

Adherencia de los morteros de revoco y restauración

FCO. JAVIER SÁINZ DE CUETO TORRES; SUSANA MENÉNDEZ DE LLANO NÚÑEZ (*)

RESUMEN El artículo presenta el estudio desarrollado para evaluar la adherencia de morteros de cal, siguiendo las especificaciones de la nueva Norma UNE 83.822: 1995 Ex. Morteros. Métodos de ensayo. Morteros endurecidos. Determinación de la adherencia de los morteros de revoco y enlucido. (Prenorma prEN 1015. Parte 12. Febrero 1993).

Se acompañan las observaciones hechas durante la experimentación y se analizan los resultados obtenidos mediante ensayos complementarios.

ADHESION OF PLASTERING AND RESTORING MORTARS

ABSTRACT *The paper presents a study carried out to assess the bond strength reached by lime mortars, according to the new spanish standard UNE 83.822: 1995 Ex. Mortars. Test Methods. Hardened Mortars. Determination of adhesion of rendering and plastering mortars (prEN 1015. Part 112. February 1993).*

The observations made on mortars testing are summarised, the result of the supplementary experimental work reported.

Palabras clave: Adherencia; Revoco; Estuco; Revoquillo; Mortero.

1. INTRODUCCIÓN HISTÓRICA

Los morteros de revestimiento se han empleado en construcción desde épocas muy remotas. Fundamentalmente se han utilizado para el recubrimiento final de fábricas modestas de ladrillo o adobe, dotándolas de una apariencia más noble. Pero también fueron aplicados históricamente sobre paramentos de sillería de piedra, con la finalidad de su ornamentación mediante policromías y pinturas al fresco.

Los Egipcios dominaron la técnica del estuco de yeso y lo aplicaron a sus monumentos funerarios. Parece probado que las mismas Pirámides fueron rematadas con estucos coloreados.

Los Griegos realizaban arquitecturas policromas, hoy día desvanecidas por el paso de los siglos, y emplearon profusamente los morteros de cal, tanto en revocos de paramentos como en la trabazón de fábricas. Dominaron las técnicas de la cal y comenzaron a usar adiciones puzolánicas de polvo volcánico (Tierra de Santorin), asimilando la utilización de la tejoleta fenicia.

Los Romanos heredaron esta tecnología (Vitruvio Polion refiere con admiración la pericia de los estucadores griegos) profundizando en los conocimientos artesanos de fabricación y puesta en obra de la cal. Lograron extraordinarios hormigones y morteros de cal, con propiedades hidráulicas, mediante dosificaciones de tierras silíceas, que han perdurado hasta nuestros días. Mejoraron las propiedades resistentes y estéticas, de los morteros de revoco, añadiendo molindas de mármol con finuras crecientes hacia el exterior.

En la Edad Media parecen declinar la calidad y maestría de los revestimientos, si bien pueden hallarse magníficas realizaciones visigóticas.

Los Árabes contaron con notables artífices de la albañilería. En la España de Al-Andalus existen muestras magistrales de revocos ornamentales y filigranas ejecutadas con cal, yeso y polvo de mármol. Los musulmanes transmitieron del lejano oriente la utilización de fibras para el armado de los guarnecidos y revestimientos. Con posterioridad a la invasión musulmana, quedó una rica tradición mudéjar en yesos y estucos.

El Renacimiento utilizó preferentemente los revocos ornamentales con base de mortero de cal grasa. Se siguieron los procedimientos romanos de revocos multicapa (como mínimo doble: arriccio o capa base e intonaco o capa superficial). Se extremaron las calidades y los cuidados de ejecución en los paramentos pintados al fresco (En el intonaco de la capilla Sixtina se empleó un mortero de cal azogada durante treinta años).

El Barroco multiplica el uso de los morteros de revoco y ornamentación obligado esencialmente por dos peculiaridades estilísticas propias: La complicación de sus formas y la riqueza de sus coloridos. Existió una obsesión por el perfeccionamiento en la imitación del mármol y de las piedras ornamentales. Empleó los taraceados con molduras y esgrafiados embutidos en el estuco. Su evolución adquirirá su mayor grado de complejidad en el Rococó francés.

En España han destacado dos grandes escuelas: La Segoviana, de tradición islámico-mudéjar, y la Catalana, con fuertes influencias mediterráneas y especialmente del renacimiento italiano. En ambas los recubrimientos y revocos elevan su calidad artística a las más altas cotas, con sus impresionantes esgrafiados. Es digna de mención la variedad y

(*) Sector de Ciencia de Materiales. Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX. (Ministerio de Fomento).



FOTOGRAFÍAS 1 y 2.

calidad de los guarnecidos y revocos presentes en la Arquitectura Madrileña.

En la segunda mitad del siglo XIX se comenzaron a estudiar científicamente las cales hidráulicas y se inicia su fabricación industrial a gran escala. No obstante, con la presentación y difusión del cemento Portland en la Exposición Universal de París de 1885, las cales hidráulicas tienen un breve periodo de vigencia.

En sus inicios el hormigón estructural ofrece unos acabados superficiales muy deficientes y que exigen su posterior tratamiento con morteros de cemento Portland. A partir de la primera mitad del siglo XX se aprecia un perfeccionamiento notable en los paramentos de hormigón visto. El uso de elementos prefabricados, de hormigón armado y pretensado, permite conseguir superficies de acabado muy logradas y de durabilidad extraordinaria.

Esto hace que los morteros de cemento Portland queden relegados al revestimiento de fábricas secundarias. Los morteros de cal siguen estando vigentes en el campo de la rehabilitación y restauración de monumentos y obras del Patrimonio Histórico-Artístico.

