

University of Cantabria / University of Granada

Organizers:



REHABEND 2020

Euro-American Congress

CONSTRUCTION
PATHOLOGY,
REHABILITATION
TECHNOLOGY AND
HERITAGE MANAGEMENT

Granada (Spain) - March 24th-27th, 2020

Sponsor entities:



Patronato de la Alhambra y
Generalife
CONSEJERÍA DE CULTURA Y
PATRIMONIO HISTÓRICO



REHABEND 2020

**CONSTRUCTION PATHOLOGY, REHABILITATION TECHNOLOGY AND
HERITAGE MANAGEMENT**

(8th REHABEND Congress)

Granada (Spain), March 24th-27th, 2020

PERMANENT SECRETARIAT:

UNIVERSITY OF CANTABRIA

Civil Engineering School

Department of Structural and Mechanical Engineering

Building Technology R&D Group (GTED-UC)

Avenue Los Castros s/n 39005 SANTANDER (SPAIN)

Tel: +34 942 201 738 (43)

Fax: +34 942 201 747

E-mail: rehabend@unican.es

www.rehabend.unican.es

REHABEND 2020

ORGANIZED BY:



UNIVERSITY OF CANTABRIA (SPAIN)
www.unican.es // www.gted.unican.es



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

UNIVERSITY OF GRANADA (SPAIN)
www.ugr.es

CO-ORGANIZERS ENTITIES:



CHILE-UNIVERSIDAD AUSTRAL
DE CHILE



ITALY-POLITECNICO DI BARI



MEXICO-UNIV. MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO



PERU-UNIVERSIDAD NACIONAL
PEDRO RUIZ GALLO



PORTUGAL-UNIVERSIDADE
DE AVEIRO



PORTUGAL-INSTITUTO SUPERIOR
TÉCNICO | UNIV. DE LISBOA



SPAIN-TECNALIA RESEARCH &
INNOVATION



SPAIN-UNIVERSIDAD DEL
PAÍS VASCO



SPAIN-UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
DE CATALUÑA



SPAIN-UNIVERSIDAD DE BURGOS



SPAIN-UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
DE MADRID



SPAIN-UNIVERSIDAD DE SEVILLA



SPAIN-UNIVERSIDAD EUROPEA
MIGUEL DE CERVANTES



UNITED STATES OF AMERICA-
UNIVERSITY OF MIAMI



URUGUAY-UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA

CONGRESS CHAIRMEN:

IGNACIO LOMBILLO
MARIA PAZ SÁEZ

CONGRESS COORDINATORS:

HAYDEE BLANCO
YOSBEL BOFFILL

EDITORS:

IGNACIO LOMBILLO
HAYDEE BLANCO
YOSBEL BOFFILL

INTERNATIONAL SCIENTIFIC ADVISORY COMMITTEE:

HUMBERTO VARUM – UNIVERSITY OF AVEIRO (PORTUGAL)
PERE ROCA – TECHNICAL UNIVERSITY OF CATALONIA (SPAIN)
ANTONIO NANNI – UNIVERSITY OF MIAMI (USA)

The editors does not assume any responsibility for the accuracy, completeness or quality of the information provided by any article published. The information and opinion contained in the publications of are solely those of the individual authors and do not necessarily reflect those of the editors. Therefore, we exclude any claims against the author for the damage caused by use of any kind of the information provided herein, whether incorrect or incomplete.

The appearance of advertisements in this Scientific Publications (Printed Abstracts Proceedings & Digital Book of Articles - REHABEND 2020) is not a warranty, endorsement or approval of any products or services advertised or of their safety. The Editors does not claim any responsibility for any type of injury to persons or property resulting from any ideas or products referred to in the articles or advertisements.

The sole responsibility to obtain the necessary permission to reproduce any copyright material from other sources lies with the authors and the REHABEND 2020 Congress can not be held responsible for any copyright violation by the authors in their article. Any material created and published by REHABEND 2020 Congress is protected by copyright held exclusively by the referred Congress. Any reproduction or utilization of such material and texts in other electronic or printed publications is explicitly subjected to prior approval by REHABEND 2020 Congress.

ISSN: 2386-8198 (printed)

ISBN: 978-84-09-17871-1 (Printed Book of Abstracts)

ISBN: 978-84-09-17873-5 (Digital Book of Articles)

Legal deposit: SA - 132 - 2014

Printed in Spain by Círculo Rojo

1.- PREVIOUS STUDIES

1.1.- Multidisciplinary studies (historical, archaeological, etc.).

