



Proyecto de Cooperación Internacional

¡Que no baje el telón!

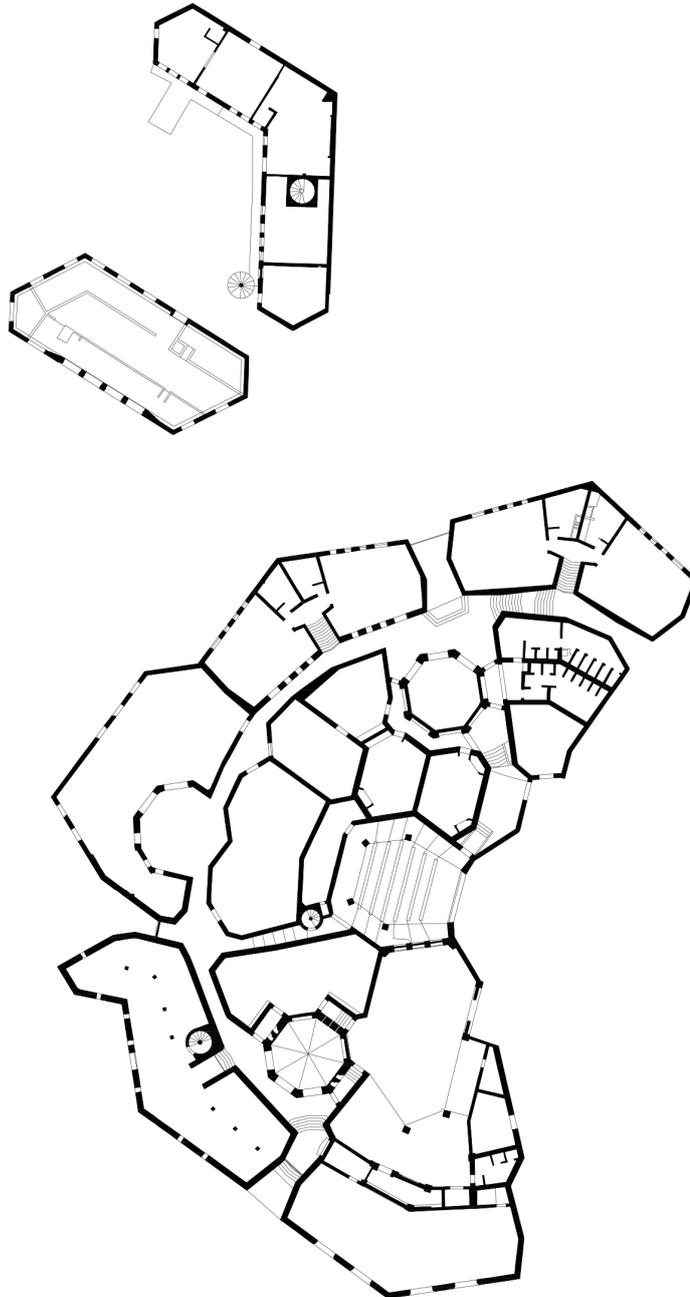
Director de la Componente B: Prof. Saverio Mecca

Diagnostico de las alteraciones y degradaciones

Responsable científico: Prof. Susanna Caccia

Colaboradores: Stefania Aimar, Leonardo Germani, Francesco Pisani, Salvatore Zocco

Anexo n.1
Informe de análisis de laboratorio



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA



isa
UNIVERSIDAD
DE LAS ARTES



AGENZIA ITALIANA
PER LA COOPERAZIONE
ALLO SVILUPPO

MINISTERIO
de
Cultura
REPÚBLICA DE CUBA

¡QUÉ NO BAJE EL TELÓN!

Conservación, Gestión y Puesta en Valor del Patrimonio Cultural del ISA

Componente B - Capacitación y monitoreo

DIDA | Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze

El componente B del proyecto ¡QUE NO BAJE EL TELÓN! Conservación, Gestión y Puesta en Valor del Patrimonio *Cultural del ISA* tiene como objetivo, a través de la acción coordinada entre el Departamento de Arquitectura (DIDA) de la Universidad de Florencia, el Instituto Superior de Arte (ISA) y el Ministerio de Cultura (MINCULT), lo de contribuir a la formación y capacitación de todos los operadores que trabajan en el ámbito de la documentación, conservación, gestión y puesta en valor del patrimonio cultural, en el específico del patrimonio material del ISA y del territorio del Municipio de Playa y del patrimonio inmaterial de las artes escénicas.

El Componente B está coordinado con el Componente A llevado por el MINCULT, financiado por la AICS y destinado a la restauración, consolidación y refuncionalización de la antigua sede de la Facultad de Arte Teatral (FAT) dell'ISA.

Los dos Componentes se complementan, siendo dos caras de la misma intervención.

En concreto, el Componente B pretende transferir y actualizar habilidades y conocimientos específicos en el ámbito del levantamiento digital, de la restauración y consolidación de edificios y de la planificación, gestión y mantenimiento de la construcción, mediante:

- la activación de Cursos de Capacitación Profesional para fortalecer las bases cognitivas, técnicas y documentales necesarias para el desarrollo del proyecto de restauración, consolidación y refuncionalización de la FAT a cargo del Min-Cult y de sus estructuras técnicas de diseño. Los cursos están dirigidos tanto al personal empleado por los Ministerios encargados de la conservación del patrimonio arquitectónico como a los profesionales y trabajadores del sector de la construcción, así como a los estudiantes del ISA y de las Facultades de Ingeniería y Arquitectura de La Habana;
- la aplicación de metodologías y herramientas para la restauración y la consolidación del patrimonio arquitectónico aprobadas por la comunidad científica internacional a los edificios que conforman la FAT.

El grupo de trabajo del DIDA está formado por arquitectos, especialistas en levantamiento, restauradores, estructuristas y gestores de proyectos. Las distintas aportaciones disciplinarias son esenciales para recomponer un marco cognitivo, analítico e interpretativo amplio y, en la medida de lo posible, exhaustivo de la Facultad de Arte Teatral, a partir del cual se puede definir el proyecto ejecutivo por parte del Componente A.

Grupo de Trabajo del Departamento de Arquitectura (DIDA)

Dirección y coordinación

Director: Prof. Saverio Mecca

Director adjunto: Prof. Alessandro Merlo

Levantamiento morfométrico y cromático

Responsable científico: Prof. Alessandro Merlo

Coordinadora: Dra Arq. Gaia Lavoratti

Colaboradores (para la recogida de datos): Arq. Francesco Frullini, Arq. Giulia Lazzari, Arq. Elisa Luzzi, Arq. Michela Notaricola

Colaboradores (para la restitución de datos): Dra Arq. Gaia Lavoratti, Arq. Giulia Lazzari, Arq. Alessandro Manghi.

Restauración

Responsable científico: Prof. Susanna Caccia

Coordinador: Dr. Arq. Leonardo Germani

Colaboradores: Dra Arq. Stefania Aimar, Dr. Arq. Salvatore Zocco, Arq. Stefania Franceschi, Arq. Francesco Pisano

Consolidación

Responsable científico: Prof. Michele Paradiso

Coordinadora: Arq. Sara Garuglieri

Colaboradores: Prof. Stefano Galassi, Arq. Giuseppe Berti, Arq. Marco Altemura

Programación de la construcción y el mantenimiento

Responsable científico: Prof. Saverio Mecca

Coordinador: Ing. Vito Getuli

Colaborador: Prof. Letizia Dipasquale

Modelado de información para la construcción (BIM)

Responsable científico: Prof. Carlo Biagini

Coordinador: Dr. Ing. Vincenzo Donato

Colaborador: Ing. Andrea Bongini

Análisis de materiales

para el proyecto “¡Que no baje el telón! Conservación, gestión y mejora del patrimonio cultural de la ISA”(CUBA)

A cargo de

Dott. ssa Emma Cantisani

Dott. Fabio Fratini

Responsabile de la Sede Secondaria de Florencia

Dott. Cristiano Riminesi

Sede Secondaria di Firenze

Via Madonna del Piano, 10 / 50019 Firenze

Email segreteria.ispc@ispc.cnr.it – responsabile.firenze@ispc.cnr.it

Análisis de materiales

Prólogo

En el marco del proyecto “¡Que no baje el telón! Conservación, gestión y mejora del patrimonio cultural de la ISA (CUBA)” dirigido por la Universidad de Florencia, Departamento de Arquitectura (persona de contacto Prof.sa Susanna Caccia Gherardini), se pidió al Instituto de Ciencias del Patrimonio Cultural que realizara una caracterización mineralógica del yacimiento.

Ciencias para la caracterización mineralógica/petrográfica de muestras de ladrillos y morteros tomadas en la Facultad de Arte Teatral de La Habana (Cuba) y la identificación de los procedimientos y productos más adecuados para su restauración.

Muestreo

Las muestras fueron facilitadas por la profesora Susanna Caccia Gherardini y la arquitecta Stefania Aimar.

En el siguiente cuadro se describen brevemente las muestras analizadas y las metodologías analíticas aplicadas.

MUESTRA	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS
3 MORTERO DE RELLENO DE LOS CIMIENTOS	XRD, MO
2 LADRILLOS SOBRE CIMIENTOS	XRD, MO
PELÍCULA DE PINTURA BLOQUE 6 INTERIOR	XRD, MO, FTIR
MORTERO DE RELLENO BLOQUE INTERIOR	XRD, MO
LADRILLOS	XRD, MO
RIPRESA LADRILLOS	XRD, MO
1 ROCA DE CIMENTACIÓN BLOQUE 2	XRD, MO
BLOQUE 1 MORTERO DE CEMENTO Y SUPERFICIE DE LADRILLO	XRD, MO
BLOQUE 2 LADRILLO DE SUPERFICIE	XRD, MO, FTIR
BLOQUE 2 MORTERO DE CAL	XRD, MO
BLOQUE 9 LADRILLO INTERNO EN EL SUELO	XRD, MO
BLOQUE 7 LADRILLOS	XRD, MO
BLOQUE 8 MORTERO DE CEMENTO	XRD, MO
BLOQUE 9 LADRILLO INTERNO H 120	XRD, MO
BLOQUE 12 P1 PILAR DE HORMIGÓN	XRD, MO
BLOQUE 12 PISO DE MORTERO Y LADRILLO	XRD, MO
PROTECTIVO DE PAREDES EXTERIORES	FTIR
PELÍCULA PICTÓRICA BÓVEDAS EXTERIORES	FTIR

MUESTRA	METODOLOGÍA DE ANÁLISIS
PELÍCULA PICTÓRICA BÓVEDA BLOQUE 3	FTIR
2A MUESTRA EN BRUTO	MO
2B MUESTRA EN BRUTO	MO
2C MUESTRA LISA	MO
MUESTRA 9A	MO
MUESTRA 1A	MO

XRD: difracción de rayos X; MO: microscopía óptica en luz reflejada y/o transmitida

FTIR: espectrometría infrarroja por transformada de Fourier

Metodologías analíticas

Las muestras se observaron primero bajo el estereomicroscopio y luego se incrustaron en resina de consolidación y se cortaron perpendicularmente a la estratigrafía con el fin de obtener cortes transversales finos y brillantes para ser observados al microscopio óptico.

Los polvos obtenidos de cada porción de la muestra se volvieron a moler y se utilizaron para la difracción de rayos X (XRD).

Se realizaron análisis de espectroscopia IR para las películas pictóricas.

Investigaciones con estereomicroscopio

Las muestras como tales y las secciones brillantes se observaron con un estereomicroscopio Zeiss, El modelo Stemi 200 C está equipado con una cámara de alta resolución para realizar grabaciones fotográficas.

Esta técnica permite realizar una descripción macroscópica del material y definir su estado de conservación. Resulta especialmente útil para investigar las características macroscópicas y morfológicas, de color, de adhesión y de cohesión de un material pétreo natural o artificial piedra natural o artificial, la presencia de capas superpuestas, la presencia de biodeterógenos, la presencia de elementos útiles para una estimación general del estado de conservación del material estudiado.

Difracción de rayos X (XRD)

La composición mineralógica de los ladrillos y morteros se obtuvo sobre polvos de las partículas de tamaño inferior a 125 μ m (verificado mediante un tamiz de 0,125 mm), utilizando un difractómetro de rayos X, modelo X'Pert Pro de PANalytical con la aplicación de las siguientes condiciones de funcionamiento: radiación Cu K1 (=1,545 Å), alimentación del tubo de rayos X 40 KV, 30 mA, rango angular $3^{\circ} < 2\theta < 70^{\circ}$. El instrumento está equipado con el software Highscore para gestionar y manejo e interpretación de difractogramas.

El análisis difractométrico realizado en los ladrillos proporciona información sobre la paragénesis mineralógica y, por tanto, de las condiciones de cocción y las temperaturas alcanzadas durante la elaboración de la mezcla. Esto permite definir las similitudes y diferencias entre las muestras.

El análisis difractométrico realizado en morteros/masillas permite principalmente la determinación de la composición mineralógica, pero sin distinguir entre los componentes del aglutinante y/o del agregado, pero proporcionando una composición total.

Análisis por microscopía de luz transmitida

Las muestras de mortero y ladrillo se redujeron a un grosor de unos 30 μ m para volverse transparente a la luz. El estudio por microscopía de luz transmitida se realizó utilizando un microscopio óptico en luz transmitida polarizada con nicol paralelos (//) y nicol cruzados (X), con aumentos del objetivo de 2,5X a 40X.

