

# Aproximación a la patología presentada en las construcciones de tierra. Algunas recomendaciones de intervención

*Approximation to the earth buildings pathology.  
Some recommendations of intervention*

M. A. Rodríguez<sup>(\*)</sup>, I. Monteagudo<sup>(\*\*)</sup>, B. Saroza<sup>(\*\*\*)</sup>, P. Nolasco<sup>(\*\*\*\*)</sup>, Y. Castro<sup>(\*\*\*\*)</sup>

## RESUMEN

En el presente artículo se ponen de manifiesto una serie de aspectos que es necesario tener presente a la hora de acometer un estudio sobre la patología presentada en las construcciones de tierra en general, y patrimoniales en particular.

Para ello, y tras proponer una serie de recomendaciones que contribuyan a un correcto diagnóstico de la patología presentada, se identifican las lesiones más características de este tipo de construcciones.

Por último, se proponen algunas pautas de intervención en función de la patología presentada, así como recomendaciones de carácter general para la conservación del patrimonio de estructuras de tierra.

## SUMMARY

*This article shows several points to consider in the study and conservation of the heritage of earth.*

*We show the most characteristic damages of these buildings and we propose some recommendations for the correct diagnostic of their pathology.*

*Finally, some recommendations for the conservation of this heritage are given.*

113.104

**Palabras clave:** patrimonio arquitectónico, construcción con tierra, patología de la construcción, construcción sostenible, conservación de edificaciones.

**Keywords:** heritage building, construction of earth, earth buildings pathology, sustainable construction, building conservation.

<sup>(\*)</sup> Universidad de Oviedo, Asturias (España)

<sup>(\*\*)</sup> Instituto Politécnico José Antonio Echeverría, Ciudad de la Habana (Cuba)

<sup>(\*\*\*)</sup> Universidad Central de Las Villas, Santa Clara (Cuba)

<sup>(\*\*\*\*)</sup> Centro Meteorológico Provincial de Villa Clara. CITMA, Santa Clara (Cuba)

Persona de contacto/Corresponding author: mangelrd@uniovi.es (M. A. Rodríguez)

## 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El término arquitectura de tierra, adoptado en 1980 por la Conferencia Internacional sobre Construcciones con Tierra realizada en Ankara, Turquía, por su referencia al material natural empleado para conformar el hábitat a lo largo de la civilización de múltiples naciones y pueblos, puede considerarse novísimo en el léxico del ramo. No obstante, en el ámbito internacional se observa cierta bipolaridad en el manejo de esta arquitectura. Por una parte, la praxis de países desarrollados como Estados Unidos, Inglaterra, Alemania y Francia, que han asumido un gran desarrollo tecnológico con rigor científico-técnico probado tanto en el campo de la conservación como en la nueva construcción. En otras naciones, como son los países africanos y latinoamericanos, las soluciones de construcción con tierra tienen una profunda fundamentación cultural y social por la práctica “del hacer” transmitida, en tanto las condiciones económicas no favorecen sustancialmente un desarrollo científico entorno a nuevas búsquedas y desempeños. Ante esta situación, puede afirmarse que el manejo global del tema demanda considerar ponderadamente las potencialidades tecnológicas que ofrece la tierra como material de construcción, y los valores culturales y arquitectónicos del producto resultante en un nivel intermedio de desarrollo económico.

La problemática general referida a la conservación del patrimonio histórico – arquitectónico – arqueológico construido con tierra, se aborda desde diversas disciplinas. Las investigaciones se han venido desarrollando con relación a la antropología y evolución tipológica de las estructuras, la preservación de sitios arqueológicos, la restauración arquitectónica, la patología constructiva, la metodología y técnicas de intervención, las investigaciones sobre la microestructura y composición química de la arcilla, la disminución del riesgo sísmico y otros desastres naturales, los casos prácticos, y las perspectivas tecnológicas y proyecciones futuras.

En Monteagudo (2001) (1) y en Dassler, L. et al. (1993) (2) se identifican los tipos de investigaciones, los objetos y objetivos de investigación más frecuentes, así como la demanda de estudios existentes.

El presente artículo tiene como objetivo general contribuir al conocimiento de las variables que intervienen en la investigación científica en el campo de la conservación del patrimonio y la edificación construida con tierra. Asimismo, como objetivos específicos se persigue proponer recomendaciones para un correcto diagnóstico de la patología presentada, identificar las lesiones más ca-

racterísticas de estas estructuras y proponer intervenciones posibles en función de las lesiones presentadas.