21	METHODOLOGY FOR PREVENTIVE CONSERVATION OF LINEAR LANDSCAPE IN CITIES <i>Ros Torres, Josefa; García-León, Josefina; Vázquez Arenas, Gemma</i>	2
32	THE EVOLUTION OF CONSTRUCTION TECHNIQUE THROUGH THE HISTORY OF ENTERPRISE: THE FEAL <i>Mornati, Stefania</i>	10
34	DOCUMENTING CULTURAL HERITAGE THROUGH INVENTORY <i>Prata, Maria Catharina Reis Queiroz; Carneiro, Silvana Monteiro de Castro</i>	18
52	THE CONSTRUCTION TECHNOLOGY IN SPANISH COLONIES. A CATHEDRAL IN WESTERN COLOMBIA <i>Carvajal, Henry H.; Ochoa, Juan C.</i>	26
78	THE TRANSFORMATION OF MEDIEVAL CHURCHES DURING THE BAROQUE ERA IN SZEKLERLAND <i>Csenge, Gergely</i>	35
97	GOTHIC TRACE OF CARAGOL SOBIRANES OF SANTA CATERINA'S TOWER OF TORTOSA'S CATHEDRAL <i>Lluis i Ginovart, Josep; Lluis i Teruel, Cinta</i>	43
115	THE "PALAZZO DEL GOVERNO" IN TARANTO: AT BEGINNINGS OF A TYPICAL "ITALIAN" STYLE <i>Pagliuca, Antonello; Gallo, Donato; Trausi, Pier Pasquale</i>	51
138	PROPOSAL AND APPLICATION OF MASSH – A HOUSING HEALTH AND SAFETY ASSESSMENT MODEL FOR PORTUGAL <i>Monteiro, Marisa; Silva, Tiago; Pastorinho, M. Ramiro ; Lanzinha, João C.G.</i>	59
159	VISUAL RELATIONSHIP BETWEEN MONUMENTS FROM THE PAST AND CONTEMPORARY ARCHITECTURE. MASTERPIECES BY ANDREA PALLADIO AND NEW SPATIAL CONNECTIONS <i>Pietrogrande, Enrico; Dalla Caneva, Alessandro</i>	67
188	FACTORS THAT PREVENT EFFECTIVE ARTICULATION OF THE PROVINCE OF THE UNION WITH THE PROGRESSIVE DEVELOPMENT OF THE AREQUIPA REGION <i>Cusihuamán Sisa, Gregorio Nicolás</i>	78
197	ANCIENT LIME KILNS: TRADITION, MANUFACTURING AND USE OF LIME IN THE PROVINCE OF GRANADA (ANDALUCIA) <i>Galdó-Ceballos, E.; Arizzi, A.; Sebastián-Pardo, E.</i>	86
200	CHEMICAL, MINERALOGICAL AND PHYSICAL CHARACTERIZATION OF LIGHTWEIGHT BRICKS WITH THE ADDITION OF SAWDUST FOR USE IN CONSTRUCTION AND PRESERVATION OF ARCHITECTURAL HERITAGE <i>Aurrekoexea, Itziar; Cultrone, Giuseppe</i>	94
229	FROM HISTORICAL ANALYSIS TO STRUCTURAL STRENGTHENING. THE CASE OF THE FORMER CONVENT OF SAN ROCCO IN SORAGNA (PR) <i>Otoni, Federica; Celli, Sofia; Mambriani, Carlo</i>	102
259	TRADITIONAL HOUSING IN LAMBAYEQUE - PERU - REMARKABLE AND HERITAGE VALUE ASPECTS THAT CONTRIBUTE TO ITS SUSTAINABILITY <i>Zárate, Eduardo; Chirinos, Haydeé; Morales, Nicolás</i>	111
260	VICEREGAL HOUSING FACADES IN LAMBAYEQUE - PERU: STUDIES FOR THEIR ENHANCEMENT <i>Chirinos, Haydeé; Zárate, Eduardo; Morales, Nicolás</i>	121
261	THE MODERN MOVEMENT HERITAGE: PROTO-BIOCLIMATIC SOLUTIONS AND BUILDING ELEMENTS <i>Franchini, Caterina; Mele, Caterina</i>	130
268	THE HISTORICAL STUDY IN THE BENIGNO MALO SCHOOL, ITS INCIDENCE IN THE RESTORATION PROJECT AND CONTEMPORARY ARCHITECTURE <i>Cardoso, Fausto; Ullauri, Marlene; Rodas, Tatiana; Jaramillo, Paola</i>	141
285	SPATIAL ANALYSIS OF FINNISH ARCHITECT JUHA LEIVISKÄ'S CHURCHES AND THEIR LINK WITH DE STIJL DUTCH GROUP CONSTRUCTIONS <i>Díez-Blanco, M. Teresa; Millán-Gómez, Antonio</i>	152
287	URBAN-BUILDINGS PERMANENCES IN POST-FRENCH SEVILLE (XIX-XX CENTURY): PLANIMETRIC RECOMPOSITION AND SEQUENTIAL HYPOTHESIS <i>Navarro-de-Pablos, Javier; Navas-Carrillo, Daniel; Rodríguez-Lora, Juan-Andrés; Pérez-Cano, Teresa</i>	162

