

Terra in ascolto

Un modulo replicabile in terra e paglia per l'educazione musicale nelle aree rurali del Perù - il caso di Andahuaylillas



Politecnico di Torino
Dipartimento di Architettura e Design
Laurea Magistrale in Architettura per la Sostenibilità
A.A. 2024/2025

Terra in ascolto

Un modulo replicabile in terra e paglia per
l'educazione musicale nelle aree rurali del Perù.
Il caso di Andahuaylillas

Relatore
Prof. Andrea Bocco Guarneri

Correlatrici
Prof.ssa Silvia Onnis
Prof.ssa Louena Shtrepi

Studentessa
Simonetta D'Ovidio

Indice

Introduzione

Il territorio, la cultura, la musica

1. La musica come infrastruttura culturale	
1.1. Varietà musicali e processi trasformativi	13
1.2. Il ruolo educativo della musica	16
1.3. Evoluzione della musica nel tempo	19
1.4. Necessità di una rete di luoghi e persone	22
2. Il Perù: condizioni ambientali e vulnerabilità rurali	
2.1. Clima e diversità geografica	25
2.2. Morfologia insediativa secondo suddivisione territoriale	33
2.3. Una panoramica vernacolare	35
2.4. Rischi ambientali e precauzioni progettuali	38
2.5. Spazio comune e spazio musicale	39

Dal territorio alla comunità

3. Architettura e partecipazione: analisi delle necessità comunitarie	
3.1. Progettare con la comunità: dalla diagnosi alla costruzione	43
3.2. Gli enti coinvolti	44
3.3. Le tecniche di indagine	48
3.4. Il lavoro sul campo	50
3.5. Percorsi condivisi e nuove prospettive	60
4. Necessità esplicite e implicite degli utenti: verso una sintesi progettuale	
4.1. Quadro esigenziale per un'architettura educativa	63
4.2. Strategia architettonica	66
4.3. Verso un modulo replicabile e adattabile	67

Il modulo

5. Il modulo architettonico: scelte e strategie	
5.1. La terra come materiale da costruzione	71
5.2. Le fibre	80
5.3. Tra tradizione e innovazione: analisi comparativa di quattro tecniche	82
5.4. Criteri di comfort e configurazione della struttura base del modulo	85

6. Adattamento e definizione tecnica del sistema costruttivo	
6.1. Varianti climatiche del modulo: strategie di adattamento	89
6.2. Verifiche termoigrometriche, stratigrafie e calcoli termici	95
6.3. Prototipo in scala 1:1 e processo costruttivo	100
6.4. Dettagli costruttivi	102
6.5. Manutenzione, durabilità e ciclo di vita	116

Il suono come materia

7. Acustica per l'educazione musicale	
7.1. Aspetti acustici rilevanti per le prestazioni del modulo	121
7.2. Parametri e processo di valutazione	124
7.3. Abaco dei materiali e stratigrafie di riferimento	129
8. Test e simulazioni acustiche	
8.1. Prove nel tubo di impedenza: fonoisolamento e fonoassorbimento	135
8.2. Miscele e preparazione dei campioni	136
8.3. Misurazioni con il tubo di impedenza	137
8.4. Simulazioni con INSUL	147
8.5. Valutazione sperimentale e numerica del comportamento acustico delle pareti	150

Dal modulo al sito di progetto

9. Inquadramento territoriale	
9.1. Andahuayllillas: regime climatico	159
9.2. Motivazioni della scelta del sito di progetto	166

10. Progetto architettonico

Conclusioni

Bibliografia	
Sitografia	

INTRODUZIONE

Non appena si arriva in territorio peruviano, si comprende facilmente che c'è un elemento costante che echeggia ovunque: la musica. Le tavole calde, i supermercati, i bus, le piazze, le strade, tutto è parte di un paesaggio sonoro, in cui convivono tanti stili e generi diversi. Il titolo “Terra in ascolto” allude da un lato ad una terra in cui il patrimonio musicale è intrinseco nella vita quotidiana, dall'altro richiama la tradizione costruttiva peruviana, di cui la terra è protagonista. La musica peruviana riflette direttamente la diversità culturale del Paese, con ritmi festosi e altri che trasmettono dolore e tristezza. Con questo panorama sonoro la tesi tenta di supportare il mondo musicale, attraverso l'architettura in terra, questionandosi se proprio questo materiale possa essere un mezzo per la creazione di un modulo riproducibile a distinte scale e in climi differenti.

Pensare alla terra esclusivamente come una risorsa tecnica sarebbe riduttivo. È un materiale affascinante, con piccoli granelli di minerali differenti racchiude storie millenarie, unite dal trascorrere del tempo, racconta evoluzione e dinamicità, costruendo ponti tra luoghi diversi. Nella tesi, viene analizzata come un composto ricco di storia, di tradizione costruttiva e di stratificazioni, che vengono poi tradotte nel progetto di un modulo in terra e paglia.

Nei diversi viaggi fatti in Perù, ogni valle visitata, in ogni *pueblo*, la terra era un filo rosso, un linguaggio comune che veniva tradotto in svariate tecniche. Non solo, era sempre più chiaro il legame millenario con le tecniche costruttive, dettate dalla *sabiduria* locale. Il fascino iniziale per questo materiale si è convertito in conoscenza grazie all'esperienza presso il Centro Tierra, Universidad Pontificia Católica del Perù. Mi è stato permesso di approfondire le conoscenze tecniche e comprendere le potenzialità della terra, allo stesso tempo mi sono stati forniti molti dei contatti che hanno reso possibile il lavoro di campo. Non solo, mi è stata data l'opportunità di realizzare un prototipo in scala 1:1 di una porzione di parete, utilizzando la tecnica costruttiva scelta.

La stesura della tesi parte da un inquadramento della cultura e della tradizione musicale peruviana, scendendo sempre più di scala fino ad arrivare alla definizione di un sistema

modulare che possa ospitare attività di insegnamento musicale al suo interno. Sono stati poi analizzati gli aspetti costruttivi della tecnica scelta, per poi definirne l'applicazione con il caso studio di Andahuaylillas. La tesi viene organizzata in cinque sezioni, ognuna con un focus specifico. La prima parte definisce il contesto culturale e territoriale, a scala nazionale e regionale, approfondendo l'architettura vernacolare in relazione alle distinte aree climatiche analizzate. La seconda sezione si concentra sulla scala comunitaria e sull'utente, attraverso un lavoro di campo. L'indagine realizzata mi ha permesso di approfondire le reali esigenze della popolazione nell'ambito della trasmissione dei saperi musicali. Nella terza parte il focus è l'aspetto costruttivo del modulo. Vengono analizzate più tecniche per definire un sistema versatile e adattabile a differenti climi. Con la costruzione del prototipo 1:1 di una porzione di parete è stato possibile analizzare la fattibilità costruttiva e apportare piccole modifiche. Nella quarta sezione il comfort acustico diventa fonte di approfondimento rispetto alle scelte costruttive prese, apportando piccole migliorie che contemporaneamente hanno potenziato il comfort termico. L'ultima sezione raccoglie tutte le scale d'indagine e le traduce nell'applicazione progettuale. Si sviluppa l'inquadramento territoriale di Andahuaylillas fino all'analisi del sito di progetto, configurando un centro musicale come composizione ripetuta dei moduli di base. Un centro musicale che converge attività di insegnamento, liuteria e uno spazio di registrazione per i saperi musicali, il tutto in un'ottica di integrazione intergenerazionale. Lo sviluppo del complesso viene pensato per fasi, così da coinvolgere direttamente la popolazione nel processo costruttivo e manutentivo.

La tesi propone un modulo che possa essere flessibile, adattabile e facilmente riproducibile in terra alleggerita, che dialoga con il profondo legame storico e culturale che questo materiale ha con il Perù. La terra in ascolto, in questo senso, è un materiale che, usato con criterio, può sostenere la ricchezza musicale con un progetto spaziale ed educativo, definendo un modello replicabile nelle aree rurali del Perù.

INTRODUCCIÓN

Llegando a Perú, es fácil darse cuenta de que hay un elemento constante que resuena por todas partes: la música. Los restaurantes, los kioscos, los autobuses, las plazas, las calles... todo forma parte de un paisaje sonoro en el que conviven muchos estilos y géneros diferentes. El título «Tierra en escucha» alude, por un lado, a una tierra en la que el patrimonio musical es intrínseco a la vida cotidiana y, por otro, evoca la tradición constructiva peruana, en la que la tierra es protagonista. La música peruana refleja directamente la diversidad cultural del país, con ritmos festivos y otros que transmiten dolor y tristeza. Con este panorama sonoro, la tesis intenta apoyar el mundo musical a través de la arquitectura en tierra, cuestionándose si este material puede ser un medio para la creación de un módulo reproducible a distintas escalas y en diferentes climas.

Pensar en la tierra exclusivamente como un recurso técnico sería reduccionista. Es un material fascinante, con pequeños granos de diferentes minerales que encierran historias milenarias, unidas por el paso del tiempo, que narran la evolución y la dinámica, construyendo puentes entre diferentes lugares. En la tesis se analiza como un material rico en historia, tradición constructiva y estratificaciones, que luego se traducen en el proyecto de un módulo de tierra y paja.

En los diferentes viajes que hice a Perú, en cada valle que visité, en cada pueblo, la tierra era un hilo conductor, un lenguaje común que se traducía en diversas técnicas. Cada vez era más evidente el vínculo milenario con las técnicas de construcción en tierra, dictadas por la sabiduría local. El encanto inicial por este material se convirtió en conocimiento gracias a la experiencia en el Centro Tierra, de la Universidad Pontificia Católica del Perú. Se me permitió profundizar los conocimientos técnicos y comprender el potencial de la tierra, al mismo tiempo se me proporcionaron los contactos que hicieron posible el trabajo de campo. Se me dio la oportunidad de realizar un prototipo a escala 1:1 de una parte de pared, utilizando la técnica de construcción elegida por el proyecto.

La redacción de la tesis parte de una contextualización de la cultura y la tradición musical peruana, descendiendo cada vez más en escala hasta llegar a la definición de un siste-

ma modular que pueda albergar actividades de enseñanza musical en su interior. Se analizaron los aspectos constructivos de la técnica elegida, para luego definir su aplicación con el caso de estudio de Andahuaylillas. La tesis se organiza en cinco secciones, cada una con un enfoque específico. La primera parte define el contexto cultural y territorial, a escala nacional y regional, profundizando en la arquitectura vernácula en relación con las distintas zonas climáticas analizadas. La segunda sección se centra en la escala comunitaria y en el usuario, a través de un trabajo de campo. La investigación realizada me ha permitido profundizar en las necesidades reales de la población en el ámbito de la transmisión de los conocimientos musicales. En la tercera parte, la atención se centra en el aspecto constructivo del módulo. Se analizan varias técnicas para definir un sistema versátil y adaptable a diferentes climas. Con la construcción del prototipo 1:1 de una parte de la pared, fue posible analizar la viabilidad constructiva y realizar pequeñas modificaciones. En la cuarta sección, el confort acústico se convierte en fuente de profundización con respecto a las decisiones constructivas tomadas, aportando pequeñas mejoras que, al mismo tiempo, han potenciado el confort térmico. La última sección recoge todas las escalas de investigación y las traduce en la aplicación del proyecto. Se desarrolla el encuadre territorial de Andahuaylillas hasta el análisis del emplazamiento del proyecto, configurando un centro musical como composición repetida de los módulos básicos. Un centro musical que aúna actividades de enseñanza, luthería y un espacio de grabación para los conocimientos musicales, todo ello con una perspectiva de integración intergeneracional. El desarrollo del complejo se concibe por fases, de modo que la población participe directamente en el proceso de construcción y mantenimiento.

La tesis propone un módulo que sea flexible, adaptable y fácilmente reproducible en tierra alivianada, que dialogue con el profundo vínculo histórico y cultural que este material tiene con Perú. La tierra en escucha, en este sentido, es un material que, utilizado con criterio, puede sustentar la riqueza musical con un proyecto espacial y educativo, definiendo un modelo replicable y adaptable en las zonas rurales de Perú.

IL TERRITORIO, LA CULTURA, LA MUSICA

Verso un modello educativo-musicale radicato nel territorio

“El Perú está hecho de muchas sangres y de muchos pueblos, y en esa mezcla está su fuerza.”

“Il Perù è fatto sangue e di molti popoli, e in questa mescolanza risiede la sua forza.”

Arguedas, J. M. Yawar Fiesta.
Lima: Editorial Horizonte. 1941

LA MUSICA COME INFRASTRUTTURA CULTURALE



Foto 1



Foto 2



Foto 3



Foto 4

Foto 1

Nella festa della Pachamita si attraversa tutto il **pueblo** a cavallo accompagnati dal suono di flauti e tamburi.

Fonte: Sánchez, C. (2018). *Las flautas de Pan arqueológicas y etnográficas de Latinoamérica del Sur*. In C. Sánchez Huaranga (Ed.), *Música y sonidos en el mundo andino: flautas de pan, zamponas, antaras, sikus y ayarachis*. Lima: Fondo Editorial de la UNMSM.

Foto 2

Le commemorazioni musicali sono inclusive così i bambini imparano a suonare i sikus o l'arka.

Fonte: *Ibidem*

Foto 3

Grande gruppo di flautista che accompagna una cerimonia punegna.

Fonte: *Ibidem*

Foto 4

Musici della comunità Pumallaccta Quiñota.

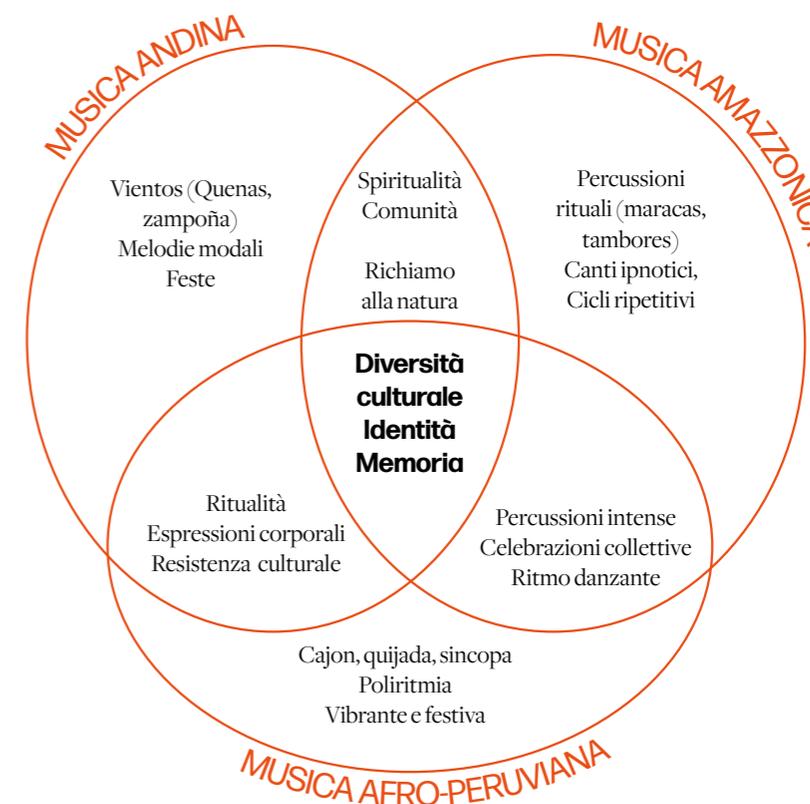
Foto di: Héctor Espinoza

La musica costituisce per tutte le società del mondo un linguaggio, una forma di espressione capace di abbattere barriere sociolinguistiche, economiche e politiche. Questa affermazione rappresenta a pieno la cultura musicale peruviana, un mix esplosivo che racchiude in sé atti di vita quotidiana, festività, danze, rituali che rappresentano l'identità di un intero Paese. La musica peruviana non si ferma all'estetica, bensì è un organismo vivo, che scandisce il calendario con feste, rituali agricoli e religiosi, rimanendo autentica e lontana all'omologazione occidentale.

Il ritmo è una costante presente, dai momenti di sofferenza, come i rituali funebri, ai momenti di gioia, come i rituali celebrativi. I testi musicali peruviani raccontano di resistenza, fratellanza, amore, convergendo nella musica la moltitudine di tradizioni differenti del territorio. Nel capitolo si farà un'analisi della ricchezza sonora del Perù, mezzo culturale ed educativo. Si approfondiranno gli spazi in cui la musica viene riprodotta, suo ruolo nella società e nell'educazione. L'intensione non è solo descrittiva, altresì di comprendere come la musica è stata sostegno per le comunità, scambio generazionale e strumento per lo sviluppo di una società consapevole.

1.1 Varietà musicali e processi trasformativi

La musica popolare peruviana "es un espejo de la sociedad, un testimonio de sus contradicciones y sus cambios", così Llorens¹ descrive la relazione tra musica, società e identità. L'affermazione propone una serie di sovrapposizioni e contaminazioni di razze e culture, riconducibili alla successione degli eventi storici del Perù. Gli strumenti a corda, ad esempio, vennero introdotti per mano spagnola e si fusero con il tempo alla tradizione locale, come nel *vals criollo limeño*²; il ritmo e le percussioni apportati dall'influenza africana spinsero la musica ad essere maggiormente concepita come danza e resistenza; nel mentre i popoli nativi conservarono aerofoni, canti rituali e pratiche collettive legate all'agricoltura e alla spiritualità. Incontri, migrazione e resistenza hanno generato la pluralità di generi musicali.



Elaborazione propria

¹ Lloréns, J. A. *Música popular en Lima: criollos y andinos*. Lima: Instituto de Estudios Peruanos. 1983. In questo libro l'autore analizza la musica criolla e andina attraverso contraddizioni e similitudini.

² Il *Vals Criollo* si sviluppa in Perù da metà del XIX secolo, quando arrivarono le danze europee nei grandi saloni limegni, creando una fusione tra le tradizioni locali, le influenze afrodiscendenti e quelle spagnole. Tra gli anni '30 e '50 del '900 si consolida come simbolo urbano e patrimonio culturale del Paese.

Nello schema i generi musicali sono suddivisi rispetto la macro suddivisione orografica del Perù: la musica Andina, rispetto alla zona montuosa; la musica amazonica, rispetto alla *selva*; la musica afroperuviana, rispetto alla costa nordica. Ogni genere musicale è rappresentato dalle proprie particolarità e allo stesso tempo nelle intersezioni si denotano gli elementi in comune. La suddivisione e le particolarità di ciascun genere verranno approfondite nei paragrafi successivi.

Diversità organologica

Ogni tradizione musicale è strettamente vincolata con la diversità culturale e territoriale di ciascun Paese. Gli strumenti, nel caso del Perù, nascondono la memoria culturale e la cosmo-visione: la zampoña degli alto-piani è espressione dell'idea di comunità e reciprocità; la quena montana è simbolo del dialogo con la natura; i tamburi amazonici sono l'elemento chiave nelle cerimonie sacre; il cajón afroperuano le grida della resistenza africana.

Secondo la *Mapa de instrumentos musicales del Perú*³, sono più di 350 gli strumenti popolari, confermando la straordinaria stratificazione culturale.

Varietà degli spazi sonori

La musica in Perù echeggia negli spazi di vita quotidiana e comunitaria. Nelle comunità andine, il centro delle pratiche collettive è la piazza, dove *las bandas de sikuris* o *las danzas de tijeras* richiamano la popolazione per condividere il momento di festa. Nella costa afroperuviana la musica si suona nei patii, nelle tabernas o nelle peñas⁴, in modo intimo e coinvolgente tra l'interprete e il pubblico. Nell'Amazonia *las malocas*⁵ o *las casas comunales* sono gli spazi in cui si dà vita ai canti spirituali, dove il suono incontra la cosmo-visione. Nel panorama urbano la musica invade le strade, i mercati, le discoteche ed è persino una costante nei trasporti pubblici e nei negozi.

Ogni spazio risponde ad una distinta tradizione culturale e a sua volta contribuisce a preservare la diversità delle pratiche musicali.

FUNZIONE SOCIALE	SISTEMA RITMICO	STILE SECONDO LA MACRO-REGIONE
RELIGIOSA _Harawi canto quechua poetico tradizionale a tema romantico _Musica de Q'ero_ musica di rituali agricoli e cosmologici _Canticos Procesionales_	SCALE _Trifonica_ _matrice ancestrale_ _Pentafonico_ attualmente predominante _Diatonico/Epta-fonico_ considerato una forma di mestizaje	SELVA _Danze e cantii locali_ _Influenze macro regionali_ _Cumbia Amazonica_
LAVORO _Haylli/Haycha_ canto associato alla pachamama e agli apus per gratitudine _Canto de arrieros_ canto spesso solitario con ritmo libero	PRATICHE DI INTERPRETAZIONE _Eterofonia_ sovrapposizioni di differenti melodie _Organizzazione dei gruppi_ sikuris, comparsas, duos, orquestras	SIERRA QUECHUA/ AIMARA _WAYNO_ Ayacucho _Cusco in sovrapposizione de k'anas_ _Puno_ _Sikuris_ _Puno_ _Pasacalie_ danza celebrativa Junin
FESTIVITA' E CARNEVALI _Carnevale di Coracora_ _Carnevale di Sicuani_ _Danza de Majenos_ _Carnevale di Huanchacoco_ _Festival de la marinera di Trujillo_	RITMO _Binario_ _predomina nel repertorio andino_ _Ternario_ _marinera o tondero_ _Misto e altalenante_	COSTA _Marinera_ _Tondero_ _Zamacueca_

Elaborazione propria

Musica e identità: resistenza e trasformazione

Nell'epoca attuale, dove per i giovani il modo occidentale si pone sempre più attrattivo, generi come la *Chicha*⁶ e la *Cumbia amazónica*⁷ sono simbolo di resistenza rispetto all'emarginazione sociale e la discriminazione cittadina. Attraverso questi generi musicali, i migranti che arrivarono nelle grandi città crearono uno spazio proprio, mescolando culture e dando vita a nuove identità ibride. La musica peruviana è in continua rielaborazione, come atto politico di resistenza che dà valore alla memoria e proietta nuove forme musicali.

Di fatti la musica in Perù non sottende solamente una funzione ludica, compie un ruolo fondamentale come mezzo di identità e resistenza culturale. Retrocedendo nel tempo si nota come fin dall'epoca pre e post coloniale la musica ha rappresentato uno strumento di valorizzazione di ciascuna cultura: durante il XX secolo nasce la musica Criolla, che inizialmente venne promossa come simbolo nazionale dando vita ad un fenomeno di marginalizzazione dell'espressione andina e afro peruviana. Secondo Turino⁸ fu uno dei primi intenti di omogeneizzazione culturale, che dimostrarono come il carisma peruviano ha permesso agli altri generi musicali di rimanere attivi e presenti, preservando lingue, spiritualità e memoria collettiva.

³ Instituto Nacional de Cultura (Perù), Oficina de Música y Danza. *Mapa de los instrumentos musicales de uso popular en el Perú: clasificación y ubicación geográfica*. Lima: Instituto Nacional de Cultura, 1978.

⁴ Le peñas sono spazi caratteristici della costa peruviana, che si sviluppano nell'XX secolo come spazi di incontro tra artisti, vicini e visitatori, uno spazio di partecipazione attiva. Locali di media grandezza decorati con motivi costieri e con tavoli disposti attorno allo scenario con il fine di creare un ambiente intimo. L'architetto Miró Quesada Garland definisce le peñas come uno spazio informale di convivenza e di espressione della collettività, importante esempio di spazio utilizzato dalla collettività. Miró Quesada Garland, L. *Espacio en el Tiempo: la arquitectura como fenómeno cultural*. Lima: Compañía de Impresiones y Publicidad, 1945.

⁵ L'architetta Miranda North definisce *las malocas* come costruzioni vernacolari costruite con materiali provenienti dalla selva e con tecniche ancestrali. Un luogo in cui le attività familiari quotidiane convergono con quelle comunitarie.

Miranda North, R. *La Maloca: arquitectura vernácula amazónica sustentable*. Lima: Consensus, Universidad Femenina del Sagrado Corazón, 2012.

⁶ La *Chicha* rappresenta un genere musicale ibrido legato alle migrazioni interne, unisce la musica andina alla costiera, con influenze urbane.

⁷ La *Cumbia Amazonica* è un genere musicale ibrido degli anni '60 che lega il ritmo tropicale alle melodie andine, aggiungendo la chitarra elettrica e suoni psichedelici. Romero, R. R. *Todas las músicas. Diversidad sonora y cultural en el Perú. Serie Estudios Etnográficos, Tomo 8*. Lima: Instituto de Etnomusicología PUCP, 2017.

⁸ Turino, T. *Nationalists, Cosmopolitans, and Popular Music in Peru: The Politics of Style*. Chicago: University of Chicago Press, 2004.

1.2 Il ruolo educativo della musica

L'insegnamento della musica in Perù rappresenta una delle tante contraddizioni del Paese: da un lato si possiede la più grande diversità musicale di tutta l'America Latina, dall'altro il sistema di insegnamento marginalizza la musica. Nella maggior parte delle scuole pubbliche, l'insegnamento della musica è presente con pochissime ore, subordinato ad un paio di strumenti di musica classica. Questo approccio rende difficile lo stimolo alla creatività per gli alunni, che molte volte si vedono costretti all'apprendimento mnemonico di testi musicali di stampo occidentale, lontani dalla tradizione peruviana. Vera⁹ sostiene che *“la contradicción estructural entre políticas y prácticas convierte a la educación musical en un terreno de disputa: jardín fértil o erial árido, según las condiciones pedagógicas y comunitarias”*. Definisce quindi il Perù come uno stato fertile, ma a causa di dispute politiche non permette a tutti l'accesso all'insegnamento, che viene influenzato dalla localizzazione geografica.

Questa marginalità strutturale è causata dall'assenza di programmi nazionali, dalla mancanza di formazione specializzata per i docenti di musica, da risorse didattiche scarse e dall'inesistenza di strutture didattiche adeguate all'insegnamento musicale. Il sostegno nazionale è inesistente e ciò genera una forte frammentazione. Le scuole private delle grandi città offrono talleres, cori o gruppi musicali, mentre le zone rurali dipendono da iniziative di volontari senza un sostegno statale.

Assenza di un sistema scolastico e extrascolastico articolato

Il sistema di insegnamento musicale, inteso come diffusione del sapere musicale a livello nazionale, è assente anche quando si pone l'attenzione sulle attività extrascolastiche. Non è difatti equamente diffuso un sistema nelle aree rurali che offra agli studenti un sostegno al di fuori degli orari scolastici, per far sì che tutte le generazioni possano essere formate nell'ambito musicale.

Un'eccezione è rappresentata dall'associazione Sinfonia por el Perù, fondata nell'anno 2011 da Juan Diego Flórez Salom, che tenta di diffondere un'educazione musicale in diversi luoghi distribuiti sul territorio nazionale. Ovviamente una sola associazione, o poche altre sulla scia, non bastano per rispondere alla domanda di insegnamento di una nazione così grande. L'associazione suddetta rappresenta un primo intento per generare una rete che promuova un interscambio tra le diverse realtà del territorio nazionale. Sinfonia por el Perù nacque riproponendo un'iniziativa nata in Venezuela, El Sistema, creata da José Antonio Abreu nel 1975. Il programma, lungo vari anni, ha creato una solida rete nazionale di orchestre e cori giovanili, promuovendo inclusione sociale e mobilità culturale. Come descrive Baker¹⁰, El Sistema si è trasformato in “un proyecto cultural que utiliza la música como herramienta para la transformación social, integrando educación, comunidad y ciudadanía” – “un proyecto culturale che utilizza la musica come strumento di trasformazione sociale, integrando istruzione, comuni-

9 Vera, M. E. *O jardín o erial: contradicciones entre políticas educativas y prácticas escolares en la educación musical en el Perú*. *Revista Internacional de Educación Musical*, N.º 3. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona. 2005.
10. Baker, G. *El Sistema: Orchestrating Venezuela's Youth*. New York: Oxford University Press. 2014.

tà e cittadinanza”. Anche in questo caso venne prediletta la diffusione della musica classica, a discapito della musica tradizionale. Ad ogni modo in entrambe le associazioni suddette è apprezzabile l'intento di creare una rete, così come di creare ambienti stimolanti per le generazioni più giovani.

La musica ha un impatto profondo nello sviluppo delle capacità emozionali e sociali delle persone, la partecipazione in attività musicali stimola lo sviluppo di abilità come il lavoro di squadra e l'empatia¹¹. Nelle comunità maggiormente soggette a problemi di violenza o povertà, gli spazi di insegnamento musicale possono essere riferimenti per i giovani dove ritrovare un sentimento di appartenenza o un mezzo dove esprimersi, talvolta possono rappresentare uno spazio sicuro dove più generazioni si incontrano e dialogano.

Assenza di infrastrutture adeguate all'insegnamento musicale

L'assenza o la precarietà di infrastrutture adeguate all'educazione è ad oggi un problema generalizzato in Perù e contribuisce al tasso di analfabetismo di giovani adulti. A maggior ragione il problema si amplifica se ci concentriamo sull'insegnamento musicale: scuole che generalmente possono essere considerate consone quanto a livello di insegnamento generale, possono essere carenti se ci si concentra nell'ambito musicale. Nelle zone popolari delle città e nelle aree rurali le scuole presentano mancanza di spazi specializzati, privi di isolamento acustico, materiali adeguati e strumenti musicali. I corsi di musica, quando si realizzano, vengono svolti nelle aule ordinarie, senza garantire il corretto svolgimento delle attività. Spazi idonei sono presenti nelle scuole private e in poche scuole pubbliche nelle grandi città.

Comunità e resilienza culturale

Nonostante la carenza di spazi adeguati, o forse a causa della stessa, la musica in Perù resiste e si sviluppa tutt'oggi sulla base di iniziative comunitarie. Di fatti la musica rappresenta tutti indistintamente, è un mezzo di insegnamento non solo nozionistico, ma soprattutto sociale.

Secondo Silvia Carabetta, *“la música no es solo una forma de arte, sino también una práctica de conocimiento que interviene en el mundo social. Desde esta perspectiva, enseñar música no implica únicamente formar intérpretes o compositores, sino también ciudadanos conscientes y comprometidos. A través de la música, se pueden transmitir valores como la solidaridad, la cooperación y el respeto por la diversidad, contribuyendo así a la construcción de una sociedad más equitativa y cohesionada”*¹².

La musica contribuisce alla coesione delle comunità, alla valorizzazione della propria cultura e in molteplici contesti è un mezzo espressivo che favorisce lo sviluppo nelle aree maggiormente vulnerabili. Romero segnala che *“en algunos casos, la música es la única vía de expresión para ciertos grupos sociales, desempeñando un rol similar al de la literatura o el activismo político. Los músicos y los danzantes actúan como “intelectuales orgánicos”, articulando discursos de resistencia y preservación cultural a través de su arte.”*¹³

11 Fernández-Jiménez, A., & Jorquera-Jaramillo, M.-C. *El sentido de la educación musical en una educación concebida como motor de la economía del conocimiento: una propuesta de marco filosófico*. Lima: Revista Electrónica Complutense de Investigación en Educación Musical, 14, 95–107. 2017

12 Carabetta, S., & Duarte Núñez, D. (a cura di). *Tramas latinoamericanas para una educación musical plural*. Buenos Aires: Editorial de la Universidad Nacional de las Artes. 2017.

13 Romero, R. R. *Todas las músicas. Diversidad sonora y cultural en el Perú*. Lima: Instituto de Etnomusicología, Pontificia Universidad Católica del Perú. 2017.

Necessità di una rete nazionale

Le considerazioni sul livello di insegnamento musicale in Perù sottolineano come, nonostante esistano già diverse associazioni attive sul territorio nazionale, emerge l'esigenza di rafforzare un sistema unico e coordinato, capace di integrare e potenziare l'educazione musicale soprattutto nelle aree rurali e popolari del Paese. Malbrán sostiene che la musica è lo spazio in cui si ha un apprendimento attivo che provoca gioia, indipendentemente dalla classe sociale appartenente o del background culturale di provenienza. La musica è uno spazio di libertà e di unione: un'unione che, nel contesto peruviano, necessita di essere rafforzata e sostenuta da una struttura educativa musicale nazionale più coesa e inclusiva nei confronti delle zone rurali.¹⁴

14 Malbrán, S. *Desafíos de la educación musical: disfrutar haciendo música*. In A. Giráldez & L. Pimentel (a cura di), *Educación artística, cultura y ciudadanía*. Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI). 2008.



Negros chalas en el día del Corpus (1836). Francisco Pancho Fierro. Acquerello su carta 23 x 30,7 cm. Museo d'Arte di Lima-MALI. Donazione Juan Carlos Verme. 2015.21.11. Fotografia di Daniel Giannoni. Archivio digitale dell'arte peruviana
Fonte: <https://archi.pe/obra/50729>.

La scena evidenzia come la musica è pratica comunitaria e festiva nello spazio pubblico di Lima per i gruppi popolari afro-peruviani.

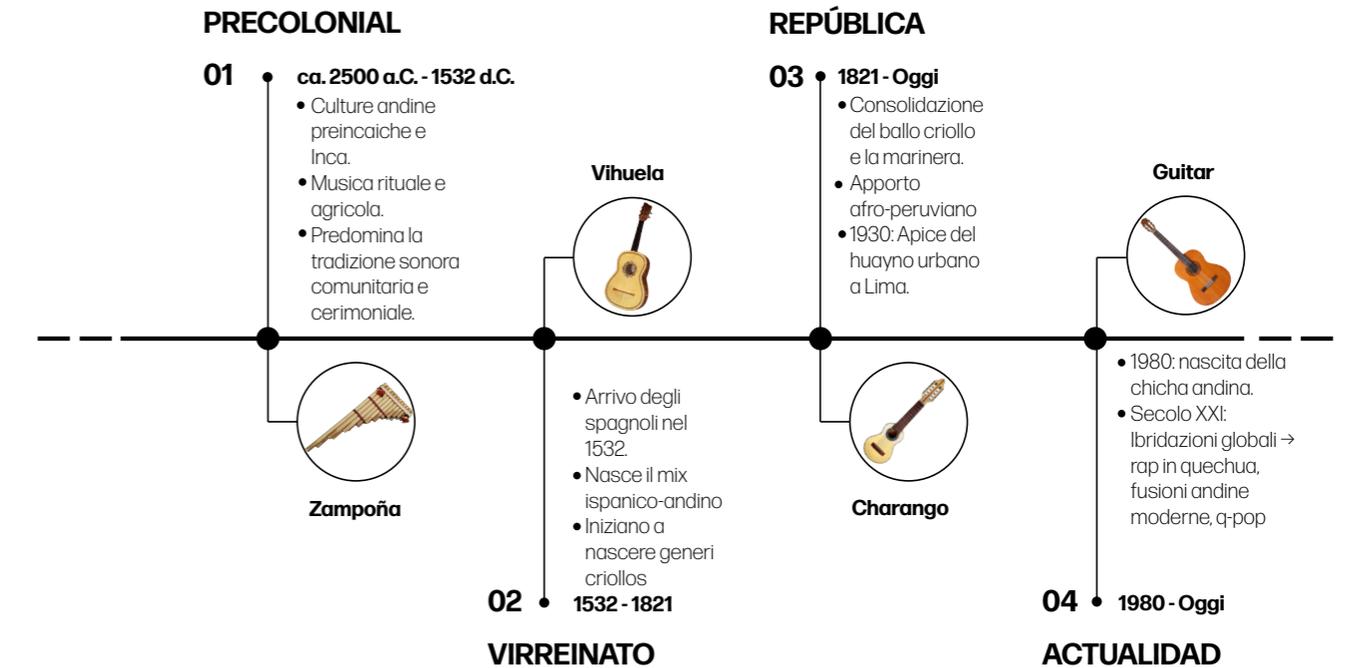


José Sabogal, Músicos huancas, xilografia, ca. 1930.

Fonte: www.instagram.com

La xilografia rappresenta la musica comunitaria andina come elemento identitario.

