

Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Técnica Superior de Edificación



COMPORTAMIENTO A ARRANCAMIENTO DE ANCLAJES
PLÁSTICOS EN MUROS DE FÁBRICA DE LADRILLO

TESIS DOCTORAL

Sonsoles González Rodrigo
Máster en Técnicas y Sistemas de Edificación

2017

Universidad Politécnica de Madrid
Escuela Técnica Superior de Edificación

TESIS DOCTORAL

**COMPORTAMIENTO A ARRANCAMIENTO DE ANCLAJES
PLÁSTICOS EN MUROS DE FÁBRICA DE LADRILLO**

Autora

Sonsoles González Rodrigo
Master en Técnicas y Sistemas de Edificación

Director

Alfonso Cobo Escamilla

Subdirección de Investigación, Doctorado y Postgrado

2017

TESIS DOCTORAL

COMPORTAMIENTO A ARRANCAMIENTO DE ANCLAJES PLÁSTICOS EN MUROS DE FÁBRICA DE LADRILLO

Autora:

Sonsoles González Rodrigo

Máster en Técnicas y Sistemas de Edificación

Director

Alfonso Cobo Escamilla

Tribunal nombrado por el Magfco. Y Excmo. Sr. Rector de la Universidad Politécnica de Madrid, el día de de 2017

- Presidente
- Vocal
- Vocal
- Vocal
- Secretario

Acuerda otorgarle la calificación de:

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

EL SECRETARIO

En Madrid, de de 2017

Agradecimientos

El desarrollo de un trabajo como éste no podría haber sido posible sin la ayuda de muchas personas que han aportado su grano de arena.

Quiero agradecer a la Escuela de Técnica Superior de Edificación de Madrid, y especialmente a la Subdirección de Investigación, Doctorado y Postgrado por la ayuda en mis continuas consultas.

Agradezco enormemente a mi director, el Dr. Alfonso Cobo Escamilla, la propuesta del tema y la ayuda prestada durante todos estos meses de trabajo, pero sobre todo por su confianza.

Gracias a Paco González Yunta y a Proiescon, por toda su ayuda prestada en todos los aspectos de la redacción de este documento, pero especialmente a la ofrecida de forma incondicional en la realización de los ensayos.

Gracias a Esther Moreno, la experta en caracterización, porque es como un ángel, con ella siempre todo es mejor.

Gracias a Nieves González, por sus certeras apreciaciones sobre el documento.

Gracias a mis compañeros de asignatura, a los presentes y a los pasados, que siempre han propiciado un espacio de diálogo distendido y muy enriquecedor. Ha sido una fortuna rodearme de ellos.

Gracias a Nuria Llauradó, porque siempre que hemos trabajado en paralelo, hemos sacado lo mejor de nosotras. Ánimo con tu tesis.

Gracias a mi Inmaculada, por tu ayuda continúa y por soportar mi falta de ayuda durante estos meses con una sonrisa. Te debo tantas.

Gracias a los profesores Jesús González Martín y José Luis de Miguel porque ellos han propiciado mi crecimiento como docente y han sabido siempre transmitirme su entusiasmo por la construcción, por las estructuras y por la enseñanza.

Gracias a mi madre, Pilar, por las imprescindibles y no siempre agradables correcciones tipográficas y de estilo.

Gracias a los míos: padres, suegros, hermanos y sobrinos, por la ayuda logística imprescindible en estos casos. Realmente sois estupendos.

Pero ante todo: Gracias Paz y Teo por conseguir llenar mi vida de tanta energía que permite que empresas como éstas valgan la pena, a pesar de los ratos robados. Gracias por vuestra sonrisa.

Gracias a ti, Tito, por tomar el timón del barco y por acompañarme una vez más esta nueva aventura. No me cabe duda de que tu trabajo ha sido el más duro. Sin tu apoyo y sin tu ayuda esto no hubiera sido posible. Gracias.

Resumen

Es habitual en obras de rehabilitación encontrarse con la necesidad de levantar una estructura de andamio adosado a los muros de fachada. Las estructuras tubulares de los mismos precisan ser ancladas en los muros de fábrica mediante anclajes locales con una distribución variable en su faz exterior. Por otro lado, los muros de fábrica constituyen un sistema formado por multitud de materiales, por lo que su comportamiento está influido por distintos parámetros, como el tipo de anclaje, el tipo de ladrillo, el sistema de perforación o la configuración de los orificios de la pieza.

El conjunto de acciones exteriores que comprometen el papel estructural de un andamio son fácilmente reproducibles y permiten la obtención de las solicitaciones en cada uno de sus elementos. El cumplimiento de la actual normativa española para el cálculo de andamios supone la consideración de la acción del viento que incide en las lonas de protección de estas estructuras. Este efecto puede someter a los elementos de anclaje en fachada a un esfuerzo de arrancamiento.

Sin embargo, a pesar de que existen trabajos que analizan experimentalmente el comportamiento de anclajes ante el arrancamiento a partir de ensayos realizados en especímenes de ladrillo, apenas existen estudios que muestren resultados sobre fábricas reales de ladrillo. Este trabajo analiza el comportamiento de anclajes de acero tipo cáncamo, insertados en tacos de plástico, en fábricas reales de ladrillo macizo, con centenares de años de antigüedad, en distintas situaciones: posición en altura de muro, posición relativa en la pieza de ladrillo y longitud de entrega del anclaje.

Para ello, se ha seguido el método de ensayo expuesto en las directrices europeas para anclajes de plástico con distintos usos en fábricas de ladrillo para uso no estructural (EOTA-ETAG -20). En los ensayos se ha determinado la carga de rotura y los valores de desplazamiento del anclaje en distintas longitudes de entrega y situaciones de colocación, lo que permite conocer con valores tomados *in situ* el comportamiento de anclajes empleados en la colocación de andamios y plataformas de trabajo.

El presente trabajo de investigación recoge los resultados obtenidos en diferentes ensayos, llevados a cabo siguiendo la metodología descrita en la normativa, con objeto de tener un punto de partida sobre la resistencia a arrancamiento de anclajes de acero tipo cáncamo introducidos en tacos de plástico, alojados en distintas situaciones, en muros reales de fábrica de ladrillo.

Palabras clave: andamio, fábrica de ladrillo, ensayo de arrancamiento, anclaje plástico.

Abstract

In rehabilitation works, it is often necessary to build up a scaffolding structure attached to the facade walls. These tubular structures need to be anchored to the masonry walls by local anchors with variable distribution to the external side. On the other hand, masonry walls constitute a system formed by a wide range of materials; thus their behavior is influenced by different parameters such as the type of fastener, the type of brick, the drilling system or the configuration of the piece holes.

The set of external actions that jeopardize the structural role of a scaffold are easily reproducible and allow obtaining the internal stresses on each of the elements. Compliance with current Spanish Standards for scaffolding design, involves considering the wind action affecting to this structure protection sheeting. This effect exposes the façade fastening elements to a pull-out stress.

However, although there is experimental research analyzing the pull-out behavior of fasteners embedded in brick specimens, studies that show results on real brick masonry walls are hardly found. This work analyzes the behavior of steel eye-bolt anchors, inserted in plastic sleeves in real solid brick masonry several centuries old. Tests were conducted for different scenarios: placed at the wall height, placed in different positions in relation to the brick unit and different length of the anchoring insertion.

To this end, testing methods shown in European Guidelines for Plastic Anchorages for Multiple Uses in Masonry for Non-structural Applications (EOTA-ETAG-20) have been followed. In the tests, the fracture load and the displacement values of fasteners in different embedment lengths and placement positions have been determined. The collection of these on-site data has allowed to assess how various parameters in anchor settings could affect the load bearing capacity of the fasteners used in scaffolding and brickwork systems.

The present research work shows the results obtained in different tests, carried out following the methodology described in the standard regulations, in order to have a starting point of the pull-out strength of steel eye-bolt anchors, inserted in plastic sleeves, in real brick masonry walls.

Key words: scaffolding, brick masonry, pull-out test, plastic sleeve.

Índice general

Agradecimientos	iii
Resumen	v
Abstract	vii
Índice general	ix
Estructura del trabajo	xvii
1 Introducción general	3
1.1 Introducción	3
1.1.1 Antecedentes	4
1.1.2 Motivación	5
1.2 Objetivos	5
1.3 Hipótesis de trabajo	5
2 Estado del conocimiento	9
2.1 Muros de fábrica	9
2.1.1 El ladrillo	9
2.1.1.1 La arcilla como materia prima	9
2.1.1.2 Hacia la mecanización	10
2.1.1.3 Fabricación de piezas de ladrillo	11
2.1.1.3.1 Conformación	11
2.1.1.3.2 Secado	12
2.1.1.3.3 Cocción	13
2.1.1.4 Normativa y tipos de piezas de fábrica de ladrillo	14
2.1.2 Morteros en fábricas históricas	15
2.1.2.1 Morteros de yeso en fábricas históricas	16
2.1.2.2 Morteros de yeso en la actualidad	17
2.1.3 Muros resistentes de fábrica	17
2.1.3.1 Comportamiento triaxial de un muro de mampostería	18
2.1.3.2 Mecanismos de fallo	22
2.1.3.3 La humedad en los muros de fábrica	23
2.1.3.4 La humedad por capilaridad en los muros de fábrica	23

2.1.3.5	Efecto de las sales	25
2.1.3.6	La humedad por capilaridad de edificios históricos.....	26
2.1.3.7	Efectos de la humedad en las propiedades resistentes de un muro	28
2.2	Andamios	30
2.2.1	Antecedentes	30
2.2.1.1	Marco normativo	30
2.2.1.2	Investigaciones previas.....	31
2.2.2	Sistemas de andamio	32
2.2.2.1	Elementos y materiales	33
2.2.2.2	Clasificación y características.....	33
2.2.3	Esquema estructural de un andamio	34
2.2.3.1	Conexión del sistema multidireccional.....	36
2.2.3.2	Conexión del sistema modular estándar de marco	36
2.2.3.3	Arriostramientos	37
2.2.4	Cargas en una estructura de andamio	40
2.2.4.1	Comprobación de la acción del viento sobre una estructura de andamio	40
2.2.4.1.1	Estructura de andamio sin revestir	41
2.2.4.1.2	Estructura de andamio revestida.....	43
2.2.4.2	Cálculo de las fuerzas que ejerce un andamio.....	44
2.2.4.2.1	Cálculo de la fuerza paralela a la fachada.....	44
2.2.4.2.2	Cálculo de la fuerza perpendicular a la fachada	45
2.2.5	Apoyos y amarres.....	46
2.2.5.1	Apoyo en el suelo	46
2.2.5.2	Amarres a fachada	47
2.3	Sistemas de fijación. Anclajes	51
2.3.1	Clasificación de los anclajes metálicos.....	51
2.3.1.1	Por su orden en la ejecución	51
2.3.1.2	Por su forma de trabajo	51
2.3.1.2.1	Por fricción o rozamiento.....	52
2.3.1.2.2	Por forma	53
2.3.1.2.3	Por adherencia.....	54

2.3.2	Comportamiento de un anclaje	55
2.3.2.1	Criterios de comportamiento	55
2.3.2.2	Modos de fallo.....	55
2.3.3	Anclajes para albañilería	56
2.3.3.1	Dimensionado de anclajes	56
2.3.3.2	Tipos de anclajes.....	57
2.3.3.2.1	Anclajes plásticos para albañilería	57
2.3.3.2.2	Anclajes de inyección para albañilería.....	58
2.3.3.2.3	Anclajes metálicos para albañilería	59
2.3.4	Estudios previos	59
2.3.4.1	Anclajes de plásticos para albañilería.....	60
2.3.4.1.1	Anclajes plásticos en ladrillo macizo	60
2.3.4.1.2	Anclajes plásticos en ladrillo perforado.....	61
2.3.4.2	Anclajes de inyección para albañilería	63
2.3.4.3	Anclajes metálicos para albañilería.....	64
3	Trabajo experimental	67
3.1	Introducción	67
3.2	Materiales y herramientas empleados.....	67
3.2.1	Anclajes.....	67
3.2.2	Herramienta de extracción	69
3.2.3	Herramienta de perforación	70
3.2.4	Preparación de los ensayos.....	70
3.3	Campañas de ensayo.....	75
3.3.1	Campaña de ensayos por profundidad.....	75
3.3.2	Campaña de ensayos por localización.....	77
3.3.2.1	Emplazamiento y posición de los ensayos.....	80
3.3.2.2	Ensayos en planta sótano	81
3.3.2.3	Ensayos en planta baja	86
3.3.2.4	Estudios a realizar con la campaña de ensayos por localización	90
3.3.3	Campaña de ensayos por pieza.....	91
3.4	Desarrollo del trabajo experimental	91

3.4.1	Marco normativo	91
3.4.2	Parámetros obtenidos.....	92
3.4.3	Parámetros de rotura	92
3.5	Caracterización de los materiales constituyentes del muro de fábrica (mortero de junta y ladrillo)	94
3.5.1	Técnica de análisis: Difracción de Rayos X	94
4	Resultados obtenidos	99
4.1	Introducción	99
4.2	Resultado de la campaña de ensayos por profundidad.....	99
4.3	Resultado de la campaña de ensayos por localización.....	103
4.3.1	Ensayos de anclajes situados en pieza.....	103
4.3.2	Ensayos de anclajes situados en junta	106
4.3.3	Ensayos de anclajes situados en interfaz pieza-junta	109
4.3.4	Resumen de los valores medios de los resultados de la campaña de ensayos por localización	110
4.4	Resultado de la campaña de ensayos por tipo de pieza.....	110
4.5	Resultado de los ensayos de caracterización de los materiales constituyentes del muro de fábrica de la campaña de ensayos por localización.....	111
4.5.1	Resultados de los ensayos del mortero de la junta	111
4.5.2	Resultados de los ensayos del mortero del revestimiento	112
4.5.3	Resultados de los ensayos del ladrillo	113
5	Análisis y discusión de los resultados.....	117
5.1	Introducción	117
5.2	Estudio del efecto de la profundidad	117
5.2.1	Estudio del efecto de la profundidad de entrega en la fuerza máxima de extracción (F_{max}).....	117
5.2.2	Estudio del efecto de la profundidad de entrega en el desplazamiento bajo fuerza máxima (d_{max}).....	120
5.2.3	Estudio del efecto de la profundidad de entrega en la fuerza sin desplazamiento (F_0)	122
5.3	Estudio del efecto del emplazamiento	125
5.3.1	Estudio del efecto del nivel de emplazamiento en planta en la fuerza máxima de extracción (F_{max})	125

5.3.2	Estudio del efecto del nivel de emplazamiento en planta en el desplazamiento bajo fuerza máxima de extracción (d_{\max})	127
5.3.3	Estudio del efecto del nivel de emplazamiento en planta en la fuerza sin desplazamiento (F_0)	128
5.4	Estudio del efecto del nivel (cota) de ensayo de los anclajes.....	131
5.4.1	Estudio del efecto del nivel (cota) en la fuerza máxima de extracción (F_{\max})	131
5.4.2	Estudio del efecto del nivel (cota) en el desplazamiento bajo fuerza máxima (d_{\max})	133
5.4.3	Estudio del efecto del nivel (cota) en la fuerza sin desplazamiento (F_0).....	134
5.5	Estudio del efecto de la posición relativa en pieza de los anclajes	136
5.5.1	Estudio del efecto de la posición relativa en pieza en la fuerza máxima de extracción (F_{\max}).....	136
5.5.2	Estudio del efecto de la posición relativa en pieza en el desplazamiento bajo fuerza máxima de extracción (d_{\max})	138
5.5.3	Estudio del efecto de la posición relativa en pieza en la fuerza sin desplazamiento (F_0)	139
5.6	Estudio del efecto de la situación dentro del elemento ensayado	141
5.6.1	Estudio del efecto de la situación dentro del elemento ensayado en la fuerza máxima de extracción (F_{\max})	141
5.6.2	Estudio del efecto de la situación dentro del elemento ensayado en el desplazamiento bajo fuerza máxima de extracción (d_{\max})	144
5.6.3	Estudio del efecto de la situación dentro del elemento ensayado en la fuerza sin desplazamiento (F_0).....	146
5.7	Estudio del efecto del tipo de pieza cerámica ensayada.....	148
5.7.1	Estudio del efecto del tipo de pieza cerámica ensayada en la fuerza máxima de arrancamiento (F_{\max}).....	148
5.7.2	Estudio del efecto del tipo de pieza cerámica ensayada en el desplazamiento bajo fuerza máxima (d_{\max}).....	150
5.7.3	Estudio del efecto del tipo de pieza cerámica ensayada en la fuerza sin desplazamiento (F_0).....	151
6	Conclusiones.....	155
6.1	Introducción	155
6.2	Conclusiones generales del ensayo de extracción de anclajes tipo cáncamo en fábricas de ladrillo.	155

6.3	Conclusiones específicas.....	155
6.3.1	Conclusiones del efecto de la profundidad del anclaje en los valores característicos del ensayo de extracción.....	155
6.3.2	Conclusiones del emplazamiento del anclaje y el estado de conservación del muro.....	156
6.3.3	Conclusiones del emplazamiento del anclaje en altura en un mismo muro	157
6.3.4	Conclusiones de la posición relativa del anclaje respecto de la pieza.....	157
6.3.5	Conclusiones de la situación del anclaje dentro del elemento estudiado	158
6.3.6	Conclusiones del efecto del tipo de pieza cerámica.....	159
7	Futuras líneas de investigación.....	163
7.1	Introducción	163
7.2	Futuras líneas de investigación para conocer el efecto que tiene la profundidad de entrega con distintos tipos de diámetros.....	163
7.3	Futuras líneas de investigación para conocer el efecto que tiene la humedad en el ladrillo en la resistencia a arrancamiento de la fábrica	163
7.4	Futuras líneas de investigación para conocer el comportamiento a arrancamiento de anclajes situados en distintos tipos de pieza cerámica.....	164
8	Bibliografía	167
8.1	Normativa y legislación vigente de referencia	167
8.2	Referencias bibliográficas.....	172
9	Anexos.....	181
9.1	Tablas y gráficos de resultados de los ensayos de la campaña de ensayos por profundidad.....	183
9.2	Tablas y gráficos de resultados de los ensayos de la campaña de ensayos por localización.....	201
9.3	Graficas comparadas de valores característicos de ensayos por profundidad	319
9.4	Graficas comparadas de valores característicos de ensayos por localización.....	323

ESTRUCTURA DEL TRABAJO

Estructura del trabajo

El presente trabajo se estructura en nueve capítulos ordenados de la siguiente manera.

1 Introducción general

En ella se presentan los argumentos que motivan la elección del tema de estudio, los ensayos de arrancamiento de anclajes en fábricas reales de ladrillo y la importancia relativa en el campo de trabajo del objeto de estudio, el comportamiento mecánico del ensayo de arrancamiento de anclajes tipo cáncamo en distintas situaciones de posible ocurrencia.

2 Estado del conocimiento

Describe el contexto académico previo al trabajo y que ha sido relevante para su desarrollo, además de presentar las bases empíricas sobre las que se sustenta el documento.

3 Trabajo experimental realizado

Describe el proceso metodológico empleado para alcanzar los objetivos del trabajo.

4 Resultados obtenidos

Muestra de forma ordenada y categorizada los datos obtenidos en la realización de la campaña de ensayos expuesta en el trabajo experimental.

5 Análisis y discusión de los resultados

Analiza los resultados obtenidos en los ensayos realizados, comparándolos entre sí y poniéndolos en contexto.

6 Conclusiones

Expone las conclusiones obtenidas durante la investigación.

7 Futuras líneas de investigación

Introduce nuevas direcciones en las que se pretende continuar con el trabajo realizado en esta tesis

8 Bibliografía

9 Anexos

Esquema de la estructura del trabajo

antecedentes		objetivos		
estado del conocimiento				
muros de fabrica		estructuras de andamio		anclajes
campana de estudio		por profundidad	por localización	por pieza
trabajo experimental				
resultados obtenidos				
análisis y discusión				
conclusiones y futuras líneas de investigación				

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN GENERAL

introducción			
antecedentes		objetivos	
estado del conocimiento			
muros de fabrica		estructuras de andamio	
		anclajes	
campaña de estudio	por profundidad	por localización	por pieza
trabajo experimental			
resultados obtenidos			
análisis y discusión			
conclusiones y futuras líneas de investigación			

1 Introducción general

1.1 Introducción

La albañilería es un sistema constructivo complejo, formado por piezas unitarias sencillas y mortero. Los ladrillos empleados en las fábricas están formados por multitud de materiales, como arcilla, caliza y hormigón, con grandes diferencias geométricas (dimensiones exteriores y de las piezas).

Por otro lado, los muros de fábrica de ladrillo, especialmente los históricos, poseen un comportamiento estructural impredecible debido a la heterogeneidad de su composición y a la anisotropía de comportamiento mecánico. Su comportamiento se rige por un modelo discontinuo donde existen “cadenas” de tensiones e “isletas” sin tensionar [1]. Por lo que no es posible establecer *a priori*, una distribución de tensiones continua, ya que su valor es discontinuo y aleatorio.

Las fijaciones en muros de fábrica generalmente se resuelven mediante anclajes de plástico o químicos y su comportamiento está influido por numerosos parámetros, como el diseño del elemento de anclaje, el tipo de pieza, el sistema de taladrado y la configuración de los orificios. Las cargas admisibles están definidas en la normativa técnica para los distintos sistemas de anclaje [2].

Los trabajos de rehabilitación habitualmente conllevan el mantenimiento de la envolvente del edificio, por los que es habitual el anclaje del andamio a una fachada formada por distintos tipos de fábrica de ladrillo [3]. La literatura científica es profusa en el estudio y análisis de distintos tipos de anclajes en elementos de hormigón armado [4] [5], recogiendo numerosos trabajos experimentales que han permitido conocer el comportamiento de anclajes *in situ* o perforados *a posteriori*, sometidos a distintos tipos de esfuerzos. Sin embargo, pese a su elevado grado de ocurrencia, son escasas las referencias de este tipo de fijaciones en muros de fábrica de ladrillo [6].

Los andamios constituyen un sistema eficiente y seguro sobre el que desarrollar trabajos en altura, sin embargo la seguridad que proveen solo se logra si es posible mantener estabilidad suficiente entre sus elementos y el muro al que se encuentra sujeto [7]. Existe en el mercado un amplio abanico de sistemas de fijación, que van desde las fijaciones mecánicas, con distintos tipos de tacos y anclajes, a los sistemas químicos. Pero la elección del sistema, entre muchos factores, depende en gran medida de la experiencia previa y la tradición de las empresas dedicadas a su colocación. Los sistemas de anclaje por puntos constituyen uno de los métodos más utilizados en la consecución de

la estabilidad por su capacidad de impedir el movimiento de traslación en cada plano y de rotación en cada eje de la estructura auxiliar.

Uno de los sistemas de anclaje usado con mayor profusión en la actualidad para la fijación de andamios en fábricas de albañilería son los mecánicos, resueltos con una vaina fabricada en poliamida y un cáncamo de acero embebido en ella. La longitud de entrega se encuentra señalada de forma clara en la vaina y el resalto de su extremo exterior impide que el taco se deslice dentro del orificio perforado.

La transmisión de la carga se obtiene como el resultado del rozamiento existente entre el taco plástico y el material base cerámico donde se aloja. Los anclajes plásticos normalmente fracasan por arrancamiento sin destruir el material base.

La regulación y los métodos de ensayo para este tipo de fijaciones es el expuesto en las directrices europeas para anclajes de plástico con distintos usos en fábricas de ladrillo para uso no estructural. Este documento ha sido redactado por el Comité de Expertos de la organización Europea para la Idoneidad Técnica (EOTA) y en su parte número 4 recoge los métodos de verificación, así como de evaluación y juicio de sistemas de fijación para su uso.

1.1.1 Antecedentes

Existe una voluntad creciente de rehabilitar el patrimonio construido, para lo que es necesario operar con valores de resistencia de los elementos de fábrica de la edificación. Cualquiera de las posibles intervenciones en edificios históricos, conlleva la necesidad de conocer las características mecánicas del muro en el que se pretende intervenir. Por lo que se hace necesario buscar nuevas soluciones que permitan conocer con la mayor certidumbre esos valores. Se han llevado a cabo numerosos estudios que pretenden, por métodos analíticos [8], experimentales [9],[10] o mixtos [11],[12], tratar de aproximarse al desempeño real de la estructura de fábrica sobre la que se realiza la intervención.

En la actualidad no existe una regulación clara sobre los sistemas de anclajes de andamio en muros de fachada. La norma UNE-EN 12810-2:2005 propone métodos de cálculo con distintas configuraciones de carga, en las que se incluyen distribuciones de amarres a fachada. Por su parte, las Normas Técnicas de Prevención sobre andamios tubulares de componentes prefabricados recogen la existencia de distintos tipos de anclaje, pero describen solo los más comunes. Sin embargo, la bibliografía técnica no contempla los ensayos que deben hacerse en una fachada para conocer el valor de la resistencia de cada uno de los anclajes que se pretenden disponer.

1.1.2 Motivación

El estudio del comportamiento del arrancamiento de distintos tipos de anclajes en elementos de hormigón está ampliamente desarrollado [13],[14], sin embargo, a pesar de que existen trabajos que analizan experimentalmente el comportamiento de anclajes ante el arrancamiento a partir de ensayos realizados en especímenes de ladrillo [6],[15], apenas existen estudios que muestren resultados sobre fábricas reales de ladrillo. Existen trabajos de investigación en reparaciones de estructuras históricas de mampostería en piedra y roca [16],[17], que han realizado estudios de arrancamiento con anclajes por adherencia, pero no se han encontrado referencias del comportamiento de anclajes mecánicos con tacos plásticos. El ámbito se reduce aún más si se analiza el estudio de los anclajes necesarios para el adosamiento de andamios para el mantenimiento o reparación de fábricas históricas.

Sin embargo, el comportamiento no lineal de una estructura de fábrica, hace difícil predecir cuál será su respuesta en ensayos *in situ*, ya que existen multitud de factores que condicionan el estado de carga de la pieza a ensayar en función de su posición, del grado de cocción de la pieza, de su composición [18], de su humedad y de otros factores.

1.2 Objetivos

Este trabajo pretende como objetivo general conocer el patrón de respuesta de un anclaje tipo cáncamo colocado en fábricas reales de ladrillo sometido a un ensayo de arrancamiento.

Una vez se estime un patrón genérico de respuesta de este tipo de anclajes, se busca identificar factores relevante de su colocación, tales como su situación relativa de la pieza, su altura entre forjados, su longitud de entrega, grado de humedad y otros factores que puedan afectar a su comportamiento mecánico. Todo ello pretende establecer un patrón de comportamiento general de los muros de fábrica de ladrillo, extrapolable desde el valor respuesta de los ensayos.

Por otro lado, se intenta establecer unas pautas para la ejecución de este tipo de anclajes aplicados al amarre de estructuras de andamio, que sirvan de recomendación en la ejecución.

1.3 Hipótesis de trabajo

Para la consecución de los objetivos se han llevado a cabo dos campañas de ensayos en las que se realizan extracciones que satisfacen los objetivos propuestos.

La primera campaña de ensayos se lleva a cabo en la fachada exterior de una vivienda unifamiliar, sobre una hoja de medio pie de ladrillo perforado revestido con mortero de cemento y donde se ensayan distintas profundidades de entrega del anclaje.

La segunda campaña de ensayos, más extensa, se realiza en un muro de cerramiento de la caja de la escalera del Real Monasterio de las Comendadoras en Madrid, donde se estudia la incidencia de la situación del anclaje en distintos puntos de la fábrica ensayada.

Por ser el anclaje de uso más habitual, en todas las ocasiones se va a utilizar el mismo tipo de cáncamo de acero de 12 mm de diámetro y 120 mm de longitud, con el mismo tipo de taco de poliamida. Igualmente, todos los ensayos de extracción se realizan con la misma herramienta manual y se llevan a cabo por el mismo operario. Todos los ensayos se realizan en las mismas condiciones de humedad y temperatura.

CAPÍTULO 2

ESTADO DEL CONOCIMIENTO

introducción			
antecedentes		objetivos	
estado del conocimiento			
muros de fabrica		estructuras de andamio	
		anclajes	
campaña de estudio	por profundidad	por localización	por pieza
trabajo experimental			
resultados obtenidos			
análisis y discusión			
conclusiones y futuras líneas de investigación			

2 Estado del conocimiento

2.1 Muros de fábrica

La albañilería es una combinación de dos materiales individuales, ladrillos y mortero, que se disponen siguiendo unas reglas de colocación y son manipulados de acuerdo a las reglas de un oficio. Con frecuencia se clasifica como un material compuesto, ya que la calidad del producto final depende de la calidad tanto de los materiales como de la ejecución [19].

2.1.1 El ladrillo

El ladrillo es uno de los primeros materiales de construcción empleados por el hombre, que se sigue utilizando en la actualidad por las enormes ventajas que posee. Históricamente se ha obtenido a partir de la cocción de tierras con un alto contenido en arcilla que se amasaban con agua, se moldeaban y se dejaban secar a sol, hasta conseguir una consistencia suficiente para su traslado a hornos de cocción artesanales.

2.1.1.1 La arcilla como materia prima

Las primeras civilizaciones utilizaban la arcilla, extraída de depósitos superficiales, como materia fundamental en la fabricación tradicional de ladrillos. En el siglo XIX esta arcilla superficial fue gradualmente sustituida por nuevas técnicas de obtención mediante el machaqueo y pulverización de esquistos arcillosos.

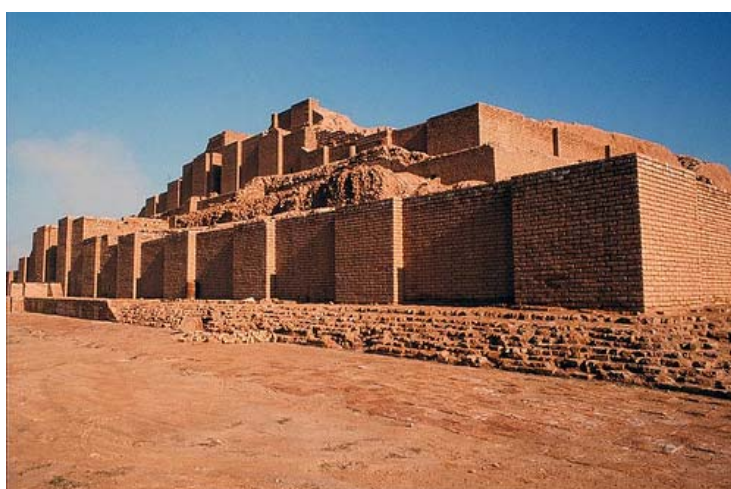


figura 2.1 Zigurat de Chogha Zanbil, Irán (1250 a.C)

La arcilla, materia prima para la fabricación del ladrillo, es la roca sedimentaria que más abunda en la corteza terrestre, por lo que su

disponibilidad es universal. Las arcillas están formadas por minerales arcillosos y cuarzo muy fino, y suelen sedimentarse en cuencas bajas de ríos y lagos.

Las arcillas son minerales complejos compuestos de sílice y alúmina, así como como óxido de hierro, óxido de calcio, magnesia de cal y otras sustancias. Las proporciones de estos minerales varían de una localidad a otra, contribuyendo de esta forma a la existencia de gamas de tonalidades cromáticas entre los ladrillos de las ciudades, en función de su emplazamiento.

Durante su proceso de secado y con el fin de reducir la contracción, deformación y agrietamiento del ladrillo, era habitual añadir a la mezcla un sexto de su volumen de arena, llegando incluso a incorporar hasta un tercio del mismo, lo que reducía generalmente de forma notable su resistencia.

El ladrillo es un producto cerámico industrial obtenido mediante la cocción de tierras arcillosas. Sus características y calidad dependen de la composición mineralógica de los materiales utilizados para su fabricación, así como del grado y forma de cocción.

Si en un primer momento la ejecución de los muros se realizaba con la técnica del barro apisonado, la aparición del adobe implica una reflexión acerca de las ventajas de la fragmentación en porciones de la masa de barro y agua, fundamentalmente debido a la manipulación manual y la mejora de la estabilidad inicial. Durante los primeros cinco siglos, puede observarse una tendencia progresiva a la disminución de las dimensiones de las piezas, así como a un incremento desmesurado del espesor y, en general, de la envergadura de las construcciones murales [20].

Es de resaltar el hecho de que las materias primas básicas para la fabricación de ladrillos, arcilla, arena y agua, eran de fácil obtención en prácticamente cualquier localización geográfica, por lo que su producción tenía carácter local, llegándose incluso a fabricar directamente en obra, en el mismo lugar donde posteriormente serían colocadas [21].

2.1.1.2 Hacia la mecanización

La fabricación de los ladrillos, desde sus orígenes en Babilonia hace 6.000 años hasta hoy en día, se divide en cinco tareas: recoger la arcilla del suelo (o los esquistos arcillosos y pulverizarlos), mezclar con arena y agua, dar forma a la mezcla con ayuda de moldes, secarla y, finalmente, cocerla en hornos.

La arcilla superficial se extraía de terrenos de firme arcilloso. Su obtención se realizaba en un principio de forma manual, hasta llegar a las niveladoras y palas mecánicas de uso más reciente. También era posible encontrar arcilla o esquisto arcilloso en regiones escarpadas y en afloramientos, con ayuda de los medios

mecánicos o mediante el uso de explosivos. El esquisto obtenido se exponía a la intemperie durante meses, para conseguir una desintegración parcial que facilitara el posterior proceso de machaqueo.

Tras la extracción gruesa del material, la arcilla, la arena y el agua, se mezclaban mecánicamente, a pesar de que en las primeras construcciones, este proceso se realizaba manualmente con una pala dentro de una charca.

2.1.1.3 Fabricación de piezas de ladrillo

2.1.1.3.1 Conformación

Los métodos utilizados para la transformación de la arcilla templada en una pieza de ladrillo son: el moldeado, el prensado y la extrusión [21].

a/ Moldeado

Este método utilizaba el barro con consistencia blanda para dar forma a los ladrillos. Para ello la arcilla debía ser previamente amasada a mano por un operario, para después apisonarla en un molde de madera, en el que previamente se había esparcido arena o agua con el fin de evitar el pegado de la arcilla húmeda. La superficie superior se nivelaba con un pisón de madera o acero o bien un utensilio recto y afilado. Al no comprimirse la masa de arcilla, el ladrillo fabricado no era muy denso. Finalmente el ladrillo era extraído del molde presentando una geometría irregular y una densidad muy baja, lo que facilitaba el agarre del operario para su colocación manual.

Si el molde era revestido con arena, el acabado de la pieza resultante tenía textura de más satinada a granuloso en función del tipo de arena utilizado. Por el contrario, si se utilizaba agua para recubrirlo, el acabado era más liso.



figura 2.2 Elaboración de ladrillos con molde

Hasta principios del siglo XIX prácticamente todos los ladrillos eran moldeados manualmente de la manera tradicional, pero a medida que los otros oficios se mecanizaban cada vez más, era inevitable que tanto ingenieros como fabricantes volvieran su atención a la maquinaria de elaboración de ladrillos con la esperanza de reducir los costos y aumentar la producción. A finales del siglo existían en el mercado una gran variedad de máquinas que cubrían todas las fases de la producción de piezas [22].

b/ Prensado

El método de prensado en seco de la formación de ladrillos, logró la mecanización del proceso de llenado de los moldes. Este método no precisaba arcillas tan húmedas como el anterior. En este caso, la masa arcillosa se presionaba con ayuda de émbolos, manuales en un primer momento, y más tarde accionados por vapor. Algunos moldes fueron diseñados con una ligera depresión en una de las caras del ladrillo para mejorar su adherencia, lugar que aprovecharon algunos fabricantes para inscribir sus nombres. Estos ladrillos prensados presentan una geometría más regular que los fabricados a mano; además el prensado mecánico comprime la superficie externa, aumentando su capacidad de resistir la erosión. Durante el último cuarto del siglo XIX se extiende el uso de este proceso llegando hasta nuestros días.

c/ Extrusión

Este método, que usaba lodo con cierta rigidez para la producción de ladrillos, apareció en las primeras décadas del siglo XIX y facilitó la producción continua de piezas, siendo en la actualidad el método de fabricación más común. Consiste en la extrusión de arcilla rígida o mezcla de esquistos arcillosos en polvo a través de una boquilla a presión, lo que origina una barra de material comprimido que es cortada posteriormente en ladrillos individuales con una hoja acero o alambre.

Este método además permite agregar texturas a la superficie de la pieza, haciéndola pasar bajo peines o presionándola con ayuda de cilindros con dibujos. Es posible también la producción de ladrillos con orificios o formas especiales, tales como curvas para construir esquinas y columnas.

A principios del siglo XX la extrusión se convirtió en el principal método de fabricación de ladrillos modernos.

2.1.1.3.2 Secado

Después de su conformación, los ladrillos necesitan secarse al aire, de lo contrario, en un horno podrían retorcerse o explotar debido a una acumulación de vapor.

En los comienzos, el secado se realizaba exponiendo las piezas al sol durante unos días para posteriormente introducirlas en cobertizos de secado, que incluso se incendiaban para acelerar el proceso en climas húmedos.

En la actualidad se estima que el momento óptimo de secado para su manipulación hasta el horno se encuentra en torno al 2-3% de contenido de humedad.

2.1.1.3.3 Cocción

Los materiales constitutivos del ladrillo son parcialmente sinterizados durante la cocción en el horno, con el fin de obtener un material duro que resista los efectos del agua. La calidad de la cocción depende de la uniformidad de la temperatura, y la duración de la cocción. En los primeros hornos artesanales, utilizados hasta finales del siglo XIX, las distintas temperaturas alcanzadas y los efectos de humo, producían piezas con resultados desiguales, lo que originaba un amplio abanico de tipos diferentes.

En el interior del horno se les somete a una temperatura incremental hasta 1000°C, para luego hacerla descender hasta los 50°C a la salida. Es precisamente este proceso de cocción el que garantiza al producto final una buena resistencia a compresión y una correcta capacidad de absorción de humedad. La cocción es crítica para determinar la resistencia, el endurecimiento, el color y la porosidad de un ladrillo.

Los hornos-túnel con cocción continúa comenzaron a utilizarse al principio del siglo XX. Los nuevos hornos están provistos de alimentación constante y producen grandes cantidades de ladrillos de calidad uniforme.

El calor se transmite desde la parte exterior del ladrillo hacia el interior, produciendo la vitrificación de la capa superficial de la pieza y protegiendo el bizcocho interno. Es precisamente esta protección exterior la que evita la degradación de la futura exposición ambiental. En los hornos tradicionales no resultaba posible regular la uniformidad en la cocción en todo el espesor de la pieza, y ni tan siquiera entre unas piezas y otras dentro de la misma hornada, de tal forma que según estuvieran colocadas en el horno adquirirían tonalidades y resistencias diferentes según su grado de cocción (figura 2.3). Esto ha provocado la aparición de distintas alteraciones superficiales en muros aparejados con material que se suponía homogéneo en origen.



figura 2.3 Distintas tonalidades asociadas al proceso de cocción

En la actualidad existe la posibilidad de un control más exhaustivo de la temperatura durante la cocción, lo que permite controlar la vitrificación superficial y la uniformidad en la cocción interior de la pieza [23].

2.1.1.4 Normativa y tipos de piezas de fábrica de ladrillo

El Documento Básico SE-F – Estructuras de fábrica del Código Técnico de la Edificación (CTE), indica que las piezas que forman parte de una fábrica deben ajustarse a los formatos y calidades recogidas en las normas y pliegos de condiciones de recepción de cada material.

Por lo tanto en España el ladrillo cerámico debe reunir las condiciones expresadas en las normas UNE EN 771-1 “Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: piezas de arcilla cocida, en cada una de sus revisiones periódicas, la última del 2016.

Asimismo, el documento SE-F, establece en la tabla 2.1 los criterios de clasificación de las piezas en su empleo en la construcción de muros de fábrica.

Característica	Grupo						
	Maciza	Perforada		Aligerada		Hueca	
		cerámica	hormigón	cerámica	hormigón	cerámica	hormigón
Volumen de huecos (% del-bruto) ⁽¹⁾	≤ 25	≤ 45	≤ 50	≤60 ⁽²⁾	≤60 ⁽²⁾	≤ 70	
Volumen de cada hueco (% del bruto)	≤ 12,5	≤ 12,5	≤ 25	≤ 12,5	≤ 25	≤ 12,5	≤ 25
Espesor combinado (% del ancho total) ⁽³⁾	≥ 37,5	≥20		≥20			

⁽¹⁾ Los huecos pueden ser huecos verticales que atraviesan las piezas, rebajes o asas.

⁽²⁾ El límite del 60% de huecos puede aumentarse si se dispone de ensayos que confirmen que la seguridad de las fábricas no se reduce de manera importante.

⁽³⁾ El espesor combinado es la suma de los espesores de las paredes y tabiquillos de una pieza, medidos perpendicularmente a la cara del muro.

tabla 2.1 grupos de piezas del CTE DB SE-F

Una pieza es perforada si tiene dos huecos o más, que no exceden en total del 50% de su volumen, dejando un espesor, suma de los de paredes exteriores

y tabiquillos interiores, medidos perpendicularmente a la soga, de al menos 0,03m.

Las piezas macizas y perforadas deben tener una resistencia normalizada a compresión de al menos 10 N/mm² y las aligeradas y huecas, de 5 N/mm², en ambos casos referidas a la sección total bruta, según se determina en los ensayos recogidos en la norma UNE EN 772-1/2016 "Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Determinación de la resistencia a compresión".

La figura 2.4 muestra el esquema de los tipos de piezas recogidos en la normativa

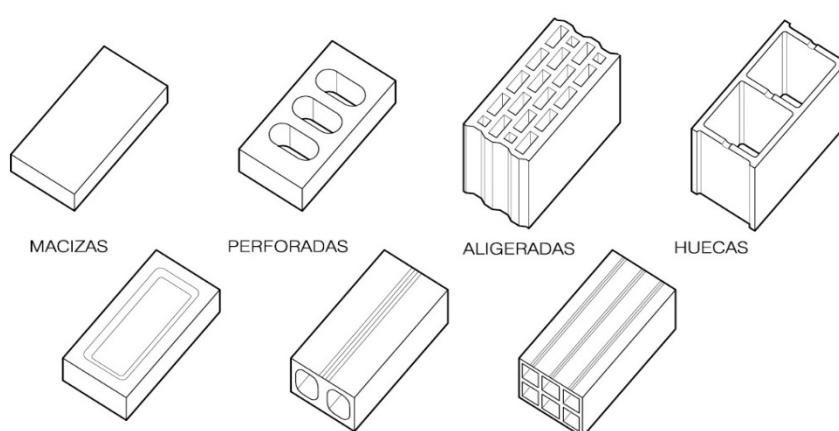


figura 2.4 tipos de piezas del CTE DAV SE-F

2.1.2 Morteros en fábricas históricas

Para efectuar la obra de rehabilitación en la construcción de fábricas formadas con piezas cerámicas de ladrillo antiguo, se debe conocer previamente la naturaleza de los morteros empleados y la compatibilidad mecánica entre el mortero y ladrillo. Esta decisión técnica se toma con independencia de criterios estéticos o de similitud de textura o color de la fábrica. Hay que tener en cuenta que los materiales cerámicos empleados en edificaciones antiguas necesitan morteros de yeso o de cal, evitando el empleo de morteros efectuados con cemento Portland [24].

Los morteros para muros de fábrica antiguos deben elaborarse teniendo en cuenta las características de resistencia del ladrillo, evitando de esta manera el deterioro de la fábrica. La resistencia de los morteros tradicionales empleados en las antiguas aparejos es difícil de precisar y se han encontrado datos de

ensayos sobre morteros tradicionales de cal y puzolana en el siglo XIX que dan resistencias a compresión entre 2 y 15 N/mm² [25].

El empleo de morteros de Portland acelera el deterioro del ladrillo debido a su porosidad, la presencia de sales en su constitución, la elevada resistencia mecánica y la diferente conductividad térmica. Es por ello que, un mortero para rehabilitar una fábrica antigua no debe introducir dificultades complementarios que puedan alterar la naturaleza del material cerámico antiguo y consecuentemente su deterioro a corto o medio plazo.

En la actualidad, la pasta de yeso negro se utiliza para levantar tabiques de división interior; se emplean para fijar elementos de obra. No debe aplicarse morteros de yeso sobre paramentos en los que se sospeche de la existencia de humedades, por ser el yeso un material higroscópico que procede de la piedra de yeso, se deshidrata a una temperatura superior a 100°C, transformándose en sulfato de calcio semihidratado (CaSO₄·0.5H₂O). No obstante, las temperaturas de cocción en horno oscilan entre 110°C y 160°C [24].

2.1.2.1 Morteros de yeso en fábricas históricas

El yeso es un conglomerante muy antiguo cuya procedencia se remonta a la civilización egipcia. En ese tiempo el yeso se confundía con la cal. Ya en el segundo libro de *Architectura* de M. Vitruvio Polión, se establece que los primeros materiales de construcción fueron, además de las maderas, los morteros de yeso y cal. En los capítulos III al VI se muestra la utilización de los morteros en la formación de las fábricas de ladrillo: *"En un primer momento, levantaron paredes entrelazando pequeñas ramas con barro [...]. Otros levantaban las paredes, después de secar terrones de tierra arcillosa, uniéndolos y asegurándolos con maderos atravesados"* y finalmente, *"fueron potenciando su habilidad en sus obras y se consiguió que, quienes fueron más diligentes y constantes, profesaran ser artesanos. Por tanto, como realmente fue así en un primer momento y como la naturaleza ha concedido a los humanos no sólo los sentidos - como, en cierto modo, al resto de los animales - sino también le ha proporcionado la facultad de pensar, de reflexionar, de deliberar... fueron haciendo progresos paso a paso en la construcción de sus edificios;... construyendo viviendas cimentadas; levantaron paredes de ladrillo o bien con piedra y con diversas clases de madera y cubrieron sus techumbres con tejas"* [26].

Por Vitrubio sabemos que la mezcla de los materiales se hacía en una proporción de una unidad de cal o yeso por tres de arena o de dos por cinco, según la calidad de la arena. Menciona también el empleo de aditivos ya utilizados por los griegos, tales como cenizas volcánicas o la teja picada.

Los romanos también utilizaron el mortero de yeso como material de unión entre las piezas de ladrillo, aunque el aglomerante más utilizado era la cal aérea. Posteriormente la cal aérea se mezcló con polvo de rocas volcánicas y de cerámica y dio origen al mortero puzolánico que presentaba unas propiedades mecánicas más aptas que las de los morteros de cal aérea y/o yeso para funciones resistentes [26].

2.1.2.2 Morteros de yeso en la actualidad

El comportamiento de yeso en la actualidad ha sido investigado por Luxán y otros [27] en los trabajos de restauración de la Basílica del Pilar en Zaragoza. Los análisis realizados en el estudio concluyen que los antiguos morteros empleados en la construcción de la Basílica estaban elaborados por una mezcla de yeso y cal con adición de grasa. En muchos casos se detectaron fibras animales y vegetales en la masa de los morteros, que tenían como función mejorar sus características mecánicas a tracción.

En el Pliego de Recepción de Yesos del año 1985 (RY-85) quedan recogidos los tipos de yeso y escayolas, así como su clasificación. Por otro lado, contempla la incorporación de aditivos reguladores de fraguado en todos los productos, menos en el yeso de prefabricados. Además instituye las características que deben cumplir los yesos. Estas características se determinarán según normas UNE EN13279-1 y UNE EN13279-2.

2.1.3 Muros resistentes de fábrica

Los muros de fábrica están sometidos a acciones en el plano del muro, como su peso propio o el de las cargas que gravitan sobre él, así como perpendiculares al plano del muro, como son las acciones debidas al viento o las excentricidades de la carga. Por lo tanto, un muro de fábrica está sometido a sollicitaciones de compresión, cortadura, torsión o flexión o a una combinación de ellas. En cualquier caso la resistencia a compresión, al tratarse de un material pétreo aglomerado, es muy superior a la de los otros esfuerzos.

Debido a las geometrías diversas y a las propiedades de los materiales que conforman las piezas de fábrica y los morteros (forma y dimensiones de la pieza, orificios, relación de altura entre la pieza y el espesor de la junta, resistencia y módulo de elasticidad de las materias primas, etc) la mampostería se considera un material compuesto anisótropo. En cualquier caso, para definir la capacidad mecánica de un muro de fábrica, es necesario tener en cuenta la interacción de las piezas cerámicas y el mortero [28].

Como se ha mencionado anteriormente, los muros de fábrica son fundamentalmente aptos para soportar esfuerzos de compresión, ya que se trata de sistemas formados por elementos planos de directriz vertical, formado

por hiladas de espesor regular, dispuestas unas sobre otras sobre una junta de pequeño espesor de mortero. Éste posee la función de unir entre si hiladas consecutivas, de servir de elemento regularizador de los desvíos de tamaño de las piezas que une y de conformar un plano de asiento uniforme para regularizar el descenso de las cargas [29].

Pero la existencia de esfuerzos horizontales combinados con el descenso de cargas, hace necesaria la transmisión de esfuerzos mediante rozamiento entre unas hiladas y otras a través de las juntas de mortero. Esta acción combinada de los elementos que forman el muro de fábrica es posible gracias a la existencia de adherencia entre ambos.

2.1.3.1 Comportamiento triaxial de un muro de mampostería

Es precisamente el esfuerzo de compresión uniaxial ideal al que está sometida la fábrica, el que consigue que el mortero asiente, confinado entre las piezas de ladrillo que une, generando a su vez esfuerzos horizontales de rozamiento por adherencia en la interfaz de ambos elementos. Este esfuerzo desarrolla tracciones internas en la pieza de ladrillo en ambas direcciones. Por lo tanto, el ladrillo se encuentra sometido a un esfuerzo triaxial de compresión vertical y tracciones horizontales y el mortero a un esfuerzo triaxial de compresiones (figura 2.5).

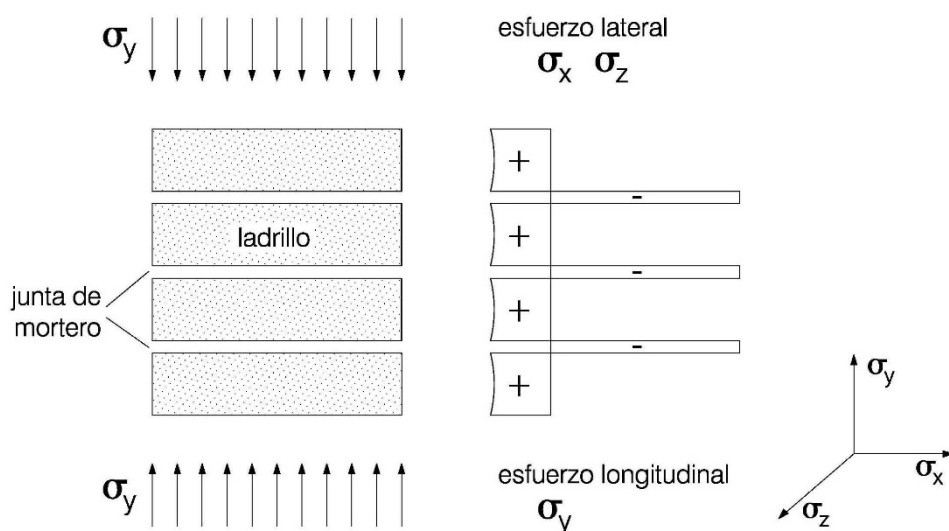


figura 2.5 Distribución de esfuerzos ideal en un elemento de mampostería solicitado a compresión excéntrica [30]

La predicción de la resistencia de un muro de mampostería puede no resultar fiable, a pesar de que se conozcan las características de las piezas ladrillo y de los morteros que lo conforman, por lo que los diseños de muros de carga realizados con piezas de mampostería siempre se han considerado de un modo conservador del lado de la seguridad.

Un muro de ladrillo está formado por dos materiales que poseen características resistentes y deformaciones diferentes entre sí. Si bien es cierto que la resistencia característica a compresión de un muro aparejado de mampostería, crece cuando incrementa la resistencia de los ladrillos y el mortero, su resistencia siempre será menor que la de los elementos que lo constituyen, aunque las resistencias de estos dos últimos sean realmente parecidas. Una deficiente ejecución del mortero generalmente incide en un descenso de la resistencia de la fábrica. Además, normalmente, las juntas de gran espesor reducen su resistencia, que también se ve influida por la capacidad de absorción de los ladrillos [30].

La resistencia a la compresión en un muro de fábrica de ladrillo constituye un parámetro fundamental a la hora de realizar su diseño. La norma UNE-EN 1052-1:1999 que incluye los métodos de ensayo para fábrica de albañilería, establece las condiciones para determinar la resistencia a compresión de una fábrica de albañilería. Los ensayos convencionales descritos en la normativa se elaboran con probetas de pequeño tamaño representativos del sistema que se pretende evaluar [31].

Pelà y otros [32] han tratado de determinar el comportamiento de la mampostería bajo compresión uniaxial a partir de ensayos experimentales llevados a cabo sobre muestras cilíndricas extraídas, mediante una nueva técnica en seco, de muros de mampostería ya ejecutados. Los resultados concluyen que el estudio del comportamiento a compresión sobre las muestras cilíndricas, puede proporcionar una buena evaluación de los parámetros mecánicos reales del material inspeccionado. Esta nueva técnica puede constituir un enfoque prometedor para una evaluación más confiable del comportamiento de compresión de la mampostería histórica.

Si bien es cierto que está considerado como un ensayo destructivo menor (MDT), su realización es limitadamente invasiva en el muro ensayado, por lo que debe tratarse de que muestras extraídas de los edificios sean lo suficientemente pequeñas como para causar el mínimo de perturbaciones estéticas. El daño realizado se puede reparar fácilmente después de la inspección. De cualquier modo ha de tratarse de que los núcleos pueden ser extraídos de partes ocultas de la estructura histórica.

Sassoni [11] y otros evaluaron la idoneidad para determinar la resistencia a la compresión de la albañilería usando las dos técnicas moderadamente destructivas. Por un lado, realizaron ensayos por separado de ladrillos y mortero y aplicaron la formulación disponible en la literatura para calcular la resistencia a la compresión de la mampostería. Por otro lado, realizaron ensayos en núcleos cilíndricos compuestos por ladrillos y mortero con diferentes características

mecánicas. Los autores encontraron una elevada variabilidad de las propiedades de la pared de mampostería, por lo que recomendaron aumentar el número de pruebas para poder tener datos representativos.

Este ensayo ha sido previamente utilizado por Mazzotti y otros [33] para determinar el comportamiento resistente a cortadura de las juntas de fábrica. Los ensayos realizados sobre tripletes de ladrillo no dan información sobre cizalladura y compresión simultánea, por lo que se buscaba la comparación de ensayos convencionales de prototipo de muro, de triplete de piezas y de muestra cilíndrica para valorar los distintos resultados. El método se basa en la idea de que en un núcleo (hecho de dos ladrillos y una junta de mortero diametral central) sometido a un ensayo de división, con la capa de mortero girada en 45° con respecto a la horizontal, el estado de tensión en el centro del mortero soportará una combinación de tensiones de compresión-cizallamiento, que se asemeja al de un panel de mampostería sometido a una prueba de compresión diagonal. Entonces, al aplicar la tensión de rotura en las dos direcciones ortogonales y paralelas a la capa de mortero, se pueden conocer los estados tensionales respectivos.

Aplicando el estudio a un caso real realizado en los arcos de un puente en Bolonia, la caracterización de la fábrica fue realizada siguiendo la misma técnica pero con muestras de menor diámetro que minoraban el daño en la estructura del puente [34].

Utilizando la misma técnica de extracción, diversos autores [35], [36],[37] han caracterizado las propiedades mecánicas de morteros existentes en edificios históricos. Atendiendo a las distintas inclinaciones a las que se dispuso la probeta a ensayar, en la mayoría de los casos, los especímenes mostraron un fallo característico parasimétrico, con una fractura que cruza la articulación del mortero y que involucra las dos interfaces de mortero y ladrillo opuestas.

También Drougkas y otros [10] caracterizaron mecánicamente una serie de materiales de albañilería frecuentemente presentes en estructuras históricas, como son los ladrillos de arcilla cocida, mortero de cal aéreo y mortero de cal hidráulico. En la búsqueda de una equiparación de los resultados con los de un edificio histórico, los morteros de cal utilizados apenas alcanzaban los límites establecidos por la UNE. No obstante, los valores de resistencia a compresión obtenidos para fábricas con piezas cerámicas de resistencia moderada, resultaron diez veces superiores a los del mortero.

Resulta especialmente interesante el estudio de Magdalena-Layos y otros [1], [8], que proponen una caracterización de las estructuras de fábrica como medio discontinuo, apoyándose en tres métodos de análisis: experimental, fotoelástico y numérico. En su estudio, especialmente aplicable a muros de

fábrica históricos, consideran el modelo estudiado como discontinuo, basándose en los comportamientos locales de los encuentros entre piezas, debido al carácter heterogéneo, anisótropo y con elevada resistencia a compresión y nula a tracción del material tratado.

El modelo fotoelástico de la figura 2.6 muestra un muro de fábrica sometido a una carga puntual donde es posible observar el carácter discontinuo de la estructura ensayada.

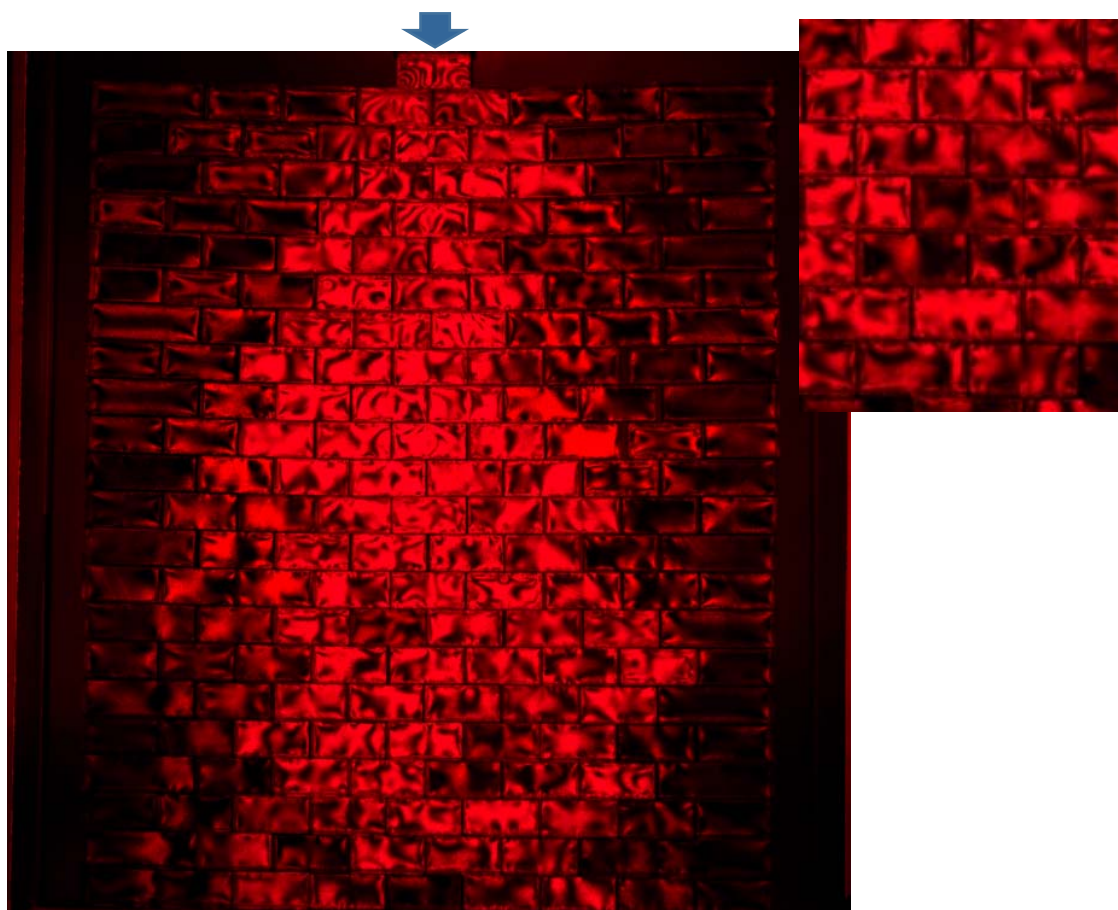


figura 2.6 Modelo fotoelástico de estructura de fábrica. Fuente F. Magdalena Layos y J. García-Muñoz (2016)

Como en todos los modelos discontinuos se puede observar la formación de “corrientes de tensiones” junto a otras zonas o “isletas” escasamente tensionadas, según se aprecia en el detalle de la figura 2.6. La constatación de este fenómeno, bajo diferentes denominaciones como “cadenas de fuerzas” o “redes de tensiones” tiene una importancia crucial para el estudio de comportamientos muy locales, como la acción de una carga puntual sobre un número pequeño de piezas.

2.1.3.2 Mecanismos de fallo

La componente horizontal del comportamiento triaxial de los muros desencadena sollicitaciones internas de cizalladura dentro del muro, soportadas como se ha visto por las reacciones de rozamiento que se generan entre los elementos que constituyen el muro. Puede suceder, sin embargo, que la transmisión de esfuerzos de cortadura por adherencia en la interfaz entre los distintos materiales sufra distintos modos de fallo, según se muestra en la figura 2.7 [38].

El fallo de las estructuras de mampostería puede localizarse en los ladrillos, en el mortero o en su interfaz. Mientras que los fallos que suceden en ladrillo o mortero producen la aparición de grietas o el pulverizado del material, los que ocurren en la interfaz ladrillo / mortero están asociados a dos posibles modos de fallo: tracción o cizallamiento. La primera conduce a la apertura de la junta y la segunda al deslizamiento de la misma.

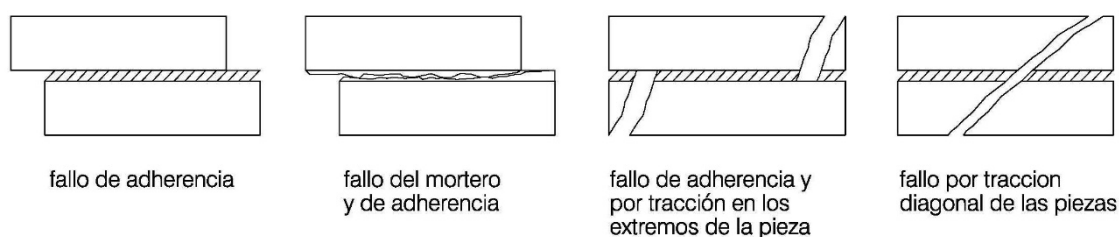


figura 2.7 Mecanismos de fallo a cortadura en la interfaz ladrillo mortero [38]

De los fallos antes enumerados, los más frecuentes se producen en las juntas, que constituyen un plano de debilidad del conjunto, fundamentalmente en estructuras tradicionales donde los morteros empleados presentan una menor resistencia a compresión. Al formar un conjunto compuesto, anisótropo y heterogéneo, su respuesta mecánica se caracteriza por una elevada falta de linealidad. Las juntas de mortero constituyen un plano de debilidad en el conjunto y sus propiedades mecánicas influyen en el comportamiento global de la estructura de mampostería [39].

Son numerosos los estudios [40], [41] que han demostrado que el fracaso del mortero de la junta se describe mediante el criterio de Mohr-Coulomb. En general, la teoría se aplica a los materiales para los que la resistencia a la compresión es muy superior a la resistencia a la tracción, como es el caso del hormigón o de los materiales cerámicos. Explicando que el corte de un material se produce para una combinación entre tensión normal y tensión tangencial, y que cuanto mayor sea la tensión normal, mayor será la tensión tangencial necesaria para cortar el material.

También hay estudios [42] que revelan que la deformación máxima por cizalladura de una junta de mortero sucede cuando está sometido a la carga máxima a cortante. Por tanto las fuerzas de rozamiento engendradas entre ambas superficies de contacto, continúan con la transmisión de esfuerzos hasta el momento de la rotura. Resulta relevante este dato en el trabajo de investigación de esta tesis, ya que la mayoría de los anclajes estudiados generan fuerza de rozamiento como las de la interfaz y mayoritariamente comienzan deformación con la carga máxima.

2.1.3.3 La humedad en los muros de fábrica

Los materiales de construcción poseen siempre cierto contenido de humedad natural en su composición, que depende fundamentalmente del contenido de humedad del aire circundante, y presenta grandes variaciones dependiendo del tipo de material implicado. El contenido de humedad natural de algunos materiales comunes es: yeso, menos del 1 por ciento de su volumen total; ladrillo, alrededor del 1 por ciento; piedra caliza, alrededor del 4 por ciento; y madera, hasta el 20 por ciento [21].

Los espacios entre los granos de arena que se forman en el proceso de fabricación del ladrillo, crean las condiciones propicias para facilitar el acceso de agua. El número y el tamaño de los poros dentro de un ladrillo dependen no sólo del tamaño de los granos, sino también de la forma en que se empaquetan, de la temperatura a los que se hornean y del tipo de curación a la que están sometidos.

Es posible la existencia de otras fuentes de humedad excesiva, atribuibles a diferentes orígenes: causas accidentales (infiltración desde el techo, fugas de tuberías, etc.), condensación (tanto en la superficie externa como dentro de la pared), lluvia eólica, sales higroscópicas, la inundación y el aumento capilar desde el suelo (donde el agua es suministrada por acuíferos bajo suelos arcillosos, cursos de agua subterráneos o canales, riego agrícola, mal drenaje de las lluvias [43]).

2.1.3.4 La humedad por capilaridad en los muros de fábrica

La humedad ascendente es un fenómeno bien conocido que sucede cuando el agua subterránea fluye en la base de una construcción y tiene acceso para subir a través de la red de poros de los muros, causando daños a la estructura de la edificación y creando un ambiente interior frío e inhóspito, llegando a producir la descomposición parcial o total de los materiales que componen el muro que la contiene.

La humedad ascendente puede definirse como el flujo vertical de agua a través de una estructura de pared permeable. El agua derivada del agua

subterránea se eleva a través de los poros (capilares) en la mampostería por un proceso denominado "capilaridad" [44].

La capilaridad, cuyo proceso se describió entre otros en [43], [45], permite que las moléculas de agua sean transportadas hasta las zonas más elevadas del muro. En el caso de un muro de mampostería, su grueso complica enormemente el proceso de evaporación natural de la humedad, de forma que el contenido de la misma aumenta de forma gradual con el paso del tiempo. La tabla 2.2 muestra los grados de contenido de humedad de los muros de mampostería adquiridos en la literatura [46].

grado de humedad	porcentaje de humedad [%]
1. muro de mampostería con contenido de humedad admisible	0 – 3
2. muro de mampostería con contenido de humedad elevado	> 3 - 5
3. muro de mampostería con humedad nociva media	> 5 - 8
4. muro de mampostería muy húmedo	> 8 - 12
5. muro de mampostería saturado	> 12

tabla 2.2. Grados de contenido de humedad de muros de mampostería en relación al porcentaje de humedad [46].

Una vez que esta humedad excesiva llega a un muro de fábrica, su forma de evolucionar depende de las propiedades inherentes del material de construcción, particularmente su porosidad y permeabilidad.

La porosidad es la relación entre el volumen de espacio poroso de un material y su volumen total, o lo que es lo mismo, el porcentaje de su volumen que no es sólido. El ladrillo es un material ligero, cuya porosidad oscila entre el 25 al 35 por ciento, por lo que es mucho más probable que absorba más la humedad que el granito duro y denso con una porosidad del 1 al 2 por ciento.

La capacidad de succión de los ladrillos depende de sus características microestructurales, en particular la cantidad, el tamaño y la forma de los poros, es evidente el papel desempeñado por la porosidad abierta en el aumento de la capacidad de absorción de los ladrillos de arcilla [47].

La permeabilidad se refiere a la medida en que los poros en un sólido están interconectados y, por lo tanto, permitirán que pasen líquidos a su través. Los ladrillos son muy permeables debido a que la mayoría de sus poros se encuentran interconectados.

Una vez se dan las condiciones de porosidad y permeabilidad adecuadas para que el ascenso del fluido pueda prosperar, debe suceder que la viscosidad del fluido, influido por su temperatura y la presión a la que está sometido, sean las suficientes para desencadenar el proceso.

En el punto de saturación cada poro interconectado está lleno de agua, que puede fluir literalmente a través del material. La saturación de los muros de fábrica de ladrillo podría causar daños considerables al mortero y grandes manchas de humedad en la superficie del muro. Esta situación es difícil de alcanzar por el mero contacto con el terreno y suele producirse con roturas y/o obstrucciones de canalizaciones y tuberías.

2.1.3.5 Efecto de las sales

La humedad que está presente en los materiales de los edificios siempre lleva sales, provienen de los propios materiales (especialmente de los morteros y de la mayoría de las calizas), del aire, del agua de lluvia, del agua subterránea cargada con sal.

Cuando el agua de una solución salina se evapora, deja atrás cristales de sal, en forma de eflorescencias. Aunque este fenómeno normalmente no crea un problema cuando se limita a la superficie más externa, las presiones asociadas con la cristalización pueden provocar el desprendimiento (figura 2.8) cuando se produce a pocos milímetros de la superficie de los materiales porosos (sub-eflorescencia).

Debido a que la humedad se mueve hacia áreas con mayor concentración de sal y evaporación, el agua subterránea salada se moverá continuamente por acción capilar hacia las superficies de las paredes, depositando cristales de sal frescos en los puntos de evaporación y causando mayores eflorescencias y sub eflorescencias con el tiempo [21].



figura 2.8 Daños por capilaridad y filtración desde el terreno en el ladrillo

Algunas de estas sales, en particular el cloruro de sodio, absorben la humedad y se vuelven a disolver. No es extraño que durante los períodos de humedad elevada los muros con alta carga de sal continúen absorbiendo cada vez más humedad, hasta llegar a estar muy saturados. Debido a que el contenido de humedad de una pared con cloruro de sodio puede duplicarse o triplicarse fácilmente durante períodos de alta humedad, no resulta sencillo establecer un diagnóstico preciso de los problemas en situaciones de humedad elevada.

La humedad excesiva a largo plazo en un muro de mampostería, incrementa entre otras cosas la susceptibilidad a la erosión por heladas, que se agudiza con el paso del tiempo y, en consecuencia, facilita el posible desprendimiento de fragmentos de ladrillos y morteros, así como la cristalización de sales. Estos procesos provocan la reducción gradual de la resistencia de una pared, la reducción de su sección transversal y también su capacidad de carga [43].

Por lo tanto, las sales se encuentran entre los agentes meteorizantes más activos que actúan en la degradación del patrimonio cultural, especialmente en los edificios de ladrillo. Existen estudios [48] que estiman la erosión de los muros de fábrica producidas por la sal a partir de la composición compleja de la solución y los datos meteorológicos, la temperatura y la humedad relativa, con posibles aplicaciones en la conservación del patrimonio cultural, ayudando a determinar las condiciones óptimas para evitar, en la medida de lo posible, daños por sal.

Además, el agua ascendente puede disolver y redistribuir las sales en los ladrillos y el mortero permitiendo la acumulación de altas concentraciones. Por otro lado, las sales pueden bloquear los poros y los capilares a través de los cuales el agua se evapora y, por lo tanto, empujan el frente húmedo hacia cotas superiores del muro de mampostería [49].

2.1.3.6 La humedad por capilaridad de edificios históricos

La humedad ascendente mediante capilaridad, es sin duda el fenómeno más extendido que conduce a la presencia de humedad en las estructuras de fábrica y amenaza seriamente tanto la conservación como el rendimiento de los muros de albañilería tradicionales.

La mampostería constituye un sistema heterogéneo compuesto por dos materiales (ladrillo y mortero), que presentan características diferentes, por lo que el aumento capilar carece de un comportamiento lineal.

Las características del mortero son un factor clave para controlar la altura de la humedad ascendente y la cantidad de evaporación subsiguiente. Trabajando en este ámbito, Mason [50] desarrolló un modelo asociando la elevación capilar a la naturaleza de los poros capilares, el espesor de la pared y su tasa de evaporación (figura 2.9), demostrando un incremento de la permeabilidad de los morteros con el paso del tiempo.

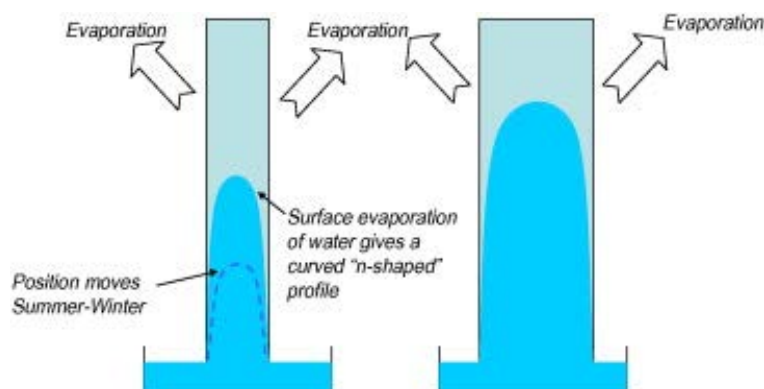


figura 2.9 Diagrama esquemático de un muro de ladrillo que muestra el equilibrio entre el aumento capilar y la evaporación [51]

Más adelante, Hall y Hoff [52] propusieron un nuevo modelo que establece que la altura del aumento capilar en una pared es proporcional a la absorción de agua por el mortero, a la raíz cuadrada de la relación del espesor de pared y el doble del producto de la velocidad de evaporación por unidad de área húmeda y el volumen de agua por unidad de volumen del material. Cuya formulación es de difícil aplicación a paredes de mampostería de ladrillo con juntas de mortero gruesas.

Posteriormente se han realizado trabajos experimentales con morteros de distintas permeabilidades, donde se ha podido confirmar la influencia del grado de permeabilidad del mortero en la facilidad del acceso del agua por capilaridad a las cotas superiores del muro agredido [51]. Demuestra también que el contenido de humedad aumenta en el mortero debido a la naturaleza higroscópica de las sales con la posibilidad de atraer más humedad a la pared. Esta contribución sería relativamente pequeña en comparación con la humedad capilar.

Recientemente, existen estudios [53] con ensayos realizados según UNE EN 15801 y UNE EN 772-11, utilizando sondas de humedad para el proceso de elevación capilar de agua en muros. En ellos se observa que el ladrillo moderno absorbe más agua que el ladrillo tradicional y mortero al final del proceso, pero la absorción de agua en el ladrillo tradicional es más rápida al principio. Por otro lado, destaca que el mortero tiene diferentes valores de absorción en las dos paredes, lo que sugiere que el valor de absorción del ladrillo, que es el más alto, es más relevante.

Los muros de mampostería de edificios históricos - ejecutados de ladrillo o piedra de cerámica - se caracterizan a menudo por su gran espesor y la falta de aislamiento húmedico, fundamentalmente aislamiento horizontal, que no se comenzó a ejecutar hasta principios siglo XX. Esta carencia provoca el contacto directo y prolongado del muro con el suelo. Como resultado, las moléculas de

agua que están contenidas en el sustrato junto con las sales disueltas penetran en el muro de mampostería humedeciendo por capilaridad los elementos que los constituyen: ladrillo cerámico y mortero de juntas, generalmente de una gran anchura [45].

La técnica más eficaz para prevenir la humedad ascendente es construir una barrera impermeable en la base del muro, justo encima del nivel del suelo. Antiguamente se realizaba con placas de plomo, piezas de madera de alta densidad o material bituminoso, las soluciones más actuales se basan en láminas delgadas de cobre o aluminio recubiertas de betún o láminas de polietileno [44].

Existen estudios [54] que proponen la ventilación en las bases de los muros dañados, detectando que el nivel de humedad en un muro incrementa a medida que aumenta el espesor de la pared, tanto en las paredes no tratadas como tratadas. Ya que aumentando el espesor de la pared, crece la absorción por capilaridad y para restablecer el equilibrio entre la tasa de agua subterránea absorbida y la tasa de evaporación [50], el frente de humedad debe aumentar.

El daño a la estructura a partir de la disolución constante y recristalización de ciertas sales se produce por cambios de humedad y temperatura. El cloruro de sodio representa la sal soluble más común en edificios históricos, mientras que las sales de sulfato de sodio, depositadas en las aguas subterráneas, son ampliamente reconocidas entre las más meteorizantes, pudiendo ser especialmente destructivas para los edificios y los monumentos históricos [55], [56].

2.1.3.7 Efectos de la humedad en las propiedades resistentes de un muro

Parece razonable entender entonces que la humedad en un muro de mampostería reduce de manera implacable sus características mecánicas, que llegado el caso puede suponer la destrucción total del elemento perjudicado. De hecho, la norma europea EN 772-1: 2011 (Métodos de ensayo para unidades de mampostería - Parte 1: Determinación de la resistencia a la compresión) sugiere simplemente que la resistencia a la compresión de las unidades de mampostería en condiciones saturadas debe considerarse un 20% menos que las unidades secadas en horno.

Existen estudios que demuestran [55] que la saturación de agua del ladrillo y el mortero conduce a una disminución de casi la mitad del rendimiento de cizallamiento de la mampostería, tanto en términos de rigidez como de carga máxima.

Esta variación en el contenido de humedad de las piezas, acompañado de la presencia creciente de sales, puede llegar a influir en el comportamiento

resistente de la fábrica de ladrillo. Se ha observado que la presencia de sal afecta el comportamiento estructural de la mampostería dependiendo del tipo de sal y de la duración de los ciclos de exposición a la intemperie [55],[57].

En particular en el caso de edificios históricos, los resultados experimentales demuestran que la humedad reduce significativamente la resistencia a la compresión de un ladrillo. En igualdad de condiciones de ensayo, incluso con ladrillos con la misma concentración de sal en su interior, cuanto mayor es el contenido de humedad, menor es la resistencia a compresión de la pieza [58], [59].

También Witzany y otros [60] desarrollaron una investigación experimental en laboratorio para la determinación de la resistencia residual y el módulo de elasticidad en compresión en elementos de mampostería cerámicos, con diferentes tipos de porosidad, sometidos al efecto de la humedad. Los resultados obtenidos apuntaban a una disminución de la resistencia a compresión de las piezas ensayadas relacionada con su contenido de humedad.

Los resultados de la prueba cuasiestática realizada por Roberts y otros [61], indican que la resistencia a la compresión de la mampostería de ladrillo aumenta con un aumento en la resistencia a la compresión del mortero, pero que disminuye cuando incrementa su grado de saturación.

Por otro lado, Uranjek y otros [62] concluyeron que aunque las propiedades mecánicas de la mampostería de ladrillo saturada con agua, una vez se consigue secar al nivel inicial de humedad, no tienen por qué cambiar significativamente, los materiales porosos y permeables al agua pueden sufrir daños mayores cuando se saturan con agua y se exponen a ciclos de congelación y descongelación asociado a los cambios térmicos diurnos en determinadas localidades.

La investigación experimental llevada a cabo por Franzoni [63], se realizó sobre prismas de cemento y tripletes de mampostería con capas de mortero de cemento. En ella, las muestras se sometieron a ensayos de compresión en condiciones secas, saturadas de agua y húmedas, con el fin de investigar los cambios en el valor de carga máxima y módulo de elasticidad estática. Los resultados mostraron que el mortero a base de cemento es el más afectado por la presencia de agua dentro de los poros debido a sus características microestructurales, pero esta influencia se mitiga en tripletes debido al confinamiento ejercido por los ladrillos.

2.2 Andamios

Los andamios de trabajo prefabricados son estructuras tubulares modulares de carácter provisional que proporcionan un lugar de trabajo, de paso, o de protección seguro para la construcción, mantenimiento, reparación o demolición de edificios, entre otros. Su uso puede ser variado, pueden generar una superficie habitable para el desarrollo de una tarea, sustentar una carga, servir de protección horizontal o perimetral, o sencillamente permitir la circulación de operarios y materiales mediante la conexión de distintas áreas.

La motivación de este trabajo de investigación se fundamenta en la necesidad existente de mantener fachadas protegidas de ladrillo, cuyo proceso de rehabilitación precisa del adosamiento de una estructura de andamio para el acceso a los puntos de intervención.

2.2.1 Antecedentes

2.2.1.1 Marco normativo

A diferencia de lo que ocurre con otros países de la Unión Europea como el Reino Unido (British Standard), Francia (AFNOR) o Alemania (DIN), en España no existe normativa específica de obligado cumplimiento acerca del cálculo de andamios.

Como cuerpo normativo de referencia en el cálculo de las estructuras de andamio se cuenta con un conjunto de normas UNE, los Eurocódigos Estructurales y el Código Técnico de la Edificación. El artículo 194 del Convenio colectivo de la Construcción, de acuerdo con lo dispuesto en el RD 1801/2003, establece que cuando no exista disposición normativa de obligado cumplimiento aplicable, o ésta no cubra todos los riesgos o categorías de riesgos de este tipo de andamio, para garantizar el nivel de seguridad se tengan en cuenta la normas UNE existentes.

Las normas UNE-EN 12810 partes 1 y 2 y las normas UNE-EN 12811 Partes 1, 2 y 3 forman un grupo de normas relativas al cálculo de andamios.

En las normas UNE-EN 12810-1, UNE-EN 12810-2 y UNE-EN 12811-1 se indican los requisitos generales de diseño. La información se ofrece repartida en las tres normas y a menudo aparece muy desordenada.

La norma UNE-EN 12811-2 proporciona una guía sobre los materiales utilizados habitualmente en la fabricación de andamios. La norma UNE-EN 12811-3

especifica las reglas que se han de aplicar en los ensayos de carga sobre los materiales, configuraciones y componentes. En la norma se indica la documentación necesaria y la evaluación de los resultados de los ensayos.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo ha publicado un conjunto de notas técnicas de prevención (NTP) [64] que ofrecen una serie de normas que facilitan la construcción y el montaje de andamios tubulares de componentes prefabricados. El documento ofrece distintos aspectos de seguridad relacionados con su montaje, utilización y desmontaje, y las medidas necesarias para proteger de los riesgos a terceras personas o bienes ajenos a la obra; no debe olvidarse que este tipo de andamios se encuentra, en muchas ocasiones, en la vía pública ocupando aceras o incluso la calzada destinada a la circulación de vehículos.

2.2.1.2 Investigaciones previas

Los análisis de resistencia de las estructuras de andamio, así como la gestión de su seguridad, han sido objeto de numerosos trabajos de investigación. Recientemente, Beale [65] ha recogido los estudios de más 250 referencias que repasan la evolución del sector en los últimos 40 años, ofreciendo recomendaciones en el diseño de conexiones entre elementos.

Błazik-Borowa y otro [66] realizan una reflexión sobre la ausencia de regulación en métodos de evaluación precisa del estado técnico del andamio, así como reglamentación específica que permita determinar la capacidad de los elementos constituyentes de la estructuras de un andamio, atendiendo a sus diversos empleos a lo largo del tiempo y sus diferentes disposiciones de carga de unos usos a otros posteriores.

Existen estudios [67] que analizan las causas más frecuentes de los incidentes en la utilización de andamios, entre los que se incluyen la instalación de componentes defectuosos, una modificación no autorizada de la estructura, la omisión de barreras, etc. El trabajo presenta además la descripción de un prototipo de ayuda a la decisión para la planificación de soluciones de andamio seguros.

Peng y otros [68], [69] investigan la influencia de las cargas dependientes de la geometría y las cargas incrementales dependientes del tiempo en los sistemas de andamios con diferentes configuraciones, describiendo un análisis numérico de una conexión singular de andamios modulares, donde se han designado diferentes cargas máximas.

2.2.2 Sistemas de andamio

Constituyen un sistema modular de componentes prefabricados interconectados entre sí, para constituir estructuras temporales que se configuran adaptándose a la superficie de un elemento constructivo (figura 2.10).

Deben poseer la certificación de producto emitida por una entidad reconocida.

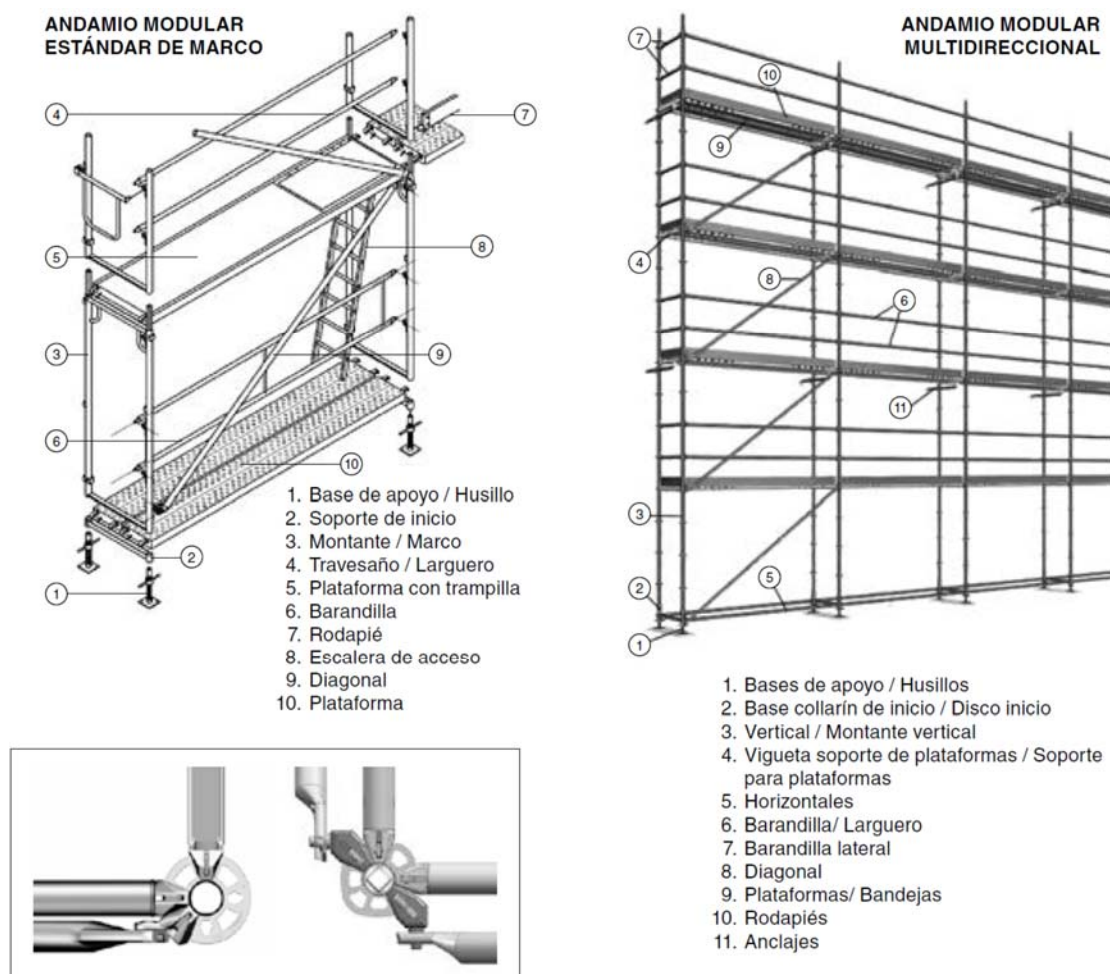


figura 2.10 Principales elementos de un sistema de andamio modular estándar de marco y multidireccional. Detalles de unión entre componentes del sistema multidireccional [64]

Los andamios, a pesar de tratarse de una instalación temporal en la edificación, deben ser cuidadosamente diseñados, planificados, adquiridos y administrados. Las prácticas actuales en la planificación y gestión de andamios son a menudo manuales, especialmente cuando un proyecto de ejecución ya está en marcha. Como en todos los campos de la edificación la implementación de un sistema para la gestión proactiva mediante la

herramienta BIM (Building Information Modeling), facilita la automatización del proceso de diseño y planificación de sistemas de andamios, permitiendo, en un futuro, reducir los errores asociados a los diseños manuales [70], [71].

2.2.2.1 Elementos y materiales

La estructura del andamio debe estar formada por tubos de acero o aluminio, de diámetro exterior 48,3mm, y deben estar convenientemente protegidos frente a la oxidación por corrosión si se trata de aceros, evitando en la misma estructura la colocación de elementos y componentes de distintos fabricantes.

Las plataformas pueden ser de madera tratada, de acero, plástico o de aluminio y estar exentas de cualquier anomalía que afecte a su comportamiento, tales como deformaciones, golpes, oxidación, etc. En cualquier caso deben ser lo suficientemente resistentes y antideslizantes, e incorporar además un indicador de carga máxima admisible.

Las superficies de apoyo deben poseer capacidad suficiente de reparto, en caso contrario será necesario intercalar entre ellas y el suelo un elemento de transición que evite el punzonado del suelo.

Así mismo, las bases de nivelación para el ajuste del desnivel entre el suelo y la estructura de andamio deben también adecuarse a la carga a recibir.

Por último se recogen especificaciones en cuanto a posición, separación máxima, situaciones de uso y características resistentes de los elementos horizontales que conforman el sistema de protección perimetral formado por barandillas y rodapiés.

2.2.2.2 Clasificación y características

Las normas UNE-EN 12810 y UNE-EN 12811 establecen los criterios de clasificación de los andamios según se recoge en la tabla 2.3.

criterio de clasificación	clases
carga de servicio	2,3,4,5,y 6 según tabla 3 de UNE-EN 12811-1
plataformas y apoyos	(D) diseñado con ensayo de caída (N) no diseñado con ensayo de caída
anchura del sistema	SW06, SW09, SW12, SW15, SW18, SW21, SW24
altura libre	H ₁ y H ₂ según tabla 2 de UNE-EN 12811-1
revestimiento	(B) con equipamiento de revestimiento (A) sin él
método de acceso vertical	(LA) con escalera de mano (ST) con escalera de acceso (LS) con ambas

tabla 2.3 Clasificación de los sistemas de andamio

Los tipos de trabajo para los que se precisa un andamio se establecen dentro de las clases de carga, que garantizan un comportamiento de los elementos y limitan el tipo de trabajo que se puede realizar sobre el equipo montado. Las cargas de servicio son las que orientan sobre si un montaje es aplicable o no a cada caso concreto, de tal forma que orientativamente las clases se utilizan para:

- clase 1. No permite el almacenaje de material.
- clases 2 y 3. Preferentemente para trabajos diversos en altura que no exijan grandes acopios ni requieran gran capacidad de carga. Como son los de limpieza, pintura, carpintería, revestimientos de fachadas, saneamientos, protección, etc.
- clases 4 y 5. Para trabajos de albañilería que requieran acopios de materiales y cargas considerables.
- clase 6. Reservado a aquellos trabajos difíciles de albañilería o piedra natural donde haya almacenaje de materiales, cuyo peso hace que las características de capacidad de carga del andamio sean determinantes

Los elementos que conforman la estructura de andamio (plataformas y soportes) de cada una de las clases arriba especificadas tiene limitada las cargas máximas según la tabla 2.4.

clases de carga	carga uniformemente repartida q ₁ (kN/m²)	carga concentrada en área 0,5x0,5m² F ₁ (KN)	carga concentrada en área 0,2x0,2m² F ₂ (KN)	carga repartida en área parcial q ₂ (kN/m²)	carga repartida en área parcial factor del área parcial a _p
1	0,75	1,50	1,00	-	-
2	1,50				
3	2,00				
4	3,00	3,00		5,00	0,4
5	4,50			7,50	
6	6,00			10,00	0,5

Nota: para plataformas la q_1 mínima es de 1,50 kN/m²

tabla 2.4 Tipos de cargas y distribución para cada clase

2.2.3 Esquema estructural de un andamio

El esquema estructural supone la idealización de la estructura y es el camino que recorren las cargas hasta llegar a los puntos donde se apoya el andamio (suelo y fachada), sabiendo que se encuentra sometido a acciones horizontales y verticales.

Las barras horizontales perpendiculares al plano de la fachada a la que se encuentra adosada el andamio, llamadas travesaños, reciben las cargas gravitatorias de la plataforma y las entregan a los montantes verticales.

Por otro lado, las cargas horizontales se transmiten por los largueros hasta los amarres a fachada y los elementos de arriostramiento.

Debida a la elevada esbeltez del conjunto de elementos tubulares que componen la estructura del andamio, así como la esbeltez de la propia estructura resultante, resulta necesario recurrir a elementos de arriostramiento que garanticen la estabilidad del conjunto frente a esfuerzos horizontales.

El método empleado en la conexión de los elementos que constituyen la estructura, condiciona enormemente el modelo de cálculo, que depende fundamentalmente de la rigidez de estas conexiones. Las uniones constituyen el punto más delicado de la estructura, por lo que podría ser interesante la realización de análisis tridimensionales de las estructuras, que permitan conocer el comportamiento de los sistemas de andamios. Existen estudios [72] que proponen métodos para modelar juntas de espiga, conexiones semirrígidas vertical a viga y excentricidades de placas base.

Las uniones entre elementos tubulares, según la norma UNE-EN 12811-1, pueden suponerse rígidas si la espiga se encuentra perfectamente unida al montante y cumple con una longitud de solape de al menos 150mm o 200mm, si dispone de un dispositivo de enclavamiento. Además el juego entre el diámetro interno nominal del tubo y el diámetro externo nominal de la espiga no debe ser mayor de 4mm. En caso de no cumplir alguna de estas condiciones la unión se considerará articulada.

La consideración de la sustentación en la placa base es de articulación ideal, y la de los elementos de conexión precisa un conocimiento más real del comportamiento carga-deformación para su modelado.

Existen trabajos de investigación publicados [73], que valoran la incidencia de las imperfecciones en el montaje de un andamio en la repercusión de los esfuerzos axiales internos de la propia estructura. Llegando a demostrar que son las zonas inferiores las que se encuentran fundamentalmente afectadas por estos efectos, que se deben, en su mayoría, a la interacción de las barras longitudinales, por lo que aconseja prestar especial atención a estos puntos, tanto en la fase de diseño como de montaje de la estructura.

2.2.3.1 Conexión del sistema multidireccional

El sistema multidireccional consiste en unos elementos resistentes verticales llamados montantes formados por tubos 48,3 mm de diámetro de acero galvanizado o de aluminio. A lo largo de su longitud, los tubos están provistos de rosetas, dotadas de perforaciones, generalmente ocho. Las cuatro más pequeñas permiten la formación de ángulos rectos, mientras que las 4 restantes consiguen gran variedad de ángulos. El propio sistema de roseta garantiza la ortogonalidad entre los planos de la estructura.

Las barras horizontales de la estructura son igualmente perfiles de acero o aluminio tubulares, rematados en forma de U que se acoplan a las rosetas dispuestas a lo largo del elemento vertical. Se traban en sus perforaciones por medio de sistema de cierre con cuña de acero. Estos elementos horizontales, además de rigidizar la estructura, tienen la misión de sustentar las pasarelas y barandillas. El sistema de roseta y cuña permite que las directrices de todas las barras que conforman el entramado de la estructura sean concurrentes en un punto (figura 2.11), y no existan excentricidades en la transmisión de los esfuerzos que originan pequeños momentos localizados en los nudos.



figura 2.11 Sistema de conexión mediante roseta y cuña del sistema multidireccional de andamios. Fuente ULMA

2.2.3.2 Conexión del sistema modular estándar de marco

La conexión entre el marco, los largueros y travesaños se realiza mediante abrazaderas o racores, que son piezas de unión que los abrazan exteriormente y mediante su apriete, gracias al rozamiento obtenido entre ambos, consiguen el ensamblaje de los tubos y la conformación de la estructura del andamio. Este sistema facilita la unión de dos tubos en cualquier punto bajo un ángulo definido

y cruzándose sus ejes en el espacio. Generalmente el apriete se realiza con ayuda de tornillos.

La elevada esbeltez de las barras de la estructura, junto con la extraordinaria rigidez del nudo formado con un racor, supone que pueda establecerse la hipótesis de nudo rígido para este tipo de uniones. El análisis del comportamiento de estos elementos bajo carga es muy complejo y da lugar a resultados poco fiables, por lo que se recurre a procedimientos experimentales.

A pesar de que la conexión entre dos tubos se produce mediante un cruce espacial de barras (figura 2.12), al tratarse de un ensamble que se da en varios puntos de una estructura de andamio y con una distribución aleatoria del cruce, es posible despreciar el momento que se origina al no estar las fuerzas en el mismo plano, y modelarla como si se tratase de una estructura plana.



figura 2.12 Conexión mediante abrazaderas

2.2.3.3 Arriostramientos

La esbeltez de los elementos que constituyen el andamio es muy alta, así como la esbeltez de la estructura resultante. Generalmente, la estructura del andamio no es capaz por sí sola de resistir las acciones horizontales, por lo que se precisan arriostramientos. Para que la estructura sea estable debe estar arriostrada en tres direcciones en el espacio.