## 2. TRABAJOS REALIZADOS

El conjunto de trabajos realizados ha seguido una metodología que ha ido de lo general a lo particular, matizada por fases de retroalimentación y reformulación en la medida que se ha ido avanzando. Del análisis crítico de los especialistas consultados y de las experiencias de campo desarrolladas por los autores a lo largo de varios años de interacción con las construcciones de tierra, fundamentalmente en Cuba, Monteagudo (1), Saroza (3) y Rodríguez *et al.* (4), se ha organizado el trabajo en las siguientes etapas:

I. Investigación preliminar. Tuvo por objetivo realizar un sondeo bibliográfico sobre la generalidad del tema, así como la realización de proyectos y entrenamientos técnicos de construcción con tierra en Cuba con diferentes alcances. Permitió a los autores dominar el campo general del conocimiento.

II. Planteamiento inicial. Comprendió la delimitación del problema de estudio, las hipótesis de investigación, los objetivos a alcanzar y los instrumentos de investigación científica a utilizar.

III. Profundización en el marco teórico de referencia. En esta fase se identificaron los conceptos y teorías necesarias para la fundamentación de las recomendaciones que se generan en el presente estudio.

IV. Estudio de campo. Para la caracterización y evaluación de las construcciones con tierra se desarrolló un estudio de campo que comprendió el 30% de las edificaciones de tierra presentes en el Centro Histórico de La Habana, con distinto grado de protección y diferentes lesiones.

V. Análisis y discusión de los aspectos relativos a la tipología constructiva de tierra. En esta etapa se sistematizaron los resultados referentes a los tipos de edificaciones y sus partes componentes.

VI. Análisis y discusión de los aspectos relativos a la diagnosis de la patología característica de las construcciones con tierra. Al igual que la anterior permitió sistematizar y generalizar la patología característica de las construcciones con tierra estudiadas.

VII. Elaboración de las recomendaciones para la conservación del patrimonio en este campo.

### 3. RECOMENDACIONES PARA UN CORRECTO DIAGNÓSTICO

Para el diagnóstico de la patología de las construcciones con tierra se suele aplicar una metodología de campo y otra de laboratorio, en el estudio de las causas, formas y mecanismos de alteración que han tenido lugar.

Como punto de partida para una diagnosis profunda que redunde en el diseño de subsiguientes tratamientos e intervenciones es imprescindible el conocimiento de las propiedades que presentan los distintos materiales de construcción y su respuesta ante los agentes y acciones exteriores.

Por otro lado, el estudio tanto de los materiales como de los elementos constructivos, se ha focalizado tradicionalmente en la tierra y en los morteros adyacentes por considerárseles los elementos esenciales en estas fábricas. Tomando como base los estudios realizados por CRATerre (5) y DGEMN (6), consideramos que el esfuerzo debe concentrarse en una diferenciación y diseño metodológico siguiendo las siguientes etapas:

- I. Toma de datos preliminar, constatación y medición de los síntomas de alteración.
- II. Monitoreo de la evolución de los síntomas.
- III. Investigación de las causas.
- IV. Investigación del origen de las causas.
- V. Evaluación de los síntomas o indicadores de alteración mediante los métodos de ensayos y técnicas de diagnóstico y según la magnitud de los indicadores macroscópicos de alteración.

Las técnicas de diagnosis emplean ensayos tanto destructivos como no destructivos. Estudios e investigaciones más recientemente se basan en la estadística matemática mediante la creación de matriz de relaciones entre variables previamente determinadas. Ejemplo de esto último se pueden consultar en Monteagudo (1), Odul (7), Monjo et al.(8), Romeral et al.(9) y Chiari (10).

### 4. PATOLOGÍA CARACTERÍSTICA DE LAS CONSTRUCCIONES DE TIERRA

El análisis integral de procesos patológicos implica, en primer lugar, la identificación y entendimiento, tanto de los agentes patógenos internos (aquellos intrínsecos al material) como de los agentes patógenos externos (definidos por agentes exteriores) que originan las causas de los deterioros visibles o indicadores macroscópicos de alteración.