La técnica permite analizar los principales parámetros texturales-composicionales de los materiales pétreos naturales y artificiales.

En particular, con respecto al agregado de un mortero es posible estudiar los siguientes aspectos:

- composición mineralógica-petrográfica (se obtiene información sobre el origen de los materiales utilizados);
- granulometría y forma (se puede obtener información sobre el posible tamizado o molido del agregado);
- distribución en el aglutinante (indicaciones de precisión en la mezcla);
- orientación de los granos agregados (indicaciones sobre la presión ejercida durante la (indicaciones sobre la presión ejercida durante el enlucido).

En cuanto al aglutinante, se pueden sacar indicaciones sobre:

- composición y características del aglutinante (presencia de grumos y fragmentos de piedra grumos y fragmentos de piedra mal cocida que dan indicaciones sobre el material utilizado para la preparación de la cal; presencia de fases cristalinas características de ciertos tipos de aglutinantes);
- tipo de porosidad primaria y/o secundaria (indicaciones sobre la cantidad de agua de mezcla utilizada o posibles problemas en la fase de fraguado de la mezcla debido a secado demasiado rápido);
- relación aglutinante/agregado (para definir si la mezcla de mortero es magra o grasa);
- presencia de fenómenos de recristalización del aglutinante;
- estado de conservación de la mezcla.

En cuanto a los ladrillos, es posible obtener información sobre la naturaleza y el tipo de inclusiones, ya sean fragmentos minerales o rocas, pueden estimarse las cantidades en porcentaje y la distribución del tamaño de las partículas, definiendo así las características texturales de las mezclas. También es posible describir el color, la estructura de la matriz y la posible presencia de microestructuras en ella.

También se puede describir el color, la estructura de la matriz y la posible presencia de microestructuras en ella, la porosidad y las condiciones de almacenamiento. Por lo tanto, es posible establecer similitudes y diferencias compositivas y tecnológicas entre las distintas muestras.

Se utilizó un microscopio óptico de luz reflejada/luz transmitida Zeiss Axioscope A.1 sw Zeiss con cámara de alta resolución y software Axiovision para la gestión de imágenes y la evaluación de las características morfológicas de los materiales.

Análisis de espectroscopia IR (FTIR)

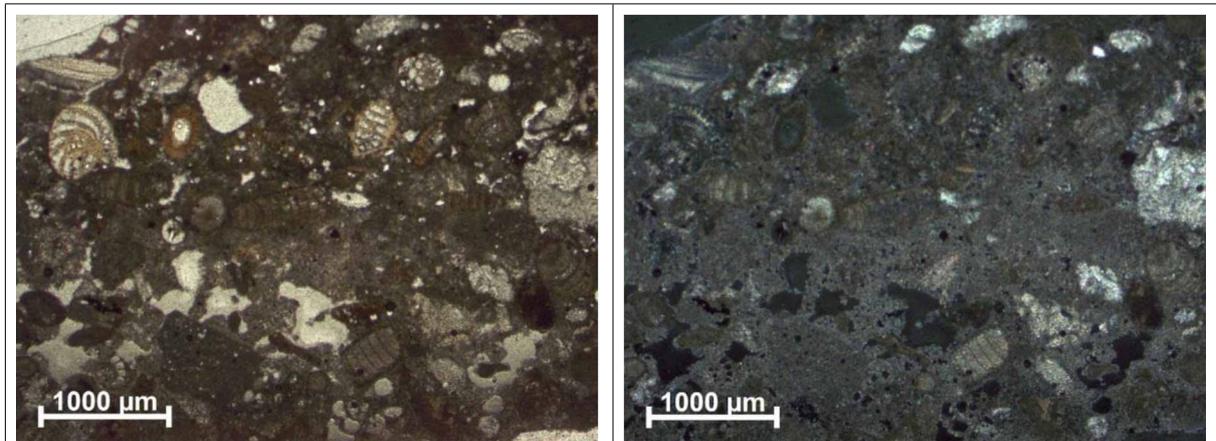
Este tipo de análisis se realizó sobre microporciones de muestras de películas de pintura y pátinas, y es muy útil porque permite establecer la naturaleza química de todas las sustancias orgánicas (aceites, resinas, colas, etc.) y un gran número de compuestos inorgánicos (carbonatos, sulfatos, silicatos, algunos pigmentos, oxalatos, etc.). Este examen aprovecha las propiedades de los grupos funcionales (carbonatos, sulfatos, etc.) para absorber la radiación infrarroja (IR) de longitudes de onda específicas. Se obtiene así un espectro, en el que la posición de las bandas de absorción es indicativa de la combinación de grupos moleculares que se encuentran en cada compuesto.

Los análisis se realizaron con un espectrómetro ALPHA Bruker con fuente SiC Globar y detector DTGS, utilizando el módulo de diamante de reflexión Platinum single para la reflectancia total atenuada (ATR). Condiciones de funcionamiento: rango espectral 4000-400 cm^{-1} , resolución 4 cm^{-1} , 24 escaneos. Los espectros se procesaron con el software OPUS 7.2.

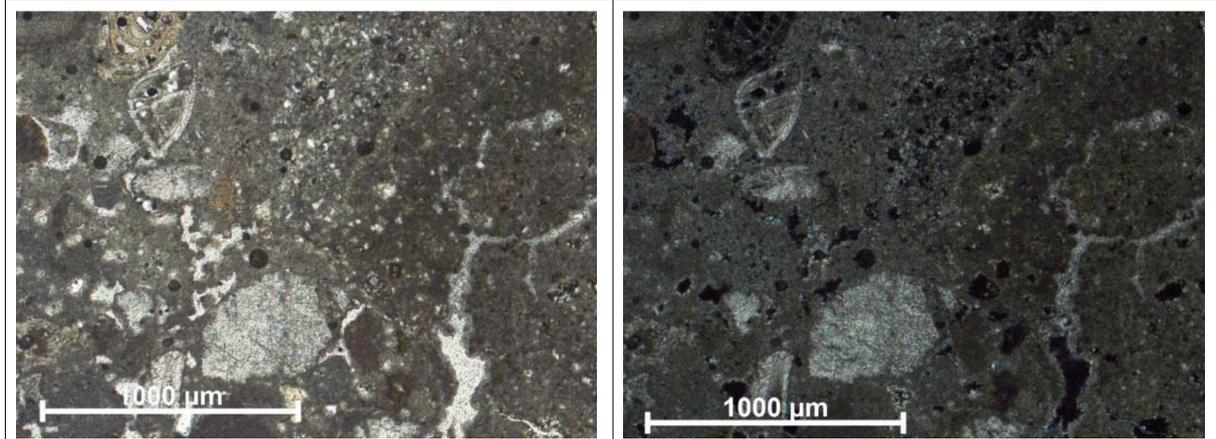
Resultados

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	3 MORTERO DE RELLENO PARA CIMIENTOS
Foto del punto de muestreo	
Imagen de la muestra	
Análisis XRD	Calcita, aragonito, restos de minerales de arcilla y cuarzo

Observación y descripción de secciones delgadas bajo un microscopio óptico



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)

Mortero ligado hidráulicamente, probablemente obtenido mediante la cocción de determinados tipos de piedra caliza.

Aglutinante con textura microesparítica, a veces recristalizada, presencia de fases no hidratadas de silico aluminatos de cal.

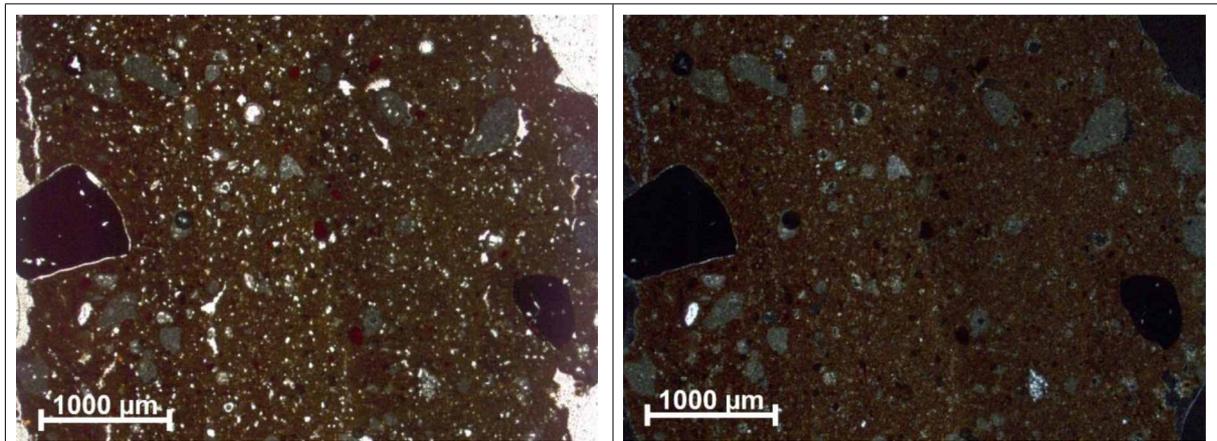
Agregado de composición exclusivamente carbonatada. Se pueden reconocer restos fósiles, talos de algas, fragmentos de rocas carbonatadas que contienen fósiles. Distribución unimodal del tamaño de las partículas media de 400 micras), forma subredondeada.

Relación $L/A=1/2$

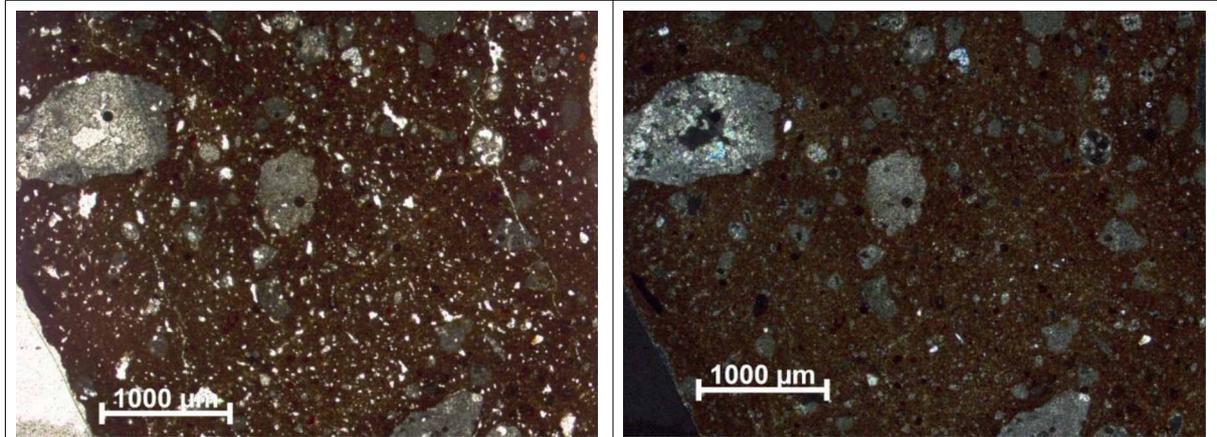
Porosidad intermedia debido a la forma irregular de los poros.

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	2 LADRILLOS SOBRE LOS CIMIENTOS
Foto del punto de muestreo	
Imagen de la muestra	
Análisis XRD	Calcita, magnesita, cuarzo, albita (rastros)

Observación y descripción de secciones delgadas bajo un microscopio óptico



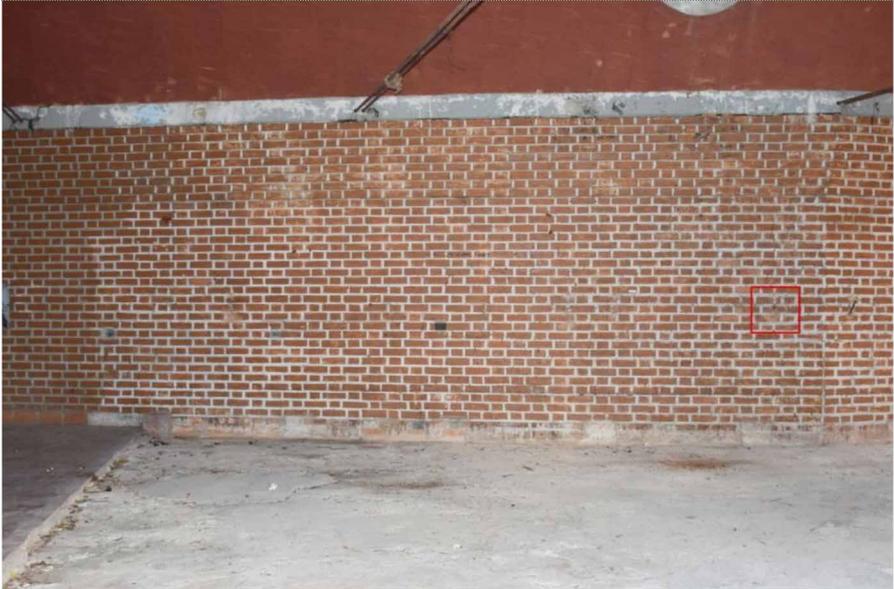
Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol ⊥)

