

Nº INFORME 060265-9

CLIENTE	TÉCNICAS EXPANSIVAS S.L. (INDEX)
PERSONA DE CONTACTO	EDUARDO POZA
DIRECCIÓN	P.I. La Portalada II, c/ Segador 13 26006 Logroño (La Rioja)
OBJETO	DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA AL LEVANTAMIENTO DE LAS TEJAS DE ARCILLA O DE HORMIGÓN INSTALADAS. MÉTODO DE ENSAYO DEL SISTEMA DE TEJADO SEGÚN NORMA UNE-EN 14437:2007
MUESTRA ENSAYADA	ESPUMA POLIURETANO REF.: "ESPUMA PARA TEJA PU-TC y PU-TP"
FECHA DE RECEPCIÓN	26/09/2016
FECHAS DE ENSAYO	30/09/2016 – 27/10/2016
FECHA DE EMISIÓN	13/02/2019



Fdo: Ion Oteiza
Responsable Técnico

* Los resultados del presente informe conciernen, única y exclusivamente al material ensayado.
* Este informe no podrá ser reproducido sin la autorización expresa de FUNDACIÓN TECNALIA R&I, excepto cuando lo sea de forma íntegra.

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Para la realización del ensayo se ha construido una probeta con los siguientes materiales:

- Tejas
 - Rastreles de madera de pino con sección de 45x35mm
 - Estructura de soporte según dibujo 1
 - Poliuretano.
-
- **En el anexo I se encuentra una tabla con los datos del peso de las tejas ensayadas**
 - **En el anexo II se encuentra el cálculo del valor característico**
 - **En el anexo III se encuentran fotografías del ensayo realizado**

Montaje de las probetas

Para realizar los ensayos se ha construido una estructura de soporte sobre la que ha colocado la cubierta de tejas con la disposición que se puede apreciar en las figuras 1 y 2 (los dibujos se realizan a modo de descripción. La configuración puede variar ligeramente dependiendo del tipo de teja utilizada)

