

El ensayo de gato plano como técnica para la auscultación in-situ de obras de fábrica

RAFAEL ASTUDILLO PASTOR (*)

PALOMA GARCÍA RUIZ (**)

RESUMEN El ensayo de gato plano es en la actualidad, es la técnica más utilizada para la evaluación no destructiva de algunas propiedades mecánicas en estructuras de obra de fábrica. En condiciones apropiadas, el ensayo de gato plano puede proporcionar información suficiente acerca del estado tensional de compresión en cualquier punto de una estructura de obra de fábrica, así como una estimación de la deformabilidad de los materiales que conforman dicha estructura.

Este artículo recoge, de forma resumida, la aplicación práctica de este método de ensayo en dos estructuras: el Palacio Botines de León y la Torre de Comares en la Alhambra de Granada.

THE FLAT-JACK TEST METHOD AS A TECHNIQUE TO EXAMINATE IN-SITU SOLID UNIT MASONRY

ABSTRACT Actually, the flat-jack test is the most useful technique for the nondestructive evaluation (NDT) of some mechanical properties of masonry structures. Under the proper conditions, flat-jack testing can provide enough information on the in-situ state stress at virtually any point in a masonry structure, as well as an estimation of the deformability of the materials which shape this structure.

This paper presents a summary practical application of this test method in two cases: the Palacio Botines in Leon and the Torre de Comares placed at the Alhambra in Granada.

Palabras clave: Obra de fábrica; Ensayo no destructivo; Gato plano; Tensión; Deformación; Módulo de elasticidad.

1. INTRODUCCIÓN

En cualquier restauración o rehabilitación que se lleve a cabo en edificios de obra de fábrica, ya sea de piedra o de ladrillo, es conveniente conocer desde un principio aquellas propiedades relacionadas con su resistencia y su deformabilidad^(*). Las técnicas no destructivas, tales como la medida de la velocidad de propagación de ultrasonidos o el ensayo de dureza superficial (esclerometría), pueden proporcionar valores más cualitativos que cuantitativos, que permiten establecer determinados criterios comparativos en distintas zonas de una estructura, pero no pueden proporcionar aquellos datos cuantitativos necesarios para una evaluación y análisis del estado tensional de la misma. Por otra parte, ninguno de los métodos mencionados, permiten obtener una estimación de la tensión de compresión a la que están trabajando los materiales en una zona determinada de la estructura. El ensayo de gato plano es, en la actualidad, una de las pocas técnicas capaces de proporcionar una estimación directa de las propiedades mecánicas de la obra de fábrica y de la tensión de trabajo de los materiales que la conforman.

2. EVOLUCIÓN DE LA TÉCNICA

La técnica de gato plano fue establecida inicialmente en el campo de la mecánica de rocas con objeto de determinar las tensiones y características de deformabilidad del material existente en la estructura rocosa de los túneles y las minas⁽²⁾. Esta técnica fue modificada y adaptada en Italia por P. P. Rossi, con el propósito de evaluar estructuras de fábrica de ladrillo y mampostería. Rossi desarrolló las especificaciones iniciales relacionadas con las dimensiones óptimas y emplazamiento de los gatos planos, además de las técnicas de estimación de las características de deformabilidad del material en cuestión y de calibración de los gatos, así como el posterior análisis de los resultados. Otros investigadores como L. Binda, han realizado gran número de trabajos experimentales orientados hacia la aplicación de los gatos planos en la evaluación de problemas de carácter mecánico en la mampostería. Por otro lado, C. Abdunur ha desarrollado una serie de experimentos con gatos planos semicirculares de gran tamaño, con el fin de analizar el estado tensional existente en el hormigón⁽³⁾.

Finalmente, se debe indicar que las normas relacionadas con el ensayo de gato plano fueron impulsadas en Europa por la RILEM a través de su Comité 76LUM. Igualmente, los procedimientos desarrollados en los dos métodos de ensayo de gato plano fueron sometidos a estudio por parte del

(*) Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Director del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales CEDEX (MOPTMA).

(**) Ingeniero Industrial. Sector de Auscultación de Estructuras. División de Ensayos No Destructivos. Laboratorio Central de Estructuras y Materiales CEDEX (MOPTMA).

Grupo de Trabajo ASTM C15,04.6, como base para la posterior redacción de las actuales normas ASTM (epígrafes 3.3 y 3.4).

3. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO DE GATO PLANO

3.1. EL GATO PLANO: FUNCIÓN Y NATURALEZA

El gato plano, al constar básicamente de dos planchas de acero soldadas en sus extremos (figura 1), puede fabricarse en diversas formas y tamaños dependiendo de la función y tipología de los materiales que se vayan a evaluar. En relación con su tipología, los gatos planos semicirculares se diseñan para adaptarles a aquellos cortes realizados mediante una sierra radial, mientras que los gatos rectangulares o semirectangulares se utilizan en aquellas estructuras donde el mortero se pueda retirar manualmente o mediante taladros sucesivos realizados con una broca. Por otro lado y en relación con su función, los gatos semicirculares se utilizan para estimar el estado tensional en un punto de una estructura, pero no son los más adecuados para la estimación de las características de deformabilidad, en cuyo caso se debe recurrir a la utilización de los gatos rectangulares con una longitud igual o superior a dos unidades de la mampostería que se esté analizando⁽⁴⁾.