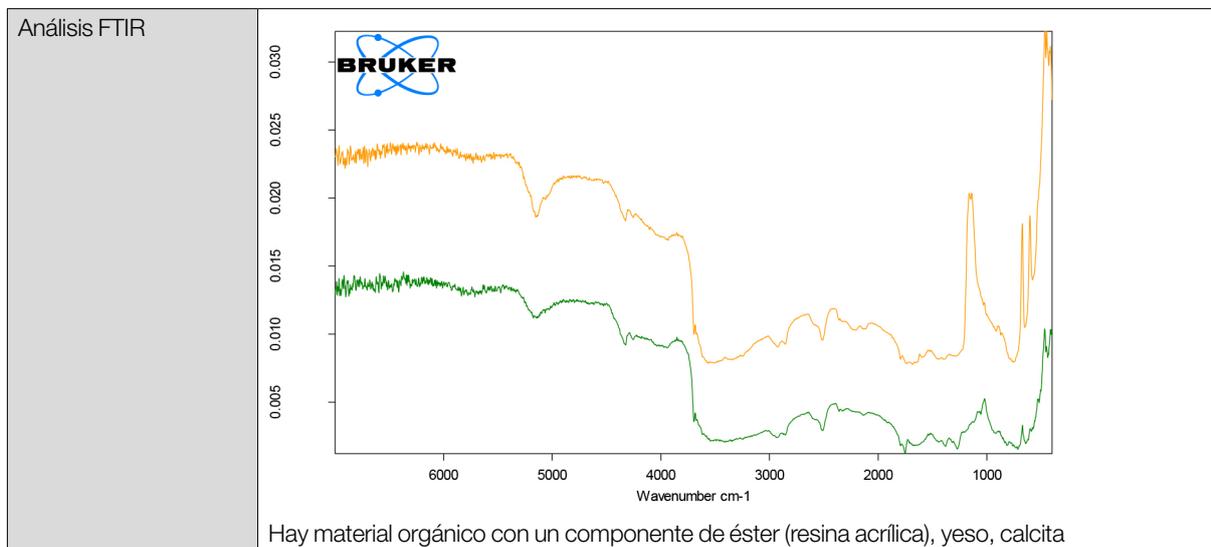


Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol ⊥)

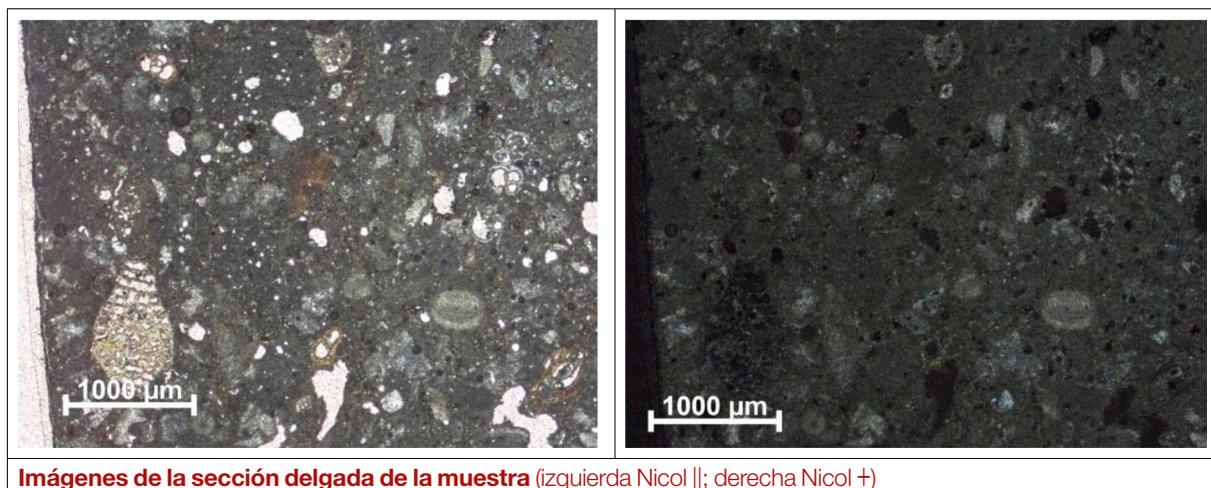
Ladrillo con una masa base birrefringente y un esqueleto formado por grandes fragmentos de carbonato de tamaños variables (desde plurimilimétricos hasta 100 micras), algunos fragmentos fósiles y muy pocos gránulos de silicato; hay presencia de óxidos de hierro.

Existe una importante red de grietas y un incipiente desprendimiento de los fragmentos de carbonato más grandes.

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	PELÍCULA PICTÓRICA BLOQUE 6 INTERIOR
Foto del punto de muestreo	
Imagen de la muestra	
Immagine cross section	



Observación y descripción de secciones delgadas bajo un microscopio óptico



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol ⊥)

Mortero hidráulico aglutinante. El aglutinante tiene una textura microespárrica.

Relación L/A 1 /2.

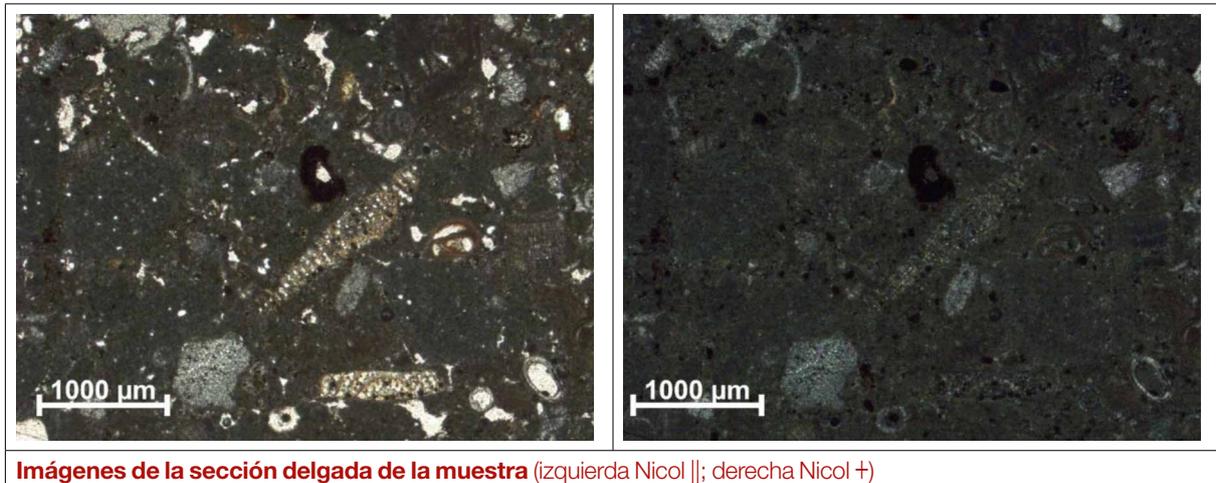
El agregado consiste principalmente en fragmentos fósiles.

La distribución del tamaño de las partículas de los granos agregados es unimodal. El tamaño medio del grano es unas 300-400 micras. La forma de los granos del agregado es subredondeada.

La porosidad es media y consiste en poros regulares y redondeados.

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	MORTERO DE RELLENO BLOQUE INTERIOR
Foto del punto de muestreo	 A close-up photograph showing a person's hands using a metal chisel to carefully chip away at the mortar between red bricks in a wall. The person is wearing a black beaded bracelet and a ring. The background is dark, focusing attention on the sampling process.
Imagen de la muestra	 A photograph of a small, irregularly shaped, light-colored mortar sample. The sample has a rough, porous texture. Below the sample is a black and white scale bar for reference.
Análisis XRD	Calcita, aragonito, cuarzo, feldespatos (rastros)

Observación y descripción de secciones delgadas bajo un microscopio óptico



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)

Mortero hidráulico aglutinante.

El aglutinante tiene una textura microesparfítica, a veces recristalizada, hay fases no hidratadas de aluminatos de calcio.

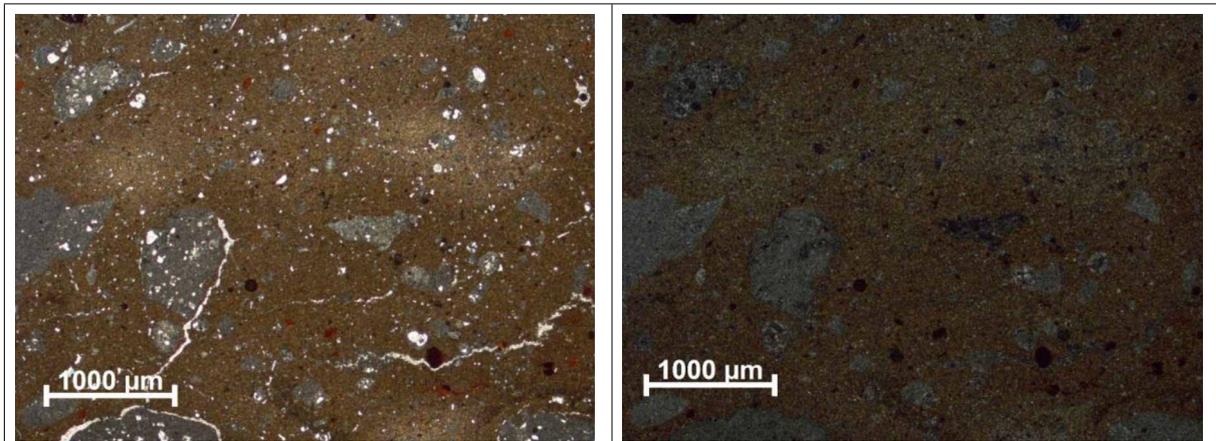
El agregado es casi exclusivamente de composición carbonatada, no bien distribuido en la mezcla. Se pueden reconocer restos fósiles y talos de algas. La distribución del tamaño de las partículas es heterogénea (de 2 mm a 400 micras).

La relación aglomerante/agregado es variable en la mezcla, en promedio $L/A=1/2$.

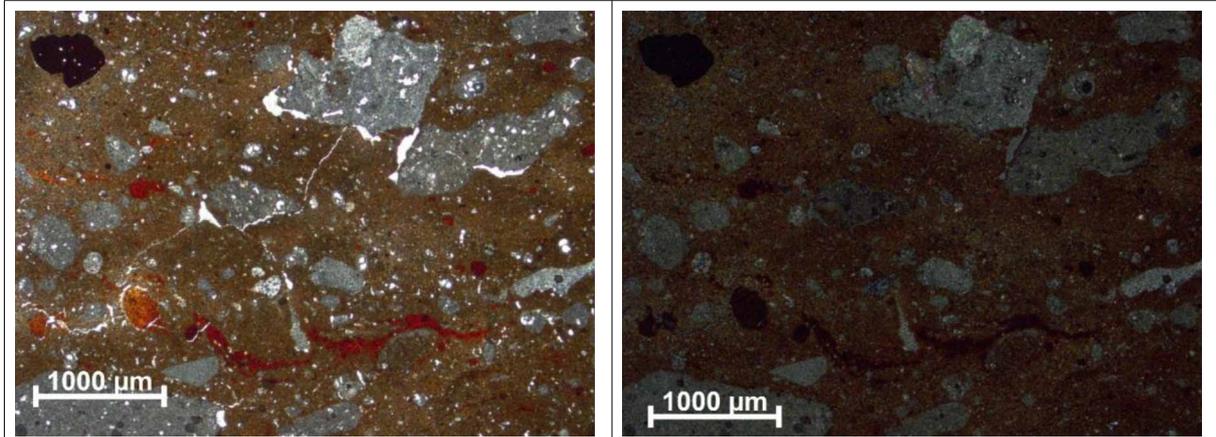
La porosidad es media y está dada por poros redondeados de forma irregular.

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	LADRILLO
Foto del punto de muestreo	
Imagen de la muestra	
Análisis XRD	Calcita, yeso, cuarzo, magnetita

Observación y descripción de secciones delgadas bajo un microscopio óptico



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)

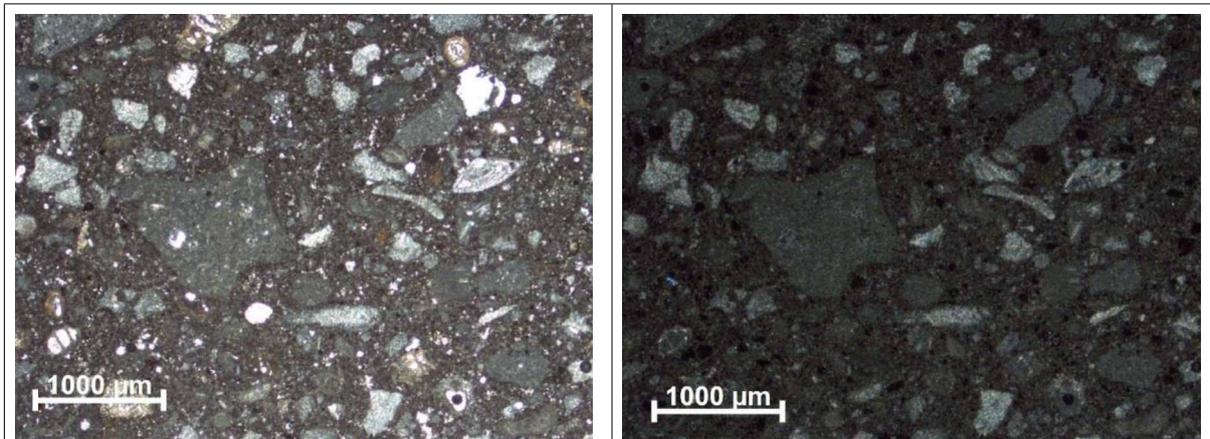
Ladrillo con una masa base altamente birrefringente y un esqueleto formado por grandes fragmentos de carbonato (de tamaño plurimilimétrico a 200 micras), algunos fragmentos fosilíferos y muy pocos gránulos de silicato; hay óxidos de hierro.

