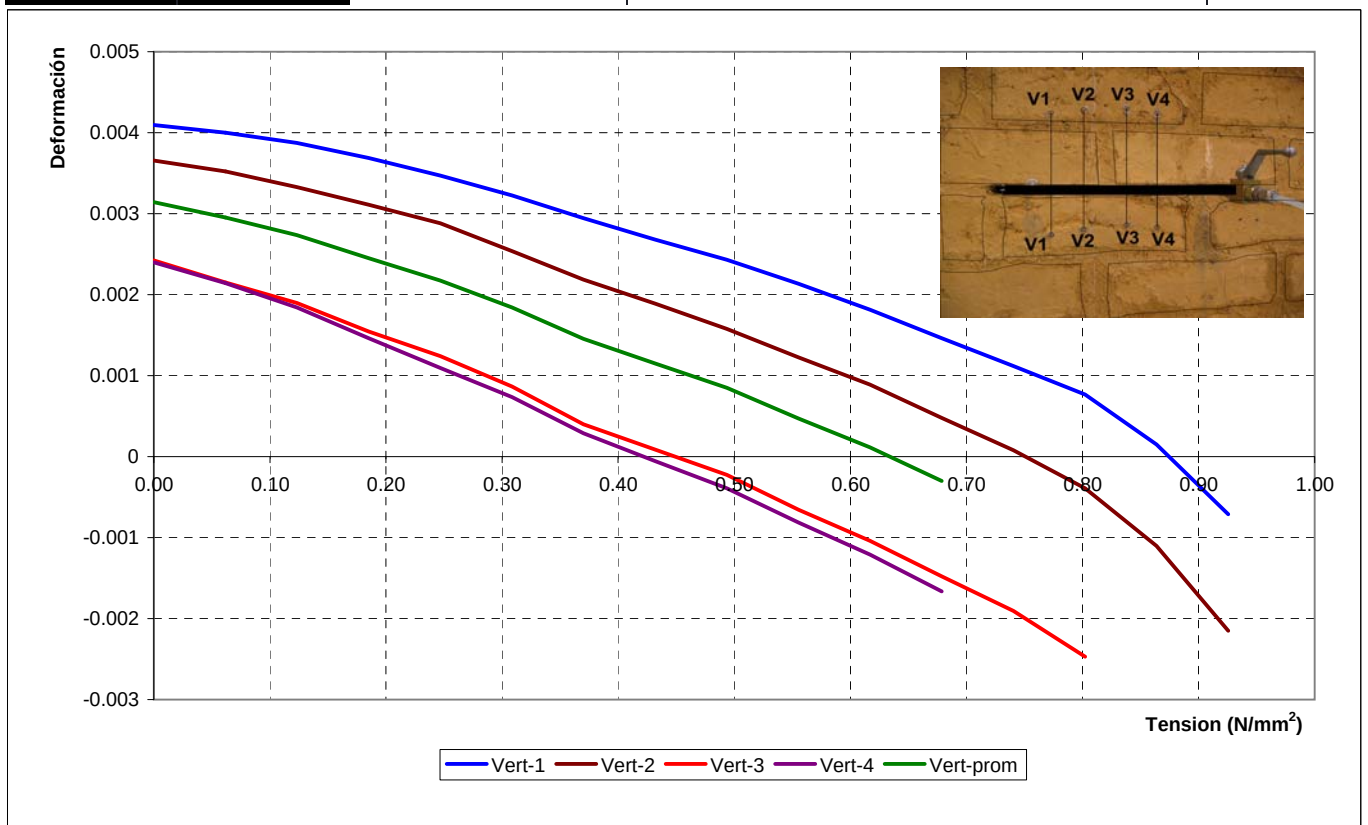
Km: 0.7125

Ka: 0.866



Fotografía del ensayo

		Curva tensión - deformación						Def Vert mean (abs.)
P. Bomba (kg/cm ²)	Comentarios	P. corregida (N/mm ²)	P.corregida (N/mm ²)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	
0	Antes roza	0	0.000	0	0	0	0	0
0	Tras roza	0	0.000	0.004096	0.003656	0.002424	0.0024	0.003144
1		0.0617025	0.062	0.004	0.00352	0.002152	0.002144	0.002954
2		0.123405	0.123	0.003872	0.003328	0.001896	0.00184	0.002734
3		0.1851075	0.185	0.003688	0.003112	0.001544	0.001464	0.002452
4		0.24681	0.247	0.003472	0.00288	0.00124	0.001096	0.002172
5		0.3085125	0.309	0.003224	0.002536	0.000864	0.000736	0.001840
6		0.370215	0.370	0.002944	0.002184	0.0004	0.000288	0.001454
7		0.4319175	0.432	0.00268	0.001888	8.8E-05	-5.6E-05	0.001150
8		0.49362	0.494	0.002432	0.001576	-0.000224	-0.000392	0.000848
9		0.5553225	0.555	0.002136	0.001224	-0.000656	-0.000816	0.000472
10		0.617025	0.617	0.001816	0.000888	-0.00104	-0.001208	0.000114
11		0.6787275	0.679	0.001464	0.00048	-0.00148	-0.001664	-0.000300
12		0.74043	0.740	0.00112	8E-05	-0.001904	f/r	-0.000235
13		0.8021325	0.802	0.000768	-0.000392	-0.002472	f/r	-0.000699
14		0.863835	0.864	0.000152	-0.001104	f/r	f/r	-0.000476
15		0.9255375	0.926	-0.000712	-0.002152	f/r	f/r	-0.001432



Nivel tensional existente en el elemento estructural (MPa):

0.63

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 05-11-09
		Ref.: Lab0922
	CONSTRUCCIÓN: Muro de Adobe (GPAd-A Doble)	Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DE LA DEFORMABILIDAD DE FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: E. T. S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UC. Avda. Los Castros, s/n.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (peticionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo. Estimación de la deformabilidad de un muro de adobe construido en el Laboratorio de Estructuras de la Universidad de Cantabria.

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 22-06-2009

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

Para su confección se emplearon abodes de dimensiones 34 x 16 x 10 cm (Largo x ancho x alto), suministrados por la empresa Adobera del Norte C.B., y un mortero, confeccionado con la siguiente fórmula de trabajo (igualmente, recomendada por la empresa referida, experta la ejecución de construcciones de adobe ex-novo o rehabilitaciones de elementos antiguos):

- 3 partes en volumen de tierra.
- 2 partes en volumen de arena (grijillo).
- 1 parte en volumen de paja (sin compactar).
- Agua hasta dar la consistencia apropiada (no fluida), que permita crear espesores de junta del orden de 1 cm.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

El elemento estructural a ensayar es un muro de adobe aparejado con una mezcla de tierra, arena, paja y agua, a modo de mortero.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 2 gatos planos semioviales.
Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia. La distancia entre los puntos de control verticales fue de 200 mm.

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 05-11-09
		Ref.: Lab0922
	CONSTRUCCIÓN: Muro de Adobe (GPAd-A Doble)	Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

Puntos de control	Apertura de roza	Instante del ensayo
		

5. Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson:

(Se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

Factor de calibración K_m : 0.855

Superficie del gato plano superior (cm^2): 778.56

Superficie de la roza superior (cm^2): 898.61

Superficie del gato plano inferior (cm^2): 778.56

Superficie de la roza inferior (cm^2): 927.02

Factor de calibración K_a : 0.853

Módulo de elasticidad (E): 1,442.38 N/mm²

Coeficiente de Poisson (ν): 0.32

Observaciones:



Gato plano superior



Gato plano inferior

El módulo de elasticidad, E , es el módulo secante promedio, a excepción del punto de control nº1 que sufrió menor deformación, obtenido en el ciclo 1 para un valor de tensión de 4 Kp/cm², en el ciclo 2 para un valor de tensión de 4 Kp/cm², en el ciclo 3 para un valor de tensión de 6 Kp/cm², en el ciclo 4 para un valor de tensión de 6 Kp/cm², en el ciclo 5 para un valor de tensión de 6 Kp/cm² y en el ciclo 4 para un valor de tensión de 8 Kp/cm².

Por su parte el coeficiente de poisson representa, para los tres primeros ciclos, la relación entre las deformaciones promedio horizontal y vertical registradas por los puntos de control, en el mismo intervalo de tensiones para el cuál fue obtenido el módulo de elasticidad secante.

De forma que, en función del factor de corrección geométrico empleado, las características mecánicas estimadas son las que figuran a continuación:

	K_a	K_m	ν_{exp}	E_{exp} (N/mm ²)
$K_{gato-roza}$	0.853	0.855	-0.32	1,442.38

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma



Norma: ASTM-C 1197
Ensayo: Lab0922

Ubicación: Adobe-Laboratorio
Fecha: 05/11/2009
Colocación: Gato plano doble
Empresa: GTED-UC

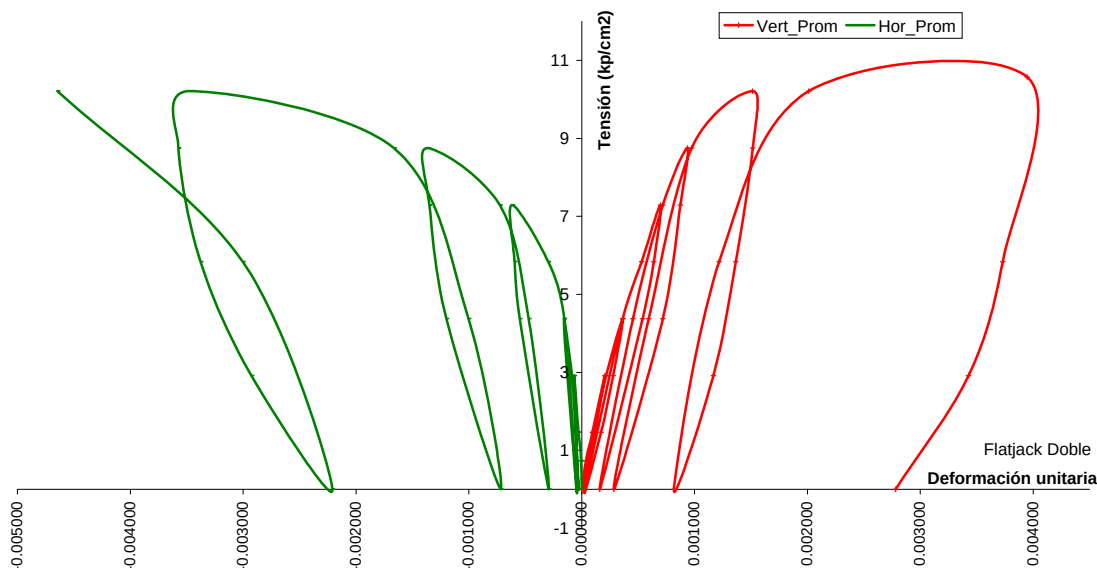
Dimensiones del gato: Semiovale 350x260x3,5 mm
Ref. del gato superior: 1
Ref. del gato inferior: 2

Km: 0.855
Ka: 0.853



Fotografía del ensayo

Curva tensión-deformación									
P. Bomba (kg/cm2)	P. corregida (kg/cm2)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	Def5 (abs.)	Def6 (abs.)	Def Vert mean (abs.)	Def Horiz mean (abs.)
0	0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
3	2.187945	-0.000080	-0.000124	-0.000144	-0.000080	0.000048	0.000020	-0.000116	0.000034
0	0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
1	0.729315	0.000016	0.000028	0.000044	0.000044	-0.000008	-0.000004	0.000039	-0.000006
2	1.45863	0.000044	0.000080	0.000100	0.000104	-0.000024	-0.000028	0.000095	-0.000026
4	2.91726	0.000128	0.000176	0.000208	0.000232	-0.000072	-0.000064	0.000205	-0.000068
2	1.45863	0.000060	0.000100	0.000128	0.000128	-0.000052	-0.000048	0.000119	-0.000050
1	0.729315	0.000032	0.000052	0.000076	0.000072	-0.000036	-0.000048	0.000067	-0.000042
0	0	-0.000004	0.000012	0.000032	0.000016	-0.000016	-0.000036	0.000020	-0.000026
2	1.45863	0.000056	0.000084	0.000116	0.000112	-0.000044	-0.000060	0.000104	-0.000052
4	2.91726	0.000124	0.000176	0.000224	0.000248	-0.000084	-0.000088	0.000216	-0.000086
6	4.37589	0.000220	0.000312	0.000368	0.000412	-0.000152	-0.000164	0.000364	-0.000158
4	2.91726	0.000160	0.000236	0.000284	0.000316	-0.000120	-0.000132	0.000279	-0.000126
2	1.45863	0.000084	0.000144	0.000184	0.000188	-0.000080	-0.000092	0.000172	-0.000086
0	0	0.000008	0.000020	0.000040	0.000032	-0.000036	-0.000052	0.000031	-0.000044
6	4.37589	0.000228	0.000312	0.000368	0.000412	-0.000152	-0.000156	0.000364	-0.000154
8	5.83452	0.000312	0.000464	0.000540	0.000592	-0.000292	-0.000304	0.000532	-0.000298
10	7.29315	0.000392	0.000632	0.000696	0.000772	-0.000560	-0.000676	0.000700	-0.000618
8	5.83452	0.000336	0.000572	0.000632	0.000712	-0.000548	-0.000640	0.000639	-0.000594
6	4.37589	0.000276	0.000472	0.000540	0.000604	-0.000508	-0.000592	0.000539	-0.000550
0	0	0.000044	0.000136	0.000160	0.000180	-0.000248	-0.000332	0.000159	-0.000290
6	4.37589	0.000228	0.000400	0.000456	0.000512	-0.000416	-0.000524	0.000456	-0.000470
10	7.29315	0.000380	0.000656	0.000708	0.000788	-0.000656	-0.000796	0.000717	-0.000726
12	8.75178	0.000484	0.000908	0.000924	0.000980	-0.001248	-0.001484	0.000937	-0.001366
10	7.29315	0.000432	0.000848	0.000864	0.000912	-0.001236	-0.001464	0.000875	-0.001350
6	4.37589	0.000312	0.000680	0.000712	0.000764	-0.001092	-0.001308	0.000719	-0.001200
0	0	0.000080	0.000272	0.000292	0.000288	-0.000624	-0.000812	0.000284	-0.000718
6	4.37589	0.000244	0.000560	0.000588	0.000632	-0.000892	-0.001116	0.000593	-0.001004
12	8.75178	0.000488	0.000964	0.000960	0.000996	-0.001532	-0.001796	0.000973	-0.001664
14	10.21041	0.000656	0.001584	0.001524	0.001432	-0.003284	-0.003648	0.001513	-0.003466
12	8.75178	0.000620	0.001588	0.001552	0.001408	-0.003400	-0.003744	0.001516	-0.003572
8	5.83452	0.000508	0.001412	0.001420	0.001264	-0.003200	-0.003556	0.001365	-0.003378
4	2.91726	0.000408	0.001200	0.001224	0.001080	-0.002772	-0.003080	0.001168	-0.002926
0	0	0.000240	0.000824	0.000876	0.000752	-0.002064	-0.002356	0.000817	-0.002210
8	5.83452	0.000440	0.001244	0.001260	0.001148	-0.002812	-0.003196	0.001217	-0.003004
14	10.21041	0.000672	0.001860	0.001848	0.002332	-0.004484	-0.004804	0.002013	-0.004644
14.5	10.5750675	0.001380	0.004412	0.004880	0.002548	t/r	t/r	0.003947	t/r
8	5.83452	0.001252	0.004180	0.004668	0.002348	t/r	t/r	0.003732	t/r
4	2.91726	0.001112	0.003820	0.004316	0.002148	t/r	t/r	0.003428	t/r
0	0	0.000852	0.003068	0.003504	0.001768	t/r	t/r	0.002780	t/r



Módulo de elasticidad (kp/cm2)						
	Pto control 1	Pto control 2	Pto control 3	Pto control 4	E medio	Coef. Poisson
Ciclo1	22,791.00	16,575.00	14,025.00	12,574.00	14,391.33	-0.33
Ciclo2	22,791.00	17,788.00	15,194.00	12,574.00	15,185.33	-0.31
Ciclo3	19,890.00	14,986.00	13,341.00	11,516.00	13,281.00	-0.33
Ciclo4	23,782.00	16,575.00	14,783.00	13,180.00	14,846.00	-
Ciclo5	26,682.00	15,194.00	14,783.00	12,721.00	14,232.67	-
Ciclo6	29,173.00	13,892.00	15,194.00	14,734.00	14,606.67	-

24

ANEXO 17: REGISTRO DE LOS ENSAYOS MDT REALIZADOS SOBRE MUROS DE SILLERÍA ARENISCA DE LA TORRE DE LA IGLESIA PARROQUIAL DE N^a S^a DE LA ASUNCIÓN, S. XIII (ZARRATÓN, LA RIOJA).

- 24.1 Registro del ensayo GPSimple (Lab0916).**
- 24.2 Registro del ensayo HD-1 (Lab0918).**
- 24.3 Registro del ensayo HD-2 (Lab0917).**

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04		Fecha: 27-08-09
	CONSTRUCCIÓN: Hoja exterior del muro portante oeste de la torre de la Iglesia de N^a S^a de la Asunción (Zarrazón, La Rioja)		Ref.: Lab0916
			Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: Plaza de la Iglesia, s/n.

Localidad: Zarrazón

Provincia: La Rioja

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): Siglo XIII y posteriores

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

La iglesia comenzó a construirse en el s XIII y en diversas etapas.

Su construcción se inició por el coro y de esta época son los tres tramos: su crucería es más sencilla, diríase casi románica o de transición, sus ojivas equiláteras descansan sobre ménsulas y pilares muy recios, y contrafuertes al exterior, su sillería diríase que está labrada en plan de sillarejo. Posteriormente se agregaron otros dos tramos, lo indica su crucería que ya en un alarde de tecnicismos forman con los nervios de ambos tramos una bonita y complicada estrella, sus pilares son más finos, sus capiteles más bellos, sus sillares se hallan finamente labrados y su arco deja de ser equilátero para adoptar la abertura de medio punto.

El interior del templo adopta la forma planta salón que mide 32,75 m de largo, 10,50 m de ancho y 17,50 m de alto, siendo su construcción solidísima, pues sus muros tienen 1,20 m de grueso y las bóvedas son también de piedra sillar.

El templo parroquial posee una elevada torre de 36,0 m hasta la veleta y 20,0 m hasta el piso del campanario.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

El elemento estructural a ensayar es la hoja exterior del muro portante oeste de la torre de la iglesia. Se compone a base de sillería arenisca aparejada con mortero de cal, la cuál presenta buenas condiciones, aunque está afectada por humedades de capilaridad, desagregación de material y pátina biogénica.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 1 gato plano semioval.

Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04	Fecha: 27-08-09
	CONSTRUCCIÓN: Hoja exterior del muro portante oeste de la torre de la Iglesia de N^a S^a de la Asunción (Zarrazón, La Rioja)	Ref.: Lab0916
		Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:**Apertura de roza****Instante del ensayo****5. Tensión de compresión y su cálculo:**

Factor de calibración K_m:	0.855	Factor de calibración K_a:	0.874
Superficie del gato plano (cm^2):	778.25		
Superficie de la roza (cm^2):	890.45		
Valor de la tensión de compresión (se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)			1.24 N/mm²

Observaciones:*Detalles tomados durante otros instantes del ensayo***6. Personal:**

Técnico Principal:	Técnico Asistente:	Director del Lab. de Edificación:
Ignacio Lombillo Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos	Jorge Elices Ingeniero Técnico Industrial	Luis Villegas Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
		
Firma	Firma	Firma



ANEXO 1: ESTIMACIÓN DEL NIVEL TENSIONAL MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO SIMPLE

Norma: ASTM-C 1196

Ensayo: Lab0916

Ubicación: Iglesia Zarraton

Fecha: 27/08/2009

Colocación: Gato plano simple

Empresa: GTED-UC

Dimensiones del gato:

Semioval 350x260x3,5 mm

Ref. del gato:

1

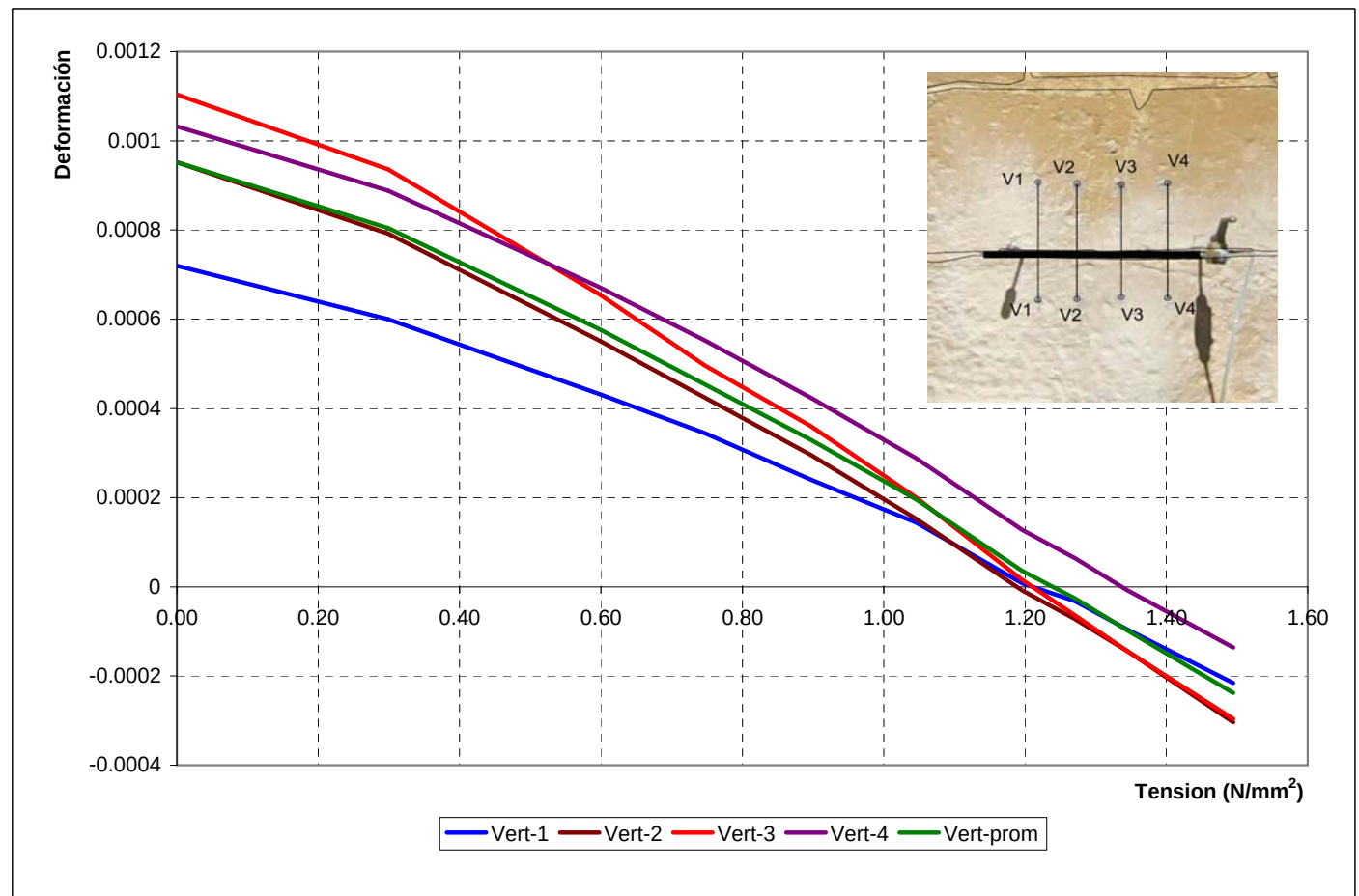
Km: 0.855

Ka: 0.874



Fotografía del ensayo

		Curva tensión - deformación						
P. Bomba (kg/cm2)	Comentarios	P. corregida (N/mm2)	P.corregida (N/mm2)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	Def Vert mean (abs.)
0	Antes roza	0	0.000	0	0	0	0	0
0	Tras roza	0	0.000	0.00068	0.000936	0.001088	0.000992	0.000924
8		0.597816	0.598	0.000384	0.000528	0.000624	0.000656	0.000548
0		0	0.000	0.00072	0.000952	0.001104	0.001032	0.000952
4		0.298908	0.299	0.0006	0.000792	0.000936	0.000888	0.000804
8		0.597816	0.598	0.000432	0.000552	0.000656	0.000672	0.000578
10		0.74727	0.747	0.000344	0.000424	0.000496	0.000552	0.000454
12		0.896724	0.897	0.00024	0.000296	0.00036	0.000424	0.000330
14		1.046178	1.046	0.000144	0.000152	0.0002	0.000288	0.000196
16		1.195632	1.196	8E-06	-8E-06	1.6E-05	0.000128	0.000036
17		1.270359	1.270	-3.2E-05	-7.2E-05	-6.4E-05	6.4E-05	-0.000026
18		1.345086	1.345	-9.6E-05	-0.000144	-0.000144	-8E-06	-0.000098
20		1.49454	1.495	-0.000216	-0.000304	-0.000296	-0.000136	-0.000238



Nivel tensional existente en el elemento estructural (MPa):

1.24

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING		Fecha: 27-08-09
	CONSTRUCCIÓN: Hoja exterior del muro portante oeste de la torre de la Iglesia de N^a S^a de la Asunción (Zarrazón, La Rioja)		Ref.: Lab0918
			Pag 1 de 4

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: Plaza de la Iglesia, s/n.

Localidad: Zarrazón

Provincia: La Rioja

País: España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): Siglo XIII y posteriores

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

La iglesia comenzó a construirse en el s XIII y en diversas etapas.

Su construcción se inició por el coro y de esta época son los tres tramos: su crucería es más sencilla, diríase casi románica o de transición, sus ojivas equiláteras descansan sobre ménsulas y pilares muy recios, y contrafuertes al exterior, su sillería diríase que está labrada en plan de sillarejo. Posteriormente se agregaron otros dos tramos, lo indica su crucería que ya en un alarde de tecnicismos forman con los nervios de ambos tramos una bonita y complicada estrella, sus pilares son más finos, sus capiteles más bellos, sus sillares se hallan finamente labrados y su arco deja de ser equilátero para adoptar la abertura de medio punto.

El interior del templo adopta la forma planta salón que mide 32,75 m de largo, 10,50 m de ancho y 17,50 m de alto, siendo su construcción solidísima, pues sus muros tienen 1,20 m de grueso y las bóvedas son también de piedra sillar.

El templo parroquial posee una elevada torre de 36,0 m hasta la veleta y 20,0 m hasta el piso del campanario.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

El elemento estructural a ensayar es la hoja exterior del muro portante oeste de la torre de la iglesia. Se compone a base de sillería arenisca aparejada con mortero de cal, la cuál presenta buenas condiciones, aunque está afectada por humedades de capilaridad, desagregación de material y pátina biogénica.

3. Recursos empleados

Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	Solartron y equipo propio UC
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cuarto de puente
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):		Tokio Sokki / 6 mm / Metal ceys	

¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 27-08-09
		Ref.: Lab0918
	CONSTRUCCIÓN: Hoja exterior del muro portante oeste de la torre de la Iglesia de N^a S^a de la Asunción (Zarrazón, La Rioja)	

Pag 2 de 4

4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

Pulido	Marcado	Pegado
		

Observaciones:

Nada reseñable

4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones:

Nada reseñable

4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.

Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²: 17 horas

4.4 Ejecución del taladro.

Fotografías del proceso de ejecución.

Recomendaciones:

- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.
- Uso de nivel para controlar la horizontabilidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por T^a.

Controlar la profundidad del taladrado (al menos 0,4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 27-08-09
		Ref.: Lab0918
	CONSTRUCCIÓN: Hoja exterior del muro portante oeste de la torre de la Iglesia de N^a S^a de la Asunción (Zarrazón, La Rioja)	Pag 3 de 4

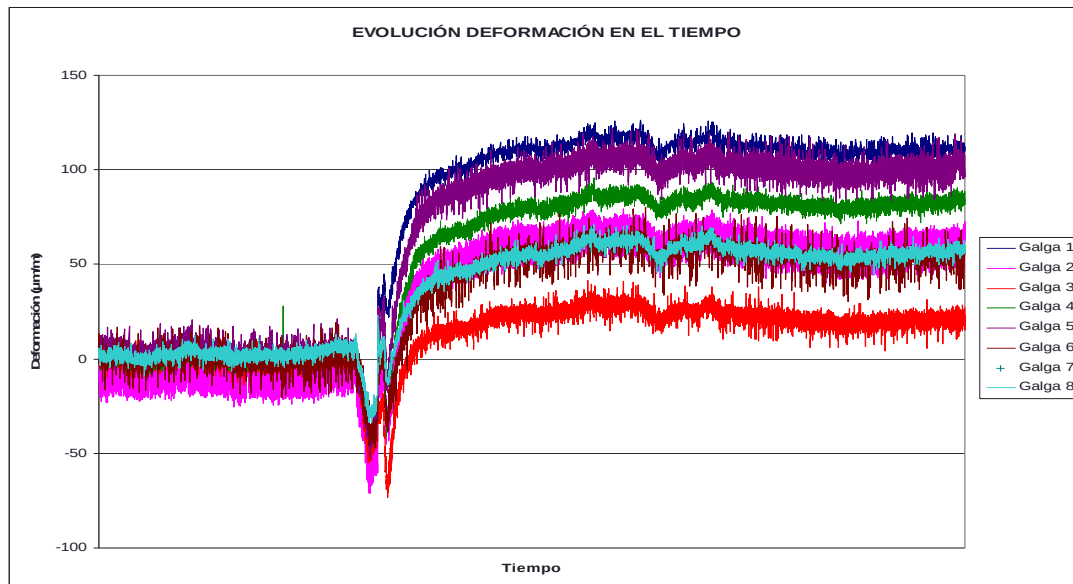
5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm²):

-1.15^{3,4}



Detalle de la zona del ensayo una vez finalizado



Gráfica de la evolución de las deformaciones registradas

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

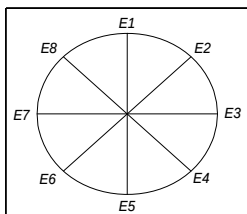
³ El signo - representa comportamiento a compresión.

⁴ Debido a la similitud de la piedra arenisca presente en la torre con la empleada en el muro de sillería ensayado en laboratorio, y a falta de más datos, como valores de E y ν se han tomado los valores medios obtenidos para los ensayos HDS-1, HDS-3 y HDS-5 obtenidos para arenisca componente de la sillería ensayada en Laboratorio, dado que ambas son muy blandas y porosas.

	HDS-1	HDS-3	HDS-5	
E (Mpa)	3420.00	3474.80	3516.60	3470.47
ν	0.13	0.25	0.26	0.21



ANEXO 1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE HOLE DRILLING



Código: Lab0918
Referencia: Hole Drilling en Sillería, torre Iglesia Zarratón (muro W)
Fecha: 27/08/2009

En esta hoja se obtiene, para cada una de las combinaciones de galgas, la tensión principal máxima, la mínima y la dirección (ángulo existente horario) entre la tensión principal máxima con la dirección de la primera de las galgas de la combinación. Igualmente se estima a partir de los datos referidos la tensión vertical existente



Def. final tras taladrado ($\mu\text{m/m} = 10^{-6}\text{m/m}$)

Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
110	67	21	82	96	54	-	53

*El signo - representa comportamiento a compresión

Módulo de Young (Mpa) = 3,470
Coef. Poisson = 0.21

d (cm) = 3.6
D (cm) = 8.8
Prof. Taladro (mm) = 36,48

a = 0.199
b = 0.484

No datos

$$A_t = -4 \left(\frac{1 + \nu}{2E} \right) a$$

$$B_t = -4 \left(\frac{1}{2E} \right) b$$

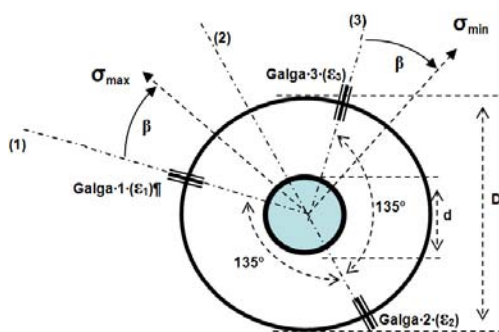
At =	-0.000139
Bt =	-0.000279

d/D	a	b
0.38	0.174	0.430
0.39	0.182	0.448
0.40	0.190	0.466
0.41	0.199	0.484
0.42	0.208	0.503
0.43	0.217	0.521

$$\sigma_{\max} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} - \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} + \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2}{\varepsilon_3 - \varepsilon_1} \right)$$



<u>COMBINACIÓN 1</u>	Ch1	E1 = 0.00011	AUX1= -0.942	Tmax (N/mm2)= -0.61
	Ch3	E3 = 0.000021	AUX2= -0.329	Tmin (N/mm2)= -1.27
	Ch6	E2 = 0.000054		beta= 83
				Tvert (N/mm2)= -1.26
<u>COMBINACIÓN 2</u>	Ch2	E2 = 0.000067	AUX1= -1.072	Tmax (N/mm2)= #¡VALOR!
	Ch4	E4 = 0.000082	AUX2= #¡VALOR!	Tmin (N/mm2)= #¡VALOR!
	Ch7	E7 = #¡VALOR!		beta= #¡VALOR!
				Tvert (N/mm2)= #¡VALOR!
<u>COMBINACIÓN 3</u>	Ch3	E3 = 0.000021	AUX1= -0.842	Tmax (N/mm2)= -0.57
	Ch5	E5 = 0.000096	AUX2= -0.272	Tmin (N/mm2)= -1.11
	Ch8	E8 = 0.000053		beta= 4
				Tvert (N/mm2)= -1.11
<u>COMBINACIÓN 4</u>	Ch4	E4 = 0.000082	AUX1= -0.978	Tmax (N/mm2)= -0.66
	Ch6	E6 = 0.000054	AUX2= -0.317	Tmin (N/mm2)= -1.3
	Ch1	E1 = 0.00011	0.15643447	beta= -54
				Tvert (N/mm2)= -1.28
<u>COMBINACIÓN 5</u>	Ch5	E5 = 0.000096	AUX1= #¡VALOR!	Tmax (N/mm2)= #¡VALOR!
	Ch7	E7 = #¡VALOR!	AUX2= #¡VALOR!	Tmin (N/mm2)= #¡VALOR!
	Ch2	E2 = 0.000067		beta= #¡VALOR!
				Tvert (N/mm2)= #¡VALOR!
<u>COMBINACIÓN 6</u>	Ch6	E6 = 0.000054	AUX1= -0.77	Tmax (N/mm2)= -0.54
	Ch8	E8 = 0.000053	AUX2= -0.233	Tmin (N/mm2)= -1
	Ch3	E3 = 0.000021		beta= 45
				Tvert (N/mm2)= -1.00
<u>COMBINACIÓN 7</u>	Ch7	E7 = #¡VALOR!	AUX1= #¡VALOR!	Tmax (N/mm2)= #¡VALOR!
	Ch1	E1 = 0.00011	AUX2= #¡VALOR!	Tmin (N/mm2)= #¡VALOR!
	Ch4	E4 = 0.000082		beta= #¡VALOR!
				Tvert (N/mm2)= #¡VALOR!
<u>COMBINACIÓN 8</u>	Ch8	E8 = 0.000053	AUX1= -0.863	Tmax (N/mm2)= -0.6
	Ch2	E2 = 0.000067	AUX2= -0.263	Tmin (N/mm2)= -1.13
	Ch5	E5 = 0.000096		beta= -39
				Tvert (N/mm2)= -1.12

TENSIÓN VERTICAL = -1.15 N/mm2 (Compresión)

Comentarios:

No se disponen datos de la galga 7 (dado que una vez dispuesta no se consiguió el registro de los datos), por ello las combinaciones 2, 5 y 7 no se tienen en lo que respecta al cálculo de la tensión vertical.

Como valores de E y nu, a falta de más datos, se han tomado los valores medios obtenidos para los ensayos HDS-1, HDS-3 y HDS-5 obtenidos para arenisca componente de la sillería ensayada en Laboratorio, dado que ambas son muy blandas y porosas.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 26-08-09
		Ref.: Lab0917
	CONSTRUCCIÓN: Hoja exterior del muro portante sur de la torre de la Iglesia de N^a S^a de la Asunción (Zarrazón, La Rioja)	
		Pag 1 de 4

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: Plaza de la Iglesia, s/n.

Localidad: Zarrazón

Provincia: La Rioja

País: España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): Siglo XIII y posteriores

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

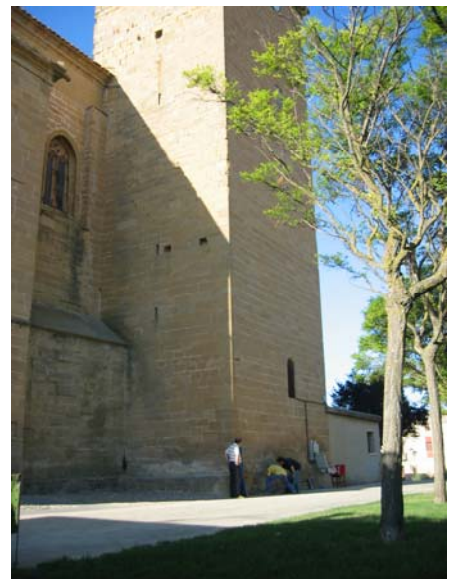
La iglesia comenzó a construirse en el s XIII y en diversas etapas.

Su construcción se inició por el coro y de esta época son los tres tramos: su crucería es más sencilla, diríase casi románica o de transición, sus ojivas equiláteras descansan sobre ménsulas y pilares muy recios, y contrafuertes al exterior, su sillería diríase que está labrada en plan de sillarejo. Posteriormente se agregaron otros dos tramos, lo indica su crucería que ya en un alarde de tecnicismos forman con los nervios de ambos tramos una bonita y complicada estrella, sus pilares son más finos, sus capiteles más bellos, sus sillares se hallan finamente labrados y su arco deja de ser equilátero para adoptar la abertura de medio punto.

El interior del templo adopta la forma planta salón que mide 32,75 m de largo, 10,50 m de ancho y 17,50 m de alto, siendo su construcción solidísima, pues sus muros tienen 1,20 m de grueso y las bóvedas son también de piedra sillar.

El templo parroquial posee una elevada torre de 36,0 m hasta la veleta y 20,0 m hasta el piso del campanario.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

El elemento estructural a ensayar es la hoja exterior del muro portante sur de la torre de la iglesia. Se compone a base de sillería arenisca aparejada con mortero de cal, la cuál presenta buenas condiciones, aunque está afectada por humedades de capilaridad, desagregación de material y pátina biogénica.

3. Recursos empleados

Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	Solartron y equipo propio UC
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cuarto de puente
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):		Tokio Sokki / 6 mm / Metal ceys	

¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).

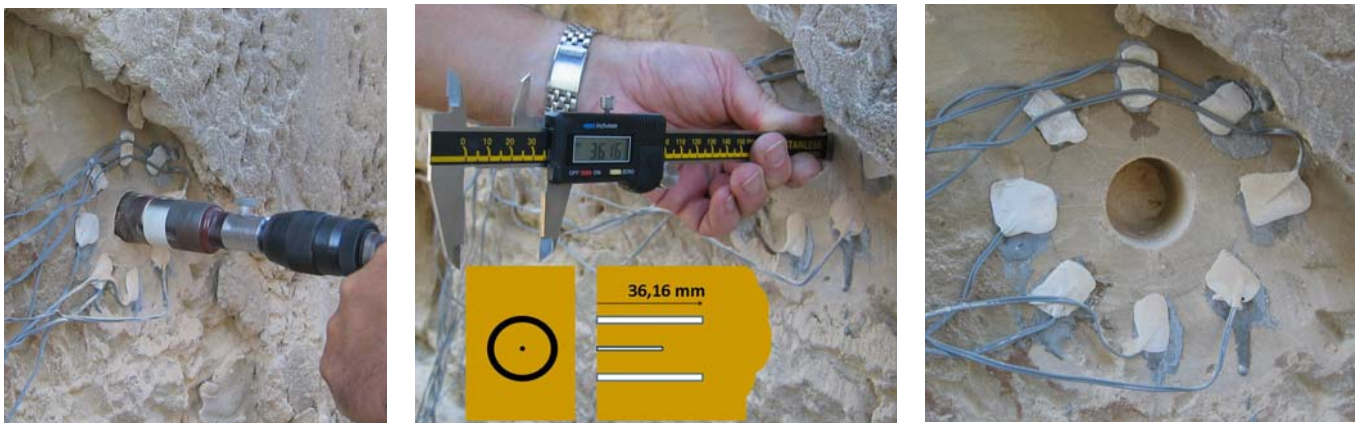
	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 26-08-09
		Ref.: Lab0917
	CONSTRUCCIÓN: Hoja exterior del muro portante sur de la torre de la Iglesia de N^a S^a de la Asunción (Zarratón, La Rioja)	Pag 2 de 4

4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

Pulido	Marcado	Pegado
		
Observaciones: Nada reseñable		
4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones: Nada reseñable		
4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.		
Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²:		6 horas

4.4 Ejecución del taladro.



Fotografías del proceso de ejecución.

Recomendaciones:

- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.
- Uso de nivel para controlar la horizontabilidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por T^a.

Controlar la profundidad del taladrado (al menos 0,4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

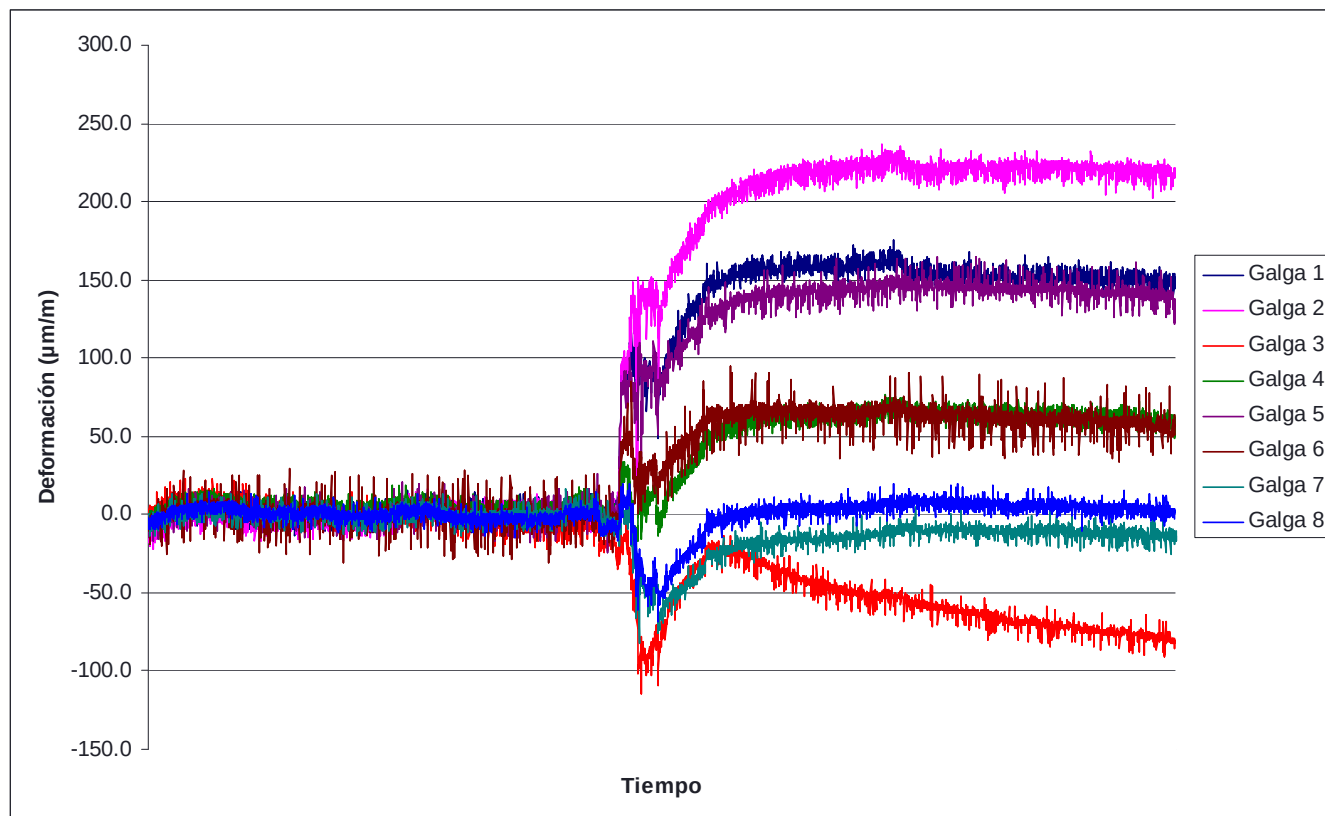
² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 26-08-09
		Ref.: Lab0917
	CONSTRUCCIÓN: Hoja exterior del muro portante sur de la torre de la Iglesia de N^a S^a de la Asunción (Zarrazón, La Rioja)	Pag 3 de 4

5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm²):

-1.62^{3,4}



Gráfica de la evolución de las deformaciones registradas

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

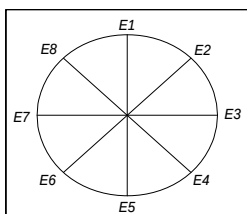
³ El signo - representa comportamiento a compresión.

⁴ Debido a la similitud de la piedra arenisca presente en la torre con la empleada en el muro de sillería ensayado en laboratorio, y a falta de más datos, como valores de E y ν se han tomado los valores medios obtenidos para los ensayos HDS-1, HDS-3 y HDS-5 obtenidos para arenisca componente de la sillería ensayada en Laboratorio, dado que ambas son muy blandas y porosas.

