

Definición de ensayos a realizar sobre anclajes de seguridad en redes y EPI's

Javier García Barba ¹	Ramón Irlés Más ¹	Enrique Segovia Eulogio ¹	Juan Carlos Pomares Torres ¹
Ing. de Caminos, Canales y Puertos	Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos	Dr. Ing. Industrial	Arquitecto Técnico
Universidad de Alicante	Universidad de Alicante	Universidad de Alicante	Universidad de Alicante
Ayudante de Universidad	Catedrático de Universidad	Titular Escuela Universitaria	Profesor Asociado
javier.garciabarba@ua.es	ramon.irlles@ua.es	enrique.gonzalo@ua.es	jc.pomares@ua.es

¹ Departamento de Ingeniería de la Construcción, Obras Públicas e Infraestructura Urbana

Resumen

El cumplimiento de la actual normativa española [1] y europea que conforman el ordenamiento sobre protección contra caídas en altura en las distintas fases de la obra civil o de la edificación, asegura que los trabajadores puedan desplazarse y trabajar en un entorno seguro tanto para la obra como para la propia persona. Sin embargo, aunque en las normas se haga especial hincapié en la caracterización de los distintos equipos de protección individual (EPI) -tales como dispositivos anticaída, sistemas de sujeción o arneses-, no constan referencias sobre aquellos elementos que deben asegurar el correcto comportamiento mecánico estático y dinámico de los diferentes sistemas de protección, esto es, de los puntos de anclaje tanto de las redes como de EPIs. Este estudio pretende definir las condiciones en que se deben llevar a cabo los ensayos de caracterización de diferentes tipos de anclaje, considerando el material sobre el que se va a llevar a cabo la fijación de los dispositivos de seguridad.

Palabras Clave

EPI, protección, caída, altura, red de seguridad, anclaje.

1. Introducción

La Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas de fecha 21 de Diciembre de 1989 sobre aproximación de la legislaciones de los Estados miembros relativas a los equipos de protección individual, marcó las exigencias esenciales de, entre otros, los métodos de ensayo que aseguraran el correcto comportamiento de los distintos elementos de seguridad. Sin embargo, ni la actual normativa europea ni la española –como aplicación de la anterior-, definen cuáles deben ser las prescripciones técnicas y ensayos que se deben llevar a cabo sobre los diversos tipos de puntos de anclaje con el fin de que se cumplan los objetivos de seguridad marcados [2], llegándose a indicar en la Norma UNE EN 795/A1, en su Anexo A, apartado A.2, que: "... es conveniente que un ingeniero cualificado verifique mediante cálculo que el proyecto y montaje (de los dispositivos de anclaje) garanticen la adecuada resistencia a la fuerza aplicada" [3]; únicamente, en su Apartado 5.2, la norma hace referencia al tamaño que debe tener un paño de ladrillo a escala real para poder realizar los distintos tipos de ensayos que se indican, haciéndose inviable la ejecución de los experimentos a realizar para cada tipo de anclaje o configuración del elemento base (p.e.: hormigón, acero o madera).

El presente estudio definirá los resultados de los trabajos llevados a cabo –en sus primeros estadios- sobre los anclajes responsables de la transmisión de esfuerzos a los distintos elementos base estructurales, con objeto de poder garantizar su comportamiento mecánico y ofrecer un punto de partida sobre las características de los distintos tipos de anclajes usados en obra, de forma que, atendiendo a las propiedades de los mismos, se permita una correcta elección de los diversos medios de protección personal y colectiva. En relación con los aspectos mencionados es preciso citar, desde el punto de vista normativo, los trabajos del grupo GT7 (Subcomité Técnico de Normalización AEN/CTN 81/SC 2/GT 7) para la redacción –en curso- de la Norma Pr-UNE PNE 81651 "Redes verticales de protección perimétrica", en cuyo seno se han desarrollado parte de los trabajos que se expondrán a continuación acerca del comportamiento de los anclajes de redes de seguridad.