Existe una importante red de grietas y un incipiente desprendimiento de los fragmentos de carbonato más grandes.

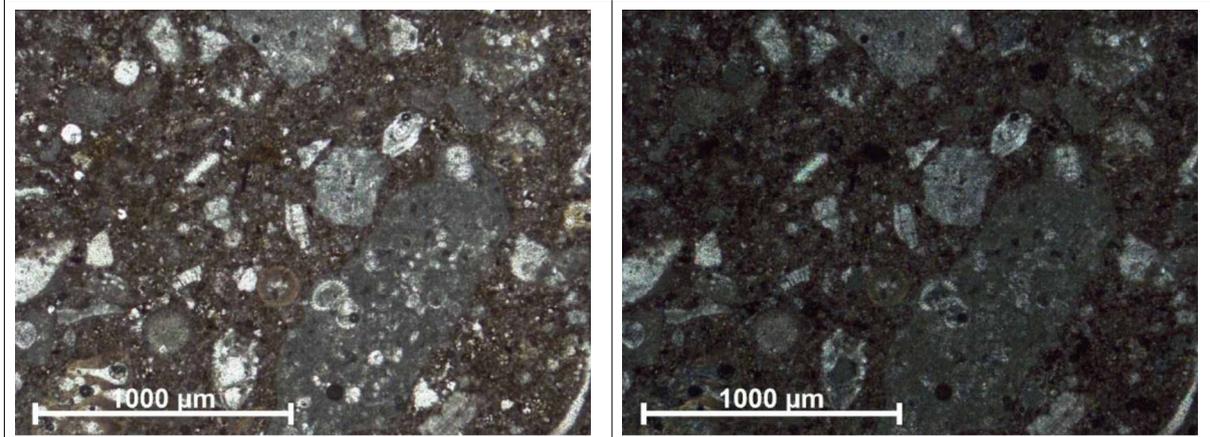
Características muy similares a las de la muestra n. 2.

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	BLOQUE DE LADRILLOS DE RECUPERACIÓN
Foto del punto de muestreo	
Imagen de la muestra	
Análisis XRD	Calcita, aragonito, cuarzo

Observación y descripción de secciones delgadas bajo un microscopio óptico



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)



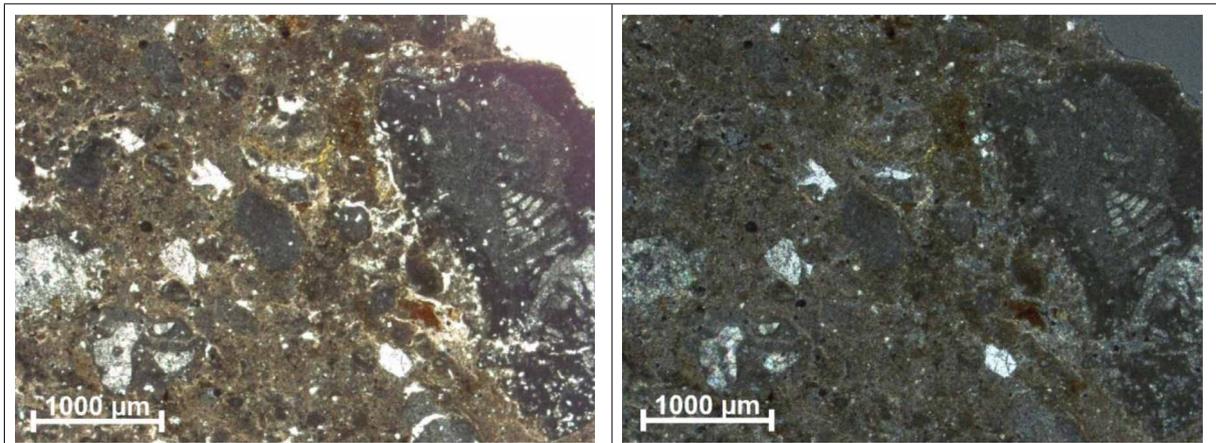
Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)

Se trata de una mezcla que imita al ladrillo y que se obtiene mezclando cal con polvo de ladrillo muy fino y un agregado de carbonato, muy abundante (L/A 1/3 1/4), también compuesto por restos fósiles, confirmado por la presencia de aragonito en la DRX, con un grano medio-fino (1000 a 100 micras).

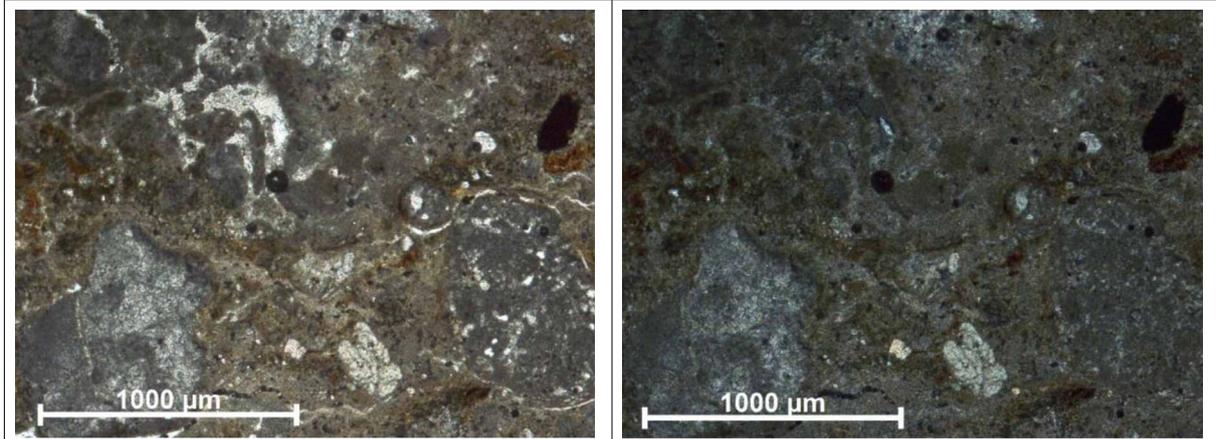
La mezcla es compacta, con poca porosidad.

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	ROCA DE CIMENTACIÓN BLOQUE 2
Foto del punto de muestreo	 A close-up photograph showing a person's hands using a hammer and chisel to sample a rock surface. The rock is light-colored and appears to be a concrete or masonry block. The person is wearing a watch and a bracelet.
Imagen de la muestra	 A photograph of a small, irregularly shaped rock sample, likely the one taken from the site shown in the previous image. The sample is light-colored and has a rough, crystalline texture. It is placed on a white surface next to a scale bar with alternating black and white segments.
Análisis XRD	Calcita, cuarzo

Observación y descripción de secciones delgadas bajo un microscopio óptico



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)

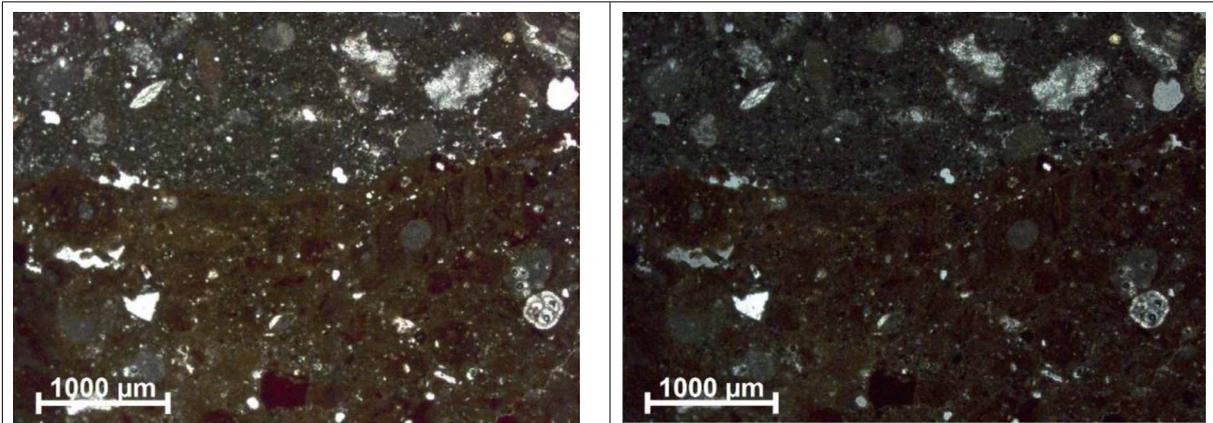


Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)

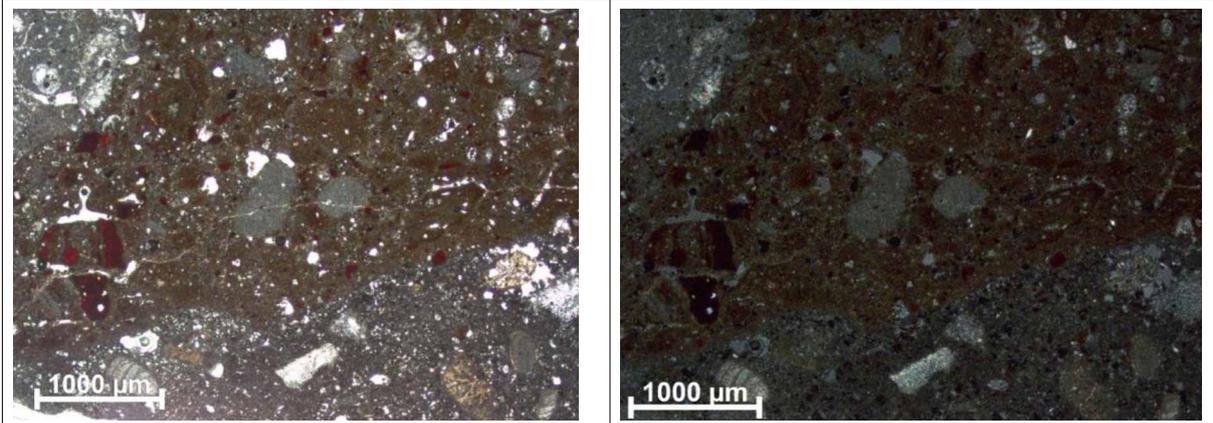
Roca carbonatada con estructura micrítica, muy compacta.

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	BLOQUE 1 MORTERO DE CEMENTO Y LADRILLO DE SUPERFICIE
Foto del punto de muestreo	
Imagen de la muestra	
Análisis XRD	<p>Mortero: calcita, aragonito, cuarzo Ladrillo: calcita, cuarzo, hematita</p>

Observación y descripción de secciones delgadas bajo un microscopio óptico



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)

Mortero

El mortero fue realizado con un aglutinante hidráulico y cementicio, en el que se pueden reconocer algunos restos de Clinker, al que se añadió un agregado de carbonato (relación L/A 1/3), consistente en fragmentos de rocas carbonatadas y fragmentos fosilíferos (aragonito en DRX). La distribución es unimodal y el tamaño medio del grano es de 300-400 micras. La forma de los granos del agregado es subredondeada.

La porosidad es intermedia y está dada por poros de forma irregular.

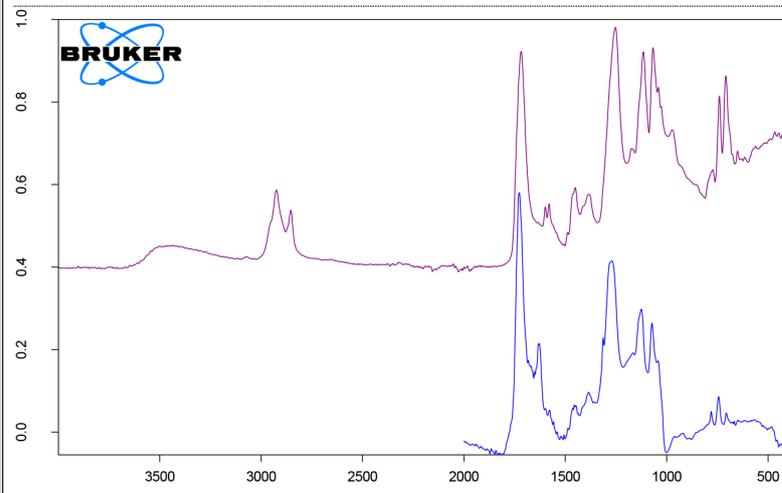
Ladrillo de superficie

Se trata de un mortero que imita la mampostería y que se obtiene añadiendo al aglutinante numerosos fragmentos de ladrillos, al aglutinante, ya sea en polvo o en forma gruesa.

También se pueden reconocer fragmentos (pero en cantidad limitada), cuyo tamaño varía desde el plurimilimétrico hasta el 100 micras.

