

# Estudio de los procesos patológicos en la arquitectura de tierra en Costa Rica: los centros históricos de Cartago y Santo Domingo de Heredia


## Study of Pathological Processes in Earthen Architecture in Costa Rica: The Historic Centers of Cartago and Santo Domingo de Heredia

Ileana Hernández-Salazar<sup>1</sup>, Mauricio Guevara-Murillo<sup>2</sup>, Jose Pablo Bulgarelli-Bolaños<sup>3</sup>

Hernández-Salazar, I; Guevara-Murillo, M; Bulgarelli-Bolaños, J.P. Estudio de los procesos patológicos en la arquitectura de tierra en Costa Rica: los centros históricos de Cartago y Santo Domingo de Heredia . *Tecnología en Marcha*. Vol. 38, N° especial. Octubre, 2025. Escuela de Arquitectura y Urbanismo. TEC. Pág. 112-125.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v38i7.8299>


1 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

 [ihernandez@itcr.ac.cr](mailto:ihernandez@itcr.ac.cr)

 <https://orcid.org/0000-0002-2355-0270>

2 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

 [mauguevara@itcr.ac.cr](mailto:mauguevara@itcr.ac.cr)

 <https://orcid.org/0000-0002-0884-9231>

3 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

 [jpbulgarelli@itcr.ac.cr](mailto:jpbulgarelli@itcr.ac.cr)

 <https://orcid.org/0000-0001-5476-6544>



## Palabras clave

Patología de la edificación; patrimonio arquitectónico; inventario; adobe; bahareque.

## Resumen

El uso de la tierra como material constructivo en Costa Rica tuvo un importante desarrollo, siendo el bahareque y el adobe los principales sistemas empleados en el país hasta principios del siglo XX. Posterior al terremoto de Santa Mónica en 1910 la tierra fue perdiendo protagonismo como recurso en la industria de la construcción hasta prohibirse su uso en todo el territorio nacional, no obstante, centros urbanos como el de Santo Domingo y Cartago aún cuentan con inmuebles de adobe y bahareque como parte de su paisaje urbano histórico. El proyecto de investigación “Tierra sísmica: Análisis y caracterización física y mecánica de los sistemas constructivos de adobe y bahareque de los centros históricos de la ciudad de Cartago y Santo Domingo de Heredia como punto de partida para su adaptación sismorresistente”, desarrollado por la Escuelas de Arquitectura y Urbanismo en conjunto con la Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales, del Instituto Tecnológico de Costa Rica, desarrolló durante el 2024 una serie de actividades enfocadas en la identificación de la arquitectura de tierra persistente con el objetivo de visibilizarla, analizar los sistemas constructivos y registrar las lesiones presentes. La presente comunicación muestra los primeros resultados del estudio de las lesiones recurrentes en la arquitectura de tierra de ambos centros históricos y su relación con los elementos del sistema constructivo en el que se encuentran. Para el desarrollo de los análisis se realizó levantamiento de información mediante trabajo de campo, elaboración de fichas de inventario para el registro de los elementos constructivos y materiales y la clasificación de las lesiones de acuerdo con su origen en mecánico, orgánico, físico o químico.

## Keywords

Construction pathology; architectural heritage; architectural survey; adobe; bahareque.

## Abstract

The use of earthen materials in construction in Costa Rica experienced significant development, with bahareque and adobe being the predominant building systems until the early 20th century. Following the 1910 Santa Mónica earthquake, earthen construction lost prominence as a structural resource within the building industry, eventually leading to its prohibition at the national level. However, urban centers such as Santo Domingo and Cartago still retain adobe and bahareque structures as integral elements of their historic urban fabric. The research project “Seismic Earth: Analysis and Physical-Mechanical Characterization of Adobe and Bahareque Construction Systems in the Historic Centers of Cartago and Santo Domingo de Heredia as a Basis for Seismic-Resistant Adaptation”, conducted by the Schools of Architecture and Urbanism and Materials Science and Engineering, of Costa Rica Institute of Technology, implemented a series of research activities throughout 2024 aimed at identifying extant earthen architecture, documenting its presence, analyzing its construction systems, and assessing pathological manifestations. This report presents the preliminary findings regarding recurrent structural and material pathologies in earthen architecture within both historic centers, establishing correlations with the construction system elements in which they manifest. The study was conducted through field surveys, the development of inventory sheets for the documentation of construction elements and materials, and the classification of pathologies based on their underlying mechanisms—whether mechanical, biological, physical, or chemical.