2. Información previa

2.1. Ensayos de laboratorio

Como materiales base sobre los que llevar a cabo los ensayos previos se tomaron ladrillos cerámicos y hormigón, empleándose ladrillos perforados caravista (24x11,5x5,25cm.: sogá-tizón-grueso) y cubos de hormigón en masa (HM-

30/B/10, dimensiones: 10x10x10cm). A fin de definir la velocidad de carga con que se llevarían a cabo los ensayos de arrancamiento de los cáncamos metálicos en los ladrillos, y a falta de norma que especifique cómo debe realizarse sobre este tipo de material el ensayo de tracción, se llevaron a cabo tres ensayos de compresión (fuera de norma) a distintas velocidades de carga, además de un ensayo múltiple sobre diez muestras de ladrillo conforme a la norma UNE EN-772-1:02, obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 1. En cuanto a los cubos de hormigón, y con objeto de determinar si la dosificación empleada -de uso generalizado en cuanto a resistencia y consistencia, no así en tamaño de árido-, pudiera ser válida para los trabajos que aquí se relacionan, se introdujo en el centro de una de las caras de los cubos de hormigón en masa un tipo de anclaje metálico denominado cola de cerdo, realizándose un ensayo de tracción (arrancamiento) sobre tres muestras mediante prensa multiensayo de la marca Suzpecar con célula de 20T hasta el fallo de alguno de los materiales (hormigón o anclaje metálico).

Elemento Base	Muestra	Velocidad de Carga (KN/sg)	Resultado Final (KN)
Ladrillo	L1	6,0	76,4
Ladrillo	L2	6,9	99,7
Ladrillo	L3	7,8	101,9
Ladrillo	Laboratorio	17,0	1146,9
Hormigón	HCER1	0,2	2,5
Hormigón	HCER2	0,2	2,6
Hormigón	HCER3	0,2	2,1

Tabla 1 Ensayos previos: valores de carga de rotura en compresión y tracción (arrancamiento) en muestras de ladrillo y hormigón.

Si bien los resultados se comentarán más ampliamente en apartados posteriores, debe indicarse que los valores tan bajos obtenidos en los ensayos hasta arrancamiento en los cubos de hormigón en masa con anclaje metálico se debieron al desdoblamiento de la cabeza del cáncamo, no por arrancamiento del tornillo -o del encamisado- o rotura del hormigón en masa; por otro lado, los valores de carga de rotura en las muestras cerámicas mostraban que el ensayo cuasi-estático ofrecería menores valores de resistencia quedando los resultados a obtener del lado de la seguridad.

2.2. Modelos numéricos

Los trabajos que se ampliarán en los siguientes apartados se realizaron paralelamente y considerando alguno de los resultados de los modelos numéricos desarrollados, en el Dpto. de Ingeniería de la Construcción de la Universidad de Alicante [4], analizando el comportamiento mecánico de una red de seguridad con una longitud de 4m y una altura de 3m, con anclajes cada 0,5m cuando sufría el impacto de una masa de 100kg según indican los métodos de ensayo de la norma UNE-EN 1263-1:2004.

Estos modelos permitieron obtener una estimación verosímil de variables tales como la deformada máxima de la red, las reacciones en sus anclajes y los esfuerzos sobre la masa de impacto, aspectos todos ellos de gran interés desde el punto de vista de la seguridad.