	HDS-1	HDS-3	HDS-5	
E (Mpa)	3420.00	3474.80	3516.60	3,470.47
ν	0.13	0.25	0.26	0.21



ANEXO 1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE HOLE DRILLING



Código: Lab0917
Referencia: Hole Drilling en Sillería, torre Iglesia Zarratón (muro S)
Fecha: 26/08/2009

En esta hoja se obtiene, para cada una de las combinaciones de galgas, la tensión principal máxima, la mínima y la dirección (ángulo existente horario) entre la tensión principal máxima con la dirección de la primera de las galgas de la combinación. Igualmente se estima a partir de los datos referidos la tensión vertical existente



Def. final tras taladrado (µm/m = 10e-6m/m)	Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
	152	221	-69	64	144	61	-11	6

*El signo - representa comportamiento a compresión

Módulo de Young (Mpa) =	3,470
Coef. Poisson =	0.21

No converge

d (cm) = 3.6
D (cm) = 8.8
Prof. Taladro (mm) = 36,16

a = 0.199
b = 0.484

$$A_t = -4 \left(\frac{1 + \nu}{2 E} \right) a$$

$$B_t = -4 \left(\frac{1}{2 E} \right) b$$

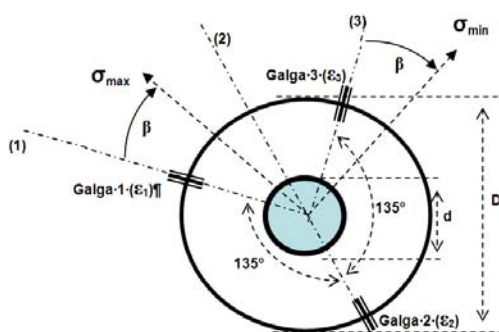
At =	-0.000139
Bt =	-0.000279

d/D	a	b
0.38	0.174	0.430
0.39	0.182	0.448
0.40	0.190	0.466
0.41	0.199	0.484
0.42	0.208	0.503
0.43	0.217	0.521

$$\sigma_{\max} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} - \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} + \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2}{\varepsilon_3 - \varepsilon_1} \right)$$



COMBINACIÓN 1	Ch1	E1 = 0.000152	AUX1= -0.597	Tmax (N/mm2)=	0.21
	Ch3	E3 = -0.000069	AUX2= -0.804	Tmin (N/mm2)=	-1.4
	Ch6	E2 = 0.000061		β=	-85
				Tvert (N/mm2)=	-1.39
COMBINACIÓN 2	Ch2	E2 = 0.000221	AUX1= -2.05	Tmax (N/mm2)=	-0.81
	Ch4	E4 = 0.000064	AUX2= -1.236	Tmin (N/mm2)=	-3.29
	Ch7	E7 = -0.000011		β=	59
				Tvert (N/mm2)=	-3.14
COMBINACIÓN 3	Ch3	E3 = -0.000069	AUX1= -0.54	Tmax (N/mm2)=	0.26
	Ch5	E5 = 0.000144	AUX2= -0.796	Tmin (N/mm2)=	-1.34
	Ch8	E8 = 0.000006		β=	8
				Tvert (N/mm2)=	-1.31
COMBINACIÓN 4	Ch4	E4 = 0.000064	AUX1= -0.899	Tmax (N/mm2)=	-0.26
	Ch6	E6 = 0.000061	AUX2= -0.642	Tmin (N/mm2)=	-1.54
	Ch1	E1 = 0.000152	6.1257E-17	β=	-45
				Tvert (N/mm2)=	-1.54
COMBINACIÓN 5	Ch5	E5 = 0.000144	AUX1= -0.957	Tmax (N/mm2)=	0.28
	Ch7	E7 = -0.000011	AUX2= -1.239	Tmin (N/mm2)=	-2.2
	Ch2	E2 = 0.000221		β=	-58
				Tvert (N/mm2)=	-1.50
COMBINACIÓN 6	Ch6	E6 = 0.000061	AUX1= -0.482	Tmax (N/mm2)=	0.28
	Ch8	E8 = 0.000006	AUX2= -0.761	Tmin (N/mm2)=	-1.24
	Ch3	E3 = -0.000069		β=	53
				Tvert (N/mm2)=	-1.21
COMBINACIÓN 7	Ch7	E7 = -0.000011	AUX1= -1.014	Tmax (N/mm2)=	-0.43
	Ch1	E1 = 0.000152	AUX2= -0.586	Tmin (N/mm2)=	-1.6
	Ch4	E4 = 0.000064		β=	2
				Tvert (N/mm2)=	-1.60
COMBINACIÓN 8	Ch8	E8 = 0.000006	AUX1= -1.633	Tmax (N/mm2)=	-0.83
	Ch2	E2 = 0.000221	AUX2= -0.801	Tmin (N/mm2)=	-2.43
	Ch5	E5 = 0.000144		β=	-8
				Tvert (N/mm2)=	-1.85

TENSIÓN VERTICAL = -1.62 N/mm2 (Compresión)

Comentarios:

La galga 3 no converge tras el periodo del ensayo, por ello que no se tienen en cuenta las combinaciones en las que está presente al respecto del cálculo de la tensión vertical. Desde un punto de vista estadístico tampoco se tiene en cuenta la combinación 2.

Como valores de E y ν, a falta de más datos, se han tomado los valores medios obtenidos para los ensayos HDS-1, HDS-3 y HDS-5 obtenidos para arenisca componente de la sillería ensayada en Laboratorio, dado que ambas son muy blandas y porosas.

25

ANEXO 18: REGISTRO DE LOS ENSAYOS MDT REALIZADOS SOBRE MUROS DE MAMPOSTERÍA ARENISCA DEL PALACIO DE CASA-FUERTE, S. XVI (ZARRATÓN, LA RIOJA).

25.1 Registro del ensayo FJD-1 (Lab0914).

25.2 Registro del ensayo FJD-2 (Lab0915).

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 26-08-09
	CONSTRUCCIÓN: Mampostería de arenisca del muro Este de un edificio anexo al Palacio de Casafuerte, Zarratón (La Rioja)	Ref.: Lab0914
		Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DE LA DEFORMABILIDAD DE FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: c/ Miguel de Villanueva, 50.

Localidad: Zarratón

Provincia: La Rioja

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo. Estimación de la deformabilidad de la hoja interna de un muro portante a base de mampostería de arenisca y mortero de cal, sita en un edificio anexo al Palacio de Casafuerte de la localidad de Zarratón, en La Rioja. Se escoge este emplazamiento por estar constituido de una tipología muraria distinta de las analizadas hasta el momento.

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): Se desconoce. La construcción principal podría ser del siglo XVI o anterior.

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

La propiedad del inmueble, hasta la nueva adquisición, perteneció a los Condes de Casafuerte. El título nobiliario le fue otorgado a Yosef Montoya, Corregidor de la ciudad de Lima, por el rey Fernando VII debido al servicio que este personaje prestó a la corona. Posteriormente tras muchos años y confusiones, Elías de Montoya reactivó el título, regentándolo desde entonces hasta nuestros días la familia del mismo nombre. El edificio ha sido parcialmente rehabilitado para albergar un restaurante, estando el resto en proceso de rehabilitación para su acondicionamiento como hotel.

La marcada segregación clasista está claramente reflejada en la división y en la calidad de los espacios de todo el edificio. Por una parte tenemos el palacio propiamente dicho, ubicado en la segunda planta del edificio central dotado con una amplia escalinata pétrea de entrada y por otra de granito que les conducía desde la planta baja hasta sus aposentos. En el piso inferior al palacio tenía residencia el Administrador, como su nombre dice era el encargado de administrar los bienes de los señores en el municipio. Tenía acceso al edificio diferente que el de los nobles, teniendo prohibido el acceso al palacio y a la escalinata principal salvo que fuese requerido en audiencia por los condes. En el edificio que se adosa al palacio, al Este, más estrecho de planta y de construcción posterior (a excepción de la planta baja), vivían los criados. La planta baja de dicho edificio albergaba las cocheras.

Todas las fachadas del Palacio están construidas en sillería, salvo alguna zona puntual de mampostería. El edificio central (la edificación inicial podría ser del siglo XVI), en la zona del palacio, tiene adosado un edificio posterior, quedando la esquina donde se encuentra la entrada, a través de un arco de medio punto, con una sencilla portada de pilastras, friso y cornisa con remates laterales sobre la que se localiza un escudo, bajo yelmo, en cartela, con trece estrellas. En la clave del arco, inscripción con fecha 1918, si bien no es la fecha de la portada sino de una remodelación bastante posterior. Rematado en cornisa de piedra moldurada. Este edificio está declarado por el Plan General de Ordenación Urbana de Zarratón como edificio de interés Histórico y Arquitectónico, teniendo tratamiento en un catálogo independiente.

El edificio adosado al Este del palacio contaba, antaño, con planta baja más dos alzadas, que iguala en altura al principal. En su fachada principal Sur la fábrica es una de sillería de arenisca, con grandes tamaños de sillares y prácticamente a hueso. Por su parte las fachadas Norte y Este presentan un muro de dos hojas ambas de mampostería arenisca, si bien la exterior se arma con piezas de mayores dimensiones y menores espesores en las juntas de mortero, mientras que la interna, mucho peor trabajada, presenta piezas de tamaño más reducido, con amplias llagas y tendeles de mortero.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

El ensayo se realizó, en planta baja, sobre el muro Este del edificio anexo al Palacio. Como ya se ha referido presenta un muro de dos hojas ambas de mampostería arenisca, si bien el ensayo de gato plano doble se ejecutó sobre la hoja interior de piezas de tamaño más reducido y amplias juntas de mortero.

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 26-08-09
		Ref.: Lab0914
	CONSTRUCCIÓN: Mampostería de arenisca del muro Este de un edificio anexo al Palacio de Casafuerte, Zarratón (La Rioja)	Pág. 2 de 3

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 2 gatos planos semiovais.
Uillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia. La distancia entre los puntos de control verticales fue de 400 mm.

4. Ejecución del ensayo:

Apertura de roza



Instantes del ensayo



5. Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson:

(Se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

Factor de calibración K_m : 0.95

Superficie del gato plano superior (cm^2): 778.25

Superficie de la roza superior (cm^2): 889.50

Superficie del gato plano inferior (cm^2): 778.25

Superficie de la roza inferior (cm^2): 828.00

Factor de calibración K_a : 0.908

Módulo de elasticidad (E):

608.3 N/mm²

Coeficiente de Poisson (ν):

0.25

Observaciones:

El módulo de elasticidad se corresponde con el módulo de elasticidad secante medio de los cuatro ciclos del ensayo.

Puede comprobarse la elevada deformabilidad del muro asociado con un módulo de elasticidad muy bajo y un elevado coeficiente de Poisson. Probablemente el motivo se deba a dos factores, el más significativo asociado con la elevada proporción de mortero, igualmente puede explicar dicho comportamiento la naturaleza de la piedra arenisca empleada en la construcción (muy porosa y, por ende, blanda y deformable).

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma



Norma: ASTM-C 1197
Ensayo: Lab0914

Ubicación: Zarratón - Casafuerte Este
Fecha: 26/08/2009
Colocación: Gato plano doble
Empresa: GTED-UC

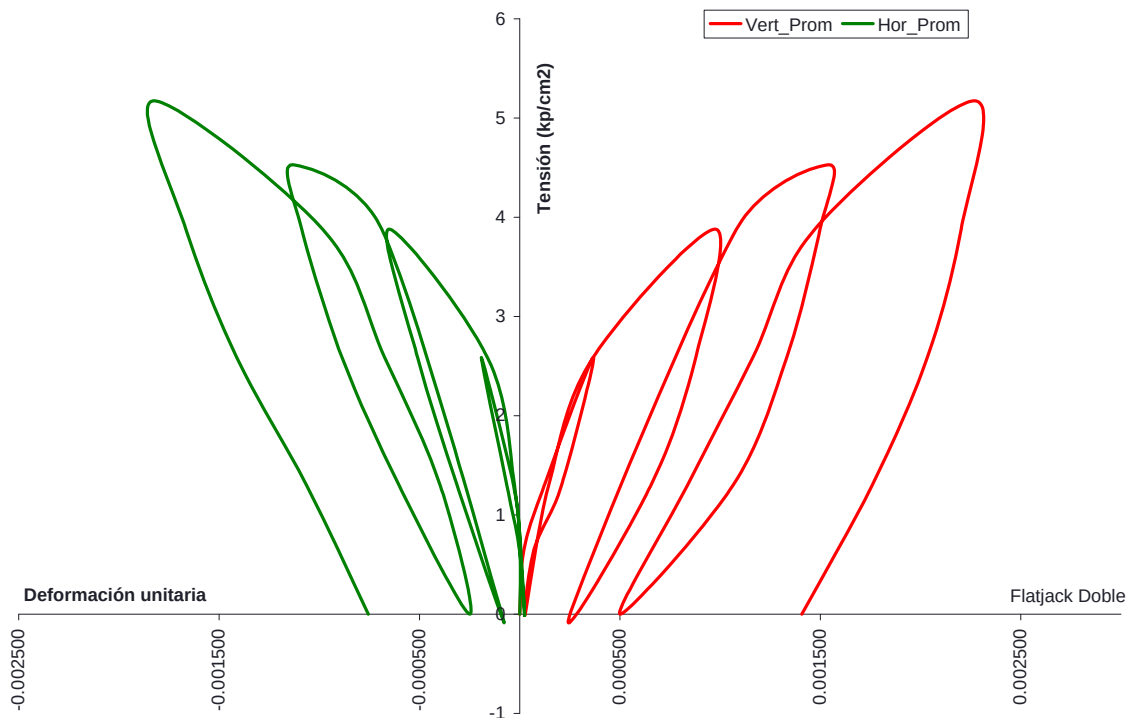
Dimensiones del gato: Semiovale 350x260x3,5 mm
Ref. del gato superior: 1
Ref. del gato inferior: 2

Km: 0.713
Ka: 0.908



Fotografía del ensayo

Curva tensión-deformación									
P. Bomba (kg/cm2)	P. corregida (kg/cm2)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	Def5 (abs.)	Def6 (abs.)	Def Vert mean (abs.)	Def Horiz mean (abs.)
0	0	-0.000392	-0.000568	-0.000208	-0.000132	0.000144	0.000092	-0.000325	0.000118
5	3.23475	0.000448	0.000516	0.000436	0.000324	-0.000340	-0.000288	0.000431	-0.000314
0	0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
1	0.64695	0.000028	0.000020	0.000012	0.000024	0.000004	0.000000	0.000021	0.000002
2	1.2939	0.000136	0.000124	0.000120	0.000108	-0.000032	-0.000028	0.000122	-0.000030
4	2.5878	0.000368	0.000504	0.000336	0.000260	-0.000204	-0.000180	0.000367	-0.000192
2	1.2939	0.000236	0.000260	0.000188	0.000144	-0.000060	-0.000068	0.000207	-0.000064
1	0.64695	0.000084	0.000060	0.000076	0.000060	0.000000	-0.000004	0.000070	-0.000002
0	0	0.000016	0.000032	0.000040	0.000020	0.000028	0.000020	0.000027	0.000024
2	1.2939	0.000152	0.000156	0.000148	0.000120	-0.000024	-0.000028	0.000144	-0.000026
4	2.5878	0.000376	0.000468	0.000356	0.000264	-0.000156	-0.000168	0.000366	-0.000162
6	3.8817	0.000996	0.001304	0.000908	0.000692	-0.000720	-0.000584	0.000975	-0.000652
4	2.5878	0.000924	0.001200	0.000804	0.000584	-0.000580	-0.000440	0.000878	-0.000510
2	1.2939	0.000712	0.000896	0.000584	0.000424	-0.000380	-0.000244	0.000654	-0.000312
0	0	0.000340	0.000372	0.000160	0.000132	-0.000120	-0.000060	0.000251	-0.000090
6	3.8817	0.001132	0.001456	0.000984	0.000756	-0.000772	-0.000604	0.001082	-0.000688
7	4.52865	0.001736	0.001796	0.001504	0.001136	-0.001280	-0.000988	0.001543	-0.001134
6	3.8817	0.001696	0.001764	0.001436	0.001096	-0.001236	-0.000940	0.001498	-0.001088
4	2.5878	0.001512	0.001548	0.001292	0.000976	-0.001020	-0.000752	0.001332	-0.000886
2	1.2939	0.001244	0.001204	0.001032	0.000768	-0.000720	-0.000480	0.001062	-0.000600
0	0	0.000736	0.000504	0.000452	0.000316	-0.000364	-0.000136	0.000502	-0.000250
2	1.2939	0.001060	0.000924	0.000776	0.000584	-0.000520	-0.000272	0.000836	-0.000396
4	2.5878	0.001336	0.001360	0.001116	0.000840	-0.000796	-0.000552	0.001163	-0.000674
6	3.8817	0.001680	0.001724	0.001424	0.001064	-0.001120	-0.000848	0.001473	-0.000984
8	5.1756	0.002536	0.002840	0.002108	0.001588	-0.002024	-0.001624	0.002268	-0.001824
6	3.8817	0.002488	0.002764	0.002052	0.001508	-0.001860	-0.001472	0.002203	-0.001666
4	2.5878	0.002284	0.002552	0.001896	0.001400	-0.001592	-0.001232	0.002033	-0.001412
2	1.2939	0.002020	0.002208	0.001620	0.001180	-0.001228	-0.000896	0.001757	-0.001062
0	0	0.001680	0.001764	0.001276	0.000908	-0.000920	-0.000592	0.001407	-0.000756



Módulo de elasticidad (kp/cm2)						
	Pto control 1	Pto control 2	Pto control 3	Pto control 4	E medio	Coef. Poisson
Ciclo1	7,032	5,135	7,702	9,953	7,456	-0.25
Ciclo2	7,188	5,935	8,189	10,606	7,980	-
Ciclo3	4,901	3,581	4,711	6,221	4,854	-
Ciclo4	4,313	3,023	3,897	4,939	4,043	-

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 27-08-09
		Ref.: Lab0915
	CONSTRUCCIÓN: Mampostería de arenisca del muro Norte de un edificio anexo al Palacio de Casafuerte, Zarratón (La Rioja)	Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DE LA DEFORMABILIDAD DE FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: c/ Miguel de Villanueva, 50.

Localidad: Zarratón

Provincia: La Rioja

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (peticionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo. Estimación de la deformabilidad de la hoja externa de un muro portante a base de mampostería de arenisca y mortero de cal, sita en un edificio anexo al Palacio de Casafuerte de la localidad de Zarratón, en La Rioja. Se escoge este emplazamiento por estar constituido de una tipología muraria distinta de las analizadas hasta el momento.

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): Se desconoce. La construcción principal podría ser del siglo XVI o anterior.

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

La propiedad del inmueble, hasta la nueva adquisición, perteneció a los Condes de Casafuerte. El título nobiliario le fue otorgado a Yosef Montoya, Corregidor de la ciudad de Lima, por el rey Fernando VII debido al servicio que este personaje prestó a la corona. Posteriormente tras muchos años y confusiones, Elías de Montoya reactivó el título, regentándolo desde entonces hasta nuestros días la familia del mismo nombre. El edificio ha sido parcialmente rehabilitado para albergar un restaurante, estando el resto en proceso de rehabilitación para su acondicionamiento como hotel.

La marcada segregación clasista está claramente reflejada en la división y en la calidad de los espacios de todo el edificio. Por una parte tenemos el palacio propiamente dicho, ubicado en la segunda planta del edificio central dotado con una amplia escalinata pétreo de entrada y por otra de granito que les conducía desde la planta baja hasta sus aposentos. En el piso inferior al palacio tenía residencia el Administrador, como su nombre dice era el encargado de administrar los bienes de los señores en el municipio. Tenía acceso al edificio diferente que el de los nobles, teniendo prohibido el acceso al palacio y a la escalinata principal salvo que fuese requerido en audiencia por los condes. En el edificio que se adosa al palacio, al Este, más estrecho de planta y de construcción posterior (a excepción de la planta baja), vivían los criados. La planta baja de dicho edificio albergaba las cocheras.

Todas las fachadas del Palacio están construidas en sillería, salvo alguna zona puntual de mampostería. El edificio central (la edificación inicial podría ser del siglo XVI), en la zona del palacio, tiene adosado un edificio posterior, quedando la esquina donde se encuentra la entrada, a través de un arco de medio punto, con una sencilla portada de pilastras, friso y cornisa con remates laterales sobre la que se localiza un escudo, bajo yelmo, en cartela, con trece estrellas. En la clave del arco, inscripción con fecha 1918, si bien no es la fecha de la portada sino de una remodelación bastante posterior. Rematado en cornisa de piedra moldurada. Este edificio está declarado por el Plan General de Ordenación Urbana de Zarratón como edificio de interés Histórico y Arquitectónico, teniendo tratamiento en un catálogo independiente.

El edificio adosado al Este del palacio contaba, antaño, con planta baja más dos alzadas, que iguala en altura al principal. En su fachada principal Sur la fábrica es una de sillería de arenisca, con grandes tamaños de sillares y prácticamente a hueso. Por su parte las fachadas Norte y Este presentan un muro de dos hojas ambas de mampostería arenisca, si bien la exterior se arma con piezas de mayores dimensiones y menores espesores en las juntas de mortero, mientras que la interna, mucho peor trabajada, presenta piezas de tamaño más reducido, con amplias llagas y tendeles de mortero.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

El ensayo se realizó, en planta baja, sobre el muro Norte del edificio anexo al Palacio. Como ya se ha referido presenta un muro de dos hojas ambas de mampostería arenisca, si bien el ensayo de gato plano doble se ejecutó sobre la hoja exterior de piezas de tamaño más grande y juntas de mortero más reducidas.

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 27-08-09
		Ref.: Lab0915
	CONSTRUCCIÓN: Mampostería de arenisca del muro Norte de un edificio anexo al Palacio de Casafuerte, Zarratón (La Rioja)	Pág. 2 de 3

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 2 gatos planos semiovais.

Uillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia. La distancia entre los puntos de control verticales fue de 400 mm.

4. Ejecución del ensayo:

Apertura de roza



Instantes del ensayo



5. Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson:

(Se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

Factor de calibración K_m : 0.95

Superficie del gato plano superior (cm²):		778.25	Factor de calibración K_a:	0.946
Superficie de la roza superior (cm²):		804.50		
Superficie del gato plano inferior (cm²):		778.25		
Superficie de la roza inferior (cm²):		841.75		
Módulo de elasticidad (E):	3,488.10 N/mm²	Coeficiente de Poisson (v):		0.33

Observaciones:

El módulo de elasticidad se corresponde con el módulo de elasticidad secante medio de los cinco ciclos del ensayo.

El coeficiente de Poisson, igualmente, también se corresponde con el valor medio de los cinco ciclos del ensayo.

Se comprueba experimentalmente que la hoja exterior del muro (registro Lab0915) es del orden de cinco veces más rígida que la hoja interior (registro Lab0914), este hecho se debe fundamentalmente al mayor tamaño de los mampuestos y a la menor proporción de mortero existente.

6. Personal:

Técnico Principal: Ignacio Lombillo <i>Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos</i>  Firma	Técnico Asistente: Jorge Elices <i>Ingeniero Técnico Industrial</i>  Firma	Director del Lab. de Edificación: Luis Villegas <i>Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos</i>  Firma



ANEXO 1: DETERMINACION DE PROPIEDADES DE DEFORMACION MEDIANTE GATOS PLANOS

Norma: ASTM-C 1197
Ensayo: Lab0915

Ubicación: Zarratón - Casafuerte Norte
Fecha: 27/08/2009
Colocación: Gato plano doble
Empresa: GTED-UC

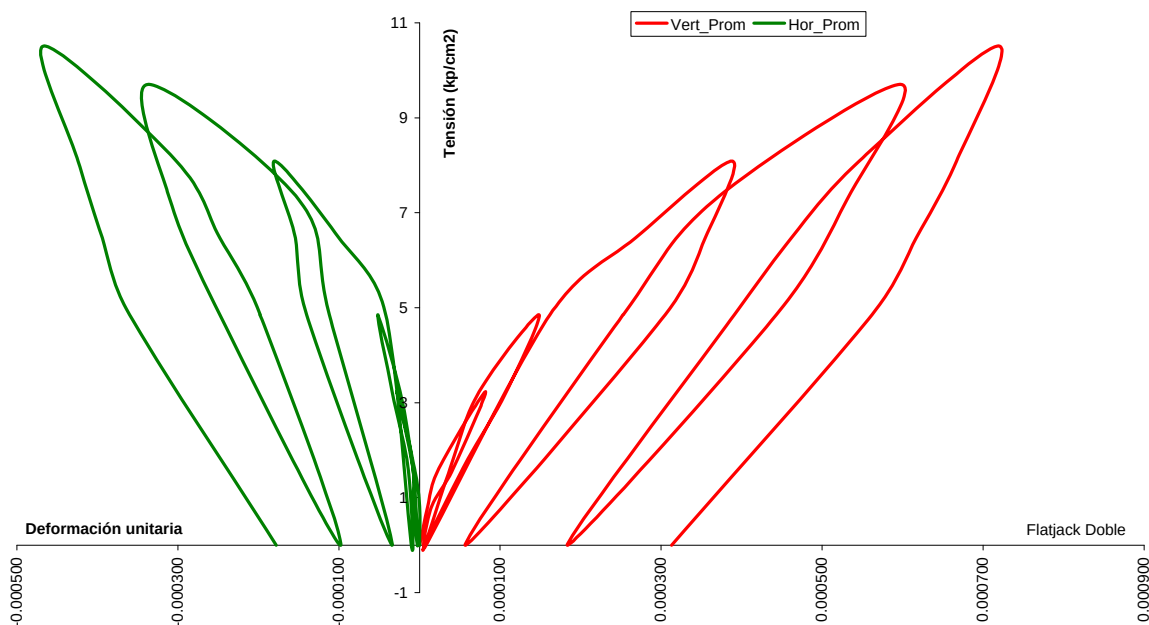
Dimensiones del gato: Semiovale 350x260x3,5 mm
Ref. del gato superior: 1
Ref. del gato inferior: 2

Km: 0.855
Ka: 0.946



Fotografía del ensayo

Curva tensión-deformación									
P. Bomba (kg/cm2)	P. corregida (kg/cm2)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	Def5 (abs.)	Def6 (abs.)	Def Vert mean (abs.)	Def Horiz mean (abs.)
0	0	-0.000012	-0.000032	-0.000016	0.000004	-0.000012	0.000012	-0.000014	0.000000
5	4.04415	0.000084	0.000180	0.000108	0.000096	-0.000020	-0.000032	0.000117	-0.000026
0	0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
1	0.80883	0.000024	0.000020	0.000000	-0.000004	-0.000004	0.000004	0.000010	0.000000
2	1.61766	0.000032	0.000028	0.000012	0.000024	-0.000008	-0.000004	0.000024	-0.000006
4	3.23532	0.000076	0.000104	0.000076	0.000072	-0.000020	-0.000036	0.000082	-0.000028
2	1.61766	0.000032	0.000060	0.000032	0.000044	-0.000004	-0.000012	0.000042	-0.000008
1	0.80883	0.000020	0.000012	0.000016	0.000012	-0.000008	-0.000008	0.000015	-0.000008
0	0	0.000012	-0.000008	0.000016	0.000004	0.000000	-0.000004	0.000006	-0.000002
2	1.61766	0.000032	0.000060	0.000028	0.000032	-0.000004	-0.000012	0.000038	-0.000008
4	3.23532	0.000064	0.000096	0.000072	0.000064	-0.000020	-0.000028	0.000074	-0.000024
6	4.85298	0.000112	0.000176	0.000160	0.000144	-0.000040	-0.000064	0.000148	-0.000052
4	3.23532	0.000088	0.000132	0.000104	0.000108	-0.000028	-0.000040	0.000108	-0.000034
2	1.61766	0.000036	0.000068	0.000060	0.000052	-0.000012	-0.000016	0.000054	-0.000014
0	0	0.000012	0.000004	0.000008	0.000008	-0.000012	-0.000008	0.000008	-0.000010
6	4.85298	0.000132	0.000204	0.000164	0.000148	-0.000028	-0.000056	0.000162	-0.000042
8	6.47064	0.000204	0.000316	0.000272	0.000280	-0.000072	-0.000128	0.000268	-0.000100
10	8.0883	0.000292	0.000440	0.000420	0.000400	-0.000152	-0.000208	0.000388	-0.000180
8	6.47064	0.000264	0.000396	0.000384	0.000376	-0.000120	-0.000188	0.000355	-0.000154
6	4.85298	0.000224	0.000348	0.000336	0.000312	-0.000116	-0.000164	0.000305	-0.000140
0	0	0.000028	0.000076	0.000084	0.000040	-0.000028	-0.000040	0.000057	-0.000034
6	4.85298	0.000172	0.000292	0.000268	0.000280	-0.000096	-0.000128	0.000253	-0.000112
9	7.27947	0.000276	0.000428	0.000388	0.000376	-0.000148	-0.000152	0.000367	-0.000150
12	9.70596	0.000424	0.000644	0.000672	0.000648	-0.000308	-0.000364	0.000597	-0.000336
9	7.27947	0.000372	0.000568	0.000616	0.000568	-0.000280	-0.000340	0.000531	-0.000310
6	4.85298	0.000284	0.000480	0.000528	0.000480	-0.000232	-0.000264	0.000443	-0.000248
0	0	0.000124	0.000208	0.000216	0.000188	-0.000116	-0.000080	0.000184	-0.000098
6	4.85298	0.000264	0.000432	0.000448	0.000420	-0.000192	-0.000204	0.000391	-0.000198
8	6.47064	0.000304	0.000508	0.000536	0.000500	-0.000236	-0.000260	0.000462	-0.000248
10	8.0883	0.000388	0.000604	0.000608	0.000584	-0.000280	-0.000324	0.000546	-0.000302
13	10.51479	0.000492	0.000764	0.000832	0.000788	-0.000452	-0.000480	0.000719	-0.000466
10	8.0883	0.000456	0.000708	0.000768	0.000736	-0.000408	-0.000440	0.000667	-0.000424
8	6.47064	0.000416	0.000660	0.000720	0.000672	-0.000388	-0.000400	0.000617	-0.000394
6	4.85298	0.000356	0.000596	0.000668	0.000628	-0.000360	-0.000360	0.000562	-0.000360
0	0	0.000196	0.000332	0.000388	0.000336	-0.000200	-0.000156	0.000313	-0.000178



	Módulo de elasticidad (kp/cm2)					Coef. Poisson
	Pto control 1	Pto control 2	Pto control 3	Pto control 4	E medio	
Ciclo1	42,570	31,109	42,570	44,935	40,296	-0.25
Ciclo2	62,218	31,109	57,774	53,922	51,256	-0.32
Ciclo3	40,442	24,265	31,109	34,664	32,620	-0.21
Ciclo4	33,701	22,467	26,375	20,221	25,691	-0.40
Ciclo5	34,664	21,665	20,918	20,918	24,541	-0.48

26

ANEXO 19: REGISTRO DE LOS ENSAYOS MDT REALIZADOS SOBRE UN MURO DE MAMPOSTERÍA CALIZA DEL PALACIO DE RIVA-HERRERA, S. XVII (SANTANDER).

- 26.1 Registro del ensayo GPSimple (Lab1003).**
- 26.2 Registro del ensayo HD-1 (Lab0902).**
- 26.3 Registro del ensayo GPDoble (Lab1004).**

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04		Fecha: 04-02-10
	CONSTRUCCIÓN: Hoja exterior del muro portante norte de mampostería caliza, del palacio de Riva-Herrera (Santander)		Ref.: Lab1003
			Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: Plaza de la Iglesia, s/n.

Localidad: Zarratón

Provincia: La Rioja

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): Siglo XVII

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

La arquitectura palacial burgalesa del siglo XVI tiene su traslación más directa en Cantabria en la casa de Riva-Herrera en Pronillo. No están documentadas las fechas de construcción de esta torre y su palacio anejo, pero probablemente sea el primer edificio renacentista de la villa de Santander y uno de los primeros ejemplos de este tipo de arquitectura en Cantabria.

Se trata de una residencia de recreo, suburbana, cercana entonces a la villa pero aún sin carácter urbano. Se cree que el fundador de esta casa y torre fue Fernando de la Riva Herrera, Proveedor General de las Armadas del Mar Océano. En el año 1573 testó, siendo ya vecino de Santander, fundando mayorazgo en 1577. Esto señalaría que la casa se construyó antes de esta fecha, quizá hacia 1550-1560. En la fundación de su mayorazgo se menciona que poseía la torre, casas bajas y de servicio, viñas, prados y huerta en el sitio de Pronillo, además de otras propiedades como la casa y solar de la Riva en Gajano, una capilla en la iglesia colegial de los Cuerpos Santos, y una casa en la Plaza de la Llana de Santander.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

El elemento estructural a ensayar es la hoja exterior del muro portante norte del palacio de Riva-Herrera de Santander. Se compone a base de mampostería caliza aparejada con mortero de cal, la cuál presenta buenas condiciones, aunque está afectada por humedades de capilaridad importantes.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 1 gato plano semioval.

Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04		Fecha: 04-02-10
	CONSTRUCCIÓN: Hoja exterior del muro portante norte de mampostería caliza, del palacio de Riva-Herrera (Santander)		Ref.: Lab1003
			Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:



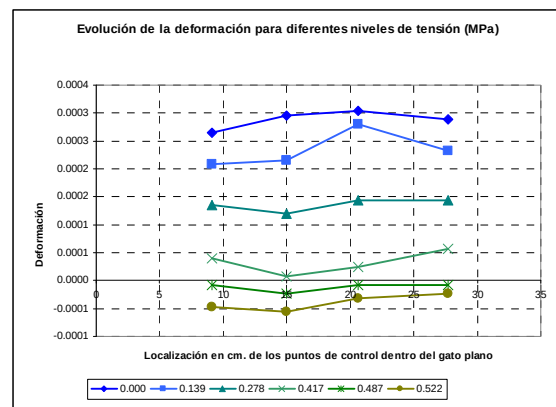
5. Tensión de compresión y su cálculo:

Factor de calibración K_m : 0.7125	
Superficie del gato plano (cm^2): 778.56	Factor de calibración K_a : 0.976
Superficie de la roza (cm^2): 797.63	
Valor de la tensión de compresión (se remite al lector al anexo 1 para una mayor información) 0.47 N/mm ²	

Observaciones:



Detalle tomado durante otro instantes del ensayo



Evolución de las deformaciones experimentadas por cada par de puntos de control, para varios niveles de tensión proporcionados por el gato plano

6. Personal:

Técnico Principal: Ignacio Lombillo Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  Firma	Técnico Asistente: Jorge Elices Ingeniero Técnico Industrial  Firma	Director del Lab. de Edificación: Luis Villegas Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  Firma



ANEXO 1: ESTIMACIÓN DEL NIVEL TENSIONAL MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO SIMPLE

Norma: ASTM-C 1196

Ensayo: Lab1003

Ubicación: Pronillo

Fecha: 04/02/2010

Colocación: Gato plano simple

Empresa: GTED-UC

Dimensiones del gato: Semiovale 350x260x3,5 mm

Ref. del gato: 1

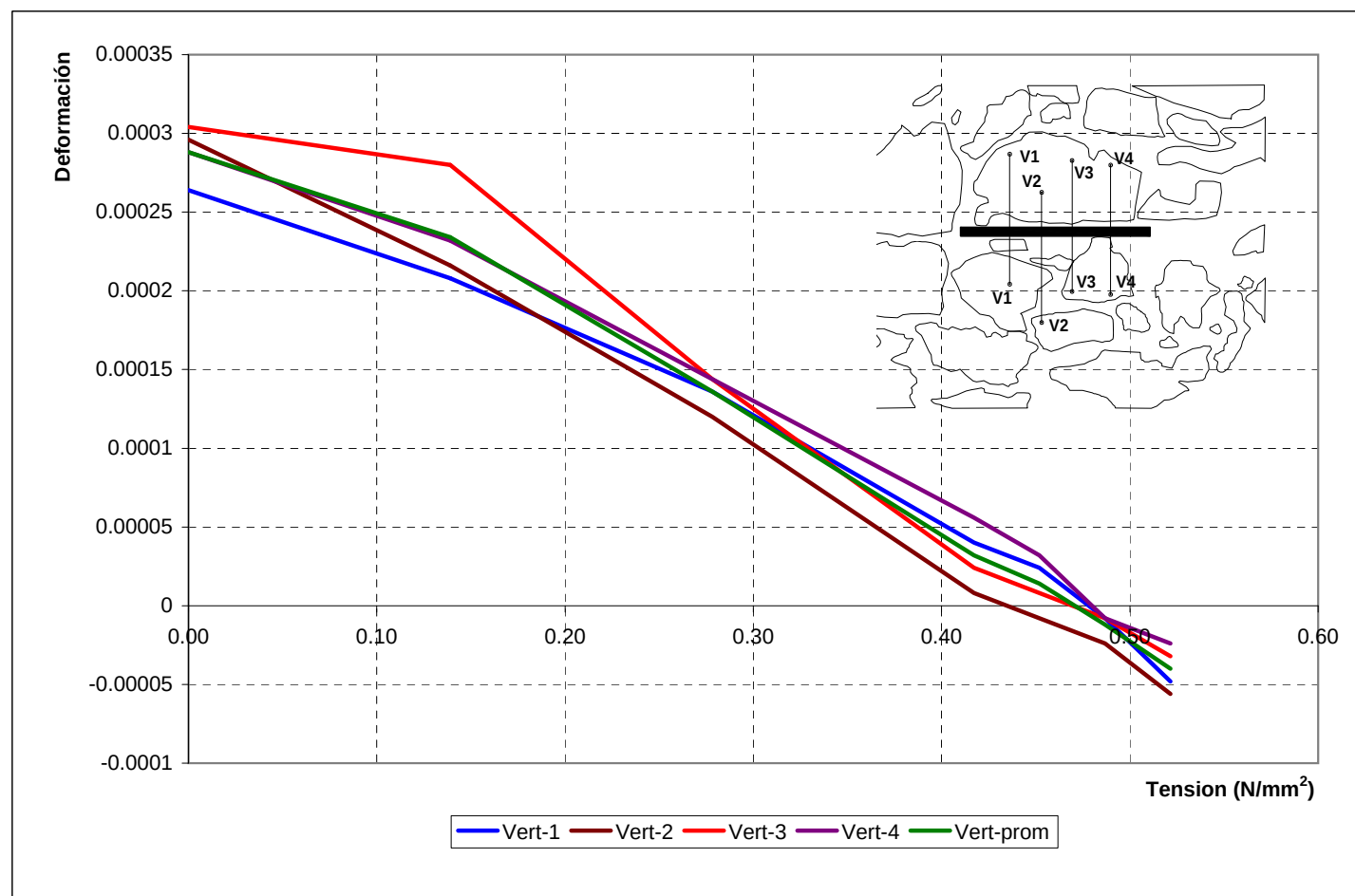
Km: 0.7125

Ka: 0.976



Fotografía del ensayo

		Curva tensión - deformación						Def Vert mean (abs.)
P. Bomba (kg/cm2)	Comentarios	P. corregida (N/mm2)	P.corregida (N/mm2)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	
0	Antes roza	0	0.000	0	0	0	0	0
0	Tras roza	0	0.000	0.000264	0.000296	0.000304	0.000304	0.000292
2		0.13908	0.139	0.000224	0.000216	0.000224	0.000232	0.000224
0		0	0.000	0.000264	0.000296	0.000304	0.000288	0.000288
2		0.13908	0.139	0.000208	0.000216	0.00028	0.000232	0.000234
4		0.27816	0.278	0.000136	0.00012	0.000144	0.000144	0.000136
6		0.41724	0.417	4E-05	8E-06	2.4E-05	5.6E-05	0.000032
6.5		0.45201	0.452	2.4E-05	-8E-06	8E-06	3.2E-05	0.000014
7		0.48678	0.487	-8E-06	-2.4E-05	-8E-06	-8E-06	-0.000012
7.5		0.52155	0.522	-4.8E-05	-5.6E-05	-3.2E-05	-2.4E-05	-0.000040



Nivel tensional existente en el elemento estructural (MPa):

0.47

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 20-03-09
		Ref.: Lab0902
	CONSTRUCCIÓN: Mampostería caliza en el muro portante Norte del Palacio de Riva Herrera, Santander (Cantabria, España)	Pag 1 de 4

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: Barrio de Pronillo. Paseo de General Dávila, 323.

Localidad: Santander

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (peticionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo.

Se aprovecha para agradecer al Exmo. Ayuntamiento de Santander su buena disposición y su permiso favorable.

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): No están documentadas las fechas de construcción de esta torre y su palacio anejo. Pero probablemente sea el primer edificio renacentista de la villa de Santander.

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

Está declarado como Bien de Interés Cultural el conjunto compuesto por la torre, las murallas y conjunto monumental de la casa noble.

Los estudios estratigráficos han demostrado que no existen elementos medievales en el conjunto de Pronillo.

A mediados del siglo XVI, Santander disfruta de un importante crecimiento urbano propiciado por el auge de su puerto y la mejora de sus comunicaciones con la meseta. Ligada directamente a este auge portuario, la familia Riva-Herrera adquiere en esta época una especial relevancia, controlando buena parte de la vida económica de la ciudad. El linaje fundador de los Riva-Herrera, provenía del otro lado de la bahía, del pueblo de Gajano, donde aún se conserva su torre. La familia también poseía una antigua torre y, al parecer, una ferrería en el lugar de Pronillo, por aquel entonces, en las afueras de Santander.

Fue a mediados del siglo XVI cuando Fernando de la Riva-Herrera decide remodelar la torre medieval y construir un palacio más acorde con su condición y con los gustos y necesidades de su tiempo. Don Fernando era por entonces Proveedor General de las Armadas del Mar Océano, esto es, el supervisor de la construcción de los buques de guerra de la corona.

La torre se remodela abriendo ventanales, añadiendo motivos heráldicos, así como remates en la cornisa de flameros y gárgolas. Se adosa un cuerpo horizontal de dos pisos, con fachada abierta mediante un pórtico de dos arcos escarzanos que da acceso al zaguán y que se divide con una columna central decorada con un capitel corintio simplificado. La zona norte de este añadido la ocupa una pequeña capilla cubierta por una bóveda de crucería de arcos apuntados apoyados sobre ménsulas y con motivos heráldicos en sus claves. De la misma época se conserva una portalada, con un magnífico escudo de los Riva-Herrera y Alvarado en el exterior, y un original reloj de sol, muy deteriorado, en su fachada interior. El conjunto se completaba con una cerca defensiva, un patio de armas y algunas edificaciones secundarias hoy desaparecidas. En el siglo XIX se reconstruyó la fachada occidental sobre la antigua, respetando el original esquinal sureste de la torre primitiva.

La obra del palacio ha de relacionarse, por su estilo, con el foco renacentista burgalés y, posiblemente, con arquitectos como Simón de Bueras o Lope García de Arredondo, autor este último del Ayuntamiento de Laredo. Tras el desastre de la Armada Invencible, fue Riva-Herrera quien hospedó a Medina-Sidonia en su palacio el 21 de septiembre de 1588 y desde allí, el día 23, escribió al rey. Se cuenta que Felipe II, al leer la carta, dijo la famosa frase: "Yo mandé mis naves a luchar con los hombres, no con los elementos".

En la actualidad, el Conjunto se encuentra en estado de ruina, subsisten tan solo las paredes y elementos construidos en piedra, y estos se encuentran en avanzado estado de deterioro.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

El elemento estructural a ensayar es la fábrica de mampostería componente del muro de carga Norte del edificio. Dicho muro, al igual que la práctica totalidad del palacio, se arma a base de una mampostería de piedra caliza y con argamasas de cal.

¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 20-03-09
		Ref.: Lab0902
	CONSTRUCCIÓN: Mampostería caliza en el muro portante Norte del Palacio de Riva Herrera, Santander (Cantabria, España)	Pag 2 de 4

3. Recursos empleados

Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	Solartron y equipo propio UC
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cuarto de puente
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):		Tokio Sokki / 6 mm / Metal ceys	

4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

Pulido	Marcado	Pegado
		

Observaciones:

Durante la ejecución del ensayo pudo cerciorarse la gran cantidad de humedad que albergaba el muro.

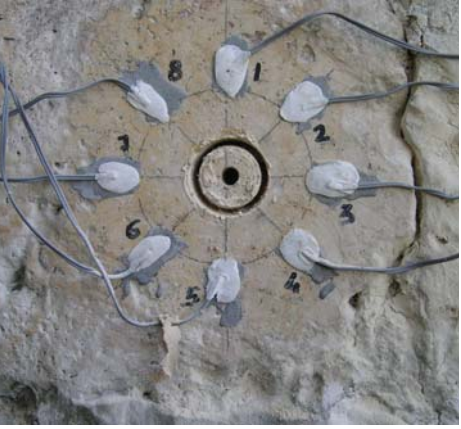
4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones:

Nada reseñable

4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.

Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²: 20 horas

4.4 Ejecución del taladro.

Fotografías del proceso de ejecución.

² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 20-03-09
		Ref.: Lab0902
	CONSTRUCCIÓN: Mampostería caliza en el muro portante Norte del Palacio de Riva Herrera, Santander (Cantabria, España)	
		Pag 3 de 4

Recomendaciones:

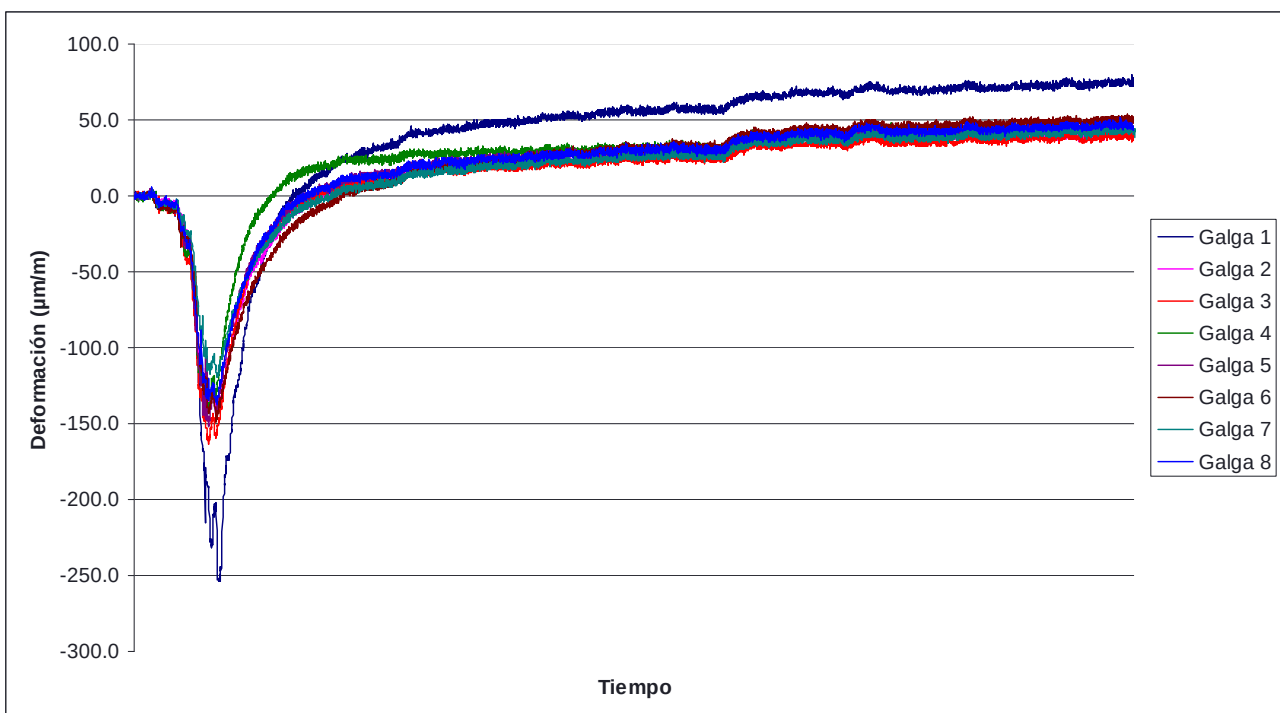
- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.
- Uso de nivel para controlar la horizontabilidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por T^a.