2. PROPIEDADES Y TIPOLOGÍA DE MORTEROS

Los morteros de recubrimiento ofrecen un extenso rango de propiedades y características, tanto endurecidos como durante la etapa de puesta en obra. La selección del tipo de mortero viene condicionada por los aspectos funcionales, estéticos o económicos del revestimiento proyectado. En función de las especificaciones que se exija al revoco, se diseñará el mortero más idóneo.

La Directiva 89/106/CEE sobre Productos de Construcción, establece los seis REQUISITOS ESENCIALES que de-

ben acreditar aquellos productos que se incorporen con carácter permanente a las Obras de Construcción:

- Resistencia Mecánica y Estabilidad.
- Seguridad en caso de Incendio.
- Higiene, Salud y Medio Ambiente.
- Seguridad de utilización.
- Protección contra el Ruido.
- Economía de Energía y Aislamiento Térmico.

Para servir de guía a los proyectistas, en la satisfacción de estos requisitos esenciales, la Norma UNE 83.800-94. Morteros de Albañilería. Definiciones y Especificaciones, presenta y clasifica los diversos morteros.

La clasificación de las propiedades del mortero, en estrecha relación con su utilización, se efectúa en dos grandes grupos: Propiedades del mortero fresco y Propiedades del mortero endurecido.

Las propiedades del mortero fresco están ligadas con el éxito y la operatividad de su puesta en obra:

- Retención de agua.
- Consistencia.
- Contenido de aire.
- Tiempo de utilización.
- Fraguado.
- Retracción.

Mayor importancia tienen las Propiedades del mortero endurecido, que va a constituir el revestimiento definitivo, cumpliendo sus especificaciones básicas y requisitos esenciales. Respecto a Resistencia Mecánica y Estabilidad:

- Resistencia a compresión.
- Resistencia a flexión.
- Resistencia a tracción.
- Adherencia.
- Módulo de elasticidad.
- Coeficiente de Poisson.
- Módulo de elasticidad transversal.
- Dilatación térmica.
- Dureza.
- Resistencia al desgaste.
- Resiliencia.

La Estabilidad a largo plazo o Durabilidad viene ligada a las siguientes propiedades:

- Densidad.
- Porosidad.
- Permeabilidad.
- Absorción/Desorción.
- Difusión de Vapor.
- Hielo/Deshielo.
- pH.
- Contenido en cloruros.
- Resistencia a los sulfatos.
- Resistencia a microorganismos.

Otras características relacionadas con el resto de los Requisitos Esenciales son:

- Resistencia al fuego.
- Aislamiento térmico.
- Aislamiento acústico.
- Salubridad, etc.

Los parámetros de actuación, para el diseño del mortero, están ligados a los elementos constituyentes del mismo:

- **Tipo de conglomerante:**

- Cemento.
- Cemento de albañilería.
- Cal aérea.
- Cal hidráulica.
- Yesos y escayolas.
- Mezclas bastardas.

- **Tipo de árido:**

- Rodado.
- Machaqueo.
- Diseño granulométrico.

- **Adiciones:**

- Filler calizo.
- Microsílice.
- Cenizas volantes.
- Polvo de piedra.
- Tejoleta.
- Puzolanas naturales.

- **Aditivos:**

- Retardadores.
- Incluidores de aire.
- Plastificantes.

- **Fibras:**

- Vegetales.
- Pelote.
- Metálicas.
- Vidrio.
- Polipropileno.

Con todas las posibilidades citadas se pueden ajustar los diseños de los morteros a las exigencias más particulares.

Los recubrimientos que pueden encontrarse con mayor frecuencia son:

- **Guarnecidos:**

- Enlucidos de interior.
- Enfoscado maestreado.
- Enfoscado tirolés.
- Enfoscados blindados.

- **Revocos tradicionales:**

- Enjalbegado.
- Revoco liso.
- Revoco a la rasqueta.
- Revoco a la martillina.
- Revocos pétreos.

- **Revocos ornamentales:**

- Estucados.
- Esgrafiados.
- Taraceados.
- Al fresco.

Señalemos finalmente la importancia en obras monumentales de los revocos de cal, cuyas técnicas artesanas se van perdiendo en la actualidad. Aunque son revocos que tienen un coste superior, presentan indudables ventajas sobre otros revocos. Son más dúctiles y permiten mejor la dilatación de la fábrica subyacente, sin dañarla. El endurecimiento es más lento y mantienen una mejor transpiración del sustrato.

3. ADHERENCIA DE MORTEROS

De todas las características específicas, que deben exigirse a un determinado mortero, existe una primordial que es la capacidad de adherencia al soporte. Si no se garantiza una adherencia conveniente, el fracaso del revestimiento tendrá lugar en un plazo breve, resultando inútiles otras excelentes cualidades que pudiera poseer. Si el revoco es multicapa, será también preciso conseguir una buena adherencia entre las aplicaciones sucesivas.

La adherencia y la resistencia a tracción de un revoco son dos propiedades muy afines, aunque con peculiaridades propias. La resistencia a tracción es un parámetro intrínseco del material, mientras que la adherencia depende también de las características del soporte (compatibilidad química, rugosidad, humedad, etc.). No obstante, en los estudios de adherencia de morteros, ambas propiedades se entrelazan y deben contemplarse simultáneamente, siendo en algunos casos difícil discernir su implicación.