3. Trabajos realizados en laboratorio

Los ensayos se llevaron a cabo sobre anclajes metálicos de uso generalizado de distintos tipos y métricas (véase Fig. 1), normalmente utilizados en obra civil o edificación como base de sujeción para redes de seguridad o epi's, empleándose tanto en los elementos cerámicos como en los cubos de hormigón, si bien para este nuevo grupo de ensayos se emplearon cubos de hormigón de las mismas dimensiones a las indicadas con anterioridad pero armados con $\Phi 6$ corrugados en las esquinas de los cubos y con separadores de 20mm, ensayándose 15 cubos; en cuanto al material cerámico, con objeto de simular el comportamiento de los paños reales de fachada, se llevaron a cabo grupos de tres unidades con la correspondiente junta, con un total de 49 familias, de forma que para asegurar que la carga de tracción era asumida por el ladrillo y el mortero de junta donde se había situado el cáncamo, se empleó un útil especial se impidiera la distribución de esfuerzos a los ladrillos restantes (Fig. 2). Además de los anclajes metálicos, también se ensayó como sistema el realizado mediante disparo de pernos metálicos lisos, empleando como materiales de transmisión de fuerza cordajes de seguridad y bridas de plástico.



Fig. 1 Tipos de anclajes metálicos empleados con argollas abiertas, cerradas y en cola de cerdo.



Fig. 2 Útil de transmisión de carga.

Debe indicarse que a fin de simular las condiciones de obra, los cubos de hormigón se trataron con el régimen de curado que indica la norma –no en condiciones de laboratorio o cámara húmeda-, encontrándose al aire libre hasta la fecha de ensayo a los 28 días de su fabricación. De forma similar se trató a las familias de ladrillo, en las que la dosificación 1:3:5 utilizada para la fabricación del mortero no fue objeto de especial cuidado durante la elaboración de las mismas, así como el hecho de que no se rellenaran en su totalidad los huecos del perforado.

En la Tabla 2 pueden apreciarse, además de los tipos de argolla empleados en los ensayos, el valor característico de la carga máxima de tracción (desdoblamiento) de los anclajes utilizados atendiendo a su métrica, excepto para el denominado cola de cerdo del que no constan referencias.

Tipo de Argolla	Identificación en ensayos	Métrica	Tracción Máxima (Característica)
Abierta	8CA	M-6x45	1,5 KN
Cerrada	8CC	M-6x45	1,5 KN
Abierta	10CA	M-8x60	3,0 KN
Cerrada	10CC	M-8x60	3,0 KN
Abierta	516A	M-8x50	3,0 KN
Cerrada	516C	M-8x50	3,0 KN
---	CER	---	---

Tabla 2 Identificación de los anclajes utilizados y carga de tracción correspondiente según documentación técnica.

4. Resultados obtenidos

4.1. En laboratorio

Se llevaron a cabo 51 ensayos de tracción sobre anclajes metálicos ubicados sobre muestras de ladrillo perforado (39) y cubos de hormigón armado (12), realizándose también ensayos similares sobre ambos tipos de elementos base mediante disparos de pernos metálicos lisos (12). En todos los casos se anotó tanto la carga que habría provocado el término del ensayo de tracción como aquellas observaciones que hubieran podido afectar al resultado final de la prueba (tales como desdoblamiento de la cabeza del anclaje metálico, deslizamiento de la camisa del anclaje o el arrancamiento y/o rotura del elemento base; Fig. 3).

En las Tablas 3 y 4 que se muestran a continuación, aparecen los resultados obtenidos respectivamente en los ensayos a tracción llevados a cabo sobre ladrillos perforados y cubos de hormigón armado; se incluye tanto el valor medio de los ensayos llevados a cabo sobre anclajes similares, considerando la totalidad de los ensayos individuales llevados a cabo, como el valor medio corregido una vez rechazados aquellos con clara dispersión respecto de los valores medios absolutos.