288	SEGOVIAN SHEEP SHEARING BUILDINGS DURING XVII AND XVIII CENTURIES. REDISCOVERING LOST TRANSHUMANCE HERITAGE, THROUGH GRAPHIC RECONSTRUCTION OF ITS BUILDINGS <i>Gutiérrez, Nicolás</i>	170
291	THE IRONWORK, TOOL FOR THE ANALYSIS OF HISTORIC URBAN LANDSCAPE IN LARBI BEN M'HIDI STREET IN ALGIERS (ALGERIA) <i>Belouchrani, Ouahiba</i>	178
324	PROTOCOLS AND SAMPLING OF ANALYSIS OF MATERIALS FOR THE CHRONOLOGICAL STUDY AND INTERVENTION TECHNIQUES: TOWER PIMENTEL OF TORREMOLINOS, MÁLAGA <i>Pérez-Lomas, Lucía; Ruiz-Jaramillo, Jonathan; García-Pulido, Luis José</i>	187
325	THE ROLE OF ITALIAN IN ARCHITECTURAL CONSERVATION MOVEMENT IN IRAN <i>Shiasi, Nasim; Panahy, Mahmood</i>	195
331	CONSERVATION OF THE FORTIFIED WALLS OF THE ALHAMBRA: PRELIMINARY RESULTS ON THE ORIGINAL AND REPAIR MATERIALS OF THE TOWER OF THE HEADS <i>Crespo-López, Laura; Arizzi, Anna; Sebastián Pardo, Eduardo; Ruíz-Sánchez, Antonio</i>	202
360	THE POWER BEHIND ARCHITECTURE. MODERN BUILDINGS USED AS STRATEGY TO EXPRESS A POLITICAL IDEOLOGY IN THE CARIBBEAN <i>Flores Sasso, Virginia; Fernández Flores, Gabriela; Prieto Vicioso, Esteban</i>	210
366	SHELL CONCRETE STRUCTURES IN VALENCIAN REGION (SPAIN) CATALOGUE <i>Arnau, Fernando; Serrano, Begoña; Fenollosa, Ernesto</i>	222
383	THE TECHNIQUE OF THE ARABAN QANAT IN THE LOW BASIN OF THE HENARES RIVER, AN HIDDEN HERITAGE <i>Fernández Tapia, Enrique José; Ramírez González, Ildefonso</i>	232
410	CHARACTERIZATION OF THE BUILDING STOCK HERITAGE ORIENTED TO STUDIES OF SEISMIC VULNERABILITY AT URBAN SCALE: CASE STUDY HISTORIC CENTRE OF CUENCA, ECUADOR <i>Quezada, Rosa; Jiménez, Juan; García, Hernán; Calderón, José</i>	240
420	RESULTS IN GRANADA OF THE METROLOGICAL INTERPRETATION OF HERITAGE BUILT BY ANTHROPOMETRIC RULES <i>Roldán-Medina, Francisco Javier</i>	252
511	GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL STUDY OF EL PENDO CAVE (CANTABRIA, NORTHERN SPAIN) <i>Sánchez-Carro, Miguel; Bruschi, Viola</i>	260
526	PROPOSAL OF A SIMPLIFIED APPROACH FOR ASSESSING AND MAPPING FLOOD VULNERABILITY IN HISTORIC SITES: APPLICATION TO THE HISTORIC CITY CENTRE OF GUIMARÃES <i>Ferreira, Tiago Miguel; Miranda, Fabiana Navia</i>	268

1.2.- Heritage and territory.

95	EMPLOYERS AND EMPLOYEES: EACH ONE IN HOME THE TUNA FISHERMEN AND THE COMPANY'S OWNERS <i>Batista, Nuno; Gonçalves, Marta Marçal</i>	274
121	TERRITORY AND DRYSTONE WALLS. COMPARATIVE OF CASE STUDIES IN CENTRAL AND SOUTHERN PORTUGAL <i>Gonçalves, Marta Marçal; Prates, Gonçalo; Pérez-Cano, María Teresa; Rosendahl, Stefan</i>	282
129	CLIMATE CHANGE AND ADAPTATION ON CULTURAL HERITAGE IN THE FACE OF SEA LEVEL RISE. A PERSPECTIVE FROM INSULARITY <i>García Sánchez, Francisco; García Sánchez, Héctor</i>	290
132	NEITHER BOUNDARIES NOR BARRIERS. INTERNATIONAL INTERACTIONS BETWEEN THE CITIES OF SANTANA DO LIVRAMENTO (BRAZIL) AND RIVERA (URUGUAY) <i>Prestes, Laura Roratto; Gonçalves, Marta Marçal</i>	298
139	SALT: THE WHITE GOLD OF ALGARVE <i>Susano, Cátia Loios; Gonçalves, Marta Marçal</i>	306
181	ARCHAEOLOGICAL SITES IN MEXICO AND THEIR RELATION WITH IMMEDIATE HUMAN SETTLEMENTS: DECONSTRUCTIVE IDENTITY <i>Álvarez, María del Pilar; Nava, José María Wildford</i>	314
231	MUELLE DE LEVANTE MASTER PLAN IN HUELVA PORT. PLANNING THE REHABILITATION OF THE PORTUARY INDUSTRIAL HERITAGE TO THE REALITY OF PORT-CITY INTEGRATION <i>Gómez Melgar, Sergio; Carrasco Conejo, María José; Vera González, César; Olmedo Rivas, Javier; Andújar Márquez, José Manuel; Martínez Bohórquez, Miguel Ángel</i>	323

CODE 324

PROTOCOLS AND SAMPLING OF ANALYSIS OF MATERIALS FOR THE CHRONOLOGICAL STUDY AND INTERVENTION TECHNIQUES: TOWER PIMENTEL OF TORREMOLINOS, MÁLAGA

PROTOCOLOS Y MUESTREO DE ANÁLISIS DE MATERIALES PARA EL ESTUDIO CRONOLÓGICO Y TÉCNICAS DE INTERVENCIÓN: LA TORRE PIMENTEL DE TORREMOLINOS, MÁLAGA

Pérez-Lomas, Lucía¹; Ruiz-Jaramillo, Jonathan²; García-Pulido, Luis José³

1: Universidad de Málaga
e-mail: luciaperlomas@uma.es

2: Departamento de Arte y Arquitectura. Universidad de Málaga
e-mail: jonaruizjara@uma.es