#### 4.1. Factores intrínsecos

Tan sólo en la literatura sobre geotecnia referente a la arquitectura y construcción de tierra, se pueden encontrar alusiones particulares sobre el comportamiento del material térreo ante los agentes ambientales. Por lo tanto, al estudiar las respuestas en el tiempo de la tierra puesta en edificaciones, ha de acudir a la mecánica de suelos para comprender los fenómenos que originan las alteraciones y deterioros visibles. Son de suma importancia a la hora de estudiar la fábrica pétreo, factores intrínsecos como origen, composición, textura y estructura de la fase sólida del suelo constituyente de la obra. Por tanto, a la hora de estudiar el comportamiento del material en una construcción existente deben investigarse las características de la misma, el origen y comportamiento de la arcilla contenida, las propiedades físico-químicas y generales del suelo, así como la correspondencia de las mismas con el uso y procedimiento constructivo empleado.

#### 4.2. Factores extrínsecos

Dentro de este conjunto de factores se engloban los agentes ambientales, los biológicos, los mecánicos y los antrópicos.

Dentro de los agentes ambientales podemos destacar, por su acción degradadora de la fábrica térrea y pétreo, los siguientes: agua, aire, temperatura, presencia de sales, contaminación atmosférica, fenómenos naturales.

Dentro de los agentes biológicos se engloba la biodegradación producida por insectos (abejas y termitas), animales (aves, roedores y domésticos) y plantas (superiores e inferiores).

El origen de los desórdenes estructurales que tienen su origen en factores mecánicos, pueden resumirse en cinco categorías: defectos del material, roturas mecánicas accidentales, mala concepción y diseño de las soluciones estructurales y constructivas y, por último, problemas y errores de ejecución en obra.

En cuanto a los factores antrópicos, pueden agruparse en tres categorías: diseño y planificación, producción y construcción, así como uso y explotación.

#### 4.3. Formas de alteración y deterioros

Las reflexiones sobre los mecanismos de alteración más comunes a las construcciones de tierra permiten afirmar que el principal inconveniente es su rápida degradación ante la acción del intemperismo y los agentes ambientales. A diferencia de los eventos que suceden en las fábricas de piedra expuesta, las alteraciones en las obras de tierra se lo-

calizan tanto en el elemento de terminación y revestimiento del paramento, como en el soporte, masa o estructura del mismo. En consecuencia, la diagnosis y determinación del estado patológico o alterado debe distinguir entre los fenómenos de la superficie y los de la estructura.

Con el objeto de identificar las alteraciones típicas de las construcciones con tierra, se han confeccionado las tablas 1 y 2. En ellas, y tomando como punto de partida las investigaciones llevadas a cabo por Houben y Guillaud (11), se describen los desórdenes estructurales. Asimismo, se recogen las lesiones de la estructura asociadas a cada tipo de desorden. Hay que tener presente que las lesiones son los síntomas aparentes, mientras que la patología implica el origen del fenómeno o proceso patológico, que no siempre es visible.

Teniendo en cuenta lo que se acaba de comentar, se han elaborado las tablas 3 y 4, donde se han identificado y agrupado los factores intrínsecos y extrínsecos respectivamente, que pueden influir en el grado de alterabilidad de la fábrica térrea.

Como se puede ver, en la tabla 3 se identifican las características de la fase sólida del suelo que influyen en el uso y explotación del material tierra una vez puesto en obra. Éstas son la presencia o no de materia orgánica, tipos de minerales, tipos de arcillas constituyentes y fuerzas de enlace propias, propiedades y características generales, así como la correspondencia entre estas propiedades y el uso de la técnica de construcción aplicada en la obra.

Del mismo modo, en la tabla 4 se explicita el conjunto de factores extrínsecos, agrupados

**Tabla 1**

Desórdenes estructurales típicos en las construcciones con tierra y lesiones que se generan