## Introducción

Al igual que en otros países alrededor del mundo, en Costa Rica la tierra se ha empleado como material de construcción desde la época prehispánica. Inicialmente fue utilizado para rellenar los espacios que dejaban los elementos de madera o caña para proteger de la lluvia y el viento el interior de las edificaciones. Este tipo de bahareque evolucionó e incorporó otros materiales, hasta convertirse en el sistema constructivo que conocemos en la actualidad. En el caso del adobe es considerado un sistema importado que fue introducido al país por los españoles, quienes lo utilizaron para la construcción de las primeras ciudades durante la época de la conquista [1].

Las edificaciones de tierra caracterizaron los centros urbanos, el adobe se empleó en la construcción de templos, edificios gubernamentales, conventos y casas, mientras que el bahareque se mantuvo para los inmuebles de los indígenas que generalmente se ubicaron en la periferia. Ciudades importantes de la época colonial como Cartago y otras más recientes resultado de la expansión del comercio y cultivo del café [2] como Santo Domingo de Heredia, se caracterizaron por edificar sus inmuebles con estas técnicas constructivas. A pesar de ello, los centros urbanos han sufrido una serie de transformaciones que involucran no solo la expansión de las zonas urbanas y el aumento demográfico sino también el reemplazo de edificaciones mediante la incorporación de nuevos sistemas constructivos.

Como resultado de estos procesos, a la fecha, Costa Rica no cuenta con registros actualizados que permitan conocer el número de inmuebles de tierra que se mantienen actualmente ni su estado de conservación. Además, desde principios de siglo XX se impusieron limitaciones para el uso del adobe y posteriormente para el bahareque en la construcción [3], lo que ha traído como consecuencia el deterioro de las edificaciones existentes, malas prácticas para la conservación de los inmuebles, el olvido de los saberes en torno a la fabricación y mantenimiento de la arquitectura de tierra y la demolición de muchas de estas estructuras.

El proyecto de investigación “Tierra sísmica: Análisis y caracterización física y mecánica de los sistemas constructivos de adobe y bahareque de los centros históricos de la ciudad de Cartago y Santo Domingo de Heredia como punto de partida para su adaptación sismorresistente” ha desarrollado durante el año 2024 y 2025, un proceso de identificación y registro de las edificaciones de tierra en ambos centros históricos. Con este proceso se pretende contar con un inventario que permita dar a conocer los inmuebles existentes de adobe y bahareque, analizar en detalle ambos sistemas constructivos y sus lesiones y, mediante estudios de laboratorio, caracterizar los materiales empleados para el planteamiento de relaciones comparativas.

Durante el desarrollo del primer objetivo del proyecto se analizaron edificaciones en tierra previamente inventariadas, para determinar el estado de conservación e integridad de los elementos que componen dichos inmuebles. A través de una metodología de investigación aplicada, sustentada en el análisis documental y de campo, se recopilaron datos detallados que permitieron clasificar cada elemento según su nivel de deterioro y posibles afectaciones estructurales o estéticas.

Los resultados obtenidos brindan un panorama descriptivo de ambos casos, identificando lesiones recurrentes en estructura primaria, secundaria y terciaria, que posteriormente permitirán asociarse con factores de riesgo y necesidades de intervención. La información presentada en este documento servirá como base para futuras acciones de conservación y mantenimiento, que apoyen a la preservación del patrimonio arquitectónico en estudio.

## Materiales y métodos

Como parte del tercer objetivo del proyecto de investigación “Tierra sísmica: Análisis y caracterización física y mecánica de los sistemas constructivos de adobe y bahareque de los centros históricos de la ciudad de Cartago y Santo Domingo de Heredia como punto de partida para su adaptación sismorresistente” se desarrolla un análisis de las lesiones presentes en las edificaciones que utilizan sistemas constructivos de adobe y bahareque.

El análisis se centró en la identificación de lesiones según la clasificación de Broto [4] por su origen mecánico, orgánico, físico o químico en un conjunto de edificaciones inventariadas en los centros históricos de Cartago y de Santo Domingo de Heredia, como parte de etapas iniciales del proyecto de investigación. Este inventario llevó a la selección de 122 edificaciones donde se identificó la utilización de los sistemas constructivos de tierra, 24 inmuebles para la zona de Cartago y 98 para el centro histórico de Santo Domingo de Heredia. El total de edificaciones constituyó la muestra para el desarrollo del estudio de las lesiones.

El proceso de análisis se sustentó en tres etapas fundamentales:

- El registro de la información en una ficha de inventario.
- La compilación y sistematización de la información.
- El análisis de los datos.