3: Departamento de Arte y Arquitectura / Laboratorio de Arqueología y Arquitectura de la ciudad (LAAC, EEA, CSIC). Universidad de Málaga
e-mail: luis.garcia@uma.es

RESUMEN

El análisis material de los paramentos de un edificio a través de la lectura de sus materiales constitutivos presenta interés histórico y científico. La aplicación de técnicas de tipo arqueométrico permite establecer una cronología, al determinar la relación entre el material y la época de construcción. Además, el conocimiento de sus propiedades físicas y químicas proporciona una guía en el proceso de toma de decisiones respecto a la propuesta de técnicas de intervención a aplicar para su recuperación. La Torre de Pimentel o de los Molinos, situada en la localidad de Torremolinos (Málaga) formaba parte de la cadena defensiva que el reino nazarí de Granada erigió a lo largo de la costa, vinculada a su sistema de alquerías. En este artículo se expone la metodología y protocolo seguido al objeto de caracterizar e identificar los materiales empleados en su construcción, así como en los revestimientos de diferente cronología que se superponen sobre sus muros, con la finalidad de emplazar en su contexto histórico-arqueológico las diferentes intervenciones. Los criterios para la extracción de estas muestras de materiales, pertenecientes al patrimonio cultural, pasa por la elaboración de un registro adecuado de la toma de muestras y de un procedimiento de obtención que minimice el daño sobre el bien cultural. Así, en una primera fase se ha desarrollado un protocolo específico para la toma y análisis de muestras. En este, el papel principal es adoptado por una serie de fichas que se diseñan para recoger la información necesaria para la investigación, como el tipo de material, número de muestras, así como su geolocalización. Además, se recogen las técnicas de análisis y caracterización a emplear en el análisis de morteros históricos, así como en el material biológico encontrado, como la madera. En segundo lugar, se ha concretado el procedimiento para la extracción y toma de muestras de estas maderas y morteros, dado que este depende del tipo de material a muestrear, así como de las propiedades químico-mineralógicas, petrográficas y físicas que se quieran determinar. A modo de conclusión, se exponen los resultados obtenidos en los análisis realizados.

PALABRAS CLAVE: Patrimonio; torre; muestras; mortero; madera.

1. INTRODUCCIÓN

La Torre de los Molinos o Torre Pimentel, situada en la población de Torremolinos (Málaga) fue levantada por los nazaríes hacia 1300, siendo una de las piezas de la cadena de torres defensivas que se erigieron a lo largo de la costa del antiguo Reino de Granada. Aparece con este nombre ya en las Ordenanzas de 1497, si bien más adelante se le llamó Torre de Pimentel, en recuerdo de un militar que asistió a los Reyes Católicos en la toma de Málaga. El interés en esta fortaleza prima, por un lado, en su buen estado de conservación y, por otro, en su ubicación, situada en la parte alta de un acantilado. Servía para la defensa de los manantiales y los molinos harineros que existían en la zona. De hecho, este monumento ejerce hoy de histórica referencia en pleno centro de la ciudad. La Torre Pimentel está identificada como un “Bien de Interés Cultural” con un nivel de protección de grado 1, Integral según los datos contrastados en el PGOU, en la ficha de la Carta Arqueológica de Torremolinos (vigente en 2016) y las referencias localizadas en el Catálogo de Yacimientos Arqueológicos de Andalucía (1986-1991). En el Catálogo General del Patrimonio Histórico Andaluz aparece también inscrito como “Bien de Interés Cultural” con la tipología de monumento.



Figura 1: Estado actual de la Torre de Pimentel. Fuente: Memoria Preliminar de Análisis de estructuras emergentes del BIC Torre de Pimentel (Torremolinos)

Esta Atalaya defensiva tiene forma de prisma rectangular y una altura aproximada de 17 metros (Figura 1). Orientada de norte a sur. La mitad inferior de la torre es completamente maciza, encontrándose el primer nivel a unos 9 metros de altura y el segundo nivel a unos 14 m aproximadamente. La última planta o azotea es la cubierta, con una superficie de 24 m².

En la fachada se puede observar la fábrica original de ladrillo trabado en el tapial mixto (Figura 2a), dejando huella en el paramento de cómo fue su sistema constructivo, mediante líneas de mechinales donde se disponían las agujas del tapial desaparecidas actualmente. Es un sistema constructivo utilizado en Andalucía a partir de la época almohade. Revestido con mortero de cal, para impermeabilizar la fábrica original y obtener mayor fijación de las agujas. Los piso o plantas son soportados con bóvedas de cañón (Figura 2b) y de espejo, generando distintos espacios interiores.

Los morteros constituyen un valor documental único relativo a las construcciones en las que se emplazan. Al ser fabricados “in situ”, aportan datos de carácter petrográfico, arquitectónico, histórico y arqueológico, del momento exacto de su fabricación, proporcionando una información excepcional del periodo en el que elaboraron y de las técnicas empleadas en su fabricación. Caracterizados los morteros e integrados con otro análisis de carácter histórico-arqueológico y arqueométrico se podrán definir fases y épocas constructivas de las edificaciones de procedencia [1]. En este artículo se establece la metodología práctica para la caracterización y datación de los materiales históricos de construcción de la Torre Pimentel.