1.3 Evoluzione della musica nel tempo



Trasmissione della musica nelle comunità native

Nelle comunità rurali andine e amazzoniche la trasmissione della musica, come quella delle lingue originarie, avveniva attraverso la riproduzione orale e alle pratiche comunitarie. I saperi musicali non si tramettevano attraverso scritture formali, bensì nelle attività agricole o nelle celebrazioni religiose. La musica era parte del ciclo di vita dell'individuo e della comunità, il suono era un filo rosso che dalla nascita percorreva i campi, in tutte le fasi del raccolto, le feste e la morte. L'apprendimento nel contesto comunitario era diretto, esperienziale; fin da bambini si assimilava in modo progressivo, osservando, ripetendo e interiorizzando. La musica era un'esperienza sociale intrinseca nella vita comunitaria.



Nell'immagine sono presenti un gruppo di uomini che suona il flauto e delle donne che suonano il tamburo, è un invito alla partecipazione alla festa del re sacro.

Fonte: Poma de Ayala, F. G. (1980). *El primer nueva corónica y buen gobierno* (pp. 298-299). Instituto de Estudios Peruanos.

L'impatto dell'immigrazione e dell'urbanizzazione

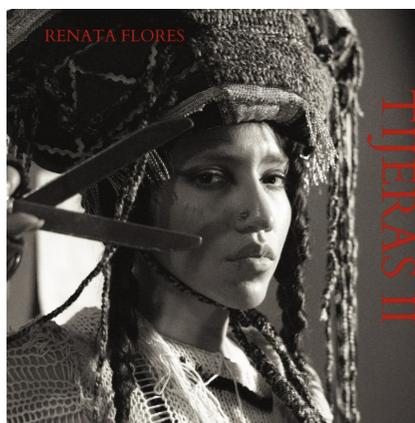
Nel XX secolo ci fu un'inversione nel metodo di apprendimento precedentemente descritto, causa il fenomeno migratorio dalle campagne alla città. I migranti erano attratti dalle migliori condizioni economiche delle città, dove però erano carenti le pratiche comunitarie. Queste ultime erano traslate in ambito urbano, in molti casi, come atto politico e di condivisione. In grandi centri come Lima, Arequipa, Trujillo, le trasformazioni culturali furono influenzate dalla vita rurale.

Questo processo generò un'ibridazione musicale: le popolazioni andine portarono il huayno¹⁵ nella capitale, dove con l'aggiunta di chitarre elettriche e pianole, si diede origine alla chicha. Le comunità amazzoniche acquisirono il ritmo della cumbia tropicale, dando origine alla cumbia amazzonica. Queste mescolanze generarono da un lato una maggiore visibilità delle culture rurali nell'ambito urbano, dall'altro furono la genesi di processi di discriminazione e stigmatizzazione. Per molti decenni la chicha fu associata a classi sociali popolari e vista in modo denigratorio dalle élite, generando dissensi e fratture sociali e allo stesso tempo resistenza dal basso, "sonora".

Globalizzazione e trasformazione dei repertori

Con l'avvento della globalizzazione i giovani peruviani si allontanano sempre più dalle tradizioni musicali del Paese, a favore di generi internazionali come pop, reggaeton, rap e rock. La musica internazionale viene vista come più seducente, assume un'accezione di progresso, generando un progressivo allontanamento dalle conoscenze ancestrali.

Da un lato c'è il disintegrarsi di conoscenze musicali secolari, dall'altro una nuova fase trasformativa. La globalizzazione può essere uno spazio di creazione di nuove ibridazioni, in cui ad esempio la musica hip-hop viene reinterpretata in lingua quechua o amazzonica.



Renata Flores, cantautrice ayacuchana

L'album Tijeras è un inno alla musica tradizionale, in cui l'arpa andina viene accompagnata dal suono di sforbiciate. Renata combina nelle sue canzoni il Quechua - lingua incaica - al moderno rap.

Fonte: [spotify.it](https://www.spotify.it)



Lenin Tamayo, cantautrice limeña

Fondatore del genere musicale k-pop, che combina il pop al quechua e ai suoni andini.

Il singolo "La llaqta", parte dell'album Amaru, è un elogio alla musica andina ripreso su ritmi contemporanei.

Fonte: [spotify.it](https://www.spotify.it)

¹⁵ Il *Huayno* è un genere musicale andino con radici preispaniche, con versioni in quechua, lingua nativa. È rappresentato da danze, un ritmo marcato e un canto espressivo.

L'allontanamento dei giovani dalle tradizioni locali

Uno degli effetti più preoccupanti della globalizzazione è il progressivo allontanamento dei giovani dalle tradizioni fino a un rifiuto delle stesse. Molte sono le comunità dove i generi musicali tradizionali sopravvivono per mano degli anziani. Questo fenomeno genera una rottura nella trasmissione dei saperi a livello intergenerazionale¹⁶.

La scuola potrebbe essere un luogo ponte in cui far prendere coscienza ai giovani del patrimonio immateriale che le comunità detengono, valorizzando la ricchezza culturale del Paese. La musica tradizionale corre il rischio di essere un ricordo passato o un business legato al turismo e alla folclorizzazione.

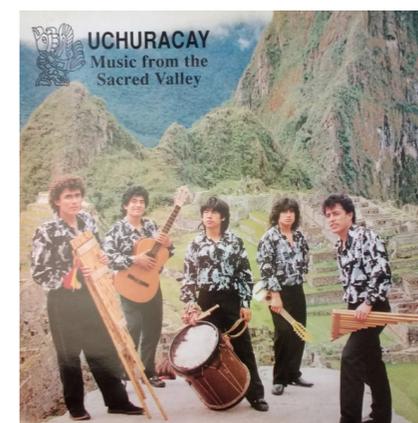
Nonostante ciò, esistono tutt'oggi giovani vicini alla musica ancestrale, che, con scarsi mezzi, tentano di rendere la musica tradizionale il più possibile accessibile, unendosi in gruppi musicali e caricando su piattaforme online la propria musica.

Musica, memoria e futuro

Ancora oggi in Perù nascono nuovi generi che mischiano musica internazionale. Tutt'oggi in Perù nascono nuovi generi che mischiano musica internazionale a lingue tradizionali, nuovi gruppi si formano per suonare musica tradizionale andina: un'evoluzione continua, segno ancora una volta della ricchezza culturale. Da un lato la resistenza, dall'altro l'innovazione: in entrambi i casi c'è trasformazione, fusione e rivalorizzazione. La musica è un processo dinamico in continua innovazione.

La sfida è coinvolgere nuovamente i giovani, fornendo loro i mezzi necessari per ripristinare le comunità includendo il motore innovativo. In fin dei conti la musica può dimostrarsi un'occasione di incontro intergenerazionale, quando esistano spazi che promuovano lo scambio.

"La música no solo refleja identidades, sino que las produce: el futuro de las identidades musicales en el Perú dependerá de la capacidad de articular tradición y contemporaneidad" - "La musica non solo riflette le identità, ma le produce: il futuro delle identità musicali in Perù dipenderà dalla capacità di articolare tradizione e contemporaneità"¹⁷.



Uchuracay, Music from the Sacred Valley

Fonte: [youtube.it](https://www.youtube.it)

Durante gli anni '90 il folclore peruviano fu apprezzato in tutto latinoamerica grazie ad un gruppo di musicisti che formavano la band "Apu". Questi cinque ragazzi iniziarono a destituire un volto di apprezzamento alla musica andina, riprendendo temi popolari e proponendone di nuovi in lingua quechua. I cinque si impegnarono notevolmente a coinvolgere i più piccoli con talleres nelle scuole.

¹⁶ Romero, R. R. Todas las músicas. *Diversidad sonora y cultural en el Perú*. Lima: Instituto de Etnomusicología, Pontificia Universidad Católica del Perú. 2017.

¹⁷ Turino, T. *Nationalists, Cosmopolitans, and Popular Music in Peru: The Politics of Style*. Chicago: University of Chicago Press. 2004.

1.4 Necesità di una rete di luoghi e persone

La musica come atto collettivo richiede spazi in cui essere praticata. In Perù non sono i luoghi "convenzionali occidentali" la culla della trasmissione del sapere, non teatri o auditori, ma piazze, patii, *malocas amazonicas* e strade. Come precedentemente sottolineato, la mancanza di strutture prettamente dedicate alla pratica e all'insegnamento musicale costituisce una delle limitazioni dello sviluppo dell'ambito musicale. La carenza di questi spazi rende più difficile la trasmissione del sapere alle nuove generazioni e distacca le varie popolazioni tra loro, impedendo la creazione di una rete che permette di creare interscambi e connessioni, attraverso punti di riferimento in tutta la nazione.

Oggi la musica è un mezzo di espressione che si trasforma, che incontra la poesia. Collettivi, gruppi di amici si riuniscono dando spazio alle proprie voci, per esprimere la gioia del momento, un instante de duelo, un acto político.

Introducción poema polifónico, Arequipa (2024)

Fotografía dell'autrice

Manifiesto-poesía con texto de S. Marqués et al. Stampato in formato poster come esperimento di poesia polifonica e grafica, realizzato da un collettivo di giovani poeti e musicisti di Arequipa nell'ambito di un programma pubblico di sostegno alla cultura.

Rete comunitaria: la forza dell'autorganizzazione

Nonostante la carenza di spazi dedicati, la musica peruviana sopravvive come sempre ha fatto. Nella *sierra le estudiantinas* rappresentano ancora tutt'oggi uno spazio per le nuove generazioni, dove giovani, adulti e anziani si organizzano in gruppi musicali sostenendo il patrimonio locale. Nella costa *le peñas* e *le asociaciones afroperuanas* hanno mantenuto attuali il *cajón*, il *festejo* e il *landó*. In Amazonia i popoli indigeni continuano a dare giustizia alla musica attraverso le cerimonie e le feste collettive. Con l'occidentalizzazione, queste tradizioni sono sempre più fragili (manca inoltre un supporto politico che conferisca mezzi adeguati), ma restano vive grazie ad azioni che partono dalle comunità.

Verso una rete sistemica

La sfida sarà quindi trasformare la ricchezza musicale in un progetto educativo e culturale sostenibile. Ciò implica creare luoghi adeguati, aule di musica, centri culturali, spazi comunitari, connettendo la scuola con le attività extrascolastiche e dando spazio sia ai processi trasformativi che a quelli di preservazione dei saperi musicali. Creare nuovi luoghi di incontro intergenerazionale, arrestando l'allontanamento progressivo dei giovani rispetto alle tradizioni locali.

Para cuándo Para cuándo
 Para cuándo Para cuándo

las olas arrastren el insuiso gorjeo de los cuerpos
 los ojos estarán sepos y mis lágrimas desechas en los brazos las piernas de Soberanía nacional
 no quede piedra sobre piedra en el pas del polvo los cadáveres convulsos marcharán
 al rumbo pretérito de vísceras rodando río abajo hacia ustedes
 a la sepultura insolente de cadasol de cada turno y las doce horas en puntilla
 me basta solo un yape de 36 perdigone para putear la patria nos dejarán dormir tranquilos
 en sus vértebras en las sábans del río rojizo jiboso choloso y mugroso
 solo quedará la gran torre lapidaria el mar inconclusas pesadilla mineral
 surjamos de un cono y en la tumba el esquicio de sus obras pisoteadas de saqueo gutural SE CALLAN

EIO IO IIO EUO AOO AAO OIA BAG EO OE EO EZ IIA EOUE EAOE OEUI
 UEEAO AUÉE AIE AO AUA EAO UAO EE AIE AO OE

amosne brajarps tsomasss ticojajaja cenenene
 NEESITAMOS TRABAJAR NEESITAMOS TRABAJAR
 necesi tatatata tatata bajaaarrrrrrrrrr
 tam amo bajar tramos neceserajabat

IL PERÙ: CONDIZIONI AMBIENTALI E VULNERABILITÀ RURALI

Il capitolo permette di comprendere l'estensione e la diversità del territorio peruviano. Il Paese si estende su 1.285.216 km²; il clima, le differenze di altitudine e la cultura locale influiscono sui modi di abitare. Dove la saturazione del suolo desertico o la gelata andina generano condizioni di vivibilità, la forma architettonica si modifica.

Una sezione territoriale del Perù mostra come questo sia costituito da costa, montagne e foresta amazzonica: queste differenze radicali del territorio generano gradienti di umidità, altitudine e radiazioni solari ed ecosistemi contrastanti. Deserti con colline nebbiose, valli con terrazzamenti, altipiani freddi o pianure alluvionali, sono solo alcuni paesaggi che si possono incontrare in Perù e che condizionano le regole di insediamento e le tecniche costruttive.

Nel capitolo si propone un'analisi a scale, che permette di comprendere le distinte forme di adattamento insediativo al territorio. Si procederà con analisi a scala macro (su tutto il territorio), meso (in cui si analizzano le regioni secondo la climatologia), e micro (basata sulle carte climatiche locali).

Per completare il quadro si analizzano sinteticamente l'architettura vernacolare e i rischi ambientali.



1. Rio delle Amazzoni
2. Puerto Maldonado



3. Huaraz
4. Lago Titicaca



5. Mancora
6. Tacna

4. Lago Titicaca
5. Mancora
6. Tacna

Fonte: Google Earth Pro

2.1 Clima e diversità geografica



L'analisi a varie scale permette di concatenare le condizioni biofisiche con aspetti spaziali e costruttivi. Alla scala macro si identificano le tre grandi aree - *costa, sierra, selva*. Alla scala meso, l'analisi si concentra su altitudine, umidità e vegetazione: colline nebbiose (*lomas*), boschi secchi, *quechua, yunga, suni, puna e varzea*, creano una lente di ingrandimento in aspetti sempre più specifici.

In quest'analisi la cultura è fondamentale per comprendere le differenze tipologiche. Alla scala micro, l'analisi delle condizioni microclimatiche - come temperatura, umidità e ventilazione - e l'analisi dei rischi ambientali si traducono in regole per la costruzione: spessori delle pareti, orientamento, ventilazione, dimensioni delle falde del tetto e resistenza ai disastri naturali. Questa analisi a più scale permette di prevenire errori di progettazione.

La scala macro

La macro scala riconosce tre domini biofisici che, per estensione e coerenza interna, operano come parametro di base: *selva, sierra e costa*. Rispettano una visione più semplicistica e primordiale, ma permettono la comprensione della struttura territoriale de Perù.

Elaborazione propria

LA SELVA

Nella pianura amazzonica il parametro dominante è idrologico. Il regime delle alte precipitazioni e della presenza di pianure alluvionali, con crescita dei fiumi ciclica, fa sì che l'altezza con cui ci si eleva è la prima decisione fondamentale nella progettazione in quest'area. Il suolo è frequentemente saturato o saturabile a causa delle alluvioni. La *selva* è caratterizzata da tre tipologie di terreno, terraferma, pianura alluvionale e igapó¹, differenti tipologie morfologiche con distinti regimi di crescita dei letti dei fiumi da cui sono attraversate. Inoltre sono importanti gli indicatori vegetativi, come gli *aguajales*² che permettono di individuare le caratteristiche di una specifica area. La terraferma corrisponde ai terrazzamenti, che non sono influenzati dalle inondazioni ordinarie. La pianura alluvionale è soggetta a inondazioni stabili e cicliche, che rendono le terre molto fertili. L'igapò sono depressioni dei fiumi di acqua nera, il cui suolo è acido, poco fertile ed è adatto solo ad occupazioni leggere.

L'ampiezza termica diurna nella *selva* è bassa, mentre l'umidità è elevata e costante, ciò fa sì che per progettare una struttura funzionale si necessita di una ventilazione permanente e di protezione dalla pioggia battente. Da queste affermazioni è possibile ricavare delle regole generali: elevare il piano abitabile con piattaforme, *pilotes* o piattaforme galleggianti, a seconda del caso; rendere permeabili le pareti, evitare chiusure ermetiche che bloccano il passaggio dell'aria; aumentare la grandezza delle falde del tetto, così da offrire ombra e protezione alle facciate. La colonizzazione storica di terre lungo le rive dei fiumi o zone depressive ha prodotto la creazione lungo i bordi di passerelle, dove la strada può essere acqua in gran parte dell'anno. Questa condizione, di variabile presenza di acqua, spiega la presenza delle palafitte e delle piattaforme flottanti, così come delle gallerie permeabili come tecnologie adatte al clima e alla socialità³.

Elaborazione propria



- 1 Termine peruviano che descrive una tipologia specifica di pianura alluvionale, di seguito approfondito nel testo.
- 2 Con il termine aguajal in Perù si fa riferimento a distese di palme nella bassa Amazzonia, che solitamente occupano depressioni paludose.
- 3 Ministero del Ambiente (MINAM). *Memoria descriptiva del Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú*. Lima: Ministerio del Ambiente, 2019

Foto
Isla Santa Rosa, Provincia de Loreto, Perù
Fotografia dell'autice

LA COSTA

Il deserto del Pacifico è un paradosso climatico: piove poco, ma il sistema è sottoposto a fenomeni torrenziali alluvionali. È una zona iper-arida con basse precipitazioni e un'alta quantità di nebbia o pioggerellina (*garua*) e alti tassi di umidità, ciò è generato dalla *Corriente de Humboldt*⁴. Gli eventi torrenziali, che a volte sfociano in catastrofi sono definiti con l'acronimo ENSO, El Niño-Southern Oscillation, un evento che vede l'associazione tra oceano e atmosfera nel Pacifico tropicale, che alterna due fenomeni alluvionali El Niño, riscaldamento delle acque, e La Niña, raffreddamento. Questi fenomeni modulano in modo cadenzale le piogge, le temperature e i venti, influenzando dalle inondazioni fino alle gelate alto-andine. Nella fascia costiera generalmente si assiste ad un clima che converge nebbie persistenti, salinità, umidità e polveri. A scala urbana, i fenomeni torrenziali sono stati nel corso degli anni delle vere e proprie minacce che hanno obbligato ad una progettazione sempre più attenta, talvolta hanno causato il sovradimensionamento di opere di contenimento o di dissipazione. La costa nord include boschi secchi e colline nebbiose, che costituiscono infrastrutture biologiche con effetti microclimatici e di protezione dai venti. I suggerimenti per la progettazione architettonica possono essere: ombre che favoriscano l'aerazione, gallerie e parasoli che favoriscano il passaggio di aria; superfici resistenti al sale, rivestimenti che necessitano di poca manutenzione⁵.

La macro lettura del territorio peruviano permette quindi di avere una prima idea delle molteplicità che lo costituiscono, definendo su larga scala delle prime accortezze progettuali, da approfondire poi successivamente. In più, come afferma B. Burga, è necessario evitare di trapiantare in aree distinte soggetti architettonici che sono stati precisamente collocati nell'evoluzione dell'architettura vernacolare *"la casas compactas y masivas no rinden en llanuras saturables, y las ligeras e hiperporosas fracasan en altiplanos de gran amplitud térmica"*⁶.

Elaborazione propria



- 4 Secondo il MINAM, la Corrente di Humboldt è una corrente marina fredda che attraversa il Perù fino ad arrivare in Cile, portando acque fredde che seccano l'atmosfera e generano la *garua* e il clima arido.
- 5 Ministero del Ambiente (MINAM). *Memoria descriptiva del Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú*. Lima: Ministerio del Ambiente, 2019
- 6 Burga Bartra, J. *Arquitectura vernácula peruana: Un análisis tipológico*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2010

Foto
Paracas, Provincia de Pisco, Perù
Fotografia dell'autice



LA SIERRA

Nella Cordigliera delle Ande ciò che detta le variazioni climatiche è l'altitudine, che governa la temperatura, la radiazione solare e i venti. A partire dai 3800 m, l'inverno è una costante tutto l'anno, nella notte scendono le gelate, compensate dalle intense radiazioni. Inoltre sono presenti forti venti, piogge cicliche e un punto di rugiada basso, che necessita di un controllo preciso da infiltrazioni e protezione solare. Le attenzioni architettoniche per questa zona sono quindi differenti: compattezza termica attraverso la riduzione della superficie esposta; massa e inerzia, partizioni orizzontali e verticali capaci di accumulazione termica; captazione solare, con il corretto orientamento; soluzioni che tengono conto del vento, geometrie che ne riducano la pressione. La *sierra* è caratterizzata, per l'altitudine, da grandi pendii in cui l'inclinazione è un'ulteriore condizione di progetto, si necessitano terrazzamenti e muri di contenimento che possano controllare gli sbalzi altimetrici.⁷

Elaborazione propria



7 Ministerio del Ambiente (MINAM). *Memoria descriptiva del Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú*. Lima: Ministerio del Ambiente, 2019

8. Pulgar Vidal, J. *Geografía del Perú: Las ocho regiones naturales*. Lima: Librería Studium. 1946.

9 Córdova, J. *Ciudad y territorio: Arquitectura y asentamientos en la región andina*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011.

10 Thornthwaite, C. W. *An Approach toward a Rational Classification of Climate*. New York: Geographical Review (American Geographical Society), 1948.

11 Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). *Mapa ecológico del Perú. Memoria explicativa (según el sistema de zonas de vida de Holdridge)*. Lima: ONERN, 1976.

12 Brack Egg, A. *Ecología del Perú: Las ecorregiones naturales del territorio peruano*. Lima: Bruño, 1986.

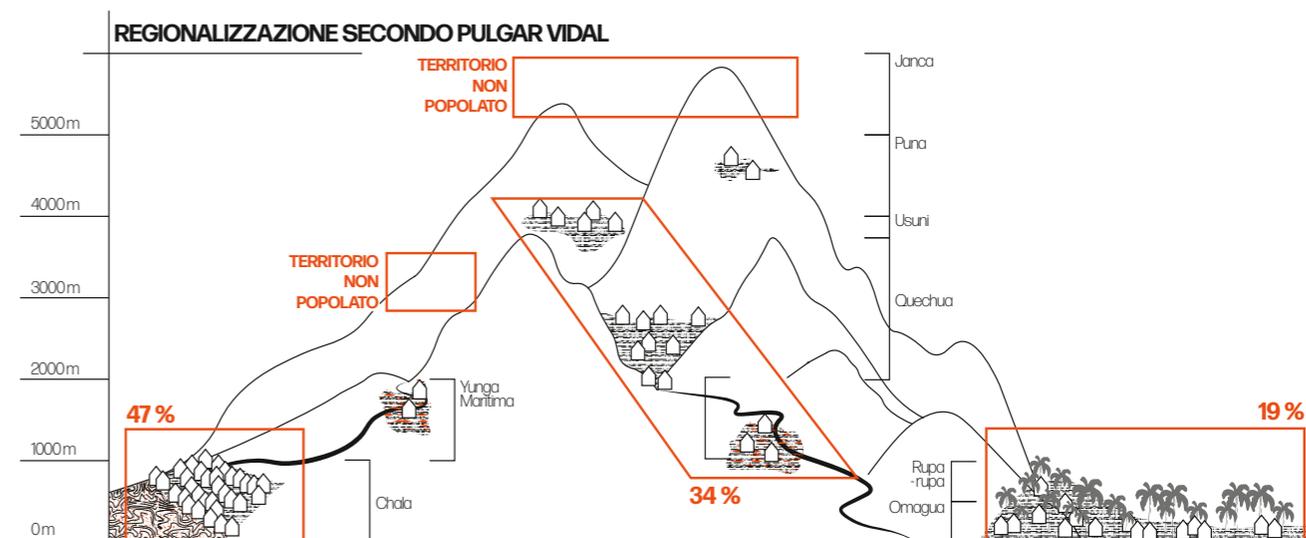
Foto

Paracas, Provincia de Pisco, Perú
Fotografia dell'autice

Dalle Otto Regioni Naturali alle Eco-Regioni del Perù

L'analisi macro fornisce una descrizione sulla struttura generale del Paese, mentre con la meso vi saranno gradienti verificabili che integrano altitudine, umidità e vegetazione in un mix di usi e costumi. Il primo che nel 1946 definì un quadro con una specifica suddivisione fu Javier Pulgar Vidal, con la teoria delle otto regioni naturali: *Chala, Yunga, Quechua, Suni, Puna, Janca, Rupa-Rupa* e *Omagua*, che di seguito analizzeremo⁸. Egli crea per la prima volta una guida, basata sulla verticalità, che integra geografia e cultura materiale, e che insegna a riconoscere scaglioni territoriali attraverso quote altimetriche, pendenza ed esposizione. Il suo valore si deve all'inclusione che genera con la cultura locale e con le varie forme di insediamento. *“Del par-nudillo y el retablo en valles templados a la champa en altiplanos; del palafito en la llanura aluvial a la muesa en ceja de selva”*⁹.

Sulla scia di questa analisi molteplici studiosi come Thornthwaite¹⁰ e Holdridge¹¹ si concentrarono sulla suddivisione climatica del Perù apportando modifiche e approfondimenti alla teoria iniziale di J. P. Vidal. Il focus pretendeva di affinare le guide progettuali con aspetti non ancora considerati, ulteriormente approfondito successivamente da altri studiosi come Antonio Brack Egg, che approfondisce il discorso avviato da Vidal riorganizzando il sistema in undici eco-regioni, definite da climi e biodiversità e che pertanto *“la arquitectura tiene tantas “patrias” como pisos ecológicos”*¹².



Elaborazione propria

Per poter avere un quadro completo e sintetico delle varie aree climatiche sono state prese in analisi le precedenti teorie e riformulate nella seguente tabella che permette di avere un quadro chiaro su ciascuna zona identificata. Si uniscono valori termogrometrici, eventi estremi, flora caratterizzante e sintesi progettuale. In particolare modo l'analisi della vegetazione, se pur in modo superficiale, è una lettura dell'acqua, del suolo e suggerisce la forma insediativa, fornendo coerenza ambientale.



1

CHALA Y YUNGA MAR

PROFILO TERMOIGROMETRICO
Clima temperato arido con basse precipitazioni e alto punto di rugiada con piogge stazionarie lievi (*garúa*); nebbie persistenti, elevata salinità nell'aria e presenza di polvere costiera

T: 20-25° C
U: 70 - 100%

EVENTI ESTREMI CARATTERIZZANTI
Presenza del fenomeno della Niña e del Niño, con episodi torrenziali che possono causare la riattivazione di *abanicos*¹³, presenza di venti salinocostiera

FLORA
Colline nebbiose con tillandsie, licheni e graminacei; boschi secco con carrube, arbusti da capperò e cactus

INDICATORI PROGETTUALI
_ombreggianti che non ostacolano il passaggio di aria
_drenaggi espliciti
_superfici lavabili
_porosità controllate



4

RUPA-RUPA

PROFILO TERMOIGROMETRICO
Caldo-temperato e umido, nebbia persistente e piogge orizzontali

T: 27-32° C
U: 60 - 100%

EVENTI ESTREMI CARATTERIZZANTI
Frane su pendii e suoli saturati; sismi frequenti

FLORA
Boschi umidi e nebbiosi con molte epifite (muschi, licheni, orchidee), vegetazione sempre verde e umida

INDICATORI PROGETTUALI
_sopraelevazione minima per evitare umidità di risalita
_falde ampie per riparo da piogge, tetti ventilati
_attenzioni progettuali su pendii



2

YUNGA Y QUECHUA

PROFILO TERMOIGROMETRICO
Temperature moderate con intense radiazioni nelle ore diurne; venti canalizzati dalle vallate

T: 4 - 18° C
U: 30 - 90%

EVENTI ESTREMI CARATTERIZZANTI
Sismicità e frane; durante gli anni della Niña notti più fredde e gelate puntuali

FLORA
Boschi montani e coltivazioni (frutteti e specie andine); vegetazione più densa nella Yungua e più agricola nella Quechua

INDICATORI PROGETTUALI
_compattezza casa-patio
_tetti con falde inclinate
_aree di tamponamento come corridoi



5

OMAGUA

PROFILO TERMOIGROMETRICO
Bassa escursione termica giornaliera, punto di rugiada alto, alta umidità

T: 28-31° C
U: 70 - 100%

EVENTI ESTREMI CARATTERIZZANTI
Innalzamento del letto del fiume ciclico; inondazioni prolungate; episodi saltuari sismici

FLORA
selva alluvionale con palme e boschi lineari lungo gli argini dei fiumi; zone di *aguajales* che indicano terreni molto umidi e falde acquifere alte

INDICATORI PROGETTUALI
_Elevazione del piano abitabile
_permeabilità delle strutture
_materiali lavabili
_creazione di passerelle come spazi di connessione e socialità



3

SUNI Y PUNA

PROFILO TERMOIGROMETRICO
Elevata escursione termica giornaliera, gelate notturne; umidità medio bassa; venti intensi

T: -4 - 20° C
U: 15 - 70%

EVENTI ESTREMI CARATTERIZZANTI
Gelate ricorrenti, forti venti, elevato rischio sismico, episodi di intense nevicate o grandinate

FLORA
Larghe praterie, graminacee e steppe; alberi da carta (*polylepis*) che fungono da frangivento

INDICATORI PROGETTUALI
_massa termica e compattezza con piccole aperture
_muri di recinzione e alberi per riparare dal vento

Foto 1,2,3,4,5
Fonte: Google Earth

13 Il termine *abanico* in Perù viene associato a un deposito detritico a forma di ventaglio con presenza di ghiaie, sabbie e limi. Zona con elevata probabilità di colate detritiche che favoriscono la riattivazione di canali.

Psicometria e rischi locali – scala micro

L'analisi micro del territorio definisce delle linee guida specifiche per un sito di progetto ben definito, delineando criteri applicabili ad una peculiare località. M. Wieser nel 2011, analizza l'abaco psicometrico come una matrice prescrittiva che permette di comporre una metodologia guida per la progettazione architettonica in Perù, attraverso strategie passive e l'analisi di fasce orarie con il rispettivo utilizzo degli ambienti. Ciò si traduce con risposte specifiche: inerzia e accumulazione termica dove l'ampiezza delle temperature giornaliera è elevata, come nel caso di valli andine e altipiani; ombra continua e ventilazione permanente nei territori in cui l'umidità è elevata, come la zona tropicale.¹⁴

Wieser nella sua analisi considera un fattore fondamentale: l'umidità relativa¹⁵. Per umidità relativa si intende la percentuale massima di vapore acqueo contenuto nell'aria ad una specifica temperatura. Alti valori di umidità relativa riducono l'efficacia di raffreddamento dovuto all'evaporazione, rendendo inutili espedienti che includono la presenza di acqua nelle vicinanze dell'edificio. In questi casi è inoltre importante la porosità delle partizioni, la velocità dell'aria e il controllo interno dell'edificio, che contribuisce ad innalzare la temperatura, con la presenza di cucine o di elettrodomestici. Spessore, orientamento, percentuale di aperture e dimensioni delle falde possono essere attenzioni progettuali in risposta all'analisi specifica del luogo di progetto.

Progettare per un territorio come quello peruviano significa porre attenzione ai pericoli naturali ricorrenti. Primo tra tutti e di maggiore impatto, il sisma – descritto in modo più approfondito nel paragrafo 2.5 – è un evento che colpisce maggiormente le aree costiere e andine. Il rischio sismico necessita di una traduzione progettuale specifica: regolarità in pianta e in sezione, snellezza della struttura controllata, controllo delle sezioni per le costruzioni in calcestruzzo. Quando si parla di strutture in terra, ampiamente presenti nel territorio peruviano, si necessita della presenza di rinforzi compatibili con il materiale: maglie o geomaglie, canne palustri da sostegno per strati di finitura, cordolo (viga collar) che rende un unicum la struttura, irrigidendo gli angoli.¹⁶ Queste accortezze fanno sì che quando il sisma impatta sulla struttura i danni siano ridotti al minimo.

Altro importante fattore è la considerazione dei rischi idrici. La presenza di alluvioni o innalzamenti dei letti dei fiumi dovuti all'ENSO, o le gelate alto-andine. Il disegno deve prevedere strategie in risposta agli agenti climatici, come ad esempio elevazione nelle zone inondabili.

Il congiunto della psicometria e delle evidenze di rischi climatici esplicita la necessità di un'organizzazione chiara nelle fasi di manutenzione successive alla costruzione. È necessario prevedere nelle valli e altipiani la facilità di ispezionare e riparare le connessioni di una struttura, pianificando questa possibilità post-evento climatico già nella fase progettuale. Ad esempio, nelle costruzioni in terra è necessario mantenere una compatibilità tra i materiali che permetta di ottenere della traspirabilità, la quale che evita la comparsa di microfratture a seguito di un sisma.¹⁷

14 Wieser Rey, M. *Consideraciones bioclimáticas en el diseño arquitectónico: El caso peruano*. Lima: PUCP (Cuadernos – edición digital), 2011.

15 Ibid.

16 Rodríguez Larrain, J. et al. *Arquitectura de tierra en el Perú: Técnicas constructivas tradicionales*. Lima: Ministerio de Cultura, 2011.

17 Ibid.

2.2 Morfologia insediativa secondo suddivisione territoriale

“La morfología del asentamiento peruano no es un catálogo de formas, sino la huella material de tres dominios biofísicos –Costa, Sierra y Selva– que, al cruzarse con los pisos ecológicos y las economías locales, producen patrones tipificados de implantación y tejido (plaza-calle-patio en la costa; tramas escalonadas y patio-andén en la sierra; bordes ribereños elevados y pasarelas en la selva). Esta gramática territorial, lejos de ser estilística, es funcional y climática.”

Questo paragrafo propone la lettura di questa *“gramatica territorial”* individuando tipologie di insediamento, rispetto al relativo posizionamento degli edifici, tracciamento di strade o assenza delle stesse e relative tipologie costruttive. L'obiettivo è definire con pertinenza ambientale e culturale archetipi architettonici che permettano di progettare considerando il contesto.

18 Canziani, J. *Ciudad y territorio en los Andes: Contribución a la historia urbana y territorial del Perú prehispánico*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2009



Costa piovosa

Costa temperata

Costa desértica

Fonte immagini: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, Guía de Tipologías de Vivienda Rural, Lima, 2021.

CHALA – COSTA PIOVOSA, TEMPERATA, DESERTICA

La costa desertica con colline nebbiose e boschi secchi ha prodotto nell'arco della storia insediamenti in oasi e lungo gli argini fluviali, o in modo lineare lungo le coste portuali.¹⁹

Lungo le coste sono state sviluppate tipologie insediative con patii interni e corridoi che collegavano i diversi ambienti, le piante interne prevedevano un assetto lineare. Generalmente la disposizione degli edifici attorno al patio centrale favoriva l'ingresso della luce e la ventilazione.²⁰ I tetti presentano doppie falde con inclinazione variabile tra il 5 e il 10%, con una variazione tipologica nel sud, dove era presente la *cubierta de mojinete truncado*.²¹

A livello tipologico sono presenti le case patio e il *rancho abierto*²², che permettono il mantenimento dei patii come spazio utile alla regolazione microclimatica e allo sviluppo della socialità.

La tradizione vernacolare di questi luoghi mostra come degli archetipi, quali il patio, possono essere elementi non solo di vita comunitaria, ma anche di garanzia del comfort. Nella costa mite e desertica l'espansione degli edifici risulta essere lineare o radiale attorno al patio, ponendo particolare attenzione all'orientamento per ottenere ombra e ventilazione. Inoltre, la vegetazione è impiegata come espediente per ridurre l'influenza delle radiazioni solari e dei venti salini. Le piante maggiormente presenti all'interno dei patii o all'esterno degli edifici sono a foglia caduca o latifoglie, nel caso della costa piovosa e costa temperata. Nella costa desertica vengono talvolta aggiunti muri di recinzione in *pirca*²³ per la protezione dal vento. Generalmente gli edifici non superano i due piani fuori terra²⁴.

I materiali maggiormente utilizzati sono la terra, la canna e il legno, con distinte tecniche come *adobe*, *quincha*²⁵ con legno lasciato al naturale o con sezioni selezionate. I materiali utilizzati hanno lo scopo principale di creare inerzia termica e stabilizzare la temperatura, attraverso pareti massive. Le aperture molteplici e gallerie di passaggio esterne ombreggiate favoriscono la ventilazione e l'ombreggiamento.