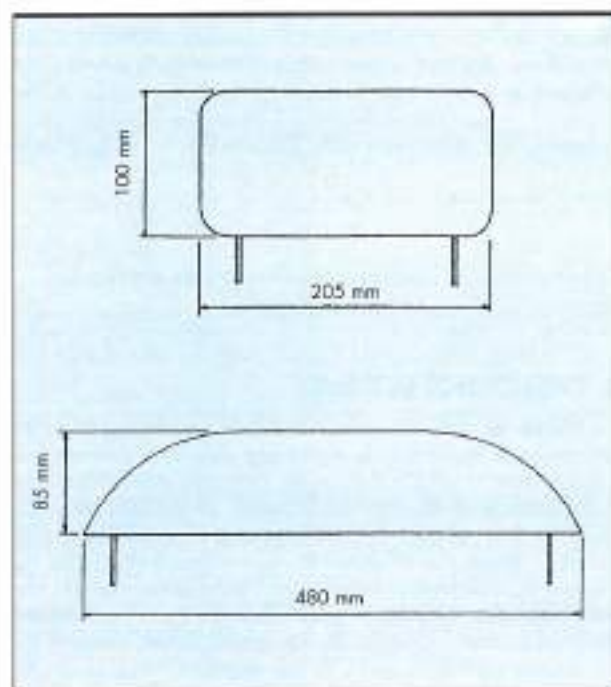


FIGURA 1. Gato plano: dimensiones y formas.

3.2. OBJETIVOS DE LA TÉCNICA

La técnica de gato plano fue desarrollada con el propósito de obtener una información estimativa y fiable, acerca de los siguientes parámetros:

- Estimación del estado tensional de compresión en un punto de la estructura.
- Estimación de las características de deformabilidad de los materiales que conforman la estructura.

- En algunos casos, y siempre que no se supere la capacidad operativa del gato plano, se puede estimar en una determinada zona de una estructura, la resistencia a compresión del material o materiales que conforman la misma.

Por tanto, el ensayo está claramente dividido en dos fases⁽⁶⁾. En la primera fase, se utiliza un único gato plano para estimar el estado tensional de compresión en el punto elegido de la estructura, y en la segunda fase se inserta un segundo gato plano con el fin de estimar las características de deformabilidad del material existente entre los dos gatos planos citados. La metodología de ensayo en ambas fases se desarrolla según normas ASTM (epígrafes 3.3 y 3.4).

La técnica de gato plano se considera como no destructiva ya que, una vez finalizada cualquiera de las dos fases de ensayo anteriormente mencionadas, sólo se debe recurrir a la reparación de la zona de corte mediante un mortero de relleno de características similares al que ya existía en la estructura en la que se estuviese realizando el mencionado ensayo.



FIGURA 2. Equipo de ensayo de gato plano del laboratorio Central de Estructuras y Materiales.

3.3. ESTIMACIÓN IN-SITU DEL ESTADO TENSIONAL DE COMPRESIÓN

El ensayo realizado en esta primera fase es un ensayo normalizado según la norma ASTM C 1196/91 "In Situ Compressive Stress Within Solid Unit Masonry Estimated Using Flat-jack Measurements"⁽⁶⁾.

La valoración del estado tensional de compresión se basa en la estimación de la deformación liberada en un plano de corte normal a la superficie de la estructura en estudio, estando dicho plano de corte situado en una de las capas de mortero existente (figura 3). Inicialmente, se colocan sobre la estructura en cuestión, unas bases verticales de medida, constituidas cada una de ellas por un par de puntos de base extensométrica, midiéndose la distancia D existente entre dichos puntos mediante un extensómetro. A continuación, se realiza un corte normal entre los puntos anteriormente mencionados mediante una sierra con disco de diamante (o mediante taladros sucesivos), por lo que debido a un reajuste tensional la distancia existente entre dichos puntos será menor que la existente al principio ($D_i < D$). Posteriormente, se coloca el gato plano elegido en el corte realizado, conectándose dicho gato a una bomba hi-

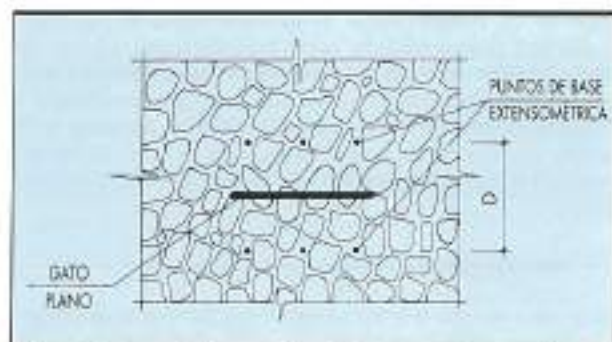


FIGURA 3. Esquema del ensayo de tensión in situ mediante gato plano.

dráulica manual. Se comienza a incrementar gradualmente la presión en el gato hasta que se recupera la distancia original existente entre los puntos de base extensométrica (D). Así, la presión existente en el interior del gato plano será igual al estado tensional preexistente en la dirección normal al plano de corte. El resultado obtenido debe ser corregido mediante una constante propia del gato (K_p), cuyo valor queda determinado en el proceso de calibración del gato plano.

$$\sigma = p \cdot K_n \cdot K_a$$

donde, p = presión comunicada al gato plano mediante una bomba hidráulica, con el fin de recuperar la distancia original existente entre los puntos de referencia antes de realizar el corte, expresada en Kp/cm^2 .