Controlar la profundidad del taladrado (al menos 0,4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm²):

-0.46 ^{3,4}



Gráfica de la evolución de las deformaciones registradas

6. Personal:**Técnico Principal:**

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



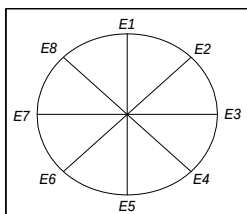
Firma

³ El signo - representa comportamiento a compresión. Tensión positiva, por ende, significa tracción.

⁴ Debido a la elevada plasticidad presente en la roca sobre la que se realizó el ensayo, y en vista de su previsible reducida rigidez, ante la carencia de resultados sobre su deformabilidad se ha adoptado un módulo de deformación de la décima parte que el obtenido en los ensayos de las rocas calizas del Seminario Mayor de Comillas, es decir, 2,793.10 MPa, y para el coeficiente de Poisson un valor equivalente (0.31).



ANEXO 1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE HOLE DRILLING



Código: Lab0902
Referencia: HD Mampost. caliza, palacio de Riva Herrera (Santander)
Fecha: 20/03/2009

En esta hoja se obtiene, para cada una de las combinaciones de galgas, la tensión principal máxima, la mínima y la dirección (ángulo existente horario) entre la tensión principal máxima con la dirección de la primera de las galgas de la combinación. Igualmente se estima a partir de los datos referidos la tensión vertical existente



Def. final tras taladrado ($\mu\text{m/m} = 10^{-6}\text{m/m}$)

Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
72	40	37	44	43	48	40	44

*El signo - representa comportamiento a compresión

Módulo de Young (Mpa) = 2.793
Coef. Poisson = 0.31

d (cm) = 3.6
D (cm) = 8.8
Prof. Taladro (mm) = 36,16

a= 0.199
b= 0.484

$$A_t = -4 \left(\frac{1 + \nu}{2E} \right) a$$

$$B_t = -4 \left(\frac{1}{2E} \right) b$$

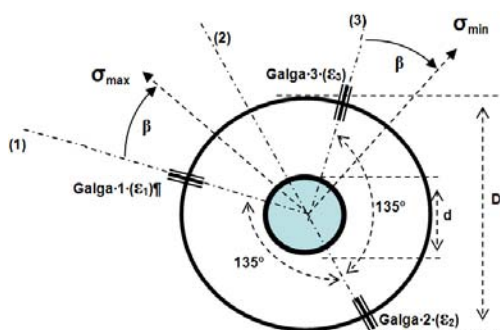
At =	-0.000187
Bt =	-0.000347

d/D	a	b
0.38	0.174	0.430
0.39	0.182	0.448
0.40	0.190	0.466
0.41	0.199	0.484
0.42	0.208	0.503
0.43	0.217	0.521

$$\sigma_{\max} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} - \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} + \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2}{\varepsilon_3 - \varepsilon_1} \right)$$



COMBINACIÓN 1	Ch1	E1 = 0.000072	AUX1= -0.583	Tmax (N/mm2)=	-0.48
	Ch3	E3 = 0.000037	AUX2= -0.108	Tmin (N/mm2)=	-0.69
	Ch6	E2 = 0.000048		β=	80
				Tvert (N/mm2)=	-0.68
COMBINACIÓN 2	Ch2	E2 = 0.00004	AUX1= -0.449	Tmax (N/mm2)=	-0.43
	Ch4	E4 = 0.000044	AUX2= -0.016	Tmin (N/mm2)=	-0.47
	Ch7	E7 = 0.00004		β=	23
				Tvert (N/mm2)=	-0.46
COMBINACIÓN 3	Ch3	E3 = 0.000037	AUX1= -0.428	Tmax (N/mm2)=	-0.4
	Ch5	E5 = 0.000043	AUX2= -0.029	Tmin (N/mm2)=	-0.46
	Ch8	E8 = 0.000044		β=	-27
				Tvert (N/mm2)=	-0.45
COMBINACIÓN 4	Ch4	E4 = 0.000044	AUX1= -0.492	Tmax (N/mm2)=	-0.34
	Ch6	E6 = 0.000048	AUX2= -0.15	Tmin (N/mm2)=	-0.64
	Ch1	E1 = 0.000072	-0.0348995	β=	-43
				Tvert (N/mm2)=	-0.64
COMBINACIÓN 5	Ch5	E5 = 0.000043	AUX1= -0.444	Tmax (N/mm2)=	-0.43
	Ch7	E7 = 0.00004	AUX2= -0.012	Tmin (N/mm2)=	-0.46
	Ch2	E2 = 0.00004		β=	68
				Tvert (N/mm2)=	-0.46
COMBINACIÓN 6	Ch6	E6 = 0.000048	AUX1= -0.492	Tmax (N/mm2)=	-0.44
	Ch8	E8 = 0.000044	AUX2= -0.053	Tmin (N/mm2)=	-0.55
	Ch3	E3 = 0.000037		β=	51
				Tvert (N/mm2)=	-0.55
COMBINACIÓN 7	Ch7	E7 = 0.00004	AUX1= -0.599	Tmax (N/mm2)=	-0.48
	Ch1	E1 = 0.000072	AUX2= -0.115	Tmin (N/mm2)=	-0.71
	Ch4	E4 = 0.000044		β=	18
				Tvert (N/mm2)=	-0.69
COMBINACIÓN 8	Ch8	E8 = 0.000044	AUX1= -0.449	Tmax (N/mm2)=	-0.44
	Ch2	E2 = 0.00004	AUX2= -0.013	Tmin (N/mm2)=	-0.46
	Ch5	E5 = 0.000043		β=	-77
				Tvert (N/mm2)=	-0.45

TENSIÓN VERTICAL = -0.46 N/mm2 (Compresión)

Comentarios:

Debido a la elevada plasticidad presente en la roca sobre la que se realizó el ensayo, y en vista de su previsible reducida rigidez, ante la carencia de resultados sobre su deformabilidad se ha adoptado un módulo de deformación de la décima parte que el obtenido en los ensayos de las rocas calizas del Seminario Mayor de Comillas, es decir, 2,793.10 MPa, y para el coeficiente de Poisson un valor equivalente (0.31). En base a lo referido, el valor estimado para el nivel tensional se ha obtenido en base a las combinaciones 2, 3, 5 y 8 con un 1.27% de coeficiente de variación.

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 04-02-10
		Ref.: Lab1004
	CONSTRUCCIÓN: Hoja exterior del muro portante norte de mampostería caliza, del palacio de Riva-Herrera (Santander)	Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DE LA DEFORMABILIDAD DE FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: c/ Miguel de Villanueva, 50.

Localidad: Zarratón

Provincia: La Rioja

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (peticionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo.

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): Siglo XVII

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

La arquitectura palacial burgalesa del siglo XVI tiene su traslación más directa en Cantabria en la casa de Riva-Herrera en Pronillo. No están documentadas las fechas de construcción de esta torre y su palacio anejo, pero probablemente sea el primer edificio renacentista de la villa de Santander y uno de los primeros ejemplos de este tipo de arquitectura en Cantabria.

Se trata de una residencia de recreo, suburbana, cercana entonces a la villa pero aún sin carácter urbano. Se cree que el fundador de esta casa y torre fue Fernando de la Riva Herrera, Proveedor General de las Armadas del Mar Océano. En el año 1573 testó, siendo ya vecino de Santander, fundando mayorazgo en 1577. Esto señalaría que la casa se construyó antes de esta fecha, quizá hacia 1550-1560. En la fundación de su mayorazgo se menciona que poseía la torre, casas bajas y de servicio, viñas, prados y huerta en el sitio de Pronillo, además de otras propiedades como la casa y solar de la Riva en Gajano, una capilla en la iglesia colegial de los Cuerpos Santos, y una casa en la Plaza de la Llana de Santander.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

El ensayo se realizó, en planta baja, sobre el muro Norte del edificio anexo al Palacio. Como ya se ha referido presenta un muro de dos hojas ambas de mampostería arenisca, si bien el ensayo de gato plano doble se ejecutó sobre la hoja exterior de piezas de tamaño más grande y juntas de mortero más reducidas.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 2 gatos planos semiovalés.
Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia. La distancia entre los puntos de control verticales fue de 400 mm.

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 04-02-10
		Ref.: Lab1004
	CONSTRUCCIÓN: Hoja exterior del muro portante norte de mampostería caliza, del palacio de Riva-Herrera (Santander)	Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

Apertura de roza



Instantes del ensayo



5. Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson:

(Se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

Factor de calibración K_m : 0.95

Superficie del gato plano superior (cm^2): 778.56

Superficie de la roza superior (cm^2): 797.63

Superficie del gato plano inferior (cm^2): 778.56

Superficie de la roza inferior (cm^2): 801.75

Factor de calibración K_a : 0.974

Módulo de elasticidad (E): 9.746.40 N/mm²

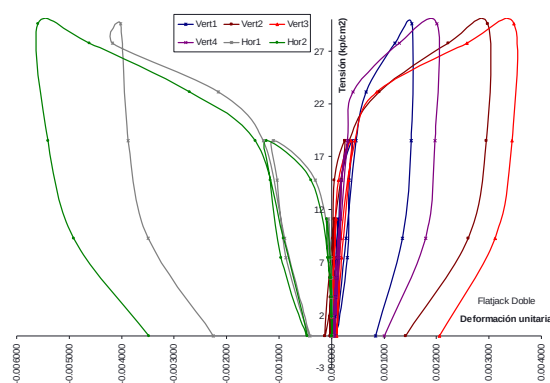
Coeficiente de Poisson (ν): 0.21

Observaciones:

El módulo de elasticidad se corresponde con el módulo de elasticidad secante medio de los cuatro ciclos del ensayo.



Agrietamiento surgido alo largo del ensayo



Leyes σ - ϵ obtenidas para los cuatro puntos de control vertical (base de medida 200 mm) y para los dos puntos de control horizontal (base de medida 200 mm)

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial

Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Firma



ANEXO 1: DETERMINACION DE PROPIEDADES DE DEFORMACION MEDIANTE GATOS PLANOS

Norma: ASTM-C 1197
Ensayo: Lab1004

Ubicación: Pronillo
Fecha: 04/02/2010
Colocación: Gato plano doble
Empresa: GTED-UC

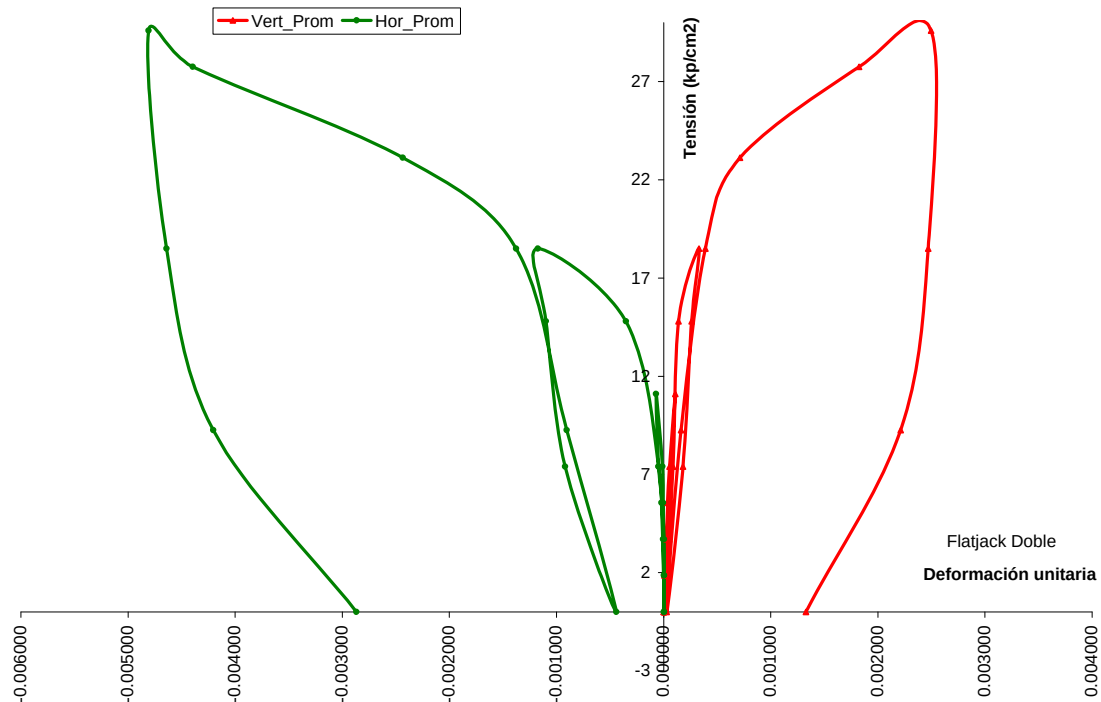
Dimensiones del gato: Semiovale 350x260x3,5 mm
Ref. del gato superior: 1
Ref. del gato inferior: 2

Km: 0.95
Ka: 0.974



Fotografía del ensayo

Curva tensión-deformación									
P. Bomba (kg/cm2)	P. corregida (kg/cm2)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	Def5 (abs.)	Def6 (abs.)	Def Vert mean (abs.)	Def Horiz mean (abs.)
0	0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	1.849800518	0.000032	0.000016	0.000016	0.000032	0.000000	0.000000	0.000024	0.000000
0	0	-0.000008	-0.000016	0.000000	0.000032	0.000008	0.000000	0.000002	0.000004
2	1.849800518	0.000064	-0.000008	0.000016	0.000040	0.000008	0.000000	0.000028	0.000004
4	3.699601036	0.000072	0.000016	0.000040	0.000080	0.000000	-0.000008	0.000052	-0.000004
6	5.549401553	0.000096	0.000024	0.000064	0.000104	-0.000008	-0.000012	0.000072	-0.000010
4	3.699601036	0.000032	-0.000016	0.000016	0.000064	0.000008	0.000000	0.000024	0.000004
2	1.849800518	0.000016	-0.000032	0.000008	0.000040	0.000008	0.000000	0.000008	0.000004
0	0	0.000000	-0.000024	0.000000	0.000032	0.000008	0.000000	0.000002	0.000004
6	5.549401553	0.000064	0.000024	0.000024	0.000072	0.000000	-0.000008	0.000046	-0.000004
8	7.399202071	0.000096	0.000024	0.000048	0.000096	-0.000008	-0.000016	0.000066	-0.000012
12	11.09880311	0.000120	0.000056	0.000088	0.000168	-0.000056	-0.000088	0.000108	-0.000072
8	7.399202071	0.000080	0.000000	0.000048	0.000096	-0.000024	-0.000072	0.000056	-4.8E-05
6	5.549401553	0.000056	-0.000024	0.000024	0.000088	-0.000008	-0.000032	0.000036	-2E-05
0	0	0.000000	-0.000024	0.000000	0.000040	0.000008	0.000000	0.000004	4E-06
8	7.399202071	0.000120	0.000032	0.000056	0.000144	-0.000032	-0.000064	0.000088	-4.8E-05
16	14.79840414	0.000184	0.000056	0.000136	0.000176	-0.000312	-0.000392	0.000138	-0.000352
20	18.49800518	0.000392	0.000248	0.000368	0.000312	-0.001104	-0.001240	0.000330	-0.001172
16	14.79840414	0.000336	0.000192	0.000328	0.000192	-0.001032	-0.001168	0.000262	-0.0011
8	7.399202071	0.000296	0.000104	0.000192	0.000128	-0.000872	-0.000968	0.000180	-0.00092
0	0	0.000080	-0.000128	0.000096	0.000064	-0.000416	-0.000464	0.000028	-0.00044
10	9.249002589	0.000280	0.000032	0.000184	0.000160	-0.000896	-0.000912	0.000164	-0.000904
20	18.49800518	0.000472	0.000336	0.000448	0.000304	-0.001296	-0.001456	0.000390	-0.001376
25	23.12250647	0.000664	0.000912	0.000864	0.000408	-0.002160	-0.002712	0.000712	-0.002436
30	27.74700777	0.001208	0.002216	0.002576	0.001296	-0.004176	-0.004616	0.001824	-0.004396
32	29.59680828	0.001528	0.002976	0.003480	0.002008	-0.004016	-0.005600	0.002498	-0.004808
20	18.49800518	0.001512	0.002952	0.003440	0.001976	-0.003880	-0.005400	0.002470	-0.00464
10	9.249002589	0.001352	0.002600	0.003112	0.001792	-0.003496	-0.004912	0.002214	-0.004204
0	0	0.000832	0.001416	0.002056	0.001008	-0.002256	-0.003480	0.001328	-0.002868



	Módulo de elasticidad (kp/cm2)					Coef. Poisson
	Pto control 1	Pto control 2	Pto control 3	Pto control 4	E medio	
Ciclo1	53,360	138,735	86,709	77,075	88,970	-0.16
Ciclo2	77,075	154,150	154,150	115,613	125,247	-0.25
Ciclo3	61,660	132,129	132,129	71,146	99,266	-
Ciclo4	46,245	57,806	105,102	96,344	76,374	-

27

ANEXO 20: REGISTRO DE LOS ENSAYOS MDT REALIZADOS SOBRE UNA CHIMENEA DE FÁBRICA DE LADRILLO DE FINALES DEL SIGLO XIX – PRINCIPIOS DEL SIGLO XX (TEJERÍAS LA COVADONGA – MURIEDAS, CANTABRIA).

27.1 Registro del ensayo HD (Lab0913).

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 22-07-09
		Ref.: Lab0913
	CONSTRUCCIÓN: Fábrica de ladrillo de la chimenea de las tejerías "La Covadonga".	Pag 1 de 4

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: c/ Los Coterros, 3. 39600 Camargo.

Localidad: Muriedas

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (peticionario, objeto, etc.)

Tesis doctoral del Ing. Ignacio Lombillo. Se aprovecha para agradecer al Sr. D. Leopoldo Arche su buena disposición y su permiso favorable.

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): Finales del siglo XIX.

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

Se trata de una chimenea industrial compuesta por una fábrica de ladrillo macizo y mortero de cal, con hiladas alternas entre piezas dispuestas a soga y piezas dispuestas a tizón.

Fue parte fundamental para el desarrollo de la empresa Tejerías "La Covadonga", que si bien desarrolla su actividad desde 1886, en la actualidad está especializada en ladrillo cara vista Klinker de alta calidad.

En la actualidad la chimenea está completamente en desuso presentado importantes agrietamientos en las proximidades del emplazamiento del ensayo.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

El elemento estructural a ensayar es la fábrica de ladrillo componente de la chimenea.

Está aparejada, mediante hiladas alternas de piezas dispuestas a soga y a tizón, con ladrillo macizo (de dimensiones aproximadas 24 x 11 x 4 cm, largo x ancho x alto) y mortero de cal (con grosor de tendel en torno a 8-11 mm).

¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 22-07-09
		Ref.: Lab0913
	CONSTRUCCIÓN: Fábrica de ladrillo de la chimenea de las tejeras "La Covadonga".	Pag 2 de 4

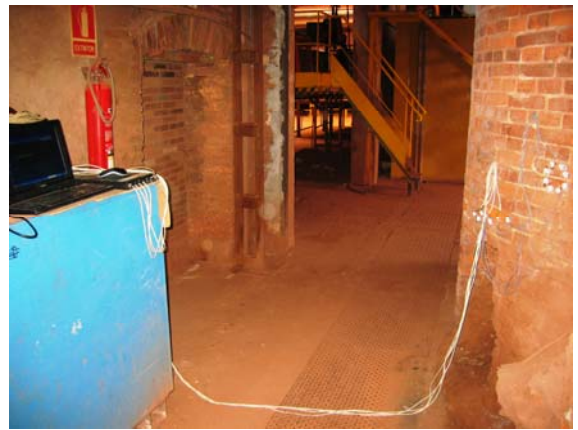
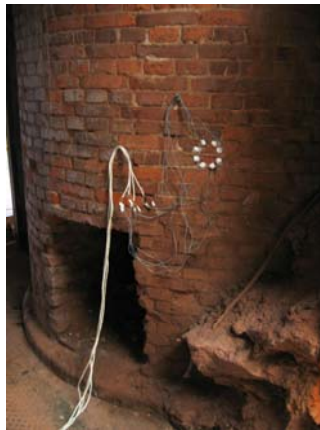
3. Recursos empleados

Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	Solartron y equipo propio UC
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cuarto de puente
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):		Tokio Sokki / 6 mm / Metal ceys	

4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

Detalles del emplazamiento del ensayo



Observaciones:

La localización el ensayo se haya en las inmediaciones de una apertura que existe en la fábrica. Igualmente existen agrietamientos en las proximidades.

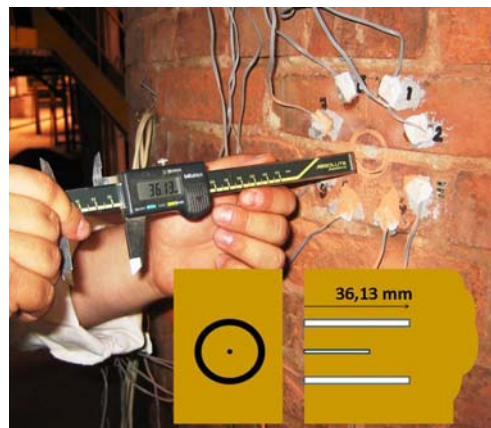
4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones:

Nada reseñable

4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.

Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²: 6 horas

4.4 Ejecución del taladro.



Fotografías del proceso de ejecución.

Recomendaciones:

- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.

² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 22-07-09
		Ref.: Lab0913
	CONSTRUCCIÓN: Fábrica de ladrillo de la chimenea de las tejerías "La Covadonga".	Pag 3 de 4

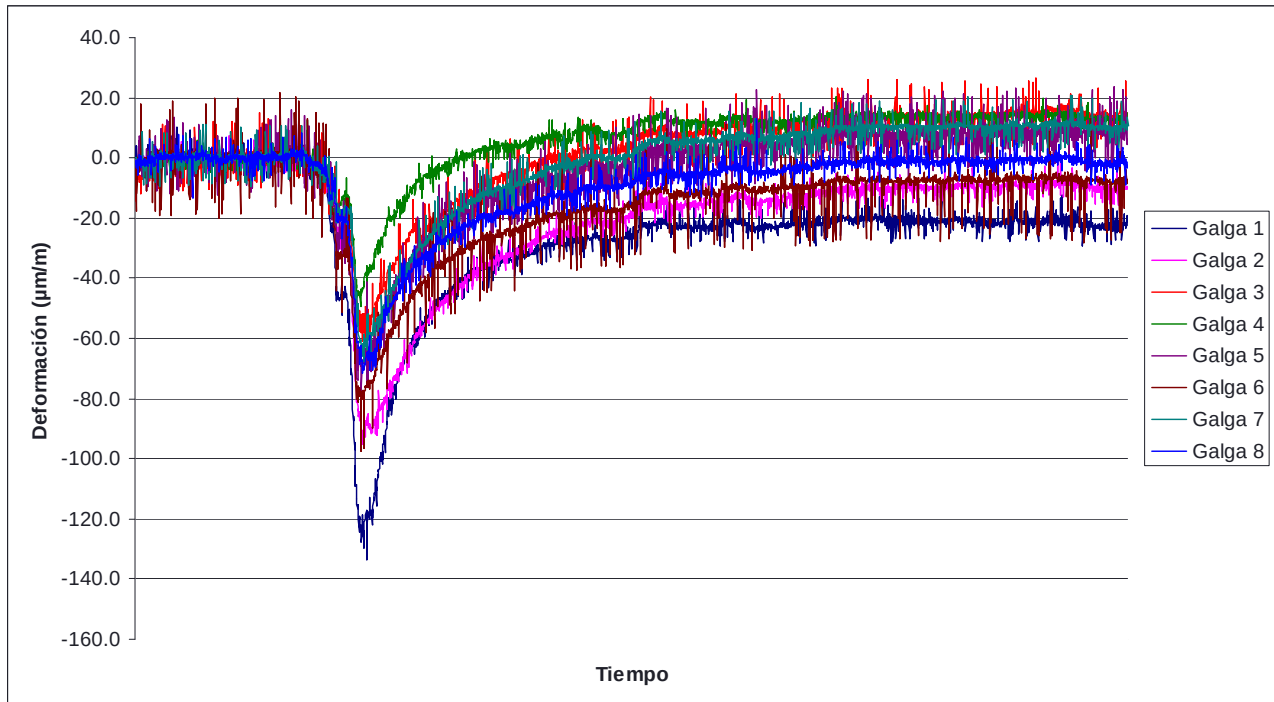
- Uso de nivel para controlar la horizontabilidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por T^a .

Controlar la profundidad del taladrado (al menos 0,4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm^2):

0.15 ^{3,4}



Gráfica de la evolución de las deformaciones registradas

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

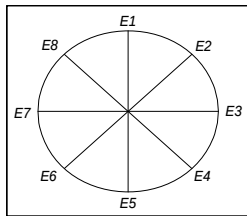
³ El signo - representa comportamiento a compresión. Tensión positiva, por ende, significa tracción.

⁴ Dado que no disponen de datos sobre las características mecánicas de la fábrica de ladrillo (con hiladas alternas a sogas y tizones) que conforma la chimenea de "La Covadonga" (Murieras, España), y dado que es coetánea con la ensayada en el bajo cubierta del Seminario Mayor de Comillas (fábrica de ladrillo a sogas) y en el arco de ladrillo de Valladolid (a tizones), para la fábrica de ladrillo que nos ocupa se ha tomado un valor promedio de los obtenidos para las otras fábricas de ladrillo referidas.

	FJD-4 Comillas	FJD-1 y FJD-2 Valladolid	Chimenea La Covadonga
E (Mpa)	1,789.10	4,376.20	3,082.65
ν	0.3	0.24	0.27
Tipología	Fábrica a sogas	Fábrica a tizones	Fábrica a sogas y tizones



ANEXO 1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE HOLE DRILLING



Código: **Lab0913**
 Referencia: **H.D. en fábrica de ladrillo (chimenea de "La Covadonga")**
 Fecha: **22/07/2009**

En esta hoja se obtiene, para cada una de las combinaciones de galgas, la tensión principal máxima, la mínima y la dirección (ángulo existente horario) entre la tensión principal máxima con la dirección de la primera de las galgas de la combinación. Igualmente se estima a partir de los datos referidos la tensión vertical existente

Def. final tras taladrado ($\mu\text{m/m} = 10^{-6}\text{m/m}$)

Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
-21.5	-9.5	14.7	13.7	8.6	-7.9	10.4	-1.1

*El signo - representa comportamiento a compresión

Módulo de Young (Mpa) = 3,083
 Coef. Poisson = 0.27

d (cm) = 3.6
 D (cm) = 8.8
 Prof. Taladro (mm) = 36,13

a= 0.199
 b= 0.484

$$A_t = -4 \left(\frac{1 + \nu}{2E} \right) a$$

$$B_t = -4 \left(\frac{1}{2E} \right) b$$

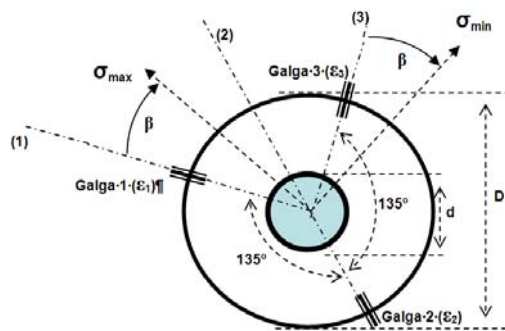
At =	-0.000164
Bt =	-0.000314

d/D	a	b
0.38	0.174	0.430
0.39	0.182	0.448
0.40	0.190	0.466
0.41	0.199	0.484
0.42	0.208	0.503
0.43	0.217	0.521

$$\sigma_{\max} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} - \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} + \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2}{\varepsilon_3 - \varepsilon_1} \right)$$



COMBINACIÓN 1	Ch1	E1 = -2.14976E-05	AUX1= 0.041	Tmax (N/mm2)=	0.16
	Ch3	E3 = 1.47118E-05	AUX2= -0.119	Tmin (N/mm2)=	-0.08
	Ch6	E2 = -7.85391E-06		beta=	7
				Tvert (N/mm2)=	0.16
COMBINACIÓN 2	Ch2	E2 = -9.50679E-06	AUX1= -0.026	Tmax (N/mm2)=	0.07
	Ch4	E4 = 1.37114E-05	AUX2= -0.091	Tmin (N/mm2)=	-0.12
	Ch7	E7 = 1.04363E-05		beta=	-18
				Tvert (N/mm2)=	0.03
COMBINACIÓN 3	Ch3	E3 = 1.47118E-05	AUX1= -0.142	Tmax (N/mm2)=	-0.06
	Ch5	E5 = 8.62417E-06	AUX2= -0.083	Tmin (N/mm2)=	-0.23
	Ch8	E8 = -1.05888E-06		beta=	52
				Tvert (N/mm2)=	-0.12
COMBINACIÓN 4	Ch4	E4 = 1.37114E-05	AUX1= -0.036	Tmax (N/mm2)=	0.13
	Ch6	E6 = -7.85391E-06	AUX2= -0.17	Tmin (N/mm2)=	-0.21
	Ch1	E1 = -2.14976E-05	-0.9781476	beta=	57
				Tvert (N/mm2)=	0.12
COMBINACIÓN 5	Ch5	E5 = 8.62417E-06	AUX1= -0.116	Tmax (N/mm2)=	0
	Ch7	E7 = 1.04363E-05	AUX2= -0.121	Tmin (N/mm2)=	-0.24
	Ch2	E2 = -9.50679E-06		beta=	44
				Tvert (N/mm2)=	-0.12
COMBINACIÓN 6	Ch6	E6 = -7.85391E-06	AUX1= 0.054	Tmax (N/mm2)=	0.18
	Ch8	E8 = -1.05888E-06	AUX2= -0.124	Tmin (N/mm2)=	-0.07
	Ch3	E3 = 1.47118E-05		beta=	-40
				Tvert (N/mm2)=	0.18
COMBINACIÓN 7	Ch7	E7 = 1.04363E-05	AUX1= 0.067	Tmax (N/mm2)=	0.23
	Ch1	E1 = -2.14976E-05	AUX2= -0.159	Tmin (N/mm2)=	-0.09
	Ch4	E4 = 1.37114E-05		beta=	-65
				Tvert (N/mm2)=	0.17
COMBINACIÓN 8	Ch8	E8 = -1.05888E-06	AUX1= 0.064	Tmax (N/mm2)=	0.16
	Ch2	E2 = -9.50679E-06	AUX2= -0.093	Tmin (N/mm2)=	-0.03
	Ch5	E5 = 8.62417E-06		beta=	-53
				Tvert (N/mm2)=	-0.03

TENSIÓN VERTICAL = 0.15 N/mm2 (Tracción)

Comentarios:

Dado que la fábrica de ladrillo está compuesta a base de hiladas a soga y hiladas a tizón, a falta de más datos, se ha considerado un E y v intermedio entre los obtenidos mediante ensayos de gato plano doble en fábricas a sogas (Comillas) y en fábricas a tizón (Arco Valladolid), más o menos coetáneas con la existente en la chimenea. El valor estimado para el nivel tensional se ha obtenido en base a las combinaciones 1, 4 y 7 con un 17.64% de coeficiente de variación.

28

ANEXO 21: REGISTRO DE LOS ENSAYOS MDT REALIZADOS SOBRE UN ARCO DE FÁBRICA DE LADRILLO DEL SIGLO XIX (ARCO DE LADRILLO DE CAMPO GRANDE – VALLADOLID).

- 28.1 Registro del ensayo FJS-1 (Lab0909).
- 28.2 Registro del ensayo FJS-2 (Lab0911).
- 28.3 Registro del ensayo FJD-1 (Lab0910).
- 28.4 Registro del ensayo FJD-2 (Lab0912).

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04		Fecha: 26-06-09
	CONSTRUCCIÓN: Arco de ladrillo macizo con morteros de cal en zona ferroviaria, estribo Sur. Valladolid.		Ref.: Lab0909
			Pág. 1 de 4

ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: Arco de ladrillo colindante a la calle Paseo del Arco

Localidad: Valladolid

Provincia: Valladolid

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Ensayo realizado a petición de EYPO Ingeniería con la finalidad de estimar el nivel tensional en el estribo sur del Arco de Ladrillo de Valladolid (Estación de Campo Grande).

El ensayo se enmarca dentro del estudio "Caracterización estructural, de materiales formes y evaluación de los procesos patológicos presentes en el Arco de ladrillo sito en la estación Campo Grande de Valladolid".

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 1856

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El Arco de Ladrillo es un monumento singular. Se trata de un arco sobre las vías del ferrocarril Madrid-Hendaya, cercano a la Estación de Valladolid-Campo Grande. Fue construido en 1856, y se levantó inmediatamente antes del tendido de las vías, por lo que puede ser considerada la primera construcción ferroviaria de la ciudad, prólogo de la llegada del ferrocarril a Valladolid.

Salva todo el espacio de las vías trazando un arco escarzano de 23 m de luz, más tendido en el trasdós, para unirse a los estribos. Hay que destacar la limpieza de la forma, fundiendo arco y contrafuertes.

Exteriormente, parece estar construido con ladrillos macizos a base de hiladas transversales, salvo en los estribos, donde son horizontales. La base de los estribos es, en parte, de mampostería careada. Su cara superior está enfoscada, probablemente para mejorar su impermeabilidad.

Sin utilidad práctica conocida, posiblemente fue construido como un alarde, consecuencia de la rivalidad entre ladrillo e hierro a finales del siglo XIX y principios del siglo XX.

Hay varias versiones diferentes sobre su origen: García Valladolid lo atribuye a Julián Sánchez, como encargo de la Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España, como modelo de cómo tenían que ser los arcos que se colocarían en la boca de los túneles; también se atribuye al ingeniero Venancio del Valle; algunos creen que se construyó en honor a la Reina Isabel II cuando vino a Valladolid a inaugurar las obras del ferrocarril, pero esto ha de ser falso, por ser el Arco anterior al ferrocarril; los hay que aseguran que este arco sirvió para construir la cimbra de algún puente ferroviario, sobre el Duero o como modelo general; pero, probablemente, la más creíble es la que lo atribuye a Joaquín Fernández Gamboa, con motivo de una exposición, para demostrar la calidad y resistencia del ladrillo producido en su fábrica.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

Estructura de ladrillo macizo de buena calidad aparejado con morteros de cal, con patología aparentemente superficial.

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04		Fecha: 26-06-09
	CONSTRUCCIÓN: Arco de ladrillo macizo con morteros de cal en zona ferroviaria, estribo Sur. Valladolid.		Ref.: Lab0909
			Pág. 2 de 4

3. Descripción y recursos empleados:

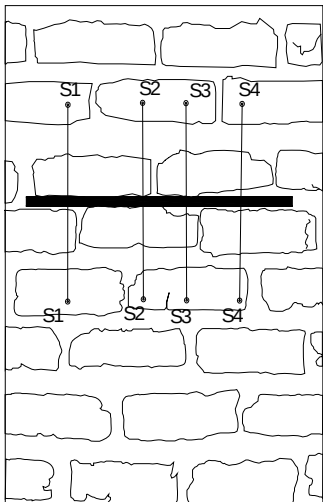
Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 1 gato plano semioval.
 Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.

4. Ejecución del ensayo:

Posicionamiento dispositivos de control	Apertura de roza	Instante del ensayo
		

5. Tensión de compresión y su cálculo:

Factor de calibración K_m : 0.570

Superficie del gato plano (cm^2): 778.25

Factor de calibración K_a : 0.934

Superficie de la roza (cm^2): 883.50

Valor de la tensión de compresión (se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

0.25 N/mm²

Observaciones:



Detalles tomados durante otros instantes del ensayo

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04	Fecha: 26-06-09
		Ref.: Lab0909
	CONSTRUCCIÓN: Arco de ladrillo macizo con morteros de cal en zona ferroviaria, estribo Sur. Valladolid.	Pág. 3 de 4

6. Personal:

Técnico Principal: Ignacio Lombillo <i>Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos</i>  <i>Firma</i>	Técnico Asistente: Jorge Elices <i>Ingeniero Técnico Industrial</i>  <i>Firma</i>	Director del Lab. de Edificación: Luis Villegas <i>Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos</i>  <i>Firma</i>



ANEXO 1: ESTIMACIÓN DEL NIVEL TENSIONAL MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO SIMPLE

Norma: ASTM-C 1196

Ensayo: Lab0909

Ubicación: Arco - Valladolid

Fecha: 26/06/2009

Colocación: Gato plano simple

Empresa: EYPO Ingeniería

Dimensiones del gato: Semiovale 350x260x3,5 mm

Ref. del gato: 1

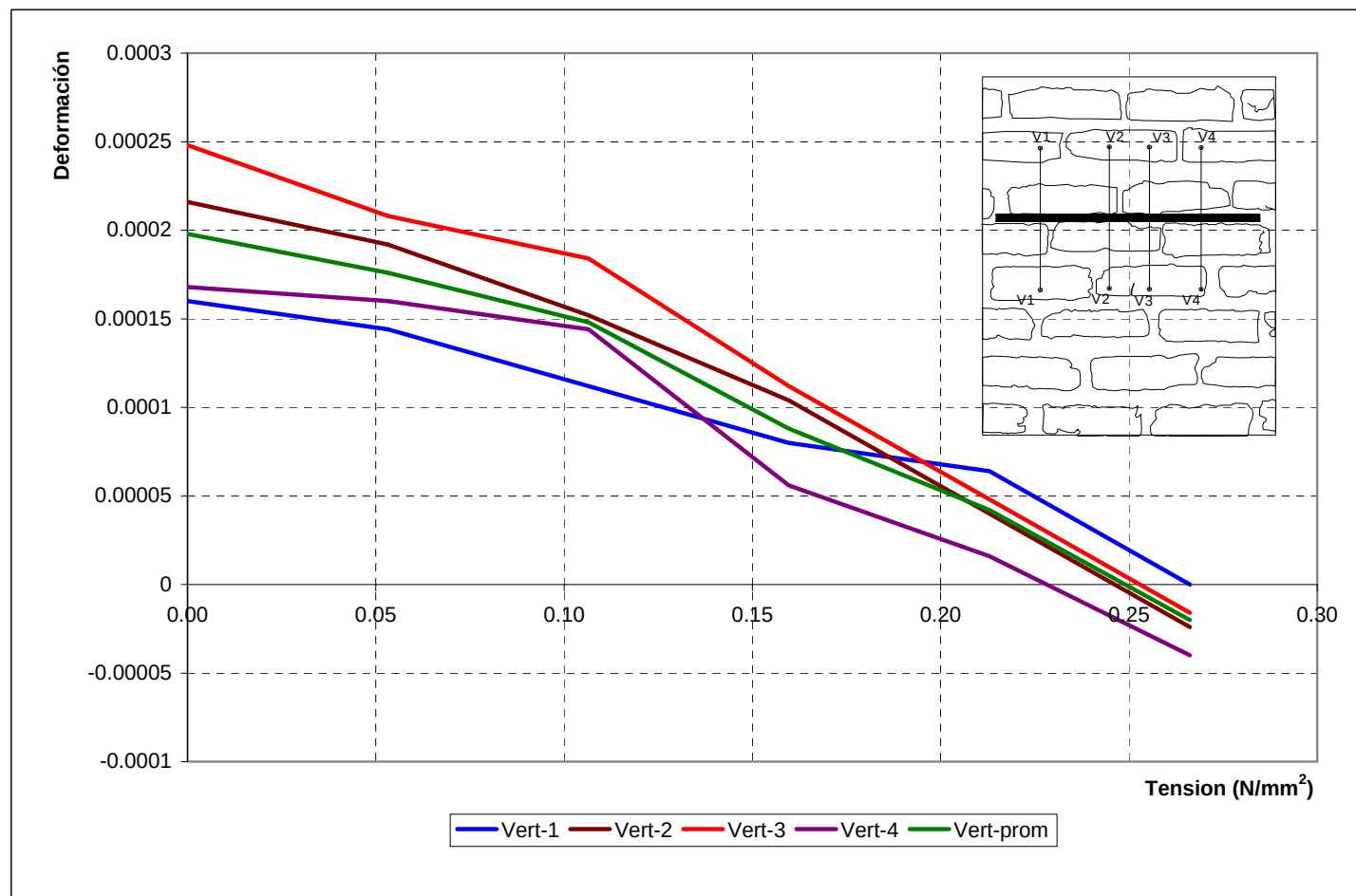
Km: 0.57

Ka: 0.934



Fotografía del ensayo

P. Bomba (kg/cm ²)	Comentarios	Curva tensión - deformación						Def Vert mean (abs.)
		P. corregida (N/mm ²)	P.corregida (N/mm ²)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	
0	Antes roza	0	0.000	0	0	0	0	0
0	Tras roza	0	0.000	0.000144	0.0002	0.000224	0.000184	0.000188
2		0.106476	0.106	0.00012	0.000144	0.000176	0.000128	0.000142
0		0	0.000	0.00016	0.000216	0.000248	0.000168	0.000198
1		0.053238	0.053	0.000144	0.000192	0.000208	0.00016	0.000176
2		0.106476	0.106	0.000112	0.000152	0.000184	0.000144	0.000148
3		0.159714	0.160	8E-05	0.000104	0.000112	5.6E-05	0.000088
4		0.212952	0.213	6.4E-05	4E-05	4.8E-05	1.6E-05	0.000042
5		0.26619	0.266	0	-2.4E-05	-1.6E-05	-0.00004	-0.000020



Nivel tensional existente en el elemento estructural (MPa):

0.25

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04	Fecha: 13-07-09
	CONSTRUCCIÓN: Arco de ladrillo macizo con morteros de cal en zona ferroviaria, estribo Norte. Valladolid.	Ref.: Lab0911
		Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: Arco de ladrillo colindante a la calle Paseo del Arco

Localidad: Valladolid

Provincia: Valladolid

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (peticionario, objeto, etc.)

Ensayo realizado a petición de EYPO Ingeniería con la finalidad de estimar el nivel tensional en el estribo Norte del Arco de Ladrillo de Valladolid (Estación de Campo Grande).

El ensayo se enmarca dentro del estudio "Caracterización estructural, de materiales formes y evaluación de los procesos patológicos presentes en el Arco de ladrillo sito en la estación Campo Grande de Valladolid".

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 1856

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El Arco de Ladrillo es un monumento singular. Se trata de un arco sobre las vías del ferrocarril Madrid-Hendaya, cercano a la Estación de Valladolid-Campo Grande. Fue construido en 1856, y se levantó inmediatamente antes del tendido de las vías, por lo que puede ser considerada la primera construcción ferroviaria de la ciudad, prólogo de la llegada del ferrocarril a Valladolid.

Salva todo el espacio de las vías trazando un arco escarzano de 23 m de luz, más tendido en el trasdós, para unirse a los estribos. Hay que destacar la limpieza de la forma, fundiendo arco y contrafuertes.

Exteriormente, parece estar construido con ladrillos macizos a base de hiladas transversales, salvo en los estribos, donde son horizontales. La base de los estribos es, en parte, de mampostería careada. Su cara superior está enfoscada, probablemente para mejorar su impermeabilidad.

Sin utilidad práctica conocida, posiblemente fue construido como un alarde, consecuencia de la rivalidad entre ladrillo e hierro a finales del siglo XIX y principios del siglo XX.

Hay varias versiones diferentes sobre su origen: García Valladolid lo atribuye a Julián Sánchez, como encargo de la Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España, como modelo de cómo tenían que ser los arcos que se colocarían en la boca de los túneles; también se atribuye al ingeniero Venancio del Valle; algunos creen que se construyó en honor a la Reina Isabel II cuando vino a Valladolid a inaugurar las obras del ferrocarril, pero esto ha de ser falso, por ser el Arco anterior al ferrocarril; los hay que aseguran que este arco sirvió para construir la cimbra de algún puente ferroviario, sobre el Duero o como modelo general; pero, probablemente, la más creíble es la que lo atribuye a Joaquín Fernández Gamboa, con motivo de una exposición, para demostrar la calidad y resistencia del ladrillo producido en su fábrica.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

Estructura de ladrillo macizo de buena calidad aparejado con morteros de cal, con patología aparentemente superficial.

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04	Fecha: 13-07-09
	CONSTRUCCIÓN: Arco de ladrillo macizo con morteros de cal en zona ferroviaria, estribo Norte. Valladolid.	Ref.: Lab0911
		Pág. 2 de 3

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

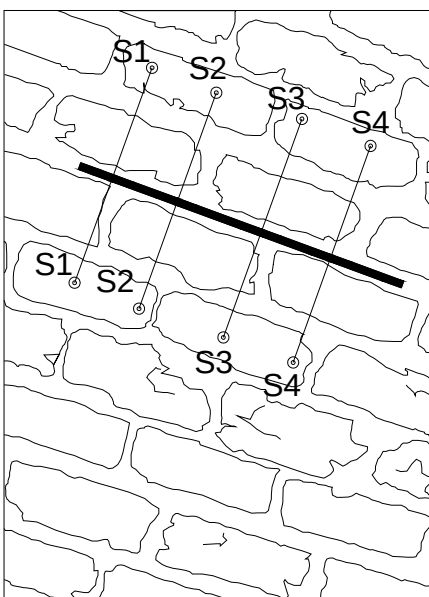
1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 1 gato plano semioval.
 Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.