19 Ibid.

20 Burga Bartra, J. *Arquitectura Vernácula en el Perú*. Lima: Universidad Ricardo Palma, Fondo Editorial, 2010

21 Secondo Burga Bartra la *cubierta de mojinete truncado* è una tipologia di tetto con la punta tronca e struttura in legno.

22 Struttura leggera e traspirante.

23 Il sostantivo *pirca* fa riferimento ai muri peruviani costruiti con terra e pietre.

24 Ministerio de Vivienda, *Construcción y Saneamiento (MVCS). Guía de tipologías de vivienda rural del Perú*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021.

25 *Adobe*: mattoni di terra cruda; *quincha*: struttura principale in legno, riempimento dei muri in canne rivestite di terra-paglia.

QUECHUA – SUNI – PUNA (montagna INTERANDINA – MESO ANDINA – ALTO ANDINA)

Nelle Ande ciò che determina la forma urbana e domestica è l'escursione termica giornaliera e i venti canalizzati nelle valli.

Dal panorama pre-andino all'alto andino rimane una costante il patio, in questo caso probabile fusione dello spazio comunitario preispanico e del patio spagnolo. Rappresenta anche nel panorama montano uno spazio di socialità e con funzione di mitigazione climatica, definendo ventilazione incrociata, raccogliendo luce solare e definendo uno spazio di permeabilità tra l'esterno e l'interno.

La vegetazione con l'aumento dell'altitudine diventa sempre più arida, dando vita a praterie d'alta quota contrapposte a torbiere andine, in cui è più comune il fenomeno delle gelate. Le grandi praterie sono soggette a forti raffiche di vento, in cui è necessaria protezione eolica con muri in pirca e tipologie arboree di latifoglie.

Nello specifico, nelle valli Quechua, si osserva una compattezza degli edifici moderata, in cui la facciata costituisce un filtro con il patio esterno.

Nelle valli Suni e Puna la compattezza si estremizza e sorgono soluzioni come il putuco – architettura tipica con pareti che terminano in una cupola, il tutto realizzato con mattoni in terra cruda - in cui i muri sono molto spessi, le aperture minime, con terrazzamenti esterni e muri di contenimento che favoriscono l'abitabilità degli spazi.

In questo panorama morfologicamente complesso, in cui si richiede un iniziale lavoro di gestione delle pendenze, la materia prima è la terra, utilizzata per la realizzazione di edifici con molteplici tipologie di tecniche, talvolta includendo elementi lignei.²⁷



Montagna interandina

Montagna meso andina

Montagna alto andina

Fonte immagini: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, Guía de Tipologías de Vivienda Rural, Lima, 2021.

26 Canziani, J. *Ciudad y territorio en los Andes: Contribución a la historia urbana y territorial del Perú prehispánico*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2009



Complesso residenziale Belén, Iquitos.

Lo schizzo mostra l'ampio uso del legno nelle strade e nelle fondamenta delle abitazioni, come i tipici tetti di palma.

Fonte: Burga Bartra, J. *Arquitectura Vernácula en el Perú*. Lima: Universidad Ricardo Palma, Fondo Editorial, 2010

RUPA RUPA – OMAGUA – SELVA

Nella pianura amazonica la variabile che influenza l'architettura è l'idrologia: elevazione del letto dei fiumi e inondazioni cicliche, con suoli talvolta saturabili. Le temperature sono mediamente costanti, con bassa escursione termica, al contrario è presente un elevato tasso di umidità.

Nelle zone transitorie tra profonda selva e ande, Rupa-Rupa, il clima risulta essere già fortemente umido, la vegetazione tende verso la foresta fluviale, in questo caso il patio rimane un elemento centrale, privo tuttavia di elementi ombreggianti, che compaiono nelle zone della selva più profonda, definita Omagua.

La morfologia pluviale ha fatto sì che sono state create le palafitte e le piattaforme galleggianti, unite tra loro da passerelle o talvolta delle stesse acque dei fiumi, "la calle puede ser agua"²⁷. In queste strutture il muro esterno delle abitazioni fa da filtro, mentre le ampie falde del tetto proteggono dalle piogge oblique e dalla forte radiazione solare.

I materiali maggiormente utilizzati sono il legno, fibre per la composizione dei tetti e in alcuni casi la terra con la tecnica della *quincha*.

Dall'analisi delle tipologie di insediamento presenti nelle ecoregioni si comprende, ancora una volta, la ricchezza di questo Paese, riflessa nelle tecniche architettoniche e nelle distinte disposizioni degli edifici secondo il clima.



Rupa - rupa

Omagua

Selva

Fonte immagini: Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, Guía de Tipologías de Vivienda Rural, Lima, 2021.

27 Burga Bartra, J. *Arquitectura Vernácula en el Perú*. Lima: Universidad Ricardo Palma, Fondo Editorial, 2010

2.3 Una panoramica vernacolare

Il paragrafo tratta in modo sintetico una panoramica delle architetture vernacolari che con un'ampia moltitudine definiscono un sistema ricco di soluzioni costruttive articolate in climi, topografie e culture distinte. Soluzioni con un'intelligenza tecnica ancestrale, tutt'oggi attuabili per realizzare architetture che esulano della precarietà – culturalmente associata ai materiali locali – e al contrario ottimizzano risorse locali, garantiscono sicurezza rispetto ai drastici fenomeni naturali e con configurazioni che riflettono abitudini culturali.

La seguente analisi ripropone la scansione delle ecoregioni precedentemente approfondite, concentrando l'attenzione sul sistema strutturale rispetto alla tipologia di materiale utilizzato, la gestione dei rischi, evidenziando caratteristiche trasferibili alla contemporaneità.

SELVA – Omagua – Rupa Rupa

La scansione degli edifici nella selva peruviana è dettata dall'idrologia. In questo contesto nascono le case palafitte, le case galleggianti su piattaforme e le passerelle che le uniscono, trasformando il limite dell'acqua in mobilità. Le passerelle rappresentano un'opportunità di continuità, di connessione territoriale e sociale. Con l'acqua tutto si modifica, come i percorsi, anche i piani terra si elevano, con pilotis e piattaforme; le falde dei tetti diventano ampie per dominare le piogge torrenziali, favorendo la ventilazione con una doppia pelle. Nei tetti molte volte si utilizzano fibre locali per migliorarne la protezione. Le piogge mettono a dura prova l'uso domestico degli edifici, che viene protetto dalle piogge da pareti con tavolati in legno, corridoi continui, serramenti leggeri e regolabili. Attenzioni progettuali per un confort abitativo che consentono un ricambio di aria rapido e un'adattabilità alle temperature. Negli insediamenti fluviali le gallerie perimetrali si uniscono per creare uno spazio comune riparato e ventilato, dove l'uso domestico si fonde con l'uso pubblico dello spazio.

Nella zona di transizione tra foresta e Ande, l'elevazione delle case è sostituita da alti basamenti che riducono la risalita capillare. Il legno mantiene il ruolo protagonista con falde dei tetti prolungate fin a terra per porre riparo alla pioggia orizzontale. Gli insediamenti si installano su colline il più possibile stabili e con bassi rischi di frane, la disposizione degli edifici si adatta alle curve di livello, le aperture seguono i venti dominanti. Il punto debole di questi edifici è la durata limitata, deteriorati dal clima tropicale-umido, in cui diventa fondamentale la manutenzione. L'architettura vernacolare assume implicitamente la necessità di cambio continuo, con un involucro facilmente sostituibile, superfici lavabili e dispositivi di protezione solare. L'errore contemporaneo sorge con la pretesa progettuale di un'architettura durevole e poco adattabile, con stratigrafie che negano la traspirabilità o piante che non includono l'esigenza della creazione di correnti di aria interna, aumentando gli effetti negativi dell'umidità.

MONTAGNA (QUECHUA/SUNI)

Nella montagna l'architettura vernacolare sottolinea due chiavi di progetto fondamentali: la compattezza termica e la presenza di un patio. La casa-patio è composta di grossi muri, stanze dalle piccole dimensioni e corridoi filtri, è un sistema climatico che capta la radiazione diurna, la immagazzina e la rilascia nelle ore notturne. La massa delle pareti ha funzione stabilizzante, mentre il patio aiuta ad accumulare il calore e definisce uno spazio per la socialità, mentre i corridoi creano una sorta di doppia pelle per gli ambienti. Il tetto è formato da una struttura principale in legno su cui poggiano le tegole, con un'inclinazione variabile tra il 20 e il 70% che facilita lo scorrimento delle acque piovane e protegge dal vento. Tutte queste attenzioni sono definite dalla necessità di convergere la stagione invernale all'unica stagione conosciuta a queste altitudini. La suddivisione verticale crea delle differenze, nelle valli più miti la massa può alleggerirsi con il crescere dei piani, mentre nella zona Suni le aperture si riducono di dimensioni per ridurre la dispersione del calore, come avviene nella zona della Puna.

La terra è il materiale maggiormente utilizzato nell'architettura vernacolare di queste aree, oggi sempre più sostituito dal calcestruzzo. L'influenza dell'occidentalizzazione ha favorito, nel corso del tempo, la stigmatizzazione della terra a favore di altri materiali, tra cui il calcestruzzo che viene popolarmente definito "material noble". Questa definizione, seppur colloquiale, fa comprendere il grado di apprezzamento verso un materiale che non possiede le stesse proprietà termiche della terra. Nelle zone andine il calcestruzzo viene spesso adattato a climi rigidi senza un'adeguata progettazione combinata con materiali isolanti: le abitazioni si realizzano prevalentemente con uno scheletro in calcestruzzo armato e un tamponamento in mattoni, privilegiando la rapidità e la facilità costruttiva rispetto alle prestazioni termo-igrometriche. L'uso del calcestruzzo sta sostituendo le tecniche tradizionali in terra, senza garantire condizioni di comfort comparabili a quelle delle case in adobe o in terra battuta. Le tecniche costruttive in terra tipiche di queste zone sono la terra battuta (*tapial*) e i blocchi in terra cruda (*adobe*).

ALTIPIANO - Puna

Le condizioni climatiche di quest'area sono molto dure, con escursioni termiche molto ampie, venti molto forti e un'ossigenazione ridotta, con gelate permanenti per periodi prolungati. L'architettura vernacolare risponde alle rigide condizioni con massa termica, piccole aperture e compattezza in pianta. Il putuco è un esempio di architettura tradizionale in cui la terra svolge ruolo strutturale, fino a chiudere le pareti in cupole con blocchi in terra cruda, così anche i tetti sono realizzati in terra cruda. Sono presenti altresì case raccolte attorno a patii e sui tetti si utilizza l'*ichu*²⁸, che dona resistenza alla pioggia e garantisce isolamento. In entrambi i casi la protezione dal vento è garantita da muri perimetrali in terra e pietra (tecnica *pirca*).

Gli edifici altoandini univano funzioni abitative e produttive. Nelle case si svol-



Casa Patio

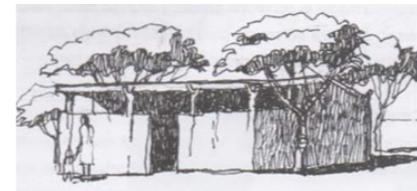
Fonte: Burga Bartra, J. *Arquitectura Vernácula en el Perú*. Lima: Universidad Ricardo Palma, Fondo Editorial, 2010

28 L'*Ichu* è una graminacea nativa delle Ande, che cresce sopra i 3400 m slm. Fibra altamente resistente al freddo, all'acqua e al ghiaccio.



Los Putucos de Puno, de Ferruccio Marussl Castellán

Fonte: Burga Bartra, J. *Arquitectura Vernácula en el Perú*. Lima: Universidad Ricardo Palma, Fondo Editorial, 2010



Casa rurale in quinchá

Fonte: Burga Bartra, J. *Arquitectura Vernácula en el Perú*. Lima: Universidad Ricardo Palma, Fondo Editorial, 2010

29 Canziani, J. *Ciudad y territorio en los Andes: Contribución a la historia urbana y territorial del Perú prehispánico*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2009.

gevano attività quali produzione di formaggi e immagazzinamento di fibre raccolte all'esterno dell'ambiente domestico; queste attività si svolgevano nella cucina il cui fuoco riscaldava l'ambiente. Le diverse temperature degli ambienti (cucina, stanze da letto, magazzini) attivavano la circolazione dell'aria. Oggi, invece, la funzione domestica tende ad essere standardizzata: le abitazioni sono usate per funzioni residenziali e gli ambienti interni risultano meno differenziati per uso e comportamento termico. Inoltre, vengono utilizzati rivestimenti che non traspirano e rendono rigido il sistema costruttivo. In questo contesto, il ruolo dello spazio esterno è rilevante: le piante che circondano le abitazioni contribuiscono a stabilizzare le condizioni termiche e idriche, creando ombra, limitando l'erosione e favorendo la ritenzione dell'acqua nel suolo. Colture come la quinoa, disposte intorno alle case o nei campi adiacenti, funzionano come barriere frangivento²⁹.

COSTA (chala)

In un deserto con nebbia persistente, salinità e fenomeni estremi di inondazioni, l'architettura vernacolare è progettata intorno al bisogno di ventilare e di ombreggiare, e all'impiego di superfici lavabili. Le strutture sono molto leggere nel nord mentre assumono maggiore massa spostandosi verso sud. La presenza di lucernari permette la cattura della luce naturale e favorisce la ventilazione. Inoltre la *quincha* utilizzata nel nord dona bassa inerzia, mentre i tetti del sud favoriscono la ventilazione.

Le case vernacolari sono costruite con piattaforme leggermente rialzate, falde pronunciate, canali di drenaggio. Il patio centrale, con gallerie di distribuzione laterali, favorisce il passaggio del vento e riduce l'esposizione solare diretta. Quando la casa è grande i patii si ripetono in serie, con una ripetizione modulare di porticati. La casa-patio costiera presenta pareti leggere e a ridotto spessore, realizzate con miscele di terra e paglia ad alta percentuale di fibra, che garantiscono al sistema una forte porosità. Questa combinazione leggerezza-porosità permette di ottenere un'ottima ventilazione. Le tecniche vernacolari a base di terra permettono di raggiungere qualità termica e resistenza sismica, nel caso della *quincha* maggiormente spiccata per la leggerezza strutturale.

Negli anni scompaiono i dispositivi di illuminazione/ventilazione zenitali, lentamente sostituiti con lastre di plastica che non offrono né la stessa diffusione luminosa, né lo stesso tipo di aerazione.

2.4 Rischi ambientali e precauzioni progettuali

Il territorio peruviano è caratterizzato da molteplici rischi naturali: è presente un elevato rischio sismico, trovandosi in una zona di subduzione; vi si verificano fenomeni idrologici e termici estremi, come gelate e alluvioni. Nei paragrafi seguenti vengono analizzati brevemente i vari fenomeni con riferimento alle relative norme tecniche da considerare.

SISMA

Il Perù è situato lungo un margine di convergenza tra la subduzione della placca di Nazca e quella sudamericana, pertanto è soggetto a terremoti che possono raggiungere la magnitudine 8. La vicinanza alla faglia sismica determina il grado di sismicità. Il territorio peruviano si divide in tre zone: la costiera, vicina alla placca di Nazca; l'interandina, tra la placca di Nazca e le Ande; la parte orientale del Paese. L'area di maggiore rischio sismico è quella andina. Nella norma tecnica E030 vengono definite le indicazioni per la costruzione di nuovi edifici, le azioni per il rafforzamento strutturale di quelli esistenti e le riparazioni post-sisma.³⁰

Linee guida per le costruzioni in terra sono contenute nella norma tecnica E080, in cui si definisce necessario il miglioramento con geomaglie o con corde e nodi specifici. Molteplici studi realizzati da università forniscono suggerimenti per il ripristino post-sisma.³¹

FENOMENI IDROLOGICI

In Perù i fenomeni climatici estremi legati all'idrologia sono causati dalla posizione geografica e dall'uso del suolo. Nella costa si verificano i fenomeni del Niño e della Niña. Con il Niño le acque del Pacifico tropicale si surriscaldano, intensificando i fenomeni convettivi e creando piogge torrenziali lungo le coste. La quantità di piogge crea inondazioni e flussi detritici. Nel fenomeno della Niña la genesi delle piogge torrenziali è dovuta al raffreddamento delle acque. La condizione del terreno precedente può generare effetti secondari come frane o erosione del terreno. La mancanza di vegetazione o la urbanizzazione possono incrementare gli effetti negativi del fenomeno.³²

Nelle Ande la topografia con dislivelli acuti favorisce le alluvioni dovute all'innalzarsi del livello delle acque dei laghi di origine glaciale. Nell'Amazzonia le inondazioni sono cicliche e con l'influenza del Niño o della Niña diventano più pericolose. Gli edifici vengono allagati, crollano per spinta idrostatica o le loro fondazioni diventano instabili. Intere aree possono essere evacuate e soggette poi a ricostruzione.

FENOMENI TERMICI

Nelle aree della Puna si verificano fenomeni popolarmente chiamati "las heladas", letteralmente le gelate. Il fenomeno può essere descritto come un abbassamento brusco delle temperature, in cui la temperatura minima scende fino a raggiungere i -15°C nelle epoche più fredde. Le cause del fenomeno risiedono nell'atmosfera, secca con bassa umidità, nella scarsa presenza di nuvole, nei venti deboli e nella topografia che permette uno stazionamento dell'aria fredda. L'agricoltura si paralizza, il bestiame si indebolisce e i materiali da costruzione si fessurano per contrazione termica.³³

2.5 Spazio comune e spazio musicale

La ricchezza della biosfera peruviana si traduce nella varietà delle architetture vernacolari, così come nella musica. Nelle aree costiere si suona e si canta sui balconi, nei patii e nelle gallerie. In Amazzonia il ritmo si espande nelle *malocas*, dove la comunità si riunisce per ascoltare musica e condividere momenti. Nelle Ande voci, *charangos* e *kunas* vengono suonati nei grandi patii, spazio di convivialità nelle case coloniali.

Lo spazio e la sua organizzazione, all'interno e all'esterno, sono i mezzi dove la cultura viene espressa, dove la musica traduce atti di resilienza. La grande diversità del Paese si traduce nelle note musicali, così come nell'architettura. E l'architettura, quando è pertinente e contestualizzata, offre opportunità di continuità e dialogo tra il territorio e la musica.

*“Tengo pampas, ríos, grandes valles
Mares, pueblos y extensos caminos
Oro, plata, cobre y petróleo
Cumbres, cerros y grandes nevados
YO SOY BIE PERUANO*

...

*De mí gran PERÚ
Sus nevados son
Símbolo de amor*

...

*Ya no pierdas tanta grandeza
Tienes selva y cordilleras
Que están lleno de minerales
Llévate orgulloso en el pecho
EL PERÚ ES NOBLE Y GRANDIOSO”*

*Soy peruano (vals criollo)
Musica e testo di Boris Ackerman*

30 Ministerio de Vivienda, *Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.030: Diseño sismorresistente*. Lima: El Peruano (Separata Especial – Diario Oficial), 2017.

31 Ministerio de Vivienda, *Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E.080: Diseño y construcción con tierra reforzada*. Lima: El Peruano (Separata Especial – Resolución Ministerial N° 121-2017-VIVIENDA), 2017.

32 Ministerio del Ambiente (MINAM). *Memoria descriptiva del Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú*. Lima: Ministerio del Ambiente, 2019.

33 Ministerio de Vivienda, *Construcción y Saneamiento (MVCS). Guía de tipologías de vivienda rural*. Lima, 2021.

DAL TERRITORIO ALLA COMUNITÀ

Ascolto, analisi partecipata e quadro esigenziale per l'architettura musicale

“Ñawpa yachayta ama gochuychu, runakunapa rimayqa kachkanmi.”

...

“Sumaq llaqtakunamanta rimaykuna, hatarikuq runakunamanta takiykuna.”

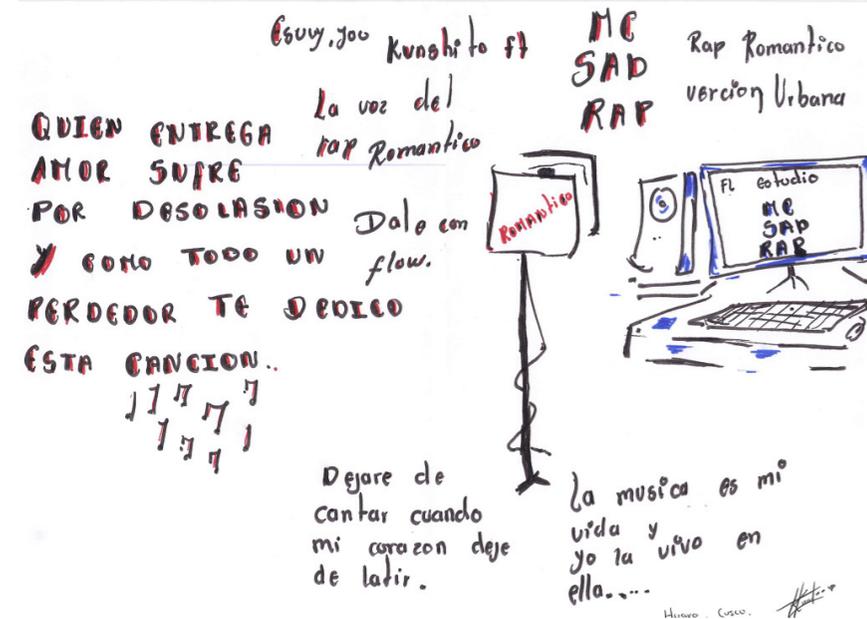
“Non dimentichiamo l'antico sapere, la lingua dei nostri popoli è viva.”

...

“Parole dai villaggi splendidi, canti dai popoli che si sollevano.”

**Liberato Kani,
Rimaypampa 2016**

ARCHITETTURA E PARTECIPAZIONE: ANALISI DELLE NECESSITA' COMUNITARIE



Disegno taller partecipativo

L'architettura è rappresentazione fisica di dinamiche culturali, sociali ed economiche, che superano la soddisfazione di bisogni fisici. Un progetto architettonico pertinente si fonda nell'identificazione delle necessità della comunità e le traduce in soluzioni spaziali coerenti. L'insoddisfacente relazione tra architettura e utente determina, talvolta, spazi impersonali, carenti di appropriazione da parte della società e slegati dal contesto in cui sono costruiti.

In questo capitolo si pone il focus sull'identificazione delle esigenze delle comunità locali, attraverso un'indagine a scala regionale, seguendo una metodologia multi scalare. Sono state visitate distinte associazioni, principalmente nel territorio andino e nella città di Lima, con lo scopo di analizzare gli spazi dedicati all'insegnamento musicale e artigianale, tentando di comprendere il loro impatto sulla comunità.

L'analisi esigenziale sarà tradotta in strategie architettoniche, capaci di rispondere alle reali necessità della popolazione. Un approccio partecipativo incrementa la possibilità di identificazione culturale nell'opera, favorendo la creazione di spazi inclusivi e funzionali. In questo senso, la musica e la liuteria sono intesi come strumenti di coesione sociale, e la loro preservazione e valorizzazione necessitano di ambienti adeguati.

3.1 Progettare con la comunità: dalla diagnosi alla costruzione

B. Rudofsky¹ critica l'approccio modernista, in cui l'architetto è protagonista del progetto. Nell'architettura vernacolare l'utente è il protagonista dell'intero percorso progettuale fino alla realizzazione dell'opera, non un recettore di un progetto altrui. Un'architettura efficace è un'architettura che parte da un'indagine delle dinamiche sociali, della tradizione costruttiva e del contesto climatico, elaborando soluzioni spaziali attinenti che superano l'astrazione formale. La partecipazione deve riguardare tutto il processo dalle fasi preliminari fino alle fasi costruttive e necessita di una comunicazione bidirezionale e di un'attenzione a comprendere le necessità dei destinatari dell'opera.²

La partecipazione nella diagnostica progettuale

Il coinvolgimento della popolazione nelle fasi di diagnostica trasforma l'utente in attore nell'identificazione dei requisiti progettuali. Rafforza l'appropriazione sociale al progetto e assicura che le decisioni iniziali siano fondate su usi, aspettative e limitazioni reali. Inoltre, questo approccio permette di proporre un progetto che rispetta l'identità della popolazione, facilitando le fasi successive.³

La partecipazione nella fase progettuale

La progettazione partecipata è un approccio collaborativo in cui architetto e comunità pensano assieme lo spazio, disegnandolo secondo le aspirazioni della collettività. È la fase che si realizza a seguito dell'identificazione delle necessità e degli obiettivi dell'opera architettonica. Questa fase rappresenta il processo creativo che concretizza le idee creative della collettività.⁴

La partecipazione nella fase costruttiva

La costruzione partecipata concretizza il contributo della popolazione nella realizzazione fisica del progetto, aumentando il senso di appartenenza e la responsabilità verso l'opera, essendo il risultato del lavoro della popolazione stessa. L'apporto della popolazione è particolarmente vantaggioso, poiché combina conoscenze locali e forza lavoro.⁵

Comprendere i bisogni della comunità attraverso il territorio

La definizione del quadro esigenziale è stato un passaggio fondamentale nella fase preliminare della ricerca, consentendo di raccogliere dati approfonditi sulle necessità della popolazione. Attraverso un'indagine sul campo, condotta mediante tecniche diversificate, come l'osservazione partecipata, le interviste e i *talleres* di diagnostica partecipata, è stato possibile ottenere un quadro delle esigenze sia dal punto di vista spaziale-architettonico sia in relazione al contesto territoriale e culturale.

L'analisi ha coinvolto diverse aree del Perù. Sono state identificate le difficoltà specifiche di ciascun territorio e le relative dinamiche che influenzano la relazione tra utenti e spazi destinati all'insegnamento musicale e artigianale.

Nel prossimo paragrafo, sono descritte le associazioni coinvolte nella ricerca, il loro contributo alla comunità e l'analisi degli spazi da loro vissuti.

1 Rudofsky, B. *Architecture Without Architects: A Short Introduction to Non-Pedigreed Architecture*. New York: Museum of Modern Art. 1964
2 Sanoff, H. *Programación y participación en el diseño arquitectónico*. Barcelona: Ediciones UPC. 2006

3 Nanzer, C. *Arquitectura Comunitaria: Participación y Construcción de la Identidad*. Santiago de Chile: Ediciones ARQ. 2019

4 Hernández, J. *Arquitectura, participación y hábitat popular*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. 2008

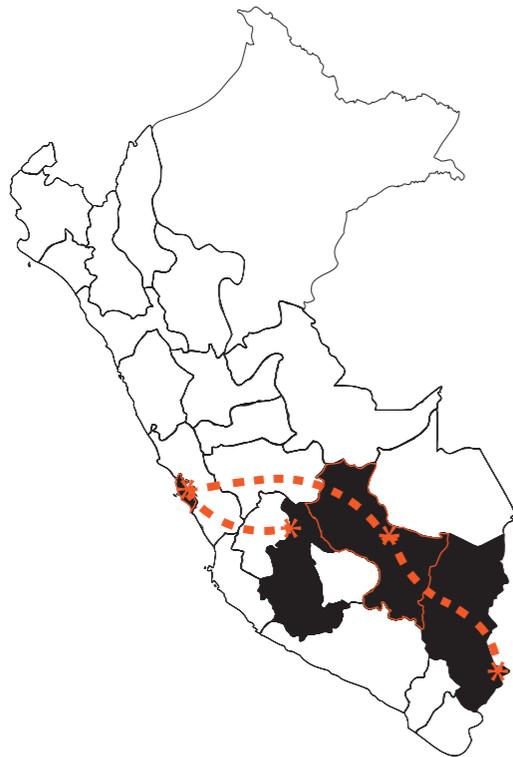
5 Turner, J. F. C. *Autoconstrucción: Por una autonomía del habitar. Escritos sobre vivienda, urbanismo, autogestión y holismo*. Logroño: Pepitas de Calabaza. 2018

3.2 Gli enti coinvolti

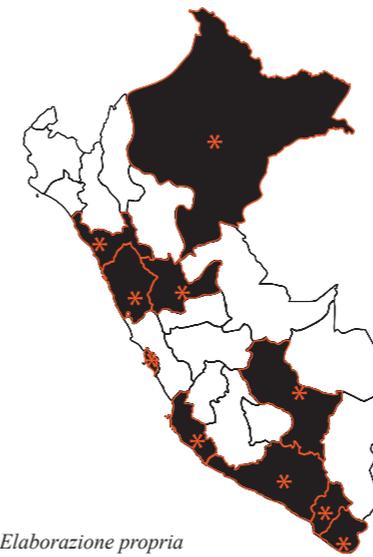
Le associazioni, le scuole e i collettivi sono fondamentali per il supporto educativo e sociale delle comunità locali. I contesti in cui questi enti nascono ed operano sono molteplici e diversificati, sono accomunati dall'offrire strumenti di integrazione sociale e culturale, attraverso la musica e la liuteria. Sono poche le associazioni che sono gestite da una rete consolidata, la maggior parte funzionano in modo autonomo, senza una rete nazionale che ne amplifichi l'impatto collettivo.

Inoltre, uno degli aspetti critici emersi dall'analisi riguarda l'assenza di spazi adeguati e dedicati all'insegnamento musicale e artigianale. In molti casi, le attività vengono svolte in ambienti non progettati per tali scopi, con problematiche legate all'acustica, all'illuminazione, alla disposizione degli arredi e al comfort generale.

Di seguito vengono analizzati i cinque enti coinvolti nella ricerca, viene valutato il loro contributo alla comunità e come affrontano la gestione degli spazi a loro disposizione. Comprendere la loro organizzazione e il loro impatto ha permesso di individuare quali potrebbero essere le occasioni di intervento architettonico che possano favorire una maggiore connessione tra le realtà locali, garantendo luoghi più idonei alla didattica e alla produzione musicale.



- 1 Rudofsky, B. *Architecture Without Architects: A Short Introduction to Non-Pedigreed Architecture*. New York: Museum of Modern Art. 1964
- 2 Sanoff, H. *Programación y participación en el diseño arquitectónico*. Barcelona: Ediciones UPC. 2006
- 3 Nanzer, C. *Arquitectura Comunitaria: Participación y Construcción de la Identidad*. Santiago de Chile: Ediciones ARQ. 2019
- 4 Hernández, J. *Arquitectura, participación y hábitat popular*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. 2008
- 5 Turner, J. F. C. *Autoconstrucción: Por una autonomía del habitar. Escritos sobre vivienda, urbanismo, autogestión y holismo*. Logroño: Pepitas de Calabaza. 2018



Elaborazione propria

Sinfonia por el Perú

Juan Diego Flórez, tenore di fama mondiale, fonda l'associazione nel 2011, sostenendo che la musica abbia un forte potere sociale. L'associazione cresce negli anni, fino ad avere circa 20 nuclei e 6 moduli in diverse regioni del Perù. L'idea è diffondere la conoscenza musicale come strumento di educazione e supporto sociale per le famiglie vulnerabili. Le sedi sono state aperte in contesti rurali o in quartieri meno abbienti. Il programma di formazione pone come obiettivo principale creare uno spazio in cui si possano sviluppare abilità socio cognitive, rafforzando il rispetto reciproco. L'associazione promuove l'integrazione intergenerazionale e culturale.⁶

Sono stati visitati due moduli: Rimac e Andahuaylillas.

Rimac - Città metropolitana di Lima



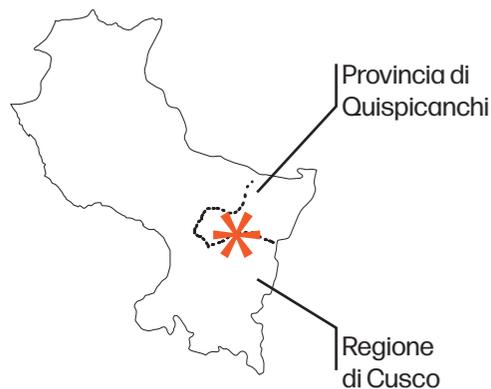
Attività principale: insegnamento di liuteria
Utenti dello spazio: studenti di età variabile dai 16 ai 25 anni, professori
Attività svolte: creazione di strumenti a corda come violino e chitarra
Attività specifiche:
 _Intaglio
 _Vernice
 _Assemblaggio
 _Prove di suono
Spazio utilizzato: sede di un vecchio birrificio

Andahuaylillas



Attività principale: insegnamento di musica classica, insegnamento di liuteria
Utenti dello spazio: studenti di età variabile dai 7 ai 25 anni, professori
Attività svolte: lezioni strumentali gruppal e individuali, lezioni di canto gruppal e individuali, lezioni di liuteria
Spazio utilizzato: aule distribuite nel chiostro parrocchiale

⁶ Sinfonia por el Perú. *Memoria Anual 2024*. Lima, 2024



Crfa Kuntur Kallpa - scuola

La Crfa Kuntur Kallpa è una scuola pubblica che prevede l'organizzazione dell'insegnamento sulla base del concetto di alternanza istruzione - vita rurale. I ragazzi rimangono nella struttura per un periodo pari a due settimane, a cui alternano due settimane nella comunità rurale di origine. È una scuola di secondo grado, che ospita ragazzi dagli 11 ai 16 anni. I ragazzi provengono dalle comunità rurali del distretto di Andahuaylillas, in alcuni casi raggiungono la scuola a piedi, alcuni di loro impiegano fino a due ore di cammino nei boschi. L'insegnamento alternato, praticato in questo caso, tenta di favorire l'integrazione per i ragazzi che provengono da zone rurali. Sono stati visitati due moduli: Rimac e Andahuaylillas.

Elaborazione propria

Utenti dello spazio: studenti di età variabile dagli 11 ai 16 anni, professori
Attività svolte: insegnamento scolastico ed extrascolastico con attività sportive e ricreative



Qoriorqo - associazione provinciale

L'associazione prende vita nel 2011, dall'esigenza di alcuni giovani universitari di preservare il patrimonio materiale e immateriale nella provincia di Quispicanchi, regione di Cusco. L'associazione ha sviluppato vari progetti nel tempo, tra cui la riqualificazione del sito archeologico Rumiqolqa, workshop di fotografia e attività con bambini e anziani, ricerche di stampo socio-antropologico sulla perdita del patrimonio immateriale⁷.

Elaborazione propria

Attività principale (attuale): progetto di insegnamento musicale dal titolo "EMPODERAMIENTO DE JÓVENES DE COMUNIDADES ANDINAS QUECHUAHABLANTES A TRAVÉS DE TALLERES MUSICALES CREATIVOS, PERÚ"
Attività svolte: corsi di musica con strumenti tradizionali, registrazione di racconti onomatopeici in lingua Quechua
Spazio utilizzato: aule e spazio esterno della scuola Kuntur Kallpa

⁷ World Monuments Fund. *World Monuments Fund*. da <https://www.wmf.org/> [consultato il 20/03/2025]

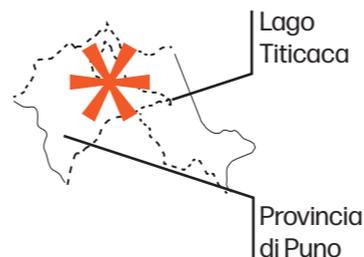


Quri Taki - associazione provinciale

Quri Taki è un'associazione che nasce sulla scia di Sinfonia por el Perú, riproponendo i principi di diffusione dell'insegnamento musicale come strumento di sviluppo socio-culturale. L'associazione ha sede in un contesto provinciale, nel distretto di Huanta, regione di Ayacucho. L'associazione promuove la responsabilità sociale, sensibilizza la popolazione sull'importanza dell'inclusione e la preservazione delle tradizioni musicali come mezzo di trasformazione.⁸

Elaborazione propria

Attività principale: insegnamento di musica tradizionale e classica, insegnamento di balli tradizionali
Utenti dello spazio: studenti di età variabile dai 7 ai 18 anni, professori
Attività svolte: lezioni strumentali di gruppo e individuali, lezioni di canto di gruppo e individuali, lezioni di ballo di gruppo
Spazio utilizzato: edificio industriale



Estudiantina - associazione dipartimentale

L'Estudiantina è una associazione culturale nata da molteplici anni, rappresenta una delle tante congregazioni presenti nel territorio di Puno che si dedicano alla musica con fini ricreativi. Nella regione puneña sono varie le associazioni musicali che riflettono i caratteri tradizionali della musica peruviana.