K_n = constante adimensional propia de cada gato plano y determinada en el proceso de calibrado, que refleja tanto sus propiedades geométricas como su rigidez.

K_a = relación entre el área del gato plano y el área media del corte realizado en la estructura.

Como puede observarse en la ecuación anterior, el estado tensional es directamente proporcional a la presión inducida a los gatos planos mediante la bomba hidráulica manual. Por ello, no se podrán alcanzar niveles tensionales que puedan superar la capacidad operativa del gato plano fijada en 70 Kg/cm^2 .

3.4. ESTIMACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE DEFORMABILIDAD

La norma utilizada en esta segunda fase del ensayo es la ASTM C 1197/91 "In Situ Measurement of Masonry Deformability Properties Using the Flat-jack Method"⁽⁷⁾.

En esta segunda fase del ensayo, es necesario realizar dos cortes normales a la superficie de la estructura en estudio (figura 4). Previamente, se sitúan simétricamente sobre la estructura, unas bases verticales de medida, formadas cada una de ellas por un par de puntos de base extensométrica, a una distancia D determinada mediante el extensómetro, dentro de la zona comprendida entre los dos futuros cortes. Posteriormente, se realizan dichos cortes con el fin de colocar dos gatos planos de las mismas dimensiones. Una vez introducidos dichos gatos en los cortes, se procede a comunicar pequeños escalones de presión a los mismos (sin superar nunca la capacidad operativa de cada gato) mediante la bomba hidráulica manual, tomándose lectura de la dis-

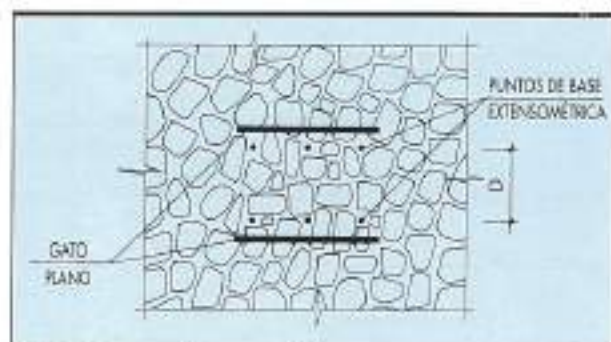


FIGURA 4. Esquema del ensayo de deformación in situ mediante gato plano.

tancia D , existente entre los puntos de referencia citados para cada escalón de presión i .

Por tanto, el valor estimado de la tensión en la zona delimitada por los dos gatos planos para cada estado de presión i , se calculará mediante la ecuación:

$$\sigma = p \cdot K_n \cdot K_a$$

donde las variables definidas se corresponden con las utilizadas en la ecuación del epígrafe 3.3. En el caso de la constante K_n , se tendrá en cuenta el uso de dos gatos planos que posean un valor similar para dicha constante.

Por otro lado, a cada estado de presión i le corresponderá una determinada deformación que se calculará mediante la ecuación:

$$\epsilon_i = (D - D_i) \cdot K_e$$

donde, ϵ_i = deformación correspondiente al estado de presión i .

D = distancia inicial existente entre los puntos de referencia.

D_i = distancia existente entre los puntos de referencia para el estado de presión i .

K_e = constante de deformación del extensómetro.

3.5. MÓDULO DE ELASTICIDAD Y COEFICIENTE DE POISSON

Una vez que se ha estimado la tensión y la deformación para cada uno de los escalones de presión i , como se ha indicado en el epígrafe anterior, se puede dibujar una gráfica tensión-deformación que permite estimar el módulo de elasticidad tangente en el origen para cada uno de los escalones de presión i , mediante la ecuación:

$$E_{ti} = \frac{\sigma_i}{\epsilon_i}$$

donde, σ_i = tensión correspondiente al estado de presión i , en Kp/cm^2 .

ϵ_i = la correspondiente deformación para el estado de presión i .

En cuanto al cálculo del coeficiente de Poisson⁽⁸⁾, y dado que se trata de la relación existente entre la deformación transversal y la deformación longitudinal, se recurre a la colocación en posición horizontal de un par de puntos de base extensométrica, a una distancia inicial D conocida (figura 5). Se procede entonces de igual forma que en el epígrafe 3.4, estimándose la tensión, así como la deformación transversal para unos escalones de presión determinados.