Según se indica en la figura 2.13, estas rigidizaciones pueden conseguirse mediante el uso de jabalcones, la rigidización de los nudos o el empleo de arriostramientos en cruz.

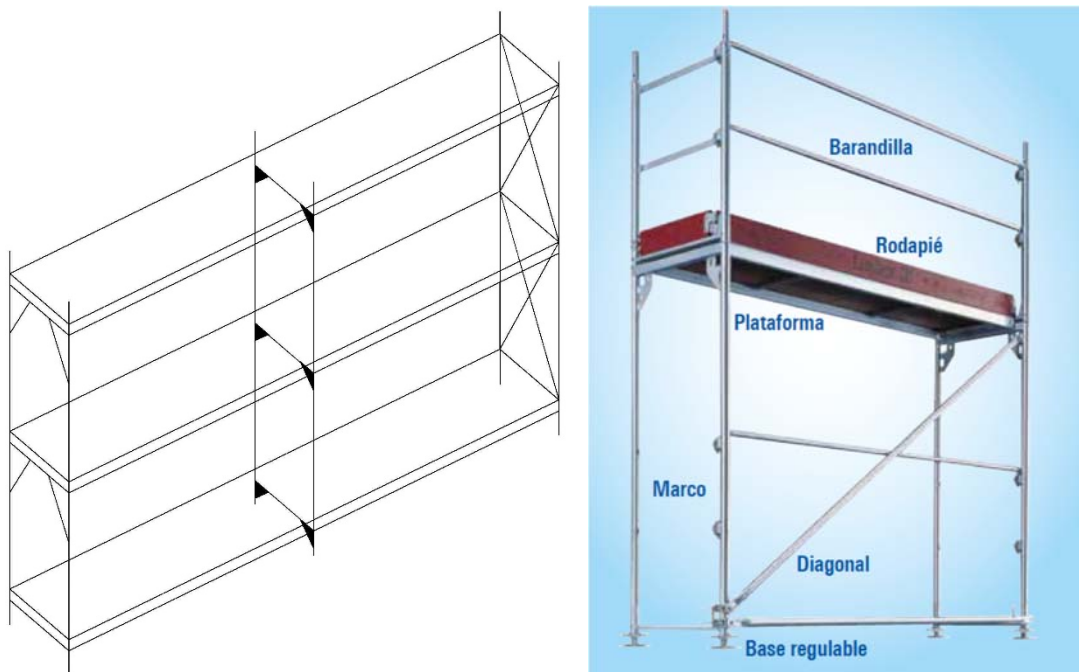


figura 2.13 Esquema de distintos tipos de arriostramientos transversales. Sistema arriostramiento Lahyer

Las estructuras de andamios más tradicionales precisaban de colocación de diagonales en los tres planos del conjunto del andamio. El arriostramiento vertical debe realizarse en dos planos verticales: el plano perpendicular y el plano paralelo a fachada.

El sistema modular estándar marco presenta siempre sistema de rigidización mediante cartelas o jabalcónes que permiten la circulación de operarios a lo largo de la pasarela (figura 2.14).



figura 2.14 Detalle de rigidización de pórticos transversales con cartela o con jabalcón

El plano longitudinal paralelo a la fachada también precisa de arriostramiento. En la figura 2.15 se muestran distintas soluciones. El primer caso

emplea una diagonal simple y el segundo compuesta en cruz. Los casos tercero a sexto aprovechan la protección lateral para su uso como arrostramiento.

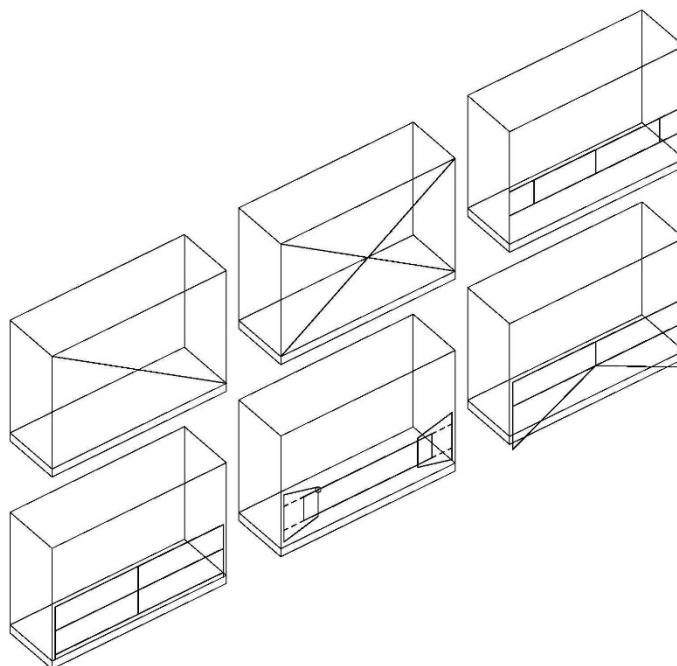


figura 2.15 Distintas soluciones de arrostramiento longitudinal UNE –EN 12810-1

En la figura 2.16 es posible observar una estructura de andamio completa montada donde existe rigidización de los pórticos transversales mediante jabalcones, que permiten la circulación de operarios por las pasarelas y en el plano longitudinal con barandillas trianguladas con cruces.



figura 2.16 Arrostramiento tridimensional de andamio de fachada

2.2.4 Cargas en una estructura de andamio

La norma EN 12811-1 indica las acciones que se deben tomar en consideración para el cálculo de la estructura del andamio:

- carga permanente. Incluye el peso propio de la estructura del andamio y de todos sus componentes.
- carga variable. Incluye la carga en el área de trabajo, la carga sobre la protección lateral, la carga de viento y, si procede, la carga de nieve.
- carga accidental. Es la correspondiente a la protección lateral (carga descendente).

El peso propio del andamio se obtiene como el producto del volumen del material y la densidad de los elementos que los forman, que viene indicado por los fabricantes de andamios en sus catálogos de producto.

Las sobrecargas de uso correspondientes a las cargas en el área de trabajo, están recogidas en la EN 12811-1 en función de la clase de andamio y están recogidas en la tabla 2.4 de este documento.

2.2.4.1 Comprobación de la acción del viento sobre una estructura de andamio

Por otro lado, la EN 12811-1 también define la carga originada por el viento que, como en cualquier estructura, necesita comprobación en sus dos direcciones ortogonales de aplicación. Por un lado la de la acción del viento paralelo a la fachada sobre la que se asienta el andamio, y por otro la perpendicular a ella. Su valor depende de cuatro factores:

- presión del viento,
- superficie expuesta,
- coeficiente de sitio,
- coeficiente de fuerza aerodinámica.

El valor de la superficie expuesta, el coeficiente de sitio y el coeficiente de fuerza aerodinámica depende de si el andamio está revestido o no, sin olvidar que la comprobación a viento de la estructura del andamio debe realizarse para ambas direcciones.

Asimismo, la norma distingue dos situaciones de viento: la máxima carga de viento y la carga de viento de servicio.

2.2.4.1.1 Estructura de andamio sin revestir

El valor de la fuerza resultante de la acción del viento sobre una estructura de andamio sin revestir viene expresado en kN y se obtiene a partir de la ecuación [2.1]:

$$F = c_s \sum_i (c_{f,i} \cdot A_i \cdot q_i) \quad [2.1]$$

En dónde,

F : fuerza resultante del viento,

c_s : coeficiente del sitio,

$c_{f,i}$: coeficiente de fuerza aerodinámica para el componente del andamio i ,

A_i : área de referencia del componente del andamio i ,

q_i : presión dinámica actuando sobre el componente del andamio i .

En el caso de que la estructura del andamio se encuentre desprovista de lonas, redes u otro elemento de protección, el valor del coeficiente de fuerza aerodinámica $c_{f,i}$ debe tomarse igual a 1,3 para todas las áreas proyectadas, incluyendo plataformas, rodapiés y el área nominal que se define a continuación. Con objeto de dar un margen a los equipos o materiales que están en el área de trabajo, debe asumirse un área de referencia nominal a su nivel en toda su longitud. Este área debe tener 200 mm de altura medida desde el nivel del área de trabajo e incluye la altura del rodapié, para la condición de máxima carga de viento. Para la carga de viento en servicio, la altura del área será de 400 mm. Se debe asumir que las cargas resultantes de la presión del viento actúan en el nivel del área de trabajo.

Además, para fuerzas de viento perpendiculares a la fachada, el coeficiente del sitio c_s se puede obtener de la figura 2.17, tomada de la UNE EN 12811-1.

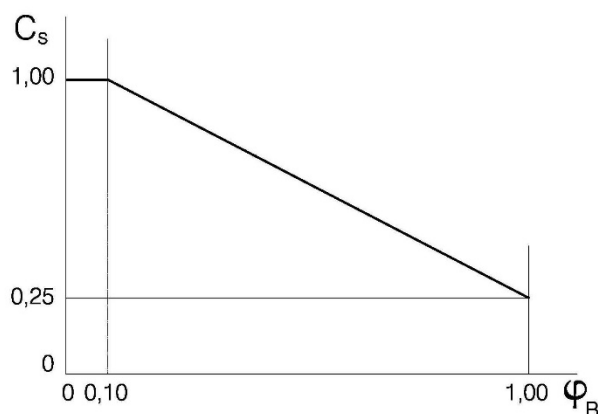


figura 2.17 Coeficiente de sitio para andamios delante de fachada y con fuerzas de viento perpendiculares a ella

φ_B es la relación de solidez y viene dada por la siguiente ecuación [2.2]:

$$\varphi_B = \frac{A_{B,n}}{A_{B,g}} \quad [2.2]$$

En dónde,

$A_{B,n}$: área neta de la fachada (deduciendo las aberturas),

$A_{B,g}$: área total de la fachada.

Para fuerzas de viento paralelas a la fachada, el coeficiente del sitio c_s se tomará igual a la unidad.

En condiciones de viento máximo, se supone una presión debida al viento de 800 N/m² en la base del andamio que aumenta de forma lineal de modo que alcanza un valor de 1100 N/m² a la altura de 24,0 metros. En la figura 2.18 (de EN 12810-1) se ofrece la ley hasta 25,5 metros. Esta presión actúa sobre la superficie proyectada del andamio.

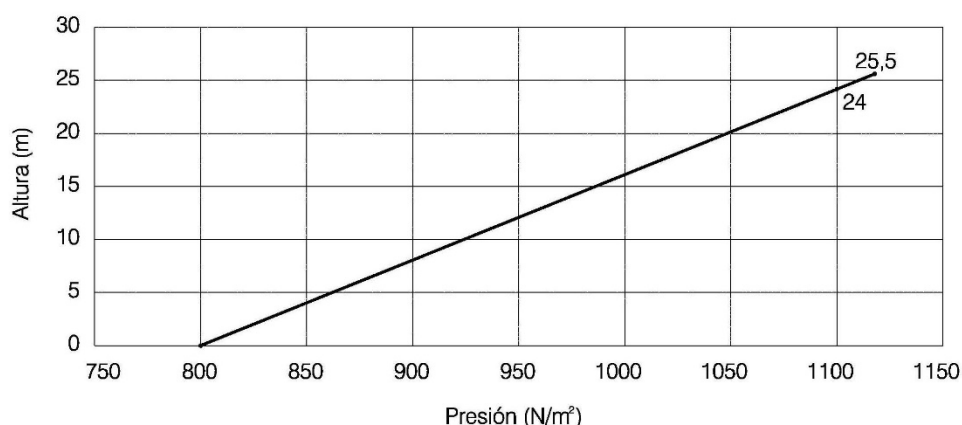


figura 2.18 Presión de viento máximo

En condiciones de viento en servicio, se supone una presión debida al viento de 200 N/m² uniformemente repartida en la superficie proyectada del andamio. Para este cálculo es necesario añadir una superficie nominal a la superficie A_{Lr} ¹ y A_{M} ². Esta superficie tiene en cuenta la obstrucción al viento producida por pilas de materiales u otros elementos que descansan sobre las plataformas. Esta superficie nominal solamente debe suponerse sobre la superficie de la plataforma.

¹ Proyección de la superficie total de todos los elementos redondos y planos, sobre un plano perpendicular a la fachada (m²).

² Proyección de la superficie total de todos los elementos redondos y planos sobre un plano paralelo a la fachada (m²).

2.2.4.1.2 Estructura de andamio revestida

El valor de la fuerza resultante del viento expresado en kN, se obtiene a partir de la ecuación [2.1]:

$$F = c_s \sum_i (c_{f,i} \cdot A_i \cdot q_i) \quad [2.1]$$

En dónde,

F : fuerza resultante del viento,

c_s : coeficiente del sitio,

$c_{f,i}$: coeficiente de fuerza aerodinámica para el recubrimiento i ,

A_i : área de referencia del componente del recubrimiento del andamio i ,

q_i : presión dinámica actuando sobre el recubrimiento del andamio i .

El valor del coeficiente de fuerza aerodinámica $c_{f,i}$ se obtiene de la tabla 2.5 en función del tipo de recubrimiento (red o lona) y para viento perpendicular (\perp) o paralelo (\parallel) al recubrimiento.

tipo de protección	$c_{f,i \perp}$	$c_{f,i \parallel}$
red	1,3	0,3
lona	1,3	0,1

tabla 2.5 Coeficientes de fuerza aerodinámica para andamios revestidos

Para las acciones de viento perpendiculares y paralelas al plano del recubrimiento, el área total del mismo constituye el área de referencia, A_i . Puede no considerarse el viento que actúa de forma normal al plano de recubrimiento de los componentes del andamio u objetos detrás del mismo (lona o red).

El coeficiente de sitio, c_s , depende, como sucede en el caso anterior, de la relación de solidez φ_B que viene dada de nuevo por la ecuación [2.2]:

$$\varphi_B = \frac{A_{B,n}}{A_{B,g}} \quad [2.2]$$

En dónde,

$A_{B,n}$: área neta de la fachada (deduciendo las aberturas),

$A_{B,g}$: área total de la fachada.

En el caso de los andamios protegidos el valor del coeficiente de sitio, c_s , se obtiene de la figura 2.19, con las siguientes consideraciones:

- Para las redes se utiliza la curva 1.
- Para las redes en las que $c_f \cdot L$ es mayor que 0,8, la red debe considerarse como lona para calcular el coeficiente de sitio.
- Para lonas se utiliza la curva 2 ($c_s = 1,0$).
- El coeficiente c_s para el cálculo de la tensión de las fuerzas de anclaje de las uniones del andamio en el lado de sotavento, puede tomarse de la curva 3.
- Para el cálculo de las cargas de viento en el área del extremo de un tramo de un andamio de trabajo, c_s debe ser igual a 1,0.

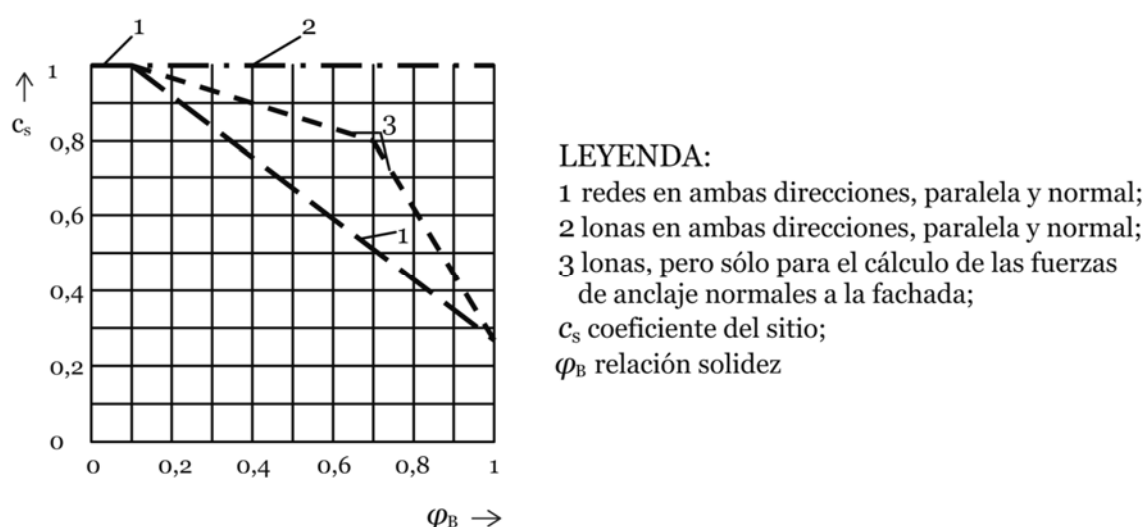


figura 2.19 Coeficiente de sitio para andamios con recubrimiento

2.2.4.2 Cálculo de las fuerzas que ejerce un andamio

Se descompone en una la resultante paralela y otra perpendicular a la fachada.

2.2.4.2.1 Cálculo de la fuerza paralela a la fachada.

El valor de la fuerza paralela a la fachada viene determinado por [2.3]

$$F_{II} = W \cdot c_{II} \left[A_{\perp r} + \sum_i^n \frac{A_{\perp s} \cdot c_f}{1,2} \right] \quad [2.3]$$

En donde:

W : presión que ejerce el viento (N/m^2),

c_{II} : coeficiente de presión global para las fuerzas paralelas al andamio (de valor 1,1),

$A_{\perp r}$: proyección de la superficie total de todos los elementos redondos y planos, sobre un plano perpendicular a la fachada (m^2),

$A_{\perp s}$: Proyección de la superficie total de las secciones transversales particulares (las no incluidas en $A_{\perp r}$) sobre un plano perpendicular a la fachada (m^2),

c_f : Coeficiente de presión para las secciones transversales.

2.2.4.2.2 Cálculo de la fuerza perpendicular a la fachada

El valor de la fuerza perpendicular a la fachada viene determinado por [2.4]

$$F_{\perp} = W \cdot c_{\perp} \cdot \left[A_{\perp r} + \sum_1^n \frac{A_{\perp s} \cdot c_f}{1,2} \right] \quad [2.4]$$

En dónde

W : presión que ejerce el viento (N/m^2),

c_{\perp} : coeficiente de presión global para las fuerzas perpendiculares al andamio (de valor 0,9),

$A_{\perp r}$: proyección de la superficie total de todos los elementos redondos y planos, sobre un plano paralelo a la fachada (en m^2),

$A_{\perp s}$: proyección de la superficie total de las secciones transversales particulares (las no incluidas en $A_{\perp r}$) sobre un plano paralelo a la fachada (en m^2),

c_f : coeficiente de presión para las secciones transversales.

Como coeficientes parciales de seguridad para solicitaciones, γ_f , para cargas de viento, se establecen los valores de 1,50 en estados límites últimos y 1,00 en estados límites de servicio.

La norma UNE-EN 12810-1 indica que para configuraciones del sistema sin recubrimiento debe existir una zona libre de anclajes a fachada de 3,8 m de altura, por encima y por debajo del nivel anclado. Este requisito no es aplicable donde existan componentes auxiliares, como vigas puente.

En la figura 2.20 (de la norma UNE-EN 12810-1) se dan ejemplos para modelos típicos de anclaje. La norma indica que es preferible que la zona libre de anclajes esté al menos a dos veces de la distancia entre los niveles de trabajo. El objeto de esta prescripción es asegurar que el andamio tiene suficiente resistencia total en el diseño.

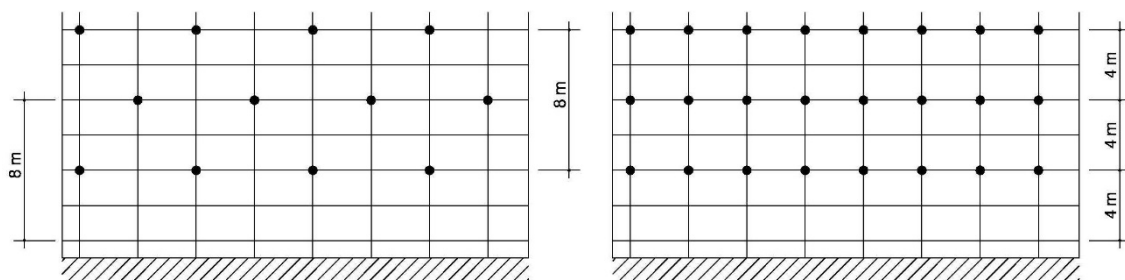


figura 2.20 Ejemplos de modelos típicos de anclaje UNE –EN 12810-1

2.2.5 Apoyos y amarres

Las acciones exteriores se aplican a la estructura del andamio y, ésta entrega esas fuerzas al suelo y a la fachada del edificio a través de anclajes, tacos, bases, etc. Los amarres constituyen uno de los puntos más críticos de la estructura del andamio debido fundamentalmente a la ausencia de normativa de cálculo de obligado cumplimiento al respecto y a la dificultad que entraña la cuantificación de la resistencia de estas uniones en numerosas ocasiones.

2.2.5.1 Apoyo en el suelo

En la sustentación vertical de una estructura de andamio, normalmente se emplean bases regulables mediante un husillo de ajuste. La resistencia y rigidez de las bases debe ser tal que se puedan transmitir las cargas verticales desde el andamio hasta el nivel de apoyo. Es recomendable que la pieza de apoyo de cada base tenga una anchura mínima de 120 mm y un espesor mínimo de 5 mm, para evitar deformaciones. Asimismo, la superficie de contacto con el terreno debe ser superior a 150 cm².

Debe comprobarse que las zonas donde se pretende apoyar el andamio resistan la presión que se va a ejercer sobre ellas, en caso de duda es conveniente intercalar tabloncillos de madera, centrados sobre la base del andamio, con la suficiente rigidez para servir de elemento de transición de las cargas.

Si el terreno de apoyo tiene pendiente, es necesaria la utilización de una base oscilante o el empleo de cuñas para su nivelación. Una vez la línea se encuentra nivelada, es preciso la fijación de las cuñas por golpeo para garantizar su inmovilidad. Para un estudio de la tensión que se transmite al terreno se puede suponer que las cargas de las bases se deben solo a las acciones gravitatorias y que el peso propio del andamio es de 0,25 kN/m² de fachada.

Las superficies de apoyo serán entonces: el terreno natural, una solera, un forjado de techo de sótano, un voladizo u otros elementos estructurales (figura 2.21).



figura 2.21 Base de andamio sobre pavimento público

Cuando el apoyo se realiza sobre un terreno natural, hay que asegurarse de su consistencia y estudiar la posible existencia de accidentes como la proximidad de taludes o de cursos de agua. Cuando sea necesario se instalarán durmientes para ampliar la superficie de carga.

En principio, el apoyo en soleras de hormigón supone una mayor garantía que el apoyo en terrenos naturales. No obstante, hay que comprobar el espesor de la solera y las posibles coqueras.

Cuando el andamio apoya sobre elementos estructurales como forjados o voladizos, hay que realizar un cálculo para comprobar la capacidad de carga del elemento donde apoya.

2.2.5.2 Amarres a fachada

Los amarres del andamio a la fachada deben realizarse atendiendo a las instrucciones del fabricante y/o al plan de montaje, utilización y desmontaje. En él deberá estar reflejada su disposición y su número, atendiendo a su correspondiente estudio de resistencia y estabilidad o configuración tipo. Estos amarres deben ser capaces de soportar las cargas horizontales, tanto perpendiculares como paralelas al andamio, especialmente las originadas por el viento. En ningún caso los amarres deberían soportar acciones verticales.

Los dos tipos de amarres más comúnmente empleados son:

- Los amarres mediante tacos expansibles, utilizan tacos de plástico o metálicos de alta resistencia. Los tacos se introducen en las partes sólidas del paramento (cantos del forjado, pilares, etc.) y reciben una varilla roscada o tornillo, que en su extremo libre lleva acoplada una anilla que

es la que enlaza con la pieza específica del andamio denominada tubo o elemento de amarre.

- Los amarres por estampación a huecos (ventanas y balcones) formados por dos bases o husillos regulables, que permiten dar presión al montante o tubo que a su vez se une al andamio mediante otro tubo. Es aconsejable intercalar en ambos extremos durmientes de madera para un adecuado reparto de la carga transmitida. Antes de comenzar la instalación debe comprobarse que el hueco donde se coloque la estampación, presenta una resistencia suficiente para no ceder a la presión que le transmiten las bases regulables. Además, debe inspeccionarse periódicamente la presión ejercida por las bases, siendo necesario el reapriete sistemático. También debe verificarse que la estampación pueda absorber perfectamente la carga transmitida desde el andamio, así como que esté garantizado frente al propio deslizamiento.

En cualquier caso es más conveniente la utilización de amarres mediante tacos a los amarres directos a fachada (figura 2.22).



figura 2.22 Distintas soluciones de amarre fachada mediante tacos

Como se muestra en la figura 2.23 con más detalle, el tubo libre, que se encuentra amarrado a la estructura de andamio mediante una abrazadera ajustada con tornillos, presenta en su extremo opuesto un remate en forma de gancho. La solución en gancho es una de las posibles, en la figura 2.22 es posible observar otra solución alternativa que se fija con una cuña de acero. Todas ellas se ensartan en la argolla del cáncamo recibido en la fachada, consiguiendo el anclaje de la estructura completa mediante puntos.

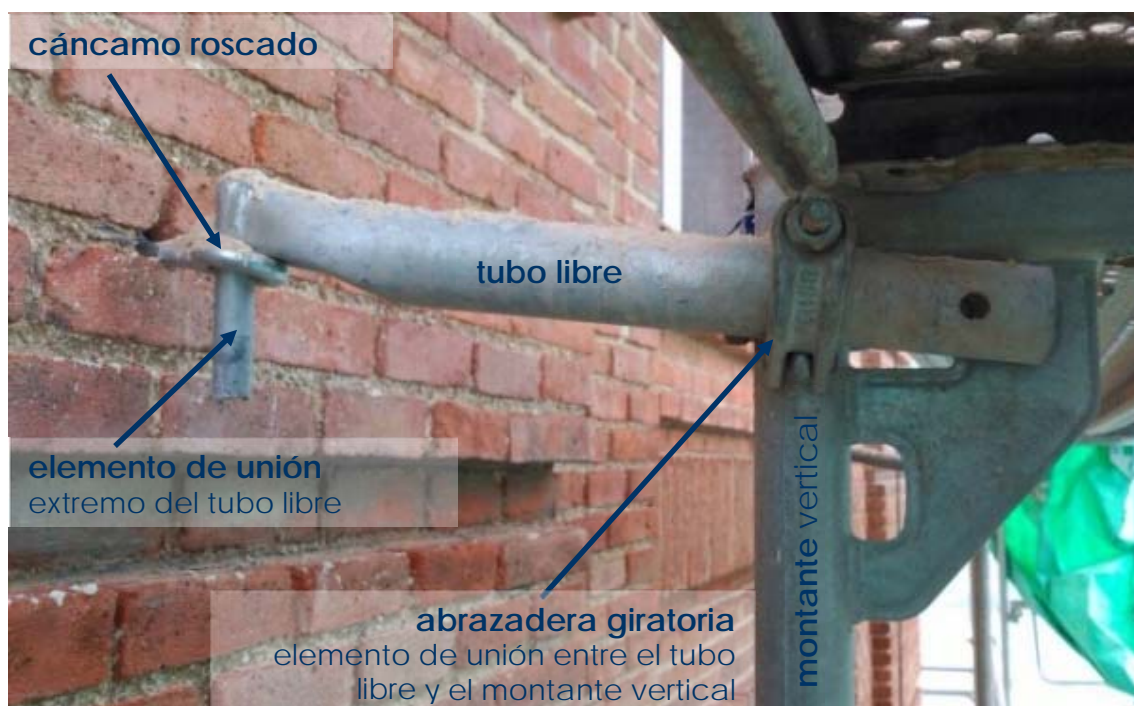


figura 2.23 Detalle de los elementos que constituyen el amarre de una estructura de andamio

La figura 2.24 a/ muestra una barra libre desmontada donde es preciso observar la abrazadera que posteriormente se dispondrá en torno a uno de los tubos de la estructura del andamio. En la figura 2.24 b/ también se observan cáncamos de acero con tacos plásticos de expansión, ya que son uno de los métodos más habituales por su rapidez y facilidad en la recuperación de material para su re-utilización en una nueva estructura.



figura 2.24 a/ Detalle de barra libre desmontada y b/ Cáncamos de acero y tacos de plástico expansibles

El amarre debe asegurar una correcta transmisión de las acciones desde la estructura del andamio hasta la fachada del edificio. Como pauta de predimensionado se puede colocar un amarre cada 24 metros cuadrados de superficie, si el andamio no está revestido, y cada 12 metros cuadrados, en el caso de andamios con mallas o lonas.

2.3 Sistemas de fijación. Anclajes

Tratar de encontrar la mejor fijación entre las distintas partes de la estructura de un edificio supone un reto, que abarca distintos fases del proceso constructivo. Un examen exhaustivo de los métodos de construcción en mampostería en piedra, albañilería histórica y soluciones tradicionales de madera, revelan variedad de soluciones, en ocasiones ingeniosas, desarrolladas para transferir la carga desde una parte de la estructura a otra.

Nos encontramos continuamente con la necesidad de anclar en las estructuras de fábrica distintos elementos accesorios que permitan la introducción de cargas concentradas, para lo que precisamos los sistemas de fijación. También es cada vez más frecuente el uso de estos sistemas en la reparación y refuerzo de estructuras existentes, por lo que la industria de la construcción demanda cada vez métodos más fiables y flexibles.

2.3.1 Clasificación de los anclajes metálicos

2.3.1.1 Por su orden en la ejecución

Los sistemas de fijación pueden clasificarse en aquellos que se realizan *in situ*, en el momento ejecución de la unidad constructiva en la que está instalados, o en aquellos que se colocan *a posteriori*, una vez se ha ejecutado su unidad constructiva [74].

- Los sistemas *in situ* se disponen en el encofrado antes de hormigonar, si se trata de una estructura de hormigón o se intercalan durante la ejecución del elemento de mampostería. El elemento de anclaje se conecta a la parte embebida mediante dispositivos mecánicos o bien por soldadura.
- Los sistemas de fijación colocados *a posteriori* deben instalarse en el muro de mampostería o en el hormigón endurecido. Los avances en la tecnología del taladrado han conducido al desarrollo de una cada vez más creciente dependencia de los sistemas post-instalados, que son utilizados mayoritariamente en nuevas construcciones, además de en reparaciones y trabajos de refuerzo.

2.3.1.2 Por su forma de trabajo

Existen tres formas principales trabajo de los anclajes metálicos, aunque algunos sistemas pueden presentar combinación de estas formas.

2.3.1.2.1 Por fricción o rozamiento

En este tipo de sistemas, la fuerza de arrancamiento que debe soportar el anclaje es transmitida al material base mediante fricción (figura 2.25). Para ello, una vez introducido el anclaje, se utiliza un dispositivo que expande la punta del anclaje, generando una fuerza de expansión perpendicular a la superficie de contacto. Esta fuerza depende generalmente del par de apriete con el que se ajusta el sistema (expansión por fuerza controlada). La fuerza N se puede resistir gracias a la fuerza F_{exp} que se produce en la zona de expansión entre el anclaje y el material base.

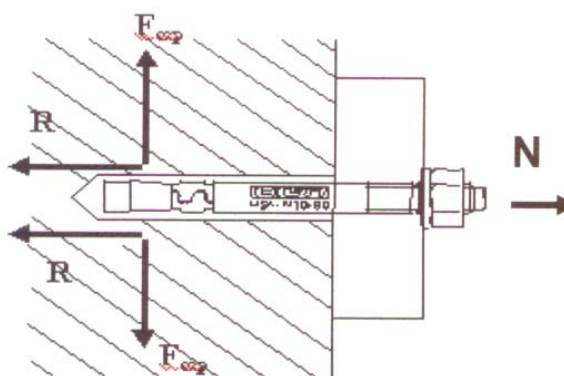


figura 2.25 Forma de trabajo de un anclaje por fricción o rozamiento. Hilti 2004

El contacto solo se produce en la cabeza del anclaje (la zona que expande) por lo que se producen tensiones muy altas sobre el material base en esa zona. Por esta razón, este tipo de anclajes no deben usarse en materiales poco resistentes como los ladrillos o los bloques de hormigón, en los que la fuerza de expansión podría provocar la rotura del material base.

En la figura 2.26 se muestra un modelo mediante elementos finitos del estado tensional que se produciría con este tipo de anclajes. Puede comprobarse cómo las mayores tensiones se localizan en la zona de expansión.

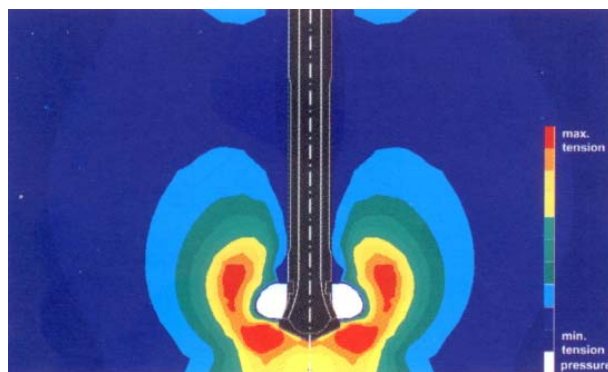


figura 2.26 Modelo por elementos finitos de un anclaje trabajando por fricción / rozamiento. Hilti 2004

2.3.1.2.2 Por forma

En este tipo de sistemas la fuerza de arrancamiento es contrarrestada por las fuerzas de reacción que se presentan en los puntos donde se genera una deformación permanente del elemento donde se insertan. En este caso, la expansión del anclaje se logra mediante desplazamiento de uno de los componentes del inserto metálico (expansión por deformación controlada).

En este caso es el anclaje el que se adapta al material base, pudiendo conseguirlo de distintas maneras. Algunos anclajes horadan el material a medida que se introducen en él, creando una zona acampanada en la que quedan embebidos, otros, sin embargo, se deforman y se adaptan al material base.

En la figura 2.27 se describe el funcionamiento de un anclaje de este tipo. Al girar la camisa del anclaje, la cabeza metálica no expande directamente contra el material base, sino que lo taladra a medida que se introduce en él, creando una zona acampanada con un contacto perfecto entre el anclaje y el hormigón. La fuerza de tracción N aplicada al anclaje se resiste mediante las fuerzas R que produce el material base sobre el anclaje.

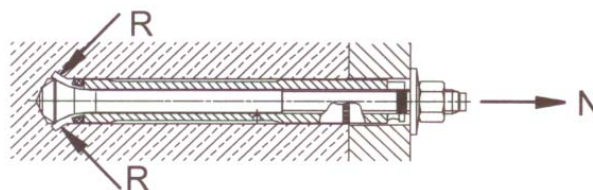


figura 2.27 Trabajo de un anclaje por forma. Hilti 2004

En la figura 2.28 se muestra un modelo mediante elementos finitos del estado tensional que se produciría con este tipo de anclajes.

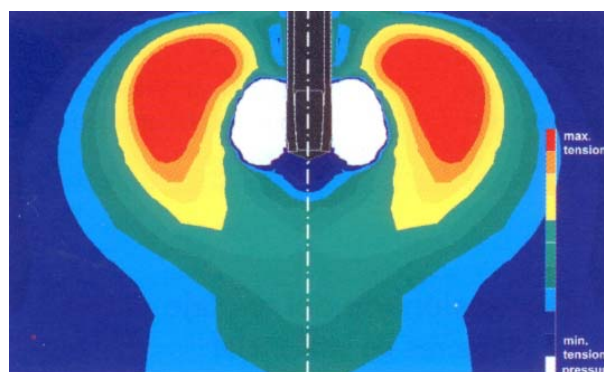


figura 2.28 Modelo por elementos finitos de un anclaje trabajando por forma. Hilti 2004

2.3.1.2.3 Por adherencia

En este tipo de sistemas, la parte metálica queda embebida entre una resina epoxídica o híbrida, la cual penetra en los poros del material base para, a continuación, endurecerse y curarse, creando un ajuste por forma, adicional al trabajo que genera la adherencia química.

Como puede observarse en la figura 2.29, la varilla de anclaje y la superficie del taladro quedan unidas mediante la adherencia con la resina. Con este tipo de anclajes, la superficie a través de la cual se transmiten las cargas es mayor que en los casos anteriores, por lo que las tensiones que se producen en el material base son menores, lo cual los hace especialmente indicados cuando el material base es poco resistente.

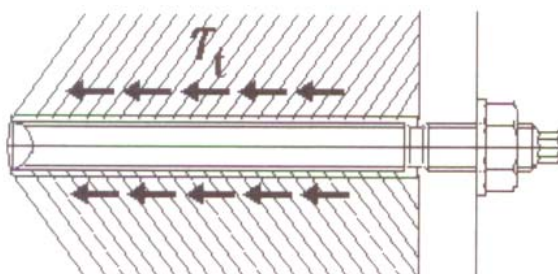


figura 2.29 Forma de trabajo de un anclaje por adherencia. Hilti 2004

En la figura 2.30 se muestra un modelo mediante elementos finitos del estado tensional que se produciría con este tipo de anclajes. Puede comprobarse como los anclajes entregan la carga a través de una superficie cilíndrica alrededor de la varilla, presentando un bulbo de carga más homogéneo. Esta solución implica un mayor volumen de material de soporte implicado en la transmisión de tensión a lo largo del fuste.

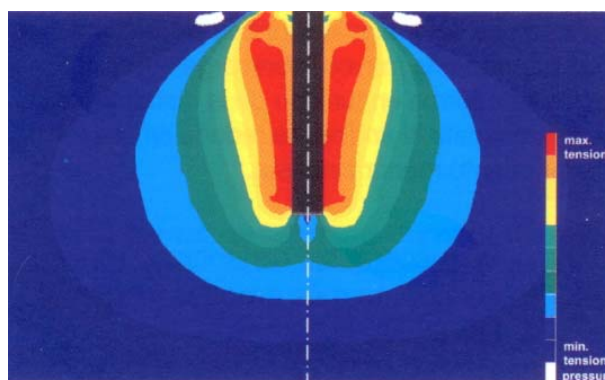


figura 2.30 Modelo por elementos finitos de un anclaje trabajando por adherencia. Hilti 2004

2.3.2 Comportamiento de un anclaje

2.3.2.1 Criterios de comportamiento

Los sistemas de fijación deben satisfacer al menos uno de los siguientes criterios de comportamiento [75] :

- Resistencia es la capacidad del sistema de fijación para resistir los esfuerzos a los que va a estar sometido durante su vida útil, incluyendo aquellos causadas por cargas externas y las restricciones de deformaciones impuestas (p.e. debido a variaciones de temperatura) y aquellos necesarias para mantener la estabilidad.
- Ductilidad es la habilidad de una fijación para acomodarse a las relativamente grandes deformaciones no-elásticas sin un descenso significativo de su capacidad. En aplicaciones sísmicas, esta característica debe mejorarse, de forma que los grandes anclajes puedan proveer algún grado de capacidad de absorber energía. Es también una medida de la capacidad del sistema de anclaje para soportar sobrecargas (nuevas cargas) sin que supongan una pérdida de resistencia acelerada.
- Durabilidad es la resistencia de los sistemas de fijación ante los efectos adversos de las variaciones de temperatura y la exposición a la humedad u otros agentes corrosivos.

2.3.2.2 Modos de fallo

Los tipos de fallo que pueden suceder en un anclaje (figura 2.31) dependen de las características del propio inserto metálico, pero también de las propiedades del material base.

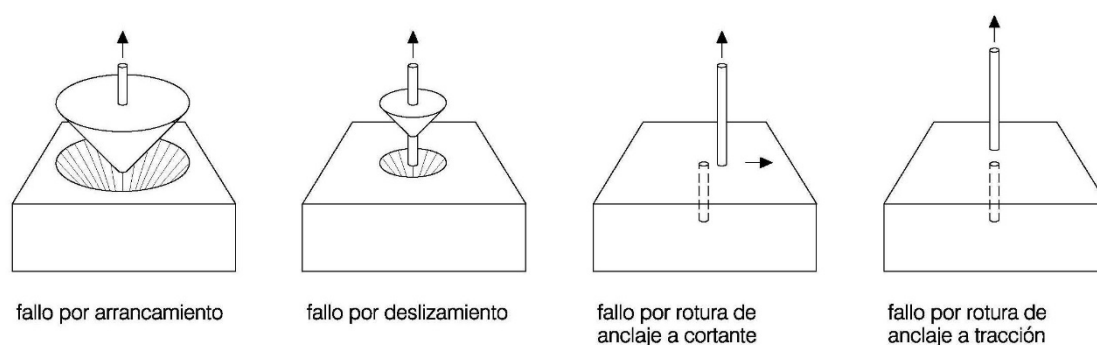


figura 2.31 Principales fallo debido a la influencia de la profundidad y el diámetro el anclaje

La esbeltez del anclaje es uno de los factores que más influencia tiene en el modo de rotura. Al tratarse de elementos con una relación muy acusada entre

su longitud o profundidad de inserción y su diámetro, es frecuente la aparición de distintos tipos de fallos

- El fallo por extracción sucede cuando la fuerza de arrancamiento a la que se somete el anclaje, sobrepasa la resistencia del material base. El anclaje sale de la masa del elemento ensayado llevándose consigo el cono de extracción del material base.
- El fallo por deslizamiento sucede cuando el fuste metálico sale del elemento en el que se encuentra alojado, sin apenas arrastrar material base. Suele suceder cuando el anclaje no es lo suficientemente profundo y no alcanza a desarrollar toda la resistencia requerida. También puede suceder cuando existen problemas de adherencia por una ejecución poco cuidada.
- El fallo por rotura del anclaje a cortadura o a tracción sucede cuando las solicitaciones aplicadas en el anclaje superan la resistencia del propio elemento de conexión. Suele suceder en anclajes profundos en materiales base de alta resistencia.

2.3.3 Anclajes para albañilería

2.3.3.1 Dimensionado de anclajes

Uno de los puntos esenciales del proceso de verificación o dimensionado de un andamio lo constituye la resistencia al arrancamiento de los anclajes del mismo a la fachada del edificio sobre la que se trabaja.

El método de cálculo del anclaje se establece en base al cumplimiento de la siguiente ecuación [2.5]:

$$S_d \leq R_d \quad [2.5]$$

Donde S_d es la sollicitación sobre el anclaje como consecuencia de las cargas horizontales que actúan sobre el andamio y R_d representa la resistencia del anclaje al arrancamiento o al esfuerzo cortante en función de si las fuerzas exteriores son perpendiculares o paralelas a la fachada.

La sollicitación sobre el anclaje se puede conocer con precisión utilizando las normas europeas que tratan el cálculo de andamios. Pero, lamentablemente, la resistencia del anclaje se desconoce en la mayoría de las ocasiones. Existen recomendaciones de tipo general que ofrecen valores límite para la resistencia al arrancamiento de anclajes. El Sindicato de Encofradores de Francia indica que los anclajes realizados utilizando tacos de plástico no deberían estar dimensionados para cargas superiores a 0,30 kN [76].

2.3.3.2 Tipos de anclajes

En el transcurso de la obra de construcción, los cerramientos de los edificios se aíslan térmicamente, se colocan puertas y ventanas, sistemas de aislamientos térmico, de ventilación, las instalaciones de distribución y recogida de agua y de iluminación. Posteriormente se amueblan con cuadros, espejos, muebles de cocina colgadas de los muros. Considerando todo ello, los elementos de anclaje deben estar fijados a los muros de fábrica de manera fiable. La industria de la construcción utiliza un amplio abanico de sistemas de anclaje, que precisan un elemento auxiliar para unir el perno con la fábrica, llamados anclajes plásticos o metálicos, y que se introducen mediante golpeo con martillo en orificios previamente taladrados. Los anclajes metálicos pueden resistir cargas mucho más elevadas, sin embargo, son más caros, por lo que se usan únicamente en elementos estructurales cruciales para fijar los pernos en materiales de alta resistencia, por ejemplo hormigón [18].

2.3.3.2.1 Anclajes plásticos para albañilería

Los anclajes de plástico utilizados en las fijaciones a muros de albañilería están formados generalmente un elemento de expansión (normalmente un tornillo) y un taco plástico fabricado generalmente en poliamida y con un extremo ranurado para permitir la expansión. La diferencia entre unos anclajes y otros, reside fundamentalmente en el amplio abanico de tacos plásticos disponibles hoy en día en el mercado, que presentan diferentes extremos expansibles, así como distintas configuraciones interiores para alojar el tornillo.

El extremo ranurado del taco posee elementos salientes que evitan su rotación durante la fijación del tornillo. Es precisamente este acceso por rotación del tornillo, que provoca la expansión del taco, produciendo una presión radial contra las paredes interiores del orificio taladrado. El tornillo utilizado debe ajustar las características de su vástago roscado, así como su diámetro al taco plástico empleado.

Los anclajes plásticos transfieren los esfuerzos a través de un bloque mecánico entre el tornillo y el taco y por rozamiento entre el taco y la superficie del orificio perforado en el material base. El correcto desempeño del comportamiento mecánico de los anclajes plástico depende de la correcta instalación, para ello el tornillo debe insertarse completamente en el taco y que ninguno de los dos continúe girando si se está aplicando un par de apriete.

Este tipo de anclaje está especialmente recomendado para muros de fábrica de ladrillo macizo, enfoscado o sin enfoscar, ladrillos huecos o perforados de con una alta resistencia a compresión, que se obtiene si el espesor de los tabiques interiores de la pieza tiene la capacidad suficiente para

recibir la expansión del taco que corresponde a su desarrollo longitudinal. Ya que, en este caso, los anclajes transmiten la carga al material base mediante rozamiento del taco y la superficie interior del orificio practicado.

En el caso de muros de fábrica ejecutados con piezas macizas perforadas o huecas que posean una baja resistencia a compresión, es recomendable la utilización de anclajes con una sección de expansión más larga. De esta forma amplía la superficie de distribución de esfuerzos.

2.3.3.2.2 Anclajes de inyección para albañilería

Los anclajes de inyección se utilizan fundamentalmente en materiales con baja resistencia a compresión, como los bloques de hormigón ligero o celular, y también en ladrillos perforados o bloques. En este sistema, el taco se inserta en el orificio previamente perforado. Es entonces cuando se introduce en anclaje y el elemento de protección se ajusta al orificio y provocando la inyección del componente cementicio de fijación rápida o de una resina.

A fin de evitar el acceso descontrolado del flujo de mortero de inyección en los huecos de los ladrillos perforados o huecos, muchos sistemas emplean una vaina de poliamida inyectada con mortero. La red se expande durante la inyección para ajustarse a la forma de los huecos. También existe un sistema similar que utiliza una vaina tubular de alambre que se inyecta con resina mediante un cartucho previamente alojado en el orificio. Durante la colocación por rotación, la varilla roscada presiona el cartucho. Es entonces cuando la resina se extruye a través de la malla de la vaina de alambre y también dentro del hueco del material de base.

Los anclajes de inyección transfieren los esfuerzos mediante bloqueo mecánico del propio anclaje con el mortero de inyección o mediante la adherencia entre el vástago roscado y el mortero de inyección. En ambos casos, también se produce un bloque mecánico entre el mortero de inyección y los huecos de las piezas cerámicas. Si el elemento anclado encuentra pocos o ningún hueco, la capacidad del anclaje depende de la adherencia entre el mortero de inyección y las paredes interiores del orificio taladrado. Los resultados de la resistencia, en este caso, suelen ser más bajos y presentan mayor dispersión, especialmente si los orificios no están bien limpios.

La capacidad resistente de los anclajes de inyección está influida principalmente por la resistencia de las piezas cerámicas y la lechada de inyección en el momento de la carga. Es importante observar los tiempos de endurecimiento mínimos antes de la carga, a fin de conseguir una resistencia suficiente de la lechada, que evidentemente son superiores para compuestos

cementicos que para lechada a base de resinas, que dependen fundamentalmente de la temperatura del material base.

2.3.3.2.3 Anclajes metálicos para albañilería

Los anclajes de expansión metálicos encuentran su uso más eficaz en muros de fábrica de ladrillo macizo con elevada resistencia a compresión. Estos sistemas de anclaje trabajan fundamentalmente por rozamiento y su resistencia depende directamente de las fuerzas normales generadas por el mecanismo de expansión del anclaje durante la instalación y durante toda la vida del anclaje. Los anclajes de expansión pueden clasificarse en dos clases generales, basándose en la forma en que se generan las fuerzas de expansión: Los anclajes controlados por par de apriete y los controlados por deformación.

Los anclajes de expansión controlados por par de apriete se expanden mediante la aplicación de un momento especificado en la cabeza del perno o en la tuerca. El par aplicado forma una cuña cónica que presiona los dispositivos de expansión del extremo del perno contra los lados del orificio donde se inserta.

Los anclajes por deformación difieren de los anteriores porque en ellos la cuña cónica generada por los dispositivos de expansión del anclaje se consigue mediante la aplicación de energía de impacto, usualmente con ayuda de un martillo y una herramienta de ajuste.

En el caso de los anclajes para andamios, nos encontramos en una situación controvertida. Por un lado, no existe una normativa específica de cálculo de estos elementos, ni siquiera existe una obligatoriedad de ensayo del paramento sobre el que se pretende adosar la estructura del andamio. Por otra parte, al tratarse de un trabajo de carácter temporal, prima la rapidez en la ejecución de los anclajes, que permiten el levantamiento de una estructura temporal que da acceso a un trabajo facturable. Todo ello nos lleva a diseñar estas uniones con los elementos más económicos y sencillos de colocar y sobre los que es posible plantear una reutilización, como son los anclajes en cáncamo con taco plástico. Cabe considerar, por otro lado, el daño que se produce a una fachada que se pretende conservar es infinitamente inferior al producido por un anclaje por adherencia realizado con resina.

2.3.4 Estudios previos

La tendencia general en el montaje de estructuras de andamio es la de emplear tacos de expansión, fundamentalmente debido a su rapidez y facilidad de colocación. Siempre es aconsejable estudiar previamente el material base que constituye la fachada, porque en ocasiones puedes ser recomendable el uso de tacos químicos con vaina de malla metálica e inyección de resina, lo que proporciona una mayor superficie de reparto,

disminuyendo la fuerza individual que solicita a cada anclaje, a pesar de tratarse de una instalación más lenta y compleja.

2.3.4.1 Anclajes de plásticos para albañilería

La capacidad de carga de un anclaje de plástico en obras de albañilería, depende de la fuerza de expansión que se puede producir. El nivel de la fuerza de expansión depende fundamentalmente de la resistencia a compresión del material de la fábrica, a menor resistencia, la fuerza de expansión es también menor.

En los anclajes colocados en piezas cerámicas perforadas y huecos, la fuerza de expansión se ejerce sobre los tabiques cerámicos interiores que el anclaje atraviesa en su avance. En cualquier caso, los anclajes precisan una superficie de contacto suficiente a lo largo de toda la profundidad del anclaje para poder transferir las fuerzas de expansión.

Tanto en los anclajes sobre piezas macizas como en los efectuados sobre piezas aligeradas, en la mayoría de las ocasiones la forma de fallo es por arrancamiento [75].

2.3.4.1.1 Anclajes plásticos en ladrillo macizo

El comportamiento frente a arrancamiento de anclajes de plástico en obras de albañilería fabricadas con ladrillo macizo es muy similar al del hormigón. En la figura 2.32 se muestran los ensayos realizados por Fischerwerke [77].

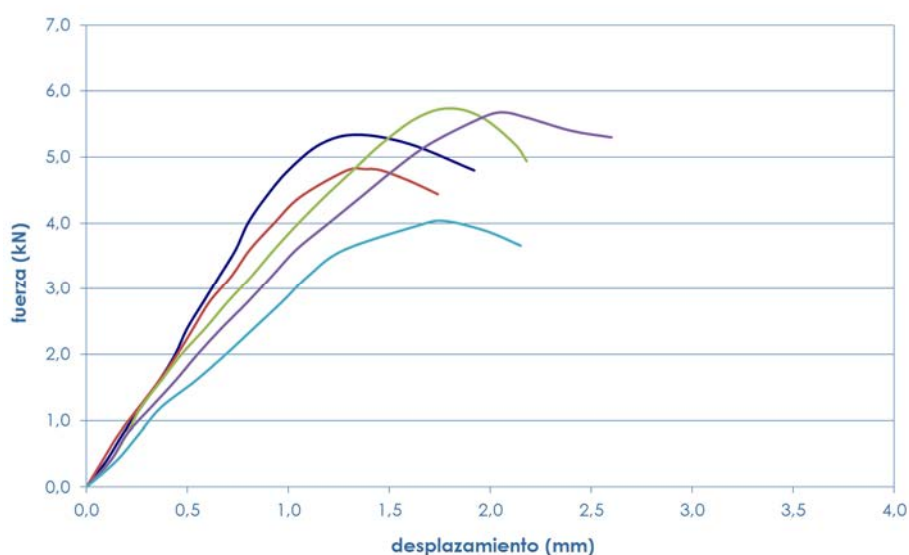


figura 2.32 Comportamiento carga desplazamiento de anclajes en fábricas de ladrillo macizo (19MPa). CEB 1994

En ellos se puede apreciar un comportamiento lineal prácticamente hasta carga máxima, una vez alcanzada ésta, el colapso se produce con desplazamientos muy pequeños. El modo de fallo se produce por arrancamiento. El diámetro del anclaje utilizado en los ensayos fue de 10 mm, su longitud 50 mm y la resistencia a compresión del ladrillo 19 MPa. La carga de arrancamiento se sitúa entre 4,0 kN y 5,7 kN [78].

La resistencia a compresión de la fábrica influye notablemente en la carga de fallo. En la figura 2.33 se muestra el diagrama carga-desplazamiento de anclajes de 14 mm de diámetro y 70 mm de profundidad realizados sobre fábrica de ladrillo macizo de 5,4 MPa de resistencia a compresión [78].

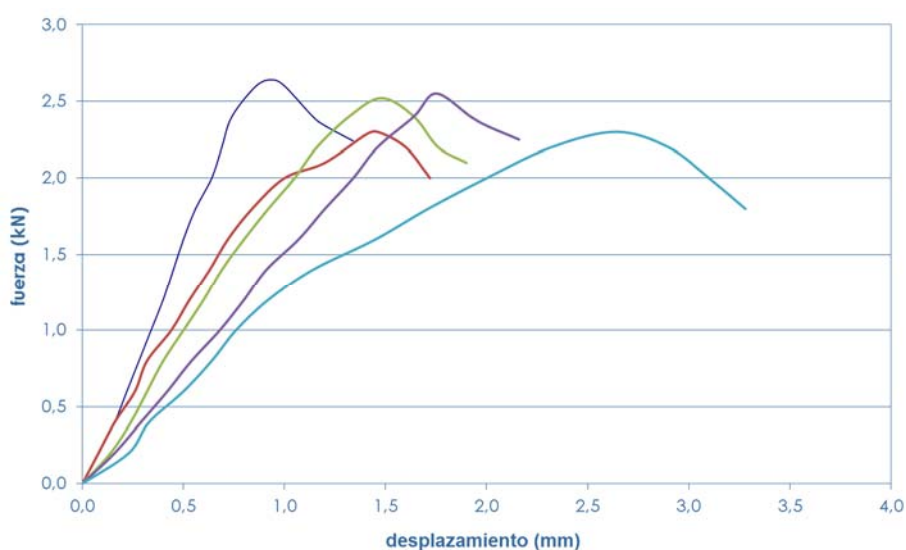


figura 2.33. Comportamiento carga desplazamiento de anclajes en fábricas de ladrillo macizo (5.4MPa). CEB 1994

La comparación de estos valores con los de la figura 2.32 muestra como a pesar del mayor diámetro y longitud de este anclaje, la fuerza de arrancamiento es mucho menor. Debido su comportamiento menos rígido, los desplazamientos antes del fallo son iguales a los de la figura 2.32 o incluso superiores.

A partir también de ensayos [79] llevados a cabo en fábricas de albañilería de ladrillo macizo construidas en la década de los años 30, se obtuvieron valores experimentales de arrancamiento de cáncamos roscados a tacos de plástico, que concuerdan también con los valores obtenidos en la figura 2.32

2.3.4.1.2 Anclajes plásticos en ladrillo perforado

Los anclajes realizados sobre fábricas con piezas perforadas muestran resultados con mayor dispersión que los realizados sobre elementos macizos (figura 2.34). Además la carga a arrancamiento disminuye de manera muy

importante y los desplazamientos últimos son superiores, respecto de los resultados sobre anclajes en fábricas de ladrillo macizo [80],[81].

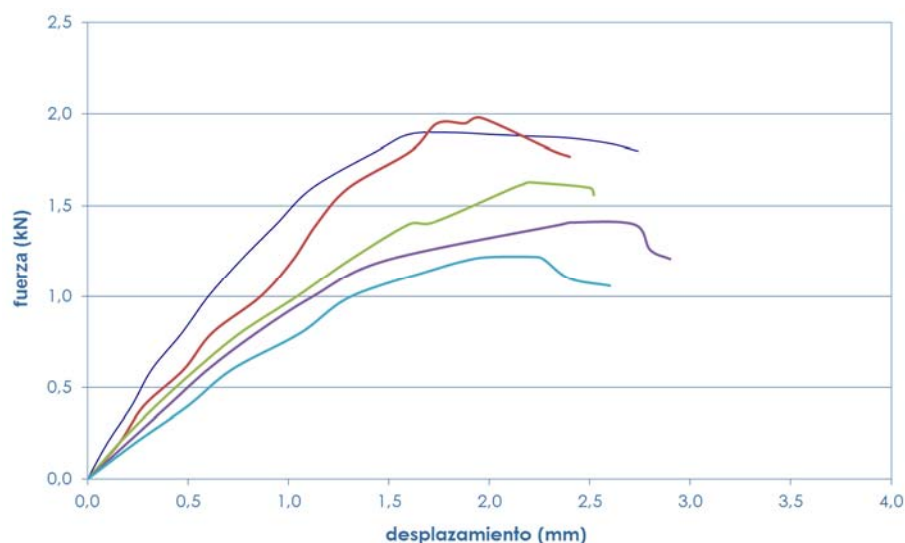


figura 2.34 Comportamiento carga desplazamiento de anclajes en fábricas de ladrillo perforado. CEB 1994

Por su parte Meyer y Pregartner presentaron en RILEM 21[2] un estudio sobre el comportamiento de anclajes plásticos en ladrillo perforado solicitados a tracción. Afirmaban que un factor significativo en el comportamiento de estos anclajes es el espesor y la resistencia del tabique interior de la pieza cerámica. Para ello presentaron ensayos realizados sobre sendas series de ladrillo perforado a base de arcilla y de caliza. Los diámetros utilizados fueron de 10mm, con profundidades de entrega de 70mm y 90 mm, donde se comprueba que no necesariamente a mayor longitud de entrega se consiguen resistencias más elevadas.

Sinica y otros [18] han desarrollado un extenso estudio experimental que recoge una amplia gama de sistemas de anclaje plásticos para todo tipo de fijaciones en ladrillo, que van desde el sistema de fijación de una fachada ventilada, hasta el de un aislamiento térmico. Para comprobar su comportamiento los han ensayado también sobre una muestra representativa de cinco tipos de piezas cerámicas perforadas y huecas de uso común en Lituania.

En fábricas de ladrillo perforado, la resistencia del anclaje es difícilmente predecible, dependiendo su valor de la proporción de superficie maciza ocupada por el anclaje. En la figura 2.35 se muestran los valores experimentales obtenidos de fuerza de anclaje en función de la superficie maciza ocupada por éste [82]. Los valores numéricos indican la carga de arrancamiento en kN.

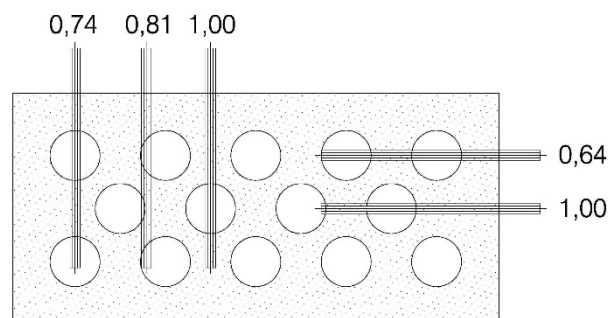


figura 2.35. Resistencia relativa de anclajes en fábricas de ladrillo perforado. CEB 94

2.3.4.2 Anclajes de inyección para albañilería

Meyer y Elgehausen [83] vuelven a reproducir los ensayos que previamente realizaron con tacos plásticos para RILEM PRO 21, utilizando ahora anclajes de inyección. Para ello, vuelven a disponer las varillas en distintas posiciones relativas a los huecos de la pieza (ver figura 2.35) en diferentes tipos de ladrillos huecos y perforados. De nuevo, resulta significativo como la profundidad de entrega de los anclajes, no tiene apenas incidencia en la resistencia, mostrando análisis estadístico con rectas de regresión casi paralelas.

Gigla [84],[85],[15] ha realizado diversos ensayos para obtener datos característicos del comportamiento de los anclajes de inyección en piedra caliza utilizados como sistema de reparación de fábricas históricas, basando su estudio en los modos de fallo del sistema de anclaje y su comportamiento atendiendo al encuentro entre las interfaces de los elementos de unión (fig 2.36).

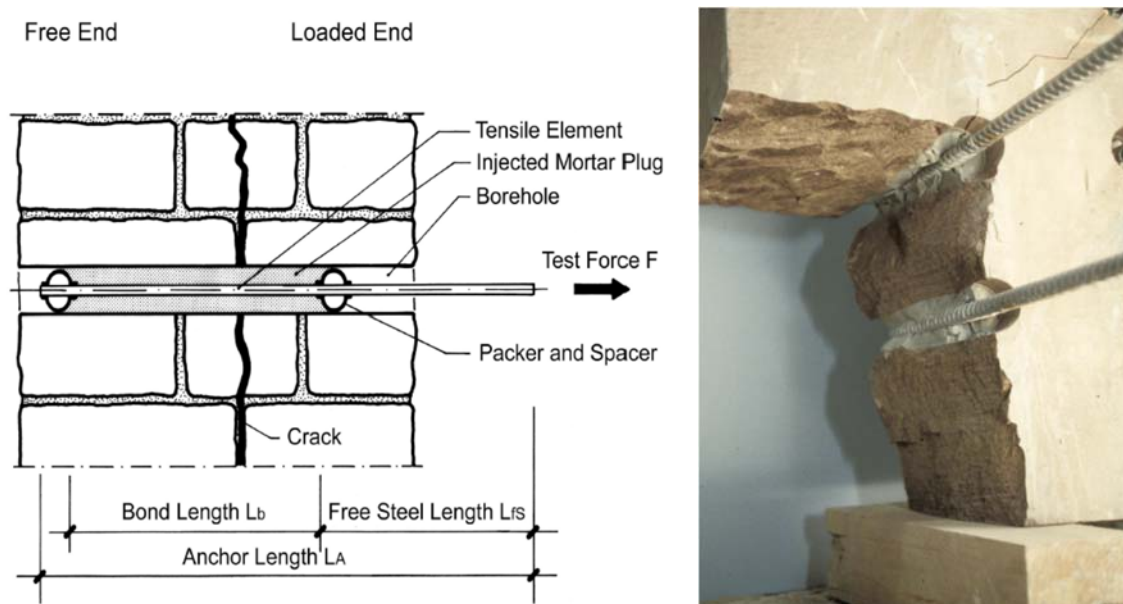


figura 2.36 a/ Esquema de un anclaje de inyección suplementario. b/ Imagen de las anclaje de inyección dentro de la piedra arenisca monolítica después de la prueba de extracción [84]

Este sistema consiste básicamente en un elemento a tracción, generalmente de acero, que se inserta en un orificio sensiblemente mayor, lo que permite el relleno perimetral del mismo mediante inyecciones de lechada de cemento.

Braimah y otros [86] han presentado un trabajo, también experimental, donde se estudia el comportamiento de anclajes de inyección de acero en distintos soportes de albañilería cerámica y de hormigón aligerado, para estudiar el efecto que tiene sobre ellos la carga dinámica de impacto, concluyendo baja respuesta, por el carácter quebradizo del ladrillo ante este tipo de impactos.

Ceroni y otros [87],[88] realizaron también trabajos experimentales donde ensayaron anclajes de acero y de fibra de vidrio GFRP con distintos diámetros, recibidos con distintos tipos de lechadas de inyección: uno con base cementicia y otro con base puzolánica. En el estudio pudieron demostrar que el primero es capaz de resistir esfuerzos de tracción superiores y su forma de fallo es por cono, mientras que los de base puzolánica, tienen un peor rendimiento y suelen fallar en la interfaz de la barra con la lechada.

También Algeri y otros [89] detectaron que las propiedades de la materia prima, y en particular la resistencia del mortero afectan en gran medida al comportamiento de los anclajes de inyección. Realizaron su estudio sobre muros de fábrica históricos y obtuvieron buenos resultados de comportamiento con lechadas de inyección de base caliza, más compatible con el material base.



Por su parte, Paganoni [90] y otros abordan como objetivo la falta de prescripciones técnicas y referencias bibliográficas para la evaluación experimental de las conexiones estructurales de las estructuras del patrimonio y para el diseño de sistemas de refuerzo. Para ello, han llevado a cabo dos campañas experimentales sobre conexiones de esquina de mampostería reforzadas con anclajes metálicos.

2.3.4.3 Anclajes metálicos para albañilería

Algin [6] encontró una buena correlación entre el par de apriete para la inserción del anclaje y su capacidad de arrancamiento en estructuras de fábrica, basado en estudios anteriores realizados por Naderi [91],[92] en muestras hormigón. Para ello desarrolló una herramienta, implementable en una llave de apriete manual, afirmando que con ello mejoraría la seguridad y la calidad de la instalación de los sistemas de andamios.

CAPÍTULO 3

TRABAJO EXPERIMENTAL

introducción			
antecedentes		objetivos	
estado del conocimiento			
muros de fabrica		estructuras de andamio	
		anclajes	
campaña de estudio	por profundidad	por localización	por pieza
trabajo experimental			
resultados obtenidos			
análisis y discusión			
conclusiones y futuras líneas de investigación			

3 Trabajo experimental

3.1 Introducción

El objeto de este estudio es el análisis y discusión del patrón de respuesta obtenido en el ensayo de arrancamiento de un anclaje tipo cáncamo insertado en vaina de plástico colocado en una fábrica de ladrillo real. Para ello se han realizado dos fases distintas de ensayos en muros de fábrica. Una primera fase de ensayos ha tenido lugar en la fábrica de cerramiento de fachada de una vivienda unifamiliar en Madrid. La hoja exterior ensayada del cerramiento está formada por medio pie de ladrillo perforado de 6 cm de espesor tomada con mortero de cemento y revestida al exterior con enfoscado de mortero. La segunda campaña de ensayos ha sido realizada en dos muros de carga de ladrillo macizo, tomado con mortero de yeso, pertenecientes al cerramiento de la caja de la escalera del ala oeste del Real Monasterio de las Comendadoras en Madrid. En esta segunda fase se ha realizado una campaña más intensa, tratando de detectar diferencias en los anclajes según su posición en la propia pieza o en la junta, así como conocer diferencias de comportamiento del anclaje en muros con o sin revestimiento exterior. Con ambas campañas se ha tratado de obtener datos representativos de distintos muros de fábrica de distinta edad y con diferente composición en cuanto a la tipología de ladrillos y el uso de morteros empleados en su composición, a fin de obtener un espectro de datos representativos de comportamiento de estos anclajes.

3.2 Materiales y herramientas empleados

El desarrollo de la parte experimental del trabajo se lleva a cabo siempre sobre modelos reales y en situación de carga de muros de fábrica de ladrillo en distintas ubicaciones geográficas y diferentes situaciones dentro de la propia construcción. Todos los ensayos expuestos precisan del mismo tipo de materiales y herramientas para su puesta en marcha, ya que las variaciones expuestas en este trabajo están basadas en la distinta colocación de los anclajes a evaluar.

3.2.1 Anclajes

El estudio pretende analizar situaciones reales de uso, para lo que se ha recurrido a soluciones convencionales de amarre de andamios. Las Normas Técnicas de Prevención sobre andamios tubulares de componentes prefabricados recogen la existencia de distintos tipos de anclaje, pero describen solo los más comunes. Entre ellos se encuentran los amarres con tacos expansibles, ya sean de plástico o de acero de alta resistencia, que se introducen en el paramento y reciben una varilla roscada o tornillo que en su

extremo lleva acoplada una anilla que es la que se enlaza con la pieza específica del andamio.

Durante el desarrollo de los ensayos se utilizaron anclajes para andamios tipo cáncamo con argolla soldada de acero zincado (figura 3.1). El modelo utilizado es el ANFA23 (con diámetro del agujero de Ø23 mm) de INDEX. Se trata de un anclaje muy versátil, apto para su utilización en gran variedad de materiales base, como hormigón, piedra, ladrillo macizo, ladrillo hueco, etc, que sigue las prescripciones establecidas en la ISO 3506:2009



figura 3.1 Anclaje de acero tipo cáncamo

La longitud total del elemento es de 150 mm, y la de su vástago de 120 mm, distribuidos en una primera parte roscada de 50 mm y un tramo liso de 70 mm. El diámetro del anclaje es de 12 mm.

El sistema de anclaje se completa con un taco de nylon de 14 mm de diámetro, realizado en poliamida 6. El modelo utilizado en los ensayos es el GX o GL NYLON de G&B (figura 3.2) y su longitud total es de 70 mm. Se trata de un elemento estándar que permite su utilización con distintos tipos de tornillos. Su diseño permite la expansión en 4 direcciones.



figura 3.2 Taco de poliamida (vista longitudinal, frontal y posterior)

Los valores de resistencia característica para un anclaje aislado (sin efectos de distancia al borde ni distancia a anclajes) ofrecidos por el fabricante son los siguientes expuestos en la tabla 3.1.

El valor de la resistencia característica de un anclaje es aquel que tiene un 95% de probabilidad de no ser superado en un ensayo de rotura. Depende de los valores de resistencia media a rotura, del número de ensayos realizados y de la dispersión de resultados de los mismos. Los coeficientes considerados son 2,50 para la minoración de la resistencia del ladrillo y 1,4 para la mayoración de acciones.

CÓDIGO Anclaje	CÓDIGO Taco	N tracción hormigón C20/25 [kg]	N tracción ladrillo [kg]	V cortante hormigón C20/25 [kg]
ANFAZ5021	AZAMC10	1400	70	<u>110</u>
ANFAZ5027	AZAMC10	1400	70	<u>80</u>
ANFA2312	TCSO14075 - TCSO16120	300	70	---
ANFA2316	TCSO14075 - TCSO16160	300	70	---
ANFA5114	TCSO14075 - TCSO16140	300	70	---
ANFA5116	TCSO14075 - TCSO16160	300	70	---
ANFA5120	TCSO14100 - TCSO16200	300	70	---
ANFA5124	TCSO14100 - TCSO16240	300	70	---

tabla 3.1 Valores de resistencia característica del fabricante

3.2.2 Herramienta de extracción

Las mediciones de las extracciones de los anclajes se han realizado y ensayado con ayuda de la herramienta HAT 28 M de Hilti (figura 3.3) y su kit accesorio configurado en fábrica para el ensayo de fijaciones de andamios [93].



figura 3.3 Elementos principales del tester Hilti HAT 28 M

El equipo consta de un tornillo mecánico actuante sobre una célula de carga hidráulica, que mide la carga aplicada de forma directa sobre el anclaje, mostrándola en un manómetro. Una regla permite controlar el valor del desplazamiento del cáncamo durante el ensayo.

3.2.3 Herramienta de perforación

En la apertura de orificios para introducir el taco se ha utilizado un martillo perforador HILTI TE 4-A22 (figura 3.4) con una broca de Ø12mm, siguiendo los estándares establecidos en ISO 5468:2017 [94].



figura 3.4 Martillo perforador Hilti TE 4-A22

3.2.4 Preparación de los ensayos

En todas las campañas el desarrollo de cada uno de los ensayos precisa de la siguiente secuencia de pasos:

En primer lugar se realiza una inspección del paramento para analizar el estado del revestimiento exterior. En los casos en los que se encuentra desprendido o muy húmedo se toma la decisión de retirarlo para la realización de los ensayos. El picado del revestimiento se realiza de forma manual con puntero y maceta, procurando dejar la superficie a ensayar lo más desnuda posible para una correcta estabilización de la herramienta de extracción.

A continuación se procede al señalamiento de los puntos a taladrar. En función del tipo de ensayo a realizar se ubican en pieza o en junta. En los casos en los que el paramento se pretende ensayar con el revestimiento, es necesario la apertura de una cala fuera de la zona de ensayos en el revestimiento, a fin de localizar la posición de la pieza.

Una vez se realiza el replanteo de los ensayos, comienza la apertura de los orificios con taladros perpendiculares al paramento a ensayar. Habitualmente

se practican todos los agujeros de una fila de ensayos. El diámetro utilizado en la apertura de agujeros responde al $d_{cut,m}$ recogido en el anexo A de European ETAG 020-C:2012 Plastic Anchors for Multiple Use in Concrete and Masonry for Non-Structural Applications, para un anclaje de $\varnothing 12\text{mm}$.

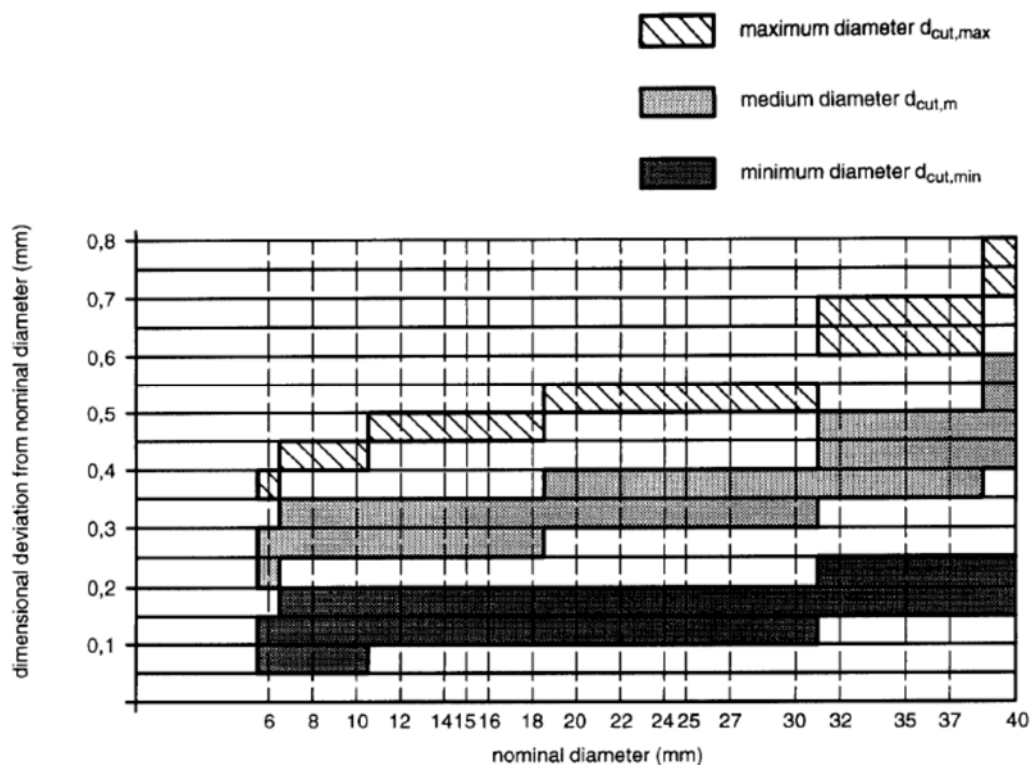


figura 3.5 Diámetro de corte para brocas de metal con martillos de perforación ETAG-20

Posteriormente, y siguiendo las instrucciones del instalador, se procede a la introducción de los tacos de poliamida para, a continuación, alojar por rotación y de forma manual con ayuda de un útil los anclajes en su interior (figura 3.6). En función del objetivo de la campaña de ensayo a realizar, estos se embenen la longitud de la parte roscada o se introducen a tope, dejando al exterior solamente la anilla soldada del cáncamo.



figura 3.6 Colocación de taco plástico e introducción de anclajes

Una vez dispuestos los anclajes, se comprueba que todos tengan el mismo número de vueltas en su apriete y que no quede ningún filete de su rosca al exterior, así como que la anilla soldada quede en posición horizontal, paralela al suelo.

A continuación se procede a colocar en la anilla del anclaje el accesorio especialmente diseñado para realizar el amarre a la herramienta de extracción (figura 3.7). Se trata de una barra de acero con un extremo en forma de U que cierra con un pasador manual que le permite anclarse a la argolla del anclaje. En el extremo opuesto está provisto de un tope cilíndrico que se aloja anclándose dentro del cilindro hueco de la herramienta de extracción. Se dispone en prolongación al tornillo sin fin que se hace rotar para ensayar el anclaje.



figura 3.7 Anclaje preparado para ensayo y útil para ensayo de fijaciones de andamios de Hilti

Posteriormente se coloca, trabado con el tope del útil, la herramienta de ensayo a tracción de anclajes anteriormente descrita. El equipo consta de tres patas niveladoras y dos niveles de burbuja, que permiten colocar el tornillo de extracción perpendicular al paramento, mediante regulación manual (figura 3.8).



figura 3.8 Nivelación del equipo y detalle del nivel de burbuja superior

Una vez se comprueba que el equipo está perfectamente nivelado, se constata que las dos agujas del reloj (negra y roja), que indican el valor de la carga, están en el inicio (0 kN) y que la regla que mide el desplazamiento se encuentra igualmente al comienzo de su recorrido (0mm) (figura 3.9). Hechas ambas verificaciones se procede a dar comienzo el ensayo mediante rotación manual.



figura 3.9 Puesta a origen de reloj de carga y regla de desplazamiento

El accionamiento de la herramienta es manual, y se lleva a cabo mediante un tornillo mecánico que el operario hace girar para extraer el anclaje y que traduce la tensión que se confiere en una célula de carga hidráulica. La toma de datos se completa en un estadillo (tabla 3.2) y se efectúa cada vez que la aguja del reloj incrementa en 0,5kN su carga, anotando el desplazamiento correspondiente a ese valor.

situación del muro		características del ensayo: lad macizo 4cm llaga 3 cm / picado yeso										fecha del ensayo		ensayo	
iglesia de las		situación muro: planta sótano ext - hueco de paso										24.07.14		com4	
COMENDADORAS		situación anclaje: pieza X llaga○ tendel○ esquema													
anclaje com1.4		anclaje com2.4		anclaje com3.4		anclaje com4.4		anclaje com5.4		anclaje com6.4		anclaje com7.4		anclaje com8.4	
fila 1: arriba en el borde		en el centro pieza		borde sup centro		borde sup centro		borde in centro		cerca antiguo hueco esquina inf dcha		borde sup lat		esquina sup dcha	
fuerza (kN)	desplaz (mm)	fuerza (kN)	desplaz (mm)	fuerza (kN)	desplaz (mm)	fuerza (kN)	desplaz (mm)	fuerza (kN)	desplaz (mm)	fuerza (kN)	desplaz (mm)	fuerza (kN)	desplaz (mm)	fuerza (kN)	desplaz (mm)
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0	0.5	0
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
1.5	0	1.5	0	1.5	0	1.5	0	1.5	0	1.5	0	1.5	0	1.5	0
2	0	2	0	2	0	2	0	2	1	2	1	2	0	2	0
2.5	1	2.5	0	2.5	1	2	1	2	2	2.5	1	3	1	2.5	0
2	2	3	1	3	1	2.5	1	1.5	4	3	1	3	2	3	1
1.5	3	3.5	1	3.5	1	2	2	1	5	2.5	3	2.5	3	3	2
1	4	4	1	3.5	2	1.5	3	0.5	5	2	3	2	3	2.5	2
0.5	5	3.5	1.5	3	3	1	3	0	8	1.5	3	1.5	3	2	3
0	9	3	2	2.5	3	0.5	4			1	4	1	4	1.5	3
		2.5	3	2	3	0	7			0.5	5	0.5	4	1	3
		2	3	1.5	3					0	7	0	7	0.5	4
		1.5	3	1	3									0	6
		1	3	0.5	3										
		0.5	4	0	6										
		0	7												

tabla 3.2 Modelo de la hoja de toma de datos empleada

Una vez se produce la rotura, la aguja roja del indicador de carga se queda fija y la negra continua dando valores de la descarga hasta llegar a 0 kN. Lo que facilita la representación de ambas ramas (carga y descarga) en la gráfica de tensión deformación (figura 3.10).

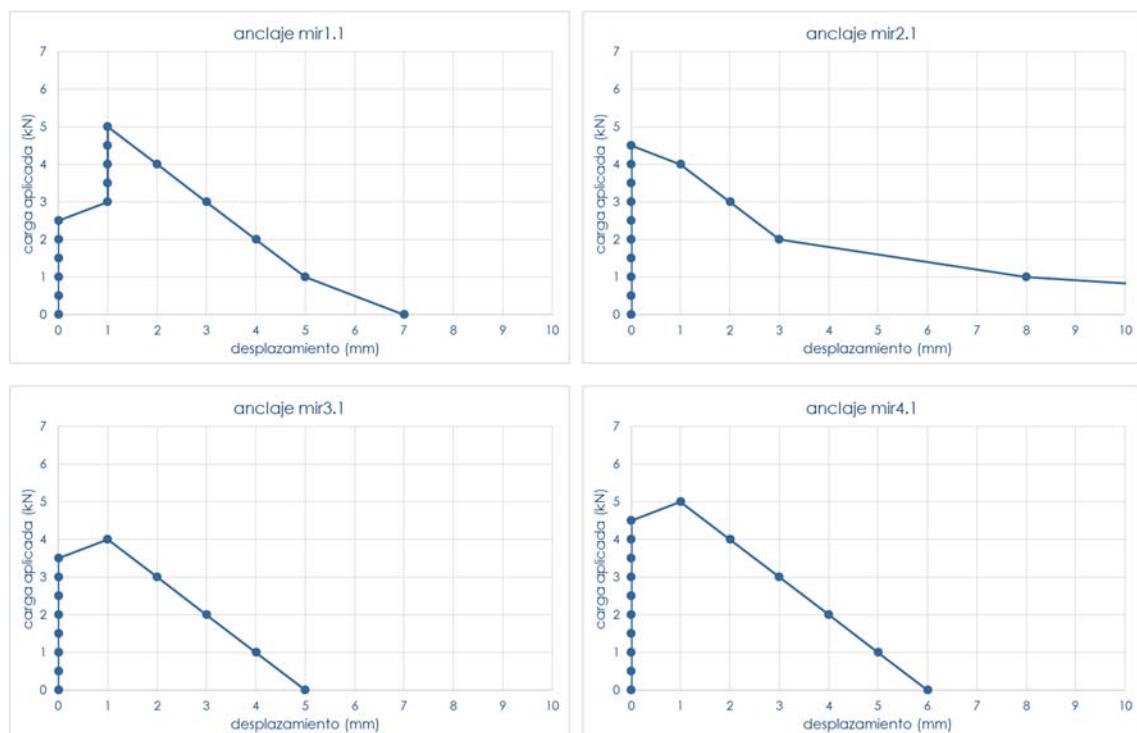


figura 3.10 Graficas tipo con rama de carga y descarga

3.3 Campañas de ensayo

Como se ha expuesto con anterioridad, se han realizado dos campañas de ensayo en muros de fábrica reales formados con distintos tipos de ladrillo, tomados con distintos morteros y con acabados superficiales diferentes. Así mismo las condiciones de emplazamiento del muro y su antigüedad también difieren, lo que permite conocer el comportamiento de un anclaje cuando alguno de sus parámetros de entrega en el muro sufría alguna variación.

3.3.1 Campaña de ensayos por profundidad

En situaciones reales, en la colocación de anclajes para el amarre de un andamio de fachada, no se aplica una regla fija en la longitud de entrega del anclaje - cáncamo en el taco de plástico. Por otro lado, es frecuente realizar un apretado “a tope” o de la longitud completa del vástago, lo que en muchas ocasiones perfora el fondo del taco con la punta del anclaje, permitiendo la liberación del mismo y dejándolo alojado desnudo en el ladrillo.

El muro de fábrica utilizado para la realización de los ensayos constituye la hoja exterior de un cerramiento de fachada, compuesta por medio pie de ladrillo perforado de 5 cm de espesor tomado con mortero de cemento y revestido exteriormente con un enfoscado de mortero de cemento terminado con pintura plástica de exterior. Debido al buen estado de conservación del muro y su revestimiento se opta por realizar los trabajos de extracción manteniendo el enfoscado de mortero de cemento (figura 3.11).



figura 3.11 Vista general del muro ensayado tras las extracción de anclajes

La primera fase de ensayos tiene como fin la evaluación del efecto que tiene en el comportamiento a arrancamiento la longitud de entrega del cáncamo de acero en la vaina de plástico. Por lo que se han mantenido las mismas condiciones de ensayo en muro, variando únicamente la profundidad de inserción del cáncamo del muro.

Para ello se realizó una primera campaña de 30 ensayos de arrancamiento agrupados en dos lotes de 15 ensayos cada uno. Todos ellos se llevaron a cabo con las vainas de poliamida alojadas en el centro de la pieza de ladrillo perforado, dispuesto a sogas y revestida exteriormente con mortero de cemento [95], [96]. La tabla 3.3 recoge la denominación de cada una de las extracciones realizadas en esta primera campaña.

tipo de entrega	entrega total	entrega parcial
longitud	12 cm	7 cm
nombre del ensayo de arrancamiento	mir1.1	mir1.2
	mir2.1	mir2.2
	mir3.1	mir3.2
	mir4.1	mir4.2
	mir5.1	mir5.2
	mir6.1	mir6.2
	mir7.1	mir7.2
	mir8.1	mir8.2
	mir9.1	mir9.2
	mir10.1	mir10.2
	mir11.1	mir11.2
	mir12.1	mir12.2
	mir13.1	mir13.2
	mir14.1	mir14.2
	mir15.1	mir15.2

tabla 3.3 Denominación de los lotes según longitud de entrega

La mitad de los anclajes ensayados, correspondiente a un primer lote de 15 muestras, se realiza insertando completamente el vástago del cáncamo (su parte lisa y su parte roscada) dentro del muro (figura 3.12 a). Para ello, se introducen los anclajes totalmente en la vaina, perforando durante el avance por rotación el fondo del taco de plástico y avanzando el extremo roscado del cáncamo desnudo dentro del ladrillo. De tal forma, que tanto la parte roscada como la lisa del vástago se encuentran totalmente recibidas en el grueso del muro, mientras que la argolla de amarre de la cabeza quedan expuesta al exterior.

Un segundo lote de 15 ensayos, se realiza embutiendo en el taco alojado únicamente la parte roscada del vástago metálico, como se muestra en la

figura 3.12b, permitiendo que tanto la parte lisa como la argolla de amarre permaneciesen fuera del muro de cerramiento (figura 3.13).



figura 3.12 a)serie 1 – entrega completa y b)serie 2 - entrega parcial

La primera campaña de ensayos está enfocada a detectar si realmente existen diferencias significativas en la resistencia a arrancamiento en función del grado de entrega del cáncamo en el taco de poliamida. Lo que permitiría ofrecer recomendaciones al fabricante para la utilización de este sistema de anclaje.

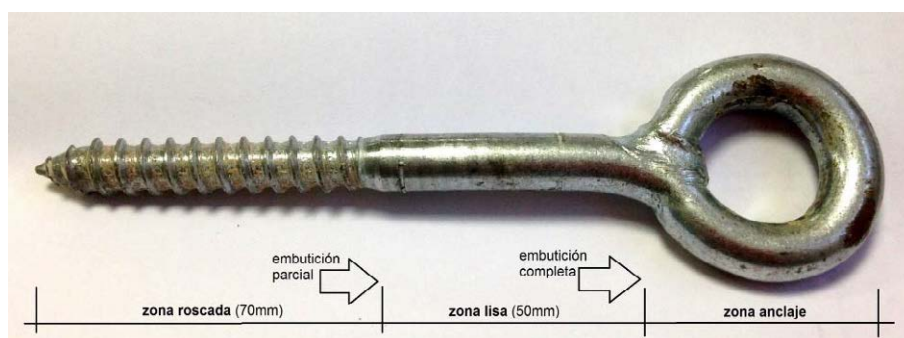


figura 3.13 Esquema de entrega parcial y completa del cáncamo

3.3.2 Campaña de ensayos por localización

La segunda campaña de ensayos, más extensa en número, tiene por fin detectar diferencias en la respuesta del comportamiento a arrancamiento de los anclajes en función de su posición en el muro y de su posición relativa respecto de la pieza. Para ello, en una fase previa se estima la realización de 230 ensayos en distintas situaciones y posiciones de piezas y en juntas (figura 3.14).

El replanteo de los ensayos se concentra en dos tramos de muro interior del cerramiento de una de las escaleras del Real Monasterio de las Comendadoras de Madrid. Se trata de una fábrica de ladrillo macizo de tejar de dos pies y medio de espesor y con juntas de mortero yeso de hasta 2 cm de grueso. A

pesar de que la distribución de piezas por ambas caras es a saga y prácticamente regular, existen zonas con cambio en el pautado de la disposición de ladrillos o con piezas de menor tamaño que consiguen que varíe el dibujo de la fábrica. Debido a este hecho, en ensayos de extracción que se pretende tengan las mismas características de posición, han sufrido modificaciones en la posición relativa de la pieza o junta a ensayar.



figura 3.14 Detalle de anclajes en pieza y en junta en la campaña por localización

La superficie aproximada de trabajo es de 2,50 m² en planta sótano y 3,60 m² en planta baja en cada una de las caras accesibles del paramento sobre las que se realizan ensayos.

Para lograr un mejor rendimiento y aprovechamiento del andamiaje utilizado en los ensayos, en su realización se han alternado las filas de ensayo de junta y las de ensayo de pieza, con una distribución de lotes según se muestra en la tabla 3.4 [97].

		situación en muro de caja de escalera		
		interior	exterior	
situación en altura	baja	comx.7	comx.9	junta
		comx.6	comx.8	pieza
	sotano	comx.3	comx.5	junta
		comx.2	comx.4	pieza
				situación en pieza

tabla 3.4 Denominación de lotes de la campaña por localización

Debido al carácter destructivo de las pruebas a realizar, es importante destacar que el orden de los ensayos se ha procurado en sentido descendente en el muro, a fin de evitar el debilitamiento de la parte inferior del mismo y su afección a los ensayos superiores. Por otro lado se ha priorizado la realización en primer lugar de los ensayos en junta, dentro del orden alterno, ya que las extracciones en pieza dañan de forma considerable el muro estudiado.

El número de ensayos de cada lote se ha estimado en función de la superficie expuesta a ensayar y valorando la realización del mayor número de ensayos por cara expuesta del muro, según la tabla 3.5.

situación	PIEZA sin revestir		JUNTA sin revestir		PIEZA revestida		JUNTA revestida	
localización	sótano		sótano		baja		baja	
clasificación del estudio previo de los lotes de ensayo de arrancamiento	com1.2	com1.4	com1.3	com1.5	com1.6	com1.8	com1.7	com1.9
	com2.2	com2.4	com2.3	com2.5	com2.6	com2.8	com2.7	com2.9
	com3.2	com3.4	com3.3	com3.5	com3.6	com3.8	com3.7	com3.9
	com4.2	com4.4	com4.3	com4.5	com4.6	com4.8	com4.7	com4.9
	com5.2	com5.4	com5.3	com5.5	com5.6	com5.8	com5.7	com5.9
	com6.2	com6.4	com6.3	com6.5	com6.6	com6.8	com6.7	com6.9
	com7.2	com7.4	com7.3	com7.5	com7.6	com7.8	com7.7	com7.9
	com8.2	com8.4	com8.3	com8.5	com8.6	com8.8	com8.7	com8.9
	com9.2	com9.4	com9.3	com9.5	com9.6	com9.8	com9.7	com9.9
	com10.2	com10.4	com10.3	com10.5	com10.6	com10.8	com10.7	com10.9
	com11.2	com11.4	com11.3	com11.5	com11.6	com11.8	com11.7	com11.9
	com12.2	com12.4	com12.3	com12.5	com12.6	com12.8	com12.7	com12.9
	com13.2	com13.4	com13.3	com13.5	com13.6	com13.8	com13.7	com13.9
	com14.2	com14.4	com14.3	com14.5	com14.6	com14.8	com14.7	com14.9
	com15.2	com15.4	com15.3	com15.5	com15.6	com15.8	com15.7	com15.9
	com16.2	com16.4	com16.3	com16.5	com16.6	com16.8	com16.7	com16.9
	com17.2	com17.4	com17.3	com17.5	com17.6	com17.8	com17.7	com17.9
	com18.2	com18.4	com18.3	com18.5	com18.6	com18.8	com18.7	com18.9
	com19.2	com19.4	com19.3	com19.5	com19.6	com19.8	com19.7	com19.9
	com20.2	com20.4	com20.3	com20.5	com20.6	com20.8	com20.7	com20.9
	com21.2	com21.4	com21.3	com21.5	com21.6	com21.8	com21.7	com21.9
	com22.2	com22.4	com22.3	com22.5	com22.6	com22.8	com22.7	com22.9
	com23.2	com23.4	com23.3	com23.5	com23.6	com23.8	com23.7	com23.9
	com24.2	com24.4	com24.3	com24.5	com24.6	com24.8	com24.7	com24.9
					com25.6	com25.8	com25.7	com25.9
					com26.6	com26.8	com26.7	com26.9
					com27.6	com27.8	com27.7	com27.9
					com28.6	com28.8	com28.7	com28.9
					com29.6	com29.8	com29.7	com29.9
					com30.6	com30.8	com30.7	com30.9
					com31.6	com31.8	com31.7	
					com32.6	com32.8	com32.7	
					com33.6		com33.7	
					com34.6		com34.7	
					com35.6		com35.7	
					com36.6		com36.7	








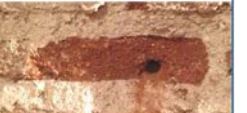
tabla 3.5 Ensayos correspondientes a los lotes establecidos

Esta campaña de ensayos pretende detectar las diferencias de comportamiento de un anclaje i) si está situado en un distinto nivel de la edificación, ii) si la posición del anclaje, en cuanto a su posición relativa en el muro tiene alguna incidencia, y iii) si es importante conocer la ubicación en relación a la propia pieza. Todo ello sin perder de vista que todos los ensayos se han realizado sobre fábricas de ladrillo con centenares de años de antigüedad, y nunca en prototipos en laboratorio.