Attività principale: riproduzione di musica tradizionale
Utenti dello spazio: persone di età variabile dai 18 ai 62 anni
Attività svolte: _ riproduzione di musica con una banda musicale
 _ balli tradizionali
Spazio utilizzato: sala da ballo a piano terra (edificio con due piani fuori terra)

Le esperienze raccolte presso queste associazioni offrono uno sguardo prezioso sulle diverse modalità di insegnamento e produzione musicale. Ciascun contesto evidenzia bisogni specifici secondo distinte sfumature, con molteplici punti comuni. Poter vedere con i propri occhi i luoghi in cui la musica si trasmette, in cui la si vive, offre una prospettiva distinta: da un lato insegnanti e volontari che dimostrano tutto il loro impegno con attività coinvolgenti e stimolanti per i ragazzi, con i mezzi che hanno a disposizione; dall'altro lato ci sono i ragazzi, che con curiosità si avvicinano al mondo della musica. È necessario quindi comprendere come effettivamente l'architettura possa offrire un sostegno al processo di insegnamento-apprendimento-intercambio che prende luogo grazie a queste associazioni.

⁸ Quri Taki. *Método equitativo cultural (MEC) para el aprendizaje*. <https://quritaki.org/> [consultato il 20/03/2025]

3.3 Le tecniche di indagine

L'approccio di indagine utilizzato si basa sul metodo etnografico, consente di analizzare i bisogni dell'utente attraverso una prospettiva riflessiva e partecipativa. Colui che svolge la ricerca tenta di superare i propri preconcetti culturali di interpretazione della realtà, tentando di rappresentare il vissuto secondo la prospettiva di chi vive lo spazio.⁹ Sebbene i pregiudizi possano essere attenuati, il ricercatore non è mai del tutto neutrale, ma un "mediatore imprescindibile"¹⁰ tra le esperienze locali e il risultato dell'indagine condotta.

Per ottenere un quadro esigenziale completo, sono state adottate diverse tecniche: osservazione partecipata, interviste e *taller* partecipativi. In questa fase di ricerca la tecnica principale utilizzata è stata l'osservazione partecipata, che ha consentito un contatto diretto con la quotidianità delle comunità musicali e con le modalità di insegnamento in diversi contesti. L'immersione nelle dinamiche socio-culturali ha permesso di sottolineare il forte valore delle interazioni di gruppo che emergono negli ambiti educativi e comunitari¹¹. È stato visibile il potenziale della gruppalità, che può essere riproposto nelle fasi successive al progetto.

Le interviste, invece, hanno dato voce diretta a chi vive lo spazio in prima persona. Sono state condotte in forma non strutturata o semi-strutturata, lasciando spazio agli intervistati: sono state raccolte testimonianze, percezioni e memorie legate agli spazi musicali, facendo emergere esigenze spesso non esplicitate formalmente.

I *taller* partecipativi hanno offerto un approccio ludico e pratico per comprendere le necessità degli utenti, indipendentemente dall'età. Questo coinvolgimento attivo ha generato spunti progettuali basati su bisogni e aspettative reali. Ogni attività di indagine ha contribuito a delineare un quadro esigenziale esplicitato con bisogni dal basso e dal modo fisico in cui lo spazio favorisce od ostacola lo svolgimento delle varie attività.

9 Guber, R. *La etnografia: Método, campo y reflexividad*. Bogotá: Grupo Editorial Norma. 2001

10 Restrepo, E. *Etnografía: alcances, técnicas y éticas*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 2018

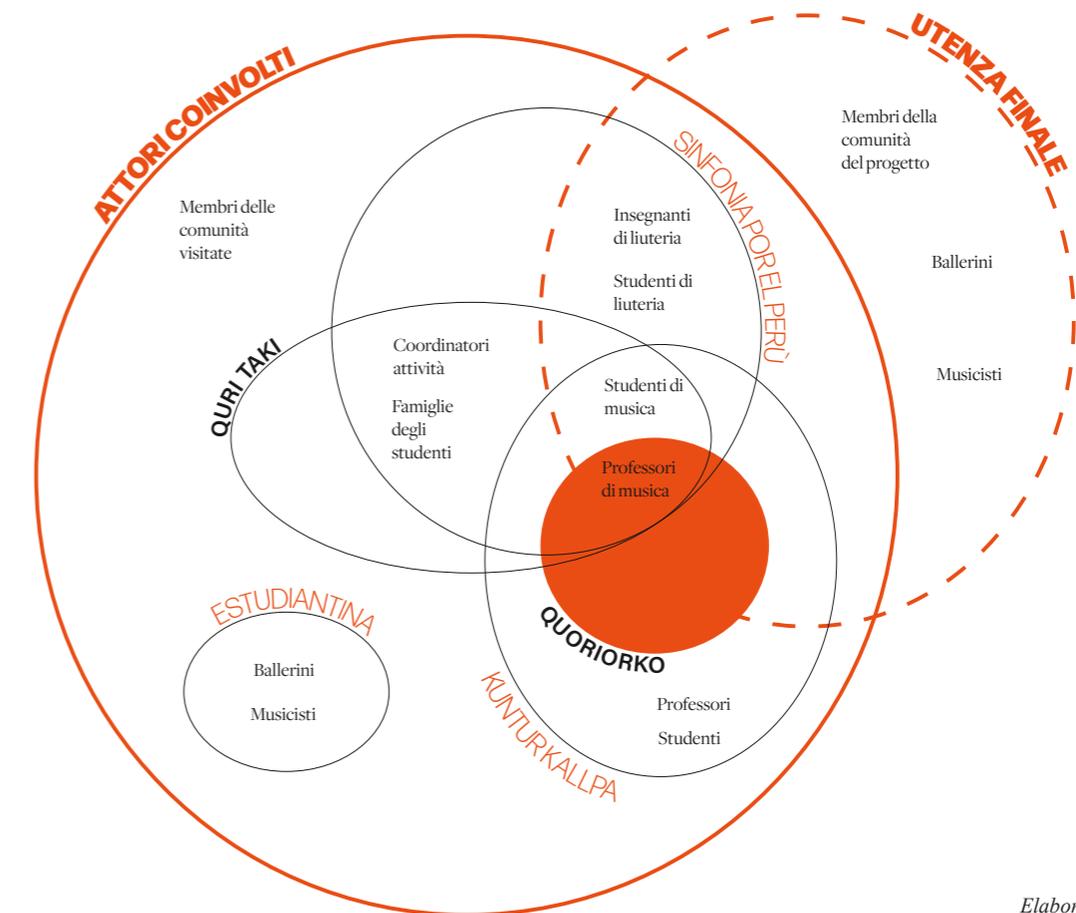
11 Ibid.

	OBIETTIVO	AZIONE	PARTECIPANTI	RISULTATO PREVISTO
INTERVISTE PRIVE DI ORGANIZZAZIONE PREVIA	Ottenere info su necessità spaziali uso attuale dello spazio ruolo culturale della musica	Non strutturata	Membri delle comunità	Sistematizzazione quadro esigenziale
INTERVISTE CON ORGANIZZAZIONE PREVIA	Comprendere le metodologie di insegnamento	Strutturata	Studenti Professori	
OSSERVAZIONE PARTECIPATA				
WORKSHOP				

Distinzione tra attori coinvolti e utenti finali

Nella ricerca di campo sono state coinvolte diverse figure, che non coincidono necessariamente con i destinatari dell'opera architettonica. È stata definita una distinzione tra attori coinvolti (educatori, rappresentanti delle associazioni, responsabili di progetto) e utenti finali (studenti, musicisti, comunità locali). Questa differenziazione ha consentito di sistematizzare gerarchicamente l'importanza delle richieste progettuali.

Gli attori possono essere definiti come coloro che contribuiscono attivamente alla realizzazione del processo di indagine e alla produzione di informazioni. Essi hanno fornito dati relativi alla gestione, alle priorità pedagogiche e alla sostenibilità economica dei progetti musicali. Gli utenti finali, invece, sono coloro che beneficiano direttamente della realizzazione dell'opera architettonica; alcuni di essi sono stati inclusi tra gli attori coinvolti nella fase di indagine. In particolare, si tratta di coloro che hanno contribuito a evidenziare bisogni legati all'esperienza diretta, quali la qualità degli spazi, l'accessibilità e la relazione con le pratiche musicali locali.



3.4 Il lavoro sul campo

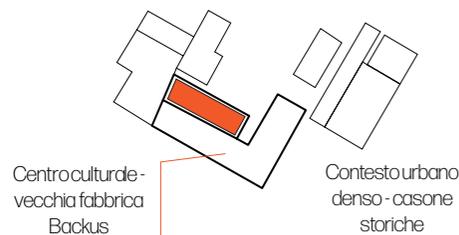
Il lavoro sul campo ha rappresentato un'occasione unica per immergermi in un contesto complesso e sfaccettato, andando oltre la semplice osservazione, entrando in dialogo con le persone.

Le comunità non si sono limitate a fornire informazioni pratiche o a segnalare criticità; al contrario attraverso racconti, gesti e pratiche quotidiane, hanno descritto e trasmesso una cultura viva, fatta di passioni, memorie, speranze e tanta musica. Successivamente, verranno descritte le varie attività d'indagine, con l'obiettivo di restituire un quadro completo delle attività quotidiane legate alla pratica musicale e alla formazione.

Osservazione partecipata

L'osservazione partecipata ha permesso di comprendere le dinamiche spaziali attraverso un coinvolgimento attivo nelle diverse attività svolte. Questa tecnica è stata applicata in vari contesti, dove la musica funge da strumento educativo, di svago e di aggregazione comunitaria. Successivamente è presente una suddivisione tra le attività strettamente legate all'insegnamento e quelle legate alle attività culturali.

Attività di insegnamento



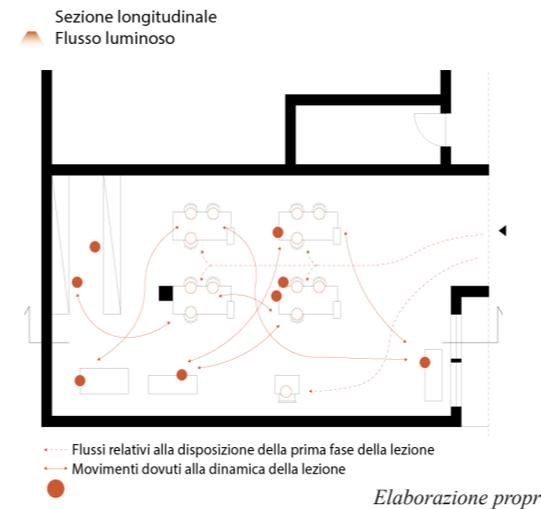
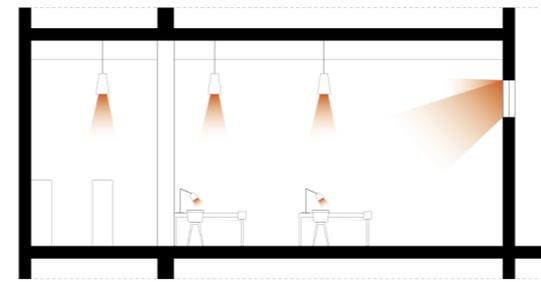
LABORATORIO LIUTERIA
Elaborazione propria

Luogo di osservazione: Sede Sinfonia per el Perú - Rimac, spazio di riqualificazione industriale (vecchia fabbrica di birra)

Attività svolta: Lezione di liuteria

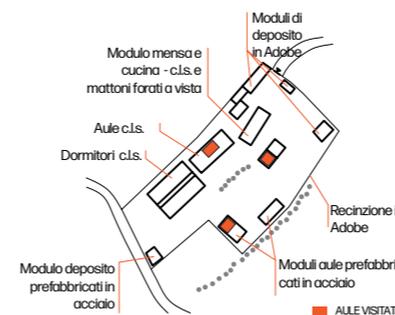
Descrizione dello spazio: Lo spazio è ben organizzato, privo di una divisione fisica tra i vari processi di realizzazione degli strumenti musicali. Coloro che sono impegnati in una fase di assemblaggio percepiscono i rumori del trapano a colonna o aspirano la vernice dei compagni. I tavoli sono abbastanza grandi, ma con una base non del tutto piana che non permette il facile svolgimento di tutte le mansioni. Inoltre, i soffitti troppo alti amplificano i rumori nella stanza. L'assenza di una buona illuminazione naturale non permette la facile visione del lavoro manuale che si sta svolgendo. Per sopprimere alla mancanza di luce naturale sono presenti alcune luci da postazione, mentre le luci generali risultano essere eccessivamente alte per garantire il comfort visivo.

Dinamiche osservate: In questo spazio si percepisce un'aria di gioventù, il maestro-liutaio ha poco più di 20 anni e i ragazzi si dimostrano molto collaborativi. L'insegnante adotta un approccio dinamico, coinvolgendo gli



Elaborazione propria

studenti in diverse attività simultanee e richiamando l'attenzione del gruppo in momenti specifici. Lo spazio non sembra facilitare l'interazione tra diversi utenti, risulta essere frammentato con una disposizione degli arredi che non permette un flusso di lavoro fluido rispetto alle fasi di realizzazione dei vari strumenti. Lo spazio si percepisce freddo sia nella temperatura che nell'aspetto visivo. L'altezza eccessiva del tetto genera una sensazione di eco e il rumore si percepisce amplificato.

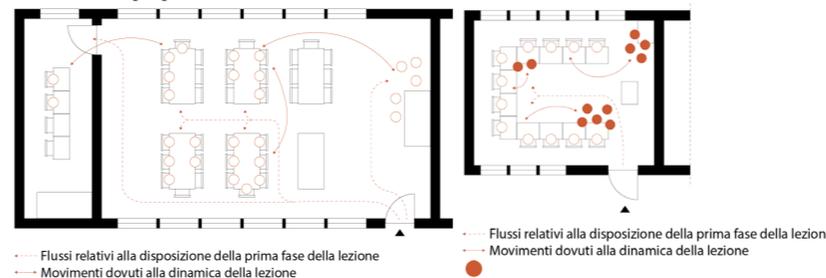


Elaborazione propria

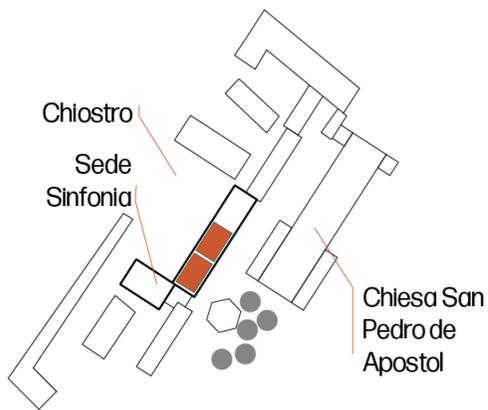
Luogo di osservazione: Collegio Kuntur Kallpa
Attività svolta: Lezione di musica di gruppo
Descrizione dello spazi:

La scuola è organizzata con molteplici edifici, ciascuno con una specifica funzione. L'edificio più grande, con due piani fuori terra, ospita i dormitori. Insieme ad un secondo edificio più piccolo, che ospita aule per le lezioni, fa parte dell'ultimo progetto di ampliamento risalente al 2019. I due edifici sono in calcestruzzo armato, mentre la struttura della mensa è stata realizzata con calcestruzzo e mattoni forati a vista. Sono presenti altri due edifici, ciascuno dei quali ospita due aule per l'insegnamento. Entrambi sono stati realizzati con strutture prefabbricate. Il cortile è grande, ma privo di un'organizzazione spaziale che delimita le varie attività. I bagni necessitano di un intervento di riqualificazione: non garantiscono condizioni igieniche adeguate. Considerando che, nelle scuole di alternanza, gli studenti vivono nello spazio per due settimane consecutive, la presenza di docce in ambienti chiusi risulta fondamentale, soprattutto in inverno, quando le temperature esterne possono scendere fino a -10°C.

Dinamiche osservate:



Elaborazione propria



■ AULE VISITATE

Elaborazione propria

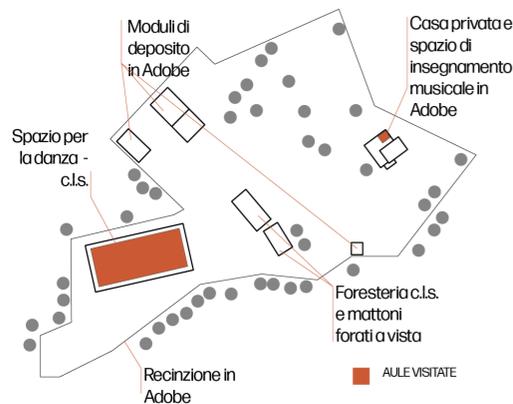
Luogo di osservazione: Sede di sinfonia por el Perù, Andahuaylillas
Attività svolta: Lezione di canto di gruppo
Descrizione dello spazio: Le aule utilizzate dall'associazione si distribuiscono su una corte principale, sono annesse direttamente alla chiesa principale di Andahuaylillas. Le due aule dedicate all'insegnamento musicale sono di dimensioni adeguate allo svolgimento delle attività, ma sono prive di un sistema acustico in grado di garantire il comfort adeguato. Nella parete di una delle due aule è presente un grande specchio che permette di visualizzare lo spazio più grande di quanto non sia realmente. L'assenza di arredi nell'aula favorisce un ambiente di apprendimento musicale più dinamico. Lo spazio viene modulato in base alla disposizione degli alunni, che varia a seconda dell'insegnamento proposto. Questo approccio flessibile sembra contribuire a mantenere alta la concentrazione dei bambini. Inoltre, le dimensioni dell'aula risultano adeguate rispetto al numero di partecipanti alla classe. I ragazzi appaiono concentrati nelle diverse attività, nonostante lo spazio non sia stato specificamente progettato per l'insegnamento.

Dinamiche osservate:

Luogo di osservazione: Sede Sinfonia por el Perù - Rimac, spazio di riqualificazione industriale (vecchia fabbrica di birra)
Attività svolta: Commemorazione del *Día de los Muertos*
Descrizione dello spazio: Il cimitero, pur essendo delimitato da una recinzione, rimane uno spazio aperto, permeabile. È il fulcro della celebrazione, che prosegue anche oltre le sue mura, lungo la strada principale di accesso sono presenti vari carri. Quest'ultima, delimitata dagli edifici, è attraversata da uno spartitraffico che funge da divisorio tra i vari carri.

Dinamiche osservate: La musica è un elemento essenziale nel ricordo dei propri cari. Numerose bande musicali si riuniscono attorno alle tombe per suonare, sovrapponendo generi diversi e intrecciando melodie che si fondono tra loro. I volti sono sorridenti, le bocche si muovono al ritmo del canto. Le offerte per i defunti sono variegata: Inkacola, sigarette, vino e biscotti. Ogni banda partecipa volontariamente, suonando secondo il proprio stile, e solitamente è la famiglia a sceglierne una in base ai gusti del defunto. Attorno ai carri le persone si radunano, bevono e ascoltano musica. Ogni gruppo ha il proprio altoparlante, creando un intreccio sonoro in ogni angolo del cimitero. Si beve birra, si mangia mais, ma la vera protagonista resta la musica, che qui non ha confini. La musica diventa così un mezzo di espressione, un ponte tra il ricordo dei propri cari e la celebrazione condivisa.

Foto dell'autrice



Elaborazione propria

Luogo di osservazione: Sede QuriTaki, Huanta
Attività svolta: Lezione di musica individuale
Descrizione dello spazio: Il complesso è composto da più edifici, la maggior parte dei quali non ospita attività legate all'insegnamento. Lo spazio destinato alla formazione musicale è di dimensioni ridotte e privo di un sistema acustico adeguato a garantire il comfort necessario, così come l'area dedicata al ballo. Al contrario, lo spazio destinato all'insegnamento della danza risulta eccessivamente ampio e poco equipaggiato. L'acustica è gestita in modo amatoriale con un altoparlante. Lo spazio è molto piccolo, favorendo la concentrazione dell'allievo sull'insegnante. I due rimangono nella stessa posizione durante la lezione. L'ambiente è accogliente e consente lo svolgimento efficace delle attività in una lezione individuale. Tuttavia, se la classe fosse stata di gruppo, lo spazio sarebbe risultato eccessivamente ridotto per garantire una dinamica adeguata alla lezione.

Dinamiche osservate:

Luogo di osservazione: sala prove Estudiantina, Puno
Attività svolta: Prove della banda musicale e del gruppo di ballo
Descrizione dello spazio: Lo spazio presenta una doppia altezza, un soppalco dove si dispone la banda musicale e uno spazio inferiore dove si balla. Non sono presenti sistemi per la garanzia del comfort acustico. La stanza è ad uso esclusivo dell'associazione e non vengono svolte altre attività contemporaneamente. Le prove vengono realizzate in occasione della parata per l'anniversario della città di Puno. Per l'occasione, bande musicali e ballerini si uniscono in lunghe parate. Durante le prove si percepisce una forte unione tra i musicisti, che interagiscono strettamente con i ballerini. È visibile come la musica sia un elemento culturale capace di far unire le persone e di creare un'atmosfera festosa.

Foto dell'autrice



Luogo di osservazione: Centro della città di Puno
Attività svolta: Celebrazione dei 350 anni della città di Puno
Descrizione dello spazio: L'attività viene svolta all'aria aperta in più punti della città: viene realizzato un corteo che percorreva l'intero centro storico fino ad arrivare alla piazza centrale, "Plaza de Armas", fulcro delle celebrazioni.
Dinamiche osservate: La parata si svolge in cinque giorni consecutivi, con molteplici eventi in cui si suona e si balla. Gli spettatori assistono con entusiasmo alla parata, un evento a cui musicisti e ballerini si preparano per un anno intero. Sfilano con "trajes" (vestiti) tradizionali dai molteplici colori, creando curiosità e coinvolgendo tutti a ritmo di tamburi, trombe e strumenti a vento. È noto come manifestazioni come queste valorino tutt'oggi la musica tradizionale, segno di una forte identità culturale.

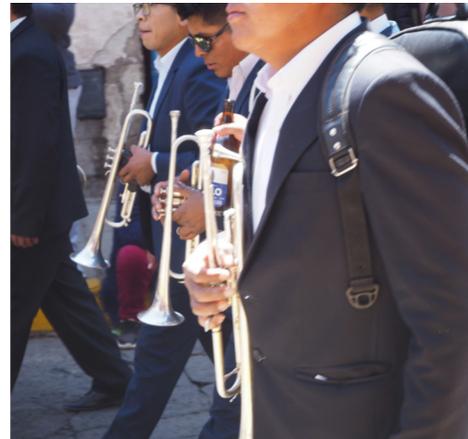


Foto dell'autrice

Luogo di osservazione: Chiesa di San Pedro Apóstol
Attività svolta: Concerto di Natale
Descrizione dello spazio: La Chiesa presenta una sola navata con delle cappelle laterali, una delle quali permette l'accesso diretto al chiostro. La Chiesa risulta essere un luogo di rilevanza storica-culturale, è stata luogo di un restauro post terremoto (dell'aprile 2024) e tutt'ora in corso. È parte della "ruta del barrueco andino", un percorso turistico a tappe finanziato dalla compagnia dei gesuiti.
Dinamiche osservate: Il concerto si tiene nella chiesa, i ragazzi sono disposti davanti all'altare. L'evento riunisce l'intera comunità, spettatrice del lavoro annuale di Sinfonia por el Perú. Per l'occasione che suonano musica tradizionale. È presente gran parte della comunità, accolta nella parrocchia perché unico luogo al chiuso con la capacità di ospitare un gran numero di persone. L'acustica non è ottimale, poiché la chiesa non è pensata per concerti musicali. Nonostante ciò, gli spettatori sono coinvolti attivamente nelle melodie, cantano in diversi momenti, confermando ancora una volta il ruolo centrale della musica nella cultura peruviana.



Foto dell'autrice

Interviste: ascoltare e dialogare

Sono state svolte 16 interviste, le quali si caratterizzano per essere non strutturate e semi-strutturate, affinché l'utente possa esprimere liberamente le proprie prospettive e le proprie considerazioni. In alcuni casi i dialoghi sono stati svolti casualmente, senza essere prestabiliti con l'intervistato, lasciando l'intervista completamente aperta. Nel caso dei colloqui non strutturati, ho assunto il ruolo di interlocutore, ascoltando attentamente e guidando la conversazione verso i temi più rilevanti per la ricerca. In tutte le conversazioni è stato mantenuto un atteggiamento neutrale e distaccato da eventuali pregiudizi sorti durante la fase di osservazione partecipata.

Nello svolgimento delle varie interviste alcune delle domande non sono state proposte, mentre altre sono state modificate, sono state adattate rispetto al singolo interlocutore. Le interviste semi-strutturate sono state realizzate partendo da alcune domande definite, di seguito sono riportate quelle che più sono state ripetute.

*¿Que importancia tiene la música para ti en tu vida diaria?
 Qual è l'importanza della musica nella tua vita quotidiana?*

*¿Que música escuchas? ¿Y dónde las escuchas?
 Che tipo di musica ascolti? E dove la ascolti?*

*¿Te gusta la música Andina? ¿Te sentís cercana a ella?
 Ti piace la musica andina? Ti senti vicino a essa?*

¿La música es un instrumento de enseñanza valioso, entonces sería chévere tener un espacio o algo que te permitiría ganar una calidad mejor en el desarrollo de las clases, garantizando el confort acústico?

La musica è uno strumento di insegnamento prezioso, quindi pensi che sarebbe bello avere uno spazio o qualcosa che permetta di migliorare la qualità delle lezioni, garantendo il confort acustico?

¿Si pudieras diseñar un espacio solo para la música, ¿qué elementos incluirías? ¿Qué tipo de actividades te gustaría realizar en este espacio? ¿Tocar instrumentos, escuchar música, grabar, crear instrumentos?

Se potessi progettare uno spazio solo per la musica, quali elementi includeresti? Che tipo di attività ti piacerebbe svolgere in questo spazio? Suonare strumenti, ascoltare musica, registrare, creare strumenti musicali?

¿Qué características crees que debería tener un módulo de música para que sea cómodo y divertido para ustedes? ¿Prefieres un espacio cerrado para concentrarte o te gustaría más un espacio semiabierto o flexible?

Quali caratteristiche dovrebbe avere un modulo musicale per essere comodo e divertente per voi? Preferiresti uno spazio chiuso per concentrarti o ti piacerebbe di più uno spazio semiaperto o flessibile?

Tabella riassuntiva di 4 delle interviste realizzate

Le interviste complete sono presenti nell'allegato n°1 "Trascrizioni interviste".

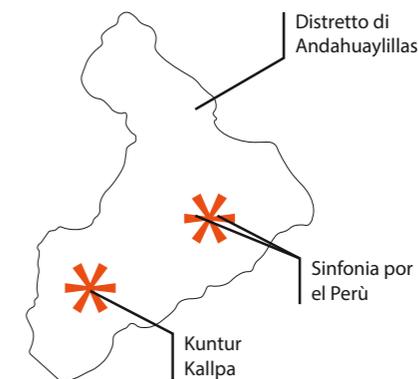
NOME INTERVISTATO	TIPO DI UTENTE (faccia di età)	LUOGO INTERVISTA	DATA	TEMI TRATTATI
 Zenobio Flores Valencia	Liutaio (anziano)	Comunità di Yuto, Andahuaylillas	23/10/2024	Racconto di storia di vita, con focus sulla costruzione di strumenti tradizionali legati al misticismo. Critica sull'impatto della tecnologia sul mondo della musica a discapito della tradizione musicale.
 Luis Martinez	Liutaio (adulto)	Comunità di Yuto, Andahuaylillas	23/10/2024	Descrizione dell'impatto del programma musicale nelle comunità. Denuncia di necessità di infrastrutture che siano adeguate all'insegnamento musicale. Descrizione dell'impatto del sisma nella sede attuale e segnalazione di mancanza di spazio per il laboratorio di liuteria.
 Jerónimo Gonzales	Fotografo e membro dell'associazione Quoriorqo (43 anni)	Urcos	24/10/2024	Descrizione dell'importanza della musica e dell'arte per la memoria comunitaria. Racconto del laboratorio di stop-motion e fotografia. Denuncia di mancanza di spazi adeguati all'insegnamento musicale. Specificazioni riguardo l'importanza dell'identità culturale.
 Gabriela Suly	Studentessa collegio Kuntur Kallpa, violinista (15 anni)	Andahuaylillas	25/10/2024	Racconto delle preferenze musicali, descrizione delle dinamiche di insegnamento nello svolgimento delle lezioni. Definizione di uno spazio ideale dedicato all'insegnamento musicale con i relativi comfort per la pratica.
 Intervista non strutturata	 Intervista semi-strutturata			

e interviste sono state un ottimo strumento per ottenere i pareri di molteplici tipi di utenti. Le persone intervistate si sono mostrate proattive rispetto l'idea di uno spazio dedicato all'insegnamento musicale, essendo assente nella maggior parte dei contesti rurali. Le interviste nella maggior parte dei casi hanno seguito il profilo delle domande precedentemente definite, ampliando con maggiore libertà temi che per l'intervistato risultavano di maggiore rilevanza.

In molte occasioni i commenti finali sono stati più arricchenti perché l'utente ha potuto dare la propria opinione rispetto la mancanza di spazi adeguati all'insegnamento musicale o descrivendo il contatto diretto con la musica. L'esigenza di uno spazio dedicato all'insegnamento musicale è chiara ed è ricorrente in tutte le interviste. Così come è ben definito l'interesse di uno spazio di connessione intergenerazionale che permetta l'incontro tra più attori della comunità ricreando dinamiche sempre meno praticate. Inoltre, l'impiego della terra come materiale da costruzione sembra essere sostenuta da molti degli utenti intervistati; così come la necessità di avere una sala di registrazione che permetta di lasciare il segno alla tradizione musicale anche nelle aree più rurali.

Taller diagnostico partecipativo

Riproponendo la logica secondo cui l'analisi diagnostica implica un coinvolgimento attivo dell'utente, sono stati pensati taller partecipativi che permettessero di avere un'interazione diretta con gli utenti, contribuendo alla definizione di un'analisi esigenziale il più possibile completa. I taller sono stati organizzati in modo da promuovere un'interazione diretta tra me e i partecipanti, adattando il processo progressivamente in base alle risposte ricevute.



Elaborazione propria

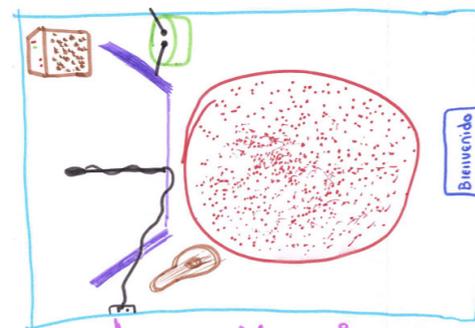
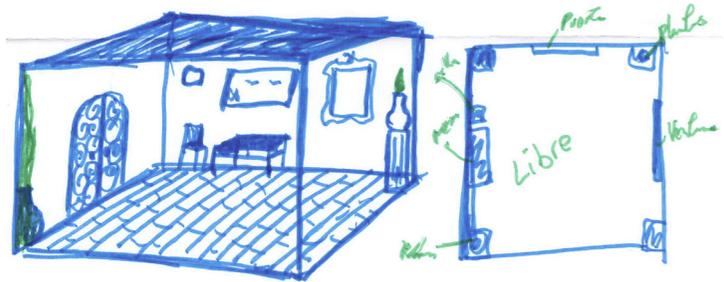
“Suoni e Spazi: Immaginare la musica attraverso gli occhi degli alunni”

Luogo di realizzazione: Collegio Kuntur Kallpa, aula di insegnamento
Tipo di utenza: Ragazzi di età variabile tra i 12 e i 16 anni
Attività svolta: In questo primo taller gli utenti coinvolti sono stati i ragazzi di due classi del collegio. È stato chiesto loro di scrivere cosa fosse per loro la musica. I ragazzi erano liberi di disegnare o descrivere lo spazio di musica ideale in cui imparare a suonare uno strumento. In questo caso il taller è stato realizzato in forma ludica, le linee guida suggerite lasciavano ampio margine per definire la prospettiva personale di ciascun alunno. Sono stati utilizzati diversi colori che hanno aiutato a comprendere la prospettiva emozionale e funzionale dei ragazzi. L'attività ha avuto una durata approssimativa di mezz'ora.



Foto dell'autrice

Nel secondo taller è stata riproposta la dinamica precedentemente descritta con un gruppo di 10 ragazzi. La maggior parte di loro si è concentrata nel rappresentare cosa fosse per ciascuno di loro la musica; alcuni hanno disegnato il loro spazio ideale, mentre altri lo hanno descritto a parole. Tutti hanno sottolineato l'importanza che la musica ha nella vita di ciascuno, descrivendo come il corso di musica li abbia aiutati a connettersi con le proprie radici, apprezzandole maggiormente. Molti hanno specificato l'esigenza di uno spazio adibito all'insegnamento che sia abbastanza grande da permettere distinte attività. È inoltre emersa la necessità di una sala di registrazione che possa permettere loro di continuare con l'attività del podcast o altri progetti. Molti di loro hanno espresso l'esigenza di uno spazio che sia lontano dal centro abitato e immerso nella tranquillità della natura.



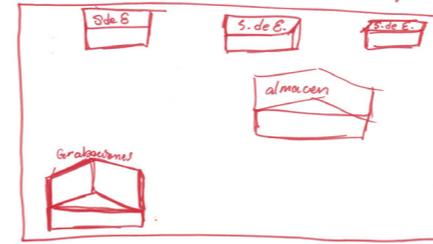
La musica es un conjunto de melodias que transmiten mediante el sonido

Mancuelo - yutto

Luogo di realizzazione: Sede Sinfonia por el Perú - aula di insegnamento di gruppo, Andahuaylillas
Tipo di utenza: Ragazzi di età tra i 14 e i 16 anni, Coro sinfonico
Attività svolta: In questo taller è stata inizialmente riproposta l'attività del taller precedentemente descritto, partendo da una domanda aperta su come ciascun ragazzo immagina la propria scuola di musica ideale. Successivamente sono stati proporzionati dei modellini che riproducevano delle possibili aule per l'insegnamento musicale. È stato chiesto di provare a disporli e di spiegare il perché della disposizione. Questo approccio ha facilitato la possibile visualizzazione delle esigenze spaziali da parte dei ragazzi. L'attività ha avuto una durata approssimativa di un'ora.



Foto dell'autrice



Disegni realizzati durante il taller

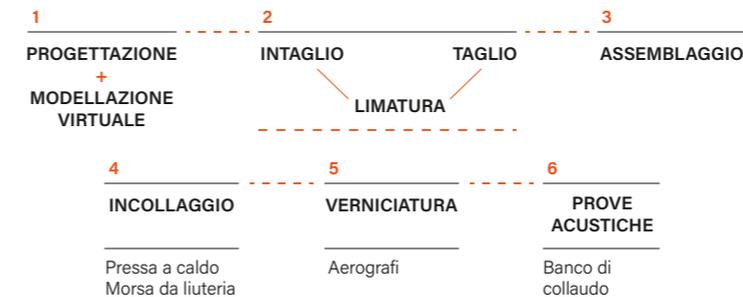
“Spazi e Flussi di Lavoro nel mondo della liuteria”

Luogo di realizzazione: Sede Sinfonia por el Perú, laboratorio di liuteria, Andahuaylillas
Tipo di utenza: Ragazzi di età tra i 20 e i 25 anni
Attività svolta: L'attività iniziale proposta prevedeva l'impiego di sei tavolette di compensato, ognuna con l'incisione di un ambiente necessario alla liuteria. L'attività prevedeva di ricostruire una disposizione che rappresentasse il flusso di lavoro degli utenti, così da essere una provocazione per riconoscere le mancanze degli spazi presenti nelle incisioni. Il workshop ha permesso ai ragazzi di proporre una visualizzazione propria per uno spazio che possa essere anche lavorativo, un laboratorio di liuteria.



