

DUECENTO ANNI DI SOLITUDINE: INDAGINE SULL'IDENTITÀ COSTRUTTIVA DI CEPITÁ*

Michele Paradiso** - Università degli Studi di Firenze, Italia

Ricardo Alfredo Cruz Hernández*** - Universidad Industrial de Santander, Colombia

DOI: <https://doi.org/10.15332/rev.m.v17i0.2517>



Prospetto di un'abitazione di Cepitá.
Fonte: Autori, 2019.

* Tipo di articolo: Articolo corto derivato da una ricerca. Ricerca: Tapia pisada: Cultura costruttiva e indagine sulla vulnerabilità sismica dei manufatti in terra nel Canyon del Chicamocha.

** Professore Associato di *Statica e Stabilità delle Costruzioni Murarie e Monumentali*, Dipartimento di Architettura, DiDA - Università degli Studi di Firenze, Italia. Membro esperto di Icomos-Cuba, Icofort-Icomos, Icarsah-Icomos. Esperto in meccanismi di collasso di archi, volte e cupole in muratura e di tecniche olistiche di consolidamento strutturale sul patrimonio storico costruito. e-mail: michele.paradiso@unifi.it

*** Ingegnere civile e dottore di ricerca in Scienze Tecniche presso la Technische Universität Wien (Austria). Professore presso la Universidad Industrial de Santander. e-mail: racruz@uis.edu.co

**** Laureato in Architettura presso l'Università degli studi di Firenze (Italia). Svolge un periodo di mobilità presso l' Universidad Santo Tomás di Bucaramanga (Santander, Colombia). Studio e la conoscenza dei materiali e delle tecniche costruttive storiche, in terra cruda, del canyon del Chicamocha. e-mail: fabio.paparazzo11@gmail.com

***** Laureato in Architettura presso l'Università degli studi di Firenze (Italia). Laureato con una tesi maturata nel Dipartimento di Santander, in Colombia, sulla cultura costruttiva del luogo e sulla vulnerabilità dei manufatti realizzati in terra battuta nell'area del canyon del Chicamocha. e-mail: giovannipianigiani@gmail.com

RIASSUNTO

L'articolo nasce dalle esperienze apprese nel seminario tematico "Materiali e tecniche costruttive storiche per il dialogo interculturale coi paesi del sud del mondo" e maturate in secondo luogo durante un periodo di mobilità nel dipartimento di Santander (Colombia). Prendendo come riferimento Cepitá, un piccolo centro abitato originariamente composto da sole case costruite in *tapia pisada* (terra battuta) nel cuore del secondo canyon più grande al mondo, l'intento del lavoro è stato quello di identificare e classificare le tecniche e le tecnologie costruttive di quest'area e di sottoporre alcuni manufatti in terra a un'indagine sulla vulnerabilità sismica. L'avvento dei moderni materiali da costruzione ha avuto gravi ripercussioni sul patrimonio architettonico in terra, rendendolo obsoleto nella coscienza collettiva e favorendo l'abbandono delle tecniche ad esso legate. Testimoniare le pratiche costruttive di quest'area, estremamente isolata e rimasta priva di connessioni carrabili fino ai giorni nostri, e quindi rimasta intatta nel tempo, significa descrivere la sapienza dei maestri costruttori che hanno saputo affinare la tecnica nel corso dei secoli in base ai soli materiali disponibili *in loco*, la quale può quindi rappresentare un supporto tecnico per contrastare il suddetto fenomeno. Inoltre, ottenendo un indice di vulnerabilità sismica di alcuni manufatti con una metodologia speditiva basata sulla valutazione di 14 parametri, si cerca di fornire un'analisi utile per la tutela e per la prevenzione in una zona altamente a rischio.

PAROLE CHIAVE

Canyon del Chicamocha, Cepitá, cultura costruttiva, Tapia Pisada, tutela del patrimonio, vulnerabilità sismica.

DOSCIENTOS AÑOS DE SOLEDAD: ESTUDIO SOBRE LA IDENTIDAD CONSTRUCTIVA DE CEPITÁ

Fabio Papparazzo**** - Università degli Studi di Firenze, Italia

Giovanni Pianigiani***** - Università degli Studi di Firenze, Italia



Scorcio di tetti, Cepitá.
Fonte: Autori, 2019.

RESUMEN

El artículo surge de las experiencias adquiridas en el seminario temático “Materiales y técnicas constructivas históricas para el diálogo intercultural con los países del hemisferio sur” y maduradas posteriormente durante un período de movilidad en el departamento de Santander (Colombia). Tomando como referencia a Cepitá, un pequeño poblado compuesto originalmente solo por casas construidas en tapia pisada en el corazón del segundo cañón más grande del mundo, el objetivo del trabajo fue identificar y clasificar las técnicas y tecnologías de construcción de esta área y someter algunos manufacturados de tierra a una investigación sobre vulnerabilidad sísmica. El advenimiento de modernos materiales de construcción ha tenido graves repercusiones en el patrimonio arquitectónico en tierra, haciéndolo obsoleto en la conciencia colectiva y favoreciendo el abandono de las relativas técnicas constructivas. Ser testigo de las prácticas constructivas de esta zona, extremadamente aislada, priva en la actualidad de conexiones de tráfico y, por lo tanto, intacta en el tiempo, significa describir la sabiduría de los maestros constructores que han sabido perfeccionar la técnica a lo largo de los siglos utilizando los materiales disponibles en el sitio, la cual puede también constituir un soporte técnico para contrarrestar el fenómeno antes mencionado. Además, al obtener un índice de vulnerabilidad sísmica de algunas construcciones a través de una metodología rápida basada en la evaluación de 14 parámetros, se intenta brindar un análisis útil para la protección y prevención en una zona de alto riesgo.

PALABRA CLAVE

Cañón del Chicamocha, Cepitá, cultura constructiva, Tapia Pisada, protección patrimonial, vulnerabilidad sísmica.

INTRODUZIONE

La terra è il più immediato, economico e diffuso materiale naturale da costruzione. L'uso della terra cruda nel campo dell'architettura, però, ha avuto molti alti e bassi nel corso della sua lunga e sicuramente non conclusa storia; un uso che è sembrato spegnersi molte volte, poiché soppiantato da materiali, come il calcestruzzo, considerati più "nobili" e durevoli. L'abbandono della terra e delle tecniche costruttive ad essa legate deriva dalla convinzione, assai diffusa, che sia un materiale utilizzato soltanto da poveri e da primitivi e, in quanto tale, sembra quasi ovvio essere destinato a durare poco. In termini di consistenza, il patrimonio in terra cruda insiste su una fascia molto estesa del pianeta, e caratterizza le tipologie architettoniche di numerosissimi paesi, in tutti e cinque i continenti (vedi fig. 1).



Figure 1. *Mapa della diffusione dell'architettura in terra cruda.*

Fonte: Elaborazione grafica degli autori.

Il materiale terra è per sua natura molto versatile e le tecnologie costruttive cui si presta sono numerose. CRATerre (2018), uno dei maggiori centri di ricerca internazionale sulla costruzione in terra, ha codificato dodici modi d'impiego principali. In Colombia, le tecniche costruttive che utilizzano la terra cruda differiscono da tecniche simili presenti in altre zone del mondo a causa del tipo di materiale disponibile e dall'espressione conferita dalle culture locali ai propri edifici.