Desórdenes estructurales	Proceso patológico	Lesiones que se originan
	1. Fallo por asentamiento y variaciones del estrato de apoyo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grietas inclinadas</li> <li>Desprendimiento del revestimiento y soporte del muro</li> </ul>
	2. Deterioro del basamento por ataque de plagas, presencia de plantas, accidentes, etc.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Acanaladuras y oquedades en el muro</li> <li>Grietas horizontales, verticales o inclinadas</li> <li>Fisuras lineales o radiales</li> <li>Desprendimientos de los revestimientos o soporte del muro</li> </ul>
	3. Deterioro por mala ejecución de la albañilería del soporte y los revestimientos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grietas horizontales en juntas verticales</li> <li>Alabeos</li> <li>Desprendimiento del material de revestimiento</li> </ul>
	4. Fallos en las aberturas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grietas verticales</li> <li>Grietas inclinadas</li> <li>Grietas horizontales</li> <li>Desplazamiento de las piezas</li> <li>Flechas en la viga de cerramiento</li> </ul>
	5. Fallos de ejecución en la parte superior del vano	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fisuras lineales y/o radiales</li> <li>Grietas horizontales</li> <li>Abombamiento por compresión axial excéntrica</li> </ul>
	6. Penetración insuficiente de las vigas del sistema de techo o entrepiso	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grietas inclinadas en las fogonadura de las vigas</li> <li>Desprendimientos de revestimiento y/o soporte del muro</li> </ul>
	7. Deficiente solución del apoyo de los sistemas de techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grietas inclinadas</li> <li>Grietas horizontales</li> <li>Desprendimiento del material de soporte y revestimiento</li> </ul>
	8. Deficientes soluciones de evacuación del agua de lluvia sobre muros y techos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desprendimiento del material de soporte y revestimiento</li> <li>Roturas de las piezas de soporte</li> </ul>

Tabla 2

Desórdenes por humedad típicos en las construcciones con tierra y lesiones que se generan

	Proceso patológico	Lesiones que se originan
Desórdenes por humedad	1. Ascensión capilar que afecta cimientos y basamento del muro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desprendimiento del revestimiento y soporte del muro</li> <li>• Disgregación del revestimiento</li> <li>• Fisuras radiales</li> <li>• Grietas horizontales, verticales e inclinadas</li> <li>• Oquedades</li> <li>• Manchas de humedad de color negruzco</li> <li>• Eflorescencias o manchas blanquecinas</li> </ul>
	2. Deterioro del basamento del muro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fisuras radiales</li> <li>• Grietas horizontales</li> <li>• Desprendimiento del revestimiento y soporte del muro</li> </ul>
	3. Retracción por cambios de temperatura y humedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grietas horizontales, verticales e inclinadas</li> <li>• Fisuras radiales y longitudinales</li> </ul>
	4. Degradación en aberturas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desprendimiento del revestimiento y soporte del muro en la zona de derrame del vano</li> <li>• Disgregación del revestimiento</li> <li>• Grietas inclinadas</li> <li>• Flecha en el dintel del vano</li> <li>• Rotura y pérdida de las piezas del apoyo de la ventana o vano</li> </ul>
	5. Deterioro en parte superior del muro por cambios de temperatura y humedad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disgregación del revestimiento</li> <li>• Manchas de humedad de color negruzco</li> <li>• Eflorescencias o manchas blanquecinas</li> <li>• Desprendimiento del revestimiento y soporte del muro</li> <li>• Fisuras radiales y longitudinales</li> <li>• Grietas horizontales, verticales e inclinadas</li> </ul>
	6. Humedades por condensación en la parte superior del muro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desprendimiento del revestimiento y soporte del muro</li> <li>• Disgregación del revestimiento</li> <li>• Eflorescencias o manchas blanquecinas</li> <li>• Manchas de humedad de color negruzco</li> </ul>
	7. Filtraciones en apoyo estructural	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desprendimiento del revestimiento y soporte del muro</li> <li>• Disgregación del revestimiento</li> <li>• Pudrición o deterioro del sistema de vigas y losas</li> <li>• Manchas de humedad radiales y de diferente coloración</li> </ul>
	8. Penetración de agua por canalizaciones de techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desprendimiento del revestimiento, soporte del muro, impermeabilización y materiales de aleros</li> <li>• Grietas en muros</li> <li>• Oquedades en muros y aleros</li> </ul>
	9. Pretilos mal protegidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manchas de humedad por ambas caras del muro pretil</li> <li>• Escorrentías blancas y negras por lavado y ensuciamiento sobre el muro</li> <li>• Desprendimiento del revestimiento y soporte del muro</li> <li>• Disgregación del revestimiento</li> </ul>
	10. Filtraciones por cubierta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manchas de humedad en techos y muros</li> <li>• Desprendimiento del revestimiento</li> <li>• Grietas horizontales, verticales e inclinadas en el muro</li> <li>• Fisuras radiales y longitudinales</li> </ul>