Elemento	Muestra	Resultado Final (KN)	Tipo de fallo	Valor Medio (KN)	Resultado Final Seleccionado (KN)	Valor Medio Corregido (KN)
L8CA	L8CA1	0,4	1	1,54		2,00
	L8CA21	1,3	1			
	L8CA3	1,9	1-4		1,9	
	L8CA4	2,3	1-4		2,3	
	L8CA5	1,8	1-4		1,8	
L8CC	L8CC1	1,9	1	1,92	1,9	1,92
	L8CC2	1,9	1		1,9	
	L8CC3	1,8	1		1,8	
	L8CC4	1,8	1-2		1,8	
	L8CC5	2,2	1		2,2	
L10A	L10A1	3,7	1	3,34	3,7	3,46
	L10A2	3,6	1		3,6	
	L10A3	3,2	1-2-3-4		3,2	
	L10A4	4	1-4		4	
	L10A5	3,1	1-4		3,1	
	L10A6	3,7	1-2-4		3,7	
	L10A7	2,9	1-2-4		2,9	
	L10A8	2,5	1-4-R			
L10CC	L10CC1	0,7	1-2-4	3,20		3,80
	L10CC2	2,9	1-2-3-4		2,9	
	L10CC3	3,8	1-2-3-4		3,8	
	L10CC4	4	1-2-4		4	
	L10CC5	4	4-5		4	
	L10CC6	4	1-4		4	
	L10CC7	4,1	1		4,1	
	L10CC8	2,1	3-4-R			

Elemento	Muestra	Resultado Final (KN)	Tipo de fallo	Valor Medio (KN)	Resultado Final Seleccionado (KN)	Valor Medio Corregido (KN)
L516A	L516A1	3,2	1	3,38	3,2	3,38
	L516A2	3,6	1			
	L516A3	3,3	1-3			
	L516A4	3,4	1			
L516C	L516C1	3,1	3-4	3,00	3,1	3,43
	L516C2	1,7	2-3-4			
	L516C3	3,1	3-4			
	L516C4	4,1	1-2			
LCER	LCER1	1,9	2-3	1,64	1,9	2,20
	LCER2	1,2	2			
	LCER3	0,4	2			
	LCER4	2	2			
	LCER5	-	-			
	LCER6	2,7	1			
	LCER7					
	LCER8					

Tabla 3 Resultados de los ensayos de tracción de anclajes metálicos sobre ladrillos.



Fig. 3 Desdoblamiento de argolla tipo abierta en muestra L10A6.

Elemento	Muestra	Resultado Final (KN)	Tipo de fallo	Valor Medio (KN)	Resultado Final Seleccionado (KN)	Valor Medio Corregido (KN)
CH8CA	CH8CA1	2	1	1,97	2	2,15
	CH8CA2	2,3	1			
	CH8CA3	1,6	1-2			
CH8CC	CH8CC1	1,6	1	1,77	1,6	1,77
	CH8CC2	2	1			
	CH8CC3	1,7	1			

Elemento	Muestra	Resultado Final (KN)	Tipo de fallo	Valor Medio (KN)	Resultado Final Seleccionado (KN)	Valor Medio Corregido (KN)
	CH10A1	3,9	1		3,9	
CH10A	CH10A2	3,9	1	3,90	3,9	3,90
	CH10A3	3,9	1		3,9	
	CH10CC1	4,3	1		4,3	
CH10CC	CH10CC2	3,6	1	3,90	3,6	3,90
	CH10CC3	3,8	1		3,8	

Tabla 4 Resultados de los ensayos de tracción en cubos de hormigón armado.