Due aspetti che hanno influito notevolmente sul perfezionamento di determinate tecniche costruttive sono le forti precipitazioni e l'importante attività sismica di questo Paese: le tecniche si sono evolute in modo da ricercare una maggior robustezza e resistenza, conferendo alle architetture alcune tipicità morfologiche e dimensionali (Achenza, 2009).

Anche all'interno dei confini nazionali si distinguono importanti differenze tipologiche: negli altopiani, ad esempio, si è costruito prevalentemente con i mattoni di adobe; in Antioquia, la regione di Medellín, e lungo le rive dei principali fiumi, il Magdalena e il Cauca, predomina l'impiego del bahareque; nel Dipartimento di Santander, invece, troviamo quasi esclusivamente la *tapia pisada*. È proprio nella regione di Santander che si è svolta la nostra ricerca, in particolare nel canyon del Chicamocha.

Il canyon del Chicamocha, che è il secondo più esteso al mondo, è una gola scavata dall'omonimo fiume lungo il suo percorso nei dipartimenti di Boyacá e Santander, dove raggiunge la sua massima profondità nei pressi del comune di Cepitá. Il canyon è sicuramente il luogo di maggior interesse paesaggistico del Dipartimento di Santander e uno dei luoghi

naturalistici più affascinanti dell'intera Colombia, tant'è vero che la procedura per renderlo patrimonio dell'umanità dell'UNESCO è attualmente nella fase conclusiva (vedi fig. 2).



Figure 2. Canyon del Chicamocha.
Fonte: Autori, 2019.

Il canyon si trova inoltre in prossimità della Mesa de Los Santos, un altipiano presso il quale si registra il maggior numero di eventi sismici del Paese.

Nel cuore della gola si trova Cepitá, un piccolo centro abitato fondato nel 1751 e composto da sole case costruite con la tecnica della *tapia pisada*, in Italia conosciuta come terra pressata, terra battuta o pisé. Cepitá si trova in una posizione molto isolata e lontana da qualsiasi città o paese: la città più vicina, Bucaramanga, dista circa due ore e mezzo di macchina ed è raggiungibile solo passando per l'unica strada carrabile che permette la risalita del canyon, costruita nel 1987, dopo più di duecento anni dalla sua fondazione e tuttora rimasta sterrata per metà (vedi fig. 3). Fino a questa data, per qualsiasi spostamento, era necessario l'utilizzo di cavalli e muli (Ortiz, 2008). Il piccolo centro urbano di Cepitá sorge in una limitata area pianeggiante, in prossimità del fiume Chicamocha e di un suo affluente, il torrente Perchiquez, ed è organizzato secondo il tipico schema a scacchiera delle colonie romane e degli insediamenti europei in Sudamerica.



Figure 3. Foto di Cepitá, vista dall'alto.
Fonte: Autori, 2019.

CLASSIFICAZIONE MORFOLOGICA E TIPOLOGICA DEL TESSUTO URBANO

Il primo lavoro svolto nel paese ha portato alla catalogazione e alla classificazione di tutti gli edifici del nucleo urbano (vedi fig. 4). La schedatura ha avuto la finalità di mappare l'architettura in terra di quest'area evidenziandone lo stato di conservazione, il grado di autenticità preservato e i danni ricorrenti dei singoli edifici, cercando quindi di contribuire alla valorizzazione del patrimonio locale (Higuera, 2007).



Figure 4. Inventario degli edifici nel paese di Cepitá.
Fonte: Elaborazione grafica degli autori.

A prima vista non è facile distinguere le case in terra da quelle costruite con materiali moderni, poiché quasi tutti gli edifici mantengono una coerenza estetica a causa dell'intonacatura e dalla verniciatura con i due colori caratteristici del paese: il bianco e il marrone.



Figure 5. Tecnica costruttiva – Autenticità.
Fonte: Elaborazione grafica degli autori.

La schedatura, oltre a testimoniare graficamente la presenza massiccia dell'architettura in terra, ha fatto risaltare la tendenza di intervenire sugli edifici con l'impiego di materiali non compatibili, andando a danneggiare i manufatti non solo da un punto di vista estetico, ma anche per quanto riguarda la risposta strutturale. I fenomeni di dissesto sono spesso ascrivibili ad errori costruttivi e alla mancata manutenzione. Quest'analisi evidenzia inoltre

come nei lotti non ancora edificati e in posizione più defilata rispetto alla piazza principale si tenda a scegliere materiali alternativi per la realizzazione di nuove costruzioni (vedi fig. 6).

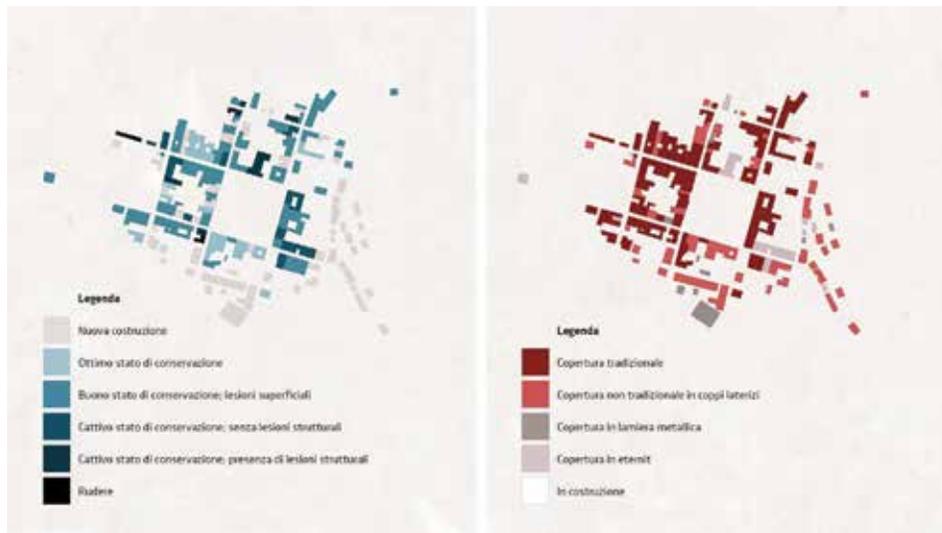


Figure 6. Stato di conservazione – tipologia di coperture
Fonte: Elaborazione grafica degli autori.

La terra cruda presenta molte qualità che rendono unici i manufatti costruiti con questo materiale, ma altrettante regole da rispettare per gli coloro che ne usufruiscono in modo da assicurare una buona longevità agli edifici.

Il patrimonio esistente in terra in tutto il mondo dimostra come questo tipo di costruzione sia particolarmente vulnerabile all'incuria e alla mancata manutenzione, circostanza che si verifica sempre di più a causa dell'abbandono generale delle case in terra ma anche della non conoscenza del materiale e delle tecnologie ad esso legate da parte degli utenti.

Per questo motivo i fattori antropici, che possono verificarsi nella scelta di un materiale non idoneo o in fase progettuale, sono moltissime volte la causa di danneggiamento prematuro delle strutture.