**Tabla 3**  
Factores intrínsecos del material tierra

<b>Características de la fase sólida del suelo y otros aspectos intrínsecos que influyen en el uso y explotación del material</b>		
<b>A. Carácter de la fase sólida del suelo</b>		
▪ Materia orgánica	▪ Minerales	
<b>B. Origen y estructura de la arcilla</b>		
▪ Tipos de arcillas	▪ Fuerzas de enlace	
<b>C. Propiedades y características generales</b>		
▪ Propiedades carácter químico	▪ Propiedades carácter físico	▪ Propiedades fundamentales
<b>D. Relación entre las propiedades del material y el uso en la edificación</b>		

**Tabla 4**  
Factores extrínsecos de alteración en la fábrica térrea

<b>Fenómenos patógenos externos en las construcciones con tierra</b>				
<b>A. Agentes ambientales</b>				
<i>Relativos a la climatología</i>			<i>Relativos a la meteorología y el entorno</i>	
▪ Agua	▪ Aire	▪ Temperatura	▪ Presencia de sales	▪ Contaminación atmosférica
▪ Cambios climáticos	▪ Orientación y soleamiento		▪ Presencia de fuentes de agua naturales o artificiales	▪ Fenómenos naturales: sismos, ciclones, inundaciones, entre otros
<b>B. Agentes biológicos</b>				
▪ Insectos y microorganismos		▪ Animales domésticos	▪ Plantas	
<b>C. Factores mecánicos</b>				
▪ Defectos del material		▪ Roturas mecánicas accidentales	▪ Fallos en el estrato de apoyo	
▪ Mala concepción y diseño de las soluciones estructurales y constructivas			▪ Problemas y errores de ejecución en obra	
<b>D. Acción humana</b>				
▪ Diseño y planificación		▪ Factores inherentes al proceso de la construcción	▪ Factores inherentes al uso y explotación	

en agentes ambientales, agentes biológicos, factores mecánicos y factores antrópicos.

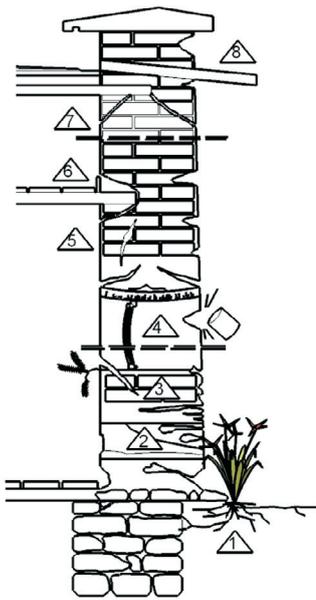
### 5. TIPOLOGÍA DE INTERVENCIÓN EN FUNCIÓN DE LA PATOLOGÍA PRESENTADA

La intervención en el patrimonio histórico-arquitectónico de tierra no ha encontrado hasta el momento letra escrita en cartas, documentos o legislación alguna que regule o pauten las acciones que se acometen con buenas intenciones, pero no siempre con buenos resultados. Se ha podido constatar en función de la experiencia de los autores en

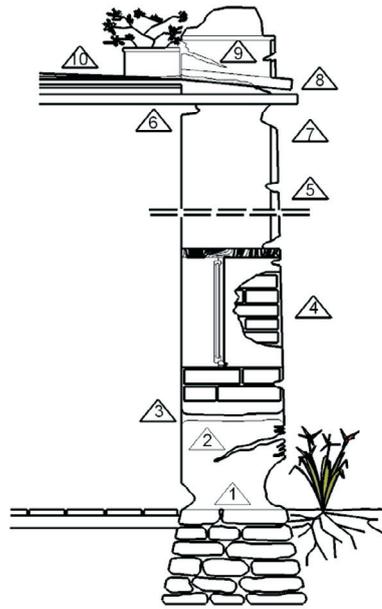
este tema, que cualquier intervención sobre una obra hecha con tierra se vuelve compleja por las tres razones siguientes:

- Generalmente la intención no es sólo consolidar o reparar, sino “poner en valor”.
- No existen personas que dominen los oficios tradicionales, ni es fácil encontrar los materiales propios de aquellas técnicas.
- En muchas ocasiones, los materiales y procedimientos utilizados acarrearán incompatibilidades o problemas añadidos a los que se tratan de solucionar.