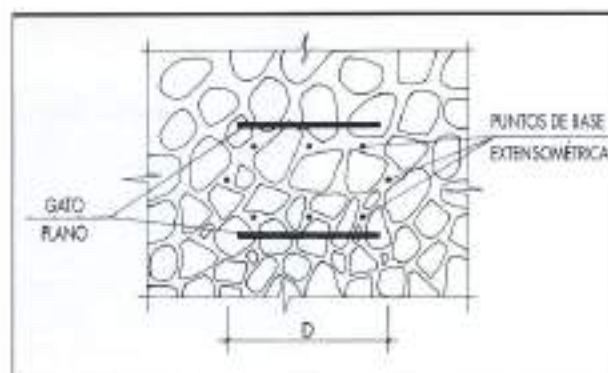


FIGURA 5. Procedimiento para el cálculo del coeficiente de Poisson.

Es decir, en el mismo ensayo se puede estimar el módulo de elasticidad con un par de puntos de base extensométrica colocados verticalmente, así como el coeficiente de Poisson si se colocan horizontalmente otros dos puntos de base extensométrica.

4. EJEMPLO DE APLICACIÓN: PALACIO BOTINES (LEÓN)

4.1. ANTECEDENTES

Los resultados que se presentan a continuación corresponden a los ensayos realizados en el Palacio Botines a petición de la Caja España de Inversiones, S.A., dentro del Convenio establecido entre dicha Institución y el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX.

El trabajo incluía la realización de ensayos de gato plano para la estimación del estado tensional de compresión, así

como de las características de deformabilidad de los materiales en 8 puntos de dicha estructura (figura 6), además de los ensayos de auscultación mediante endoscopia óptica en 7 puntos de la estructura, así como el ensayo de resistencia a compresión en seis muros testigo de ladrillo extraídos de la propia estructura. En este artículo, sólo se presentarán los resultados obtenidos mediante la técnica de ensayo de gato plano.

4.2. DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO DE GATO PLANO

Ya se ha indicado que los gatos planos pueden tener diversas formas y tamaños, dependiendo de la función y tipología de los materiales estructurales que se estén evaluando. En este caso, y dado que en el Palacio Botines coexisten tres tipos de material, por un lado la sillería y la mampostería, ambas de granito, y por otro lado el ladrillo, se decidió que el gato plano más adecuado para este ensayo era el grato semirectangular con unas dimensiones equivalentes a 480 x 85 mm.

En relación con los materiales utilizados en el Palacio Botines, se debe indicar la gran heterogeneidad que presentaba la mampostería al estar formada por la disposición irregular de restos correspondientes al tallado de los sillares de granito utilizados en la fachada del Palacio.

La técnica del ensayo de gato plano permitió obtener información acerca de los siguientes parámetros:

- En la primera fase del ensayo se procedió a la estimación del estado tensional en cada uno de los puntos elegidos en la estructura.
- En la segunda fase del ensayo, se estimaron las características de deformabilidad de cada uno de los materiales existentes (sillería y mampostería de granito, y ladrillo) en cada zona de ensayo elegida en la estructura.

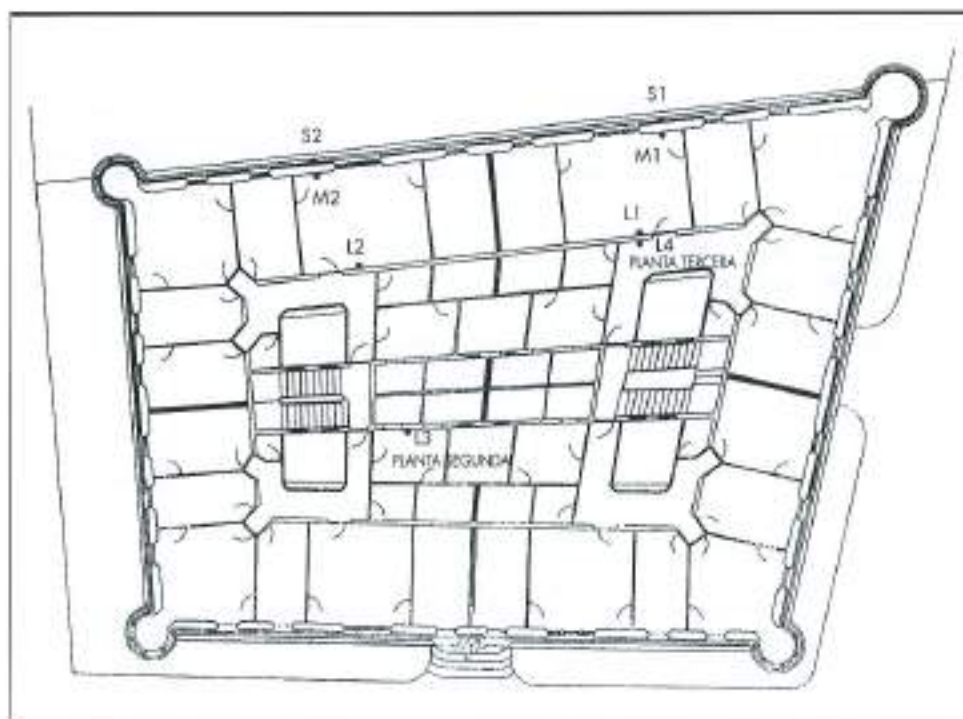


FIGURA 6. Puntos de ensayo elegidos en el Palacio Botines (planta primera).