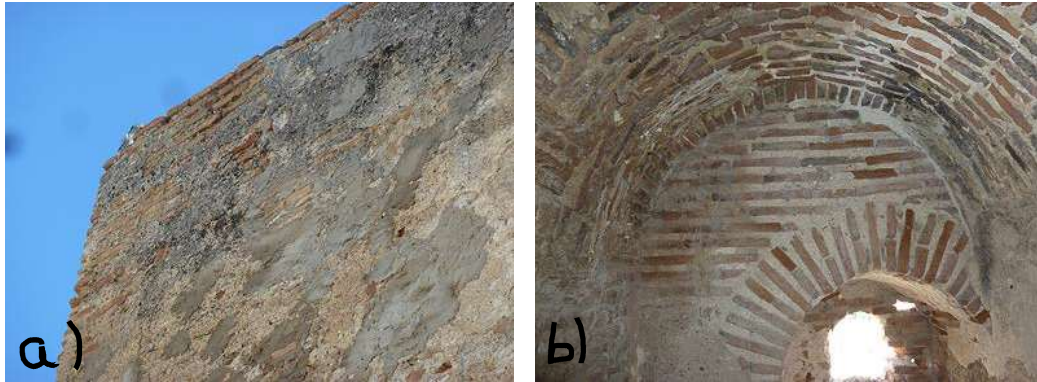


Figura 2: a) Detalle de la fábrica exterior trabada con el tapial y revestida con diferentes estratos de mortero.
b) Detalle de la bóveda de cañón en la sala de observación.

2. METODOLOGÍA

2.1 Toma de datos y muestras

La reciente intervención en la Torre Pimentel (2018-2019) para realizar un registro estratigráfico, así como un mapa de daños para redactar el Proyecto de ejecución de las obras de restauración ha posibilitado el acceso para realizar la toma de datos y muestras de materiales de construcción. Por ello, ha sido necesaria la estrecha colaboración de las Instituciones, en este caso, el Ayuntamiento de Torremolinos y de los responsables y técnicos especializados en la obra.

Previamente, se procedió a la inspección “in situ” de la torre con la finalidad de establecer los criterios más adecuados para la toma de muestras; aspectos macroscópicos relevantes de los materiales, funcionalidad de estos en el edificio (como unión de elementos constructivos, revestimiento), la historiografía de los materiales, e indicadores de alteración y patologías que presentaban [2].

Con el objetivo de realizar un muestreo representativo y de forma sistemática, fue elaborada una ficha técnica de trabajo siguiendo las indicaciones de la Norma UNE-EN 16085, que establece la metodología y los criterios para la extracción de muestras de los materiales del patrimonio cultural.

El muestreo se llevo a cabo a partir de las cartografías en detalle del edificio. El procedimiento se inicio con una exhaustiva documentación fotográfica de los puntos de muestra contando con el trabajo y ayuda de la dirección arqueológica. Las muestras corresponden a morteros, tanto constitutivos del tapial como de revestimiento, y a las maderas encontradas tanto en los dinteles como en los restos de agujas del tapial. Estas se tomaron “in situ” en zonas diferenciadas del edificio: a diferentes alturas, con distinta orientación geográfica, de zonas constructivas supuestamente diferentes. Paralelamente, se lleva a cabo la documentación gráfica mediante croquis y fotografías para poder encontrar la ubicación de la muestra. El proceso de extracción se realizó mediante el uso de herramientas como martillos y cincelos de distintos tamaños.

Se ha recogido un total de nueve muestras de mortero en diferentes localizaciones; en la planta primera - la sala de acceso - se extrajeron cuatro muestras, la SA-1 y SA-2 (Figura 3), que corresponden al mortero de juntas utilizado para formación de las jambas del hueco, mientras que en el muro opuesto se obtuvieron las otras dos muestras, SA-3 y SA-4. Pertenecen al mortero utilizado para la realización del tapial. Se observo que existía una diferencia de coloración en los distintos estratos que formaban el tapial como se puede observar en la Figura 4.



Figura 3: Muestreo en la Sala de acceso. Localización de los puntos de recogida de las muestras SA-1 y SA-2.

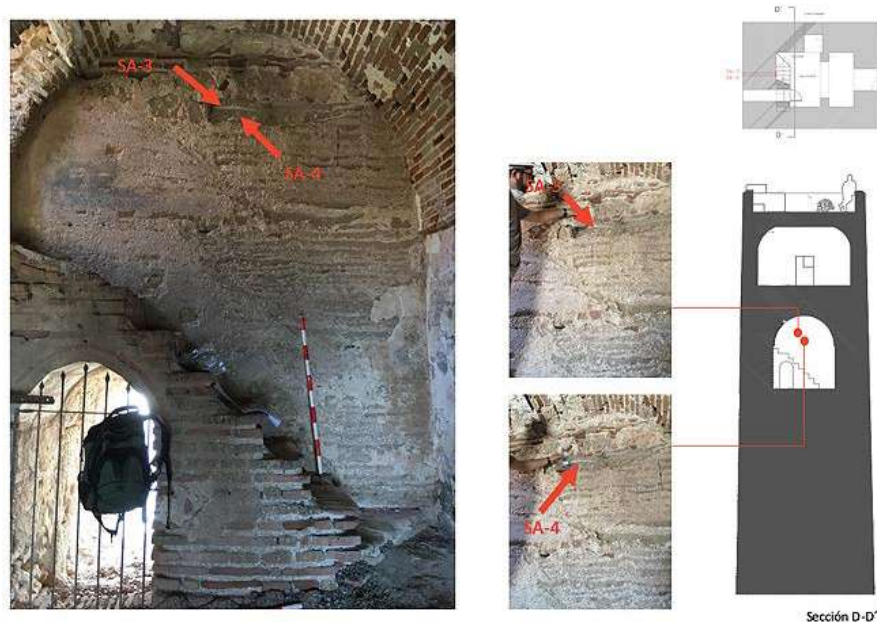


Figura 4: Muestreo en la Sala de acceso. Localización de los puntos de recogida de las muestras SA-3 y SA-4.