1. Patología típica de las construcciones con tierra.



Lesiones típicas de la patología estructural



Lesiones típicas de la patología por humedad

1

ICCRON (5) sintetiza en tres los criterios a tener en cuenta para lograr una viabilidad técnica y económica de la intervención. Estos criterios son los siguientes:

- Persistencia en el uso de técnicas de construcción tradicionales o contemporáneas, y nivel de satisfacción probado.
- Uso de materiales locales, apropiación de los mismos y costes de producción.
- Autenticidad y contemporaneidad del objeto de intervención, identificación y diferenciación de la intervención por diversas vías.

Del mismo modo, la ICCRON (5), DGEMN (6), Chiari (10) y Huben et al. (11), identifican las intervenciones posibles como las siguientes:

- Drenajes superficiales y profundos alrededor de las estructuras de barro.
- Tratamientos químicos de superficie y consolidación.
- Técnicas de inyección y sedimentación para la consolidación o impermeabilización.
- Estabilización estructural. Materiales y métodos de reforzamiento.
- Protecciones de bajo coste para atender los daños de erosión por lluvia o nieve derretida, que proporcione aislamiento térmico, pero a su vez, permeable al vapor de agua.

En cuanto a las tecnologías de preservación de adobe, Saroza (3) apunta lo siguiente:

- La preservación estará en función de la protección a las estructuras, de los elementos o agentes de deterioro y particularmente del agua.
- Se necesitan análisis que permitan unificar e identificar los agentes y factores de deterioro operantes en cada estructura y sitio.
- Es esencial la selección de materiales de preservación y metodologías de ensayos normalizados.
- Son de gran importancia la documentación y el monitoreo de los procesos de intervención para la preservación.

Teniendo en cuenta la anterior consulta bibliográfica, podemos resumir en las cuatro siguientes etapas las intervenciones más frecuentemente establecidas en relación con la conservación de sitios, elementos y estructuras construidas con tierra:

- Reconstrucción – reintegración – refuerzo.
- Estabilización – consolidación.
- Protección.
- Mantenimiento y conservación preventiva.

En la tabla 5 se presentan todos los aspectos que definen la patología de las construcciones con tierra, es decir, el nivel de deterioro, el indicador macroscópico de alteración y el agente de alteración. Para cada caso se

Tabla 5

Síntesis de la relación entre indicador macroscópico de alteración, factores desencadenantes del deterioro y etapas de intervención recomendada

Nivel del deterioro	Indicador macroscópico de alteración	Agente de alteración	Etapas de intervención previa eliminación de la causa y origen del deterioro
<i>I. Modificaciones superficiales</i>	1. Costra	▪ Agua, agentes contaminantes (polución), agentes bióticos, etc.	I. Limpieza II. Protección superficial III. Mantenimiento y conservación preventiva
	2. Suciedad	▪ Agua, agentes contaminantes (polución), viento	I. Limpieza II. Mantenimiento y conservación preventiva
	3. Manchas de humedad	▪ Agua	I. Limpieza II. Protección de diverso tipo III. Mantenimiento y conservación preventiva
	4. Eflorescencia	▪ Agua, sales solubles	I. Limpieza II. Protección superficial y drenaje III. Mantenimiento y conservación preventiva
	5. Decoloración	▪ Agua, sol, viento, agentes contaminantes, sales solubles, etc.	I. Protección superficial y de coberturas II. Mantenimiento y conservación preventiva
	6. Desprendimiento de pintura	▪ Agua, sales solubles	I. Limpieza II. Protección y consolidación superficial III. Mantenimiento y conservación preventiva
<i>II. Eliminación o pérdida del material</i>	7. Erosión	▪ Acción eólica, agua	I. Estabilización – consolidación del soporte y el revestimiento II. Reintegración material III. Protección de diverso tipo IV. Mantenimiento y conservación preventiva
	8. Disgregación	▪ Agua, temperatura, sol, viento, sales solubles, agentes bióticos, etc.	I. Estabilización – consolidación del elemento disgregado II. Reintegración material III. Protección de diverso tipo IV. Mantenimiento y conservación preventiva
	9. Desprendimiento del material del muro	▪ Agua, cambios térmicos y climáticos, accidentes naturales, vegetación parásita, acción del hombre, agentes mecánicos – físicos intrínsecos a la estructura, etc.	I. Reconstrucción – reintegración y refuerzo del muro II. Protección de diverso tipo III. Mantenimiento y conservación preventiva
	10. Desprendimiento del material del revestimiento	▪ Agua, cambios térmicos y climáticos, accidentes naturales, vegetación parásita, acción del hombre, agentes mecánicos – físicos intrínsecos a la estructura, etc.	I. Consolidación – reintegración del revestimiento II. Protección de acuerdo a la tipología del deterioro III. Mantenimiento y conservación preventiva
	11. Abofado	▪ Agua, cambios térmicos y climáticos, accidentes naturales, vegetación parásita, acción del hombre, agentes mecánicos – físicos intrínsecos a la estructura, etc.	Previo desprendimiento del material abofado, proceder ídem anterior