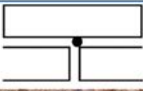
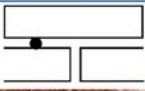
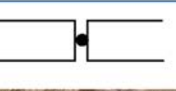




3.3.2.1 Emplazamiento y posición de los ensayos

De cada uno de los ensayos de extracción realizados se ha anotado su emplazamiento, tomado como la cota de altura relativa al nivel superior del suelo en el interior de la caja de la escalera en que se estaba realizando el ensayo. Así mismo también se ha tenido en cuenta la posición relativa a la pieza o junta entre piezas que se pretenden ensayar con la siguiente nomenclatura:


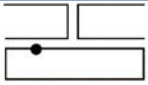


a/ Situación de anclajes en pieza. Según su posición en cada uno de los cuartos de la soga de la pieza de ladrillo estudiada.

	situación de anclaje en pieza			
tipología	L1	L2	L3	L4
croquis				
ejemplo				
descripción	1 ^{er} cuarto	2 ^o cuarto	3 ^{er} cuarto	4 ^o cuarto

b/ Situación de anclajes en junta. Según su posición en tendel o junta de la fábrica ensayada.

	situación de anclaje en junta			
tipología	J1u	J1d	J2	J3
croquis				
ejemplo				
descripción	cruce tendel-llaga superior	cruce tendel-llaga inferior	tendel	llaga

c/ Situación de anclajes en interfaz ladrillo – junta. Según la extracción del cáncamo se localiza justo en la interfaz de ladrillo con la pieza y en la posición relativa de la pieza donde se aloja.

situación de anclaje en interfaz ladrillo - junta		
tipología	M1	M2
croquis		
ejemplo		
descripción	intersección en esquina	intersección longitudinal

3.3.2.2 Ensayos en planta sótano

Se realizan en el muro de la caja de la escalera ensayado situado en la planta sótano. El paramento se encuentra con un revestimiento irregular, parcialmente desprendido y con una adherencia defectuosa. Su estado general presenta superficies deterioradas locales, por lo que se decide su retirada previa a la realización de los ensayos en esta planta (figura 3.15). Se llevan a cabo ensayos por los dos paramentos del muro de la caja de escalera de dos pies y medio de espesor. En cada uno de los paños ensayados se alternan en horizontal ensayos en pieza (comx.2 y comx.4) y en junta (comx.3 y comx.5). El ámbito de la zona a ensayar permite la realización de cuatro ensayos por fila, dejando entre ellos una distancia de 30 cm, de forma que no exista afección de unas extracciones a otras. Los lotes se llevan a cabo con la siguiente distribución, indicando en cada tabla el nombre de los ensayos, su altura respecto a la base del muro en esa planta y la posición relativa en la pieza.



figura 3.15 Aspecto general del muro de caja de escalera de planta sótano durante la realización del ensayo

a/ Lote de ensayo **comx.2**

Se realiza en la cara interior del muro de cerramiento de la escalera alternado una fila de ensayo en pieza (comx.2) con una fila de ensayo en junta (comx.3). Al haberse procedido a la retirada del acabado superficial del ladrillo, previo al ensayo, existe menos error durante la ejecución de los taladros que siempre se localizan en pieza aunque en distintas posiciones.

com1.2	+0,35 (n2)	L4	com5.2	+0,70 (n4)	L1	com9.2	+1,05 (n6)	L4
com2.2		L4	com6.2		L1	com10.2		L3
com3.2		L4	com7.2		L1	com11.2		L3
com4.2		L4	com8.2		L1	com12.2		L3
com13.2	+1,40 (n8)	L2	com17.2	+1,75 (n10)	L3	com21.2	+2,10 (n12)	L2
com14.2		L1	com18.2		L3	com22.2		L1
com15.2		L1	com19.2		L3	com23.2		L1
com16.2		L1	com20.2		L3	com24.2		L1

tabla 3.6 Emplazamiento y posición de los ensayos del lote comx.2

b/ Lote de ensayo **comx.3**

Al igual que el lote anterior, se realiza en la cara interior del muro de la caja de la escalera, pero extrayendo los cáncamos alojados en juntas. Los valores de la tabla 3.7, muestran igualmente datos de la posición relativa del anclaje respecto de la base del muro, así como su posición relativa en la junta entre las piezas.

com1.3	+1,93 (n11)	J1d	com5.3	+1,58 (n9)	J1u	com9.3	+1,23 (n7)	J1d
com2.3		J1d	com6.3		M2	com10.3		J1d
com3.3		J1d	com7.3		J2	com11.3		J1d
com4.3		J1d	com8.3		J1u	com12.3		J1d
com13.3	+0,88 (n5)	J1u	com17.3	+0,53 (n3)	J1d	com21.3	+0,18 (n1)	J1u
com14.3		J1u	com18.3		J1d	com22.3		J1u
com15.3		J1u	com19.3		J1d	com23.3		J1u
com16.3		J1u	com20.3		J1d	com24.3		J1u

tabla 3.7 Emplazamiento y posición de los ensayos del lote comx.3

La figura 3.16 muestra el emplazamiento de los ensayos de extracción realizados en la cara interna del muro de la caja de escalera. En él se señala su altura respecto a la cota cero de cada planta, y su posición relativa a la pieza o a la junta ensayada.

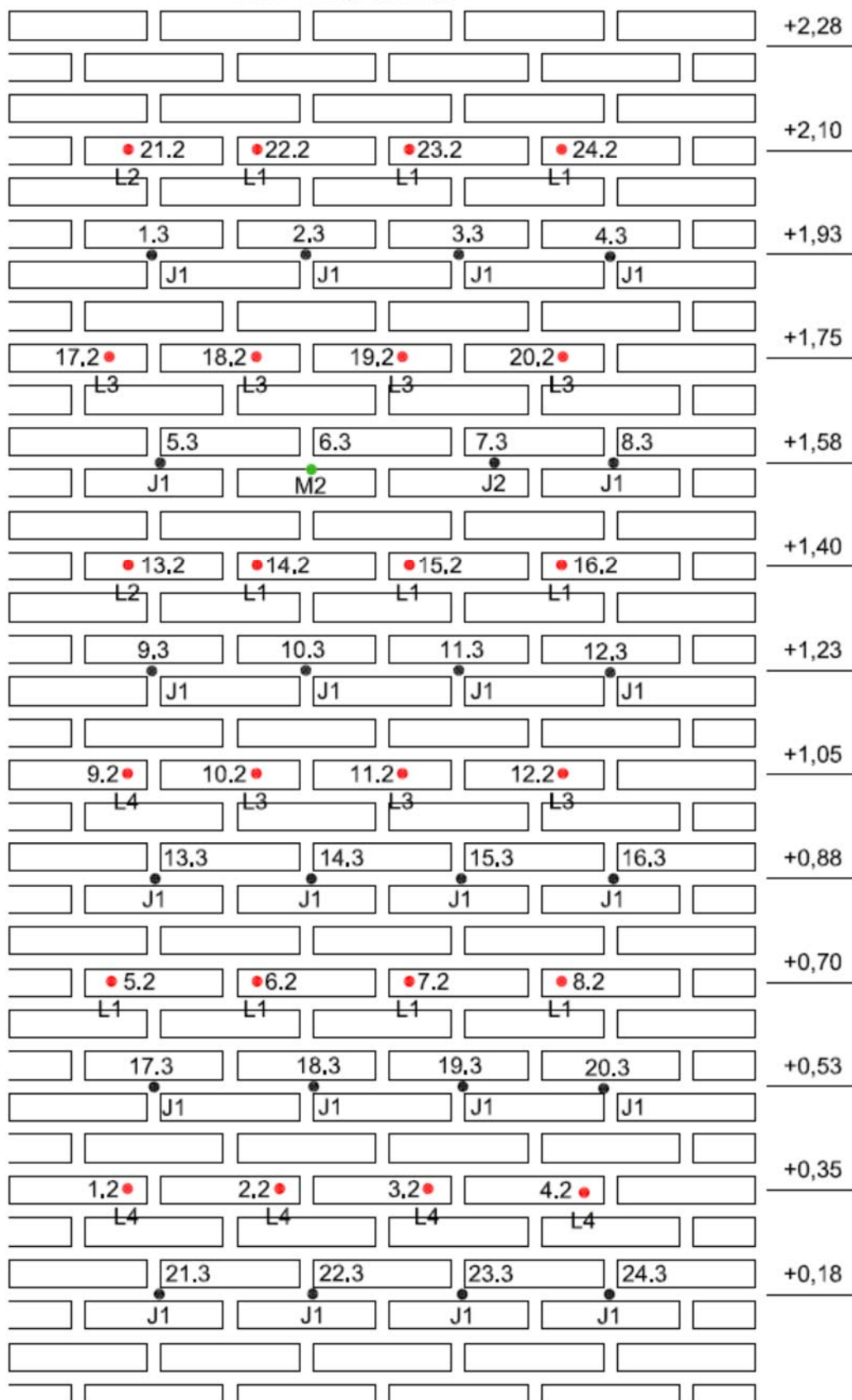


figura 3.16 situación de los ensayos de extracción de la cara interior del muro de sótano en pieza (com x.2) o en junta (com x.3)

c/ Lote de ensayo **comx.4**

Es el mismo tipo de ensayo que el comx.2, pero realizado en la cara exterior del muro de la escalera. Al tratarse del mismo muro y ser un muro interior, las condiciones del paramento son similares, por lo que igualmente se ha procedido al picado del revestimiento antes de realizar los ensayos. Una vez el ladrillo se encuentra desnudo se procede al replanteo de los mismos alternando igualmente ensayos en pieza (comx.4) y en junta (comx.5). Los datos de la tabla vuelven a referirse a su posición relativa en el muro y en la pieza.

com1.4	+ 2,10 (n12)	J2	com5.4	+ 1,75 (n10)	L2	com9.4	+ 1,40 (n8)	L2
com2.4		L2	com6.4		L4	com10.4		L2
com3.4		M2	com7.4		L4	com11.4		L1
com4.4		M1	com8.4		L4	com12.4		L1
com13.4	+ 1,10 (n6)	L2	com17.4	+ 0,80 (n4)	L2	com21.4	+ 0,50 (n2)	L2.3
com14.4		L2	com18.4		L4	com22.4		L4
com15.4		L2	com19.4		L4	com23.4		L2.3
com16.4		L2	com20.4		L4	com24.4		L4

tabla 3.8 Emplazamiento y posición de los ensayos del lote comx.4

d/ Lote de ensayo **comx.5**

Se realiza en la cara exterior del muro de la caja de la escalera, replanteando los anclajes en juntas entre hiladas horizontales. Los datos de la tabla 3.9 dan valores de su posición relativa.

com1.5	+ 1,93 (n11)	J1u	com5.5	+ 1,58 (n9)	J2	com9.5	+ 1,30 (n7)	J1d
com2.5		J1u	com6.5		J2	com10.5		J1u
com3.5		J1d	com7.5		J1u	com11.5		J1u
com4.5		J1d	com8.5		J2	com12.5		J2
com13.5	+ 1,00 (n5)	J2	com17.5	+ 0,70 (n3)	J1u	com21.5	+ 2,10 (n13)	J1u
com14.5		J2	com18.5		J2	com22.5		J2
com15.5		J2	com19.5		J2	com23.5		J1d
com16.5		J2	com20.5		J1d	com24.5		J2

tabla 3.9 Emplazamiento y posición de los ensayos del lote comx.5

En la figura 3.17 se muestra la altura respecto a la cota 0 del suelo y la posición relativa en pieza de cada una de las extracciones realizadas en la cara exterior del muro de sótano.

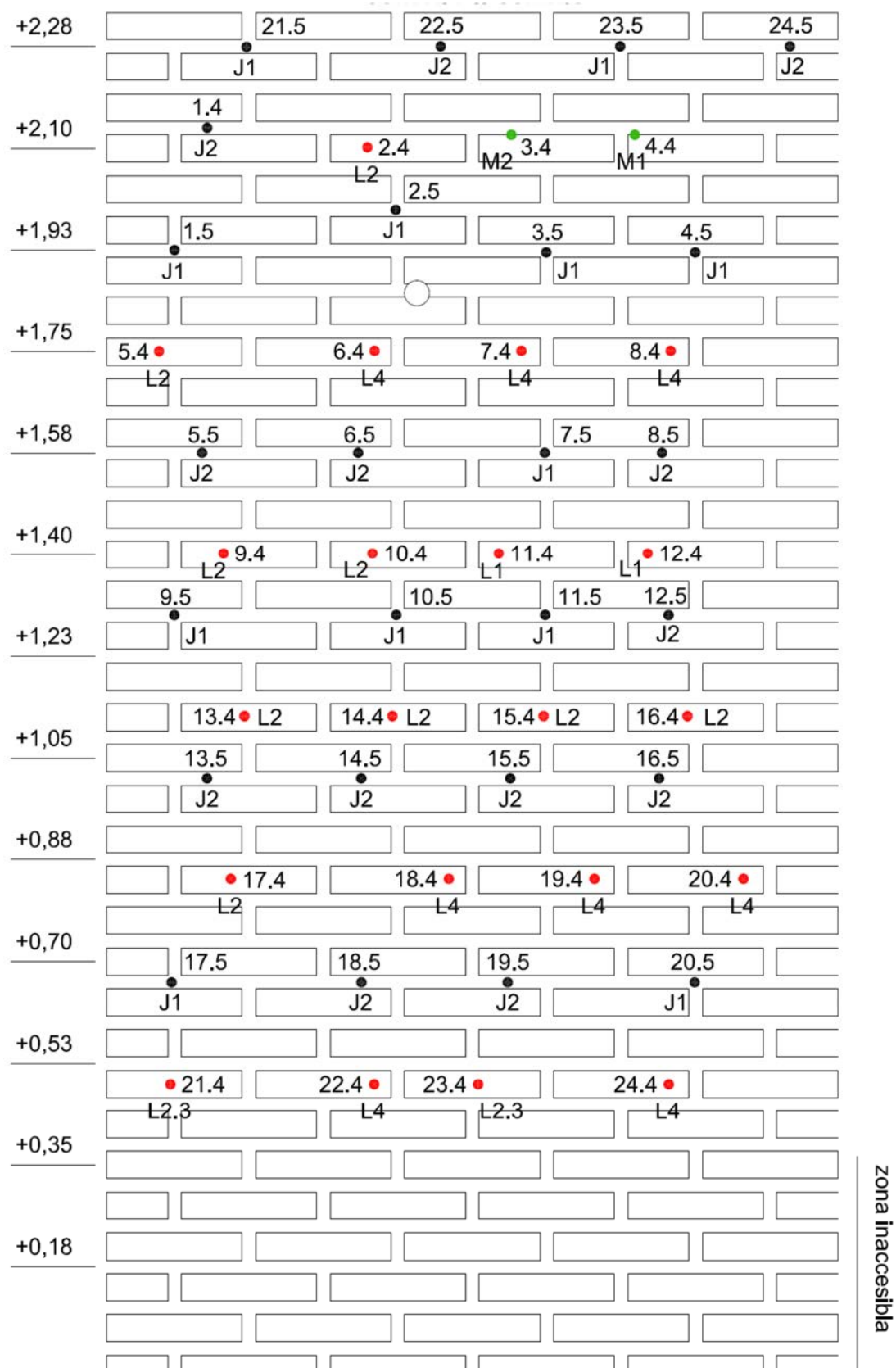


figura 3.17 Situación de los ensayos de extracción de la cara exterior del muro de sótano en pieza (com x.4) o en junta (com x.5)

3.3.2.3 Ensayos en planta baja

El revestimiento del muro de carga de planta baja sobre el que se realizan los ensayos se encuentra en mejor estado y su adherencia es completa en prácticamente todo el paño a ensayar, por lo que se decide realizar un ensayo con él. De ésta forma es posible recabar datos con y sin acabado y comparar los resultados en ambos casos. El tramo del muro de trabajo es el inmediatamente superior al ensayado previamente, sólo existe un forjado que los separa. Su espesor y características constructivas son las mismas, a pesar del estado de su revestimiento exterior se ha mantenido en mejores condiciones. Se trata igualmente de un muro de dos pies y medio de espesor de piezas de ladrillo macizo artesanales, recibidas con mortero de yeso, con juntas en torno a dos centímetros de espesor. El muro se encuentra revestido exteriormente con guarnecido de yeso negro y enlucido de yeso banco, además de sucesivas capas de pintura (figura 3.18). El ancho del tramo a ensayar es ligeramente superior, lo que permite realizar 6 ensayos de iguales características en una sola fila.



figura 3.18 Aspecto general del acabado del muro de caja de escalera de planta baja antes de comenzar los ensayos y tras su realización

Al realizarse el trabajo sobre el revestimiento, es necesario realizar una cala previa para localizar la posición de las hiladas que permitan intuir un replanteo de piezas. Debido a esta situación, algunos de los ensayos que se han previsto en pieza, se han localizado finalmente en llaga vertical o bien en la intersección de la pieza con la junta. El mismo caso se ha dado en los anclajes previstos en junta. La ubicación final de cada una de las extracciones es la que se muestra a continuación:

e/ Lote de ensayo **comx.6**

com1.6	+2,10 (n12)	L2.3	com7.6	+1,75 (n10)	L1	com13.6	+1,40 (n8)	L3
com2.6		L2.3	com8.6		L1	com14.6		J3
com3.6		L2	com9.6		J3	com15.6		L3
com4.6		L2	com10.6		J3	com16.6		L3
com5.6		L2	com11.6		J3	com17.6		L3
com6.6		L2	com12.6		J3	com18.6		L3
com19.6	+1,05 (n6)	L2	com25.6	+0,70 (n4)	L1	com31.6	+0,35 (n2)	L2.3
com20.6		L2	com26.6		L1	com32.6		M2
com21.6		L1	com27.6		L1	com33.6		L2.3
com22.6		L1	com28.6		L1	com34.6		M2
com23.6		L1	com29.6		L1	com35.6		M2
com24.6		L1	com30.6		L1	com36.6		L2.3

tabla 3.10 Emplazamiento y posición de los ensayos del lote comx.6

Se llevan a cabo en la cara interior del muro de la caja de la escalera. A pesar de que todos los ensayos se programan en pieza, algunos de ellos coincidieron en junta (clasificación J1, J2 o J3) o en la interfaz ladrillo-junta (clasificación M1 o M2), según se muestra en la tabla 3.10.

f/ Lote de ensayo **comx.7**

Al igual que el lote anterior, las extracciones tienen lugar en la cara interior del muro de la escalera. Esta vez ensayando los anclajes alojados en juntas, aunque su realización se alterna con la de las piezas (comx.6).

com1.7	+1,93 (n11)	J1u	com7.7	+1,58 (n9)	J2	com13.7	+1,23 (n7)	J2
com2.7		J1u	com8.7		J2	com14.7		J2
com3.7		J1u	com9.7		J1d	com15.7		J1u
com4.7		J1u	com10.7		J1d	com16.7		J1u
com5.7		J1u	com11.7		J1d	com17.7		J1u
com6.7		J2	com12.7		J1d	com18.7		J1u
com19.7	+0,88 (n5)	J2	com25.7	+0,53 (n3)	J1d	com31.7	+0,18 (n1)	J2
com20.7		J2	com26.7		J1d	com32.7		J1u
com21.7		J2	com27.7		J1d	com33.7		J1u
com22.7		J2	com28.7		J1d	com34.7		J1u
com23.7		J1d	com29.7		J1d	com35.7		J1u
com24.7		J1d	com30.7		J2	com36.7		J1u

tabla 3.11 Emplazamiento y posición de los ensayos del lote comx.7

La figura 3.19 muestra la situación en altura y el emplazamiento de cada uno de los ensayos de extracción practicados en la cara interior del muro de planta baja.

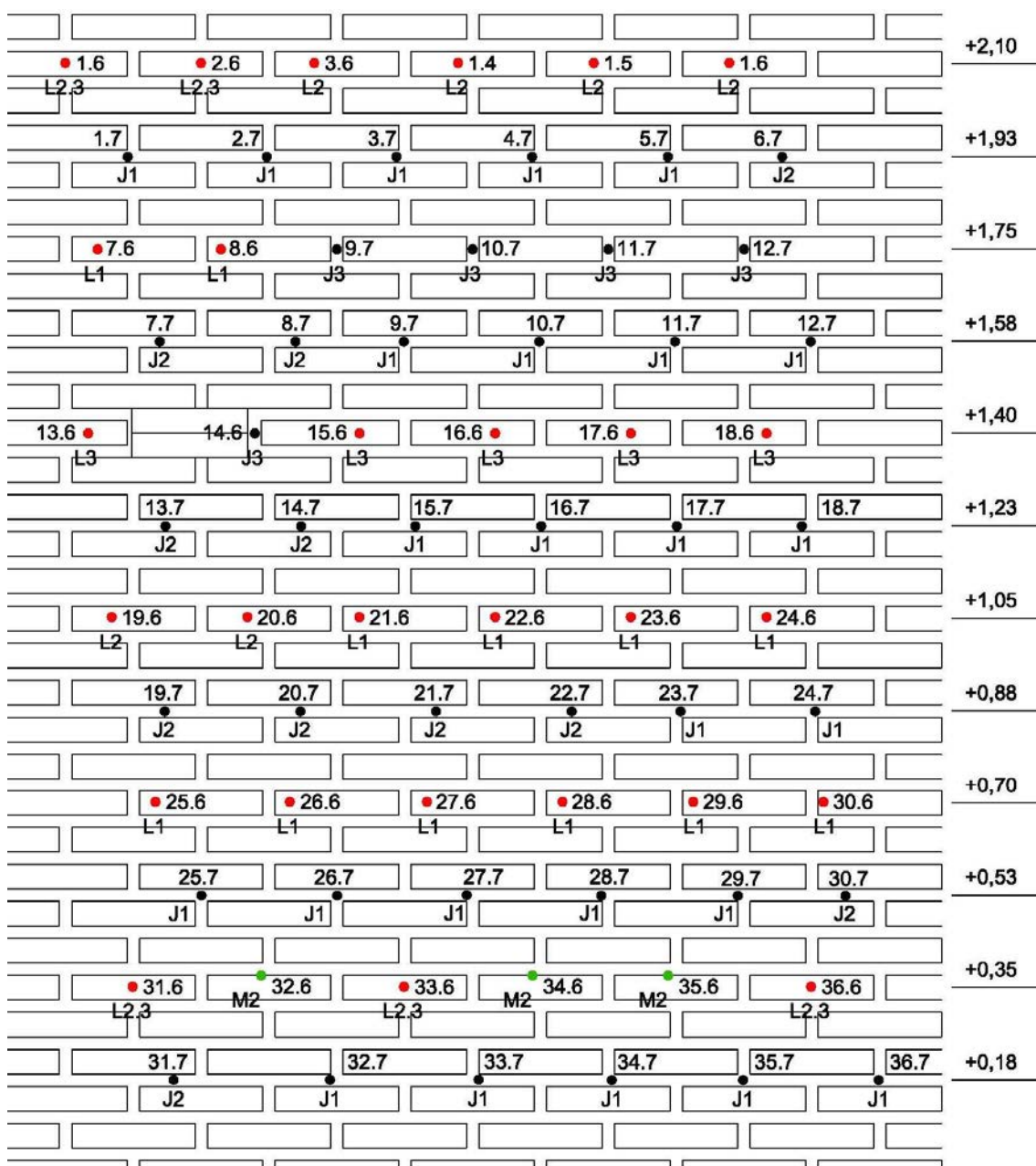


figura 3.19 situación de los ensayos de extracción de la cara interior del muro de planta baja en pieza (com x.6) o en junta (com x.7)

g/ Lote de ensayo **comx.8**

Se realizan por la faz posterior del muro de carga de la escalera en planta baja. El enlucido en este muro es de más espesor y aparentemente más duro al picado que el de la cara interior. Igualmente se realizan los ensayos de extracción respetando el revestimiento y realizando calas ajenas a la zona de

ensayo para favorecer el correcto emplazamiento de los anclajes, lo que no siempre resulta sencillo. Debido a esta circunstancia algunos de ellos se ubican fuera de la superficie del ladrillo. Esta primera serie se realiza en pieza según se indica en la tabla 3.12.

com1.8	+1,75 (n10)	M1	com7.8	+1,23 (n7)	L2.3	com13.8	+1,40 (n8)	L2
com2.8		M1	com8.8		L2.3	com14.8		L2
com3.8		M1	com9.8		L2.3	com15.8		L1
com4.8		M2	com10.8		L2.3	com16.8		L1
com5.8		M1	com11.8		L2.3	com17.8		L1
com6.8		M2	com12.8		L2.3	com18.8		L1
com19.8	+0,88 (n5)	L2	com25.8	+0,53 (n3)	M2	com31.8	+0,18 (n1)	L2
com20.8		L2	com26.8		L3	com32.8		L2
com21.8		L2	com27.8		L3			
com22.8		L2	com28.8		L3			
com23.8		L2	com29.8		M2			
com24.8		L2	com30.8		M2			

tabla 3.12 Emplazamiento y posición de los ensayos del lote comx.8

g/ Lote de ensayo **comx.9**

Al igual que el lote previo se realiza en la cara exterior a la escalera del muro que forma su caja. Los ensayos en junta realizados se alternan con los de pieza con la siguiente disposición:

com1.9	+1,58 (n9)	J2	com7.9	+1,05 (n6)	J1d	com13.9	+1,93 (n11)	M2
com2.9		J1u	com8.9		J2	com14.9		M2
com3.9		J2	com9.9		J2	com15.9		M2
com4.9		J1u	com10.9		J2	com16.9		M2
com5.9		J2	com11.9		J2	com17.9		J1d
com6.9		J2	com12.9		J2	com18.9		J1d
com19.9	+0,70 (n4)	J1u	com25.9	+0,35 (n2)	J1d			
com20.9		J2	com26.9		J2			
com21.9		J2	com27.9		J2			
com22.9		J2	com28.9		J2			
com23.9		J1d	com29.9		J2			
com24.9		J1d	com30.9		J1u			

tabla 3.13 Emplazamiento y posición de los ensayos del lote comx.9

La figura 3.20 muestra la situación y la posición de cada uno de los anclajes realizados en la cara exterior del muro de la escalara en la planta baja.

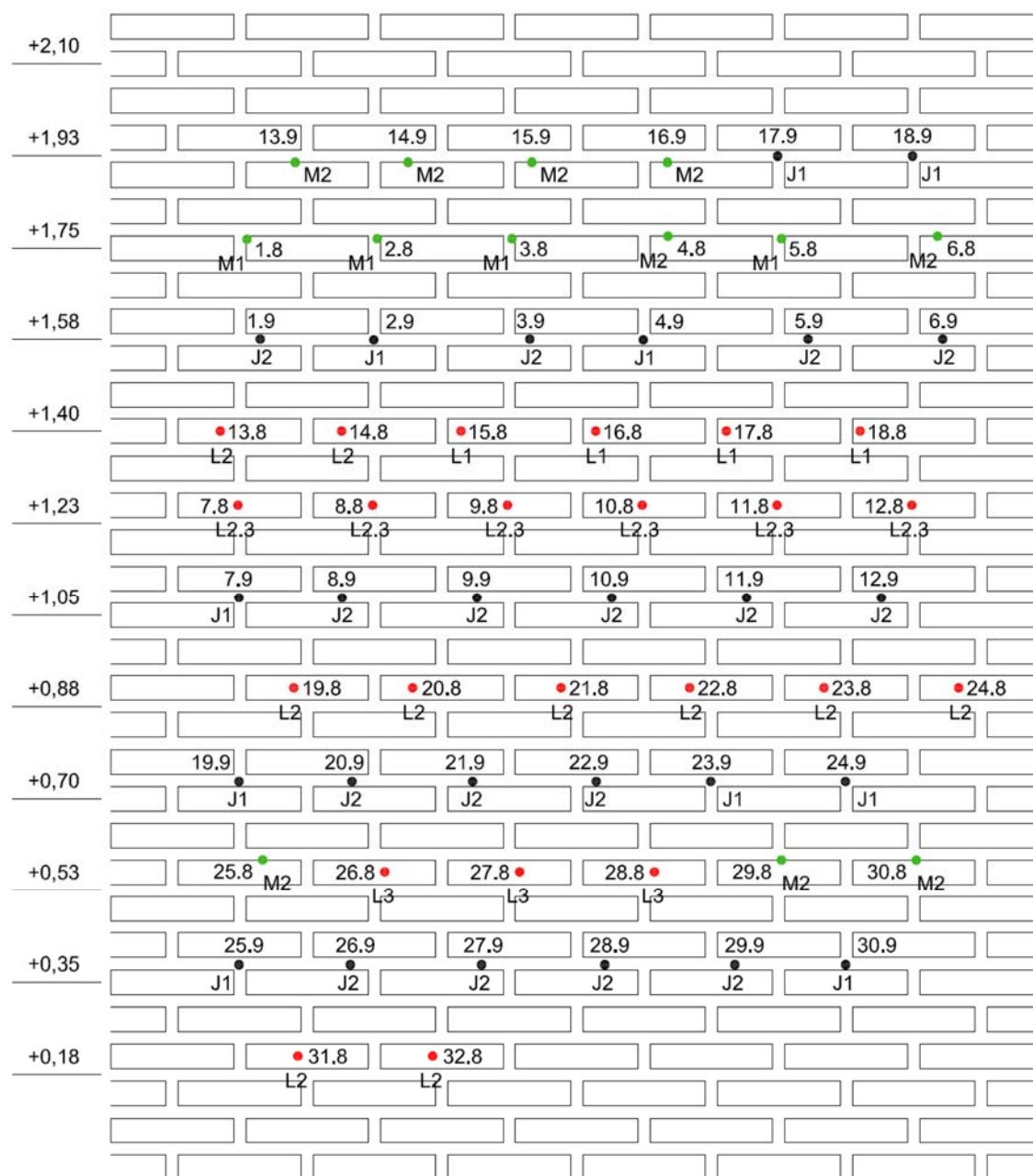


figura 3.20 Situación de los ensayos de extracción de la cara exterior del muro de baja en pieza (com x.8) o en junta (com x.9)

3.3.2.4 Estudios a realizar con la campaña de ensayos por localización

Esta segunda campaña de ensayos, al ser más extensa y con mayor número de patrones de colocación, pretende distintos parámetros que pueden llegar a influir en el comportamiento característico de un anclaje sometido a un esfuerzo de arrancamiento. Los efectos que se pretenden analizar son los siguientes:

- Estudio del efecto del nivel del emplazamiento en planta de los anclajes. Debido al distinto nivel de conservación de los muros de ambas plantas ensayadas, fundamentalmente debido a la humedad por capilaridad existente en el muro de sótano, este primer estudio trata de detectar diferencias en el comportamiento de anclajes situados en ambas ubicaciones.
- Estudio del efecto del nivel (cota) de ensayo de los anclajes. Trata de detectar si existen diferencias entre los anclajes situados a distinta altura dentro de un mismo paño ensayado, de forma que se puede explicar mediante un modelo reproducible de comportamiento.
- Estudio del efecto de la posición relativa de los anclajes respecto de la pieza. Busca la variabilidad en el comportamiento de los anclajes situados en pieza, en junta o en interfaz entre ambos.
- Estudio del efecto de la situación del elemento ensayado. Pretende detectar diferencias de comportamiento de anclajes insertos dentro del mismo material pero con distinta ubicación dentro del mismo, según la clasificación del apartado 3.3.2.1 de este documento.

3.3.3 Campaña de ensayos por pieza

La última campaña de ensayos se realiza a fin de comparar los valores de extracción realizados en ambas campañas (por profundidad y por localización) a fin de obtener resultados de resistencias características de comportamiento en ambas piezas de ladrillo. Para ello se han utilizado los valores de los anclajes con entrega parcial en ladrillo perforado revestido de la campaña por profundidad y los valores obtenidos en pieza de la campaña por localización de las extracciones realizadas en muro de ladrillo macizo revestido en planta baja.

3.4 Desarrollo del trabajo experimental

El trabajo experimental para ambas campañas de ensayos ha sido muy similar. Al tratarse de una herramienta manual, durante la realización de las extracciones se ha ido anotando de cada una de ellas el valor de la fuerza de tracción realizada cada vez que sufría un incremento de 50 N, así como el desplazamiento correspondiente a esa carga. Se obtiene por tanto un número discreto de datos para cada una de las gráficas representadas.

3.4.1 Marco normativo

La regulación y los métodos de ensayo de este tipo de fijaciones queda recogido en la Guía para la Idoneidad Técnica Europea sobre distintos sistemas

de anclaje introducidos en tacos de plástico ensayados sobre elementos de hormigón y de fábrica de ladrillo con uso no estructural (ETAG-020, 2012). El documento ha sido redactado por el comité de expertos de la Organización Europea para la Idoneidad Técnica (EOTA) y en su parte 4 recoge los métodos de verificación, así como de evaluación y juicio de los sistemas de fijación para su uso.

3.4.2 Parámetros obtenidos

Los principales parámetros que se han obtenido durante la ejecución de los ensayos son los siguientes (figura 3.21):

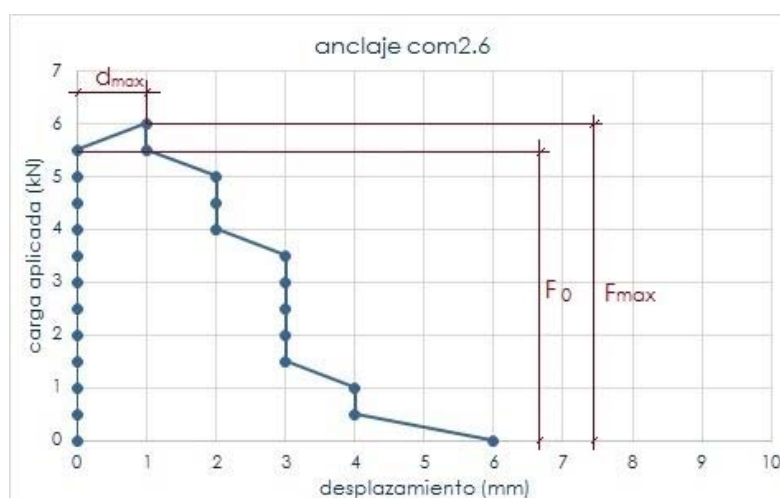


figura 3.21 representación gráfica de los parámetros observados en cada ensayo

- Carga de tracción máxima (F_{\max}) [kN]. Es el valor de la carga un momento antes de la rotura, en la que el anclaje, en ocasiones, puede haber sufrido un desplazamiento de su posición original, pero ha sido capaz de admitir más carga.
- Desplazamiento máximo (d_{\max}) [mm]. El correspondiente a la carga máxima.
- Carga sin desplazamiento (F_0) [kN]. Es el valor antes de que el anclaje sufra algún desplazamiento durante la extracción.

Todos estos valores permiten representar el diagrama fuerza deformación de los ensayos según se indica en la figura 3.21.

3.4.3 Parámetros de rotura

La fuerza de tracción entre la fábrica circundante y el elemento a tracción incluye dos intersecciones: la intersección externa entre la superficie del orificio

y el taco de poliamida y la intersección interna entre el taco de plástico y el elemento a tracción.

La interfaz existente entre el taco de poliamida y el anclaje, no ha presentado nunca fallos durante los ensayos de arrancamiento realizados en ambos tipos de muros de fábrica de ladrillo. Por el contrario, durante la realización de las extracciones, se ha podido observar que los mecanismos de fallo que suceden son dos:

- Fallo en la interfaz entre las superficie del orificio y superficie exterior del taco plástico (figura 3.22a)
- Fallo de la fábrica circundante por tracción con rotura en cono alrededor del taco (figura 3.22b).



figura 3.22 a)rotura por deslizamiento del taco en el orificio y b)rotura por tracción en la fábrica circundante

Durante la inserción del vástago del anclaje de acero en el cáncamo, éste sufre un incremento del su diámetro, lo que meteoriza pulverizando la arcilla del ladrillo o el mortero de la junta. El polvo originado durante este proceso queda alojado en el orificio colmatando la interfaz del taco con el muro. Durante el proceso de extracción, la fuerza de tracción generada provoca el deslizamiento de la pieza ayudada por el material pulverizado, lo que permite una extracción del anclaje limpia sin apenas dañar el muro ensayado.

Por otro lado, en el fracaso del anclaje por la rotura de la fábrica circundante sometida a tracción, el grado de afección en la fábrica es mucho mayor, porque la rotura extrae en derredor del cáncamo ensayado un cono completo que afecta a las piezas y juntas más próximas al ensayo. En cualquier caso, si la extracción se realiza en junta, el grado de daño originado en el paramento ensayado es inferior a si se realiza en pieza, aunque si es cierto que la junta ensayada sufre también un deterioro importante en su masa. Es importante destacar por otro lado, que en los casos de ensayos realizados en muros de

fábrica revestidos, el revestimiento colabora en la resistencia a arrancamiento por tracción en el tramo ensayado, rompiendo también en cuña como se ha explicado.

Habitualmente los patrones de rotura de los ensayos realizados son una combinación de ambos supuestos. La expansión del diámetro del anclaje durante su instalación produce la descomposición en polvo del material circundante. Su nueva configuración facilita el cierre de las posibles oquedades que hayan quedado en la interfaz de la unión, lo que colabora al efecto de acunamiento del cáncamo en la fábrica durante el proceso de extracción, cuando por rozamiento el material colabora en la resistencia a arrancamiento hasta que el anclaje empieza a deslizar. En función del grado de descomposición de esta interfaz el ladrillo circundante se ve afectado en mayor o menor grado.

No se han detectado casos de fallo del anclaje de acero, ya que el umbral de su rotura por tracción, es muy superior al del ladrillo.

Tampoco se han registrado fallos por extracciones completas de la pieza de ladrillo ensayada por falta de adherencia con la pasta de la junta de mortero de yeso.

3.5 Caracterización de los materiales constituyentes del muro de fábrica (mortero de junta y ladrillo)

3.5.1 Técnica de análisis: Difracción de Rayos X

Se han realizado ensayos de caracterización de las fases mineralógicas cristalinas mediante la técnica de Análisis por Difracción de Rayos X [98]. Se han analizado dos muestras de mortero una del mortero de junta (mortero A) y otra del mortero de revestimiento (mortero B), según se muestra en la figura 3.23, así como un fragmento de ladrillo.






figura 3.23 muestras de los mortero de junta y de revestimiento analizados

Las muestras han sido sometidas a trituración, molienda y tamizado. El equipo empleado para la obtención de los datos es un difractómetro Bruker modelo D8 ADVANCE. El análisis se ha llevado a cabo mediante la obtención de diagramas de difracción de polvo desorientado para caracterizar la mineralogía de la muestra total. El difractograma se ha obtenido para un intervalo angular de 2 a 65°, un tamaño de paso de 0,02° y un tiempo por paso de 0.7seg. Este análisis se ha realizado siguiendo el método de Chung (1975) [99] y utilizando el software EVA de Bruker.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS OBTENIDOS

introducción			
antecedentes		objetivos	
estado del conocimiento			
muros de fabrica		estructuras de andamio	
		anclajes	
campaña de estudio	por profundidad	por localización	por pieza
trabajo experimental			
resultados obtenidos			
análisis y discusión			
conclusiones y futuras líneas de investigación			

4 Resultados obtenidos

4.1 Introducción

En este apartado se exponen los resultados obtenidos tras el desarrollo del programa de ensayos descrito con anterioridad. Tras los ensayos de arrancamiento se obtienen los valores de carga máxima antes de la rotura, desplazamiento del vástago antes de la rotura y la carga sin desplazamiento, que están recogidos en los anexos al final de este documento, según este formato:


com8.2		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+0,70
despl_{max} (mm)	1		pieza
F₀ (kN)	1,5		

tabla 4.1 Modelo de tabla resultados característicos de por ensayo

4.2 Resultado de la campaña de ensayos por profundidad

La primera campaña de ensayos tiene por objetivo determinar el grado de incidencia que posee la profundidad de entrega del cáncamo de acero en el taco de poliamida.

Para ello se realiza una campaña de 30 ensayos de los que 15 anclajes se entregan totalmente en el muro, dejando al exterior solamente la argolla soldada y perforando el fondo del taco en su avance. Otros 15 anclajes se alojan parcialmente en el muro, entregando solo la longitud roscada, equivalente a la longitud de taco. Los datos detallados de cada una de las extracciones realizadas se encuentran recogidos en el anexo a.1 de este documento.

Todos los ensayos han sido realizados sobre un mismo tramo y a lo largo de dos hiladas separadas 30 cm en vertical de un muro de ladrillo perforado de medio pie de espesor. Se trata de la hoja exterior de un muro de cerramiento de fachada revestido al exterior con un enfoscado de mortero de cemento, según se muestra en la figura 4.1.



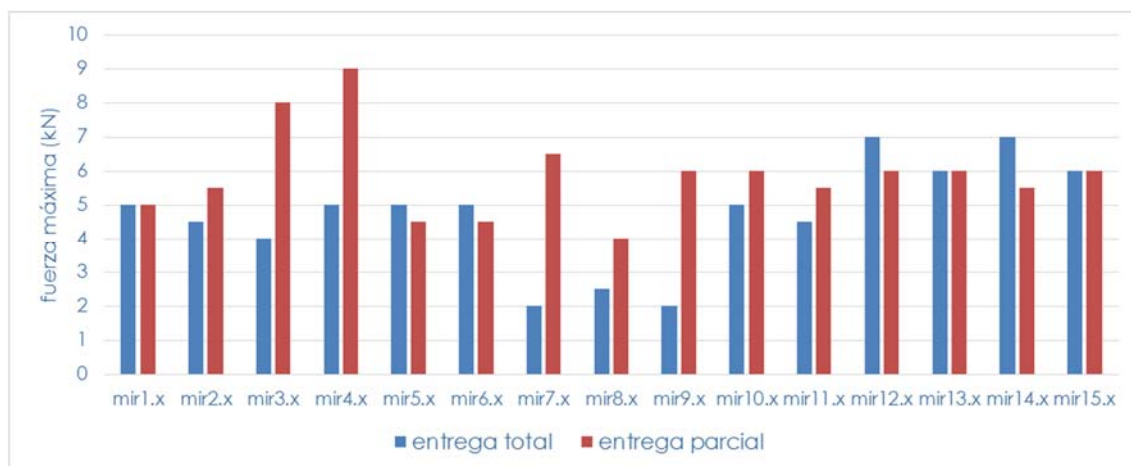
figura 4.1 Detalle de las dos hiladas de muro ensayadas

Los valores característicos y medios obtenidos en los ensayos de fuerza máxima antes de la rotura, desplazamiento para esta fuerza y fuerza sin desplazamientos son los expuestos a continuación en la tabla 4.2.

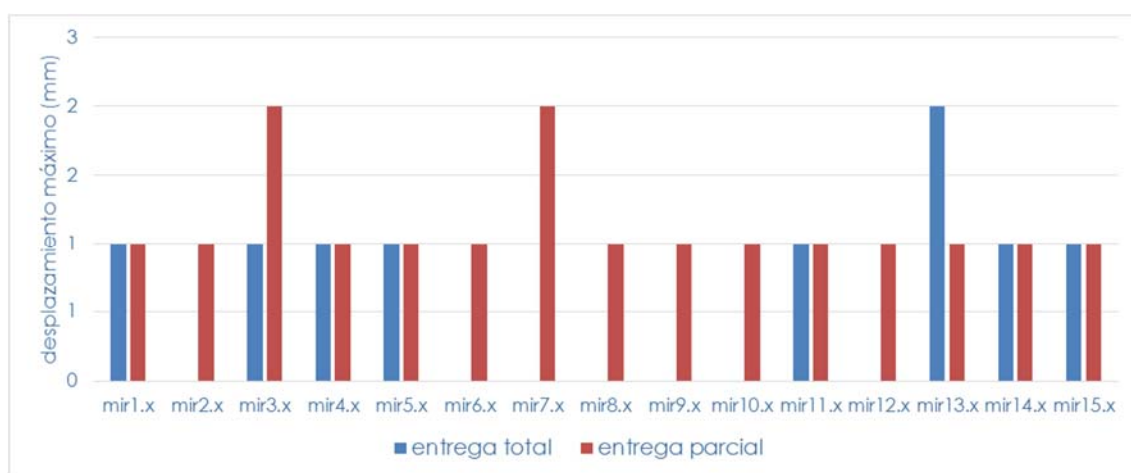
ensayo	entrega	F_{\max} (kN)	Despl_{\max} (mm)	F_0 (kN)	ensayo	entrega	F_{\max} (kN)	Despl_{\max} (mm)	F_0 (kN)
mir1.1	total	5,0	1,0	2,5	mir1.2	parcial	5,0	1,0	4,5
mir2.1	total	4,5	0,0	4,5	mir2.2	parcial	5,5	1,0	5,0
mir3.1	total	4,0	1,0	3,5	mir3.2	parcial	8,0	2,0	5,5
mir4.1	total	5,0	1,0	4,5	mir4.2	parcial	9,0	1,0	4,5
mir5.1	total	5,0	1,0	4,5	mir5.2	parcial	4,5	1,0	4,0
mir6.1	total	5,0	0,0	5,0	mir6.2	parcial	4,5	1,0	4,0
mir7.1	total	2,0	0,0	2,0	mir7.2	parcial	6,5	2,0	5,0
mir8.1	total	2,5	0,0	2,5	mir8.2	parcial	4,0	1,0	3,5
mir9.1	total	2,0	0,0	2,0	mir9.2	parcial	6,0	1,0	5,5
mir10.1	total	5,0	0,0	5,0	mir10.2	parcial	6,0	1,0	5,5
mir11.1	total	4,5	1,0	4,0	mir11.2	parcial	5,5	1,0	5,0
mir12.1	total	7,0	0,0	7,0	mir12.2	parcial	6,0	1,0	5,5
mir13.1	total	6,0	2,0	4,5	mir13.2	parcial	6,0	1,0	5,5
mir14.1	total	7,0	1,0	6,0	mir14.2	parcial	5,5	1,0	4,5
mir15.1	total	6,0	1,0	5,5	mir15.2	parcial	6,0	1,0	5,5
		4,7	0,6	4,2			5,9	1,1	4,9

tabla 4.2 Resultados de los ensayos con entrega total y parcial en pieza

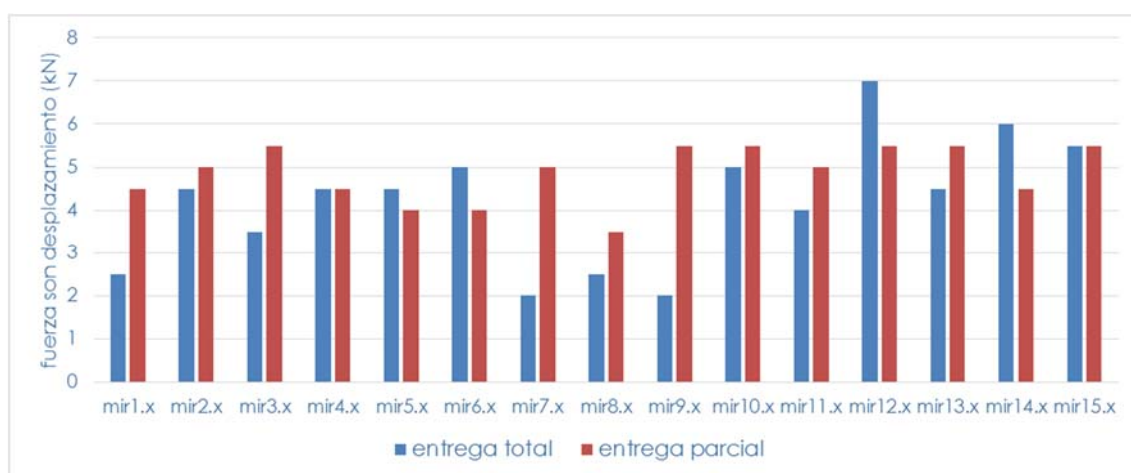
Por otro lado, se muestran los valores comparados de los resultados de fuerza máxima de arrancamiento (gráfica 4.1), desplazamiento bajo fuerza máxima (gráfica 4.2) y fuerza sin desplazamiento (gráfica 4.3) de los dos lotes ensayados: el de entrega total y el de entrega parcial del cáncamo de acero.



gráfica 4.1 Valores de fuerza máxima (F_{max}) en los ensayos de entrega total (mirx.1) y de entrega parcial (mirx.2)



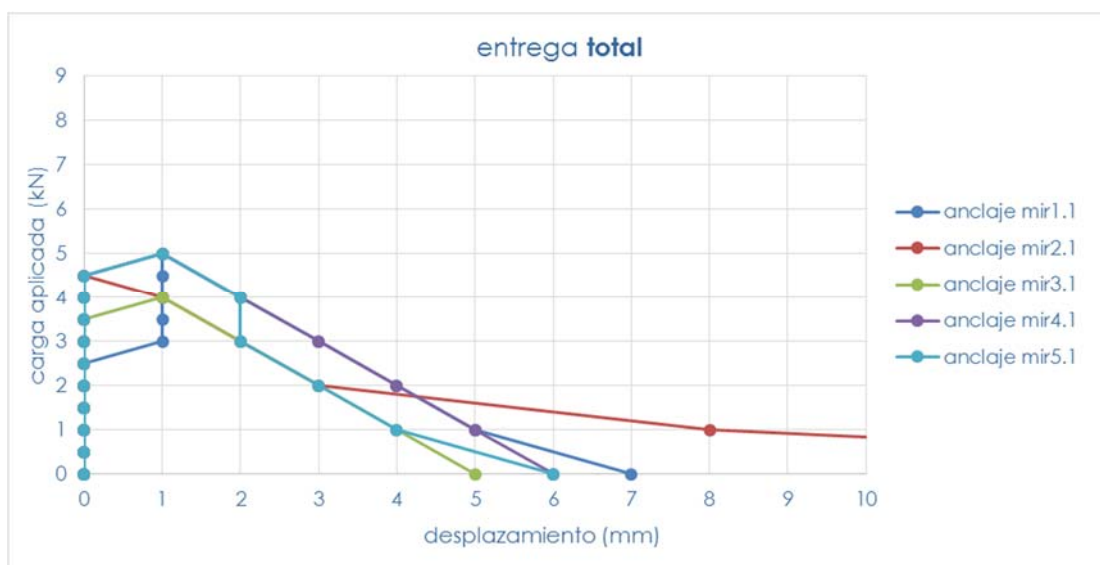
gráfica 4.2 Valores de desplazamiento bajo carga máxima (d_{max}) en los ensayos de entrega total (mirx.1) y de entrega parcial (mirx.2)



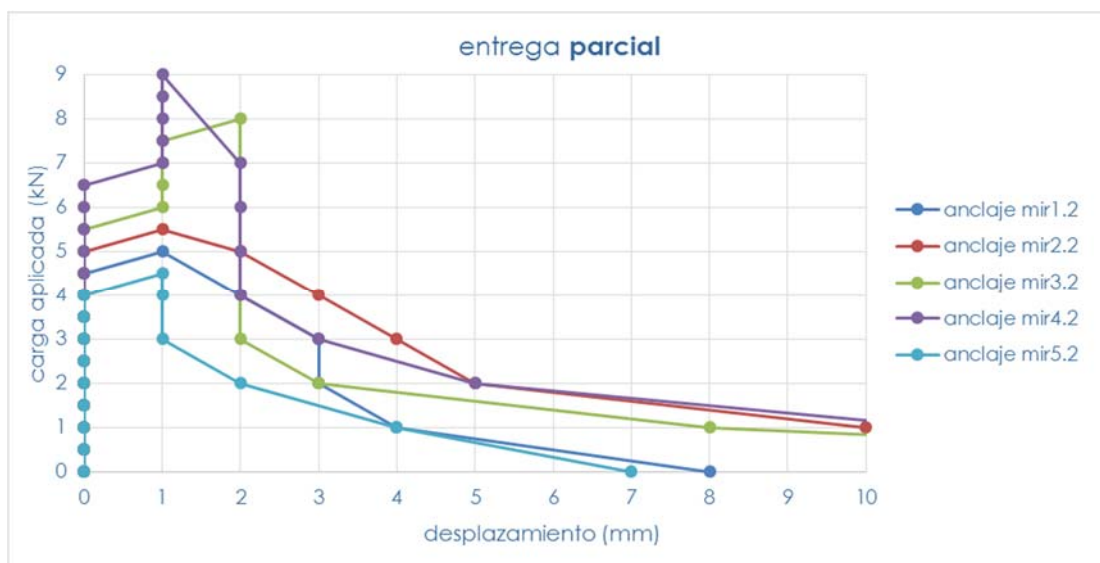
gráfica 4.3 valores de fuerza sin desplazamiento en ensayos de entrega total (mirx.1) y de entrega parcial (mirx.2)

En el capítulo de anexos se recogen las gráficas fuerza/deformación de los resultados de arrancamiento de cada uno de los ensayos realizados con el anclaje totalmente y parcialmente entregado en el taco alojado en el orificio del muro.

Como muestra de estas gráficas, se aporta la gráfica 4.4, correspondiente a cinco ensayos de extracción de cáncamos de acero con entrega completa en el centro de pieza de ladrillo perforado dispuesto a sogas, la gráfica 4.5 donde se muestran otros cinco ensayos con entrega parcial realizados en el mismo cerramiento.



gráfica 4.4 Diagrama carga / desplazamiento de cinco ensayos con entrega total en pieza de ladrillo perforado.



gráfica 4.5 Diagrama carga / desplazamiento de cinco ensayos con entrega parcial en pieza de ladrillo perforado.

4.3 Resultado de la campaña de ensayos por localización

El objetivo de esta campaña consiste en encontrar diferencias significativas asociadas a la posición relativa del anclaje en la pieza de ladrillo estudiada y a su posición en altura.

En el anexo 2 de este documento se muestran las fichas con los valores característicos de los ensayos, los datos más relevantes de su emplazamiento y localización, así como el gráfico fuerza desplazamiento y fotografías en las que apreciar su localización. Por otro lado, en el anexo 4 se ofrece un gráfico comparativo de los valores obtenidos en cada ensayo.

4.3.1 Ensayos de anclajes situados en pieza

a/ Resultados de los ensayos realizados en pieza en la planta sótano

Se han planificado dos lotes, de 24 ensayos cada uno, de extracciones en pieza en planta baja, con las denominaciones comx.2 y comx.4. Aunque como puede observarse en las fichas de ensayos del anexo 2, no todos ellos coinciden en pieza y se han tenido que volver a catalogar y colocar en su categoría correspondiente.

Como se ha explicado anteriormente, todos ellos han sido realizados sobre fábrica de ladrillo de dos pies y medio de espesor despojada previamente de revestimiento mediante picado manual del mismo.

Los valores característicos, así como los valores medios, de los dos lotes en pieza realizados en planta sótano son los siguientes:

ensayo	emplaz	cota (m)	posición	designac	F _{max} (kN)	Despl _{max} (mm)	F ₀ (kN)
com1.2	sot	0,35	pieza	L4	3,5	1,0	1,5
com2.2	sot	0,35	pieza	L4	1,5	1,0	1,0
com3.2	sot	0,35	pieza	L4	1,5	1,0	1,0
com4.2	sot	0,35	pieza	L4	1,5	0,0	1,5
com5.2	sot	0,70	pieza	L1	1,5	0,0	1,5
com6.2	sot	0,70	pieza	L1	2,0	1,0	1,0
com7.2	sot	0,70	pieza	L1	2,5	2,0	0,5
com8.2	sot	0,70	pieza	L1	2,0	1,0	1,5
com9.2	sot	1,05	pieza	L4	1,5	1,0	1,0
com10.2	sot	1,05	pieza	L3	2,5	2,0	1,0
com11.2	sot	1,05	pieza	L3	2,0	1,0	1,5
com12.2	sot	1,05	pieza	L3	2,0	1,0	1,0
com13.2	sot	1,40	pieza	L2	1,5	1,0	1,0
com14.2	sot	1,40	pieza	L1	2,0	1,0	1,5
com15.2	sot	1,40	pieza	L1	1,5	2,0	0,5
com16.2	sot	1,40	pieza	L1	0,5	0,0	0,5
com17.2	sot	1,75	pieza	L3	2,0	1,0	1,0
com18.2	sot	1,75	pieza	L3	2,0	1,0	0,5
com19.2	sot	1,75	pieza	L3	1,5	2,0	0,5
com20.2	sot	1,75	pieza	L3	2,0	1,0	1,0
com21.2	sot	2,10	pieza	L2	3,5	2,0	2,0
com22.2	sot	2,10	pieza	L1	3,5	2,0	1,5
com23.2	sot	2,10	pieza	L1	4,0	2,0	0,5
com24.2	sot	2,10	pieza	L1	3,0	2,0	1,0
					2,1	1,2	1,1

tabla 4.3 Resultados de los ensayos del primer lote en planta sótano en pieza

ensayo	emplaz	cota (m)	posición	designac	F _{max} (kN)	Despl _{max} (mm)	F ₀ (kN)
com2.4	sot	2,10	pieza	L2	4,0	1,0	2,5
com5.4	sot	1,75	pieza	L2	2,0	1,0	1,5
com6.4	sot	1,75	pieza	L4	3,0	1,0	1,5
com7.4	sot	1,75	pieza	L4	3,0	1,0	2,0
com8.4	sot	1,75	pieza	L4	3,0	1,0	2,5
com9.4	sot	1,40	pieza	L2	3,0	1,0	2,5
com10.4	sot	1,40	pieza	L2	2,0	1,0	1,5
com11.4	sot	1,40	pieza	L1	2,0	1,0	2,0
com12.4	sot	1,40	pieza	L1	2,5	1,0	2,0
com13.4	sot	1,10	pieza	L2	3,5	2,0	1,5
com14.4	sot	1,10	pieza	L2	2,0	1,0	1,0
com15.4	sot	1,10	pieza	L2	2,0	1,0	1,5
com16.4	sot	1,10	pieza	L2	2,0	0,0	2,0
com17.4	sot	0,80	pieza	L2	2,0	0,0	2,0
com18.4	sot	0,80	pieza	L4	1,5	0,0	1,5
com19.4	sot	0,80	pieza	L4	1,5	1,0	1,0
com20.4	sot	0,80	pieza	L4	2,5	0,0	2,5
com21.4	sot	0,50	pieza	L2_3	2,5	2,0	1,5
com22.4	sot	0,50	pieza	L4	4,0	2,0	2,5
com23.4	sot	0,50	pieza	L2_3	1,5	0,0	1,5
com24.4	sot	0,50	pieza	L4	2,0	1,0	1,5
					2,5	0,9	1,8

tabla 4.4 Resultados de los ensayos del segundo lote en planta sótano en pieza

b/ Resultados de los ensayos realizados en pieza en la planta baja

Así mismo, se han planificado otros dos lotes de 36 extracciones en planta baja también situados en pieza.

Debido a que los ensayos se han realizado sobre el revestimiento de yeso, y pese al replanteo previo de los mismos buscando su correcto emplazamiento, en el primer lote ocho de ellos han coincidido en junta o en interfaz con ella, por lo que ha sido necesaria una nueva clasificación dentro de su categoría correspondiente. Los valores característicos y medios de los ensayos de este lote son los recogidos en la tabla 4.5.

ensayo	emplaz	cota (m)	posición	designac	F _{max} (kN)	Despl _{max} (mm)	F ₀ (kN)
com1.6	baja	2,10	pieza	L2_3	5	0	5
com2.6	baja	2,10	pieza	L2_3	6	1	5,5
com3.6	baja	2,10	pieza	L2	6	0	6
com4.6	baja	2,10	pieza	L2	5,5	0	5,5
com5.6	baja	2,10	pieza	L2	5,5	1	4,5
com6.6	baja	2,10	pieza	L2	4	1	3
com7.6	baja	1,75	pieza	L1	4	1	3,5
com8.6	baja	1,75	pieza	L1	2,5	0	2,5
com13.6	baja	1,40	pieza	L3	3	1	2,5
com15.6	baja	1,40	pieza	L3	4,5	1	3,5
com16.6	baja	1,40	pieza	L3	5	1	4,5
com17.6	baja	1,40	pieza	L3	4,5	1	3,5
com18.6	baja	1,40	pieza	L3	3,5	0	3,5
com19.6	baja	1,05	pieza	L2	4	0	4
com20.6	baja	1,05	pieza	L2	4,5	0	4,5
com21.6	baja	1,05	pieza	L1	5	1	4,5
com22.6	baja	1,05	pieza	L1	4,5	1	4
com23.6	baja	1,05	pieza	L1	4	1	3,5
com24.6	baja	1,05	pieza	L1	4	1	3,5
com25.6	baja	0,70	pieza	L1	4	1	3,5
com26.6	baja	0,70	pieza	L1	5	1	3,5
com27.6	baja	0,70	pieza	L1	5,5	1	5
com28.6	baja	0,70	pieza	L1	3	0	3
com29.6	baja	0,70	pieza	L1	4	0	4
com30.6	baja	0,70	pieza	L1	3	0	3
com31.6	baja	0,35	pieza	L2_3	4,5	0	4,5
com33.6	baja	0,35	pieza	L2_3	4,5	0	4,5
com36.6	baja	0,35	pieza	L2_3	5,5	1	5
					4,4	0,6	4,0

tabla 4.5 Resultados de los ensayos del primer lote en planta baja en pieza

En el segundo lote de ensayos en pieza en planta baja se han realizado finalmente 32 extracciones de las que 8 han coincidido de nuevo en junta o en interfaz con el ladrillo, obligando de nuevo a una reclasificación de las mismas. En la tabla 4.6 se muestran los valores característicos y medios de este segundo lote en pieza de la planta baja.

ensayo	emplaz	cota (m)	posición	designac	F _{max} (kN)	Despl _{max} (mm)	F ₀ (kN)
com7.8	baja	1,23	pieza	L2_3	6	2	2
com8.8	baja	1,23	pieza	L2_3	5	1	2
com9.8	baja	1,23	pieza	L2_3	5,75	2	1,5
com10.8	baja	1,23	pieza	L2_3	7	2	2
com11.8	baja	1,23	pieza	L2_3	6,5	2	2
com12.8	baja	1,23	pieza	L2_3	6,5	2	3,5
com13.8	baja	1,40	pieza	L2	6	1	5,5
com14.8	baja	1,40	pieza	L2	4,5	0	4,5
com15.8	baja	1,40	pieza	L1	5	0	5
com16.8	baja	1,40	pieza	L1	7	1	6,5
com17.8	baja	1,40	pieza	L1	5	1	4,5
com18.8	baja	1,40	pieza	L1	5,5	0	5,5
com19.8	baja	0,88	pieza	L2	7,5	0	7,5
com20.8	baja	0,88	pieza	L2	6	1	5,5
com21.8	baja	0,88	pieza	L2	7,5	1	7
com22.8	baja	0,88	pieza	L2	8	0	8
com23.8	baja	0,88	pieza	L2	7	0	7
com24.8	baja	0,88	pieza	L2	6,5	1	6
com26.8	baja	0,53	pieza	L2_3	7	1	6,5
com27.8	baja	0,53	pieza	L2_3	6,5	1	5,5
com28.8	baja	0,53	pieza	L2_3	6	1	4,5
com31.8	baja	0,18	pieza	L2	5,5	1	4,5
com32.8	baja	0,18	pieza	L2	5	1	3,5
					6,2	1,0	4,8

tabla 4.6 Resultados de los ensayos del segundo lote en planta baja en pieza

4.3.2 Ensayos de anclajes situados en junta

a/ Resultados de los ensayos realizados en junta en la planta sótano

De igual modo que se ha expuesto con las extracciones en pieza, en cada uno de los paños de ladrillo estudiados se han practicado ensayos de arrancamiento en junta. En cada uno de los lotes (comx.4 y com x.5) han sido previstas 24 extracciones que al realizarse sobre muro desnudo de fábrica apenas han sufrido alteraciones, aunque sí alguna incorporación de otro lote de ensayos.

Los resultados con los valores característicos, así como los valores medios de cada lote, de los ensayos coincidentes con junta en la planta sótano son los que se muestran a continuación en las tablas 4.7 y 4.8.

El gráfico con los valores comparados de los mismos puede encontrarse en los anexos.

ensayo	emplaz	cota (m)	posición	designac	F _{max} (kN)	Despl _{max} (mm)	F ₀ (kN)
com1.3	sot	1,93	junta	J1d	3,5	3	1
com2.3	sot	1,93	junta	J1d	2,5	2	0,5
com3.3	sot	1,93	junta	J1d	2	1	1
com4.3	sot	1,93	junta	J1d	2	3	0
com5.3	sot	1,58	junta	J1u	3,5	3	2
com7.3	sot	1,58	junta	J2	2,5	2	0,5
com8.3	sot	1,58	junta	J1u	2	3	1,5
com9.3	sot	1,23	junta	J1d	3	3	1
com10.3	sot	1,23	junta	J1d	1	0	1
com11.3	sot	1,23	junta	J1d	2,5	3	1,5
com12.3	sot	1,23	junta	J1d	3	1	2
com13.3	sot	0,88	junta	J1u	2	1	1,5
com14.3	sot	0,88	junta	J1u	2	1	1,5
com15.3	sot	0,88	junta	J1u	2	1	1,5
com16.3	sot	0,88	junta	J1u	0	0	0
com17.3	sot	0,53	junta	J1d	2	1	1,5
com18.3	sot	0,53	junta	J1d	3	2	2,5
com19.3	sot	0,53	junta	J1d	1,5	0	1,5
com20.3	sot	0,53	junta	J1d	1,5	1	1
com21.3	sot	0,18	junta	J1u	5	4	2,5
com22.3	sot	0,18	junta	J1u	2	0	2
com23.3	sot	0,18	junta	J1u	3	2	1,5
com24.3	sot	0,18	junta	J1u	2,5	1	2
com1.4	sot	2,10	junta	J2	2,5	1,0	2,0
					2,4	1,6	1,4

ensayo	emplaz	cota (m)	posición	designac	F _{max} (kN)	Despl _{max} (mm)	F ₀ (kN)
com1.5	sot	1,93	junta	J1u	4	1	2,5
com2.5	sot	1,93	junta	J1u	1	1	0,5
com3.5	sot	1,93	junta	J1d	2,5	1	2
com4.5	sot	1,93	junta	J1d	1	0	1
com5.5	sot	1,58	junta	J2	1,5	0	1,5
com6.5	sot	1,58	junta	J2	2,5	1	2
com7.5	sot	1,58	junta	J1u	1,5	1	1
com8.5	sot	1,58	junta	J2	0,5	1	0
com9.5	sot	1,30	junta	J1d	1,5	1	1
com10.5	sot	1,30	junta	J1u	1	0	1
com11.5	sot	1,30	junta	J1u	2	1	1,5
com12.5	sot	1,30	junta	J2	2	1	1,5
com13.5	sot	1,00	junta	J2	2	1	1
com14.5	sot	1,00	junta	J2	2	0	2
com15.5	sot	1,00	junta	J2	2	0	2
com16.5	sot	1,00	junta	J2	2	0	2
com17.5	sot	0,70	junta	J1u	2	1	1,5
com18.5	sot	0,70	junta	J2	2	0	2
com19.5	sot	0,70	junta	J2	3,5	1	3
com20.5	sot	0,70	junta	J1d	2,5	0	2,5
com21.5	sot	2,28	junta	J1u	2,5	0	2,5
com22.5	sot	2,28	junta	J2	2,5	0	2,5
com23.5	sot	2,28	junta	J1d	2	1	1,5
com24.5	sot	2,28	junta	J2	2	2	1,5
					2,0	0,6	1,6

tablas 4.7 y 4.8 Resultados de los ensayos en planta sótano en junta

b/ Resultados de los ensayos realizados en junta en la planta baja

En la planta baja se han diseñado dos lotes de ensayos de 36 muestras cada uno. Al primero de ellos además se han incorporado nuevas extracciones correspondientes a nuevas reclasificaciones de los ensayos realizados en pieza. Finalmente el número de muestras asciende a 41 en este primer lote. Sus valores característicos y medios son los que se muestran a continuación en la tabla 4.9.

ensayo	emplaz	cota (m)	posición	designac	F _{max} (kN)	Despl _{max} (mm)	F ₀ (kN)
com9.6	baja	1,75	junta	J3	1,5	0	1,5
com10.6	baja	1,75	junta	J3	2,5	1	2
com11.6	baja	1,75	junta	J3	2,5	1	2
com12.6	baja	1,75	junta	J3	3,5	0	3,5
com14.6	baja	1,40	junta	J3	0	0	0
com1.7	baja	1,93	junta	J1u	1	0	1
com2.7	baja	1,93	junta	J1u	0	0	0
com3.7	baja	1,93	junta	J1u	3	1	2,5
com4.7	baja	1,93	junta	J1u	3,5	1	3
com5.7	baja	1,93	junta	J1u	2,5	1	2
com6.7	baja	1,93	junta	J2	1,5	1	1
com7.7	baja	1,58	junta	J2	2,5	0	2,5
com8.7	baja	1,58	junta	J2	2,5	1	2
com9.7	baja	1,58	junta	J1d	3	0	3
com10.7	baja	1,58	junta	J1d	1,5	1	1
com11.7	baja	1,58	junta	J1d	2,5	0	2,5
com12.7	baja	1,58	junta	J1d	2	1	1,5
com13.7	baja	1,23	junta	J2	2,5	1	2
com14.7	baja	1,23	junta	J2	3	1	2,5
com15.7	baja	1,23	junta	J1u	3,5	1	3
com16.7	baja	1,23	junta	J1u	3,5	1	3
com17.7	baja	1,23	junta	J1u	2	0	2
com18.7	baja	1,23	junta	J1u	1	0	1
com19.7	baja	0,88	junta	J2	1	0	1
com20.7	baja	0,88	junta	J2	2	0	2
com21.7	baja	0,88	junta	J2	2	1	1,5
com22.7	baja	0,88	junta	J2	3	1	2,5
com23.7	baja	0,88	junta	J1d	2,5	1	2
com24.7	baja	0,88	junta	J1d	2,5	1	2
com25.7	baja	0,53	junta	J1d	3	0	3
com26.7	baja	0,53	junta	J1d	2	1	1,5
com27.7	baja	0,53	junta	J1d	2,5	1	2
com28.7	baja	0,53	junta	J1d	3	1	2,5
com29.7	baja	0,53	junta	J1d	3,5	0	3,5
com30.7	baja	0,53	junta	J2	2,5	0	2,5
com31.7	baja	0,18	junta	J2	2	0	2
com32.7	baja	0,18	junta	J1u	2,5	1	2
com33.7	baja	0,18	junta	J1u	2	0	2
com34.7	baja	0,18	junta	J1u	1,5	1	1
com35.7	baja	0,18	junta	J1u	2	0	2
com36.7	baja	0,18	junta	J1u	0	0	0
					2,2	0,5	1,9

tabla 4.9 Resultados de los ensayos del primer lote en planta baja en junta

En el segundo lote de ensayos, finalmente se realizaron 30 extracciones, de las que algunas coincidieron en interfaz, finalmente el lote quedó con 28 muestras. Sus resultados se muestran en la tabla 4.10.

ensayo	emplaz	cota (m)	posición	designac	F _{max} (kN)	Despl _{max} (mm)	F ₀ (kN)
com1.9	baja	1,58	junta	J2	5	1	3
com2.9	baja	1,58	junta	J1u	3,5	1	0,5
com3.9	baja	1,58	junta	J2	4,75	2,5	0,5
com4.9	baja	1,58	junta	J1u	5	2	2
com5.9	baja	1,58	junta	J2	7	2	1
com6.9	baja	1,58	junta	J2	2	2	0,5
com7.9	baja	1,05	junta	J1d	3	1	2,5
com8.9	baja	1,05	junta	J2	4,5	0	4,5
com9.9	baja	1,05	junta	J2	3,5	0	3,5
com10.9	baja	1,05	junta	J2	5	0	5
com11.9	baja	1,05	junta	J2	4,5	0	4,5
com12.9	baja	1,05	junta	J2	6,5	0	6,5
com17.9	baja	1,93	junta	J1d	4,5	2	1,5
com18.9	baja	1,93	junta	J1d	3,5	1	2,5
com19.9	baja	0,70	junta	J1u	4,5	0	4,5
com20.9	baja	0,70	junta	J2	4	1	3,5
com21.9	baja	0,70	junta	J2	4,5	0	4,5
com22.9	baja	0,70	junta	J2	4	0	4
com23.9	baja	0,70	junta	J1d	4	0	4
com24.9	baja	0,70	junta	J1d	4	0	4
com25.9	baja	0,35	junta	J1d	5	0	5
com26.9	baja	0,35	junta	J2	5	1	5
com27.9	baja	0,35	junta	J2	4,5	0	4,5
com28.9	baja	0,35	junta	J2	4	1	3,5
com29.9	baja	0,35	junta	J2	4	0	4
com30.9	baja	0,35	junta	J1u	5,5	1	4,5
					4,4	0,7	3,4

tabla 4.10 Resultados de los ensayos del segundo lote en planta baja en junta

4.3.3 Ensayos de anclajes situados en interfaz pieza-junta

Algunos de los ensayos practicados en ambos niveles y en todos los paños ensayados, no han presentado una ubicación clara ni en pieza ni en junta, sino que se han localizado en la transición entre ambos elementos. Los resultados obtenidos de la agrupación de todos los ensayos que reúnen estas características son los que se muestran a continuación en la tabla 4.11.

ensayo	emplaz	cota (m)	posición	designac	F _{max} (kN)	Despl _{max} (mm)	F ₀ (kN)
com6.3	sot	1,58	interfaz	M2	2,75	2	1,5
com3.4	sot	2,10	interfaz	M2	3,5	2,0	2,0
com4.4	sot	2,10	interfaz	M1	2,5	1,0	2,0
com32.6	baja	0,35	interfaz	M2	4,5	0	4,5
com34.6	baja	0,35	interfaz	M2	4	1	3,5
com35.6	baja	0,35	interfaz	M2	5	0	4,5
com1.8	baja	1,75	interfaz	M1	5	0	5
com2.8	baja	1,75	interfaz	M1	6	1	5
com3.8	baja	1,75	interfaz	M1	5	0	5
com4.8	baja	1,75	interfaz	M2	5	0	5
com5.8	baja	1,75	interfaz	M1	6	0	6
com6.8	baja	1,75	interfaz	M2	5	0	5
com25.8	baja	0,53	interfaz	M2	8	2	6,5
com29.8	baja	0,53	interfaz	M2	4,5	1	4
com30.8	baja	0,53	interfaz	M2	4	0	4
com13.9	baja	1,93	interfaz	M2	5,5	3	2
com14.9	baja	1,93	interfaz	M2	6,5	2	2
com15.9	baja	1,93	interfaz	M1	6	2	1,5
com16.9	baja	1,93	interfaz	M2	4	2	2
					4,9	1,0	3,7

tabla 4.11 Resultados de los ensayos de la interfaz pieza - junta

4.3.4 Resumen de los valores medios de los resultados de la campaña de ensayos por localización

En la tabla 4.12 se presentan los valores medios de los resultados característicos obtenidos de los ensayos en función de los parámetros estudiados. Es destacable que los valores de fuerza son superiores en los ensayos realizados en planta baja, que en planta sótano.

situación	emplaz	F _{max} (kN)	Despl _{max} (mm)	F ₀ (kN)	F _{max} (kN)	Despl _{max} (mm)	F ₀ (kN)
pieza	sot	2,3	1,1	1,4	3,7	0,9	2,9
	baja	5,2	0,7	4,4			
junta	sot	2,2	1,1	1,5	2,6	0,9	2,0
	baja	3,1	0,6	2,5			
interfaz	sot+baja	5,0	0,9	3,9			

tabla 4.12 Valores medios de los resultados según la posición relativa a la pieza

4.4 Resultado de la campaña de ensayos por tipo de pieza

En la tabla 4.13 se muestran los resultados comparativos de la campaña de ensayos mir x.2 con entrega parcial de cáñamo en ladrillo perforado revestido y la campaña de ensayos com x.6 y com x.8 realizada en pieza de ladrillo macizo revestido.

Los valores medios obtenidos en cada una de las series de ensayo no muestran diferencias significativas a priori.

tipo pieza	F _{max} (kN)	Despl _{max} (mm)	F ₀ (kN)
macizo	5,2	0,7	4,4
perforado	5,9	1,1	4,9

tabla 4.13 Valores medios de los resultados según el tipo de pieza ensayada

4.5 Resultado de los ensayos de caracterización de los materiales constituyentes del muro de fábrica de la campaña de ensayos por localización

4.5.1 Resultados de los ensayos del mortero de la junta

Los difractogramas de polvo desorientado de la muestra de mortero extraído de las juntas del muro ensayado, así como los patrones mediante los cuales se han interpretado, se muestran en la figura 4.2.

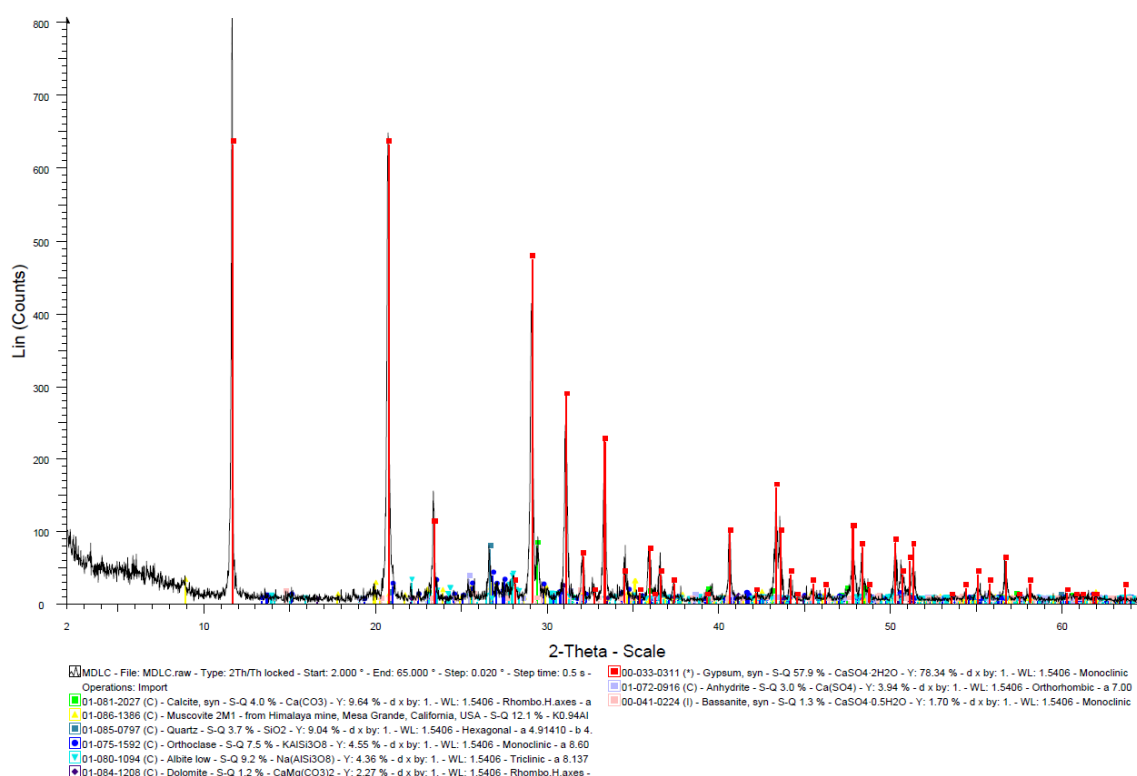


figura 4.2 Difractograma de la muestra de mortero de junta (mortero A)

La tabla 4.14 contiene los resultados del análisis mineralógico semicuantitativo.

mortero A	% fases cristalinas
Cuarzo	4
Feldespato K	8
Plagioclasa	9
Filosilicatos	12
Calcita	4
Dolomita	1
Yeso	58
Bassanita	1
Anhidrita	3

tabla 4.14. Minerales constituyentes de la muestra de mortero de junta (mortero A)

A partir de la interpretación y análisis del difractograma de polvo en las muestras, se han determinado como minerales existentes: Cuarzo, Feldespato potásico, Plagioclasas, Calcita, Filosilicatos, Yeso, Anhidrita y Basanita.

Los resultados obtenidos indican que se trata de un mortero cuyo conglomerante es yeso. El árido está constituido por mezcla de cuarzo (arena de sílice), feldespatos (microclina) plagioclasas (anortita) y, en menor cantidad, filossilicatos micáceos (moscovita) y carbonatos (dolomita).

Es por tanto, un mortero de yeso, probablemente cocido a alta temperatura, con algo de anhidrita procedente del yeso no hidratado constitutivo del mortero. El pequeño porcentaje de calcita que contiene el mortero, se atribuye a la formación de CaO por descomposición a alta temperatura del sulfato de calcio y, después de Ca(OH) y, posteriormente la carbonatación del hidróxido. Pero por esa pequeña cantidad, no permite decir que se trate de un mortero mixto.

4.5.2 Resultados de los ensayos del mortero del revestimiento

A continuación se muestran en la figura 4.3 los difractogramas de polvo desorientado de la muestra de mortero extraído del revestimiento del muro ensayado, así como los patrones mediante los cuales se han interpretado.

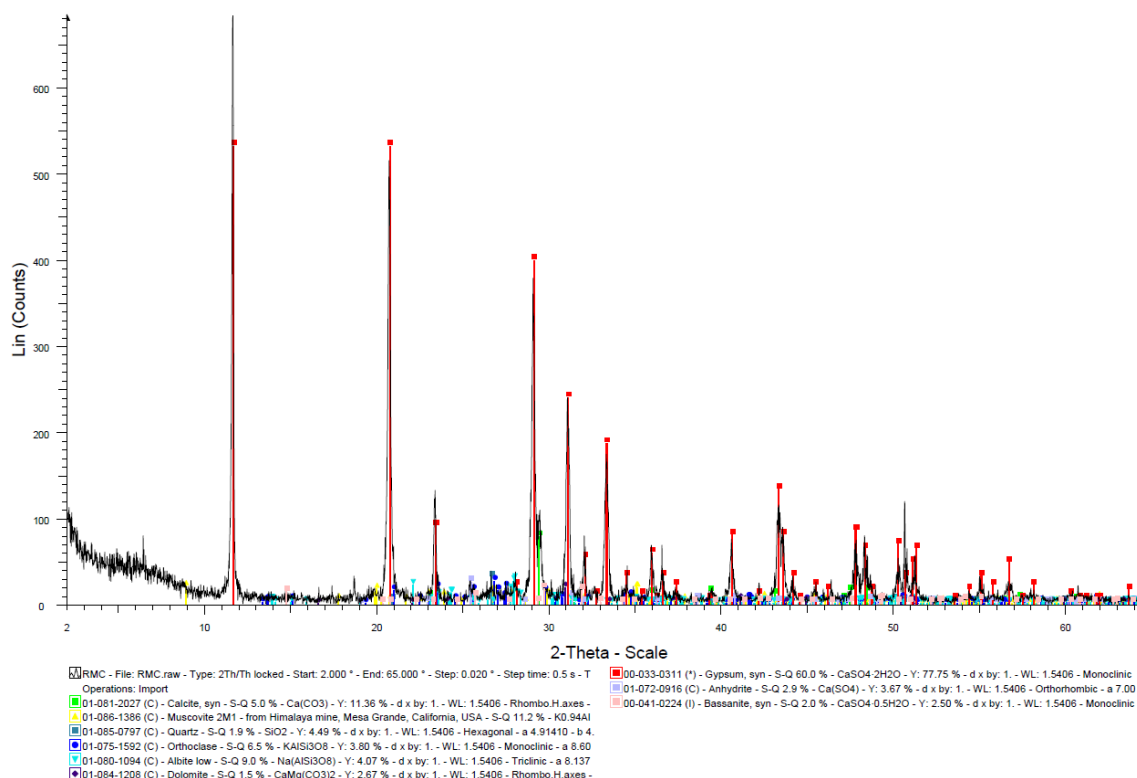


figura 4.3 Difractograma de la muestra del mortero del revestimiento (mortero B)

La tabla 4.15 contiene los resultados del análisis mineralógico semicuantitativo.

mortero B	% fases cristalinas
Cuarzo	2
Feldespatos K	7
Plagioclasa	9
Filosilicatos	11
Calcita	5
Dolomita	1
Yeso	60
Bassanita	2
Anhidrita	3

tabla 4.15. Minerales constituyentes de la muestra de mortero del revestimiento (B)

El difractograma de la muestra mortero B es muy parecido al de la muestra A por lo que tiene la misma composición. Los revestimiento de los muros ensayados están revestidos con mortero de yeso.

4.5.3 Resultados de los ensayos del ladrillo

El difractograma del fragmento de ladrillo se muestra en la figura 4.4.

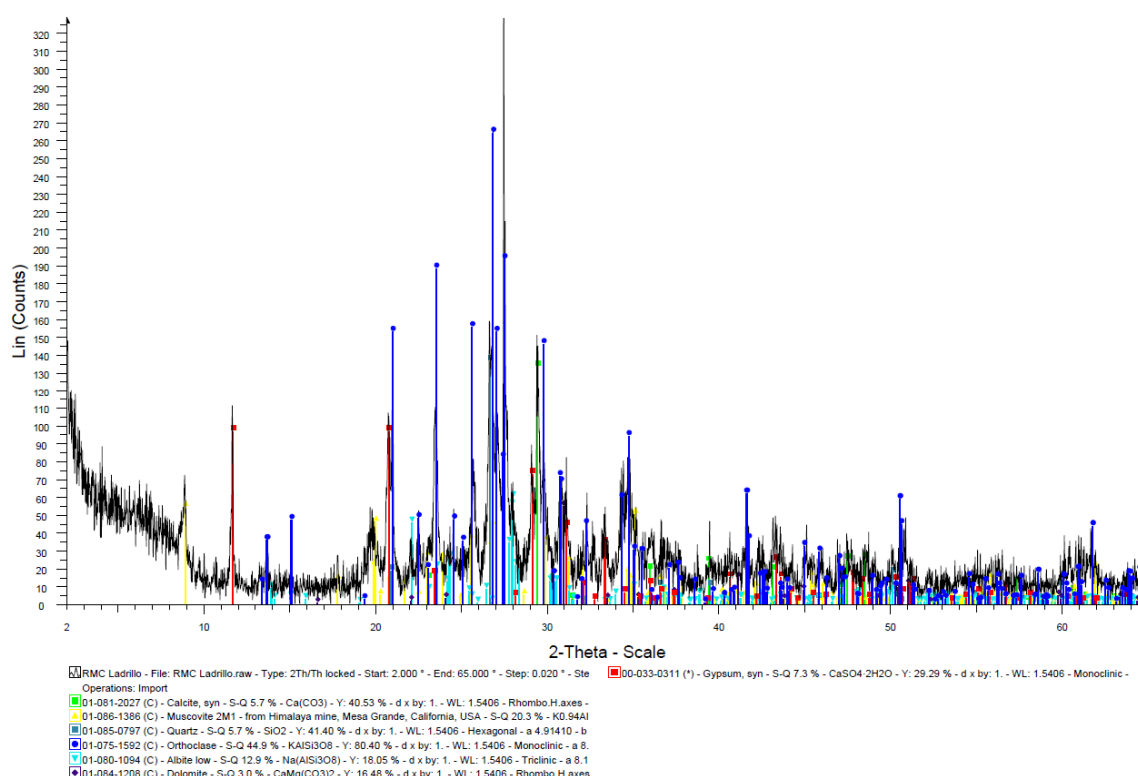


figura 4.4 Difractograma del fragmento de ladrillo

La tabla 4.16 contiene los resultados del análisis mineralógico semicuantitativo de la muestra de ladrillo ensayado.

RMC ladrillo	% fases cristalinas
Cuarzo	6
Feldespato K	45
Plagioclasa	13
Filosilicatos	20
Calcita	6
Dolomita	3
Yeso	7

Tabla 4.16. Minerales constituyentes de la muestra de ladrillo

La muestra está contaminada con algo de mortero. La presencia de calcita y dolomita indican que la cocción del ladrillo no ha sido a temperatura baja. No obstante, no aparece el compuesto “mullita” ni otras fases formadas a alta temperatura.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

introducción			
antecedentes		objetivos	
estado del conocimiento			
muros de fabrica		estructuras de andamio	
anclajes			
campaña de estudio	por profundidad	por localización	por pieza
trabajo experimental			
resultados obtenidos			
análisis y discusión			
conclusiones y futuras líneas de investigación			

5 Análisis y discusión de los resultados

5.1 Introducción

Este capítulo recoge el análisis de los resultados obtenidos en las distintas campañas de ensayos, así como las posibles interacciones de las mismas.

Para el estudio de los datos de cada uno de las campañas de ensayos realizados, se ha llevado a cabo un análisis de la varianza, que permite descomponer la variabilidad de los resultados del ensayo en componentes independientes que pueden asignarse a causas distintas.

Este análisis permite conocer la influencia que tienen factores como longitud de entrega, posición relativa en pieza y altura en muro en una variable respuesta aleatoria como es la fuerza máxima de extracción, el desplazamiento para esa fuerza y la fuerza sin desplazamiento en cada uno de los ensayos.

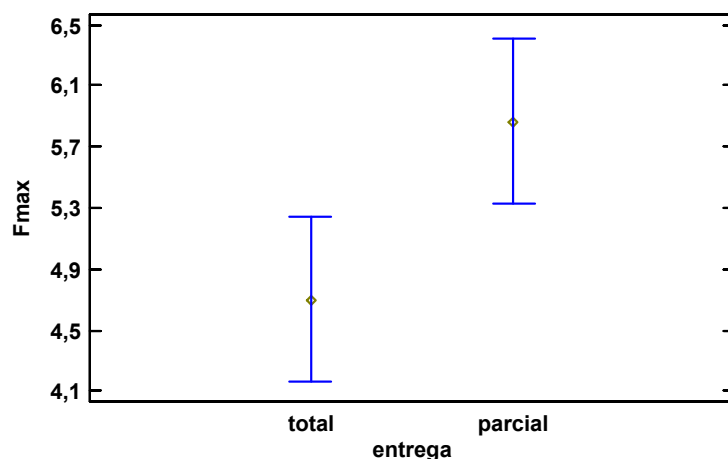
5.2 Estudio del efecto de la profundidad

El primer análisis trata de determinar el grado de influencia que tiene la longitud de entrega del cáncamo en la pieza, en los valores característicos obtenidos.

El procedimiento utilizado para ello es el análisis de la varianza con un factor donde la variable dependiente es cada una de las respuestas del experimento (F_{\max} , d_{\max} y F_0) y el factor estudiado es la profundidad de entrega.

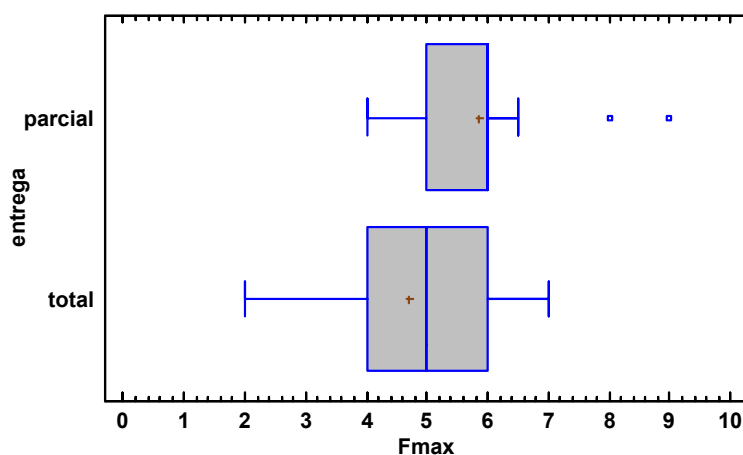
5.2.1 Estudio del efecto de la profundidad de entrega en la fuerza máxima de extracción (F_{\max})

Para determinar el grado de influencia que la profundidad del anclaje tiene en la fuerza que resiste nuestro anclaje a arrancamiento, se realiza en primer lugar una comparación de los valores medios de ambos experimentos (gráfica 5.1). En una primera aproximación es fácil reconocer que los valores medios de ambos ensayos no presentan coincidencia en sus intervalos de confianza. Por lo que los valores de arrancamiento cuando el cáncamo de anclaje se aloja estrictamente la longitud de taco de poliamida, son holgadamente superiores a los de los ensayos que insertan completamente el anclaje en el muro de fábrica estudiado. Por tanto existe, una diferencia estadísticamente significativa entre la media de fuerza máxima entre un nivel de entrega y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.



gráfica 5.1 Comparación de valores medios de fuerza máxima de extracción con entrega total y entrega parcial del anclaje

El diagrama de caja y bigotes de la gráfica 5.2 muestra los valores de cada uno de los cuartos y el grado de amplitud de los resultados de ensayo, donde se puede analizar que la variabilidad es mayor cuando el anclaje se introduce por completo y mucho más concentrada en la introducción parcial. Por otro lado también permite observar la existencia de valores atípicos por exceso de fuerza máxima de extracción de los anclajes con entrega parcial.



gráfica 5.2 Diagrama de caja y bigote de fuerza máxima de extracción con entrega total y entrega parcial del anclaje

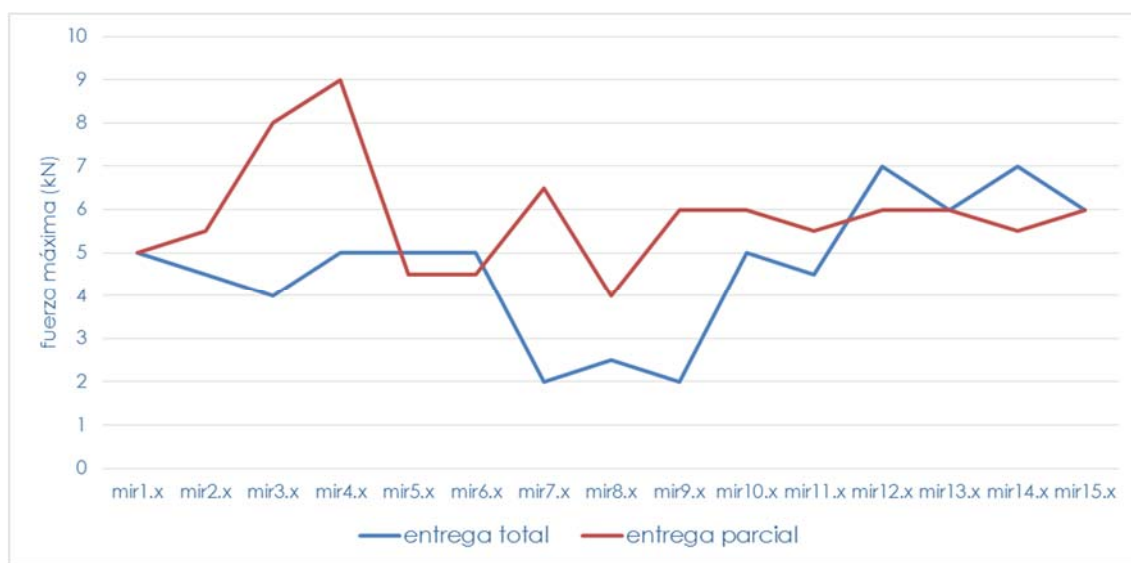
La diagnosis del modelo mediante análisis de la varianza muestra:

fuelle	suma de cuadrados	grados de libertad	cuadrado medio	razón-F	valor-P
entre grupos	10,2083	1	10,2083	4,96	0,0342
intra grupos	57,6333	28	2,05833		
total (correlación)	67,8417	29			

tabla 5.1 ANOVA para fuerza máxima (F_{\max}) por profundidad de entrega

La tabla ANOVA descompone la varianza de la fuerza máxima (F_{\max}) en dos componentes: un componente entre grupos (variabilidad explicada) y un componente dentro de grupos (variabilidad no explicada). La razón-F es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la prueba de la F es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de F_{\max} entre un nivel de entrega total y parcial, con un nivel del 95,0% de confianza

A continuación se presenta la gráfica 5.3 donde se muestran los valores comparados de la fuerza de extracción para las distintas profundidades de entrega.



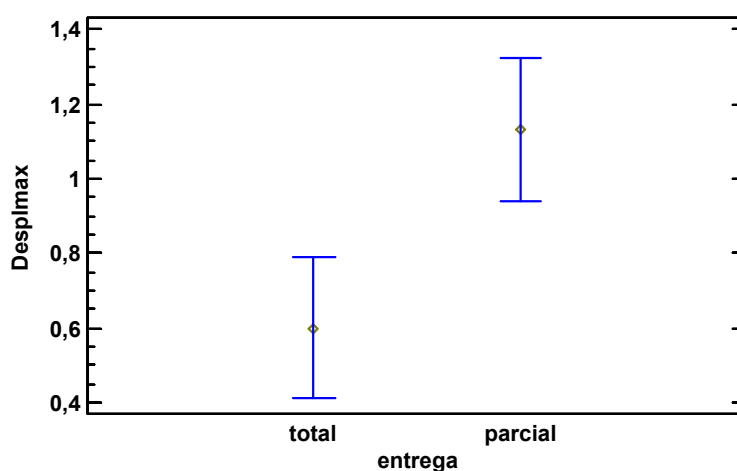
gráfica 5.3 Comparativa de los valores de fuerza máxima de extracción en ensayos de entrega total (mirx.1) y de entrega parcial (mirx.2)

En ella se puede observar cómo los valores de arrancamiento cuando el cáncamo se encuentra insertado solo en su parte roscada son superiores, presentando además menor variabilidad. Por otro lado los valores de arrancamiento cuando la entrega es total presentan un rango de resultados más amplio.

Esto puede ser debido a que, en estos últimos, la parte roscada del anclaje supera el fondo del taco de poliamida alojándose desnudo en la fábrica. La adherencia por tanto de la parte roscada en el ladrillo y de la parte lisa en el taco es inferior, lo que hace que estos anclajes tengan un comportamiento menos eficaz ante este esfuerzo.