FIGURA 7. Estimación del estado tensional en el Palacio Botines mediante gato plano.

4.2.1. Primera fase: Estimación del estado tensional

Para esta primera fase del ensayo, se eligieron ocho puntos de la estructura situados según se puede observar en la figura 6 de la siguiente forma: seis puntos en la primera planta, uno en la segunda planta y otro en la tercera planta. La nomenclatura utilizada para identificar cada uno de los puntos anteriores se compone en primer lugar de una letra que corresponde al tipo de material analizado, es decir, la letra *S* corresponde a la sillería, la letra *M* a la mampostería y por último la letra *L* al ladrillo. En segundo lugar, un número que indica la ubicación de cada uno de dichos puntos, correspondiendo el n° 1 a la primera planta zona izquierda, el n° 2 a la primera planta zona derecha, el n° 3 a la planta segunda, y por último, el n° 4 a la planta tercera.

En el epígrafe 3.3, se describió cómo se debe realizar el ensayo de gato plano para la estimación del estado de tensiones en una zona de una estructura (figura 7), y en particular, el cálculo de dicha tensión a partir de la ecuación expresada en dicho epígrafe. En dicha ecuación, la constante K_0 se consideró igual a la unidad, dado que la superficie ocupada por el gato se corresponde aproximadamente con el área del corte realizado, y la constante K_M (constante propia del gato) tiene un valor igual a 0,82 según el ensayo de calibrado previo efectuado sobre el gato utilizado.

Los valores estimados para el estado tensional de compresión en el Palacio Botines aparecen recogidos en la Tabla 1.

4.2.2. Segunda fase: Estimación de las características de deformabilidad

En esta segunda fase del ensayo, como ya se ha indicado en el epígrafe 3.4, es necesaria la realización de dos cortes con el fin de colocar dos gatos planos de las mismas dimensiones y características (misma constante de tarado K_M). Antes de realizar los cortes normales a la superficie de ensayo, se situaron simétricamente un par de puntos de base extensiométrica sobre una misma vertical, y a una distancia D conocida. En este ensayo, debido a que en primer lugar se realizó el ensayo para la estimación del estado tensional, se decidió la reutilización de los cortes ya efectuados en dicha fase del ensayo, por lo que se realizó el segundo corte paralelamente al anterior a una distancia de aproximadamente 41 cm, dejando siempre situados los puntos de base extensiométrica entre dichos cortes (figura 8).

Una vez introducidos cada uno de los dos gatos planos en su ranura, se procedió a comunicar pequeños escalones de presión a ambos. Dichos escalones fueron de 5 Kp/cm², iniciándose el ciclo de presión a 0 Kp/cm² y alcanzándose en algunos casos, un valor máximo 45 Kp/cm². Para cada escalón de presión comunicado a los gatos se estimó por un lado, el estado tensional de compresión (epígrafe 3.3) y por otro lado, se midió la distancia existente entre los dos puntos de base mediante un extensómetro, lo que permitió estimar las deformaciones del material situado entre dichos gatos.

PUNTOS DE LA ESTRUCTURA	S1	S2	M1	M2	L1	L2	L3	L4
TENSIÓN ESTIMADA [Kp/cm ²]	10,1	9,5	1,7	2,2	8,2	6,4	9,0	2,9

TABLA 1. Valores estimados para el estado tensional de compresión en el Palacio Botines.



FIGURA 8. Estimación de las características de deformabilidad en el Palacio Botines.

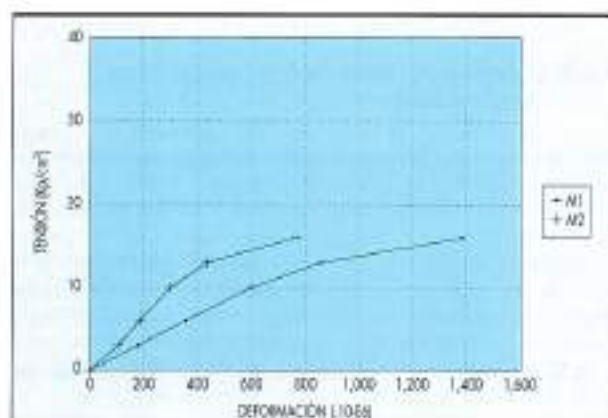


FIGURA 9. Curvas tensión-deformación estimadas para la mampostería en planta primera.