La primera etapa se realizó a través de una ficha de inventario basada en el trabajo de García et al. [5] que detalla para cada una de las edificaciones de la muestra, el listado de los elementos estructurales y su materialidad, así como las lesiones presentes en los mismos clasificándolas de acuerdo con su origen en mecánicas, orgánicas, físicas, o químicas. En el Cuadro 1 se presenta el detalle de los elementos estructurales registrados con la materialidad probable; en el Cuadro 2 en cambio se detalla el tipo de lesiones registradas y sus posibles manifestaciones. Se hace la aclaración de que se considera materialidad probable, ya que el procedimiento para determinar los materiales de los distintos elementos de las edificaciones fue mediante inspección visual durante visitas de trabajo de campo desarrolladas en el año 2024 y primer trimestre del 2025.

**Cuadro 1.** Detalle de elementos estructurales registrados en la ficha de inventario y su posible materialidad.

Elementos estructurales analizados	Posible materialidad
Estructura primaria	Adobe Bahareque Madera Muro Seco Concreto Piedra Acero Teja Lámina HG PVC Policarbonato Vidrio Aluminio Otro Sin Referencia
Paredes exteriores	
Paredes interiores	
Zócalo	
Vigas	
Columnas	
Estructura secundaria	
Estructura de cubierta	
Cubierta	
Entrepiso	
Piso	
Repello	
Cielo raso	
Estructura Terciaria	
Ventanas	
Puertas	
Portones	
Barandas	
Tapichel	

**Cuadro 2.** Detalle de las lesiones registradas y sus manifestaciones.

Tipo de lesiones inventariadas	Manifestaciones
Lesiones mecánicas	Grietas verticales en esquina. Grietas diagonales en esquina. Grietas en equis Grietas en buques Grietas verticales Grietas horizontales Desplome Disgregación
Lesiones orgánicas	Ataque de agentes biológicos
Lesiones físicas	Cuarteado Desprendimiento Pérdida Elementos impropios
Lesiones químicas	Corrosión

La recopilación de la información se realizó como parte del trabajo de campo de identificación de las edificaciones de interés en las zonas de estudio. Esta labor requirió varias visitas al lugar, primero para realizar un pilotaje de la ficha, posteriormente para la recopilación inicial y el levantamiento fotográfico de los inmuebles y sus lesiones para, finalmente, realizar la rectificación de datos durante una última visita.

Una vez realizada la fase de recopilación, se procedió con la sistematización de la información en una tabla de Excel, que facultara la generación de información para el análisis cuantitativo y cualitativo de los resultados. En la Figura 1 se detalla un ejemplo de las lesiones encontradas y compiladas en la presente investigación.



**Figura 1.** Principales lesiones identificadas e inventariadas en las edificaciones analizadas.

Un proceso de análisis conjunto entre las fichas, el registro fotográfico y los datos estadísticos permitió la caracterización y análisis de las lesiones presentes en las edificaciones de adobe y bahareque inventariadas.

## Resultados

### Ciudad de Santo Domingo, Heredia

Luego del trabajo de campo y del levantamiento fotográfico se desarrollaron un total de 98 fichas de inventario. En el Cuadro 3, se detalla el sistema constructivo identificado para las 98 edificaciones inventariadas en este centro histórico; se evidencia un mayor porcentaje del uso del adobe, 91% frente al bahareque. Además, se encontraron edificaciones que presentan una combinación de ambos sistemas, a estos se les denominó como mixtos y representan el 5% del total de inmuebles registrados.

**Cuadro 3.** Distribución de las edificaciones de tierra inventariadas en Santo Domingo de Heredia, según sistema constructivo.

Sistema constructivo	Número de edificaciones	Porcentaje
Adobe	89	91%
Bahareque	4	4%
Mixto	5	5%
<b>Total</b>	<b>98</b>	<b>100%</b>

Otros de los aspectos que se incorporaron en las fichas fueron el estado de conservación y la integridad de las edificaciones. En el primer caso se establecen los siguientes niveles:

- Muy bueno: No se evidencia la presencia de lesiones.
- Bueno: Presenta algunas lesiones de tipo superficial en elementos de la estructura secundaria o terciaria.
- Regular: Presenta algunas lesiones de tipo estructural en elementos de la estructura primaria y lesiones de tipo superficial en elementos de la estructura secundaria o terciaria.
- Malo: Presenta múltiples lesiones de tipo estructural en elementos de la estructura primaria y lesiones de tipo superficial en elementos de la estructura secundaria o terciaria.
- En abandono: Edificación en desuso. Alto riesgo de pérdida.

En cuanto a la integridad, se realizó una clasificación de acuerdo con las siguientes definiciones:

- Sin transformar: La edificación no ha sido transformada, no presenta alteraciones en el lenguaje arquitectónico.
- Poco transformado: La edificación presenta algunas transformaciones, sin embargo, mantiene el lenguaje arquitectónico.
- Muy transformado: La edificación ha perdido la mayor parte del lenguaje arquitectónico.