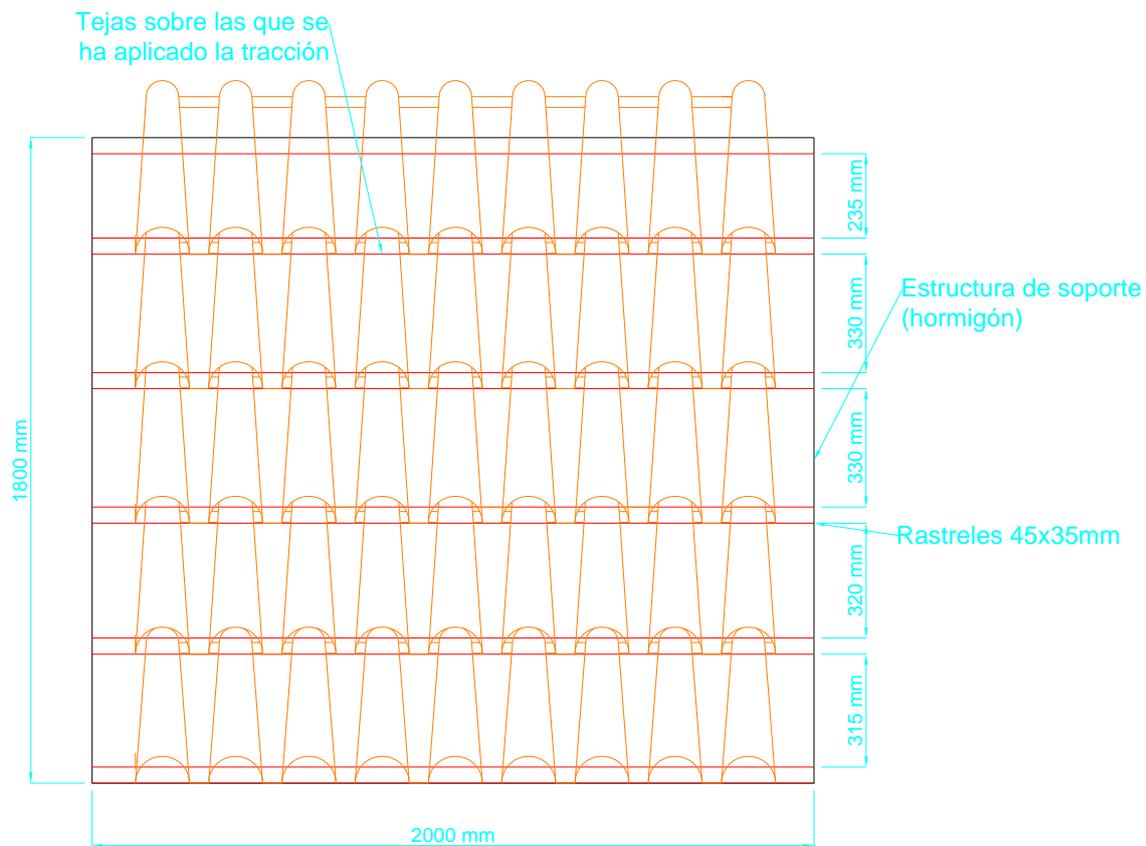


Figura 1: planta con la disposición de las tejas

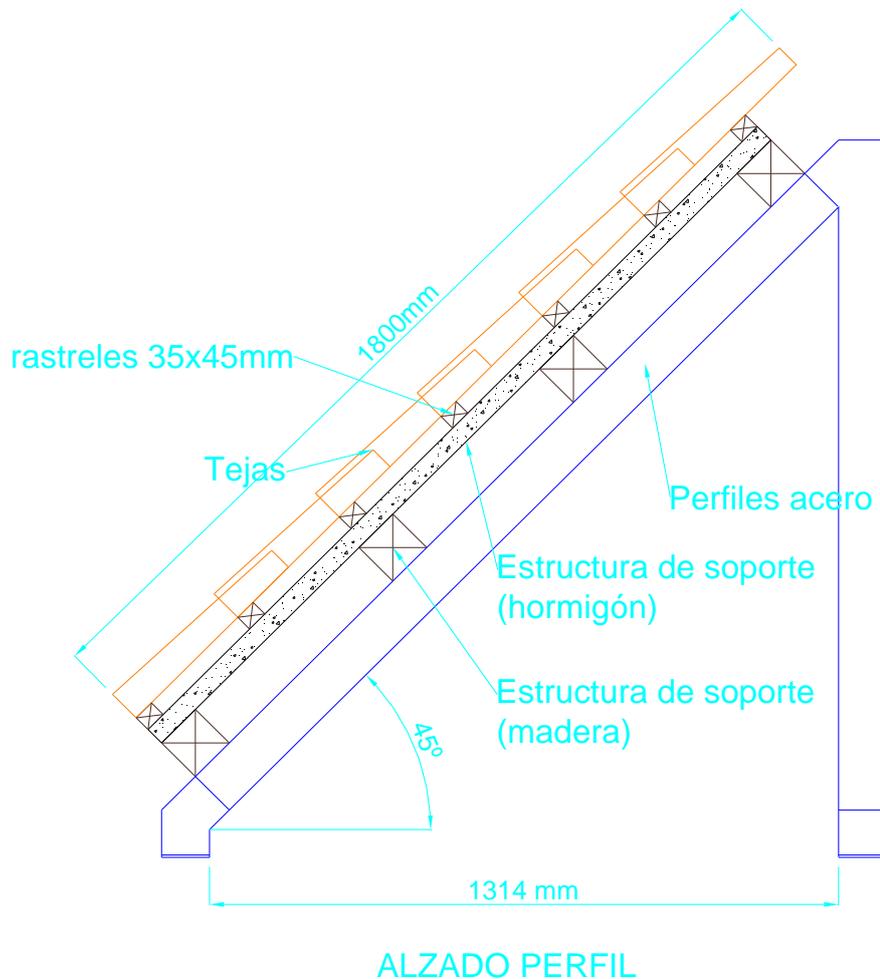


Figura 2: Perfil de la estructura de soporte con la disposición de las tejas

La estructura de soporte es una estructura formada por tubos de acero sobre la que se han colocado unas viguetas de madera de 10 cm de lado. Sobre estas viguetas se han colocado placas de hormigón prefabricado con el fin de simular el hormigón en la cubierta. Sobre el hormigón se han colocado rastreles de madera con sección (45x35mm) sobre los que se han fijado las tejas con la ESPUMA de poliuretano. La estructura de soporte donde se colocan las tejas forma 45° con el plano horizontal.

ENSAYO SOLICITADO

El ensayo solicitado ha sido “Determinación de la resistencia al levantamiento de las tejas de arcilla o de hormigón instaladas. Método de ensayo del sistema de tejado” según Norma UNE-EN 14437:2007

ENSAYO REALIZADO

Acondicionamiento de la muestra

Previo al ensayo, la muestra permanece 24 horas a una temperatura de (20 ± 5) °C y a una humedad relativa de $(60\pm 20)\%$, de acuerdo con lo establecido en la norma UNE-EN 14437:2007

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Previo al ensayo se determina el peso individual W_i de al menos 10 tejas (los valores se encuentran en el anexo I).

Se realiza un hueco (de menos de 10 mm de diámetro) en cada una de las tejas para colocar el cable que va a efectuar la tracción situado tal y como se puede ver en la Figura 3 y figura 4