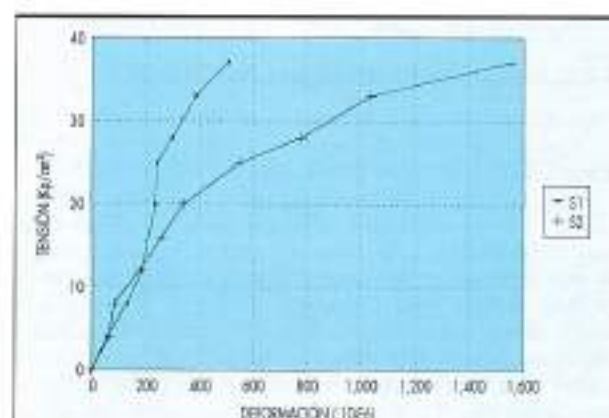


FIGURA 10. Curvas tensión-deformación estimadas para la sillar en planta primera.

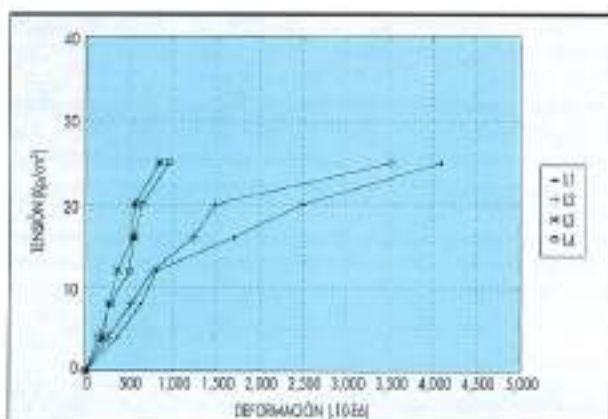


FIGURA 11. Curvas tensión-deformación estimadas para el ladrillo ensayado en la estructura.

Por consiguiente, y una vez finalizada esta segunda fase del ensayo, se procedió al trazado de la curva tensión-deformación del material situado entre los dos gatos planos (figuras 9, 10 y 11). Ello posibilitó la obtención del valor estimado del módulo de elasticidad tangente en el origen de los materiales que conforman cada una de las zonas de la estructura en estudio (figura 12).

5. EJEMPLO DE APLICACIÓN: TORRE DE COMARES EN LA ALHAMBRA (GRANADA)

5.1. ANTECEDENTES

Los resultados que se presentan a continuación corresponden a los ensayos realizados en la Torre de Comares de la Alhambra (Granada) por parte del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX, a petición del Laboratorio de Geotécnica adscrito también al CEDEX, dentro del marco de

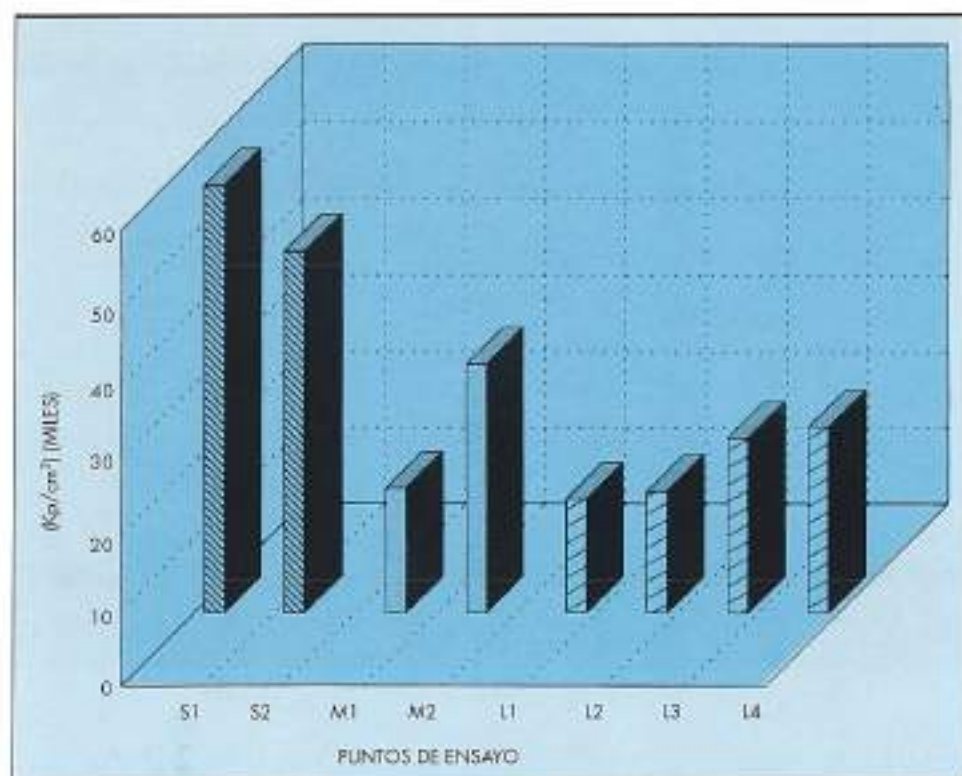


FIGURA 12. Módulo de elasticidad estimado de los materiales situados en los puntos de ensayo.

actuación denominado "Caracterización geotécnica de las condiciones de cimentación monumental de la Alhambra y Generalife".