En el Cuadro 4 se presenta un resumen del estado de conservación e integridad de los inmuebles inventariados en la zona de Santo Domingo de Heredia. Como se observa, predominan las edificaciones en estado bueno y regular, mientras que, en términos de integridad, son pocos los inmuebles que no han sufrido transformaciones, estando la mayoría poco transformados. En este punto cabe destacar que el proceso preliminar descartó alrededor de 30 edificaciones en la zona, debido al alto deterioro o nivel de transformación que impedía asociarlas con las tipologías constructivas en estudio.

**Cuadro 4.** Caracterización de las edificaciones de tierra inventariadas en Santo Domingo de Heredia, según estado de conservación e integridad.

Estado de conservación			Integridad		
	#	%		#	%
Muy bueno	7	7%	Sin transformar	5	5%
Bueno	56	57%			
Regular	22	23%	Poco transformado	81	83%
Malo	8	8%			
En abandono	5	5%	Muy transformado	12	12%
<b>Total</b>	<b>98</b>	<b>100</b>		<b>98</b>	<b>100</b>



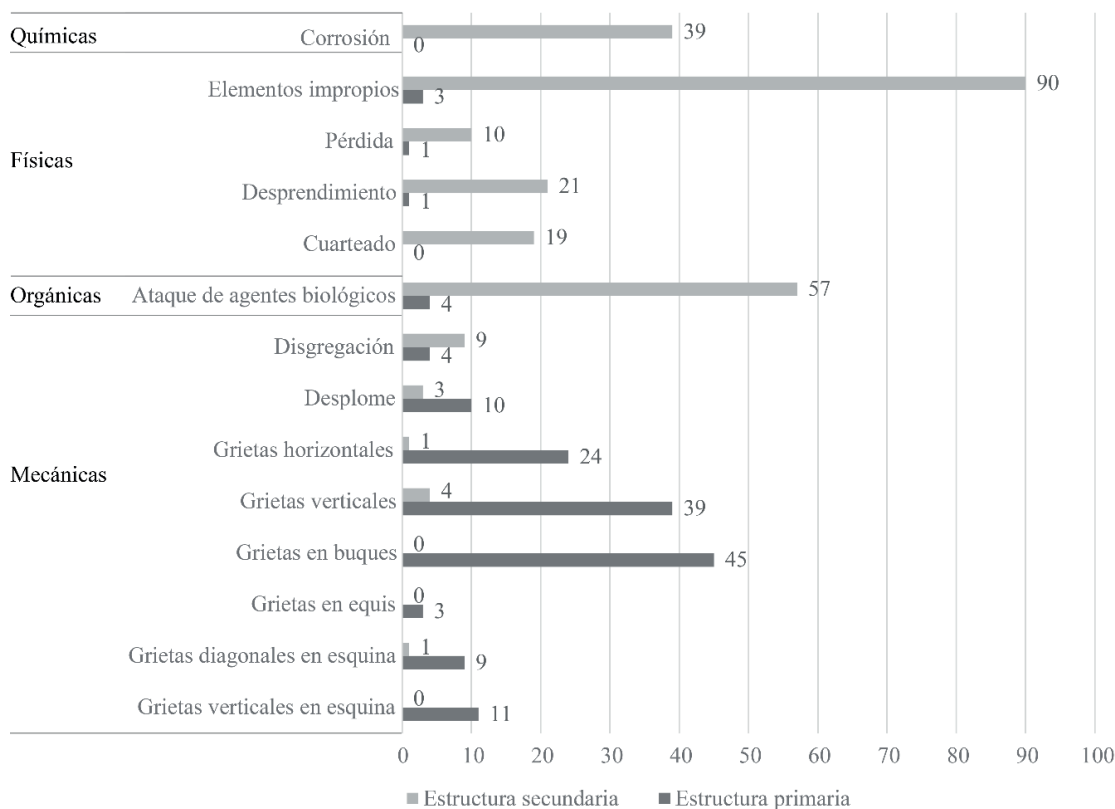
Para el caso de la estructura primaria, predominan las lesiones mecánicas en las paredes, siendo las grietas en buques, las grietas verticales y las grietas horizontales las más recurrentes. En el caso de la estructura secundaria las lesiones físicas en los repellos son las más frecuentes, como la presencia de elementos impropios, el desprendimiento y el cuarteado, mismos que pueden relacionarse con la sustitución de los revocos de tierra por repellos de concreto. De igual forma es significativa la cantidad de lesiones orgánicas que se registran principalmente en los elementos de las cubiertas y cielos rasos. Este tipo de lesiones se relacionó con la presencia de agentes biológicos como los insectos y los hongos.