Otras cuatro muestras se localizan en la planta segunda, en la denominada sala de observación. Las muestras que se tomaron son tanto de mortero de revestimiento como de mortero de juntas. Respecto a las primeras (SO-0 y SO-1), corresponden a dos estratos diferentes, y creemos, a priori, a dos periodos constructivos diferentes (Figura 5). La muestra SO-2 (Figura 5) corresponde al mortero de juntas utilizado para la realización del arco, y la muestra SO-3 (Figura 5), al mortero utilizado en la construcción de la bóveda de cañón de dicha estancia.

La última muestra, P-1, se toma en la escalera que comunica la planta primera con la planta segunda, concretamente en el arco de paso (Figura 6). Se aprovecha una parte que está casi desprendida para no dañar el sistema constructivo.

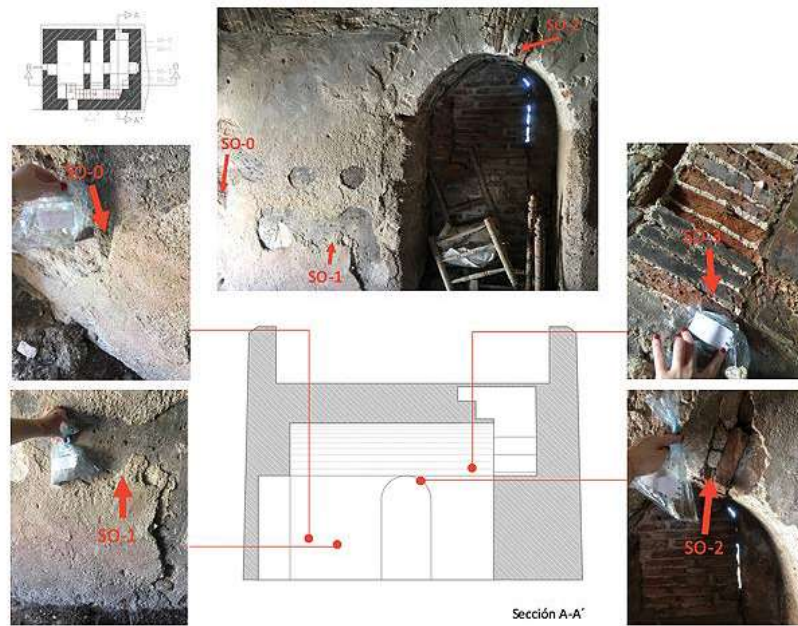


Figura 5: Muestreo en la Sala de observación. Localización de los puntos de recogida de las muestras SO-0, SO-1, SO-2 y SO-3.

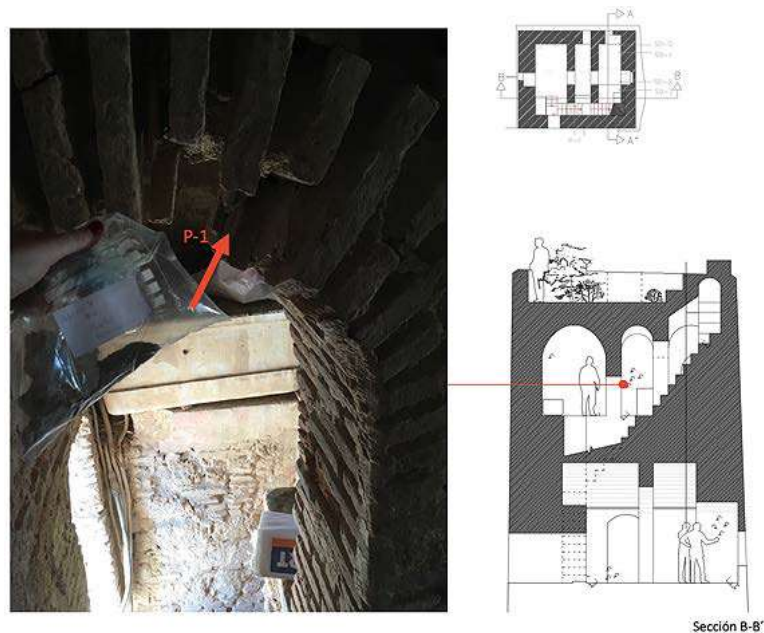


Figura 6: Muestreo en la escalera. Localización del punto de recogida de la muestra P-1.

En la Tabla 1 se presentan las muestras de mortero analizadas, indicando el tipo de mortero y su localización. La nomenclatura seguida en el muestreo asigna dos letras para indicar la localización de la muestra, la primera hace referencia a la sala de donde se ha extraído y la segunda al nombre de la sala, seguido de un número de referencia correlativo. Así a modo de ejemplo, SA-1 corresponde a la primera muestra recogida en la sala de acceso.