La maggior parte delle volte, infatti, i problemi non sono legati al materiale terra, ma derivano esclusivamente dall'uso che se ne fa.

Una seconda analisi effettuata riguarda le tipologie abitative (vedi fig. 7). Gli edifici coloniali importati in Sud America dagli europei sono il risultato di una contaminazione avvenuta nel corso dei secoli in zone distinte del pianeta, per questo motivo è stato possibile individuare alcune caratteristiche e schemi ricorrenti nella distribuzione e nell'organizzazione interna degli edifici di Cepitá.

La maggior parte di essi è caratterizzata da una forte matrice rurale che ne definisce gli spazi, che sono molto legati alle principali attività agricole della zona del Chicamocha, come la coltivazione del tabacco. Gli edifici del paese sono molto spesso case con patio, o comunque derivanti dalla divisione di edifici di questo tipo (vedi fig. 8).

Il *zaguán*, ovvero lo spazio di ingresso, è il filtro tra la strada e l'interno dell'abitazione; questa zona nasce con una duplice funzione: preservare visivamente l'intimità domestica e come ambiente coperto di sosta per gli animali da soma (Silva, 2001).

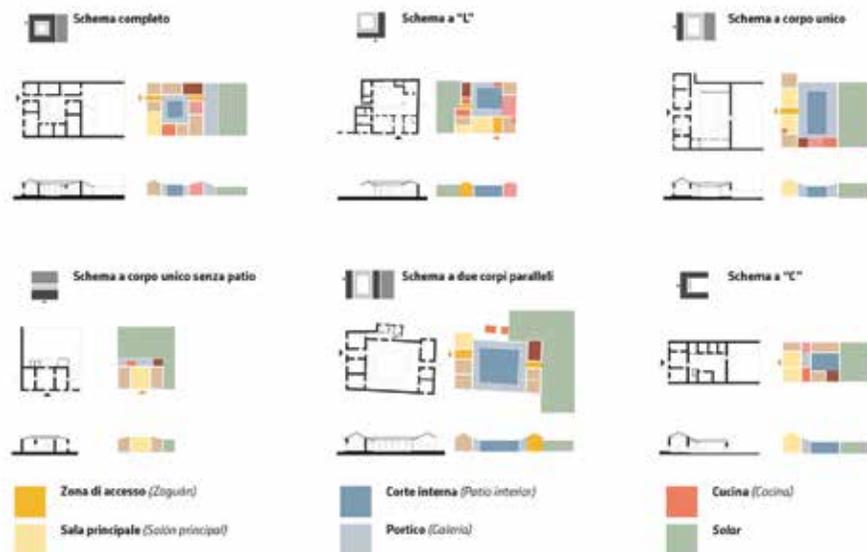


Figure 7. Schemi distributivi ricorrenti.
Fonte: Elaborazione grafica degli autori.



Figure 8. Esempi di patio – vista dall'alto. Cepitá.
Fonte: Autori, 2019.

Il *solar*, invece, è la zona più lontana dalla strada. In questo spazio all'aperto si trovavano la stalla, il lavabo di pietra per farsi il bagno (*pila de piedra*) e, eventualmente, un pozzo.

Il patio rappresenta ovviamente il fulcro funzionale e sociale della casa. A volte è pavimentato, ma solitamente vi sono coltivate piante decorative o arbusti e alberi che assicurano porzioni d'ombra nelle ore più calde della giornata.

Nella zona del canyon del Chicamocha la struttura portante di quasi tutti gli edifici autentici è stata realizzata con la tecnica della *tapia pisada*, utilizzando i mattoni in adobe sporadicamente. Le tecniche indigene, invece, sebbene in gran parte sostituite dalla tradizione costruttiva europea, non furono completamente abbandonate. Il caso più rilevante riguarda le partizioni interne e i timpani degli edifici, in cui spesso si utilizza il *bahareque* o tecniche simili.

Quando si vogliono realizzare strutture leggere o di forma difficilmente realizzabile in terra battuta, infatti, si ricorre ad esempio all'impiego di un telaio di legno di supporto ad un intrecciato di canne splittate coperte di fango o ad un incanniccato, che può essere singolo o doppio.

LA TECNICA COSTRUTTIVA DELLA TAPIA PISADA

La *tapia pisada* è una tecnica costruttiva che prevede la realizzazione di un sistema monolitico con funzionamento scatolare che lavora bene a compressione (Galdieri 1982). Per poter essere utilizzata come materiale da costruzione, la terra deve presentare particolari caratteristiche chimico-fisiche, dovrà essere pastosa, relativamente ricca di argilla e di materiali ferrosi, atti a favorire la coesione tra le particelle anche dopo la completa disidratazione (vedi fig. 9). Questo tipo di terra è generalmente reperibile in vicinanza di corsi d'acqua.



Figure 9. Estrazione della terra in prossimità di un cantiere, Barichara.
Fonte: Autori, 2019.

La terra, che solitamente proviene dallo stesso luogo in cui sarà costruito l'edificio, viene confinata all'interno di casseforme in legno e poi pressata, strato dopo strato, con l'aiuto di strumentazione apposita (Minke, 2005).

Le casseforme di legno dentro le quali avviene la compattazione si chiamano *tapias*, e sono composte da due assi di lunghezza che varia tra i 100-120 cm e un'altezza che può variare tra i 50 cm e il metro. Il sistema di chiusura scatolare deve essere rigido per evitare spostamenti durante la procedura di pressatura della terra, per questo motivo vengono usati vari elementi che, una volta assemblati correttamente, possano resistere alle spinte laterali (vedi fig. 10).

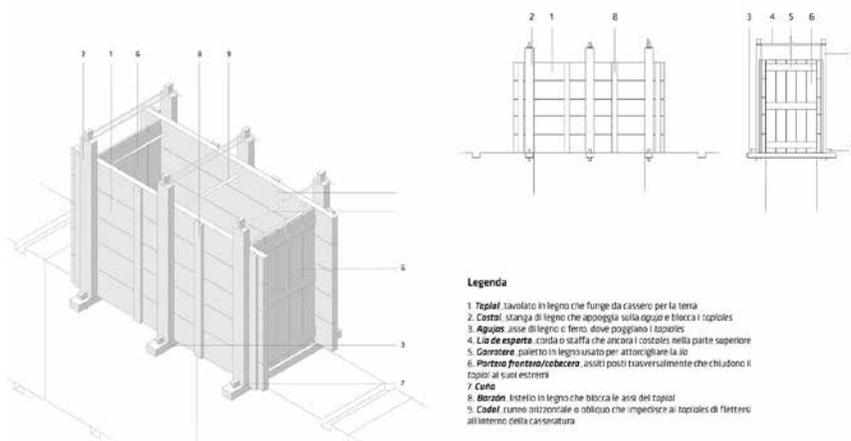


Figure 10. Elementi del *Tapial*.
Fonte: Elaborazione grafica degli autori.

Il pestello (*pisón* in spagnolo), è lo strumento che si utilizza per la pressatura manuale della terra e, simile a un remo, è solitamente di legno, e le sue dimensioni devono consentire a un operaio di lavorare rimanendo comodamente in piedi dentro al cassero (anche se la forma e il peso dell'attrezzo variano molto da una regione all'altra).