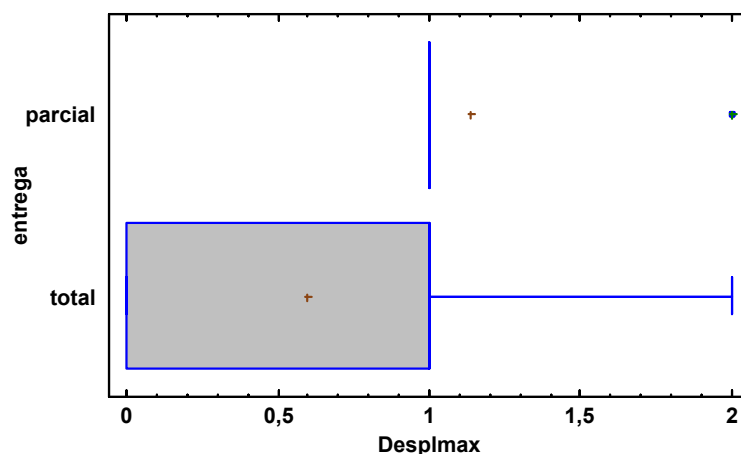
5.2.2 Estudio del efecto de la profundidad de entrega en el desplazamiento bajo fuerza máxima (d_{\max})

Si analizamos la influencia que tiene en el desplazamiento del taco y el anclaje respecto de la fábrica la profundidad de entrega del mismo, observamos en el diagrama de medias de la gráfica 5.4 como los intervalos de confianza de las medias estudiadas carecen de coincidencia en sus recorridos. Los anclajes totalmente entregados en el muro tienen comportamiento más frágil, con menos desplazamiento antes de romper, mientras que los anclajes con embutición parcial, presentan un desplazamiento superior antes de la rotura.



gráfica 5.4 Comparación de valores medios de desplazamiento bajo fuerza máxima con entrega total y entrega parcial del anclaje

Debido al carácter manual de las operaciones de extracción del anclaje, el conjunto de resultados obtenidos es un valor discreto perteneciente a los números enteros positivos, por lo que el diagrama de caja y bigotes (gráfica 5.5) tiene el conjunto de sus valores agrupados en los cuartos. Cabe destacar que en el ensayo con entrega completa, el primer cuarto y el valor mínimo de los valores de desplazamiento es coincidente en el valor cero, mientras que los valores de todas las extracciones de los anclajes entregados parcialmente, al menos tiene un desplazamiento de 1 mm.



gráfica 5.5 Diagrama de caja y bigote del desplazamiento bajo fuerza máxima con entrega total y entrega parcial del anclaje

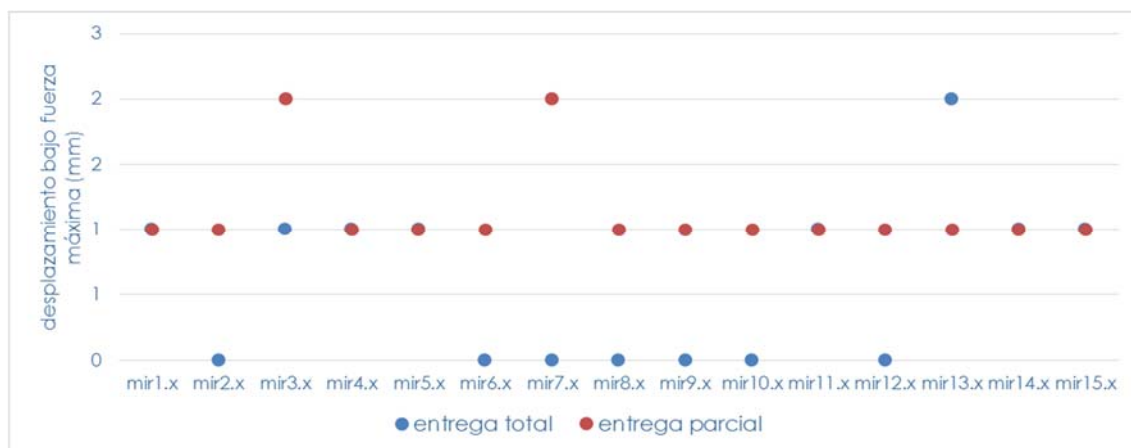
La diagnosis del modelo mediante análisis de la varianza da por resultado:

fuelle	suma de cuadrados	grados de libertad	cuadrado medio	razón-F	valor-P
entre grupos	2,13333	1	2,13333	8,15	0,0080
intra grupos	7,33333	28	0,261905		
total (correlación)	9,46667	29			

tabla 5.2 ANOVA para desplazamiento bajo carga máxima (d_{\max}) por profundidad de entrega

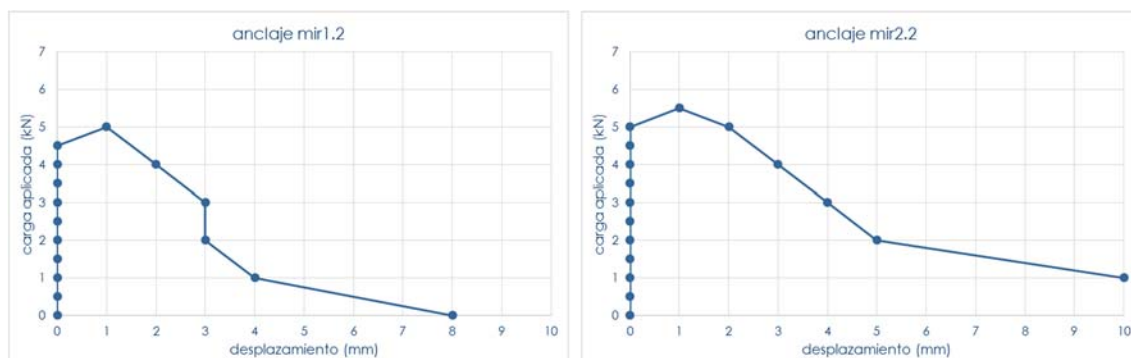
De nuevo, la tabla ANOVA descompone la varianza de desplazamiento bajo carga máxima (d_{\max}) en dos componentes: un componente entre grupos (variabilidad explicada) y un componente dentro de grupos (variabilidad no explicada). La razón-F, que en este caso es igual a 8,14545, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Debido a que el valor-P de la prueba-F de Fisher es menor que 0,05, se puede afirmar que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de la deformación bajo carga máxima (d_{\max}), entre la entrega total del cáncamo de acero y la entrega parcial del mismo, con un nivel del 95,0% de confianza.

Si bien es cierto que las uniones del anclaje con el ladrillo son consideradas frágiles y no experimentan grandes desplazamientos previos a la rotura, cabe destacar que los anclajes con entrega total presentan un comportamiento aún más frágil, donde en numerosas ocasiones no existe desplazamiento previo a la rotura, siendo la rama de carga del diagrama tensión-deformación completamente vertical. Por el contrario, los anclajes con entrega parcial, debido a la mejora de la adherencia entre taco y cáncamo y entre fábrica y ladrillo, permite un pequeño desplazamiento del sistema de anclaje previo a la rotura (gráfica 5.6).



gráfica 5.6 Comparativa de los valores de desplazamiento bajo fuerza máxima en ensayos de entrega total (mirx.1) y de entrega parcial (mirx.2)

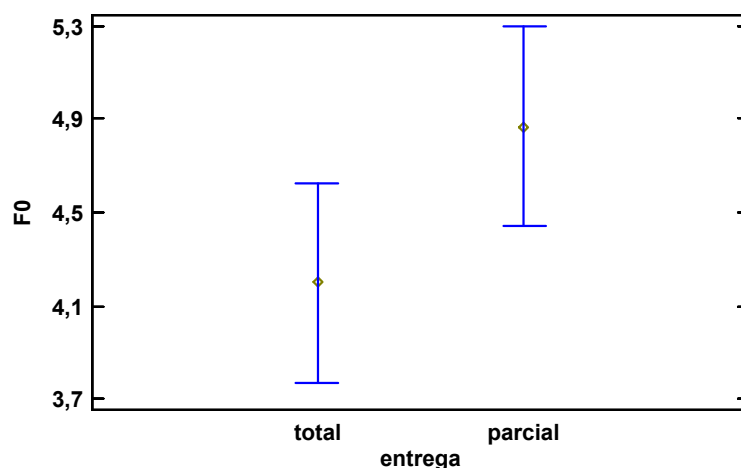
Los valores tipo de comportamiento de ambos anclajes están recogidos en la gráfica 5.7.a/, donde puede apreciarse cómo un anclaje con entrega total en el muro tiene la rama de carga vertical y el valor de la fuerza máxima antes de la rotura carece de desplazamiento, coincidiendo entonces con el valor de la fuerza sin desplazamiento. Por otro lado, en 5.7.b/ se muestra cómo la unión con el anclaje parcialmente embutido confiere mayor ductilidad al sistema de anclaje, permitiendo pequeños desplazamientos, lo que le permite continuar recogiendo carga aun cuando el anclaje ha empezado a desplazarse.



gráfica 5.7 grafica tipo fuerza – desplazamiento de los dos grados de profundidad de entrega ensayados (a/ total y b/ parcial)

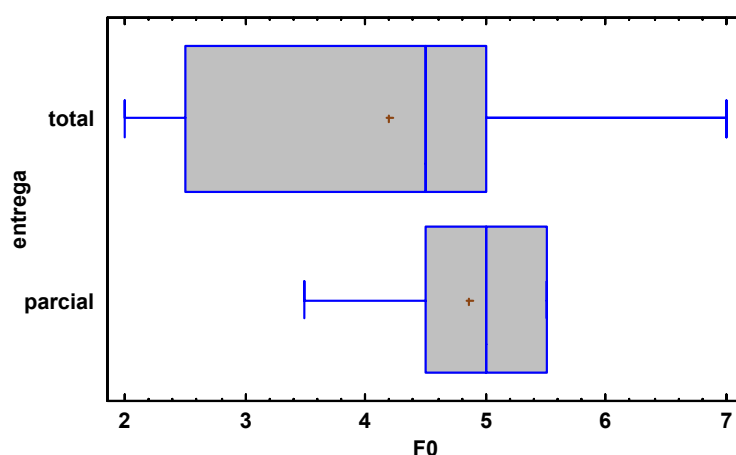
5.2.3 Estudio del efecto de la profundidad de entrega en la fuerza sin desplazamiento (F_0)

En el estudio de la incidencia que tiene en la fuerza sin desplazamiento la longitud de entrega de la pieza, nos encontramos en el análisis del gráfico de medias (gráfica 5.8) que sí existe coincidencia en los intervalos de confianza de los dos experimentos. Aun sabiendo que la media de los ensayos realizados con entrega parcial es superior a la de los realizados con entrega total, no se pudo afirmar que existen diferencias significativas entre ambos.



gráfica 5.8 Comparación de valores medios de fuerza sin desplazamiento con entrega total y entrega parcial del anclaje

La gráfica 5.9 confirma la que variabilidad de los datos de los ensayos con entrega total es superior a los que tienen entrega parcial. Además de que sólo el 25% de los ensayos tiene un valor superior a 5kN, frente al 50% de los anclajes con entrega parcial.



gráfica 5.9 Diagrama de caja y bigote de la fuerza sin desplazamiento con entrega total y entrega parcial del anclaje

Por último, para comprobar la variabilidad que proporciona el factor profundidad a la variable dependiente estudiada, fuerza sin desplazamiento, se realiza de nuevo un análisis de la varianza con las hipótesis explicadas anteriormente. El cuadro del análisis sería entonces:

fuelle	suma de cuadrados	grados de libertad	cuadrado medio	razón-F	valor-P
entre grupos	3,33333	1	3,33333	2,55	0,1217
intra grupos	36,6333	28	1,30833		
total (correlación)	39,9667	29			

tabla 5.3 ANOVA para fuerza sin desplazamiento (F_0) por profundidad de entrega

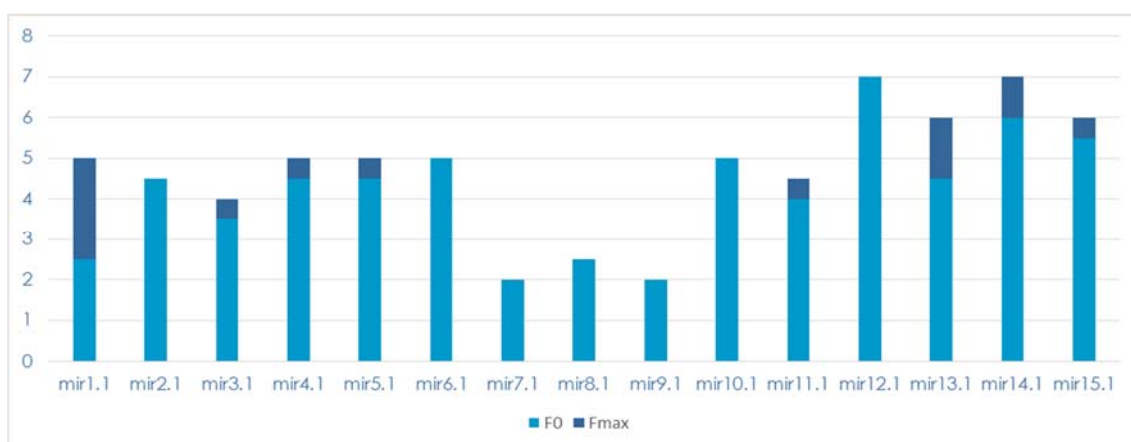
Según se puede observar en la tabla ANOVA el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, por lo que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de la fuerza sin desplazamiento (F_0) para los dos niveles de profundidad de entrega, con un nivel del 95,0% de confianza

Analizando las superposiciones de los valores de los ensayos, se constata que no existe una diferencia significativa entre los valores de fuerza sin desplazamiento entre ambas campañas de ensayo ya que, según se aprecia, sus valores se encuentran entrelazados a lo largo de la gráfica 5.10.

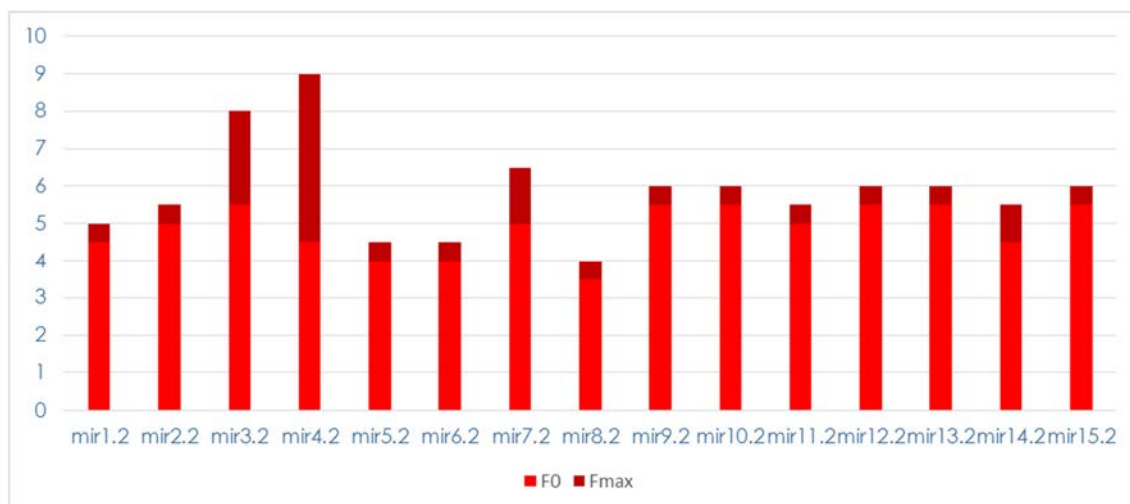


gráfica 5.10 Comparativa de los valores de fuerza sin desplazamiento en ensayos de entrega total (mirx.1) y de entrega parcial (mirx.2)

Por último, sin bien es cierto que no existe diferencia entre los valores de fuerza sin desplazamiento, en los gráficos 5.11 a y b se puede observar como los anclajes con entrega total incrementan en menor medida su resistencia después del desplazamiento que los anclajes con entrega parcial. Lo que vuelve a poner en manifiesto el comportamiento algo más dúctil de los anclajes entregados parcialmente en el muro.



gráfica 5.11.a/ Incremento de fuerza admitida después de desplazamiento en los anclajes con entrega total en muro (mirx.1)



gráfica 5.11.b/ Incremento de fuerza admitida después de desplazamiento en los anclajes con entrega parcial en muro (mirx.2)

5.3 Estudio del efecto del emplazamiento

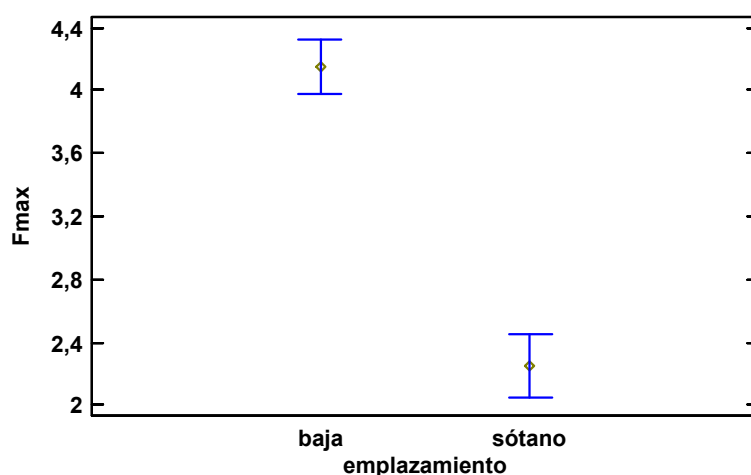
En este apartado se muestran los efectos que tiene en las características mecánicas del ensayo de arrancamiento la localización en dos niveles de planta del muro ensayado, en la situación del anclaje en pieza o en junta y posteriormente en su posición relativa a cada uno de los elementos en los que se encuentra inserto. Para ello volvemos a utilizar el análisis de la varianza, con un factor en el que la variable dependiente es cada uno de los resultados de los ensayos y la variable independiente es la posición del anclaje.

A simple vista se puede observar que existen diferencias de gran calado entre los resultados obtenidos en los experimentos de planta sótano y los de planta baja, por lo que se procede a averiguar si se trata de un conjunto de datos independiente o si existe alguna relación entre sus valores medios.

5.3.1 Estudio del efecto del nivel de emplazamiento en planta en la fuerza máxima de extracción (F_{max})

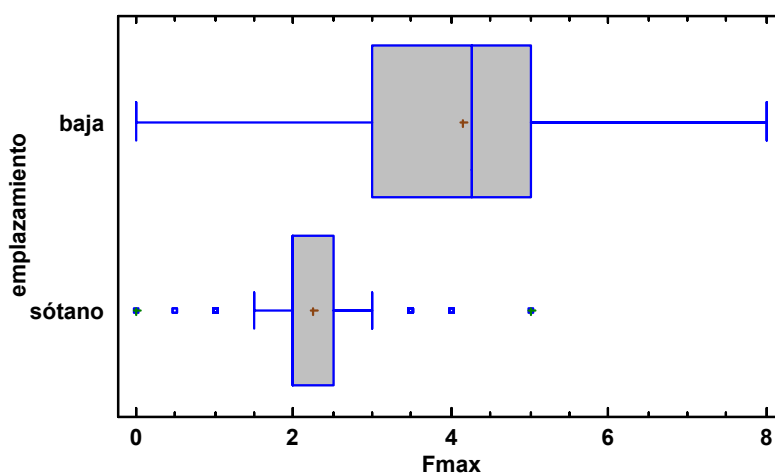
El análisis de la varianza de la fuerza máxima de extracción con un factor (emplazamiento) se realiza para detectar si existen diferencias significativas en esta variable respuesta entre los ensayos realizados en planta sótano y los realizados en planta baja.

En el diagrama de medias de la gráfica 5.12 se aprecia que no existe recorrido común de los intervalos de confianza de ambos experimentos, por lo que se descarta la posible interacción entre los resultados de ambos.



gráfica 5.12 Comparación de valores medios de fuerza máxima de extracción (F_{max}) con el emplazamiento en baja o en sótano

En el diagrama de caja y bigotes se puede observar además que los datos de fuerza máxima en planta baja abarcan un rango más amplio de valores y que apenas un ensayo de planta sótano alcanza el valores medio de fuerza de los ensayos realizados en baja.



gráfica 5.13 Diagrama de caja y bigote de la fuerza máxima de extracción (F_{max}) en función del emplazamiento de los ensayos

A fin de conocer si existen diferencias significativas entre los datos obtenidos en planta sótano y los obtenidos en planta baja, formulamos un análisis de la varianza con la fuerza de extracción antes de la rotura (F_{max}) como variable dependiente y con el emplazamiento como factor con dos niveles: sótano y baja.

fuentes	suma de cuadrados	grados de libertad	cuadrado medio	razón-F	valor-P
entre grupos	202,304	1	202,304	100,26	0,0000
intra grupos	460,077	228	202,304		
total (correlación)	662,381	229			

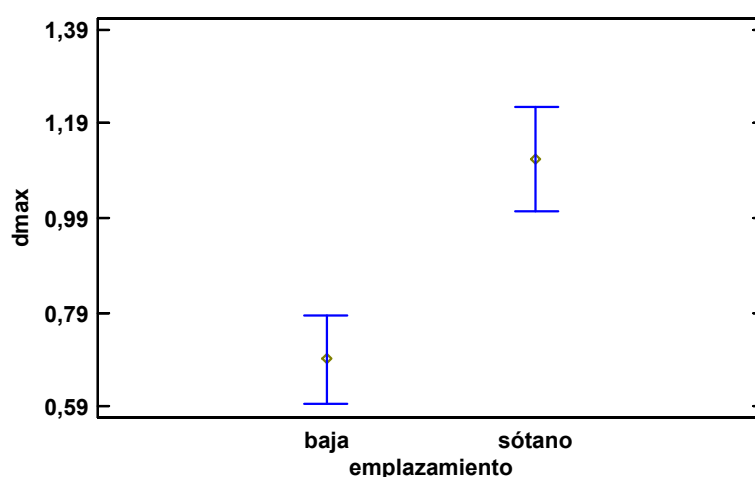
tabla 5.4 ANOVA para fuerza máxima de extracción (F_{\max}) por nivel de emplazamiento

La tabla ANOVA 5.4 muestra como en valor P de la prueba de la F de Fisher es menor que 0,05, por lo que existe una diferencia estadísticamente significativa en los valores medios de la fuerza máxima (F_{\max}) entre un nivel de emplazamiento y el otro, con un nivel de confianza del 95,0%.

Por lo tanto, resulta evidente que los resultados obtenidos en los dos niveles de emplazamiento ensayados: planta sótano y planta baja, presentan resultados muy distintos. Esto nos conduce a realizar un estudio más exhaustivo y conocer si existe también la misma diferencia en la variable respuesta desplazamiento bajo carga máxima.

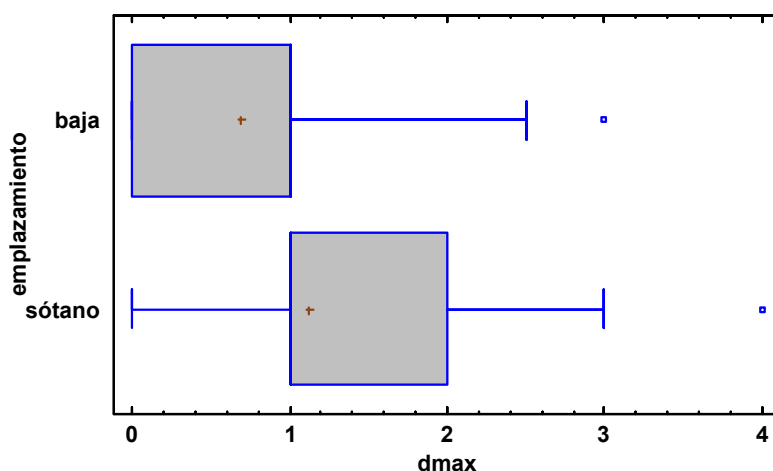
5.3.2 Estudio del efecto del nivel de emplazamiento en planta en el desplazamiento bajo fuerza máxima de extracción (d_{\max})

Analizando el diagrama de medias de los desplazamientos bajo carga máxima frente a emplazamiento de los ensayos obtenemos igualmente que ambas campañas de muestras presentan resultados estadísticamente muy distintos. Pero esta vez son los valores medios del desplazamiento de los ensayos realizados en planta sótano los que arrojan cuantías superiores a los de planta baja, según puede apreciarse en la gráfica 5.14.



gráfica 5.14 Comparación de valores medios de desplazamiento bajo fuerza máxima (d_{\max}) con emplazamiento en baja o en sótano

Son los anclajes en planta sótano los que presentan un mayor deslizamiento, según se muestra en el diagrama 5.15, a pesar de que su capacidad a tracción es notablemente inferior.



gráfica 5.15 Diagrama de caja y bigote del desplazamiento bajo fuerza máxima de extracción (d_{max}) en función del emplazamiento de los ensayos

Ocurre lo mismo con la variabilidad que ofrece el factor emplazamiento en el desplazamiento bajo carga máxima. Si analizamos la tabla 5.5 de análisis de la varianza observamos que también existen diferencias significativas.

fuelle	suma de cuadrados	grados de libertad	cuadrado medio	razón-F	valor-P
entre grupos	10,0685	1	10,0685	16,86	0,0001
intra grupos	136,137	228	0,597092		
total (correlación)	146,205	229			

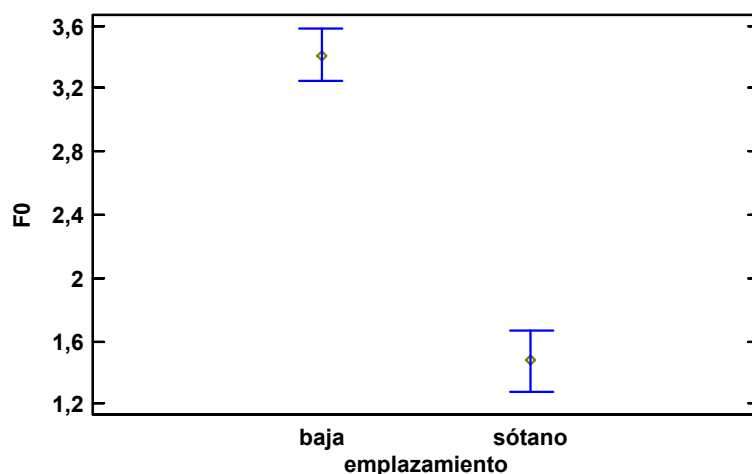
tabla 5.5 ANOVA para desplazamiento bajo carga máxima (d_{max}) por nivel de emplazamiento

De nuevo el valor-P de la prueba-F es de 0,0001, menor que 0,05, por lo que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de desplazamiento bajo carga máxima (d_{max}) entre los dos niveles del factor emplazamiento con un nivel de confianza del 95%.

5.3.3 Estudio del efecto del nivel de emplazamiento en planta en la fuerza sin desplazamiento (F_0)

Con este análisis, se busca conocer las diferencias en los valores de la resistencia sin desplazamiento que existen entre los anclajes extraídos en planta baja y los extraídos en planta sótano.

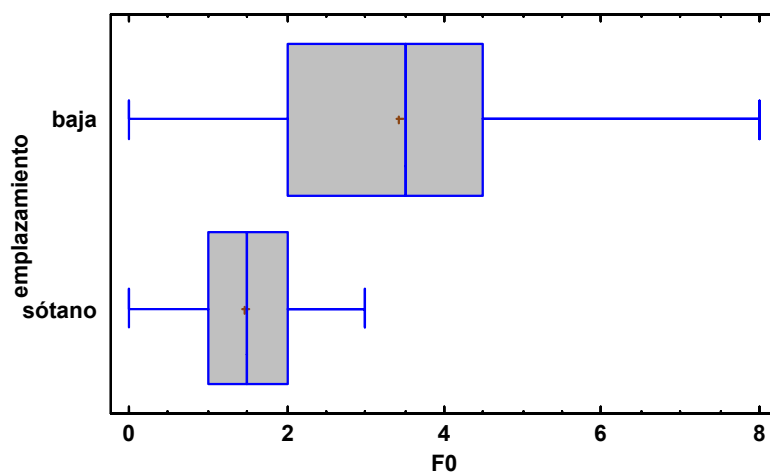
De nuevo, del diagrama de medias se desprende la gran diferencia de los intervalos de confianza de los valores medios de la fuerza con desplazamiento en los ensayos realizados en ambos niveles de emplazamiento (gráfica 5.16).



gráfica 5.16 Comparación de valores medios de fuerza sin desplazamiento (F_0) con emplazamiento en planta baja o en sótano

Comprobamos entonces que todavía existe una diferencia mayor entre los anclajes ensayados en planta baja y planta sótano, ya que estos últimos adquieren parte de su capacidad una vez el anclaje empieza a deslizar dentro del muro.

Los resultados de la gráfica 5.17 muestran como el valor del 75% de los ensayos realizados en sótano, presentan resultados iguales o inferiores al 25% de los realizados en planta alta y que además el valor máximo de los primeros no alcanza siquiera la media de los de planta baja.



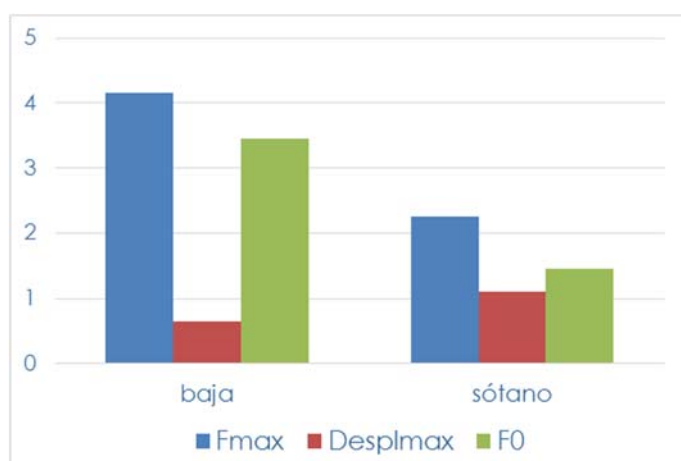
gráfica 5.17 Diagrama de caja y bigote de la fuerza sin desplazamiento (F_0) en función del emplazamiento de los ensayos

La tabla 5.6 del análisis de la varianza de nuevo vuelve a constatar que existe una diferencia estadísticamente significativa, con un nivel de confianza del 95% entre los valores característicos de fuerza sin desplazamiento para los dos niveles de factor emplazamiento, dado que el valor-P es menor que 0,05.

fuentes	suma de cuadrados	grados de libertad	cuadrado medio	razón-F	valor-P
entre grupos	209,739	1	209,739	113,02	0,0000
intra grupos	423,11	228	1,85575		
total (correlación)	632,849	229			

tabla 5.6 ANOVA para fuerza máxima sin desplazamiento (F_0) por nivel de emplazamiento de los ensayos

Por lo tanto a pesar de que los anclajes ensayados en planta sótano tienen un recorrido mayor de desplazamiento, sus valores de fuerza son significativamente menores, de los que se puede concluir que los anclajes de planta baja son más resistentes, a pesar de que pudiesen presentar mayor fragilidad antes de la rotura (gráfica 5.18).



gráfica 5.18 Gráfica comparativa de los valores característicos medios en planta baja y sótano

Los resultados obtenidos sitúan a los dos muros en con características mecánicas muy diferentes, probablemente debido a que durante su vida útil han estado sometidos a temperatura y humedad relativa distinta. Buena muestra de ello es la necesidad que hubo de retirar el revestimiento que recubría el muro de sótano por encontrarse en estado muy deteriorado, sin embargo el acabado del muro de planta baja se encontraba en perfectas condiciones de mantenimiento y se mantuvo.

El muro ensayado constituye el primer tramo de arranque de la estructura de fábrica portante y su base ha estado parcialmente en contacto con el terreno como muestra la figura 5.1. Tal y como se ha descrito en el capítulo 2 de este documento, la humedad por capilaridad ha modificado las características mecánicas del muro consiguiendo un descenso de la resistencia a arrancamiento analizada en este estudio.



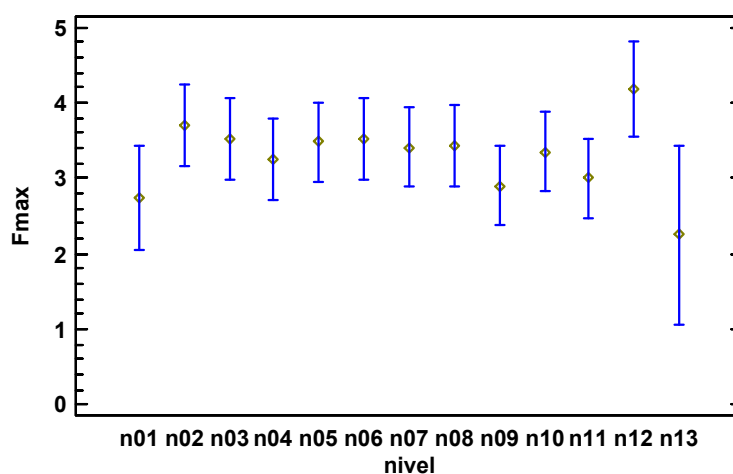
figura 5.1 Detalle de arranque de muro de sótano sobre cimentación. Las tres hiladas inferiores muestran evidencias de haber estado en contacto con el terreno.

5.4 Estudio del efecto del nivel (cota) de ensayo de los anclajes

5.4.1 Estudio del efecto del nivel (cota) en la fuerza máxima de extracción (F_{\max})

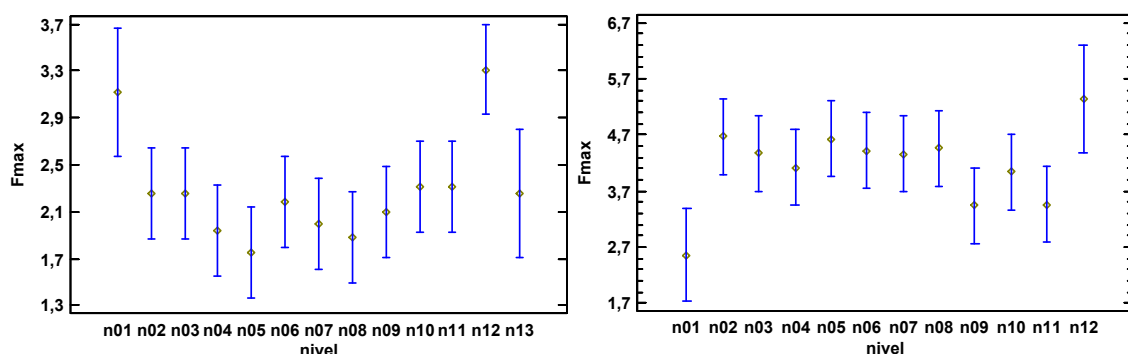
Los experimentos de extracción se han llevado a cabo en distintas hiladas y juntas con distintas alturas, siguiendo la distribución recogida entre las figuras 3.16 y 3.17. El comportamiento de un muro de ladrillo en estado de carga es heterogéneo y difícil de predecir.

Si analizamos la variabilidad existente entre los intervalos de confianza de la media de las extracciones según su nivel o cota de extracción, se puede observar en la gráfica 5.19 que apenas existen diferencias significativas entre ellos, a pesar de que es posible detectar alguna si se analizan por pares.



gráfica 5.19 Comparación de valores medios de fuerza máxima de extracción (F_{\max}) con los distintos niveles ensayados

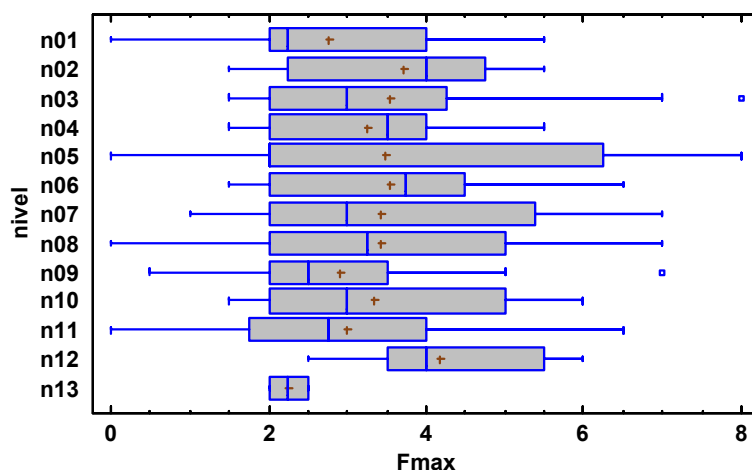
La gráfica 5.20 a/ en planta sótano y b/ en planta baja ofrece una valoración por plantas de la variabilidad que el factor nivel de ensayo tiene sobre la fuerza de arrancamiento.



gráfica 5.20 Comparación de valores medios de fuerza máxima de extracción (F_{\max}) con los distintos niveles ensayados a/ en planta sótano y b/ en planta baja

En la gráfica observamos cómo incluso los niveles con resultados mayores en un emplazamiento, son los menores en el otro, lo que impide sacar conclusiones de comportamiento predecible asociado a su posición en altura por planta.

Incluso el diagrama de caja y bigotes de la gráfica 5.21, contempla que el primer cuarto, correspondiente al 25% de los ensayos, al menos tiene una resistencia de 2kN en prácticamente todos los niveles estudiados.



gráfica 5.21 Diagrama de caja y bigote de la fuerza máxima de extracción (F_{\max}) en función de los distintos niveles o cotas de los ensayos

Realizando un análisis de la varianza (tabla 5.7) de la fuerza máxima de extracción considerando la cota de ensayo en altura como factor, se obtiene que no existe diferencia estadísticamente significativa con un nivel de confianza del 95% entre ellos.

fuentes	suma de cuadrados	grados de libertad	cuadrado medio	razón-F	valor-P
entre grupos	29,6428	12	2,47023	0,85	0,6018
intra grupos	632,738	217	2,91584		
total (correlación)	662,381	229			

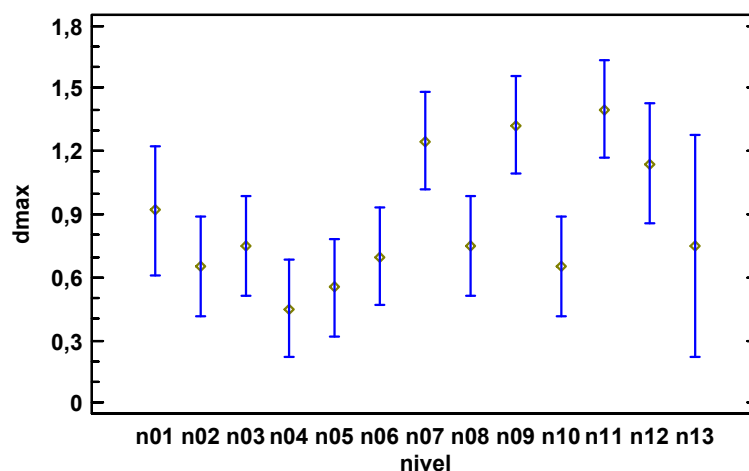
tabla 5.7 ANOVA para fuerza máxima de extracción (F_{\max}) por nivel o cota de ensayo

Todos las extracciones realizadas en los paños ensayados se han realizados en las mismas condiciones de temperatura, humedad, herramienta y operario de extracción, etc, por lo que se puede descartar la existencia de una variable no controlada que altere los resultados de cada uno de ellos.

Todo esto confirma que los valores del estado tensional en los muros de fábrica antiguos tiene un comportamiento heterogéneo, y que no es posible predecir el valor respuesta de los anclajes colocados.

5.4.2 Estudio del efecto del nivel (cota) en el desplazamiento bajo fuerza máxima (d_{\max})

Para conocer la importancia que tienen los distintos niveles de ensayo por planta en el desplazamiento del anclaje bajo carga máxima, comparamos en primer lugar las medias de los resultados de los ensayos en la gráfica 5.22.



gráfica 5.22 Comparación de valores medios de desplazamiento bajo fuerza máxima (d_{\max}) con los distintos niveles ensayados

Como se puede apreciar, a pesar de la mayor variabilidad, existen diferencias significativas por pares entre las filas ensayadas, que corresponden precisamente a la situación alternativa del anclaje en tendel o en pieza, siendo superiores los desplazamientos de las líneas de ensayo que corresponden a tendeles. En ningún caso es posible asociar los resultados obtenidos a un nivel

genérico (alto, bajo o intermedio) de ensayo, ya los resultados de las mismas características, apenas presentan diferencias entre sus intervalos de confianza.

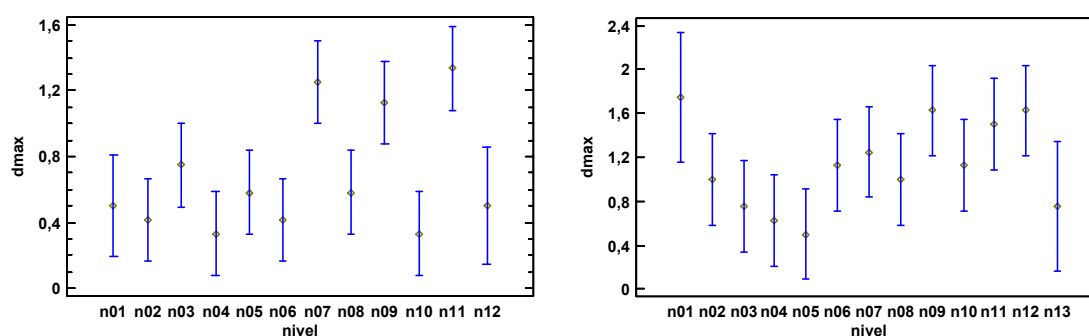
Si analizamos la tabla 5.8 de análisis de la varianza con el nivel de ensayo como factor tenemos que:

fuelle	suma de cuadrados	grados de libertad	cuadrado medio	razón-F	valor-P
entre grupos	22,437	12	1,86975	3,28	0,0002
intra grupos	123,768	217	0,570362		
total (correlación)	146,205	229			

tabla 5.8 ANOVA para desplazamiento bajo fuerza máxima de extracción (d_{\max}) por nivel o cota de ensayo

A pesar de que el valor-P de la prueba-F es menor que 0,05, (tabla 5.8) lo que supone que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de desplazamiento bajo fuerza máxima (d_{\max}) entre los distintos niveles del factor nivel, no es posible predecir un modelo de comportamiento extrapolable a los muros objetos de ensayo.

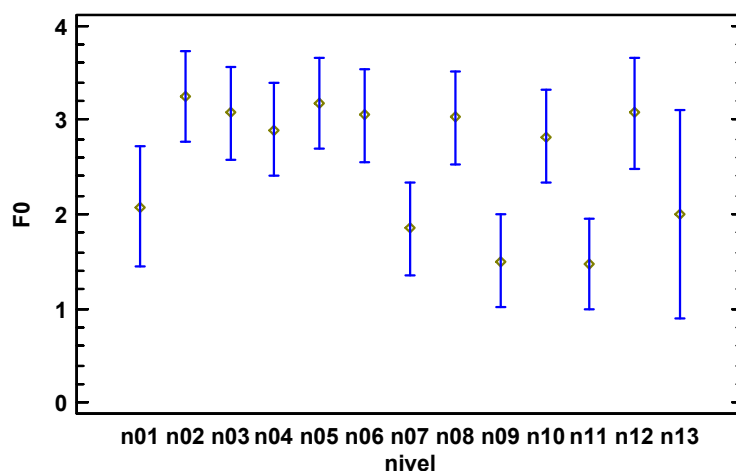
De hecho, si se analiza de nuevo la influencia del factor nivel en el comportamiento del desplazamiento de los anclajes por planta de emplazamiento, es posible de nuevo detectar la existencia de un patrón fijo que muestra como los ensayos en pieza y los ensayos en tendel presentan desplazamientos distintos, pero no permite establecer patrón alguno que justifique la variabilidad entre los ensayos de cada uno de los grupos, según se desprende de la gráfica 5.23.



gráfica 5.23 Comparación de valores medios de desplazamiento bajo fuerza máxima (d_{\max}) con los distintos niveles ensayados a/ en planta sótano y b/ en planta baja

5.4.3 Estudio del efecto del nivel (cota) en la fuerza sin desplazamiento (F_0)

El test de medias (gráfica 5.24) nos permite valorar de nuevo la independencia entre los grados de confianza de los ensayos clasificados en función del nivel de extracción.



gráfica 5.24 Comparación de valores medios de fuerza sin desplazamiento (F_0) con los distintos niveles ensayados

En la gráfica podemos observar que sí existe independencia entre algunas hiladas, si se toman por pares, pero es de nuevo la que justifica un comportamiento diferente entre anclajes en pieza y anclajes en tendel horizontal, Otra vez es destacable la ausencia de una ley que rijan el comportamiento en grupos.

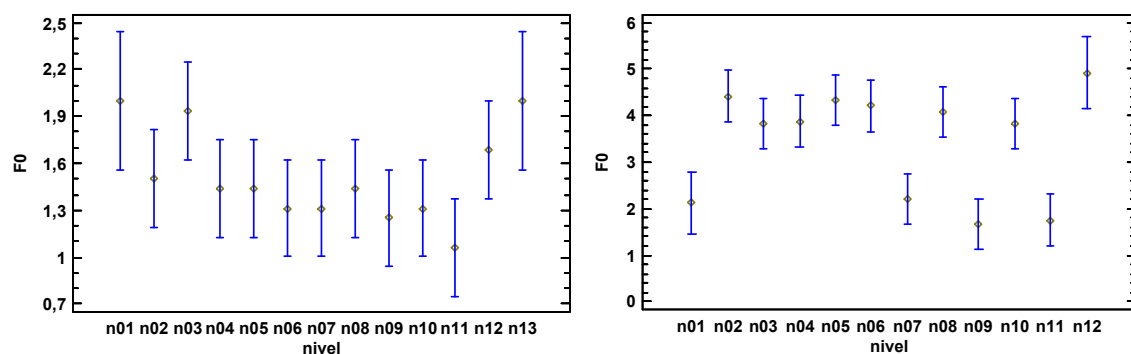
La tabla 5.9 del análisis de la varianza indica la existencia de diferencias significativas entre las medias de la fuerza sin desplazamiento (F_0) para los distintos niveles del factor nivel ensayado.

fuelle	suma de cuadrados	grados de libertad	cuadrado medio	razón-F	valor-P
entre grupos	98,5662	12	8,21385	3,34	0,0002
intra grupos	534,283	217	2,46213		
total (correlación)	632,849	229			

tabla 5.9 ANOVA para fuerza sin desplazamiento (F_0) por nivel o cota de ensayo

No obstante, no es posible explicar la variabilidad existente con el modelo porque no existe una ley de comportamiento tensional extrapolable a él.

El estudio del comportamiento independiente por plantas (gráfica 5.25) pone de manifiesto la existencia de diferencias entre el conjunto de ensayos correspondiente a los niveles pares (asociados a pieza) y los niveles impares (asociados a tendel), pero en ningún caso es posible diferenciar un comportamiento entre los anclajes de cada uno de los grupos.



gráfica 5.25 Comparación de valores medios de fuerza sin desplazamiento (F_0) con los distintos niveles ensayados a/ en planta sótano y b/ en planta baja

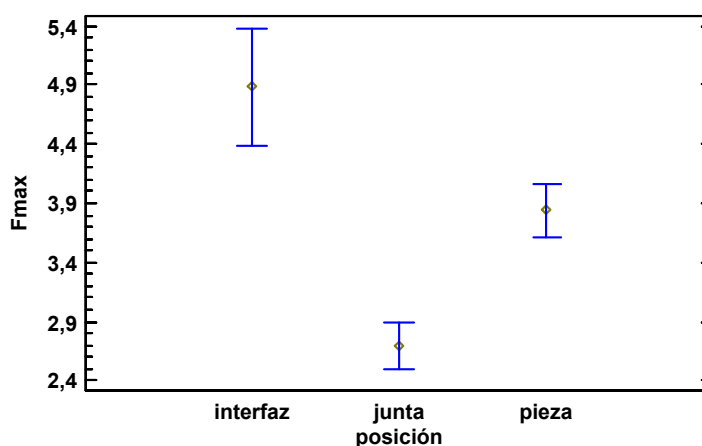
5.5 Estudio del efecto de la posición relativa en pieza de los anclajes

En este apartado se analiza la variabilidad que el factor posición relativa del ensayo respecto de la pieza ensayada tiene en los valores respuesta obtenidos en los experimentos.

5.5.1 Estudio del efecto de la posición relativa en pieza en la fuerza máxima de extracción (F_{\max})

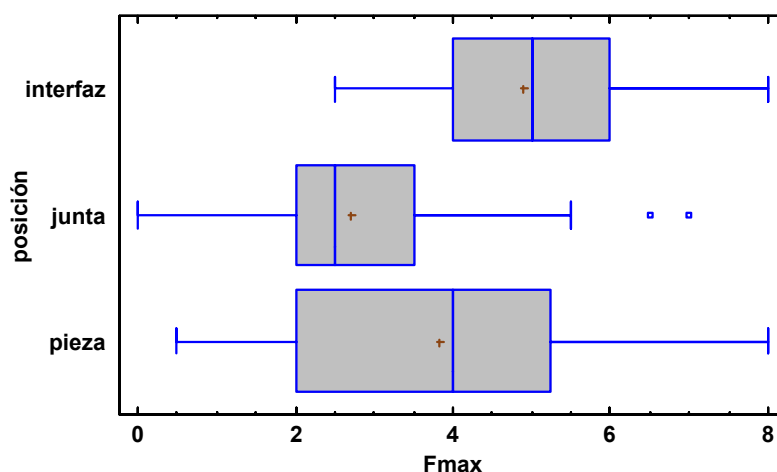
Con el objetivo de conocer el grado variabilidad que supone en el experimento de extracción de anclajes la situación relativa del mismo respecto de una pieza de ladrillo, los resultados del ensayo se han realizado en un factor con tres niveles: pieza, junta o interfaz entre ambas.

En la gráfica de medias 5.26, es posible observar como los intervalos de confianza de cada uno de los experimentos no presentan longitud de superposición, lo que indica que en el comportamiento a arrancamiento, la fuerza máxima para extraer los anclajes presenta diferencias significativas entre todos los experimentos.



gráfica 5.26 Comparación de valores medios de fuerza máxima de extracción (F_{\max}) con las distintas posiciones ensayadas

A continuación, se muestra el diagrama de caja y bigotes (gráfica 5.27)



gráfica 5.27 Diagrama de caja y bigote de la fuerza máxima de extracción (F_{max}) en función de los distintos posiciones ensayadas

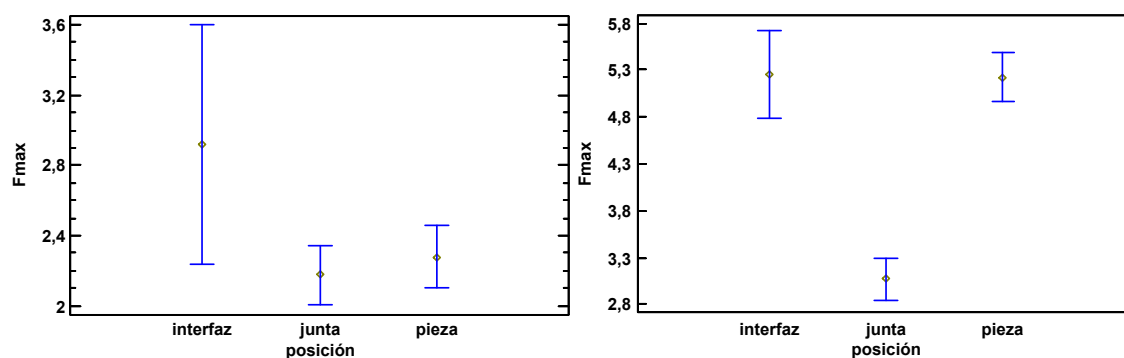
La gráfica pone en relieve las diferencias de comportamiento que presentan todas las posiciones de colocación de los anclajes frente a la fuerza máxima que alcanzan antes de su rotura. Resulta relevante como los ensayos realizados en la interfaz de ladrillo con pieza presentan valores superiores a las otras dos posiciones.

Según los datos obtenidos del análisis de la varianza (tabla 5.10) existe una diferencia estadísticamente significativa entre los niveles de situación. Analizando las diferencias entre las medias de todos ellos mediante la prueba de múltiples rangos, se obtiene a su vez que los tres niveles son significativamente distintos entre sí.

fuelle	suma de cuadrados	grados de libertad	cuadrado medio	razón-F	valor-P
entre grupos	116,633	2	58,3164	24,26	0,0000
intra grupos	545,748	227	2,40418		
total (correlación)	662,381	229			

tabla 5.10 ANOVA para fuerza máxima de extracción (F_{max}) por posición de ensayo

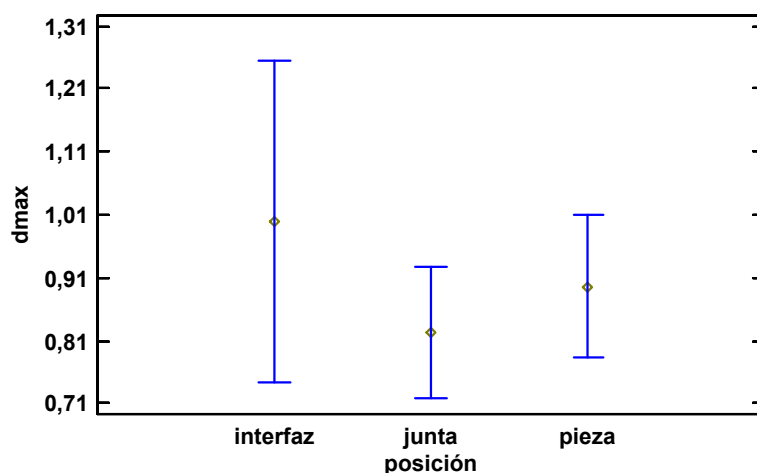
Si analizamos separadamente los anclajes situados en planta sótano y en planta baja (gráfica 5.28), presentan comportamientos diferentes. Los anclajes situados en planta sótano tiene un comportamiento similar si se sitúan en junta o en pieza, probablemente debido a que la fábrica de ladrillo se encontraba en peor estado de conservación y más húmedo, motivo por el cual tuvo que ser retirado el revestimiento. Los anclajes ensayados en planta baja, presenta diferencias significativas en su comportamiento en junta o en pieza. En este caso la fábrica de ladrillo se encontraba en buen estado de conservación y el revestimiento presenta buena adherencia al soporte.



gráfica 5.28 Comparación de valores medios de fuerza máxima de extracción con las distintas posiciones ensayadas a/ en planta sótano y b/ en planta baja

5.5.2 Estudio del efecto de la posición relativa en pieza en el desplazamiento bajo fuerza máxima de extracción (d_{max})

Si se analiza cómo varía el deslizamiento de un anclaje durante el ensayo con los anclajes ensayados en pieza, en junta o en interfaz entre ambos, podemos afirmar que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres niveles del factor, aunque la media de los ensayos realizados en junta es inferior a los realizados en pieza, que a su vez es inferior a los realizados en la interfaz de las dos (gráfica 5.29).



gráfica 5.29 Comparación de valores medios de desplazamiento bajo fuerza máxima de extracción (d_{max}) con las distintas posiciones ensayadas

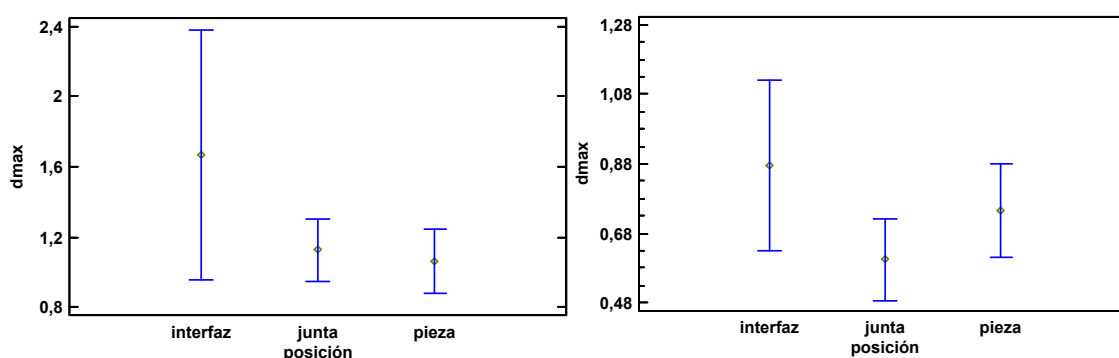
La tabla 5.11 del ANOVA descompone la varianza de desplazamiento bajo carga máxima (d_{max}) en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de grupos.

fuentes	suma de cuadrados	grados de libertad	cuadrado medio	razón-F	valor-P
entre grupos	0,651449	2	0,325725	0,51	0,6024
intra grupos	145,554	227	0,641207		
total (correlación)	146,205	229			

tabla 5.11 ANOVA para desplazamiento bajo carga máxima (d_{\max}) por posición del ensayo

La razón-F, que en este caso es igual a 0,507987, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, se puede afirmar que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de desplazamiento bajo carga máxima (d_{\max}) entre un nivel de posición y otro, con un nivel del 95,0% de confianza.

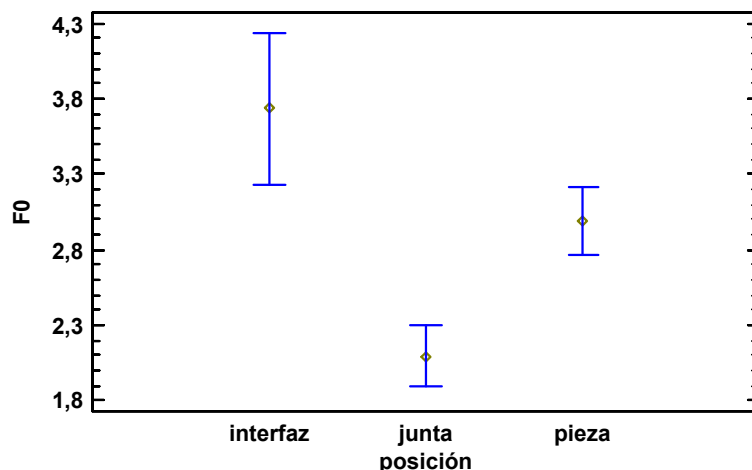
Si descomponemos la variabilidad según la posición ensayada en las dos plantas estudiadas (gráfica 5.30), se puede confirmar de nuevo que no existen diferencias significativas entre ellas, con independencia del emplazamiento del ensayo. Lo que si se comprueba es que los valores de desplazamiento en este caso son superiores en planta sótano, que en baja, lo que vuelve a confirmar el comportamiento algo más dúctil de los anclajes en esta planta.



gráfica 5.30 Comparación de valores medios de desplazamiento bajo fuerza máxima de extracción con las distintas posiciones ensayadas a/ en planta sótano y b/ en planta baja

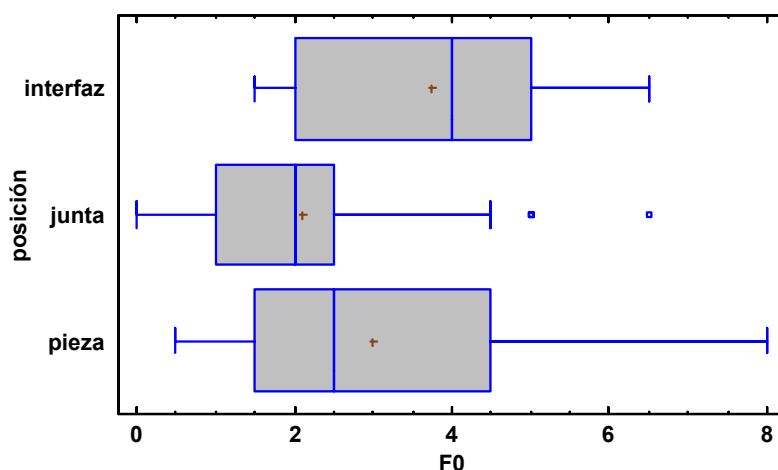
5.5.3 Estudio del efecto de la posición relativa en pieza en la fuerza sin desplazamiento (F_0)

De nuevo, este estudio vuelve a arrojar diferencias significativas en las medias de las fuerza sin desplazamiento en los anclajes situados en pieza, en junta o en sus interfaz (gráfica 5.31).



gráfica 5.31 Comparación de valores medios fuerza sin desplazamiento (F_0) con las distintas posiciones ensayadas

Es en el diagrama de caja y bigote (gráfica 5.32) donde es posible observar que los ensayos de pieza y los ensayos en interfaz presentan un comportamiento más parejo, aunque sus valores medios presenten diferencias, sin embargo los ensayos realizados en junta muestran valores de fuerza inferiores.



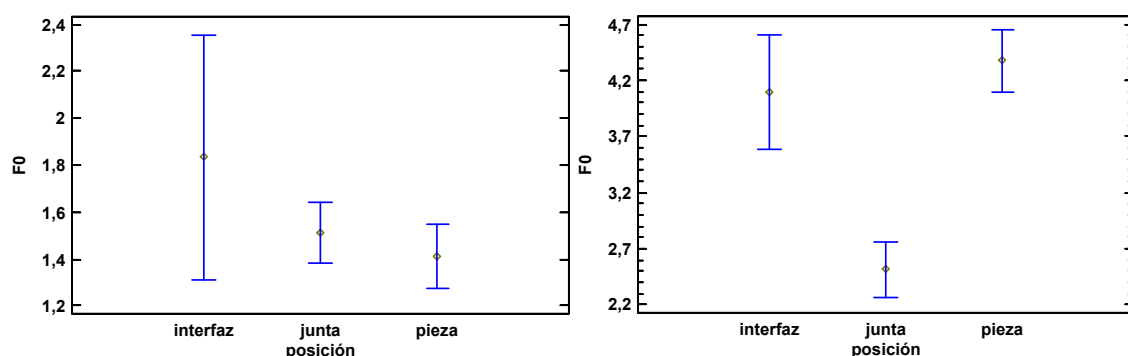
gráfica 5.32 Diagrama de caja y bigote de la fuerza sin desplazamiento (F_0) en función de la posición de ensayo

Los resultados del análisis de la varianza (tabla 5.12) confirman la hipótesis nula y establecen la existencia de diferencias significativas entre las medias para los niveles ensayados con el factor posición, con un 95% de confianza.

fuelle	suma de cuadrados	grados de libertad	cuadrado medio	razón-F	valor-P
entre grupos	67,9903	2	33,9952	13,66	0,0000
intra grupos	564,859	227	2,48836		
total (correlación)	632,849	229			

tabla 5.12 ANOVA para fuerza sin desplazamiento (F_0) por posición del ensayo

Si analizamos por separado la variabilidad producida por la posición de ensayo en la fuerza sin desplazamiento por separado en ambas plantas de emplazamiento (gráfica 5.33), observamos que el comportamiento en planta sótano de los anclajes situados en pieza y en junta es muy parecido, probablemente porque el ladrillo ensayado se encuentra en tal grado de deterioro y su resistencia se asimila a la del mortero de las juntas. En cambio, el ladrillo de planta baja, mejor conservado y revestido, sí que presenta diferencias notables de comportamiento entre los anclajes en junta y los anclajes en pieza.



gráfica 5.33 Comparación de valores medios de la fuerza sin desplazamiento (F_0) con las distintas posiciones ensayadas a/ en planta sótano y b/ en planta baja

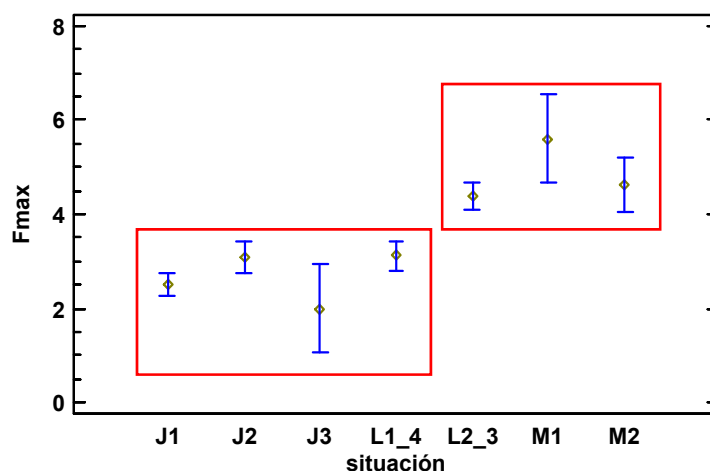
5.6 Estudio del efecto de la situación dentro del elemento ensayado

En este apartado se analiza cómo es la variable respuesta de los ensayos en función de la situación del anclaje en la pieza o en la junta ensayada, y si tiene alguna influencia que el orificio se haya realizado en el centro de la pieza o en un borde, o si dentro de la junta se encuentra en un tendel o una llaga.

5.6.1 Estudio del efecto de la situación dentro del elemento ensayado en la fuerza máxima de extracción (F_{max})

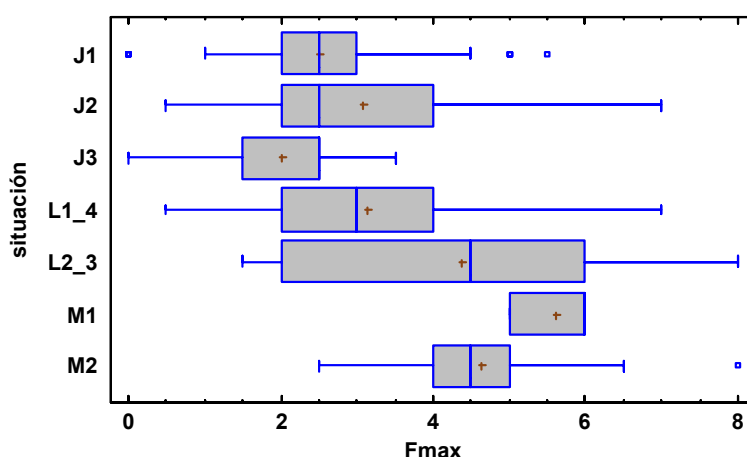
En la revisión del diagrama de medias representado en la gráfica 5.34, se pueden observar la diferencia entre los intervalos de confianza de las medias de dos grupos de ensayos.

Por un lado están los ensayos realizados en junta (J1 - cruce tendel con llaga, J2 - punto medio de tendel, J3 - llaga vertical) y el ensayo correspondiente al extremo de una pieza. Todos ellos dan valores de fuerza inferiores al resto, a pesar de presentar también diferencias dentro del mismo grupo. El otro grupo, con valores superiores de resistencia, está formado por los anclajes situados en los dos cuartos centrales de la pieza (J2) y los anclajes situados en la interfaz ladrillo pieza (J1 - en esquina y J2 en borde longitudinal).



gráfica 5.34 Comparación de valores medios fuerza máxima de extracción (F_{\max}) con las distintas situaciones ensayadas dentro del elemento

La gráfica 5.35 muestra la distribución por cuartos de las extracciones. La mediana de los datos de extracciones en el centro de la pieza es holgadamente superior a 75% de los valores de extracciones en junta, independientemente de su posición.



gráfica 5.35 Diagrama de caja y bigote de la fuerza máxima de extracción (F_{\max}) en función de la situación dentro del elemento ensayado

La tabla ANOVA 5.13 indica que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de fuerza máxima de extracción (F_{\max}), entre los diferentes niveles del factor – situación con un nivel de confianza del 95%.

fuelle	suma de cuadrados	grados de libertad	cuadrado medio	razón-F	valor-P
entre grupos	168,258	6	28,0429	12,66	0,0000
intra grupos	494,123	223	2,2158		
total (correlación)	662,381	229			

tabla 5.13 ANOVA para fuerza máxima de extracción (F_{\max}) por situación dentro del elemento ensayado

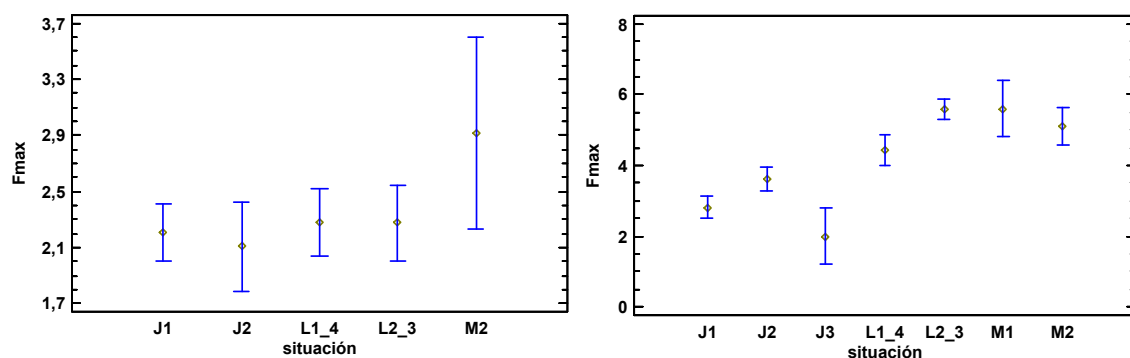
El procedimiento para encontrar las diferencias entre los rangos de los niveles del factor estudiado es el de la Diferencia Mínima Significativa (LSD) de Fisher, con el que se puede conocer la heterogeneidad entre grupos con un 95% de confianza. En la tabla 5.14 se han identificado tres grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas, por lo que no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.

situación	casos	media	grupos homogéneos
J3	5	2,0	XX
J1	69	2,51449	X
J2	41	3,09146	XX
L1_4	41	3,12195	X
L2_3	55	4,37727	X
M2	14	4,625	X
M1	5	5,6	X

tabla 5.14 LSD de Fisher para fuerza máxima de extracción (F_{\max}) por situación dentro del elemento ensayado

Por lo tanto un primer grupo estaría formado por los ensayos realizados en J1- cruce tendel con llaga, J2- punto intermedio de tendel y J3- llaga. El segundo grupo lo formarían los ensayos realizados en J2- punto intermedio de tendel, J3- llaga y L1_4 primer y cuarto cuarto de la pieza de ladrillo. Finalmente, el tercer grupo estaría compuesto por los ensayos realizados en L2_3 segundo y tercer cuarto de la pieza de ladrillo, M1 en la interfaz entre ambos en una esquina y M2 en la interfaz entre ambos en borde longitudinal.

Analizando de manera independiente la variabilidad de la situación dentro del elemento ensayado en cada una de los emplazamientos del mismo muro estudiados (gráfica 5.36), volvemos a observar que los ensayos realizados en planta sótano, donde las características mecánicas del ladrillo se encuentran en un estado próximo al del mortero, apenas existe diferencia entre los anclajes situados en junta y los anclajes situados en pieza. Por el contrario, los ensayos realizados en planta baja, vuelven a diferenciar dos grandes grupos *a priori*, aunque esta vez los ensayos en borde de pieza de ladrillo presentan resultados mejores a los de junta.



gráfica 5.36 Comparación de valores medios de la fuerza máxima de extracción (F_{\max}) con las distintas situaciones ensayadas dentro del elemento, a/ en planta sótano y b/ en planta baja

Mediante el procedimiento LSD mostrado en la tabla 5.15, no se detectan diferencias significativas entre los niveles del factor situación en los ensayos de planta sótano. Sin embargo, analizando los datos de planta baja, pueden identificarse cuatro grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. Un primer grupo estaría compuesto por los ensayos realizados en junta J1 y J3. El segundo grupo lo forma sólo en ensayo de junta J2. En tercer grupo lo integrarían los ensayos en interfaz M1 y M2 y el ensayo en borde de pieza L1_4. Por último, el cuarto grupo reúne de nuevo a los ensayos en interfaz M1 y M2, pero esta vez con el ensayo en el centro de la pieza L2_3.

situación	casos	media	grupos homogéneos
J2	14	2,10714	X
J1	34	2,20588	X
L2_3	20	2,275	X
L1_4	25	2,28	X
M2	3	2,91667	X

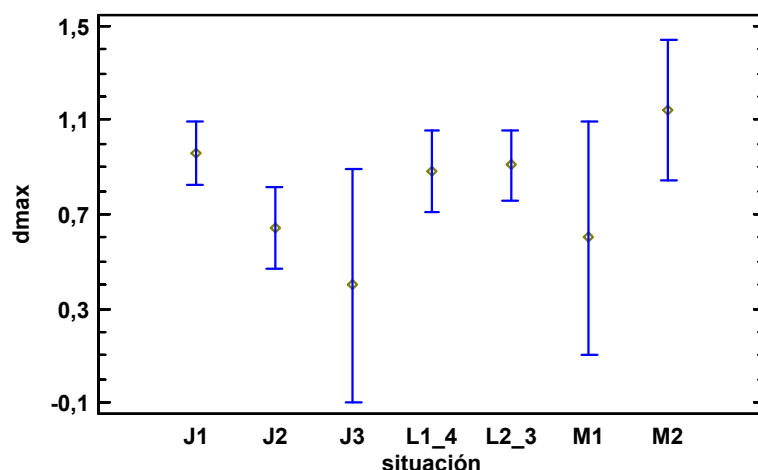
situación	casos	media	grupos homogéneos
J3	5	2,0	X
J1	35	2,81429	X
J2	27	3,60185	X
L1_4	16	4,4375	X
M2	11	5,09091	XX
L2_3	35	5,57857	X
M1	5	5,6	XX

tabla 5.15 LSD de Fisher para fuerza máxima de extracción (F_{\max}) por situación dentro del elemento ensayado, a/ en planta sótano y b/ en planta baja

Después de todos los análisis realizados en este estudio, es posible concluir que este último ensayo, el de planta baja, de valores más ajustados que la combinación entre ambos.

5.6.2 Estudio del efecto de la situación dentro del elemento ensayado en el desplazamiento bajo fuerza máxima de extracción (d_{\max})

El diagrama de la gráfica 5.37 muestra los intervalos de confianza de las medias de desplazamiento bajo carga máxima para todos los niveles del factor situación.



gráfica 5.37 Comparación de valores medios desplazamiento bajo fuerza máxima de extracción (d_{max}) con las distintas situaciones ensayadas dentro del elemento

Se puede observar que el recorrido de todas ellas presenta intersecciones, y aunque es patente la falta de solape entre pares, apenas existe significación en diferencias en el conjunto de ellas.

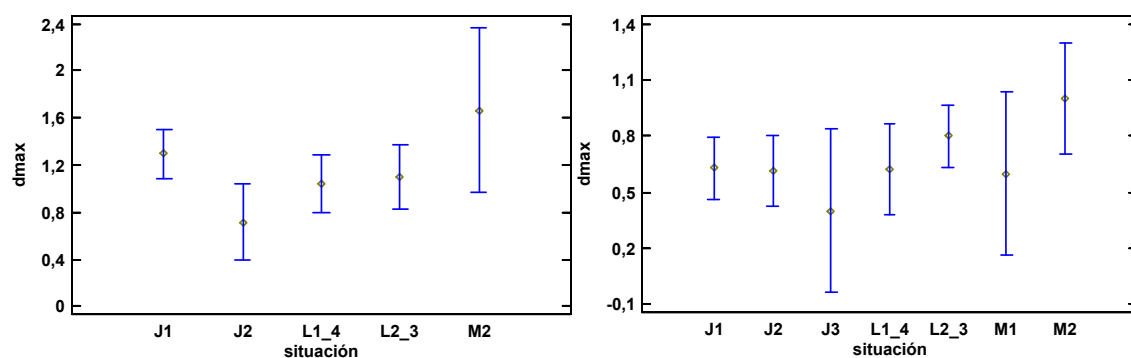
La tabla 5.16 del análisis de la varianza del desplazamiento bajo fuerza máxima de extracción, muestra la ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre los niveles del factor, con un nivel de confianza del 95%, ya que el valor-P del experimento es mayor de 0,05.

fuelle	suma de cuadrados	grados de libertad	cuadrado medio	razón-F	valor-P
entre grupos	5,16393	6	0,860656	1,36	0,2316
intra grupos	141,042	223	0,632473		
total (correlación)	146,205	229			

tabla 5.16 ANOVA para desplazamiento bajo fuerza máxima de extracción (d_{max}) por situación dentro del elemento ensayado

De esta forma podemos decir que a pesar de que para análisis anteriores se ha puesto en manifiesto factores que influyen en desplazamiento, esto no ocurre para las distintas situaciones en el elemento ensayado, por lo que las diferencias de comportamiento entre ambas no se deben a su deslizamiento en el elemento alojado.

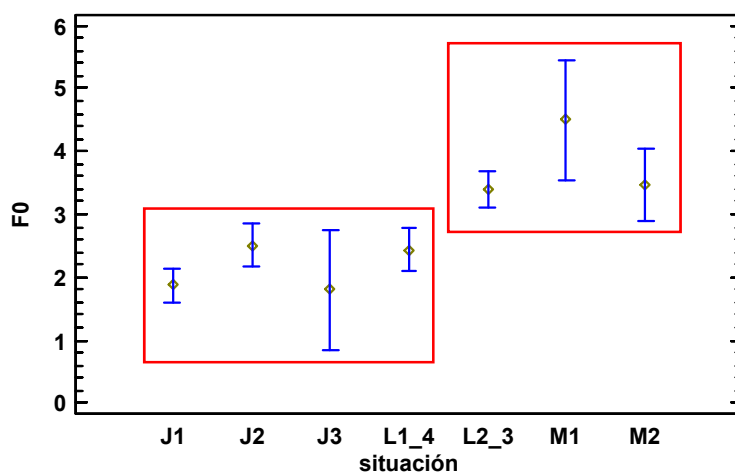
Si realizamos el análisis por emplazamiento en las dos plantas en las que se han realizado extracciones en el muro, confirmamos que efectivamente no existen diferencias en el comportamiento para los dos casos (gráfica 5.38).



gráfica 5.38 Comparación de valores medios del desplazamiento bajo fuerza máxima de extracción (d_{max}) con las distintas situaciones ensayadas dentro del elemento, a/ en planta sótano y b/ en planta baja

5.6.3 Estudio del efecto de la situación dentro del elemento ensayado en la fuerza sin desplazamiento (F_0)

Los resultados son muy similares a los obtenidos para la fuerza máxima de extracción. Se repite la aparición de dos grupos de intervalos de confianza que pueden parecer a primera vista homogéneos entre ellos. De nuevo se manifiesta que los anclajes insertados en junta presentan una resistencia menor a la extracción (sin deslizamiento) que las que están en pieza (gráfica 5.39).



gráfica 5.39 Comparación de valores medios de fuerza sin desplazamiento (F_0) con las distintas situaciones ensayadas dentro del elemento

La tabla 5.17 del análisis de la varianza de la fuerza sin deslizamiento (F_0) frente a la posición del anclaje dentro del elemento ensayado vuelve a confirmar la existencia de diferencias significativas entre los niveles del factor ensayado, con una confianza del 95%.

fuentes	suma de cuadrados	grados de libertad	cuadrado medio	razón-F	valor-P
entre grupos	104,304	6	17,384	7,33	0,0000
intra grupos	528,545	223	2,37016		
total (correlación)	632,849	229			

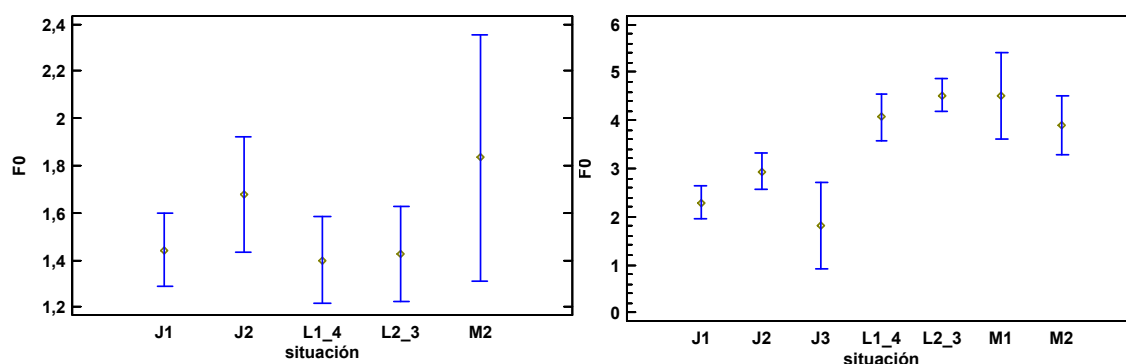
tabla 5.17 ANOVA para fuerza sin desplazamiento (F_0) por situación dentro del elemento ensayado

Para conocer qué grupos presentan homogeneidad entre ellos, utilizamos de nuevo el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher. De tal forma que se han identificado tres grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas (tabla 5.18). Los grupos que presentan homogeneidad en sus intervalos de confianza son los mismos que resultaron en el análisis de la fuerza máxima de extracción, por lo que se vuelven a confirmar las hipótesis establecidas.

situación	casos	media	grupos homogéneos
J3	5	1,8	XX
J1	69	1,86957	X
L1_4	41	2,43902	XX
J2	41	2,5122	X
L2_3	55	3,39091	X
M2	14	3,46429	X
M1	5	4,5	X

tabla 5.18 LSD de Fisher para fuerza sin desplazamiento (F_0) por situación dentro del elemento ensayado

Si realizamos una valoración de los resultados obtenidos por plantas, la gráfica 5.40 a y b nos muestra el diagrama de los intervalos de confianza de las medias de los niveles del factor situación en planta sótano y baja.



gráfica 5.40 Comparación de valores medios de la fuerza sin desplazamiento (F_0) con las distintas situaciones ensayadas dentro del elemento, a/ en planta sótano y b/ en planta baja

Los resultados ofrecidos muestran un comportamiento muy distinto en los anclajes situados en los dos emplazamientos, sin apenas variabilidad asociada

a su situación en los de planta sótano, y con dos grupos con comportamientos bien diferenciados de los anclajes de junta y de pieza en planta baja.

situación	casos	media	grupos homogéneos
L1_4	25	1,4	X
L2_3	20	1,425	X
J1	34	1,44118	X
J2	14	1,67857	X
M2	3	1,83333	X

situación	casos	media	grupos homogéneos
J3	5	1,8	X
J1	35	2,28571	X
J2	27	2,94444	XX
M2	11	3,90909	XX
L1_4	16	4,0625	X
M1	5	4,5	X
L2_3	35	4,51429	X

tabla 5.19 LSD de Fisher para fuerza sin desplazamiento (F_0) por situación dentro del elemento ensayado, a/ en planta sótano y b/ en planta baja

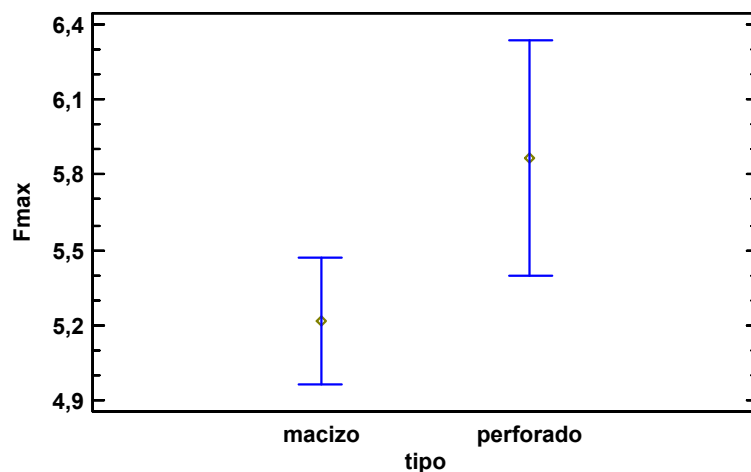
Resulta más realista obtener conclusiones de comportamiento de un muro en buenas condiciones de conservación como el de planta baja, donde la comprobación LSD (tabla 5.19) muestra la existencia de tres grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. El primero formado por todas las extracciones en junta (J1, J2 y J3). El segundo formado por las extracciones en junta en el punto medio del tendel (J2) y las realizadas en la interfaz junta-ladrillo más o menos en la misma posición (M2). El tercer grupo es el conformado por los anclajes situados en pieza (L1_4 y L2_3) y los ubicados en la interfaz (M1 y M2).

5.7 Estudio del efecto del tipo de pieza cerámica ensayada

Los ensayos realizados se han llevado a cabo en fábricas ejecutadas con dos tipos de ladrillos diferentes, ambas revestidas con mortero. En este apartado se comparan los resultados de las extracciones realizadas en pieza de estos dos tipos de ladrillos, para saber si existen diferencias significativas entre las resistencias características obtenidas.

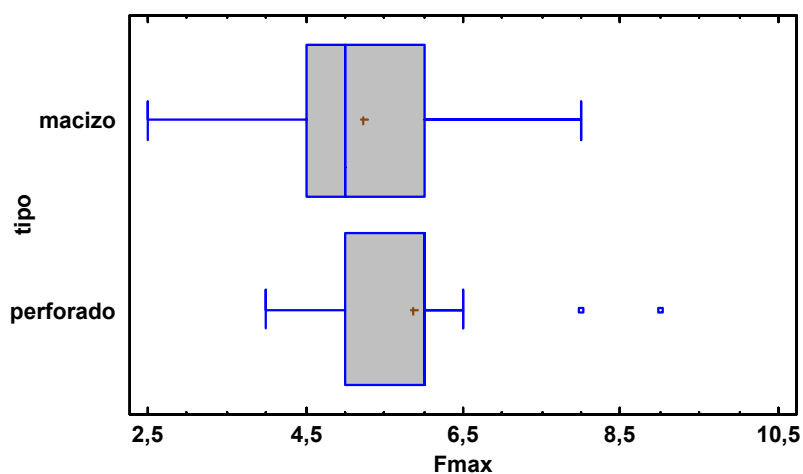
5.7.1 Estudio del efecto del tipo de pieza cerámica ensayada en la fuerza máxima de arrancamiento (F_{\max})

Con el fin de determinar de grado de influencia que tiene el tipo de pieza cerámica que forma parte de la fábrica ensayada en la fuerza máxima de arrancamiento para la extracción del anclaje, se comparan los valores medios de ambos experimentos, según se muestra en la gráfica 5.41. En ellos se observa una superposición de los intervalos de confianza de ambos ensayos, dando en este caso valores ligeramente superiores las extracciones realizadas en ladrillo perforado, a pesar de no existir una gran diferencia entre sus valores medios.



gráfica 5.41 Comparación de valores medios de fuerza máxima de arrancamiento (F_{max}) con los distintos tipos de pieza ensayados

El análisis del diagrama de caja y bigote de la gráfica 5.42, muestra los valores de cada uno de los cuartos, así como el grado de amplitud de los de cada uno de ellos. En él se puede observar que los ensayos realizados en piezas macizas presentan mayor variabilidad que los realizados en ladrillo perforado. Probablemente, este fenómeno sea debido a que el muro de fábrica de ladrillo perforado ensayado, presentase una composición de piezas industrializadas más homogénea que las piezas artesanales macizas del otro muro estudiado.



gráfica 5.42 Diagrama de caja y bigote de fuerza máxima de arrancamiento (F_{max}) con ladrillo macizo y perforado

Si realizamos una diagnosis del modelo mediante análisis de la varianza recogido en la tabla 5.18 se obtiene:

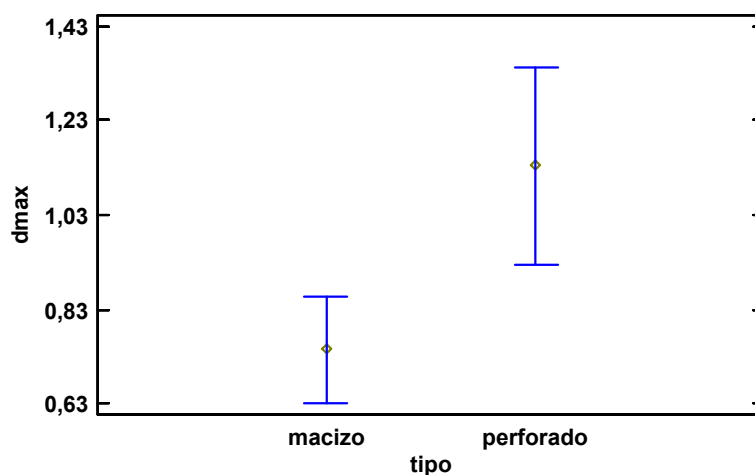
fuerza	suma de cuadrados	grados de libertad	cuadrado medio	razón-F	valor-P
entre grupos	4,83825	1	4,83825	2,96	0,0901
intra grupos	104,564	64	1,63382		
total (correlación)	109,402	65			

tabla 5.18 ANOVA para fuerza máxima de arrancamiento (F_{\max}) por tipo de ladrillo ensayado

De la tabla se desprende que dado que el valor-P de la razón-F es mayor o igual que 0,05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de fuerza máxima de arrancamiento (F_{\max}) para ambos tipos de ladrillo con un nivel de confianza del 95%.

5.7.2 Estudio del efecto del tipo de pieza cerámica ensayada en el desplazamiento bajo fuerza máxima (d_{\max})

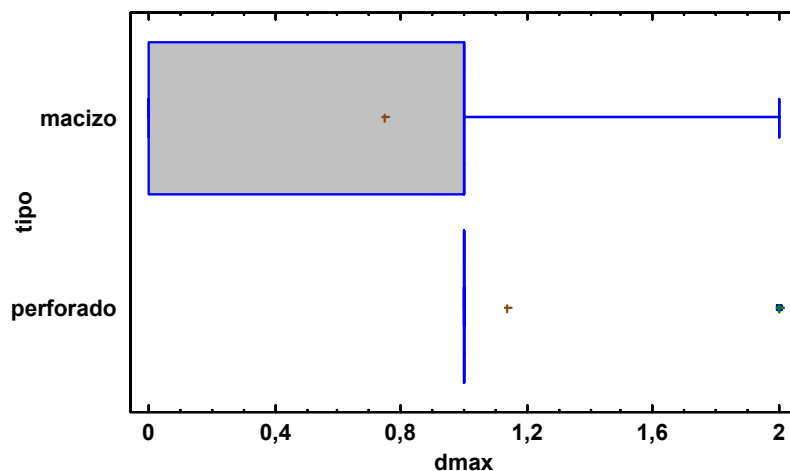
Si analizamos la influencia que tiene en el desplazamiento de la vaina de poliamida y su anclaje el tipo de pieza cerámica ensayada, es posible apreciar en la gráfica de medias, como los intervalos de confianza de ambos ensayos apenas se superponen, ofreciendo los ensayos de arrancamiento situados en pieza de ladrillo perforado desplazamientos superiores a los de las piezas macizas (gráfica 5.43). Este fenómeno es debido, probablemente, a que no todo el fuste del taco plástico encuentra material cerámico en el que ofrecer resistencia por rozamiento, por la configuración de orificios de la propia pieza perforada.



gráfica 5.43 Comparación de valores medios de desplazamiento bajo fuerza máxima (d_{\max}) con los distintos tipos de pieza ensayados

Como se ha señalado anteriormente, debido al carácter manual de las operaciones de extracción, el conjunto de resultados de arrancamiento presenta un valor discreto. Sin embargo, resulta interesante señalar como las extracciones realizadas en ladrillo perforado presentan siempre un

desplazamiento igual o superior a la unidad, mientras que los ensayos realizados en ladrillo macizo recogen también valores por debajo de 1mm (gráfica 5.44).



gráfica 5.44 Diagrama de caja y bigote de desplazamiento bajo fuerza máxima (d_{\max}) con ladrillo macizo y perforado

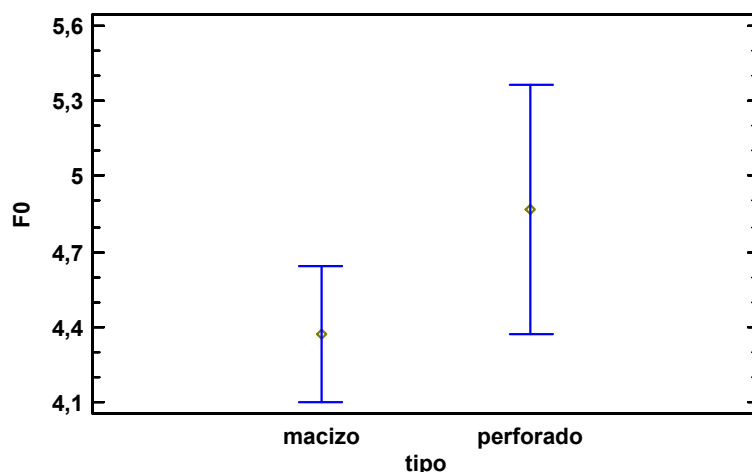
El análisis de la varianza de la tabla 5.19 muestra un valor-P menor que 0,05, por lo que podemos decir que existe una diferencia estadísticamente significativa para la media de desplazamiento bajo fuerza máxima (d_{\max}) entre las extracciones realizadas en ladrillo macizo y las realizadas en ladrillo perforado, con un nivel de confianza del 95%.

fuelle	suma de cuadrados	grados de libertad	cuadrado medio	razón-F	valor-P
entre grupos	1,74706	1	1,74706	5,22	0,0257
intra grupos	21,4196	64	0,334681		
total (correlación)	23,1667	65			

tabla 5.19 ANOVA para desplazamiento bajo fuerza máxima (d_{\max}) por tipo de ladrillo ensayado

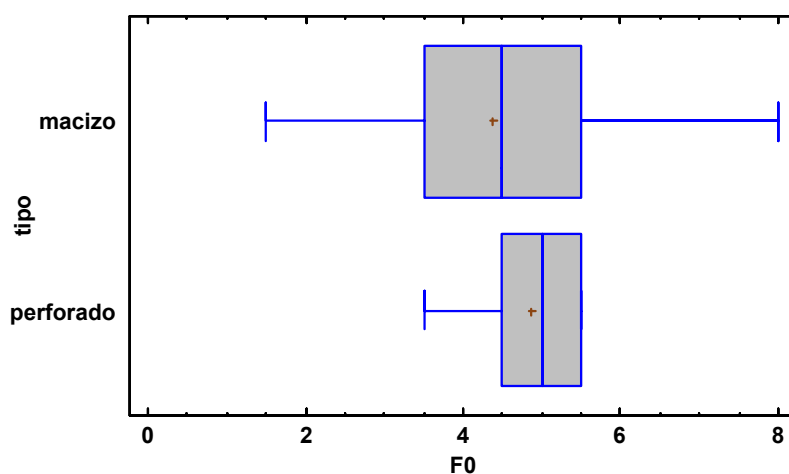
5.7.3 Estudio del efecto del tipo de pieza cerámica ensayada en la fuerza sin desplazamiento (F_0)

A continuación se realiza el análisis de la influencia que tiene el factor tipo de pieza ensayada en la variabilidad de la respuesta fuerza sin desplazamiento. Según se observa en la gráfica 5.45, a pesar de que los valores obtenidos en las extracciones realizadas en ladrillo macizo presentan valores sensiblemente inferiores a las de ladrillo perforado, existe solapamiento en los desarrollo de los intervalos de confianza de ambos experimentos. De ello se deduce que, independientemente de que los ensayos den mayores resistencias a arrancamiento a las piezas perforadas, no existen diferencias significativas en el comportamiento de ambos tipos de ladrillos.



gráfica 5.45 Comparación de valores medios de fuerza sin desplazamiento (F_0) con los distintos tipos de pieza ensayados

De nuevo se confirma con el diagrama de caja y bigotes de la gráfica 5.46 que los ensayos realizados en ladrillo macizo presentan mayor variabilidad, probablemente debido a su elaboración artesanal, donde no todas las piezas tienen la misma resistencia.



gráfica 5.46 Diagrama de caja y bigote de fuerza sin desplazamiento (F_0) con ladrillo macizo y perforado







En la tabla 5.20 del análisis de la varianza se puede observar como el valor-P de la prueba de la F es superior a 0,05, por lo que se puede afirmar que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambos tipos de ladrillos.

fuelle	suma de cuadrados	grados de libertad	cuadrado medio	razón-F	valor-P
entre grupos	2,82995	1	2,82995	1,53	0,2202
intra grupos	118,155	64	1,84617		
total (correlación)	120,985	65			

tabla 5.20 ANOVA para fuerza sin desplazamiento (F_0) por tipo de ladrillo ensayado

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES

introducción			
antecedentes		objetivos	
estado del conocimiento			
muros de fabrica		estructuras de andamio	
		anclajes	
campaña de estudio	por profundidad	por localización	por pieza
trabajo experimental			
resultados obtenidos			
análisis y discusión			
conclusiones y futuras líneas de investigación			

6 Conclusiones

6.1 Introducción

En este capítulo se incluyen las conclusiones obtenidas de los ensayos realizados para la redacción de esta tesis. Su objeto es poder extraer los resultados a casos prácticos de usos de anclajes tipo cáncamo en fachadas rehabilitadas. A continuación se estructuran las conclusiones en función de los objetivos ensayados.

6.2 Conclusiones generales del ensayo de extracción de anclajes tipo cáncamo en fábricas de ladrillo.

Durante el proceso de inserción del anclaje metálico en el taco de poliamida alojado en el orificio, éste sufre una expansión radial que provoca la compresión a su alrededor del ladrillo circundante, que origina su pulverización. Este polvo proveniente de la cerámica del ladrillo o del mortero donde se ha alojado el cáncamo, modifica las condiciones de adherencia por rozamiento entre el taco y el muro, llegando incluso a mejorar sensiblemente las condiciones mecánicas del anclaje. Para prever este comportamiento resulta imprescindible conocer *a priori* el estado, de conservación y humedad, la composición y granulometría del material donde se inserta el anclaje.

6.3 Conclusiones específicas

6.3.1 Conclusiones del efecto de la profundidad del anclaje en los valores característicos del ensayo de extracción

Los resultados de la fuerza para lograr el arrancamiento de un anclaje de acero tipo cáncamo inserto en un taco de poliamida son superiores si solamente se introduce la parte roscada, dejando la parte lisa del mismo al exterior. Una entrega total del anclaje supone la perforación mediante rotación del fondo del taco, así como una penetración completa del anclaje en el muro. No obstante, a pesar de que la longitud de entrega es superior, el último extremo del perno de acero se encuentra entregado desnudo en el muro, mientras que la parte lisa que permanece dentro del taco, carece de rozamiento. Como la adherencia del conjunto (taco y perno de anclaje) es deficiente, consigue peores resultados mecánicos.