<b>III. Rupturas</b>	12. Fisura	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Agentes ambientales, movimientos y mecanismos intrínsecos a la estructura o al material, fenómenos naturales, acción del hombre, etc.</li> </ul>	I. Consolidación – estabilización del elemento fisurado II. Mantenimiento y conservación preventiva
	13. Grieta inclinada	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Agentes ambientales, movimientos y mecanismos intrínsecos a la estructura o al material, fenómenos naturales, acción del hombre, etc.</li> </ul>	I. Reconstrucción – reintegración – refuerzo II. Mantenimiento y conservación preventiva no solo del muro de tierra, sino también del resto de los elementos estructurales de la edificación
	14. Grieta horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Agentes ambientales, movimientos y mecanismos intrínsecos a la estructura o al material, fenómenos naturales, acción del hombre, etc.</li> </ul>	Ídem anterior
	15. Grieta vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Agentes ambientales, movimientos y mecanismos intrínsecos a la estructura o al material, acción del hombre, etc.</li> </ul>	Ídem anterior
	16. Desplome o vuelco	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Agentes ambientales, movimientos y mecanismos intrínsecos a la estructura o al material, fenómenos naturales, acción del hombre, etc.</li> </ul>	I. Reconstrucción – reintegración – refuerzo del elemento constructivo II. Estabilización – consolidación del material a reintegrar III. Protección de diverso tipo IV. Mantenimiento y conservación preventiva
<b>IV. Otras formas</b>	17. Modificaciones antrópicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hombres y mujeres</li> </ul>	I. Reconstrucción y reintegración de formas y materiales originales o coherentes II. Mantenimiento constructivo
	18. Plantas superiores	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Agentes bióticos</li> </ul>	I. Limpieza II. Consolidación III. Protección superficial IV. Mantenimiento y conservación preventiva

pueden observar las correspondientes recomendaciones de intervención en función de la patología presentada.

## 6. RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO DE EDIFICACIONES DE TIERRA

Con el fin de contribuir a la conservación del patrimonio de edificaciones térreas que han perdurado hasta nuestros días, proponemos las siguientes sugerencias o recomendaciones:

- Catalogación y documentación del fondo edificado y los bienes culturales, con énfasis en el inventario de técnicas y modos tradicionales de hacer.
- Diseñar y ejecutar procesos de intervención que prevean programas de mantenimiento y manejo adecuado de los objetos intervenidos.

- Experimentación de sistemas, materiales y tratamientos con énfasis en la durabilidad de las estructuras, con capacidad de respuesta ante los riesgos de desastres por accidentes y eventos de ocurrencia como ciclones, temporales de lluvia, inundaciones, sismos, etc.

- Implementación de programas para la capacitación y entrenamiento de especialistas.
- Establecimiento de criterios para la educación y sensibilización de todos los actores, con los valores culturales, ambientales, tecnológicos y económicos, de la herencia en construcciones con tierra con que se cuenta en diversas regiones geográficas.

Asimismo, con el objeto de acometer las intervenciones más adecuadas cuando se

#### Agradecimientos

Los autores de este artículo quieren agradecer a la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) la financiación otorgada para el desarrollo del proyecto de referencia A/8378/07, en virtud del cual se ha llevado a cabo el mismo.

Asimismo desean agradecer al personal del Vicerrectorado de Internacionalización y Cooperación al Desarrollo de la Universidad de Oviedo su incondicional apoyo y ayuda económica.

Del mismo modo agradecen al conjunto de personas de la Universidad Central de Las Villas que, cada una dentro de sus posibilidades, han permitido el desarrollo de los trabajos necesarios para la culminación de este artículo.

presenten lesiones en la obra patrimonial, se deben considerar los tres aspectos siguientes:

- Debe estudiarse de manera separada el comportamiento y estado técnico de las estructuras y materiales de tierra tanto para el revestimiento como para el soporte.
- Aunque complejo por la evolución histórica de los asentamientos, siempre que se analicen materiales de obra deberán realizarse las correlaciones necesarias con su origen en cantera. Esto facilitará la identificación de los agentes patógenos desencadenantes, así como las causas comunes de deterioro.
- Ante la ausencia de normativa específica para el estudio de la tierra como material de construcción en la edificación, se reconoce la utilidad de la mecánica de suelos para la experimentación y ensayo de sistemas estructurales, materiales y tratamientos.