4. Ejecución del ensayo:

Posicionamiento dispositivos de control



Instante del ensayo



5. Tensión de compresión y su cálculo:

Factor de calibración K_m : 0.95

Superficie del gato plano (cm^2): 778.25

Superficie de la roza (cm^2): 902.50

Factor de calibración K_a : 0.863

Valor de la tensión de compresión (se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

0.29 N/mm²

Observaciones:

El ensayo se realizaba en un tendel inclinado de la fábrica de ladrillo.

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma



ANEXO 1: ESTIMACIÓN DEL NIVEL TENSIONAL MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO SIMPLE

Norma: ASTM-C 1196

Ensayo: Lab0911

Ubicación: Arco - Valladolid

Fecha: 13/07/2009

Colocación: Gato plano simple

Empresa: EYPO Ingeniería

Dimensiones del gato:

Semiovale 350x260x3,5 mm

Ref. del gato:

1

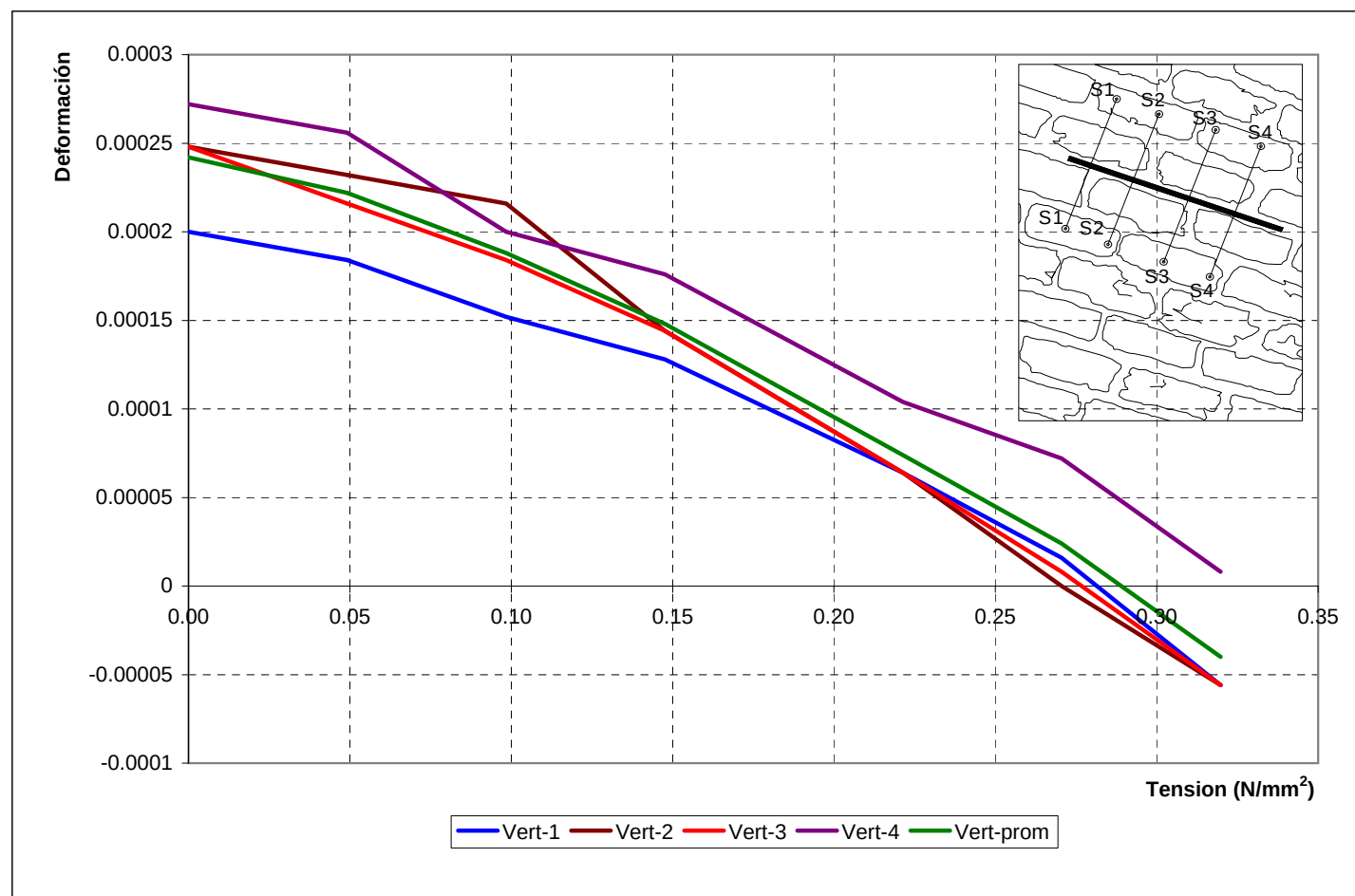
Km: 0.570

Ka: 0.863



Fotografía del ensayo

		Curva tensión - deformación						Def Vert mean (abs.)
P. Bomba (kg/cm2)	Comentarios	P. corregida (N/mm2)	P.corregida (N/mm2)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	
0	Antes roza	0	0.000	0	0	0	0	0
0	Tras roza	0	0.000	0.0002	0.000256	0.000264	0.00028	0.000250
2		0.098382	0.098	0.00016	0.0002	0.000192	0.000216	0.000192
0		0	0.000	0.0002	0.000248	0.000248	0.000272	0.000242
1		0.049191	0.049	0.000184	0.000232	0.000216	0.000256	0.000222
2		0.098382	0.098	0.000152	0.000216	0.000184	0.0002	0.000188
3		0.147573	0.148	0.000128	0.000144	0.000144	0.000176	0.000148
4.5		0.2213595	0.221	6.4E-05	6.4E-05	6.4E-05	0.000104	0.000074
5.5		0.2705505	0.271	1.6E-05	0	8E-06	7.2E-05	0.000024
6.5		0.3197415	0.320	-5.6E-05	-5.6E-05	-5.6E-05	8E-06	-0.000040



Nivel tensional existente en el elemento estructural (MPa):

0.29

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 26-06-09
	CONSTRUCCIÓN: Arco de ladrillo macizo con morteros de cal en zona ferroviaria, estribo Sur. Valladolid.	Ref.: Lab0910
		Pág. 1 de 4

ESTIMACIÓN IN-SITU DE LA DEFORMABILIDAD DE FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: Arco de ladrillo colindante a la calle Paseo del Arco

Localidad: Valladolid

Provincia: Valladolid

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Ensayo realizado a petición de EYPO Ingeniería con la finalidad de estimar la deformabilidad de la fábrica de ladrillo componente del estribo sur del Arco de Ladrillo de Valladolid (Estación de Campo Grande).

El ensayo se enmarca dentro del estudio "Caracterización estructural, de materiales formes y evaluación de los procesos patológicos presentes en el Arco de ladrillo sito en la estación Campo Grande de Valladolid".

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 1856

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El Arco de Ladrillo es un monumento singular. Se trata de un arco sobre las vías del ferrocarril Madrid-Hendaya, cercano a la Estación de Valladolid-Campo Grande. Fue construido en 1856, y se levantó inmediatamente antes del tendido de las vías, por lo que puede ser considerada la primera construcción ferroviaria de la ciudad, prólogo de la llegada del ferrocarril a Valladolid.

Salva todo el espacio de las vías trazando un arco escarzano de 23 m de luz, más tendido en el trasdós, para unirse a los estribos. Hay que destacar la limpieza de la forma, fundiendo arco y contrafuertes.

Exteriormente, parece estar construido con ladrillos macizos a base de hiladas transversales, salvo en los estribos, donde son horizontales. La base de los estribos es, en parte, de mampostería careada. Su cara superior está enfoscada, probablemente para mejorar su impermeabilidad.

Sin utilidad práctica conocida, posiblemente fue construido como un alarde, consecuencia de la rivalidad entre ladrillo e hierro a finales del siglo XIX y principios del siglo XX.

Hay varias versiones diferentes sobre su origen: García Valladolid lo atribuye a Julián Sánchez, como encargo de la Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España, como modelo de cómo tenían que ser los arcos que se colocarían en la boca de los túneles; también se atribuye al ingeniero Venancio del Valle; algunos creen que se construyó en honor a la Reina Isabel II cuando vino a Valladolid a inaugurar las obras del ferrocarril, pero esto ha de ser falso, por ser el Arco anterior al ferrocarril; los hay que aseguran que este arco sirvió para construir la cimbra de algún puente ferroviario, sobre el Duero o como modelo general; pero, probablemente, la más creíble es la que lo atribuye a Joaquín Fernández Gamboa, con motivo de una exposición, para demostrar la calidad y resistencia del ladrillo producido en su fábrica.

2.4.- Fotografías de la construcción:



	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 26-06-09
		Ref.: Lab0910
	CONSTRUCCIÓN: Arco de ladrillo macizo con morteros de cal en zona ferroviaria, estribo Sur. Valladolid.	Pág. 2 de 4

2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

Estructura de ladrillo macizo de buena calidad aparejado con morteros de cal, con patología aparentemente superficial.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

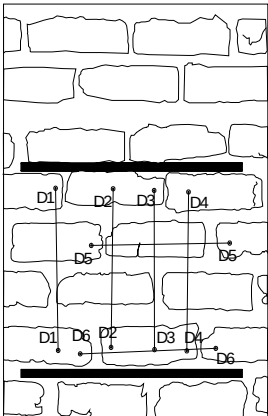
1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 2 gatos planos semioviales.

Uillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.

4. Ejecución del ensayo:

Posicionamiento dispositivos de control	Toma de datos	Instante del ensayo
		

5. Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson:

(Se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

Factor de calibración K_m : 0.95

Superficie del gato plano superior (cm^2): 778.25

Superficie de la roza superior (cm^2): 833.50

Superficie del gato plano inferior (cm^2): 778.25

Superficie de la roza inferior (cm^2): 826.83

Factor de calibración K_a : 0.938

Módulo de elasticidad (E): 4,238.0 N/mm²

Coeficiente de Poisson (ν):

0.28

Observaciones:

El módulo de elasticidad se corresponde con el módulo de elasticidad secante medio de los cuatro ciclos del ensayo.

El coeficiente de Poisson, igualmente, también se corresponde con el valor medio de los cuatro ciclos del ensayo.



Detalles tomados durante otros instantes del ensayo

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 26-06-09
		Ref.: Lab0910
	CONSTRUCCIÓN: Arco de ladrillo macizo con morteros de cal en zona ferroviaria, estribo Sur. Valladolid.	Pág. 3 de 4

6. Personal:

Técnico Principal: Ignacio Lombillo <i>Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos</i>  Firma	Técnico Asistente: Jorge Elices <i>Ingeniero Técnico Industrial</i>  Firma	Director del Lab. de Edificación: Luis Villegas <i>Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos</i>  Firma



ANEXO 1: DETERMINACION DE PROPIEDADES DE DEFORMACION MEDIANTE GATOS PLANOS

Norma: ASTM-C 1197
Ensayo: Lab0910

Ubicación: Arco - Valladolid
Fecha: 26/06/2009
Colocación: Gato plano doble
Empresa: EYPO Ingeniería

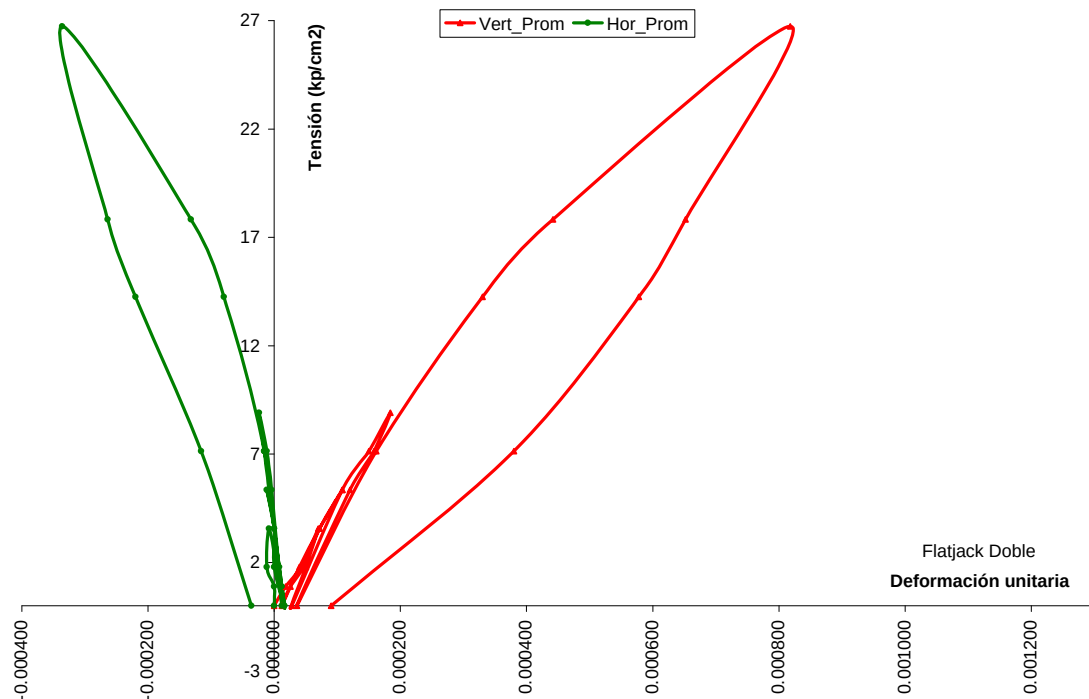
Dimensiones del gato: Semiovale 350x260x3,5 mm
Ref. del gato superior: 1
Ref. del gato inferior: 2

Km: 0.95
Ka: 0.938



Fotografía del ensayo

Curva tensión-deformación									
P. Bomba (kg/cm2)	P. corregida (kg/cm2)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	Def5 (abs.)	Def6 (abs.)	Def Vert mean (abs.)	Def Horiz mean (abs.)
0	0	0.000000	-0.000024	0.000000	-0.000056	-0.000008	-0.000016	-0.000020	-0.000012
5	4.4555	0.000000	0.000080	0.000112	0.000072	-0.000008	-0.000016	0.000066	-0.000012
0	0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
1	0.8911	0.000000	0.000024	0.000008	0.000040	0.000008	-0.000008	0.000018	0.000000
2	1.7822	0.000000	0.000056	0.000040	0.000072	-0.000008	-0.000016	0.000042	-0.000012
4	3.5644	0.000000	0.000080	0.000088	0.000112	0.000000	-0.000016	0.000070	-0.000008
2	1.7822	0.000000	0.000064	0.000040	0.000080	0.000016	-0.000008	0.000046	0.000004
1	0.8911	0.000000	0.000008	0.000024	0.000072	0.000024	0.000000	0.000026	0.000012
0	0	0.000000	-0.000008	0.000008	0.000048	0.000032	0.000000	0.000012	0.000016
2	1.7822	0.000000	0.000024	0.000056	0.000080	0.000008	-0.000008	0.000040	0.000000
4	3.5644	0.000000	0.000080	0.000112	0.000096	0.000008	-0.000008	0.000072	0.000000
6	5.3466	0.000000	0.000120	0.000176	0.000136	-0.000008	-0.000016	0.000108	-0.000012
4	3.5644	0.000000	0.000056	0.000120	0.000112	0.000008	-0.000008	0.000072	1.11046E-18
2	1.7822	0.000000	0.000032	0.000088	0.000080	0.000016	0.000000	0.000050	8E-06
0	0	0.000000	0.000008	0.000040	0.000064	0.000024	0.000008	0.000028	1.6E-05
6	5.3466	0.000000	0.000112	0.000168	0.000152	0.000000	-0.000016	0.000108	-8E-06
8	7.1288	0.000000	0.000160	0.000224	0.000216	-0.000008	-0.000024	0.000150	-1.6E-05
10	8.911	0.000000	0.000208	0.000272	0.000256	-0.000016	-0.000032	0.000184	-2.4E-05
8	7.1288	0.000000	0.000168	0.000240	0.000224	-0.000008	-0.000016	0.000158	-1.2E-05
6	5.3466	0.000000	0.000128	0.000184	0.000168	0.000000	-0.000008	0.000120	-4E-06
0	0	0.000000	0.000016	0.000048	0.000080	0.000016	0.000008	0.000036	1.2E-05
8	7.1288	0.000000	0.000168	0.000232	0.000248	-0.000008	-0.000024	0.000162	-1.6E-05
16	14.2576	0.000000	0.000360	0.000480	0.000480	-0.000064	-0.000096	0.000330	-8E-05
20	17.822	0.000000	0.000504	0.000632	0.000632	-0.000112	-0.000152	0.000442	-0.000132
30	26.733	0.000000	0.000952	0.001216	0.001104	-0.000304	-0.000368	0.000818	-0.000336
20	17.822	0.000000	0.000736	0.000984	0.000888	-0.000240	-0.000288	0.000652	-0.000264
16	14.2576	0.000000	0.000656	0.000872	0.000784	-0.000200	-0.000240	0.000578	-0.00022
8	7.1288	0.000000	0.000400	0.000624	0.000496	-0.000096	-0.000136	0.000380	-0.000116
0	0	0.000000	0.000088	0.000128	0.000144	-0.000024	-0.000048	0.000090	-3.6E-05



Módulo de elasticidad (kp/cm2)						
	Pto control 1	Pto control 2	Pto control 3	Pto control 4	E medio	Coef. Poisson
Ciclo1		44,555	40,505	31,825	38,962	-0.29
Ciclo2		40,505	34,273	74,258	49,679	-0.27
Ciclo3		46,900	38,743	46,900	44,181	-0.26
Ciclo4		41,447	33,004	35,644	36,698	-0.31

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 13-07-09
	CONSTRUCCIÓN: Arco de ladrillo macizo con morteros de cal en zona ferroviaria, estribo Norte. Valladolid.	Ref.: Lab0912
		Pág. 1 de 4

ESTIMACIÓN IN-SITU DE LA DEFORMABILIDAD DE FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: Arco de ladrillo colindante a la calle Paseo del Arco

Localidad: Valladolid

Provincia: Valladolid

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Ensayo realizado a petición de EYPO Ingeniería con la finalidad de estimar la deformabilidad de la fábrica de ladrillo componente del estribo Norte del Arco de Ladrillo de Valladolid (Estación de Campo Grande).

El ensayo se enmarca dentro del estudio "Caracterización estructural, de materiales formes y evaluación de los procesos patológicos presentes en el Arco de ladrillo sito en la estación Campo Grande de Valladolid".

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 1856

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El Arco de Ladrillo es un monumento singular. Se trata de un arco sobre las vías del ferrocarril Madrid-Hendaya, cercano a la Estación de Valladolid-Campo Grande. Fue construido en 1856, y se levantó inmediatamente antes del tendido de las vías, por lo que puede ser considerada la primera construcción ferroviaria de la ciudad, prólogo de la llegada del ferrocarril a Valladolid.

Salva todo el espacio de las vías trazando un arco escarzano de 23 m de luz, más tendido en el trasdós, para unirse a los estribos. Hay que destacar la limpieza de la forma, fundiendo arco y contrafuertes.

Exteriormente, parece estar construido con ladrillos macizos a base de hiladas transversales, salvo en los estribos, donde son horizontales. La base de los estribos es, en parte, de mampostería careada. Su cara superior está enfoscada, probablemente para mejorar su impermeabilidad.

Sin utilidad práctica conocida, posiblemente fue construido como un alarde, consecuencia de la rivalidad entre ladrillo e hierro a finales del siglo XIX y principios del siglo XX.

Hay varias versiones diferentes sobre su origen: García Valladolid lo atribuye a Julián Sánchez, como encargo de la Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España, como modelo de cómo tenían que ser los arcos que se colocarían en la boca de los túneles; también se atribuye al ingeniero Venancio del Valle; algunos creen que se construyó en honor a la Reina Isabel II cuando vino a Valladolid a inaugurar las obras del ferrocarril, pero esto ha de ser falso, por ser el Arco anterior al ferrocarril; los hay que aseguran que este arco sirvió para construir la cimbra de algún puente ferroviario, sobre el Duero o como modelo general; pero, probablemente, la más creíble es la que lo atribuye a Joaquín Fernández Gamboa, con motivo de una exposición, para demostrar la calidad y resistencia del ladrillo producido en su fábrica.

2.4.- Fotografías de la construcción:



	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 13-07-09
	CONSTRUCCIÓN: Arco de ladrillo macizo con morteros de cal en zona ferroviaria, estribo Norte. Valladolid.	Ref.: Lab0912
		Pág. 2 de 4

2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

Estructura de ladrillo macizo de buena calidad aparejado con morteros de cal, con patología aparentemente superficial.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

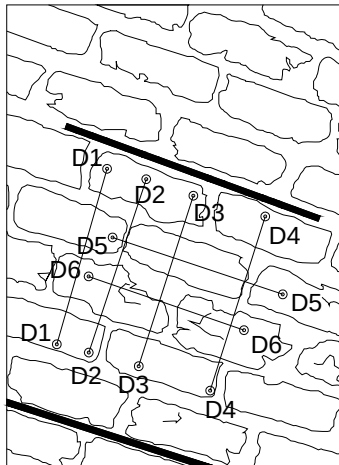
1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 2 gatos planos semiovais.
Uillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.

4. Ejecución del ensayo:

Posicionamiento dispositivos de control



Ejecución de la roza



Instante del ensayo



5. Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson:

(Se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

Factor de calibración K_m : 0.95

Superficie del gato plano superior (cm^2): 778.25

Superficie de la roza superior (cm^2): 902.50

Superficie del gato plano inferior (cm^2): 778.25

Superficie de la roza inferior (cm^2): 941.50

Factor de calibración K_a : 0.845

Módulo de elasticidad (E): 4,514.4 N/mm²

Coeficiente de Poisson (ν): 0.20

Observaciones:

El módulo de elasticidad se corresponde con el módulo de elasticidad secante medio de los cuatro ciclos del ensayo.

El coeficiente de Poisson, igualmente, también se corresponde con el valor medio de los cuatro ciclos del ensayo.



Detalles tomados durante otros instantes del ensayo

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 13-07-09
		Ref.: Lab0912
	CONSTRUCCIÓN: Arco de ladrillo macizo con morteros de cal en zona ferroviaria, estribo Norte. Valladolid.	Pág. 3 de 4

6. Personal:

Técnico Principal: Ignacio Lombillo <i>Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos</i>  Firma	Técnico Asistente: Jorge Elices <i>Ingeniero Técnico Industrial</i>  Firma	Director del Lab. de Edificación: Luis Villegas <i>Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos</i>  Firma



ANEXO 1: DETERMINACION DE PROPIEDADES DE DEFORMACION MEDIANTE GATOS PLANOS

Norma: ASTM-C 1197
Ensayo: Lab0912

Ubicación: Arco - Valladolid
Fecha: 13/07/2009
Colocación: Gato plano doble
Empresa: EYPO Ingeniería

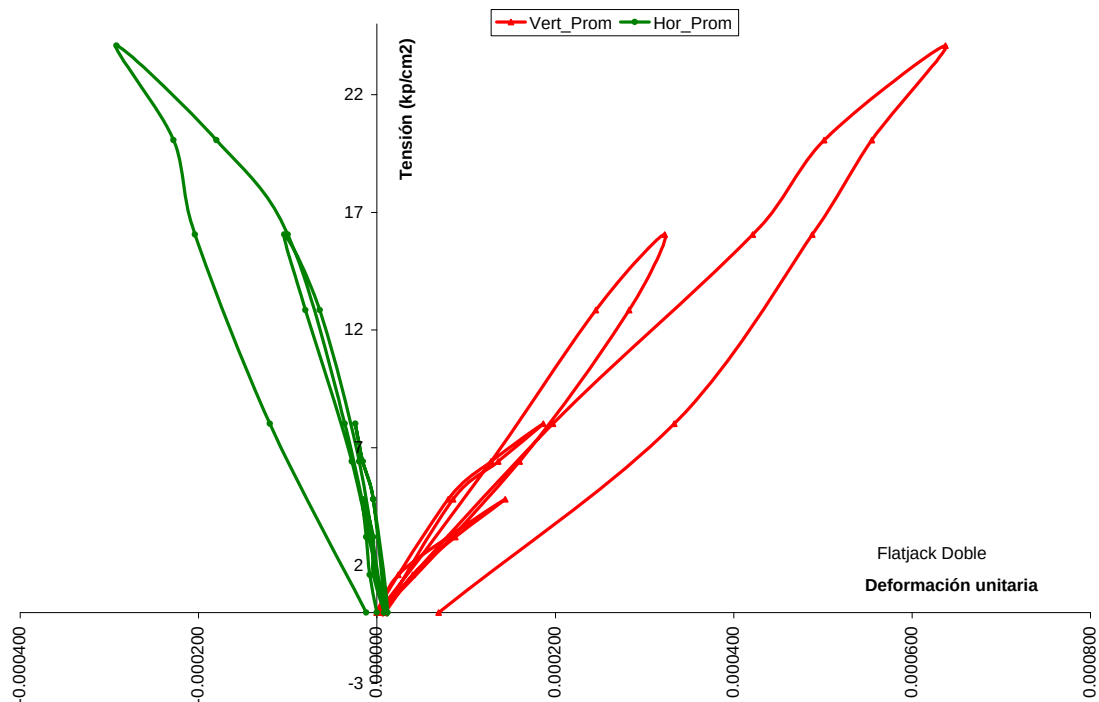
Dimensiones del gato: Semiovale 350x260x3,5 mm
Ref. del gato superior: 1
Ref. del gato inferior: 2

Km: 0.95
Ka: 0.845



Fotografía del ensayo

Curva tensión-deformación									
P. Bomba (kg/cm2)	P. corregida (kg/cm2)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	Def5 (abs.)	Def6 (abs.)	Def Vert mean (abs.)	Def Horiz mean (abs.)
0	0	-0.000056	0.000024	-0.000024	0.000016	-0.000008	-0.000016	-0.000019	-0.000012
5	4.01375	0.000072	0.000136	0.000136	0.000096	-0.000016	-0.000016	0.000115	-0.000016
0	0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	1.6055	0.000008	0.000024	0.000040	0.000000	-0.000008	-0.000008	0.000024	-0.000008
4	3.211	0.000056	0.000104	0.000080	0.000032	-0.000008	-0.000016	0.000080	-0.000012
6	4.8165	0.000104	0.000168	0.000160	0.000128	-0.000008	-0.000024	0.000144	-0.000016
4	3.211	0.000032	0.000104	0.000128	0.000096	0.000000	-0.000008	0.000088	-0.000004
2	1.6055	0.000008	0.000080	0.000032	0.000024	-0.000008	0.000000	0.000040	-0.000004
0	0	-0.000024	0.000040	0.000008	0.000016	0.000008	0.000016	0.000008	0.000012
6	4.8165	0.000032	0.000080	0.000144	0.000128	-0.000008	0.000000	0.000085	-0.000004
8	6.422	0.000080	0.000152	0.000176	0.000136	-0.000016	-0.000016	0.000136	-0.000016
10	8.0275	0.000120	0.000200	0.000240	0.000152	-0.000024	-0.000024	0.000187	-0.000024
8	6.422	0.000064	0.000136	0.000184	0.000120	-0.000016	-0.000016	0.000128	-1.6E-05
6	4.8165	0.000040	0.000072	0.000128	0.000096	0.000000	-0.000008	0.000080	-4E-06
0	0	-0.000048	0.000024	0.000024	0.000048	0.000000	0.000016	0.000000	8E-06
8	6.422	0.000064	0.000160	0.000160	0.000120	-0.000016	-0.000024	0.000128	-2E-05
16	12.844	0.000184	0.000264	0.000288	0.000208	-0.000056	-0.000072	0.000245	-6.4E-05
20	16.055	0.000232	0.000336	0.000400	0.000240	-0.000088	-0.000120	0.000323	-0.000104
16	12.844	0.000184	0.000336	0.000328	0.000192	-0.000064	-0.000096	0.000283	-8E-05
8	6.422	0.000072	0.000200	0.000208	0.000112	-0.000016	-0.000040	0.000160	-2.8E-05
0	0	-0.000040	0.000016	0.000032	0.000008	0.000000	0.000016	0.000003	8E-06
10	8.0275	0.000112	0.000248	0.000232	0.000128	-0.000024	-0.000048	0.000197	-3.6E-05
20	16.055	0.000320	0.000440	0.000504	0.000344	-0.000080	-0.000120	0.000421	-0.0001
25	20.06875	0.000384	0.000544	0.000576	0.000480	-0.000176	-0.000184	0.000501	-0.00018
30	24.0825	0.000488	0.000704	0.000720	0.000496	-0.000272	-0.000312	0.000637	-0.000292
25	20.06875	0.000400	0.000664	0.000600	0.000416	-0.000208	-0.000248	0.000555	-0.000228
20	16.055	0.000344	0.000568	0.000552	0.000328	-0.000176	-0.000232	0.000488	-0.000204
10	8.0275	0.000224	0.000352	0.000424	0.000216	-0.000104	-0.000136	0.000333	-0.00012
0	0	0.000024	0.000088	0.000096	0.000024	-0.000016	-0.000008	0.000069	-1.2E-05



	Módulo de elasticidad (kp/cm2)					Coef. Poisson
	Pto control 1	Pto control 2	Pto control 3	Pto control 4	E medio	
Ciclo1	46,312	28,670	30,103	37,629	35,028	-0.15
Ciclo2	61,750	57,339	38,226	53,517	52,438	-0.22
Ciclo3	57,339	47,221	47,221	89,194	50,594	-0.22
Ciclo4	52,812	34,601	40,138	66,896	42,517	-0.23

29

ANEXO 22: REGISTRO DE LOS ENSAYOS MDT REALIZADOS SOBRE MUROS DE MAMPOSTERÍA CALIZA Y DE LADRILLO DE UN EDIFICIO DEL SIGLO XIX (SEMINARIO MAYOR DE COMILLAS, CATNTABRIA).

- 29.1 Registro del ensayo FJS-1 (Lab0906).
- 29.2 Registro del ensayo FJS-2 (07908).
- 29.3 Registro del ensayo FJS-3 (Lab0828).
- 29.4 Registro del ensayo FJS-4 (Lab0833).
- 29.5 Registro del ensayo HD-1 (Lab0802).
- 29.6 Registro del ensayo HD-2 (Lab0830).
- 29.7 Registro del ensayo FJD-1 (Lab0907).
- 29.8 Registro del ensayo FJD-2 (07909).
- 29.9 Registro del ensayo FJD-3 (Lab0831).
- 29.10 Registro del ensayo FJD-4 (Lab0832).

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04		Fecha: 30-04-09
	CONSTRUCCIÓN: Mampostería de un contrafuerte de la iglesia del Seminario Mayor de Comillas		Ref.: Lab0906
			Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: Seminario Mayor de Comillas

Localidad: Comillas

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (peticionario, objeto, etc.)

Estimación del nivel tensional en uno de los contrafuertes de la Iglesia para captar la posible influencia de la colocación de unos cargaderos de hormigón, apoyados sobre la fábrica de mampostería, con motivo de la apertura de huecos en la iglesia del seminario. A petición de ACCIONA Infraestructuras.

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 1890, edificio Modernista.

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El Seminario Mayor se trata de un edificio Modernista (finales s. XIX) en el que parcialmente participó el Arquitecto Lluís Domènech i Montaner (autor de entre otros edificios del Hospital Sant Pau de Barcelona, Patrimonio de la Humanidad).

El edificio se articula en torno a dos claustros y a un volumen central en el que se ubican los elementos arquitectónicos y artísticos de mayor calidad, la iglesia, el hall de entrada, la sacristía y el paraninfo.

El edificio ocupa una superficie rectangular aproximada de 100 m x 65 m, con dos patios interiores de unas dimensiones aproximadas de 35 m x 25 m, flanqueando una iglesia que ocupa el centro de la edificación. El edificio consta de planta baja y tres alturas con dos castilletes laterales recercados en las esquinas de la fachada de entrada principal y uno situado encima de dicha entrada. En la fachada puede observarse como el muro es de mampostería recibida con mortero con pilares/contrafuertes de ladrillo macizo. En ocasiones se observa como la fachada de mampostería se encuentra enmarcada con un "pórtico" de sillares de distinto material, que en algunos casos se sustituyen a partir de cierta altura por ladrillo macizo revestido.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

Mampostería caliza aparejada con mortero de cal.

Calizas de dureza media, regulares y de un tamaño apreciable.

Estructura ligada mediante mortero de cal muy pobre.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 1 gato plano semioval.

Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04	Fecha: 30-04-09
	CONSTRUCCIÓN: Mampostería de un contrafuerte de la iglesia del Seminario Mayor de Comillas	Ref.: Lab0906
		Pág. 2 de 3

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.

4. Ejecución del ensayo:

<i>Posicionamiento dispositivos de control</i>	<i>Apertura de roza</i>	<i>Instante del ensayo</i>
		 

5. Tensión de compresión y su cálculo:

Factor de calibración K_m : 0.855		
Superficie del gato plano (cm ²): 778.56	Factor de calibración K_a : 0.874	
Superficie de la roza (cm ²): 890.50		
Valor de la tensión de compresión (se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)		0.59 N/mm ²
Observaciones:		
Nada reseñable.		

6. Personal:

Técnico Principal:	Técnico Asistente:	Director del Lab. de Edificación:
Ignacio Lombillo Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos	Jorge Elices Ingeniero Técnico Industrial	Luis Villegas Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
 Firma	 Firma	 Firma



ANEXO 1: ESTIMACIÓN DEL NIVEL TENSIONAL MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO SIMPLE

Norma: ASTM-C 1196

Ensayo: Lab0906

Ubicación: Iglesia Seminario Mayor Comillas

Fecha: 30/04/2009

Colocación: Gato plano simple

Empresa: ACCIONA

Dimensiones del gato: Semiovale 350x260x3,5 mm

Ref. del gato: 1

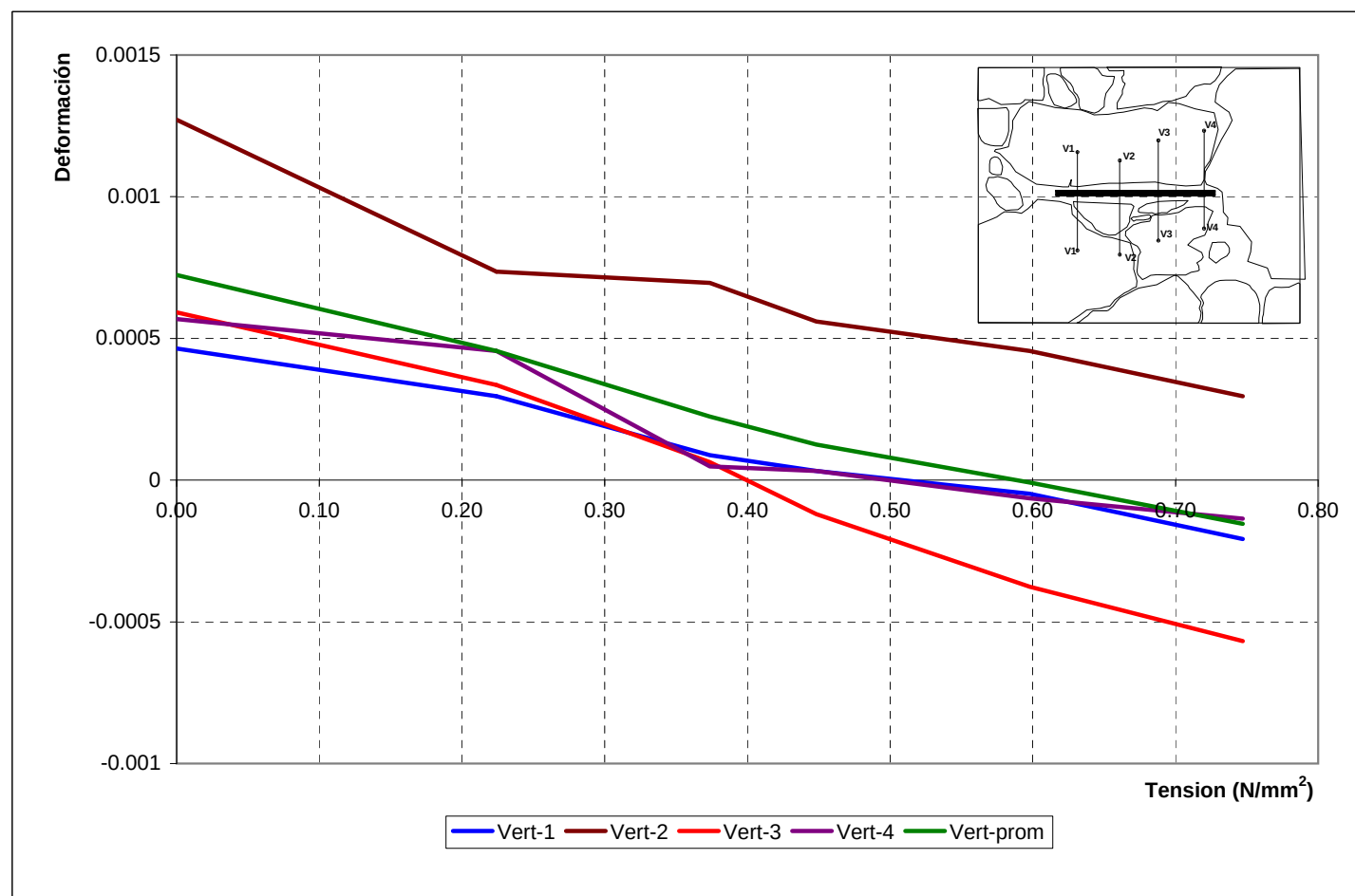
Km: 0.855

Ka: 0.874



Fotografía del ensayo

P. Bomba (kg/cm2)	Comentarios	Curva tensión - deformación						Def Vert mean (abs.)
		P. corregida (N/mm2)	P.corregida (N/mm2)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	
0	Antes roza	0	0.000	0	0	0	0	0
0	Tras roza	0	0.000	0.000552	0.0018	0.000904	0.000464	0.000930
5		0.373635	0.374	0.000112	0.00096	0.000136	0.00016	0.000342
0		0	0.000	0.000464	0.001272	0.000592	0.000568	0.000724
3		0.224181	0.224	0.000296	0.000736	0.000336	0.000456	0.000456
5		0.373635	0.374	8.8E-05	0.000696	6.4E-05	4.8E-05	0.000224
6		0.448362	0.448	3.2E-05	0.00056	-0.00012	3.2E-05	0.000126
8		0.597816	0.598	-4.8E-05	0.000456	-0.000376	-6.4E-05	-0.000008
10		0.74727	0.747	-0.000208	0.000296	-0.000568	-0.000136	-0.000154



Nivel tensional existente en el elemento estructural (MPa):

0.59

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04		Fecha: 30-11-07
			Ref.: 07908
	CONSTRUCCIÓN: Muro central de mampostería (planta baja) de la crujía Sur del claustro Este del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España)		Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: Seminario Mayor de Comillas

Localidad: Comillas

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (peticionario, objeto, etc.)

Estimación del nivel tensional vertical de compresión, perpendicular al plano definido por el gato plano, existente, a nivel de planta baja, en el muro central de la crujía Sur del claustro Este del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España).

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 1890, edificio Modernista.

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El Seminario Mayor se trata de un edificio Modernista (finales s. XIX) en el que parcialmente participó el Arquitecto Lluís Domènech i Montaner (autor de entre otros edificios del Hospital Sant Pau de Barcelona, Patrimonio de la Humanidad).

El edificio se articula en torno a dos claustros y a un volumen central en el que se ubican los elementos arquitectónicos y artísticos de mayor calidad, la iglesia, el hall de entrada, la sacristía y el paraninfo.

El edificio ocupa una superficie rectangular aproximada de 100 m x 65 m, con dos patios interiores de unas dimensiones aproximadas de 35 m x 25 m, flanqueando una iglesia que ocupa el centro de la edificación. El edificio consta de planta baja y tres alturas con dos castilletes laterales recrecidos en las esquinas de la fachada de entrada principal y uno situado encima de dicha entrada. En la fachada puede observarse como el muro es de mampostería recibida con mortero con pilares/contrafuertes de ladrillo macizo. En ocasiones se observa como la fachada de mampostería se encuentra enmarcada con un "pórtico" de sillares de distinto material, que en algunos casos se sustituyen a partir de cierta altura por ladrillo macizo revestido.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

Mampostería caliza aparejada con mortero de cal.

Calizas de dureza media, regulares y de un tamaño medio.

Estructura ligada mediante mortero de cal muy pobre.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 1 gato plano semioval.

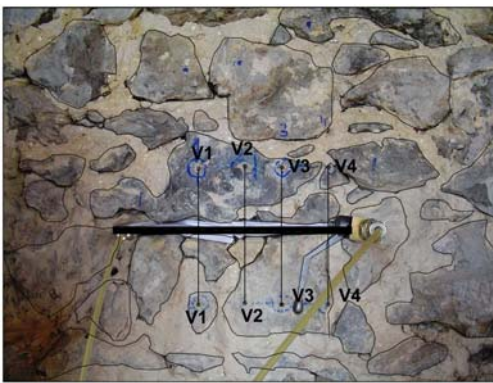
Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04	Fecha: 30-11-07
		Ref.: 07908
	CONSTRUCCIÓN: Muro central de mampostería (planta baja) de la crujía Sur del claustro Este del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España)	Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

Apertura de la roza	Instante del ensayo	Detalle del área de ensayo
		

5. Tensión de compresión y su cálculo:

Factor de calibración K_m : 0.7125

Superficie del gato plano (cm^2): 778.56

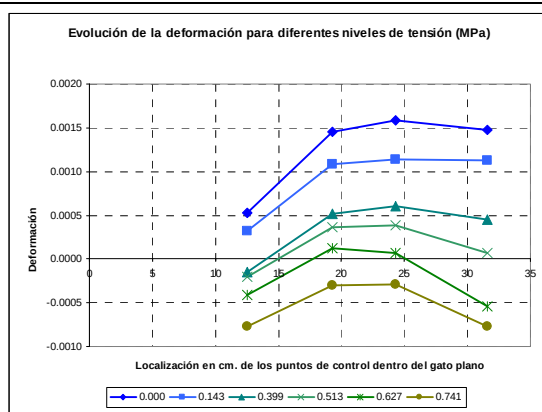
Superficie de la roza (cm^2): -

Factor de calibración K_a : 0.800

Valor de la tensión de compresión (se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

0.55 N/mm²

Observaciones:



Evolución de las deformaciones experimentadas por cada par de puntos de control, para varios niveles de tensión proporcionados por el gato plano

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma



ANEXO 1: ESTIMACIÓN DEL NIVEL TENSIONAL MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO SIMPLE

Norma: ASTM-C 1196

Ensayo: 07908

Ubicación: Claust E, crujía N, muro intermedio. Seminar Mayor Comillas

Fecha: 30/11/2007

Colocación: Gato plano simple

Empresa: GTED-UC

Dimensiones del gato: Semiovale 350x260x3,5 mm

Ref. del gato: 1

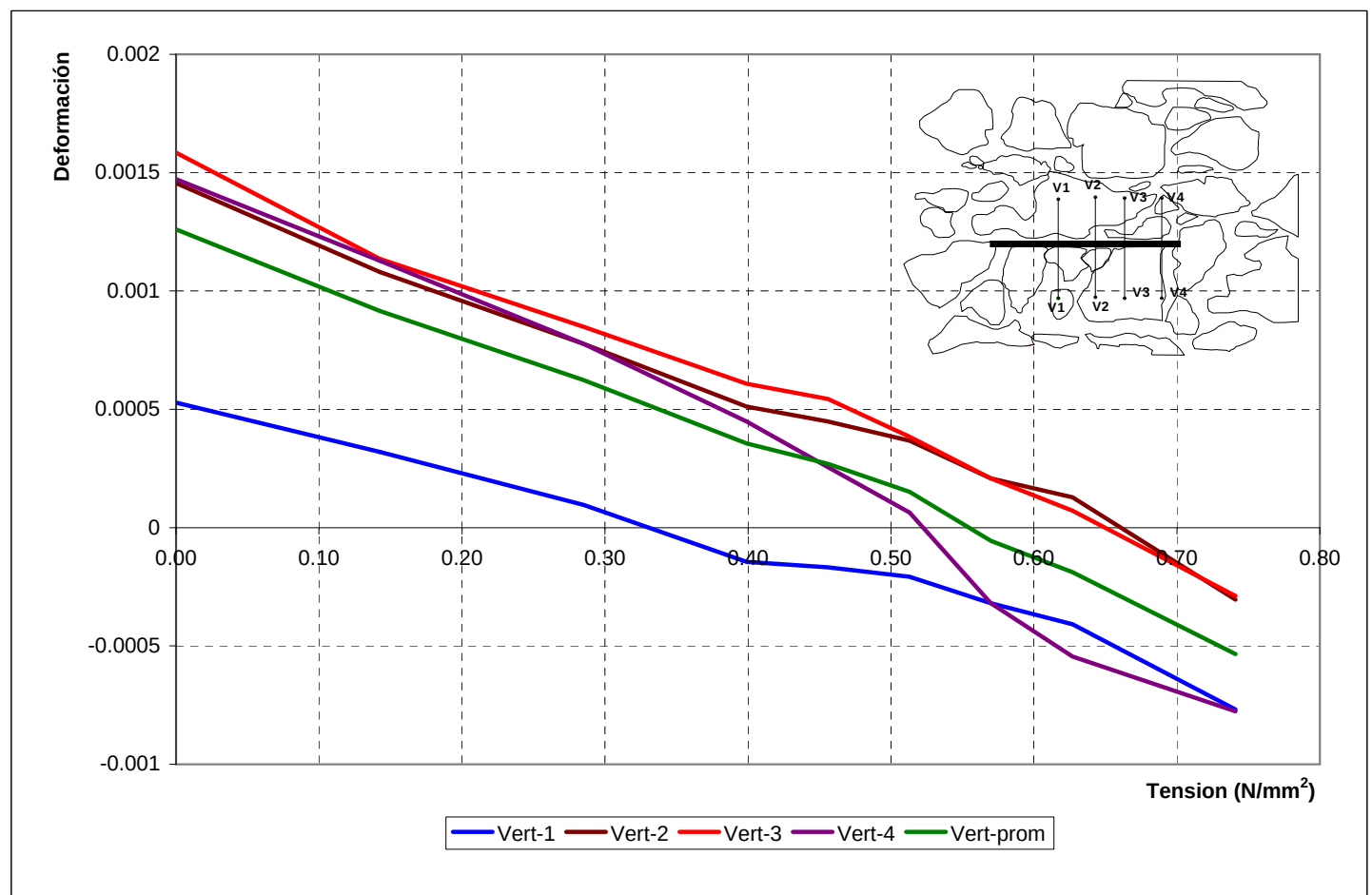
Km: 0.7125

Ka: 0.8



Fotografía del ensayo

		Curva tensión - deformación						Def Vert mean (abs.)
P. Bomba (kg/cm2)	Comentarios	P. corregida (N/mm2)	P.corregida (N/mm2)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	
0	Antes roza	0	0.000	0	0	0	0	0
0	Tras roza	0	0.000	0.000696	0.001656	0.001752	0.001456	0.001390
5		0.285	0.285	0.00004	0.000736	0.000744	0.000752	0.000568
0		0	0.000	0.000528	0.001456	0.001584	0.001472	0.001260
2.5		0.1425	0.143	0.00032	0.00108	0.001136	0.001128	0.000916
5		0.285	0.285	9.6E-05	0.000776	0.000848	0.000776	0.000624
7		0.399	0.399	-0.000144	0.000512	0.000608	0.000448	0.000356
8		0.456	0.456	-0.000168	0.000448	0.000544	0.000256	0.000270
9		0.513	0.513	-0.000208	0.000368	0.000384	6.4E-05	0.000152
10		0.57	0.570	-0.00032	0.000208	0.000208	-0.00032	-0.000056
11		0.627	0.627	-0.000408	0.000128	7.2E-05	-0.000544	-0.000188
13		0.741	0.741	-0.000768	-0.000304	-0.000288	-0.000776	-0.000534



Nivel tensional existente en el elemento estructural (MPa):

0.55

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04	Fecha: 24-11-08
		Ref.: Lab0828
	CONSTRUCCIÓN: Muro central de mampostería (planta baja) de la crujía Oeste del claustro Oeste del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España)	Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: Seminario Mayor de Comillas

Localidad: Comillas

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Estimación del nivel tensional vertical de compresión, perpendicular al plano definido por el gato plano, existente, a nivel de planta baja, en el muro central de la crujía Oeste del claustro Oeste del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España).