Por otro lado, un anclaje resuelto con entrega parcial, presenta una superficie de rozamiento inferior, pero más eficaz, lo que le convierte en la posición adecuada de colocación. Es precisamente la mejor adherencia del sistema

parcial de entrega, la que consigue un comportamiento algo más dúctil de los anclajes, ya que les permite seguir recibiendo tensión una vez ha comenzado el desplazamiento del taco respecto del muro.

Por último, a pesar de que no existen diferencias significativas en los valores medios de la fuerza sin desplazamiento, los valores obtenidos son superiores en los anclajes con entrega parcial, y suceden en todos los ensayos, mientras que en los anclajes con entrega total, sólo la mitad de ellos presenta resistencia al arrancamiento una vez el taco empieza a desplazar. Todo ello confirma que la entrega parcial de un anclaje consigue resultados más satisfactorios que la entrega total.

Es frecuente que en rehabilitaciones que precisan de la instalación de una estructura de andamio, se produzca un apretado a tope de los cáncamos, dejando solamente la argolla soldada al exterior, lo que resulta contraproducente. Además, la normativa de andamios no incluye recomendaciones al respecto sobre este asunto, por lo que se aconseja la su incorporación.

6.3.2 Conclusiones del emplazamiento del anclaje y el estado de conservación del muro

Dentro de un mismo edificio, y con fábricas realizadas con el mismo tipo de ladrillo y mortero y soportando cargas similares, el estado de conservación de la fábrica es definitivo en el comportamiento a tracción del anclaje ensayado. De esta forma, cuando el ladrillo objeto del análisis ha estado sometido a condiciones ambientales extremas, fundamentalmente de humedad por capilaridad continuada, el estado de deterioro de la fábrica merma la capacidad de resistencia a arrancamiento hasta un 50%, llegando a ofrecer valores característicos en pieza y en junta muy parecidos.

Del mismo modo, el estado de descomposición logra que durante el acceso del anclaje en el taco, el material pulverizado que se genera colmata el orificio y colabora a soportar la fuerza de extracción mediante rozamiento taco-pieza. Por lo tanto, estas uniones incrementan su resistencia una vez el anclaje empieza a deslizar. Este fenómeno es de más rara ocurrencia en fábricas mejor conservadas, donde la resistencia máxima antes de la rotura coincide mayormente con la resistencia sin deslizamiento.

Por tanto, no es posible conocer la respuesta de un muro a ensayar con los valores obtenidos sólo en un punto del mismo. Los datos obtenidos en una zona, no son extrapolables al resto de la fábrica a ensayar, si el muro ha estado expuesto a distintas condiciones durante su vida útil. Por lo que resulta

conveniente realizar pruebas independientes en cada área del mismo tipo de muro en la que existan características distintas.

6.3.3 Conclusiones del emplazamiento del anclaje en altura en un mismo muro

Como se ha visto en el capítulo 2 de este documento, el comportamiento tensional de los muros de fábrica es difícil de prever con modelos de análisis convencionales, lo que impide conocer el nivel de tensión soportado por cada uno de los elementos que lo componen. Además, la forma de trabajo de los muros de fábrica, y más el de aquellos de carácter histórico, es impredecible debido a su acusada anisotropía y a su falta de homogeneidad. La distribución aleatoria de este comportamiento, así como la del reparto de los anclajes, dificulta enormemente el establecimiento *a priori* de un patrón de comportamiento que rijan este tipo de conexiones.

Así mismo, en muros antiguos de fábrica, es posible encontrar piezas de ladrillo de distinto origen, o bien con distinto punto de cocción, por su ubicación en el horno durante el proceso de cocido, lo que puede dar lugar a distintas variables respuesta dentro de un paño ejecutado de una vez y con características similares. Por otro lado la composición de las piezas cerámicas y de los morteros que las conforman posee un recorrido temporal tan amplio que su, que no siempre es posible que la caracterización de una pieza sea la del muro completo.

El comportamiento de las estructuras de fábrica centenarias no tiene una predicción sencilla, porque no existe la posibilidad de aplicar un modelo lineal que lo gobierne. Predecir el comportamiento de estos conjuntos estructurales resulta, por tanto, altamente complejo.

Todo ello ayuda a la confirmación de los resultados experimentales obtenidos en este trabajo. Por tanto, debido a la acusada anisotropía de los muros de fábrica, especialmente los históricos, no es posible predecir el comportamiento de los anclajes en función de su altura de colocación, lo que nos obliga a considerar sus valores medios como valor respuesta del conjunto del sistema constructivo donde se emplazan.

6.3.4 Conclusiones de la posición relativa del anclaje respecto de la pieza

En fábricas de ladrillo en buen estado de conservación puede afirmarse que los anclajes situados en pieza tienen un mejor comportamiento a arrancamiento que aquellos situados en junta. Los anclajes que se localizan en la interfaz entre pieza y junta tienen un comportamiento muy similar a los que están situados en pieza. En los estudios llevados a cabo en esta tesis los valores de fuerza máxima de extracción de anclajes situados en pieza ofrecen una capacidad 70%

superior a los que están situados en junta, obteniendo como valor medio de fuerza máxima para junta 3,07kN, frente a los 5,22kN en pieza. Por el contrario, cuando la fábrica de ladrillo está en peor estado de conservación, los valores obtenidos en pieza y en junta se igualan.

En relación al desplazamiento no es posible establecer una ley que describa el comportamiento de los anclajes en pieza o en junta. En los ensayos realizados en fábrica seca y con revestimiento, se confirma que los valores de deslizamiento para alcanzar la fuerza máxima son superiores en los situados en junta, frente a los situados en pieza. Por el contrario en muros de fábrica con contenido de humedad más elevado, donde además ha sido retirado el revestimiento, los valores están más igualados.

Las características mecánicas del ensayo de arrancamiento de anclajes con tacos de poliamida realizados en una fábrica en buen estado de conservación, son mejores cuando el anclaje se sitúa en pieza.

6.3.5 Conclusiones de la situación del anclaje dentro del elemento estudiado

La posición dentro del elemento en que se inserte el cáncamo de anclaje es un factor determinante en su capacidad de amarre a la fábrica. Anteriormente se ha concluido que en fábricas en buen estado de conservación los resultados de los anclajes en pieza dan valores significativamente superiores a los ensayos en junta. Ahora bien los resultados dentro de cada uno de estos elementos, también presentan diferencias en su comportamiento.

Si analizamos en comportamiento en una junta, las respuestas peores provendrán de los anclajes situados en la llaga vertical, a continuación los ubicados en el cruce con un tendel presentan resultados un 25% superior. Cualquier anclaje situado en la mitad del recorrido del tendel sobre la intersección a medios de dos hiladas de ladrillo consecutivas, dará resultados con valores 54% superiores a los primeros.

Los anclajes situados en pieza ofrecen igualmente resultados distintos asociados con su situación. Los que se encuentran alojados en los extremos de la pieza (en el primer y cuarto cuarto de su soga) presentan una capacidad de resistencia a arrancamiento 40% inferior a los situados en los dos cuartos centrales de la pieza. Resulta relevante conocer que los anclajes situados en la interfaz de una pieza con una junta ofrecen resultados similares a los situados en el centro de un ladrillo.






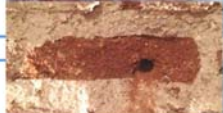
6.3.6 Conclusiones del efecto del tipo de pieza cerámica

En los ensayos realizados en este trabajo no se han encontrado diferencias significativas en el comportamiento a arrancamiento de los anclajes tipo cáncamo de acero, alojados en tacos de poliamida entre los ladrillos macizo y perforado. Si bien es cierto que los valores de resistencia presentados en los ladrillos macizos son un 12% inferiores, probablemente debido a la antigüedad de la fábrica y a la heterogeneidad que presenta el conjunto de piezas de tejar donde se han realizado los ensayos.

Por otro lado, los valores de desplazamiento obtenidos, son superiores en los ladrillos perforados. Este hecho puede ser debido a que el taco gira en vacío si encuentra un orificio en su recorrido, mientras que en una pieza maciza el taco a lo largo de su recorrido encuentra material cerámico que le ofrece una fuerza de rozamiento radial.

CAPÍTULO 7

FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

introducción			
antecedentes		objetivos	
estado del conocimiento			
muros de fabrica		estructuras de andamio	
anclajes			
campaña de estudio	por profundidad	por localización	por pieza
trabajo experimental			
resultados obtenidos			
análisis y discusión			
conclusiones y futuras líneas de investigación			

7 Futuras líneas de investigación

7.1 Introducción

Los resultados, su análisis y las conclusiones extraídas en este trabajo, han permitido conocer más de cerca el comportamiento de los anclajes de acero tipo cáncamos insertados en vainas de poliamida, colocados en situaciones reales de muros cargados, sin embargo son muchas las incógnitas que todavía quedan por despejar y que podrán formar parte de futuros trabajos de investigación.

7.2 Futuras líneas de investigación para conocer el efecto que tiene la profundidad de entrega con distintos tipos de diámetros

La campaña de ensayos realizada para comprobar el grado de afección que tiene la profundidad de entrega de un anclaje tipo cáncamo, ha arrojado resultados concluyentes en las ventajas resistentes que tiene la entrega únicamente de la parte roscada del cáncamo en el muro. No obstante, sería interesante conocer cómo sería el comportamiento en ambas situaciones de entrega (total y parcial) con diferentes tipos de diámetro.

Al tratarse de un problema de equilibrio de fuerzas, entra en juego la superficie de contacto en la interfaz taco - ladrillo, que será inferior cuanto menor sea al diámetro. A pesar de que los anclajes utilizados en este estudio, son los que habitualmente se usan en el sector como diámetro habitual para la fijación de andamios a fachadas, sería interesante conocer el modelo de comportamiento asociado a su diámetro.

Para ello, sería necesaria la preparación de series de anclajes en pieza y en junta con las dos longitudes de empotramiento y con distintos diámetros. El estudio permitiría analizar la variabilidad que ofrece el factor diámetro al comportamiento a arrancamiento del anclaje.

7.3 Futuras líneas de investigación para conocer el efecto que tiene la humedad en el ladrillo en la resistencia a arrancamiento de la fábrica

A pesar de la documentación científica existente sobre cómo afecta la humedad al ladrillo y a sus características mecánicas resistentes, no se conoce el comportamiento a arrancamiento de anclajes situados en muros de fábrica sometidos a distintos grados de humedad. Por otro lado, el agua de acceso subterráneo por capilaridad, en ocasiones puede contener sales que merman notablemente la resistencia a compresión de la pieza, llegando incluso hasta su

destrucción. Por tanto, es interesante conocer un patrón de comportamiento a arrancamiento de piezas de ladrillo sometidas a distintos grados de humedad y con contenidos diferentes de sal.

Se ha observado que el contenido de humedad afecta tanto a las piezas cerámicas como a las juntas de mortero, modificando incluso patrones generales de comportamiento a arrancamiento. Por lo tanto, sería conveniente conocer, en prototipos en laboratorio con humedad controlada, como afecta el contenido de humedad en las características mecánicas de anclajes situados en pieza y en junta.

Para ello sería necesario crear series de ladrillos introducidos en cubetas de agua con distintos tipo de concentración de sal, donde se controlase el grado de humedad por capilaridad. Posteriormente, mediante ensayos de arrancamiento locales en piezas o en tripletes, se podría conocer como es la respuesta cuando se incrementa el porcentaje de humedad y la concentración de sales a que está expuesto.

7.4 Futuras líneas de investigación para conocer el comportamiento a arrancamiento de anclajes situados en distintos tipos de pieza cerámica

Los ladrillos que conforman las fábricas históricas no tienen una composición uniforme. De hecho las piezas utilizadas en una misma edificación, pueden ser distintas según el momento histórico en que ha sido ejecutada cada una de sus fases. Conocer la composición de las piezas es posible mediante estudios de difracción por Rayos X.

A tenor de las conclusiones generales expuestas en el capítulo anterior, sería interesante la realización de ensayos de arrancamiento de anclajes en distintas piezas cerámicas. Posteriormente se realizaría un estudio mineralográfico que permitiese su caracterización. Esto permitiría establecer patrones de comportamiento por correlación, atendiendo a la composición y a la granulometría de la pieza ensayada. Los resultados facilitarían una aproximación del comportamiento a tracción de un muro de mampostería homogéneo, desde una pequeña muestra extraída.

CAPÍTULO 8

BIBLIOGRAFÍA

8 Bibliografía

8.1 Normativa y legislación vigente de referencia

- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). "UNE-EN 771-1 Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Piezas de arcilla cocida", *Normas UNE*, December, pp. 1–52, 2011.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). "UNE-EN 771-1:2011+A1 Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Piezas de arcilla cocida". *Normas UNE*, December, pp 1–60, 2016.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). "UNE-EN 771-2 Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 2: Piezas silicocalcáreas". *Normas UNE*, November, pp 1–42, 2011.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). "UNE-EN 771-2:2011+A1 Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 2: Piezas silicocalcáreas". *Normas UNE*, September, pp 1–48, 2016.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). "UNE-EN 772-1:2011+A1:2016 Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Determinación de la resistencia a compresión". *Normas UNE*, June, pp 1–16, 2016.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). "UNE-EN 772-10:1999 Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 10: Determinación del contenido en humedad de piezas silicocalcáreas y de hormigón celular curado en autoclave". *Normas UNE*, November, pp 1–8, 1999.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). "UNE-EN 772-11:2011 Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 11: Determinación de la absorción de agua por capilaridad de piezas para fábrica de albañilería de hormigón, hormigón celular curado en autoclave, piedra artificial y piedra". *Normas UNE*, September, pp 1–12, 2011.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). "UNE-EN 772-13:2001 Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Determinación de la densidad absoluta seca y de la densidad aparente seca de piezas para fábrica de albañilería. (excepto piedra natural)". *Normas UNE*, March, pp 1–10, 2001.

- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). "UNE-EN 772-16:2011 Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 16: Determinación de las dimensiones". *Normas UNE*, September, pp 1–18, 2011.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). "UNE-EN 772-18:2011 Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 18: Determinación de la resistencia al hielo-deshielo de las piezas silicocalcáreas para fábrica de albañilería". *Normas UNE*, September, pp 1–10, 2011.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). "UNE-EN 772-19:2001 Métodos de ensayo de piezas para fábricas de albañilería. Parte 19: Determinación de la dilatación a la humedad de los grandes elementos de albañilería de arcilla cocida, perforados horizontalmente". *Normas UNE*, January, pp 1–12, 2001.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). "UNE-EN 772-20:2001 Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 20: Determinación de la planeidad de las caras de piezas para fábrica de albañilería". *Normas UNE*, April, pp 0–8, 2001.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). "UNE-EN 772-20:2001/A1:2006 Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 20: Determinación de la planeidad de las caras de piezas para fábrica de albañilería". *Normas UNE*, December, pp 1–8, 2006.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). "UNE-EN 772-21:2011 Métodos de ensayo de piezas para fábricas de albañilería. Parte 21: Determinación de la absorción de agua de piezas para fábrica de albañilería de arcilla cocida y silicocalcáreas por absorción de agua fría". *Normas UNE*, September, pp 1–8, 2011.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), "UNE-EN 998-1:2010 Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 1: Morteros para revoco y enlucido," *Normas UNE*, no. December, pp. 1–26, 2010.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), "UNE-EN 998-2:2012 Especificaciones de los morteros para albañilería. Parte 2: Morteros para albañilería," *Normas UNE*, no. May, pp. 1–30, 2012.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), "UNE-EN 1015-1:1999 Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 1:

Determinación de la distribución granulométrica (por tamizado),” *Normas UNE*, no. June, pp. 1–12, 1999.

- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), “UNE-EN 1015-1:1999/A1:2007 Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 1: Determinación de la distribución granulométrica (por tamizado).”, *Normas UNE*, no. September, pp. 1–6, 2007.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), “UNE-EN 1015-10:2000 Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 10: Determinación de la densidad aparente en seco del mortero endurecido,” *Normas UNE*, no. March, pp. 1-10, 2000.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), “UNE-EN 1015-10:2000/A1:2007 I Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 10: Determinación de la densidad aparente en seco del mortero endurecido,” *Normas UNE*, no. September, pp. 1-6, 2007.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), “UNE-EN 1015-11:2000 Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 11: Determinación de la resistencia a flexión y a compresión del mortero endurecido,” *Normas UNE*, no. March, pp. 1–16, 2000.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), “UNE-EN 1015-11:2000/A1:2007 Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 11: Determinación de la resistencia a flexión y a compresión del mortero endurecido,” *Normas UNE*, no. October, pp. 1–8, 2007.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), “UNE-EN 1015-18:2003 Métodos de ensayo de los morteros para albañilería. Parte 18: Determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad del mortero endurecido.”, *Normas UNE*, no. June, pp. 1-12, 2003.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), “UNE-EN 1052-1:1999 Métodos de ensayo para fábricas de albañilería. Parte 1: Determinación de la resistencia a compresión,” *Normas UNE*, no. April, pp. 1–16, 1999.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), “UNE-EN 1052-2:2000 Métodos de ensayo para fábricas de albañilería. Parte 2: Determinación de la resistencia a la flexión,” *Normas UNE*, no. March, pp. 1–14, 2000.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), “UNE-EN 1052-3:2003 Métodos de ensayo para fábricas de albañilería. Parte 3:

Determinación de la resistencia inicial a cortante," *Normas UNE*, no. March, pp. 1-18, 2003.

- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), "UNE-EN 1052-3:2003/A1:2008 Métodos de ensayo para fábricas de albañilería. Parte 3: Determinación de la resistencia inicial a cortante," *Normas UNE*, no. January, pp. 1-12, 2008.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), "UNE-EN 1052-4:2001 Métodos de ensayo para fábrica de albañilería. Parte 4: Determinación de la resistencia al cizallamiento incluyendo la barrera al agua por capilaridad," *Normas UNE*, no. May, pp. 1-14, 2001.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), "UNE-EN 12810-1:2005 Andamios de fachada de componentes prefabricados. Parte 1: Especificaciones de los productos.," *Normas UNE*, no. June, pp. 1-24, 2005.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), "UNE-EN 12810-1:2005 Andamios de fachada de componentes prefabricados. Parte 1: Especificaciones de los productos.," *Normas UNE*, no. June, pp. 1-24, 2005.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), "UNE-EN 12811-1:2005 Equipamiento para trabajos temporales de obra. Parte 1: Andamios. Requisitos de comportamiento y diseño general," *Normas UNE*, no. June, pp. 0-48, 2005.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), "UNE-EN 12811-2:2005 Equipamiento para trabajos temporales de obra. Parte 2: Información sobre los materiales.," *Normas UNE*, no. June, p. 22, 2005.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), "UNE-EN 12811-3:2003 Equipamiento para trabajos temporales de obra. Parte 3: Ensayo de carga.," *Normas UNE*, no. April, pp. 0-38, 2003.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), "UNE-EN 12811-4:2015 Equipamiento para trabajos temporales de obra. Parte 4: Viseras de protección para andamios. Requisitos de comportamiento y diseño del producto.," *Normas UNE*, no. January, pp. 1-24, 2015.
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). UNE-EN 13279-1:2009 Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. Parte 1: Definiciones y especificaciones. *Normas UNE* 1-22 (2009).

- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). UNE-EN 13279-2:2014 Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. Parte 2: Métodos de ensayo. *Normas UNE* (2014).
- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). "UNE-EN 15802:2010 Conservación del patrimonio cultural. Métodos de ensayo. Determinación del ángulo de contacto estático", *Normas UNE*, September, pp. 1–12, 2010.
- Comisión Interministerial Permanente para el Estudio y Redacción de Normas de Materiales de Construcción. RY-85. Pliego general de condiciones para la recepción de yesos y escayolas en las obras de construcción. *Boletín Of. del Estado* (1985).
- Consejo Superior de Colegios de Arquitectos de España, "CTE DAV-SE-F Documento de aplicación a edificios de uso residencial vivienda, seguridad estructural: Fábrica", pp 1-34, 2007.
- European Organisation for Technical Approvals (EOTA), "ETAG 020-C:2012 Plastic anchors for multiple use in concrete and masonry for non-structural applications - Annex C: Design Methods for Anchorages," *Guidel. Eur. Tech. Approv.*, no. March, pp. 1–16, 2006.
- European Committee for standardization, "Eurocode 6 EN 1996-1-1: 2005 + A1: 2012 Rules for reinforced and unreinforced masonry," p. 125, 1996.
- España Ministerio de Vivienda. "CTE DB-SE-F Documento básico, seguridad estructural: Fábrica. Código Técnico de La Edificación (CTE)", pp 1–74, 2006.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, "NTP 1015 Andamios tubulares de componentes prefabricados (I): normas constructivas," *Normas Técnicas Prev.*, no. I, pp. 1–10, 2014.
- International Organization for Standardization. ISO 5468:2017 Rotary and rotary impact masonry drill bits with hardmetal tips -- Dimensions. *Normas ISO* 1–4 (2017).
- Ministerio de Educación Cultura y Deporte, "V Convenio colectivo del sector de la construcción," *Boletín Oficial del Estado (BOE)*, vol. III, no. 15 de marzo, pp. 23837–23967, 2012.

8.2 Referencias bibliográficas

- [1] F. Magdalena-Layos, J. García-Muñoz, and D. Mencías-carrizosa, "Estructuras de fábrica: enfoques «antiguos» y «modernos» para fenómenos muy locales," *Inf. la Construcción*, vol. 68, no. 542, 2016.
- [2] A. Meyer and T. Pregartner, "Fastening in masonry," in *International RILEM PRO 21 Symposium on Connections between Steel and Concrete*, 2001, pp. 836–846.
- [3] A. Cobo Escamilla, F. González Yunta, S. González-Rodrigo, and S. Rodríguez Morales, "Comprobación de la estabilidad de la estructura sustentante de la fachada," in *WORKSHOP. Investigación e innovación en análisis de estructuras de andamios*, 2012, pp. 137–146.
- [4] J. Hashimoto and K. Takiguchi, "Experimental study on pullout strength of anchor bolt with an embedment depth of 30 mm in concrete under high temperature," *Nucl. Eng. Des.*, vol. 229, no. 2–3, pp. 151–163, 2004.
- [5] F. Delhomme and G. Debicki, "Numerical modelling of anchor bolts under pullout and relaxation tests," *Constr. Build. Mater.*, vol. 24, no. 7, pp. 1232–1238, 2010.
- [6] H. M. Algin, "Investigation of masonry wall fixings subject to pullout load and torque," *Constr. Build. Mater.*, vol. 21, no. 12, pp. 2041–2046, 2007.
- [7] C. Berry, A. Mcneely, and K. Beauregard, *A Guide to Safe Scaffolding*. Raleigh NC, 2011.
- [8] D. Mencías, J. García, and F. Magdalena, "Qualitative and quantitative approaches to highly local behaviors of historical masonry structures," *Struct. Anal. Hist. Constr.*, no. Bigoni 2010, pp. 1211–1216, 2016.
- [9] M. Corradi, A. Borri, and A. Vignoli, "Experimental study on the determination of strength of masonry walls," *Constr. Build. Mater.*, vol. 17, no. 5, pp. 325–337, 2003.
- [10] A. Drougkas, P. Roca, and C. Molins, "Compressive strength and elasticity of pure lime mortar masonry," *RILEM Mater. Struct.*, vol. 49, no. 3, pp. 983–999, 2016.
- [11] E. Sassoni, C. Mazzotti, and G. Pagliai, "Comparison between experimental methods for evaluating the compressive strength of existing masonry buildings," *Constr. Build. Mater.*, vol. 68, pp. 206–219, Oct. 2014.
- [12] C. Calderini, S. Cattari, and S. Lagomarsino, "The use of the diagonal compression test to identify the shear mechanical parameters of masonry," *Constr. Build. Mater.*, vol. 24, no. 5, pp. 677–685, 2010.
- [13] C. Mahrenholtz, R. Elgehausen, and H.-W. Reinhardt, "Design of post-installed reinforcing bars as end anchorage or as bonded anchor," *Eng. Struct.*, vol. 100, pp. 645–655, 2015.
- [14] P. Villanueva Llauro, T. Ibell, J. Fernández Gómez, and F. J. González

- Ramos, "Pull-out and shear-strength models for FRP spike anchors," *Compos. Part B Eng.*, vol. 116, pp. 239–252, 2017.
- [15] B. Gigla, "Structural Design of Supplementary Injection Anchors inside Masonry," in *15th International Brick and Block Masonry Conference Florianópolis*, 2012, p. 10.
- [16] L. Contrafatto and R. Cosenza, "Behaviour of post-installed adhesive anchors in natural stone," *Constr. Build. Mater.*, 2014.
- [17] S. Moreira, L. F. Ramos, D. V. Oliveira, and P. B. Lourenco, "Experimental behavior of masonry wall-to-timber elements connections strengthened with injection anchors," *Eng. Struct.*, vol. 81, pp. 98–109, 2014.
- [18] M. Sinica, G. Sezemanas, D. Mikulskis, and M. Kligys, "Determination of fixing loads for plastic anchors subject to structure and voidage of masonry units," in *Modern Building Materials, Structures and Techniques*, 2010, pp. 536–543.
- [19] N. Kummer, *Masonry construction*. 2007.
- [20] A. Graciani García, "Algunas notas sobre las piezas cerámicas en la construcción mesopotámica," in *Quinto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Burgos*, 2007, pp. 499–511.
- [21] M. London, *Masonry. How to care for old and historic brick and stone*. 1988.
- [22] J. W. P. Campbell, *Brick : a world history*. London, 2003.
- [23] J. M. García de Miguel, *Tratamiento y conservación de la piedra, el ladrillo y los morteros en monumentos y construcciones*. Spain: Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, 2009.
- [24] J. González-Martín, *Revestimientos Continuos Tradicionales y Modernos*. Madrid (Spain), 2005.
- [25] S. Huerta Fernández, *Arcos, bóvedas y cúpulas: geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid (Spain), 2004.
- [26] M. Vitrubio Polión, *Los X libros de arquitectura de Marco Vitruvio Polion*. Cáceres (Spain), 1999.
- [27] M. P. De Luxán, F. Dorrego, and R. Sotolongo, "Investigación sobre morteros y sus tratamientos para su restauración en el retablo del Altar Mayor de la Basílica del Pilar TT - Mortars and treatments in the restoration of the altarpiece of the high altar of the Pilar Basilica," *Mater. construcción*, vol. 50, no. 258, pp. 27–36, 2000.
- [28] G. Pfeifer, *Masonry construction manual*. 2001.
- [29] D. Pellicer and A. Sánchez-Ostiz, *El ladrillo cerámico en la construcción arquitectónica*. 2009.
- [30] H. K. Hilsdorf, *Investigation into the failure mechanism of brick masonry*

loaded in axial compression. 1969.

- [31] J. P. Gutiérrez Jiménez, I. Oteiza S. José, J. Monjo Carrió, and J. R. Rey González, "Estudio del comportamiento mecánico de los muros no portantes de fábrica de ladrillo, en fachadas," in *II Jornadas de Investigación en la Construcción*, 2008, pp. 1315–1325.
- [32] L. Pelà, E. Canella, A. Aprile, and P. Roca, "Compression test of masonry core samples extracted from existing brickwork," *Constr. Build. Mater.*, vol. 119, pp. 230–240, 2016.
- [33] C. Mazzotti, E. Sassoni, and G. Pagliai, "Determination of shear strength of historic masonries by moderately destructive testing of masonry cores," *Constr. Build. Mater.*, vol. 54, pp. 421–431, 2014.
- [34] E. Sassoni and C. Mazzotti, "The use of small diameter cores for assessing the compressive strength of clay brick masonries," *J. Cult. Herit.*, vol. 14, no. 3, Supplement, pp. e95–e101, 2013.
- [35] L. Pelà, P. Roca, and A. Benedetti, "Mechanical Characterization of Historical Masonry by Core Drilling and Testing of Cylindrical Samples," *Int. J. Archit. Herit.*, vol. 10, no. 2–3, pp. 360–374, 2016.
- [36] D. Marastoni, L. Pelà, A. Benedetti, and P. Roca, "Combining Brazilian tests on masonry cores and double punch tests for the mechanical characterization of historical mortars," *Constr. Build. Mater.*, vol. 112, pp. 112–127, 2016.
- [37] L. Pelà, K. Kasioumi, and P. Roca, "Experimental evaluation of the shear strength of aerial lime mortar brickwork by standard tests on triplets and non-standard tests on core samples," *Eng. Struct.*, vol. 136, pp. 441–453, 2017.
- [38] R. Van der Pluijm, H. Rutten, and M. Ceelen, "Shear behaviour of bed joints," in *12th International Brick/Block Masonry Conference*, 2000, pp. 1–14.
- [39] V. Sarhosis, S. W. Garrity, and Y. Sheng, "Influence of brick-mortar interface on the mechanical behaviour of low bond strength masonry brickwork lintels," in *Engineering Structures*, 2015, vol. 88, pp. 1–11.
- [40] L. Abdou, R. A. Saada, F. Meftah, and A. Mebarki, "Experimental investigations of the joint-mortar behaviour," *Mech. Res. Commun.*, vol. 33, no. 3, pp. 370–384, 2006.
- [41] P. B. Lourenço, J. O. Barros, and J. T. Oliveira, "Shear testing of stack bonded masonry," *Constr. Build. Mater.*, vol. 18, no. 2, pp. 125–132, 2004.
- [42] J. L. Miranda Dias, "Cracking due to shear in masonry mortar joints and around the interface between masonry walls and reinforced concrete beams," *Constr. Build. Mater.*, vol. 21, no. 2, pp. 446–457, 2007.
- [43] E. Franzoni, "Rising damp removal from historical masonries: A still open challenge," *Constr. Build. Mater.*, vol. 54, pp. 123–136, 2014.

- [44] G. Alfano, C. Chiancarella, E. Cirillo, I. Fato, and F. Martellotta, "Long-term performance of chemical damp-proof courses: Twelve years of laboratory testing," *Build. Environ.*, vol. 41, no. 8, pp. 1060–1069, 2006.
- [45] A. Hoła, Z. Matkowski, and J. Hoła, "Analysis of the Moisture Content of Masonry Walls in Historical Buildings Using the Basement of a Medieval Town Hall as an Example," *Procedia Eng.*, vol. 172, pp. 363–368, 2017.
- [46] A. Goetzke-Pala, J. Hoła, and Ł. Sadowski, "Non-destructive neural identification of the moisture content of saline ceramic bricks," *Constr. Build. Mater.*, vol. 113, pp. 144–152, Jun. 2016.
- [47] M. Raimondo, M. Dondi, D. Gardini, G. Guarini, and F. Mazzanti, "Predicting the initial rate of water absorption in clay bricks," *Constr. Build. Mater.*, vol. 23, no. 7, pp. 2623–2630, 2009.
- [48] B. Menéndez, "Estimation of salt mixture damage on built cultural heritage from environmental conditions using ECOS-RUNSALT model," *J. Cult. Herit.*, vol. 24, pp. 22–30, 2017.
- [49] A. Oliver, J. Douglas, and S. Stirling, *Dampness in Buildings*, 2nd Revise. 1996.
- [50] G. Mason, "Rising damp," *Build. Sci.*, vol. 9, no. 3, pp. 227–231, 1974.
- [51] E. Rirsch and Z. Zhang, "Rising damp in masonry walls and the importance of mortar properties," *Constr. Build. Mater.*, vol. 24, no. 10, pp. 1815–1820, 2010.
- [52] C. Hall and W. Hoff, "Rising damp: capillary rise dynamics in walls," *Proc. R. Soc. A*, vol. 463, no. April, pp. 1871–1884, 2007.
- [53] M. S. Camino, F. J. León, A. Llorente, and J. M. Olivar, "Evaluation of the behavior of brick tile masonry and mortar due to capillary rise of moisture," *Mater. Construcción*, vol. 64, no. 314, p. e020, 2014.
- [54] I. Torres and V. P. de Freitas, "The influence of the thickness of the walls and their properties on the treatment of rising damp in historic buildings," *Constr. Build. Mater.*, vol. 24, no. 8, pp. 1331–1339, 2010.
- [55] C. Gentilini, E. Franzoni, S. Bandini, and L. Nobile, "Effect of salt crystallisation on the shear behaviour of masonry walls: An experimental study," *Constr. Build. Mater.*, vol. 37, pp. 181–189, 2012.
- [56] H. De Clercq, "Proceedings from the conference on salt weathering on buildings and stone sculptures. Copenhagen: Tech University of Denmark," 2008, p. 307.
- [57] E. Franzoni, C. Gentilini, G. Graziani, and S. Bandini, "Towards the assessment of the shear behaviour of masonry in on-site conditions: A study on dry and salt/water conditioned brick masonry triplets," *Constr. Build. Mater.*, vol. 65, pp. 405–416, 2014.
- [58] P. Foraboschi and A. Vanin, "Experimental investigation on bricks from historical Venetian buildings subjected to moisture and salt crystallization,"

- Eng. Fail. Anal.*, vol. 45, pp. 185–203, 2014.
- [59] E. Kamendere, L. Grava, K. Zvaigznitis, A. Kamenders, and A. Blumberga, "Properties of Bricks and Masonry of Historical Buildings as a Background for Safe Renovation Measures," *Energy Procedia*, vol. 95, pp. 119–123, 2016.
 - [60] J. Witzany, T. Cejka, and R. Zigler, "The Effect of Moisture on Significant Mechanical Characteristics of Masonry," *Statyb. Konstr. ir Technol.*, vol. 2, no. 3, pp. 79–85, 2010.
 - [61] T. M. Roberts, T. G. Hughes, V. R. Dandamudi, and B. Bell, "Quasi-static and high cycle fatigue strength of brick masonry," *Constr. Build. Mater.*, vol. 20, no. 9, pp. 603–614, 2006.
 - [62] M. Uranjek and V. Bokan-Bosiljkov, "Influence of freeze-thaw cycles on mechanical properties of historical brick masonry," *Constr. Build. Mater.*, vol. 84, pp. 416–428, 2015.
 - [63] E. Franzoni, C. Gentilini, G. Graziani, and S. Bandini, "Compressive behaviour of brick masonry triplets in wet and dry conditions," *Constr. Build. Mater.*, vol. 82, pp. 45–52, 2015.
 - [64] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, "NTP 1015 Andamios tubulares de componentes prefabricados (I): normas constructivas," *Normas Técnicas Prev.*, no. I, pp. 1–10, 2014.
 - [65] R. G. Beale, "Scaffold research — A review," *J. Constr. Steel Res.*, vol. 98, pp. 188–200, 2014.
 - [66] E. Błazik-Borowa and J. Szer, "The analysis of the stages of scaffolding 'life' with regard to the decrease in the hazard at building works," *Arch. Civ. Mech. Eng.*, vol. 15, no. 2, pp. 516–524, 2015.
 - [67] S. M. Whitaker, R. J. Graves, M. James, and P. McCann, "Safety with access scaffolds: Development of a prototype decision aid based on accident analysis," *J. Safety Res.*, vol. 34, no. 3, pp. 249–261, 2003.
 - [68] J.-L. Peng, C.-W. Wu, M.-H. Shih, and Y.-B. Yang, "Experimental Study of Load Capacities of Tubular Steel Adjustable Shores Used in Construction," *Int. J. Struct. Stab. Dyn.*, vol. 13, no. 4, pp. 1–32, 2013.
 - [69] J.-L. Peng, C.-W. Wu, S.-L. Chan, and C.-H. Huang, "Experimental and numerical studies of practical system scaffolds," *J. Constr. Steel Res.*, 2013.
 - [70] K. Kim and J. Teizer, "Automatic design and planning of scaffolding systems using building information modeling," *Adv. Eng. Informatics*, vol. 28, no. 1, pp. 66–80, 2014.
 - [71] S. Zhang, J. Teizer, J.-K. Lee, C. M. Eastman, and M. Venugopal, "Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules," *Autom. Constr.*, vol. 29, pp. 183–195, 2013.
 - [72] T. Chandrangu and K. J. R. Rasmussen, "Structural modelling of support

- scaffold systems," *J. Constr. Steel Res.*, vol. 67, no. 5, pp. 866–875, 2011.
- [73] E. Błazik-Borowa and J. Gontarz, "The influence of the dimension and configuration of geometric imperfections on the static strength of a typical façade scaffolding," *Arch. Civ. Mech. Eng.*, vol. 16, no. 3, pp. 269–281, 2016.
 - [74] R. Eligehausen, R. Mallée, and J. F. Silva, *Anchorage in concrete construction*. Berlin (Germany), 2006.
 - [75] Comité Euro-international du Béton, *Fastenings to concrete and masonry structures. State of the art report*, 1^a. 1994.
 - [76] du coffrage et de l'étalement Syndicat français de l'échafaudage, *Manuel de l'échafaudage*, SEBTP. Paris (France), 2007.
 - [77] Fischerwerke, *Untersuchungen an Rahmendübel S-RS in verschiedenen Mauerwerksarten, Auszug aus dem Prüfbericht*. 1988.
 - [78] FMFA, "Untersuchungen des Tragverhaltens von Fischer-Gasbetondübeln GB 10, GB 14," *Rep. S 12 976*, 1977.
 - [79] S. González-Rodrigo, F. González Yunta, M. N. González García, and A. Cobo, "Evaluación de la fuerza de anclajes de andamios de fachada. Evaluation of the strength of anchorages of facade scaffoldings," *Inf. la Construcción*, vol. 66, pp. 3–11, 2014.
 - [80] A. Cobo Escamilla, F. González Yunta, S. González-Rodrigo, and M. N. González García, "Estudio de anclajes de andamios a fábricas de albañilería," in *WORKSHOP Investigación e innovación en protecciones colectivas y medios auxiliares de edificación*, Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Madrid, Ed. Madrid, 2011, pp. 125–138.
 - [81] FMFA, "Zulassungsversuche an Fischer S 10 H-R Dübeln in Mauerwerk aus Kreuzlochziegeln," *Rep. S 13 008-1*, 1977.
 - [82] A. Planck, "Bautechnische Einflüsse auf die Tragfähigkeit von Kunststoffdübeln in Mauerwerk. Baumaschine- Bautechnik," no. 6, pp. 406–416, 1977.
 - [83] A. Meyer and R. Eligehausen, "Injection Anchors for use in Masonry Structures," in *13th International Brick and Block Conference*, 2004, pp. 109–117.
 - [84] B. Gigla, "Bond Strength of Injection Anchors as Supplementary Reinforcement Inside Historic Masonry," in *13th International Brick and Block Conference*, 2004, pp. 119–128.
 - [85] B. Gigla and F. Wenzel, "Design recommendations for injection anchors as supplementary reinforcement of historic masonry," in *12th International Brick/Block masonry conference*, 2000, pp. 691–706.
 - [86] A. Braimah, R. Guilbeault, and E. Contestabile, "Strain rate behaviour of adhesive anchors in masonry," *Eng. Struct.*, vol. 67, pp. 96–108, 2014.

- [87] F. Ceroni, R. Cuzzilla, and M. Pecce, "Assessment of performance of steel and GFRP bars as injected anchors in masonry walls," *Constr. Build. Mater.*, vol. 123, pp. 78–98, 2016.
- [88] F. Ceroni, R. Cuzzilla, and M. Pecce, "In situ pull-out tests of steel and GFRP injected anchors in masonry walls," in *16th International Brick and Block Masonry Conference*, 2016.
- [89] C. Algeri, E. Poverello, G. Plizzari, and E. Giuriani, "Experimental Study on the Injected Anchors Behaviour on Historical Masonry," *Adv. Mater. Res.*, vol. 133–134, pp. 423–428, 2010.
- [90] S. Paganoni and D. D'Ayala, "Testing and design procedure for corner connections of masonry heritage buildings strengthened by metallic grouted anchors," *Eng. Struct.*, vol. 70, pp. 278–293, 2014.
- [91] M. Naderi, "Friction-transfer test for the assessment of in situ strength and adhesion of cementitious materials," *Constr. Build. Mater.*, vol. 19, no. 6, pp. 454–459, 2005.
- [92] M. Naderi, "The use of Friction-Transfer methods in prediction of in-situ strength of concrete," *Arab. J. Sci. Eng.*, vol. 33, no. 2, pp. 337–354, 2008.
- [93] Hilti, "HAT 28 Tester," 2012.
- [94] Hilti, "TE 4-A22," 2009.
- [95] S. González-Rodrigo, A. Cobo Escamilla, and F. González Yunta, "Análisis del comportamiento a arrancamiento de anclajes de seguridad para andamios en fábricas reales de ladrillo perforado," in *WORKSHOP. Avances en técnicas y sistemas de edificación*, 2014, pp. 12–13.
- [96] S. González-Rodrigo, A. Cobo Escamilla, F. González Yunta, and I. Martínez Pérez, "III International Congress on Construction and Building Research," in *III International Congress on Construction and Building Research*, 2015, no. December.
- [97] S. González-Rodrigo, A. Cobo Escamilla, F. González Yunta, and I. Martínez Pérez, "Pull-out experimental study of scaffold safety anchors in ancient brick masonry walls," in *Congreso internacional de Innovación Tecnológica en Edificación (CITE)*, 2016.
- [98] M. Á. GÓMEZ de la TORRE, "Estudio de cementos y materiales relacionados por el método de Rietveld," 2003.
- [99] F. H. Chung, "Quantitative interpretation of X-ray diffraction patterns of mixtures. I. Matrix-flushing method for quantitative multicomponent analysis," *J. Appl. Crystallogr.*, vol. 7, no. 6, pp. 519–525, 1974.

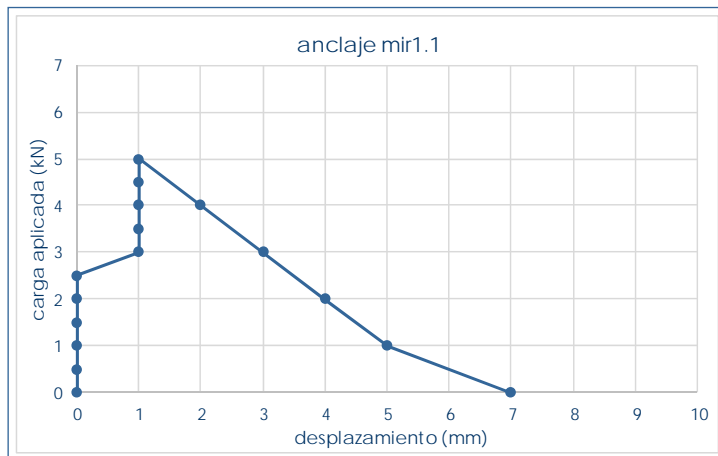
CAPÍTULO 9


ANEXOS

9 Anexos

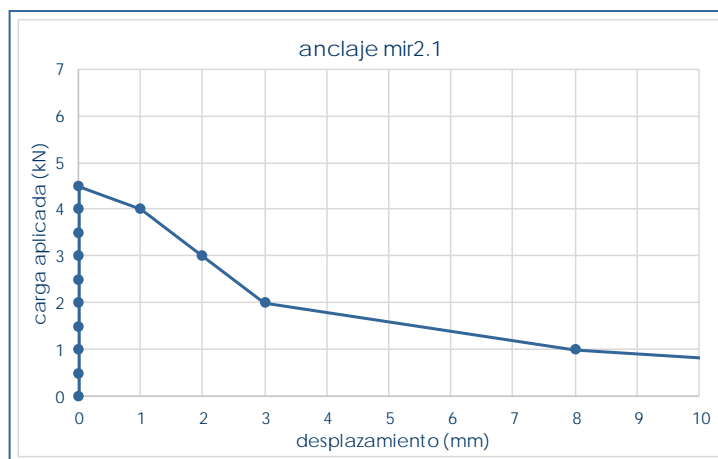
9.1 Tablas y gráficos de resultados de los ensayos de la campaña de ensayos por profundidad


anclaje mir1.1



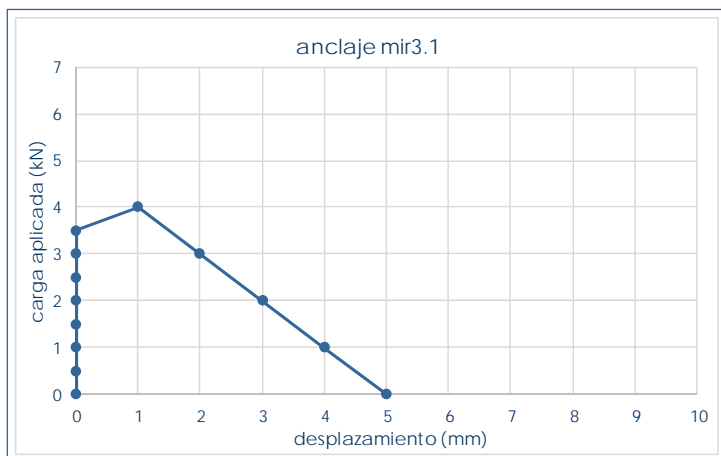
mir1.1		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{\max} (kN)	5	entrega	parcial
despl_{\max} (mm)	1	 L2.3	pieza
F_0 (kN)	2,5		perforado


anclaje mir2.1



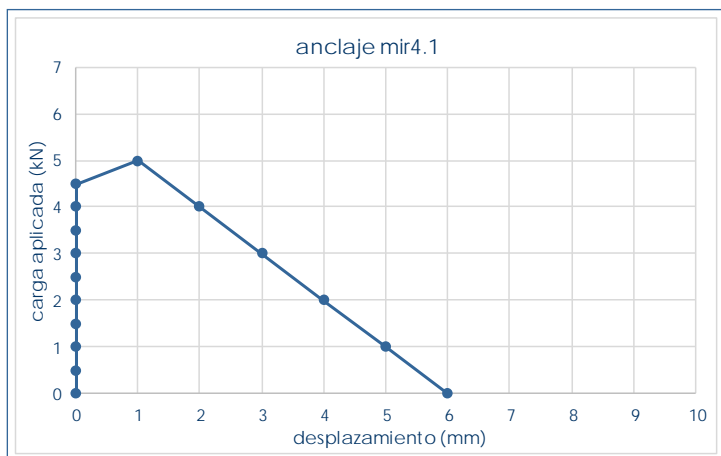
mir2.1		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{\max} (kN)	4,5	entrega	parcial
despl_{\max} (mm)	0	 L2.3	pieza
F_0 (kN)	4,5		perforado


anclaje mir3.1

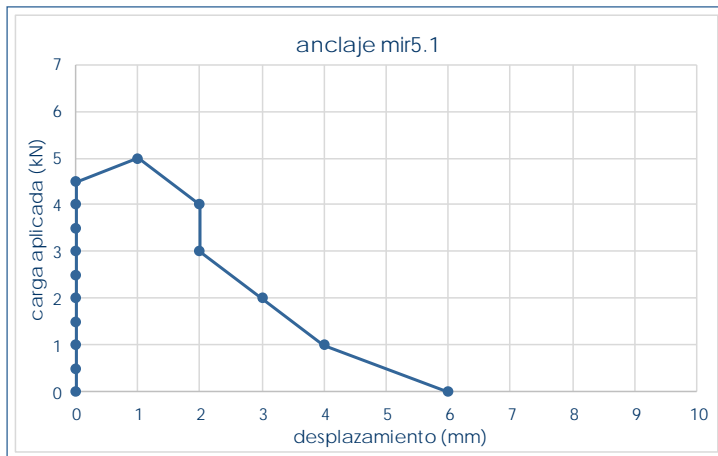



mir3.1		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{\max} (kN)	4	entrega	parcial
despl_{\max} (mm)	1	 L2.3	pieza
F_0 (kN)	3,5		perforado

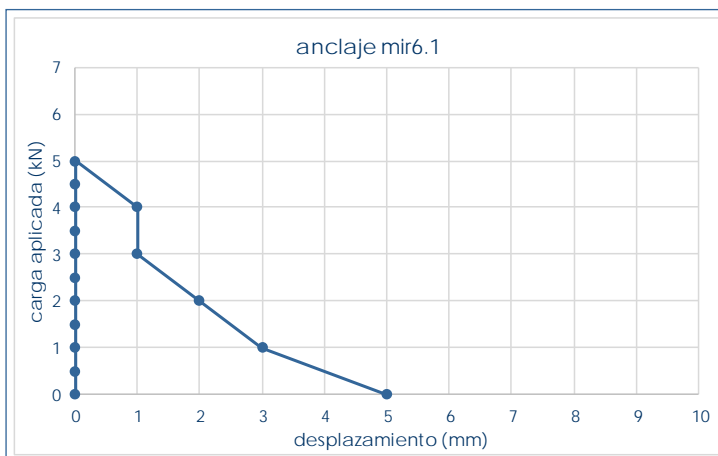
anclaje mir4.1




mir4.1		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{\max} (kN)	5	entrega	parcial
despl_{\max} (mm)	1	 L2.3	pieza
F_0 (kN)	4,5		perforado

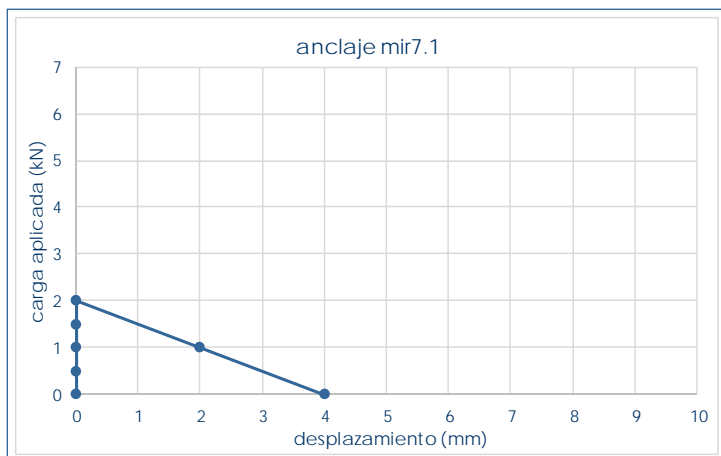
anclaje **mir5.1**


mir5.1		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	5	entrega	parcial
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	4,5		perforado

anclaje **mir6.1**

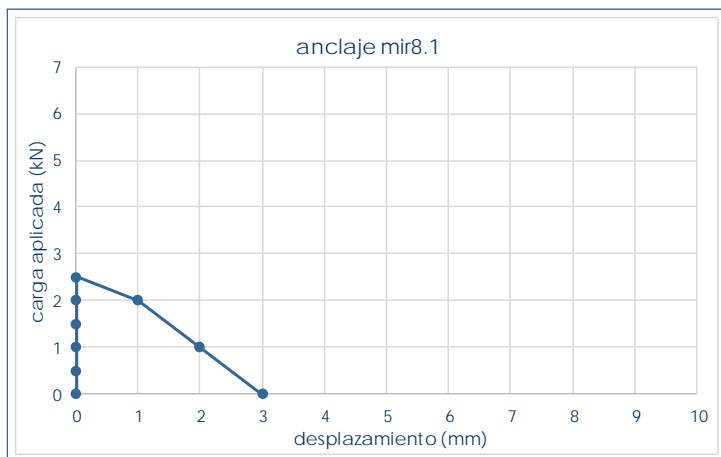
mir6.1		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	5	entrega	parcial
$despl_{max}$ (mm)	0		pieza
F_0 (kN)	5		perforado


anclaje mir7.1



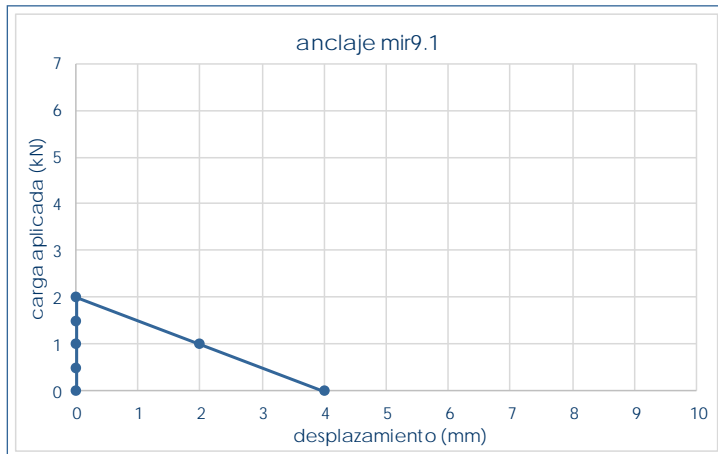
mir7.1		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{\max} (kN)	2	entrega	parcial
despl_{\max} (mm)	0	 L2.3	pieza
F_0 (kN)	2		perforado


anclaje mir8.1



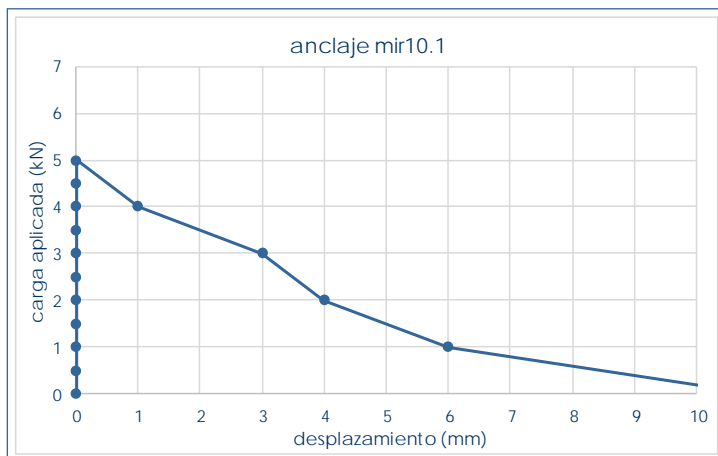
mir8.1		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{\max} (kN)	2,5	entrega	parcial
despl_{\max} (mm)	0	 L2.3	pieza
F_0 (kN)	2,5		perforado


anclaje mir9.1



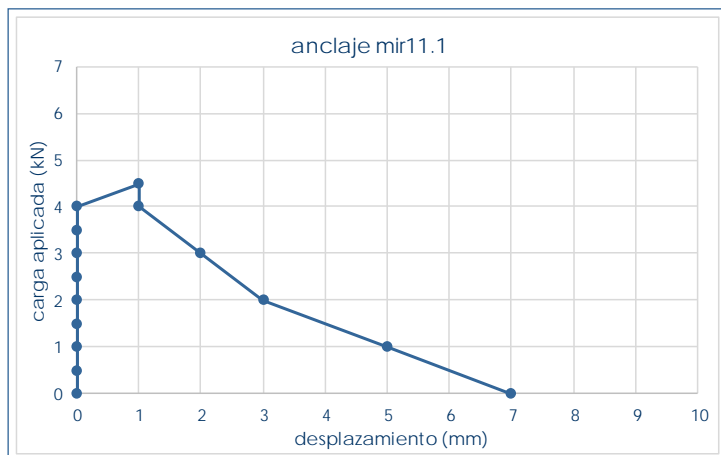
mir9.1		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{\max} (kN)	2	entrega	parcial
despl_{\max} (mm)	0	 L2.3	pieza
F_0 (kN)	2		perforado


anclaje mir10.1



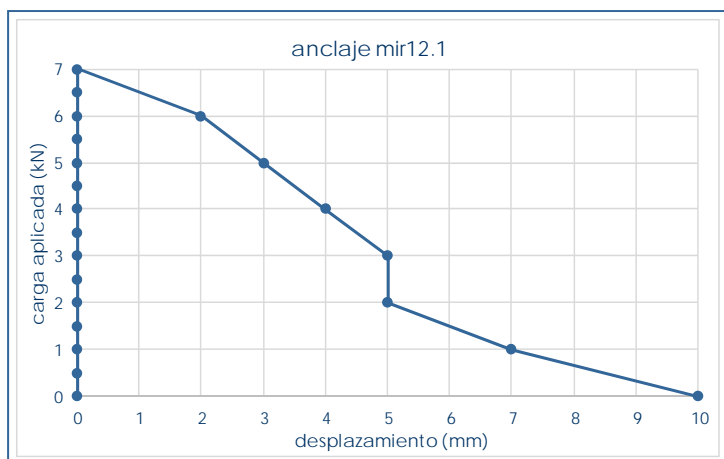
mir10.1		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{\max} (kN)	5	entrega	parcial
despl_{\max} (mm)	0	 L2.3	pieza
F_0 (kN)	5		perforado


anclaje mir11.1

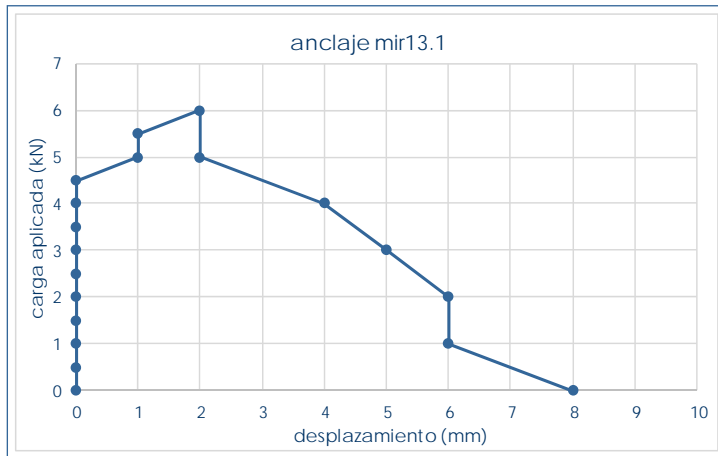



mir11.1		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{\max} (kN)	4,5	entrega	parcial
despl_{\max} (mm)	1	 L2.3	pieza
F_0 (kN)	4		perforado

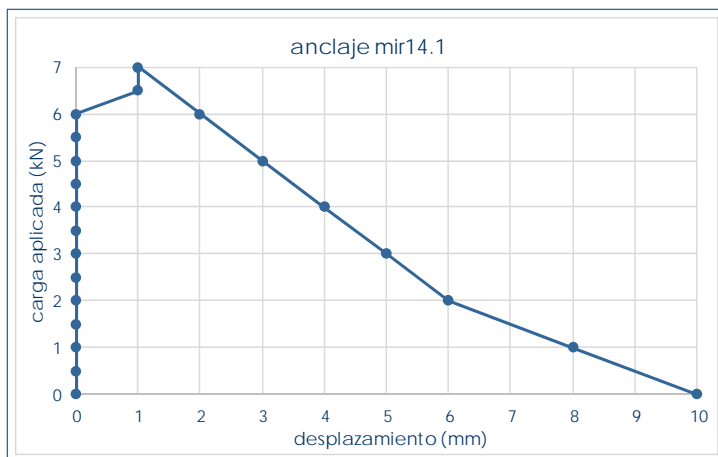
anclaje mir12.1




mir12.1		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{\max} (kN)	7	entrega	parcial
despl_{\max} (mm)	0	 L2.3	pieza
F_0 (kN)	7		perforado

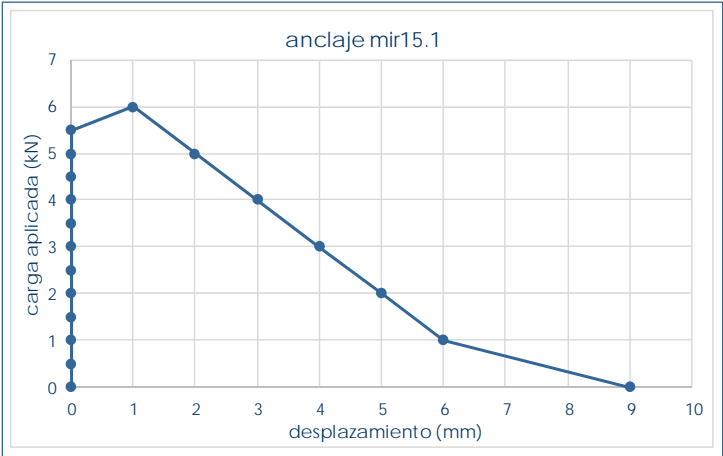
anclaje **mir13.1**


mir13.1		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{\max} (kN)	6	entrega	parcial
despl_{\max} (mm)	2	 L2.3	pieza
F_0 (kN)	4,5		perforado

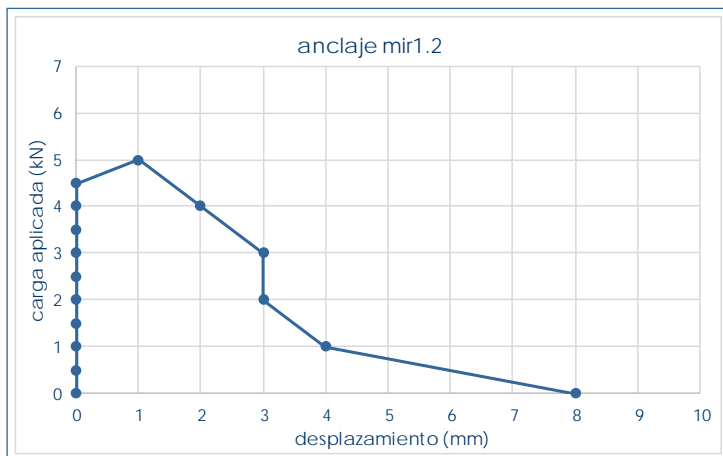
anclaje **mir14.1**

mir14.1		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{\max} (kN)	7	entrega	parcial
despl_{\max} (mm)	1	 L2.3	pieza
F_0 (kN)	6		perforado


anclaje mir15.1

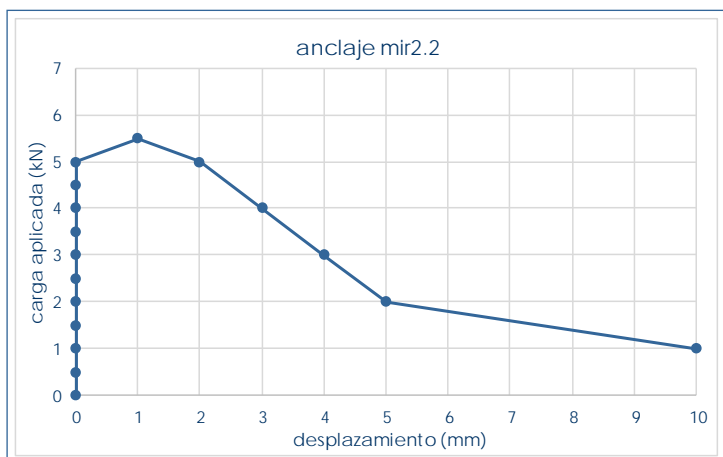


mir15.1		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F _{max} (kN)	6	entrega	parcial
despl _{max} (mm)	1	 L2.3	pieza
F ₀ (kN)	5,5		perforado


anclaje **mir1.2**

mir1.3 – orificio tras extracción

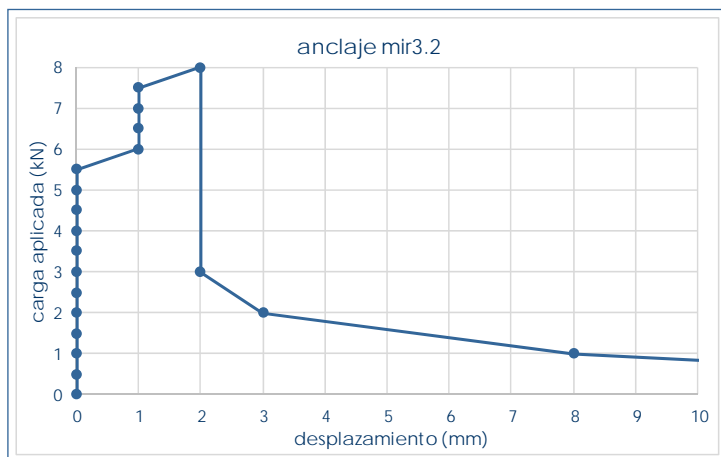
mir1.2		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	5	entrega	total
$despl_{max}$ (mm)	1	 L2.3	pieza
F_0 (kN)	4,5		perforado

anclaje **mir2.2**


mir2.2 – anclaje ensayado

mir2.2		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	5,5	entrega	total
$despl_{max}$ (mm)	1	 L2.3	pieza
F_0 (kN)	5		perforado

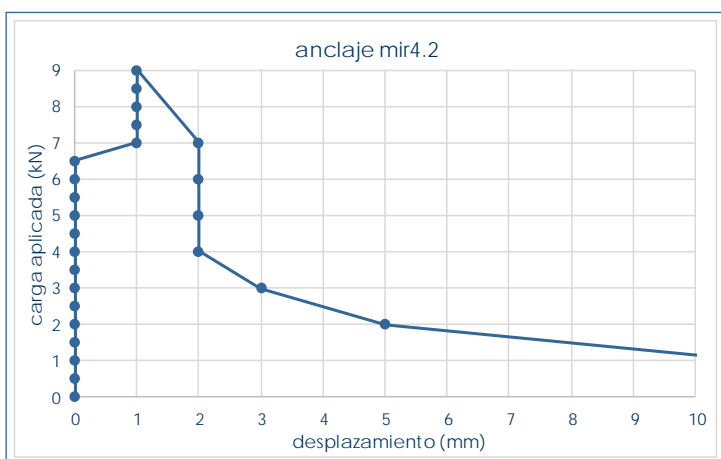
anclaje mir3.2




mir3.2 – orificio tras extracción

mir3.2		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	5,5	entrega	total
$despl_{max}$ (mm)	2	 L2.3	pieza
F_0 (kN)	8		perforado

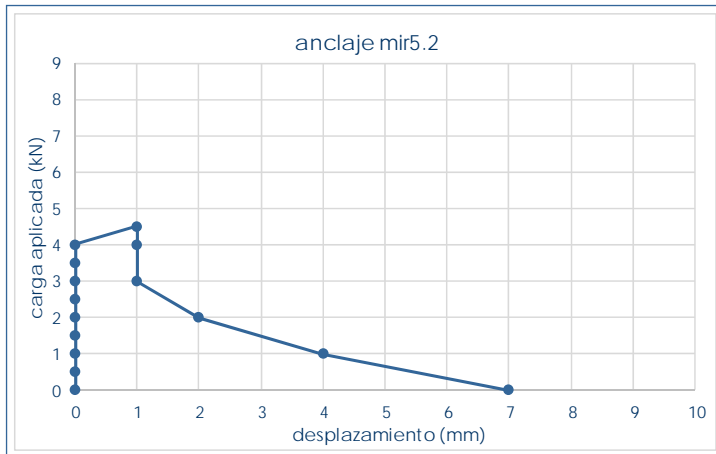
anclaje mir4.2




mir4.2 – afección al revestimiento

mir4.2		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	9	entrega	total
$despl_{max}$ (mm)	1	 L2.3	pieza
F_0 (kN)	6,5		perforado

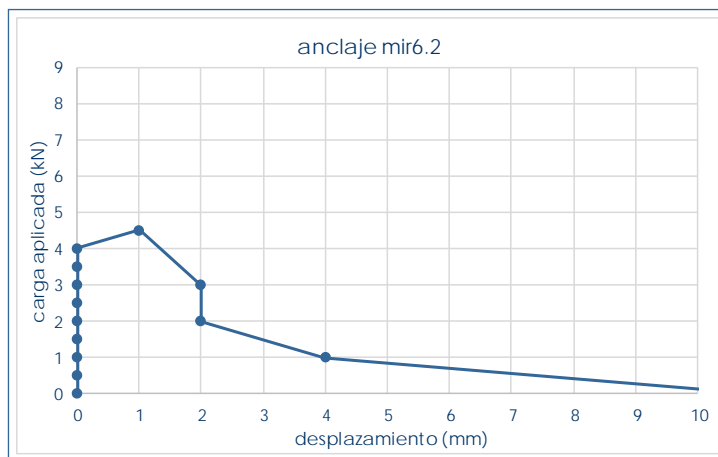
anclaje mir5.2




mir5.2 – orificio tras extracción

mir5.2		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	4,5	entrega	total
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	4		perforado

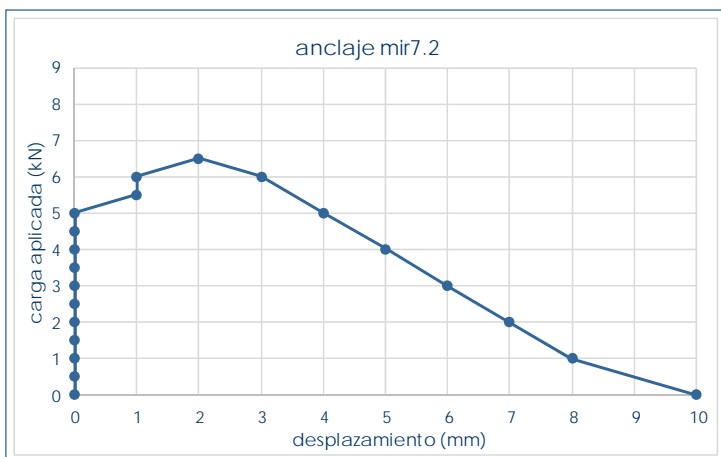
anclaje mir6.2



mir6.2 – anclaje ensayado

mir6.2		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	4,5	entrega	total
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	4		perforado

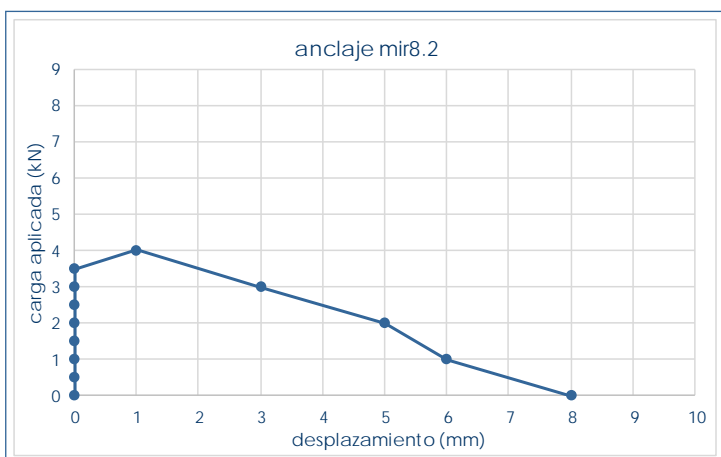
anclaje mir7.2



mir7.2 – orificio tras extracción

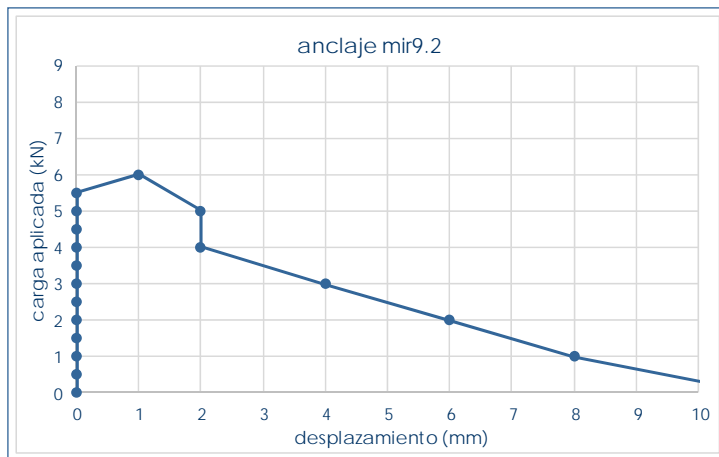
mir7.2		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	6,5	entrega	total
$despl_{max}$ (mm)	2		pieza
F_0 (kN)	5		perforado

anclaje mir8.2




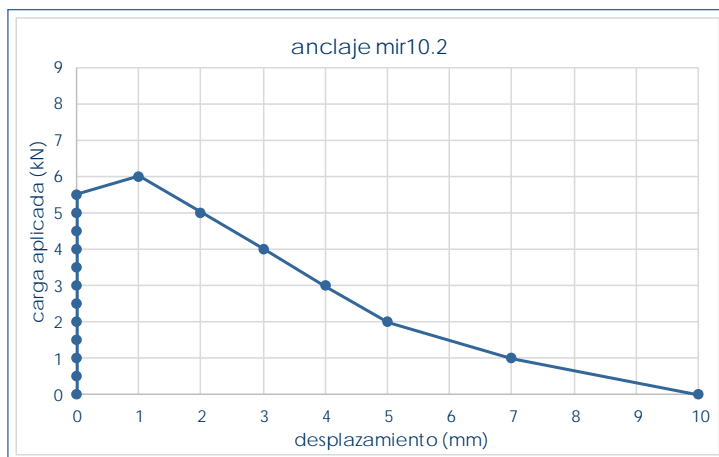
mir8.2 – orificio tras extracción

mir8.2		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	4	entrega	total
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	3,5		perforado


anclaje **mir9.2**

mir9.2 – orificio tras extracción

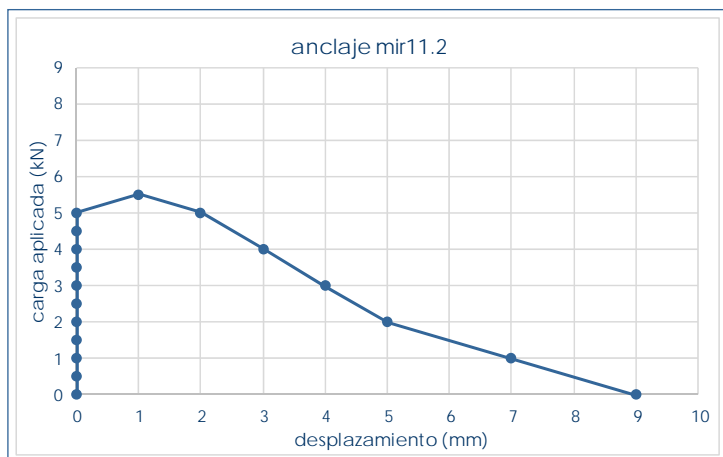
mir9.2		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	6	entrega	total
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	5,5		perforado

anclaje **mir10.2**


mir10.2 – orificio tras extracción

mir10.2		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	6	entrega	total
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	5,5		perforado

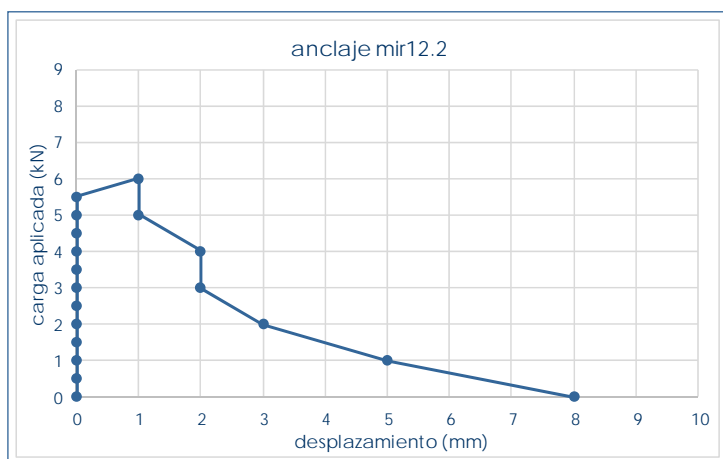
anclaje mir11.2




mir11.2 – orificio tras extracción

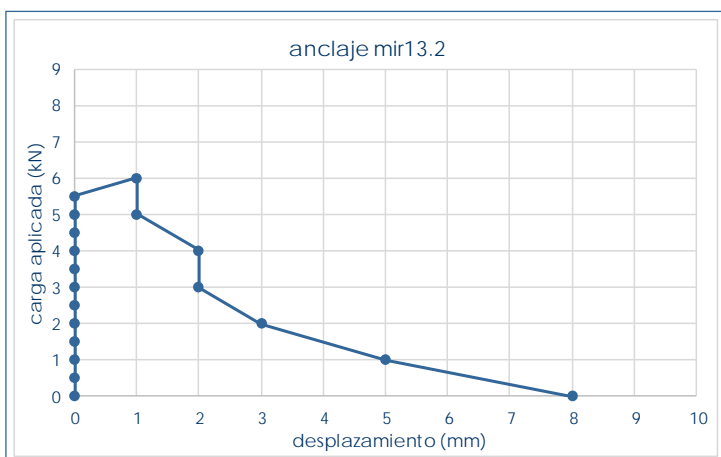
mir11.2		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	5,5	entrega	total
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	5		perforado

anclaje mir12.2




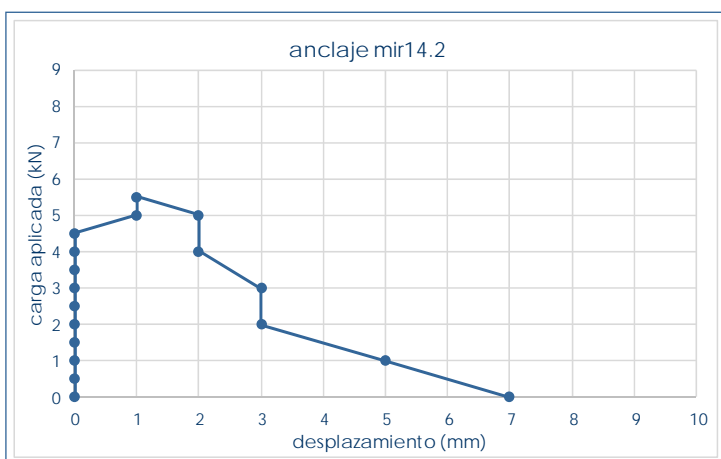
mir12.2 – orificio tras extracción

mir12.2		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	6	entrega	total
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	5,5		perforado


anclaje mir13.2

mir13.2 – orificio tras extracción

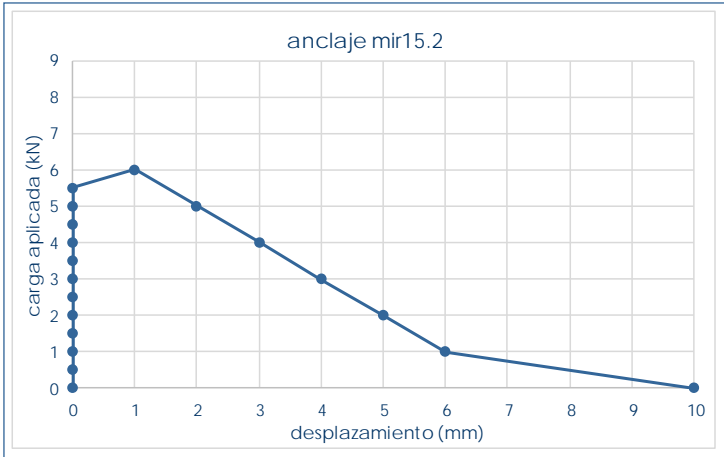
mir13.2		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	6	entrega	total I
$despl_{max}$ (mm)	1	 L2.3	pieza
F_0 (kN)	5,5		perforado

anclaje mir14.2


mir14.2 – anclaje ensayado

mir14.2		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	5,5	entrega	total
$despl_{max}$ (mm)	1	 L2.3	pieza
F_0 (kN)	4,5		perforado

anclaje **mir15.2**

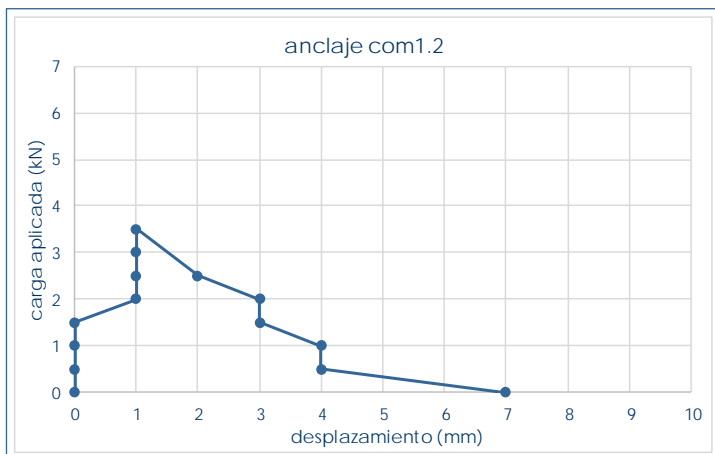


mir15.2 – orificio tras extracción

mir15.2		situación en edificio	exterior
valores característicos		revestimiento	si
F _{max} (kN)	6	entrega	total
despl _{max} (mm)	1	 L2.3	pieza
F ₀ (kN)	5,5		perforado

9.2 Tablas y gráficos de resultados de los ensayos de la campaña de ensayos por localización

anclaje com1.2



com1.2		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	3,5	altura (m)	+0,35	
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza	
F_0 (kN)	1,5			

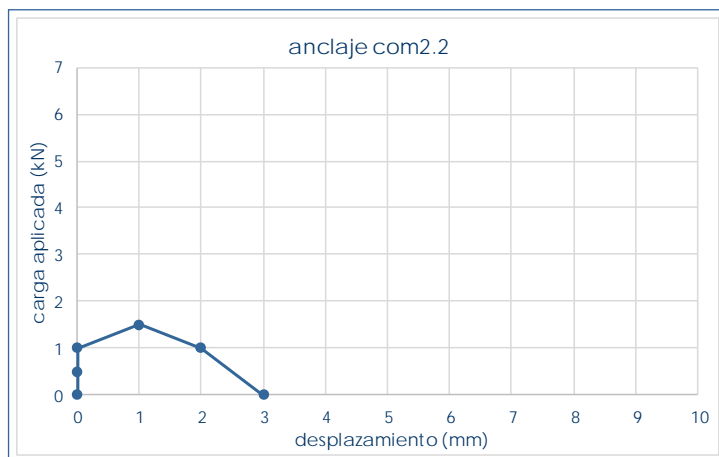


com1.2 – ensayando anclaje



com1.2 – orificio tras extracción

anclaje com2.2



com2.2		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F_{max} (kN)	1,5	altura (m)	+0,35	
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza	
F_0 (kN)	1			

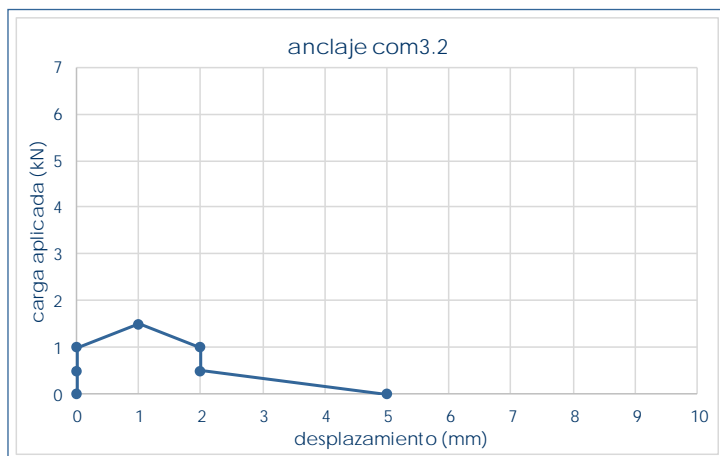


com2.2 - orificio tras extracción



com2.2 – anclaje tras extracción

anclaje com3.2



com3.2		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	1,5	altura (m)	+0,35
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	1		

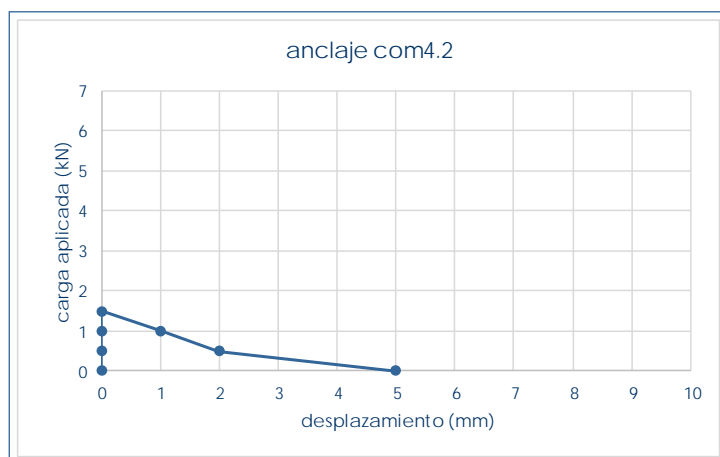


com3.2 - ensayando anclaje



com3.2 - orificio tras extracción

anclaje com4.2



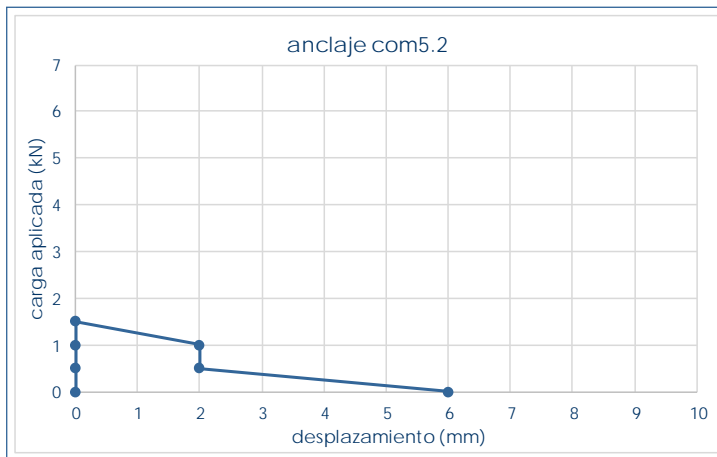
com4.2		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	1,5	altura (m)	+0,35
$despl_{max}$ (mm)	0		pieza
F_0 (kN)	1,5		



com4.2 - anclaje recién extraído




com4.2 - orificio tras extracción

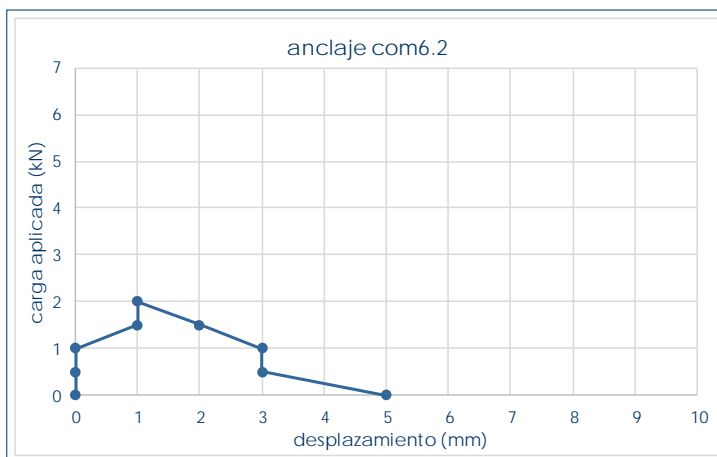
anclaje **com5.2**

com5.2 – anclaje colocado



com5.2 - orificio tras extracción

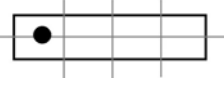
com5.2		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	1,5	altura (m)	+0,70
$despl_{max}$ (mm)	0	 L1	pieza
F_0 (kN)	1,5		

anclaje **com6.2**

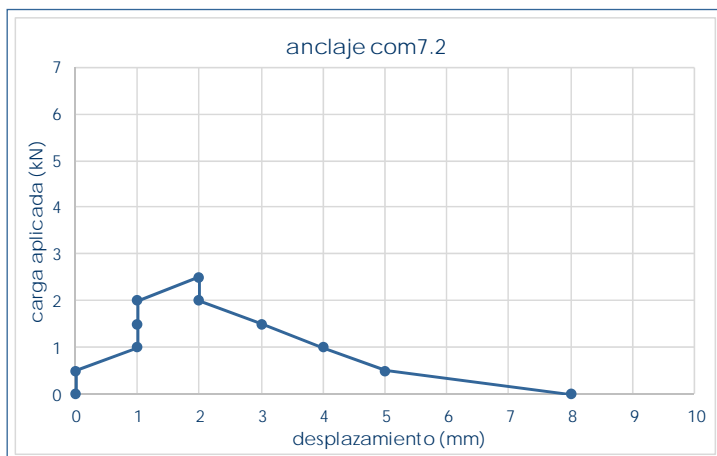
com6.2 – ensayando anclaje



com6.2 – orificio tras extracción

com6.2		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+0,70
$despl_{max}$ (mm)	1	 L1	pieza
F_0 (kN)	1		

anclaje com7.2



com7.2		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2,5	altura (m)	+0,70
$despl_{max}$ (mm)	2		pieza
F_0 (kN)	0,5		

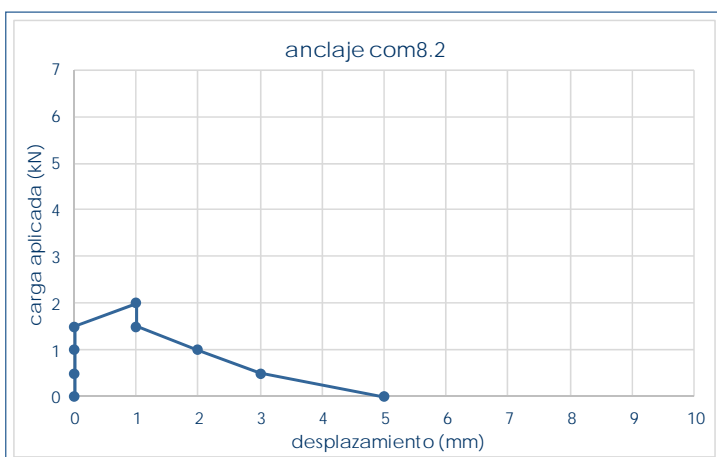


com7.2 – ensayando anclaje



com7.2 – anclaje ensayado

anclaje com8.2



com8.2		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+0,70
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	1,5		

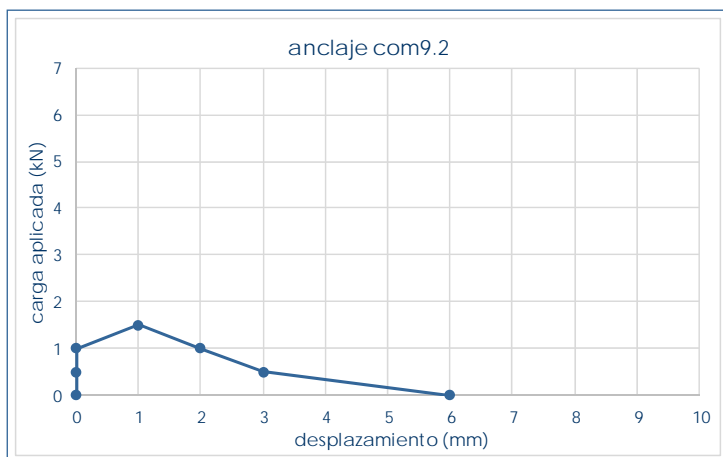


com8.2 – ensayando anclaje



com8.2 - orificio tras extracción

anclaje com9.2



com9.2		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	1,5	altura (m)	+1,05
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	1		

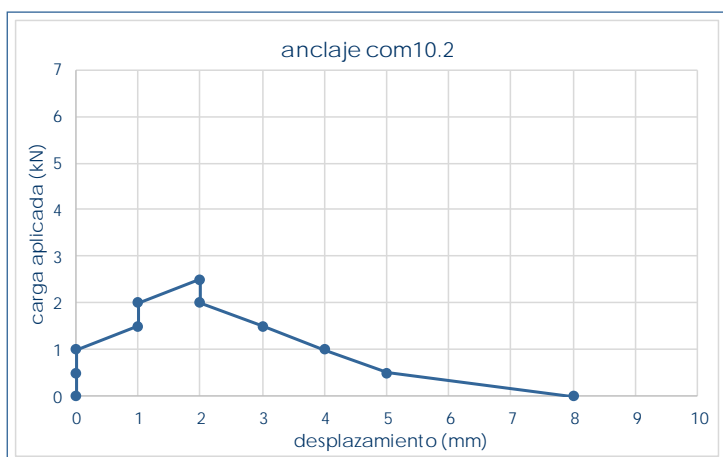


com9.2 – anclaje ensayado



com9.2 – anclaje tras extracción

anclaje com10.2



com10.2		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2,5	altura (m)	+1,05
$despl_{max}$ (mm)	2		pieza
F_0 (kN)	1		

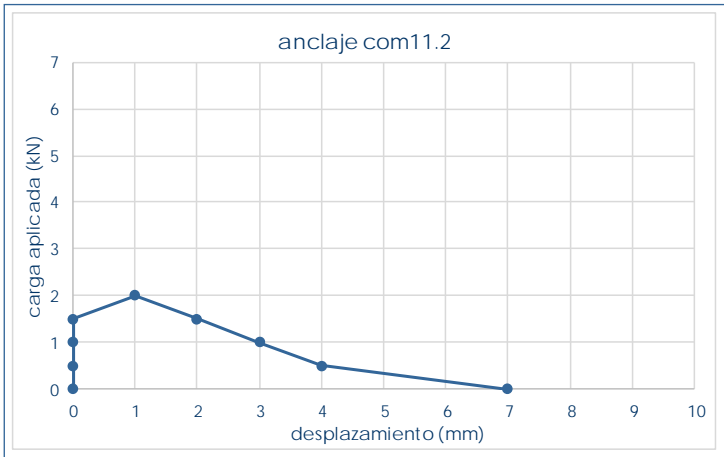


com10.2 – ensayando anclaje



com10.2 – anclaje tras extracción

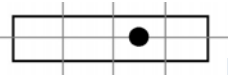
anclaje **com11.2**



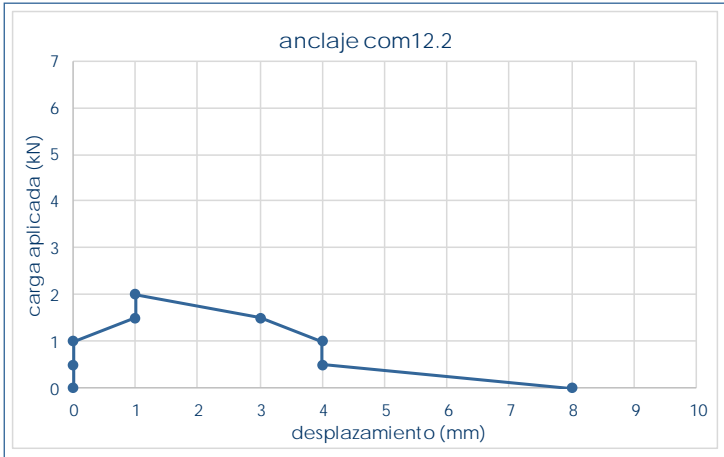
com11.2 - ensayando anclaje



com11.2 – orificio tras extracción

com11.2		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F _{max} (kN)	2	altura (m)	+1,05	
despl _{max} (mm)	1		pieza	
F ₀ (kN)	1,5			


anclaje **com12.2**

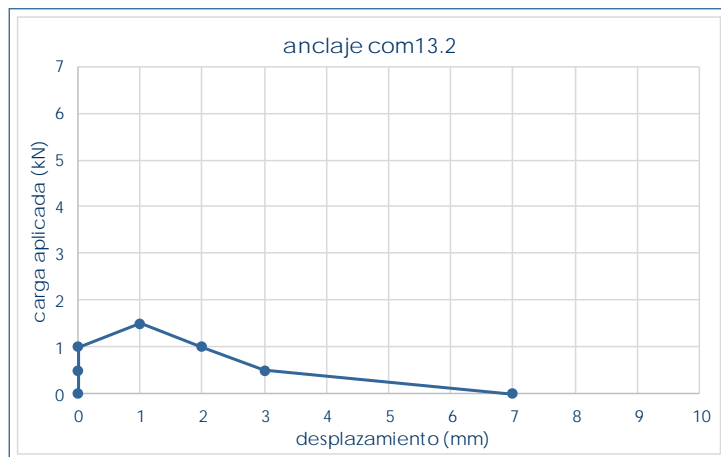


com12.2 – anclaje ensayado



com12.2 – orificio tras extracción

com12.2		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F _{max} (kN)	2	altura (m)	+1,05	
despl _{max} (mm)	1		pieza	
F ₀ (kN)	1			

anclaje **com13.2**

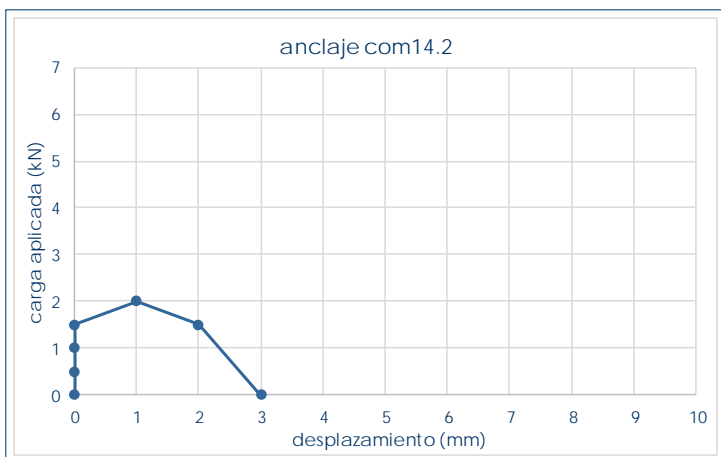
com13.2		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{\max} (kN)	1,5	altura (m)	+1,40
despl_{\max} (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	1		



com13.2 – anclaje colocado



com13.2 – orificio tras extracción

anclaje **com14.2**

com14.2		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{\max} (kN)	2	altura (m)	+1,40
despl_{\max} (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	1,5		