Además, se llevo a cabo un muestreo del material biológico. Se ha localizado madera tanto en los dinteles de los huecos de paso en la planta segunda como en el dintel del hueco de la fachada este en la planta primera, así como en el dintel del hueco de paso de la escalera de bajada a la planta primera. En total, se han extraído 12 muestras correspondientes a estos elementos constructivos. De igual modo, se

han encontrado restos de madera que corresponden a las agujas del tapial, tanto en el interior como en el exterior de la torre. En el interior se han tomado dos muestras y otra en el exterior. Por último, hay que indicar que también han aparecido restos de la cuerda que se utilizaba para atar las agujas, de la que también se obtuvo una muestra.

Tabla 1: Resumen de muestras analizadas y localización.

Muestra	Descripción	Localización/Orientación	Altura relativa
SA-1	Mortero de juntas	Planta primera (Sala de acceso). Jamba. Lateral este.	≈ 1 m
SA-2	Mortero de juntas	Planta primera (Sala de acceso). Jamba. Lateral este	≈ 0,5 m
SA-3	Tapial	Planta primera (Sala de acceso). Muro interior. Lateral oeste.	≈ 2,5-3 m
SA-4	Tapial	Planta primera (Sala de acceso). Muro interior. Lateral oeste.	≈ 2,5-3 m
SO-0	Mortero de revestimiento	Planta segunda (Sala de observación). Muro interior. Lateral este.	≈ 0,7-0,8 m
SO-1	Mortero de revestimiento	Planta segunda (Sala de observación). Muro interior. Lateral este.	≈ 0,5-0,6 m
SO-2	Mortero de juntas	Planta segunda (Sala de observación). Arco. Lateral este.	≈ 1'5-2 m
SO-3	Mortero de juntas	Planta segunda (Sala de observación). Bóveda. Lateral este.	≈ 1'5-2 m
P-1	Mortero de juntas	Escalera (Pasillo). Arco dintel.	≈ 1 m

2.2 Técnicas de análisis y caracterización

Muestras de mortero y tapial

La caracterización de los morteros lleva consigo un gran número de determinaciones; caracterización visual (método adoptado por los arqueólogos), morfológica, mineralógica-petrográfica y fisicoquímica (método adoptado por los tecnólogos).

La técnica de caracterización descrita en este artículo ha estado condicionada esencialmente por la disponibilidad de las muestras, y por la fase de estudio en la que nos encontramos, estudios previos. Inicialmente, solo se ha llevado a cabo la caracterización químico-mineralógica. Para la identificación se ha realizado un análisis cuantitativo de cada una de las muestras mediante difracción de rayos X, empleando para ello el método Rietveld de análisis de estructuras cristalinas.

Los datos de difracción de rayos X de polvo usando radiación $\text{CuK}\alpha 1$ (1.5406\AA) se registraron en los Servicios Centralizados de Apoyo a la Investigación (SCAI) de la Universidad de Málaga usando un difractómetro de PANalytical, modelo X'Pert PRO MPD que consta de cargador de muestras automático y portamuestras giratorio. En el camino del haz incidente el sistema óptico de este equipo consta de un monocromador primario que hace que la radiación que llega a la muestra sea monocromática. El sistema de detección consiste en un X'Celerator, con la longitud activa al máximo. Las medidas se realizaron de 4° a 70° (2θ) con calidad Rietveld cuantitativo y durante 3 horas. El tubo trabajó a 45kV y 40Ma y las muestras se giraron durante la medida con objeto de aumentar la estadística de partículas. La identificación cristalina y el análisis cuantitativo de fases se ha llevado a cabo por el método de Rietveld empleando el software de PANalytical High Score Plus.

Muestras de material biológico

Respecto a las muestras de madera conservadas, se encuentran en diversas oquedades de la torre, procedentes de las agujas o bien de los dinteles leñoso que todavía existen en los huecos [3]. Aún nos

encontramos en la fase de estudios previos de la torre, y las muestras de madera no han sido enviadas ni analizadas en el laboratorio. La utilización del método de datación por radiocarbono o carbono-14 (^{14}C), permitirá obtener información sobre la adscripción cronológica de la torre.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se recogen los resultados preliminares del análisis cuantitativo por DRX correspondiente a las muestras de morteros analizadas.

Tabla 2. Composición mineralógica en % de las muestras de mortero muestreadas.

Muestra	Calcita (%)	Dolomita (%)	Portlandita (%)	Cuarzo (%)	Halita (%)	Albita (%)	Yeso (%)
SA-1 Sala de acceso	55.3	0.9	-	37.2	1.3	5.0	-
SA-2 Sala de acceso	48.2	2.8	-	44.0	0.5	3.5	-
SA-3 Sala de acceso	70.0	0.1	0.4	23.6	0.7	2.7	-
SA-4 Sala de acceso	87.5	0.4	-	9.7	1.1	0.3	-
P-1 Pasillo arco escalera	87.3	0.6	0.2	9.4	1.9	-	-
SO-0 Sala Observación	91.3	0.1	-	6.8	1.8	-	-
SO-1 Sala Observación	41.5	2.3	0.5	47.7	1.1	5.7	-
SO-2 Sala Observación arco	90.0	-	-	6.4	1.5	-	1.3
SO-3 Sala Observación bóveda	1.6	10.0	-	2.5	0.5	-	84.5

La fase mineralógica predominante en todos los morteros es la calcita (CaCO_3), excepto en la muestra SO-3 que es el yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) con un 84.5 %. El cuarzo (SiO_2) es la segunda fase mineralógica más abundante. Como puede observarse en la Tabla 2, también han sido detectadas porciones menores de dolomita [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$], halita (NaCl) y en algunos casos albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$).