Foto dell'autrice

Il tempo di realizzazione dell'attività è stato di circa un'ora. Dalla discussione i ragazzi esprimono l'esigenza di uno spazio che possa essere organizzato secondo le varie fasi di produzione degli strumenti musicali. Si immagina una liuteria che includa aspetti di socialità e convivialità, ospitando spazi esterni ed interni dedicati al confronto e all'inclusività. Inoltre è chiaro il bisogno di uno spazio dotato di un efficace sistema di aspirazione per l'estrazione di colle e vernici durante le lavorazioni, e di una buona illuminazione che favorisca il processo creativo e costruttivo. Viene proposto uno spazio su due livelli, che possa avere una suddivisione definita tra i vari ambienti, rispetto le fasi di produzione.



3.5 Percorsi condivisi e nuove prospettive

Nel corso delle attività culturali e didattiche, sono stata accolta con facilità e integrata nella vita quotidiana: ciò ha arricchito l'esperienza di ricerca e ha favorito la creazione di un dialogo autentico e rispettoso. Grazie a questa immersione, ho potuto comprendere meglio le dinamiche locali e la complessità delle relazioni sociali legate alla musica.

Dalle esperienze vissute è emerso un quadro che evidenzia i limiti delle infrastrutture attuali. Spesso gli spazi destinati alla musica e alla formazione non garantiscono il comfort minimo necessario e non supportano adeguatamente le attività educative e sociali delle comunità. In ogni contesto esplorato è stato evidente il bisogno di uno spazio inclusivo e accogliente, capace di favorire le relazioni e la condivisione, che stimoli la socialità e la creatività, senza barriere generazionali.

Il tempo a disposizione non ha consentito un approfondimento di altre realtà, come ad esempio quelle costiere, che sicuramente presentano dinamiche particolari rispetto al mondo musicale delle comunità andine o limegne. Un altro limite è stata la scarsa interazione con le generazioni più anziane, spesso custodi del patrimonio musicale. La relazione tra giovani e anziani è sempre più ridotta e proprio per questa ragione il patrimonio immateriale è a rischio: in molti casi il sapere comunitario è detenuto dai "vecchi saggi".

Nonostante queste criticità, le attività sul campo hanno evidenziato in modo chiaro la necessità di spazi dedicati alla musica nelle aree rurali. Luoghi non solo didattici, ma anche centri di incontro e di scambio, dove le generazioni possano riunirsi per condividere e creare nuova musica. È emersa con forza anche l'esigenza di spazi di registrazione, utili a creare archivi sonori che preservino e rinnovino la memoria collettiva delle comunità.

Il lavoro sul campo ha messo in evidenza la centralità dell'ascolto e della partecipazione come strumenti per delineare i bisogni reali. L'osservazione partecipata ha permesso di evidenziare le difficoltà spaziali rispetto alle attività svolte, dimostrando come l'interazione tra l'ambiente e chi lo vive influisca in modo diretto sulla qualità dell'insegnamento. Le interviste e i *talleres* hanno permesso di comprendere il legame culturale con la musica e i desideri spaziali espliciti, che possono essere convertiti nel progetto architettonico.

Emerge con forza che la musica, in queste comunità, non è solo un'espressione artistica ma rappresenta la necessità di riscatto culturale.

Nel capitolo seguente, il quadro esigenziale raccoglie in maniera sistematica e organica ciò che è emerso, definendo le linee guida e gli obiettivi per la definizione del progetto architettonico.



1. Presentazione degli insegnanti dell'istituto scolastico IE 50477.

Foto di Rosa Miranda Almaras

2-3. Parata dell'anniversario di Puno
4-5-6. Lezione di musica collegio Kuntur Kallpa

Foto dell'autrice



NECESSITÀ ESPLICITE E IMPLICITE: VERSO UNA SINTESI PROGETTUALE



Interviste, talleres e osservazione partecipata hanno rappresentato i principali strumenti di interazione con gli utenti, permettendo di comprendere le loro esigenze nei diversi contesti e occasioni. L'ascolto diretto ha consentito di individuare le necessità, distinguendole in esplicite—dichiarate apertamente dai partecipanti—e implicite, emerse dall'osservazione di atteggiamenti, abitudini e modalità di utilizzo degli spazi esistenti.

4.1 Quadro esigenziale per un'architettura educativa

Le metodologie adottate hanno permesso di individuare le principali criticità legate alle dinamiche di insegnamento e agli spazi in cui si svolgono. Tra le esigenze esplicite, è emersa la necessità di uno spazio fisico dedicato esclusivamente alla pratica musicale. Attualmente, molte comunità utilizzano spazi di ripiego come chiese, scuole o patii. Il luogo viene scelto per necessità ma in molti casi lo spazio risulta limitante per l'interazione. È stato inoltre sottolineato più volte il bisogno di un comfort acustico adeguato, fondamentale per migliorare la qualità dell'apprendimento.

Tra le esigenze implicite emerge la necessità di uno spazio polifunzionale, capace di accogliere diverse attività integrate alla musica, come ad esempio il ballo. Le associazioni hanno spesso segnalato la carenza di infrastrutture e il bisogno di ambienti flessibili e adattabili alle diverse esigenze della comunità. Di seguito si presenta una tabella riassuntiva dei risultati dell'indagine in relazione agli aspetti spaziali.

TIPOLOGIA UTENTE	PROBLEMA RISCONTRATO	NECESSITÀ SPAZIALI	REQUISITI SPAZIALI	
STUDENTI DI MUSICA	Aule rumorose Aule piccole Arredi inadatti	Mancanza di flessibilità delle aule	Spazio comune all'interno Aule per lezioni individuali Spazio comune all'esterno Aule per lezioni gruppal Sala di registrazione	Spazi flessibili Aule con acustica adeguata Aule con dimensioni ideonee alle attività Arredi adeguati
INSEGNANTI DI MUSICA		Assenza di una sala di registrazione		
STUDENTI DI LIUTERIA		Mancanza di illuminazione	Spazi assegnati alle distinte fasi di lavorazione degli strumenti musicali	Spazi con illuminazione ed areazione adeguata
INSEGNANTI DI LIUTERIA		Mancanza di areazione		
UTENTI DELLA COMUNITÀ	Assenza di spazi culturali		Alloggi per visitatori	

La scuola di musica: una sfida socio-culturale

È sempre più forte la perdita delle tradizioni musicali. I giovani tendono ad allontanarsi dall'arte tradizionale, tanto della musica quanto della liuteria.

Il progetto per la scuola di musica deve rispondere ad una sfida socio-culturale: riavvicinare i giovani alla musica attraverso un'istruzione adeguata nelle aree rurali del Perù, con spazi che permettano connessioni intergenerazionali. L'obiettivo è creare luoghi di riferimento per l'educazione musicale, accessibili e strutturati, che consentano ai giovani di riconoscere nella musica un elemento fondamentale della propria identità comunitaria.

Alcuni partecipanti alle attività di indagine hanno espresso il desiderio di sentirsi parte dell'ambiente in cui si svolgono le attività. L'interesse dimostrato ha evidenziato la necessità di integrare attivamente la popolazione nella progettazione e costruzione della scuola. Un approccio partecipativo non solo facilita l'apprendimento reciproco tra tecnici e abitanti, ma contribuisce alla creazione di spazi più inclusivi e socialmente connessi. Inoltre, l'inserimento della comunità nel processo costruttivo favorisce lo sviluppo locale e garantisce una maggiore sostenibilità nel tempo.

PARTECIPAZIONE COMUNITARIA



Caratteristiche spaziali

Per rispondere alla necessità di spazi dedicati all'insegnamento musicale, si propongono edifici modulari, flessibili, che consentano di riconfigurare gli ambienti in base alle attività svolte.

In un'ottica di evoluzione nel tempo, il modulo iniziale, definito come 'unità base', può essere concepito in modo da integrare al suo interno gli spazi essenziali e articolarsi come parte di una rete di luoghi dedicati alla formazione musicale in contesti rurali. L'unità base sarà pensata per adempiere ai vari usi di un'aula per l'insegnamento musicale. Viene pensato come un'unità che può funzionare in modo autonomo collocato nelle vicinanze di preesistenze - come scuole, chiese, centri comunitari - o espandersi come un corpo a sé. Espandendosi potrebbe includere ulteriori funzioni esplicitate nella fase di ricerca sul campo,



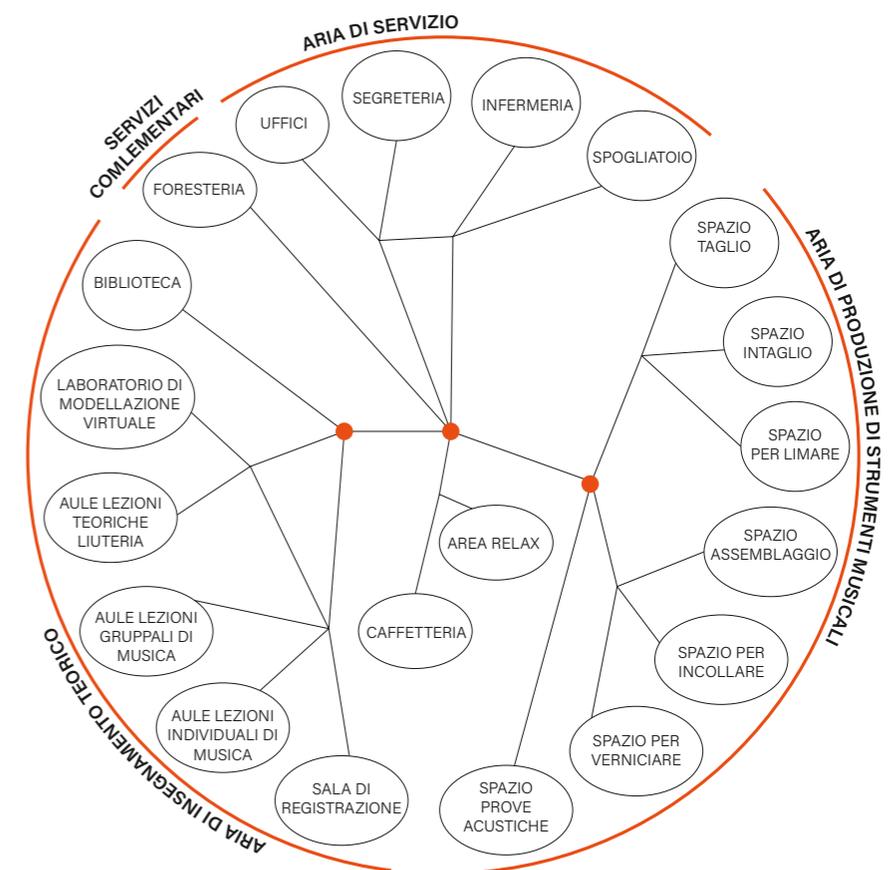
come ad esempio una piccola sala di registrazione, un laboratorio di liuteria o uno spazio comune per favorire l'incontro e lo scambio comunitario. Ogni spazio costituisce un elemento del sistema modulare adattabile a diverse scale. Il modulo non viene pensato solo come aula fisica, ma come cellula culturale capace di integrarsi nel tessuto sociale delle comunità.

Il modulo è pensato per svilupparsi progressivamente, dando priorità alle esigenze più urgenti e specifiche del luogo in cui viene costruito, in modo sostenibile dal punto di vista socio-economico.

Ogni luogo è definito da esigenze specifiche rispetto alle attività che vengono svolte e al contesto insediativo. In una visione ideale, l'insegnamento non è circoscritto a una singola disciplina, bensì offre opportunità di scambio con discipline affini, come la liuteria e la danza.

Di seguito viene presentato uno schema funzionale che rappresenta il modello ideale per una scuola di musica, che integra anche gli ambienti per attività complementari. Si tratta di un modello ipotetico adattabile alle esigenze espresse, sia direttamente che indirettamente, dagli attori coinvolti nella definizione del quadro esigenziale.

Ogni spazio rappresenta un elemento nel sistema modulare, che persegue flessibilità e adattabilità a diverse scale.



4.2 Strategia architettonica

La definizione del quadro esigenziale consente di delineare le linee guida progettuali, rispondendo a criteri di funzionalità, efficienza nell'uso delle risorse, adattabilità climatica e culturale, e coinvolgimento comunitario. L'obiettivo non è sviluppare un'architettura isolata, ma definire un modello riproducibile, pertinente e adatto ai contesti rurali peruviani.

FACILITÀ DI RIPRODUZIONE

Si punta a individuare una tecnica costruttiva semplice da replicare, garantendo al contempo un'adeguata adattabilità climatica. A seconda del contesto locale, la popolazione potrà svolgere un ruolo in specifiche fasi del processo costruttivo.

USO DI MATERIALI LOCALI

L'approvvigionamento di materiali sarà preferibilmente a livello locale, riducendo i costi di trasporto e garantendo una maggiore sostenibilità economica e ambientale.

COMPATIBILITÀ CON TECNICHE TRADIZIONALI

Il sistema costruttivo proposto dialogherà con le tecniche locali consolidate, come la quincha o l'adobe. Questo approccio faciliterà la comprensione del processo e rafforzerà la sostenibilità culturale del progetto.

FACILITÀ DI MANUTENZIONE

Gli edifici saranno progettati per consentire una manutenzione semplice, evitando il ricorso a macchinari complessi e favorendo la gestione autonoma da parte della comunità.

COMFORT TERMICO

La costruzione sarà progettata per adattarsi a diversi climi, rispondendo così alle esigenze di comfort termico degli utenti senza il ricorso a sistemi di riscaldamento o raffrescamento.

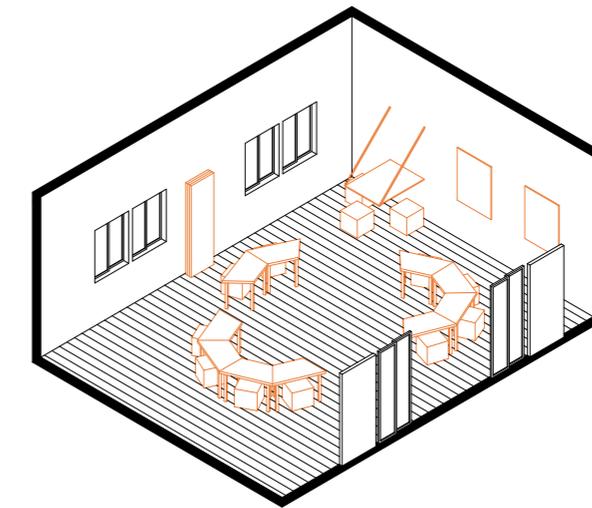
Tra le strategie rientrano l'orientamento degli edifici in funzione del soleggiamento e dei venti predominanti, aperture che favoriscono la ventilazione naturale, l'impiego di elementi di ombreggiamento e l'utilizzo di tetti ventilati e l'elevata massa termica, dove necessario.

COMFORT ACUSTICO

Verranno integrate soluzioni specifiche in base alla funzione di ciascun ambiente, minimizzando riverberi e disturbi sonori.

4.3 Verso un modulo replicabile e adattabile

Grazie all'analisi delle necessità - esplicite e implicite - è stato possibile definire le linee guida di un modulo architettonico replicabile, concepito come risposta alla carenza di spazi adeguati all'insegnamento musicale nelle aree rurali del Perù. Il modulo non è concepito come un oggetto isolato, ma per essere replicato, per rafforzare la rete educativa nell'ambito musicale, offrendo un sistema costruttivo flessibile che possa essere adattato da diverse comunità. Il modulo base contiene gli spazi essenziali e offre funzionalità, comfort, flessibilità e possibilità di trasformazioni future.



Spaccato assonometrico che rappresenta una possibile configurazione di un'aula per l'insegnamento musicale in gruppo
Elaborazione propria

Deve presentare dimensioni adeguate a garantire lo svolgimento delle lezioni e favorire l'apprendimento. Lo spazio dovrebbe prevedere un'area minima di 1.20 m² per ciascuno studente. Prevedendo un'affluenza variabile tra 20 e 30 studenti, un ambiente di 40-50 m² è da considerarsi soddisfacente. Il modulo potrebbe quindi avere le dimensioni ideali di 7,5 x 5,5 m per 3-3,5 m di altezza, che assicurano comfort acustico e libertà di movimento.

Le dimensioni sono tali da consentire diverse configurazioni di utilizzo dell'aula: sia un insegnamento frontale, sia una disposizione circolare, che favorisce l'interazione tra insegnanti e alunni, sia una configurazione libera.¹

Il modulo base verrà analizzato nel dettaglio da un punto di vista tecnico. Inoltre, costituirà l'elemento di partenza per lo sviluppo del progetto specifico per Andahuayllillas, sede di Sinfonia por el Perú e Quntur Kallpa. In questo caso, si ipotizza che il modulo base si amplii nel tempo, in base alle esigenze locali.

Il processo partirà dalla definizione del modulo base per arrivare alla creazione di un centro comunitario dedicato all'insegnamento musicale, in stretta connessione con il territorio e con i processi culturali locali, affermando la volontà progettuale di sviluppare un'architettura aperta, sostenibile e radicata nella realtà della comunità.

¹ Ministerio de Educación del Perú. *Guía de diseño de espacios educativos: Acondicionamiento de locales escolares al nuevo modelo de Educación Básica Regular. Educación primaria y secundaria (GDE 002-2015)*. Lima: Ministerio de Educación, 2015

IL MODULO

Una risposta costruttiva replicabile tra tradizione e innovazione

“Soy como los ríos que bajan de la sierra, como los valles que florecen, como la selva que respira.”

...

“Cada raíz me sostiene, cada montaña me recuerda, cada río me devuelve la voz de mis ancestros.”

“Sono come i fiumi che scendono dalla sierra, come le valli che fioriscono, come la selva che respira.”

...

“Ogni radice mi sostiene, ogni montagna mi ricorda, ogni fiume mi restituisce la voce dei miei antenati.”

Renata Flores,
Qam hina 2021

IL MODULO ARCHITETTONICO: SCELTE E STRATEGIE



Foto dell'autrice



Foto dell'autrice



Fonte: Tavolobello.it

Le riflessioni dei capitoli precedenti, rispetto all'uso, alle dimensioni e alla funzione sociale del modulo, conducono alla scelta di una tecnica costruttiva coerente con il territorio e con le specifiche necessità. Terra alleggerita con fibre vegetali e struttura principale in legno possono comporre un sistema idoneo alle richieste di adattabilità climatica e costruttiva.

In Perù in sole 5 ore di bus da Lima si possono ammirare le onde dell'oceano, sentirsi persi tra dune del deserto o esplorare la maestosità delle Ande, il tutto accompagnato da suoni che esplodono con ritmi distinti in ogni località. In ogni paesaggio architettonico è sempre presente la terra. Questa accompagna il popolo peruviano dall'era preincacica e tutt'oggi molti vivono in case di terra cruda. Come la moltitudine di suoni crea un arcobaleno di melodie, così la terra viene utilizzata in tante tecniche distinte.

In un Paese così sfaccettato geograficamente, la terra viene adattata al clima, grandi sporti proteggono le pareti amazzoniche, pareti leggere chiudono le case lungo la costa, al contrario delle spesse pareti nelle Ande.

In questo capitolo, la terra sarà analizzata come materiale per la costruzione di un modulo concepito come spazio di scambio sonoro, dove bambini, ragazzi, adulti e anziani potranno incontrarsi per esprimere la propria cultura e il proprio ritmo. La terra conferirà al progetto un valore, non solo per le molteplici ragioni tecniche che verranno illustrate, ma anche perché dona accoglienza, permettendo a chi vivrà lo spazio di sentirsi connesso e riconoscersi nell'architettura. Verranno evidenziate le caratteristiche tecniche della terra come materiale da costruzione, descrivendo le tecniche in uso in Perù. Inoltre, verranno analizzate le tecniche alla base della definizione del sistema costruttivo per il modulo dedicato all'insegnamento musicale, giungendo poi alla descrizione del sistema costruttivo proposto, declinato secondo le varianti climatiche.

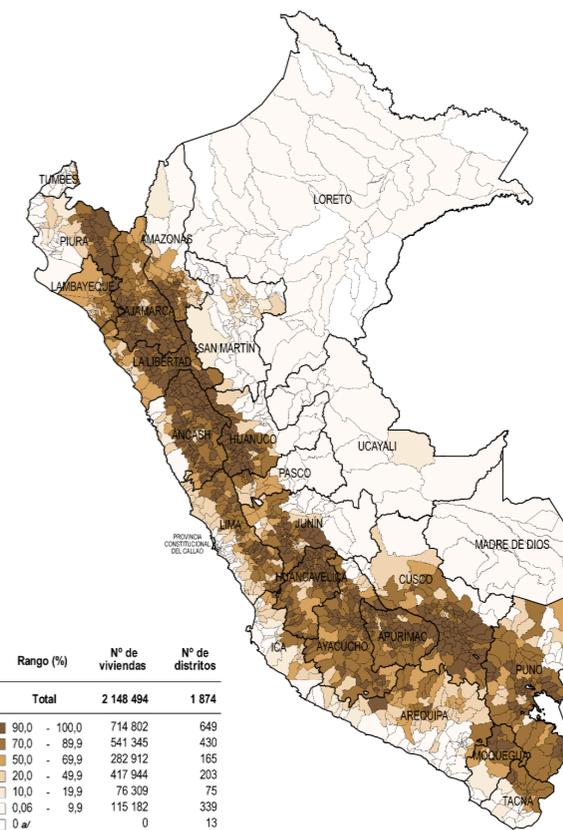
5.1 La terra come materiale da costruzione

La terra in Perù ha tradizioni ancestrali. In termini di sostenibilità la terra offre bassa energia incorporata, alte capacità igroscopiche e termiche, capacità plastica che, a seconda della tipologia di terra e fibre, ha permesso nel tempo di creare forme varie e di adattarsi a tutti i climi, dal desertico costiero alla pianura amazzonica, passando per le Ande.

Il repertorio delle tecniche peruviane è vasto: *adobe*, *quincha*, terra battuta, pietre e terra cruda. Ogni tecnica si relaziona con il territorio in modo profondo, a seconda delle tradizioni.

Nelle ecoregioni della *Yunga*, *Quechua* e *Suni*, si ha una prevalenza delle tecniche del *tapial* (terra cruda battuta) e dell'*adobe* (mattoni in terra cruda), con tetti in legno naturale. Nell'ecoregione della *Puna* il legno è un materiale più scarso, quindi la terra diventa protagonista anche nei tetti, che si chiudono in volte, dando vita ai *Putucos*, con muri in adobe molto spessi che favoriscono l'accumulo termico. Nella *Rupa-Rupa* la terra si unisce alla pietra o a tronchi di alberi, mentre nella *Omagua* prevale l'unione terra-canne, tipica della tecnica chiamata *quincha*.

1 Burga Bartra, J. *Arquitectura Vernácula en el Perú*. Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma, Fondo Editorial, 2010



PERÙ: abitazioni private con pareti esterne in adobe o tapial, per distretto, 2017

Fonte: Istituto Nazionale di Statistica e Informatica – Censimento Nazionale 2017: XII Censimento della Popolazione, VII Censimento dell'Abitazione e III Censimento delle Comunità indigene.

La terra rimane un materiale attuale: secondo il censimento del 2017 a livello nazionale circa il 31% della popolazione vive in case in terra: *adobe e tapial* 27,9%, *quincha* 2,1%, *pirca* 1%. Concentrando l'attenzione nelle aree rurali, la percentuale sale fino al 90%, al 100% in alcuni casi.² Tuttavia il materiale è giudicato negativamente, è associato alla povertà, al contrario dei così detti "*materiales nobles*" cioè mattoni cotti e calcestruzzo. Infatti, le ragioni per cui tuttora si costruisce in terra sono svariate, ma la principale è l'assenza di risorse.

Nonostante i pregiudizi verso la terra, la presenza così massiccia ha reso opportuna già nel 1970 l'emanazione di una norma, oggi sostituita dalla E-080³, in cui la tecnica protagonista è l'adobe. Per quest'ultima vengono proposte accortezze tecniche per garantire una risposta sicura della struttura ai forti sismi a cui il Perù è soggetto; sono presenti, inoltre, linee guida per identificare la qualità della terra e i dosaggi.⁴

Le recenti ricerche peruviane spingono verso una riappropriazione culturale di questo materiale e sottolineano come questo non sia simbolo di precarietà alla quale è spesso associato: al contrario, con la giusta progettazione e la corretta esecuzione è un materiale resistente, con grande potenziale. Ciò è dimostrato dallo stesso patrimonio architettonico peruviano: città come Caral, fatta di terra (così come il centro storico di Lima) vantano millenni di storia. Secondo l'Istituto nazionale di protezione civile INDECI, il 38% delle case del centro storico di Lima sono costruite con l'*adobe*, il 29% con la *quincha*, il 27% con *adobe* e *quincha*.⁵

È un materiale che necessita conoscenza - conoscenza che in Perù risale all'epoca preincasca - e molteplici accortezze per essere dominato, come una scelta adeguata di materiali compatibili e una manutenzione ciclica programmata. Offre facilità di riparazione e si presta alla modularità costruttiva.

Per il Perù la terra rappresenta storia e evoluzione. Sceglierla oggi può significare coniugare tradizione ed ecosistema, sicurezza tecnica e salubrità. È un materiale molto versatile, con ottime capacità termiche e, a seconda delle tecniche, anche strutturali. La terra permette di costruire un'architettura pertinente ai diversi contesti. Essendo un materiale accessibile ovunque, rappresenta una risorsa preziosa che merita innovazione.



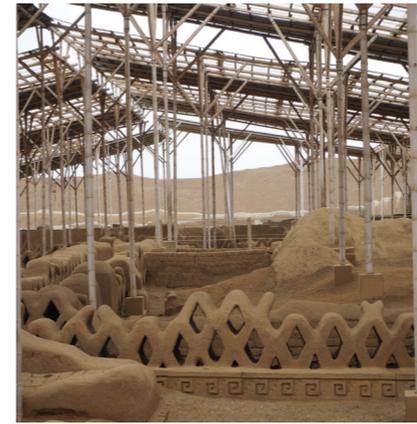
2 Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). *Perù: Características de las viviendas particulares y los hogares. Acceso a servicios básicos*. Lima: INEI, 2018.

3 Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. *Norma Técnica E.080: Diseño y construcción con tierra reforzada*. Lima: El Peruano, 2017

4 Ibid.

5 Gutierrez Raa, J., Martines Tejada, J., Way Aguirre, A., & Montero, F. *Unidad de albañilería: adobe, quincha, adobe estabilizado*. Lima: Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad Alas Peruanas, 2002

Sito archeologico della Huaca del Sol, Trujillo
Foto dell'autrice



Sito archeologico di Chan Chan, Trujillo
Foto dell'autrice

6 Benavides Rosales, A.; Pimentel, V. *Documentación de arquitectura vernacular. El caso de la arquitectura de tierra en el norte del Perú*. In Aranda Bernal, A. M. (a cura di), *Arquitectura vernácula en el mundo ibérico: Actas del Congreso Internacional sobre Arquitectura Vernácula*. Sevilla: Universidad Pablo de Olavide, pp. 139-143. 2007.

7 Carazas Aedo, W. *Vivienda urbana popular de adobe en el Cusco, Perú. Asentamientos humanos y medio sociocultural*, 50. UNESCO. 2001

8 Ibid.

9 Neves, C. et al. *Técnicas de construcción con tierra*. Bauru: Proterra, 2011

Stratificazione della terra
Fonte: CSR Laboratorio

Diffusione e rilevanza storica

La costruzione con terra in Perù rivela una continuità tecnica e culturale degli insediamenti delle popolazioni preispaniche, dai Moche (0-700 d.C.) ai Chimù (750-1500 d.C.) con grandi complessi come quello di Chan Chan. Persino nel contesto urbano limegno si trovano le Huacas, rovine in adobe di luoghi sacri. Durante il XVI secolo l'adobe appare nelle chiese, consolidando la sua presenza a livello urbano. A fine degli anni XIX l'adobe e la quincha appaiono nelle case dei nativi con una nuova pianta di forma quadrata.⁶

Durante il XX secolo iniziano a nascere i primi pregiudizi riguardo agli edifici in terra, lasciando sempre più spazio ai materiali occidentali come mattoni in terra cotta e cemento. A Cusco il sisma del 1950 accelera la transizione verso i materiali industrializzati, ma la tradizione architettonica mantiene vivo l'uso di tapial, adobe e quincha per le case popolari e autoconstruite. La diffusione della terra nei contesti popolari è strettamente legata ai saperi locali, ad esempio la figura dell'"adobero" rimane tutt'oggi fondamentale.⁷

Fenomeni distruttivi come il Niño e la Niña hanno fatto sì che la fiducia per il mondo della terra fosse sempre più ridotta, favorendo l'utilizzo dei materiali industrializzati. Allo stesso tempo è chiara l'esigenza di un riavvicinamento verso l'architettura tradizionale e contemporaneamente della definizione di regole che gestiscano le fasi di manutenzione o di restauro per gli edifici in terra.⁸

Tecniche costruttive

La terra è un materiale da costruzione spesso accompagnato da altri materiali come il legno, l'acciaio o le pietre, materiali impiegati per la struttura principale; canne palustri o fibre, per le componenti di isolamento e di flessibilità.

La terra impiegata nel processo costruttivo viene prelevata al di sotto di 60 cm, profondità alla quale si superano lo strato dell'orizzonte, dove si trova una maggior quantità di materia organica, lo strato di humus e lo strato dell'orizzonte eluviato, più chiaro per l'espansione di argille e ossidi. L'orizzonte di accumulo o illuviato è lo strato di interesse, con massima aggregazione e colore.⁹



La terra impiegata è composta da argilla 10-20%, limo 15-25% e sabbia 50-70%. I componenti si presentano in proporzioni distinte a seconda del luogo in cui viene prelevata la terra, ciò può influire sulla necessità di una correzione granulometrica. La necessità dell'aggiunta di uno specifico componente può essere influenzata dalla tipologia di tecnica: per la terra alleggerita si necessita una maggiore presenza di argilla, mentre, ad esempio, nel caso in cui la terra venga impiegata per l'intonaco finale si ha necessità di una maggiore percentuale di sabbia.¹⁰

Proprietà meccaniche e fisiche

Per comprendere nella totalità le distinte tipologie di tecniche utilizzate è necessaria un'analisi che permette di comprendere il ruolo della terra a livello strutturale. La terra resiste bene a sforzi di compressione, mentre necessita di rinforzo per gli sforzi a trazione e flessione, ciò richiede controllo delle fessure con un disegno che possa limitare gli sforzi di tensione.¹¹ Nel caso delle pareti in adobe, si utilizza una maglia di corda per realizzare un rinforzo statico, che permette di rendere un corpo unico le varie partizioni dell'edificio, oppure si utilizza la canna di bambù o da zucchero per realizzare una trama di rinforzo interno. La stessa tecnica può essere impiegata per la realizzazione di muri in *Tapial*.¹² L'utilizzo di tecniche costruttive come il *cob* può essere altrettanto ideale quando si necessita la natura portante della terra. In questo caso il materiale può essere strutturale e può raggiungere le forme più versatili.

La terra in Perù viene utilizzata come materiale portante in due tecniche: l'*adobe*, mattoni in terra cruda, e il *tapial*, pareti in terra battuta. Due delle tecniche che verranno analizzate di seguito.

Adobe

La tecnica dell'adobe veniva già utilizzata nell'epoca preincaica, prevede la realizzazione di pareti con mattoni in terra cruda. La creazione dei blocchi di terra viene generalmente realizzata a pie d'opera, ciò abbatta i costi della materia prima e diminuisce l'impatto evitando i trasporti. La miscela si realizza con i piedi o con le mani, sono necessari fino a tre giorni di riposo per il composto. La fase di idratazione prolungata permette di raggiungere la capacità di resistenza a compressione massima, 20 kg/cm². Contemporaneamente viene prodotta un'attivazione batterica che favorisce le capacità coesive del composto.

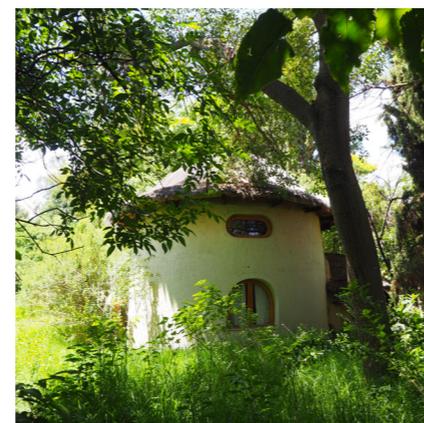
Successivamente si aggiunge la paglia per prevenire le microfessure, non più dell'1% del peso del suolo secco. Di seguito il composto allo stato plastico viene disposto nelle *adobiere*, stampi realizzati in legno. I blocchi possono avere dimensioni di 40 x 40 x 10 cm o di 38 x 38 x 8 cm. Il processo di realizzazione prevede fasi con tempistiche lunghe, che nelle aree rurali del Perù vedono il coinvolgimento di famiglie e membri delle comunità.¹³

In questa tecnica la densità è elevata, varia da 1200 a 1700 kg/m³, ciò indica una maggiore accumulazione termica a discapito di un migliore fattore di isolamento. Nei luoghi dove si raggiungono temperature molto basse quest'ultimo permette di accumulare calore durante la giornata e rilasciarlo nella notte, così da mitigare le basse temperature. La tecnica permette di creare delle strutture solide, per cui non si necessitano ulteriori materiali come struttura principale.¹⁴

10 Minke, G. *Manual de construcción en tierra: La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual* (3. ed.). Montevideo: Editorial Fin de Siglo, 2008

11 Ibid.

12 Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. *Norma Técnica E.080: Diseño y construcción con tierra reforzada*. El Peruano. 2017



Casa realizzata in Cob, comunità Yanapacha, Bolivia
Foto dell'autrice



Casa realizzata in Adobe, Lunahuanà, Perù
Foto dell'autrice

13 Minke, G. *Manual de construcción en tierra: La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual* (3. ed.). Montevideo: Editorial Fin de Siglo, 2008

14 Volhard, F. *Light earth building: A handbook for building with wood and earth*. Birkhäuser. 2016

15 Neves, C. et al. *Técnicas de construcción con tierra*. Bauru: Proterra, 2011

16 Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. *Norma Técnica E.080: Diseño y construcción con tierra reforzada*. Lima: El Peruano. 2017



Casa realizzata in Tapial, Spagna
Fonte: Edra Arquitectura km0



Biblioteca IFEA, Barranco, Lima
Fonte: Istituto francese di studi andini

Tapial: terra battuta e compattata

Il *tapial*, conosciuto in Europa come *pisé*, è una tecnica monolitica realizzata per la sovrapposizione di strati di terra compattati all'interno di un cassero che viene posizionato lungo tutto il perimetro della parete. La terra viene battuta fino a raggiungere la massima compattezza e successivamente il cassero viene spostato. Il processo richiede una selezione previa del suolo, che può necessitare una correzione granulometrica, per evitare eccessive fessure. La tecnica si realizza con la terra allo stato umido, questo permette alla componente argillosa di attivare il potere coesivo favorendo allo stesso tempo la compattazione. La realizzazione avviene con la compattazione di strati con uno spessore di circa 20 cm, pressato manualmente con pestelli o in modo meccanico.¹⁵

A seconda dell'aggregato aggiunto si procede alla fase di rivestimento in tempi differenti: se si aggrega cemento si può proseguire dopo tre giorni, mentre per le pareti con calce aggiunta i tempi si allungano, fino ad un massimo di 30 giorni. Il *tapial* offre un'elevata massa e un'inerzia termica, con spessori elevati delle pareti, da 40 fino a 50 cm.

Le pareti in *tapial* svolgono una funzione portante e sono quindi responsabili della stabilità strutturale, pertanto la normativa peruviana consiglia un disegno a T o ad L, affinché si aumenti la capacità di resistenza agli sforzi orizzontali. Le fondazioni delle pareti in *tapial* necessitano di uno zoccolo di fondazione in calcestruzzo che, sollevando la parete dal terreno, permette di proteggerla dall'umidità di risalita capillare.¹⁶

Quincha

La tecnica della quincha viene realizzata con un telaio principale in legno, su cui vengono intrecciate delle canne e disposta la miscela di terra e paglia. Le tipologie di legno e di canne variano a seconda della località in cui viene realizzata la tecnica.