El trabajo incluía la realización del ensayo de gato plano para la estimación del estado tensional en 9 puntos de la estructura, identificándose cada uno de ellos mediante la letra

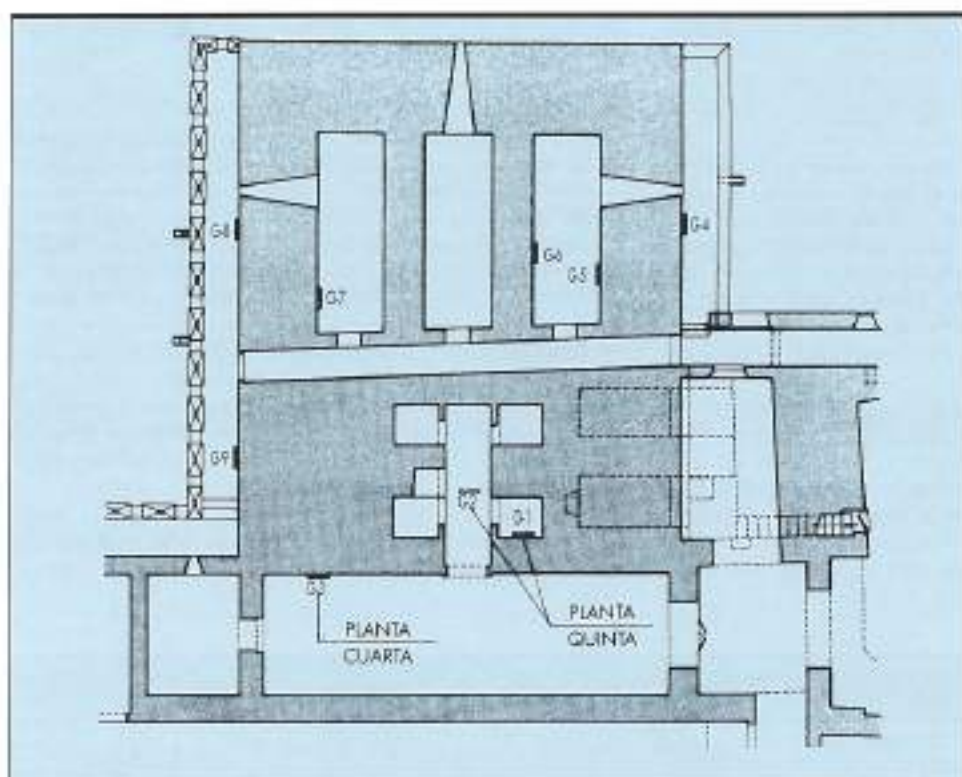


FIGURA 13. Puntos de ensayo elegidos en la Torre de Comares (planta semisótano-primer).

FIGURA 14. Colocación del gato plano y las puntas de base extensométrica.



G seguida de un número (del nº 1 al nº 9). Dichos puntos se situaron de la siguiente forma: el G-1 y el G-2 en la planta quinta, el G-3 en la planta cuarta, encontrándose el resto de los puntos de ensayo (G-4 al G-9) en el semisótano de dicha estructura (figura 13).

5.2. ENSAYO DE GATO PLANO. ESTIMACIÓN DEL ESTADO TENSIONAL DE COMPRESIÓN

Los gatos planos utilizados en la realización de este ensayo fueron de dos tipos dependiendo de la zona que se fuese a ensayar: un primer gato de dimensiones equivalentes a 480 X 85 mm, y un segundo gato cuyas dimensiones fueron de 205 X 100 mm.

En este caso, se colocaron inicialmente en la superficie del muro donde se iba a estimar el estado tensional de compresión, tres bases verticales de medida, constituida cada una por un par de puntas de base extensométrica (figura 14). Las bases se dispusieron de forma simétrica, con una separación de 10 cm entre ellas, procediéndose a medir la distancia existente entre los puntos de base mediante un extensómetro. De esta forma, se obtuvieron tres lecturas iniciales.

Posteriormente, se procedió a realizar el ensayo de gato plano para la estimación del estado tensional, tal y como ya se explicó en el epígrafe 3.3. En la ecuación que aparece en dicho epígrafe, utilizada para la estimación del estado tensional, se emplea la constante K_g , propia de cada gato, y en este caso al utilizarse dos tipos de gatos planos, el valor de la constante para el gato de dimensio-

nes mayores fue de 0,82, mientras que para el otro gato fue de 0,81.

En la Tabla 2 se presentan los resultados obtenidos mediante la aplicación directa de la ecuación anteriormente mencionada, en los puntos de ensayo elegidos en la estructura.