Con respecto a otros tipos de lesiones, las de tipo químico correspondientes con manifestaciones de corrosión, es la más frecuente, evidente en las cubiertas de las edificaciones. Ver Cuadro 5 donde se detallan la lesiones identificadas.

**Cuadro 5.** Detalle de las lesiones identificadas en las edificaciones de tierra inventariadas en Santo Domingo de Heredia, según tipo de lesión para estructuras primarias y secundarias.

Estructura primaria			Estructura secundaria		
Tipo de lesión	Manifestación		Tipo de lesión	Manifestación	
Lesiones mecánicas	Grietas verticales en esquina	11	Lesiones mecánicas	Grietas verticales en esquina	0
	Grietas diagonales en esquina	9		Grietas diagonales en esquina	1
	Grietas en equis	3		Grietas en equis	0
	Grietas en buques	45		Grietas en buques	0
	Grietas verticales	39		Grietas verticales	4
	Grietas horizontales	24		Grietas horizontales	1
	Desplome	10		Desplome	3
	Disgregación	4		Disgregación	9
		145			18
Lesiones Orgánicas	Ataque de agentes biológicos	4	Lesiones Orgánicas	Ataque de agentes biológicos	57
		4			57
Lesiones físicas	Cuarteado	0	Lesiones físicas	Cuarteado	19
	Desprendimiento	1		Desprendimiento	21
	Pérdida	1		Pérdida	10
	Elementos impropios	3		Elementos impropios	90
		5			142
Lesiones químicas	Corrosión	0	Lesiones químicas	Corrosión	39
		0			39
<b>Total</b>		<b>154</b>	<b>Total</b>		<b>256</b>





**Figura 2.** Distribución de las lesiones inventariadas en las edificaciones de tierra de Santo Domingo de Heredia, según tipo de estructura.

La Figura 2 muestra un barrido general del comportamiento de las lesiones en las estructuras primarias y secundarias. Como puede observarse, los elementos impropios, el ataque de agentes biológicos y las grietas en buques de puertas o ventanas son las lesiones más recurrentes en las edificaciones.

Ante la afectación significativa del ataque de agentes biológicos, se reseña en el Cuadro 06 el detalle de los elementos afectados por estos agentes, los cuales se presentan mayoritariamente en los elementos de la estructura secundaria.

**Cuadro 6.** Detalle de elementos afectados por lesiones orgánicas para las edificaciones de tierra inventariadas en Santo Domingo de Heredia.

Tipo de lesión	Elementos afectados	Total de casos
Ataque de agentes biológicos	Vigas externas	4
	Estructura de cubierta	19
	Cubierta	10
	Cielos rasos	26
	Ventanas	44
	Puertas	21
	Otros	4
<b>Total</b>		<b>128</b>

## Ciudad de Cartago

De forma similar se abordó el levantamiento y registro en la zona de Cartago, sin embargo y dado que dentro de la delimitación del Centro Histórico (CH) se identificó un número reducido de edificaciones que utilizaron las técnicas constructivas de adobe y bahareque, fue necesario ampliar el trabajo de campo fuera de la delimitación del centro fundacional hacia los poblados de San Blas, El Carmen y San Nicolás.

Para este caso de estudio se identificó una muestra total de 24 inmuebles de los cuales sólo el 8% son de adobe, un 88% bahareque y el restante 4% combina ambas técnicas por lo que se categorizó como mixto. Sin embargo, tal y como se refleja en el Cuadro 7, del total de viviendas 38% se encuentran dentro de la delimitación del CH y el restante 62% se ubicó en los asentamientos aledaños.

Al igual que para el caso de Santo Domingo de Heredia, se incorporó en las fichas de inventario el estado de conservación y la integridad de las edificaciones bajo los mismos criterios establecidos anteriormente. En el Cuadro 7 se describe la distribución de edificaciones inventariadas en la zona de estudio según el sistema constructivo.

**Cuadro 7.** Distribución de las edificaciones de tierra inventariadas en la Zona de Cartago, según tipología de sistema constructivo y área de estudio.

	Sistema constructivo	Número de edificaciones	Porcentaje
Dentro de la delimitación del centro histórico.	Adobe	0	0%
	Bahareque	9	38%
	Mixto	0	0%
Fuera de la delimitación del centro histórico y en asentamientos aledaños.	Adobe	2	8%
	Bahareque	12	50%
	Mixto	1	4%
	<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>100%</b>

El Cuadro 8 sintetiza el estado de conservación y la integridad de las edificaciones de la zona de Cartago de las cuales más del 46% se encuentran en un estado bueno o superior. Respecto a la integridad, si bien existe un porcentaje mayor de edificaciones sin transformar respecto al otro caso de estudio, la situación en números absolutos es similar, considerando que en la zona de Cartago se identificó menos de la tercera parte de edificaciones registradas en Santo Domingo de Heredia y por tanto el tamaño de la muestra es menor.