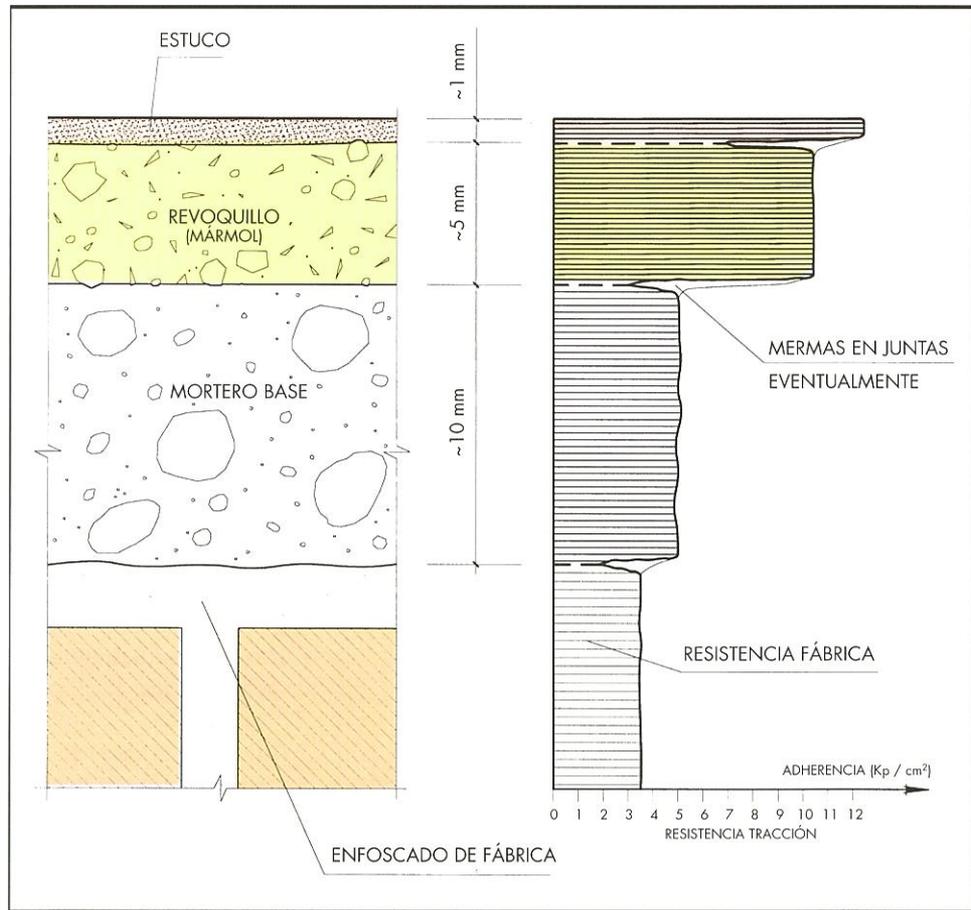


FIGURA 1. Esquema resistente en un revoco de cal.

Es importante señalar, por otra parte, que los morteros son materiales heterogéneos que propician importantes dispersiones de resultados. A ello se suma la variabilidad de condiciones que presentan las superficies del soporte. Por tanto el análisis de datos de ensayo resulta generalmente complejo, al tener que dar explicación a las múltiples incidencias, para lograr una valoración cuantitativa realista.

El modelo de funcionamiento resistente, de un revoco multicapa, viene a ser similar al que se presenta de forma esquemática en la Figura 1. Hay una superficie de contacto con la fábrica, que deberá desarrollar una adherencia, al menos del mismo valor que la resistencia a tracción del sustrato. En líneas generales las sucesivas capas se ejecutarán con materiales progresivamente más finos, homogéneos y de mejor calidad. De esta manera se logrará un aumento de la resistencia y compacidad hacia el exterior. Subsidiariamente se conseguirá un incremento de la dureza, resistencia a la abrasión, impermeabilidad y durabilidad.

Como se aprecia en la Figura 1, es en las superficies de contacto, con la fábrica y entre las propias capas, donde pueden experimentarse fallos en la adherencia y resistencia, si no se cuidan las condiciones óptimas para la aplicación de la nueva capa (suciedades, polvo, saturación de humedad, sobrefraguado, etc.).

Los guarnecidos y enfoscados de cemento Portland alcanzan resistencias notables, incluso pueden ejecutarse morteros de alta resistencia.

La resistencia a tracción suele alcanzar valores de 2,5-3,5 MPa (25-35 Kp/cm²) e hipotéticamente se podrían aproximar

a los 10 MPa. Sin embargo la adherencia mantendría un límite en función de las características del soporte y del propio mecanismo de adherencia. En morteros de cemento se encuentran valores de la adherencia de 1-4 MPa (10-40 Kp/cm²). La adherencia de un mortero de cemento disminuye al aumentar la dosificación de árido fino. La rugosidad de la superficie del sustrato juega un papel esencial. No es conveniente, en estos revestimientos, utilizar capas múltiples. En caso de que se utilicen dos capas, el enfoscado de base deberá tener un acabado muy rugoso para facilitar la trabazón con el tendido superficial.

En los morteros de cal grasa no existe tan fuerte desfase entre la resistencia a tracción y la adherencia, sino que prácticamente se identifican. Las cifras medias de resistencia a tracción y adherencia son más modestas. Suelen variar en el intervalo 0,3-1,5 MPa (3 a 15 Kp/cm²).

El lento proceso cristalógico de carbonatación, en los revocos de cal, favorece la adherencia entre las capas adyacentes. El procedimiento de tendido de una capa nueva sobre la anterior, aún húmeda, y el repretado, al iniciarse el fraguado, colaboran mecánicamente a la compacidad y fusión del conjunto.

El empleo, con experimentación suficiente, de los morteros bastardos puede aportar algunas ventajas, como son resistencias mayores 1,5-2 MPa (15-20 Kp/cm²) y mejoras en las resistencias tempranas.

La Norma experimental UNE 83.822 Ex. proporciona unos procedimientos estimables para la obtención de la adherencia entre un revoco y la fábrica soporte. De manera



FOTOGRAFÍA 3.



FOTOGRAFÍA 4.

complementaria el Laboratorio Central ha llevado a efecto el desarrollo de procedimientos que permiten evaluar la resistencia y adherencia de las diversas capas.