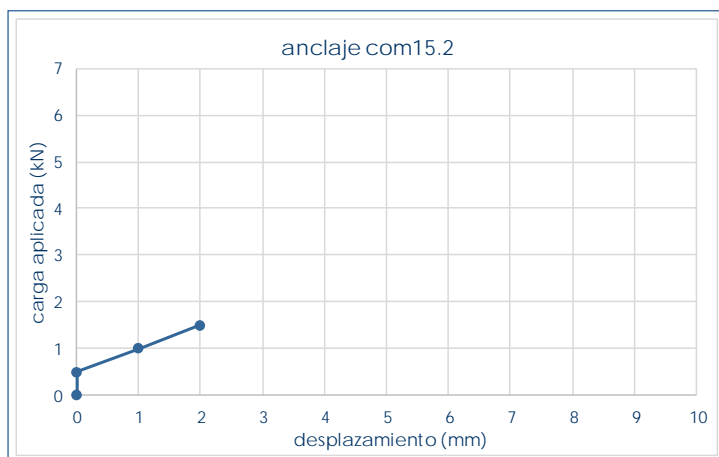



com14.2 – anclaje colocado



com14.2 – orificio tras extracción

anclaje com15.2



com15.2		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	1,5	altura (m)	+1,40
$despl_{max}$ (mm)	2		pieza
F_0 (kN)	0,5		

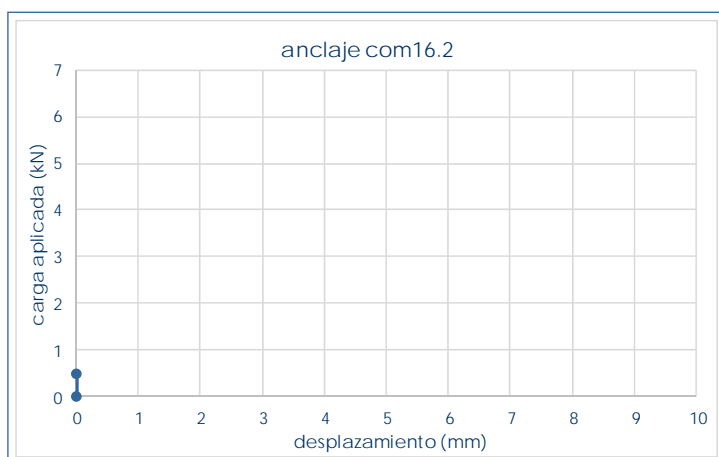



com15.2 – anclaje colocado



com15.2 – orificio tras extracción

anclaje com16.2



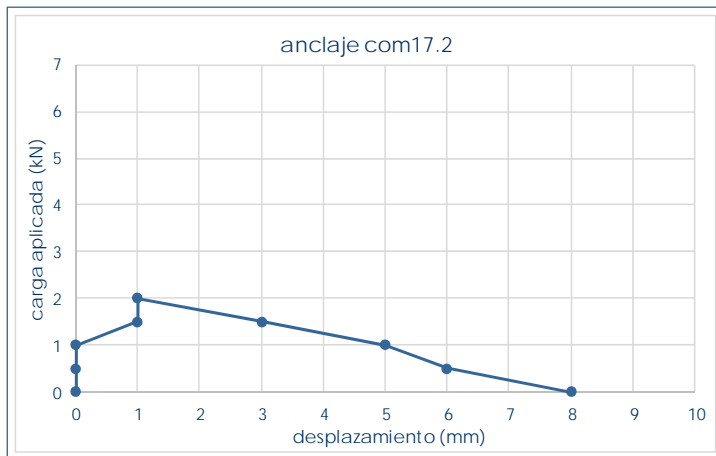
com16.2		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	0,5	altura (m)	+1,40
$despl_{max}$ (mm)	0		pieza
F_0 (kN)	0,5		



com16.2 – ensayando anclaje




com16.2 – orificio tras extracción

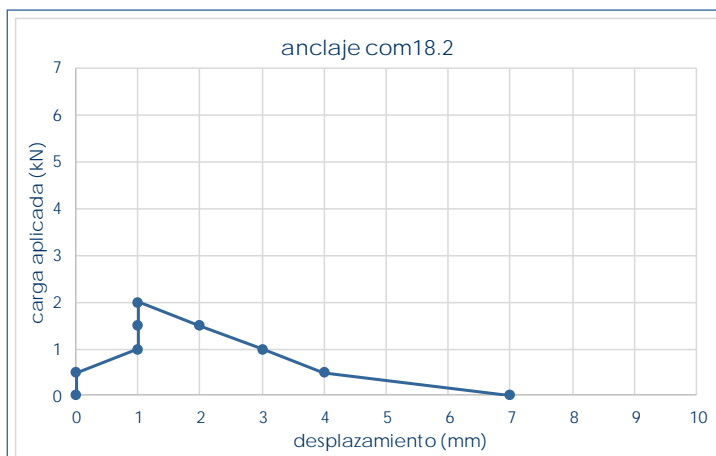
anclaje **com17.2**

com17.2 – anclaje ensayado



com17.2 – orificio tras extracción


com17.2		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+1,75
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	1		

anclaje **com18.2**

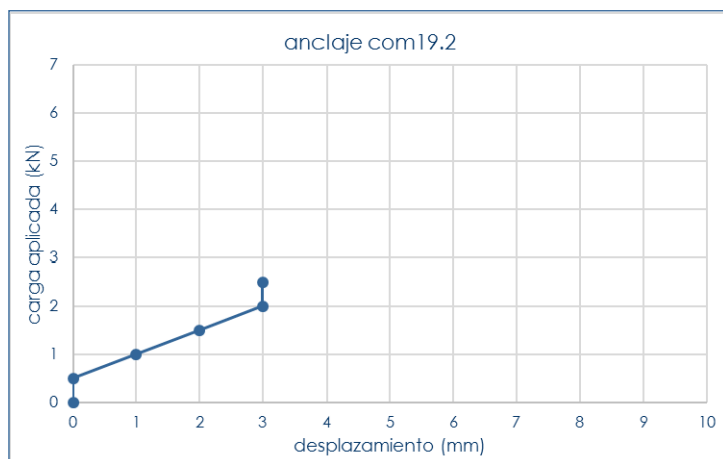
com18.2 - anclaje colocado



com18.2 – orificio tras extracción

com18.2		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+1,75
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	0,5		

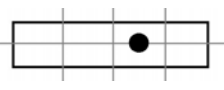
anclaje com19.2



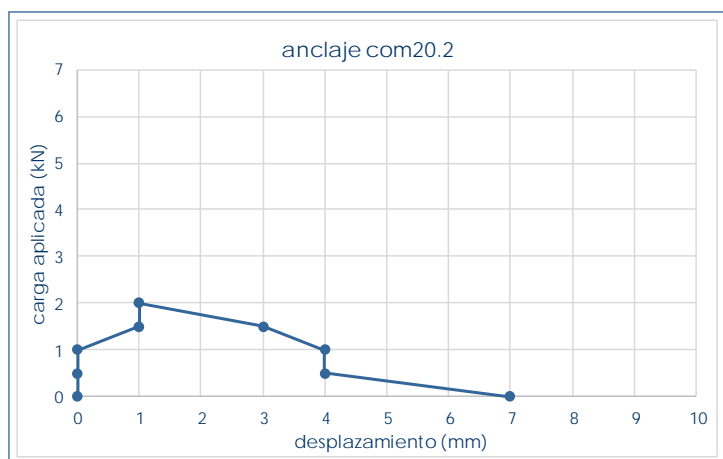
com19.2 - anclaje colocado



com19.2 - orificio tras extracción

com19.2		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	1,5	altura (m)	+1,75
$despl_{max}$ (mm)	2		pieza
F_0 (kN)	0,5		


anclaje com20.2

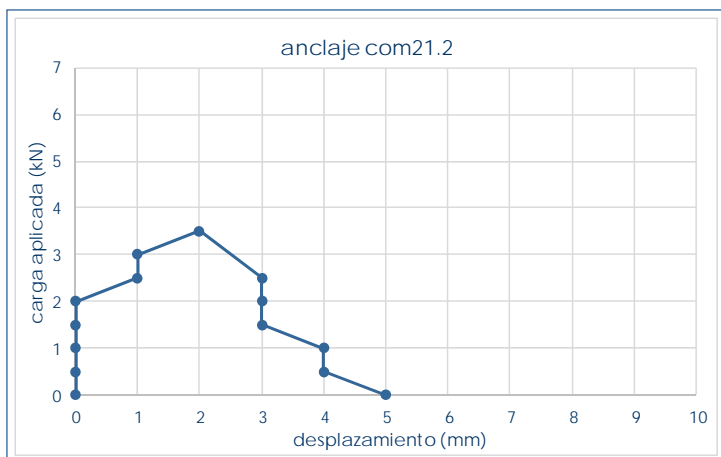


com20.2 - anclaje ensayado



com20.2 - orificio tras extracción

com20.2		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+1,75
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	1		

anclaje **com21.2**

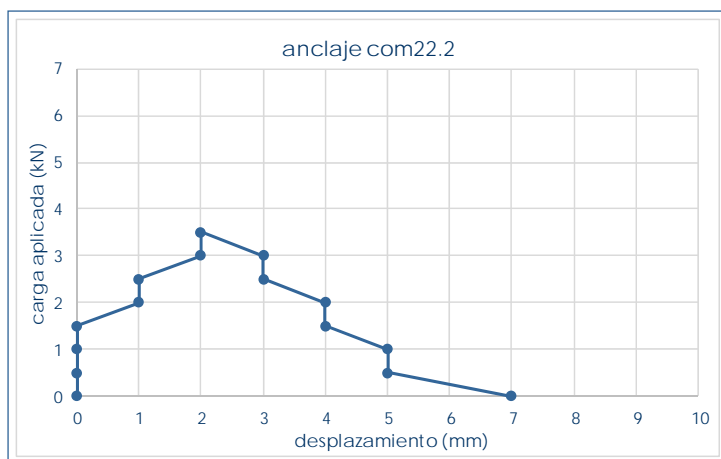
com21.2		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	3,5	altura (m)	+2,10
$despl_{max}$ (mm)	2		pieza
F_0 (kN)	2		



com21.2 – anclaje colocado



com21.2 – orificio tras extracción

anclaje **com22.2**

com22.2		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	3,5	altura (m)	+2,10
$despl_{max}$ (mm)	2		pieza
F_0 (kN)	1,5		

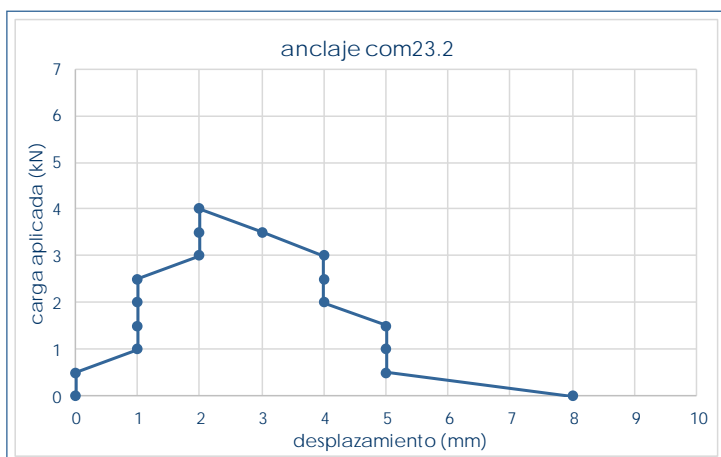


com22.2 – anclaje ensayado



com22.2 – orificio tras extracción


anclaje com23.2



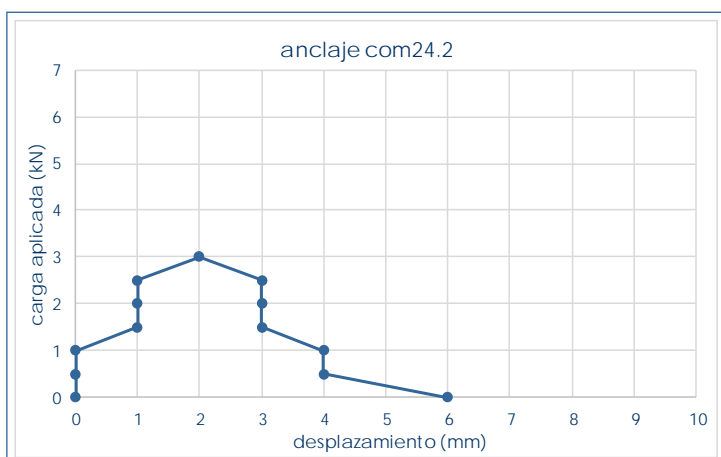
com23.2 – anclaje colocado



com23.2 – anclaje ensayado

com23.2		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	4	altura (m)	+2,10
$despl_{max}$ (mm)	2		pieza
F_0 (kN)	0,5		

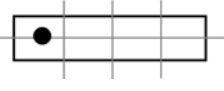
anclaje com24.2



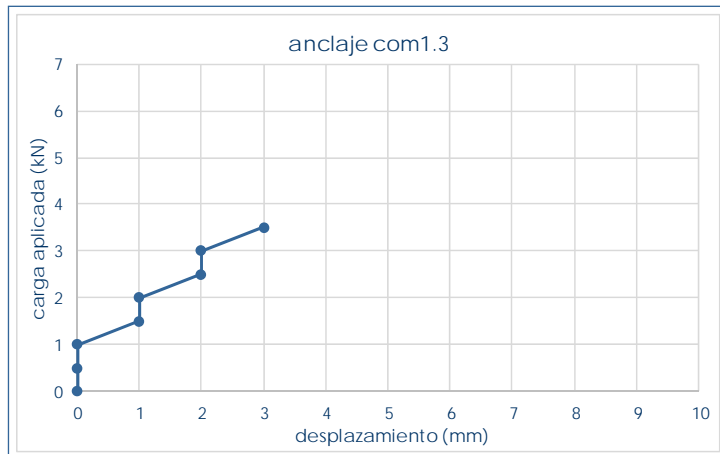
com24.2 – ensayando anclaje

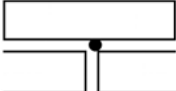


com24.2 – anclaje ensayado

com24.2		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	3	altura (m)	+2,10
$despl_{max}$ (mm)	2		pieza
F_0 (kN)	1		

anclaje com1.3



com1.3		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	3,5	altura (m)	+1,93
$despl_{max}$ (mm)	3	 J1d	junta
F_0 (kN)	1		

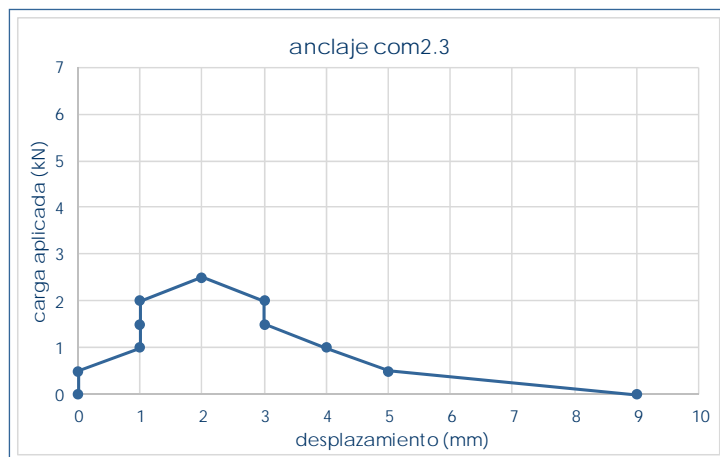



com1.3 - anclaje colocado



com1.3 - anclaje ensayado

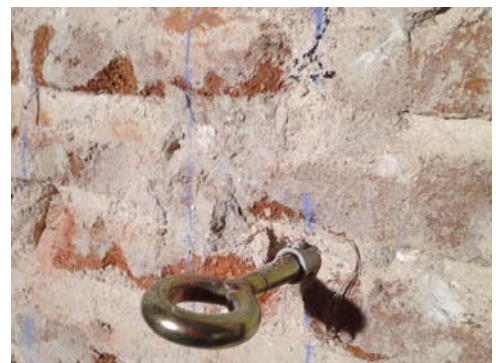
anclaje com2.3



com2.3		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2,5	altura (m)	+1,93
$despl_{max}$ (mm)	2	 J1d	junta
F_0 (kN)	0,5		

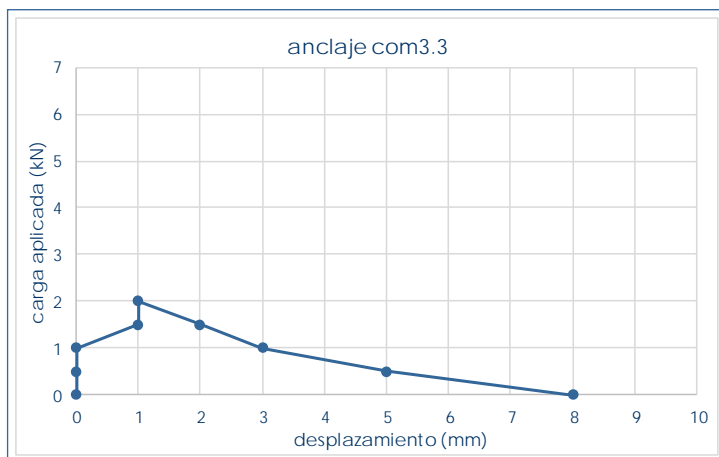


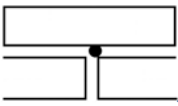
com2.3 - ensayando anclaje



com2.3 - anclaje ensayado

anclaje com3.3



com3.3		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+1,93
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1d	junta
F_0 (kN)	1		

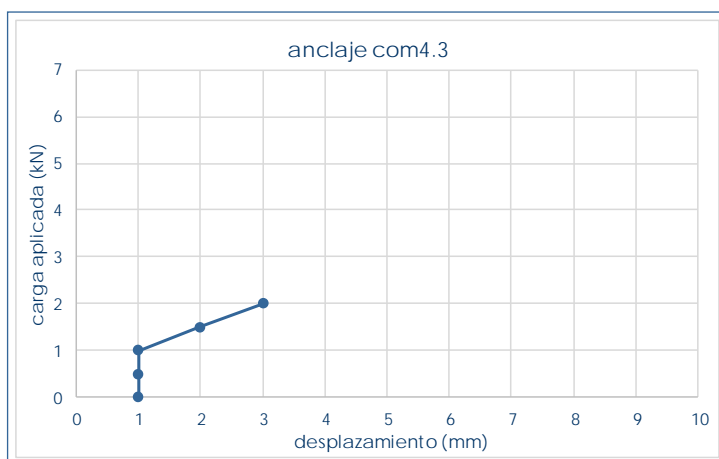


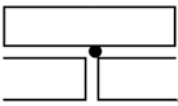
com3.3 - anclaje colocado



com3.3 - orificio tras extracción

anclaje com4.3



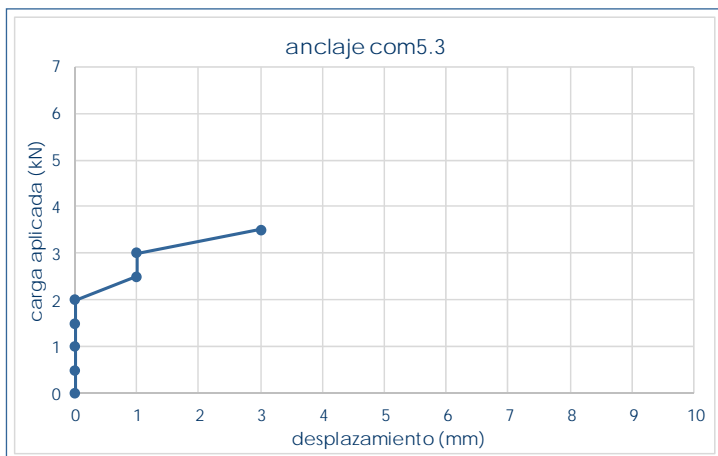
com4.3		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+1,93
$despl_{max}$ (mm)	3	 J1d	junta
F_0 (kN)	-		



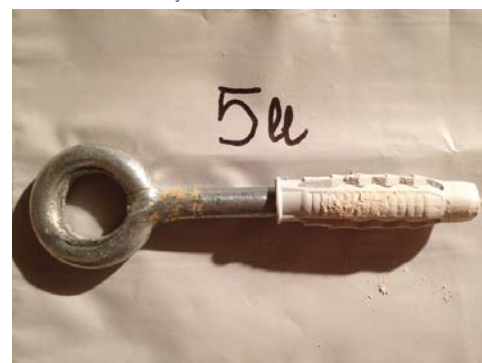
com4.3 - ensayando anclaje



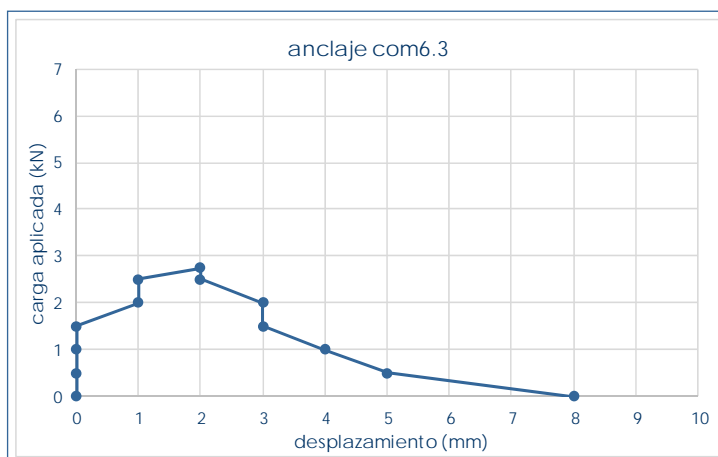
com4.3 - anclaje ensayado

anclaje **com5.3**

com5.3 – anclaje colocado



com5.3 – anclaje tras extracción

anclaje **com6.3**

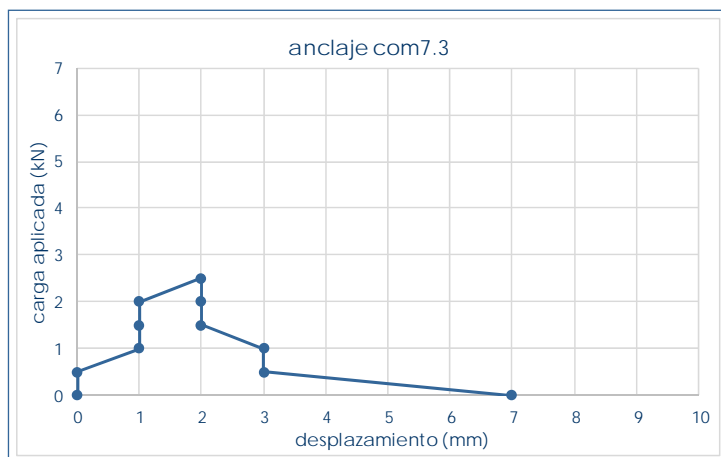
com6.3 – anclaje ensayado



com6.3 – orificio tras extracción

com6.3		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2,75	altura (m)	+1,58
$despl_{max}$ (mm)	2		interfaz
F_0 (kN)	1,5		

anclaje com7.3



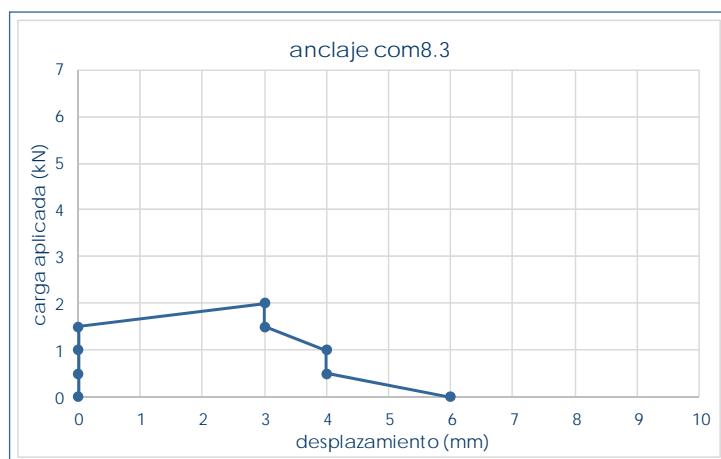
com7.3 – ensayando anclaje



com7.3 – anclaje ensayado

com7.3		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F _{max} (kN)	2,5	altura (m)		+1,58
despl _{max} (mm)	2			junta
F ₀ (kN)	0,5			

anclaje com8.3

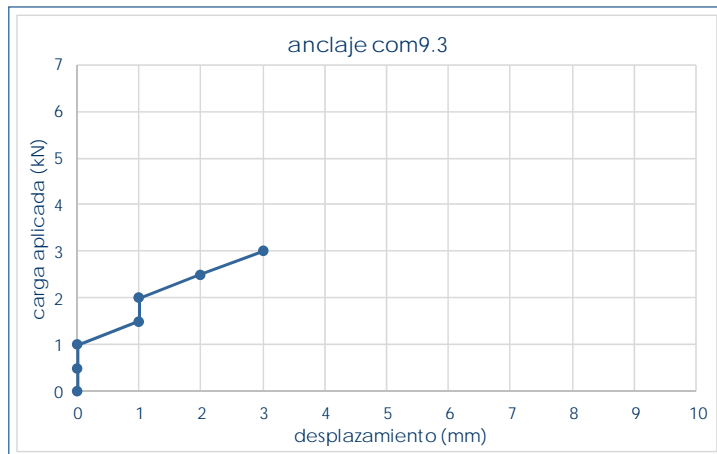


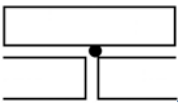
com8.3 – anclaje ensayado



com8.3 – orificio tras extracción

com8.3		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F _{max} (kN)	2	altura (m)		+1,58
despl _{max} (mm)	3			junta
F ₀ (kN)	1,5			

anclaje **com9.3**

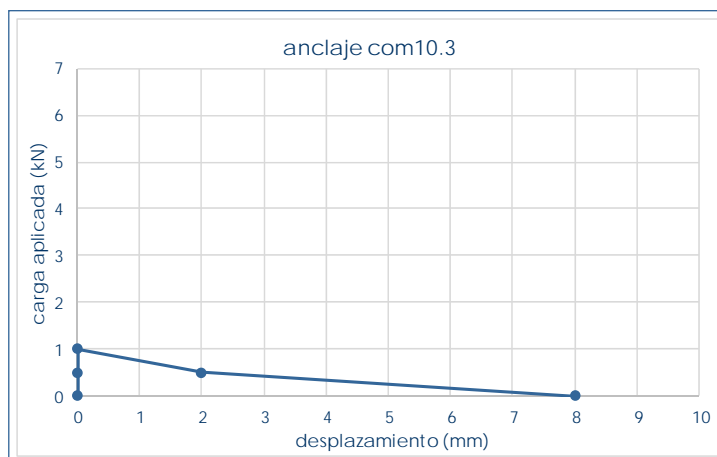
com9.3		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	3	altura (m)	+1,23
$despl_{max}$ (mm)	3	 J1d	junta
F_0 (kN)	1		

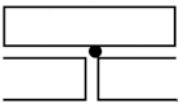


com9.3 – anclaje ensayado



com9.3 – orificio tras extracción

anclaje **com10.3**

com10.3		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	1	altura (m)	+1,23
$despl_{max}$ (mm)	0	 J1d	junta
F_0 (kN)	1		

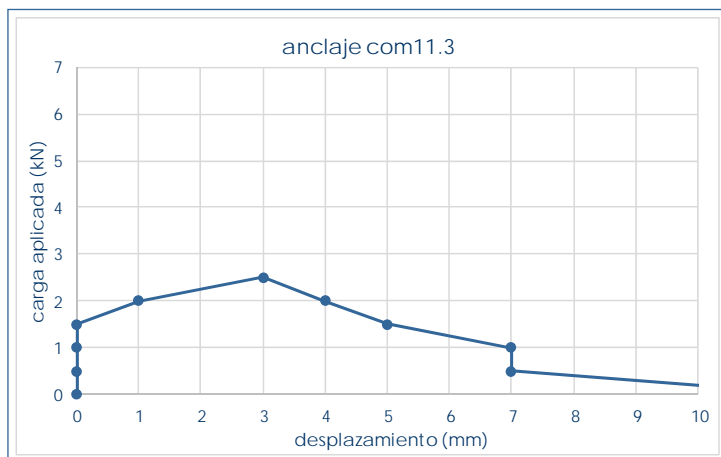


com10.3 – anclaje ensayado



com10.3 – orificio tras extracción

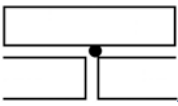
anclaje com11.3



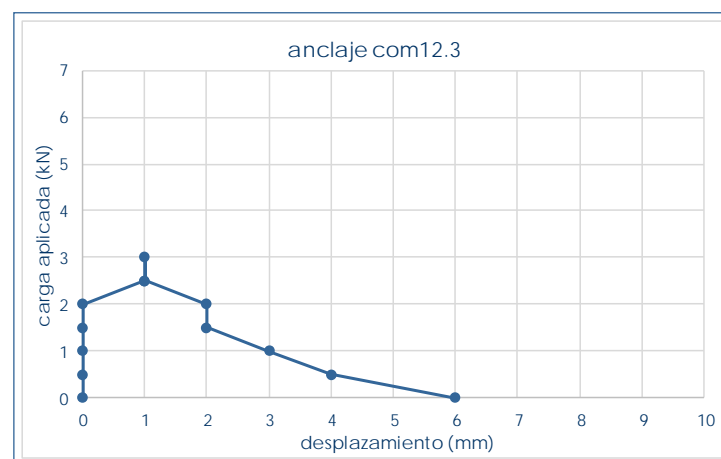
com11.3 – anclaje ensayado



com11.3 – orificio tras extracción

com11.3		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F _{max} (kN)	2,5	altura (m)	+1,23
despl _{max} (mm)	3	 J1d	junta
F ₀ (kN)	1,5		

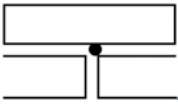
anclaje com12.3

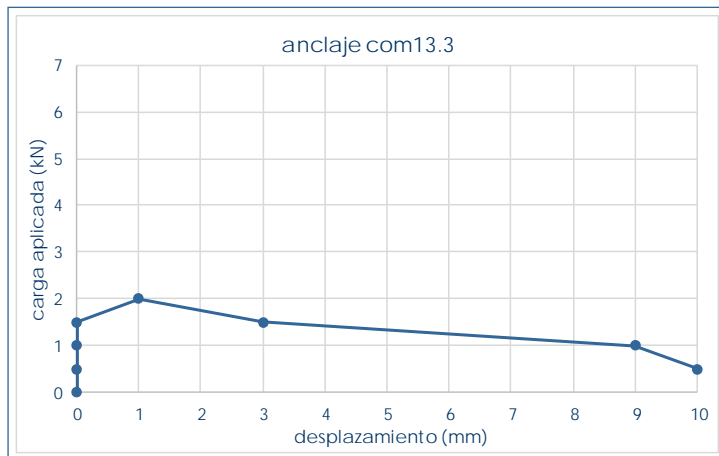


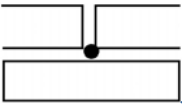
com12.3 – ensayando anclaje



com12.3 – orificio tras extracción

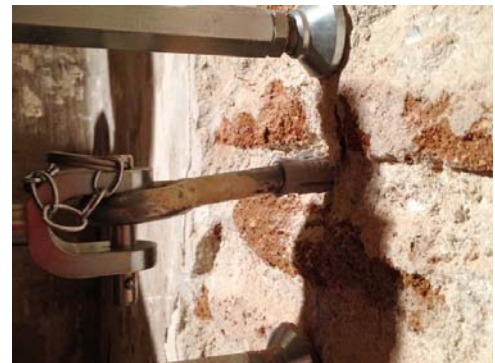
com12.3		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F _{max} (kN)	3	altura (m)	+1,23
despl _{max} (mm)	1	 J1d	junta
F ₀ (kN)	2		

anclaje **com13.3**

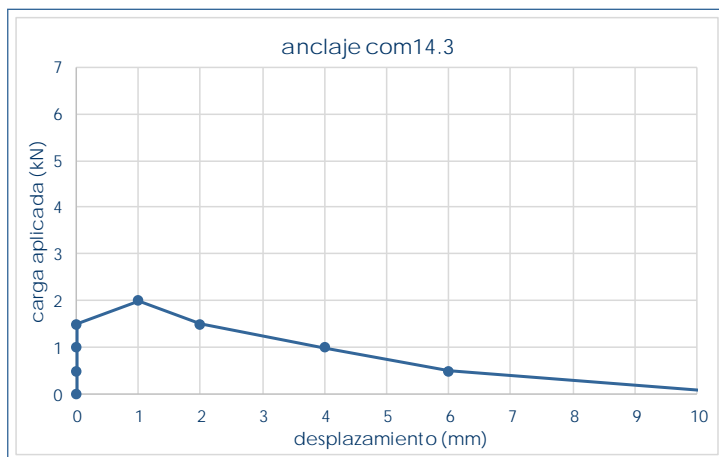
com13.3		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+0,88
$despl_{max}$ (mm)	1		junta
F_0 (kN)	1,5		

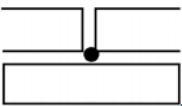


com13.3 – taco plástico alojado



com13.3 – ensayando anclaje

anclaje **com14.3**

com14.3		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+0,88
$despl_{max}$ (mm)	1		junta
F_0 (kN)	1,5		

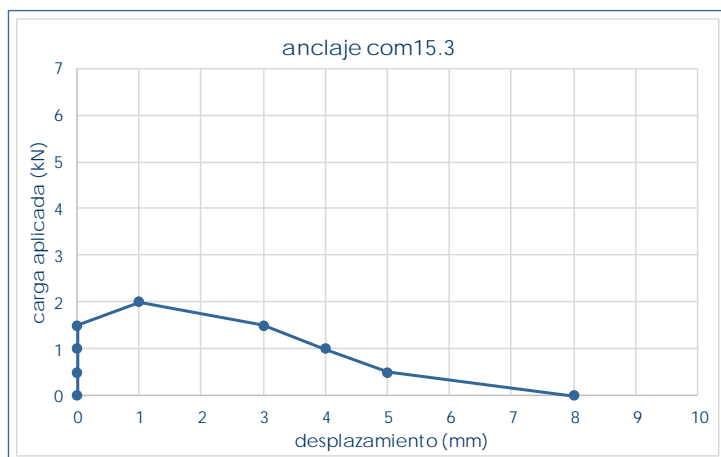


com14.3 – anclaje colocado



com14.3 – anclaje ensayado

anclaje com15.3



com15.3		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+0,88	
$despl_{max}$ (mm)	1		junta	
F_0 (kN)	1,5			

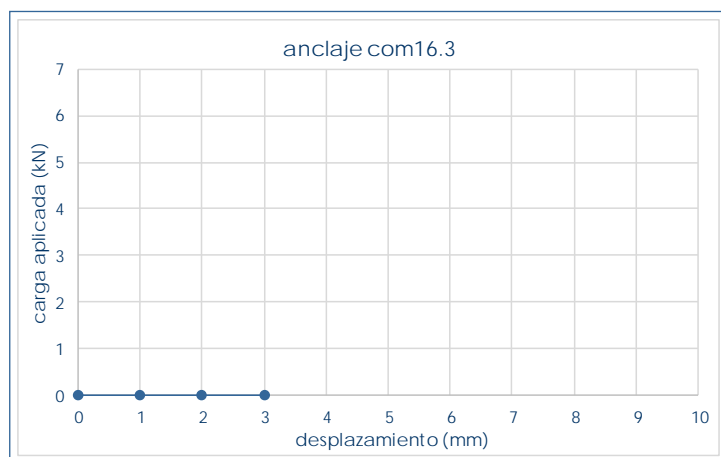


com15.3 – taco plástico alojado



com15.3 – anclaje ensayado

anclaje com16.3



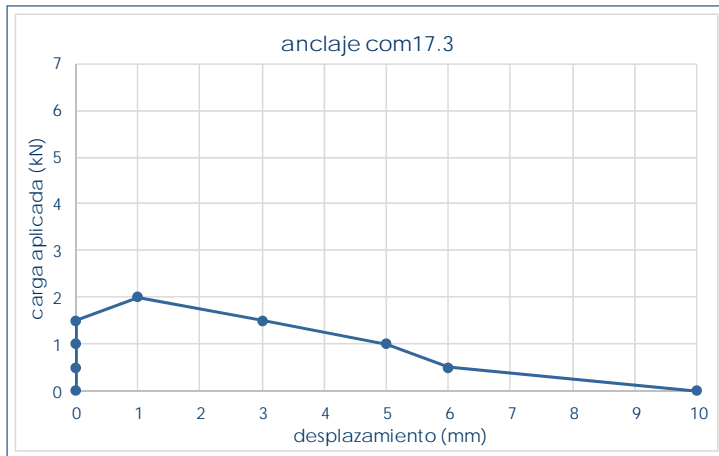
com16.3		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F_{max} (kN)	0	altura (m)	+0,88	
$despl_{max}$ (mm)	0		junta	
F_0 (kN)	0			



com16.3 – anclaje colocado



com16.3 – orificio tras extracción

anclaje **com17.3**

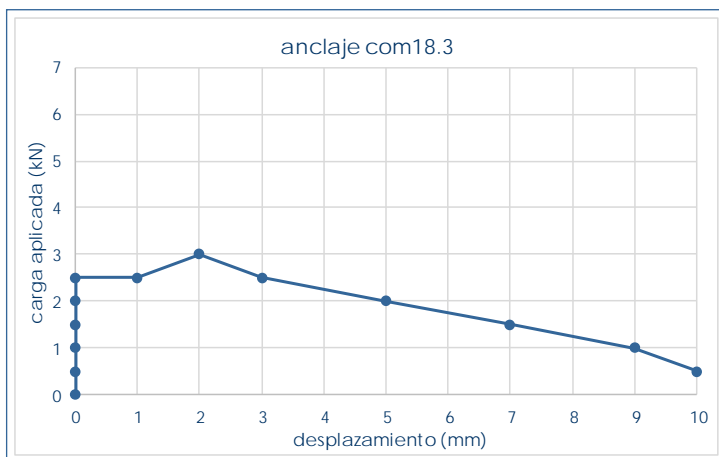
com17.3		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+0,53
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1d	junta
F_0 (kN)	1,5		



com17.3 – taco plástico alojado



com17.3 –herramienta de extracción

anclaje **com18.3**

com18.3		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	3	altura (m)	+0,53
$despl_{max}$ (mm)	2	 J1d	junta
F_0 (kN)	2,5		

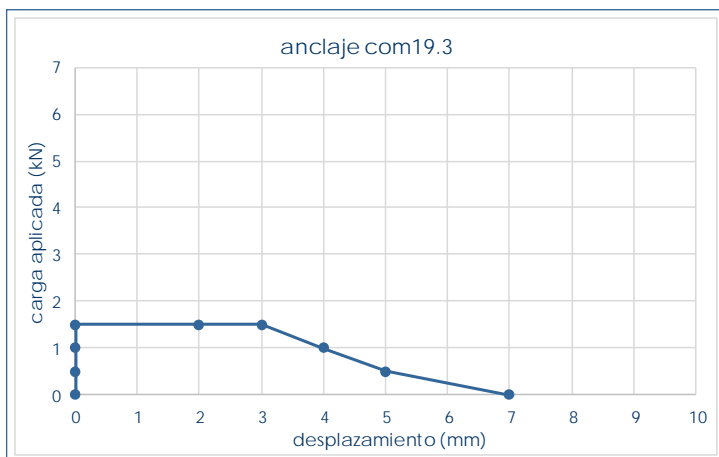


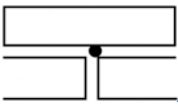
com18.3 – ensayando anclaje



com18.3 – anclaje ensayado

anclaje com19.3



com19.3		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	1,5	altura (m)	+0,53
$despl_{max}$ (mm)	0	 J1d	junta
F_0 (kN)	1,5		

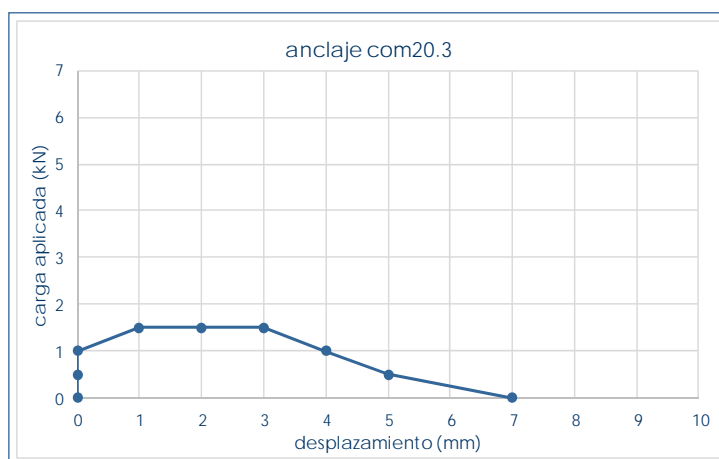


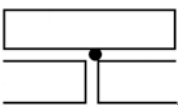
com19.3 – ensayando anclaje



com19.3 – anclaje ensayado

anclaje com20.3



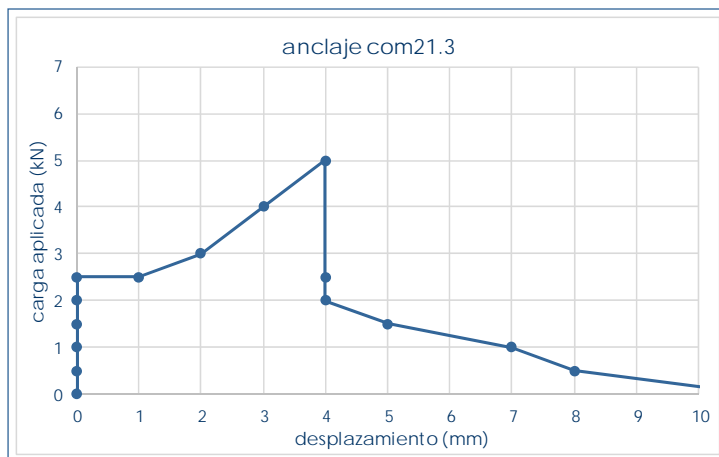
com20.3		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	1,5	altura (m)	+0,53
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1d	junta
F_0 (kN)	1		



com20.3 – ensayando anclaje



com20.3 – anclaje ensayado

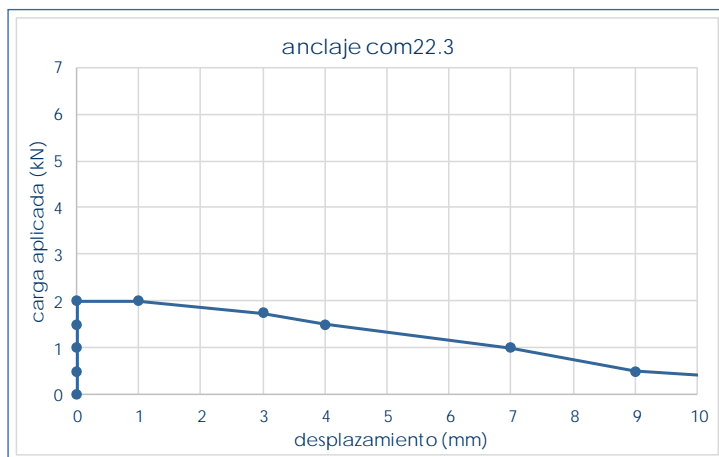
anclaje **com21.3**

com21.3 – ensayando anclaje



com21.3 – anclaje ensayado

com21.3		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	5	altura (m)	+0,18
$despl_{max}$ (mm)	4	 J1u	junta
F_0 (kN)	2,5		

anclaje **com22.3**

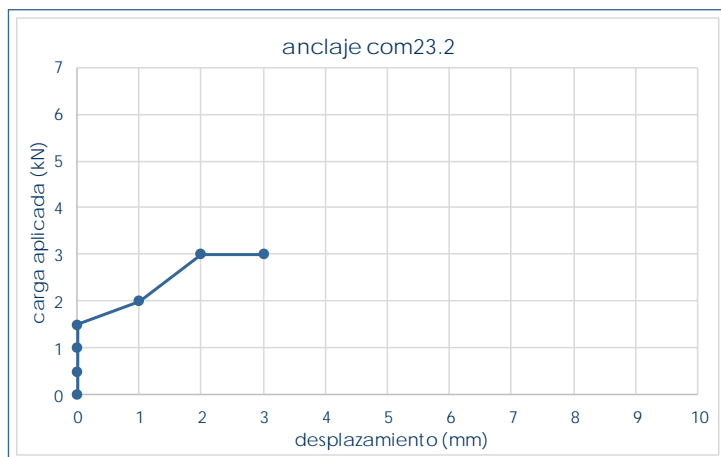
com22.3 – ensayando anclaje



com22.3 – anclaje ensayado

com22.3		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+0,18
$despl_{max}$ (mm)	0	 J1u	junta
F_0 (kN)	2		

anclaje com23.3



com23.3		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	3	altura (m)	+0,18
$despl_{max}$ (mm)	2	 J1u	junta
F_0 (kN)	1,5		

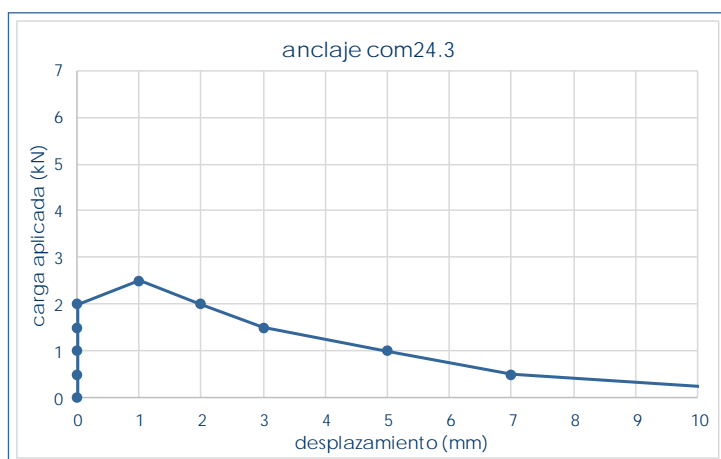


com23.3 – ensayando anclaje

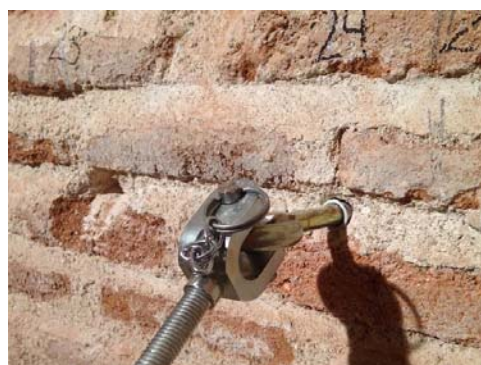


com23.3 – anclaje ensayado

anclaje com24.3



com24.3		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2,5	altura (m)	+0,18
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1u	junta
F_0 (kN)	2		

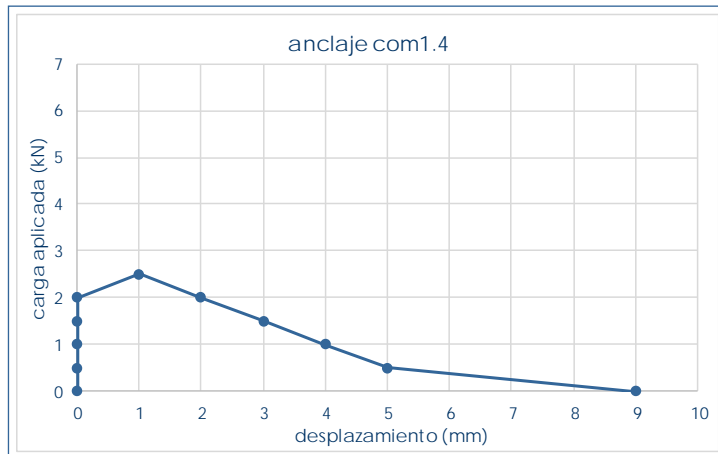


com24.3 – anclaje colocado



com24.3 – ensayando anclaje

anclaje com1.4



com1.4		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2,5	altura (m)	+2,10
$despl_{max}$ (mm)	1		interfaz
F_0 (kN)	2		

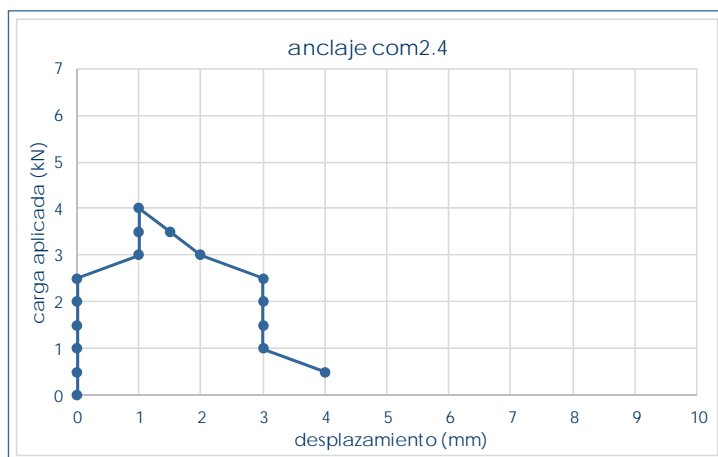


com1.4 – ensayando anclaje



com1.4 – anclaje ensayado

anclaje com2.4



com2.4		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	4	altura (m)	+2,10
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	2,5		

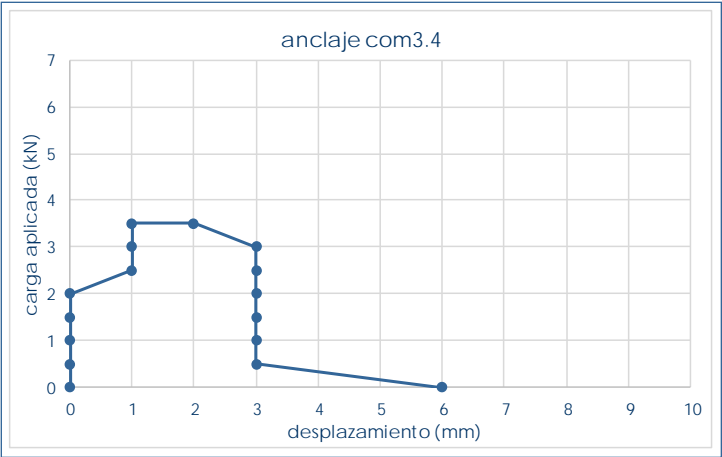


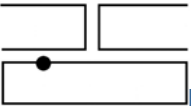
com2.4 – anclaje colocado



com2.4 – anclaje ensayado

anclaje **com3.4**



com3.4		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F _{max} (kN)	3,5	altura (m)	+2,10	
despl _{max} (mm)	1		interfaz	
F ₀ (kN)	2		llaga	

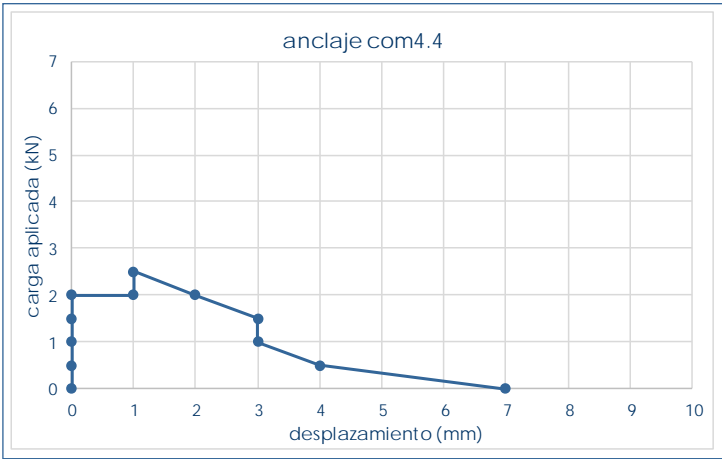


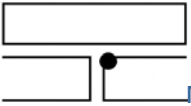
com3.4 – taco plástico alojado



com3.4 – anclaje ensayado

anclaje **com4.4**



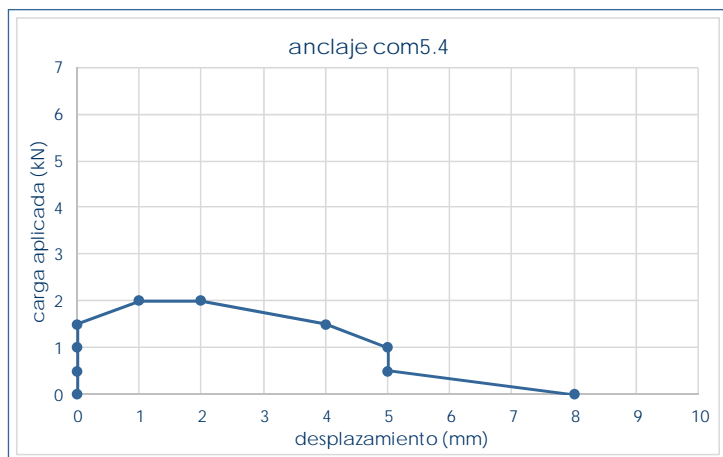
com4.4		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F _{max} (kN)	2,5	altura (m)	+2,10	
despl _{max} (mm)	1		interfaz	
F ₀ (kN)	2		llaga	



com4.4 – ensayando anclaje



com4.4 – orificio tras extracción

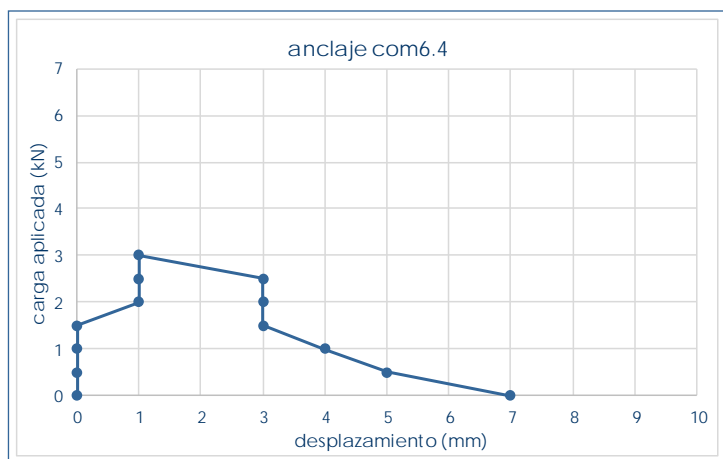
anclaje **com5.4**

com5.4 – anclaje ensayado



com5.4 – anclaje tras extracción

com5.4		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+1,75
$despl_{max}$ (mm)	1	L2	pieza
F_0 (kN)	1,5		

anclaje **com6.4**

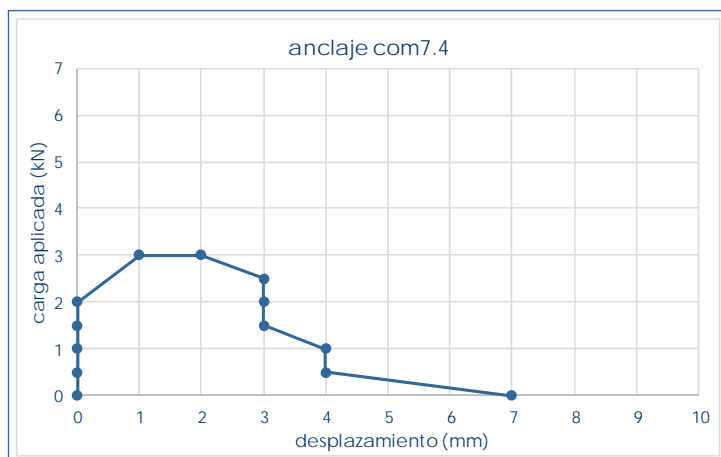
com6.4 – taco plástico alojado



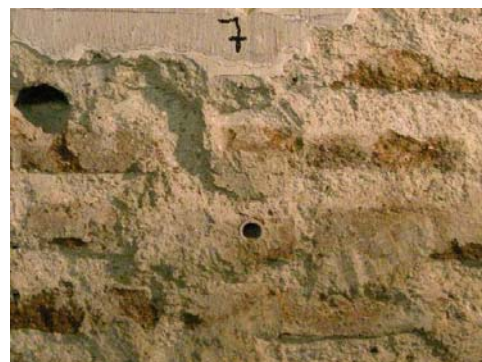
com6.4 – ensayando anclaje

com6.4		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	3	altura (m)	+1,75
$despl_{max}$ (mm)	1	L4	pieza
F_0 (kN)	1,5		

anclaje com7.4



com7.4		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F_{max} (kN)	3	altura (m)	+1,75	
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza	
F_0 (kN)	2			

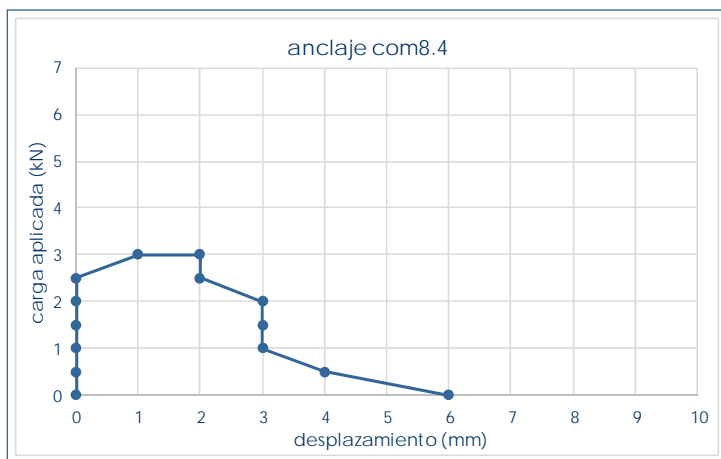


com7.4 – taco plástico alojado



com7.4 – ensayando anclaje

anclaje com8.4



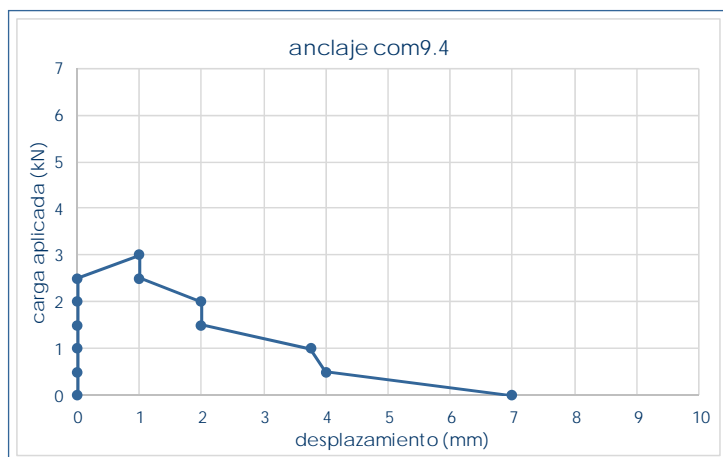
com8.4		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F_{max} (kN)	3	altura (m)	+1,75	
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza	
F_0 (kN)	2,5			



com8.4 – ensayando anclaje



com8.4 – anclaje ensayado

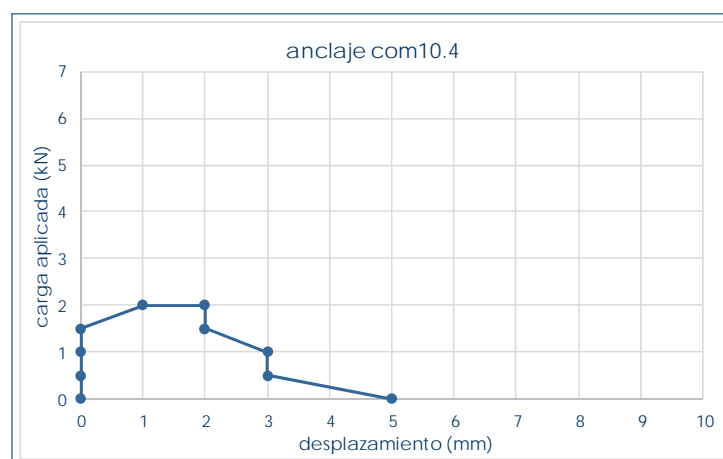
anclaje **com9.4**

com9.4 – ensayando anclaje



com9.4 – orificio tras extracción

com9.4		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{\max} (kN)	3	altura (m)	+1,40
despl_{\max} (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	2,5		

anclaje **com10.4**

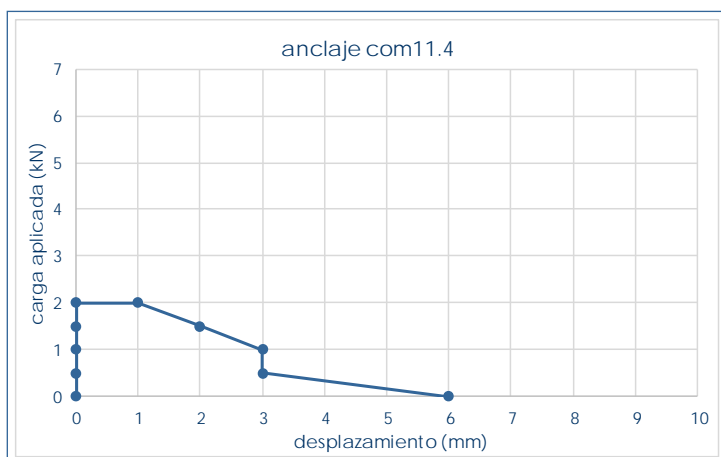
com10.4 – ensayando anclaje



com10.4 – anclaje ensayado

com10.4		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{\max} (kN)	2	altura (m)	+1,40
despl_{\max} (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	1,5		

anclaje com11.4



com11.4		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F_{\max} (kN)	2	altura (m)	+1,40	
despl_{\max} (mm)	1		pieza	
F_0 (kN)	2			

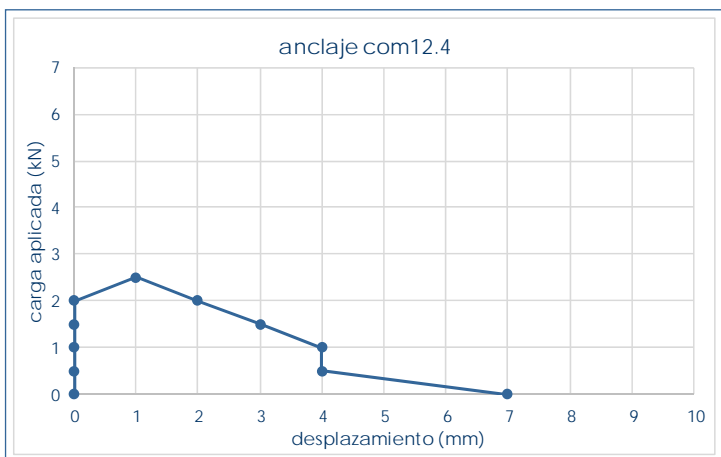


com11.4 – ensayando anclaje



com11.4 – anclaje ensayado

anclaje com12.4



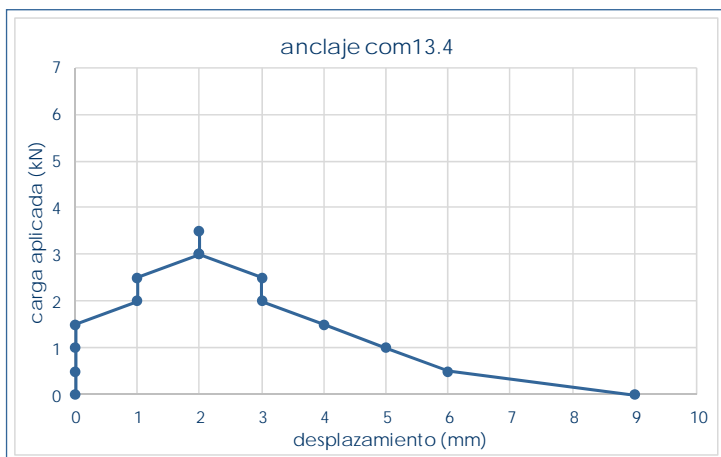
com12.4		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F_{\max} (kN)	2,5	altura (m)	+1,40	
despl_{\max} (mm)	1		pieza	
F_0 (kN)	2			



com12.4 – ensayando anclaje



com12.4 – ensayando anclaje 2

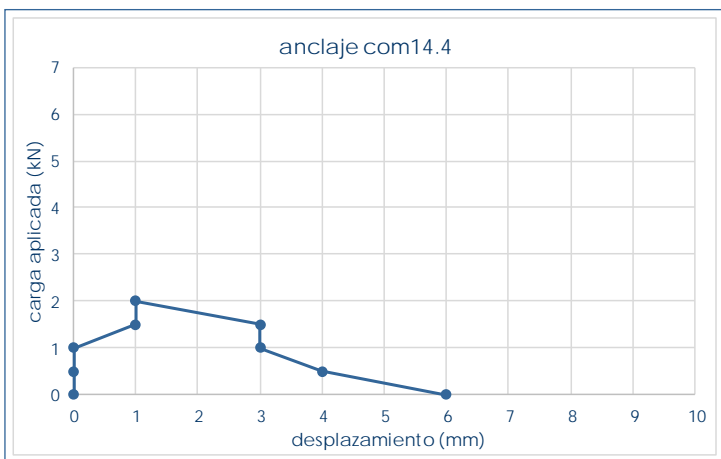
anclaje **com13.4**

com13.4 – anclaje ensayado



com13.4 – orificio tras extracción

com13.4		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	3,5	altura (m)	+1,10
$despl_{max}$ (mm)	2		pieza
F_0 (kN)	1,5		

anclaje **com14.4**

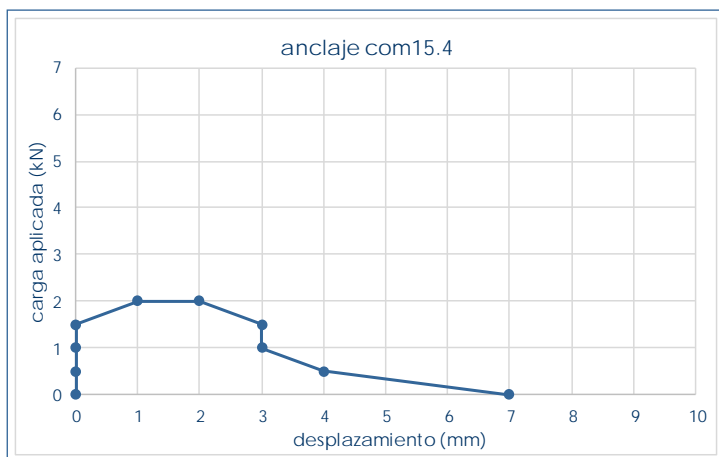
com14.4 – ensayando anclaje



com14.4 – anclaje ensayado

com14.4		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+1,10
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	1		

anclaje com15.4



com15.4		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+1,10
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	1,5		

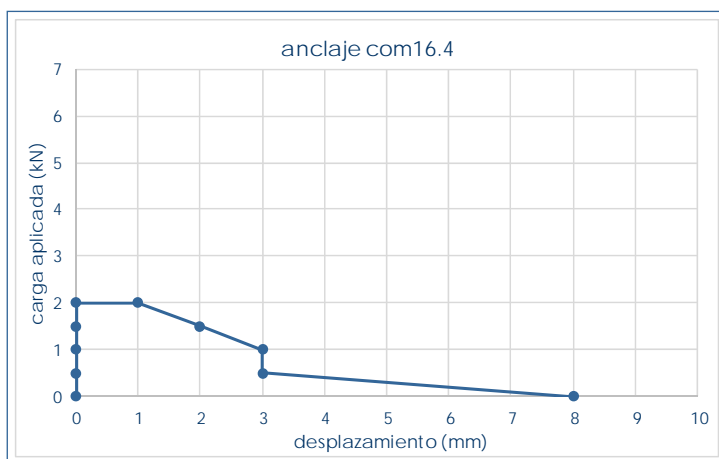


com15.4 – ensayando anclaje



com15.4 – ensayando anclaje 2

anclaje com16.4



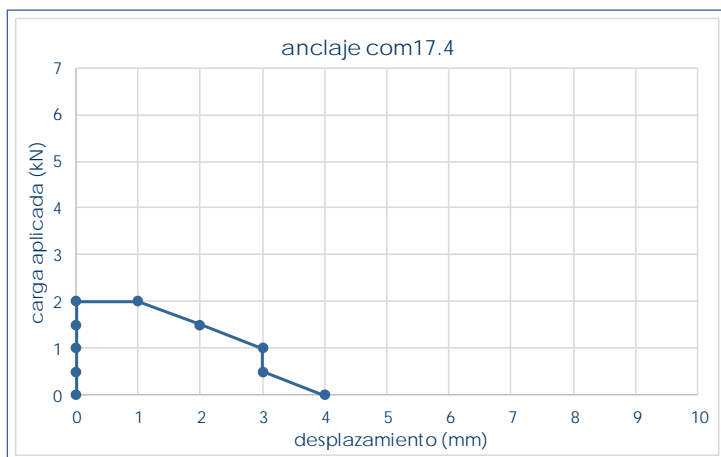
com16.4		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+1,10
$despl_{max}$ (mm)	0		pieza
F_0 (kN)	2		



com16.4 – ensayando anclaje



com16.4 – anclaje ensayado

anclaje **com17.4**

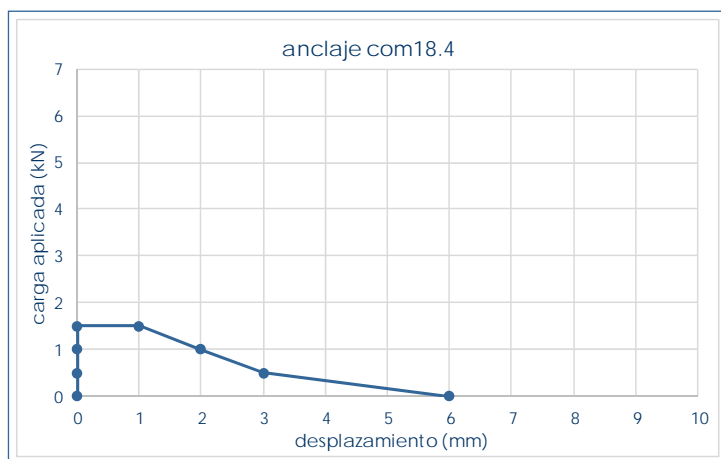
com17.4		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{\max} (kN)	2	altura (m)	+0,80
despl_{\max} (mm)	0		pieza
F_0 (kN)	2		



com17.4 – ensayando anclaje



com17.4 – orificio tras extracción

anclaje **com18.4**

com18.4		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{\max} (kN)	1,5	altura (m)	+0,80
despl_{\max} (mm)	0		pieza
F_0 (kN)	1,5		

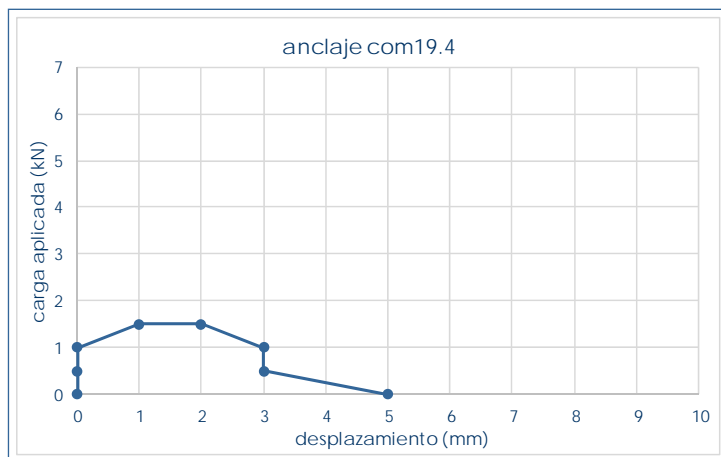


com18.4 – ensayando anclaje



com18.4 – anclaje ensayado

anclaje com19.4



com19.4		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	1,5	altura (m)	+0,80
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	1		

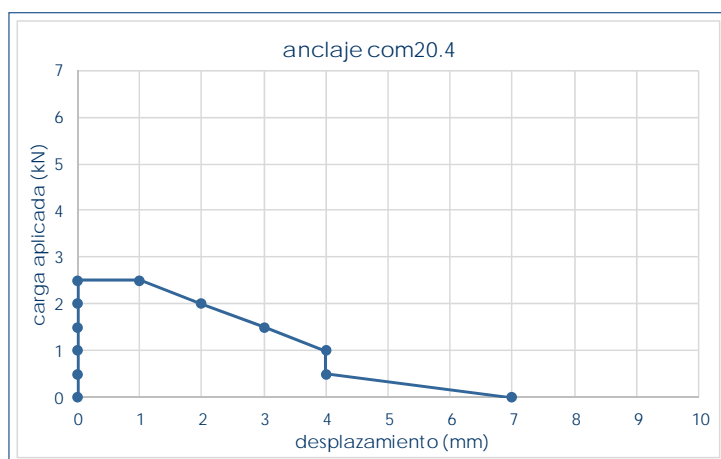


com19.4 – anclaje colocado



com19.4 – orificio tras extracción

anclaje com20.4



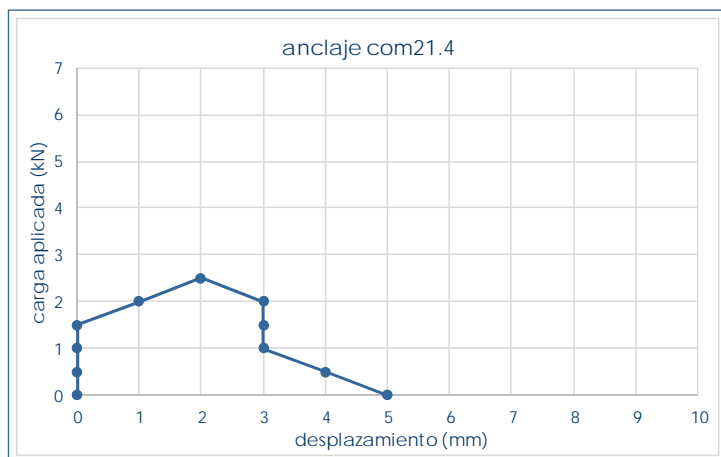
com20.4		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2,5	altura (m)	+0,80
$despl_{max}$ (mm)	0		pieza
F_0 (kN)	2,5		



com20.4 – ensayando anclaje



com20.4 – anclaje ensayado

anclaje **com21.4**

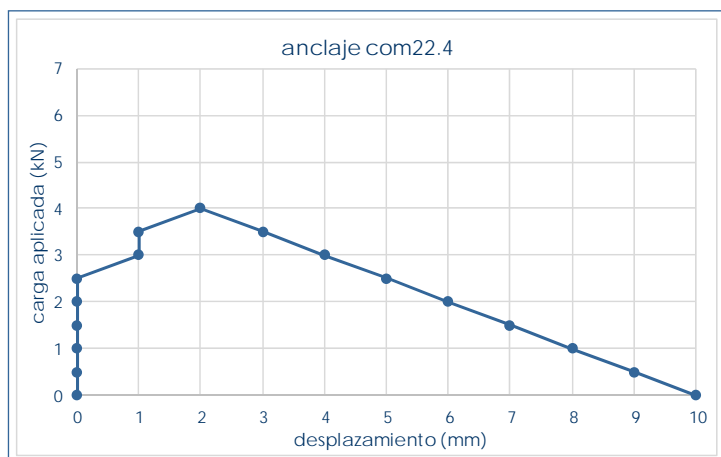
com21.4		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2,5	altura (m)	+0,50
$despl_{max}$ (mm)	2		pieza
F_0 (kN)	1,5		



com21.4 – ensayando anclaje



com21.4 – anclaje ensayado

anclaje **com22.4**

com22.4		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	4	altura (m)	+0,50
$despl_{max}$ (mm)	2		pieza
F_0 (kN)	2,5		

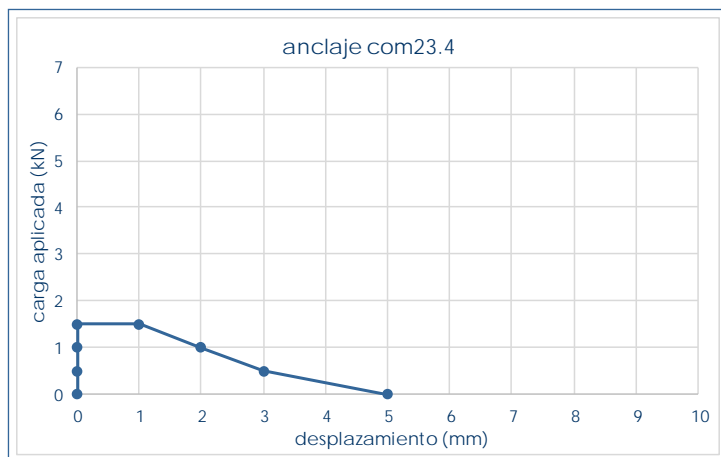


com22.4 – ensayando anclaje



com22.4 – orificio tras extracción

anclaje com23.4



com23.4		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	1,5	altura (m)	+0,50
$despl_{max}$ (mm)	0	L2.3	pieza
F_0 (kN)	1,5		

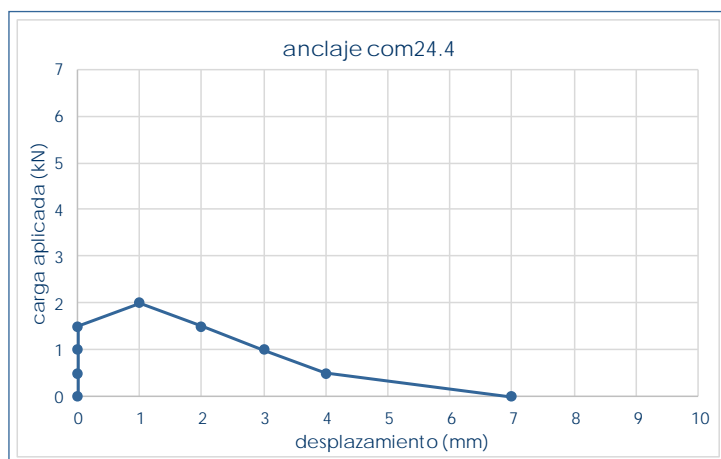


com23.4 – ensayando anclaje



com23.4 – ensayando anclaje 2

anclaje com24.4



com24.4		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+0,50
$despl_{max}$ (mm)	1	L4	pieza
F_0 (kN)	1,5		

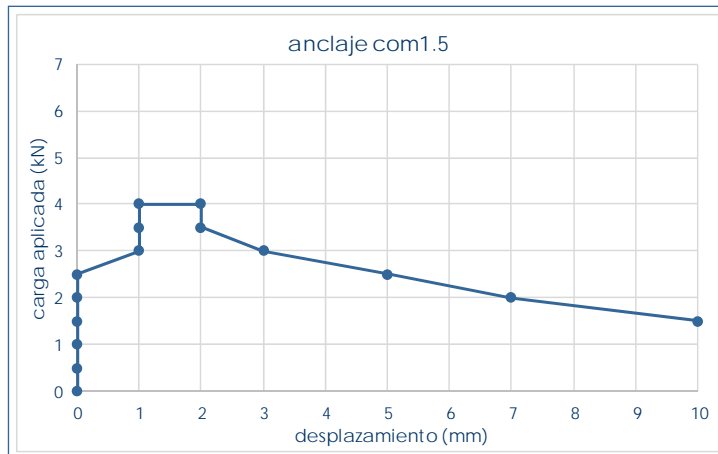


com24.4 – ensayando anclaje



com24.4 – anclaje ensayado

anclaje com1.5



com1.5		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F_{max} (kN)	4	altura (m)		+1,93
$despl_{max}$ (mm)	1		junta	
F_0 (kN)	2,5			

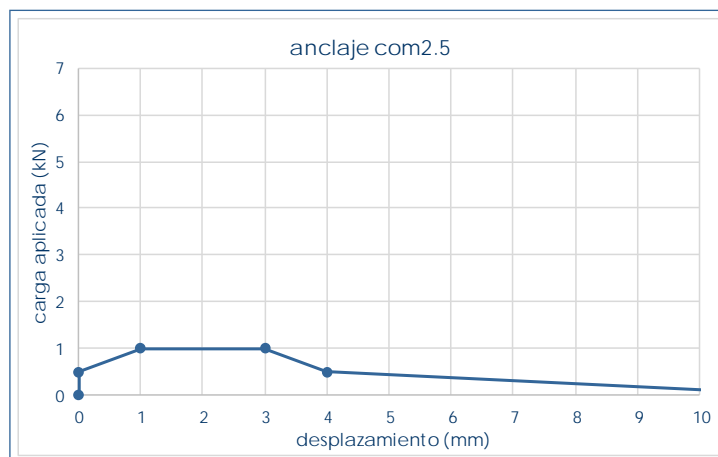


com1.5 – ensayando anclaje



com1.5 – anclaje ensayado

anclaje com2.5



com2.5		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F_{max} (kN)	1	altura (m)		+1,93
$despl_{max}$ (mm)	1		junta	
F_0 (kN)	0,5			

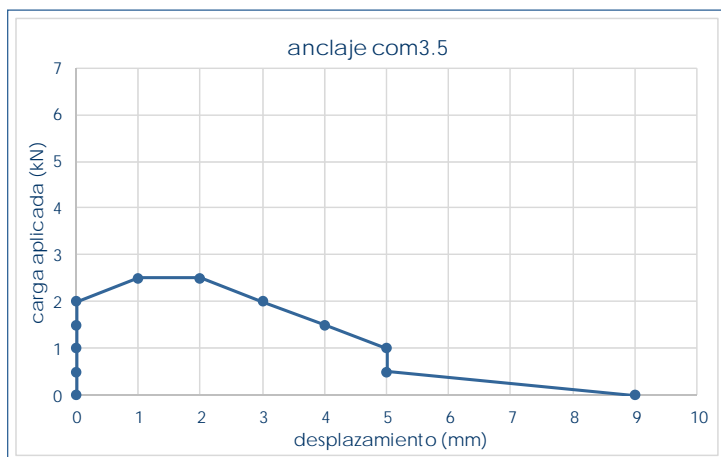


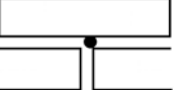
com2.5 – ensayando anclaje



com2.5 – anclaje ensayado

anclaje com3.5



com3.5		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2,5	altura (m)	+1,93
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1d	junta
F_0 (kN)	2		

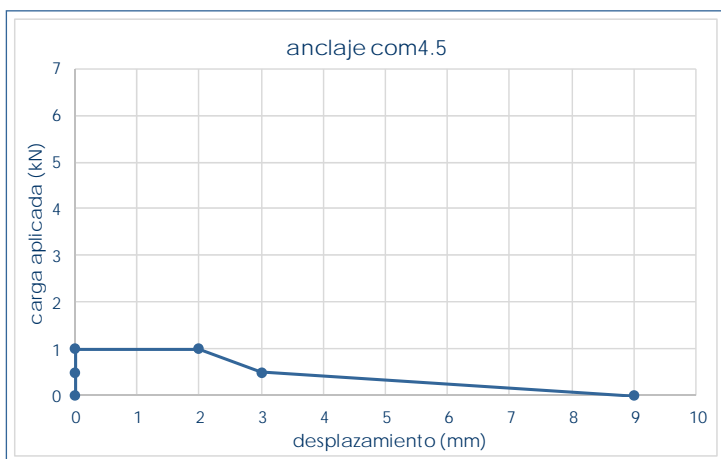



com3.5 – taco plástico alojado



com3.5 – anclaje colocado

anclaje com4.5



com4.5		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	1	altura (m)	+1,93
$despl_{max}$ (mm)	0	 J1d	junta
F_0 (kN)	1		

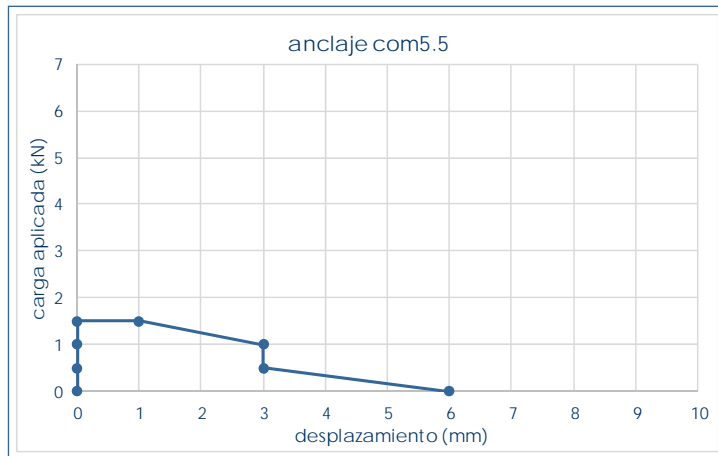



com4.5 – ensayando anclaje



com4.5 – ensayando anclaje 2

anclaje com5.5



com5.5		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	1,5	altura (m)	+1,58
$despl_{max}$ (mm)	0		junta
F_0 (kN)	1,5		

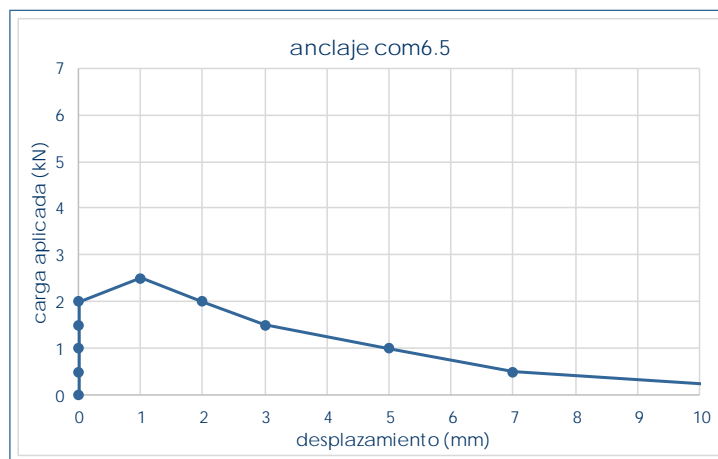


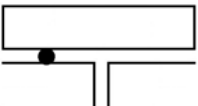
com5.5 – taco plástico alojado



com5.5 – ensayando anclaje

anclaje com6.5



com6.5		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2,5	altura (m)	+1,58
$despl_{max}$ (mm)	1		junta
F_0 (kN)	2		

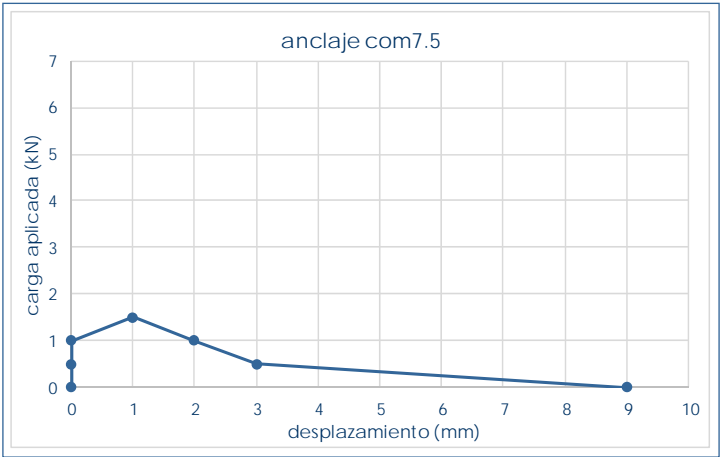


com6.5 – anclaje colocado



com6.5 – anclaje colocado 2

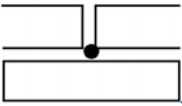
anclaje **com7.5**



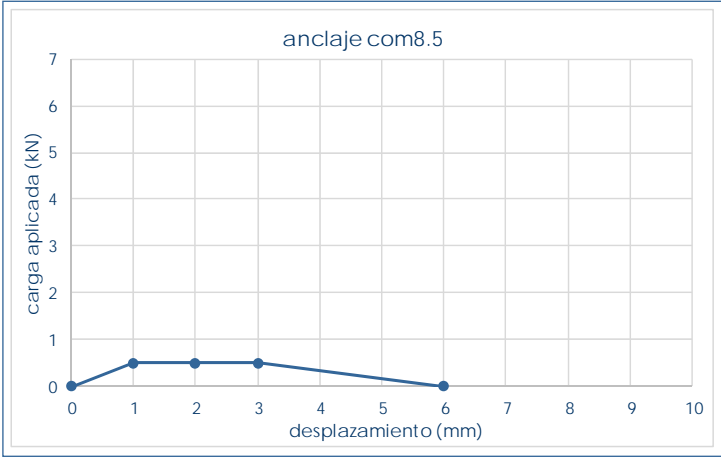
com7.5 – ensayando anclaje



com7.5 – anclaje ensayado

com7.5		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F _{max} (kN)	1,5	altura (m)	+1,58
despl _{max} (mm)	1	 J1u	junta
F ₀ (kN)	1		

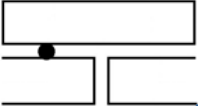
anclaje **com8.5**

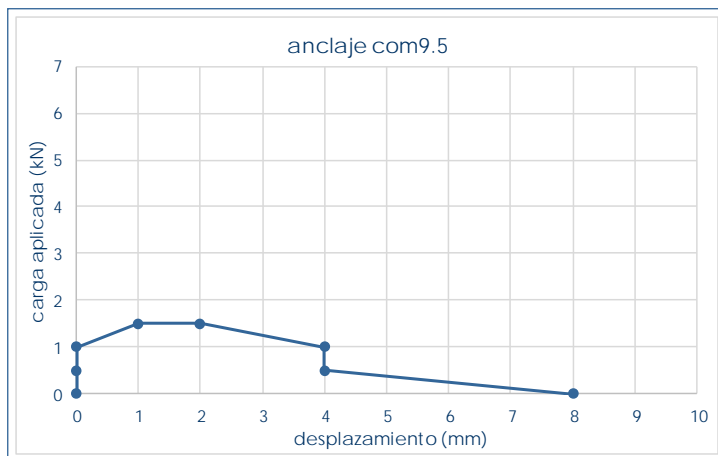


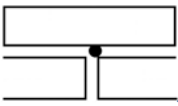
com8.5 – ensayando anclaje



com8.5 – anclaje ensayado

com8.5		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F _{max} (kN)	0,5	altura (m)	+1,58
despl _{max} (mm)	1	 J2	junta
F ₀ (kN)	0		

anclaje **com9.5**

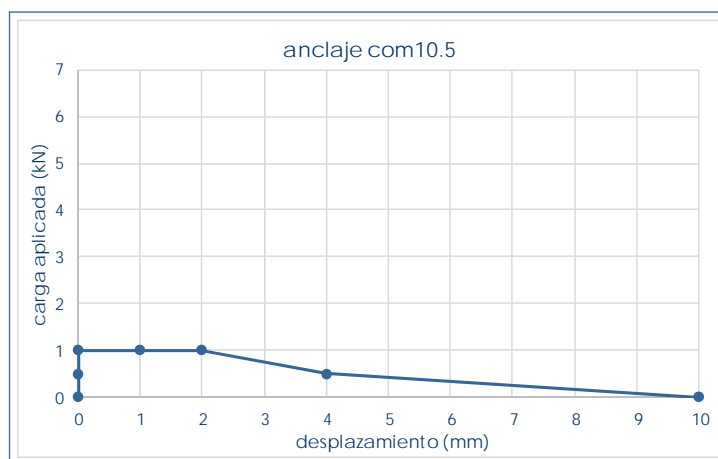
com9.5		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	1,5	altura (m)	+1,30
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1d	junta
F_0 (kN)	1		

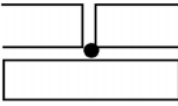


com9.5 – ensayando anclaje



com9.5 – anclaje ensayado

anclaje **com10.5**

com10.5		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	1	altura (m)	+1,30
$despl_{max}$ (mm)	0	 J1u	junta
F_0 (kN)	1		

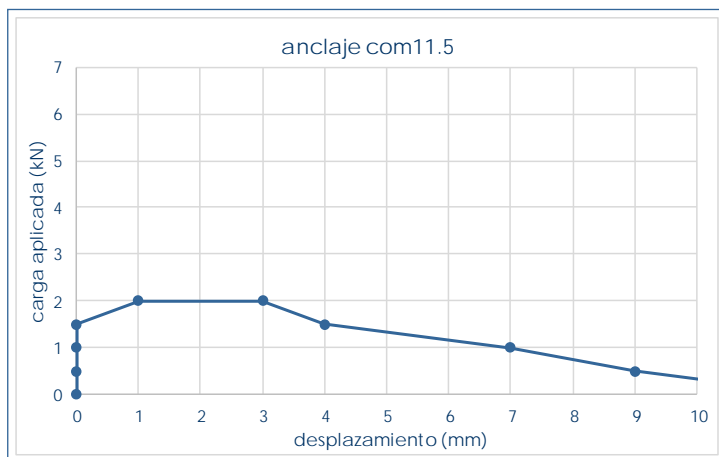


com10.5 – ensayando anclaje



com10.5 – anclaje ensayado

anclaje com11.5



com11.5		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+1,30	
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1u	junta	
F_0 (kN)	1,5			

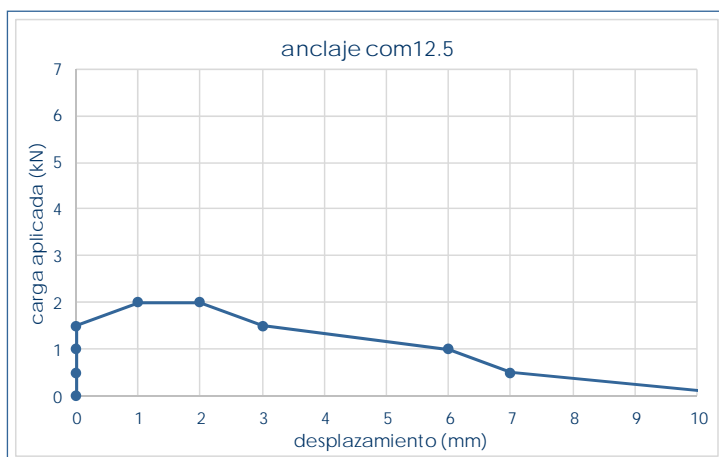


com11.5 – ensayando anclaje



com11.5 – anclaje ensayado

anclaje com12.5



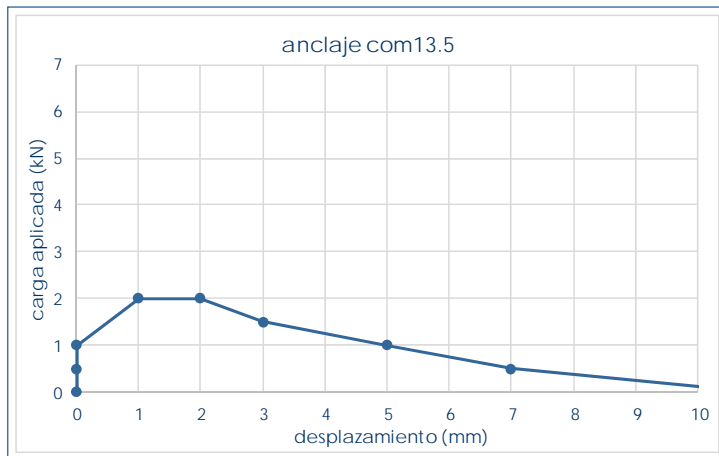
com12.5		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+1,30	
$despl_{max}$ (mm)	1	 J2	junta	
F_0 (kN)	1,5			



com12.5 – ensayando anclaje



com12.5 – ensayando anclaje 2

anclaje **com13.5**

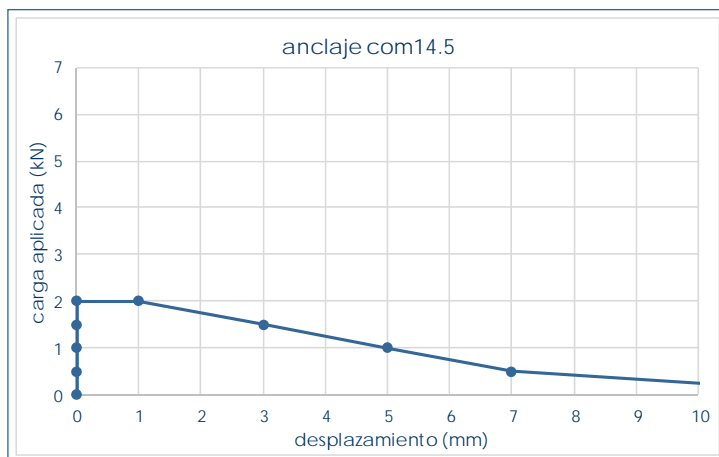
com13.5		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+1,00	
$despl_{max}$ (mm)	1		junta	
F_0 (kN)	1			



com13.5 – ensayando anclaje



com13.5 – anclaje ensayado

anclaje **com14.5**

com14.5		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+1,00	
$despl_{max}$ (mm)	0		junta	
F_0 (kN)	2			