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 1890, edificio Modernista.

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El Seminario Mayor se trata de un edificio Modernista (finales s. XIX) en el que parcialmente participó el Arquitecto Lluís Domènech i Montaner (autor de entre otros edificios del Hospital Sant Pau de Barcelona, Patrimonio de la Humanidad).

El edificio se articula en torno a dos claustros y a un volumen central en el que se ubican los elementos arquitectónicos y artísticos de mayor calidad, la iglesia, el hall de entrada, la sacristía y el paraninfo.

El edificio ocupa una superficie rectangular aproximada de 100 m x 65 m, con dos patios interiores de unas dimensiones aproximadas de 35 m x 25 m, flanqueando una iglesia que ocupa el centro de la edificación. El edificio consta de planta baja y tres alturas con dos castilletes laterales recrecidos en las esquinas de la fachada de entrada principal y uno situado encima de dicha entrada. En la fachada puede observarse como el muro es de mampostería recibida con mortero con pilares/contrafuertes de ladrillo macizo. En ocasiones se observa como la fachada de mampostería se encuentra enmarcada con un "pórtico" de sillares de distinto material, que en algunos casos se sustituyen a partir de cierta altura por ladrillo macizo revestido.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

Mampostería caliza aparejada con mortero de cal.

Calizas de dureza media, regulares y de un tamaño medio.

Estructura ligada mediante mortero de cal muy pobre.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 1 gato plano semioval.

Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04	Fecha: 24-11-08
	CONSTRUCCIÓN: Muro central de mampostería (planta baja) de la crujía Oeste del claustro Oeste del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España)	Ref.: Lab0828
		Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

Apertura de la roza



Instante del ensayo



Detalle del área de ensayo



5. Tensión de compresión y su cálculo:

Factor de calibración K_m : 0.855

Superficie del gato plano (cm^2): 778.56

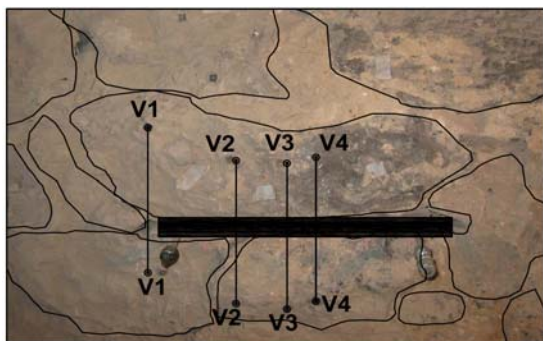
Superficie de la roza (cm^2): 935.72

Factor de calibración K_a : 0.797

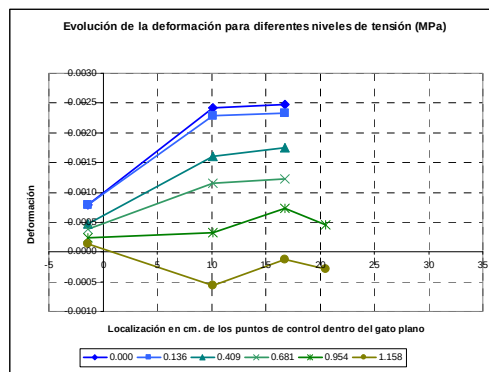
Valor de la tensión de compresión (se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

1.07 N/mm²

Observaciones:



Croquis del área de ensayo realizado. Puede apreciarse como el punto de control nº 1 quedó fuera del área vertical delimitada por los bordes del gato plano, por ello que la evolución de sus movimientos no se tuvieron en cuenta para la estimación del nivel tensional



Evolución de las deformaciones experimentadas por cada par de puntos de control, para varios niveles de tensión proporcionados por el gato plano

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial

Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Firma



ANEXO 1: ESTIMACIÓN DEL NIVEL TENSIONAL MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO SIMPLE

Norma: ASTM-C 1196
Ensayo: Lab0828

Ubicación: Pta. Baja W Seminario Mayor de Comillas
Fecha: 24/11/2008
Colocación: Mampostería caliza
Empresa: GTED-UC

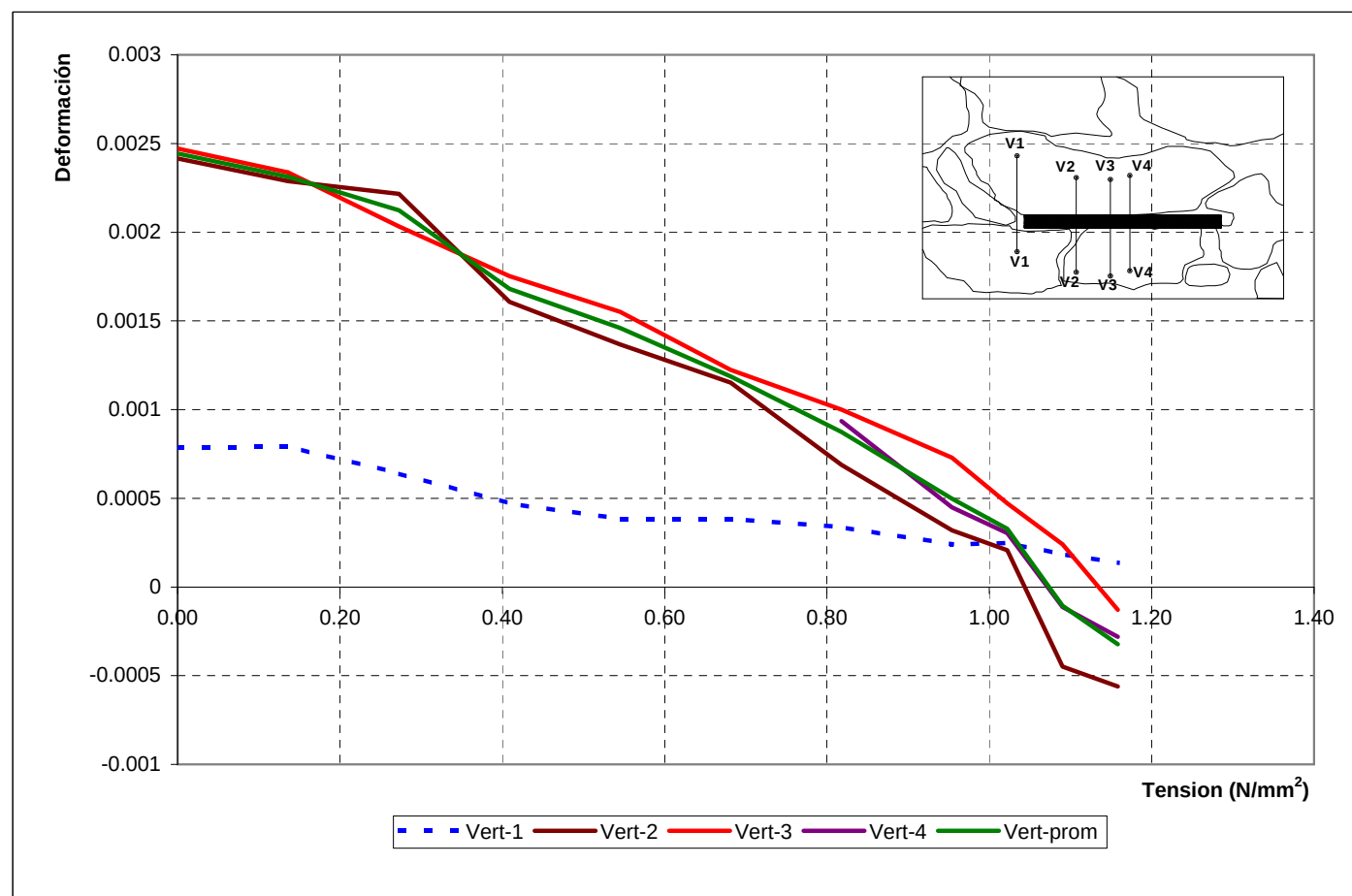
Dimensiones del gato: Semioval 350x260x3,5 mm
Ref. del gato: 1

Km: 0.855
Ka: 0.797



Fotografía del ensayo

Curva tensión - deformación								
P. Bomba (kg/cm ²)	Comentarios	P. corregida (N/mm ²)	P.corregida (N/mm ²)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	Def Vert mean (abs.)
0	Antes roza	0	0.000	0	0	0	0	0
0	Tras roza	0	0.000	0.000984	0.002528	0.002416	f/r	0.002472
7		0.4770045	0.477	0.000664	0.001432	0.001632	f/r	0.001532
0		0	0.000	0.000784	0.002416	0.002472	f/r	0.002444
2		0.136287	0.136	0.000792	0.002288	0.002336	f/r	0.002312
4		0.272574	0.273	0.00064	0.002216	0.002032	f/r	0.002124
6		0.408861	0.409	0.000472	0.001608	0.001752	f/r	0.001680
8		0.545148	0.545	0.000384	0.001368	0.001552	f/r	0.001460
10		0.681435	0.681	0.000384	0.001152	0.001224	f/r	0.001188
12		0.817722	0.818	0.000336	0.000688	0.001	0.000936	0.000875
14		0.954009	0.954	0.00024	0.00032	0.000728	0.000448	0.000499
15		1.0221525	1.022	0.000248	0.000208	0.000472	0.000304	0.000328
16		1.090296	1.090	0.000184	-0.000448	0.00024	-0.000112	-0.000107
17		1.1584395	1.158	0.000136	-0.00056	-0.000128	-0.00028	-0.000323



Nivel tensional existente en el elemento estructural (MPa):

1.07

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04		Fecha: 28-11-08
	CONSTRUCCIÓN: Muro central de mampostería (planta baja) de la crujía Norte del claustro Oeste del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España)		Ref.: Lab0833
			Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: Seminario Mayor de Comillas

Localidad: Comillas

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Estimación del nivel tensional vertical de compresión, perpendicular al plano definido por el gato plano, existente, a nivel de planta baja, en el muro central de la crujía Norte del claustro Oeste del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España).

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 1890, edificio Modernista.

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El Seminario Mayor se trata de un edificio Modernista (finales s. XIX) en el que parcialmente participó el Arquitecto Lluís Domènech i Montaner (autor de entre otros edificios del Hospital Sant Pau de Barcelona, Patrimonio de la Humanidad).

El edificio se articula en torno a dos claustros y a un volumen central en el que se ubican los elementos arquitectónicos y artísticos de mayor calidad, la iglesia, el hall de entrada, la sacristía y el paraninfo.

El edificio ocupa una superficie rectangular aproximada de 100 m x 65 m, con dos patios interiores de unas dimensiones aproximadas de 35 m x 25 m, flanqueando una iglesia que ocupa el centro de la edificación. El edificio consta de planta baja y tres alturas con dos castilletes laterales recrecidos en las esquinas de la fachada de entrada principal y uno situado encima de dicha entrada. En la fachada puede observarse como el muro es de mampostería recibida con mortero con pilares/contrafuertes de ladrillo macizo. En ocasiones se observa como la fachada de mampostería se encuentra enmarcada con un "pórtico" de sillares de distinto material, que en algunos casos se sustituyen a partir de cierta altura por ladrillo macizo revestido.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

Mampostería caliza aparejada con mortero de cal.

Calizas de dureza media, regulares y de un tamaño medio.

Estructura ligada mediante mortero de cal muy pobre.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 1 gato plano semioval.

Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.

	ENSAYO PARA LA ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1196-04	Fecha: 28-11-08
		Ref.: Lab0833
	CONSTRUCCIÓN: Muro central de mampostería (planta baja) de la crujía Norte del claustro Oeste del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España)	Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

Apertura de la roza



Instante del ensayo



Detalle del área de ensayo



5. Tensión de compresión y su cálculo:

Factor de calibración K_m : 0.855

Superficie del gato plano (cm^2): 778.56

Superficie de la roza (cm^2): 940.38

Factor de calibración K_a : 0.828

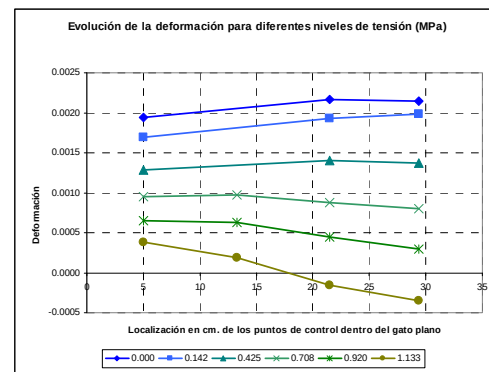
Valor de la tensión de compresión (se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

1.14 N/mm²

Observaciones:

En el caso presentado se evidencia una clara convergencia de los cuatro puntos de control a un punto de intersección (el denominado punto de desplazamiento residual) que establece un nivel tensional del orden de **0.57 MPa**, por ello que, en base a los comentarios descritos en las referencias (Ronca et al. 1997; 1996 y 1996a), se considera como el valor real de tensión existente en el muro de fábrica de mampostería caliza.

Por otro lado conviene aludir a que dicho resultado se ajusta muy bien al nivel tensional medio obtenido para la zona de ensayo mediante cálculo analítico manual.



Evolución de las deformaciones experimentadas por cada par de puntos de control, para varios niveles de tensión proporcionados por el gato plano

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial

Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Firma



ANEXO 1: ESTIMACIÓN DEL NIVEL TENSIONAL MEDIANTE EL ENSAYO DE GATO PLANO SIMPLE

Norma: ASTM-C 1196
Ensayo: Lab0833

Ubicación: Pta. Baja Comillas-N
Fecha: 28/11/2008
Colocación: Mampostería caliza
Empresa: GTED-UC

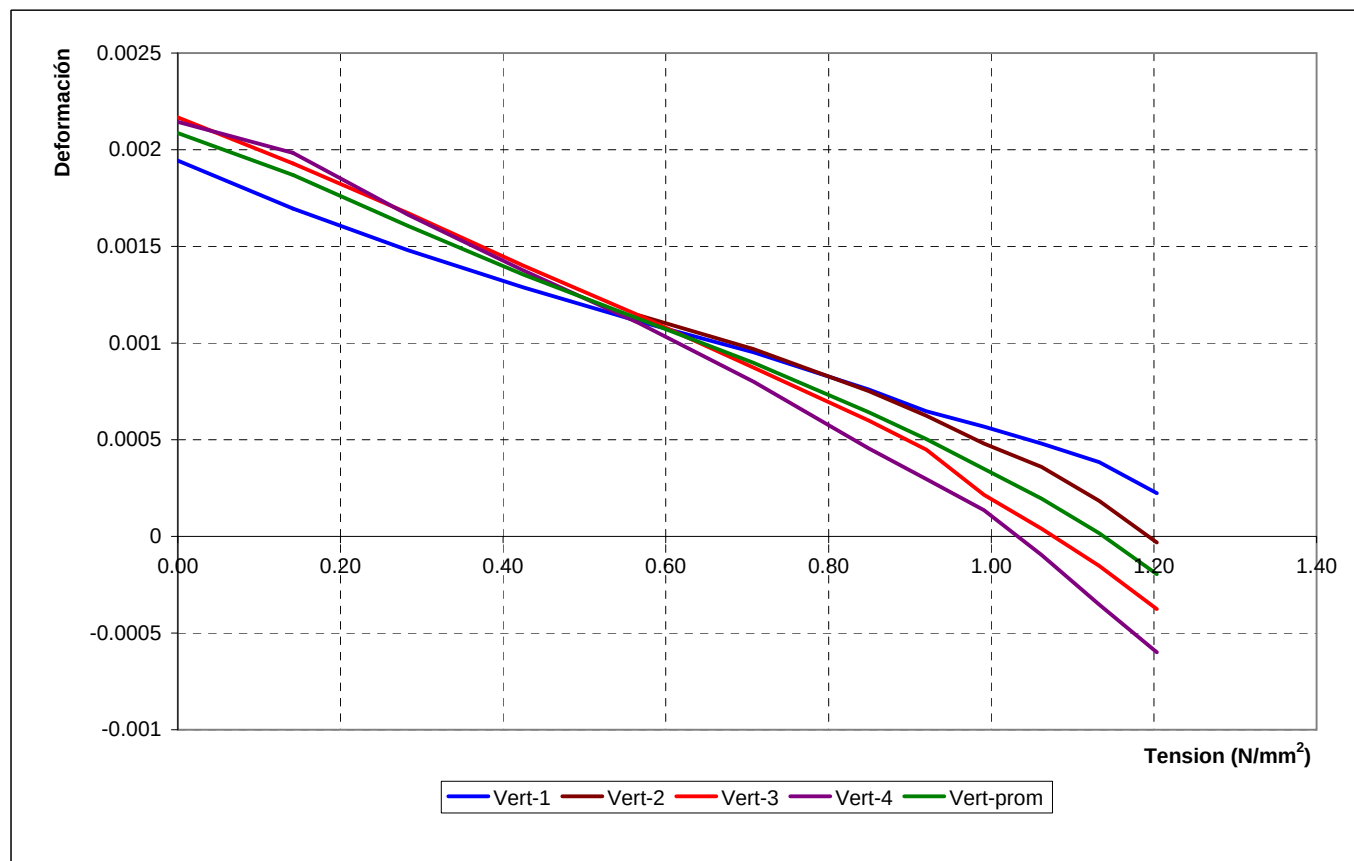
Dimensiones del gato: Semioval 350x260x3,5 mm
Ref. del gato: 1

Km: 0.855
Ka: 0.828



Fotografía del ensayo

		Curva tensión - deformación						Def Vert mean (abs.)
P. Bomba (kg/cm2)	Comentarios	P. corregida (N/mm2)	P.corregida (N/mm2)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	
0	Antes roza	0	0.000	0	0	0	0	0
0	Tras roza	0	0.000	0.001656	f/r	0.001792	0.00188	0.001776
7		0.495558	0.496	0.001224	f/r	0.00128	0.001224	0.001243
0		0	0.000	0.001944	f/r	0.002168	0.002144	0.002085
2		0.141588	0.142	0.001696	f/r	0.001928	0.001984	0.001869
4		0.283176	0.283	0.00148	f/r	0.001672	0.001664	0.001605
6		0.424764	0.425	0.001288	f/r	0.0014	0.001376	0.001355
8		0.566352	0.566	0.001112	0.001144	0.001144	0.001104	0.001126
10		0.70794	0.708	0.000952	0.000968	0.000872	0.0008	0.000898
12		0.849528	0.850	0.00076	0.000752	0.0006	0.000456	0.000642
13		0.920322	0.920	0.000648	0.000624	0.000448	0.000296	0.000504
14		0.991116	0.991	0.000568	0.00048	0.000216	0.000136	0.000350
15		1.06191	1.062	0.00048	0.00036	4E-05	-9.6E-05	0.000196
16		1.132704	1.133	0.000384	0.000184	-0.000152	-0.000352	0.000016
17		1.203498	1.203	0.000224	-3.2E-05	-0.000376	-0.0006	-0.000196



	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 25-01-08
		Ref.: Lab0802
	CONSTRUCCIÓN: Muro central de mampostería (planta baja) de la crujía Sur del claustro Este del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España)	Pag 1 de 4

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: Plaza de la Iglesia, s/n.

Localidad: Zarratón

Provincia: La Rioja

País: España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (peticionario, objeto, etc.)

Estimación del nivel tensional vertical de compresión existente, a nivel de planta baja, en el muro central de la crujía Sur del claustro Este del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España).

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 1890, edificio Modernista.

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El Seminario Mayor se trata de un edificio Modernista (finales s. XIX) en el que parcialmente participó el Arquitecto Lluís Domènech i Montaner (autor de entre otros edificios del Hospital Sant Pau de Barcelona, Patrimonio de la Humanidad).

El edificio se articula en torno a dos claustros y a un volumen central en el que se ubican los elementos arquitectónicos y artísticos de mayor calidad, la iglesia, el hall de entrada, la sacristía y el paraninfo.

El edificio ocupa una superficie rectangular aproximada de 100 m x 65 m, con dos patios interiores de unas dimensiones aproximadas de 35 m x 25 m, flanqueando una iglesia que ocupa el centro de la edificación. El edificio consta de planta baja y tres alturas con dos castilletes laterales recrecidos en las esquinas de la fachada de entrada principal y uno situado encima de dicha entrada. En la fachada puede observarse como el muro es de mampostería recibida con mortero con pilares/contrafuertes de ladrillo macizo. En ocasiones se observa como la fachada de mampostería se encuentra enmarcada con un "pórtico" de sillares de distinto material, que en algunos casos se sustituyen a partir de cierta altura por ladrillo macizo revestido.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

Mampostería caliza aparejada con mortero de cal.

Calizas de dureza media, regulares y de un tamaño medio.

Estructura ligada mediante mortero de cal muy pobre.

3. Recursos empleados

Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	Solartron y equipo propio UC
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cuarto de puente
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):		Tokio Sokki / 6 mm / Metal ceys	

¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 25-01-08
		Ref.: Lab0802
	CONSTRUCCIÓN: Muro central de mampostería (planta baja) de la crujía Sur del claustro Este del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España)	Pag 2 de 4

4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

Marcado	Pegado	Conexionado
		

Observaciones:

Nada reseñable

4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones:

Nada reseñable

4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.

Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²: 20 horas

4.4 Ejecución del taladro.



Fotografías del proceso de ejecución.

Recomendaciones:

- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.
- Uso de nivel para controlar la horizontabilidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por T^a.

Controlar la profundidad del taladrado (al menos 0,4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 25-01-08
		Ref.: Lab0802
	CONSTRUCCIÓN: Muro central de mampostería (planta baja) de la crujía Sur del claustro Este del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España)	Pag 3 de 4

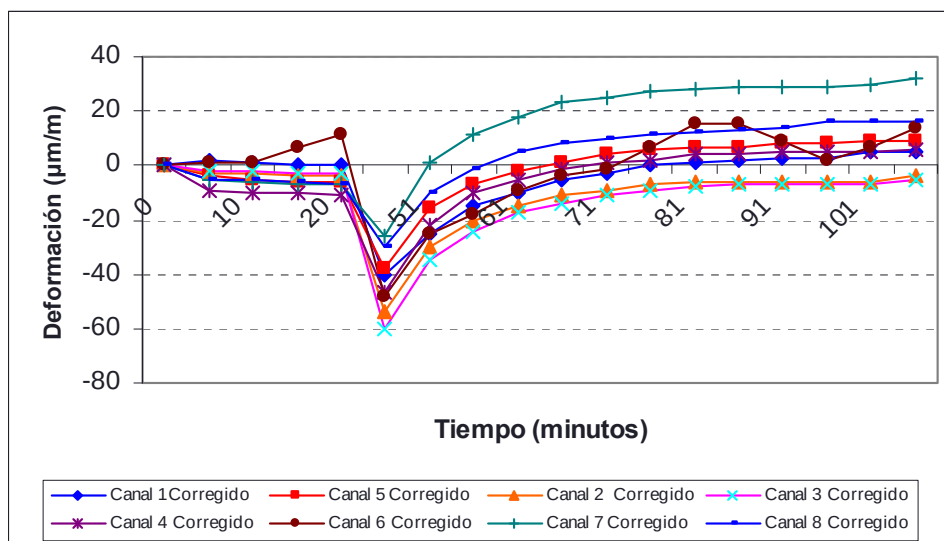
5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm^2):

-0.56^{3,4}



Detalle de la zona del ensayo una vez finalizado



Gráfica de la evolución de las deformaciones registradas

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



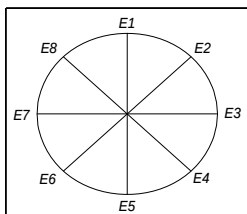
Firma

³ El signo - representa comportamiento a compresión.

⁴ El valor adoptado para el módulo de deformación (26,684.05 MPa) y para el coeficiente de Poisson (0.31) fue obtenido en laboratorio mediante la ejecución de dos ensayos a compresión en sendas probetas de caliza obtenidas de dos muros del Seminario Mayor de Comillas. Para una consulta de los trabajos relacionados, así como para comprobar la ley tensión – deformación registrada para la probeta obtenida de la roca caliza movilizada, se remite al lector al Anexo 7.



ANEXO 1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE HOLE DRILLING



Código: Lab0802
Referencia: HD en Mampostería, Sem. Mayor Comillas (muro N-Claust W)
Fecha: 24/11/2008

En esta hoja se obtiene, para cada una de las combinaciones de galgas, la tensión principal máxima, la mínima y la dirección (ángulo existente horario) entre la tensión principal máxima con la dirección de la primera de las galgas de la combinación. Igualmente se estima a partir de los datos referidos la tensión vertical existente

Def. final tras taladrado ($\mu\text{m/m} = 10^{-6}\text{m/m}$)

Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
5	-5	-6	6	9	6	30	16

*El signo - representa comportamiento a compresión

Módulo de Young (Mpa) = 26,684
Coef. Poisson = 0.31

d (cm) = 3.6
D (cm) = 8.8
Prof. Taladro (mm) = 36,48

a = 0.199
b = 0.484

$$A_t = -4 \left(\frac{1 + \nu}{2E} \right) a$$

$$B_t = -4 \left(\frac{1}{2E} \right) b$$

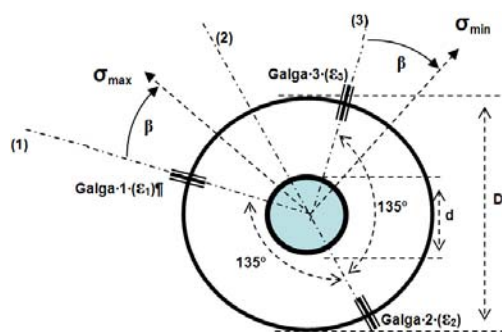
At =	-0.00002
Bt =	-0.000036

d/D	a	b
0.38	0.174	0.430
0.39	0.182	0.448
0.40	0.190	0.466
0.41	0.199	0.484
0.42	0.208	0.503
0.43	0.217	0.521

$$\sigma_{\max} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} - \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} + \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2}{\varepsilon_3 - \varepsilon_1} \right)$$



COMBINACIÓN 1	Ch1	E1 = 0.000005	AUX1= 0.05	Tmax (N/mm2)=	0.52
	Ch3	E3 = -0.000006	AUX2= -0.473	Tmin (N/mm2)=	-0.42
	Ch6	E2 = 0.000006		β=	-65
				Tvert (N/mm2)=	-0.25
COMBINACIÓN 2	Ch2	E2 = -0.000005	AUX1= -0.05	Tmax (N/mm2)=	1.62
	Ch4	E4 = 0.000006	AUX2= -1.667	Tmin (N/mm2)=	-1.72
	Ch7	E7 = 0.000003		β=	-40
				Tvert (N/mm2)=	1.59
COMBINACIÓN 3	Ch3	E3 = -0.000006	AUX1= -0.15	Tmax (N/mm2)=	0.76
	Ch5	E5 = 0.000009	AUX2= -0.907	Tmin (N/mm2)=	-1.06
	Ch8	E8 = 0.000016		β=	-31
				Tvert (N/mm2)=	-0.58
COMBINACIÓN 4	Ch4	E4 = 0.000006	AUX1= -0.6	Tmax (N/mm2)=	-0.54
	Ch6	E6 = 0.000006	AUX2= -0.056	Tmin (N/mm2)=	-0.66
	Ch1	E1 = 0.000005	-1	β=	45
				Tvert (N/mm2)=	-0.54
COMBINACIÓN 5	Ch5	E5 = 0.000009	AUX1= -1.95	Tmax (N/mm2)=	-0.47
	Ch7	E7 = 0.000003	AUX2= -1.481	Tmin (N/mm2)=	-3.43
	Ch2	E2 = -0.000005		β=	33
				Tvert (N/mm2)=	-1.35
COMBINACIÓN 6	Ch6	E6 = 0.000006	AUX1= -1.1	Tmax (N/mm2)=	-0.12
	Ch8	E8 = 0.000016	AUX2= -0.984	Tmin (N/mm2)=	-2.08
	Ch3	E3 = -0.000006		β=	37
				Tvert (N/mm2)=	-2.04
COMBINACIÓN 7	Ch7	E7 = 0.000003	AUX1= -1.75	Tmax (N/mm2)=	-0.81
	Ch1	E1 = 0.000005	AUX2= -0.944	Tmin (N/mm2)=	-2.69
	Ch4	E4 = 0.000006		β=	69
				Tvert (N/mm2)=	-1.05
COMBINACIÓN 8	Ch8	E8 = 0.000016	AUX1= -0.55	Tmax (N/mm2)=	0.06
	Ch2	E2 = -0.000005	AUX2= -0.615	Tmin (N/mm2)=	-1.17
	Ch5	E5 = 0.000009		β=	-81
				Tvert (N/mm2)=	-0.75

TENSIÓN VERTICAL = -0.56 N/mm2 (Compresión)

Comentarios:

Desde el punto de vista estadístico (coeficiente de variación inferior al 10%) solamente las combinaciones 3 y 4 son tenidas en cuenta para la estimación del nivel de tensión vertical. El nivel tensional estimado fue de 0.56 MPa (compresión) con un coeficiente de variación del 5.05%.

Por su parte, las características mecánicas de la roca caliza (E y ν) fueron obtenidas en laboratorio mediante la ejecución de dos ensayos a compresión en sendas probetas de caliza obtenidas de dos muros del Seminario Mayor de Comillas.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING		Fecha: 24-11-08
	CONSTRUCCIÓN: Muro central de mampostería (planta baja) de la crujía Norte del claustro Oeste del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España)		Ref.: Lab0830
			Pag 1 de 4

MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING ¹

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: Plaza de la Iglesia, s/n.

Localidad: Zarratón

Provincia: La Rioja

País: España

2. Condiciones de la medición:

2.1.- Motivación del ensayo (peticionario, objeto, etc.)

Estimación del nivel tensional vertical de compresión existente, a nivel de planta baja, en el muro central de la crujía Norte del claustro Oeste del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España).

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 1890, edificio Modernista.

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El Seminario Mayor se trata de un edificio Modernista (finales s. XIX) en el que parcialmente participó el Arquitecto Lluís Domènech i Montaner (autor de entre otros edificios del Hospital Sant Pau de Barcelona, Patrimonio de la Humanidad).

El edificio se articula en torno a dos claustros y a un volumen central en el que se ubican los elementos arquitectónicos y artísticos de mayor calidad, la iglesia, el hall de entrada, la sacristía y el paraninfo.

El edificio ocupa una superficie rectangular aproximada de 100 m x 65 m, con dos patios interiores de unas dimensiones aproximadas de 35 m x 25 m, flanqueando una iglesia que ocupa el centro de la edificación. El edificio consta de planta baja y tres alturas con dos castilletes laterales recrecidos en las esquinas de la fachada de entrada principal y uno situado encima de dicha entrada. En la fachada puede observarse como el muro es de mampostería recibida con mortero con pilares/contrafuertes de ladrillo macizo. En ocasiones se observa como la fachada de mampostería se encuentra enmarcada con un "pórtico" de sillares de distinto material, que en algunos casos se sustituyen a partir de cierta altura por ladrillo macizo revestido.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales:

Mampostería caliza aparejada con mortero de cal.

Calizas de dureza media, regulares y de un tamaño medio.

Estructura ligada mediante mortero de cal muy pobre.

3. Recursos empleados

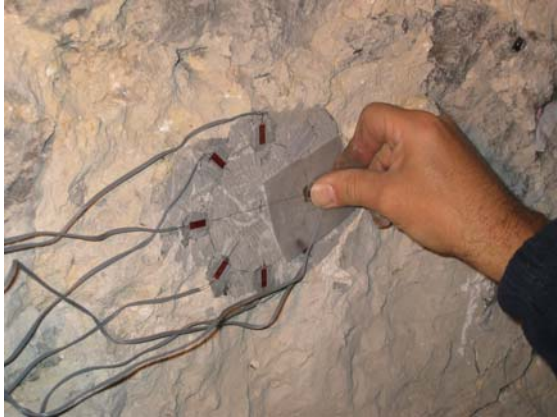
Taladro (Marca/Modelo):	Hilti Tm 16	Equipo multicanal (Marca/Modelo):	Solartron y equipo propio UC
Nivel (Marca/Modelo):	Convencional de burbuja	Tipo de conexión de galgas:	Cuarto de puente
Bandas (Indicar fabricante / longitud efectiva / identificación del pegamento):		Tokio Sokki / 6 mm / Metal ceys	

¹ Ensayo puesto a punto por el Prof. Santiago Sánchez Beitia (E.T.S. de Arquitectura de San Sebastián).

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 24-11-08
		Ref.: Lab0830
	CONSTRUCCIÓN: Muro central de mampostería (planta baja) de la crujía Norte del claustro Oeste del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España)	Pag 2 de 4

4. Ejecución del ensayo:

4.1.- Preparación de la superficie y pegado de galgas.

Marcado	Pegado	Protección
		

Observaciones:

Nada reseñable

4.2.- Conexión de las galgas. Observaciones:

Nada reseñable

4.3 Registro de deformaciones antes del taladrado.

Tiempo desde la finalización del pegado y cableado de las galgas, previamente al comienzo del registro²: > 72 horas

4.4 Ejecución del taladro.

Fotografías del proceso de ejecución.

Recomendaciones:

- Marcar el centro del taladro mediante granete y realizar una guía para el posterior taladro mediante corona hueca de diamante a través de dos brocas de diámetro reducido (aumentando del mismo de forma progresiva).
- Taladro con corona de diamante de 36 mm. de diámetro, valiéndose de broca trazadora para el centrado del taladro.
- Uso de nivel para controlar la horizontabilidad del taladro.
- Ejecutar el taladrado a pasos para interferir lo menos posible en la medida de las galgas por T^a.

Controlar la profundidad del taladrado (al menos 0,4 veces el diámetro de la circunferencia de galgas). En fábricas, si se emplea un diámetro de 8,8 cm de la circunferencia de galgas, debe ser del orden de los 36 mm.

² Se recomienda que el intervalo de tiempo entre el pegado y cableado, y el comienzo del registro sea como mínimo de 3 horas.

	MEDIDA DE TENSIONES EN SERVICIO EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA HOLE DRILLING	Fecha: 24-11-08
		Ref.: Lab0830
	CONSTRUCCIÓN: Muro central de mampostería (planta baja) de la crujía Norte del claustro Oeste del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España)	Pag 3 de 4

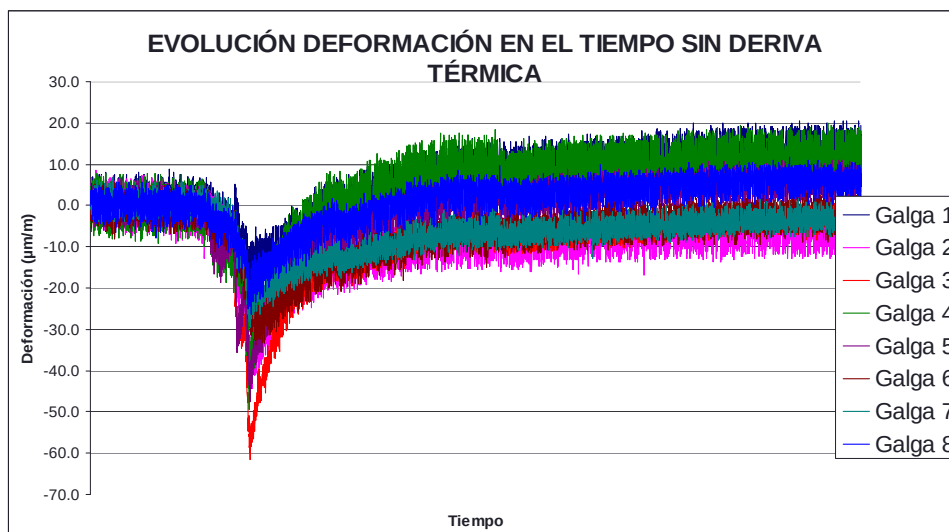
5. Resultados (ver ANEXO 1 para consultar la ficha de resultados)

Nivel tensional vertical existente en el elemento estructural (N/mm²):

-0.60^{3,4}



Detalle de la zona del ensayo una vez finalizado



Gráfica de la evolución de las deformaciones registradas

6. Personal:

Técnico Principal:

Ignacio Lombillo
Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



Firma

Técnico Asistente:

Jorge Elices
Ingeniero Técnico Industrial



Firma

Director del Lab. de Edificación:

Luis Villegas
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos



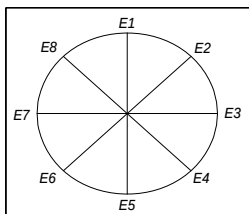
Firma

³ El signo - representa comportamiento a compresión.

⁴ Los valores de E y ν empleados en el ensayo fueron obtenidos mediante un ensayo a compresión realizado en laboratorio sobre una probeta cilíndrica extraída de la piedra en la que se realizó el ensayo, en sentido perpendicular al de la perforación realizada in situ. Se remite al lector al Anexo 7 para una consulta más detallada de los ensayos realizados.



ANEXO 1: RESULTADOS DEL ENSAYO DE HOLE DRILLING



Código: **Lab0830**
Referencia: **HD en Mampostería, Sem. Mayor Comillas (muro N-Claust W)**
Fecha: **24/11/2008**

En esta hoja se obtiene, para cada una de las combinaciones de galgas, la tensión principal máxima, la mínima y la dirección (ángulo existente horario) entre la tensión principal máxima con la dirección de la primera de las galgas de la combinación. Igualmente se estima a partir de los datos referidos la tensión vertical existente



	Canal 1	Canal 2	Canal 3	Canal 4	Canal 5	Canal 6	Canal 7	Canal 8
Def. final tras taladrado ($\mu\text{m/m} = 10^{-6}\text{m/m}$)	12.1	-5.9	-3.5	11.4	5.1	-2.3	-3.9	6.2

*El signo - representa comportamiento a compresión

Módulo de Young (Mpa) =	27,931
Coef. Poisson =	0.31

d (cm) = 3.6
D (cm) = 8.8
Prof. Taladro (mm) = 36,48

a = 0.199
b = 0.484

$$A_t = -4 \left(\frac{1 + \nu}{2E} \right) a$$

$$B_t = -4 \left(\frac{1}{2E} \right) b$$

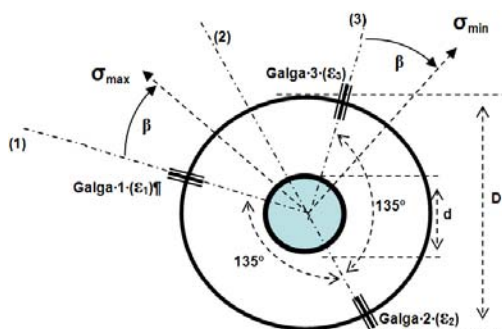
At =	-0.000019
Bt =	-0.000035

d/D	a	b
0.38	0.174	0.430
0.39	0.182	0.448
0.40	0.190	0.466
0.41	0.199	0.484
0.42	0.208	0.503
0.43	0.217	0.521

$$\sigma_{\max} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} - \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{A} + \frac{\sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2}}{B}$$

$$\beta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2}{\varepsilon_3 - \varepsilon_1} \right)$$



COMBINACIÓN 1	Ch1	E1 = 1.21402E-05	AUX1= -0.456	Tmax (N/mm2)=	0.13
	Ch3	E3 = -3.47171E-06	AUX2= -0.585	Tmin (N/mm2)=	-1.04
	Ch6	E2 = -2.27749E-06		β=	70
				Tvert (N/mm2)=	-0.90
COMBINACIÓN 2	Ch2	E2 = -5.90717E-06	AUX1= -0.287	Tmax (N/mm2)=	0.34
	Ch4	E4 = 1.13615E-05	AUX2= -0.624	Tmin (N/mm2)=	-0.91
	Ch7	E7 = -3.94843E-06		β=	19
				Tvert (N/mm2)=	-0.67
COMBINACIÓN 3	Ch3	E3 = -3.47171E-06	AUX1= -0.087	Tmax (N/mm2)=	0.31
	Ch5	E5 = 5.12577E-06	AUX2= -0.394	Tmin (N/mm2)=	-0.48
	Ch8	E8 = 6.21282E-06		β=	-26
				Tvert (N/mm2)=	-0.33
COMBINACIÓN 4	Ch4	E4 = 1.13615E-05	AUX1= -0.478	Tmax (N/mm2)=	0.11
	Ch6	E6 = -2.27749E-06	AUX2= -0.583	Tmin (N/mm2)=	-1.06
	Ch1	E1 = 1.21402E-05	0.35836795	β=	-66
				Tvert (N/mm2)=	-0.91
COMBINACIÓN 5	Ch5	E5 = 5.12577E-06	AUX1= -0.062	Tmax (N/mm2)=	0.39
	Ch7	E7 = -3.94843E-06	AUX2= -0.453	Tmin (N/mm2)=	-0.52
	Ch2	E2 = -5.90717E-06		β=	62
				Tvert (N/mm2)=	-0.32
COMBINACIÓN 6	Ch6	E6 = -2.27749E-06	AUX1= -0.207	Tmax (N/mm2)=	0.19
	Ch8	E8 = 6.21282E-06	AUX2= -0.394	Tmin (N/mm2)=	-0.6
	Ch3	E3 = -3.47171E-06		β=	26
				Tvert (N/mm2)=	-0.52
COMBINACIÓN 7	Ch7	E7 = -3.94843E-06	AUX1= -0.431	Tmax (N/mm2)=	0.19
	Ch1	E1 = 1.21402E-05	AUX2= -0.619	Tmin (N/mm2)=	-1.05
	Ch4	E4 = 1.13615E-05		β=	-21
				Tvert (N/mm2)=	-0.89
COMBINACIÓN 8	Ch8	E8 = 6.21282E-06	AUX1= -0.016	Tmax (N/mm2)=	0.43
	Ch2	E2 = -5.90717E-06	AUX2= -0.448	Tmin (N/mm2)=	-0.46
	Ch5	E5 = 5.12577E-06		β=	-70
				Tvert (N/mm2)=	-0.30

TENSIÓN VERTICAL = -0.60 N/mm2 (Compresión)

Comentarios:

Solamente las combinaciones 2 y 6 alcanzaron una tensión vertical incluida en el intervalo definido por el nivel tensional promedio más/menos la desviación típica de la serie de resultados.

Por su parte, las características mecánicas de la roca caliza (E y ν) fueron obtenidas en laboratorio mediante la ejecución de un ensayo de una probeta de caliza, a compresión, obtenida del mampuesto en que fue realizado el ensayo, una vez extraído y llevado a laboratorio, por perforación en dirección perpendicular a la realización del hole drilling HDCOMN.

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04		Fecha: 30-04-09
	CONSTRUCCIÓN: Mampostería de un contrafuerte de la iglesia del Seminario Mayor de Comillas		Ref.: Lab0907
			Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DE LA DEFORMABILIDAD DE FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: Seminario Mayor de Comillas

Localidad: Comillas

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Estimación de la deformabilidad de la fábrica de mampostería existente.

A petición de ACCIONA Infraestructuras.

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 1890, edificio Modernista.

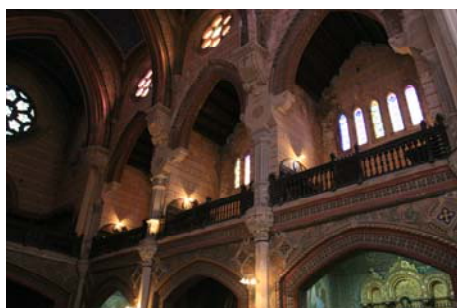
2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El Seminario Mayor se trata de un edificio Modernista (finales s. XIX) en el que parcialmente participó el Arquitecto Lluís Domènech i Montaner (autor de entre otros edificios del Hospital Sant Pau de Barcelona, Patrimonio de la Humanidad).

El edificio se articula en torno a dos claustros y a un volumen central en el que se ubican los elementos arquitectónicos y artísticos de mayor calidad, la iglesia, el hall de entrada, la sacristía y el paraninfo.

El edificio ocupa una superficie rectangular aproximada de 100 m x 65 m, con dos patios interiores de unas dimensiones aproximadas de 35 m x 25 m, flanqueando una iglesia que ocupa el centro de la edificación. El edificio consta de planta baja y tres alturas con dos castilletes laterales recrecidos en las esquinas de la fachada de entrada principal y uno situado encima de dicha entrada. En la fachada puede observarse como el muro es de mampostería recibida con mortero con pilares/contrafuertes de ladrillo macizo. En ocasiones se observa como la fachada de mampostería se encuentra enmarcada con un "pórtico" de sillares de distinto material, que en algunos casos se sustituyen a partir de cierta altura por ladrillo macizo revestido.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

Mampostería caliza aparejada con mortero de cal.