4. ENSAYOS UNE 83.822 EX

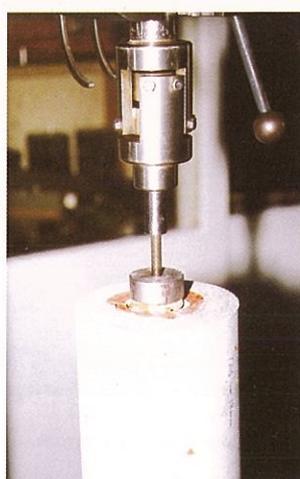
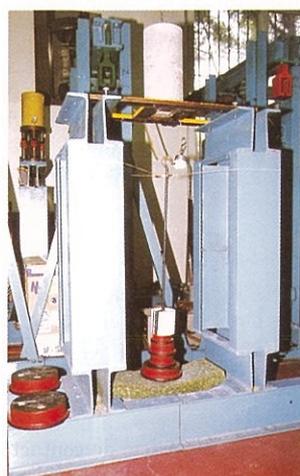
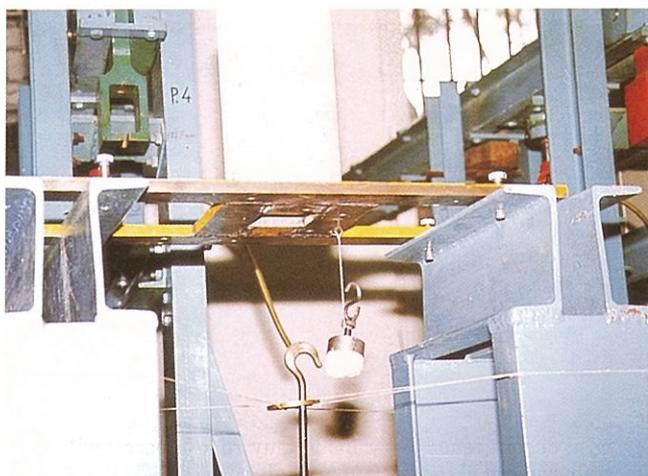
Estos ensayos se han realizado adaptándose en lo posible a la norma UNE 83.822 EX "Morteros. Métodos de ensayo. Morteros endurecidos. Determinación de la adherencia de los morteros de revoco y enlucido.", completándose según el caso concreto del mortero de cal sobre fábrica mixta.

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

La norma tiene por objeto la determinación de la adherencia entre un mortero de revoco/enlucido y diversos soportes.

PRINCIPIO DE ENSAYO

Para el objeto de esta norma, la adherencia (resistencia de unión) se define como la resistencia a tracción máxima de la unión entre un mortero y un soporte definido y se determina por un ensayo de arrancamiento directo perpendicular a la superficie del mortero.



FOTOGRAFÍA 5. Aspecto general y detalle de las dos máquinas de ensayo.

La fuerza de tracción se aplica por medio de una placa de arrancamiento unida al área de ensayo de la superficie del mortero y la adherencia (resistencia de unión) obtenida es el coeficiente entre la carga y el área de ensayo.

APARATOS Y ACCESORIOS

- **Placa circular de arrancamiento**, provista de una rosca de métrica 10 mm en su parte central, siendo de utilidad para poder añadir a la placa una rótula (accesorio necesario para eliminar cualquier esfuerzo de flexión) de forma que se pueda aplicar la fuerza de arrancamiento a tracción directa (Fotografía 3).

Placa de arrancamiento:

Material: Acero inoxidable

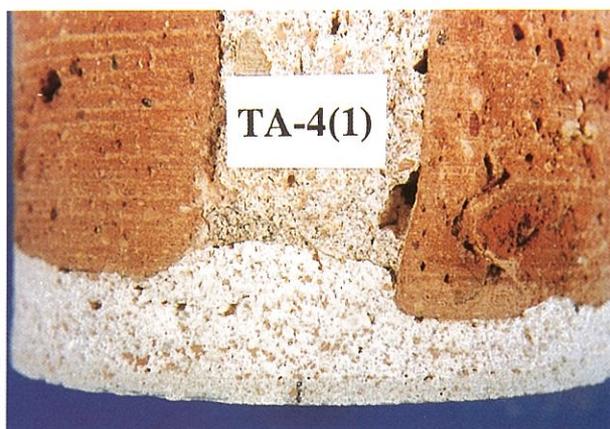
Diámetro: 50 mm

Espesor: 20 mm

- **Adhesivo** a base de resina:
 - Araldit:
 - a) Adhesivo, resina epoxi a base de Bisfenol A.
 - b) Endurecedor, N (3-Dimetilaminopropil).
 - 1,3 Propilendiamina.
 - (A igual proporción en peso).
- **Sonda rotativa** sin trepano, con diámetro interno de 50 mm, adaptada para cortar muestras de morteros endurecidos y soportes.
- **Máquina de ensayo para aplicar fuerzas de arrancamiento a tracción directa**, en el caso concreto del mortero de cal se utilizaron dos máquinas de ensayo, una gravimétrica para cargas relativamente pequeñas comprendidas entre 100 gf y 40 Kgf, y una oleohidráulica para cargas superiores.

TOMA DE MUESTRAS

Se deben ensayar al menos cinco testigos. El ensayo en laboratorio se ha llevado a cabo sobre cinco testigos de diámetro aproximado 100 mm y longitud variable entre 120 y 170 mm.

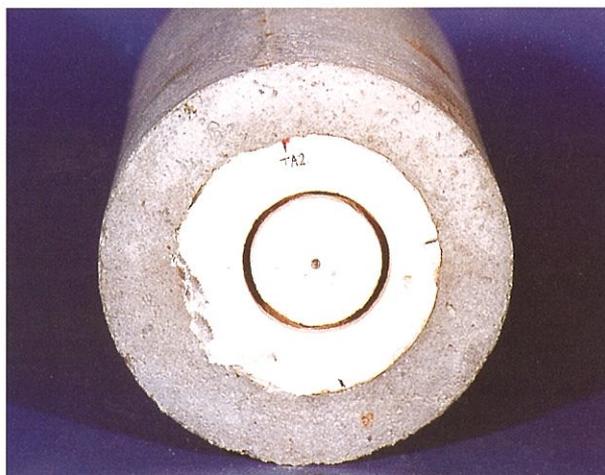


FOTOGRAFÍA 6. Mortero de revoco sobre fábrica mixta. Dependiendo del espesor de revoco la profundidad total de la entalla variará en cada testigo.