Los puntos en los que el estado tensional estimado tuvo como resultado el valor nulo, esto es, la distancia entre los puntos de base extensométrica no se modificaba por el hecho de realizar el corte perpendicular a la superficie del muro, se interpretaron de la siguiente manera:

- En las zonas interiores de la quinta planta de la Torre, existía un enlucido de todos los paramentos del tapial. Este enlucido, de cierto grosor, mostraba por el sonido producido al golpear su superficie, que estaba separado del propio tapial, por lo que no podía transmitir tensión alguna. Los puntos de ensayo G1 y G2 se utilizaron para comprobar esta situación, y como se puede observar en la Tabla 2 el valor estimado de la tensión en ambos puntos es nulo.
- Existían otras zonas en las que se observó que los paramentos habían sido reparados, en mayor o menor extensión, con un tapial semejante al original, por lo que era lógico pensar que la transmisión de tensiones se producía en la zona interna del muro y no en la superficie reparada.
- Finalmente, en el exterior de la Torre existían, en determinadas zonas a una altura superior a la normalmente accesible para la realización del ensayo de gato plano,

TABLA 2. Valores estimados del estado tensional en la Torre de Camarés.

PUNTOS DE LA ESTRUCTURA	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9
TENSIÓN ESTIMADA (Kp/cm ²)	0	0	3,9	6,1	3,3	0	0	0	0

una serie de fisuras horizontales que producían una descompresión de la superficie del muro, distorsionando la transmisión de las tensiones verticales bajo las mismas.

6. CONCLUSIONES

La técnica de gato plano proporciona una metodología de ensayo relativamente sencilla para la estimación in-situ de algunas de las propiedades mecánicas de la obra de fábrica. En la actualidad, no existe ningún otro método no destructivo que proporcione una medida directa de dichas propiedades sin tener en cuenta una serie de correlaciones empíricas.

Esta técnica de ensayo se integra en el proceso de evaluación estructural y proporciona una serie de datos complementarios con los que se pueden obtener mediante otras técnicas de ensayo. La información relacionada con el estado tensional obtenido mediante el ensayo de gato plano se puede relacionar con las velocidades de propagación obtenidas mediante el ensayo de ultrasonidos. En esta misma línea, los datos obtenidos para el módulo de elasticidad y la resistencia de la obra de fábrica a través del ensayo de gato plano se pueden relacionar con los obtenidos mediante las técnicas de esclerometría (determinación de la dureza superficial) o los ensayos de pull-out.

7. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a D. José Luis González Moreno-Navarro, Doctor Arquitecto coordinador del grupo que ha realizado los estudios previos sobre el Palacio Botines en León, así como a D. Mateo Revillas, Director del Patronato de la Alhambra y Generalife, por las facilidades dadas para la publicación de este artículo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- (1) BINDA, L.; ROSSI, P. P.: "Diagnostic Analysis of Masonry Buildings", International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE), Symposium on Strengthening of Building Structures (Diagnosis and Therapy), Venice, Italy, 1983.
- (2) BANIA, G.; ROSSI, P. P.: "Stress Measurements in Tunnel Linings", ISMES Publication, n° 190, 1983.
- (3) ABDUNUR, C.: "Surface Shrinkage of Concrete: Evaluation and Modelling", IABSE Symposium, Final Report, p. 157-162, Venezia, 1983.
- (4) ROSSI, P. P.: "Recent Developments of the Flat-jack Test on Masonry Structures", ISMES Workshop on Evaluation and Retrofit of Masonry Structures, August 18-29, 1987.
- (5) NOLAD, J. L.; ATKINSON, R. H.; SCHULLER, M. P.: "A Review of the Flat-jack Method for Nondestructive Evaluation", Proceedings of Nondestructive Evaluation of Civil Structures and Materials, Colorado, USA, October, 1990.
- (6) ASTM C 1196/91: "In Situ Compressive Stress Within Solid Unit Masonry Estimated Using Flat-jack Measurements", November, 1991.
- (7) ASTM C 1197/91: "In Situ Measurement of Masonry Deformability Properties Using the Flat-jack Method", November, 1991.
- (8) GELMI, A.; MODENA, C.; ROSSI, P. P.: "Mechanical Characterization of Stone Masonry Structures in Old Urban Nuclei", Sixth North American Masonry Conference, Philadelphia, USA, June, 1993.

Drayfil®



Embalse de Adayahemen, capacidad 339.000 m³ Isla de La Palma CANARIAS (impermeabilizado con DRAYFIL Embalses).

Marca la diferencia para culminar cualquier obra bien hecha.

Drayfil EDIFICIOS

Drayfil EMBALSES

Drayfil AGUA POTABLE

Drayfil TÚNELES

Drayfil PISCINAS

AISCONDEL LAMINADOS, S.A. es pionera en España en la investigación y desarrollo de las láminas impermeabilizantes de PVC para todo tipo de instalaciones, en la construcción, obras públicas, embalses y agricultura.

Esta larga experiencia, unida a los constantes avances tecnológicos, la sitúa en la primera línea del sector.

Todas las láminas impermeabilizantes de PVC-P fabricadas por AISCONDEL LAMINADOS, S.A. bajo la marca DRAYFIL, poseen la certificación AENOR.



MIEMBRO DE LA
FUNDACIÓN ESPAÑOLA
DE LOS PLÁSTICOS
PARA LA PROTECCIÓN
DEL MEDIO AMBIENTE



AISCONDEL
LAMINADOS, S.A.