La quincha si viene utilizzata nei panorami costieri e per la realizzazione di secondi piani nelle case di Adobe in contesti urbani. La quincha rural viene distinta da quella urbana per la tipologia di canna utilizzata, e in base all'altezza che raggiunge, solitamente la quincha rural è più bassa.

Il termine quincha deriva dal quechua e significa chiusura con pali, risale di fatti all'epoca preispanica per poi essere implementata maggiormente in seguito alla colonizzazione. Il vantaggio maggiore della quincha è la leggerezza, questa tecnica infatti rappresenta uno dei casi in cui il sistema ha il minore spessore, ciò permette di essere riprodotta nei terreni con maggior rischio sismico. Questa tecnica permette la realizzazione di pannelli prefabbricati o semi-prefabbricati per una rapida gestione dei cantieri, nei contesti urbani e non. La biblioteca IFEA - edificata nel quartiere di Barranco, Lima - è costruita con un sistema di travi in legno tornillo accompagnato da pannelli in quincha prefabbricata.

Terra alleggerita: uso di fibre vegetali e minerali

Adobe, *tapial* e *quincha* sono le tecniche maggiormente utilizzate in Perù, in quanto riflettono una tradizione storica. Alcuni edifici moderni però vengono realizzati con la terra alleggerita, tecnica versatile che vede la terra, con aggregati “leggeri”, co-protagonista del legno o dell'acciaio, materiali utilizzati per la struttura portante. La terra alleggerita è una tipologia di tecnica che prevede l'aggiunta di un aggregato di origine minerale e/o vegetale, a seconda dell'utilizzo della parete. La componente della fibra dona il potere isolante al materiale, mentre la componente della terra dona coesione e massa. L'aggregato più comune è la paglia, che può essere aggiunta con lunghezze differenti, a seconda della necessità, e dona flessibilità e resistenza alla parete. Tra le altre possibili fibre compatibili troviamo: lolla di riso, segatura, argilla espansa, fibre di cocco o canna palustre, nello specifico in Perù troviamo la specie chiamata *totorá*. Tra gli aggregati minerali si distinguono la calce viva o la calce aerea spenta, che riproduce una reazione pozzolanica. A volte si trovano prodotti organici quali: grasso, sapone naturale, albume d'uovo, latte, peli di animali, sterco o gel naturali.¹⁷

La terra alleggerita ha ottime capacità a livello termico, ma non detiene capacità strutturali. Con i sistemi costruttivi in terra alleggerita si può raggiungere il comfort termico, senza l'aggiunta necessaria di sistemi di riscaldamento. Le capacità elevate termoisolanti fanno sì che, con spessori non eccessivi, si raggiunga un'ottima capacità isolante, grazie alle fibre, che permettono di mantenere aria all'interno della parete. Per la realizzazione di questa tecnica è indicata una densità della miscela tra 600 e 1000 kg/m³. È possibile realizzare miscele molto leggere che raggiungono i 300 kg/m³, densità che si ottiene se la componente argillosa è prevalente.¹⁸

La quantità di fibra può modificarsi a seconda della tecnica che viene realizzata: di seguito verranno illustrate differenti tecniche realizzabili con la terra alleggerita.

Sistemi costruttivi a umido e a secco

Per poter comprendere le differenze tra le varie tecniche è bene distinguere le tecniche a umido da quelle a secco. Per costruzioni a secco si intende: elementi che si fabbricano e seccano previamente all'aria, senza necessità di acqua nel processo di realizzazione dell'opera e con minore dipendenza dal clima. La facilità del processo costruttivo permette di ottimizzare la manodopera con il raggiungimento di alti e controllati standard progettuali.

La terra alleggerita è utilizzata nelle costruzioni a secco con proporzioni e tipologia di aggregati distinti. Un aspetto costruttivo interessante è l'adattabilità a misure che non sono considerate standard se necessario, riflettendo specifiche esigenze progettuali. Talvolta possono essere realizzati pannelli isolanti prefabbricati che prevedono una migliore posa in opera.

Per sistemi a umido si intende l'impiego di miscele allo stato plastico. I processi ad umido possono avere spese ridotte rispetto a quelli a secco, ma tempi di costruzione più lunghi. La parete dovrà essere completamente asciutta prima



Canapulo

Fonte: Banca della calce



Segatura

Fonte: Amaco



Sapone nero

Fonte: Banca della calce



Mucillagine estratta dal fico d'india

Foto dell'autrice

¹⁷ Neves, C. et al. *Técnicas de construcción con tierra*. Bauru: Proterra, 2011

¹⁸ Volhard, F. *Light earth building: A handbook for building with wood and earth*. Birkhäuser, 2016

di poter applicare uno strato di rivestimento.

Così come le pareti perimetrali, anche le pareti divisorie interne possono essere realizzate sia con sistemi ad umido che con sistemi a secco, con spessori variabili a seconda della tecnica di realizzazione.

L'impiego di casseri

Nella costruzione con terra alleggerita, sia a secco che ad umido, si impiegano frequentemente casseri per la realizzazione delle pareti o stampi di dimensioni ridotte per la produzione di blocchi.

Nel caso delle pareti ad umido, il cassero viene posizionato e rimosso subito dopo il riempimento. Se si realizza un unico strato, lo spessore massimo consigliato è di 30 cm, poiché oltre tale misura l'asciugatura diventa eccessivamente lenta. Qualora l'isolamento non fosse sufficiente, è possibile aggiungere uno strato successivo.

Per costruire muri ad umido, è necessario utilizzare casseforme capaci di sostenere la miscela, che viene progressivamente aggiunta facendo scorrere il cassero. Le dimensioni di un cassero per cemento differiscono da quelle di un cassero impiegato per la terra alleggerita. In quest'ultimo caso, può essere realizzato con due lastre di legno di spessore variabile tra 1,5 e 2,5 cm, posizionate sul lato interno ed esterno della parete, fissate alla struttura di base o collegate tra loro tramite morsetti, a seconda della configurazione.

La terra inserita nel cassero viene compattata due o tre volte. Successivamente, il tavolato che funge da cassero viene rimosso e fatto scorrere verso l'alto. L'ultima parte, più complessa da riempire, non può essere sostenuta dall'alto e richiede l'uso di una spatola laterale per completare il riempimento. Prima di rimuovere definitivamente l'ultima sezione del tavolato, è previsto un tempo di riposo per consentire al composto di stabilizzarsi.

Applicazione manuale

L'applicazione della terra alleggerita senza cassero può avvenire secondo diverse tecniche. In questi casi, lo spessore del muro varia tra i 4 e i 25 cm, mentre la densità può oscillare tra 800 e 1400 kg/m³. La posa della terra all'interno del telaio può risultare complessa, a seconda della trama e del materiale impiegato. La tecnica della *quincha* prevede la distribuzione della terra sopra le canne precedentemente disposte. Un'altra modalità consiste nel riempire il muro in fasi, applicando la terra prima su un lato e poi sull'altro.

Una tecnica alternativa prevede l'avvolgimento della miscela di terra e paglia su degli assi di legno, successivamente incastrati in elementi verticali di sostegno, questa tecnica in Europa è conosciuta come *torchis*.

Struttura in legno o acciaio

Nei sistemi in terra alleggerita la struttura ausiliare può essere realizzata in legno o in acciaio, ognuno dei due con benefici distinti. Il legno ha una densità vicina a quella della terra alleggerita, genera così una continuità termica

Casa di Salvador Velarde, Perù

Foto di Gonzalo Cáceres Dancuart

Casa realizzata con struttura principale in legno e quincha, progetto dell'arq. Sofia Lerrain



con la terra, al contrario l'acciaio ha un'elevata conducibilità termica, ciò esige separazione con la terra alleggerita per evitare ponti termici. Dall'altro lato il legno necessita di sezioni più grandi per avere la medesima capacità strutturale dell'acciaio. Non solo, quest'ultimo necessita di maggiori precauzioni per gli incendi poiché il rischio di collasso è maggiore rispetto al legno. I telai sia in legno che in acciaio accolgono facilmente sistemi di pannelli prefabbricati.



Mostra della granulometria
Fonte: Amaco

Chiusure superiori e inferiori

L'isolamento delle chiusure superiori e inferiori di un edificio è fondamentale per garantire il comfort termico. Si realizza uno strato più massiccio per il pavimento e uno più leggero per il soffitto. La messa in opera di questi elementi può variare in complessità: alcune tecniche prevedono l'utilizzo di pannelli inseriti nel soffitto, altre l'applicazione di uno strato semplice sovrapposto. In certi casi, il cassero può rimanere inglobato nella struttura.

Le chiusure orizzontali possono essere realizzate con blocchi di terra o con uno strato unico di terra alleggerita. Lo strato finale, quello di calpestio, è solitamente costituito da pannelli di legno oppure da terra cruda ad alta densità. Per motivi economici o pratici, può essere sostituito dal cemento. Nelle comunità rurali, è diffusa una certa diffidenza verso l'uso della terra come materiale isolante per il suolo.

La costruzione del tetto dipende dagli strati inferiori: la terra viene posata sulla struttura portante in legno, che può essere ricoperta da un materiale più impermeabile. Per garantire la durabilità della copertura, si opta spesso per un tetto ventilato, utile a mantenere sotto controllo l'umidità nel tempo.

Rivestimenti

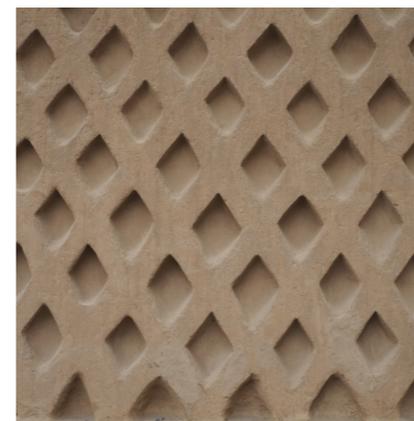
Le costruzioni in terra sono particolarmente vulnerabili all'eccessiva esposizione agli agenti atmosferici, motivo per cui un buon rivestimento è essenziale per garantirne la durabilità. La protezione dall'acqua rappresenta una delle principali criticità, richiede accorgimenti specifici nella scelta dei materiali di finitura. Inoltre, una buona progettazione del tetto può minimizzare l'impatto della pioggia sulle pareti.

Nelle zone costiere del Perù, il vento contribuisce ad aumentare la salinità sulle superfici murarie, che, combinata con l'umidità, può causare danni irreversibili. Si necessita un rivestimento in grado di rispondere in modo adeguato all'effetto degli agenti atmosferici.

Nelle regioni montane, come la Sierra, le forti piogge, la grandine e la neve rap-

presentano i principali fattori di rischio. Inoltre, alcune specie di insetti tendono a infiltrarsi nelle fessure dei muri compromettendo la stabilità e la salubrità dell'edificio. Nello specifico, in molte aree del Sud America è presente un insetto che trasmette il mal di Chagas, una malattia cardiovascolare potenzialmente letale in età infantile. Quest'insetto si annida nelle crepe delle case in terra, depositando le uova, rappresenta un grande rischio che può essere attenuato eliminando le crepe con lo strato di intonaco esterno.

Lo strato finale del rivestimento deve risultare il più compatto possibile e privo di crepe. In base alla disponibilità dei materiali, possono essere aggiunti aggregati come calce, gel vegetali o oli, che migliorano la coesione e la resistenza all'acqua. È inoltre possibile aggiungere pigmenti per ottenere pareti di colori differenti. Esistono numerose tecniche decorative, soprattutto per gli ambienti interni. Lo sgraffito, ad esempio, consiste nell'incidere lo strato superficiale facendo emergere quello sottostante; il bassorilievo prevede l'applicazione di materiale per creare effetti tridimensionali; lo stampo consente di imprimere motivi decorativi mediante l'uso di oggetti. Per ottenere rilievi, si possono inserire reti o oggetti negli strati finali.¹⁹



Tecnica del rilievo
Foto dell'autrice



Tecnica del craquelé superficiale
Foto dell'autrice

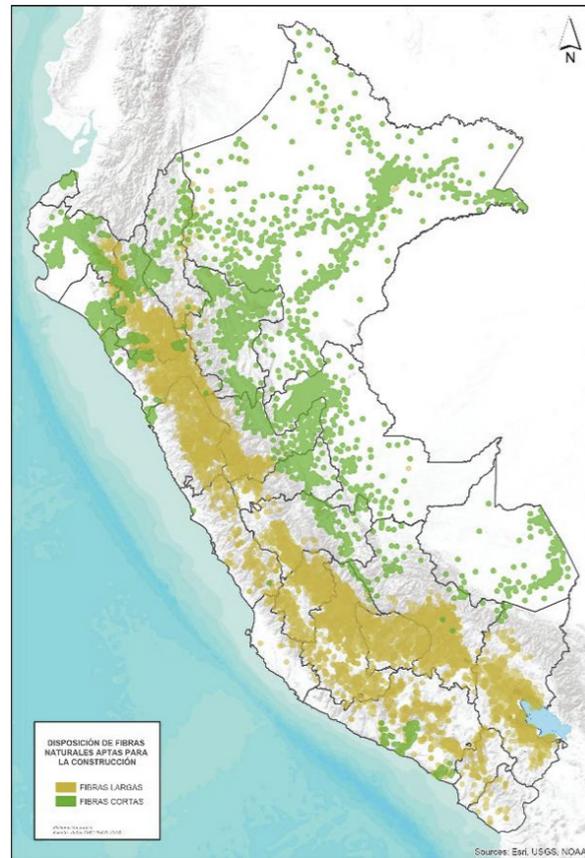


Tecnica dello sgraffito
Foto dell'autrice

¹⁹ Rijken, T. *Between earth and straw / Entre paille et terre*. Éditions Goutte de Sable. Mayenne : 2009.

5.2 Le fibre

La paglia rappresenta una risorsa agricola abbondante, prodotta a seconda delle regioni ecologiche da cereali distinti (frumento, orzo, segale, riso, avena). Pertanto il materiale è disponibile a livello locale nella maggior parte del territorio peruviano.



Mappa delle fibre naturali a stelo corto e lungo nel territorio peruviano

Fonte: Meli, G.; Onnis, S.; Wieser, M., "Método para la identificación de zonas para la aplicación de un nuevo sistema mixto en madera y tierra", en Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, 21° SIACOT, elaboración propia a partir de datos de CENAGRO (IV Censo Nacional Agropecuario, 2012)

La carta mostra che i cereali occupano gran parte dell'area coltivata, con scarti agricoli che possono rappresentare una risorsa per la terra alleggerita. La coltivazione dei cereali occupa il 29% del territorio peruviano: l'avena occupa la minor area, mentre il riso la maggiore.²⁰

La paglia è una fibra che deriva dagli steli di graminacee essiccati. Il processo inizia con la raccolta del cereale; gli steli vengono separati e fatti essiccare. Gli steli possono avere lunghezze che variano tra gli 80 e 150 cm a seconda della specie e della varietà. Il diametro dello stelo varia tra i 10 e i 30 mm. La mietitura può essere realizzata manualmente o con macchine agricole, e la paglia può essere assemblata in balle rotonde o rettangolari pronte alla distribuzione.²¹

20 Onnis, S., Meli, G., & Wieser, M. Método para la identificación de zonas para la aplicación de un nuevo sistema mixto en madera y tierra. In *Memorias del 21° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT)*. 2023

21 Meli, G., Onnis, S., & Wieser, M. (2019). *Introducción en el contexto peruano de un nuevo sistema constructivo con madera y tierra aliviada*. In *Memorias del 19° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT 2019): Conservación sostenible del paisaje: tierra y agua*. Oaxaca.

La varietà influenza lunghezza, resistenza e porosità, ciò influenza la percentuale delle fibre all'interno delle miscele. Minke riporta che la conducibilità termica della paglia varia in funzione del grado di compattazione: quando è utilizzata in balle compresse - paglia pressata e legata in blocchi - la conducibilità è circa $\lambda \approx 0,04$ W/m-K, mentre quando la paglia è sfusa o leggermente compattata, si ha una conducibilità di circa $\lambda \approx 0,07-0,09$ W/m-K.²² La paglia viene utilizzata come fibra nella terra alleggerita formando un composto con buone proprietà di isolamento termico. Secondo lo studio "Método para la identificación de zonas para la aplicación de un nuevo sistema mixto en madera y tierra"²³, la terra alleggerita con paglia può rappresentare una tecnica costruttiva strategica per il contesto peruviano. Gli autori realizzano una sovrapposizione tra la disponibilità delle fibre, le zone climatiche e la disponibilità di legno, decretando come l'uso della paglia favorisce il sistema rendendolo leggero e maggiormente resistente al sisma, conferendo un miglioramento termico notevole.

La paglia viene impiegata a livello costruttivo anche come materia prima senza la necessità di un legante come la terra. Nei casi in cui però la terra è presente si possono realizzare blocchi, *torchis* o pannelli semi prefabbricati, con densità variabili a seconda della tecnica scelta. Inoltre, la presenza della paglia dona maggiore flessibilità e resistenza alla miscela.²⁴

La versatilità applicativa del materiale, la facile reperibilità sul territorio e gli ottimi vantaggi termici la rendono un materiale eccellente per la costruzione nel contesto peruviano, garantendo adattabilità e riducendo al minimo l'impatto ambientale dovuto ai trasporti.

22 Minke, G. *Manual de construcción en tierra: La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual* (3. ed.). Montevideo: Editorial Fin de Siglo. 2008

23 Onnis, S., Meli, G., & Wieser, M. (2019). *Método para la identificación de zonas para la aplicación de un nuevo sistema mixto en madera y tierra*. In *Memorias del 21° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT)*

24 Volhard, F. *Light earth building: A handbook for building with wood and earth*. Birkhäuser. 2016

Fibre di cacao

Foto dell'autrice



Paglia di grano

Foto dell'autrice



Totora

Foto dell'autrice



5.3 Tra tradizione e innovazione: analisi comparativa di quattro tecniche

Come già analizzato, terra e paglia offrono numerosi vantaggi: sono materiali tradizionali, facilmente reperibili nella maggior parte del territorio peruviano, con bassi costi, semplicità di estrazione e messa in opera. Entrambi i materiali vantano un ciclo di vita potenzialmente infinito, poiché possono essere riutilizzati o reintegrati nell'ambiente senza generare impatto. La terra, in particolare, è riconosciuta come materiale salubre, Minke ne sottolinea le proprietà benefiche, come l'uso dell'argilla in ambito cosmetico e terapeutico.²⁵

La terra alleggerita con paglia, però, non possiede capacità strutturali autonome, richiede una struttura di supporto, motivo per cui sono state analizzate quattro tecniche compatibili o realizzate con questo materiale, già sperimentate o adattabili al contesto rurale peruviano.

I criteri di valutazione dei sistemi costruttivi sono i seguenti: facilità di esecuzione, tempi di realizzazione, adattabilità al contesto e alla disponibilità dei materiali, idoneità all'autocostruzione e semplicità di manutenzione.

25 Minke, G. *Manual de construcción en tierra: La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual* (3. ed.). Montevideo: Editorial Fin de Siglo.2008

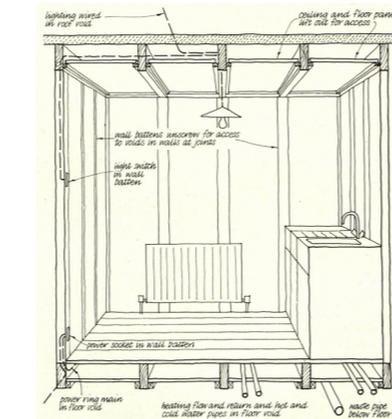
Sistema Segal

Il sistema Segal nasce nei primi anni '60 come risposta pratica e temporanea del suo ideatore Walter Segal all'esigenza di disporre di una seconda abitazione che ospitasse lui e la sua famiglia durante la costruzione della casa principale. Segal inizia la ricerca di un sistema che potesse essere rapido, costruito a secco, leggero e modulare, il tutto senza un dispendio eccessivo di risorse economiche. Il primo prototipo fu solo l'inizio di un sistema riprodotto più e più volte, proprio per la facilità costruttiva dove non si necessitavano grandi esperienze pregresse nel mondo della carpenteria.

Il sistema si fonda sulla reperibilità di materiali standardizzati, viene modulato partendo da pannelli di compensato più comuni, di circa 60 cm. La standardizzazione degli elementi riduceva il tempo di assemblaggio e contemporaneamente lo facilitava, rendendo minima la quantità di scarti durante il processo costruttivo. La struttura si basa su un sistema a telai, distanziati di 60 cm o da una distanza multipla. Ogni telaio viene montato a terra, successivamente viene posizionato verticalmente e fissato in modo temporaneo. A seguire, i vari telai vengono collegati trasversalmente. Sullo scheletro principale vengono chiodati i pannelli in compensato, secondo la logica di un sistema di costruzione a secco. Le fondazioni sono realizzate con plinti puntuali.

Il sistema è pensato per essere adattabile ad ogni clima ed esigenza, è definito da strati facilmente sovrapponibili, e quando necessario è possibile inserire pannelli isolanti o intercapedini di aria.

La facilità di assemblaggio a secco garantisce indirettamente una reversibilità dei materiali utilizzati, contemporaneamente facilita operazioni di manutenzione e rende facilmente realizzabili eventuali modifiche durante il ciclo di vita dell'edificio. Segal semplifica e rende accessibile a tutti la costruzione.²⁶



Services
Fonte: *Architectural Journal*, 5 novembre 1986, pagina 83

26 Broome, J. *The Segal Method: Walter Segal's approach*. The Architects' Journal. (1986, 5 novembre).

Tierra alivianada - Metodo Centro Tierra

La terra alleggerita è un sistema di riempimento che nel corso della storia è stato riprodotto secondo diverse varianti. Il Centro Terra, della Pontificia Universidad Católica de Perú, ha sviluppato a partire dal 2019 una tecnica con terra alleggerita e struttura portante in legno per rispondere al problema abitativo in Perú. L'obiettivo era la definizione di un sistema economico, sostenibile, resistente al sisma e con una buona risposta alle esigenze termiche.²⁹ Lamirava all'equilibrio tra disimpegno termico e coerenza architettonica con le risorse territoriali. Anche in questo caso il sistema si basa su un modulo definito da un blocco in terra e paglia di differente densità a seconda dell'uso, con una dimensione di 45 x 45 x 5 cm. La creazione dei blocchi in paglia alleggerita rende il sistema semi prefabbricato, rendendo facile l'assemblaggio dei vari elementi a piè d'opera. I blocchi di terra alleggerita vengono pensati di distinte densità - 600-800 kg/m³ - e sono realizzati con l'impiego di paglia di riso e terra, materiali facilmente reperibili in qualsiasi parte del Perú, rinnovabili e biodegradabili.²⁷ I blocchi vengono realizzati con l'impiego di uno stampo: la miscela viene collocata all'interno, successivamente lo stampo viene rimosso e i blocchi vengono lasciati essiccare all'aria.



Prototipo in scala reale del sistema misto in legno e terra alleggerita durante la fase di sperimentazione costruttiva presso il Centro Tierra-PUCP.
Fonte: Meli, G.; Onnis, S.; Wieser, M., *Introducción en el contexto peruano de un nuevo sistema constructivo con madera y tierra alivianada*, SIACOT 2019

I blocchi vengono poi fissati alla struttura principale in legno, utilizzando viti e rondelle create schiacciando tappi di bottiglia, tra i due blocchi viene disposta una miscela di terra e paglia a umido. Lo scheletro in legno facilita il montaggio dei blocchi, garantisce una continuità termica e risponde a livello strutturale, rispettando i parametri antisismici. Il telaio è pensato per essere adattabile e flessibile alle esigenze dimensionali del caso, è realizzato con elementi assemblati le cui dimensioni garantiscono una facile reperibilità. In particolar modo i pilastri vengono realizzati con listelli in legno con sezione di 4 x 4 cm, formando elementi composti da due e da quattro listelli, quest'ultimi disposti negli angoli della struttura. Le travi, anch'esse elementi composti, vengono realizzate utilizzando listelli di dimensioni differenti: una base con sezione 4 x 12 cm a cui vengono avvitati due listelli da 4 x 6 cm e un listello centrale di 2 x 10 cm. I pilastri vengono avvitati al listello centrale della trave composta. Le diagonali sono disposte esternamente ai blocchi di terra alleggerita con listelli di piccole dimensioni. La copertura poggia su travi reticolari che consentono di coprire luci maggiori degli ambienti, mantenendo contenute le sezioni delle componenti lignee.

Il sistema garantisce il comfort termico senza l'ausilio di apparati per la climatizzazione, in quanto la terra alleggerita permette di controllare gli sbalzi termici e di garantire il comfort termico con un basso impatto ambientale. Il sistema apporta un'innovazione nel mondo della terra alleggerita, favorendo non solo la sostenibilità economico-ambientale, ma anche quella sociale, essendo facilmente realizzabile dalla popolazione o da piccole imprese locali.

27 Wieser, M., Onnis, S., & Meli, G. (2020). *Desempeño térmico de cerramientos de tierra alivianada. Posibilidades de aplicación en el territorio peruano*. Revista de Arquitectura (Bogotá)

Quincha chilena - variante moderna

La *quincha* è un sistema costruttivo molto diffuso in America latina, con variabili secondo la disposizione delle canne, che rappresentano una struttura secondaria che facilita la disposizione della terra-paglia. L'innovazione apportata da alcuni architetti cileni è rappresentata dall'assenza delle canne, sostituite da una maglia elettrosaldata in ferro con un passo di 15 x 15 cm e un diametro di 0,42 cm. La struttura portante è realizzata con pilastri, travi e diagonali in legno di pino con una sezione di 2"x4", sezioni disponibili in tutto il territorio cileno. Il processo costruttivo inizia con la realizzazione della struttura lignea, su cui viene fissata con grappe la rete metallica. Nel frattempo viene preparata la miscela di terra e paglia, la cui densità è pari a circa 600 kg/m³. La miscela viene preparata a piè d'opera e lasciata riposare per tre giorni, con una proporzione di 1:2, rispettivamente terra e paglia. Quando il riempimento è secco si passa alla fase di rivestimento, anch'esso realizzato a base di terra.

Il sistema è stato brevettato, raggiunge standard sismici, termici e acustici minimi, rispetta la tradizione costruttiva del Paese facilitando e migliorando un sistema costruttivo tradizionale.²⁸



Collocazione della maglia elettrosaldata per il sistema in *quincha alivianada*
Fonte: vedi nota 28

28 Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile. *Construcción en quincha liviana: Sistemas constructivos sustentables de reinterpretación patrimonial*. Santiago del Chile: MINVU. 2020

Il sistema Marcom prende nome dall'omonimo architetto Alan Marcom, che sviluppa una tecnica con struttura portante in legno e riempimento in terra-paglia, prendendo ispirazione dall'esperienza della cooperativa Inventerre Scop. Anche in questo caso il riempimento in terra-paglia non ha funzione strutturale, ma apporta vantaggi termoigrometrici. La tecnica è stata sviluppata in Francia con l'obiettivo di definire un sistema economico e a basso impatto ambientale: la paglia è una fibra annualmente prodotta e il legno è un materiale facilmente reperibile, pur avendo cicli produttivi più lunghi che necessitano di un'attenta gestione. La struttura primaria (travi, pilastri e diagonali) è composta da listelli in legno di sezione variabile. Anche in questo caso vengono realizzati pilastri composti con listelli di dimensioni pari a 6 x 6 cm. I pilastri vengono avvitati alla trave composta, posta lungo tutto il perimetro. Marcom consiglia la creazione di fondazioni sopraelevate che permettano di distanziare da terra le pareti, evitando la creazione di umidità da risalita.

Le pareti sono realizzate a umido: la miscela viene preparata a piè d'opera e fatta riposare per minimo 48 ore. Dapprima si taglia la paglia, successivamente si aggiunge la barbotina, con una proporzione volumetrica pari a 1:3, per la realizzazione della miscela si consiglia l'utilizzo di una betoniera. Quando la miscela è pronta per essere disposta si prepara il cassero, distanziandolo dalla struttura con dei tacchetti di legno che rendono comodo il riempimento. La miscela viene in seguito pressata con le mani. La tecnica permette un'ampia variabilità rispetto allo spessore delle pareti, semplicemente modificando la dimensione dei tacchetti distanziatori si può aumentare o diminuire lo spessore della parete. Marcom propone l'impiego di differenti tipologie di rivestimento più o meno adatte a seconda del luogo di realizzazione del progetto. Le varie tipologie differiscono per il tipo di aggregato aggiunto.²⁹

L'autore sottolinea come questa sia una tecnica a basso impatto ambientale sia per l'approvvigionamento delle materie prime, sia per la bassa richiesta energetica per il riscaldamento degli ambienti. Inoltre la griglia strutturale regolare fa sì che vengano garantiti gli standard di resistenza al sisma. Inoltre, il manuale scritto da Marcom descrive in modo esplicito le varie dosi e il sistema costruttivo, ciò facilita la replicabilità senza esperienze preve nel mondo della costruzione. La facilità costruttiva di questo sistema semplifica il coinvolgimento della popolazione locale, aumentando il valore sociale della tecnica, incrementando la cooperazione in gruppo.

Il sistema Segal mostra una migliore adattabilità rispetto alle altre tecniche analizzate, grazie alla sua leggerezza e flessibilità. L'applicabilità del sistema prevederebbe una semi prefabbricazione, come nel caso del modulo sviluppato dal Centro Tierra, ciò necessita una fase logistica previa ben definita. Questo non si verifica nelle tecniche della Quincha Cilena o della tecnica di A. Marcom, dove il tutto si sviluppa a piè d'opera. Inoltre, la tecnica di Marcom si adatta facilmente a differenti tipologie di miscele e di spessori, garantendo una completa adattabilità climatica. La struttura impiegata nel modulo del Centro Tierra facilita l'approvvigionamento degli elementi lignei nel contesto peruviano, essendo pensata proprio per il Perù.

A seguito della precedente analisi si è concluso che la definizione della tecnica costruttiva si fonda sulla necessità di adattabilità di un modulo rispetto i distinti climi del Perù, con dimensioni tali da ospitare attività di insegnamento e complementari, legate alla musica. Si è pensato ad una tecnica che partisse da quella sviluppata da Alan Marcom, adattando però la struttura di base secondo le dimensioni utilizzate nella creazione del modulo del Centro Tierra. Si è definito un sistema che avesse pilastri composti da listelli con sezione 4 x 4 cm e le pareti con un riempimento in terra-paglia di spessori e densità variabili a seconda del tipo di clima.

La struttura base del modulo rimane la medesima, con variazioni rispetto al tetto, alle fondazioni e alla presenza di ombreggianti. Di seguito verranno illustrate in modo approfondito le varianti del modulo secondo il clima.



Collocazione dei casseri
Fonte: vedi nota 29

²⁹ Marcom, A. *Construire en terre-paille*. Mens: Terre Vivante, 2011

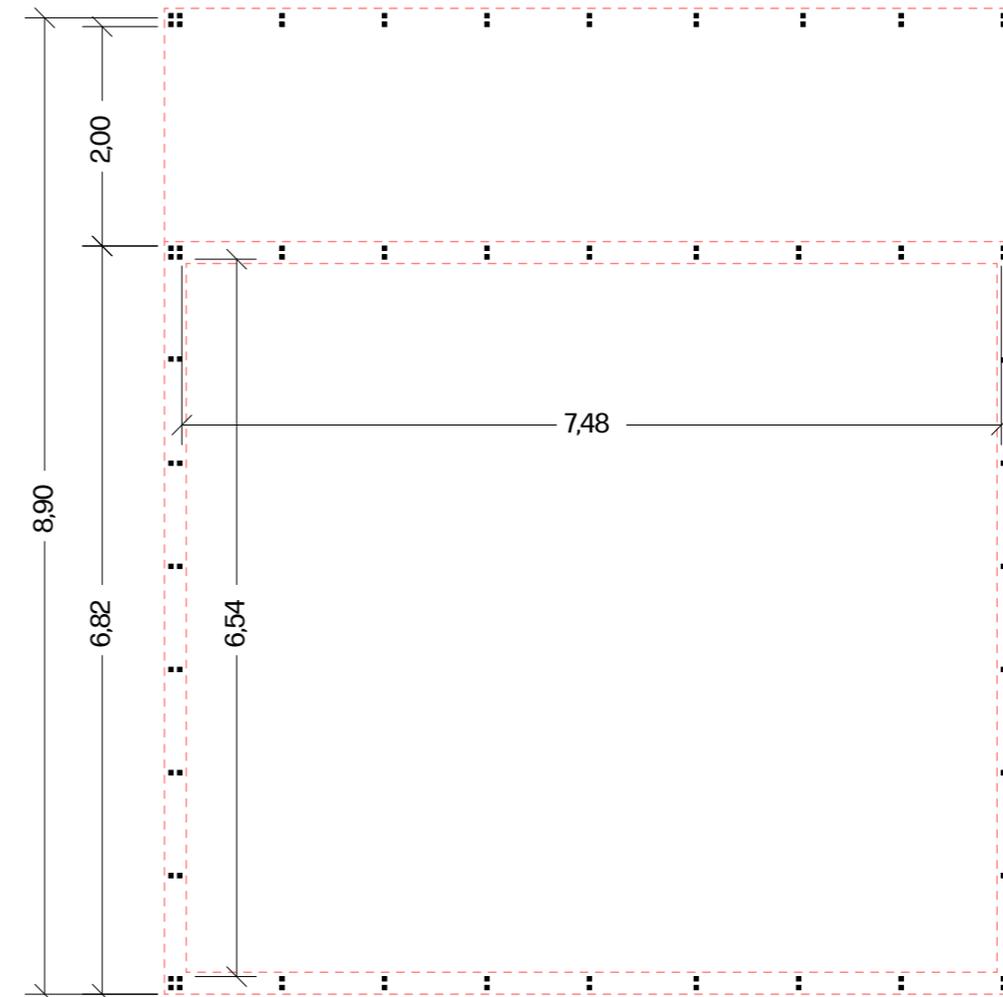
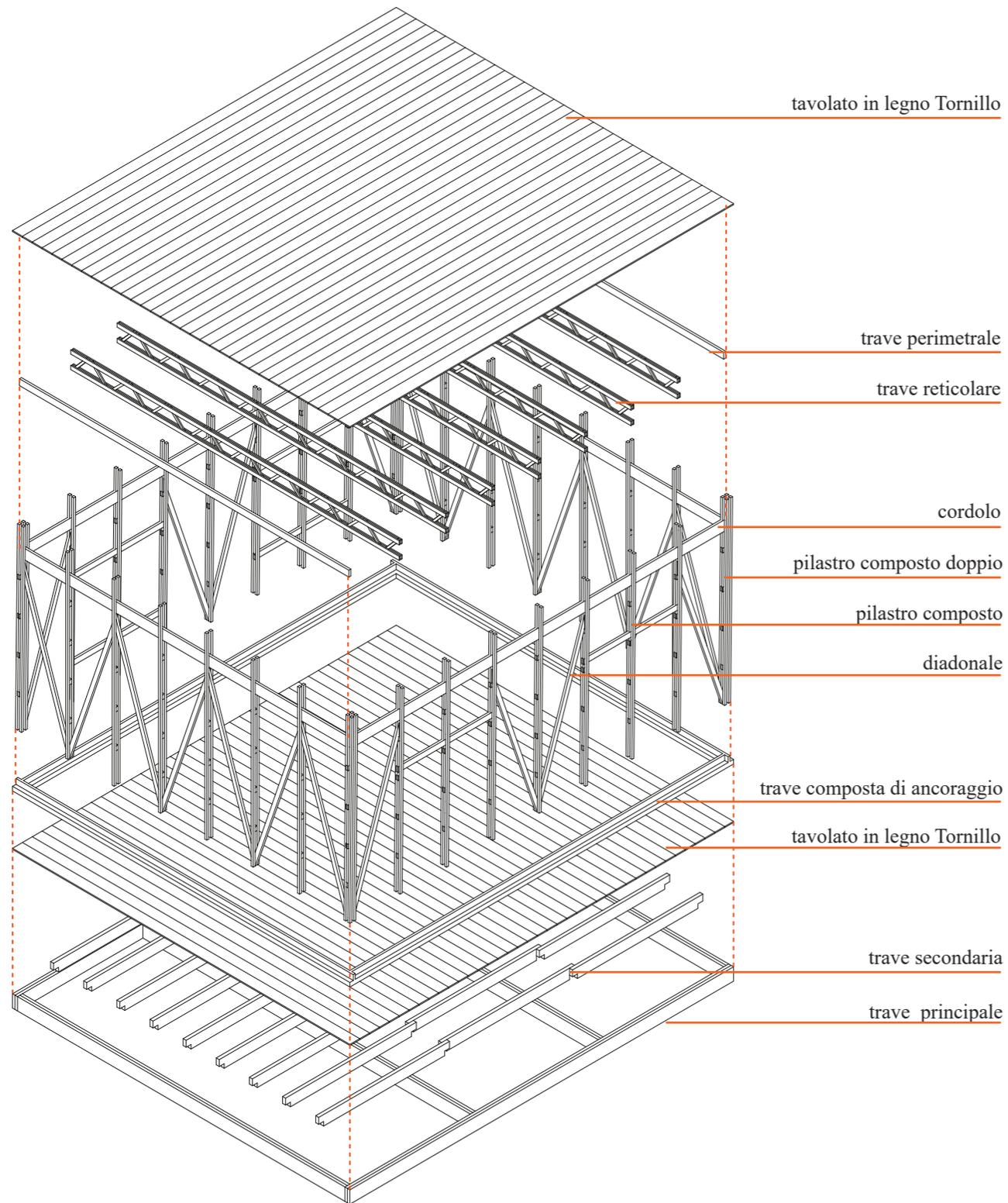
5.4 Criteri di comfort e configurazione della struttura base del modulo

La struttura del modulo è pensata per essere versatile, capace di accogliere distinte tipologie di attività musicali a seconda del contesto. Questa versatilità è condizione necessaria per rispondere in modo adeguato alle esigenze climatiche, acustiche e termo-igrometriche. Per far sì che il comfort minimo venga garantito in più aspetti, si analizzano i valori a cui si ambisce per la definizione di un modulo che possa rispettare canoni normativi, rispettando le risorse che il luogo offre e le reali necessità della popolazione.