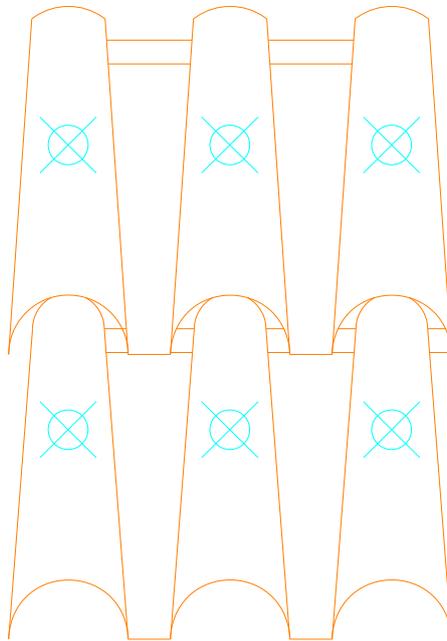


Figura 3: Situación de los huecos para la colocación de los cables en las tejas

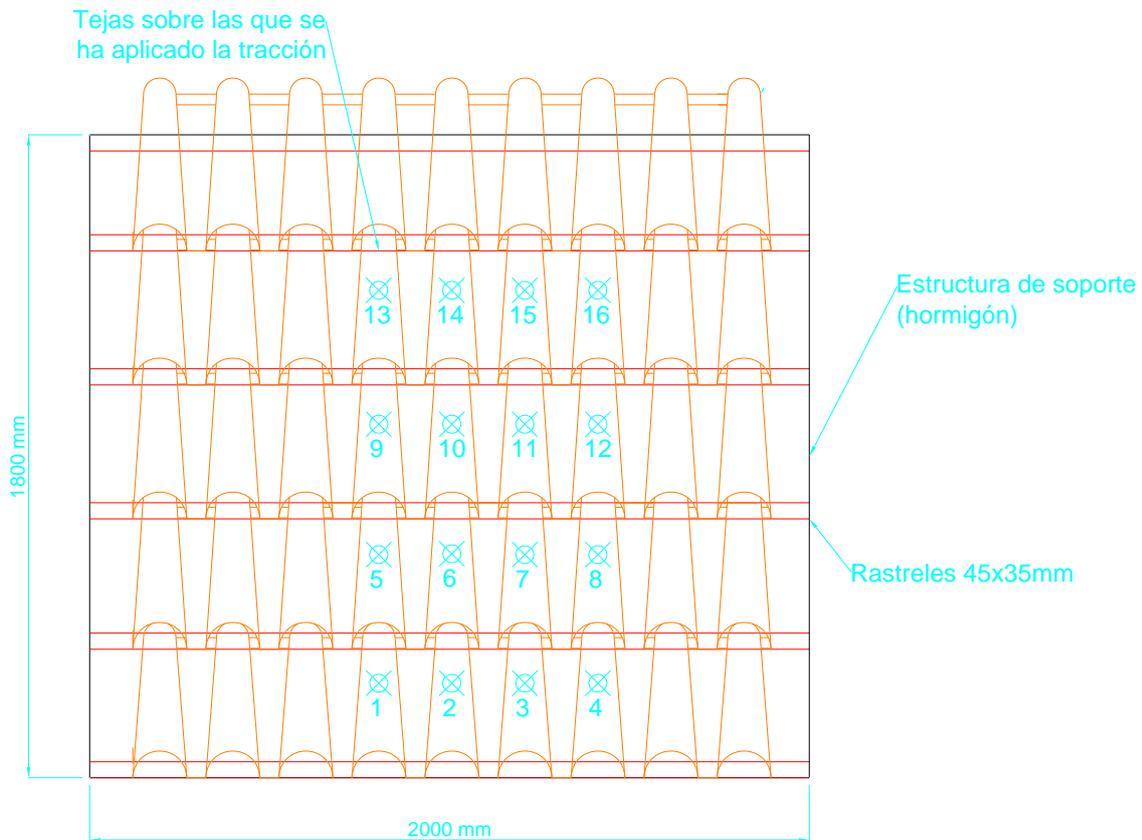


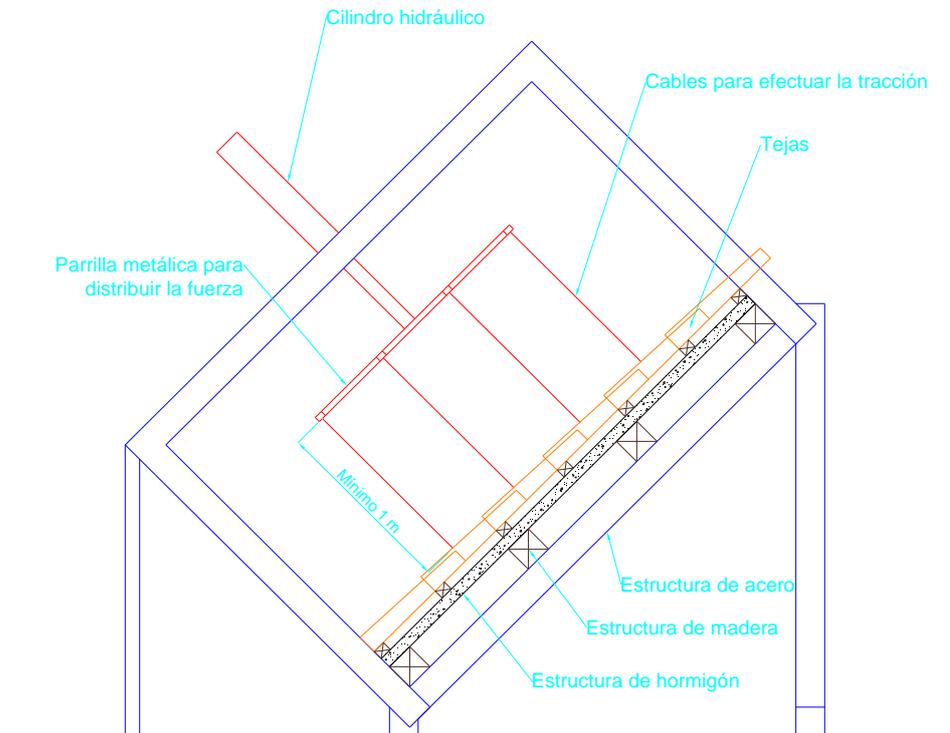
Figura 4: Situación de las perforaciones para la unión de los cables de tracción a las tejas e identificación de la situación de las tejas

Ensayo de prueba

Se realiza un ensayo de prueba sobre 16 tejas colocadas en la cubierta de igual forma a la mostrada en las figuras 1 y 2. La forma de colocación debe ser representativa de la colocación real.