Debe indicarse que la identificación de las muestras viene dada por el material base sobre el que se ha llevado a cabo el ensayo (ladrillo: L, cubo de hormigón: C), seguido por la métrica del anclaje metálico y terminado por el tipo de argolla empleada (abierta: A, cerrada: C); las celdas en blanco corresponden con aquellos resultados que no han sido tenidos en cuenta para el valor final corregido. En cuanto a los valores que aparecen en la cuarta columna de ambas tablas – Tipo de Fallo-, son identificables según el siguiente criterio: 1-Fallo por desdoblamiento de la cabeza del anclaje, 2-Fallo por deslizamiento del encamisado del anclaje, 3-Fallo por arrancamiento y rotura del ladrillo, 4-Anclaje no introducido en su totalidad, 5-Fallo de adherencia mortero-ladrillo, 6-Apertura de brida, R-Elemento roto durante preparación de muestra. Según se ha indicado con anterioridad, también se realizaron ensayos de tracción sobre muestras de ladrillo (6) y hormigón (6) en las que el anclaje se había obtenido mediante disparo de perno metálico liso, obteniéndose, en los seis primeros casos, valores de resistencia cuatro veces inferior al menor de los valores obtenidos en los ensayos correspondientes con anclaje metálico –habiéndose empleado como material de transmisión de carga cuerda sintética de seguridad (DLC) y bridas de plástico (DLB) respectivamente-, mientras que en los seis últimos no fue posible llevar a cabo los ensayos puesto que al efectuarse el disparo sobre los cubos de hormigón, éstos se partieron (Figura 4). En la Tabla 5 pueden observarse los valores obtenidos durante la realización de los mencionados ensayos, en los que puede comprobarse que en la totalidad de las muestras de hormigón se produjo la rotura del elemento base.



Fig. 4 Cubo de hormigón roto por anclaje mediante disparo.

Elemento Base	Muestra	Resultado Final (KN)	Tipo de fallo	Valor Medio (KN)	Resultado Final Seleccionado (KN)	Valor Medio Corregido (KN)
	DLC4	0,4	3		0,4	
	DLC5	1,1	3	0,53	1,1	0,75
	DLC6	0,1	3			
Ladrillo	DLB1	0,3	6		0,3	
	DLB2	0,3	6	0,30	0,3	0,3
	DLB3	0,3	6		0,3	

Elemento Base	Muestra	Resultado Final (KN)	Tipo de fallo	Valor Medio (KN)	Resultado Final Seleccionado (KN)	Valor Medio Corregido (KN)
Hormigón	DHB1	---	R		---	
	DHB2	---	R	---	---	---
	DHB3	---	R		---	
	DHA4	---	R		---	
	DHA5	---	R	---	---	---
	DHA6	---	R		---	

Tabla 5 Resultados de ensayos con anclaje mediante disparo de perno liso.

4.2. En gabinete

Con los modelos numéricos citados, desarrollados sobre el paquete Ansys, se estudió el comportamiento de los anclajes perimetrales de la red según las direcciones X, Y y Z, y especialmente del ubicado en el eje de simetría de la misma, que coincidía con la vertical del punto de impacto de la masa de 100kg, comprobándose que la reacción de mayor valor se daba según el eje Z, esto es, perpendicularmente al plano de la red, validando de esta forma los ensayos de tracción realizados en laboratorio según la dirección normal al plano de anclaje. Tal y como puede verse en las Figuras 5 y 6, la reacción de mayor cuantía en el anclaje central se produce según el eje Z, tomando las otras dos componentes valores muy inferiores al de referencia, si bien en otros anclajes más lejanos al punto de impacto, la relación de fuerzas según los ejes de referencia podía diferir considerablemente.

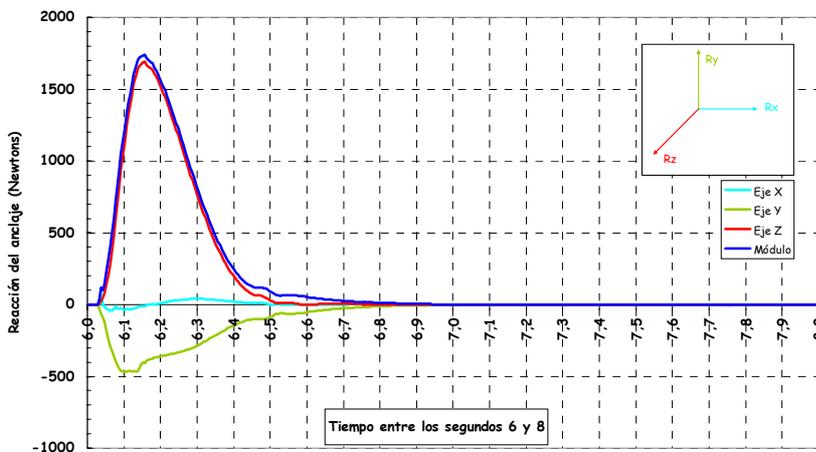


Fig. 5 Reacción en el anclaje central según las direcciones X, Y, Z durante el impacto de la masa de 100kg.