DESCRIPCIÓN Y PREPARACIÓN DE LOS TESTIGOS

- **Soporte.** Fábrica mixta.
- **Mortero.** Mortero de cal para revestimiento, donde se observan tres capas, cada una de diferente espesor y granulometría.
- **Superficie de ensayo.** La superficie a ensayar deberá ser circular de diámetro 50 mm.
- **Testigo.** Se realizará una entalla hasta una profundidad de 5 mm del soporte, para asegurar que la muestra queda definitivamente separada de las capas del mortero adyacentes. Deberá realizarse en seco para evitar la modificación de las características del mortero por hidratación. El banco de taladro debe realizar una entalla sin aristas.

El ensayo en laboratorio se ha realizado sobre testigos cuyo soporte (fábrica mixta) presentaba deterioro por desmoronamiento, siendo necesario para su manipulación y ensayo embutir los testigos en mortero de cemento portland, utilizando moldes de diámetro 150 mm y longitud 300 mm. En la parte central de la base opuesta a la de revoco de la probeta fabricada, se colocará una varilla de acero para facilitar la sujeción en la máquina de ensayo a tracción.



FOTOGRAFÍA 7. Aspecto del testigo recibido y posteriormente reparado.



FOTOGRAFÍA 8. Detalle de la entalla en testigo.

PROCEDIMIENTO ABREVIADO DE ENSAYO

- Preparación del testigo para manipulación y ensayo.
- Realización de entalla de 50mm de diámetro (en seco).
- Fabricación de la placa de arrancamiento.
- Pegado de la placa metálica de arrancamiento con resina epoxi o similar, evitando un exceso de resina que pueda unir zonas colindantes, de tal modo que dicha placa quede centrada en el área de ensayo.
- Aplicación de la fuerza de tracción perpendicularmente a las áreas de ensayo a través de las placas de arrancamiento por medio de la máquina de ensayo. (Se intercalarán rótulas).

CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Ensayos UNE 83.822 EX. Adherencia (resistencia de unión). TABLA I.

Ensayo UNE 83.822 EX. Forma de rotura. TABLA II.

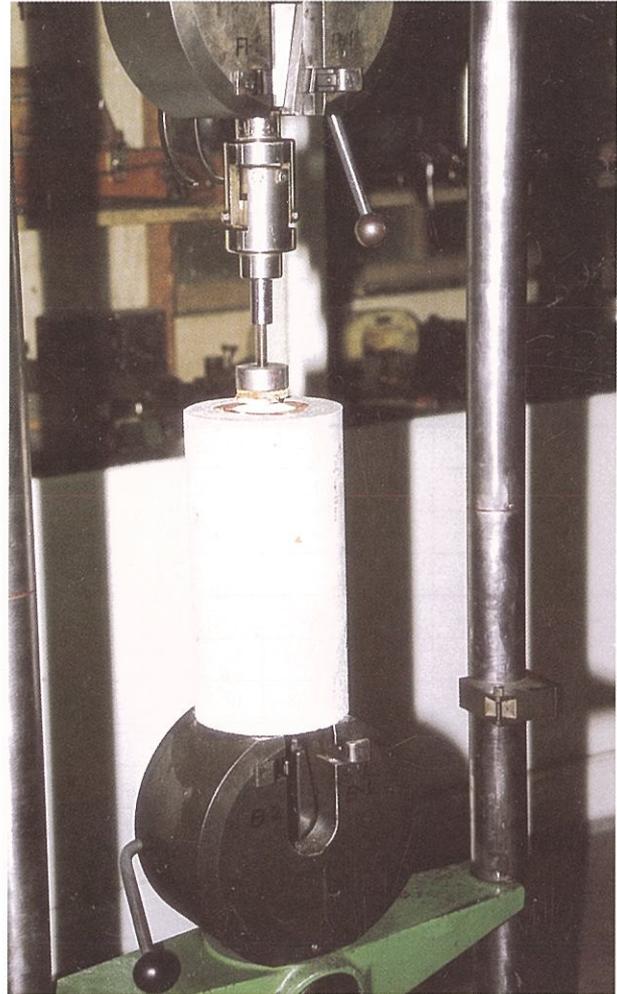
5. ENSAYOS COMPLEMENTARIOS MELC

OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Los ensayos complementarios tienen como objeto determinar la adherencia entre las distintas capas del mortero de



FOTOGRAFÍA 10. Detalle de probetas talladas y pegadas para ensayo.



FOTOGRAFÍA 9. Aplicación de la fuerza a tracción.

revoco, así como la propia resistencia de cada una de dichas capas.

En el mortero de cal ensayado se determinaron tres capas:

- Capa I: Estuco (E).
- Capa II: Revoquillo (R).
- Capa III: Mortero Base (MB).



FOTOGRAFÍA 11. Preparación de probetas.