La dimensión de la cubierta ensayada debe tener como mínimo (1,5x1,5) m.

La fuerza se aplica de forma perpendicular a la cubierta por un sistema de cables tal y como se puede ver en la figura 5.



ALZADO PERFIL + ZONA SUPERIOR

Figura 5: Vista de Perfil del sistema completo

La fuerza aplicada sobre las mismas no debe incrementarse a una velocidad mayor a 50 N/s hasta que se cumpla alguna de las siguientes condiciones:

- Rotura de la unión mecánica entre la teja y los listones (en caso de haberlos)
- Rotura o desprendimiento de la unión mecánica a la base de la cubierta
- Rotura de los elementos de cubierta
- El desplazamiento máximo de cualquiera de las tejas excede el valor d_{\max} (mm) dado por:

$$d_{\max} = 75 l_h / 400$$

donde d_{\max} es el desplazamiento máximo permitido, en mm
donde l_h es la medida longitudinal de la teja, en mm

- El desplazamiento residual de las tejas debido a deformaciones de las fijaciones después de reducir la fuerza a cero excede 5 mm.
- Las tejas no deben soltarse de los listones.

Se mide la fuerza máxima alcanzada (F_t) por el conjunto de las 16 tejas y se identifica la teja que muestre el mayor desplazamiento así como la zona de la misma en la que se haya producido.

Serie de ensayos

Se realiza una serie de tres ensayos como mínimo

La fuerza, siguiendo los criterios del ensayo base explicados anteriormente, debe ser aplicada en un primer paso de un máximo de $0,7 F_t$ y de un máximo de $1/20 F_t$ en los pasos siguientes manteniéndose en el máximo nivel un mínimo de 5 segundos. Una vez pasados los 5 segundos la fuerza debe ser reducida hasta cero. La fuerza debe ser incrementada y reducida a un máximo de 50 N/s.

En el momento de alcanzar el valor máximo de la fuerza debe ser medido el desplazamiento tal y como se indica en el punto anterior.