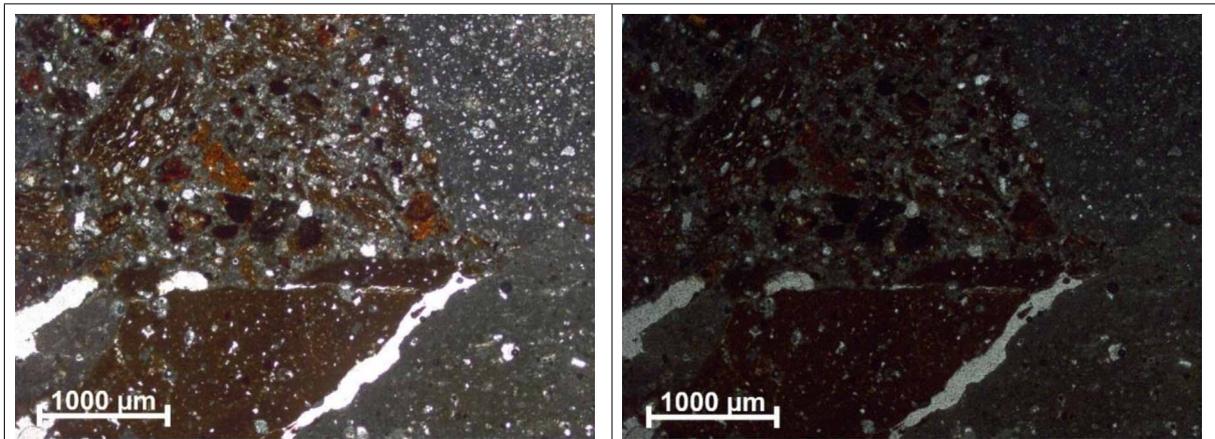
ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	BLOQUE 2 LADRILLO DE SUPERFICIE
Foto del punto de muestreo	
Imagen de la muestra	
Immagine cross section	

Análisis FTIR de
acabado de la
superficie

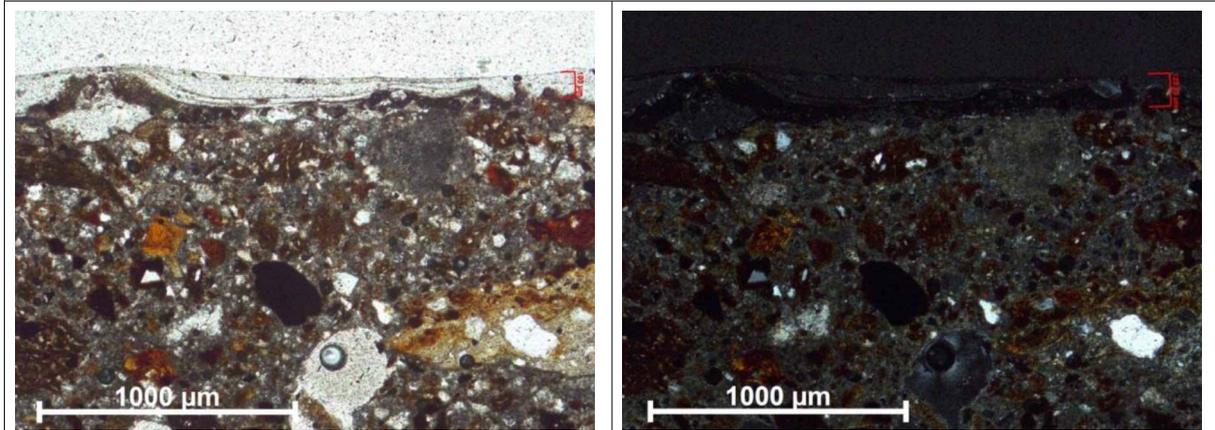


Barniz alquídico (transparente)

Observación y descripción de secciones delgadas bajo un microscopio óptico



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)

Descripción de la sección delgada

Hay tres materiales presentes en la muestra:

Capa superficial con un grosor máximo de 100 micras, con un tratamiento superficial dado en dos capas.

Mortero que imita al ladrillo

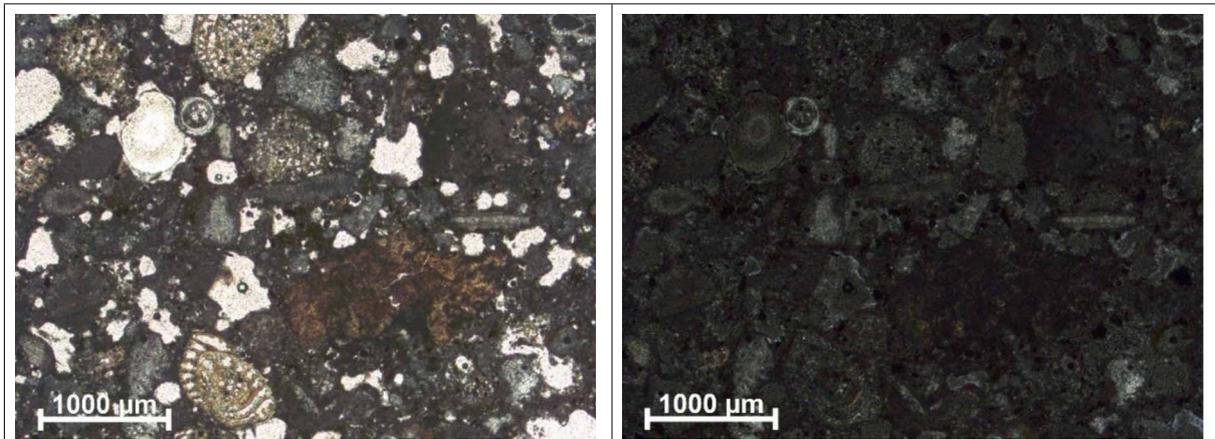
Se trata de un mortero restaurador que se obtiene mezclando cal y ladrillo molido (distinto del ladrillo sobre el que se coloca el mortero). El ladrillo tiene una distribución bimodal, el mortero es escasamente poroso. La relación L/A es de 1/3.

Ladrillo

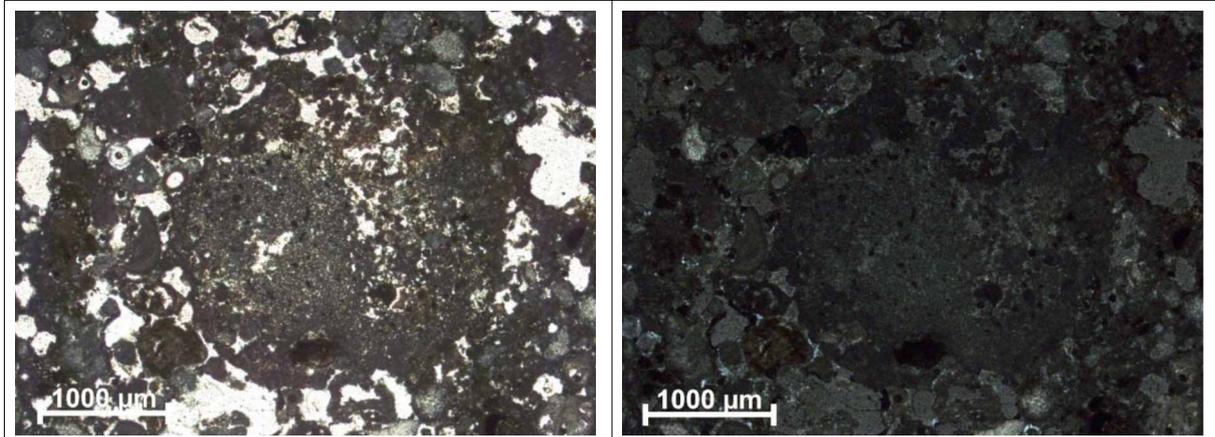
Este es el típico ladrillo identificado también en algunas muestras anteriores caracterizado por una pasta birrefringente y fragmentos gruesos de carbonato.

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	BLOQUE 2 MORTERO DE CAL
Foto del punto de muestreo	
Imagen de la muestra	
Análisis XRD	Calcita, aragonito, cuarzo

Observación y descripción de secciones delgadas bajo un microscopio óptico



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)

Mortero de aglutinante aéreo. El aglutinante tiene una estructura microespárrica y poco homogénea, con numerosos grumos. La presencia de grumos confirma el uso de un aglutinante aéreo. La relación L/A es 1/3, el agregado está compuesto por fragmentos de roca carbonatada, tallos de algas y fragmentos fosilíferos.

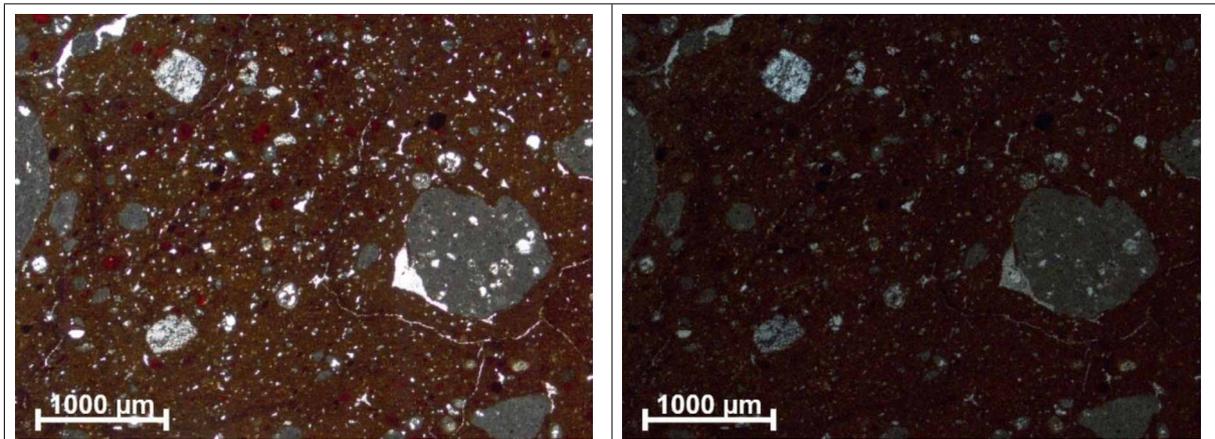
También se pueden identificar fragmentos de material arcilloso.

El tamaño de los granos agregados varía de varios miles a 100 micras.

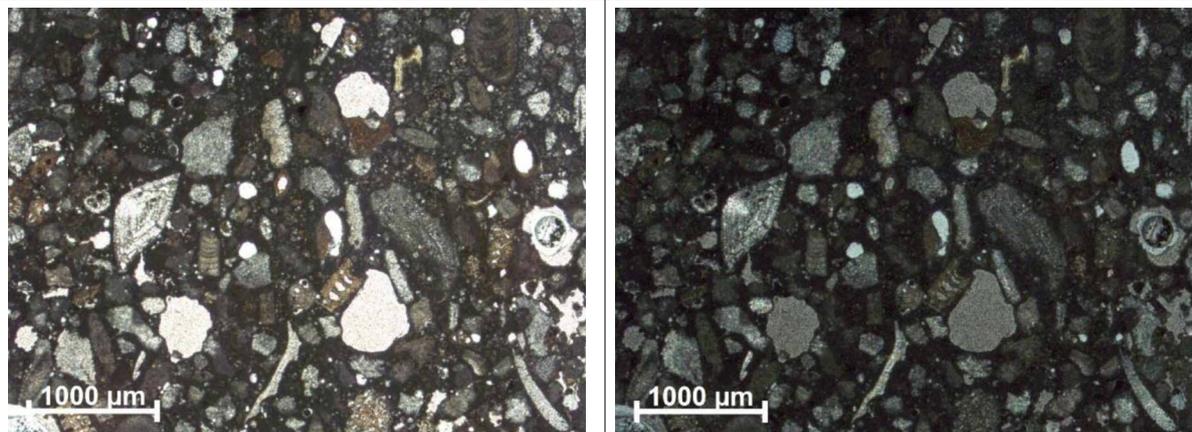
La porosidad es alta, con poros de forma irregular.

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	BLOQUE 9 LADRILLO INTERIOR EN EL SUELO
Foto del punto de muestreo	
Imagen de la muestra	
Análisis XRD	<p>Ladrillo: calcita, cuarzo Mortero: calcita, aragonito, cuarzo, yeso</p>

Observación y descripción de secciones delgadas bajo un microscopio óptico



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)

Descripción de la sección delgada

La muestra consta de dos partes:

Ladrillo

Se trata de un ladrillo típico con una masa base birrefringente y grandes fragmentos de carbonato en la mezcla. El tamaño de los fragmentos de carbonato oscila entre el plurimilimétrico y las 100 micras. Hay algunos fragmentos fósiles y muy pocos gránulos de silicato y óxidos de hierro.

Hay una importante red de grietas y un incipiente desprendimiento de los fragmentos de carbonato más grandes.