TESTIGO	ENSAYO	CARGA DE ROTURA		SECCIÓN cm ²	CARGA UNITARIA	
		Kp	N		Kp/cm ²	(N/mm ²)
T1	E1	35	343	17,58	2,0	0,195
	E2	61	598	18,53	3,3	0,323
	E3	67	657	18,73	3,6	0,351
	E4	70	686	18,95	3,7	0,362
T2	E1	—	—	17,63	—	—
	E2	2	20	18,26	0,1	0,011
	E3	27	265	18,26	1,5	0,145
	E4	36	353	20,02	1,8	0,176
T3	E1	—	—	17,63	—	—
	E2	14	137	17,62	0,8	0,078
	E3	32	314	15,90	2,0	0,197
	E4	50	490	16,71	3,0	0,293
T4	E1	17	167	16,99	1,0	0,098
	E2	43	422	17,90	2,4	0,236
	E3	11	108	17,50	0,6	0,062
	E4	50	490	18,92	2,6	0,259
T5	E1	41	402	16,62	2,5	0,242
	E2	26	255	17,15	1,5	0,149
	E3	43	422	19,08	2,3	0,221
	E4	56	549	20,24	2,8	0,271

TABLA I. Ensayos UNE 83.822 EX. Adherencia (resistencia de unión).

DESCRIPCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS

El ensayo de adherencia entre las distintas capas del mortero de revoco se ha llevado a cabo sobre una parte de las probetas utilizadas en los denominados ensayos UNE 83.822 EX. Las probetas se tallaron (en seco) por el Mortero Base (MB) y se pegaron entre si (Fotografía 10) exceptuando una probeta que se sustituyó por otra, pegándose esta a otra placa de arrancamiento (Fotografía 11), este último procedimiento fue el seguido para posteriores ensayos.

PROCEDIMIENTO ABREVIADO DE ENSAYO

- Corte y tallado de probetas.
- Pegado de las placas de arrancamiento en ambas caras de la probeta.
- Instalación de dispositivo para eliminar cualquier esfuerzo de flexión (rótula) en ambas placas de arrancamiento.
- Aplicación de la fuerza a tracción.

CÁLCULO Y EXPRESIÓN DE LOS RESULTADOS

Ensayos complementarios MELC. Adherencia (resistencia de unión). TABLA III.

TESTIGO	ENSAYO	FORMA DE ROTURA			
		ZONA	ESPESOR (mm)		
			Máximo	Mínimo	Media (*)
T1	E1	Revoquillo (R)	5,00	0,50	2,11
	E2	Mortero Base (MB) Fábrica (F)	13,03	1,05	9,98
	E3	Fábrica (F)	13,81	5,61	8,60
	E4	Estuco (E) Fábrica (F)	3,39	0,00	1,39
T2	E1	Mortero Base (MB) Fábrica (F)	17,00	9,00	12,23
	E2	Fábrica (F)	21,42	15,26	18,17
	E3	Fábrica (F)	18,35	9,28	16,15
	E4	Fábrica (F)	26,68	20,05	24,25
T3	E1	Fábrica (F)	36,00	25,00	29,78
	E2	Fábrica (F)	27,93	13,27	21,62
	E3	Mortero Base (MB) Fábrica (F)	26,01	10,14	18,46
	E4	Mortero Base (MB)	24,10	10,00	16,47
T4	E1	Mortero Base (MB)	18,00	10,00	13,84
	E2	Mortero Base (MB)	16,10	9,65	13,30
	E3	Mortero Base (MB) Fábrica (F)	22,14	10,85	18,52
	E4	Fábrica (F)	30,90	22,52	28,54
T5	E1	Mortero Base (MB) Fábrica (F)	15,00	10,00	12,00
	E2	Fábrica (F)	22,81	15,38	20,31
	E3	Fábrica (F)	35,59	26,06	26,71
	E4	Fábrica (F)	37,76	28,37	30,56

(*) Se midieron un mínimo de cuatro espesores

TABLA II. Ensayos UNE 83.822 EX. Forma de rotura.

ENSAYOS COMPLEMENTARIOS

Forma de rotura. TABLA IV y TABLA RESUMEN.

6. CONCLUSIONES

Del estudio experimental efectuado, sobre la adherencia de morteros de revoco, se comprueba la utilidad de los procedimientos aportados por la norma UNE 83.822 Ex.

El Laboratorio Central de Estructuras y Materiales ha desarrollado métodos complementarios de ensayo, que permiten ampliar la información sobre el comportamiento del revestimiento de una fábrica.

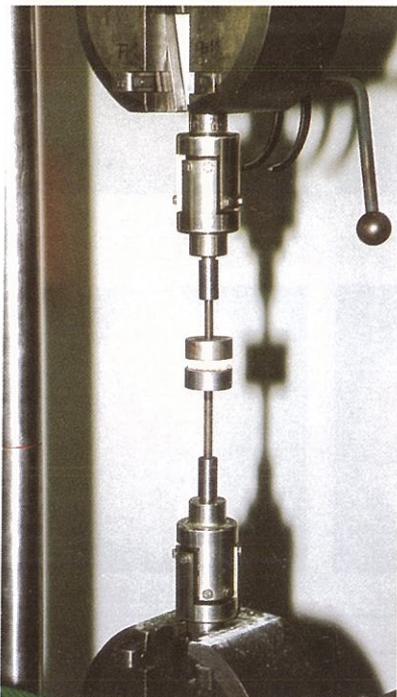
Los revocos, especialmente los de fábricas del Patrimonio Histórico-Artístico, suelen tener composiciones multicapa complejas. En su análisis riguroso, deben conocerse las adherencias y resistencias sucesivas, para evaluar las secciones críticas y poder planificar correctamente eventuales actuaciones.