Calizas de dureza media, regulares y de un tamaño apreciable.

Estructura ligada mediante mortero de cal muy pobre.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 2 gatos planos semioviales.

Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 30-04-09
	CONSTRUCCIÓN: Mampostería de un contrafuerte de la iglesia del Seminario Mayor de Comillas	Ref.: Lab0907
		Pág. 2 de 3

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.

4. Ejecución del ensayo:

<i>Posicionamiento dispositivos de control</i>	<i>Apertura de roza</i>	<i>Instante del ensayo</i>
		

5. Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson:

(Se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

Factor de calibración K_m : 0.95

Superficie del gato plano superior (cm²): 778.56		Factor de calibración Ka: 0.874	
Superficie de la roza superior (cm²): 890.37			
Superficie del gato plano inferior (cm²): 778.56			
Superficie de la roza inferior (cm²): 890.50			
Módulo de elasticidad (E):	4,881.8 N/mm²	Coeficiente de Poisson (v):	0,19

Observaciones:

El módulo de elasticidad se corresponde con el módulo de elasticidad secante medio de los cuatro ciclos del ensayo, sin tener en cuenta el punto de control nº 1 dado que su posición queda relativamente fuera de la vertical trazada por el borde izquierdo del gato plano superior. Por su parte, el coeficiente de Poisson se corresponde con el valor medio de los dos primeros ciclos del ensayo.

6. Personal:

Técnico Principal: Ignacio Lombillo <i>Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos</i>  Firma	Técnico Asistente: Jorge Elices <i>Ingeniero Técnico Industrial</i>  Firma	Director del Lab. de Edificación: Luis Villegas <i>Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos</i>  Firma



ANEXO 1: DETERMINACION DE PROPIEDADES DE DEFORMACION MEDIANTE GATOS PLANOS

Norma: ASTM-C 1197

Ensayo: Lab0907

Ubicación: Iglesia Seminario Mayor Comillas

Fecha: 30/04/2009

Colocación: Gato plano simple

Empresa: ACCIONA

Dimensiones del gato: Semiovale 350x260x3,5 mm

Ref. del gato superior: 1

Ref. del gato inferior: 2

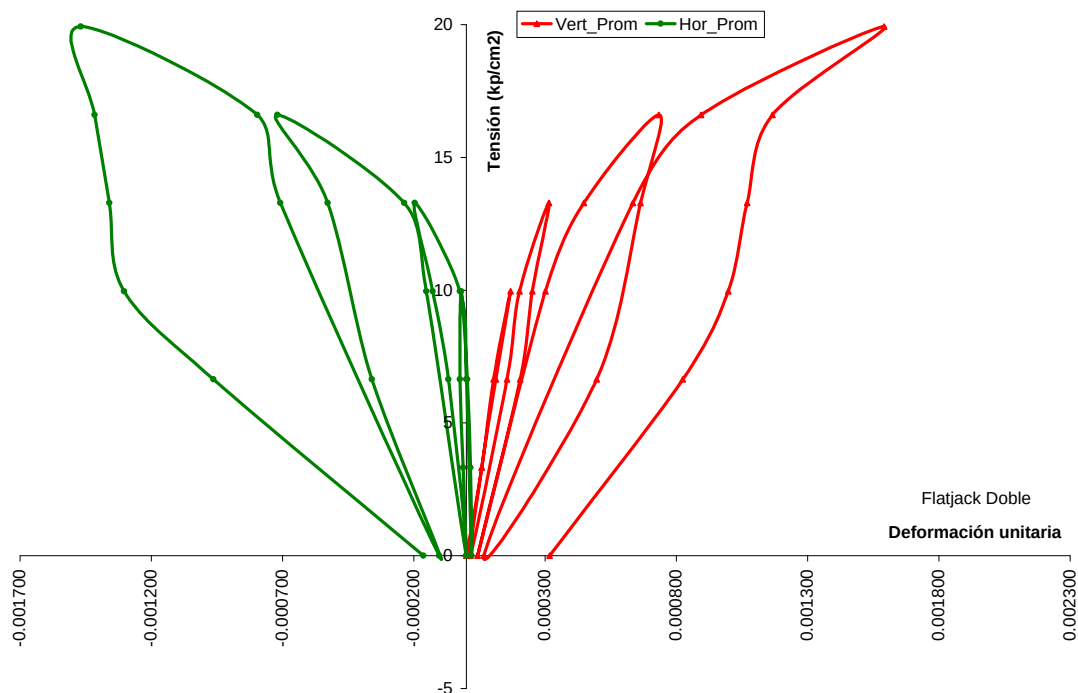
Km: 0.95

Ka: 0.874



Fotografía del ensayo

Curva tensión-deformación									
P. Bomba (kg/cm2)	P. corregida (kg/cm2)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	Def5 (abs.)	Def6 (abs.)	Def Vert mean (abs.)	Def Horiz mean (abs.)
0	0	-0.000064	-0.000320	-0.000104	-0.000080	-0.000064	0.000136	-0.000168	0.000036
10	8.303	-0.000024	0.000000	0.000112	-0.000016	-0.000152	-0.000008	0.000032	-0.000080
0	0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
4	3.3212	0.000032	0.000088	0.000040	0.000048	-0.000008	-0.000016	0.000059	-0.000012
8	6.6424	0.000048	0.000160	0.000064	0.000088	-0.000024	-0.000024	0.000104	-0.000024
12	9.9636	0.000056	0.000264	0.000080	0.000160	-0.000008	-0.000032	0.000168	-0.000020
8	6.6424	0.000040	0.000224	0.000016	0.000096	0.000016	-0.000008	0.000112	0.000004
4	3.3212	0.000008	0.000200	-0.000040	0.000016	0.000032	0.000000	0.000059	0.000016
0	0	-0.000032	0.000160	-0.000072	-0.000040	0.000032	0.000008	0.000016	0.000020
8	6.6424	0.000040	0.000304	0.000072	0.000088	0.000000	0.000000	0.000155	0.000000
12	9.9636	0.000072	0.000328	0.000136	0.000144	-0.000024	-0.000024	0.000203	-0.000024
16	13.2848	0.000120	0.000368	0.000360	0.000216	-0.000288	-0.000104	0.000315	-0.000196
12	9.9636	0.000080	0.000296	0.000240	0.000216	-0.000160	-0.000096	0.000251	-0.000128
8	6.6424	0.000040	0.000272	0.000152	0.000192	-0.000080	-0.000056	0.000205	-6.8E-05
0	0	-0.000048	0.000168	-0.000080	0.000040	0.000024	-0.000024	0.000043	5.55654E-19
12	9.9636	0.000088	0.000296	0.000336	0.000272	-0.000176	-0.000128	0.000301	-0.000152
16	13.2848	0.000152	0.000344	0.000584	0.000416	-0.000328	-0.000144	0.000448	-0.000236
20	16.606	0.000552	0.000688	0.000912	0.000600	-0.000792	-0.000648	0.000733	-0.00072
16	13.2848	0.000488	0.000624	0.000840	0.000528	-0.000496	-0.000560	0.000664	-0.000528
8	6.6424	0.000320	0.000504	0.000680	0.000304	-0.000280	-0.000440	0.000496	-0.00036
0	0	-0.000040	0.000008	0.000096	0.000096	-0.000160	-0.000048	0.000067	-0.000104
16	13.2848	0.000744	0.000784	0.000640	0.000480	-0.000768	-0.000648	0.000635	-0.000708
20	16.606	0.000856	0.001016	0.001000	0.000664	-0.000856	-0.000736	0.000893	-0.000796
24	19.9272	0.001768	0.001736	0.002000	0.001040	-0.001528	-0.001408	0.001592	-0.001468
20	16.606	0.001456	0.001320	0.001880	0.000296	-0.001464	-0.001368	0.001165	-0.001416
16	13.2848	0.001400	0.001256	0.001672	0.000280	-0.001352	-0.001368	0.001069	-0.00136
12	9.9636	0.001280	0.001168	0.001576	0.000248	-0.001288	-0.001320	0.000997	-0.001304
8	6.6424	0.001152	0.001136	0.001112	0.000224	-0.000928	-0.001000	0.000824	-0.000964
0	0	0.000488	0.000312	0.000440	0.000200	-0.000096	-0.000232	0.000317	-0.000164



Módulo de elasticidad (kp/cm2)						Coef. Poisson
	Pto control 1	Pto control 2	Pto control 3	Pto control 4	E medio	
Ciclo1	138,383	41,515	103,788	75,482	73,595	-0.23
Ciclo2	92,256	46,128	46,128	51,894	48,050	-0.14
Ciclo3	73,262	77,841	23,951	42,947	48,246	-
Ciclo4	16,945	17,120	24,421	34,596	25,379	-

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 30-11-07
	CONSTRUCCIÓN: Muro central de mampostería (planta baja) de la crujía Sur del claustro Este del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España)	Ref.: 07909
		Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DE LA DEFORMABILIDAD DE FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: Seminario Mayor de Comillas

Localidad: Comillas

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Estimación de la deformabilidad de la fábrica de mampostería existente, a nivel de planta baja, en el muro central de la crujía Sur del claustro Este del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España).

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 1890, edificio Modernista.

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El Seminario Mayor se trata de un edificio Modernista (finales s. XIX) en el que parcialmente participó el Arquitecto Lluís Domènech i Montaner (autor de entre otros edificios del Hospital Sant Pau de Barcelona, Patrimonio de la Humanidad).

El edificio se articula en torno a dos claustros y a un volumen central en el que se ubican los elementos arquitectónicos y artísticos de mayor calidad, la iglesia, el hall de entrada, la sacristía y el paraninfo.

El edificio ocupa una superficie rectangular aproximada de 100 m x 65 m, con dos patios interiores de unas dimensiones aproximadas de 35 m x 25 m, flanqueando una iglesia que ocupa el centro de la edificación. El edificio consta de planta baja y tres alturas con dos castilletes laterales recercados en las esquinas de la fachada de entrada principal y uno situado encima de dicha entrada. En la fachada puede observarse como el muro es de mampostería recibida con mortero con pilares/contrafuertes de ladrillo macizo. En ocasiones se observa como la fachada de mampostería se encuentra enmarcada con un "pórtico" de sillares de distinto material, que en algunos casos se sustituyen a partir de cierta altura por ladrillo macizo revestido.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

Mampostería caliza aparejada con mortero de cal.

Calizas de dureza media, regulares y de un tamaño medio.

Estructura ligada mediante mortero de cal muy pobre.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 2 gatos planos semiovalados.

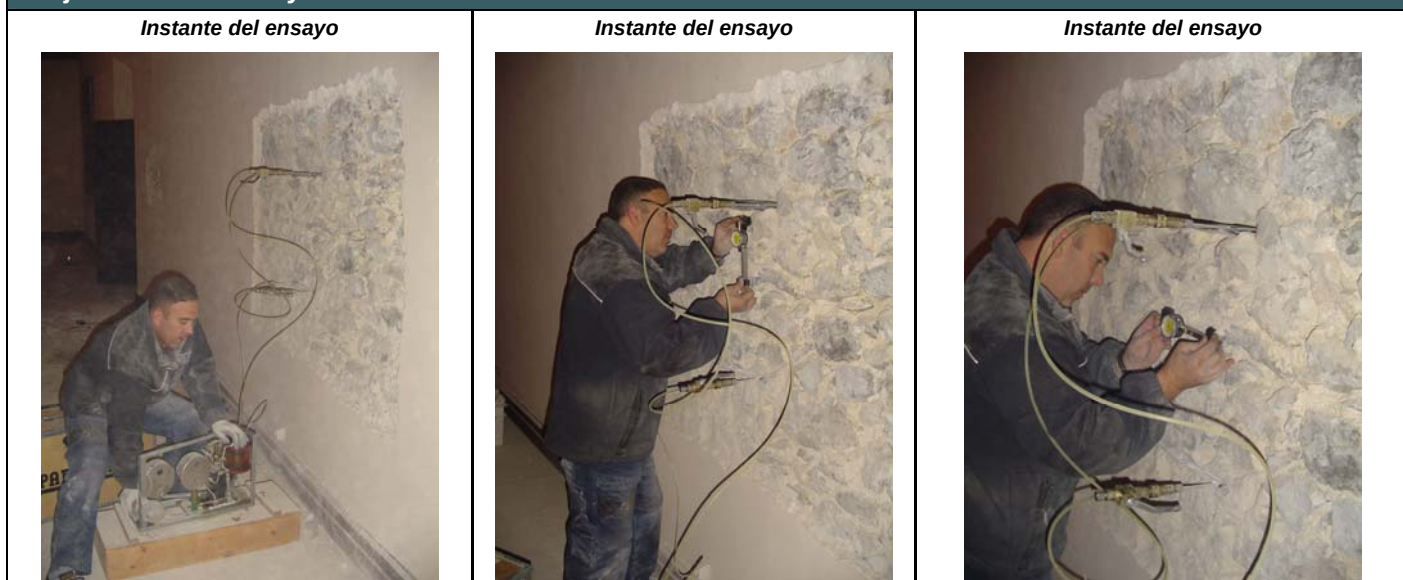
Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 30-11-07
		Ref.: 07909
	CONSTRUCCIÓN: Muro central de mampostería (planta baja) de la crujía Sur del claustro Este del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España)	Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:



5. Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson:

(Se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

Factor de calibración K_m : 0.95

Superficie del gato plano superior (cm^2): 778.56

Superficie de la roza superior (cm^2): -

Superficie del gato plano inferior (cm^2): 778.56

Superficie de la roza inferior (cm^2): -

Factor de calibración K_a : 0.800

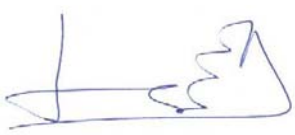
Módulo de elasticidad (E): 2,364.0 N/mm²

Coeficiente de Poisson (ν): 0,45

Observaciones:

El módulo de elasticidad se corresponde con el módulo de elasticidad secante medio de los tres puntos de control dispuestos y para los dos ciclos de carga realizados.

6. Personal:

Técnico Principal: Ignacio Lombillo Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  Firma	Técnico Asistente: Jorge Elices Ingeniero Técnico Industrial  Firma	Director del Lab. de Edificación: Luis Villegas Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  Firma



ANEXO 1: DETERMINACION DE PROPIEDADES DE DEFORMACION MEDIANTE GATOS PLANOS

Norma: ASTM-C 1197

Ensayo: 07909

Ubicación: Claust E, crujía N, muro intermedio. Seminar Mayor Comillas

Fecha: 30/11/2007

Colocación: Gato plano doble

Empresa: GTED-UC

Dimensiones del gato: Semiovale 350x260x3,5 mm

Ref. del gato superior: 1

Ref. del gato inferior: 2

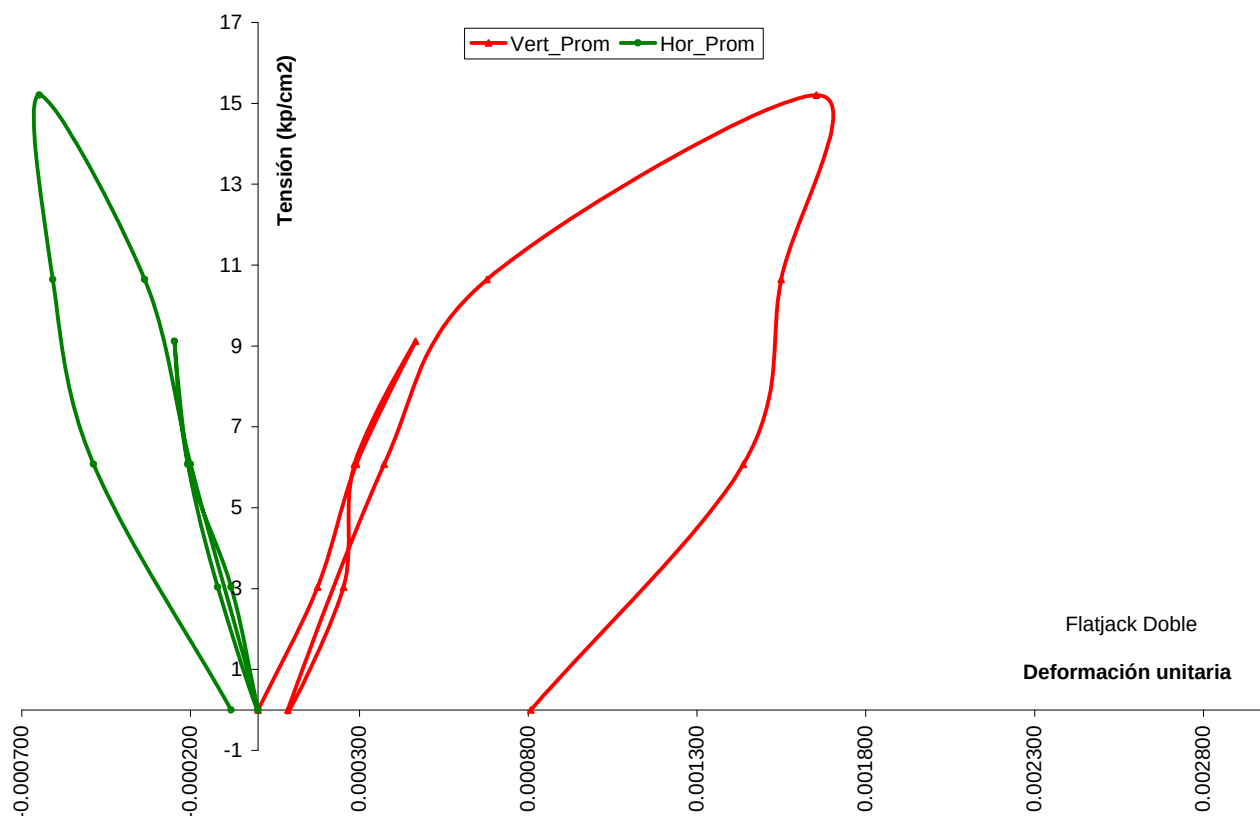
Km: 0.95

Ka: 0.8



Fotografía del ensayo

Curva tensión-deformación									
P. Bomba (kg/cm ²)	P. corregida (kg/cm ²)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	Def5 (abs.)	Def6 (abs.)	Def Vert mean (abs.)	Def Horiz mean (abs.)
0	0	-0.000360	-0.000280	-0.000336	-	-0.000176	-0.000128	-0.000325	-0.000128
10	7.6	0.000072	0.000352	0.000056	-	-0.000064	-0.000288	0.000160	-0.000288
0	0	0.000000	0.000000	0.000000	-	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
4	3.04	0.000136	0.000280	0.000112	-	0.000104	-0.000080	0.000176	-0.000080
8	6.08	0.000232	0.000456	0.000184	-	0.000088	-0.000208	0.000291	-0.000208
12	9.12	0.000408	0.000712	0.000280	-	0.000104	-0.000248	0.000467	-0.000248
8	6.08	0.000184	0.000552	0.000120	-	0.000104	-0.000208	0.000285	-0.000208
4	3.04	0.000232	0.000384	0.000144	-	0.000120	-0.000120	0.000253	-0.000120
0	0	0.000088	0.000120	0.000056	-	0.000048	0.000000	0.000088	0.000000
8	6.08	0.000296	0.000616	0.000208	-	0.000088	-0.000200	0.000373	-0.000200
14	10.64	0.000608	0.001080	0.000344	-	0.000064	-0.000336	0.000677	-0.000336
20	15.2	0.001568	0.002616	0.000776	-	0.000136	-0.000648	0.001653	-0.000648
14	10.64	0.001448	0.002512	0.000688	-	0.000160	-0.000608	0.001549	-0.000608
8	6.08	0.001336	0.002360	0.000616	-	0.000168	-0.000488	0.001437	-0.000488
0	0	0.000792	0.001336	0.000296	-	-0.000024	-0.000080	0.000808	-0.000080



Módulo de elasticidad (kp/cm ²)						Coef. Poisson
	Pto control 1	Pto control 2	Pto control 3	Pto control 4	E medio	
Ciclo1	22,353	10,857	27,143		20,118	-0.45
Ciclo2	29,231	12,258	40,000		27,163	-

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04		Fecha: 25-11-08
	CONSTRUCCIÓN: Muro central de mampostería (planta baja) de la crujía Oeste del claustro Oeste del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España)		Ref.: Lab0831
			Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DE LA DEFORMABILIDAD DE FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: Seminario Mayor de Comillas

Localidad: Comillas

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Estimación de la deformabilidad de la fábrica de mampostería existente, a nivel de planta baja, en el muro central de la crujía Oeste del claustro Oeste del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España).

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 1890, edificio Modernista.

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El Seminario Mayor se trata de un edificio Modernista (finales s. XIX) en el que parcialmente participó el Arquitecto Lluís Domènech i Montaner (autor de entre otros edificios del Hospital Sant Pau de Barcelona, Patrimonio de la Humanidad).

El edificio se articula en torno a dos claustros y a un volumen central en el que se ubican los elementos arquitectónicos y artísticos de mayor calidad, la iglesia, el hall de entrada, la sacristía y el paraninfo.

El edificio ocupa una superficie rectangular aproximada de 100 m x 65 m, con dos patios interiores de unas dimensiones aproximadas de 35 m x 25 m, flanqueando una iglesia que ocupa el centro de la edificación. El edificio consta de planta baja y tres alturas con dos castilletes laterales recercados en las esquinas de la fachada de entrada principal y uno situado encima de dicha entrada. En la fachada puede observarse como el muro es de mampostería recibida con mortero con pilares/contrafuertes de ladrillo macizo. En ocasiones se observa como la fachada de mampostería se encuentra enmarcada con un "pórtico" de sillares de distinto material, que en algunos casos se sustituyen a partir de cierta altura por ladrillo macizo revestido.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

Mampostería caliza aparejada con mortero de cal.

Calizas de dureza media, regulares y de un tamaño medio.

Estructura ligada mediante mortero de cal muy pobre.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 2 gatos planos semiovalados.

Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 25-11-08
		Ref.: Lab0831
	CONSTRUCCIÓN: Muro central de mampostería (planta baja) de la crujía Oeste del claustro Oeste del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España)	Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

Ejecución de la roza	Instante del ensayo
	

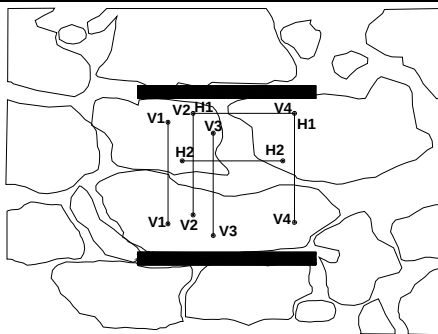
5. Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson:

(Se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

Factor de calibración K_m : 0.95

Superficie del gato plano superior (cm²):		778.56	Factor de calibración Ka:	0.814
Superficie de la roza superior (cm²):		935.72		
Superficie del gato plano inferior (cm²):		778.56		
Superficie de la roza inferior (cm²):		977.00		
Módulo de elasticidad (E):	4,127.9 N/mm²		Coeficiente de Poisson (v):	0,40

Observaciones:



Croquis del área de ensayo realizado

Los resultados obtenidos para el módulo de elasticidad secante corresponden a los registros promediados de los cuatro puntos de control vertical, tras la realización de 3 ciclos de carga y descarga.

En relación al coeficiente de poisson, solo se ha tenido en cuenta el punto de control horizontal nº1, dado que el nº2 experimentó un comportamiento extraño, dado que al comprimir in situ la probeta, dicho punto de control, por efecto poisson, en vez de alargarse se acortaba.

6. Personal:

Técnico Principal: Ignacio Lombillo <i>Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos</i>  Firma	Técnico Asistente: Jorge Elices <i>Ingeniero Técnico Industrial</i>  Firma	Director del Lab. de Edificación: Luis Villegas <i>Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos</i>  Firma



Norma: ASTM-C 1197
Ensayo: Lab0831

Ubicación: Pta. Baja W Seminario Mayor de Comillas
Fecha: 25/11/2008
Colocación: Mampostería caliza
Empresa: GTED-UC

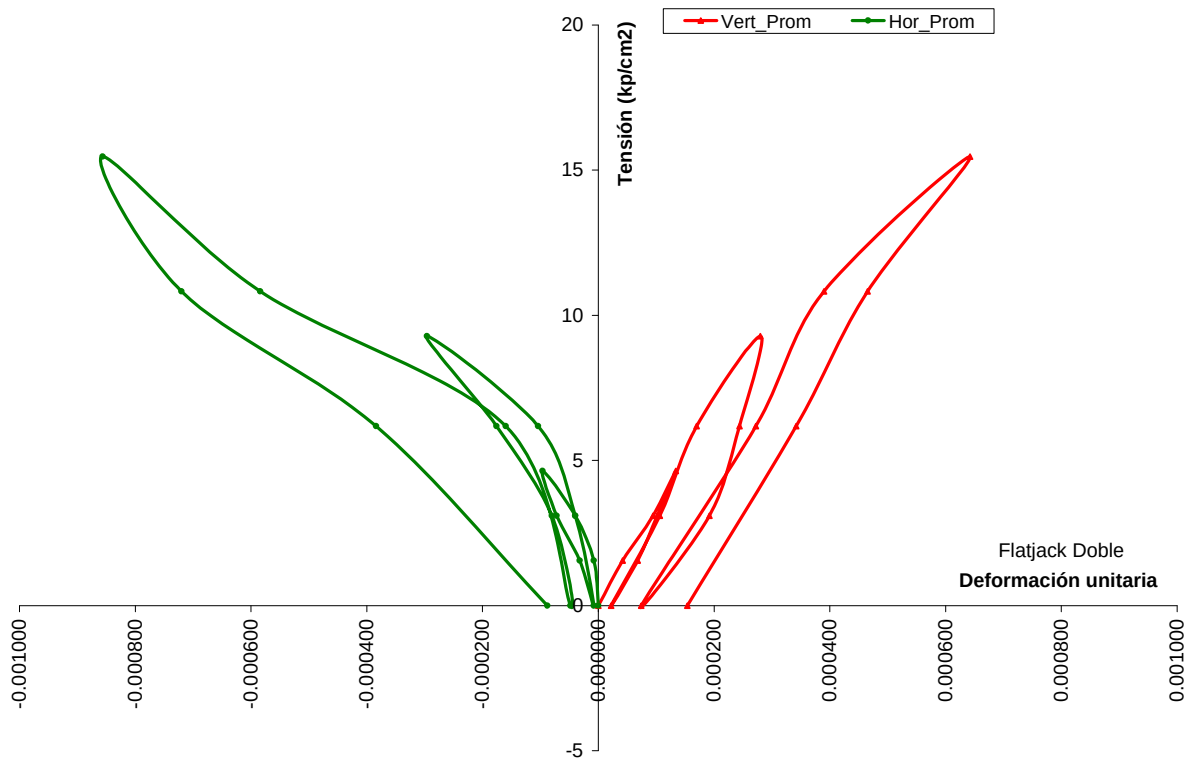
Dimensiones del gato: Semioval 350x260x3,5 mm
Ref. del gato superior: 1
Ref. del gato inferior: 2

Km: 0.95
Ka: 0.814



Fotografía del ensayo

Curva tensión-deformación									
P. Bomba (kg/cm ²)	P. corregida (kg/cm ²)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	Def5 (abs.)	Def6 (abs.)	Def Vert mean (abs.)	Def Horiz mean (abs.)
0	0	-0.000056	-0.000048	-0.000056	-0.000064	-0.000016	-0.000016	-0.000056	-0.000016
10	7.733	0.000088	0.000224	0.000208	0.000168	-0.000056	0.000096	0.000172	-0.000056
0	0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	1.5466	0.000024	0.000032	0.000048	0.000064	-0.000008	0.000080	0.000042	-0.000008
4	3.0932	0.000051	0.000072	0.000072	0.000184	-0.000040	0.000096	0.000095	-0.000040
6	4.6398	0.000088	0.000112	0.000136	0.000200	-0.000096	0.000136	0.000134	-0.000096
4	3.0932	0.000064	0.000096	0.000088	0.000160	-0.000072	0.000112	0.000102	-0.000072
2	1.5466	0.000048	0.000064	0.000064	0.000096	-0.000032	0.000088	0.000068	-0.000032
0	0	0.000016	0.000032	0.000016	0.000024	-0.000008	0.000024	0.000022	-0.000008
4	3.0932	0.000072	0.000104	0.000104	0.000144	-0.000040	0.000128	0.000106	-0.000040
8	6.1864	0.000120	0.000144	0.000176	0.000240	-0.000104	0.000160	0.000170	-0.000104
12	9.2796	0.000192	0.000224	0.000368	0.000336	-0.000296	0.000208	0.000280	-0.000296
8	6.1864	0.000168	0.000192	0.000296	0.000320	-0.000176	0.000168	0.000244	-0.000176
4	3.0932	0.000136	0.000168	0.000232	0.000232	-0.000080	0.000152	0.000192	-0.000080
0	0	0.000056	0.000072	0.000056	0.000112	-0.000048	0.000104	0.000074	-0.000048
8	6.1864	0.000128	0.000216	0.000392	0.000352	-0.000160	0.000128	0.000272	-0.000160
14	10.8262	0.000224	0.000328	0.000584	0.000424	-0.000584	0.000224	0.000390	-0.000584
20	15.466	0.000440	0.000496	0.001024	0.000608	-0.000856	0.000336	0.000642	-0.000856
14	10.8262	0.000288	0.000384	0.000680	0.000510	-0.000720	0.000280	0.000465	-0.000720
8	6.1864	0.000200	0.000272	0.000496	0.000400	-0.000384	0.000216	0.000342	-0.000384
0	0	0.000096	0.000136	0.000144	0.000240	-0.000088	0.000256	0.000154	-0.000088



Módulo de elasticidad (kp/cm ²)					
	Pto control 1	Pto control 2	Pto control 3	Pto control 4	E medio
Ciclo1	60,414	42,961	42,961	16,811	40,787
Ciclo2	55,236	42,961	35,150	25,777	39,781
Ciclo3	85,922	42,961	18,412	25,777	43,268

	Coef. Poisson
Ciclo1	-0.42
Ciclo2	-0.38
Ciclo3	-

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 28-11-08
	CONSTRUCCIÓN: Muro central de ladrillo (bajo cubierta) de la crujía Norte del claustro Oeste del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España)	Ref.: Lab0832
		Pág. 1 de 3

ESTIMACIÓN IN-SITU DE LA DEFORMABILIDAD DE FÁBRICAS MEDIANTE GATOS PLANOS

1. Datos geográficos de la construcción:

Dirección: Seminario Mayor de Comillas

Localidad: Comillas

Provincia: Cantabria

País: España

2. Condiciones de ensayo:

2.1.- Motivación del ensayo (petionario, objeto, etc.)

Estimación de la deformabilidad de la fábrica de ladrillo existente, a nivel de bajo cubierta, en el muro central de la crujía Norte del claustro Oeste del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España).

2.2.- Fecha de construcción (aprox.): 1890, edificio Modernista.

2.3.- Descripción de la construcción a estudiar

El Seminario Mayor se trata de un edificio Modernista (finales s. XIX) en el que parcialmente participó el Arquitecto Lluís Domènech i Montaner (autor de entre otros edificios del Hospital Sant Pau de Barcelona, Patrimonio de la Humanidad).

El edificio se articula en torno a dos claustros y a un volumen central en el que se ubican los elementos arquitectónicos y artísticos de mayor calidad, la iglesia, el hall de entrada, la sacristía y el paraninfo.

El edificio ocupa una superficie rectangular aproximada de 100 m x 65 m, con dos patios interiores de unas dimensiones aproximadas de 35 m x 25 m, flanqueando una iglesia que ocupa el centro de la edificación. El edificio consta de planta baja y tres alturas con dos castilletes laterales recrecidos en las esquinas de la fachada de entrada principal y uno situado encima de dicha entrada. En la fachada puede observarse como el muro es de mampostería recibida con mortero con pilares/contrafuertes de ladrillo macizo. En ocasiones se observa como la fachada de mampostería se encuentra enmarcada con un "pórtico" de sillares de distinto material, que en algunos casos se sustituyen a partir de cierta altura por ladrillo macizo revestido.

2.4.- Fotografías de la construcción:



2.5.- Descripción visual de materiales componentes del elemento estructural a ensayar:

Fábrica de ladrillo aparejado con mortero de cal.

3. Descripción y recursos empleados:

Descripción de los equipos empleados:

1 comparador analógico, bomba manual con manómetro y 2 gatos planos semioviales.

Utillaje y herramienta necesaria para montaje/desmontaje y apertura de la roza

Comentarios:

Ensayo realizado según la norma de referencia.

	ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN IN-SITU DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD EN FÁBRICAS MEDIANTE LA TÉCNICA DE GATOS PLANOS SEGÚN LA NORMA ASTM C 1197-04	Fecha: 28-11-08
		Ref.: Lab0832
	CONSTRUCCIÓN: Muro central de ladrillo (bajo cubierta) de la crujía Norte del claustro Oeste del Seminario Mayor de Comillas (Cantabria, España)	Pág. 2 de 3

4. Ejecución del ensayo:

Purga de los gatos planos 	Instante del ensayo 

5. Módulo de elasticidad y coeficiente de Poisson:

(Se remite al lector al anexo 1 para una mayor información)

Factor de calibración K_m : 0.855

Superficie del gato plano superior (cm^2): 778.56

Superficie de la roza superior (cm^2): 887.25

Superficie del gato plano inferior (cm^2): 778.56

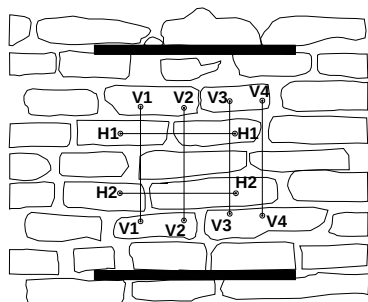
Superficie de la roza inferior (cm^2): 850.08

Factor de calibración K_a : 0.897

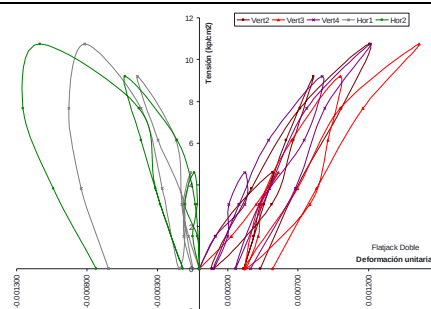
Módulo de elasticidad (E): 1,789.1 N/mm²

Coeficiente de Poisson (ν): 0.30

Observaciones:



Croquis del área de ensayo realizado



Los resultados obtenidos para el módulo de elasticidad secante corresponden a los registros promediados de los puntos de control vertical nº 2, 3 y 4, tras la realización del segundo y tercer ciclo de carga. El punto de control nº1 no se tuvo en cuenta dado que registró un comportamiento ilógico.

6. Personal:

Técnico Principal: Ignacio Lombillo Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  Firma	Técnico Asistente: Jorge Elices Ingeniero Técnico Industrial  Firma	Director del Lab. de Edificación: Luis Villegas Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  Firma



ANEXO 1: DETERMINACION DE PROPIEDADES DE DEFORMACION MEDIANTE GATOS PLANOS

Norma: ASTM-C 1197
Ensayo: Lab0832

Ubicación: Pta. Bajo cub N Seminario Mayor de Comillas
Fecha: 28/11/2008
Colocación: Fabrica de ladrillo
Empresa: GTED-UC

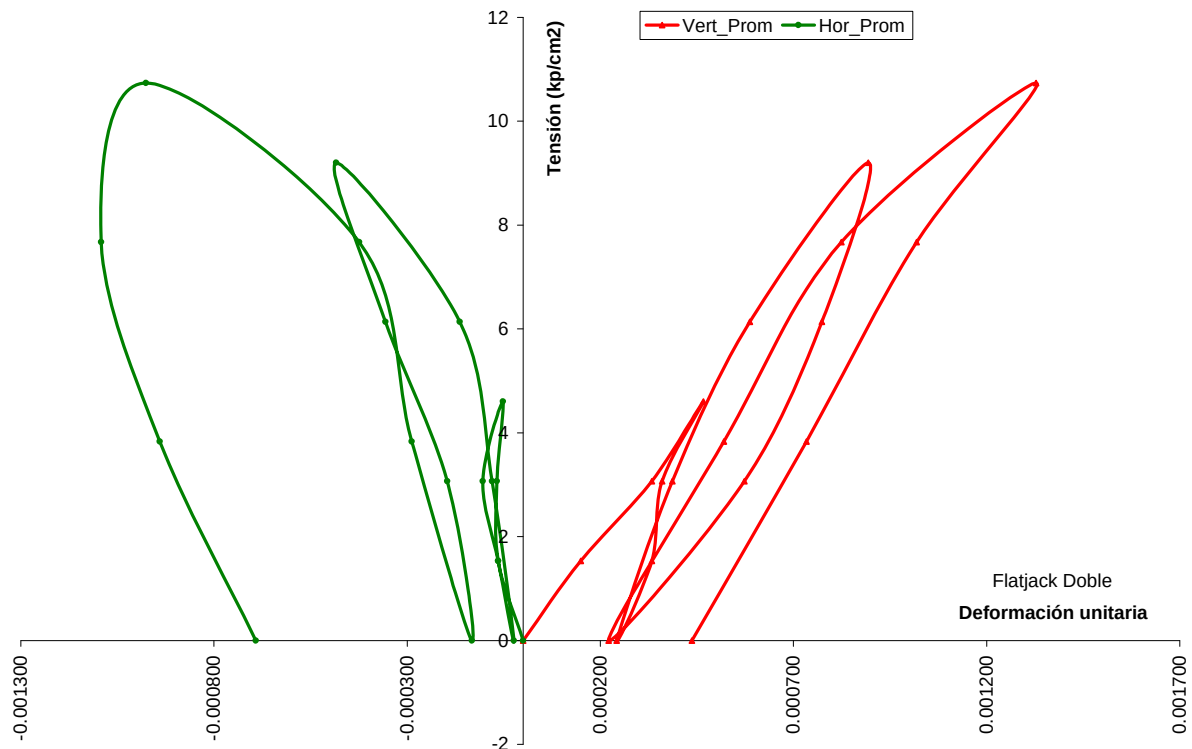
Dimensiones del gato: Semiovale 350x260x3,5 mm
Ref. del gato superior: 1
Ref. del gato inferior: 2

Km: 0.855
Ka: 0.897



Fotografía del ensayo

Curva tensión-deformación									
P. Bomba (kg/cm2)	P. corregida (kg/cm2)	Def 1 (abs.)	Def 2 (abs.)	Def 3 (abs.)	Def 4 (abs.)	Def5 (abs.)	Def6 (abs.)	Def Vert mean (abs.)	Def Horiz mean (abs.)
0	0	0.000256	-0.000328	0.000168	0.000000	0.000152	0.000144	-0.000053	0.000148
10	7.66935	0.000456	0.001016	0.000616	0.000480	-0.000048	-0.000184	0.000704	-0.000116
0	0	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
2	1.53387	0.000120	0.000112	0.000224	0.000112	-0.000080	-0.000048	0.000149	-0.000064
4	3.06774	0.000240	0.000280	0.000400	0.000320	-0.000120	-0.000016	0.000333	-0.000068
6	4.60161	0.000368	0.000520	0.000560	0.000320	-0.000064	-0.000040	0.000467	-0.000052
4	3.06774	0.000216	0.000432	0.000440	0.000208	-0.000104	-0.000104	0.000360	-0.000104
2	1.53387	0.000024	0.000384	0.000416	0.000200	-0.000112	-0.000016	0.000333	-0.000064
0	0	-0.000064	0.000312	0.000320	0.000096	-0.000048	0.000000	0.000243	-0.000024
4	3.06774	0.000200	0.000456	0.000424	0.000280	-0.000128	-0.000032	0.000387	-0.000080
8	6.13548	0.000376	0.000616	0.000656	0.000488	-0.000168	-0.000160	0.000587	-0.000164
12	9.20322	0.000512	0.000808	0.001000	0.000872	-0.000440	-0.000528	0.000893	-0.000484
8	6.13548	0.000320	0.000664	0.000912	0.000744	-0.000296	-0.000416	0.000773	-0.000356
4	3.06774	0.000200	0.000512	0.000784	0.000424	-0.000112	-0.000280	0.000573	-0.000196
0	0	-0.000080	0.000088	0.000320	0.000256	-0.000144	-0.000120	0.000221	-0.000132
5	3.834675	0.000200	0.000368	0.000696	0.000496	-0.000264	-0.000312	0.000520	-0.000288
10	7.66935	0.000504	0.000712	0.001000	0.000760	-0.000416	-0.000432	0.000824	-0.000424
14	10.73709	0.000720	0.001208	0.001560	0.001216	-0.000816	-0.001136	0.001328	-0.000976
10	7.66935	0.000432	0.001008	0.001160	0.000888	-0.000928	-0.001256	0.001019	-0.001092
5	3.834675	0.000200	0.000688	0.000832	0.000680	-0.000840	-0.001040	0.000733	-0.000940
0	0	-0.000256	0.000432	0.000520	0.000360	-0.000648	-0.000736	0.000437	-0.000692



Módulo de elasticidad (kp/cm2)						Coef. Poisson
	Pto control 1	Pto control 2	Pto control 3	Pto control 4	E medio	
Ciclo1		10,956	7,669	9,587	9,404	-0.20
Ciclo2		21,304	29,497	16,672	22,491	-0.39
Ciclo3		13,695	10,199	15,978	13,291	-

7

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A

- Abbaneo S., Berra M. y Binda L. (1996). "Pulse velocity test to qualify existing masonry walls: usefulness of waveform analyses". Proc. of the 3rd Conference on Nondestructive Evaluation of Civil Structures and Materials, 9-11 September 1996, Boulder, Colorado, United States, pp. 81-95.
- Abbaneo S., Binda L., Berra M. y Faticcioni A. (1995). "Non-destructive evaluation of brick masonry structures: calibration of sonic wave propagation procedures". Proc. of the Int. Symp. NDT in Civil Eng., Berlin, vol. 2, pp. 1173-1179, 1995.
- Abdunur C. (1983). "Stress and deformability in concrete and masonry". International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE). Symposium of Strengthening of Building Structures – Diagnosis and Therapy. Venice, Italy
- Abrams D.P. y Epperson G.S. (1989). "Evaluation of shear strength of unreinforcement brick walls based on non-destructive measurements". Proceedings of the 5th Canadian Masonry Symposium.
- Adams M.A. y Hobbs D.W. (1994). "Bond strength of brickwork from crossed couplet and wallette tests: Some comparative results." Masonry International, Vol. 8, pp. 16–20.
- Alavalkama I., Aura S. y Palmqvist H., (eds. 1993). "Endoscopy as a tool in Architecture". Proc. of the 1st Europ. Archit. Endoscopy Assoc. Conf., Tampere, Finland, p. 196.
- Albert V., Fernández R., Fuente J.V., Martínez R. y Yuste J. (2009). "Control estructural mediante monitorización remota: Casos de aplicación". San Jose T., Villegas L., Yuste J., García D., Lombillo I. y Fuente J.V. (2009, eds.): Tecnología de la Rehabilitación y Gestión del Patrimonio Construido (REHABEND 2009). Labein, Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria & Aidico. Bilbao (España).
- Albert V., Martínez R., Fuente J.V., Fernández R., González N. y Yuste J. (2009a). "Remote Monitoring and Dynamic Analysis of the built heritage. Cases of Study". Yuste J., Villegas L., Fuente J.V., Rodríguez D. y Lombillo I. (2009, eds.): Tecnología de la Rehabilitación y Gestión del Patrimonio Construido (REHABEND 2009). Aidico & Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria. Santander (España).
- Almeida C. M. N. V. (2000). "Análise do Comportamento da Igreja do Mosteiro da Serra do Pilar sob a Acção dos Sismos". Tese de Mestrado em Engenharia Civil, FEUP, Porto.
- Alonso Ruiz B. (2002). "La arquitectura de la Edad Moderna". Catálogo del Patrimonio Cultural de Cantabria. III. Santander y su entorno. Gobierno de Cantabria. Santander. pp.139-142.

- Anzani A., Binda L., Carpinteri A., Invernizzi S. y Lacidogna G. (2008). "Monitoring structural integrity of historic towers: a mixed approach for their damage evaluation". Forde M.C. (2003, ed.), 12th International Conference Structural Faults+Repair-2008. Edinburgh, 10th-12th June 2008.
- Anzani A., Binda L., Cantini L. Cardani G., Saisi A. y Tedeschi C. (2007). "On site and laboratory investigation to assess material and structural damage on some churches hit by an earthquake". XII Conv. Naz. L'Ingegneria Sismica, ANIDIS 2007, Pisa 10-14/6/2007, DVD, Edizioni Plus, Pisa, pp. 1-10.
- Anzani A., Baila A., Penazzi D. y Binda L. (2004), "Vulnerability study in seismic areas: the role of on-site and archives investigation". IV Int. Seminar Structural Analysis of Historical Constructions, Padova 10-12/11/2004, Vol. 2, pp. 1051-1059, ISBN 04 15363799.
- Apageo (2007). "APAGEO-Modo operativo Presiómetro Ménard (Versión 2007). 40 pp.
- Aramburu-Zabala M.A. (2002). "Casas, torres y palacios de Cantabria". Tomo II. Santander.
- Aramburu-Zabala M.A. (1992). "El palacio de Riva-Herrera en Pronillo (Santander)". Santander.
- Arêde A. y Costa A. (2002). "Inspeção e diagnóstico estrutural de construções históricas (algumas contribuições da FEUP)". Actas do 1º Seminário "A intervenção no Património. Práticas de Conservação e Reabilitação", FEUP, Porto, Outubro de 2002.
- Arosio D., Da Porto F., Mosele F., Munda S. y Zanzi L. (2009). "Calibration and on-site application of radar and sonic methods for quality control of reinforced masonry". NDTCE'09, Non-Destructive Testing in Civil Engineering. Nantes, France, June 30th – July 3rd, 2009.
- Astori B., Giani G.P. y Rossi P.P. (1988). "Control measurements and stability analysis of the Cathedral of Orvieto, Italy". Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm
- ASTM C1531-09 (2009). "Standard Test Methods for In Situ Measurement Of Masonry Mortar Joint Shear Strength Index".
- ASTM C 1196-04 (2004). "Standard test method for in situ compressive stress within solid unit masonry estimated using flatjack measurements".
- ASTM C 1197-04 (2004). "Standard test method for in situ measurement of masonry deformability properties using the flatjack method".
- ASTM C 1531-03 (2003). "Métodos de ensayo para la medida in situ de la resistencia al corte de la junta de mortero de fábricas".
- ASTM C 1531-02 (2002) "Test Methods for In Situ Measurement of Masonry Mortar Joint Shear Strength Index".
- ASTM E 837-01 (2001). "Standard Test Method for Determining Residual Stresses by the Hole-Drilling Strain-Gage Method".
- ASTM E 837-99 (1999). "Standard Test Method for Determining Residual Stresses by the Hole-Drilling Strain-Gage Method".
- ASTM C 1196-91 (1991). "In-situ compressive stress within solid unit masonry estimated using flat-jack measurements".
- ASTM C 1197-91 (1991). "In-situ measurement of masonry deformability properties using flat-jack method".
- ASTM E 837-95 (1995). "Standard Test Method for Determining Residual Stresses by the Hole-Drilling Strain-Gage Method"
- Astudillo R. y García P. (1998). "El ensayo de gato plano como técnica para la auscultación in-situ de obras de fábrica". Ingeniería Civil 98, pp. 25-33.