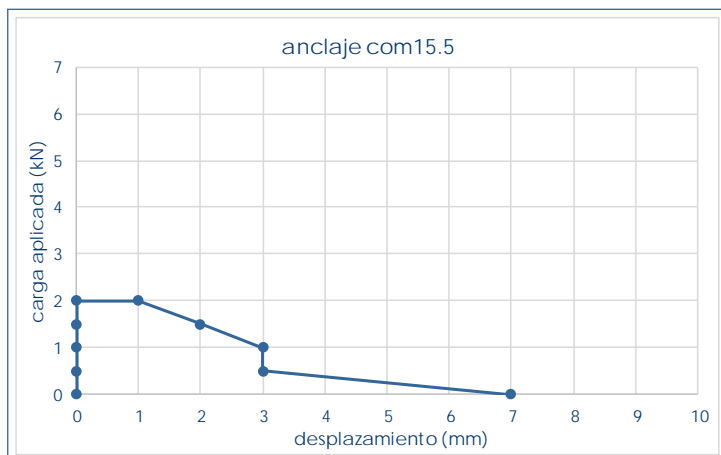


com14.5 – ensayando anclaje



com14.5 – anclaje ensayado

anclaje com15.5



com15.5		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+1,00	
$despl_{max}$ (mm)	0		junta	
F_0 (kN)	2			

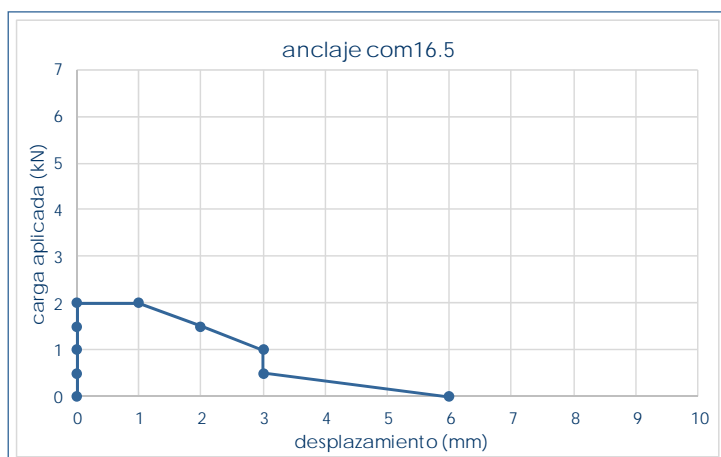


com15.5 – ensayando anclaje



com15.5 – orificio tras extracción

anclaje com16.5



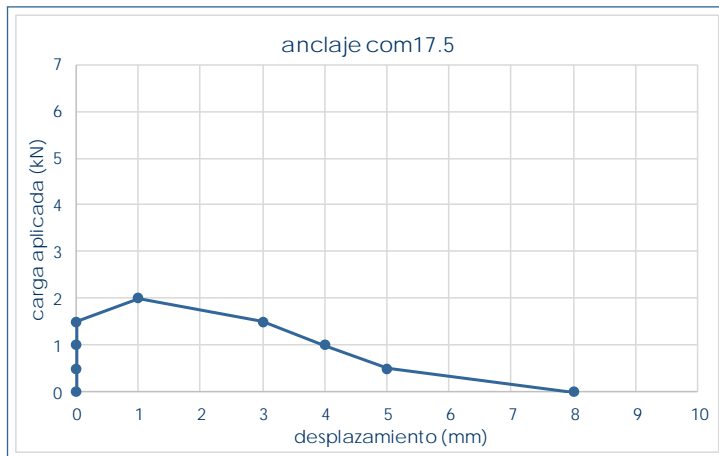
com16.5		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+1,00	
$despl_{max}$ (mm)	0		junta	
F_0 (kN)	2			



com16.5 – ensayando anclaje



com16.5 – anclaje ensayado

anclaje **com17.5**

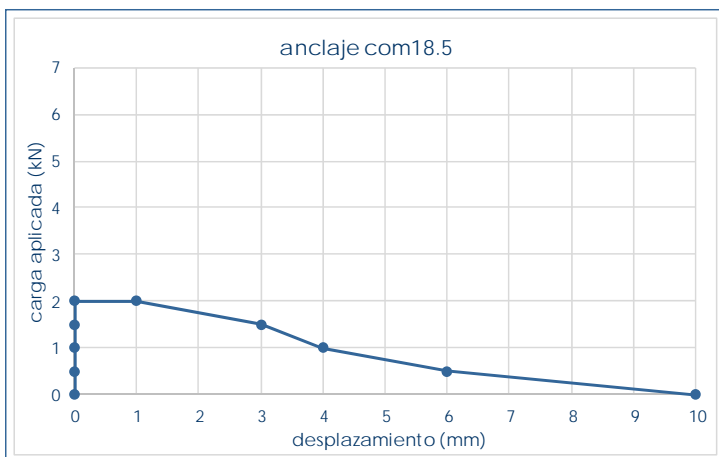
com17.5		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+0,70
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1u	junta
F_0 (kN)	1,5		



com17.5 – ensayando anclaje



com17.5 – ensayando anclaje 2

anclaje **com18.5**

com18.5		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+0,70
$despl_{max}$ (mm)	0	 J2	junta
F_0 (kN)	2		

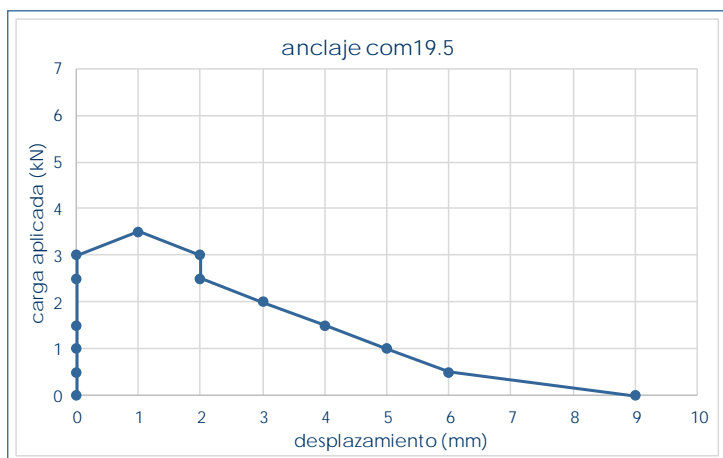


com18.5 – ensayando anclaje



com18.5 – anclaje ensayado

anclaje com19.5



com15.5		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	3,5	altura (m)	+0,70
$despl_{max}$ (mm)	1	 J2	junta
F_0 (kN)	3		

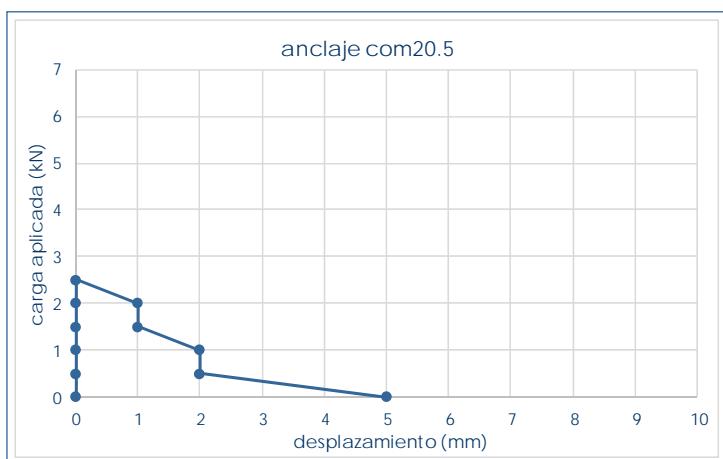


com19.5 – ensayando anclaje



com19.5 – orificio tras extracción

anclaje com20.5



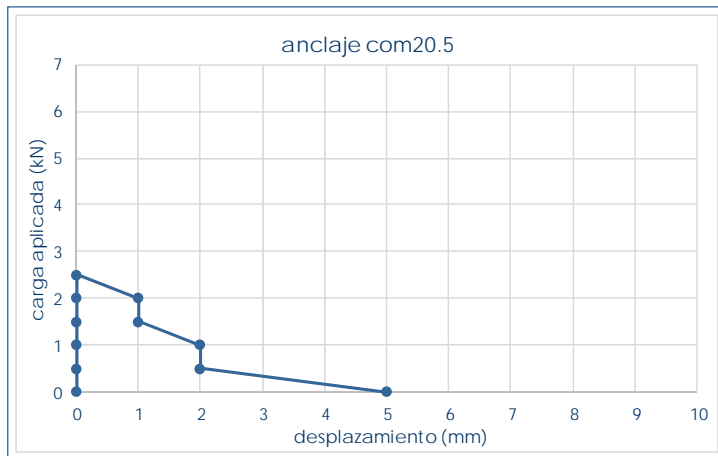
com20.5		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	2,5	altura (m)	+0,70
$despl_{max}$ (mm)	0	 J1d	junta
F_0 (kN)	2,5		



com20.5 – ensayando anclaje



com20.5 – orificio tras extracción

anclaje **com21.5**

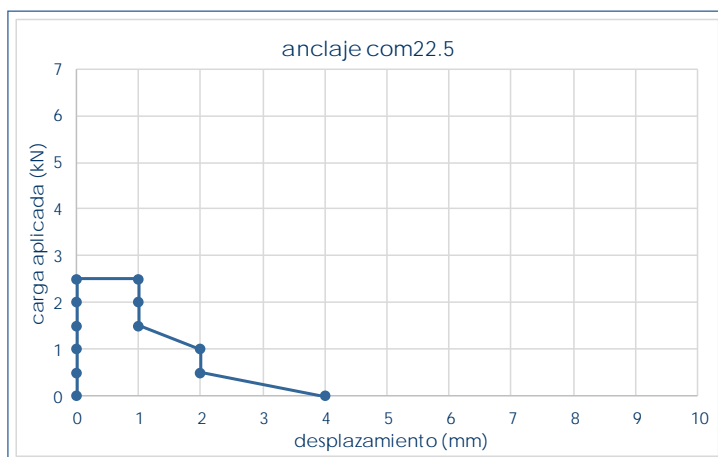
com21.5		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{\max} (kN)	2,5	altura (m)	+2,28
despl_{\max} (mm)	0	 J1u	junta
F_0 (kN)	2,5		



com21.5 – anclaje colocado



com21.5 – anclaje ensayado

anclaje **com22.5**

com22.5		situación en edificio	sótano
valores característicos		revestimiento	no
F_{\max} (kN)	2,5	altura (m)	+2,28
despl_{\max} (mm)	0	 J2	junta
F_0 (kN)	2,5		

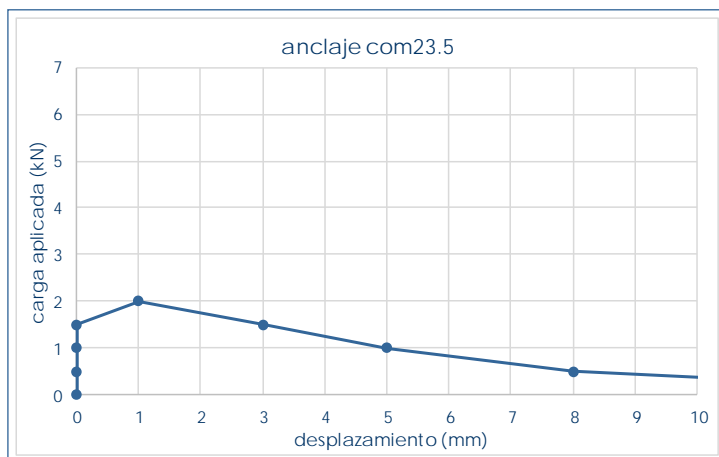


com22.5 – anclaje colocado



com22.5 – orificio tras extracción

anclaje com23.5



com23.5		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F_{max} (kN)	2	altura (m)		+2,28
$despl_{max}$ (mm)	1		junta	
F_0 (kN)	1,5			

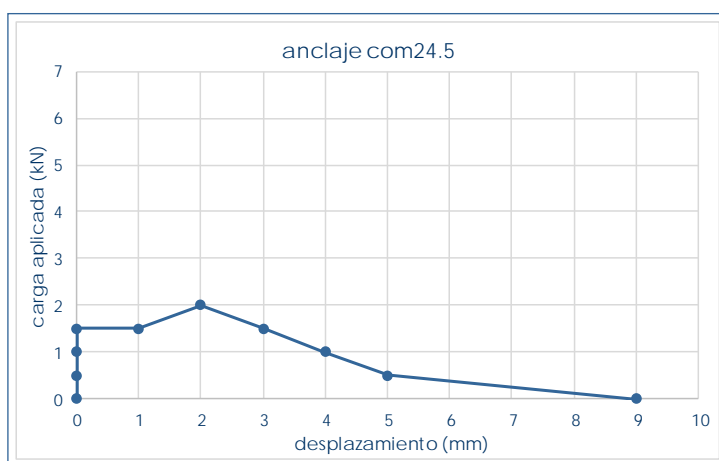


com23.5 – anclaje colocado



com23.5 – anclaje ensayado

anclaje com24.5



com24.5		situación en edificio		sótano
valores característicos		revestimiento		no
F_{max} (kN)	2	altura (m)		+2,28
$despl_{max}$ (mm)	2		junta	
F_0 (kN)	1,5			

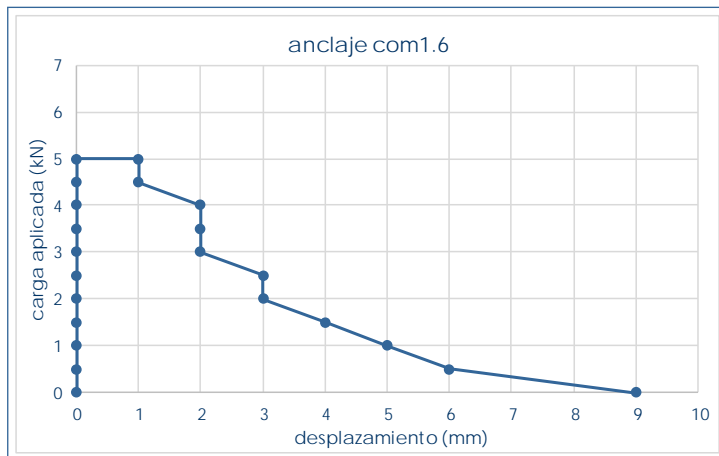



com24.5 – anclaje colocado



com24.5 – anclaje ensayado

anclaje com1.6



com1.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{\max} (kN)	5	altura (m)	+2,10
$despl_{\max}$ (mm)	0	 L2.3	pieza
F_0 (kN)	5		

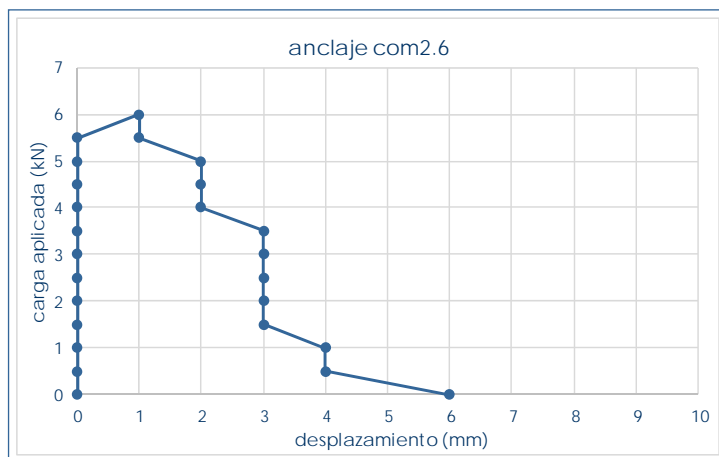



com1.6 – anclaje ensayado



com1.6 – orificio tras extracción

anclaje com2.6



com2.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{\max} (kN)	6	altura (m)	+2,10
$despl_{\max}$ (mm)	1	 L2.3	junta
F_0 (kN)	5,5		

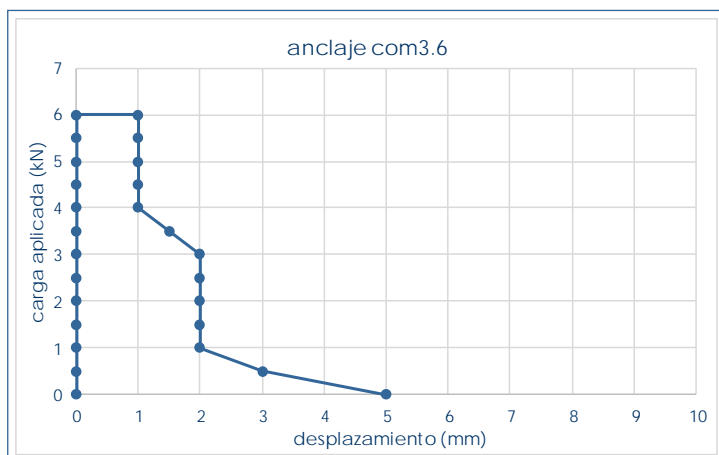


com2.6 – ensayando anclaje



com2.6 orificio tras extracción

anclaje com3.6



com3.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	6	altura (m)	+2,10
$despl_{max}$ (mm)	0		pieza
F_0 (kN)	6		

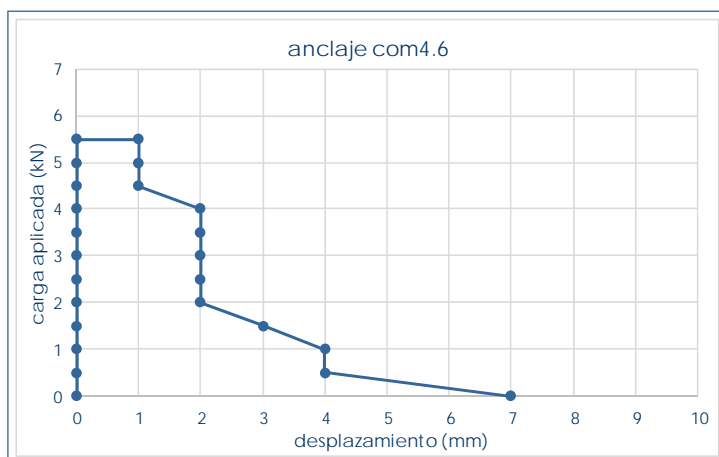


com3.6 – ensayando anclaje



com3.6 – orificio tras extracción

anclaje com4.6



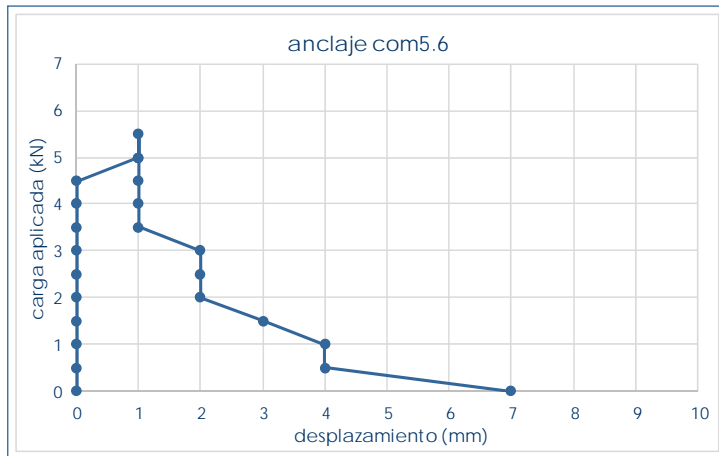
com4.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	5,5	altura (m)	+2,10
$despl_{max}$ (mm)	0		pieza
F_0 (kN)	5,5		

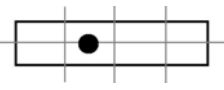


com4.6 – ensayando anclaje



com4.6 – anclaje ensayado

anclaje **com5.6**

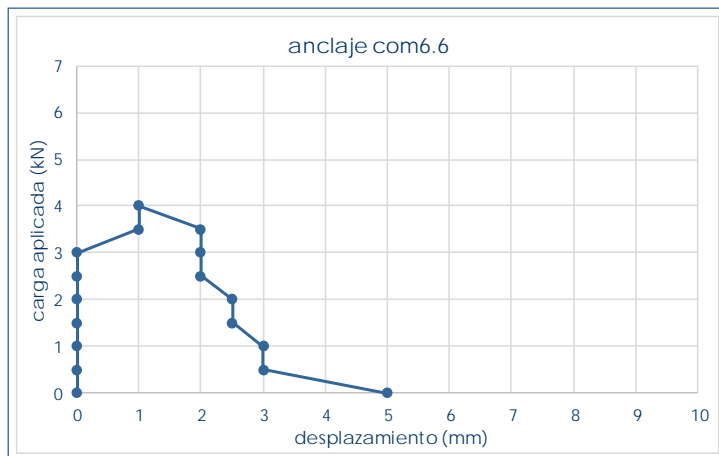
com5.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	5,5	altura (m)	+2,10
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	4,5		




com5.6 – ensayando anclaje



com5.6 – anclaje ensayado

anclaje **com6.6**

com6.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	4	altura (m)	+2,10
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	3		

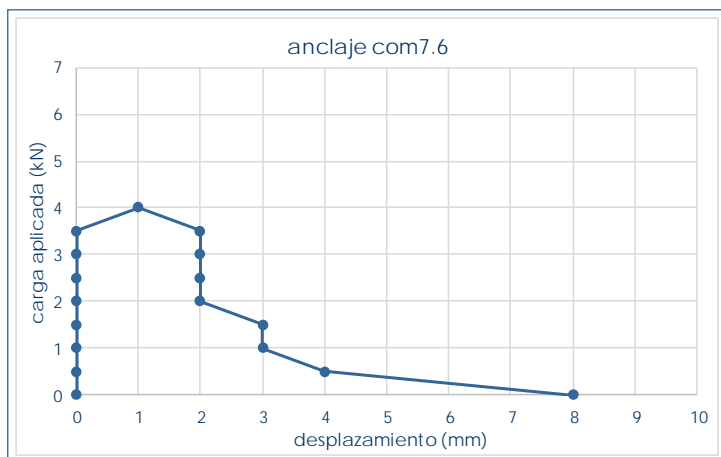


com6.6 – ensayando anclaje



com6.6 – ensayando anclaje 2

anclaje com7.6



com7.6		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	4	altura (m)	+1,75	
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza	
F_0 (kN)	3,5			

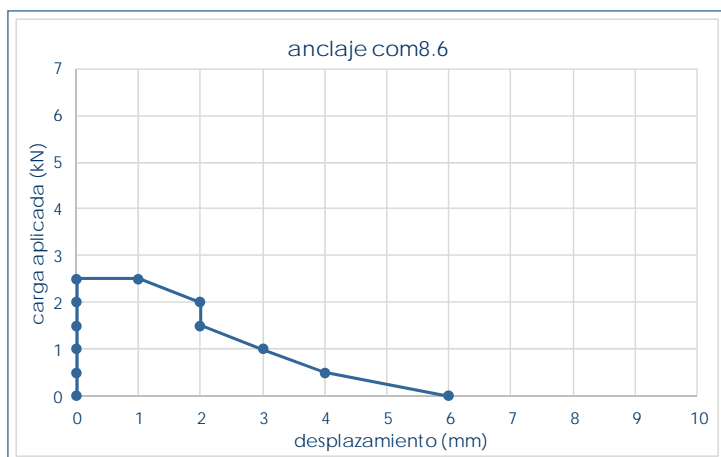


com7.6 – ensayando anclaje



com7.6 – anclaje ensayado

anclaje com8.6



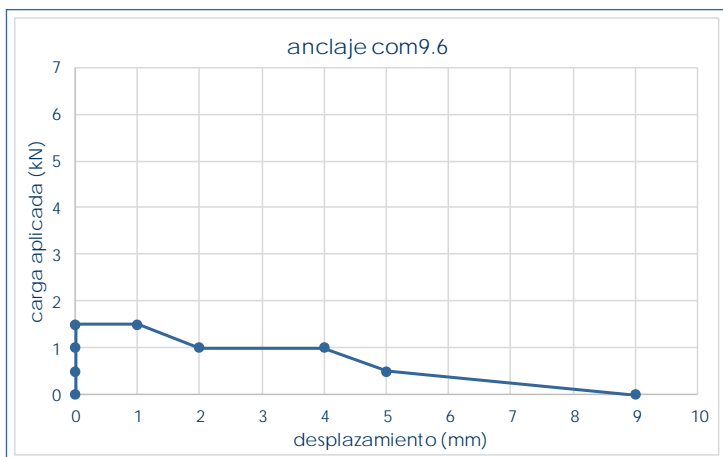
com8.6		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	2,5	altura (m)	+2,10	
$despl_{max}$ (mm)	0		pieza	
F_0 (kN)	2,5			

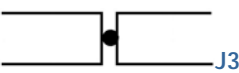


com8.6 – ensayando anclaje



com8.6 – anclaje ensayado

anclaje **com9.6**

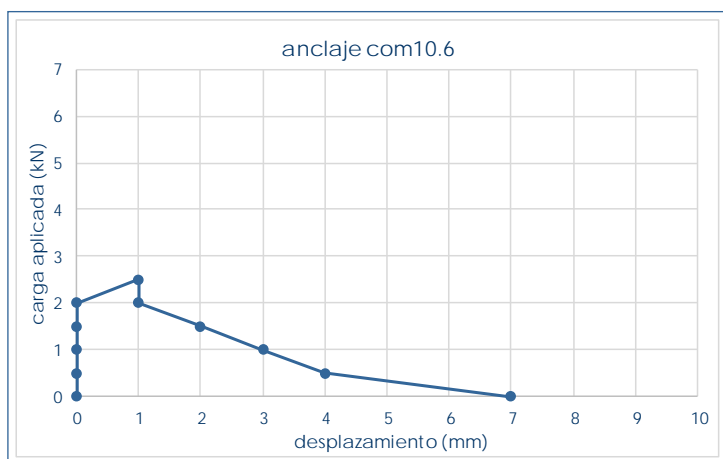
com9.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	1,5	altura (m)	+1,75
$despl_{max}$ (mm)	0		junta
F_0 (kN)	1,5		

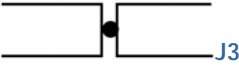


com9.6 – anclaje colocado



com9.6 – orificio tras extracción

anclaje **com10.6**

com10.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	2,5	altura (m)	+1,75
$despl_{max}$ (mm)	1		junta
F_0 (kN)	2		

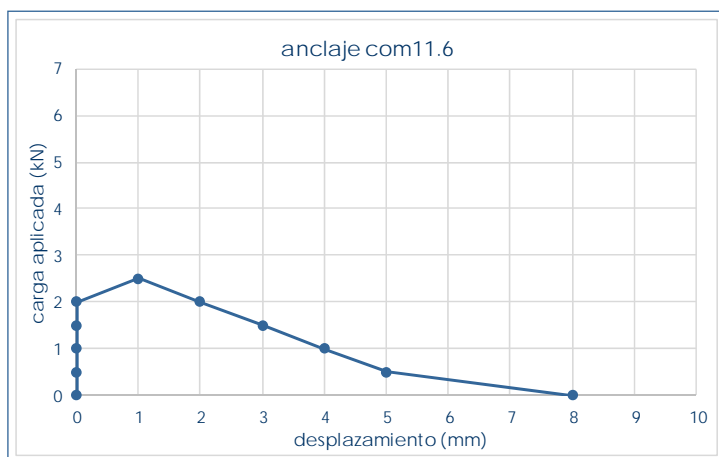


com10.6 – ensayando anclaje



com10.6 – orificio tras extracción

anclaje com11.6



com11.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	2,5	altura (m)	+1,75
$despl_{max}$ (mm)	1		junta
F_0 (kN)	2		

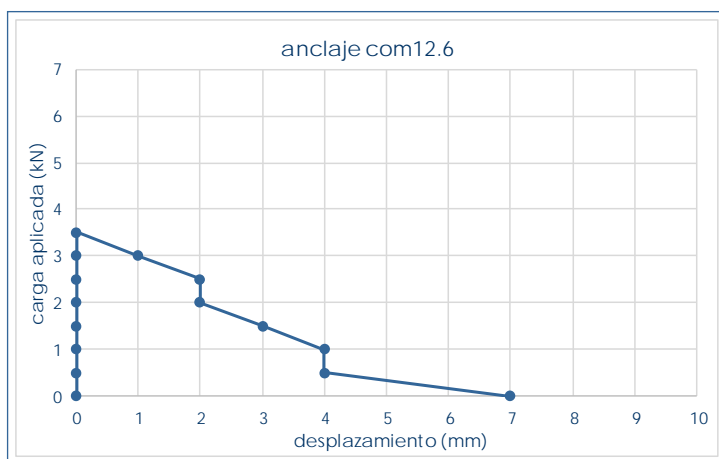


com11.6 – ensayando anclaje



com11.6 – orificio tras extracción

anclaje com12.6



com12.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	3,5	altura (m)	+1,75
$despl_{max}$ (mm)	0		junta
F_0 (kN)	3,5		

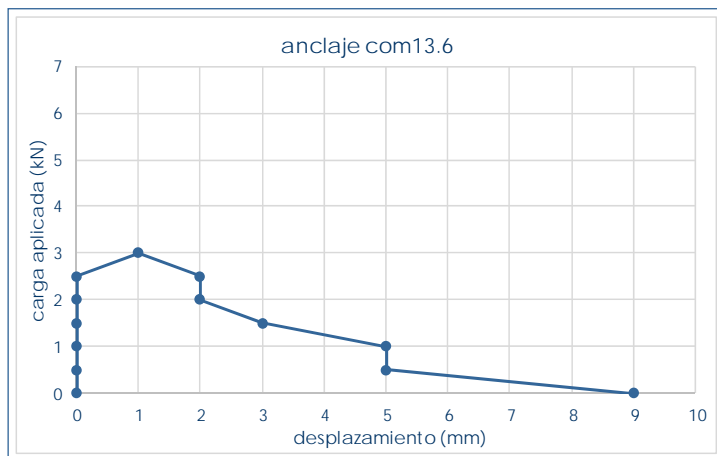
Nota: junta vertical a hueso entre ladrillos



com12.6 – ensayando anclaje



com12.6 – anclaje ensayado

anclaje **com13.6**

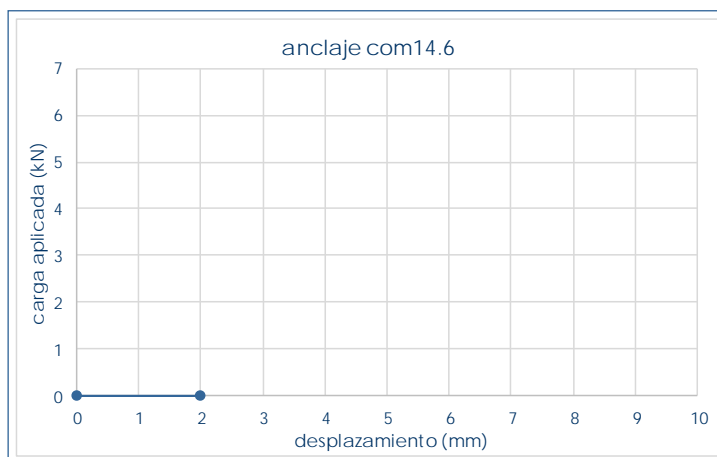
com13.6		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	3	altura (m)	+1,40	
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza	
F_0 (kN)	2,5			



com13.6 – ensayando anclaje



com13.6 – anclaje ensayado

anclaje **com14.6**

com14.6		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	0	altura (m)	+1,40	
$despl_{max}$ (mm)	0		junta	
F_0 (kN)	0			

Nota: ensayo en hueco vertical sin pasta

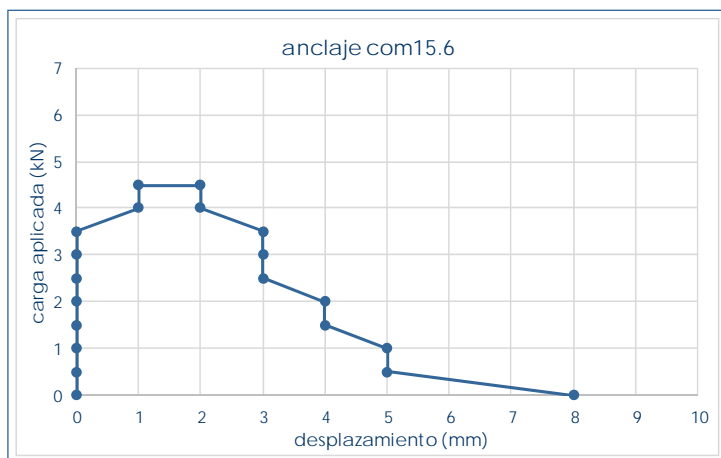


com14.6 – ensayando anclaje



com14.6 – orificio tras extracción

anclaje com15.6



com15.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	4,5	altura (m)	+1,40
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	3,5		

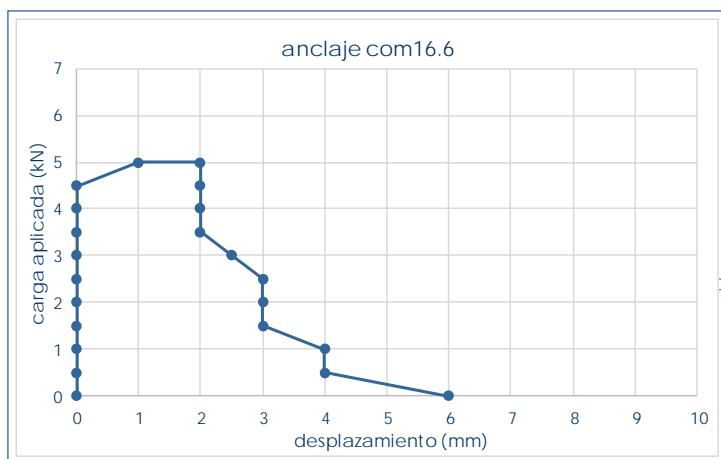


com15.6 – anclaje ensayado



com15.6 – orificio tras extracción

anclaje com16.6



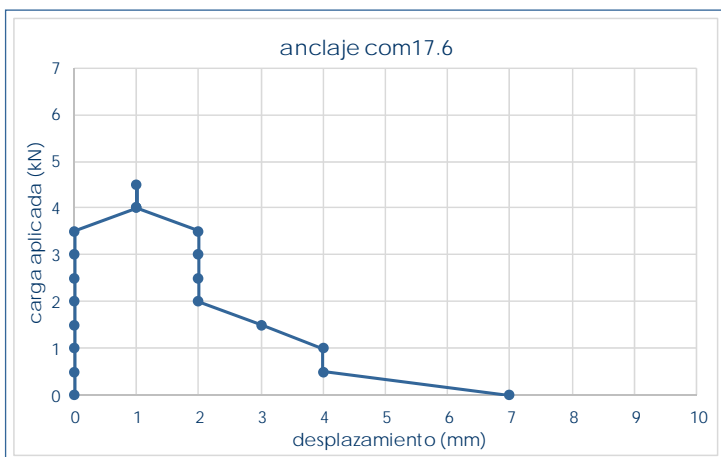
com14.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	5	altura (m)	+1,40
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	4,5		



com16.6 – ensayando anclaje



com16.6 – anclaje ensayado

anclaje **com17.6**

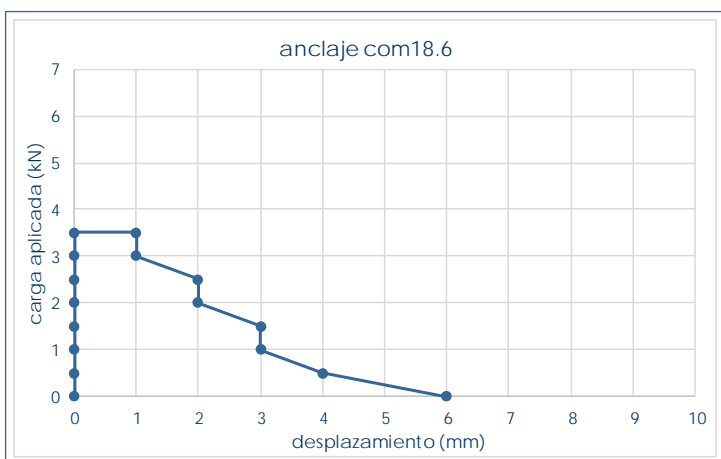
com17.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	4,5	altura (m)	+1,40
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	3,5		



com17.6 – ensayando anclaje



com17.6 – anclaje ensayado

anclaje **com18.6**

com18.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	3,5	altura (m)	+1,40
$despl_{max}$ (mm)	0		pieza
F_0 (kN)	3,5		

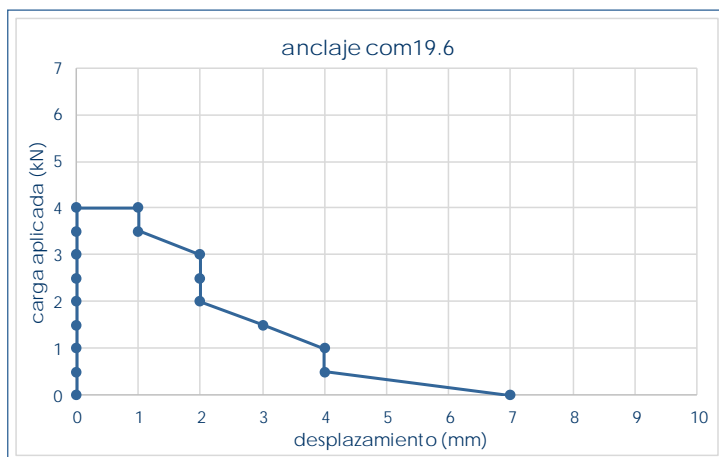


com18.6 – ensayando anclaje



com18.6 – anclaje ensayado

anclaje com19.6



com19.6		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	4	altura (m)	+1,05	
$despl_{max}$ (mm)	0		pieza	
F_0 (kN)	4			

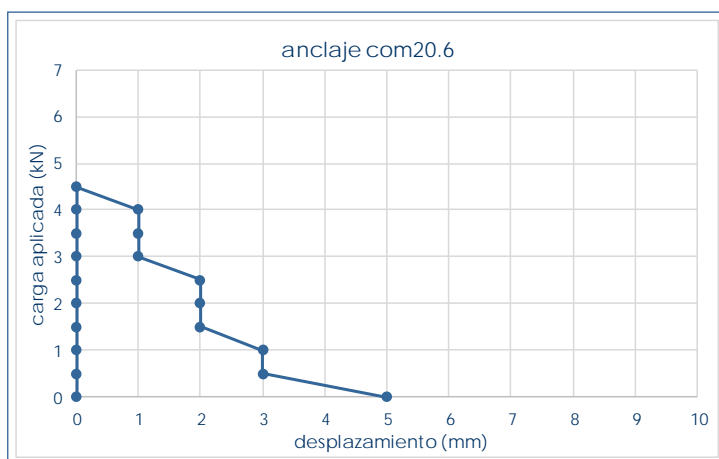


com19.6 – ensayando anclaje



com19.6 – orificio tras extracción

anclaje com20.6



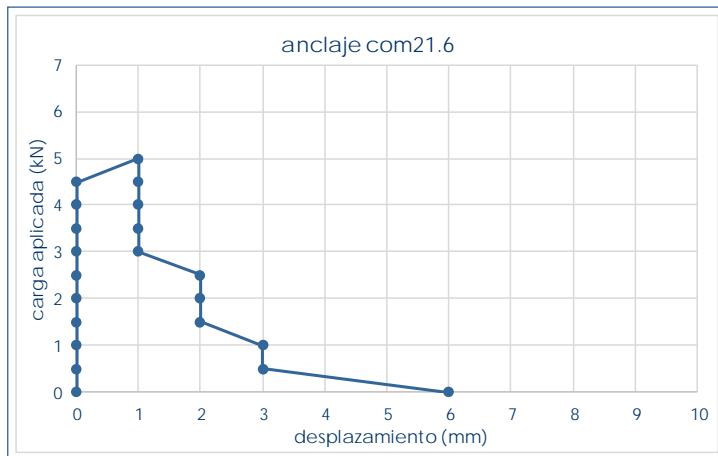
com20.6		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	4,5	altura (m)	+1,05	
$despl_{max}$ (mm)	0		pieza	
F_0 (kN)	4,5			




com20.6 – ensayando anclaje



com20.6 – orificio tras extracción

anclaje **com21.6**

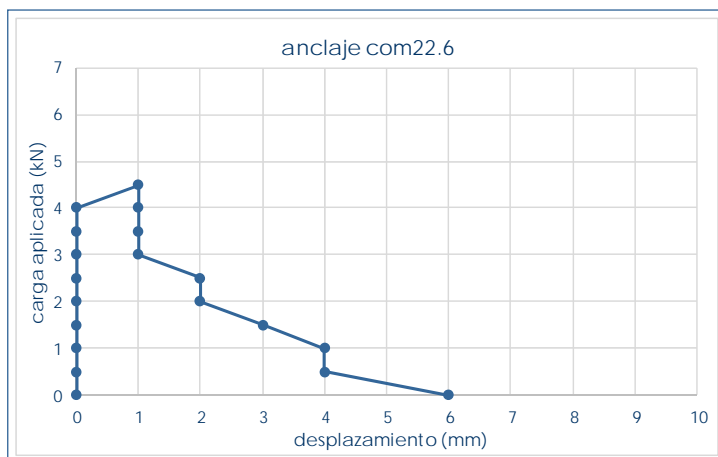
com21.6		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	5	altura (m)	+1,05	
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza	
F_0 (kN)	4,5			




com21.6 – ensayando anclaje



com21.6 – orificio tras extracción

anclaje **com22.6**

com22.6		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	4,5	altura (m)	+1,05	
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza	
F_0 (kN)	4			

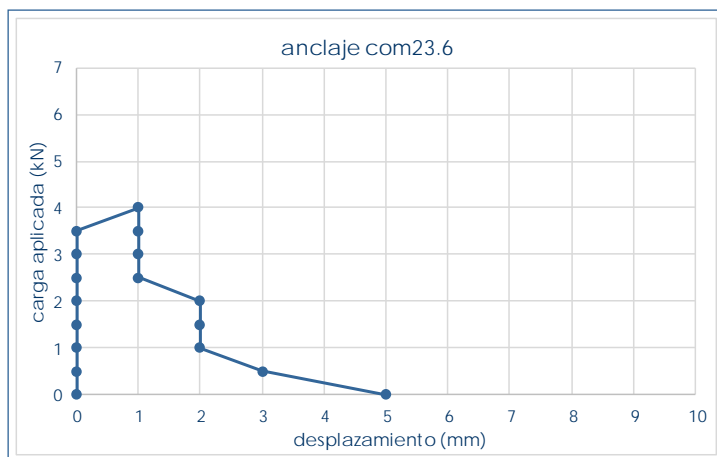


com22.6 – ensayando anclaje



com22.6 – anclaje ensayado

anclaje com23.6



com23.6		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	4	altura (m)	+1,05	
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza	
F_0 (kN)	3,5			

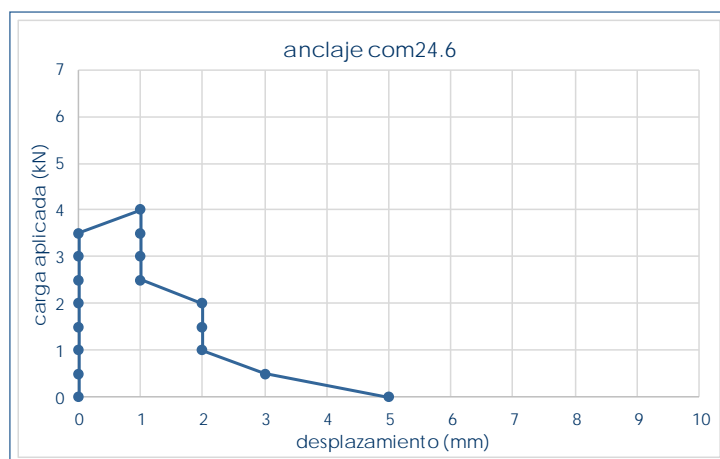


com23.6 – ensayando anclaje



com23.6 – orificio tras extracción

anclaje com24.6



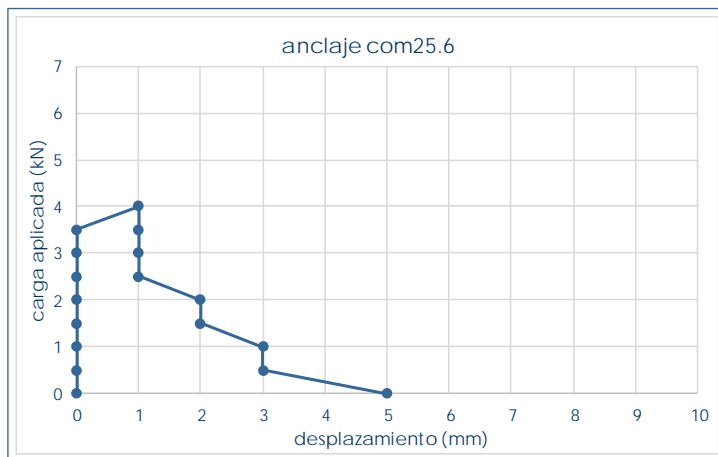
com24.6		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	4	altura (m)	+1,05	
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza	
F_0 (kN)	3,5			



com24.6 – ensayando anclaje




com24.6 – anclaje ensayado

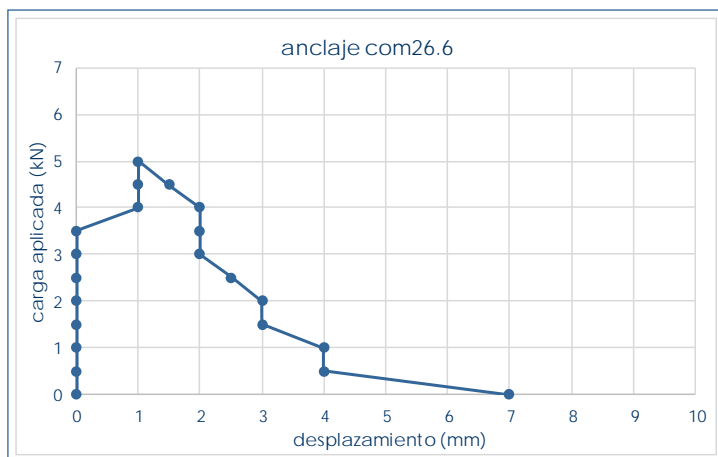
anclaje **com25.6**

com25.6 – ensayando anclaje



com25.6 – orificio tras extracción


com25.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	4	altura (m)	+0,70
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	3,5		

anclaje **com26.6**

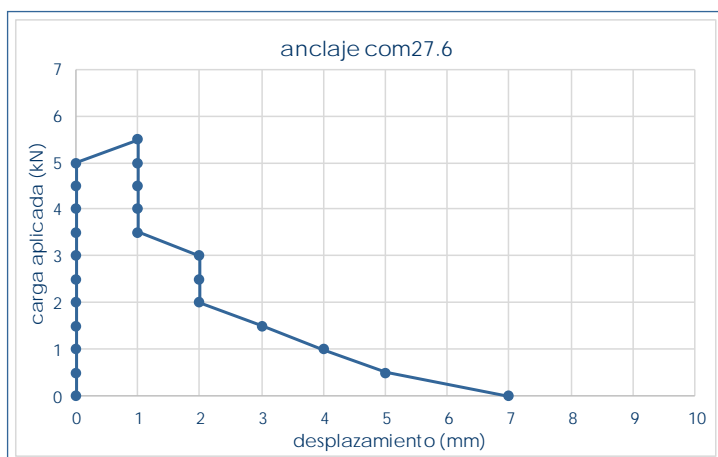
com26.6 – ensayando anclaje



com26.6 – orificio tras extracción

com26.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	5	altura (m)	+0,70
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	3,5		


anclaje com27.6



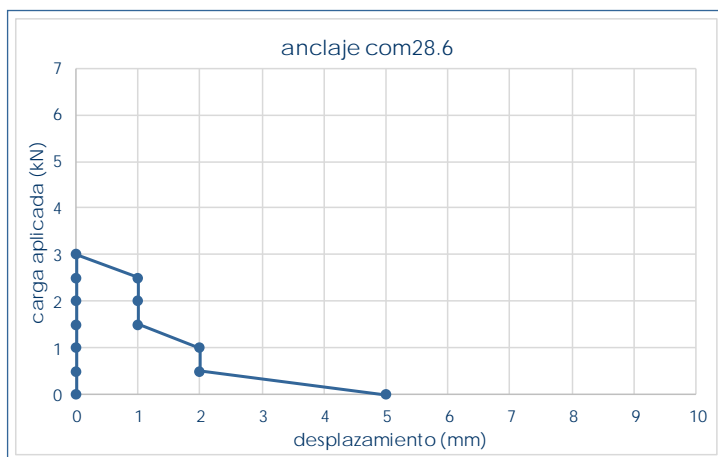
com27.6 – ensayando anclaje



com27.6 – orificio tras extracción

com27.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	5,5	altura (m)	+0,70
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	5		


anclaje com28.6

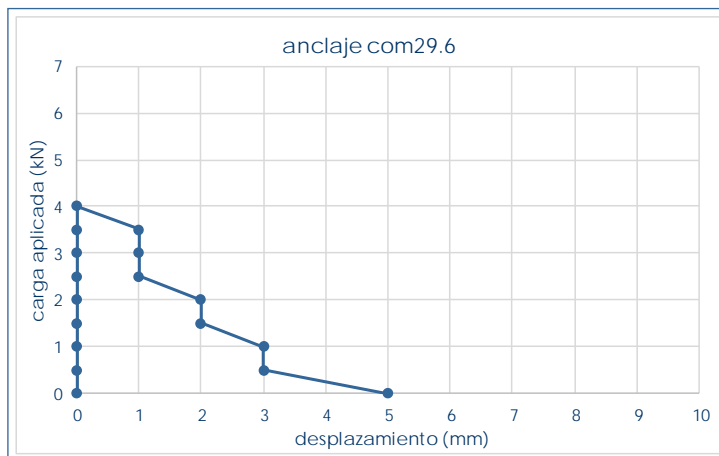



com28.6 – ensayando anclaje



com28.6 – orificio tras extracción

com28.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	3	altura (m)	+0,70
$despl_{max}$ (mm)	0		pieza
F_0 (kN)	3		

anclaje **com29.6**

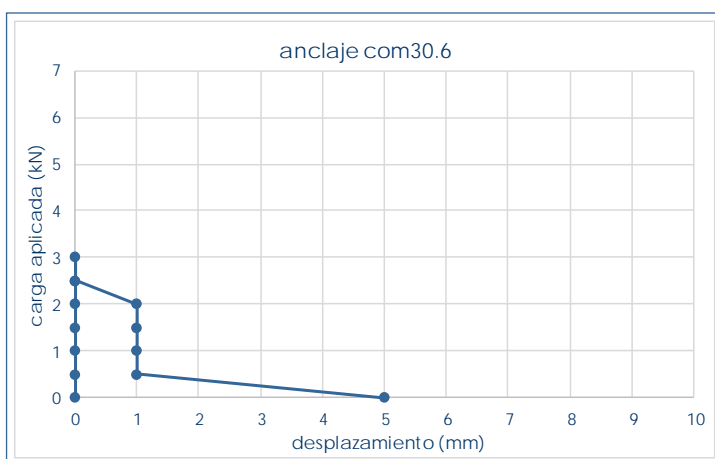
com29.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	4	altura (m)	+0,70
$despl_{max}$ (mm)	0		pieza
F_0 (kN)	4		L1




com29.6 – anclaje ensayado



com29.6 – orificio tras extracción

anclaje **com30.6**

com30.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{\max} (kN)	3	altura (m)	+0,70
$despl_{\max}$ (mm)	0	 L1	pieza
F_0 (kN)	3		

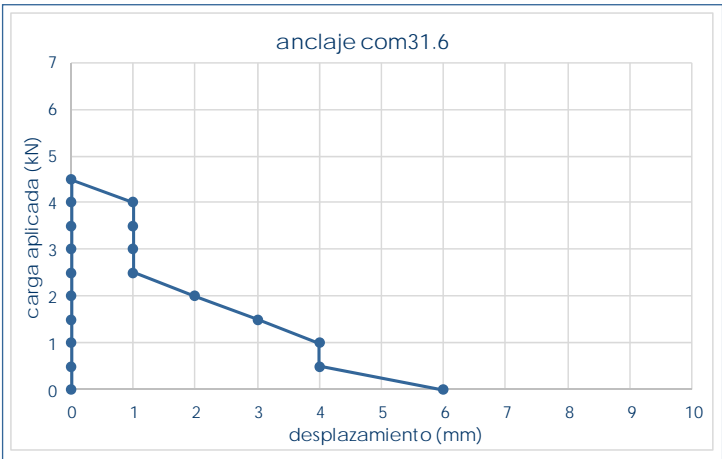



com30.6 – ensayando anclaje



com30.6 – anclaje ensayado

anclaje **com31.6**



com31.6		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F _{max} (kN)	4,5	altura (m)	+0,35	
despl _{max} (mm)	0	 L2.3	pieza	
F ₀ (kN)	4,5			

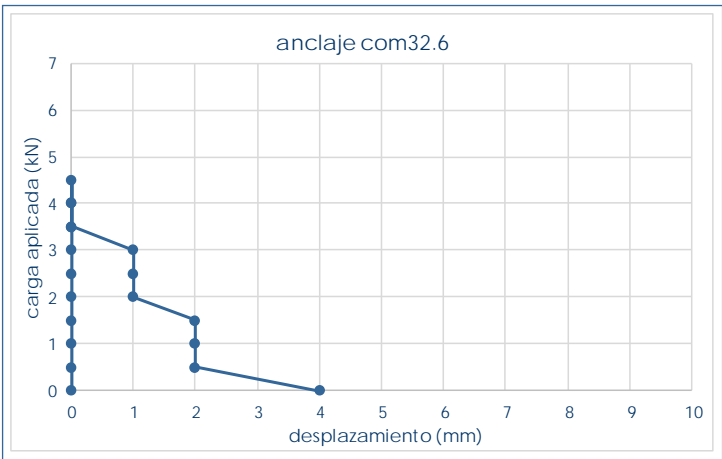



com31.6 – ensayando anclaje



com31.6 – orificio tras extracción

anclaje **com32.6**



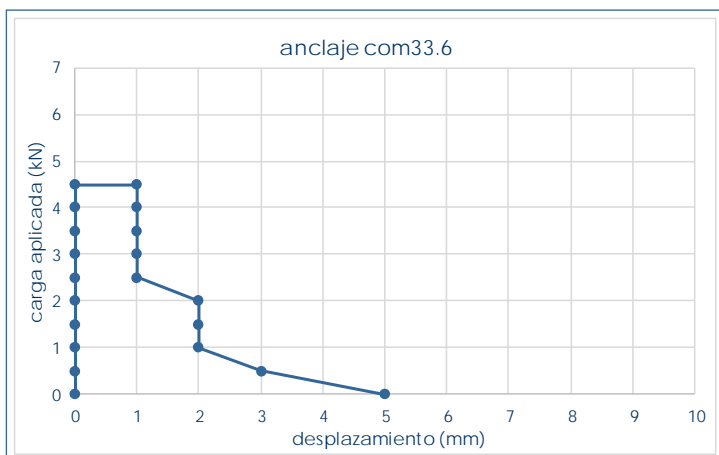
com32.6		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F _{max} (kN)	4,5	altura (m)	+0,35	
despl _{max} (mm)	0	 M2	mixta	
F ₀ (kN)	4,5			

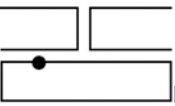


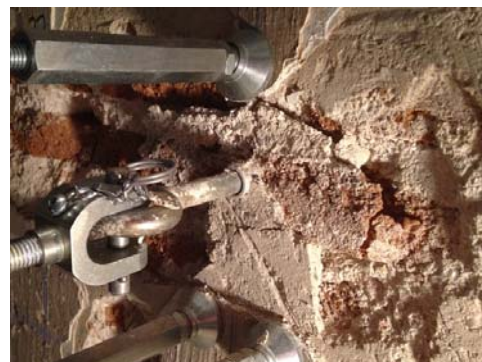
com32.6 – ensayando anclaje



com32.6 – orificio tras extracción

anclaje **com33.6**

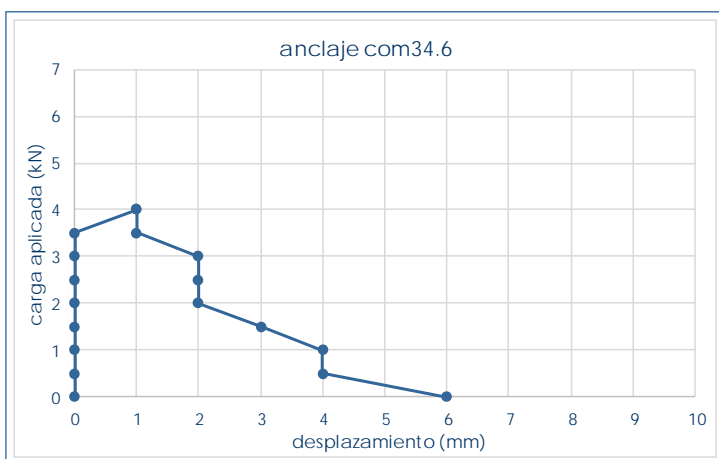
com33.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	4,5	altura (m)	+0,35
$despl_{max}$ (mm)	0		mixta
F_0 (kN)	4,5		

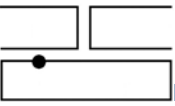


com33.6 – ensayando anclaje



com33.6 – orificio tras extracción

anclaje **com34.6**

com34.6		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	4	altura (m)	+0,35
$despl_{max}$ (mm)	1		interfaz
F_0 (kN)	3,5		

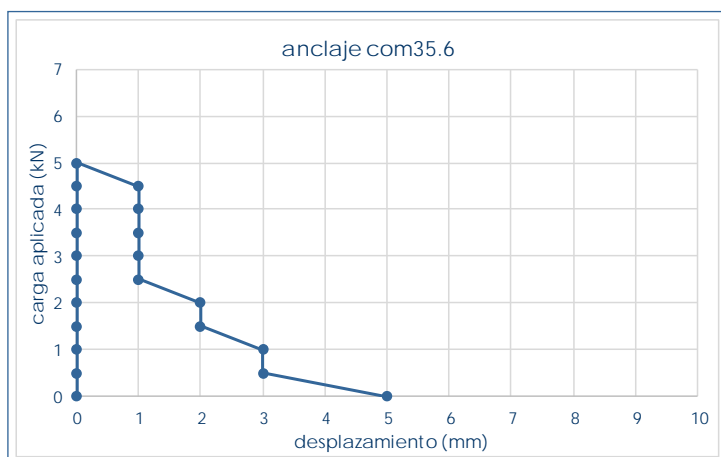


com34.6 – ensayando anclaje



com34.6 – orificio tras extracción

anclaje com35.6



com35.6		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	5	altura (m)	+0,35	
$despl_{max}$ (mm)	0		interfaz	
F_0 (kN)	5		M2	

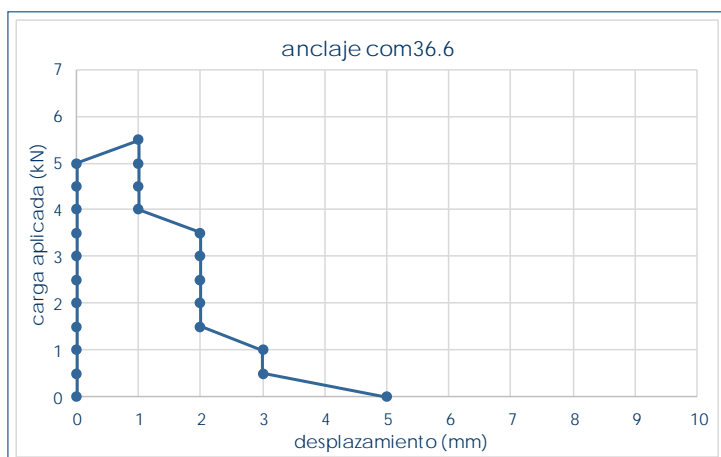


com35.6 – ensayando anclaje



com35.6 – orificio tras extracción

anclaje com34.6



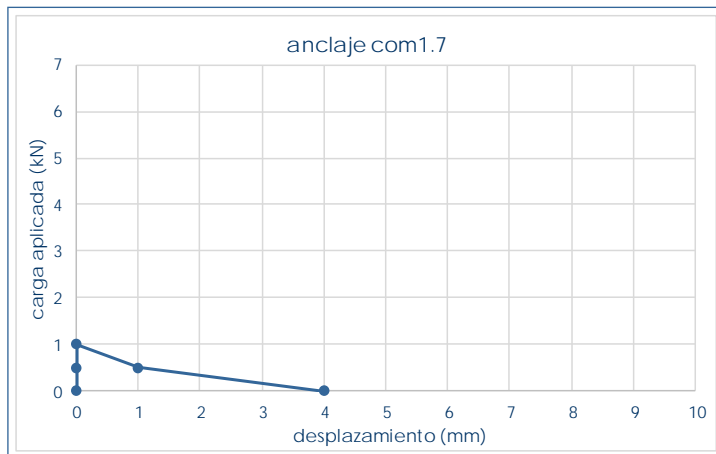
com36.6		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	5,5	altura (m)	+0,35	
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza	
F_0 (kN)	5		L2.3	

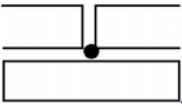


com36.6 – ensayando anclaje



com36.6 – anclaje ensayado

anclaje **com1.7**

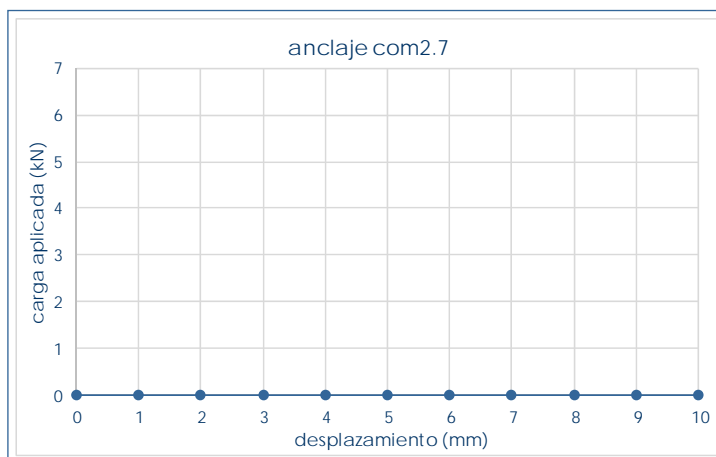
com1.7		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	1	altura (m)	+1,93
$despl_{max}$ (mm)	0		junta
F_0 (kN)	1		

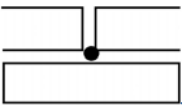


com1.7 – ensayando anclaje



com1.7 – orificio tras extracción

anclaje **com2.7**

com2.7		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	0	altura (m)	+1,93
$despl_{max}$ (mm)	0		junta
F_0 (kN)	0		

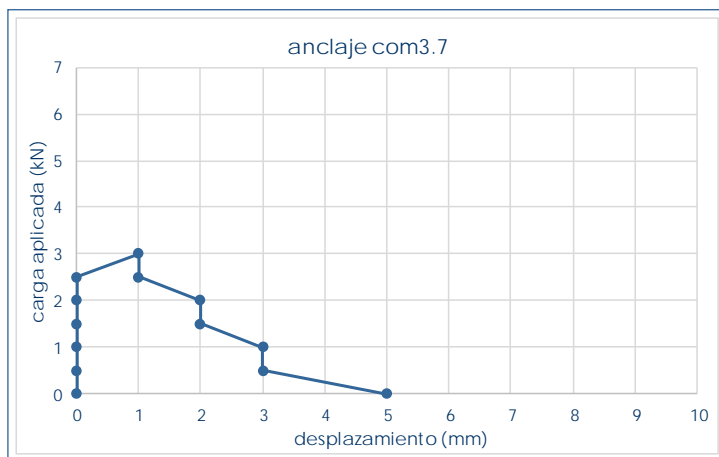


com2.7 – ensayando anclaje



com2.7 – orificio tras extracción

anclaje com3.7



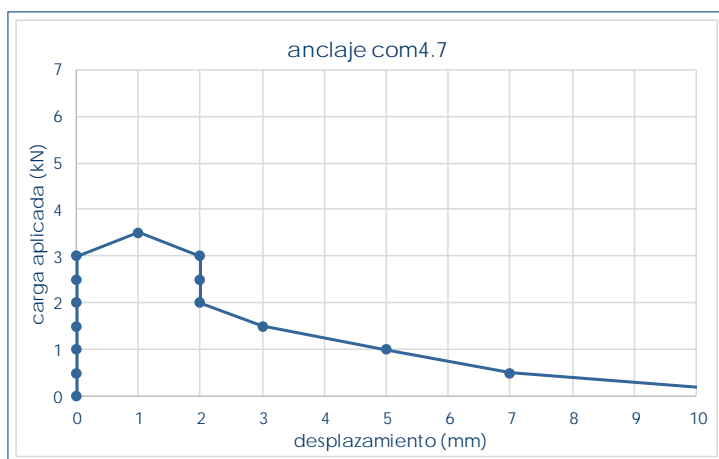
com3.7 – ensayando anclaje



com3.7 – anclaje ensayado

com3.7		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	3	altura (m)	+1,93
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1u	junta
F_0 (kN)	2,5		

anclaje com4.7

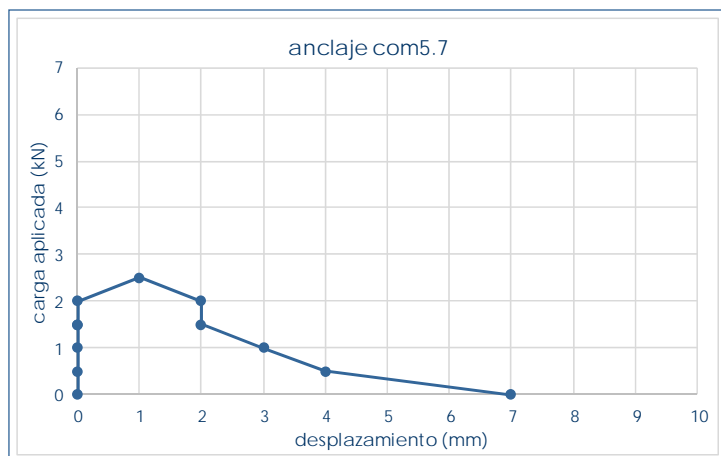


com4.7 – ensayando anclaje



com4.7 – orificio tras extracción

com4.7		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	3,5	altura (m)	+1,93
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1u	junta
F_0 (kN)	3		

anclaje **com5.7**

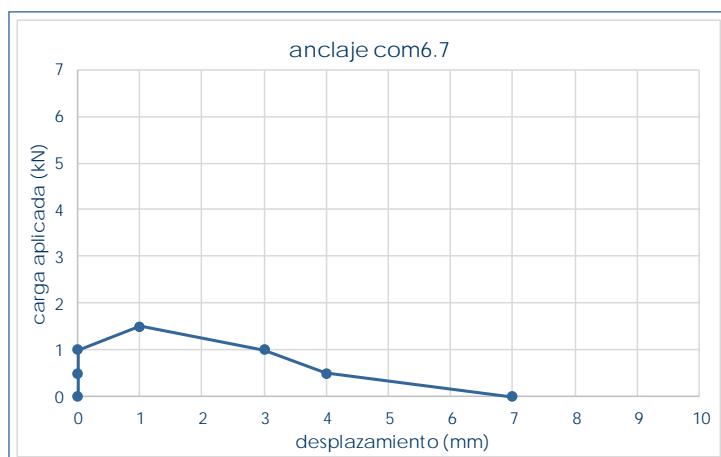
com5.7		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	2,5	altura (m)	+1,93
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1u	junta
F_0 (kN)	2		



com5.7 – ensayando anclaje



com5.7 – anclaje ensayado

anclaje **com6.7**

com6.7		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	1,5	altura (m)	+1,93
$despl_{max}$ (mm)	1	 J2	junta
F_0 (kN)	1		

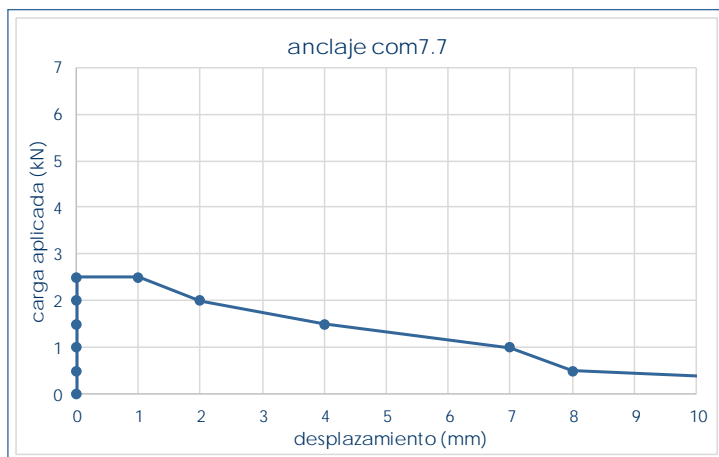


com6.7 – ensayando anclaje



com6.7 – orificio tras extracción

anclaje com7.7



com7.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F _{max} (kN)	2,5	altura (m)	+1,58	
despl _{max} (mm)	0		junta	
F ₀ (kN)	2,5			

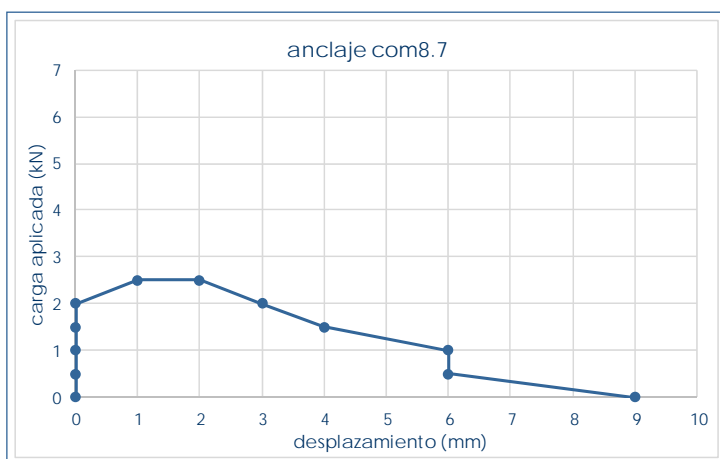


com7.7 – ensayando anclaje



com7.7 – anclaje ensayado

anclaje com8.7



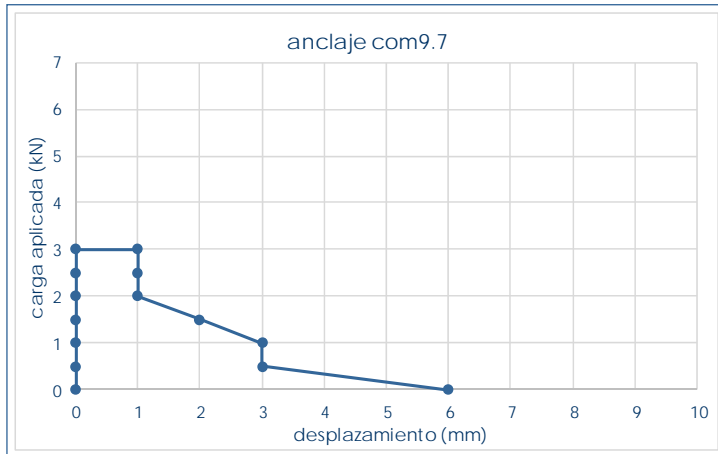
com8.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F _{max} (kN)	2,5	altura (m)	+1,58	
despl _{max} (mm)	1		junta	
F ₀ (kN)	2			

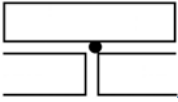


com8.7 – ensayando anclaje



com8.7 – anclaje ensayado

anclaje **com9.7**

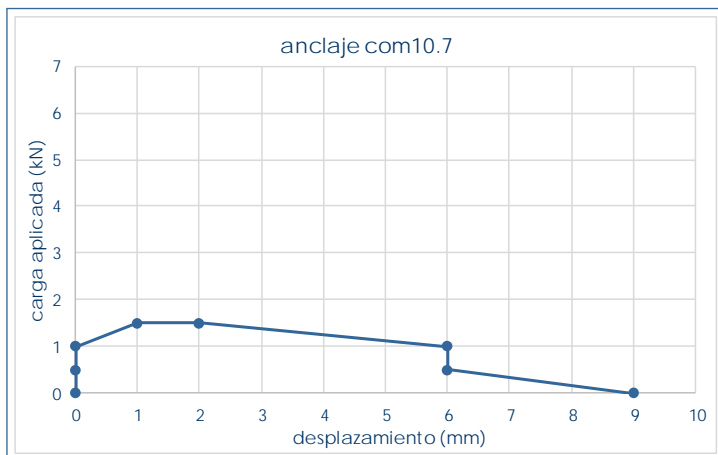
com9.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	3	altura (m)	+1,58	
$despl_{max}$ (mm)	0	 J1d	junta	
F_0 (kN)	3			

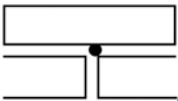


com9.7 – ensayando anclaje



com9.7 – anclaje ensayado

anclaje **com10.7**

com10.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	1,5	altura (m)	+1,58	
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1d	junta	
F_0 (kN)	1			

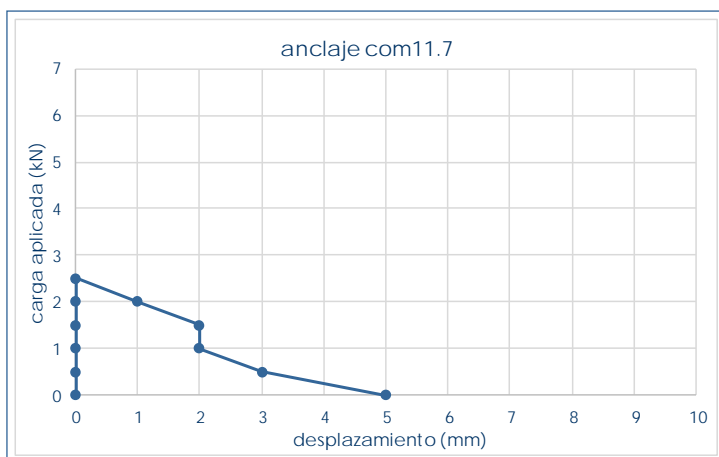


com10.7 – anclaje ensayado

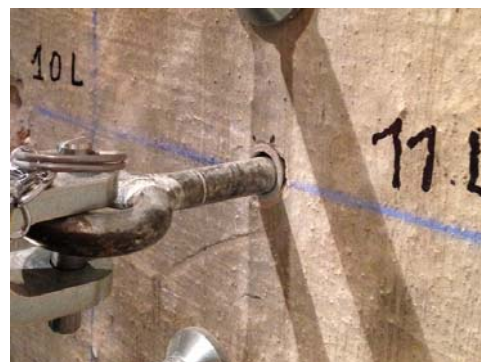


com10.7 – orificio tras extracción

anclaje com11.7



com11.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	2,5	altura (m)		+1,58
$despl_{max}$ (mm)	0	 J1d	junta	
F_0 (kN)	2,5			

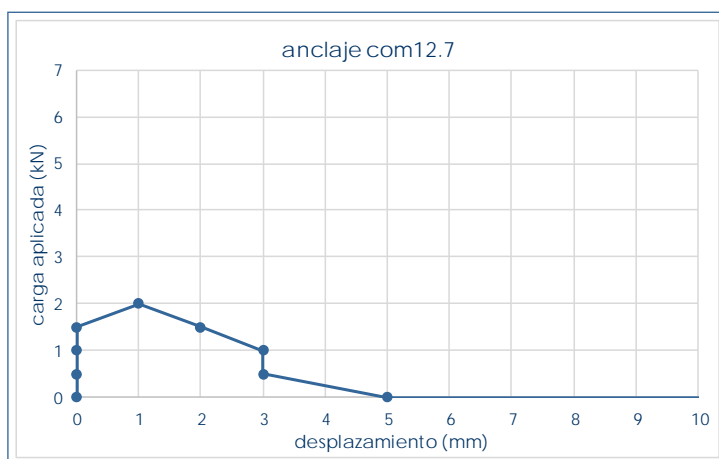


com11.7 – anclaje colocado



com11.7 – anclaje ensayado

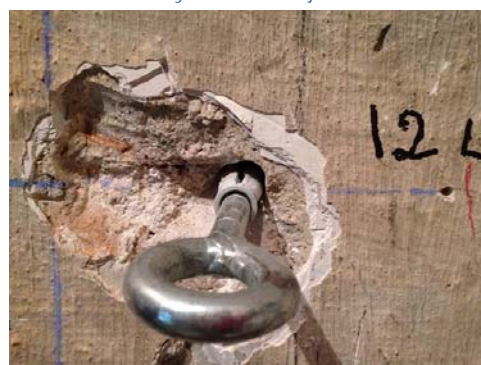
anclaje com12.7



com12.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	2	altura (m)		+1,58
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1d	junta	
F_0 (kN)	1,5			

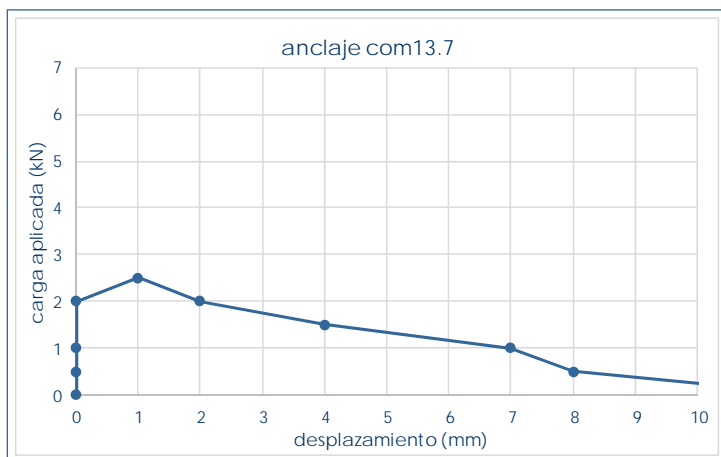


com12.7 – ensayando anclaje



com12.7 – anclaje ensayado

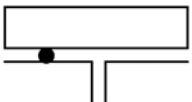
anclaje com13.7



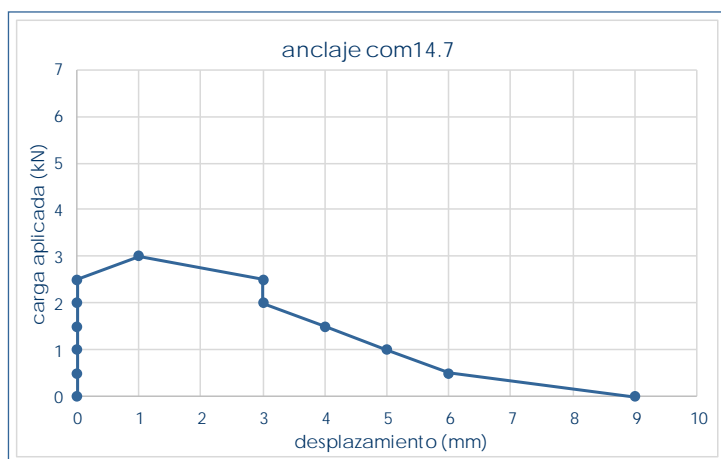
com13.7 – ensayando anclaje



com13.7 – anclaje ensayado

com13.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	2,5	altura (m)	+1,23	
$despl_{max}$ (mm)	1		junta	
F_0 (kN)	2			


anclaje com14.7



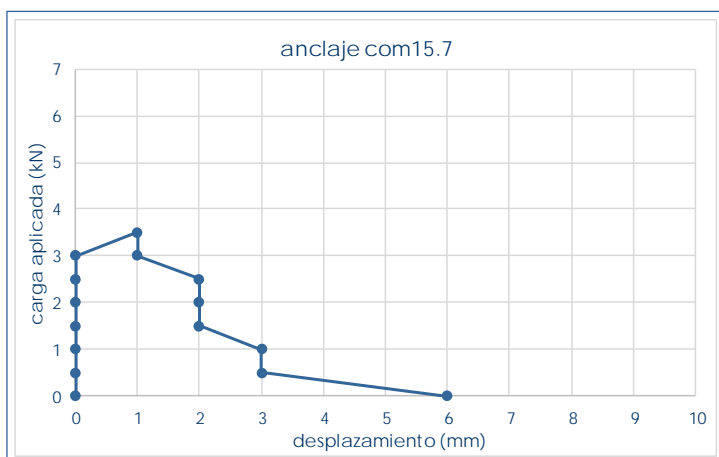
com14.7 – ensayando anclaje



com14.7 – anclaje ensayado

com14.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	3	altura (m)	+1,23	
$despl_{max}$ (mm)	1		junta	
F_0 (kN)	2,5			

anclaje com15.7



com15.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	3,5	altura (m)	+1,23	
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1u	junta	
F_0 (kN)	3			

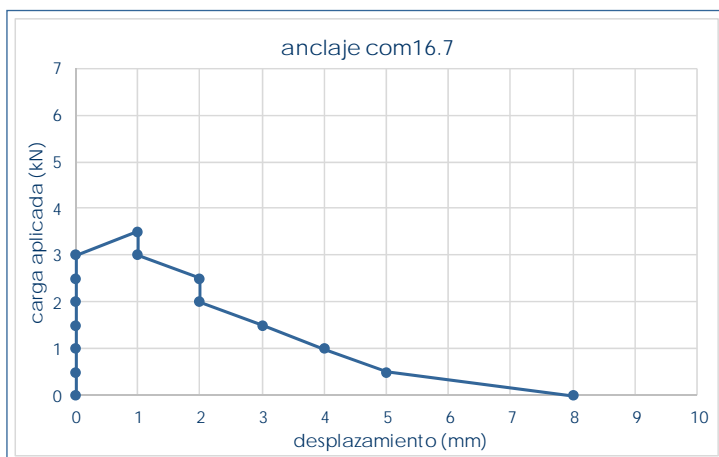


com15.7 – ensayando anclaje



com15.7 – anclaje ensayado

anclaje com16.7



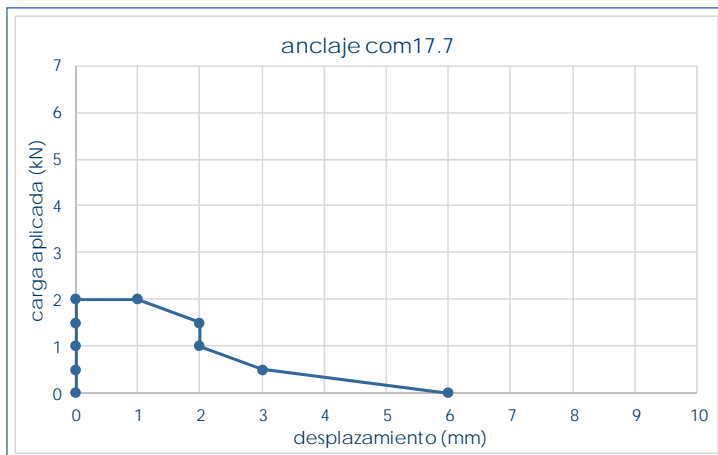
com16.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	3,5	altura (m)	+1,23	
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1u	junta	
F_0 (kN)	3			



com16.7 – ensayando anclaje



com16.7 – anclaje ensayado

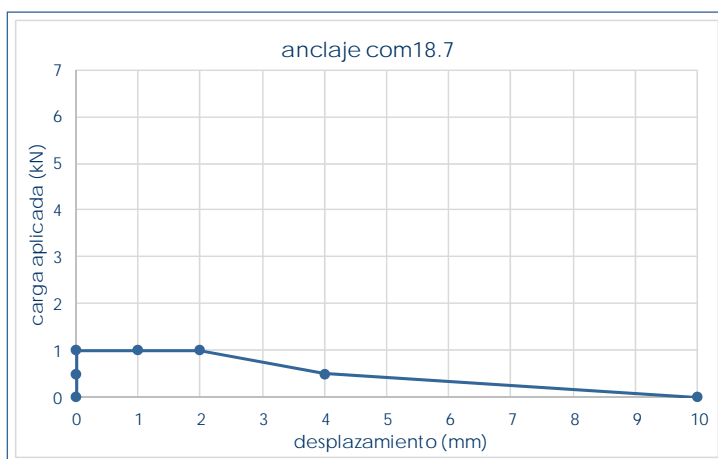
anclaje **com17.7**

com17.7 – ensayando anclaje



com17.7 – anclaje ensayado

com17.7		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+1,23
$despl_{max}$ (mm)	0	 J1u	junta
F_0 (kN)	2		

anclaje **com18.7**

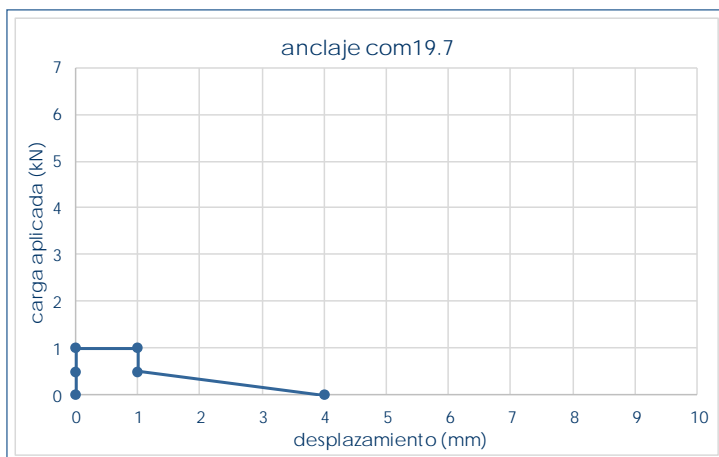
com18.7 – ensayando anclaje



com18.7 – anclaje ensayado

com18.7		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	1	altura (m)	+1,23
$despl_{max}$ (mm)	0	 J1u	junta
F_0 (kN)	1		

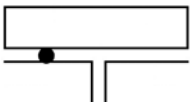
anclaje com19.7



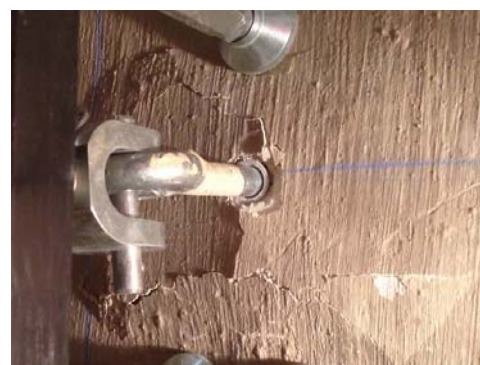
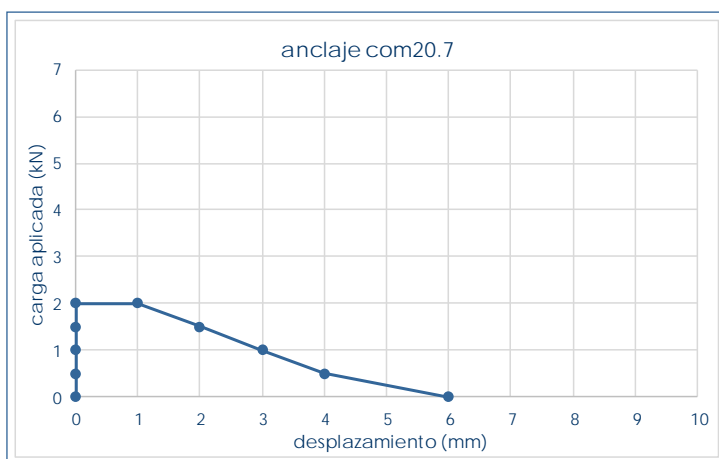
com19.7 – ensayando anclaje



com19.7 – anclaje ensayado

com19.7		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	1	altura (m)	+0,88
$despl_{max}$ (mm)	0	 J2	junta
F_0 (kN)	1		


anclaje com20.7

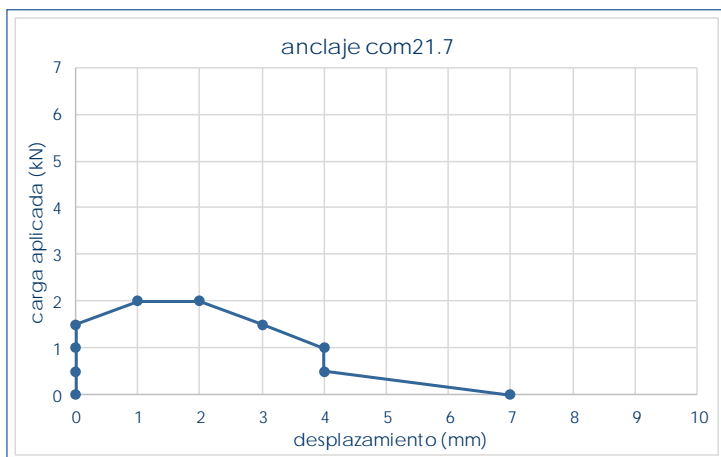


com20.7 – ensayando anclaje



com20.7 – anclaje ensayado

com20.7		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+0,88
$despl_{max}$ (mm)	0	 J2	junta
F_0 (kN)	2		

anclaje **com21.7**

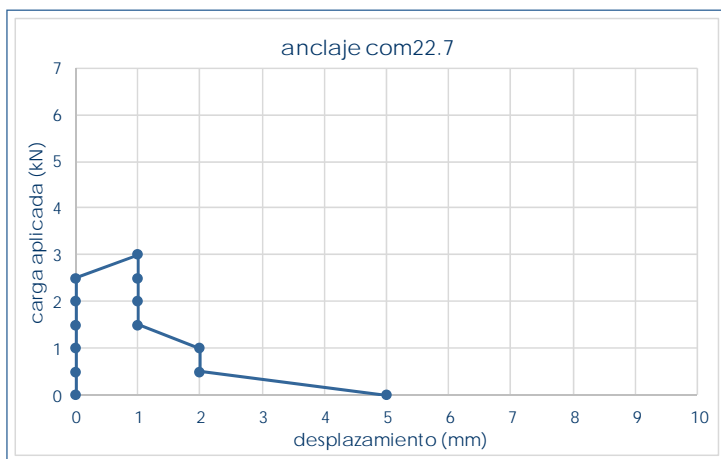
com21.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+0,88	
$despl_{max}$ (mm)	1		junta	
F_0 (kN)	1,5			



com21.7 – ensayando anclaje



com21.7 – anclaje ensayado

anclaje **com22.7**

com22.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	3	altura (m)	+0,88	
$despl_{max}$ (mm)	1		junta	
F_0 (kN)	2,5			

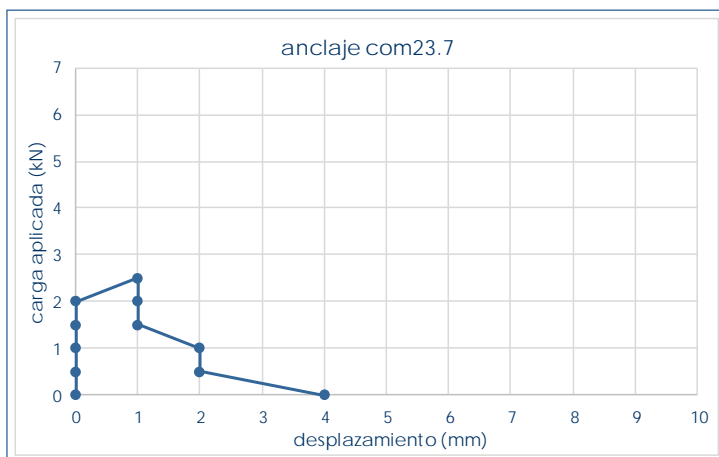


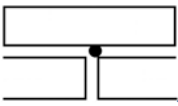
com22.7 – ensayando anclaje



com22.7 – anclaje ensayado

anclaje com23.7



com23.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	2,5	altura (m)	+0,88	
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1d	junta	
F_0 (kN)	2			

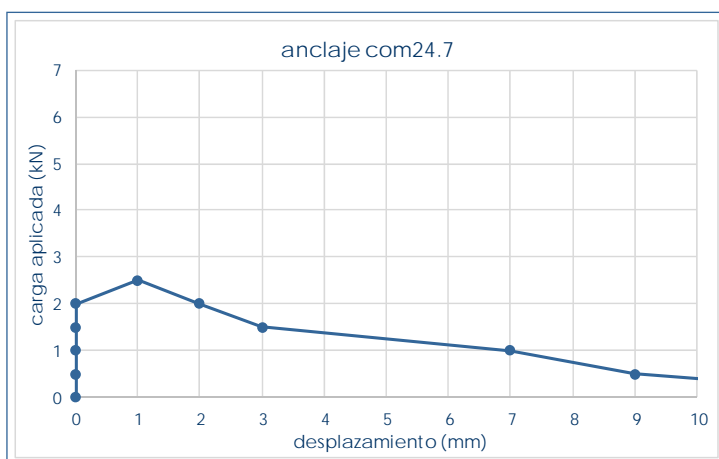


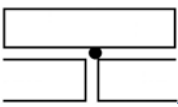
com23.7 – ensayando anclaje



com23.7 – orificio tras extracción

anclaje com24.7



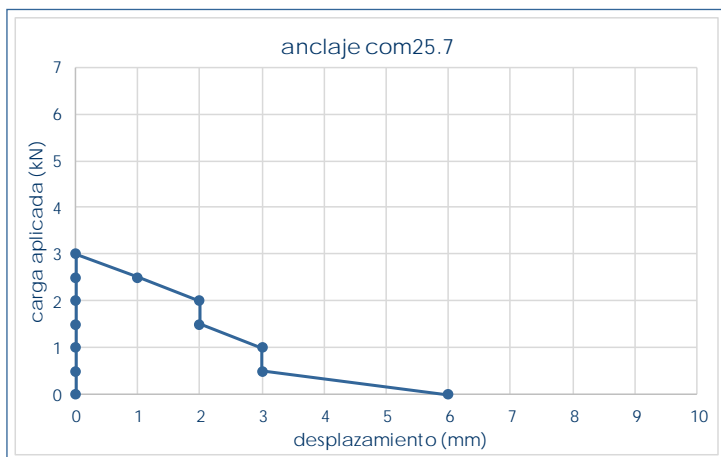
com24.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	2,5	altura (m)	+0,88	
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1d	junta	
F_0 (kN)	2			

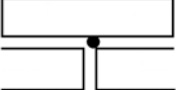


com24.7 – ensayando anclaje



com24.7 – orificio tras extracción

anclaje **com25.7**

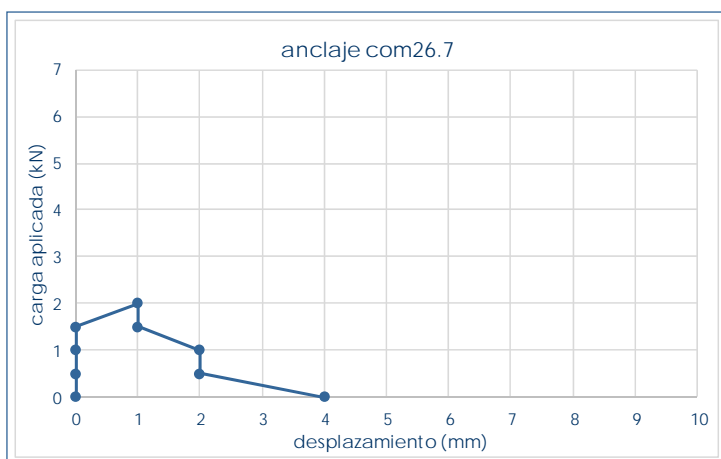
com25.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	3	altura (m)		+0,53
$despl_{max}$ (mm)	0	 J1d	junta	
F_0 (kN)	3			