All'interno del *tapial*, infatti, deve esserci lo spazio necessario affinché i costruttori possano muoversi all'interno per la realizzazione degli strati di terra pressata, e di conseguenza le casseforme sono montate a una distanza che solitamente varia tra i 40 e 60 centimetri, motivo per il quale i muri che si realizzano con questa tecnica hanno un grande spessore (oltre ad essere importante la dimensione della sezione resistente della struttura monolitica).

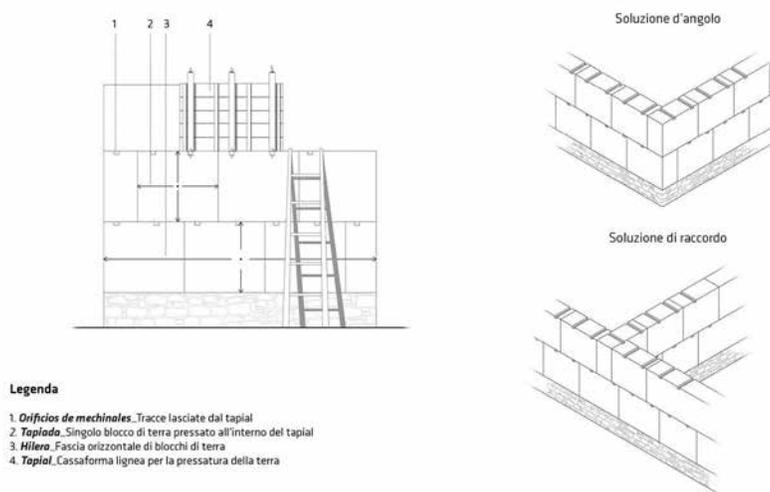
La corretta realizzazione di un manufatto in terra prevede l'attuazione della regola non scritta secondo la quale l'edificio deve avere "un buon cappello e dei buoni stivali": questa espressione si riferisce all'attenzione particolare che richiedono il sistema di copertura e quello fondazionale.

Molto spesso, infatti, le zone in cui la cultura costruttiva che utilizza questo materiale è predominante coincidono con regioni in cui le precipitazioni atmosferiche sono elevate.

Lo zoccolo di fondazione è continuo ed è importante che raggiunga una profondità tale da potersi posare su uno strato abbastanza solido del terreno, superando la parte organica superficiale.

Inoltre, è imprescindibile che la fondazione s'innalzi dal piano di campagna di almeno 30-50 centimetri, a formare un basamento esterno, in modo che si evitino la risalita di umidità per capillarità e i fenomeni deterioranti che derivano dall'azione dell'acqua superficiale e da altre azioni dannose che possono verificarsi a livello del suolo.

Sopra le fondazioni s'impone il primo corso di terra, la cui altezza è definita dall'altezza della cassaforma; una volta completato il primo strato attraverso l'azione di pressatura (*tapiada*), si passa al disarmo e al ripristino del cassero nel tratto successivo. Solitamente si realizzano tutti gli strati di terra procedendo orizzontalmente e completando di volta in volta il perimetro dell'intero edificio (*hilada*) (vedi fig. 11).



Legenda
 1. *Orificios de mecinales*. Tracce lasciate dal tapial
 2. *Tapiada*. Singolo blocco di terra pressato all'interno del tapial
 3. *Hilera*. Fascia orizzontale di blocchi di terra
 4. *Tapial*. Cassaforma lignea per la pressatura della terra

Figure 11. I muri in tapia pisada.
 Fonte: Elaborazione grafica degli autori.

Un accorgimento importante durante la giustapposizione degli strati consiste nello sfalsamento dei giunti che derivano dalla chiusura di testa del cassero, in modo che si venga a creare una testura simile a quella di una muratura in mattoni (Minke, 2005).

Le singole aperture devono essere architravate, con un ammorzamento all'interno del muro di almeno 25 cm, oltre che rispettare una distanza minima dagli angoli dell'edificio (vedi fig. 11).

Coperture e orizzontamenti non devono essere spingenti, o quanto meno le spinte che si generano per la tipologia statica adottata devono essere contrastate.

Dopo la realizzazione della struttura portante viene posto l'incanniccio, legato insieme da canne più grosse, le canne maestre. Per il completamento dell'edificio si passa alla stesura di uno strato di fango sull'incanniccio che funge da letto di posa per i coppi laterizi e alla messa in opera dei coppi stessi.

L'ultima fase consiste nella stesura di uno strato di intonaco traspirante a base di terra; utilizzare intonaci a base di materiali che non consentono la traspirazione del muro (come le malte cementizie e le malte bastarde) significa bloccare la normale fuoriuscita dell'umidità dalla parete e, di conseguenza, generare fenomeni di degrado.

TIPOLOGIE DI COPERTURA

Quello che è emerso dalle nostre analisi sulle coperture è che sono tutte derivanti dalla cultura costruttiva importata dagli spagnoli, i quali hanno affinato la tecnica e migliorato le prestazioni statiche degli elementi nel corso dei secoli (vedi fig. 12).



Figure 12. Vista interna della copertura in un edificio, Cepitá.
Fonte: Autori, 2019.

Le tre tipologie ricorrenti nel paese di Cepitá sono la tipologia "de pares", quella "de cerchas", e quella "par y picadero", tutte con una struttura portante in legno ed elementi reperiti in loco, e vedono la loro applicazione in base alle caratteristiche dimensionali dei vani.

Ad esempio, la struttura “*par e hilera*”, la più comune negli edifici del paese, è contraddistinta da forti spinte orizzontali contrastate da una catena, al fine di garantire una buona stabilità. Queste spinte vengono incrementate con l’aumentare della luce della struttura e con il diminuire della pendenza delle falde.

La struttura “*par e hilera*” rappresenta la soluzione più semplice e si realizza giustappo-
nendo coppie di travicelli obliqui ed interponendovi un’asse orizzontale, chiamata *hilera*,
incaricata di dare stabilità trasversale all’intera struttura (vedi fig. 13).

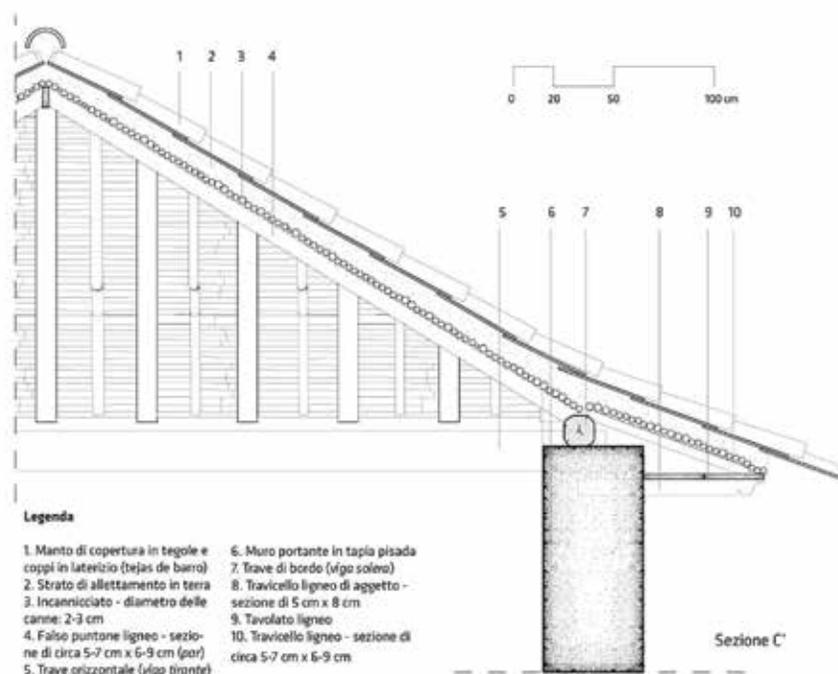


Figure 13. Copertura a “*par e hilera*”.
Fonte: Elaborazione grafica degli autori.