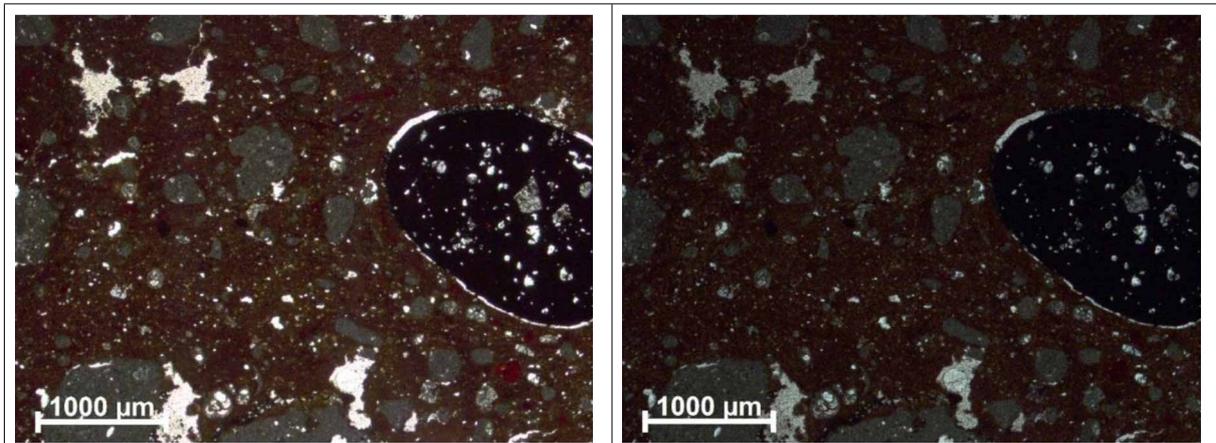
Mortero

Se trata de un mortero ligado hidráulicamente, con abundantes áridos de naturaleza carbonatada (L/A 1/3) con una distribución granulométrica unimodal (media de 300 micras), bien distribuida en la mezcla.

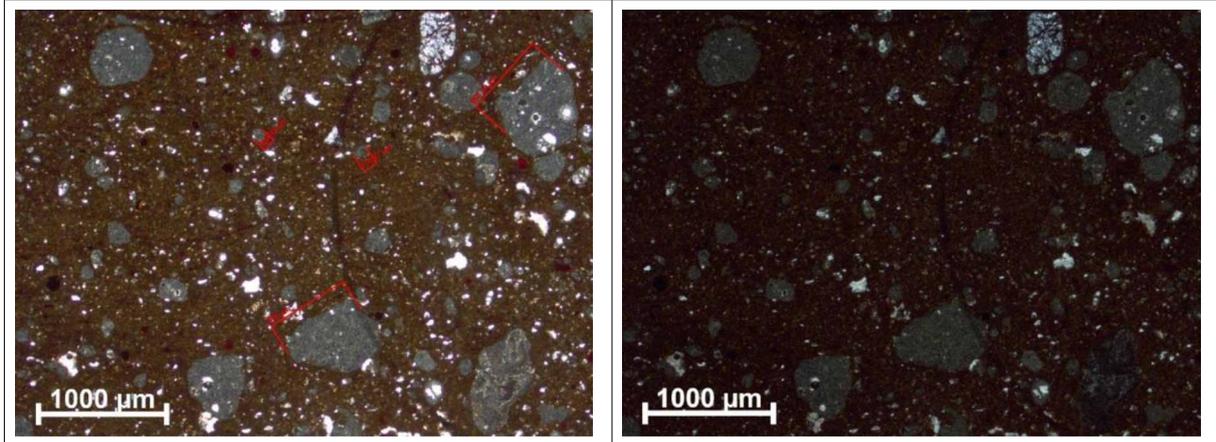
La porosidad es intermedia.

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	BLOQUE 7 LADRILLO
Foto del punto de muestreo	
Imagen de la muestra	
Análisis XRD	Calcita, hematita, cuarzo

Observación y descripción de secciones delgadas bajo un microscopio óptico



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol ⊕)

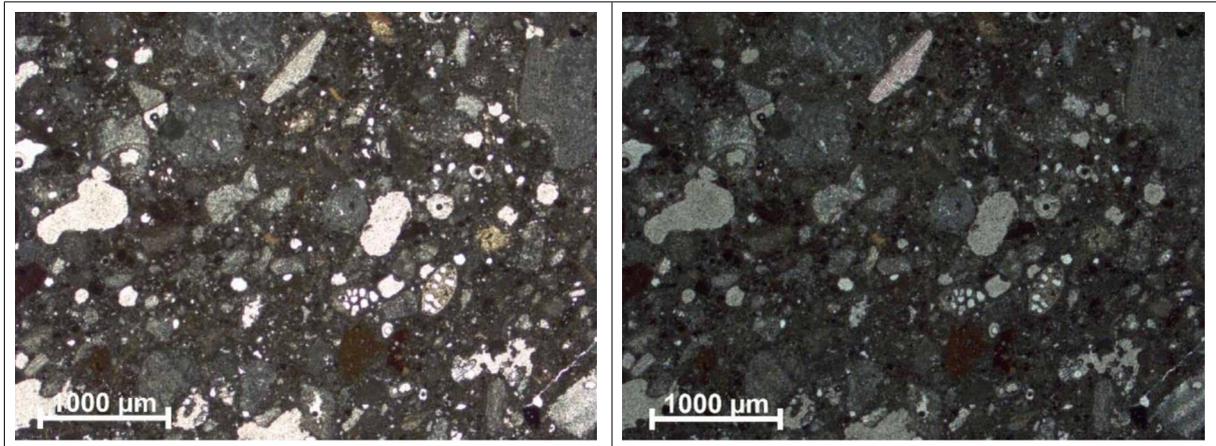


Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol ⊕)

Ladrillo similar a las otras muestras con pasta de fondo birrefringente y abundantes fragmentos de carbonato. Es evidente la presencia de una pátina biológica con líquenes y cianobacterias.

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	BLOQUE 8 MORTERO DE CEMENTO
Foto del punto de muestreo	
Imagen de la muestra	
Análisis XRD	Calcita, aragonito, yeso, cuarzo

Observación y descripción de secciones delgadas bajo un microscopio óptico



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)

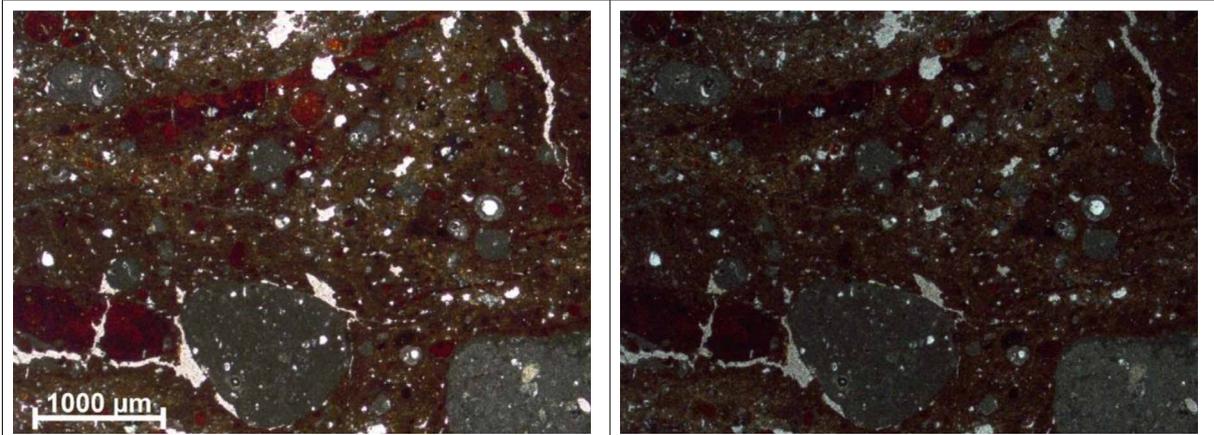
Mortero cementoso ligado hidráulicamente, rico en residuos de clinker, con abundante agregado de carbonato. La relación L/A es de 1/3. Se reconocen fragmentos de rocas carbonatadas, recortes de algas, restos fosilíferos, algunos fragmentos de arcilla.

La distribución del tamaño del grano es heterogénea.

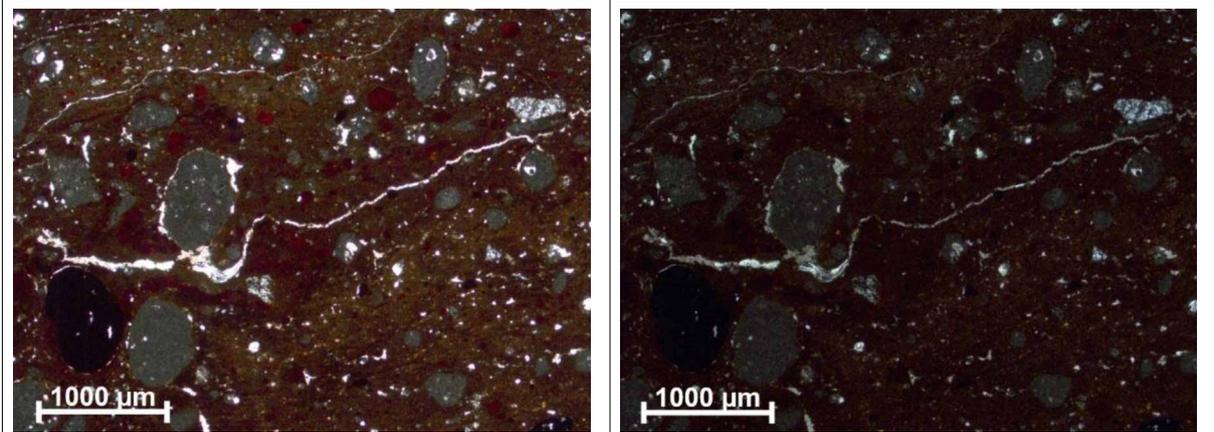
La porosidad es intermedia y se debe principalmente a poros de forma irregular.

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	BLOQUE 9 LADRILLO INTERIOR H 120 CM
Foto del punto de muestreo	
Imagen de la muestra	
Análisis XRD	Calcita, cuarzo

Observación y descripción de secciones delgadas bajo un microscopio óptico



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)

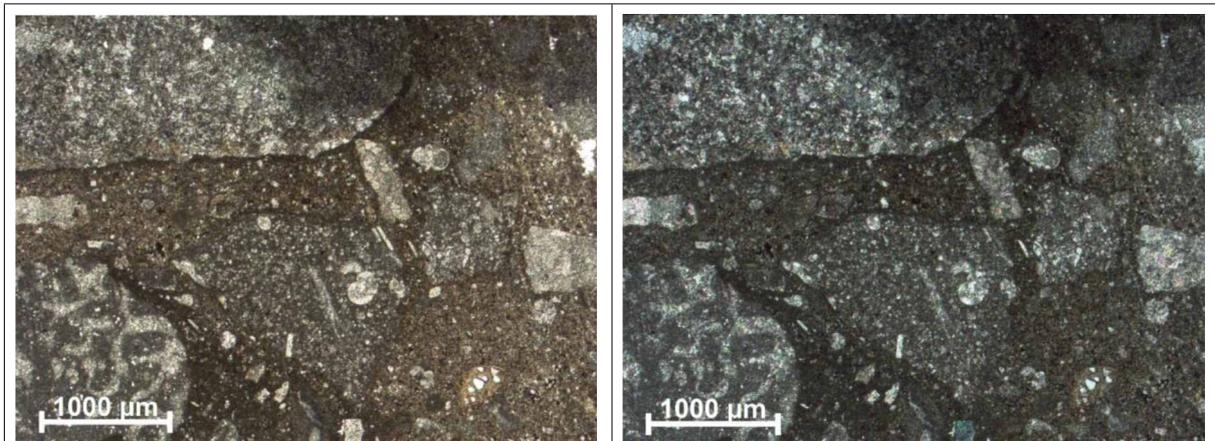


Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)

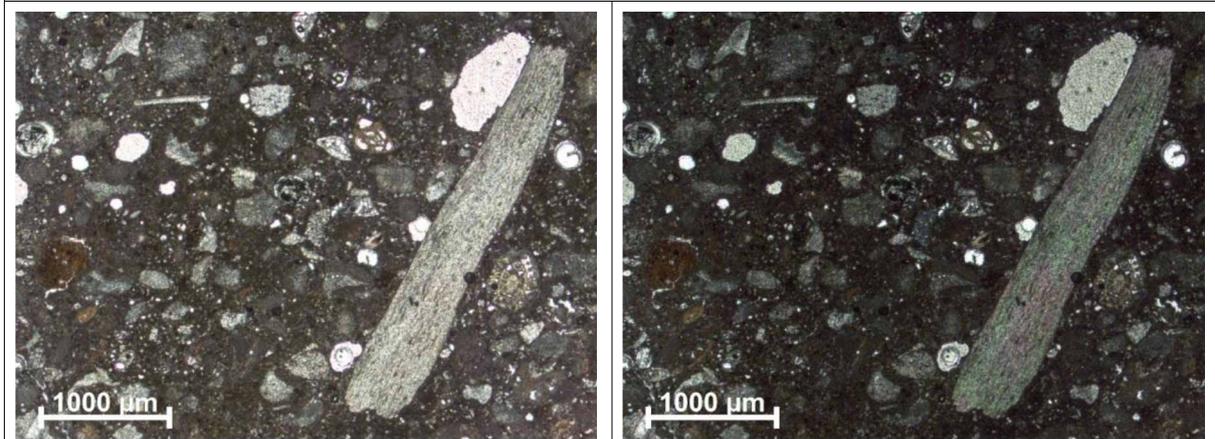
Composición similar a los otros ladrillos con abundante esqueleto con grandes fragmentos de carbonato.