ADHERENCIA DE LOS MORTEROS DE REVOCO Y RESTAURACIÓN

TESTIGO	ENSAYO	CARGA DE ROTURA		SECCIÓN cm ²	CARGA UNITARIA	
		Kp	N		Kp/cm ²	(N/mm ²)
T6 ^(*)	E1	139	1.363	20,16	6,9	0,677
	E2	93	912	19,97	4,7	0,461
	E3	88	863	17,58	5,0	0,490
	E4	490	4.805	18,78	26,1	2,560
T2	E1	—	—	—	—	—
	E2	73	716	18,09	4,0	0,392
	E3	200	1.961	17,95	11,1	1,089
	E4	—	—	—	—	—
T3	E1	93	912	18,78	5,0	0,490
	E2	95	932	16,36	5,8	0,569
	E3	177	1.736	18,94	9,4	0,922
	E4	—	—	—	—	—
T4	E1	—	—	—	—	—
	E2	29	284	13,08	2,2	0,216
	E3	139	1.363	17,98	7,7	0,755
	E4	202	1.981	18,16	11,1	1,089
T5	E1	59	579	17,67	3,3	0,324
	E2	50	490	18,05	2,8	0,275
	E3	199	1.952	18,07	1,2	1,079
	E4	—	—	—	—	—

(*) El Testigo T1 se sustituyó por T6

TABLA III. Ensayos complementarios. Adherencia (resistencia de unión).



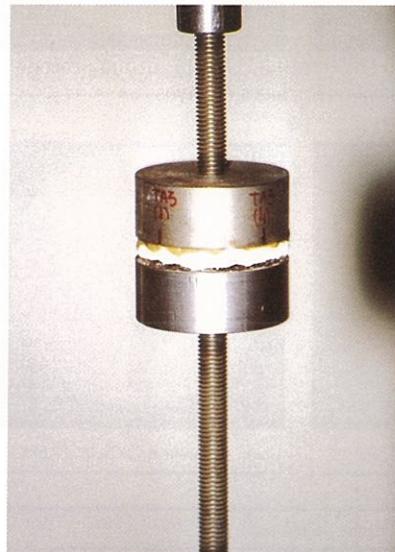
FOTOGRAFÍA 12.
Aspecto general de la máquina de ensayo.

TESTIGO	ENSAYO	FORMA DE ROTURA			
		ZONA	ESPESOR (mm)		
			Máximo	Mínimo	Media (*)
T6 ^(*)	E1	Mortero Base (MB)	8,43	4,04	5,41
	E2	Revoquillo (R) Mortero Base (MB)	6,36	1,84	4,37
	E3	Estuco (E) Revoquillo (R)	3,47	0,30	0,60
	E4	Estuco (E)	0,76	0,45	0,61
T2	E1	—	—	—	—
	E2	Revoquillo (R) Mortero Base (MB)	6,84	5,88	6,36
	E3	Revoquillo (R)	4,90	1,80	2,5
	E4	—	—	—	—
T3	E1	Mortero Base (MB)	6,96	3,05	4,83
	E2	Revoquillo (R) Mortero Base (MB)	6,00	3,45	4,66
	E3	Estuco (E) Revoquillo (R)	1,31	0,42	0,61
	E4	—	—	—	—
T4	E1	—	—	—	—
	E2	Mortero Base (MB)	7,30	4,24	6,32
	E3	Revoquillo (R) Mortero Base (MB)	4,93	3,95	4,66
	E4	Revoquillo (R)	3,92	0,69	2,18
T5	E1	Mortero Base (MB)	7,83	4,83	6,21
	E2	Revoquillo (R)	3,46	2,58	3,23
	E3	Revoquillo (R)	2,92	0,61	2,0
	E4	—	—	—	—

(*) El Testigo T1 se sustituyó por T6

(**) Se midieron un mínimo de cuatro espesores

TABLA IV. Ensayos complementarios. Forma de rotura.



FOTOGRAFÍA 13.
Detalle de la rotura.

ADHERENCIA DE LOS MORTEROS DE REVOCO Y RESTAURACIÓN

CAPA/ TESTIGO	T1/T6(**) (Kp/cm ²)	T2 (Kp/cm ²)	T3 (Kp/cm ²)	T4 (Kp/cm ²)	T5 (Kp/cm ²)	MEDIA (Kp/cm ²)
CAPA I Estuco (E)	26,1 ^(*)	X	X	X	X	26,10
UNIÓN ADHERENCIA CAPA I-CAPA II	3,7 5,0 ^(*)	X	9,4 ^(*)	X	X	6,03
CAPA II Revoquillo (R)	2,0	11,1 ^(*)	X	11,1 ^(*)	2,8 ^(*) 11,2 ^(*)	7,64
UNIÓN ADHERENCIA CAPA II-CAPA III	4,7 ^(*)	4,0 ^(*)	5,8 ^(*)	7,7 ^(*)	X	5,55
CAPA III Mortero Base (MB)	6,9 ^(*)	X	3,0 5,0 ^(*)	1,0 2,4 2,2 ^(*)	3,3 ^(*)	3,40
UNIÓN ADHERENCIA CAPA III-FÁBRICA	3,3	—	2,0	0,6	2,5	2,10
FÁBRICA	3,6	0,1 1,5 1,8	— 0,8	2,6	1,5 2,3 2,8	1,89

TABLA IV. Tabla resumen.

(*) El Testigo T1 se sustituyó por T6(**) Se midieron un mínimo de cuatro espesores

Existen equipos de campo, para la aplicación “in situ” de la norma UNE 83.822 EX., que pueden ser de utilidad en la valoración de la adherencia de enfoscados y revocos mono-

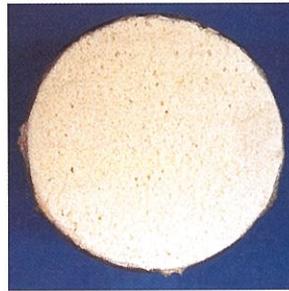
capa. En recubrimientos compuestos y de cierta responsabilidad será conveniente realizar un estudio más completo en laboratorio.



CAPA I. Estuco (E).



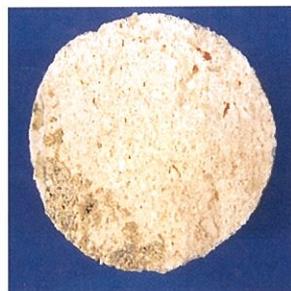
Unión Adherencia CAPA I - CAPA II.