Atkinson R. H., Kingsley G. R., Saeb S., y Amadei B. S. (1988). "A laboratory and in situ study of the shear strength of masonry bed joints". Proceedings of the 8th International Brick/Block Masonry Conference. Dublin, Ireland.

Aymat C. Patología y rehabilitación de cajones de tapial. Recurso informático: <http://www.arquitectura-tecnica.org/ARTICULO15.htm> (consultado diciembre 2009).

B

Baguelin F., Jezequel J.F. y Shields D.H. (1978). The Pressuremeter and Foundation Engineering. Trans Tech Publications, Clausthal, Germany, 617pp

Balduzzi B., Mazza D., Papis D., Rossi C. y Rossi P.P. (2006). "Experimental and numerical analysis for the strengthening intervention of the bell-tower of St. Sisto's Church in Bergamo". SAHC, Structural Analysis of Historical Constructions, New Delhi. Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Barilaro D., Branca C., Gresta S., Imposa S., Leone A. y Majolino D. (2007). "Ground penetrating radar (G.P.R.) surveys applied to the research of crypts in San Sebastiano's church in Catania (Sicily)". Journal of Cultural Heritage 8, pp. 73-76.

Barksdale R.D., Bachus, R.C. y Calnan, M.B. (1982). "Settlements of a tower on residual soil." Proc., Conference on Engineering and Construction in Tropical and Residual Soils, Honolulu, HI, ASCE, 647- 664.

Barla G. y Rossi P. P. (1983). "Stress Measurements in Túnel Linings". ISMES Publication N° 190. Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Barrallo J., Zulueta A. y Sánchez-Beitia S. (1999). "The Donostia Method for stress measurements in architectural heritage". STRAIN (British Society for Strain Measurement); 35 (3): 107-112.

Barrallo J., Zulueta A. y Sánchez-Beitia S. (1997). "The Hondarribia City Walls". In Brebbia C, Sánchez-Beitia S, editors. Proceedings of STREMAH 97. Donostia-San Sebastián. pp. 559-565.

Barrallo J., Zulueta A. y Sánchez-Beitia S. (1995). "Stress Measurements on Rock Structures: A Building by the Architect Antoni Gaudí". Proc. de Mechanical Behavior of Materials-VII, A. Bakker-Delft, Delft Univ. Press, pp.145-146.

Barrallo J., Zulueta A. y Sánchez-Beitia S. (1995a). "Stress Measurements on Historical Buildings by the Hole Drilling Method". In Brebbia C. editor. Proceedings of STREMAH 95. San Sebastián. pp. 255-261.

Barrallo J., Zulueta A., Blanco L., Caro J. y Sánchez-Beitia S. (1994). "Stress measurements on ancient structures by the hole drilling method". Experimental Techniques (SEM); 19 (3): 9-13.

Barrallo J., Zulueta A. y Sánchez-Beitia S. (1994a). "Stress Measurements on Ancient Structures". Proc. de Int. Conf. on Residual Stresses, ICRS4, Experimental Mechanics Society, Baltimore, pp.290-294.

Berra M., Binda L., Anti L. y Faticcioni A. (1992). "Utilisation of sonic tests to evaluate damaged and repaired masonries". Proc. of NDT Evaluation of Civil Struct. and Mat., Boulder, Colorado, pp. 329-338, 1992.

Bilello C., Brencich A., Corradi C., Di Paola M. y Sterpi E. (2007). "Experimental tests and theoretical issues for the identification of existing brickwork". X NAMC 10th North Am. Mas. Conf., paper 158.

Bilello C., Brencich A., Di Paola M. y Sterpi E. (2006). "Compressive strength of solid clay brickwork: calibration of experimental tests". 7th Int. Mas. Conf., London, Proc. Brit. Mas.Soc., 10.

Binda L., Anzani A. y Cardani G. (2009). "Methodologies for the evaluation of seismic vulnerability of complex masonry buildings: case histories in the historic centre of Sulmona". Proceedings

Eleventh International Conference on Structural Repairs and Maintenance of Heritage Architecture (STREMAH 2009), pp. 395-405. Organised by: Wessex Institute of Technology, UK. Tallinn (Estonia).

Binda L. y Saisi A. (2009a). "Application of NDTs to the diagnosis of Historic Structures". NDTCE'09, Non-Destructive Testing in Civil Engineering Nantes, France, June 30th – July 3rd, 2009

Binda L., Lualdi M., Saisi A. (2008). "Investigation strategies for the diagnosis of historic structures: on-site tests on Avio Castle, latly, and Pisece Castle, Slovenia". Can. J. Civ. Eng. 35: 555-566.

Binda L., Zanzi L., Condoleo P., Cardani G. y Anzani A. (2008a). "ND evaluation and monitoring of the Basilica of S. Lorenzo in Cremona". Proc. of RILEM SACoMaTiS 2008, vol. 2, pp. 737-746.

Binda L., Cantini L., Tiraboschi C. y Amigoni C. (2008b) "Non-destructive investigation for the conservation design of a Monastery near Bergamo (Italy)". Proc. of RILEM SACoMaTiS 2008, vol. 2, pp. 797-806.

Binda L. (ed.). (2008c). Learning from Failure – Long-term Behaviour of Heavy Masonry Structures. WIT Press, Ashurst Lodge, Ashurst, Southampton. S040-7AA, UK. 256 pp.

Binda L. y Saisi A. (2008d). "The most interesting NDTs in building refurbishment studies: Lessons learnt in the intervention on some historic Italian constructions". Lombillo I. y Villegas L. (2008, eds.): Tecnología de la Rehabilitación y gestión del Patrimonio Construido (REHABEND 2007). Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria, Santander (España).

Binda, L., Bosiljkov, V., Saisi, A., Zanzi, L. y Tomazevic, M. (2006). "Guidelines for the diagnostic investigation of historic buildings". [CD-ROM]. In Proceedings of the 7th International Masonry Conference, London, UK, 30 October – 1 November 2006. Edited by G. Thompson, [CD-ROM]. International Masonry Society, Surrey, London, UK.

Binda L., Pina-Henriques J., Anzani A., Fontana A. y Lourenço P.B. (2006a). "A contribution for the understanding of load-transfer mechanisms in multi-leaf masonry walls: Testing and modelling". Engineering Structures 28, pp. 1132–1148.

Binda L., Zanzi L., Lualdi M. y Condoleo P. (2005). "The use of georadar to assess damage to a masonry Bell Tower in Cremona, Italy". NDT&E International 38, pp. 171–179.

Binda L., Cantini L., Fernandes F., Saisi A., Tedeschi C. y Zanzi L. (2004a). "Diagnostic investigation on the historical masonry structures of a castle by the complementary use of non destructive techniques", 13th International Brick and Block Masonry Conference, Amsterdam, July 4-7.

Binda L. (2003). "Vulnerability of Historic Centres and Cultural Heritage" (Scientific Coordinator: Ing. Luciano Marchetti). Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, 2nd year of activity: Annual Report.

Disponibile

en

http://gndt.ingv.it/Att_scient/Pe2001_RelAnn/Marchetti/PE2001_RelAnn_Marchetti_eng.pdf

(consultado 23 de marzo de 2007).

Binda, L., Saisi, A. y Zanzi, L. (2003a). "Sonic tomography and flat jack tests as complementary investigation procedures for the stone pillars of the temple of S. Nicolo' l'Arena (Italy)". NDT & E International, 36(4): 215–227.

Binda, L., Lualdi, M., Saisi, A. y Zanzi, L. (2003b). "The complementary use of on site non destructive tests for the investigation of historic masonry structures". In Proceedings of the 9th North American Masonry Conference (9NAMC). Clemson, S.C. 1– 3 June 2003. The Masonry Society, Boulder, Colo. pp. 978–989.

Binda L., Tiraboschi C. y Baronio G. (2003c). "On-site investigation on the remains of the Cathedral of Noto". Construction and Building Materials 17, pp. 543-555.

Binda L., Lualdi M., Saisi A., Zanzi L., Gianinetto M. y Roche G. (2003d). "NDT applied to the diagnosis of historic buildings: a case history". Forde M.C. (2003, ed.), 10th International Conference Structural Faults+Repair-2003. London, 1st-3rd July 2003.

Binda L., Zanzi L., Lualdi M. y Condoleo P. (2003d). "Complementarity of non destructive techniques in the diagnosis of damaged historic structures". Forde M.C. (2003, ed.), 10th International Conference Structural Faults+Repair-2003. London, 1st-3rd July 2003.

Binda L., Saisi A., Tiraboschi C., Valle S., Colla C. y Forde M. (2003e). "Application of sonic and radar tests on the piers and walls of the Cathedral of Noto". Construction and Building Materials 17, pp. 613–627.

Binda L. y Saisi A. (2002). "State of the Art of Research on Historic Structures in Italy". Advanced Research Initiation Assisting and Developing Networks in Europe (ARIADNE) Workshops, ARIADNE 11 – Historic structures, Mayo 20-26, 2002. Disponible en http://www.arcchip.cz/w11/w11_binda.pdf

Binda L., Saisi A., y Tiraboschi, C. (2001). Application of sonic tests to the diagnosis of damaged and repaired structures. NDT & E International, 34(2): 123–138.

Binda L. y Saisi A. (2001b). "Non Destructive Testing applied to historic buildings: the case of some Sicilian Churches". 3rd International Seminar: Historical Constructions - Possibilities of Numerical and Experimental Techniques. Guimarães, Portugal.

Binda L., Saisi A., Messina S. y Tringali S. (2001c). "Mechanical damage due to long term behaviour of multiple leaf pillars in Sicilian Churches". Historical Constructions, P.B. Lourenço, P. Roca (Eds.), Guimarães, 2001, pp. 707-718.

Binda L., Saisi A. y Tiraboschi C. (2000). "Investigation procedures for the diagnosis of historic masonries". Construction and Building Materials 14, pp. 199-233.

Binda L., Tongini-Folli R. y Mirabella-Roberti G. (2000a). "Survey and investigation for the diagnosis of damaged masonry structures: the Torrazzo of Cremona". 12th Int. Brick/Block Masonry Conf., Madrid, Spain, 2000, pp. 237-257.

Binda L., Falco M., Poggi C. Zasso A., Mirabella-Roberti G., Corradi R. y Tongini-Folli R. (2000b). Static and dynamic studies on the Torrazzo in Cremona (Italy): the highest masonry bell tower in Europe", Int. Symp. Bridging Large Spans from Antiquity to the Present, Istanbul, 2000, p.100-110.

Binda L., Baronio G., Gambarotta L., Lagomarsino S. y Modena C. (1999). "Masonry constructions in seismic areas of central Italy: a multi-level approach to conservation". 8NAMC (North American Masonry Conf.), Austin, USA, pp. 44-55, CD-ROM.

Binda L. y Tiraboschi C. (1999a). "Flat-Jack Test as a Slightly Destructive Technique for the Diagnosis of Brick and Stone Masonry Structures". Int. Journal for Restoration of Buildings and Monuments, Int. Zeitschrift fur Bauinstandsetzen und Baudenkmalpflege, Zurich, pp. 449-472.

Binda L., Colla C., Saisi A., Valle S. (1999b). "Application of Georadar to the Diagnosis of Damaged Structures". 6th International Conference Structural Studies, Repairs and Maintenance of Historical Buildings, STREMAH 99, Dresden, Germany; pp. 13–22.

Binda L., Saisi A. y Tiraboschi C. (1999c). "Application of sonic tests to the diagnosis of damaged and repaired structures". Proceedings of the 8th International Conference and Exhibition, Structural Faults & Repair, London; 2001 (Non destruct Test Eval Int 34(2), pp. 123-38.

Binda L. (1998). "Le Strutture Murarie: Individuazione, Rappresentazione e Valutazione del Degrado Statico". Consolidamento e Recupero dei Centri Urbani, Migliacci A., Mola F. and Tattoni S. (eds.). CLUP: Milano, pp. 135-173.

Binda L., Tiraboschi C. y Tongini-Folli R. (1998a). "On site and laboratory investigation on materials and structure of a Bell-Tower in Monza". 2nd Int. Conf. RILEM on Rehabilitation of Structures, Highett, Australia, pp.542-556.

Binda L., Lenzi G. y Saisi A. (1998b). "NDE of masonry structures: use of radar tests for characterization of stone masonries". NDT&E International, vol. 31, no. 6, pp. 411-419.

Binda, L., Fontana, A. y Frigerio, G. (1998c), "Mechanical behavior of brick masonries derived from unit and mortar characteristics". Proceedings of the 8th International Brick/Block Masonry Conference, Dublin, Ireland.

Binda L., Modena C., Baronio G. y Abbaneo S. (1997). "Repair and investigation techniques for stone masonry walls". Construction and Building Materials, Vol. 11, N°. 3, pp. 133-142.

Binda L., Gatti G., Mangano G., Poggi C. y Sacchi Landriani G. (1992). "The Collapse of the Civic Tower of Pavia: a Survey of the Materials and Structure". Masonry International, pp. 11–20.

Binda L., Gatti G., Mangano G., Poggi C. y Sacchi Landriani G. (1990). "La Torre Civica di Pavia: indagine sui materiali e sulla struttura". L'Edilizia e l'industrializzazione, n. 11.

Binda L., Rossi P. P., Sacchi Landriani G. (1983). "Diagnostic Analysis of Masonry Buildings". International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE). Symposium of Strengthening of Building Structures – Diagnosis and Therapy. Venice, Italy. Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Binda L., Baldi G., Carabelli E., Rossi P.P. y Sacchi Landriani G. (1982). "Evaluation of the statical decay of masonry structures: methodology and practice". Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Blasi C., Conforto M.L. y Rossi P.P. (1990). "Analysis of the statical behaviour of the Costantino's arch in Rome". Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Blasi C. y Rossi P.P. (1988). "Indagine sulle strutture murarie del tempio cosiddetto di Romolo nel Foro Romano: prove non distruttive con martinetti piatti e analisi numeriche". Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Bonaldi P., Jurina L. y Rossi P.P. (1981). "Indagini sperimentali e numeriche sui dissesti del Palazzo della Ragione di Milano". Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Borri A., Corradi M., Speranzini E. y A. Giannantoni. (2008). "Consolidation and reinforcement of stone walls using a reinforced repointing grid". Structural Analysis of Historic Construction – D'Ayala and Fodde (eds). Taylor & Francis Group, pp. 981-989. London, ISBN 978-0-415-46872-5.

Bosiljkov V., Bokan-Bosiljkov V. y Zarnic R. (2008). "Low vs. high tech diagnosis techniques for the assessment of masonry structures". HMC 08 1st Historical Mortars Conference, Lisbon, 24th to 26th September 2008.

Bosiljkov, V., Tomazevic, M., Binda, L., Tedeschi, C., Saisi, A., Zanzi, L., da Porto, F., Modena, C. y Valluzzi, M.R. (2004). "Combined in-situ tests for the assessment of historic masonry structures in seismic regions". In Proceedings of the 4th International Seminar on Structural Analysis of Historical Constructions, Padova, Italy, 10–13 November 2004. Edited by C. Modena, P.B. Lourenco, y P. Roca. Taylor & Francis, London, UK. pp. 321–329.

Brencich A. y Sterpi E. (2006). "Compressive strength of solid clay brick masonry: calibration of experimental tests and theoretical issues". SAHC-Structural Analysis of Historical Constructions, P.B. Lourenço, P. Roca, C. Modena, S. Agrawal (Eds.), ISBN 972-8692-27-7, New Delhi.

Brencich A., Corradi C. y Sterpi E. (2004). "Experimental approaches to the compressive response of solid clay brick masonry". 13th International Brick and Block Masonry Conference, Amsterdam, 4-7 Julio.

BRE-Digest 409 (1995). "Masonry and concrete structures. Measuring in-situ strength and elasticity using flat jacks". Building Research Establishment.

C

Canchado R. (2009). “Ensayo de dilatómetro en paredes de obra de fábrica”. Tutor: Roca P. Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d'Enginyeria de la Construcció.

Cardani G., Anzani A., Binda L. y Saisi A. (2008) “On site structural assessment of Churches in Stone work damaged by the Earthquake”. 2nd Canadian Conference on Effective Design of Structures, McMaster University, Hamilton, Ontario, Canada, 20-23/05/2008, pp. 1-10, CD-ROM ISBN: 0-9738035-3-2.

Cardarelli E. (2005). “3D Tomography of some pillars of the Coliseum”. Bollettino di geofisica teorica ed applicata;37, pp. 267–75.

Cardarelli E y de Nardis R. (2001). “Seismic refraction, and isotropic and anisotropic seismic tomography on an ancient monument (Antonino and Faustina temple AD 141)”. Geophys Prospecting ;49, pp.1–14.

Carpinteri A., Invernizzi S. y Lacidogna G. (2007). “Structural assessment of 17th-century masonry vault with acoustic emissions and numerical techniques”. International Journal of Architectural Heritage: Conservation, Analysis, and Restoration, Volume 1, Issue 2 April 2007, pp. 214-226.

Carpinteri A. y Lacidogna G. (2007a). “Damage evolution of three masonry towers by acoustic emission”. Engineering structures 29, pp. 1569-1579.

Casarin F., Cavaggioni I., Gottardi G., Lionello A., Marchi G., Modena C., Ragazzini A., Rossi C. y Rossi P.P. (2007). “Monitoraggio e controllo del consolidamento della fondazione del Campanile dei Frari a Venezia”. XXIII CONVEGNO NAZIONALE DI GEOTECNICA, Previsione e Controllo del Comportamento delle Opere, Padova-Abano Terme, 16-18 Maggio 2007. Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Casarin F., Cavaggioni I., Lionello A., Modena C., Rossi C. y Rossi P.P. (2004). “Experimental and numerical analysis of the structural behaviour of St Stefano’s bell-tower in Venice”. SAHC, IV International Seminar, Padova. Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Casarin F., Cavaggioni I., Gottardi G., Lionello A., Marchi G., Modena C., Ragazzini A., Rossi C. y Rossi P.P. (2004a). “Preliminary investigation and monitoring for the design of a strengthening intervention on the Frari basilica, Venice”. SAHC, IV International Seminar, Padova. Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Casati M.J. y Gálvez J.C. (2009). “The influence of the masonry mechanical properties in the structural behaviour of the Leon’s cathedral”. Materiales de Construcción, Vol. 59, 294, pp. 75-96.

Casati M.J. (2005). “Influencia del comportamiento de la fábrica en la sensibilidad estructural de las catedrales góticas. Aplicación del estudio a la catedral de León”. Tesis Doctoral, Universidad de Castilla-La Mancha.

Casinello M.J. (2006). “Influencia del espesor de la junta de mortero en la deformabilidad de las fábricas pétreas medievales”. Materiales de Construcción, vol. 56, 284, pp. 69-80.

Cassinello F. (1964). “Muros de carga de fábrica de ladrillo”. Monografía nº 238 del Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento (IETcc). Madrid, España. p. 195.

CEN, Eurocode 8, Part 1-4 – General rules – Strengthening and repair of buildings.

CEN, Eurocódigo 6 (1997), Part 1-1 – General Rules for buildings – Rules for reinforced and unreinforced masonry.

Charry J.A. (2010). “Estudio experimental del comportamiento de paredes de obra de fábrica ante la acción de cargas laterales”. Tesis doctoral. Departamento de Ingeniería de la Construcción. Universidad Politécnica de Cataluña.

Chen D.J., Chiang F.P., Tan Y.S. y Don H.S. (1993). "Digital speckle displacement measurement using a complex fourier spectrum method". *Applied Optics*, 32(11), pp. 1839-1849.

Chuxian S. (1984). "Análisis of the strength for compressive members of brick masonry under eccentric loads". CIB Third Internacional Symposium on Wall Structures. Warsaw, June 1984.

CIB-Commission W 23. (1985). "Draft recommendations for seismic design of unreinforced, confined and reinforced masonry structures-Load bearing walls in seismic areas". Copenhagen.

Clark M.R., Parsons P., Hull T. y Forde M.C. (2003). "Laboratory study of infrared thermography on masonry arch bridges". Forde M.C. (2003, ed.), 10th International Conference Structural Faults+Repair-2003. London, 1st-3rd July 2003.

Clark M.R., Parsons P., Hull T. y Forde M.C. (2003a). "Case study of radar laboratory work on the masonry arch bridge". Forde M.C. (2003, ed.), 10th International Conference Structural Faults+Repair-2003. London, 1st-3rd July 2003.

Clark M.R., McCann D.M. y Forde M.C. (2002). "Application of infrared thermography to the non-destructive testing of concrete and masonry bridges". *NDT&E International* 36, pp. 265-275.

Colla C., de Miranda S. y Ubertini F. (2008). "On site diagnostic investigation for the assessment of the House of the Wooden Partition, in Herculaneum". *Proc. of RILEM SACoMaTiS 2008*, vol. 2, pp. 945-954.

Colla C., Dast P.C., McCann D. y Forde M.C. (1997). "Sonic, electromagnetic & impulse radar investigation of stone masonry bridges". *Non Destructive Testing and Evaluation Int.*, vol.30, n.4, 249-254.

Concu G. y De Nicolo B. (2009). "Non-destructive methods as a tool in the assessment of monumental buildings condition". *Proceedings Eleventh International Conference on Structural Repairs and Maintenance of Heritage Architecture (STREMAH 2009)*, pp. 349-358. Organised by: Wessex Institute of Technology, UK. Tallinn (Estonia).

Concu G., De Nicolo B., Mistretta F. y Valdés M. (2003). "NDT ultrasonic method for ancient stone masonry diagnosis in Cagliari (Italy)". Forde M.C. (2003, ed.), 10th International Conference Structural Faults+Repair-2003. London, 1st-3rd July 2003.

Corres H. y León J. "Actitudes y experiencias en la intervención estructural de edificios". FHECOR Ingenieros Consultores.

Creazza, G. (1993). "Structural Behaviour of San Marco Basilica, Venice". *Structural Engineering International*, Volume 3, Number 1, 1 February 1993, pp. 30-31(2).

Croci G. (2001). "Conclusiones extraídas del I Congreso europeo de Catedrales góticas". I Congreso europeo de Catedrales góticas. 20-13 de mayo de 1998, Vitoria, España, p. 15.

Croci G. (1998). "The Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage". Computational Mechanics Publications, Southampton.

CTE DB SE-F (2006). "Código Técnico de la Edificación. Documento Básico SE-F: Seguridad estructural: Fábrica". España.

D

DAfStb (Ed., 2000) "Loading Tests of Concrete structures". Technical Recommendation, Beuth Verlag, Berlin.

D'amato A., Rossi P.P. y Trombetta C. (1990). "Integrity checking methodology for Monte Bianco túnel". Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

da Porto F., Valluzzi M.R. y Modena C. (2003). "Use of sonic tomography for the diagnosis and the control of intervention in historic masonry buildings". International Symposium NDTCE'03, Non-Destructive Testing in Civil Engineering. Berlin, Germany. September 16th-19th, 2003.

da Silva B.Q., Valter Lopes V., Miranda L.F., Guedes J.M., Paupério E. y Costa A. (2009). "Caracterização geométrica e mecânica da torre relógio de Caminha através de inspeção visual e técnicas NDT". PATORREB.

de Fino M., De Tomás G. y Fatigoso F. (2009). "Experimental studies to normalize the sonic test on masonry walls". San José T., Villegas L., Yuste J., García D., Lombillo I. y Fuente J.V. (2009, eds.): Tecnología de la Rehabilitación y Gestión del Patrimonio Construido (REHABEND 2009). Editado por Labein Tecnalia, el Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria & Aidico. Bilbao (España).

de Veckey R.C. (2002). "Measurement of load eccentricity using flat jacks". Proceedings British Masonry Society (9) (Proc. 6th IMC), Vol. 1, pp. 79-85.

de Veckey R.C. y Skandamoorthy J.S. (1997). "Measurement of stress in Sandstone blockwork using flat jacks". Journal of British Masonry Society 11 (2), pp. 56-59. Presented al BMS meeting, Stoke on Trent, UK, 11/1996, BRE PD 248/96.

de Vekey R.C. y Sassu M. (1997a). "Comparison of non-destructive in situ mechanical tests on masonry mortars: the PNT-G method and the Helix method". 11th International Brick Block Masonry Conference, vol. 1, pp. 40, Shangay, China.

de Veckey R.C. (1996). "Measurement of horizontal compressive stress in masonry using flat jacks". Acta Polytechnica 36 (2), pp. 117-126.

de Veckey R.C. (1995). "Thin stainless steel flat-jacks: calibration and trials for measurement of in-situ stress and elasticity of masonry". Proceedings 7th Canadian Masonry Symposium, Hamilton, Vol. 2, pp. 1174-1183.

del Monte E. y Vignoli A. (2008). "In situ mechanical characterization of the mortar in masonry buildings with DRMS". SACoMaTIS 2008 International RILEM Conference, 1 y 2 de Septiembre de 2008, pp. 421-430. Varenna, Italia.

Delgado J. y Costa D. (2004). "A New Method for Data Correction in Drill Resistance Tests for the Effect of Drill Bit Wear". International Journal for Restoration Internationale Zeitschrift für Bauinstandsetzen Vol. 10, No 3, pp. 1–18.

Delgado J., Ferreira A. y Rodrigues D. (2002). "Tracing of decay profiles and evaluation of stone treatments by means of microdrilling techniques". Journal of Cultural Heritage 3, pp. 117-125.

Diamantini N., Giannopoulos A. y Forde M.C. (2008). "Numerical modelling and experimental verification of GPR to investigate separation in brick masonry arch bridges". NDT & E International, Vol 41, pp. 354-363.

Díez J. (2007). "La endoscopia como técnica complementaria en las labores de inspección visual". Villegas L. y Lombillo I. (2007, eds.): Metodologías no destructivas aplicables a la rehabilitación del patrimonio construido. Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria, Santander (España).

Díaz C., Grier A., Cornadó C. y Santamaría P. (2009). "Evaluación de las características resistentes de los muros de los edificios de la manzana Escodines de Manresa (Barcelona)". Yuste J., Villegas L., Fuente J.V., Rodríguez D. y Lombillo I. (2009, eds.): Tecnología de la Rehabilitación y Gestión del Patrimonio Construido (REHABEND 2008). Editado por Aidico & Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria. Santander (España).

DIN 1053 (1996). DIN 1053-1:1996, Masonry-Design and construction

Domínguez A. y Nuño J. (1999). "Palacio Riva-Herrera. Pronillo. Santander". Estudio arqueológico. Escuela Taller de Santander.

E

EN 1052-1. (1998). "Methods of test for masonry -Part1: Determination of compressive strength". Sept. 1998.

Epperson G.S. y Abrams D.P. (1989). "Nondestructive Evaluation of Masonry Buildings". Advanced Construction Technology Center, Newmark Civil Engineering Laboratory, University of Illinois at Urbana-Champaign, Doc. 89-26-03, pp. 208.

Exadaktylos G., Tiano P. y Filaretto C. (2000). "Validation of a model of rotary drilling of rocks with the drilling force measurement system". International Journal for Restoration of Buildings and Monuments, vol 6, n° 3, pp. 307-340.

F

Faiella D., Manfredini G. y Rossi P.P. (1983). "In situ flat jack tests: analysis of results and critical assessment". Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

FEMA 356 (2000). "Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings". Federal Emergency Management Agency, Washington D.C.

Fernandes F.M. y Lourenço P.B. (2007). "Aplicações do georadar na reabilitação e detecção de anomalias". Congresso Construção 2007-3.º Congresso Nacional, 17 a 19 de Dezembro, Coimbra, Portugal.

Fernández J. P., Gómez P., Lombillo I. y García-Lengomín A. (2009). "Análisis de señales sónicas mediante Wavelets y su aplicación para el diagnóstico y rehabilitación del palacio de Riva-Herrera, Santander". San José T., Villegas L., Yuste J., García D., Lombillo I. y Fuente J.V. (2009, eds.): Tecnología de la Rehabilitación y Gestión del Patrimonio Construido (REHABEND 2009). Editado por Labein Tecnalia, el Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria & Aidico. Bilbao (España).

Floriano M. y Vidal V. (2008). "Técnicas no destructivas: el diagnóstico antes de la intervención". Lombillo I. y Villegas L. (2008, eds.): Tecnología de la Rehabilitación y gestión del Patrimonio Construido (REHABEND 2007). Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria, Santander (España).

Frassoni A. y Rossi P.P. (1988). "Prove in sito: lo stato dell'arte, nuovi sviluppi applicativi". Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Fratini F., Rescic S. y Tiano P. (2006). "A new portable system for determining the state of conservation of monumental stones". Materials and Structures 39, pp. 139–147.

G

Gambin M.P. y Rousseau J. (1988). "The Menard pressuremeter: interpretation and application of pressuremeter test results to foundation design." ISSMFE Technical Committee on Pressuremeter and Dilatometer Testing, General Memorandum, Sols Soils No. 26, 50pp.

Gantert Engineering Studio, Technical opinion about the collapse of the Bell Tower of St. Maria Magdalena in Goch, Germany, 1993.

Gallegos H. (1989). "Albañilería estructural". Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial, p.375.

Gallegos H. (1989a). "Albañilería estructural: Diseño y cálculo de muros". Pontificia Universidad Católica del Perú, Fondo Editorial, p.136.

Gallino N., Gentile C. y Saisi A. (2009). "Operational modal testing and analysis: an effective tool for the assessment of masonry towers". 11th International Conference on Structural Repairs and Maintenance of Heritage Architecture (STREMAH 2009). 22 - 24 July, Tallinn, Estonia.

Galera M. J., Álvarez M. y Bienawski Z. T. (2005). "Proceedings of International Symposium 50 years of Pressuremeter, ISP5 - PRESSIO 2005". Paris, pp. 1-16.

Galybin A. N., Dyskin A. V. y Jewell, R. J. (1997). "A measuring scheme for determining in situ stresses and moduli at large scale". Int. J. of Rock Mech. Min. Sci. Abstr., vol.34, pp.157-162.

García F., Ramírez M., Rodríguez I., Martínez R., Tort I., Benlloch J. y Montalvo J.L. (2007). "GPR technique as a tool for cultural heritage restoration: San Miguel de los Reyes Hieronymite Monastery, 16th century (Valencia, Spain)". Journal of Cultural Heritage 8, pp. 87-92.

Garston H.K. (1991). "Testing bond strength of masonry". Building Research Establishment BRE-1991, Digest 360.

Gelmi A., Modena C., Rossi P.P. y Zaninetti A. (1993). "Mechanical characterization of stone masonry structures in old urban nuclei". Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Gentile C., Saisi A., Gallino N. y Binda L. (2008). "Operational modal analysis and F.E. model validation of a masonry tower". Forde M.C. (2003, ed.), 12th International Conference Structural Faults+Repair-2008. Edinburgh, 10th-12th June 2008.

Gentile C. y Saisi A. (2007). "Ambient vibration testing of historic masonry towers for structural identification and damage assessment". Construction and Building Materials Vol. 21, 1311–1321.

Gentile C. Saisi A. y Binda L. (1998). "Dynamic investigation of an historic masonry Bell Tower". 2nd Int. Conf. RILEM on Rehabilitation of Structures, Highett, Australia.

Geocisa (2003). "Elastic properties of masonries NDT and MDT methods". Recurso electrónico: http://www.onsiteformasonry.bam.de/Meetings/WP8/GC_MILANO_2003.ppt (consultado en julio 2008).

Giani G.P., Iori I., Montrasio L., Spagnoli A. y Tagliavini S. (2000) "Sulla stabilità strutturale della Rocca Sanvitale in Fontanellato". Construire in Laterizio, nº 78 - "Restauro dell'antico" - Novembre/Dicembre 2000, pp. 70-75.

Giani G.P., Del Greco O., Astori B. y Rossi P.P. (1988). Analysis and control of the static behaviour of the Consolazione Church in Todi, Italy. Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Glötzl R. y Bovio G. (2002). "Development of a new specialized Flat Jack technique to measure in very low measuring ranges". XIX National Conference of AGI-Italian Geotechnics Association "Geotechnical works in cities". 11-13 Sept. 2002. L'Aquila (Italia).

González de Riancho A. (2001). "El linaje de los Riva-Herrera en la historia de la villa de Santander". Santander.

González-Drigo R., Pérez-Gracia V., Di Capua D. y Pujades, L.G. (2008). "GPR survey applied to Modernista buildings in Barcelona: The cultural heritage of the College of Industrial Engineering". Journal of Cultural Heritage, Vol. 9, pp. 196-202.

González Echegaray M.C. (1982). "La casa-torre y fuerte de Pronillo". La Revista de Santander, nº26.

Gosálbez J., Fuente J.V., Safont G., Fernández R., Salazar A. y Albert V. (2009). "Experimentación en laboratorio de reproducciones a escala de muros históricos mediante Monitorización END y QEND". San José T., Villegas L., Yuste J., García D., Lombillo I. y Fuente J.V. (2009, eds.): Tecnología de la Rehabilitación y Gestión del Patrimonio Construido (REHABEND 2009). Editado por Labein Tecnalia, el Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria & Aidico. Bilbao (España).

Griera A. (2007). “Estudi de paràmetres macànics d’un mostreig dels murs de l’illa d’Escodines de Manresa”.

Gregorczyk P. y Lourenço P.B. (2000). “A Review on Flat-Jack Testing”. Engenharia Civil, Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil. Número 9, 2000. pp. 39-50.

Gregorczyk P. (1999). “Analysis of historical structures: Two aspects of advanced experimental and numerical possibilities”. University of Minho, Guimarães, Portugal.

Grinzato E., Bressan C., Marinetti S., Bison P.G. y Bonacina C. (2002). “Monitoring of the Scrovegni Chapel by IR thermography: Giotto at infrared”. Infrared Physics & Technology 43, pp. 165-169.

Grosse C.U. y Ohtsu, M. (eds. 2008). “Acoustic Emission Testing – Basics for research – Applications in Civil Engineering”. 415p.

Gucci N. y Sassu M. (2002). “Resistenza delle murature: valutazione con metodi non distruttivi, il Penetrometro PNT-G”. L'Edilizia, num. 2, vol. XVI, pp. 36-40.

Gucci N., Sassu M., Rossi P.P. y Pulcini A. (1997). “Comparison of non-destructive in situ techniques for vertical load strength assessment”. Structural Studies of Historical Buildings IV – Vol. 2 – Computational Mechanical Publications, Southampton (UK) pp. 349-356.

Gucci N. y Barsotti R. (1995). “A non-destructive technique for the determination of mortar load capacity in situ”. RILEM, Materials and Structures, vol. 28 (179), pp. 276-283.

Gucci N. y Moretti A. (1989). “Uno strumento per la misura in situ delle resistenza delle malte”. Bollettino degli Ingegneri della Toscana, Firenze vol. 9.

Gutermann M. y Knaack H.U. (2008). “Strain assessment of historic masonry by cutting”. Proceedings of the 12th International Conference on Structural Faults & Repair-2008, June 10-12, Edinburgh, Scotland.

Gutermann M., Knaack H.U. y Steffens K. (2004). “Experimental Safety Evaluation of Concrete and Masonry Bridges”. In Proceedings: ICEM12- 12th International Conference on Experimental Mechanics. 29. August – 2. September, 2004 Politecnico di Bari, Italy

Gutermann M., Slowik V. y Steffens K. (2003). “Experimental safety evaluation of concrete and masonry bridges”. Proceedings of the International Symposium on Non-destructive testing, September 16-19, Berlin, Germany.

H

Hamrouche R., Klysz G., Balayssac J.P., Laurens S., Rhazi J., Ballivy G. y Arliguie G. (2009). “Numerical modeling of ground-penetrating radar (GPR) for the investigation of jointing defects in brick masonry structures”. NDTCE'09, Non-Destructive Testing in Civil Engineering. Nantes, France, June 30th – July 3rd, 2009.

Helm J.D., McNeill S.R. y Sutton M.A. (1996). “Improved 3-D image correlation for surface displacement measurement”. Opt. Eng., 35(7), pp. 1911-1920

Hendry W. (2004). “Aspects of stability and strength of stone masonry structures”. Third International Masonry Conference, Proceedings of the British Masonry Society, No. 6, March, 1994.

Hendry A. W. (1998). “Structural Brickwork”. The MacMillan Press Ltd. Gran Bretaña.

Hendry A. W. (1986). “Statica delle strutture in muratura di mattoni”. Patron, Bologna.

Hendry A. W. (1981). “Structural Brickwork”. The MacMillan Press Ltd. Gran Bretaña.

Henriques F.M.A. (2002). “The Concept of Acceptable Technology in Architectural Conservation”. Advanced Research Initiation Assisting and Developing Networks in Europe (ARIADNE)

Workshops, ARIADNE 12- New technologies for safeguarding cultural heritage, Junio 1-7, 2002. Disponible en: http://www.arcchip.cz/w12/w12_henriques.pdf

Hose G.R. y Gosian N. "Existing masonry can remain intact during testing". <http://www.walterpmoore.com/downloads/knowledge/mooreknowledge/FlatJacks.pdf> (Consultado 28-11-09)

Hugenschmidt J. (2002). "Concrete bridge inspection with a mobile GPR system". Construction and Building Materials, Vol. 16, pp. 147-154.

Hughes T.G. y Pritchard R. (1994). "An investigation of the significance of flatjack flexibility in the determination of in-situ stresses". Proceedings 10th International Brick-Block Masonry Conference, Calgary, Canada. Vol. 2, pp. 569-578.

I

ICOMOS (2001). "Principios para el Análisis, Conservación y Restauración de las Estructuras del Patrimonio Arquitectónico". International Scientific Committee for Analysis and Restoration of Structures of Architectural Heritage. Disponible en: http://www.esicomos.org/Nueva_carpeta/INDEX_2ESICOMOS.htm

ICOMOS (1999). "Carta del patrimonio vernáculo construido". International Scientific Committee for Analysis and Restoration of Structures of Architectural Heritage. Ratificada por la 12ª Asamblea General en México, en octubre de 1999. Disponible en: <http://www.international.icomos.org/vernac-esp.htm>

Indirli M., Cami R., Carpani B., Algeri C., Panzeri P., Rossi G. y Piova L. (2006). "The antiseismic rehabilitation of Marchesale Castle at San Giuliano di Puglia". SAHC-Structural Analysis of Historical Constructions, Lourenço P.B., Roca P., Modena C., Agrawal S. (Eds.), ISBN 972-8692-27-7. New Delhi, India.

Indirli M., Clemente P., Spadoni B., Cami R., Speranza E., Mucciarella M. y Pistola F.. 2004. Seismic protection of historical centers using innovative techniques, with focus on San Giuliano di Puglia after the 2002 Molise earthquake. In Proc. IV International Conference on Structural Analysis on Historical Constructions (SAHC), 10-13 November 2004, Padua, Italy.

International Society for Rock Mechanics (1987). "Suggested methods for rock stress determination". Int. J. Rock Mech. Sci. & Geomech. Abstr., Vol 24, N° 1, pp 53-73.

Ivorra S., Pallarés F.J., Adam J.M. y Calderón P.A. (2009). "Aplicación del análisis modal operacional para la identificación dinámica de campanarios de mampostería". Yuste J., Villegas L., Fuente J.V., Rodríguez D. y Lombillo I. (2009, eds.): Tecnología de la Rehabilitación y Gestión del Patrimonio Construido (REHABEND 2009). Aidico & Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria. Santander (España).

Ivorra S. y Pallarés F. (2006). "Dynamic investigations on a masonry bell tower". Engineering Structures, Volume 28, Issue 5, April 2006, Pages 660-667.

J

Jaeger J.C. y Cook N.G.W. (1969). "Fundamentals of rock mechanics". Methuen, London, Chapman and Hall, 513p.

Jurina L. y Peano A. (1982). "Characterization of brick masonry stiffness by numerical modelling and in situ flat jack test results". Proc. 6th International Brick Masonry Conference, Rome, pp. 177-188.

K

Kariotis J.C., Ewing R.D. y Johnson A.W. (1985). "Strength determination and shear failure modes of unreinforced masonry with low strength mortar". Proceedings of the 7th International Brick Masonry Conference. Melbourne, Australia.

Khalaf F.M. (2005). "New Test for Determination of Masonry Tensile Bond Strength". Journal of Materials in Civil Engineering-ASCE, Nov-Dec 2005, pp. 725-732.

Keersmaekers R., Van Rickstal F. y Van Gemert D. (2004). "Goelectrical techniques as a non-destructive appliance for restoration purposes". Proceedings of 4th international seminar on structural analysis of historical constructions – 2004. Padova. Italy.

Kubica J. (1996). "Investigation of the σ - ϵ relationship of unreinforced Masonry". Proceedings of the Seventh North American Masonry Conference, South Bend, Indiana.

L

Ley J. (2007). "Metodología práctica de dos técnicas inusuales: los gatos planos y el impacto-eco". Villegas L. y Lombillo I. (2007, eds.): Metodologías no destructivas aplicables a la rehabilitación del patrimonio construido. Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria, Santander (España).

Lombillo I., Villegas L. y Elices J. (2010). "Minor destructive techniques applied to the mechanical characterization of historical rubble stone masonry structures". Structural Survey, Volume 28: 1, pp. 53-70.

Lombillo I., Fernández J. P., García-Lengomín A. y Gómez P. (2009). " Ensayos Sónicos en el Palacio de Riva-Herrera, Santander". San José T., Villegas L., Yuste J., García D., Lombillo I. y Fuente J.V. (2009, eds.): Tecnología de la Rehabilitación y Gestión del Patrimonio Construido (REHABEND 2009). Editado por Labein Tecnalia, el Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria & Aidico. Bilbao (España).

Lombillo I., Villegas L. y López F. (2009b). "Estudio sobre la patología, la idoneidad estructural y de materiales de la iglesia de San Mamés (Cantabria-España): Propuestas de rehabilitación". Actas del 1er. Congreso Iberoamericano y VIII Jornada de Restauración y Conservación del Patrimonio 2009 (ISBN: 978-987-21665-7-1). Ciudad de la Plata (Argentina).

Lombillo I. y Villegas L. (2008). "Metodología para el análisis de las estructuras de fábrica del patrimonio construido". Lombillo I. y Villegas L. (2008, eds.): Tecnología de la Rehabilitación y gestión del Patrimonio Construido (REHABEND 2007). Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria, Santander (España).

Lombillo I. y Villegas L. (2007). "Metodologías no destructivas aplicadas a la rehabilitación estructural del patrimonio". Villegas L. y Lombillo I. (2007, eds.): Metodologías no destructivas aplicables a la rehabilitación del patrimonio construido. Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria, Santander (España).

Lourenco P.B., Ramos L.F., Vasconcelos G. y Peña F. (2008). "Monastery of Salzedas (Portugal): Intervention in the cloister and information management". Structural Analysis of Historic Construction – D'Ayala y Fodde (eds). Taylor & Francis Group, pp. 95-108. London, ISBN 978-0-415-46872-5.

Lourenço P.B., Krakowiak K.J., Fernandes F.M. y Ramos L.F. (2007). "Failure analysis of Monastery of Jerónimos, Lisbon: How to learn from sophisticated numerical models", Engineering Failure Analysis, 14, pp. 280-300.

Lourenço P.B., Pagaimo F. y Júlio E. (2005). “Caracterização das paredes de alvenaria da vila de Tentúgal”. Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas, 54, pp. 35-42. [en Portugués]

Lourenço P.B., Vasconcelos G. y Ramos L. (2001). Assessment of the stability conditions of a cistercian cloister. Studies in Ancient Structures, Arun G. y Seçkin N. (eds.). Yildiz Technical University, Istanbul, pp. 669-678.

Lozano G. y Lozano A. (1995). “Curso: Técnicas de intervención en el patrimonio arquitectónico (Tomo I: reestructuración en madera; Tomo II: reestructuración de edificios de muros de fábrica)”. Consultores técnicos de construcción, C.B.

Lualdi M., Zanzi L. y Binda L. (2003). “Acquisition y processing requirements for high quality 3D reconstructions from GPR investigations”. International Symposium NDTCE’03, Non-Destructive Testing in Civil Engineering. Berlin, Germany. September 16th-19th, 2003.

M

Macchi G. (2000). “Tower of Pisa: Diagnosis and Structural Intervention”, Proc. of the 5th International Congress on Restoration of Architectural Heritage - FIRENZE2000, Florence, Italy.

Macchi G. (1993). “Monitoring Medieval Structures in Pavia”. Structural Engineering International, Volume 3, Number 1, 1 February 1993 , pp. 6-9(4).

Macchi G., Ruggeri G., Eusebio M. y Moncecchi M. (1993a). “Structural Assessment of the Leaning Tower of Pisa”. Structural Preservation of the Architectural Heritage. IABSE Symposium. Rome.

Magalhães A.C. y Veiga M. R. (2009). “Caracterización física y mecánica de los morteros antiguos. Aplicación a la evaluación del estado de conservación”. Materiales de Construcción, Vol 59, N° 295, pp. 61-77.

Magalhães A.C., Veiga R., Pina Santos C., Matias L. y Vilhena A. (2008). “Methodologies for diagnosis of rendering anomalies due to moisture in walls”. HMC08 – 1st Historical Mortars Conference 2008: Characterization, Diagnosis, Conservation, Repair and Compatibility, Lisboa, LNEC, 24-26 de Setembro de 2008.