La forma de aplicación de la fuerza se puede apreciar en la figura 5

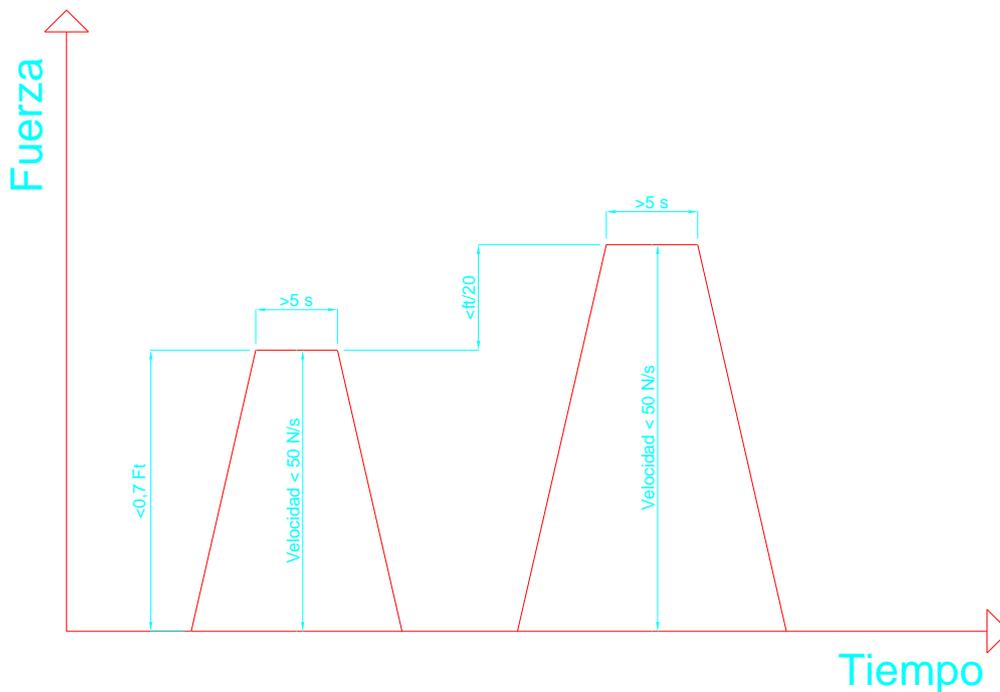


Figura 6: Gráfica de la forma de aplicación de la fuerza

De la misma forma que en el ensayo de prueba se interrumpe el ensayo si se cumple alguna de las siguientes condiciones:

- Rotura de la unión mecánica entre la teja y los listones (en caso de haberlos)
- Rotura o desprendimiento de la unión mecánica a la base de la cubierta
- Rotura de los elementos de cubierta
- El desplazamiento máximo de cualquiera de las tejas excede el valor d_{\max} (mm) dado por:

$$d_{\max} = 75 l_h / 400$$

donde d_{\max} es el desplazamiento máximo permitido, en mm

donde l_h es la longitud de cuelgue de la teja, en mm

- e) El desplazamiento residual de las tejas debido a deformaciones de las fijaciones después de reducir la fuerza a cero excede 5 mm.
- f) Las tejas no deben soltarse de los listones.

Se mide la fuerza máxima alcanzada (F_i) por el conjunto de las 16 tejas y se identifica la teja que muestre el mayor desplazamiento así como la zona de la misma en la que se haya producido.

Evaluación y expresión de los resultados

El valor medio y la desviación estándar de la resistencia de todos los ensayos debe ser calculado mediante:

$$R_x = \frac{1}{n} \sum R_{ri}$$

$$s_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum (R_{ri} - R_x)^2$$

donde:

- R_{ri} es la resistencia al arranque del ensayo i
- n es el número de ensayos que se han realizado.

Cuando después de tres series, la relación s_x/R_x exceda el valor 0,10, deben realizarse dos ensayos adicionales. Cuando después de haber realizado 5 ensayos la relación s_x/R_x todavía exceda el valor 0,10 se realizarán dos ensayos adicionales.

RESULTADOS

ENSAYO INICIAL

Las condiciones ambientales han sido las siguientes:

Temperatura:	19°C	Humedad relativa:	58%	Presión Atmosférica:	101.2 kPa
--------------	------	-------------------	-----	----------------------	-----------

DESCRIPCIÓN	Fuerza aplicada (N)
CARGA MÁXIMA ALCANZADA EN EL ENSAYO INICIAL	2.904
TIPO DE FALLO	Levantamiento de tejas
ZONA DE DEFORMACIÓN MÁXIMA	
ZONA CENTRAL	



Gráfico 1: Carga

ENSAYO 2

Las condiciones ambientales han sido las siguientes:

Temperatura:	20°C	Humedad relativa:	54%	Presión Atmosférica:	101.1 kPa
--------------	------	-------------------	-----	----------------------	-----------

DESCRIPCIÓN	Fuerza aplicada (N)
70% DE LA CARGA MÁXIMA INICIAL	2.032,8
CARGA MÁXIMA $R_{r,1}$	2.739
TIPO DE FALLO	Levantamiento tejas al subir a 2.840
ZONA DE DEFORMACIÓN MÁXIMA	
ZONA CENTRAL	