Un problema che può verificarsi in coperture di questo tipo è che, in caso di luci mag-
giori, i *paraes* non siano in grado di contrastare le sollecitazioni di flessione.

Per risolvere questo problema i mastri carpentieri spagnoli idearono la soluzione a “*par y nudillo*” (vedi fig. 14).

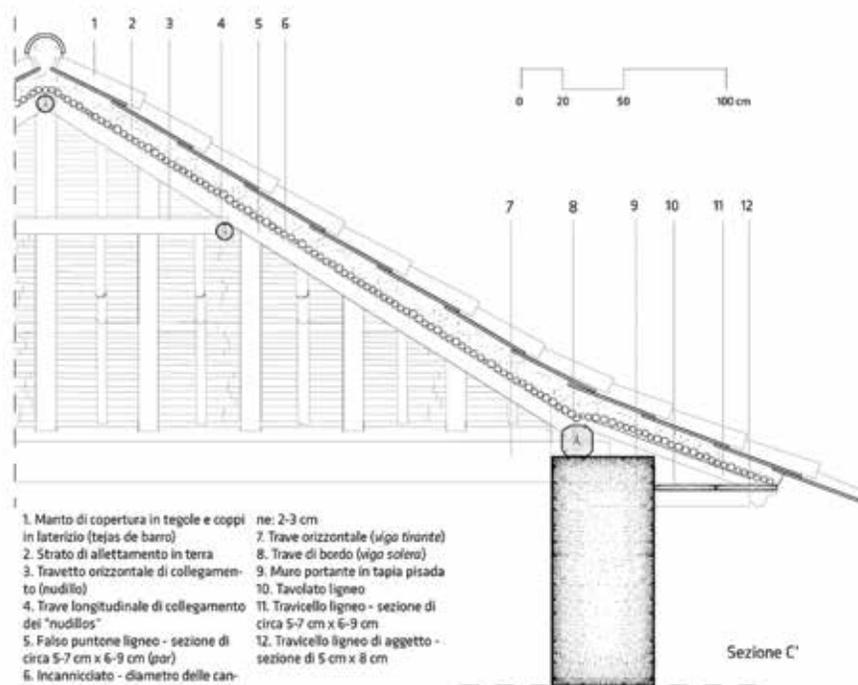
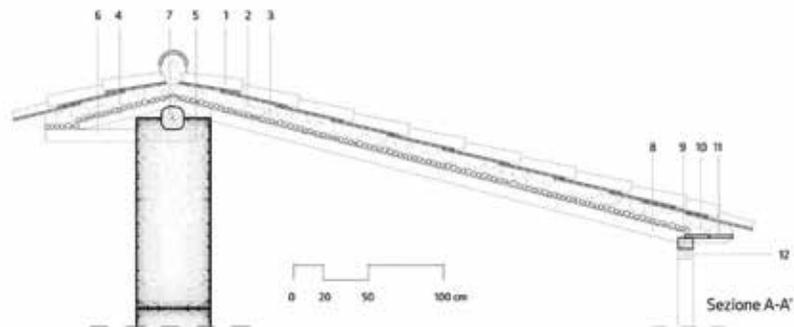


Figure 14. Copertura a “*par y nudillo*”.
 Fonte: Elaborazione grafica degli autori.

La struttura a “*par y nudillo*” può essere considerata come l’evoluzione tecnologica della precedente. L’introduzione del *nudillo*, un travetto orizzontale di collegamento tra le falde, dà un contributo importante alla riduzione dello sforzo a flessione.

L’ultima tipologia rinvenuta negli edifici del paese è rappresentata dal “*par y picadero*”, che si utilizza in piccole costruzioni con poca luce da coprire poiché, lavorando a flessione, non sarebbe in grado di sostenere le spinte provocate da una luce eccessiva. Questo tipo di struttura è composto dai pares, i travicelli obliqui, e dal picadero, la trave di bordo (vedi fig. 14).



Legenda

1. Manto di copertura in tegole e coppi in laterizio (tejas de barro)
2. Strato di allettamento in terra
3. Incanniccato - diametro delle canne: 2-3 cm
4. Travicello ligneo - sezione di circa 5-7 cm x 6-8 cm
5. Muro portante in tapio pisado
6. Travicello ligneo di aggetto - sezione di 5 cm x 8 cm
7. Trave di bordo superiore (picadero)
8. Falso puntone (par)
9. Banchina in legno
10. Travicello ligneo di aggetto - sezione di circa 2-3 cm x 4-5 cm
11. Tavolato ligneo
12. Dormiente ligneo (zapato)



Schema portico

Legenda

1. Manto di copertura
2. Strato di allettamento in terra
3. Incanniccato
4. Canna-maestra
5. Falso puntone (par)
6. Trave di bordo superiore (Picadero)
7. Banchina (carera)
8. montante in legno (par-atareche)
9. Base in pietra o mattoni (casi)



Dettaglio incastro banchina con montante e travicelli

Legenda

1. Banchina (carera)
2. Falso puntone (par)
3. Dormiente ligneo (zapato)
4. Travicello ligneo di aggetto - sezione di circa 2-3 cm x 4-5 cm
5. Chiodi in ferro
6. Incastro a spina (par-atareche)
7. montante in legno (par-atareche)

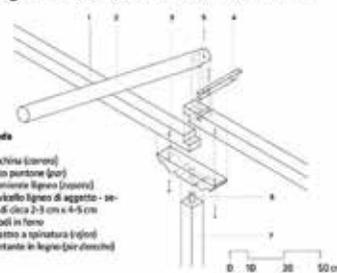


Figure 15. Copertura a “par y picadero”.
Fonte: Elaborazione grafica degli autori.

Il sistema edilizio locale è contraddistinto dalla presenza del loggiato e del portico in quasi tutte le abitazioni, e la struttura a “par y picadero” rappresenta la soluzione utilizzata in questi casi.

Quando la casa ha dimensioni modeste, la copertura del loggiato può essere il semplice prolungamento della falda del corpo di fabbrica; quando invece l’edificio ha dimensioni maggiori, la falda della copertura del loggiato può essere indipendente.