**Cuadro 8.** Caracterización de las edificaciones de tierra inventariadas en Cartago, según estado de conservación e integridad.

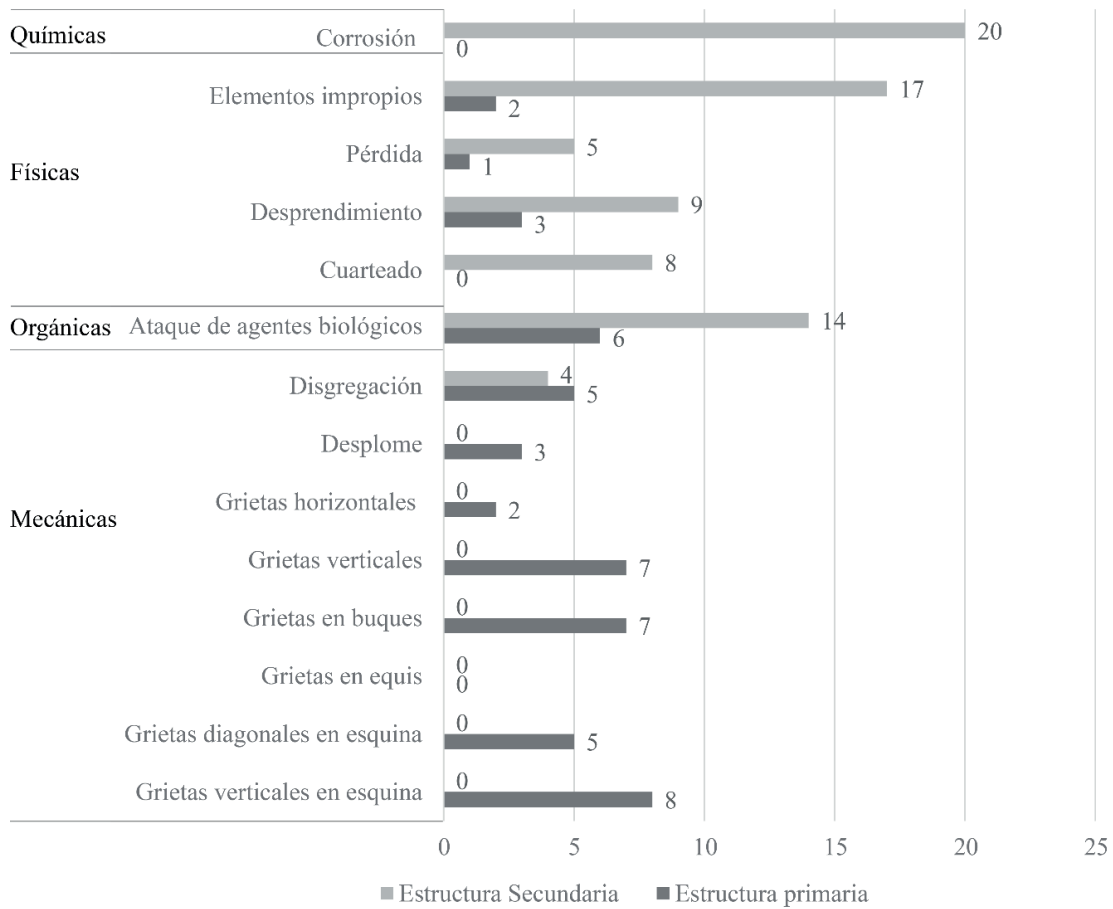
Estado de conservación			Integridad		
	#	%		#	%
Muy bueno	2	8%	Sin transformar	4	17%
Bueno	9	38%			
Regular	8	33%	Poco transformado	16	66%
Malo	0	0%			
En abandono	5	21%	Muy transformado	4	17%
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>100</b>	<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>100</b>

Con respecto a las lesiones el Cuadro 9 reseña los resultados de este registro. En la estructura primaria predominan las lesiones mecánicas que afectan a los muros de los inmuebles, las grietas verticales, grietas verticales en esquinas y grietas en buques son las más recurrentes. Respecto a las estructuras secundarias, las principales lesiones son físicas y orgánicas, se reporta, a nivel de repello, la presencia de elementos impropios y desprendimiento, así como el ataque de agentes biológicos, este último asociado a los cielos rasos. Finalmente se registran lesiones químicas como la corrosión en las cubiertas. En este punto es importante aclarar, que si bien el material que originalmente se empleó como cerramiento de cubierta fue la teja, en la mayor parte de las edificaciones existentes se evidencia la sustitución de esta por lámina de hierro galvanizado.