De las muestras correspondientes al mortero de cal, en cuatro de ellas, SA-4, P-1, SO-0 y SO-2, el porcentaje de calcita oscila entre el 87-92% como componente mayoritario, y el contenido en cuarzo varía entre 6-10%. Sin embargo, en las muestras SA-1, SA-2 y SO-1, la fase cristalina mayoritaria sigue siendo la calcita, pero baja la cantidad, oscilando entre el 41-56 %. El contenido en cuarzo sube significativamente respecto a las muestras anteriores, entre el 37-48 %. Respecto a la muestra SA-3, que se localiza en el tapial, el porcentaje de calcita (70%) disminuye respecto a la muestra SA-4 (87,5 %), y aumenta el contenido en cuarzo (23,6%) frente al 9,7 % que presenta la muestra SA-4. En la Figura 7, puede observarse una comparativa de los difractogramas representativos de las especies mineralógicas identificadas en esta tipología de morteros.

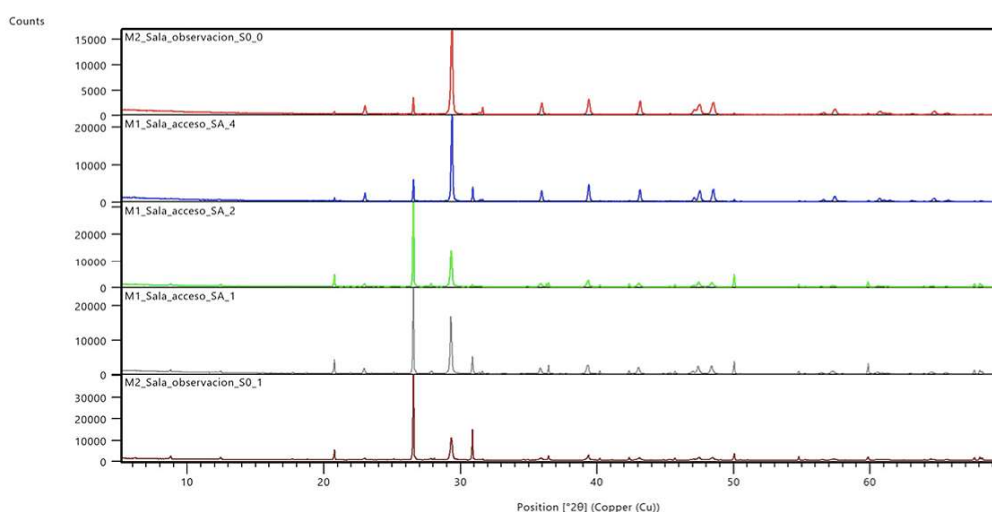


Figura 7: Comparativa de los difractogramas de las muestras SO-0, SA-4, SA-2, SA-1 y SO-1.

4. CONCLUSIONES

El estudio llevado a cabo sobre este tipo de materiales puede aportar información de tipo arqueométrico siempre que se pueda establecer una relación material-época. A estas conclusiones se puede llegar tras compaginar, previo a una valoración crítica, los datos obtenidos con las diversas técnicas de análisis y las hipótesis histórico-arqueológicas [4].

De los resultados obtenidos en la técnica de análisis utilizada, la difracción de rayos X, podemos concluir que son morteros antiguos más que hidratados y con la reacción de fraguado terminada. Tienen como cabe esperar alto contenido en calcita y cuarzo, estos son sus componentes principales. Se observa también la presencia de halita o cloruro sódico, es una sal muy común en las zonas de costa y minerales de tipo de los feldespatos o arcillas (en las muestras SA-1, SA-2, SA-3 y SO-1). También presentan distintas porciones de portlandita, y otros silicatos hidratados que se han formado durante el proceso de fraguado del mortero de cal. La muestra SO-3, es la que difiere del resto, tratándose de un mortero de yeso.

Los resultados, a priori, muestran tres tipos de morteros con una composición netamente diferentes, lo que indicaría tres etapas de intervención en la torre. Estos resultados, coincidirían con las hipótesis histórico-arqueológicas que se recogen en memoria preliminar de análisis de estructuras emergentes del BIC Torre de Pimentel, llevado a cabo por el Ayuntamiento de Torremolinos.

5. BIBLIOGRAFÍA

[1] Rojo, A. El análisis de morteros históricos como herramienta de datación e interpretación de técnicas y fases constructivas. Tesis doctoral. Universidad de Oviedo; 2015. <http://hdl.handle.net/10651/37264>.

[2] Igea J. Caracterización de los materiales de construcción del Mudéjar aragonés. Diseño de nuevos morteros para su aplicación en restauración. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza; 2011. <http://zaguan.unizar.es>

[3] Quesada, S, García, L.: Las Torres medievales del Valle de Segura de la Sierra o la construcción del paisaje. Análisis de la morfología y fábricas de las tapias de tierra y cal empleadas de las torres norte y sur de Santa Catalina. En: Construcción con tierra. Pasado, presente y futuro. Congreso de Arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2012. [on line]. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2013. P. 109-122 Disponible en internet: <http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2013/10tr-quesada.pdf>

[4] De la Torre, M.J. Estudio de los materiales de la construcción en la Alhambra. Monografía Arte y Arqueología. Universidad de Granada. IAPH; 1995.