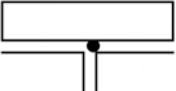


com25.7 – ensayando anclaje



com25.7 – anclaje ensayado

anclaje **com26.7**

com26.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	2	altura (m)		+0,53
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1d	junta	
F_0 (kN)	1,5			

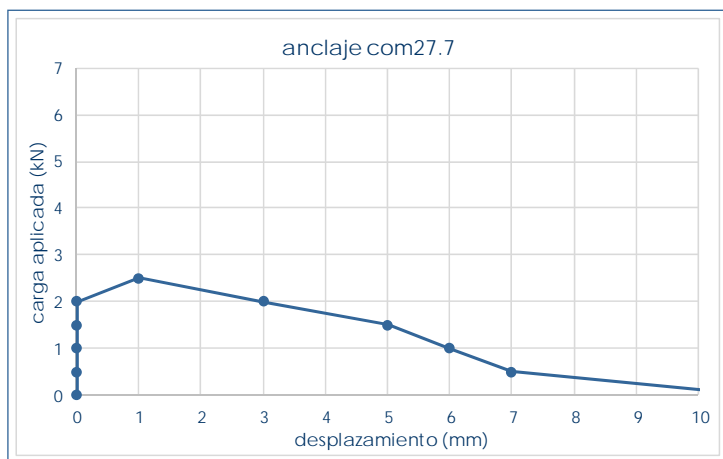


com26.7 – ensayando anclaje



com26.7 – ensayando anclaje 2

anclaje com27.7



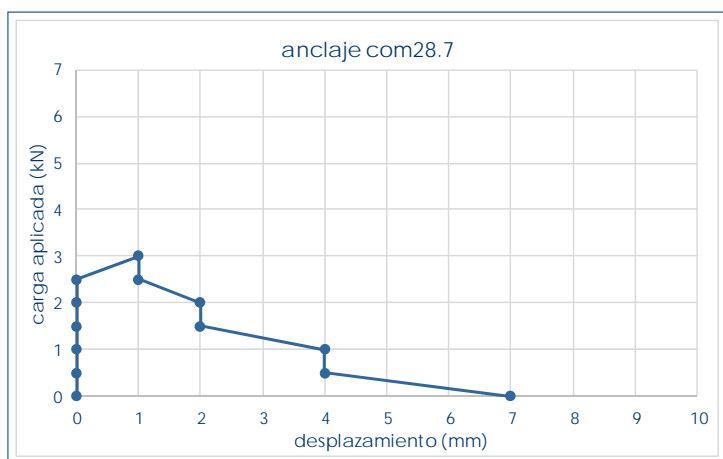
com27.7 – ensayando anclaje



com27.7 – anclaje ensayado

com27.7		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	2,5	altura (m)	+0,53
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1d	junta
F_0 (kN)	2		

anclaje com28.7

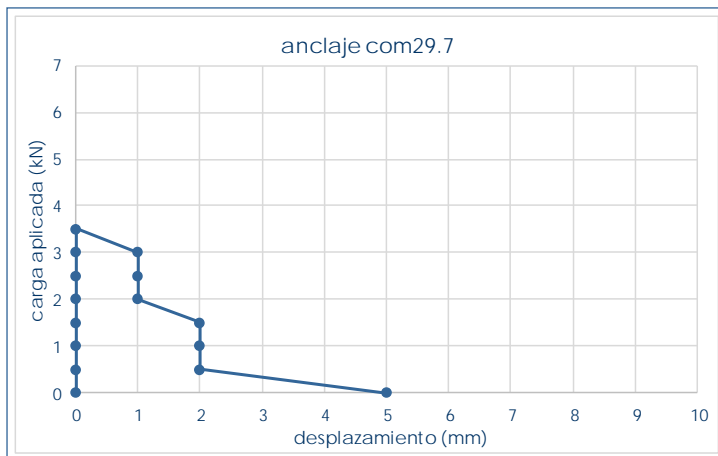


com28.7 – ensayando anclaje



com28.7 – orificio tras extracción

com28.7		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	3	altura (m)	+0,53
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1d	junta
F_0 (kN)	2,5		

anclaje **com29.7**

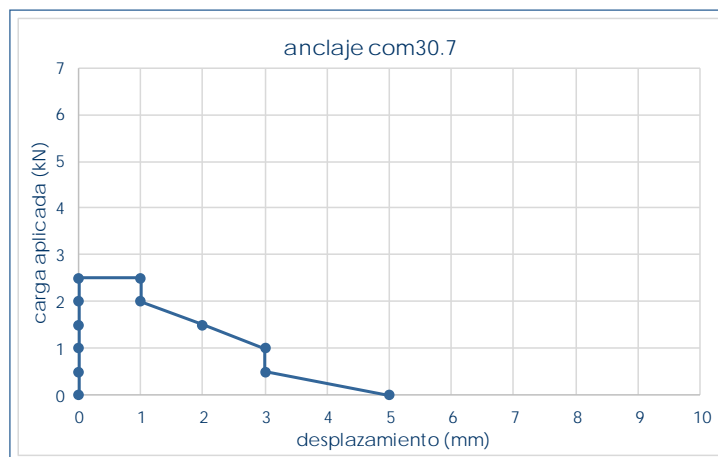
com29.7		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	3,5	altura (m)	+0,53
$despl_{max}$ (mm)	0	 J1d	junta
F_0 (kN)	3,5		



com29.7 – ensayando anclaje



com29.7 – anclaje ensayado

anclaje **com30.7**

com30.7		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	2,5	altura (m)	+0,53
$despl_{max}$ (mm)	0	 J2	junta
F_0 (kN)	2,5		

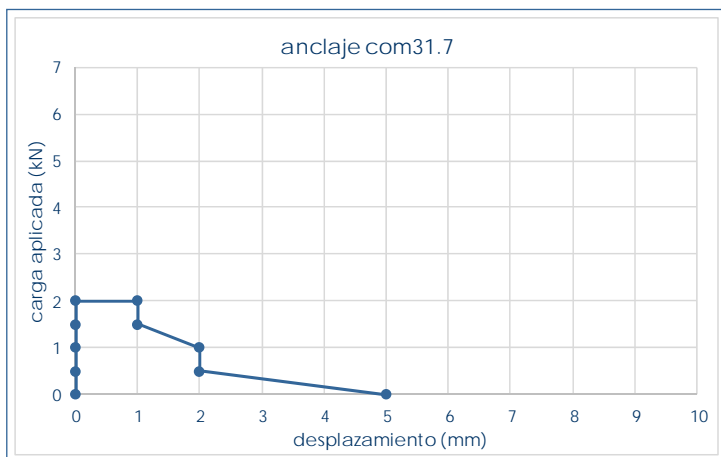


com30.7 – ensayando anclaje



com30.7 – orificio tras extracción

anclaje com31.7



com31.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+0,18	
$despl_{max}$ (mm)	0		junta	
F_0 (kN)	2			

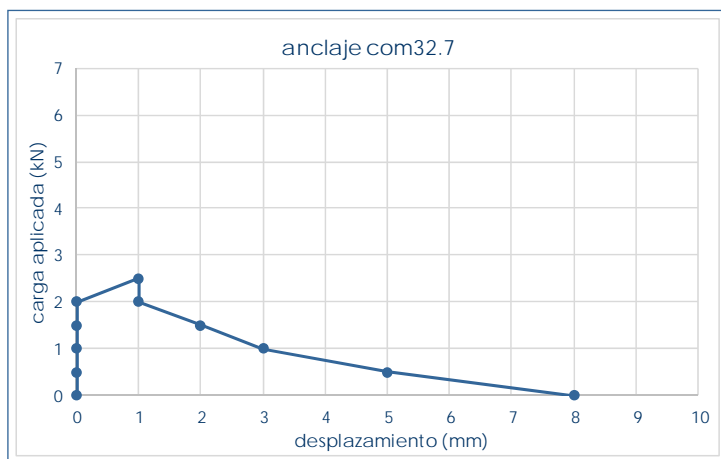


com31.7 – ensayando anclaje



com31.7 – orificio tras extracción

anclaje com32.7



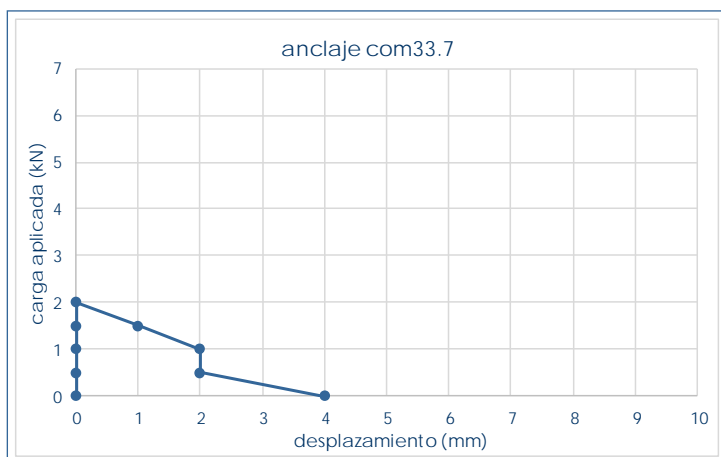
com32.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	2,5	altura (m)	+0,18	
$despl_{max}$ (mm)	1		junta	
F_0 (kN)	2			



com32.7 – ensayando anclaje



com32.7 – anclaje ensayado

anclaje **com33.7**

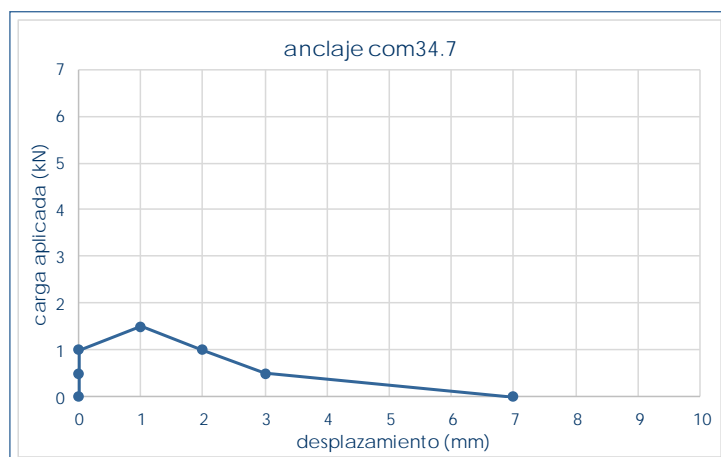
com33.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	2	altura (m)	+0,18	
$despl_{max}$ (mm)	0	 J1u	junta	
F_0 (kN)	2			



com33.7 – ensayando anclaje



com33.7 – anclaje ensayado

anclaje **com34.7**

com34.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	1,5	altura (m)	+0,18	
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1u	junta	
F_0 (kN)	1			

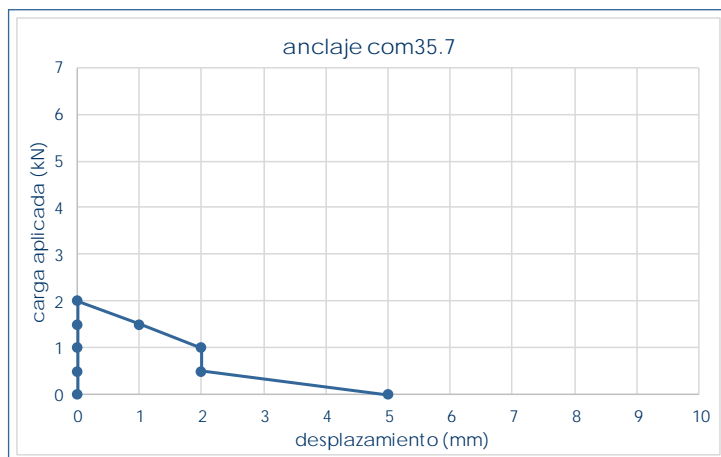


com34.7 – ensayando anclaje



com34.7 – anclaje ensayado

anclaje com35.7



com35.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	2	altura (m)		+0,18
$despl_{max}$ (mm)	0		junta	
F_0 (kN)	2			

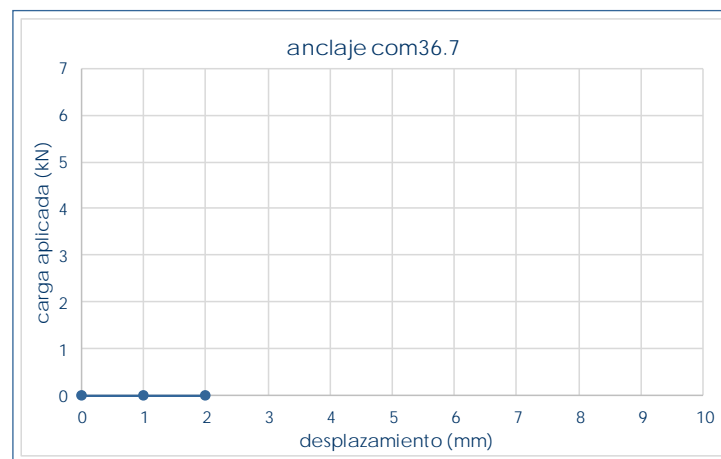


com35.7 ensayando anclaje



com35.7 – anclaje ensayado

anclaje com36.7



com36.7		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	0	altura (m)		+0,18
$despl_{max}$ (mm)	0		junta	
F_0 (kN)	0			

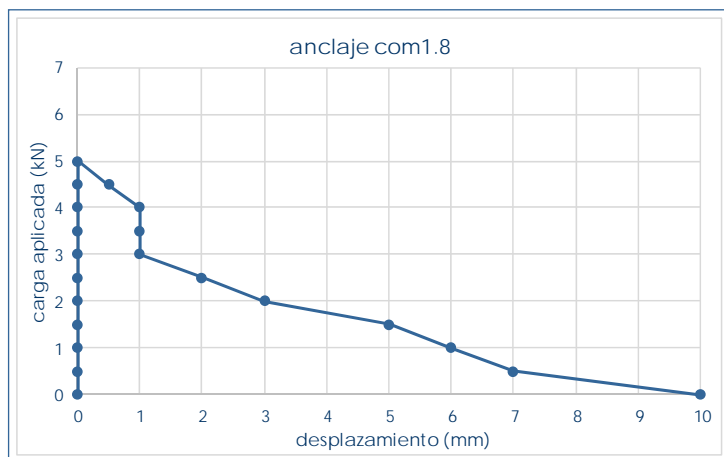


com36.7 – ensayando anclaje



com36.7 – orificio tras extracción

anclaje com1.8



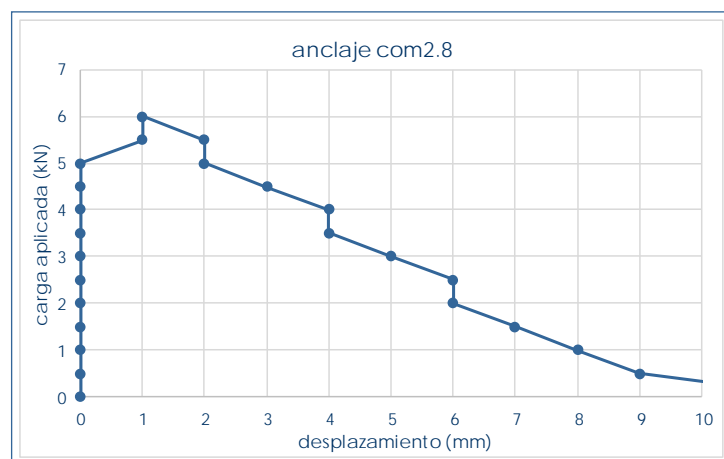
com1.8 – ensayando anclaje



com1.8 – orificio tras extracción

com1.8		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	5	altura (m)	+1,75	
$despl_{max}$ (mm)	0		interfaz	
F_0 (kN)	5			

anclaje com2.8



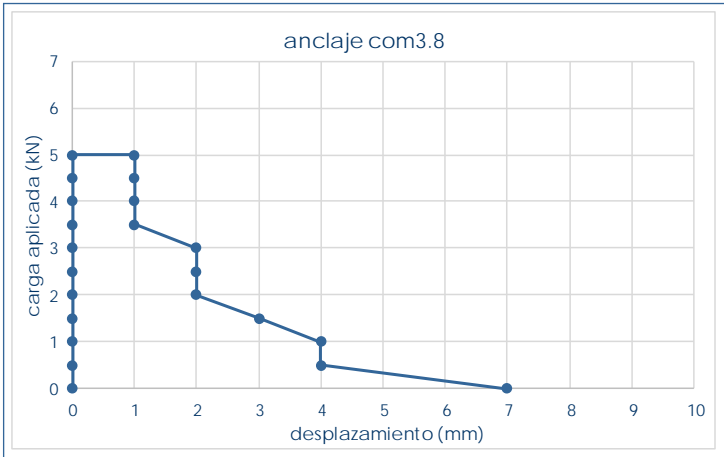
com2.8 – ensayando anclaje

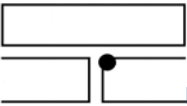


com2.8 – orificio tras extracción

com2.8		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	6	altura (m)	+1,75	
$despl_{max}$ (mm)	1		interfaz	
F_0 (kN)	5			

anclaje **com3.8**



com3.8		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F _{max} (kN)	5	altura (m)	+1,75	
despl _{max} (mm)	0		interfaz	
F ₀ (kN)	5			

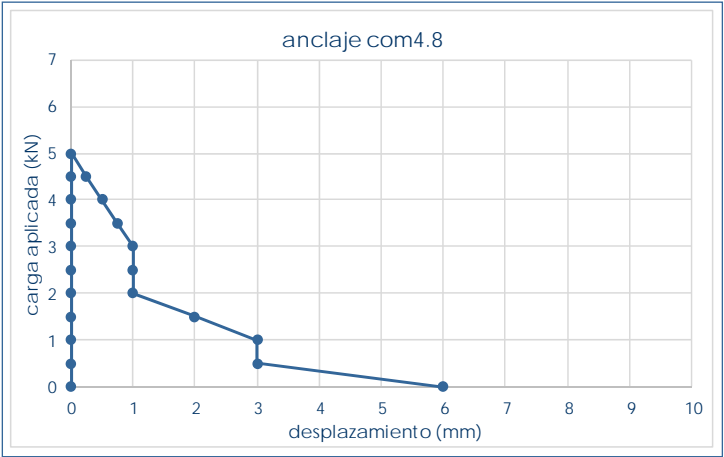


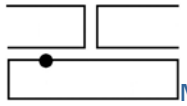
com3.8 – ensayando anclaje



com3.8 – anclaje ensayado

anclaje **com4.8**



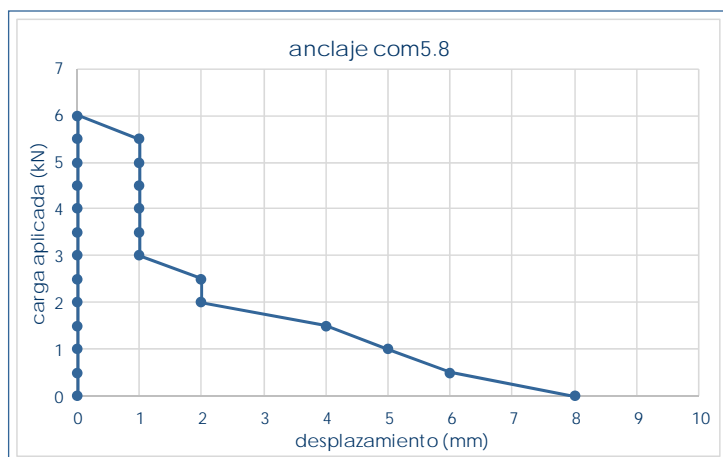
com4.8		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F _{max} (kN)	5	altura (m)	+1,75	
despl _{max} (mm)	0		interfaz	
F ₀ (kN)	5			



com4.8 – ensayando anclaje



com4.8 – orificio tras extracción

anclaje **com5.8**

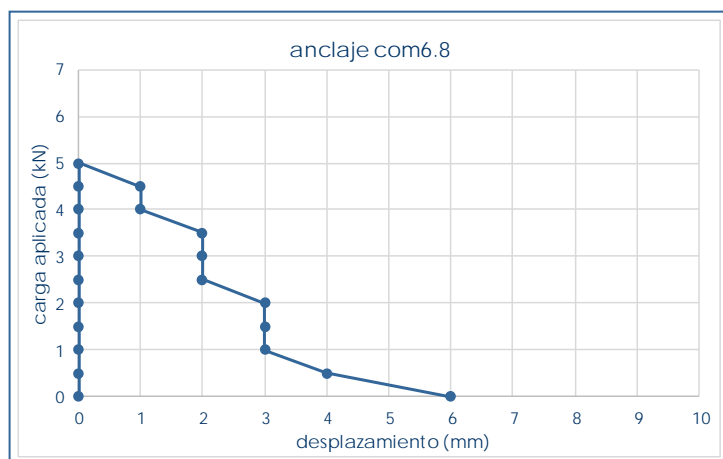
com5.8		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	6	altura (m)	+1,75	
$despl_{max}$ (mm)	0		interfaz	
F_0 (kN)	6			



com5.8 – ensayando anclaje



com5.8 – anclaje ensayando

anclaje **com6.8**

com6.8		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	5	altura (m)	+1,75	
$despl_{max}$ (mm)	0		interfaz	
F_0 (kN)	5			

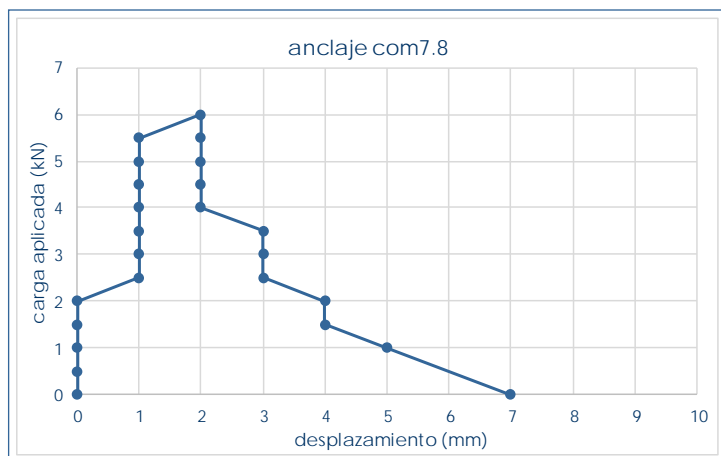


com6.8 – ensayando anclaje



com6.8 – anclaje ensayado

anclaje com7.8



com7.8		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	6	altura (m)	+1,23	
$despl_{max}$ (mm)	2		pieza	
F_0 (kN)	2			

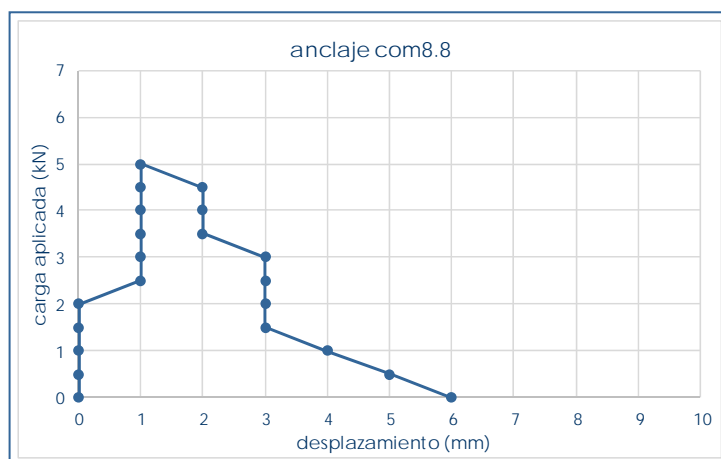


com7.8 – ensayando anclaje



com7.8 – anclaje ensayado

anclaje com8.8



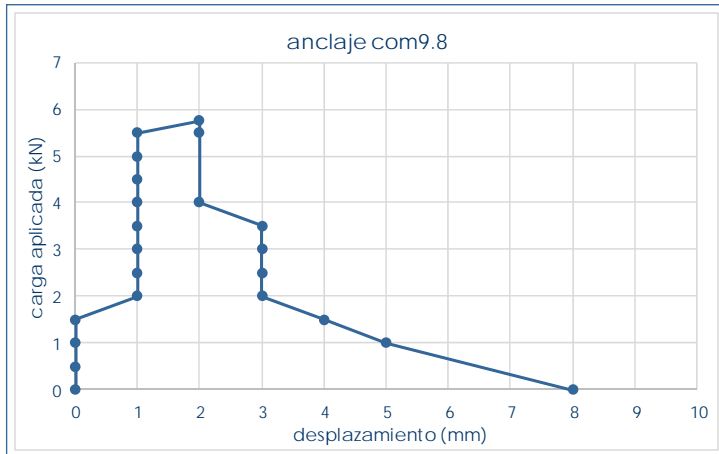
com8.8		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	5	altura (m)	+1,23	
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza	
F_0 (kN)	2			



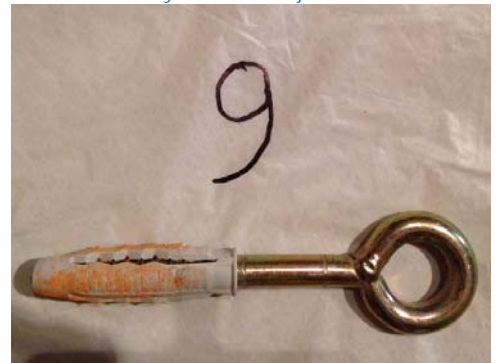
com8.8 – ensayando anclaje



com8.8 – anclaje ensayado

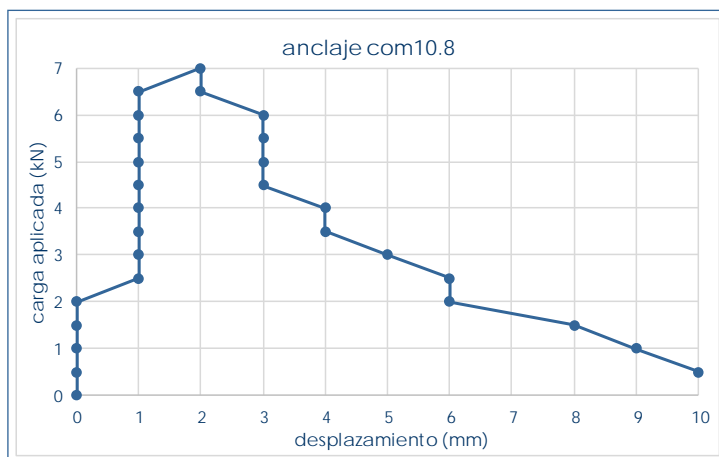
anclaje **com9.8**

com9.8 – ensayando anclaje



com9.8 – anclaje extraído

com9.8		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	5,75	altura (m)	+1,23
$despl_{max}$ (mm)	2		pieza
F_0 (kN)	1,5		

anclaje **com10.8**

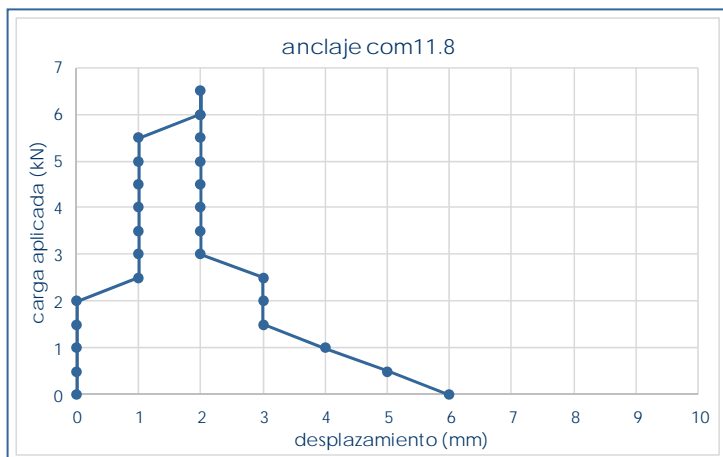
com10.8 – ensayando anclaje



com10.8 – ensayando anclaje 2

com8.8		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	7	altura (m)	+1,23
$despl_{max}$ (mm)	2		pieza
F_0 (kN)	2		

anclaje com11.8



com11.8		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	6,5	altura (m)	+1,23
$despl_{max}$ (mm)	2		pieza
F_0 (kN)	2		

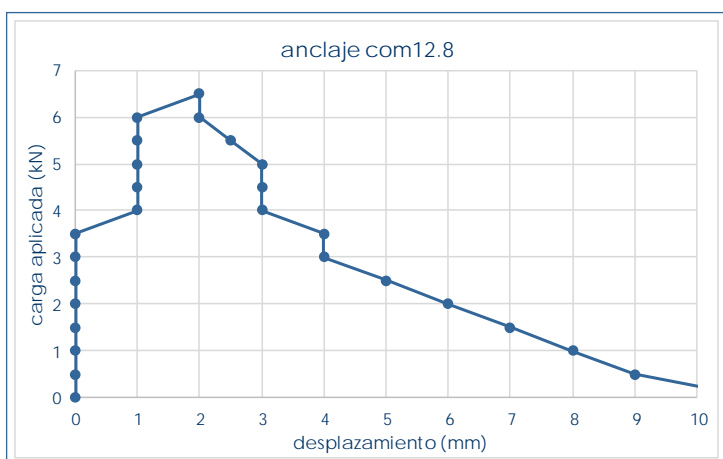


com11.8 – ensayando anclaje



com11.8 – anclaje ensayado

anclaje com12.8



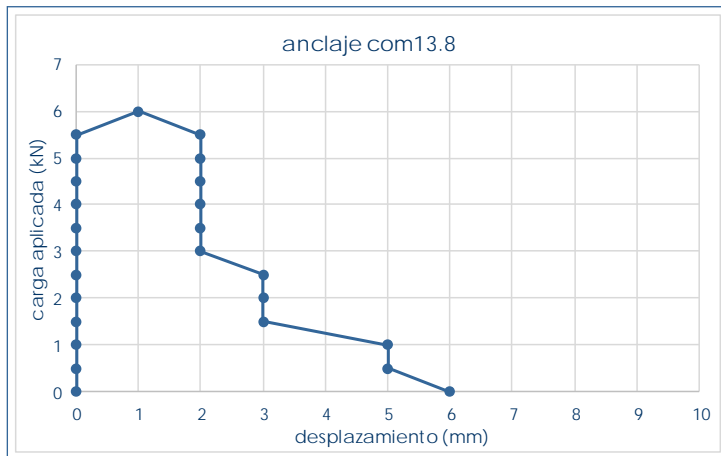
com12.8		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	6,5	altura (m)	+1,23
$despl_{max}$ (mm)	2		pieza
F_0 (kN)	3,5		



com12.8 – ensayando anclaje



com12.8 – anclaje ensayado

anclaje **com13.8**

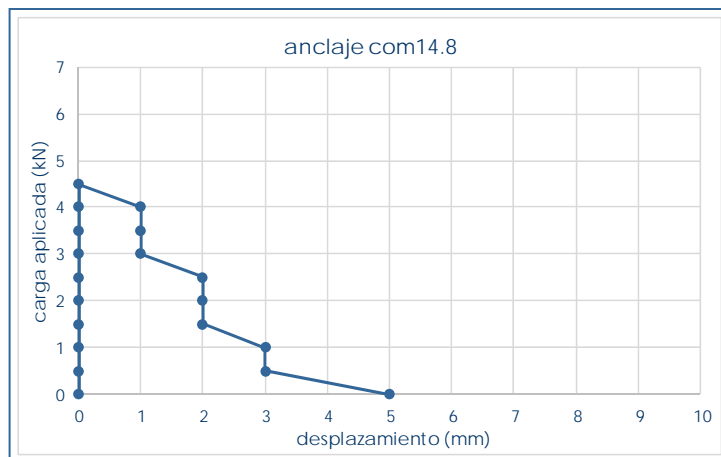
com13.8		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	6	altura (m)	+1,40	
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza	
F_0 (kN)	5,5			



com13.8 – ensayando anclaje



com13.8 – orificio tras extracción

anclaje **com14.8**

com14.8		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	4,5	altura (m)	+1,40	
$despl_{max}$ (mm)	0		pieza	
F_0 (kN)	4,5			

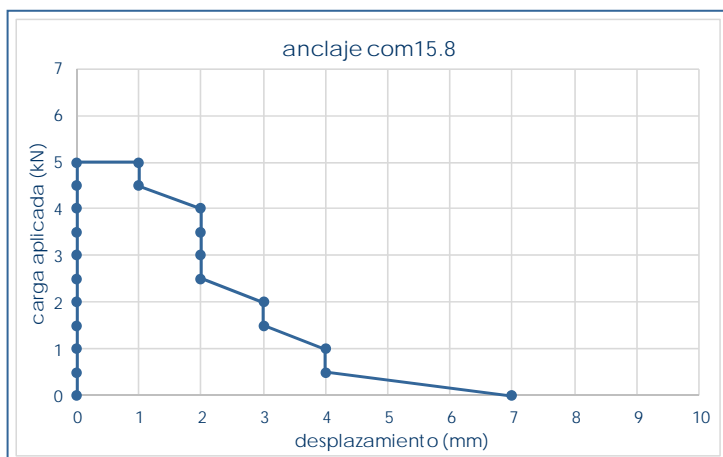


com14.8 – ensayando anclaje



com14.8 – anclaje ensayado


anclaje com15.8



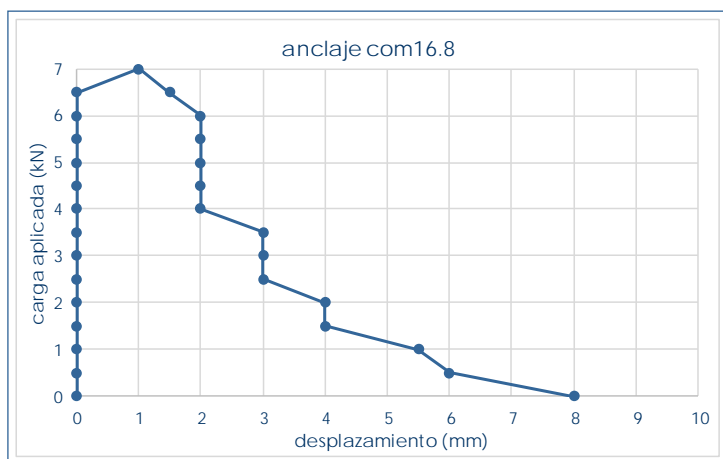
com15.8 – ensayando anclaje



com15.8 – orificio tras extracción

com15.8		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	5	altura (m)	+1,40
$despl_{max}$ (mm)	0		pieza
F_0 (kN)	5		

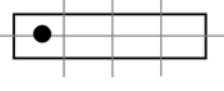
anclaje com16.8

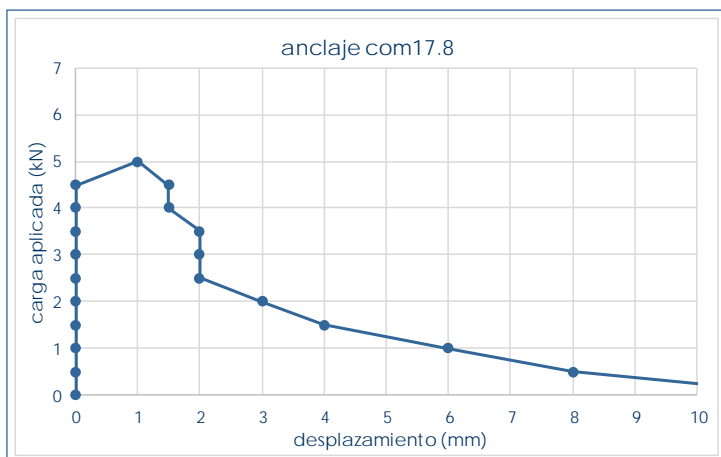


com16.8 – ensayando anclaje



com16.8 – orificio tras extracción

com16.8		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	7	altura (m)	+1,40
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	6,5		

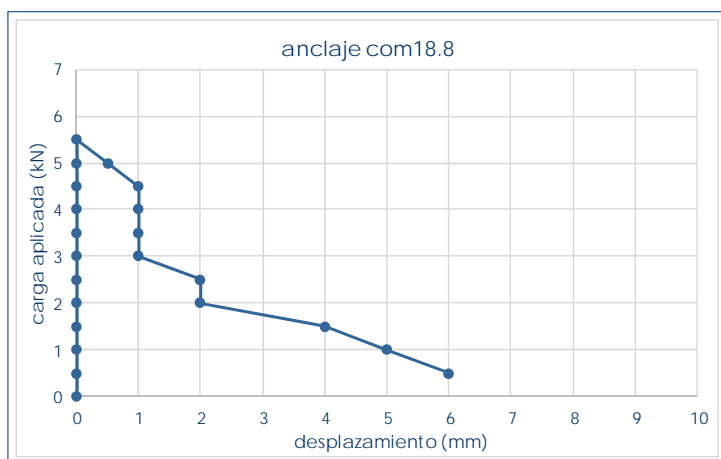
anclaje **com17.8**

com17.8 – ensayando anclaje



com17.8 – orificio tras extracción

com17.8		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	4,5	altura (m)	+1,40
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	5		

anclaje **com18.8**

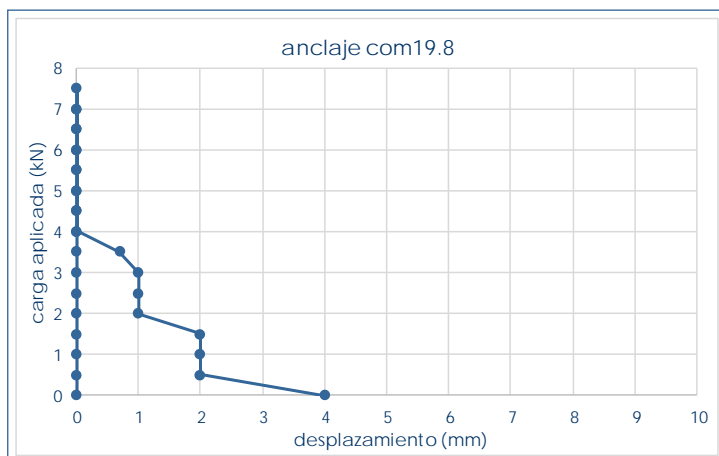
com18.8 – ensayando anclaje



com18.8 – orificio tras extracción

com18.8		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	5,5	altura (m)	+1,40
$despl_{max}$ (mm)	0		pieza
F_0 (kN)	5,5		

anclaje com19.8



com19.8		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	7,5	altura (m)	+0,88
$despl_{max}$ (mm)	0		pieza
F_0 (kN)	7,5		

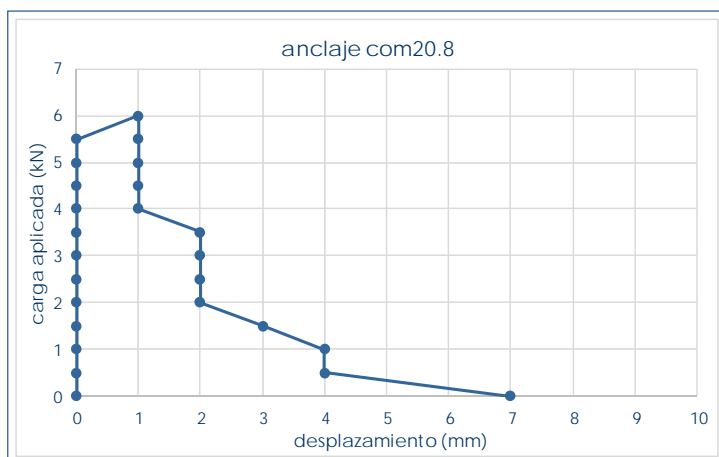


com19.8 – ensayando anclaje



com19.8 – anclaje ensayado

anclaje com20.8



com20.8		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	6	altura (m)	+0,88
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	5,5		

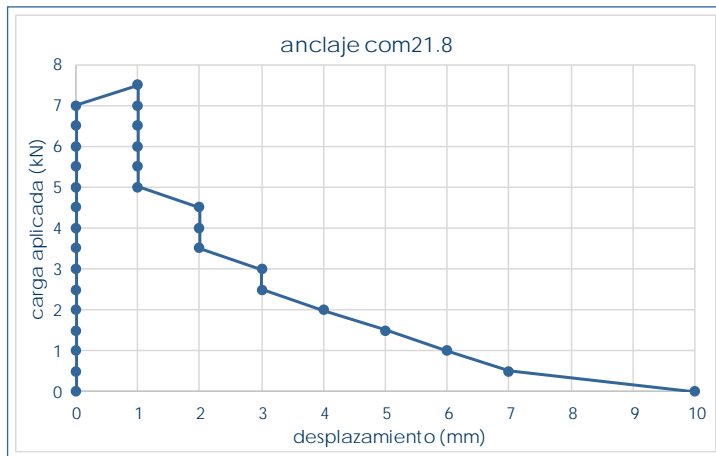


com20.8 – ensayando anclaje



com20.8 – ensayando anclaje 2

anclaje com21.8



com21.8		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	7,5	altura (m)	+0,88
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	7		

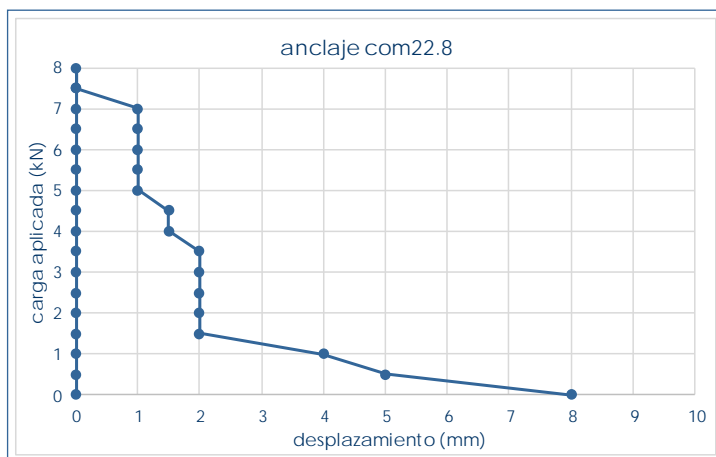


com21.8 – ensayando anclaje



com21.8 – anclaje ensayado

anclaje com22.8



com22.8		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	8	altura (m)	+0,88
$despl_{max}$ (mm)	0		pieza
F_0 (kN)	8		

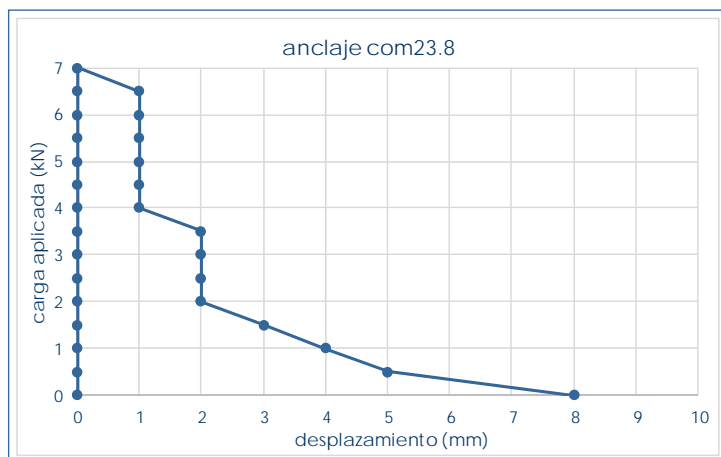


com22.8 – ensayando anclaje



com22.8 – orificio tras extracción


anclaje com23.8



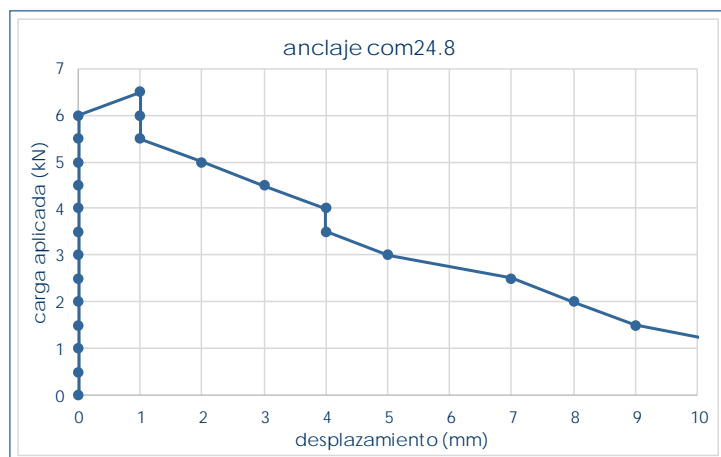
com23.8 – ensayando anclaje



com23.8 – orificio tras extracción

com23.8		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{\max} (kN)	7	altura (m)	+0,88
$despl_{\max}$ (mm)	0	 L2	pieza
F_0 (kN)	7		


anclaje com24.8

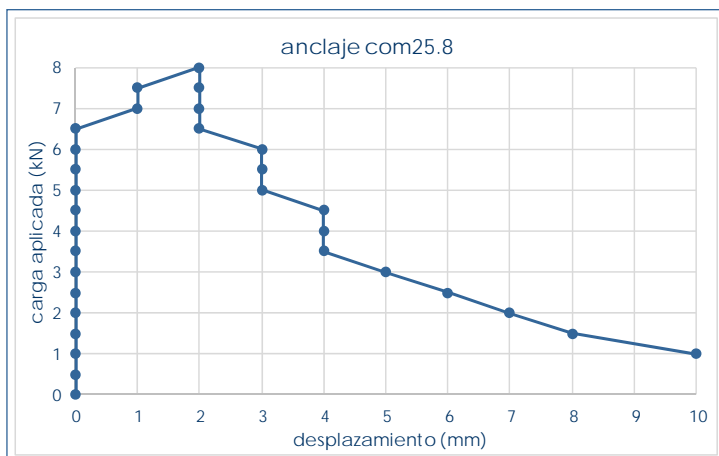



com24.8 – ensayando anclaje



com24.8 – orificio tras extracción

com24.8		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{\max} (kN)	6,5	altura (m)		+0,88
$despl_{\max}$ (mm)	1	 L2		pieza
F_0 (kN)	6			

anclaje **com25.8**

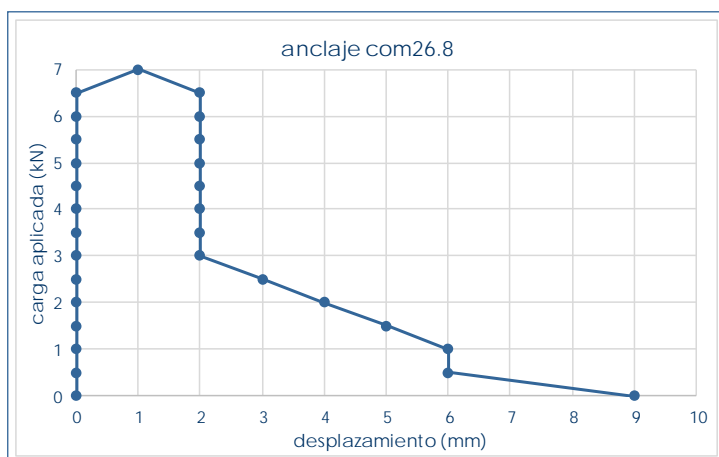
com25.8		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	8	altura (m)	+0,53
$despl_{max}$ (mm)	2		interfaz
F_0 (kN)	6,5		




com25.8 – ensayando anclaje



com25.8 – orificio tras extracción

anclaje **com26.8**

com26.8		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	7	altura (m)	+0,53
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	6,5		

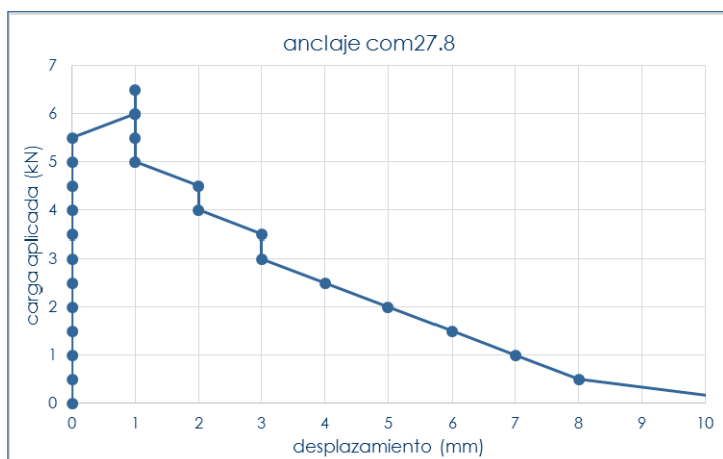


com26.8 – ensayando anclaje



com26.8 – anclaje ensayado

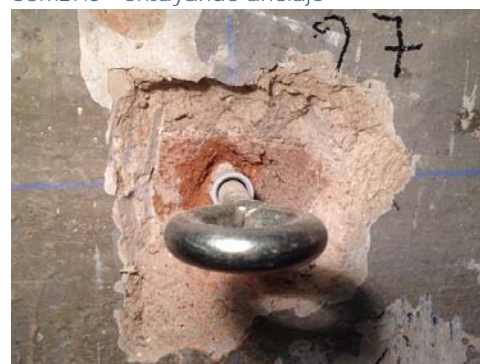
anclaje com27.8



com27.8		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	6,5	altura (m)	+0,53
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	5,5		

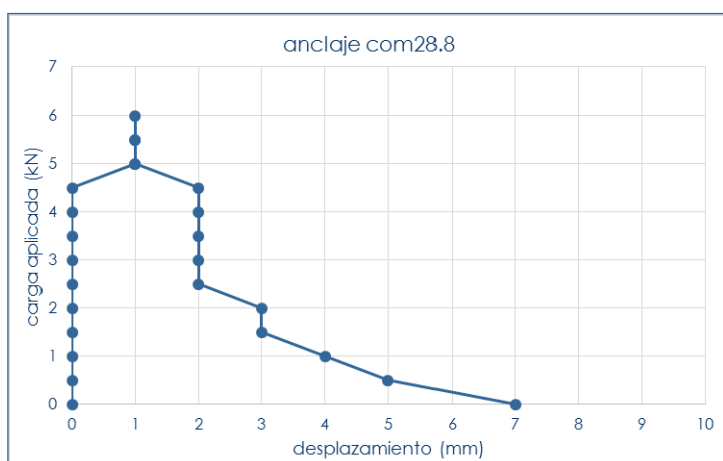


com27.8 – ensayando anclaje



com27.8 –anclaje ensayado

anclaje com28.8



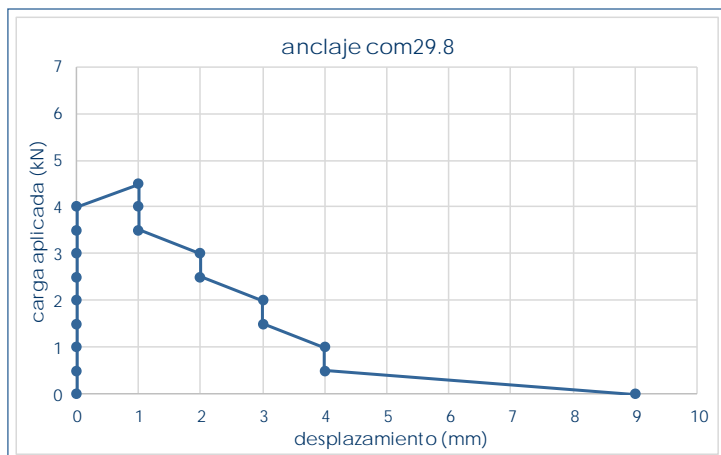
com28.8		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	6	altura (m)	+0,53
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	4,5		



com28.8 – ensayando anclaje



com28.8 – orificio tras extracción

anclaje **com29.8**

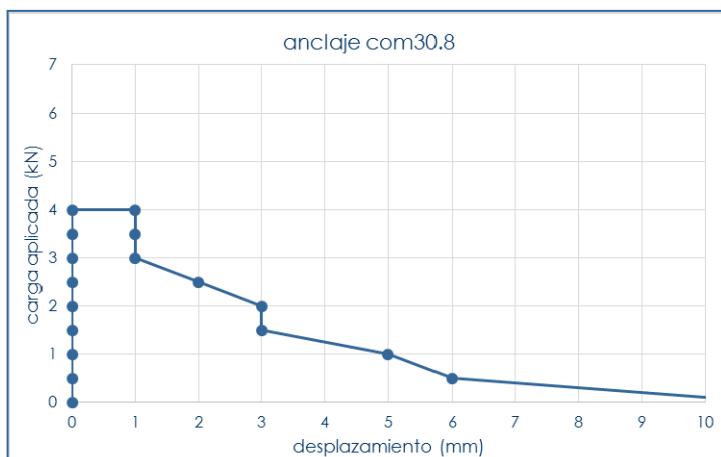
com29.8 – ensayando anclaje



com29.8 – orificio tras extracción

com29.8		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	4,5	altura (m)	+0,53
$despl_{max}$ (mm)	1		interfaz
F_0 (kN)	4		

Nota: orificio próximo

anclaje **com30.8**

com30.8 – anclaje ensayado

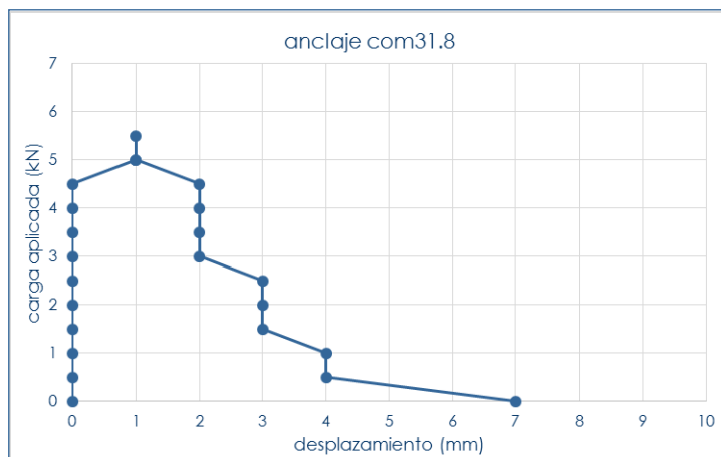


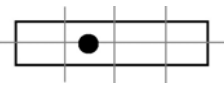
com30.8 – orificio tras extracción

com30.8		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	4	altura (m)	+0,53
$despl_{max}$ (mm)	0		interfaz
F_0 (kN)	4		

Nota: orificio próximo

anclaje com31.8



com31.8		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	no
F_{max} (kN)	5,5	altura (m)	+0,18
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	4,5		

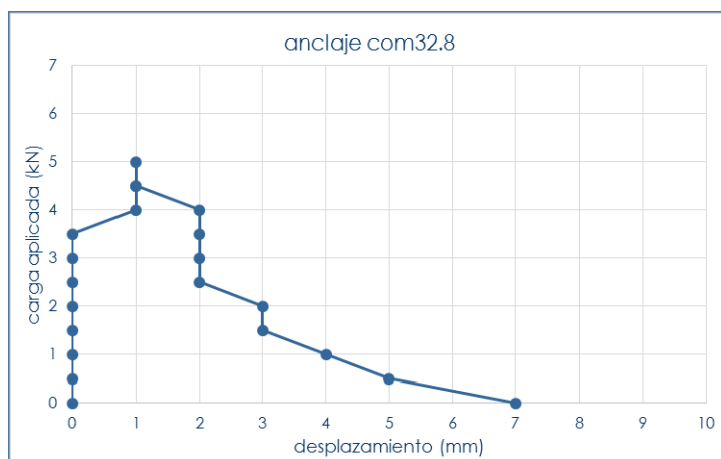



com31.8 – ensayando anclaje



com31.8 – orificio tras extracción

anclaje com32.8



com32.8		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	5	altura (m)	+0,18
$despl_{max}$ (mm)	1		pieza
F_0 (kN)	3,5		

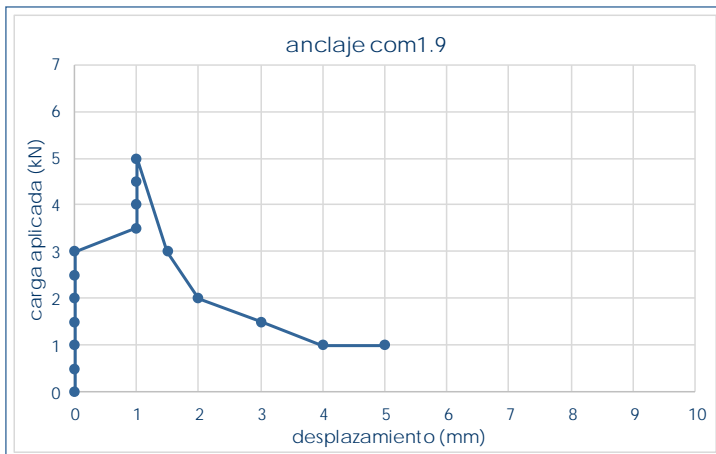


com32.8 – ensayando anclaje



com32.8 – orificio tras extracción

anclaje com1.9



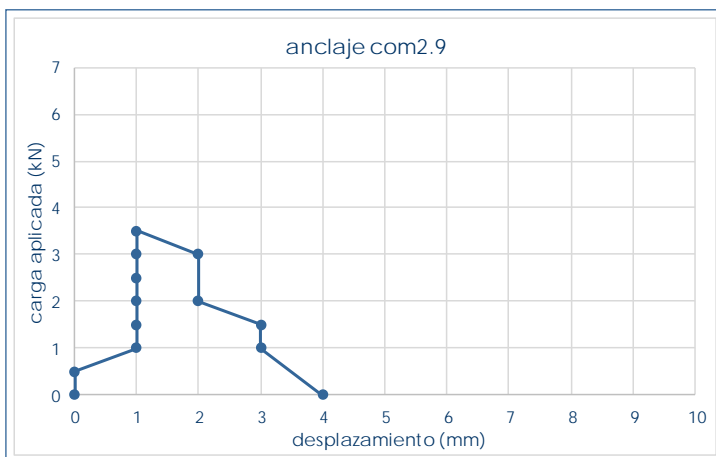
com1.9 – ensayando anclaje



com1.9 – orificio tras extracción

com1.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	5	altura (m)		+1,58
$despl_{max}$ (mm)	1		junta	
F_0 (kN)	3			

anclaje com2.9



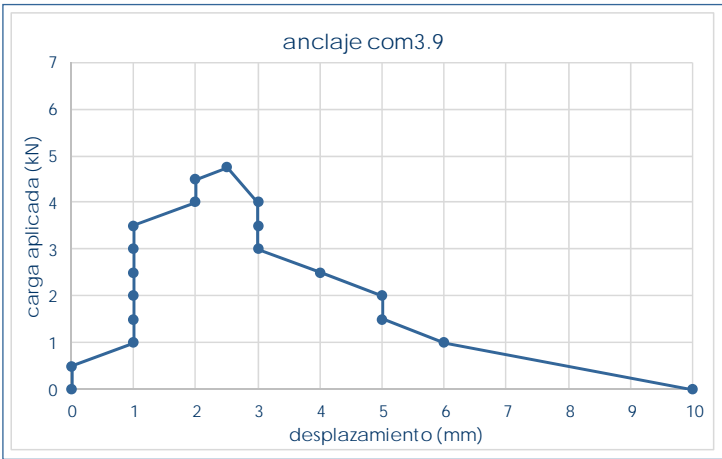
com2.9 – anclaje ensayado



com2.9 – profundidad revestimiento

com2.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	3,5	altura (m)		+1,58
$despl_{max}$ (mm)	1		junta	
F_0 (kN)	0,5			

anclaje **com3.9**



com3.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F _{max} (kN)	4,8	altura (m)	+1,58	
despl _{max} (mm)	2,5		junta	
F ₀ (kN)	0,5			

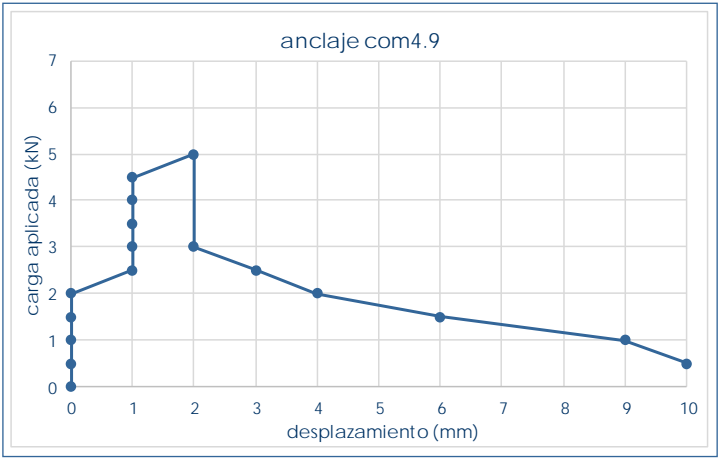


com3.9 – ensayando anclaje



com3.9 – anclaje extraído

anclaje **com4.9**



com4.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F _{max} (kN)	5	altura (m)	+1,58	
despl _{max} (mm)	2		junta	
F ₀ (kN)	2			

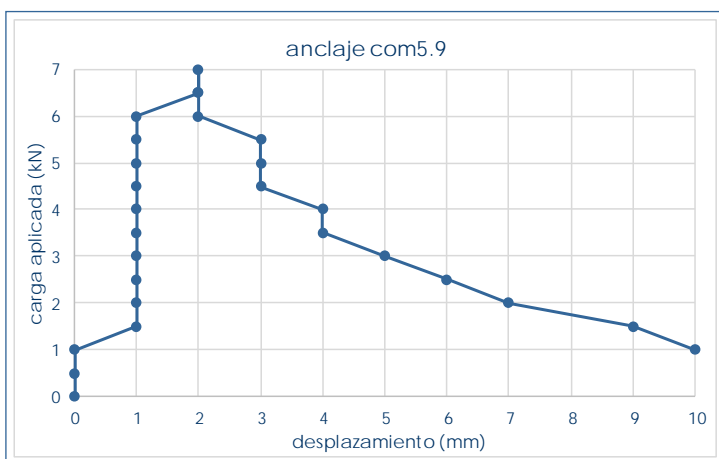


com4.9 – ensayando anclaje



com4.9 – orificio tras extracción

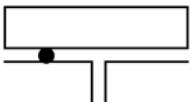
anclaje com5.9



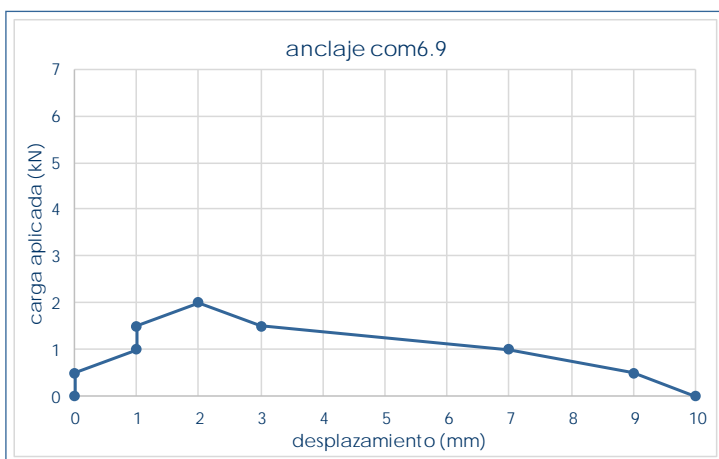
com5.9 – anclaje ensayado



com5.9 – orificio tras extracción

com5.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	7	altura (m)		+1,58
$despl_{max}$ (mm)	2			junta
F_0 (kN)	1			


anclaje com6.9



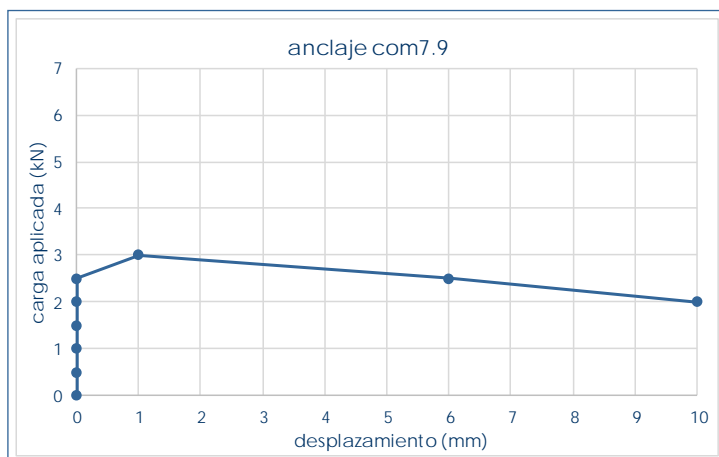
com6.9- orificio tras extracción

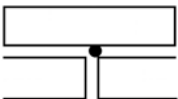


com6.9- anclaje extraído

com6.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	2	altura (m)		+1,58
$despl_{max}$ (mm)	2			junta
F_0 (kN)	0,5			

anclaje com7.9



com7.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	3	altura (m)	+1,05	
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1d	junta	
F_0 (kN)	2,5			

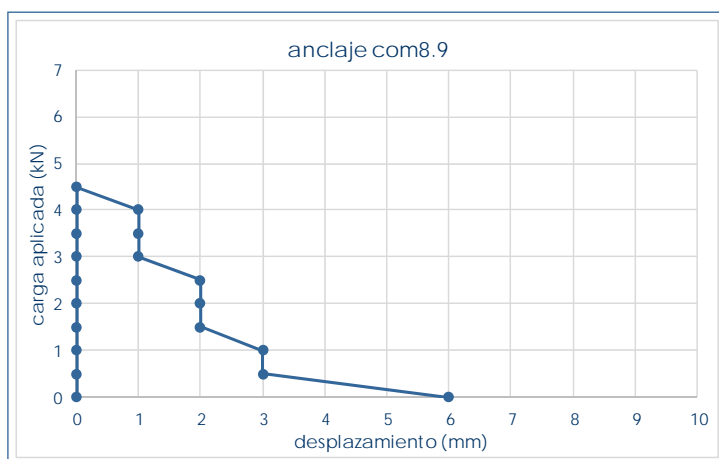


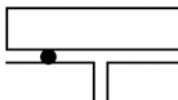
com7.9- ensayando anclaje



com7.9- orificio tras extracción

anclaje com8.9



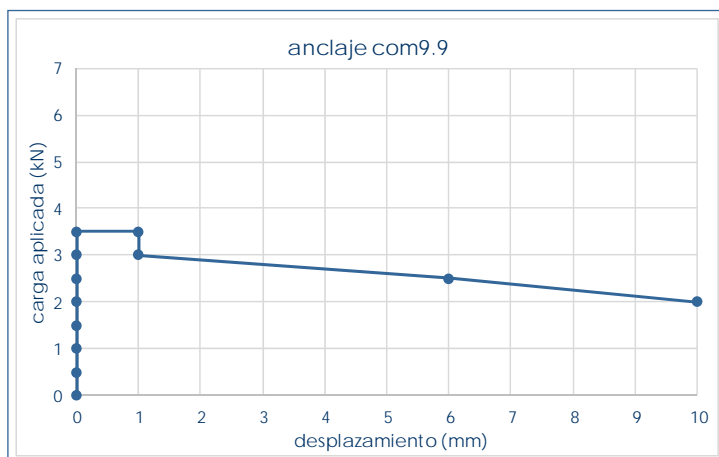
com8.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	4,5	altura (m)	+1,05	
$despl_{max}$ (mm)	0	 J2	junta	
F_0 (kN)	4,5			



com8.9- ensayando anclaje



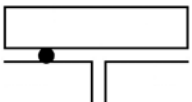
com8.9- anclaje ensayado

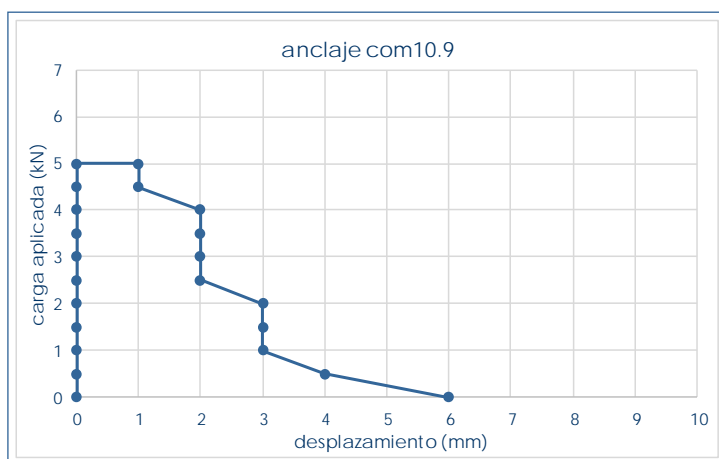
anclaje **com9.9**

com9.9- anclaje ensayado



com9.9- orificio tras extracción


com9.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	3,5	altura (m)	+1,05	
$despl_{max}$ (mm)	0			junta
F_0 (kN)	3,5			

anclaje **com10.9**

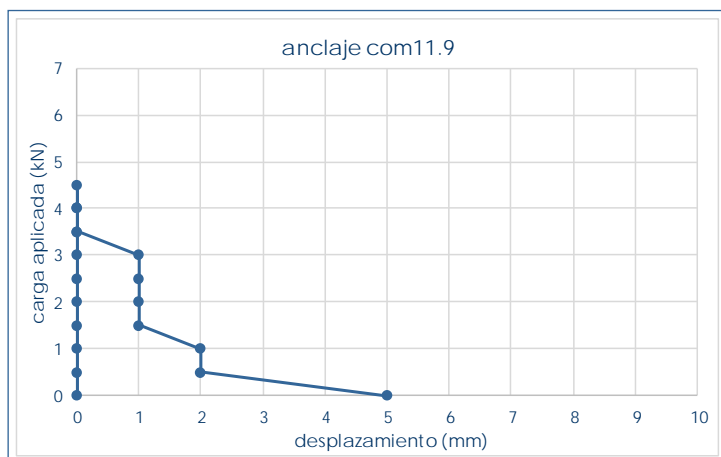
com10.9- ensayando anclaje



com10.9- orificio tras extracción

com10.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	5	altura (m)	+1,05	
$despl_{max}$ (mm)	0			junta
F_0 (kN)	5			

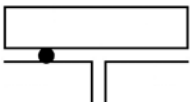
anclaje com11.9



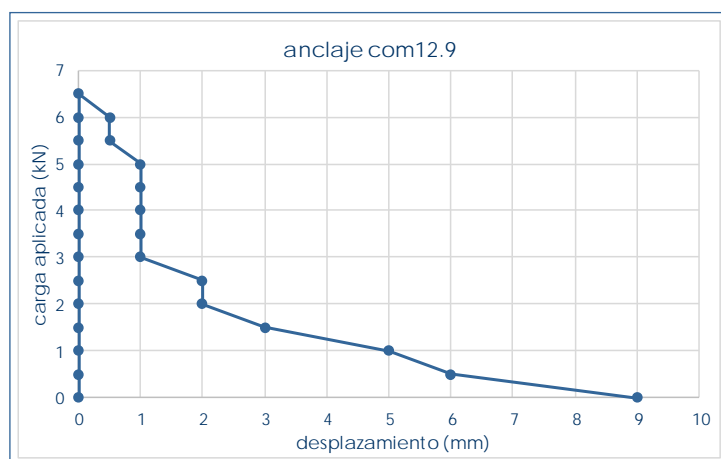
com11.9- ensayando anclaje



com11.9- orificio tras extracción

com11.9		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	4,5	altura (m)	+1,05
$despl_{max}$ (mm)	0	 J2	junta
F_0 (kN)	4,5		


anclaje com12.9

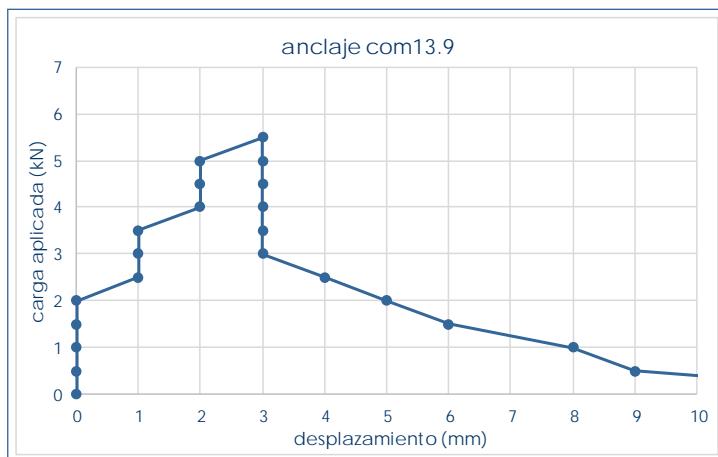


com12.9- ensayando anclaje



com12.9- anclaje ensayado

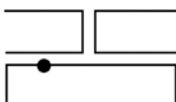
com12.9		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	6,5	altura (m)	+1,05
$despl_{max}$ (mm)	0	 J2	junta
F_0 (kN)	6,5		

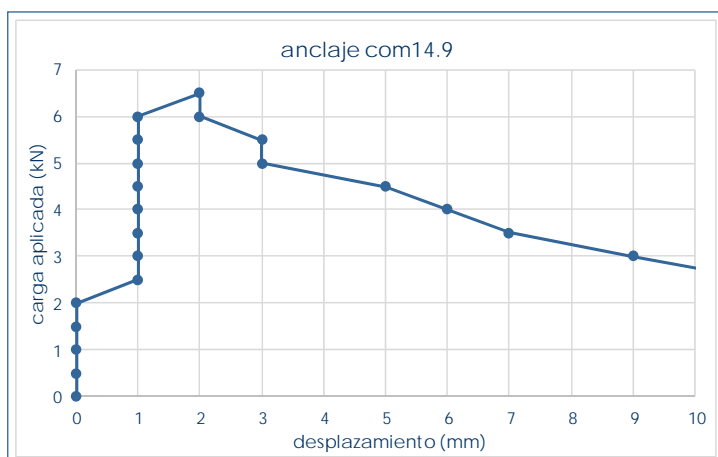
anclaje **com13.9**

com13.9- ensayando anclaje



com13.9- orificio tras extracción

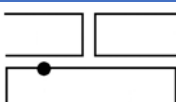
com13.9		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	5,5	altura (m)	+1,93
$despl_{max}$ (mm)	3		interfaz
F_0 (kN)	2		

anclaje **com14.9**

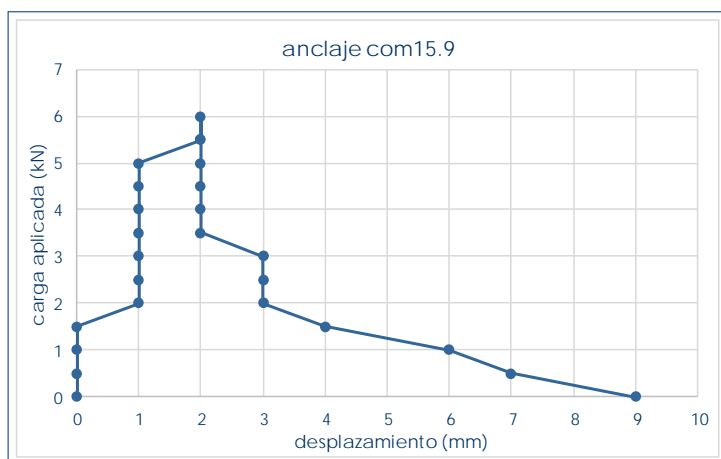
com14.9- ensayando anclaje



com14.9- orificio tras extracción

com14.9		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	6,5	altura (m)	+1,93
$despl_{max}$ (mm)	2		interfaz
F_0 (kN)	2		

anclaje com15.9



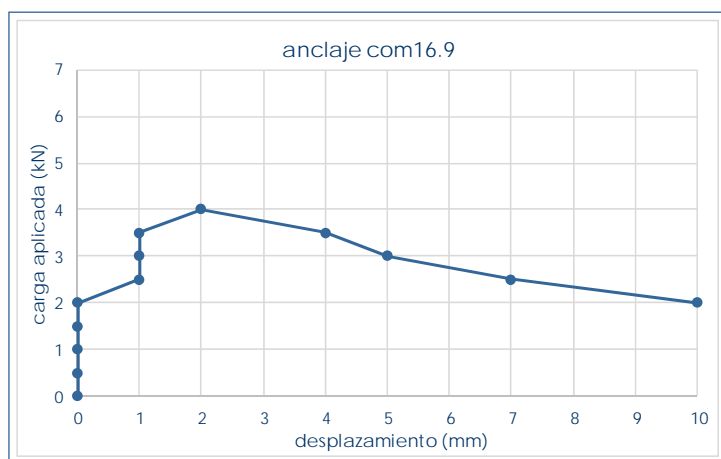
com15.9- ensayando anclaje



com15.9- orificio tras extracción

com15.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	6	altura (m)	+1,93	
$despl_{max}$ (mm)	2		interfaz	
F_0 (kN)	1,5		M2	

anclaje com16.9

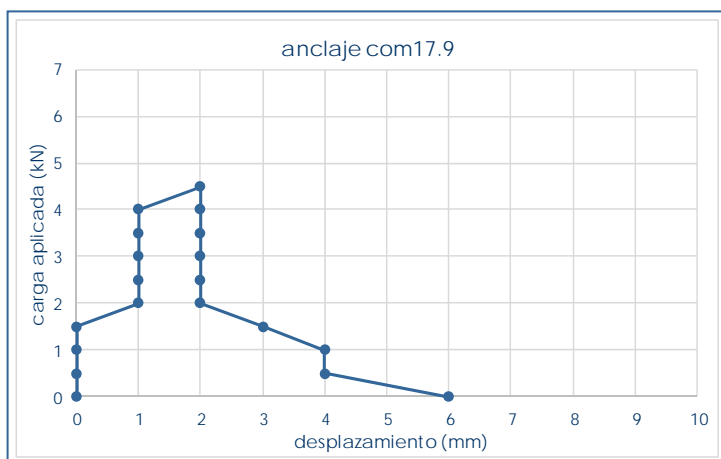


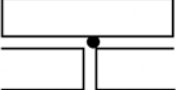
com16.9- ensayando anclaje



com16.9- orificio tras extracción

com16.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	4	altura (m)	+1,93	
$despl_{max}$ (mm)	2		interfaz	
F_0 (kN)	2		M2	

anclaje **com17.9**

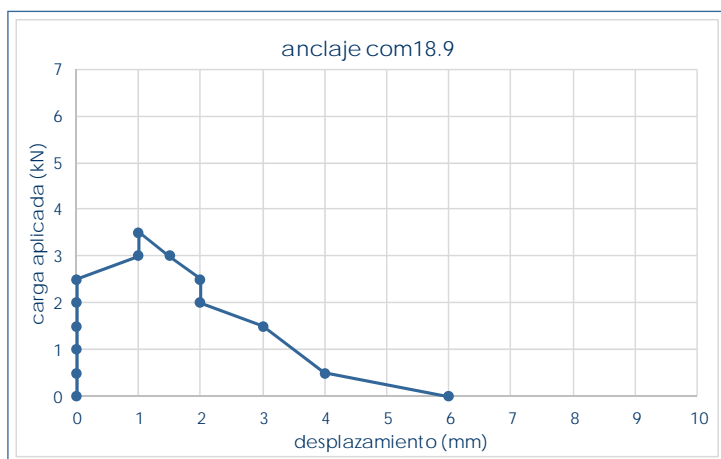
com17.9		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	4,5	altura (m)	+1,93
$despl_{max}$ (mm)	2	 J1d	junta
F_0 (kN)	1,5		

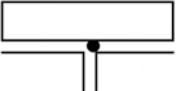


com17.9- ensayando anclaje



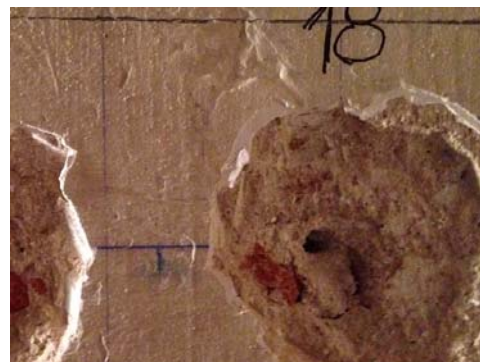
com17.9- orificio tras extracción

anclaje **com18.9**

com18.9		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	3,5	altura (m)	+1,93
$despl_{max}$ (mm)	1	 J1d	junta
F_0 (kN)	2,5		

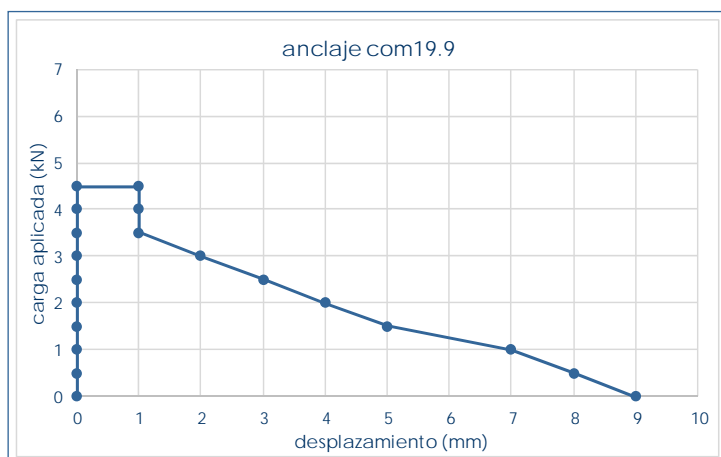


com18.9- ensayando anclaje



com18.9- orificio tras extracción

anclaje com19.9



com19.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	4,5	altura (m)	+0,70	
$despl_{max}$ (mm)	0	 J1u	junta	
F_0 (kN)	4,5			

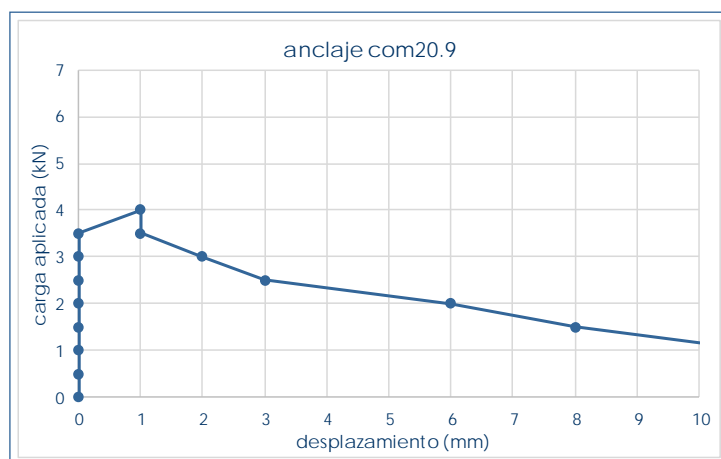


com19.9- ensayando anclaje



com19.9- anclaje ensayado

anclaje com20.9



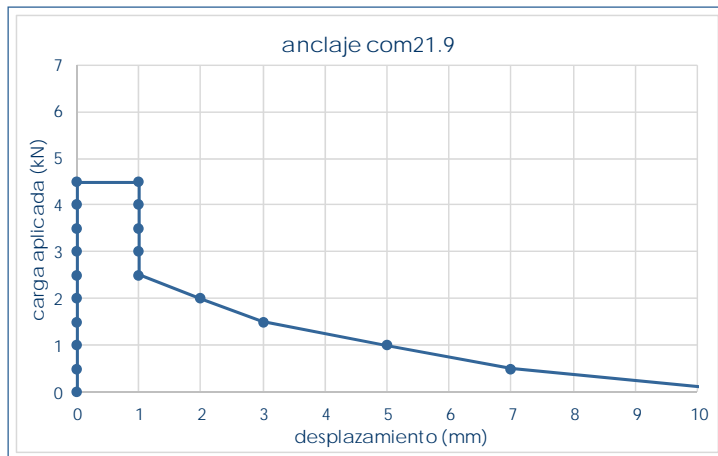
com20.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	4	altura (m)	+0,70	
$despl_{max}$ (mm)	1	 J2	junta	
F_0 (kN)	3,5			




com20.9- ensayando anclaje



com20.9- orificio tras extracción

anclaje **com21.9**

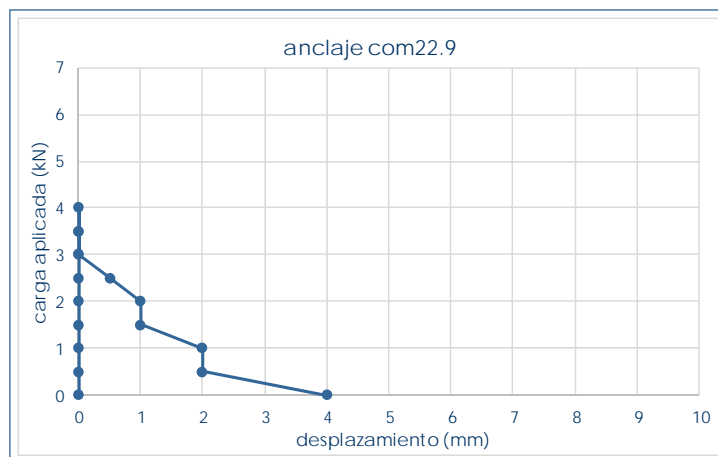
com21.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	4,5	altura (m)	+0,70	
$despl_{max}$ (mm)	0		junta	
F_0 (kN)	4,5			




com21.9- ensayando anclaje



com21.9- orificio tras extracción

anclaje **com22.9**

com22.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	4	altura (m)	+0,70	
$despl_{max}$ (mm)	0		junta	
F_0 (kN)	4			

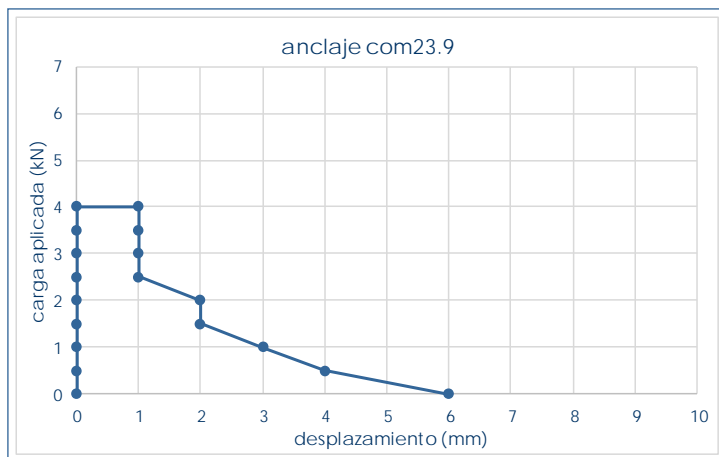


com22.9- ensayando anclaje



com22.9- orificio tras extracción

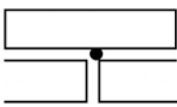
anclaje com23.9



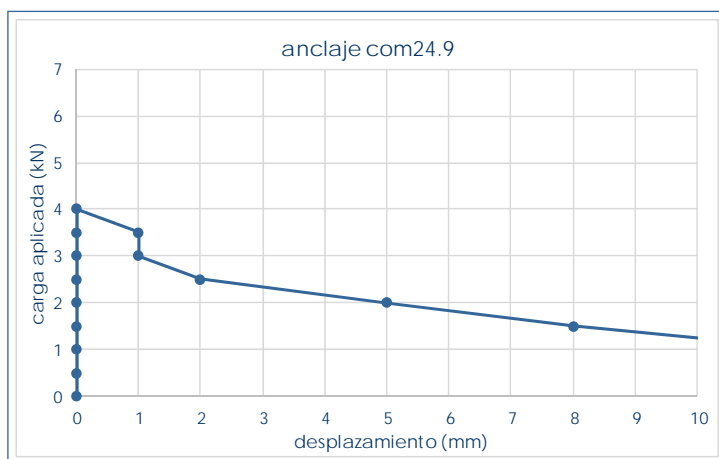
com23.9- ensayando anclaje



com23.9- orificio tras extracción

com23.9		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{max} (kN)	4	altura (m)	+0,70
$despl_{max}$ (mm)	0		junta
F_0 (kN)	4		

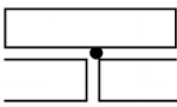
anclaje com24.9

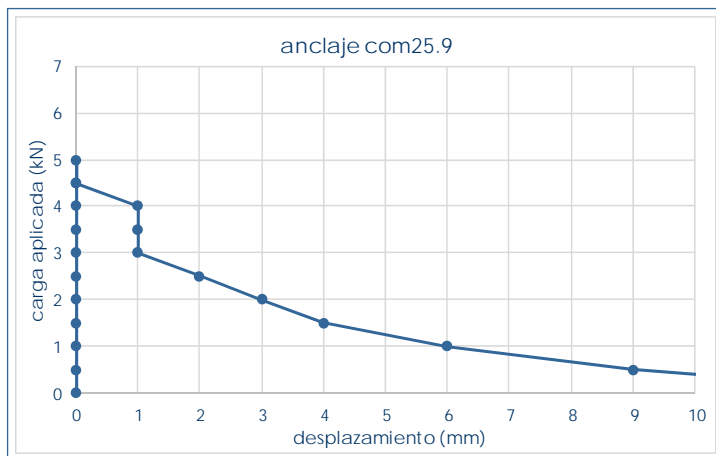


com24.9- ensayando anclaje



com24.9- orificio tras extracción

com24.9		situación en edificio	baja
valores característicos		revestimiento	si
F_{\max} (kN)	4	altura (m)	+0,70
$despl_{\max}$ (mm)	0		junta
F_0 (kN)	4		

anclaje **com25.9**

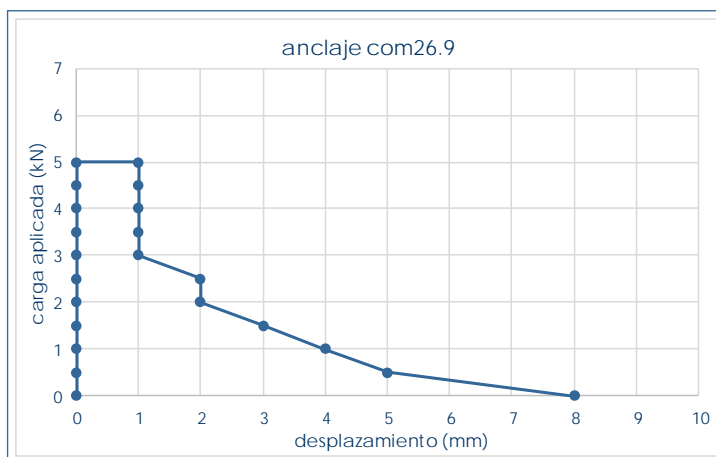
com25.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	5	altura (m)	+0,35	
$despl_{max}$ (mm)	0	 J1d	junta	
F_0 (kN)	5			



com25.9- ensayando anclaje



com25.9- anclaje ensayado

anclaje **com26.9**

com26.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	5	altura (m)	+0,35	
$despl_{max}$ (mm)	0	 J2	junta	
F_0 (kN)	5			

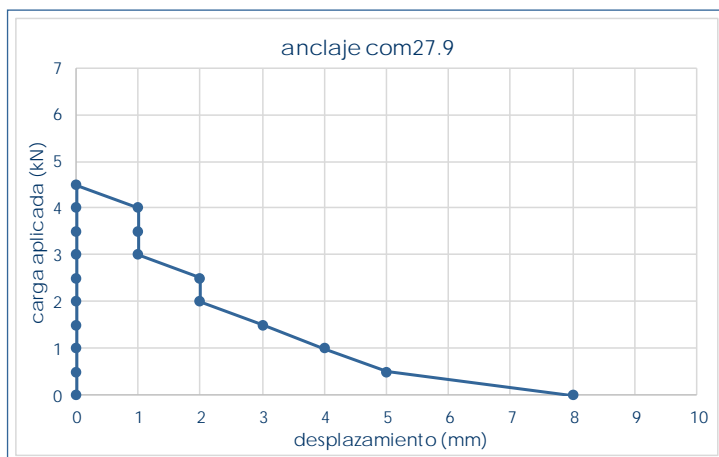


com26.9- ensayando anclaje



com26.9- orificio tras extracción


anclaje com27.9



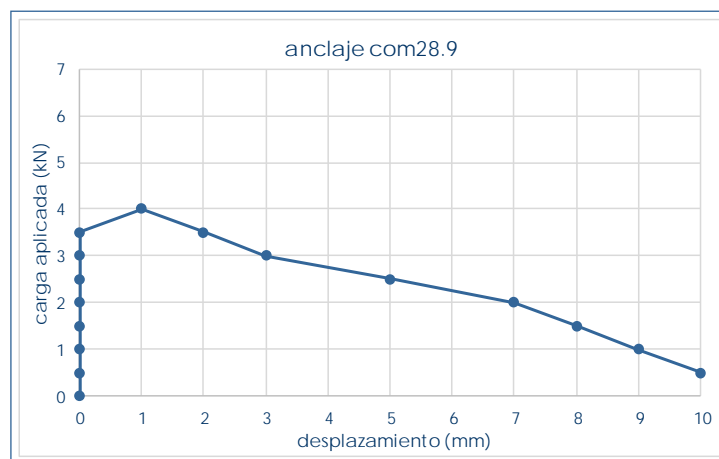
com27.9- ensayando anclaje



com27.9- anclaje ensayado

com27.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	4,5	altura (m)	+0,35	
$despl_{max}$ (mm)	0			junta
F_0 (kN)	4,5			


anclaje com28.9

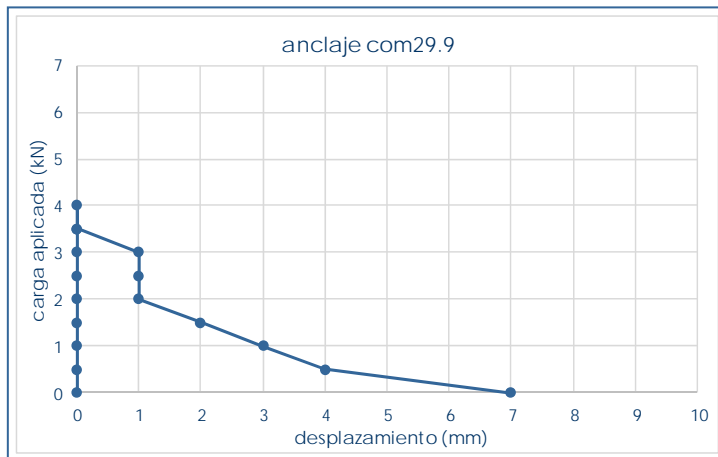


com28.9- anclaje ensayado



com28.9- orificio tras extracción

com28.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	4	altura (m)	+0,35	
$despl_{max}$ (mm)	1			junta
F_0 (kN)	3,5			

anclaje **com29.9**

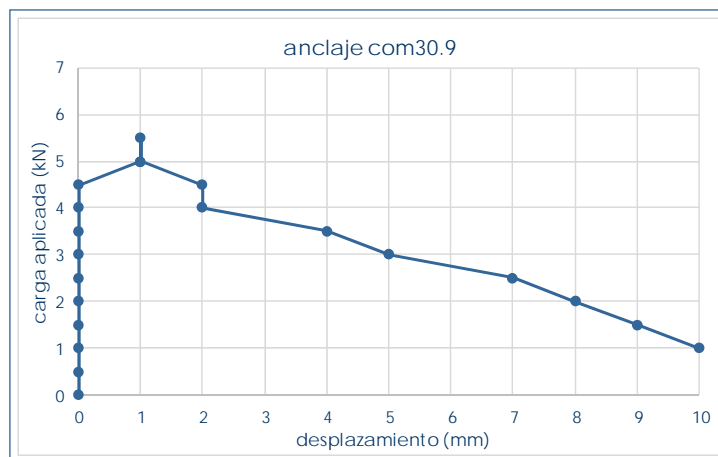
com29.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	4	altura (m)	+0,35	
$despl_{max}$ (mm)	0		junta	
F_0 (kN)	4			



com29.9- ensayando anclaje



com29.9- orificio tras extracción

anclaje **com30.9**

com30.9		situación en edificio		baja
valores característicos		revestimiento		si
F_{max} (kN)	5,5	altura (m)	+0,35	
$despl_{max}$ (mm)	1		junta	
F_0 (kN)	4,5			



com30.9- ensayando anclaje



com30.9- orificio tras extracción

9.3 Graficas comparadas de valores característicos de ensayos por profundidad



9.4 Graficas comparadas de valores característicos de ensayos por localización