L'insieme delle tecniche scelte permette, come anticipato, di definire stratigrafie distinte a seconda del clima in cui il modulo si installa. Stratigrafie differenti implicano valori di trasmittanza termica distinti, e con livelli di isolamento compatibili come le norme vigenti in diverse regioni del Perù. Inoltre, vi sono valori specifici rispetto all'elemento costruttivo a cui si fa riferimento (tetto, muro, basamento, ecc.), ad ogni modo c'è necessità che $U_{muro} \leq U_{max(zona)}$. Il clima alto-andino, ad esempio, esige una $U_{muro} \leq 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ e $U_{tetto} \leq 0,83 \text{ W/m}^2\text{K}$; mentre per il clima desertico/costiero i limiti di trasmittanza del muro si aggirano attorno a $2,36 \text{ W/m}^2\text{K}$; nel clima subtropicale/tropicale umido il valore massimo è pari a $3,60 \text{ W/m}^2\text{K}$.³⁰ Questi valori differenti obbligano ad una stratigrafia che sia distinta per ciascun clima rispetto a densità e spessore, secondo il clima locale, definendo una risposta termoigrometrica adeguata.

In modo parallelo, la tecnica scelta permette una certa libertà dimensionale del modulo, ciò favorisce la creazione di uno spazio che rispecchi dei criteri adeguati a livello acustico. Le guide di disegno degli spazi educativi in Perù raccomandano il controllo dei livelli di rumore di fondo, definendo un range per il coefficiente pari a 35-40 dB, per biblioteche e sale di musica e pari a 40-45 dB per le aule. Si suggerisce un tempo di riverberazione (RT) che varia tra i 0,9-1,2 s, a seconda dell'attività e del volume.³¹ Nelle guide ministeriali peruviane non sono presenti riferimenti all'indice di riduzione sonora R_w . A livello internazionale, l'indice di riduzione sonora richiesto per le aule di insegnamento musicale risulta essere pari a $R_w > 57 \text{ dB}$ e $R_w > 65 \text{ dB}$ per le classi di musica in prossimità di fonti rumorose o con un uso simultaneo.³² Nonostante questi valori non rappresentino un requisito normativo nel contesto peruviano, rappresentano un riferimento tecnico utile per dimensionare le prestazioni del sistema.

modulo verrà realizzato con un insieme di tecniche, quella sviluppata da A. Marcom, variando la struttura secondo quella impiegata dal Centro Tierra per il modulo analizzato precedentemente. La struttura base rimarrà invariata, mentre la stratigrafia verrà modificata a seconda del clima. La struttura sarà formata da pilastri composti, da due o quattro listelli nel caso degli angoli, di sezione 4 x 4 cm ciascuno, uniti con tacchetti di legno di sezione 4 x 4 cm. I pilastri verranno avvitati ad una trave perimetrale che poggerà su un tavolato, connesso ad un sistema di travi direttamente collegato con le fondazioni. Le diagonali verranno disposte nello spazio che intercorre tra i listelli che compongono i pilastri.



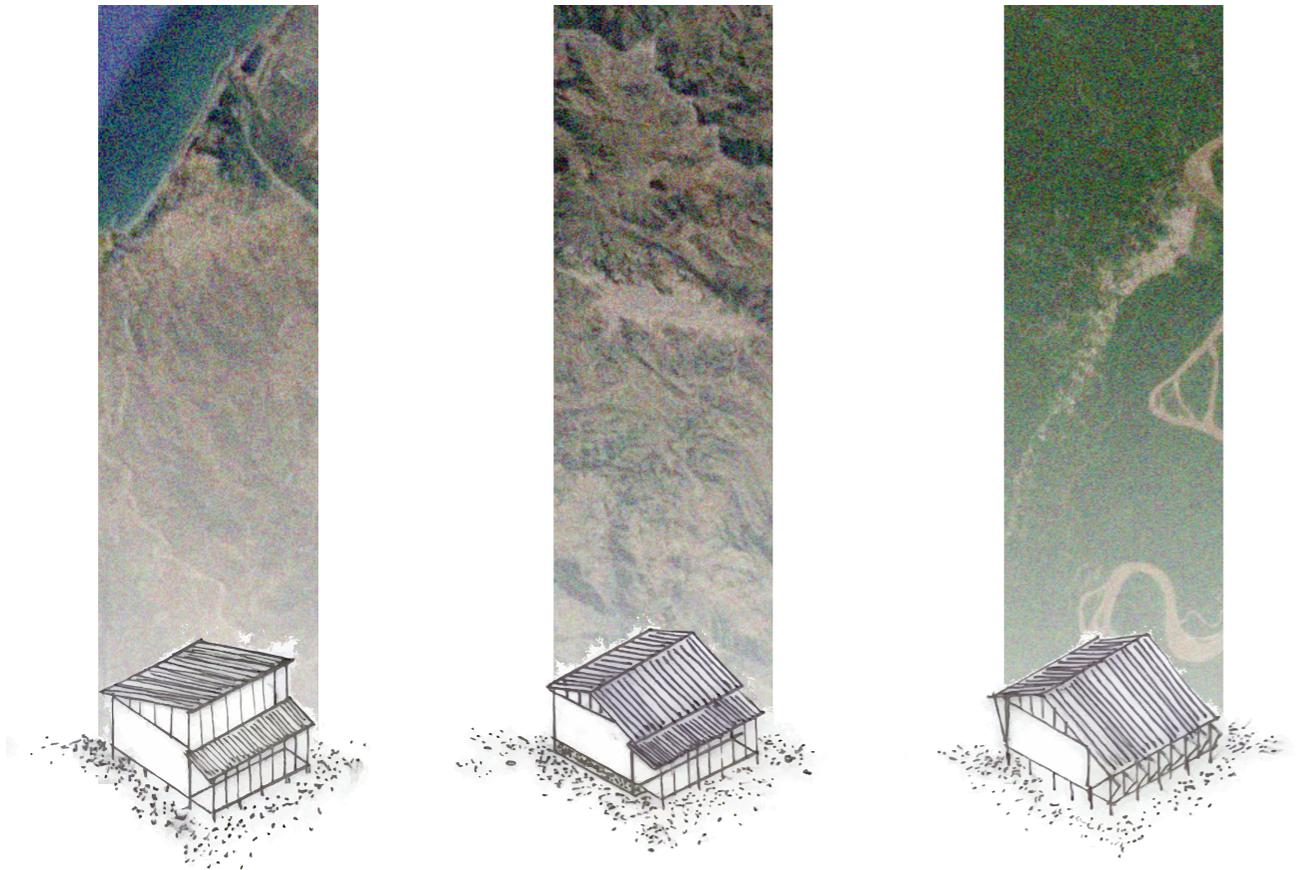
La maglia dei pilastri è regolare, con un interasse regolare di 90 cm lungo tutto il perimetro, la distanza è definita rispetto le dimensioni standard dei serramenti. La pianta assume una forma rettangolare, si compone di 8 campate in senso longitudinale e 7 campate in senso trasversale.

Le aperture vengono disposte in asse lungo le pareti longitudinali per favorire la ventilazione incrociata.

Il riempimento delle pareti rispetterà il processo esecutivo indicato da A. Marcom, con dei casseri agganciati a dei tacchetti distanziatori, che avranno una sezione variabile a seconda dello spessore che si necessita raggiungere per la parete.

Nel capitolo successivo verranno analizzati nel dettaglio gli spessori, le densità e le combinazioni tra i materiali a seconda della zona climatica. Quest'analisi permetterà di comprendere come l'adattamento della tecnica di A. Marcon con le sezioni della struttura definita dal Centro Terra, permettono di configurare un sistema flessibile, sostenibile e pienamente compatibile con le necessità educative musicali delle aree rurali del Perù.

ADATTAMENTO E DEFINIZIONE TECNICA DEL SISTEMA COSTRUTTIVO



In questo capitolo si analizzano in modo dettagliato le stratigrafie e le varianti specifiche che assume il modulo a seconda del contesto in cui viene installato. L'adattamento climatico implica un disegno attento alla combinazione dei materiali, agli spessori, alla densità, fattori che vanno combinati per ottimizzare il comportamento igrotermico senza il necessario ausilio di una climatizzazione. Si esaminano le strategie che permettono al modulo in terra alleggerita di raggiungere prestazioni ottimali per il clima della Sierra, della Costa e della Selva. L'analisi viene effettuata con verifiche termiche correlate ai parametri normativi.

Con l'obiettivo di validare le decisioni adottate a livello costruttivo, che ne determinano la fattibilità secondo processi di autocostruzione e partecipazione comunitaria, è stato sviluppato un prototipo a scala 1:1. La costruzione del prototipo ha permesso di valutare il comportamento reale della tecnica, identificare le modifiche necessarie per migliorare il processo costruttivo e verificarne rispetto ad un contesto rurale. Le modifiche che sono state applicate nell'intero processo progettuale e di prototipazione hanno permesso di definire uno zoom tecnico con dettagli costruttivi in scala 1:10.

6.1 Varianti climatiche del modulo: strategie di adattamento

La terra in Perù ha tradizioni ancestrali. In termini di sostenibilità la terra offre bassa energia incorporata, alte capacità igroscopiche e termiche, capacità plastica che, a seconda della tipologia di terra e fibre, ha permesso nel tempo di creare forme varie e di adattarsi a tutti i climi, dal desertico costiero alla pianura amazzonica, passando per le Ande.

Il repertorio delle tecniche peruviane è vasto: *adobe*, *quincha*, terra battuta, pietre e terra cruda. Ogni tecnica si relaziona con il territorio in modo profondo, a seconda delle tradizioni.

Nelle ecoregioni della *Yunga*, *Quechua* e *Suni*, si ha una prevalenza delle tecniche del *tapial* (terra cruda battuta) e dell'*adobe* (mattoni in terra cruda), con tetti in legno naturale. Nell'ecoregione della *Puna* il legno è un materiale più scarso, quindi la terra diventa protagonista anche nei tetti, che si chiudono in volte, dando vita ai *Putucos*, con muri in adobe molto spessi che favoriscono l'accumulo termico. Nella *Rupa-Rupa* la terra si unisce alla pietra o a tronchi di alberi, mentre nella *Omagua* prevale l'unione terra-canne, tipica della tecnica chiamata *quincha*.

1 Burga Bartra, J. *Arquitectura Vernácula en el Perú*. Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma, Fondo Editorial, 2010

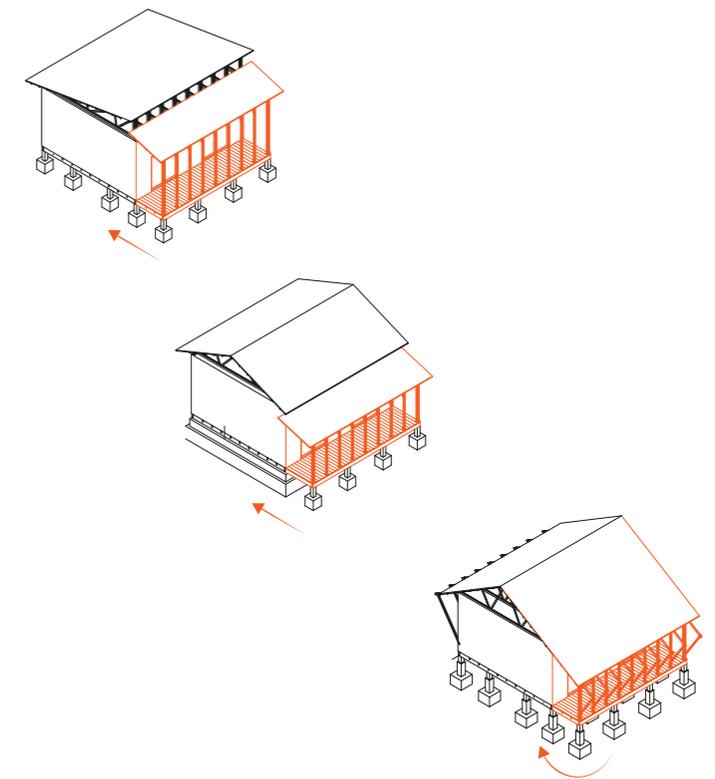
La galleria

L'accesso è definito da uno spazio antistante la struttura principale, una galleria esterna che diventa spazio di incontro e di transizione. Lo spazio con due metri di ampiezza, presenta delle sedute che permettono la sosta e la socializzazione.

Nel caso della sierra la galleria presenta una copertura propria e dei plinti di fondazione indipendenti allineati alla struttura principale.

Nel caso della costa il tetto della galleria rimane un elemento a sé, mentre le fondazioni riprendono la stessa scansione dell'aula principale.

Nel caso della selva la galleria di accesso viene integrata sotto la stessa copertura dell'aula, anche in questo caso le fondazioni riprendono la stessa scansione dell'aula principale.



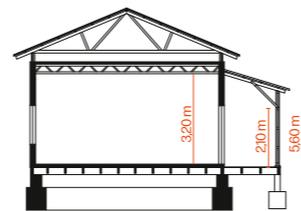
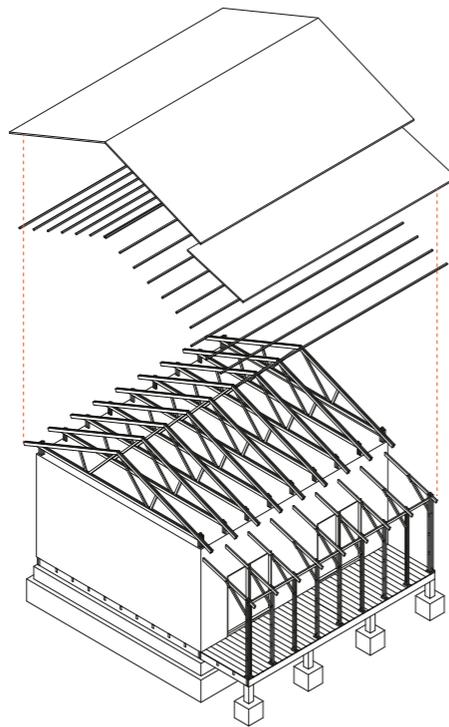
Il tetto

Come è visibile nello schema precedente un'ulteriore variante fondamentale per garantire l'adattamento climatico è il tetto, che a seconda del clima a cui il modulo è adattato assume un'inclinazione e una struttura differente. In tutti i casi si utilizza un sistema reticolare che permette di raggiungere maggiori luci. Non solo, le differenti tipologie di tetto determinano il posizionamento della copertura ad altezze differenti, per permettere il passaggio all'interno della galleria.

SIERRA

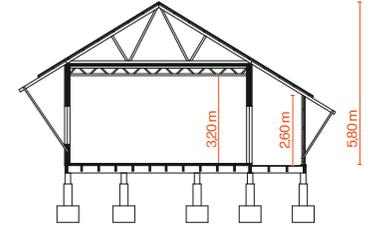
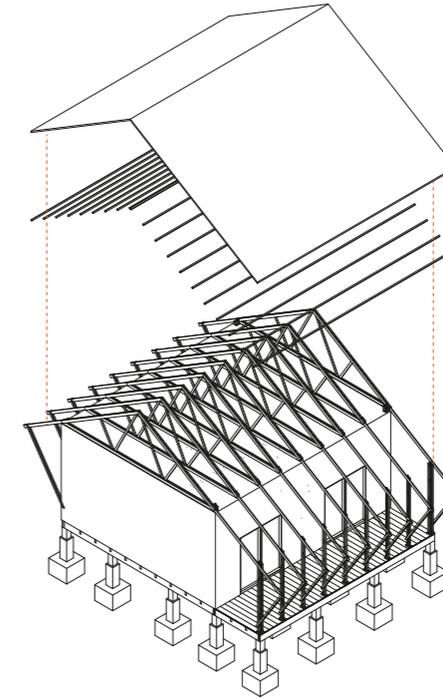
Il tetto è formato da una trave reticolare che distribuisce il peso direttamente sui pilastri. Le falde hanno un'inclinazione pari al 40%, che permette di resistere agli eventi atmosferici, proteggendo la parete con uno sporto di circa 60 cm.

Il tetto della galleria è anch'esso inclinato, con una struttura indipendente i cui puntoni scaricano il peso verso i pilastri esterni.



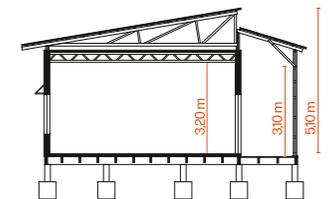
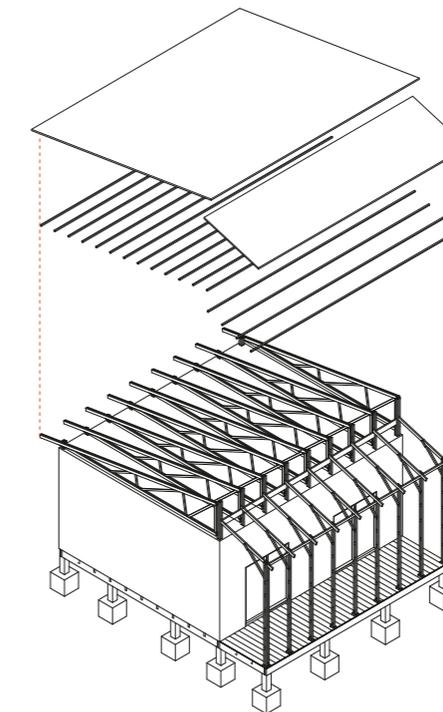
SELVA

Il tetto della selva ha un'inclinazione decisamente più pronunciata rispetto ai casi precedenti, con un'inclinazione del 70% questo perché si necessita maggiore protezione dalle forti piogge torrenziali. Lo spazio d'accesso è coperto dalla stessa copertura dell'aula, poiché in questo caso la galleria di accesso viene inclusa nella struttura principale.



COSTA

Il tetto è definito da due falde areate, per migliorare il passaggio dell'aria. È definito da un'inclinazione pari al 10%. Anche in questo caso il tetto della galleria ha una struttura a sé che scarica il peso nei pilastri esterni. Gli sporti sporgono di circa 60 cm, per garantire una protezione dagli agenti atmosferici per le pareti.

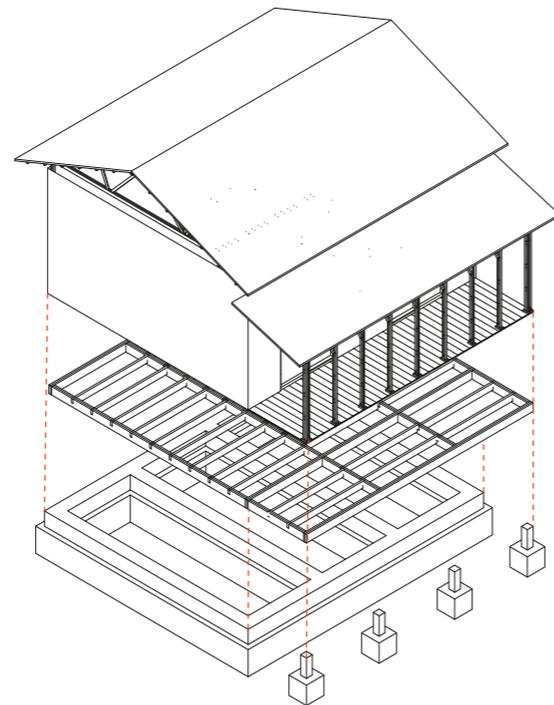


Le fondazioni

Così come il tetto diventa un elemento adattivo anche le fondazioni variano a seconda della tipologia di clima e terreno che si incontra.

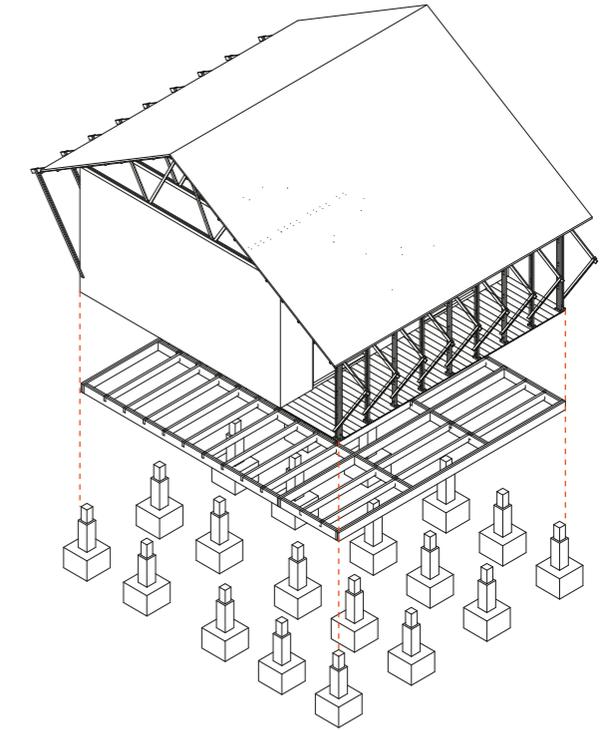
SIERRA

In questo caso le fondazioni sono definite da un sistema tipico andino in cui le rocce che costituiscono le fondazioni sono tenute assieme da corde, intervallate ad una distanza di 20 cm. La profondità raggiunta dalle fondazioni in pietra è di circa 80 cm. Al di sopra delle pietre viene disposta una trave cementizia che permette di sopraelevare la struttura di 40 cm, eliminando il rischio di umidità di risalita. Al di sopra della trave cementizia, in spagnolo definita "sobrecimiento" per la sovrapposizione alle fondazioni, si posiziona il sistema di travi lignee su cui poggia la struttura dell'aula. La galleria avendo un carico minore viene realizzata con fondazioni indipendenti grazie all'impiego di plinti puntuali.



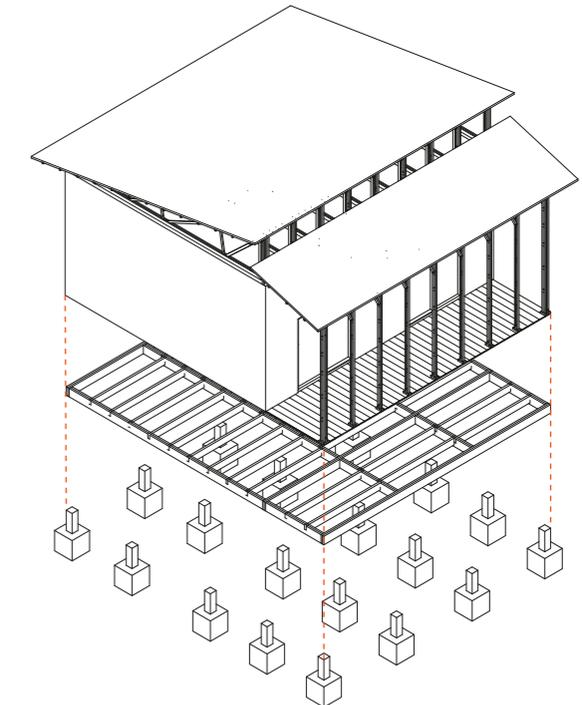
SELVA

Nella selva le fondazioni devono raggiungere una profondità maggiore rispetto alla costa. Il plinto in c.l.s. avrà un blocco di dimensioni 60x60x 80 cm e un pilastro che fuoriesce dal terreno di 20 cm, con sezione 30 x 30 cm. Quest'ultimo è collegato con piastre metalliche ad un pilastro ligneo di sezione 30 x 30 cm e altezza 60 cm, so-prelevando il sistema di circa 70 cm.



COSTA

Nel caso della costa il terreno desertico non necessita di plinti continui, bensì vengono realizzati plinti puntuali sia per l'aula principale che per la galleria di accesso. I plinti in c.l.s. sono poi collegati ai pilastri lignei di sezione 30 x 30 cm che sopraelevano il sistema dal terreno di circa 60 cm. I pilastri sono collegati ai plinti quadrati in c.l.s. di dimensioni 60 x 60 x 60 cm, per mezzo di una piastra metallica. I pilastri sono collegati alle travi con ulteriori piastre metalliche.

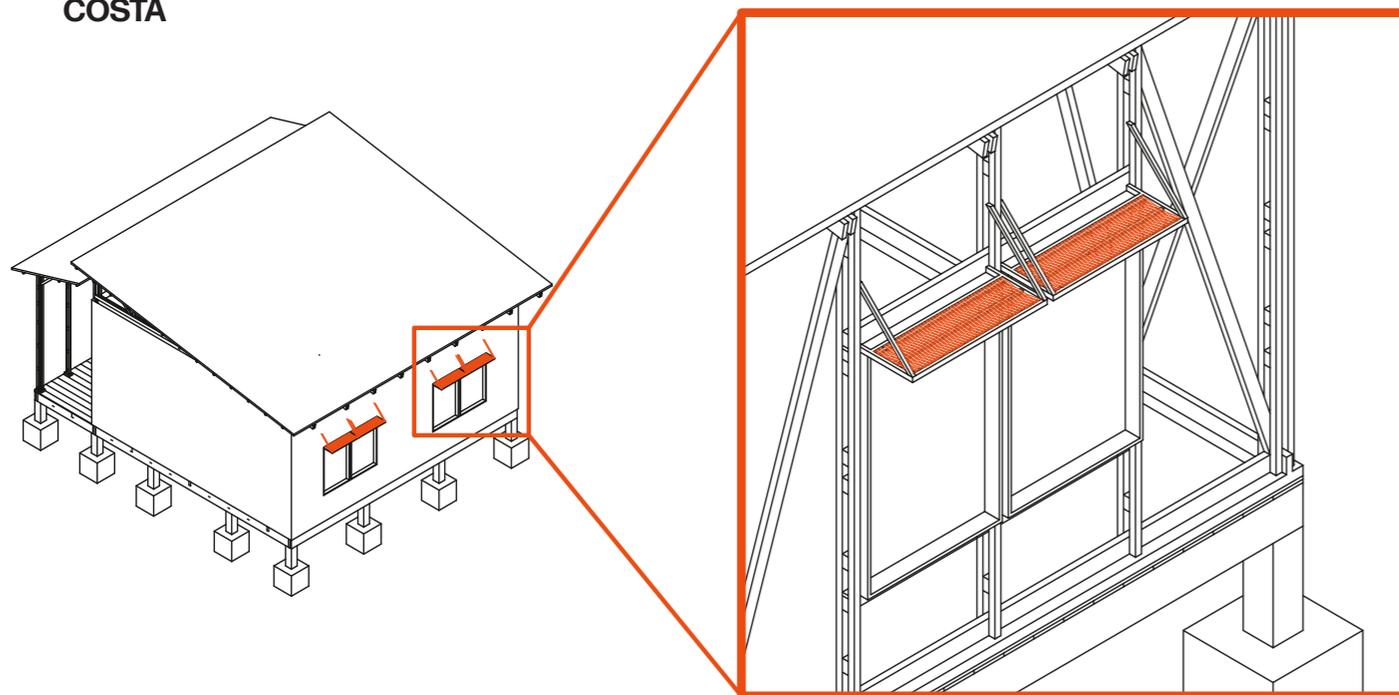


Gli ombreggianti

Gli ombreggianti vengono collocati esclusivamente nella variante della costa, poiché l'elevata radiazione solare aumenta il rischio di surriscaldamento degli ambienti interni. Gli ombreggianti vengono realizzati riprendendo la trama delle canne tipica della tecnica della quincha peruviana, in modo da filtrare la luce e favorire la ventilazione naturale.²

² Zegarra, A., Bellodas, K., & Ayala, E. V. *Guía de tipologías de vivienda rural*. MVCS. 2021

COSTA



6.2 Verifiche termoigrometriche, stratigrafie e calcoli termici

La necessità di adattamento del modulo alle tre macro-regioni climatiche esige comprendere il comportamento fisico dei materiali del riempimento delle pareti, la terra e la paglia. La capacità di rispondere alle esigenze termoacustiche dipende direttamente dalla composizione della miscela con cui si realizzano le partizioni verticali, di seguito si presenta un'analisi degli indicatori fondamentali che determinano l'efficienza delle pareti in terra e paglia.

Regolazione dell'umidità

Uno degli indicatori fondamentali per il comfort degli spazi interni è l'umidità relativa, dove con valori inferiori al 40 % si ha la probabilità che le mucose si seccino, mentre con valori superiori al 70% c'è una diminuzione della capacità di assorbimento dell'ossigeno. La terra, grazie alla sua porosità capillare, presenta un'elevata capacità di regolazione igrotermica.³

La diffusione del vapore dipende dalla porosità e dalla percentuale di argilla, la terra limosa mostra una permeabilità del 20% in meno rispetto ad una terra argillosa o sabbiosa. Questa proprietà può rappresentare una criticità nei contesti in cui è comune il fenomeno delle gelate, come nelle aree andine del Perù, dove è necessario che il vapore possa essere trasmesso rapidamente per evitare la condensazione e la comparsa di muffe.⁴ Il gradiente di resistenza al vapore μ dovrebbe essere decrescente dall'interno verso l'esterno, evitando l'accumulo di condensa interstiziale.

Capacità termica

L'isolamento termico è una delle caratteristiche più ambite nelle costruzioni in terra. Non esiste una corrispondenza diretta tra la capacità della terra - considerata come materiale assoluto - e l'isolamento, infatti tutto dipende dalla composizione granulometrica e dagli aggregati aggiunti. In generale, quanto più il materiale è leggero, maggiore sarà il suo effetto isolante; al contrario, quanto più elevata è l'umidità specifica del materiale, tanto minore sarà il suo potere isolante.

Inoltre, il calore specifico della terra ($\sim 0,10$ kJ/kgK) risulta nettamente inferiore rispetto ad altri materiali plastici, ciò comporta una maggiore attenuazione termica, con conseguente riduzione dell'oscillazione giornaliera delle temperature, e un'elevata capacità di accumulo, che determina uno sfasamento rispetto alla penetrazione del calore.⁵

Nelle regioni come la sierra, dove vi è una forte oscillazione delle temperature esterne, una massa elevata contribuisce a rendere stabili le temperature interne durante le ore notturne. In queste regioni sarebbe altrettanto utile pensare ad una stratificazione che preveda uno strato più esterno più denso per l'accumulazione del calore e uno strato più interno meno denso per rispondere alle necessità d'isolamento.

Capacità di isolamento termico

L'isolamento termico viene descritto attraverso tre indicatori principali: la con-

³ Minke, G. *Manual de construcción en tierra: La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual (3. ed.)*. Montevideo: Editorial Fin de Siglo. 2008.

⁴ Ibid.

⁵ Ibid.

duttività termica, influenzata per densità e umidità, la bassa conduttività termica della terra è dovuta all'eterogeneità del materiale; la resistenza termica, che aumenta con lo spessore del materiale e diminuisce con la bassa conduttività; la trasmittanza termica, indicatore inversamente proporzionale alla resistenza totale e permette di comprendere il comportamento dell'intera parete.⁶

Resistenza al fuoco

La resistenza al fuoco della terra è un fattore molte volte non considerato, ma anche in questo caso la terra ha delle ottime prestazioni, non essendo infiammabile. Il telaio in legno che compone la parte essenziale della struttura, per i sistemi in terra alleggerita, può essere ricoperto con un film di terra tale da garantire proprietà ignifughe.⁷

Capacità di isolamento acustico

La terra alleggerita presenta buone capacità di isolamento acustico, proprio per la sua struttura porosa. L'assorbimento e l'attenuazione del suono migliorano in modo proporzionale rispetto all'aumento dello spessore. Densità eccessive riducono la capacità isolante, per ottenere prestazioni acustiche migliori si possono sovrapporre molteplici strati.⁸

Tenuta all'aria

La resistenza agli agenti atmosferici è fortemente determinata dall'ultimo strato di rivestimento. Quest'ultimo a seconda di quanto sia compatto può migliorare o meno la stabilità contro il vento, la pioggia e i fenomeni erosivi, la densità più adeguata a questo tipo di esigenza risulta essere pari a 900 kg/m³.⁹

Stratigrafie che si adattano al clima

Le proprietà termoigrometriche e acustiche precedentemente analizzate, in particolar modo la relazione tra densità, conduttività termica, accumulazione termica e isolamento acustico, vengono tradotte in principi costruttivi delle pareti per ciascuna regione del Perù. Comprendere come la massa, la porosità e l'umidità influiscono nella trasmissione del calore permette di combinare spessori e densità per il prototipo, assicurando una buona risposta per i valori di trasmittanza, più esigenti nel caso della sierra. La stratigrafia finale del modulo unisce isolamento, inerzia termica e regolazione igrometrica, secondo la disponibilità reale dei materiali e delle fibre in ciascun territorio.

6 Minke, G. Manual de construcción en tierra: *La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual* (3. ed.). Montevideo: Editorial Fin de Siglo. 2008.

7 Ibid.

8 Ibid.

9 Volhard, F. *Light earth building: A handbook for building with wood and earth*. Birkhäuser. 2016

10 Hidalgo-Cordero, J. F., & García Navarro, J. *Aplicaciones constructivas de la totora. En Edificación y paisaje* Madrid: Universidad Politécnica de Madrid (pp. 55–65). 2017

Per il prototipo si è optato per una stratigrafia simmetrica tra l'interno e l'esterno della parete. Gli stati della parete hanno densità distinte, sia per una questione funzionale – lo stato esterno deve essere molto compatto – sia per criteri di accumulazione, successivamente verrà introdotta un'ulteriore variante per le stratigrafie delle pareti.

Nella sierra il clima può variare dal continentale freddo al molto freddo, fino ad una minima pari a 0° C, la trasmittanza richiesta è inferiore a 1,00 W/m²K, motivo per cui si privilegia un riempimento leggero, di circa 600 kg/m³, con uno spessore pari a 18 cm, affinché la resistenza termica possa essere massimizzata nella parte centrale, mentre la massa che risponde all'inerzia termica si concentra sugli strati di rivestimento.