**Cuadro 9.** Detalle de las lesiones identificadas en las edificaciones de tierra inventariadas en Cartago, según tipo de lesión para estructuras primarias y secundarias.

Estructura primaria			Estructura secundaria		
Tipo de lesión	Manifestación		Tipo de lesión	Manifestación	
Lesiones mecánicas	Grietas verticales en esquina	8	Lesiones mecánicas	Grietas verticales en esquina	0
	Grietas diagonales en esquina	5		Grietas diagonales en esquina	0
	Grietas en equis	0		Grietas en equis	0
	Grietas en buques	7		Grietas en buques	0
	Grietas verticales	7		Grietas verticales	0
	Grietas horizontales	2		Grietas horizontales	0
	Desplome	3		Desplome	0
	Disgregación	5		Disgregación	4
		37			4
Lesiones Orgánicas	Ataque de agentes biológicos	6	Lesiones Orgánicas	Ataque de agentes biológicos	14
		6			14
Lesiones físicas	Cuarateado	0	Lesiones físicas	Cuarateado	8
	Desprendimiento	3		Desprendimiento	9
	Pérdida	1		Pérdida	5
	Elementos impropios	2		Elementos impropios	17
		6			39
Lesiones químicas	Corrosión	0	Lesiones químicas	Corrosión	20
		0			20
<b>Total</b>		<b>49</b>	<b>Total</b>		<b>77</b>

La Figura 3 muestra de forma general la distribución de las lesiones identificadas en las edificaciones de adobe y bahareque de la zona de Cartago. Según se observa las más recurrentes se presentan en la estructura secundaria, como las lesiones por corrosión, la presencia de elementos impropios y el ataque de agentes biológicos.



**Figura 3.** Distribución de las lesiones inventariadas en las edificaciones de tierra de Cartago, según tipo de estructura.

Por otra parte, y con el objeto de ilustrar el comportamiento de las lesiones orgánicas, se muestra en el Cuadro 10 el detalle de los elementos afectados por el ataque de agentes biológicos, siendo las carpinterías de puertas y ventanas y cielos rasos los más afectados, así como las estructuras de cubierta y las vigas para el caso de las estructuras secundarias y primarias respectivamente.

**Cuadro 10.** Detalle de elementos afectados por lesiones orgánicas para las edificaciones de tierra inventariadas en Cartago.

Tipo de lesión	Elementos afectados	Total de casos
Ataque de agentes biológicos	Vigas externas	5
	Estructura de Cubierta	7
	Cielos rasos	7
	Ventanas	15
	Puertas	12
	Otros	2
<b>Total</b>		<b>48</b>

## Conclusiones

A partir del análisis de los resultados, se pueden identificar las siguientes diferencias entre las edificaciones de adobe y bahareque en los casos de estudio de Santo Domingo de Heredia y Cartago:

### Distribución geográfica y cantidad de edificaciones registradas:

En el centro histórico de Santo Domingo de Heredia, hay un mayor número de edificaciones identificadas con los sistemas de adobe y bahareque, 98 en total, siendo el primero el predominante en esta zona. En Cartago, el número de edificaciones de adobe y bahareque es menor, 24 inmuebles en total entre ambos sistemas, esto considerando la ampliación de la zona de estudio que contempló los caseríos aledaños al centro histórico.

En la ciudad de Cartago predomina el bahareque, mientras que las edificaciones de adobe encontradas en esta zona de estudio se ubican en el barrio de San Nicolás, estos hechos responden a la sustitución de los sistemas constructivos posterior al terremoto de 1910 y a la prohibición para el uso del adobe en dicha ciudad. La distribución y cantidad de inmuebles de tierra existentes varía entre ambas ciudades y podría vincularse a factores históricos, geológicos, sociales, ambientales y de conservación. Es necesario profundizar en el análisis para determinar cuáles aspectos inciden directamente en la permanencia de edificaciones de estos sistemas constructivos.

### Tipos de lesiones recurrentes y procesos de deterioro

Las edificaciones de adobe de Santo Domingo presentan mayor cantidad de lesiones de tipo mecánico, especialmente grietas verticales, grietas en buques, horizontales y verticales en esquinas. Esto evidencia que este sistema constructivo es más propenso a sufrir lesiones relacionadas con esfuerzos sobre la estructura que podrían estar vinculadas a su rigidez y peso, haciéndolo más vulnerable a movimientos sísmicos y asentamientos diferenciales del suelo.

En cuanto al deterioro por lesiones físicas, las edificaciones de adobe están mayormente afectadas por la disgregación del material. La erosión y pérdida de cohesión del barro son problemas comunes, especialmente en zonas donde la exposición a la humedad es mayor como en las edificaciones con aleros muy cortos, presencia de filtraciones de la cubierta y los muros de tierra apoyados en el suelo en ausencia de zócalos.