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	BLOCCO 12 P1 PILAR HORMIGON
Foto del punto de muestreo	 A close-up photograph showing a person's hand using a chisel to chip away at a concrete pillar. The pillar has a greyish-green patina. In the background, a red-tiled roof and a metal railing are visible.
Imagen de la muestra	 A photograph of a small, irregularly shaped, light-colored concrete sample. Below the sample is a scale bar with alternating black and white segments, used for size reference.
Análisis XRD	Parte interna: calcita, dolomita, cuarzo, aragonito, silicatos de calcio

Observación y descripción de secciones delgadas bajo un microscopio óptico



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)

La muestra consiste en dos capas de mortero

La capa más interna está formada por un aglutinante hidráulico al que se le añade un agregado de carbonato muy grueso compuesto únicamente por fragmentos de rocas carbonatadas de dimensiones plurimilimétricas. Su forma angular sugiere que fue molida a partir de bloques más grandes. La relación L/A es de 1/3. La porosidad es baja.

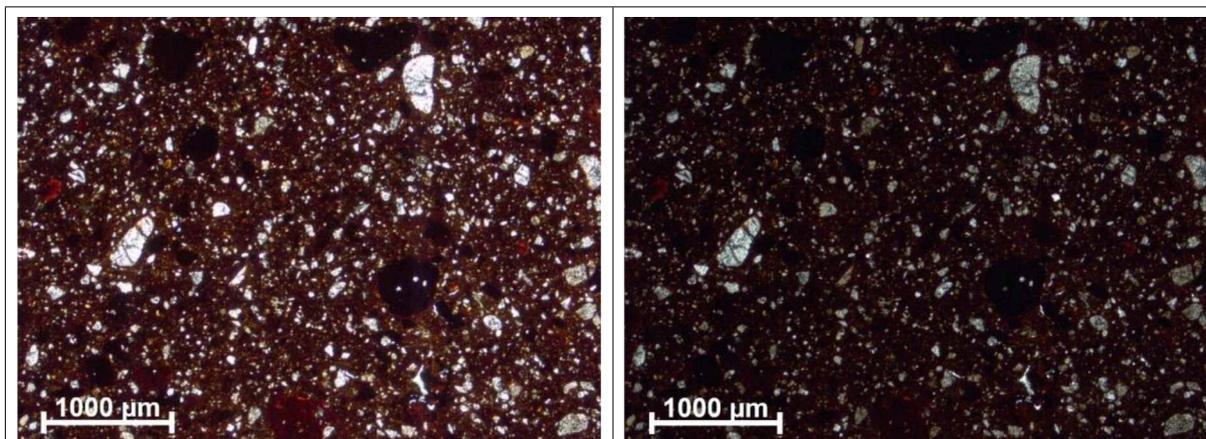
La capa más externa se realizó con un mortero hidráulico, cementicio, rico en restos de clinker, con abundante agregado de carbonato.

con abundantes agregados de carbonato. La relación L/A es de 1/3. Podemos reconocer fragmentos de rocas carbonatadas, recortes de algas, restos fósiles y algunos fragmentos de arcilla. La distribución del tamaño de las partículas es más homogénea y predomina la fracción fina (200-400 micras).

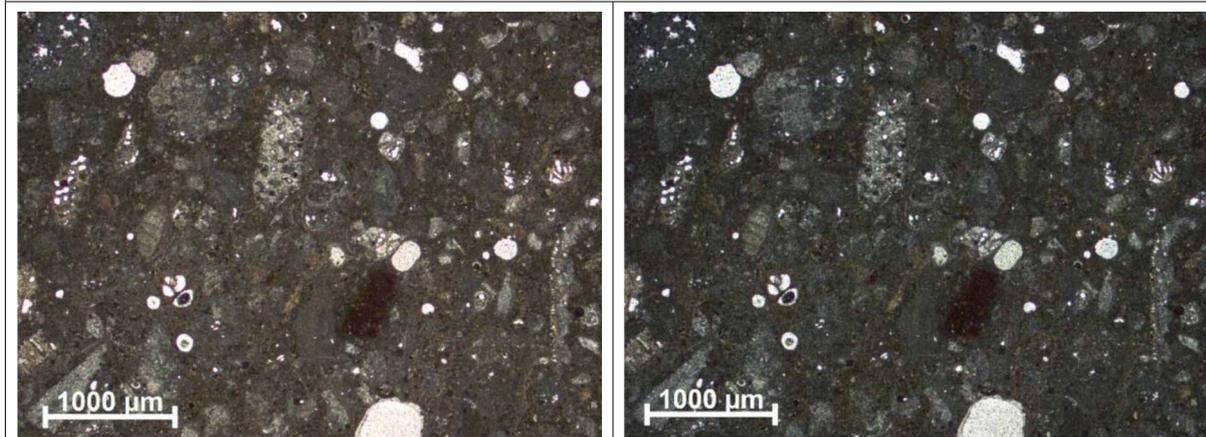
La porosidad es intermedia, y se debe principalmente a los poros de forma irregular.

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	BLOQUE 12 PAVIMENTACIÓN DE MORTERO Y LADRILLO
Foto del punto de muestreo	
Imagen de la muestra	
Análisis XRD	<p>Malta: calcita, aragonito, cuarzo Ladrillo: cuarzo, hematita, albita</p>

Observación y descripción de secciones delgadas bajo un microscopio óptico



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol ⊕)



Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol ⊕)

Ladrillo

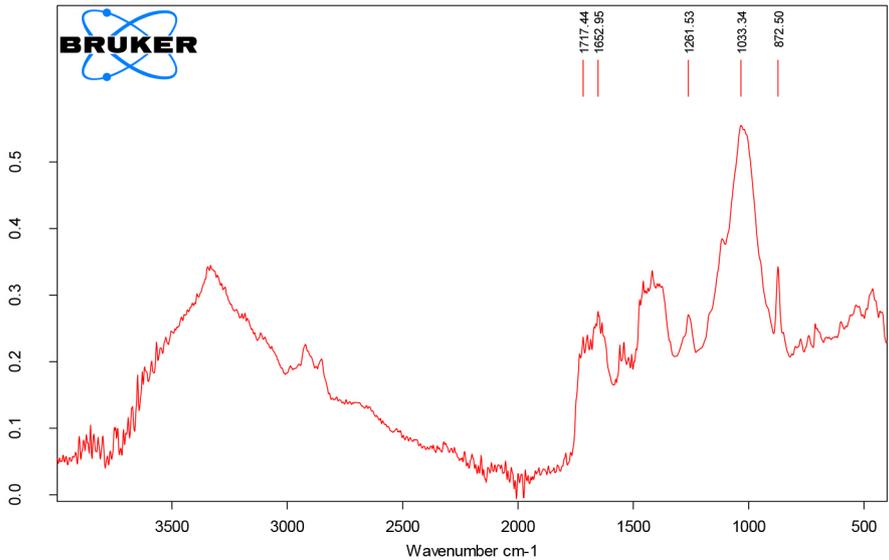
Masa base homogénea y opaca, esqueleto abundante de granulometría fina, compuesta principalmente por cuarzo y plagioclasa (albita) y óxidos de hierro (hematita). Desprovisto de un componente de carbonato en el esqueleto, es completamente diferente de las muestras anteriores.

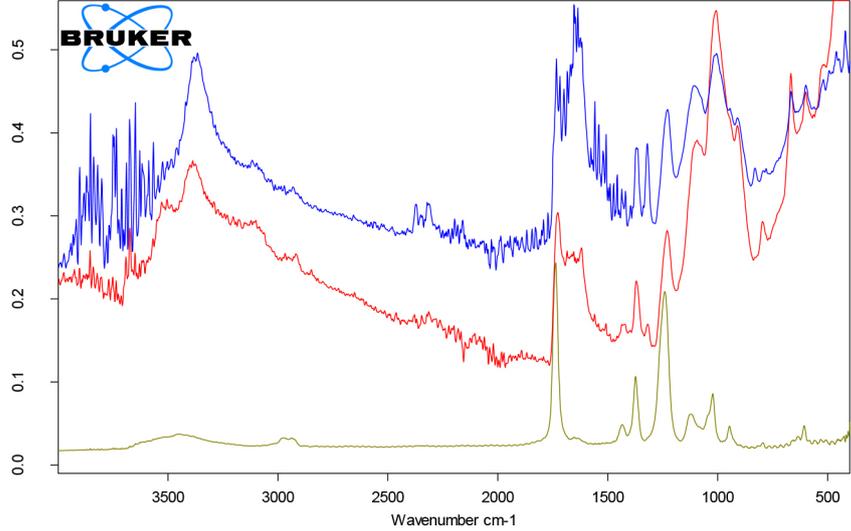
Mortero

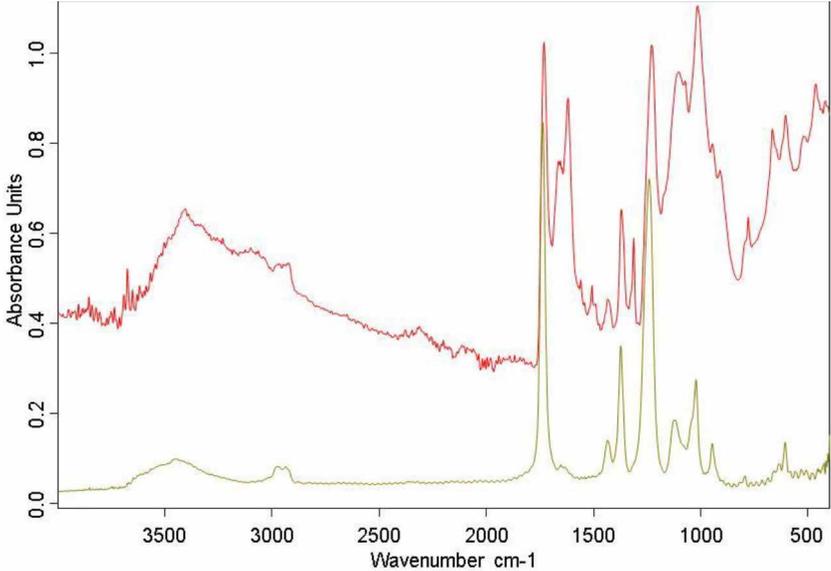
Mortero ligado hidráulicamente, con abundante agregado de carbonato. La relación L/A es de 1/3. Se pueden reconocer fragmentos de rocas carbonatadas, recortes de algas, restos fósiles.

La distribución del tamaño de las partículas es homogénea y predomina la fracción fina (200-400 micras), salvo algunos fragmentos más gruesos.

La porosidad es intermedia, y está dada principalmente por poros redondeados de forma irregular.

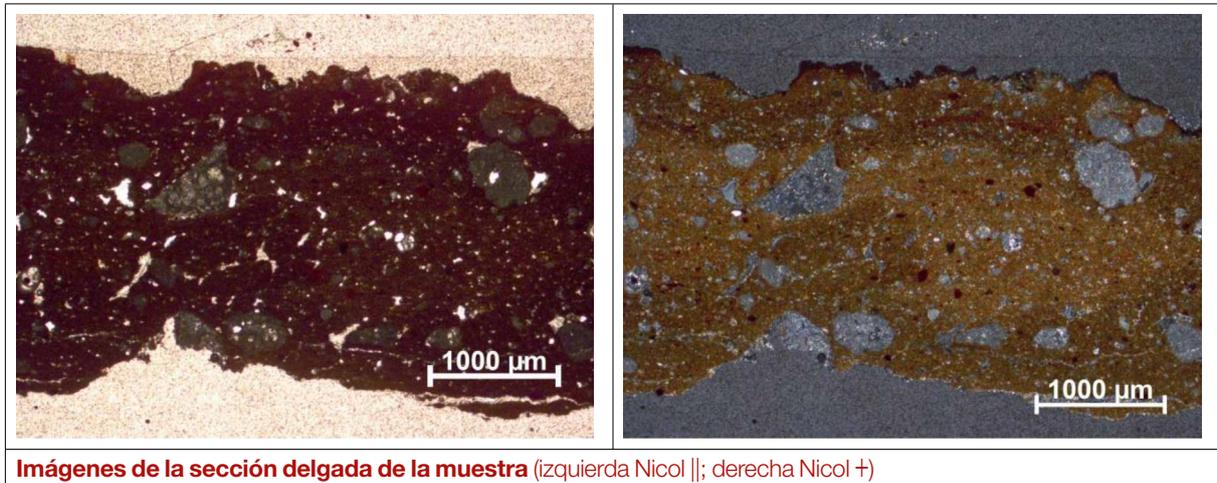
ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	MUESTRA DE PROTECTIVO DE LA PARED EXTERIOR
Foto del punto de muestreo	
Imagen de la muestra	
Análisis FTIR	 <p>hay material orgánico que no es fácil de identificar debido a la picos superpuestos con sustancias inorgánicas, calcita, silicatos.</p>

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	PELÍCULA PICTÓRICA BÓVEDA EXTERIOR
Foto del punto de muestreo	
Imagen de la muestra	
Análisis FTIR	 <p>Polivinilacetato (material orgánico), yeso, oxalatos, óxidos de Fe.</p>