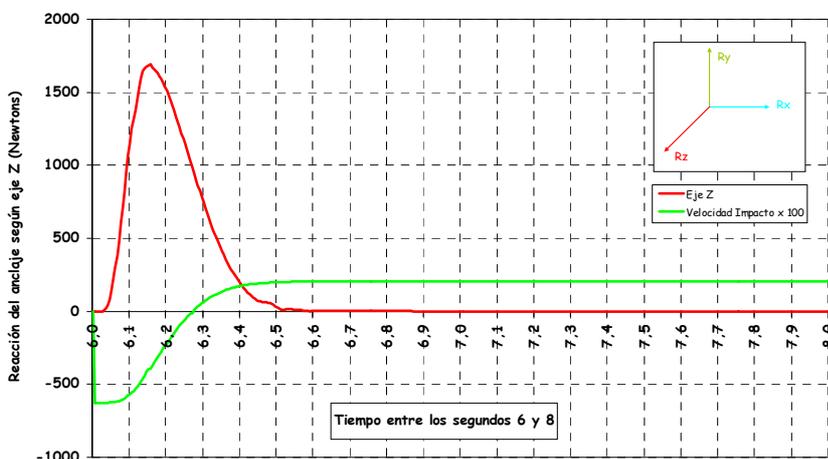


Fig. 6 Reacción en el cáncamo central y velocidad de impacto de la masa de 100kg aumentada 100 veces.

5. Conclusiones

Como primera conclusión debe destacarse la validación de la tipología y orden de magnitud de los resultados de los ensayos de tracción realizados mediante la prensa multiensayo a tenor de los resultados obtenidos en los modelos numéricos utilizados. Sin entrar a valorar en este momento la adecuación del ensayo en sí mismo –fundamentalmente en cuanto a la velocidad de carga-, es evidente que la reacción alcanzada en el anclaje central según el eje Z es, en el peor de los casos, tres veces superior en valor absoluto al obtenido según el eje Y (Figura 5; Eje Z: 1690.26 N, Eje Y: 468,13 N), poniendo de manifiesto la idoneidad del método de trabajo.

Por otro lado, tal y como puede observarse en las Tablas 3 y 4 -y como ejemplo en la Figura 3-, en la columna correspondiente al tipo de fallo observado durante la realización de los ensayos, consta de forma generalizada (en más de un 80% de los casos) el desdoblamiento de la argolla del anclaje metálico como motivo de finalización del ensayo, esto es, se produjo la apertura de la argolla y el deslizamiento del sistema de transmisión de carga al elemento ensayado; debe indicarse que estos resultados vienen a coincidir con los valores característicos de los distintos anclajes mostrados en la Tabla 2. En la Tabla 6 se expone la comparación entre los valores obtenidos durante la realización de los ensayos tanto en ladrillos como en cubos de hormigón y los indicados en las fichas técnicas.

Material Base	Elemento	Valor Medio Corregido (KN)	Valor Característico (KN)
Ladrillo	L8CA	2,00	1,50
	L8CC	1,92	1,50
	L10A	3,46	3,00
	L10CC	3,80	3,00
	L516A	3,38	3,00
	L516C	3,43	3,00
	LCER	2,20	---
Hormigón	CH8CA	2,15	1,50
	CH8CC	1,77	1,50
	CH10A	3,90	3,00
	CH10CC	3,90	3,00

Tabla 6 Comparación entre valores de ensayos y característicos de los anclajes.