Las edificaciones de bahareque de ambos centros históricos presentan mayormente lesiones orgánicas y físicas, como el ataque de agentes biológicos, desprendimientos y pérdida de material. Estas lesiones recurrentes responden a los componentes propios del sistema constructivo, que, al estar compuesto por una estructura de madera, caña y relleno de barro, es más vulnerable a la humedad y a la acción de microorganismos, lo que compromete su estabilidad con el tiempo. El uso de materiales vegetales muchas veces sin tratamiento previo a su puesta en obra, las filtraciones o la pérdida de repello podrían estar relacionados con la aparición de ataques por agentes biológicos en los elementos estructurales del bahareque.

Los procesos de deterioro de las edificaciones en bahareque se relacionan con daños causados principalmente por factores ambientales y biológicos. La pérdida de material en los revestimientos de barro puede dejar expuesta la estructura de madera, acelerando su deterioro. No obstante, se observa menor cantidad de grietas estructurales en las edificaciones de bahareque, lo que sugiere un mejor comportamiento sísmico y mayor flexibilidad.

## Estado de conservación e integridad

Como se pudo observar, en ambas zonas de estudio las edificaciones de tierra han sufrido modificaciones. En el centro histórico de Santo Domingo, un 83% de los inmuebles ha sido poco transformado, no obstante, aún mantiene su lenguaje arquitectónico. El 12% de las edificaciones inventariadas se encontró como muy transformada. Por su parte, los inmuebles poco transformados en Cartago son el 69%, mientras que los muy transformados representan el 17% de la muestra. En este sentido es importante considerar la necesidad de contar con herramientas que permitan a los propietarios guiar las intervenciones en sus edificaciones considerando los valores y las características que poseen estos inmuebles, de forma que su lenguaje arquitectónico pueda mantenerse.

Con respecto al estado de conservación, las edificaciones de Santo Domingo están mejor conservadas que las de Cartago. Un 57% de los inmuebles inventariados en Santo Domingo está en buen estado de conservación, frente a un 41% en la ciudad de Cartago. Además, se encontró que el 5% de las edificaciones heredianas están en abandono, mientras que en este mismo rubro en la zona de Cartago se registraron 17%.

Es evidente la necesidad de contar con acciones que aporten al reconocimiento de la arquitectura de tierra en ambas ciudades, de manera que puedan protegerse y ponerse en valor. Asimismo, es importante incidir sobre los mecanismos que se dirijan a conservar estos inmuebles desde el rescate de sus técnicas constructivas, de manera que las labores de intervención sean más apropiadas y accesibles por parte de los propietarios.

## Agradecimientos

El equipo de investigación del proyecto “Tierra sísmica: Análisis y caracterización física y mecánica de los sistemas constructivos de adobe y bahareque de los centros históricos de la ciudad de Cartago y Santo Domingo de Heredia como punto de partida para su adaptación sismorresistente”, agradece a la Vicerrectora de Investigación y Extensión del TEC y a la Escuela de Arquitectura y Urbanismo por el apoyo para la realización de este proyecto. Al mismo tiempo, extendemos nuestro agradecimiento al equipo de estudiantes asistentes que, con su colaboración, han contribuido al desarrollo de las actividades vinculadas al logro de los objetivos de esta investigación.

## Referencias

- [1] E. Fonseca and J.E. Garnier, “Historia de la arquitectura en Costa Rica,”, 1998.
- [2] I. Molina Jiménez, “Historia de Costa Rica: breve, actualizada y con ilustraciones”, ed. 2 edición., 2007.
- [3] Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de, Costa Rica, “Código Sísmico de Costa Rica 2010”, ed. Quinta edición (5 edición)., 2013.
- [4] C. Broto, “Enciclopedia Broto de Patologías de la Construcción”, 2005.
- [5] K. García-Baltodano, I. Hernández-Salazar, D. Porras-Alfaro, D. Méndez-Álvarez, D. Chang-Albizurez, E. Salazar-Ceciliano and M. Guevara-Murillo, “Inventario de edificaciones de arquitectura caribeña costarricense en la ciudad de Limón”, Instituto Tecnológico de Costa Rica. [En línea]. Disponible: <https://hdl.handle.net/2238/13405>

## Declaración sobre uso de Inteligencia Artificial (IA)

Para la revisión gramatical y ortográfica de este artículo, empleamos la herramienta de IA *Copilot*. Esta nos permitió identificar errores y mejorar la fluidez del texto. No obstante, realizamos una revisión final para garantizar que el artículo cumpliera con los estándares de calidad de la revista.