Magalhães AC. y Veiga M.R. (2006). “Comparison of in-situ mechanical tests on masonry mortars: sphere impact and controlled penetration test”. Heritage, Weathering and Conservation HWC 2006, Madrid, June 2006.

Maierhofer C. y Röllig M. (2009). “Active thermography for the characterization of surfaces and interfaces of historic masonry structures”. NDTCE’09, Non-Destructive Testing in Civil Engineering. Nantes, France, June 30th – July 3rd, 2009.

Maierhofer C., Brink A., Röllig M. y Wiggenger H. (2005). “Quantitative impulse thermography as NDT method in civil engineering - Experimental results and numerical simulations”. Construction in Building Materials, Vol. 19, Issue 10, pp. 731-737.

Maierhofer C. y Wöstmann J. (2003). “Non-destructive investigation of complex historic masonry structures with impulse radar”. International Symposium NDTCE’03, Non-Destructive Testing in Civil Engineering. Berlin, Germany. September 16th-19th.

Maierhofer C. y Leipold S. (2001). “Radar investigation of masonry structures”. NDT&E International 34, pp. 139-147.

Maierhofer C. y Wöstmann J. (1998). “Investigation of dielectric properties of brick materials as a function of moisture and salt content using a microwave impulse technique at very high frequencies”. NDT&E International, vol. 31, no. 4, pp. 256-263.

Maldague, X. P. V. (1993) "Non-destructive evaluation of materials by infrared thermography", Springer-Verlag, London.

- Marchisio M., D'Onofrio L., De Falco A., Frediani L. y Guidoni F. (2003). "New tomographic techniques (micro-seismical and geoelectrical) for the non-destructive testing on masonry structures". International Symposium NDTCE'03, Non-Destructive Testing in Civil Engineering. Berlin, Germany. September 16th-19th.
- Marcos I. y San Mateos R. (2007). "Monitorización de estructuras del patrimonio construido". Villegas L. y Lombillo I. (2007, eds.): Metodologías no destructivas aplicables a la rehabilitación del patrimonio construido. Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria, Santander (España).
- Martin R.E. (1977). "Estimating foundation settlements in residual soils." Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE Vol. 103, No. GT3, 197-212.
- Martín S., Cañas I. y González I. (2004). "Thermographic survey of two rural buildings in Spain". Energy and Buildings 36, pp. 515-523.
- Martínez J.A., Rubio D., Lombillo I., Villegas L., Thomas C. y García L.M. (2009). "Arco de ladrillo sito en la estación Campo Grande de Valladolid: Caracterización geométrica, material, estructural y constructiva". San José T., Villegas L., Yuste J., García D., Lombillo I. y Fuente J.V. (2009, eds.): Tecnología de la Rehabilitación y Gestión del Patrimonio Construido (REHABEND 2009). Editado por Labein Tecnalia, el Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria & Aidico. Bilbao (España).
- Martínez J.L., Martín-Caro J.A. y León J. (2001). "Comportamiento mecánico de la obra de fábrica". Monografías sobre el análisis estructural de construcciones históricas de fábrica. Departamento de Mecánica de los Medios Continuos y Teoría de Estructuras. E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid, pp. 91.
- MSJC (2005). "Masonry Standards Joint Comité Code".
- Mateo M. (2008). "Aplicaciones del Georadar de alta frecuencia en la ingeniería civil". Lombillo I. y Villegas L. (2008, eds.): Tecnología de la Rehabilitación y gestión del Patrimonio Construido (REHABEND 2007). Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria, Santander (España).
- Maydl P. (1991). "A critical review of applying the flat-jack method to brick masonry". Proc. 9th International Brick/Block Masonry Conference, Berlin, Vol. 1, pp. 645-652.
- Mayes R.L. y Clough R.W. (1975). "A literatura survey-compressive, tensile, bond and shear strength of masonry". (2 Vol.), University of california, Berkeley, Ca., USA.
- McCann D.M. y Forde M.C. (2001). "Review of NDT methods in the assessment of concrete and masonry structures". NDT&E International 34, pp. 71-84.
- Mecatti D., Pieraccini M., Luzi G., Noferini L. y Atzeni C. (2003). "A high frequency penetrating radar for masonry investigation". International Symposium NDTCE'03, Non-Destructive Testing in Civil Engineering. Berlin, Germany. September 16th-19th, 2003.
- Meli R. y Sánchez A.R. (2001). "La rehabilitación de la Catedral Metropolitana de la ciudad de México". Revista Digital Universitaria. 30 de Junio de 2001, Vol. 2 No. 2. Disponible en <http://www.revista.unam.mx/vol.2/num2/proyec1/index.html>
- Meli R., Rossi P.P., Sanchez A.R. y Zaldivar Guerra S. (1997). "Structural monitoring of the Mexico City Cathedral". Intern. Colloquium IABSE, Bergamo. Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm
- Ministerio de Obras Públicas. (1994). Legge 11 febbraio 1994, n.109, Legge quadro in materia di lavori pubblici.
- Miranda L., Guedes J. y Costa A. (2009). "Aplicação de técnicas NDT a edifícios de alvenaria de pedra na cidade do Porto". 3^{er} Congreso de Patología y Rehabilitación de Edificios – PATORREB. Porto, Portugal, 18 a 20 de Marzo, pp. 885-890. ISBN: 978-972-752-109-8. [in Portuguese]

Modena C., Valluzzi M.R., Tongini-Folli R. y Binda L. (2002). "Design choices and intervention techniques for repairing and strengthening of the Monza cathedral bell-tower". *Construction and Building Materials* 16, pp. 385–395.

Modena C., Rossi P.P. y Zonta D. (1997) "Static and dynamic investigation on the roman amphitheatre (Arena) in Verona". *Intern. Colloquium IABSE*, Bergamo. Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Modena C. y Rossi P.P. (1992). "In situ investigations, structural analysis and strengthening of a stone masonry bell tower". Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Molins C. y Roca P. (1998). "Capacity of masonry arches and spatial frames". *Journal of Structural Engineering*, ASCE, 124 (6), 653-663.

Molins C. (1996). "Un modelo para el análisis del comportamiento resistente de construcciones de fábrica". Tesis doctoral, ETSICCP Barcelona, UPC.

Mónaco L. M. y Santamaria A. (1998). "Indagini prove e monitoraggio nel restauro degli edifici storici". Edizione Scientifiche Italiane. Collana: Restauro, 7. ISBN 88-8114-731-9.

N

NBE FL-90 (1990). "Muros resistentes de fábrica de ladrillo". España.

Noland J. L., Atkinson R. H., Schuller M. P. (1990). "A review of the flatjack method for nondestructive evaluation". *Proceedings of Nondestructive Evaluation of Civil Structures and Materials*. University of Colorado. Boulder, Colorado. October 1990.

Noland J.L., Atkinson R.H., Kingsley G.R. y Schuller M.P. (1990a). "Nondestructive evaluation of masonry structures". Atkinson-Noland & Associates Report to the National Science Foundation.

Noland J.L. y Binda L. (eds., 1986). "Interim report of the First joint USA-Italy Workshop on Evaluation and Retrofit of Masonry Structures. June, 1986.

O

Ohtsu M. y Tomoda Y. (2008). "Acoustic emission techniques for crack detection and damage evaluation". *Proc. of 1st Int. Rilem Symposium on Site Assessment of Concrete, Masonry and Timber Structures*, Ed by L. Binda, M. di Prisco y R. Felicetti, Varenna, Italy, 1-2 Sept 2008, pp. 191-200.

Oliveira D.V., Ramos L.F., Lourenço P.B. y Roque J. (2005). "Structural monitoring of the Monastery of Jerónimos". *International Conference on the 250th Anniversary of the 1755 Lisbon Earthquake*, Lisbon, Portugal, pp. 466-473.

ONSITEFORMASONRY. "On-site investigation for structural evaluation of historic masonry buildings". Recurso electrónico: <http://www.onsiteformasonry.bam.de>

ONSITEFORMASONRY (2006). *Final Report of the European Project con referencia EVK4-CT-2001-00060*. Comisión Europea (ISBN 92-894-9601-D).

OPCM 3273. (2003). "Ordinanze del Presidente del Consiglio dei Ministri 3274 20 marzo 2003". *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*.

Orden FOM 891/2004. En lo que respecta al apartado de suelos estabilizados in situ.

Ortolani B., Del Monte E., Galano L. y Vignoli A. (2008). "Structural identification of existing masonry buildings". *Proc. of RILEM SACoMaTiS 2008*, vol. 2, pp. 903-912, 2008.

P

Pagaimo F. (2004). "Caracterização morfológica e macânica de alvenarias antigas: Caso de estudo da vila histórica de Tentugal". Tesis de Master en Ingeniería Civil. Universidad de Coimbra. Disponible en www.civil.uminho.pt/masonry [en Portugués]

Page A.W. (1983). "The strength of brick masonry under biaxial tension-compression". *Int. J. of Masonry Construction*, 3 (1), pp. 26-31.

Page A.W. (1981). "The biaxial compressive strength of brick masonry". *Proc. Instn Civ. Engrs*, Part 2. 71, pp. 893-906.

Page A.W. (1980). "A biaxial failure criterion for brick masonry in the tension-tension range". *Int. J. of Masonry Construction*, 1 (1), pp. 26-29.

Palieraki V., Vintzileou E., Miliadiou-Fezans A. y Delinikolas N. (2008). "The use of radar techniques and boroscopy in investigating old masonry: The case of Dafni monastery". *International Journal of Architectural Heritage: Conservation, Analysis, and Restoration*, Volume 2, Issue 2, 01 April 2008, pp. 155-186.

Paredes J. S. (2007). "Desenvolvimento e Implementação de Metodologias para a Determinação da Deformabilidade e Tensões em Maciços Gnáissicos". Capítulo 4: A técnica do Pressiômetro e sua Aplicação na Determinação de Propriedades Mecânicas das Rochas. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Penazzi D., Valluzzi M.R., Cardani G., Binda L., Baronio G. y Modena C. (2000). "Behaviour of historic masonry buildings in seismic areas: lessons learned from the Umbria-Marche earthquake". 12 International Brick-Block Masonry Conference, Madrid, 2000.

Peña F., Prieto F., Lourenço P.B. y Campos-Costa A. (2006). "Dynamical behaviour of rigid block structures subjected to earthquake motion". *Structural analysis of historical constructions*, Eds. P.B. Lourenco et al., McMillan, pp. 707-714.

Perez-Gracia V., Di Capua D., Gonzalez-Drigo R. y Pujades L.G. (2009). "GPR resolution in NDT studies of structural elements: experimental methodology and examples". *NDTCE'09, Non-Destructive Testing in Civil Engineering*. Nantes, France, June 30th – July 3rd, 2009.

Pérez-Gracia V. (2009a). "Resolution in evaluation of structural elements by using ground-penetrating radar". San José T., Villegas L., Yuste J., García D., Lombillo I. y Fuente J.V. (2009, eds.): *Tecnología de la Rehabilitación y Gestión del Patrimonio Construido (REHABEND 2009)*. Editado por Labein Tecnalia, el Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria & Aidico. Bilbao (España).

Perez-Gracia V., García F., Pujades L.G., Gonzalez-Drigo R. y di Capua D. (2008). "GPR survey to study the restoration of a Roman monument". *Journal of Cultural Heritage* 9, pp. 89-96.

Peters W.H. y Ransom W.F. (1982). "Digital imaging techniques in experimental stress analysis". *Opt. Eng.*, 21(3), pp. 427-431.

PGT 33/2006. "Investigación no destructiva (END), monitorización remota de la construcción y estudios sobre la patología, la idoneidad estructural y de materiales del Seminario Mayor de la nueva sede de la Fundación Campus Comillas: Propuestas de rehabilitación". Proyecto de investigación financiado por el Gobierno de Cantabria (Plan de Gobernanza Tecnológico 2006, N° Exp. PGT 33/2006).

p.i.e.t. 70 (1971). "Prescripciones del Instituto Eduardo Torroja. Obras de Fábrica". Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento (IETcc). Madrid, España. p. 190.

Pineda P. y Sáez A. (2009). "Assessment of ancient masonry slender towers under seismic loading: dynamic characterization of the Cuatrovititas tower". 11th International Conference on

Structural Repairs and Maintenance of Heritage Architecture (STREMAH 2009). 22 - 24 July, Tallinn, Estonia.

Pistone G. y Rossi P.P. (1997). "Non destructive investigation on the church of S. Maria di Castello in Alessandria". Intern. Colloquium IABSE, Bergamo. Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Popovics J.S. (2003). "NDE techniques for concrete and masonry structures". Progress in Structural Engineering and Materials, Vol. 5, pp. 49-251.

Q

Qinglin W. y Xiuyi W. (1988). "The evaluation of compressive strength of brick masonry in-situ". 8th Int. Brick/Block Mas. Conf., Dublin, Ireland.

R

Ramos L.F., Marques L., Lourenço P.B., Roeck G., Campos-Costa A. y Roque J. (2007). "Monitoring Historical Masonry Structures with Operational Modal Analysis: Two Case Studies". 2nd International Operational Modal Analysis Conference, Copenhagen, Denmark, vol. 1, pp. 161-168.

Ramos R.F., Casarin F., Lourenço P.B. y Modena, C. (2006). "Dynamic identification of the Qutb Minar, New Delhi, India". International Operational Modal Analysis Conference Workshop, Copenhagen, Denmark, CD-ROM, 8 pp.

Ramos L.F., de Roeck G., Lourenço P.B. y Campos-Costa A. (2006a). "Vibration based damage identification of masonry structures". Structural analysis of historical constructions, Eds. P.B. Lourenco et al., McMillan, pp. 641-649.

Ramos L.F., Lourenço P.B. y Costa, A.C. (2005). "Operational modal analysis for damage detection of a masonry construction". Proc. 1st Int. Operational Modal Analysis Conference, Copenhagen, Denmark, pp. 495-502.

Ramos L.F. y Lourenço P.B. (2005a). "Static and dynamic structural monitoring of the Santa Maria of Belém Church, in Lisbon". II ECCOMAS Thematic Conference on Smart Structures and Materials, Lisbon, Portugal.

Ranalli D., Scozzafava M. y Tallini M. (2004). "Ground penetrating radar investigations for the restoration of historic buildings: the case study of the Collemaggio Basilica (L'Aquila, Italy)". Journal of Cultural Heritage 5, pp. 91–99.

RehabiMed (2007). "Método RehabiMed, Arquitectura Tradicional Mediterránea, II. Rehabilitación: El edificio". Disponible en: www.rehabimed.net

RILEM Recommendation MDT.D.4 (2004). "In situ stress test based on the flat jack".

RILEM Recommendation MDT.D.5 (2004). "In situ stress-strain behaviour tests based on the flat jack".

RILEM Recommendation, TC 127-MS. MS.D.1 (1996) "Measurement of mechanical pulse velocity for masonry", published in Materials and Structures, Vol. 29, Issue 8, October 1996, pp. 463-466.

RILEM LUM.D.2 (1990). "In-situ stress tests on masonry based on the flat jack".

RILEM LUM.D.3 (1990). "In-situ strength/elasticity tests on masonry based on the flat-jack".

Roca P. (2009). "Study of Gothic churches: inspection, monitoring and structural analysis". San José T., Villegas L., Yuste J., García D., Lombillo I. y Fuente J.V. (2009, eds.): Tecnología de la Rehabilitación y la Gestión del Patrimonio Construido (REHABEND 2009). Editado por Labein

Tecnalia, el Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria & Aidico. Bilbao (España).

Roca P. (2009a). "Study of Gothic churches: inspection, monitoring and structural analysis". Contribución oral a la Jornada REHABEND 2009, Bilbao, 29 y 30 de octubre de 2009.

Roca P. (2007). "Aplicación de técnicas experimentales y numéricas al estudio del patrimonio arquitectónico". Villegas L. y Lombillo I. (2007, eds.): Metodologías no destructivas aplicables a la rehabilitación del patrimonio construido. Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria, Santander (España).

Roca P., Molins C. y Marí, A.R. (2005). "Strength capacity of masonry wall structures by the equivalent frame method". Journal of Structural Engineering ASCE, 131 (10), pp. 1601-1609.

Roca P., Aguerri F., Aguerri J.I., Perelli J., González J.L. y Llorens M. (2001). "Structural monitoring in Spain: Application to gothic Cathedrals". RILEM TC 177-MDT Workshop on On-site Control and Non-Destructive Evaluation of Masonry Structures. 12-14 November 2001. Mantova, Italy.

Roca P. y Lodos J.C. (2001a) "Análisis estructural de construcciones históricas". Revista de Obras Públicas, 2 (56), pp. 38-49.

Rodríguez D., Fuente J.V., Sabater J.V., Albert V. y Yuste J. (2008). "Integración de metodologías no destructivas para la evaluación del patrimonio industrial: Chimeneas". Lombillo I. y Villegas L. (2008, eds.): Tecnología de la Rehabilitación y gestión del Patrimonio Construido (REHABEND 2007). Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria, Santander (España).

Ronca P., Tiraboschi C. y Binda L. (1997). "In-situ flatjack tests matching new mechanical interpretations". 11th International Brick/Block Masonry Conference. Tongji University, Shanghai, China 14-16 October 1997, pp. 357 – 366.

Ronca P. (1996). "The significance of the gauging system in the flatjack in-situ test". The Masonry Society Journal, Vol. 14, N°. 11, pp. 79-86.

Ronca P. (1996a). "Nuovi sviluppi sull'interpretazione meccanica della prova in situ coi martinetti piatti". National Congress "La Meccanica delle Murature tra Teoria e Progetto", University of Messina, Italy, 18.20 September 1996, pp. 135-143.

Roque J. y Lourenço P.B. (2003). "Caracterização Mecânica de Paredes Antigas de Alvenaria. Um Caso de Estudo no Centro Histórico de Bragança". Engenharia Civil, 17, pp. 31-42. [en Portugués]

Roque J. y Lourenço P.B. (2003b). "Reabilitação estrutural de paredes antigas de alvenaria". Actas do 3º Encontro Nacional sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios, Lisboa, pp. 907-916. [en Portugués]

Roque J. (2002). "Reabilitação estrutural de paredes antigas de alvenaria". Universidade do Minho. Tesis de Master en Ingeniería Civil. Disponible en www.civil.uminho.pt/masonry [en Portugués].

Rossi P.P. (1998). "Inspection and Monitoring for the Restoration of Historical Buildings". Curso de Recuperação e Valorização de Edifícios e Conjuntos Históricos, FUNDEC, IST, Lisboa, Maio 1998.

Rossi P.P. (1996). "Experimental techniques for the structural analysis of historical buildings". Symposium "Geotechnical engineering for the preservation of monuments and historic sites, Napoli. Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Rossi P.P. (1996a). "Testing and monitoring for the restoration of the metropolitan Cathedral in Mexico City". Symposium Geotechnical engineering for the preservation of monuments and historic sites, Napoli. Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Rossi C., Rossi P.P. y Vio E. (1996b). "Monitoring system of St. Mark's Basilica in Venice. Analysis and Interpretation of the data". Symposium Geotechnical engineering for the preservation of monuments and historic sites, Napoli. Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Rossi C. (1996c). "Metodologia di interpretazione di dati provenienti da sistemi di monitoraggio in continuo. Applicazione al caso della Basilica di S. Marco in Venezia". Rivista del Dipartimento del Territorio, Ministero delle Finanze n. 2/96, Roma. Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Rossi P.P. (1995). "Analisi delle condizioni statiche della basilica di San Marco in Venezia". Convegno per il IX centenario della Dedicazione della Basilica di S.Marco, Venezia. Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Rossi P.P. (1995a). "Possibilities of the experimental techniques for the structural analysis of historical constructions". International Seminar "Structural Analysis of Historical Construction", Barcelona, Spain. Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Rossi P.P. y Vavassori M. (1993). "Il sistema di monitoraggio delle torri e del Duomo di Pavia". Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Rossi P.P. (1993a). "Analisi delle condizioni statiche delle strutture murarie: indagini conoscitive e monitoraggio". Corso CISM Udine. Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Rossi P.P. (1993b). "L'impiego della prova con martinetti piatti per lo studio delle murature". Seminario AICAP, Venezia. Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Rossi P.P. (1990). "Non destructive evaluation of the mechanical characteristics of masonry structures". Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Rossi P.P. (1990b). "Le indagini sperimentali per la caratterizzazione degli ammassi rocciosi". Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Rossi P.P. (1989). "Le indagini sperimentali e le misure in sito nella realizzazione di gallerie". Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Rossi P.P. (1988). "Recent developments of the flat jack tests on masonry structures". Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Rossi P.P. (1985). "Flat jack tests for the analysis of mechanical behaviour of brick masonry structures". Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Rossi P. P. (1987). "Recent developments of the flatjacks test on masonry structures". Proceedings of the Second joint USA-Italy Workshop on Evaluation and Retrofit of Masonry Structures.

Rossi P.P. (1985). "Flat-jack test for the analysis of mechanical behaviour of brick masonry structures". Proceedings of the 7th International Brick Masonry Conference. Melbourne, Australia. Vol. 1.

Rossi P. P. (1982). "Analysis of mechanical characteristics of brick masonry tested by means of nondestructive in-situ tests". Proceedings of the 6th International Brick Masonry Conference (IBMaC). Rome, Italy.

Rossi P. P. (1982a). "Analysis of mechanical characteristics of brick masonry tested by means of nondestructive in-situ tests". ISMES Publications N° 167. Bergamo, Italy. Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Rossi P. P., Peano A., Carabelli E. (1982b). "Determinazione sperimentale delle caratteristiche meccaniche della muratura". ISMES Publications N° 173. Bergamo, Italy. Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Rossi P.P. (1980). "Prove distruttive e non distruttive per la caratterizzazione meccanica dei materiali". Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

S

Sacchi G. y Taliercio A. (1988). "Numerical analysis of the flat jack test on masonry walls". Journal of Mecanique Theorique et Appliquee. Vol. 5, nº 3, pp. 313-339.

Sadri A. (2003). "Application of impact-echo technique in diagnoses and repair of stone masonry structures". NDT&E International 36, pp. 195-202.

Saisi A., Valle S., Zanzi L. y Binda L. (2001). "Radar and sonic as complementary and/or alternative tests in the survey of structures". Int. Cong. More than Two Thousand Years in the History of Architecture Safeguarding the Structure of our Architectural Heritage, Bethlehem, (Palestine), vol. 1, Section 1b; p. 6.

Samarasinghe W., Page A.W. y Hendry A.W. (1982). "A Finite element model for the in-plane behaviour of brickwork". Proc. Instn Civ. Engrs, Part 2, 73, pp. 171-178.

Samarasinghe W. y Hendry A.W. (1980). "The strength of brickwork under biaxial tensile and compressive stress". Proc. 7th Symposium on Load Bearing Brickwork. Londres.

Sánchez-Beitia S., Schueremans L. y Van Balen K. (2009). „On site Stress Measurement on the Piers of the Saint Jakobs church in Leuven (Belgium)". International Journal of Architectural Heritage: Conservation, Analysis, and Restoration, 1558-3066, Volume 3, Issue 2, 01, pp. 110 – 125.

Sánchez-Beitia S. y Schueremans L. (2009a). "The hole drilling technique for on site deduction of the stresses states in stone masonry by using eight strain gages". Construction and Building Materials, Volume 23, Issue 5, pp. 2041-2046.

Sánchez-Beitia S., Lombillo I. y Villegas L. (2009b). "Fyber optic strain gages for stress analysis by means of the hole drilling technique". Oral communication. Eleventh International Conference on Structural Repairs and Maintenance of Heritage Architecture (STREMAH 2009). Organised by: Wessex Institute of Technology, UK. Tallinn (Estonia).

Sánchez-Beitia S. (2008). "Stress analysis of the piers of the Tarazona Cathedral (Zaragoza – Spain) by means of the hole-drilling technique". Construction and Building Materials, Volume 22, Issue 5, pp. 966-971.

Sánchez-Beitia S., Roca P. y Barrallo J. (2008a). "Análisis de cargas en la basílica de Santa María del Mar de Barcelona". Tecnología de la Rehabilitación y la Gestión del Patrimonio Construido (REHABEND 2007). Volumen único. Editado por el Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria.

Sánchez-Beitia S. (2007). "The hole drilling technique for the stresses measurements in brick masonries". Tenth International Conference on Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture (STREMAH 2007).

Sánchez-Beitia S. (2007a). "Deducción de estados tensionales en servicio en elementos portantes del patrimonio arquitectónico mediante la técnica hole drilling". Metodologías no destructivas aplicadas a la rehabilitación del patrimonio construido (REHABEND 2006). Volumen único. Editado por el Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria.

Sánchez-Beitia S. (2007b). "Stresses analysis at the Altes Museum of Berlin by means of the Hole-Drilling technique (Donostia Method)". Construction and Building Materials. Ed. Elsevier. Volume 21, Issue 8, pp. 1680-1687.

Sánchez-Beitia S. (2006). "Deducción de estados tensionales en servicio en elementos portantes del patrimonio arquitectónico mediante la técnica Hole Drilling". Contribución oral a la Jornada REHABEND 2006, Santander, 14 de noviembre de 2006.

Sánchez-Beitia S. (2003). “Análisis de sistemas portantes en Patrimonio Arquitectónico: relación entre los elementos constructivos y la transmisión de cargas”. Txertoa Ed. Donostia-San Sebastián.

Sánchez-Beitia S., Barrallo J. y Zulueta A. (2002). “El Método Donosita en torno a los 20 kp/cm²”. Ingeniería Civil 2002; 125: 113-123.

Sánchez-Beitia S. (2001). “Métodos de Análisis de Cargas en Patrimonio Arquitectónico”. RESTAURAR LA MEMORIA (pp. 298-303). Ed. Fundación del Patrimonio Histórico de Castilla y León. VALLADOLID (España).

Sánchez-Beitia S. y Barrallo J. (2001). “Métodos de Análisis de cargas en Patrimonio Arquitectónico”. Ingeniería Civil 2001; 121: 103-106.

Sánchez-Beitia S., Barrallo J. y Zulueta A. (1999). “El Método Donosita para la deducción de esfuerzos en servicio en Patrimonio Construido”. Ingeniería Civil 1999; 114: 37-43.

Sanz E. (1995). “Torre, muralla y conjunto de la Casa Noble de los Riva-Herrera”. Monumentos de Cantabria. Patrimonio Arquitectónico de Cantabria. Santander.

Sassu M. (1998). “Recenti metodi non distruttivi per la determinazione in situ della resistenza meccanica nelle malte murarie”. 3° Seminario Internazionale CIAS, vol. unico, pp. 285, Corinto, Grecia.

Schön R. (2008). “Measurement short report”. LIMESS Messtechnik und Software GMBH (Alemania). Informe recibido con un extracto de las medidas obtenidas durante los ensayos de videocorrelación realizados en la Universidad de Cantabria en Julio de 2008.

Schreier H.W., Braasch J.R. y Sutton, M.A. (2000). “Systematic Errors in digital image correlation caused by gray-value interpolation”. Opt. Eng., 39(11), pp. 2915-2921.

Schubert P. (1982). “Modulus of elasticity of masonry”. Proceedings of the Fifth International Brick Masonry Conference (Washington), pp. 139-144.

Schueremans L. (2009). “Appraisal of 3 different Non-Destructive Techniques for masonry heritage structures and their practical applicability”. Yuste J., Villegas L., Fuente J.V., Rodríguez D. y Lombillo I. (2009, eds.): Tecnología de la Rehabilitación y Gestión del Patrimonio Construido (REHABEND 2008). Editado por Aidico & Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria. Santander (España).

Schueremans L., Van Rickstal F., Ignoul S., Brosens K., Van Balen K. y Van Gemert D. (2002). “Continuous Assessment of Historic Structures – A State of the Art of applied Research and Practice in Belgium”. Advanced Research Initiation Assisting and Developing Networks in Europe (ARIADNE) Workshops, ARIADNE 11 – Historic structures, Mayo 20-26, 2002. Disponible en http://www.arcchip.cz/w11/w11_schueremans.pdf

Schuller M.P. (2003). “Nondestructive testing and damage assessment of masonry structures”. Progress in Structural Engineering and Materials, Vol. 5, pp. 239-251.

Schuller M., Berra M., Faticcioni A., Atkinson R. y Binda L. (1994). “Use of tomography for diagnosis and control of masonry repairs”. Proc. 10th Internacional Brick/Block Masonry Conference, Calgary, Canada, July 1994, pp. 438-447.

Scrivener S. (1992). “Old masonry buildings: Earthquake performance and material testing”. National Research Council Canada, Internal Report N° 624. pp. 74. Disponible en <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/obj/irc/doc/pubs/ir/ir624/ir624.pdf>

Senthivel R., Oliveira D.V. y Lourenço P.B. (2007). “Numerical modelling of monotonic and repeated cyclic stress-strain hysteresis curves of masonry”. Tenth North American Masonry Conference, St. Louis, USA, pp. 111-122.

Senthivel S., Lourenço P.B. y Vasconcelos G. (2006). "Analytical modeling of dry stone masonry wall under monotonic and reversed cyclic loading". Structural analysis of historical constructions, Lourenco et al. (Eds.), pp. 1005-1011.

Senthivel R. y Uzoegbo H.C. (2004). "Failure criterion of unreinforced masonry under biaxial pseudo dynamical loading". Journal of the South African Institution of Civil Engineering, 46(4), pp. 20-24.

Senthivel R. y Sinha S.N. (2003). "Energy dissipation response of brick masonry under cyclic compressive loading". Structural Engineering and Mechanics, Vol. 16, Nº 4, pp. 405-422.

SICEXPAR (2000-2003). Memoria Final del proyecto del Plan Nacional de I+D 2000-0069-P4-02, 2000-2003. Inv. Ppal. Santiago Sánchez Beitia. No publicado.

Silva V.C. y Lourenço P.B. (1998). "Survey and assessment of Portuguese heritage using non-destructive methods, in view of its seismic rehabilitation". Monument 98 – Seismic Performance of Monuments, Lisbon, Portugal, pp. 157-166.

Schmid B.L. (1979). "Significant research on old unreinforced masonry buildings, Part I and II". Masonry Industry.

Schuller M.P. (2003). "Nondestructive testing and damage assessment of masonry structures". Progress in Structural Engineering and Materials, Vol. 5, nº 4, pp. 239-251.

Schuller M.P., Atkinson R.H. y Noland J.L. (1995). "Structural Evaluation of Historic Masonry Buildings". APT Bulletin, Vol. 26, No. 2/3 (1995), pp. 51-61. Publicado por: Association for Preservation Technology International (APT).

Sinha B.P. y Pedreschi R. (1983). "Compressive Strength and some elastic properties of brickwork". Int. J. Masonry Construction, 3 (1).

Spera G. "Indagini diagnostiche sulle strutture in muratura esistenti". Dipartimento di Strutture, Geotecnica, Geologia applicata all'Ingegneria. Università degli Studi della Basilicata. Disponible en: http://www.crisbasilicata.it/files/didattica/SPERA_2.pdf (consultado en Marzo de 2010).

Steiner W., Rossi P.P. y Devin P. (1989). "Flatjack measurements in the lining of the Hauenstein-Tunnel as a design base for the new Wisenberg-Tunnel". Disponible en http://www.rteknos.it/contatti/conta_home.htm

Suprenant B.A., Sture S., Noland J.L. y Schuller M.P. (1990). "Nondestructive Evaluation of Civil Structures and Materials", University of Colorado.

Suter G.T., Vandenberg J. y Fontaine L. (1996). "Bond capacity of mortars for historic structures". Association for Preservation Technology International-APT Bulletin, Vol. 27, nº 4, pp. 27-35.

Sutton M.A., Cheng M., Peters W.H., Chao Y.J. y McNeill, S.R. (1986). "Application of an optimized digital correlation method to planar deformation analysis". Image and Vision Computing, 4(3), pp. 143-151.

Synnergren P. y Sjoedahl M. (1999). "A stereoscopic digital speckle photography system for 3-d displacement field measurements". Optics and Lasers in Engineering, 31, pp. 425-433.

T

Tassios T. (1988). "Mecánica delle muratura". Liguori Editore, Napoles (Italia).

Taupin J.L. (2001). "La memoria mecánica de las catedrales. Reflexiones sobre las deformaciones". I Congreso europeo de Catedrales góticas. 20-13 de mayo de 1998, Vitoria, España., pp. 175-184

Tavares M., Magalhães A.C., Veiga M. R., Velosa A. y Aguiar J. (2008). "Repair mortars for a maritime fortress of the XVII th century". Medachs – Construction Heritage in Coastal and Marine

Environments: damage, diagnostics, maintenance and rehabilitation, Lisboa, LNEC, Janeiro de 2008.

Tavares M. y Veiga R. (2007). “A Conservação de Rebocos Antigos - Restituir a Coesão Perdida através da Consolidação com Materiais Tradicionais e Sustentáveis”. VII SBTA – Seminário Brasileiro de Tecnologia de Argamassas, Recife – Pe, ANTAC, Maio de 2007.

Tavukçuoglu A., Düzgünes A. Caner-Saltik E.N. y Demirci S. (2005). “Use of IR thermography for the assessment of surface-water drainage problems in a historical building, Agzikarahan (Aksaray), Turkey”. NDT&E International 38, pp. 402-410.

Tiano P., Filareto C., Ponticelli S., Ferrari M. y Valentini E. (2000). “Drilling force measurement system a new standardisable methodology to determine the stone cohesion: prototype design and validation”. International Journal for Restoration of Buildings and Monuments, vol 6, n° 2, pp. 133-150.

Tiano P., Delgado J., de Witte E., Verges-Belmin V., Massey S., Snethlage R, Costa D., Cadot-Leroux L., Garrod E. y Singer B. (2000a). “The conservation of monuments : a new method to evaluate consolidating treatments”. International Journal for Restoration of Buildings and Monuments, vol 6, n° 2, pp. 115-132.

Tiano P. (2000, ed.). “Poceedings of the EC Workshop DRILLMORE”. Munich, Germany, March 16-17. Marzo 2000.

Tiano P. y Viggiano A. (2000). “A new diagnostic tool for the evaluation of the hardness of natural and artificial stones”. International Journal for Restoration of Buildings and Monuments, vol 6, n° 5, pp. 555-566.

Tomasi R., Pezzo M.I. y Piazza M. (2007). “Rehabilitation of an historical theatre in Italy” (Intervento di riabilitazione di un teatro storico in Italia). Annali del Museo Civico di Rovereto, Vol. 23, pp. 89-102.

Tomazevic M. (2004). “Research for seismic redesign of historic masonry buildings”. In Proc. IV International Conference on Structural Analysis on Historical Constructions (SAHC), 10-13 November 2004, Padua, Italy.

Tomor A.K. y Melbourne C. (2007). “Monitoring masonry arch bridge response to traffic loading using acoustic emission techniques”. Proc. of the 5th Int. Conference on arch bridges. Madeira, Portugal, 12-14 september 2007, pp. 281-288.

Topczewski L., Fernandes F., Cruz P.J.S., Lourenço P.B. y Ramos L.F. (2006). “Radar investigation on civil structures using 3d data reconstruction and transmission tomography”. 11th International Conference Structural Faults+Repair-2006, Edinburgh, UK, CD-ROM, 13 pp.

Transue D. (2003). “Conducting in-place shear tests: a new ASTM standard prescribes three methods for measuring the shear strength of masonry mortar joints”. Disponible en http://findarticles.com/p/articles/mi_m0NTA/is_16/ai_n27679660/

Triggs B., McLauchlan P., Hartley R. y Fitzgibbon A. (2000). “Bundle adjustment - a modern synthesis. Vision Algorithms: Theory and Practice”. Springer Verlag.

U

UIC code 778-3. (1995). UIC – International Union of Railways: Recommendations for the assessment of the load carrying capacity of the existing masonry and mass-concrete arch bridges”.

UNE 41410. Bloques de tierra compactada para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo.

UNE-EN 1052-1. (1999). “Métodos de ensayo para fábricas de albañilería-Parte 1: Determinación de la resistencia a compresión”. Abril 1999.

UNESCO World Heritage Centre. Recurso electrónico: <http://whc.unesco.org/>

UNESCO Patrimonio arquitectónico en tierra (lista del patrimonio mundial de la UNESCO). Recurso electrónico: <http://www.international.icomos.org/18thapril/18abril2004-4.htm>

V

Valle S., Zanzi L., Binda L., Saisi A. y Lenzi G. (1998). "Tomography for NDT applied to masonry structures: Sonic and/or EM methods". Proceedings of the Second International Arch Bridge Conference, 6–9 October, Venezia, Balkema; pp. 244-252.

Valle S., Zanzi L. y Rocca F. (1998a). "Toward high resolution radar tomography". Proceedings of the 7th International Conference on Ground Penetrating Radar (GPR '98), May 27–30, Lawrence, Kansas, USA.

Valluzzi M.R., Da Porto F., Casarin F., Monteforte N. y Modena C. (2009). "A contribution to the characterization of masonry typologies by using sonic waves investigations". NDTCE'09, Non-Destructive Testing in Civil Engineering. Nantes, France, June 30th – July 3rd, 2009.

Valluzzi M.R., Mazzon N., Munari M., Casarin F. y Modena C. (2009a). "Effectiveness of injections evaluated by sonic tests on reduced scale multi-leaf masonry building subjected to seismic actions". NDTCE'09, Non-Destructive Testing in Civil Engineering. Nantes, France, June 30th – July 3rd, 2009.

Valluzzi M.R., da Porto F. y Modena C. (2004). "Behavior and modeling of strengthened three-leaf stone masonry walls". Materials and Structures, Vol. 37, April 2004, pp. 184-192.

Valluzzi M.R., da Porto F. y Modena C. (2003). "Structural investigations and strengthening of the civic tower in Vicenza ". Structural Faults & Repair - 2003, Commonwealth Institute, Kensington, London, UK, 1-3 July 2003.

Van Rickstal F., Van Gemert D. Keersmaekers R. y Posen D. (2008). "Enhancement of geo-electrical techniques for NDT of masonry". D'Ayala & Fodde (eds). Structural Analysis of Historic Construction, pp. 1053-1059.

Van Rickstal F., Keersmaekers R. y Van Gemert D. (2003). "Geo-electrical investigation of masonry walls: developments and case studies". Proceedings of the 6th meeting of the Materials Science and Restoration Society – Karlsruhe. Germany.

Van Rickstal F., Schueremans L., Beeldens A., Toumbakari E., Ignoul S., Brosens K., Van Balen K. y Van Gemert D. (2002). "New Technologies for Safeguarding cultural Heritage– A State of the Art of applied Research and Practice in Belgium". Advanced Research Initiation Assisting and Developing Networks in Europe (ARIADNE) Workshops, ARIADNE 12- New technologies for safeguarding cultural heritage, Junio 1-7, 2002. Disponible en: http://www.arcchip.cz/w12/w12_rickstal.pdf

Veiga R. y Carvalho F. (2000). "Experimental Characterisation of Lime based Rendering and Repointing Mortars. Definition of Relevant Laboratorial and in situ Tests". Athens, National Technical University of Athens, December 2000.

Verstrynge E., Schueremans L., Van Gemert D. y Wevers M. (2009). "Application of the Acoustic Emission Technique to assess damage in masonry under increasing and sustained axial loading". NDTCE'09, Non-Destructive Testing in Civil Engineering. Nantes, France, June 30th – July 3rd, 2009.

Verstrynge E., Ignoul S., Schueremans L., Van Gemert D. y Wevers M. (2008). "Application of the acoustic emission technique for assessment of damage-accumulation in masonry". International Journal for Restoration of Buildings and Monuments, Vol.14 No. 3, pp. 167-178.

Verstryng E., Ignoul S., Schueremans L., Van Gemert D. y Wevers M. (2008a). “Quantitative acquisition of the damage evolution in historic masonry”, WTA-Tagung, BRNO, March 6-7, pp. 183-204.

Vicente R. S. (2008). “Estratégias e metodologias para intervenções de reabilitação urbana. Avaliação da vulnerabilidade e do risco sísmico do edificado da Baixa de Coimbra”. Capítulo 5: Ensaio de caracterização mecânica das alvenarias tradicionais da Baixa de Coimbra”. Tesis doctoral. Universidade de Aveiro, Departamento de Engenharia Civil.

Vicente R. S., Mendes da Silva J.A.R., Varum H., Rodrigues H. y Júlio E. (2007). “Caracterização mecânica de paredes de alvenaria em construções antigas - ensaios com macacos planos”. Congresso Construção 2007 - 3.º Congresso Nacional 17 a 19 de Dezembro, Coimbra, Portugal (Universidade de Coimbra).

Viñuales G. (Ed.) (1994). “Arquitecturas de tierra en Iberoamérica”. Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Habiterra - Impresiones Sudamérica - Buenos Aires.

Viñuales G. (1981). “Restauración de arquitecturas de tierra”. San Miguel de Tucumán, Instituto Argentino de Investigaciones de Historia de la Arquitectura y el Urbanismo.

Villegas L. y Lombillo I. (2009). “Estudios técnicos para el estudio de la viabilidad de reconstrucción de una estructura pétreo marina”. 3^{er} Congreso de Patología y Rehabilitación de Edificios – PATORREB. Porto, Portugal, 18 a 20 de Marzo.

Villegas L. y Lombillo I. (2009a). “Estudios sobre la patología, la idoneidad estructural y de materiales de la iglesia de San Mamés (Polaciones): Propuestas de rehabilitación”. Proyecto financiado por la Fundación Marcelino Botín.

Villegas L. y Lombillo I. (2008). “Descripción general de los estudios previos realizados sobre la patología, la idoneidad estructural y de materiales del seminario mayor de comillas. Conclusiones obtenidas”. Lombillo I. y Villegas L. (2008, eds.): Tecnología de la Rehabilitación y gestión del Patrimonio Construido (REHABEND 2007). Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria, Santander (España).

Villegas L. y Lombillo I. (2008a). “Informe técnico sobre el estado estructural de la sección transversal de la Iglesia Mayor de Santa María de Castro Urdiales (Cantabria)”. Proyecto financiado por Labein Tecnalia.

Villegas L. y Lombillo I. (2007). “Los estudios previos en la rehabilitación de construcciones del patrimonio construido”. Villegas L. y Lombillo I. (2007, eds.): Metodologías no destructivas aplicables a la rehabilitación del patrimonio construido. Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria, Santander (España).

Villegas L. y Lombillo I. (2007a). “Estudios sobre la patología, la idoneidad estructural y de materiales de la nueva sede de la Fundación Campus Comillas: Propuestas de rehabilitación”. Proyecto financiado por el Gobierno de Cantabria (Plan de Gobernanza Tecnológico 2006, N° Exp. PGT 33/2006) y la Sociedad de Activos Inmobiliarios Campus Comillas.

Villegas L. y Lombillo I. (2007b) “Estudios sobre viabilidad técnica de la reconstrucción de la isla Horadada en la bahía de Santander”. Proyecto financiado por el Exmo. Ayuntamiento de Santander.

Vintzileou E., Miltiadou-Fezans A., Palieraki V. y Delinikolas N. (2004). “The use of radar techniques and endoscopy in investigating old masonry: the case of Dafni Monastery”. Proc. of the 4th Int. Sem. on Struct. Analysis of Historical Constr., Balkema: Rotterdam, vol. 2, pp. 351–360.

W

Waisnor B. M., Ducote-Price A., Jarros B., Duncan M. y Smith C. J. (2001). “Geotechnical Engineering within the Piedmont Physiographic Province. Appendix A: Pressuremeter test

interpretation". Report of a study performed by the Virginia Tech Center for Geotechnical Practice and Research. Disponible en: <http://matrix.vtrc.virginia.edu/grac/files/VPI-CGPR/Piedmont/Appendix%20A.pdf>

Wang Q., Wang X. (1988). "Evaluation of compressive strength of brick masonry in situ". Proceedings of the 8th International Brick/Block Masonry Conference. Dublin, Ireland. September 1988.

Wang J-Y. (1988a). "Measurements of Residual Stress by the Hole Drilling Method: General Stress-Strain Relationship and its Solution". Experimental Mechanics, Society for Experimental Mechanics, Inc. Bethel (USA), pp. 355-361.

Warren J. (1993). "Earthen Architecture: The conservation of brick and earth structures. A handbook". ICOMOS Specialized Committee on Earthen Architecture. <http://www.international.icomos.org/publications/earthen.htm>

Wesche (1974). Baustoffe für tragende Bauteile 2 Beton-Mauerwerk, Bauverlag GmbH-Wiesbaden und Berlin.

Wilson B.V. (1988). "Evaluation of in-situ testing on residual soils and prediction of settlement." Masters thesis, Department of Civil Engineering, North Carolina State University, Raleigh, N.C., 157pp.

Wo S. y Schuller M. (2008). "Estimating compressive strength of historic unreinforced masonry using flatjack deformability tests". Forde M.C. (ed.). 12th International Conference Structural Faults & Repair-2008. 10th – 12th June 2008, University of Edinburgh.

Wolde-Tinsae A., Atkinson R. y Hamid A. (1993), "State-of-the-Art Modulus of Elasticity of Masonry". Proceedings of the 6th North American Masonry Conference, Philadelphia, Pennsylvania.

Woodham D.B. y Schuller M.P. (2003). "Development of a flexible flatjack for quantitative evaluation of masonry". 9th North American Masonry Conference. Clemson University.

Y

Yuste J. y Albert V. (2008). "Monitorización e instrumentación de fisuras para el diagnóstico estructural en patrimonio histórico construido". Lombillo I. y Villegas L. (2008, eds.): Tecnología de la Rehabilitación y gestión del Patrimonio Construido (REHABEND 2007). Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria, Santander (España).

Yuste J., Fuente J.V., Sabater J.V., Albert V. y Calzado G. (2007). "Técnicas avanzadas de auscultación y diagnóstico de construcciones históricas. El proceso de diagnóstico estructural". Villegas L. y Lombillo I. (2007, eds.): Metodologías no destructivas aplicables a la rehabilitación del patrimonio construido. Grupo de Tecnología de la Edificación de la Universidad de Cantabria, Santander (España).

Z

Zanzi L., Saisi A., Binda L. y Cardarelli E. (2001). "Sonic Tomography and Flat Jack Experiments on the Stone Piers of the Temple of S.Nicola' L'Arena (Italy)". 9th Int. Conf. and Exhibition, Structural Faults and Repair, 4-6 Luglio, CD-ROM.

Zanzi L., Cardarelli E. y Lualdi M. (2001a). "Velocity and absorption analysis from tomographic sonic experiments on ancient stone piers". Meeting of European Association of Geoscientists and Engineers, Amsterdam.