Le soluzioni di gronda vengono risolte con due tipologie principali; la prima prevede l’affiancamento di travicelli aggettanti ai falsi puntoni, prolungando così la base d’appoggio per il manto di copertura verso l’esterno. La seconda prevede piccoli travetti imbevuti nel muro, con la possibilità di variare la base d’appoggio tra l’incanniccato e un tavolato ligneo.

LA VULNERABILITÀ SISMICA

Il tema della vulnerabilità è sicuramente uno dei più delicati per quanto riguarda i manufatti in terra cruda. Sebbene molti dei centri storici costruiti in terra battuta in Colombia

e in Sudamerica abbiano resistito a lungo incolumi a eventi sismici, l'esperienza accumulata in questo campo evidenzia la grande vulnerabilità degli edifici costruiti con questo materiale (vedi fig. 16).

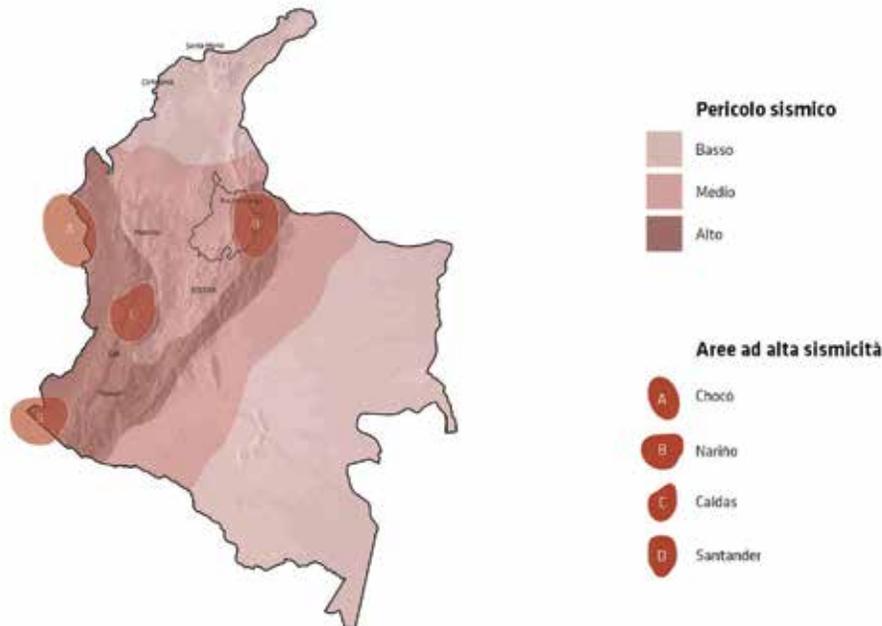


Figure 16. *Mapa del rischio sismico in Colombia.*
Fonte: Paparazzo & Pianigiani (2019).

La valutazione del rischio sismico in una determinata area dipende dall'interazione di tre fattori: la pericolosità, l'esposizione e la vulnerabilità.

A differenza della pericolosità e dell'esposizione, la vulnerabilità è strettamente legata alle caratteristiche costruttive e qualitative dei singoli manufatti, rendendo necessaria un'analisi specifica sui materiali e le tecniche impiegate.

La metodologia utilizzata per la valutazione della vulnerabilità sismica di edifici in terra si basa sul metodo dell'indice di vulnerabilità, e in particolare si ispira a quello introdotto in Italia e proposto per la prima volta nel 1984 e ripreso poi dal Gruppo Nazionale Difesa Terremoti (GNDT, 2020).

Il processo valutativo consiste nell'individuare un indice di vulnerabilità attraverso la valutazione di 14 parametri rilevanti (vedi fig. 17). A ogni parametro, che possiede una differente influenza sulla vulnerabilità dell'edificio, viene associato un coefficiente di peso che va 0.15 a 1.0. (Di Pasquale et al., 2000). Tali parametri vengono valutati su una scala da A a D, dove A rappresenta il punteggio massimo e sono:

1. Distribuzione dei muri
2. Tipo ed organizzazione del sistema resistente
3. Qualità del sistema resistente
4. Relazione domanda-capacità
5. Posizione dell'edificio e fondazioni
6. Configurazione planimetrica
7. Orizzontamenti

8. Copertura
9. Configurazione in elevazione
10. Rapporto pieni-vuoti
11. Stato di fatto
12. Elementi non strutturali
13. Età
14. Edifici adiacenti

Parametri		A	B	C	D	W_i
1	Distribuzione dei muri	0	10	20	50	0.3
2	Tipo e organizzazione del sistema resistente	0	10	20	50	1.0
3	Qualità del sistema resistente	0	10	20	50	0.25
4	Rapporto capacità/demanda	0	10	20	50	1.0
5	Posizione dell'edificio e fondazioni	0	10	20	50	0.65
6	Configurazione planimetrica	0	10	20	50	0.35
7	Orizzontamenti	0	10	20	50	1.0
8	Copertura	0	10	20	50	1.0
9	Configurazione in elevazione	0	10	20	50	1.0
10	Rapporto pieni-vuoti	0	10	20	50	0.4
11	Stato di fatto	0	10	20	50	1.0
12	Elementi non strutturali	0	10	20	50	0.25
13	Età	0	10	20	50	0.35
14	Edifici adiacenti	0	10	20	50	0.25

$$I_v = \sum_{i=1}^{14} K_i W_i$$



Figure 17. Tabella per il calcolo dell'indice di vulnerabilità.
 Fonte: Elaborazione grafica degli autori.

Sommando il punteggio dei singoli parametri moltiplicati per i corrispettivi coefficienti si ottiene infine l'indice di vulnerabilità dell'edificio; tale punteggio, compreso tra 0 e 430, metterà in evidenza la vulnerabilità dell'edificio in relazione alla priorità di intervento.

Il tipo di indagine da noi condotta appartiene ai cosiddetti "metodi di valutazione speditivi", ovvero quei metodi, meno onerosi e di più rapida esecuzione, che risultano particolarmente convenienti quando l'obiettivo è quello di estendere lo studio ad una serie di edifici, per stabilirne delle priorità e capire su quali di questi sia necessario intervenire con più urgenza.

Il metodo, presentato dal Professore dell'Universidad Industrial de Santander Ricardo Cruz Hernandez nel 2002, è classificabile come qualitativo, in quanto realizza una classificazione degli edifici mediante l'osservazione delle caratteristiche fisiche, appoggiandosi a calcoli strutturali semplici.

Il rilievo materico e dimensionale da noi riportato raggiunge un livello di dettaglio adeguato all'analisi speditiva. Come già accennato, il lavoro svolto ci ha consentito di reperire le informazioni in modo non invasivo (vedi fig. 18).

L'analisi è stata svolta scegliendo dieci edifici, diversi tra loro per periodo di costruzione, distribuzione interna e posizione nel lotto, ma con alcuni tratti comuni che ci hanno permesso di cogliere gli aspetti complessivi.

La rappresentazione grafica per ogni edificio analizzato è stata utile ad apprezzarne le caratteristiche dimensionali e tecnologiche, ed è stata un supporto per la valutazione dei parametri quantitativi.



Figure 18. Fasi di rilevamento di alcuni edifici di Cepitá.
Fonte: Autori, 2019.