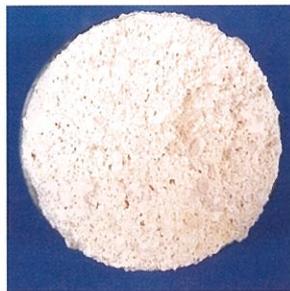
CAPA II. Revoquillo (R).



Unión Adherencia CAPA II - CAPA III.



CAPA III. Mortero Base (MB).



Unión Adherencia CAPA III - FÁBRICA.



Fábrica (F): Ladrillo Naranja.



Fábrica (F): Ladrillo Rojo.

FOTOGRAFÍA 14. Distintas zonas de rotura.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Curso de mecánica y tecnología de los edificios antiguos. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid (COAM). Madrid, 1987.
- CEMCO-92. XII Curso de estudios mayores de la construcción. Seminario S-8: Tendencias actuales en el empleo de materiales de construcción en España. Restauración y Rehabilitación. Felix Hernández Alvarez. M^{ra} Pilar de Luxán Gómez del Campillo. Madrid, 1992.
- Norma UNE 83-810-92. Morteros. Métodos de ensayo. Toma de muestras de morteros. Procedimiento normalizado para toma de muestras de mortero y para preparación de la muestra de ensayo.
- Norma UNE 83-811-92. Morteros. Métodos de ensayo. Morteros frescos. Determinación de la consistencia. Mesa de sacudidas (Método de referencia).
- Norma UNE 83-821-92. Morteros. Métodos de ensayo. Morteros endurecidos. Determinación de la resistencia a flexión y compresión.
- La humedad como patología frecuente en la edificación. Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Madrid e Instituto Eduardo Torroja. Madrid, Febrero 1993.
- Conservation of Stone and Other Materials. Volume Two. Proceedings of the International RILEM/UNESCO Congress.
 - 75 The bond between joint mortar and stone in natural stone masonry. H. Budelmann. Hochschule Bremen, Germany. P. Warnecke, D. Weiss and F.S.Rostasy. Technische Universität Braunschweig, Germany. Pag. 613-620.
 - 82 Les mortiers d'enduit dans la construction en pan de bois. (Mortar coating in half-timbered constructions). U.

Boenkendorf and D. Knöfel. Universität-GH-Siegen, Und Werkstoffchemie (BCS), Germany. Pag. 665-672. Paris, June 29-July 1 1993

- Norma UNE 83-820-94. Morteros. Métodos de ensayo. Morteros endurecidos. Determinación de la densidad aparente.
- Norma UNE 83-800-94. Morteros de albañilería. Definiciones y especificaciones.
- Artes de la Cal. Ignacio Gárate Rojas. Ministerio de Cultura (Instituto de Conservación de Bienes Culturales). Instituto Español de Arquitectura. Universidad de Alcalá de Henares. Madrid, Julio 1994.
- Norma UNE 83.822 EX. Morteros. Métodos de ensayo. Morteros endurecidos. Determinación de la adherencia de los morteros de revoco y enlucido. Abril 1995.
- La adherencia en los morteros de albañilería. Jorge Luis A. Cabrera, Ing. Investigador de Materiales de Construcción. Centro Técnico para el Desarrollo de los Materiales de Construcción. Cuba. Materiales de Construcción, Vol. 45, n^o 240. Páginas 47-52. Octubre/noviembre/diciembre 1995.
- La retracción en los morteros de cal (The shrinkage in lime mortars). J.A. Sánchez, J.Barrios, A. Barrios y A.R. de Arellano Agudo. Pags. 17-28. Materiales de Construcción, Vol. 47, n^o 245. Enero/febrero/marzo 1997.
- Los revocos de Medina Azahara. Parte I: Caracterización del material y procesos de alteración (Rendering mortars in Medina Azahara. Part.I: Material characterization and alteration process). M.T. Blanco Varela, F. Puertas y A. Palomo. Pags. 29-43 Materiales de Construcción, Vol. 47, n^o245. Enero/febrero/marzo 1997.
- Morteros de albañilería. Jorge Luis Alvarez. Investigador Auxiliar. CTCMC. Cuba. Cemento-Hormigón. N^o 770. Páginas 478-483. Abril 1997.



16^o SIMPOSIUM INTERNACIONAL

IAARC/IFAC/IEEE sobre automatización y Robótica en la construcción

El Simposio, continuación de los Simposios ISARC, está organizado por el Área de Ingeniería de Sistemas y Automática de la Universidad Carlos III de Madrid, y está patrocinado por la IAARC, Asociación Internacional de la Automatización y la Robótica en la Construcción y por otros organismos entre los que se encuentra el CEDEX.

Los temas principales a tratar serán:

- Proyectos arquitectónicos orientados a la automatización en la construcción • Automatización en el proyecto, la planificación y la simulación en la construcción • Automatización y robotización en la edificación, ingeniería civil, minería, etc.
- Sistemas de Gestión de la Información en la Construcción
- Sistemas de control de equipos de construcción
- Aspectos económicos de la automatización y robotización
- Automatización de la restauración ambiental • Metrología en la construcción • Nuevos materiales de construcción

- Construcción submarina • Sensores • Teleoperación.

PRESENTACIÓN DE ARTÍCULOS

Para presentar un artículo en el Simposio es necesario enviar seis copias en inglés del artículo completo a la Secretaría del Simposio.

SECRETARÍA DEL SIMPOSIUM ISARC'99

Escuela Politécnica Superior
Universidad Carlos III de Madrid
C/ Butarque 15, Leganés
28911 Madrid (ESPAÑA)

Fax: 91 624 94 30

E-mail: [isarc99\(ing.uc3m.es\)](mailto:isarc99(ing.uc3m.es))

<http://www.uc3m.es/isarc99>