Tal y como se colige de los resultados que aparecen en la Tabla 6, no existe una diferencia sustancial entre los valores obtenidos en los ensayos sobre elementos cerámicos y cubos de hormigón, con diferencias máximas del 12%, por lo que debe entenderse que el elemento base no ha influido sustancialmente en los resultados alcanzados, situación lógica si se considera que los fallos se han producido por desdoblamiento de la argolla o deslizamiento del encamisado.



Fig. 7 Deslizamiento del encamisado.

Sin embargo, estos resultados no deben atenderse en forma absoluta; primero, porque la cantidad de pruebas llevadas a cabo –fundamentalmente sobre los cubos de hormigón armado-, aunque elevada, no puede considerarse definitiva; segundo, porque los ensayos de tracción efectuados han sido sobre la base de una velocidad de carga reducida, pudiéndose considerar como cuasi-estáticos, en oposición a lo que realmente sucede cuando una red de seguridad recibe el impacto de un objeto o persona desde una cierta altura –proceso dinámico-, debiéndose considerar que el presente trabajo tiene por objeto definir tanto los ensayos necesarios como su caracterización a fin de permitir, de una forma sencilla, elegir aquellas técnicas y materiales que resulten adecuados a los sistemas de protección previstos; por último, y como elemento a tener muy en cuenta en el caso de los ensayos de anclaje mediante pistola que tenían como elemento base los cubos de hormigón armado, sus dimensiones (10x10x10cm) se tomaron como referencia inicial al considerar que podrían resultar de fácil manejo, pero su reducido tamaño puede haber sido un factor determinante ante una carga de impacto tan importante como puede resultar el disparo.



Fig. 8 Deslizamiento y apertura de brida.

Otro de los aspectos a tener en cuenta respecto de los resultados obtenidos, es que en un porcentaje alto de los casos –cercano al 30%- el fallo venía producido por el deslizamiento del encamisado del cáncamo metálico (ver Figura 7), si bien el acodamiento de este elemento con el mortero existente en los huecos de los materiales cerámicos hacía que aumentara su capacidad de carga desde el valor correspondiente al deslizamiento (en la Tabla 4 puede observarse que en el caso de las muestras de hormigón únicamente en uno de los ensayos se produjo esta circunstancia –Tipo de Fallo:2-). Atendiendo tanto a esta situación como a la debida por el desdoblamiento de las argollas, puede deducirse que el uso en los ensayos de cubos de hormigón armado en vez de hormigón en masa no ha afectado a los resultados finales.

Por último, se debe hacer mención a los resultados obtenidos en los ensayos de tracción llevados a cabo sobre aquellas probetas en las que el anclaje se realizó mediante disparo de perno metálico liso. En el caso de que el material base fuera cerámico y el elemento de transmisión de carga una cuerda de seguridad, los valores finales obtenidos fueron muy inferiores (del orden del 300%) respecto del menor de los obtenidos en otras pruebas, mientras que en la caso del uso de bridas de plástico –situación habitual en obra civil y edificación-, el valor obtenido vino dado por la apertura del sistema de cierre de la brida (ver Figura 8), no por fallo del anclaje, hecho que ha provocado que los valores sean los mismos en los tres casos (ver Tabla 5, muestras DLB1 a DLB3). En cuanto a los ensayos en los cubos de hormigón, la rotura de los mismos al efectuar el disparo para proceder al anclaje impidió cualquier ensayo posterior.