#### 7. CONCLUSIONES

En este artículo se han identificado una serie de factores y mecanismos de alteración condicionantes de la patología típica en las construcciones con tierra. En esta línea se ha procedido a una clasificación de su alterología. Como resultado de tales se ha desarrollado un ordenamiento de los factores intrínsecos y extrínsecos de alteración, que contribuirá a establecer relaciones acertadas con referencia a los indicadores o atributos de alteración que se identifiquen. También, se desarrollado una clasificación de los indicadores macroscópicos de alteración, que permite identificar los fenómenos de ocurrencia en la superficie y en el soporte, así como la magnitud del daño o alteración en la fábrica gracias a la clasificación por grupos de los distintos indicadores.

La identificación de la tipología de intervención en función de la patología caracterizada, constituye un resultado de suma importancia sobre el que debe continuarse profundizando mediante la experimentación en obras, hasta generalizar estas proposiciones.

#### BIBLIOGRAFÍA

- (1) Monteagudo Rodríguez, I.: Caracterización y evaluación técnica constructiva de mamposterías y tapias de tierra de los siglos XVII, XVIII y XIX. Estudio en la Habana Intramuros. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctora en Ciencias Técnicas. Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", Ciudad de La Habana, 2001.
- (2) Dassler, L.; Hinojosa, E. M.; Rainer, L.; Teutónico, J. M.: "CRATerre-EAG, ICCROM – The Project GAIA Research Index. Progress report and future developments". *Comunicaciones Terra '93. 7ma. Conferencia Internacional sobre el Estudio y la Conservación de la Arquitectura de Tierra.* (1993), pp. 597-604. DGEMN, Silves.
- (3) Saroza Horta, B.: Estudio del Adobe en las condiciones de Cuba. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctora en Ciencias Técnicas. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, 2004.
- (4) Rodríguez, M. A.; Saroza, B.: "Identificación de la composición óptima del adobe como material de construcción de una escuela en Cuba". *Materiales de Construcción.* Vol. 56, 282 Abril-junio (2006), pp. 53-62. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España. ISSN: 0465-2746.
- (5) ICCRO; CRATerre-EAG; GCI; US/ICOMOS: *Adobe '90 Preprint, 6ª Conferencia sobre conservación de la arquitectura de Tierra* (1990). The Getty Conservation Institute (GCI), Las Cruces, Nuevo México.
- (6) DGEM: "Comunicaciones Terra '03". *7ª Conferencia Internacional sobre el estudio y conservación de la arquitectura de Teirar* (1993). DGEMN, Silves.
- (7) Odul, P.: "Pathologie humide de constructions en terre: méthodologie de diagnostic". *Adobe '90 Preprint, 6ta. Conferencia Internacional sobre la Conservación de la Arquitectura de Tierra* (1990), pp. 404-416. The Getty Conservation Institute (GCI), Las Cruces, Nuevo México.
- (8) Monjo, J.; Maldonado, L.; Rohmer, E.; Vela, F.: "Técnicas de intervención para la recuperación y conservación de los muros de tapial en el patrimonio arquitectónico de la Comunidad Autónoma de Madrid". *Comunicaciones del III Congreso de Rehabilitación del Patrimonio Arquitectónico y Edificación* (1996), pp. 344-351. CEDEX - MOPTMA - Universidad de Granada, Granada.
- (9) Romeral, J.; Guinea, M.; Rohmer, E.; Salas, J.: "Primeros resultados del trabajo de investigación sobre la tierra como material de construcción en el IETcc.". *Informes de la Construcción* (1986). Instituto Eduardo Torrojas, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- (10) Chiari, G.: "Caracterización del adobe como material de construcción. Técnicas de preservación". *El adobe. Simposio Internacional y Curso taller sobre conservación del adobe.* (1983). pp. 33-44. ICOMOS / UNESCO / ICCROM, Lima.
- (11) Houben, H.; Guillaud, H.: *Traité de Cobstruction en Terre.* CRATerre-EAG, Grenoble, 1989.

\* \* \*