Un fattore che gioca un ruolo determinante nel punteggio finale è quello relativo alla configurazione planimetrica dell'edificio che quando presenta una forma regolare e semplice in pianta, mantiene un valore più basso, quindi una miglior risposta in caso di sisma (vedi fig.19).

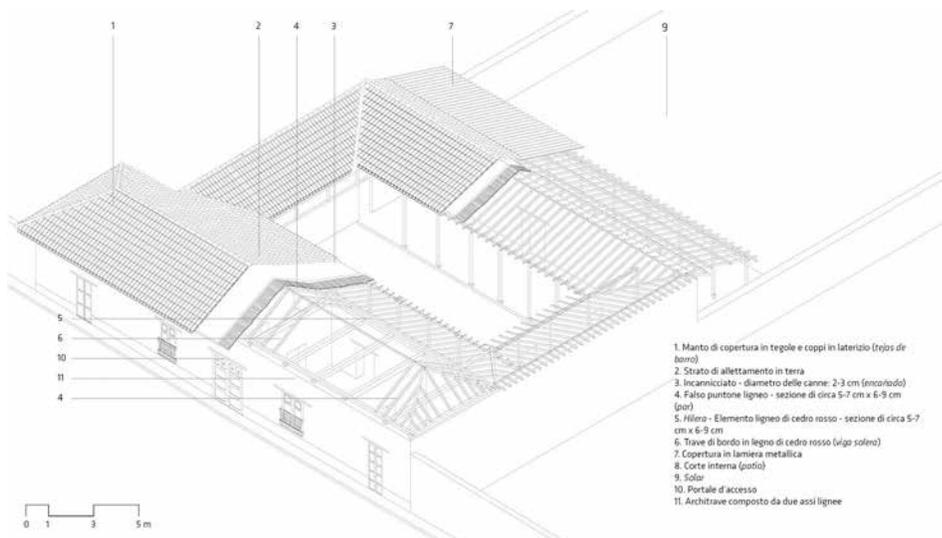


Figura 19: Modellazione di un edificio analizzato in base alla pianta architettonica.
Fonte: Papparazzo & Pianigiani (2019).

Il parametro che riguarda la “distribuzione dei muri” valuta la distanza massima tra le pareti ortogonali ai muri maestri e la densità strutturale, entrambi apprezzabili in pianta e calcolabili grazie alle misure dei vani e lo spessore delle pareti. Gli edifici in terra (e più in generale gli edifici antichi) sono caratterizzati da una presenza importante di muri e colonne;

questa peculiarità è dovuta al fatto che le tecniche tradizionali si basano principalmente sulla capacità resistente dovuta al peso proprio della struttura (vedi fig. 20).

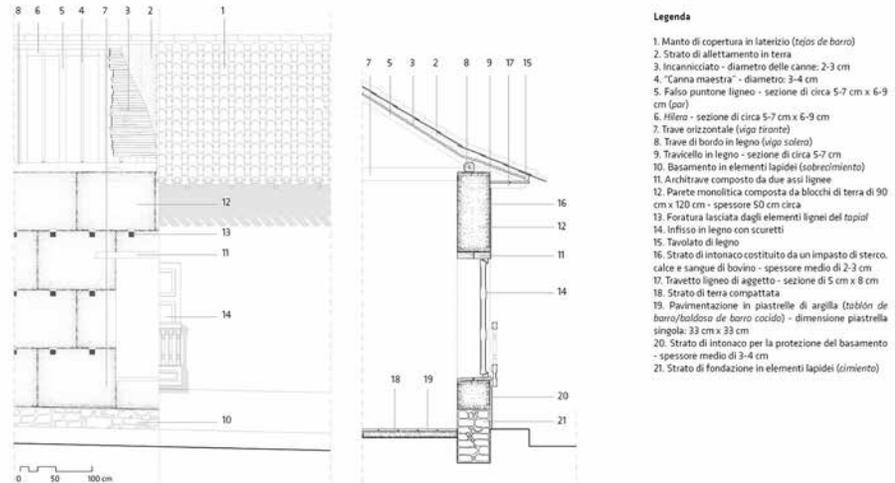


Figure 20. Modellazione di un edificio analizzato- Prospetto con sfogliato e sezione di un muro maestro.
Fonte: Paparazzo & Pianigiani (2019).

Il punteggio del parametro dieci, rapporto pieni e vuoti, è ottenibile calcolando la percentuale delle aperture nelle pareti e verificando la distribuzione lungo l'estensione del muro.

A Cepitá gli architravi sono quasi sempre ben realizzati e raramente non raggiungono i 25 centimetri di ammorzamento, misura considerata minima da rispettare. Una criticità, però, si presenta quando si realizzano nuovi varchi che vanno ad indebolire la risposta strutturale della parete, circostanza molto frequente nel paese (vedi fig.21).



Figure 21. Fase realizzativa di un architrave, Barichara.
Fonte: Autori, 2019.

Un parametro significativo e con un'influenza importante sul risultato della vulnerabilità è il numero cinque, che valuta la posizione dell'edificio e le fondazioni. Per quanto riguarda la consistenza del terreno si fa riferimento alla NSR-98 colombiana, che suddivide i tipo di suolo in quattro classi differenti in base alla qualità del terreno e alla sua consistenza (Camacol, 2009).

La condizione più favorevole, ovviamente, è quando il terreno sul quale poggia l'edificio è completamente piano, e tale condizione peggiora man mano che l'inclinazione aumenta.

Le fondazioni analizzate durante i sopralluoghi mettono in evidenza una buona cultura e una buona esecuzione, soprattutto per quanto riguarda gli elementi lapidei scelti e la profondità che lo strato fondazionale raggiunge (vedi fig. 22).



Per la valutazione dei parametri qualitativi, che fanno riferimento alla modalità di esecuzione e alla qualità stessa degli elementi che compongono gli edifici, bisogna fare una valutazione dei dati raccolti sul campo, comparandoli con la bibliografia esistente oppure facendo affidamento all'esperienza propria.

Figure 22. Fase realizzativa di fondazione e copertura, Barichara – Cepitá.
Fonte: Autori, 2019.

Ad esempio, per il parametro due, relativo alla qualità e all'organizzazione del sistema resistente, si valuta l'efficacia dei collegamenti tra i vari elementi strutturali, che devono essere ben realizzati per garantire una buona ripartizione dei carichi all'interno della struttura; qui viene valutata la presenza e l'efficacia dei collegamenti fra pareti ortogonali, tali da assicurare l'efficienza del comportamento scatolare della struttura (vedi fig. 23).

L'analisi approfondita effettuata sulle tipologie di copertura ci ha permesso di valutare il parametro relativo in relazione alla loro prestazione statica, e dare un giudizio su questa base, oltre che sulla qualità degli elementi che le compongono.

Generalmente, la scelta della tipologia di copertura nel paese è idonea alle luci da coprire, mentre presentano una maggior criticità i singoli componenti.



Figure 23. Pareti spovviste di ammorzamento con conseguenti danni strutturali – Cepitá.
Fonte: Autori, 2019.