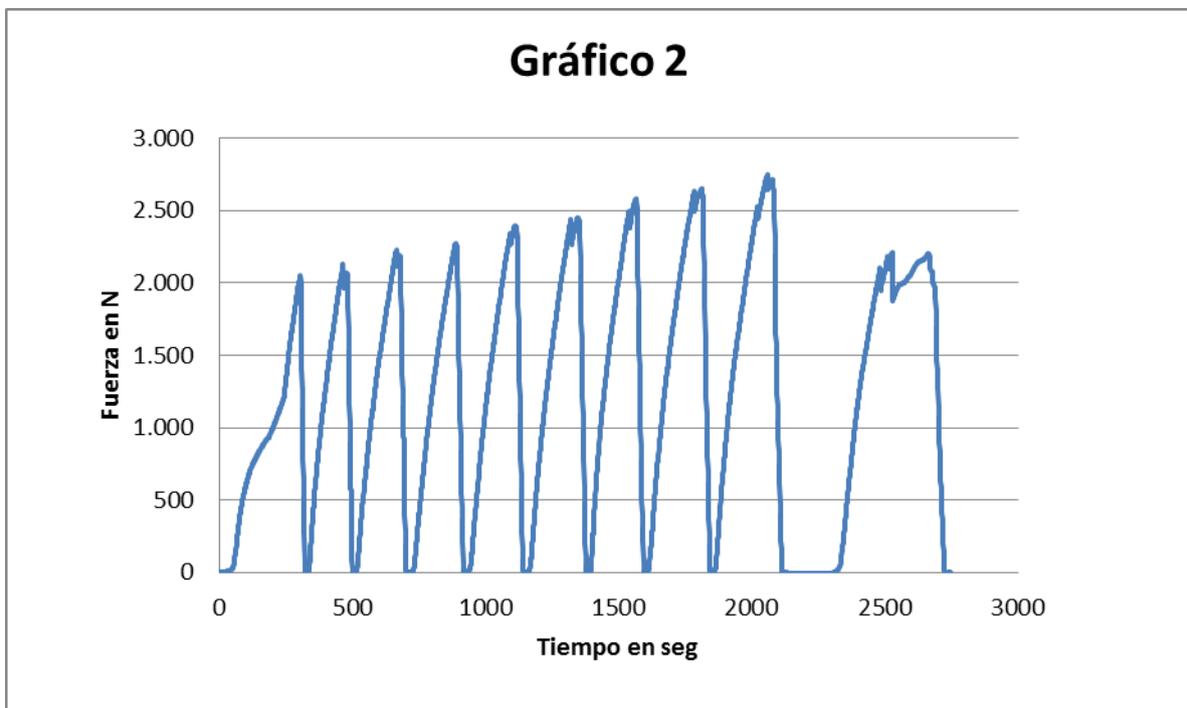


Gráfico 2: Carga – Tiempo en el ensayo 2

ENSAYO 3

Las condiciones ambientales han sido las siguientes:

Temperatura:	21°C	Humedad relativa:	53%	Presión Atmosférica:	100.5 kPa
--------------	------	-------------------	-----	----------------------	-----------

DESCRIPCIÓN	Fuerza aplicada (N)
70% DE LA CARGA MÁXIMA INICIAL	2.032,8
CARGA MÁXIMA R_{r,2}	2.840
TIPO DE FALLO	Levantamiento de tejas
ZONA DE DEFORMACIÓN MÁXIMA	
ZONA CENTRAL	



Gráfico 3: Carga – Tiempo en el ensayo 3

ENSAYO 4

Las condiciones ambientales han sido las siguientes:

Temperatura:	20°C	Humedad relativa:	50%	Presión Atmosférica:	98.9 Kpa
--------------	------	-------------------	-----	----------------------	----------

DESCRIPCIÓN	Fuerza aplicada (N)
70% DE LA CARGA MÁXIMA INICIAL	2.032,8
CARGA MÁXIMA $R_{r,3}$	2.840
TIPO DE FALLO	Levantamiento de tejas
ZONA DE DEFORMACIÓN MÁXIMA	
ZONA CENTRAL	