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	PELÍCULA PICTÓRICA BÓVEDA BLOQUE 3
Foto del punto de muestreo	
Imagen de la muestra	
Análisis FTIR	 <p>Polivinilacetato (materia orgánica), sulfatos, oxalatos, silicatos.</p>

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	2A MUESTRA EN BRUTO
Foto del punto de muestreo	
Imagen de la muestra	

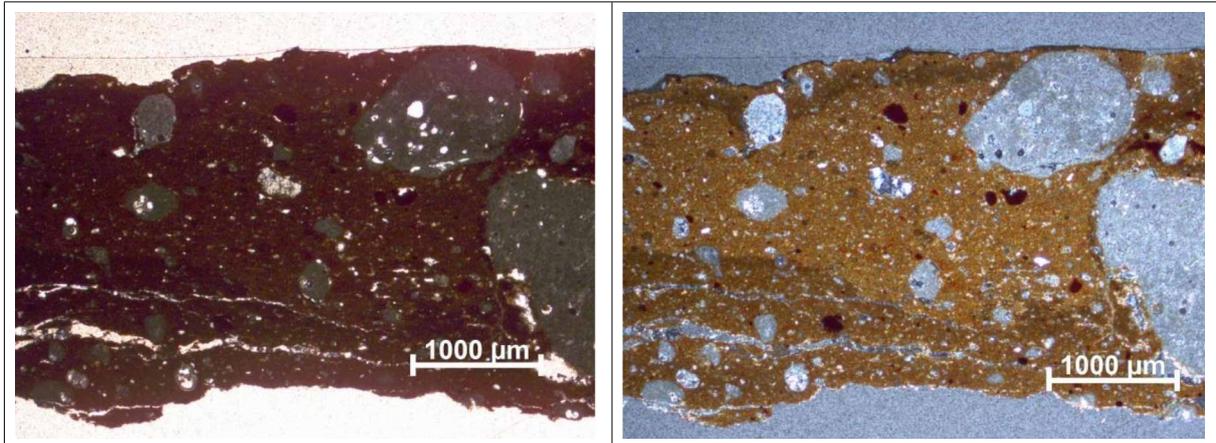
Observación y descripción de secciones delgadas bajo un microscopio óptico



De la porción de la muestra examinada en sección delgada se desprende la presencia de un fragmento de ladrillo con características típicas de la mayoría de las muestras examinadas anteriormente, masa de fondo birrefringente y esqueleto de carbonato grueso. En la superficie hay un aumento de la fracción fina, más rica en material arcilloso.

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	2B MUESTRA EN BRUTO
Foto del punto de muestreo	
Imagen de la muestra	

Observación y descripción de secciones delgadas bajo un microscopio óptico

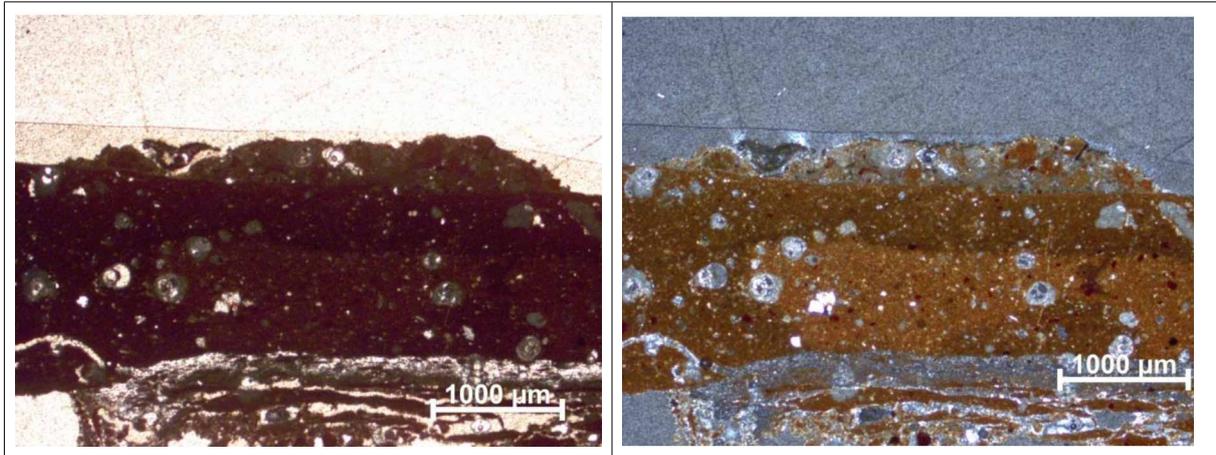


Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)

De la porción de la muestra examinada en sección delgada se desprende la presencia de un fragmento de ladrillo con características típicas de la mayoría de las muestras examinadas anteriormente, masa de fondo birrefringente y esqueleto de carbonato grueso.

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	2C MUESTRA LISA
Foto del punto de muestreo	
Imagen de la muestra	

Observación y descripción de secciones delgadas bajo un microscopio óptico

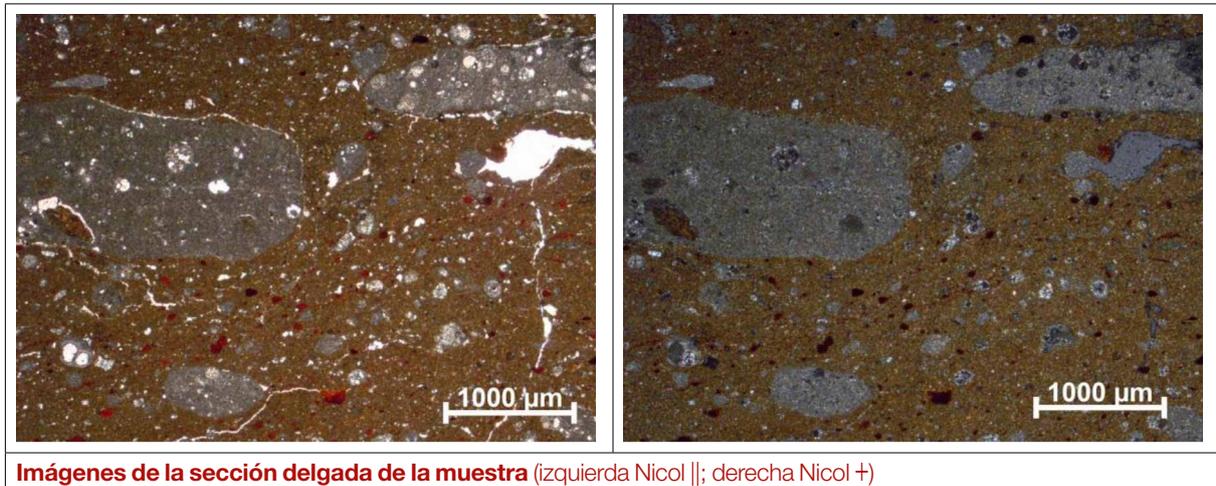


Imágenes de la sección delgada de la muestra (izquierda Nicol ||; derecha Nicol +)

La observación en sección delgada revela la presencia de un fragmento de ladrillo sobre el que se ha colocado una fina capa de mortero que imita al propio ladrillo. El espesor de esta capa es de aproximadamente 300 micras y se obtuvo mezclando cal y polvo de ladrillo muy fino.

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	MUESTRA 9 A
Foto del punto de muestreo	 A photograph showing a person's hands using a hammer and chisel to carefully remove a sample from a brick wall. The bricks are reddish-brown and set in a grey mortar. The person is wearing a white shirt. The sample being removed is a small, irregular piece of material from the mortar joint.
Imagen de la muestra	 A close-up photograph of the sample taken from the brick wall. The sample is a small, irregular, reddish-brown fragment with a rough, porous texture. It is placed next to a vertical scale bar with alternating black and white segments for size reference.

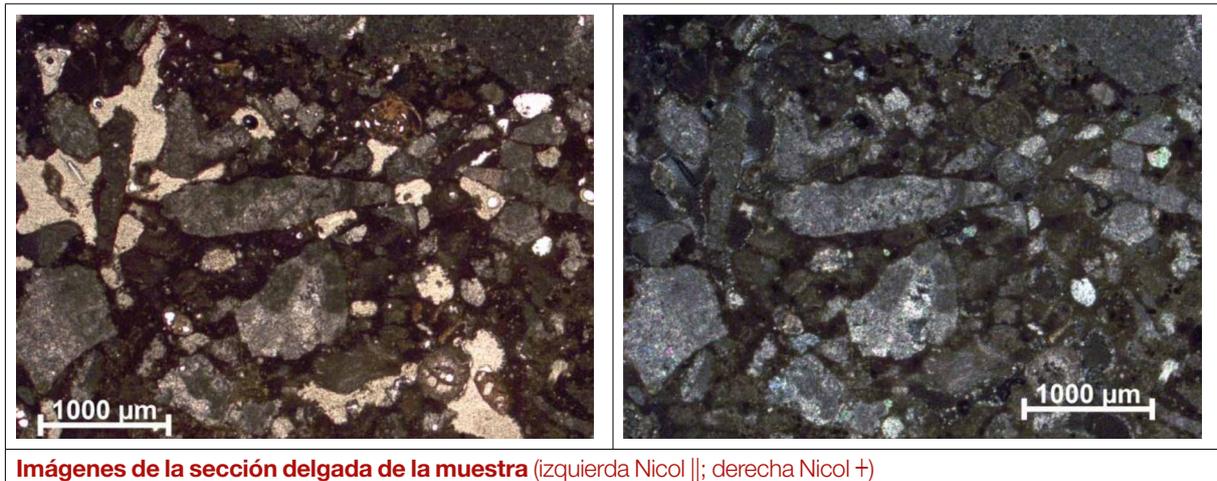
Observación y descripción de secciones delgadas bajo un microscopio óptico



La muestra 9A sigue siendo del tipo ladrillo con una masa base birrefringente y un esqueleto compuesto por grandes fragmentos de carbonato de tamaño variable (desde plurimilimétrico hasta 200 micras), algunos fragmentos fósiles y muy pocos gránulos de silicato; hay óxidos de hierro. Existe una importante red de grietas.

ID muestra	
Descripción de la muestra tomada	MUESTRA 1 A
Foto del punto de muestreo	 A photograph showing a person's hand reaching into a rectangular opening in a brick wall. The bricks are reddish-brown and laid in a traditional pattern. The hand is positioned to collect a sample from the interior of the hole.
Imagen de la muestra	 A close-up photograph of a triangular, porous, light-brown sample, likely made of mud or clay. The sample is placed on a white surface. Below the sample is a black and white scale bar for reference.

Observación y descripción de secciones delgadas bajo un microscopio óptico



Se trata de una muestra de mortero elaborado con abundantes áridos compuestos principalmente por fragmentos de roca carbonatada.

La muestra es muy porosa.

Conclusiones

La mayoría de los morteros analizados se obtuvieron mezclando un aglutinante hidráulico con un agregado de composición predominantemente carbonatada, formado por fragmentos fosilíferos, muy probablemente referibles a las arenas locales. La proporción media de aglutinante/agregado es de aproximadamente 1/2. Estos morteros son medianamente porosos.

Los morteros utilizados para las obras de restauración son a base de cemento y se obtienen mezclando un aglutinante de cemento con un agregado de carbonato.

Para la restauración de morteros, es conveniente utilizar cal hidráulica natural para la restauración de morteros desintegrados, debe prestarse especial atención a la piedra caliza utilizada ya que las cales hidráulicas naturales suelen producir aglutinantes de color avellana. Por lo tanto, será necesario evaluar la compatibilidad estética y físico-mecánica de los nuevos morteros con los originales.

Los ladrillos originales fueron cocidos a baja temperatura (pasta de fondo birrefringente) y tienen grandes inclusiones de carbonato. Estas características tecnológicas y de composición favorecen el desarrollo de mecanismos de degradación física y mecánica. Los ladrillos examinados presentan una importante red de grietas y un incipiente desprendimiento de fragmentos de carbonato de milímetros. Además, algunas muestras están afectadas por una intensa difusión de pátinas biológicas.

Para la restauración de algunos ladrillos se utilizaron morteros que imitan el propio ladrillo, obtenidas mezclando cal y polvo de ladrillo. A menudo es visible una fina capa de mortero de restauración por encima de estos para igualar el color.

También es posible suponer, debido a la diferente composición de las mezclas utilizadas para la restauración superficial de los ladrillos, que las intervenciones se llevaron a cabo en momentos diferentes.

En términos de tecnología y composición, las muestras de ladrillos del suelo son completamente diferentes.

Se recomienda el uso de productos a base de cloruro de benzoalconio para la restauración de ladrillos para eliminar las pátinas biológicas.

Son posibles diferentes enfoques para la restauración de ladrillos, pero deben ser validados a través de experimentos dedicados:

- consolidación mediante el uso de rechazo del silicato de etilo. Un problema que puede surgir es la formación de costras, especialmente en presencia de una alta humedad en los materiales.
- producción de morteros que imitan al ladrillo (aglutinante carbonatado o polimérico con adición de polvo de ladrillo). En este caso, un parámetro a considerar con atención sería el de la adhesión;
- hacer nuevos ladrillos, decapar el ladrillo subyacente para eliminar la parte alterada e insertando el nuevo.