Lesioni e danneggiamenti dovuti alla troppa vicinanza tra edifici adiacenti costituiscono un problema molto comune negli edifici in terra. Quando avviene un terremoto, ogni edificio vibra in accordo con le proprie caratteristiche dinamiche e, di conseguenza, due edifici adiacenti possono dar luogo al fenomeno distruttivo del martellamento; in circostanze del genere, la posizione relativa degli orizzontamenti degli edifici adiacenti diventa rilevante (Di Pasquale et al, 2000).

Quando, ad esempio, i solai di due edifici vicini si trovano ad altezze diverse, uno dei due può colpire la struttura portante dell'altro durante l'evento sismico. Per questo motivo, nel parametro relativo è sempre importante valutare la distanza tra gli edifici, in modo da poter prendere in considerazione la possibilità di un'influenza negativa reciproca in caso di scossa (vedi fig. 24).



Figure 24. Prospetto di un edificio nella piazza del paese, Cepitá.
Fonte: Autori, 2019.

CONCLUSIONI

Nonostante la recente valorizzazione del patrimonio naturale del Cañón del Chicamocha, grazie ai suoi paesaggi imponenti, sono ancora molti i centri abitati *che vi si trovano in gravi difficoltà per quanto riguarda la loro stabilità fisica*, accusando situazioni di isolamento e ritardo socio-economico dovuti all'aspra topografia e alla mancanza di adeguate strade di accesso (vedi fig. 25).



Cepitá, in questo caso, resiste ancora allo scorrere del tempo con un ricco patrimonio edilizio, ma purtroppo seriamente danneggiato. Tuttavia, è particolarmente chiaro che le costruzioni in adobe hanno un sistema costruttivo che mostra alcune superiorità, tra queste durabilità e comfort climatico, sebbene il suo comportamento sismico non sia appropriato poiché il sistema tradizionale non contiene rinforzi per resistere a un eventuale stress sismico. Ad ogni modo, moltissimi manufatti sono ancora in piedi e continuano a resistere al passare del tempo e agli eventuali movimenti sismici.

Figure 25. Strada che porta a Cepitá.
Fonte: Autori, 2019.

In riferimento a questo argomento, gli indici di vulnerabilità dei casi analizzati classificano tutti gli edifici come “poco vulnerabili” o “mediamente vulnerabili”. I parametri relativi alla posizione dell'edificio, agli orizzontamenti e alla configurazione in elevazione, risultano determinanti in quanto fanno riferimento a caratteristiche comuni a quasi tutti gli edifici dell'area del canyon del Chicamocha. I fattori che determinano questo risultato sono da ricercare negli standard costruttivi e qualitativi delle abitazioni, come la buona pratica di costruire le case ad un solo piano e con un buon ammortamento dei muri portanti. Inoltre, le strutture

delle coperture sono realizzate in modo da contribuire al comportamento scatolare dei manufatti, grazie ad elementi portanti che presentano incastri e unioni di buona qualità.

Il risultato di questo lavoro di tesi è l'aver creato una schedatura e classificato le tecniche e i procedimenti costruttivi tramite i quali sono stati realizzati gli edifici in terra cruda nell'area del canyon del Chicamocha. La schedatura ha mostrato una presenza predominante dell'architettura in terra, con le sue regole e gli stili ricorrenti di quest'area geografica, dimostrando che gli esempi studiati non rappresentano casi isolati, ma formano parte di una vera cultura costruttiva locale e che, in quanto tali, qualsiasi azione di tutela o di miglioramento sismico si deve inserire all'interno di un universo in cui esistono delle regole costruttive, con dei pregi e delle debolezze, che devono essere rispettate (Bollini, 2013).

In breve, un percorso che è iniziato dal riconoscimento dell'ambiente costruito e successivamente documentato con le patologie e interventi presenti nei manufatti in studio, secondo la loro evoluzione storica e i relativi sistemi, tecniche costruttive e materiali utilizzati. Risulta quindi ben chiara la necessità imperativa di tutelare queste costruzioni, applicando una metodologia conforme con alternative di rinforzo, opportunamente selezionate e da implementare nei suddetti manufatti. Infine, si auspica un futuro più promettente per Cepitá, motivo per cui l'articolo si presenta sia come uno studio che come un richiamo per la comunità scientifica in generale. Il tema del recupero e della valorizzazione del patrimonio architettonico e culturale in terra cruda e, in particolare, il suo comportamento dinanzi all'azione del sisma, costituisce certamente un elemento di attualità nel dibattito nazionale e internazionale.

Fortunatamente, ogni giorno si consolidano più iniziative in ambiti diversi quali il progetto COREMAS che nasce nel 2012 come sforzo collettivo per aggiornare e rinnovare criteri e modalità di intervento sui beni culturali. L'obiettivo del progetto è quello di stabilire documenti di criteri e metodi di azione nei vari campi di conservazione dei beni culturali, in concordanza con le loro caratteristiche materiali e costitutive uniche, che possono servire da ausilio e riferimento per il lavoro di altre istituzioni, aziende e professionisti. Ogni documento è stato preparato da un gruppo di lavoro interdisciplinare (Proyecto COREMANS, 2017). Senza dubbio iniziative che, a seconda della volontà di ogni Paese, rappresenteranno una nuova alba per il patrimonio costruito in terra cruda.

RIFERIMENTI

Achenza, M., Sanna, U. (2009). *Il manuale tematico della terra cruda*. DEI.

Bollini, G. (2013) – *Terra battuta: tecnica costruttiva e recupero. Linee guida per le procedure d'intervento*. EdicomEdizioni.

Cámara Colombia de la Construcción – CAMACOL. (2020). *Normas colombianas de diseño y construcción sismoresistente. NSR 98*. <https://camacol.co/sites/default/files/T%C3%ADtuloA.PDF>

Centre International de la Construction en Terre - CRAterre (2018). *Rehabiliter le pise. Vers des pratiques adaptees*. CRAterre - Actes Sud (Arles).

Di Pasquale, G., Dolce, M., & Martinelli, A. (2000). *Analisi della vulnerabilità*. *2_LRMa-nualeAedes_31_ottobre_GU_.pdf*

Galdieri, E. (1982). *Le meraviglie dell'architettura in terra cruda*. Ed. Laterza

Gruppo Nazionale Difesa Terremoti - GNDT. (2020). Pubblicazioni. <https://emidius.mi.ingv.it/GNDT2/>

Higuera, J. (2007). *Arquitectura de tierra: sostenibilidad y cultura*. Fundación Hábitat en Tierra.

Minke, G. (2005). *Manual de construcción en tierra*. Ed. Fin de Siglo.

Ortiz, P. (2008) - *Geo Von Lengerke: constructor de caminos*. UIS.

Paparazzo, F. & Pianigiani, G. (2019). *Tapia pisada. Cultura costruttiva e indagine sulla vulnerabilità sismica dei manufatti in terra cruda nel canyon del Chicamocha*. DiDA, UNIFI: Firenze.

Silva, M.B. (2001). *La vivienda a patios de origen hispánico y su difusión en Iberoamerica*. Universidad Nacional de Tucuman.

Gobierno de España. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte - Proyecto CORE-MANS. (2017). *Criterios de intervención en la arquitectura de tierra*. <https://es.calameo.com/read/000075335431721e39425>.