Para terminar, debe dejarse constancia del aporte que ha realizado al comportamiento resistente a cortante de las piezas ensayadas, el macizado de los huecos del ladrillo perforado por parte del mortero. Esta realidad se apoya en dos casos concretos; en uno, la circunstancia de que una de las piezas cerámicas (L10CC8) se partiera durante el proceso de preparación, fue un hecho que si bien afectó al resultado final produciéndose una disminución de un 45% respecto del medio corregido (2,1KN frente a 3,8KN), permite considerar la aportación a efectos de seguridad de este tipo de soluciones constructivas; por otro lado, el que en uno de los ensayos -el correspondiente a L10CC5- se produjera un fallo en la adherencia mortero-ladrillo, hizo que la presencia de una fisura de despegue en la superficie de contacto no significara una reducción del valor de la carga final, puesto que alcanzó un resultado situado por encima del ya corregido.

6. Consideraciones finales

Tal y como se indicó al principio del presente trabajo, este estudio debe considerarse el inicio de uno más amplio que tenga por objeto asegurar el comportamiento mecánico de los sistemas de anclaje empleados tanto en redes de

seguridad como en equipos de protección individual; considerando dicha circunstancia, la continuación del mismo deberá pasar por una serie de consideraciones que definan las líneas fundamentales de la investigación futura:

- Los modelos numéricos empleados en la simulación del comportamiento de la red y de los anclajes han confirmado que los esfuerzos predominantes durante el impacto se desarrollan según el eje perpendicular al plano de anclaje, siendo muy superiores a los obtenidos en las otras dos direcciones, de forma que este comportamiento es asimilable al producido en un ensayo de tracción sobre los cáncamos metálicos.
- Los resultados obtenidos en los distintos ensayos llevados a cabo no deben llevar a dejar de lado de forma automática técnicas de anclaje ampliamente utilizadas; con este trabajo únicamente se ha puesto de manifiesto que, con los modelos empleados (fundamentalmente cubos de hormigón de 10x10x10cm) los resultados no son los adecuados, pudiendo ser las características de las probetas la base del mal comportamiento mostrado.
- El estudio debe ampliarse a la utilización de probetas normalizadas de hormigón, ya sean cilíndricas o cúbicas, en las que el confinamiento de una mayor masa de hormigón posiblemente evite situaciones como las ocurridas al emplear sistemas de anclaje mediante disparo de perno metálico liso.
- Si bien los anclajes metálicos son los de uso más común tanto en obra civil como en edificación, los anclajes químicos se encuentran en la actualidad ampliamente extendidos y han mostrado comportamientos adecuados a las sollicitaciones exigidas; ello hace que deba tenerse en cuenta ampliar el estudio a dichos materiales.
- Por último, y aún considerando que los ensayos cuasi-estáticos se encuentran del lado de la seguridad, estos sucesos (impactos) deben entenderse desde el punto de vista dinámico, por lo que se extenderá el rango del estudio a velocidades de carga elevadas.

7. Agradecimientos

El presente estudio se está desarrollando con la colaboración del Instituto Valenciano de Seguridad y Salud en el Trabajo, con sede en Alicante, que han proporcionado tanto los sistemas de anclaje metálicos como el utillaje necesario para los correspondientes ensayos. La empresa Acciona ha aportado tanto el material base cerámico como los sistemas de anclaje mediante disparo. Por último, agradecer al personal del laboratorio del Departamento de Ingeniería de la Construcción de la Universidad de Alicante, su buen quehacer para la fabricación de los cubos de hormigón y los posteriores ensayos.

Referencias

- [1] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Normas para el cumplimiento de requisitos esenciales de seguridad de la directiva 89/686/CEE sobre equipos de protección individual de ámbito laboral no eléctrico. http://www.mtas.es/insht/Legislation/r_n_epi_alt.htm.
- [2] Norma UNE-EN 795, p. 18 (Punto 7) y 19 (Anexo A, apartado A.2).
- [3] Norma UNE-EN 795/A1, p. 7 (Anexo A, apartado A.2).
- [4] Segovia, E. "Estudio paramétrico del comportamiento de una red de seguridad de cierre vertical sometida a impacto" (Informe interno AEN/CTN 81/SC 2/GT 7).