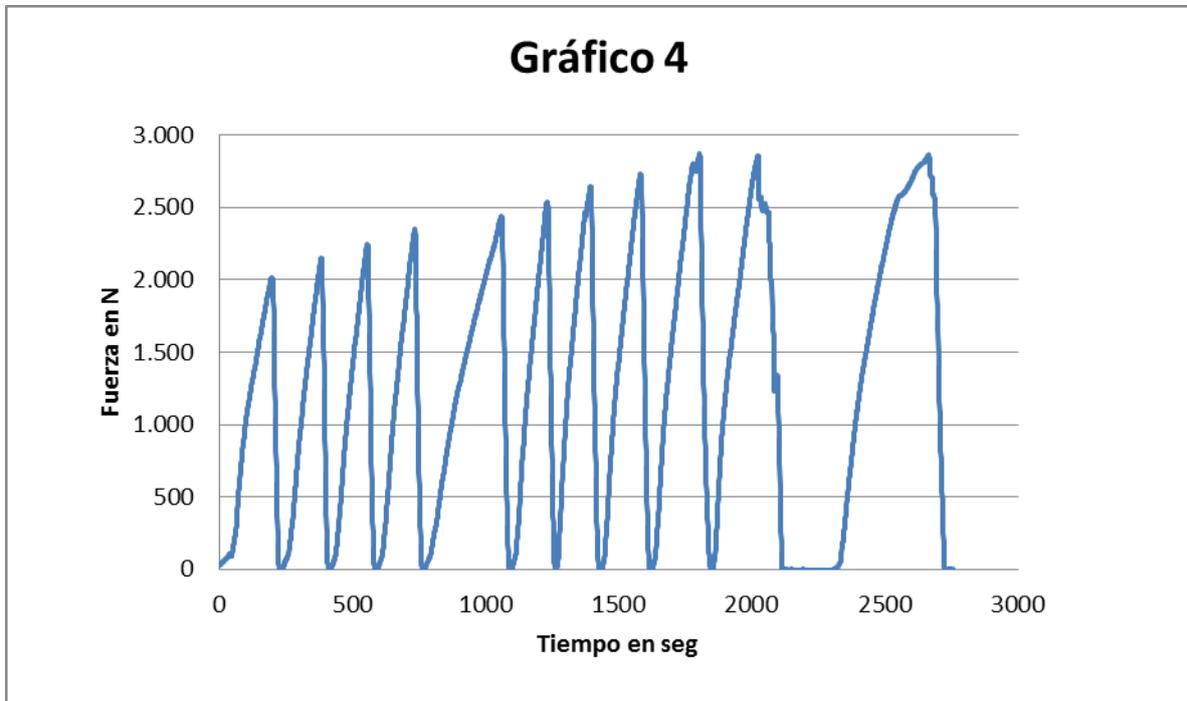


Gráfico 4: Carga – Tiempo en el ensayo 4

Aplicando las fórmulas del apartado “Evaluación y expresión de los resultados” de este informe el resultado de la serie de ensayos sería el siguiente:

VALOR MEDIO DE RESISTENCIA (R_x)	2.806,33 N
DESVIACIÓN ESTANDAR S_x	58,3123 N
S_x / R_x	0,021
R_k (resistencia característica)	2.609,82 N

ANEXO I TABLA DE DATOS (w_i)

TEJA NÚMERO	PESO (gramos)
1	2429
2	2403
3	2456
4	2398
5	2464
6	2401
7	2461
8	2396
9	2463
10	2396

ANEXO II CÁLCULO VALOR CARACTERÍSTICO (Informativo)

El valor característico de la resistencia puede ser determinado mediante la siguiente fórmula:

$$R_k = R_x - k_n s_x$$

Donde R_k es el valor característico de la resistencia

k_n es un factor estadístico dependiendo del número de ensayos (n) (Tabla 1)

R_x es el valor medio de la resistencia en los ensayos

s_x es la desviación estándar de la resistencia

n	3	5	7
k_n	3,37	2,33	2,08

Tabla 1: Valores del factor k_n dependiendo del número de ensayos (n)

R_x	2.806,33
s_x	58,3123
k_n (para 3 ensayos)	3,37

R_k	2.609,82
-------	----------

ANEXO III FOTOGRAFIAS



Fotografía 1



Fotografía 2



Fotografía 3



Fotografía 4



Fotografía 5