Nella costa il clima è definito subtropicale, tropicale e desertico, ciò fa sì che la temperatura minima abbia oscillazioni che variano tra i 14° e i 20° C, con un'umidità relativa tra il 50 e il 70 %. In questo caso si necessita attenuare le oscillazioni termiche giornaliere, viene adottata una densità media pari a 1000 kg/m³, con uno spessore di 18 cm. Spessore e densità permettono di raggiungere un buon equilibrio tra isolamento e capacità di accumulazione termica, senza spessori eccessivi delle pareti.

Nella selva la temperatura minima è di circa 20° C, con un'umidità relativa di 70-80%, in questo caso si opta per un riempimento con maggiore densità, 1000 kg/m³, ma con uno spessore di 12 cm. La maggiore densità risponde ad una minore disponibilità della fibra vegetale nell'aria geografica, inoltre, con uno spessore ridotto è utile aumentare la densità per migliorare l'isolamento acustico e la stabilità igrotermica, senza incrementare un'eccessiva accumulazione del calore.

Le variazioni pensate per le pareti del modulo permettono di ottimizzare la relazione tra isolamento, inerzia termica, clima specifico e disponibilità delle materie prime.

Per poter rispondere ad un'adattabilità funzionale oltre che climatica si è pensato ad una variante delle stratigrafie, che presenta al suo interno uno strato di Titora, utile per raggiungere prestazioni migliori sia a livello termico che acustico. A seconda del luogo in cui il modulo si colloca e della specifica funzione ad esso associata, si può optare per quest'ulteriore variante. Prima di definire la composizione stratigrafica è bene analizzare la totora come materiale da costruzione.

L'uso della totora come possibile variante migliorativa

La totora (*Schoenoplectus californicus* subsp) è una fibra di origine palustre che si trova in diverse aree del territorio peruviano. Dal punto di vista culturale e costruttivo, la totora è una risorsa fondamentale, ampiamente utilizzata nel lago Titicaca, per imbarcazioni, case e piattaforme galleggianti.¹⁰ La struttura del fusto presenta camere d'aria fino al 70% del volume, ciò spiega la sua bassa densità e le sue buone proprietà isolanti, analoghe a Cyperaceae e alle Typhaceae, famiglia a cui appartengono le canne palustri di origine europea.

I pannelli di totora, con le fibre del fusto disposte in modo parallelo, raggiungono una conduttività termica con un intervallo di $\lambda = 0,046-0,058$ W/mK e fattori di resistenza



Blocchi di terra alleggerita a differenti densità

Foto dell'autrice

Da destra verso sinistra si ha una densità di circa 100 kg/m³, 800 kg/m³, 600 kg/m³

Pannello di totora fissato con vite e rondella ricavata da tappi di bottiglia

Foto dell'autrice



al vapore di $\mu \approx 3,8-4,9$, valori che permettono di collocare la totora tra i materiali naturali con proprietà termiche efficienti. Dal punto di vista meccanico i pannelli raggiungono una resistenza tale da definire pannelli autoportanti che non necessitano strutture di supporto, confermando la possibilità di impiego in stratigrafie in terra alleggerita.¹¹

I dati acustici specifici della totora come elemento fonoassorbente o fonoisolante, risultano essere tuttavia scarsi. Per questo motivo successivamente si provvederà ad assimilare la totora alla canna palustre Europa, di cui si ha disposizione di un maggior numero di dati.

La totora verrà considerata come strato di ulteriore regolazione igrotermica e come molla acustica, nel sistema massa-molla-massa di seguito illustrato (cap 7).

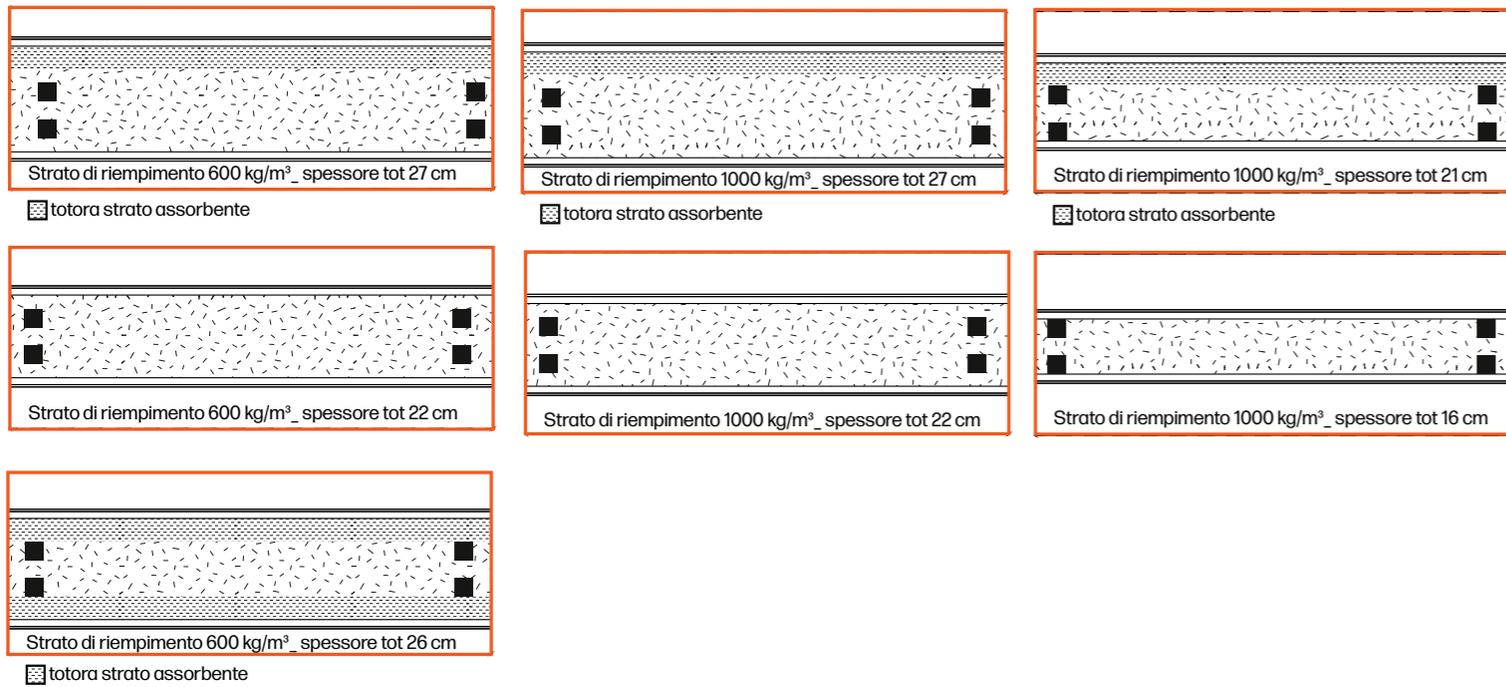
Lo strato di totora verrà aggiunto nello strato interno della parete, fissato per mezzo di viti e rondelle ricavate dal riciclo di tappi di bottiglia.

11 Aza-Medina, L. C., Palumbo, M., Lacasta, A. M., & González-Lezcano, R. A. Characterization of the thermal behavior, mechanical resistance, and reaction to fire of totora (Schoenoplectus californicus (C.A. Mey.) Sojak) panels and their potential use as a sustainable construction material. Journal of Building Engineering. 2023

Simulazioni con il software UBAKUS

Per poter interpretare al meglio le prestazioni delle stratigrafie sono state realizzate delle simulazioni termiche utilizzando il software Ubakus, che ha permesso di calcolare la trasmittanza termica per ciascuna stratigrafia delle pareti, del basamento e del tetto. Di seguito verranno mostrate le stratigrafie delle pareti per ciascun clima. Attraverso le simulazioni è stato possibile realizzare il controllo della condensa interstiziale e verificare l'andamento delle temperature interne.

**Tutte le simulazioni realizzate sono raccolte nell'allegato n° 2 "Approfondimenti tecnici".



STRATO	SPESSORE [m]	CONDUTTIVITÀ TERMICA [W/m²C]	DENSITÀ [kg/m³]	TRASMITTANZA TERMICA [w/m²C]	SFASAMENTO [h]
1. intonaco in argilla	0,05	0,73	1600		
2. strato livellante in terra-paglia	0,015	0,35	1000		
3. strato di riempimento in terra-paglia	0,18	0,35	1000		
4. strato livellante in terra-paglia	0,015	0,35	1000		
5. intonaco in argilla	0,05	0,73	1600	1,18	9
1. intonaco in argilla	0,05	0,73	1600		
2. strato livellante in terra-paglia	0,015	0,35	1000		
3. strato di riempimento in terra-paglia	0,12	0,35	1000		
4. strato livellante in terra-paglia	0,015	0,35	1000		
5. intonaco in argilla	0,05	0,73	1600	1,48	6,5
1. intonaco in argilla	0,05	0,73	1600		
2. strato livellante in terra-paglia	0,015	0,35	1000		
3. strato di riempimento in terra-paglia	0,18	0,12	600		
4. strato livellante in terra-paglia	0,015	0,35	1000		
5. intonaco in argilla	0,05	0,73	1600	0,54	13
1. intonaco in argilla	0,05	0,73	1600		
2. strato livellante in terra-paglia	0,015	0,35	1000		
3. strato di riempimento in terra-paglia	0,18	0,35	1000		
6. totora	0,05	0,056	160		
8. strato livellante in terra-paglia	0,03	0,35	1000		
5. intonaco in argilla	0,05	0,73	1600	0,57	12,5
1. intonaco in argilla	0,05	0,73	1600		
2. strato livellante in terra-paglia	0,015	0,35	1000		
3. strato di riempimento in terra-paglia	0,12	0,35	1000		
6. totora	0,05	0,056	160		
8. strato livellante in terra-paglia	0,03	0,35	1000		
5. intonaco in argilla	0,05	0,73	1600	0,64	9,8
1. intonaco in argilla	0,05	0,73	1600		
2. strato livellante in terra-paglia	0,015	0,35	1000		
3. strato di riempimento in terra-paglia	0,18	0,12	600		
6. totora	0,05	0,056	160		
8. strato livellante in terra-paglia	0,03	0,35	1000		
5. intonaco in argilla	0,05	0,73	1600	0,38	15

6.3 Prototipo in scala 1:1 e processo costruttivo

Di seguito verrà sintetizzato il processo di costruzione, valutazione e verifica di un prototipo in scala 1:1 realizzato per validare la fattibilità esecutiva del sistema in terra alleggerita pensato per il modulo. Il focus è stato il comportamento dei materiali durante l'esecuzione, la lavorabilità della miscela e la valutazione delle varianti apportate rispetto alla tecnica sviluppata da A. Marcom. La realizzazione del prototipo fornisce, inoltre, delucidazioni critiche rispetto al processo esecutivo. Il processo viene descritto in modo più dettagliato all'interno dell'allegato n° 2 "Approfondimenti tecnici".

La realizzazione del prototipo è stata svolta all'interno del laboratorio del Centro Tierra della Pontificia Universidad Católica de Perú, Lima. È stata svolta un'operazione previa alla realizzazione del prototipo: la scelta della terra più indicata per riprodurre la tecnica. I test effettuati su ciascuna terra impiegata nel processo di ricerca sono raccolti nell'allegato n° 2 "Approfondimenti tecnici". La costruzione del prototipo è stata sviluppata con condizioni climatiche tipiche di Lima, alto livello di umidità relativa e un'intensa esposizione solare, fattori che hanno influito sulla velocità di essiccazione e il comportamento fisico della miscela.

Assemblaggio struttura base

La struttura base del prototipo rappresenta lo scheletro principale su cui viene collocato il riempimento in terra alleggerita. La struttura è stata assemblata con listelli riciclati, con sezione 4 x 4 cm uniti da viti per garantire una continuità strutturale. I pilastri composti da due listelli sono stati collegati ulteriormente con una diagonale, che permette di raggiungere maggiore rigidità. La parete è stata realizzata senza fondazioni, la trave di collegamento poggia direttamente a terra.

Composizione del cassero

Il cassero è stato composto con tavole di truciolato riciclato e tacchette distanziatrici, definendo un sistema che permette di comporre il muro per fasi. Le tacchette distanziatrici avevano uno spessore tale da favorire l'ergonomia del riempimento e le dimensioni del tavolato hanno favorito la comodità del lavoro, facilitando la compattazione manuale degli strati. Le imperfezioni geometriche del cassero hanno compromesso leggermente la regolarità del muro.

Foto 1
Foto dell'autrice
Composizione colonna composta

Immagine 2
Elaborazione propria
Composizione del cassero alla base

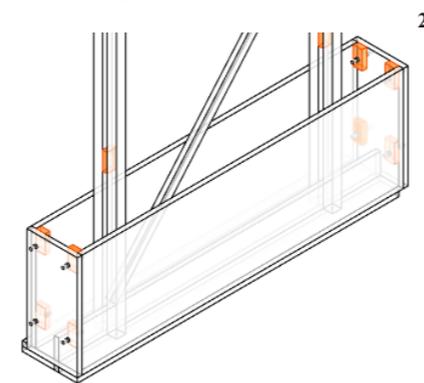


Foto 3-4-5
Foto dell'autrice
1. Barbottina dopo il riposo di 48 h
2. Disposizione della miscela pronta all'essiccazione
3. Disposizione della struttura di supporto



Preparazione e riposo della miscela

La miscela è stata preparata prendendo come riferimento le proporzioni suggerite da A. Marcom, poi è stata successivamente modificata la percentuale dei materiali per migliorare la plasticità e la resa volumetrica. Inizialmente la paglia è stata tagliata a 10 cm, con il secondo tipo di miscela è stata impiegata una percentuale di paglia corta e una percentuale di paglia lunga, permettendo di aumentare il volume della miscela una volta posizionata all'interno del cassero. Ogni miscela è stata fatta riposare tra 48 e 96 ore, per favorire l'attivazione dell'argilla, aumentando la coesione interna e facilitandone la lavorabilità. Contemporaneamente sono stati preparate le provette di controllo per la densità, ottenendo valori tra 550-600 Kg/m³, coerenti con il range raccomandato da A. Marcom.

Disposizione della miscela ed essiccazione

Il processo di riempimento della parete dimostra una buona aderenza tra i vari strati quando la superficie inferiore viene umidificata. Quando non si inumidisce lo strato su cui si continuerà il riempimento, quest'ultimo non si aggrappa allo strato sottostante, provocando un sollevamento, come è successo nello strato finale della parete. Si è visto che la compattazione manuale, permette di creare un riempimento omogeneo e senza grandi vuoti interni. Il disallineamento del cassero ha provocato alcune irregolarità superficiali che evidenziano come il cassero debba essere formato da una superficie piana con un perimetro perfettamente regolare.

La fase di essiccazione, prolungata dall'elevata umidità, ha confermato l'esigenza di garantire una buona ventilazione laterale e una separazione dagli elementi vicini. La comparsa di una crepa puntuale è stata interpretata come conseguenza combinata di un'essiccazione irregolare o di una compressione assente.

Struttura secondaria per il supporto di pannelli

Per provvedere all'applicazione di pannelli acustici è stata creata una struttura di supporto: una struttura di montanti e traversi in legno, direttamente avvitata alla struttura principale della parete. Questa soluzione permette l'ancoraggio di pannelli senza modificare la stratigrafia principale della parete.

Osservazioni sul sistema costruttivo

Il prototipo ha permesso di validare la fattibilità costruttiva, confermando che la realizzazione del modulo può essere eseguita da mano d'opera non specializzata. L'esperienza ha permesso di individuare aspetti del processo che necessitano di un miglioramento tecnico. Si ribadisce la necessità di un cassero regolare, formato da un tavolato piano, con tagli rettilinei, questo può essere facilmente risolto utilizzando tavolati rinforzati con listelli (come il cassero utilizzato nel tapial). Si sottolinea l'importanza di inumidire gli strati prima di una

nuova applicazione della miscela. Inoltre, è necessario identificare il periodo dell'anno in cui gli agenti atmosferici favoriscono l'essiccazione dei materiali. In conclusione, il sistema è adatto ad un contesto rurale, di facile e rapida esecuzione. Nonostante ciò, la variazione della miscela in corso d'opera sottolinea come la terra alleggerita non sia un materiale con la "ricetta perfetta", bensì necessita di prove per poter bilanciare i vari componenti, presentando dei limiti di omologazione. Questa caratteristica rappresenta allo stesso tempo un vantaggio rispetto la grande versatilità del materiale.

La creazione del prototipo ha permesso di comprendere le potenzialità e i limiti della tecnica, approfondendo la logica costruttiva. La struttura, in particolar modo, ha subito delle variazioni rispetto alla forma proposta per il prototipo: l'interasse dei pilastri è diminuito di 90 cm (non più di 120 cm come nel prototipo) e lo spazio tra i pilastri composti non è più di soli 2 cm, raggiunge i 4 cm per permettere di avere sezioni che garantiscano una migliore stabilità della struttura.



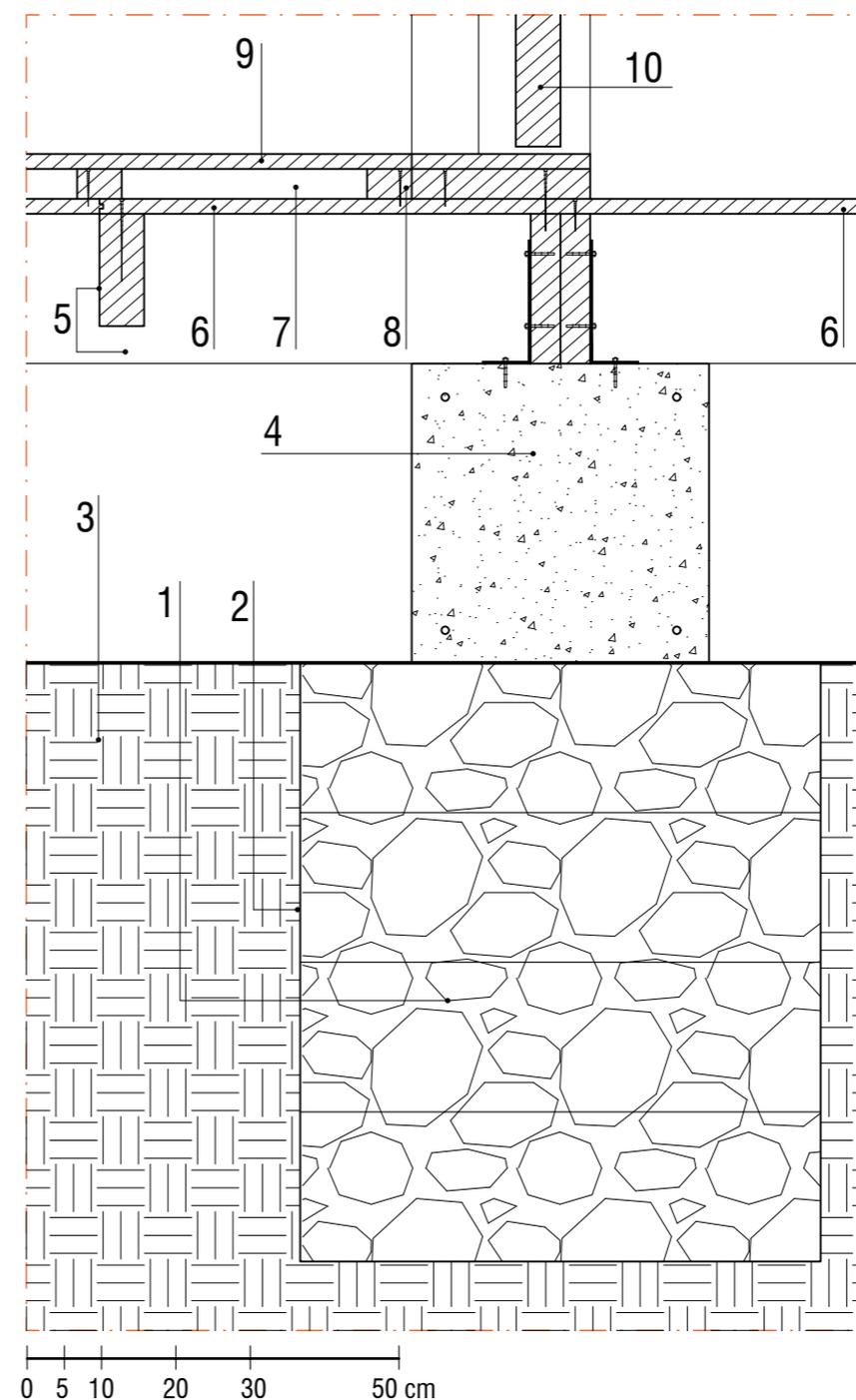
Foto 6-7
Foto dell'autrice
6. Parete terminata
7. Parete con struttura di supporto e pannelli acustici

6.4 Dettagli costruttivi

La comprensione del comportamento costruttivo del modulo richiede non solo l'analisi della tecnica, ma anche un'attenzione specifica sui punti dove si concentra maggiore esigenza strutturale, igrotermica e funzionale. I nodi, tra copertura e parete, tra parete e serramenti o le fondazioni, costituiscono le zone critiche che possono influire negativamente sulla durabilità, comfort termoacustico ed efficienza energetica.

Di seguito vengono rappresentati i dettagli più significativi del modulo, con attenzione alla forma, alla struttura in legno e allo strato di riempimento in terra alleggerita, con tutte le varianti a seconda dell'adattamento climatico. Nei dettagli vengono aggiunti i valori di trasmittanza termica e sfasamento termico, anch'essi calcolati con Ubakus.

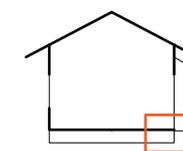
SIERRA - dettaglio in scala 1:10

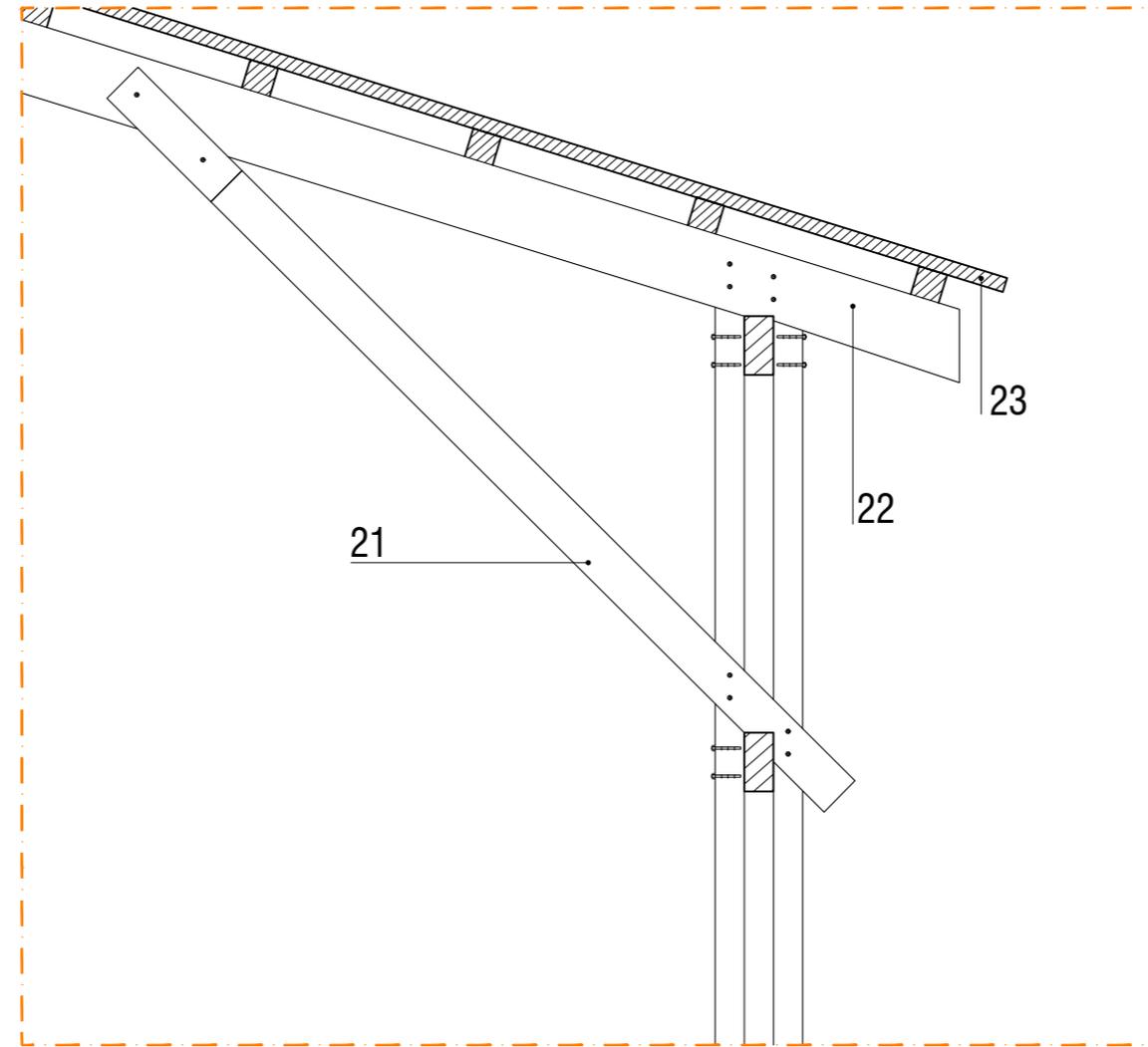
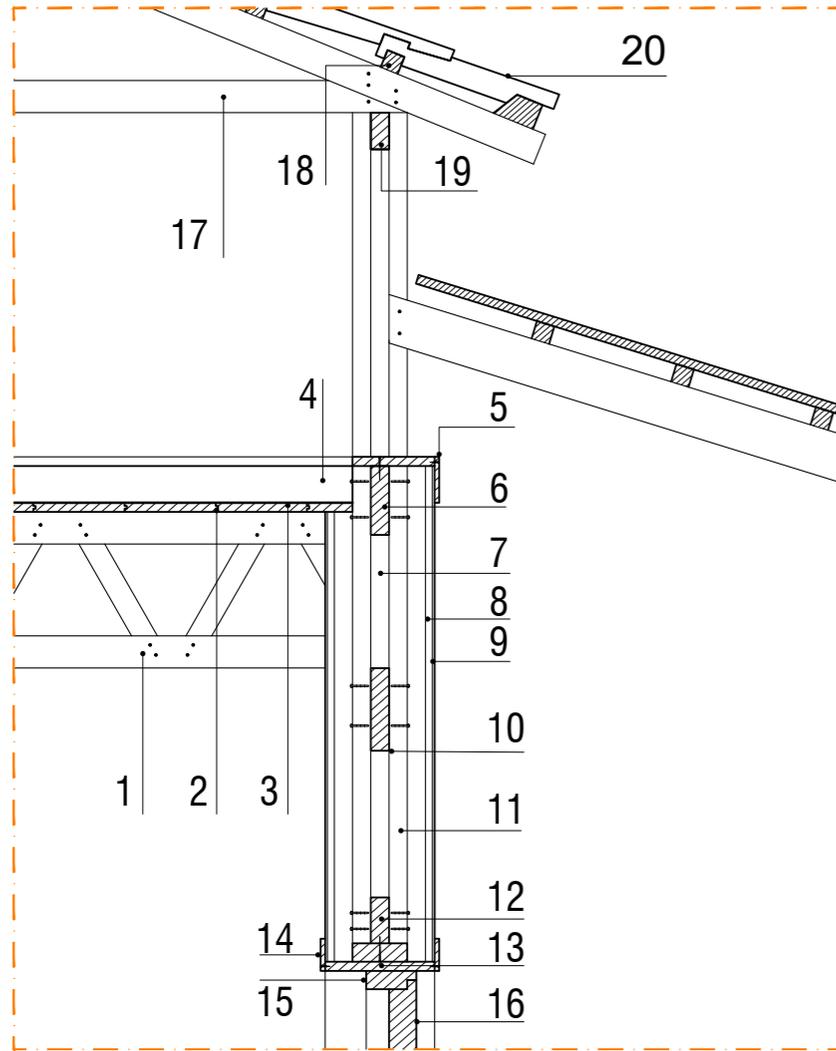


TRASMITTANZA TERMICA = 0,34 W/m²°C

FONDAZIONI

1. Fondazione con pirca (terra e rocce)
2. Corda di ancoraggio, disposta ogni 20 cm (diametro 5 mm)
3. Terra di riempimento
4. Blocco in c.l.s. 60 cm x 60 cm
5. Travi di fondazione, sezione 6 cm x 20 cm
6. Tavolato in legno Tornillo 20 cm x 2 cm
7. Strato isolante terra e paglia 6 cm - densità 600 kg/m³
8. Listelli di sostegno, sezione 6 cm x 4 cm
9. Tavolato in legno Tornillo, sezione 20 cm x 2 cm
10. Porta in legno

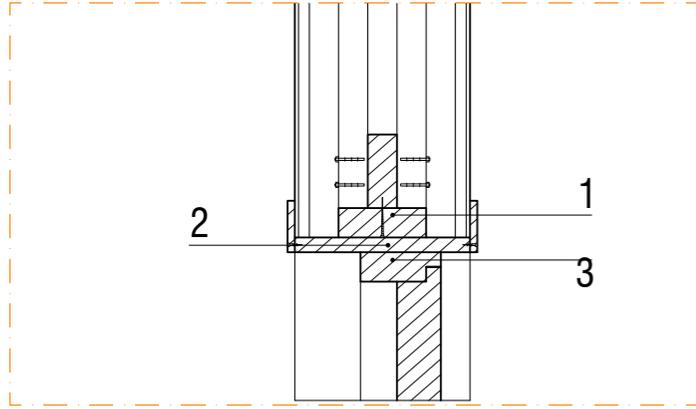




TETTO

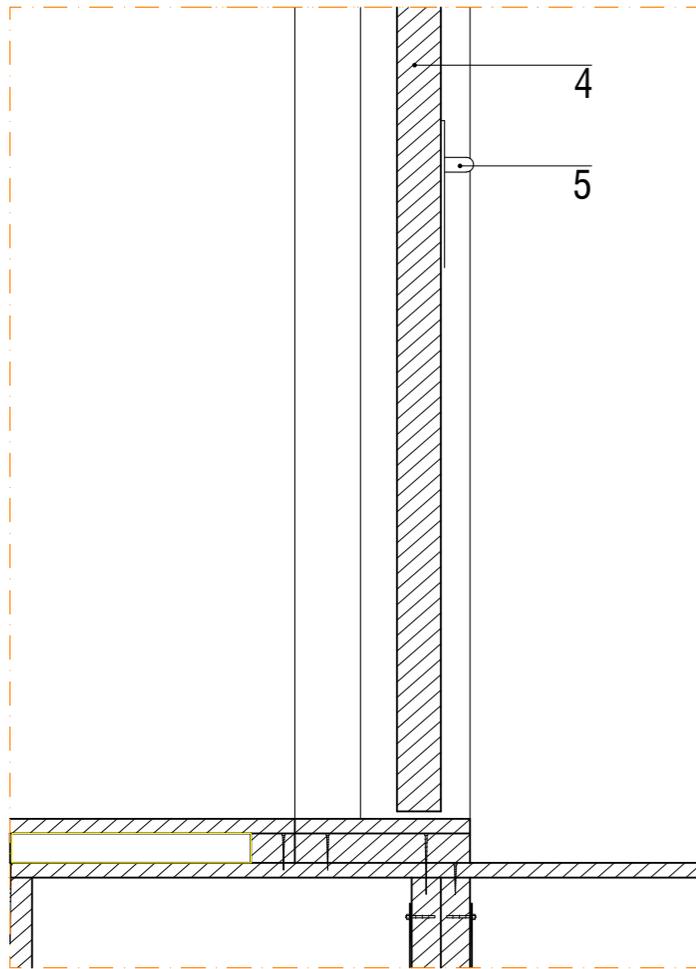
1. Trave reticolare
2. Tavolato in legno Tornillo 20 cm x 2,5 cm
3. Foglio di carta 0,1 mm (strato di separazione)
4. Strato isolante terra e paglia 18 cm - densità 600 kg/m³
5. Listello di protezione sulla testata della parete
6. Trave di bordo sezione 15 x 4 cm
7. Strato di riempimento in terra e paglia 18 cm densità 600 kg/m³
8. Strato di rinzafo in terra e paglia 15 mm
9. Strato di finitura in terra 5 mm
10. Cordolo in legno tornillo 2 x 20 cm
11. Pilastrri composti da listelli in legno Tornillo 4 x 4 cm
12. Trave composta di ancoraggio
13. Falso telaio
14. Coprifilo 0,5 x 5 cm
15. Telaio fisso
16. Porta 7 cm
17. Capriata reticolare
18. Listello fernategola 4 x 4 cm
19. Trave di sostegno
20. Tegola in terra cotta
21. Saetta 7 x 4 cm
22. Puntone composto (2 listelli 10 x 3 cm)
23. Tavolato in legno tornillo 15 x 2 cm

TRASMITTANZA TERMICA = 0,49 W/m²°C



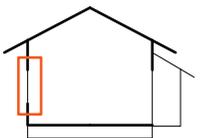
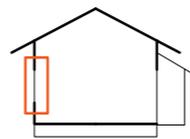
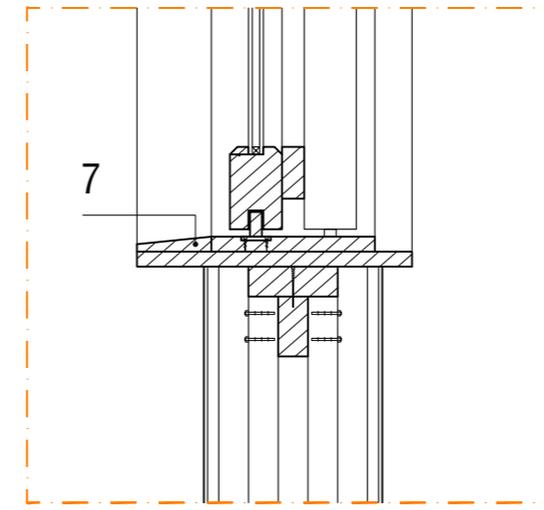
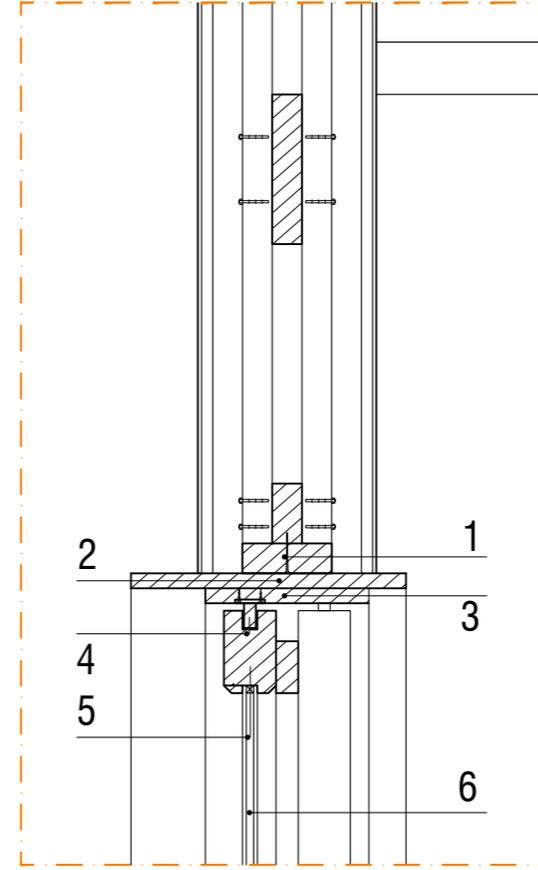
PORTA

1. Trave composta di ancoraggio
2. Controtelaio
3. Falso telaio
4. Porta in legno 7 cm
5. Maniglia



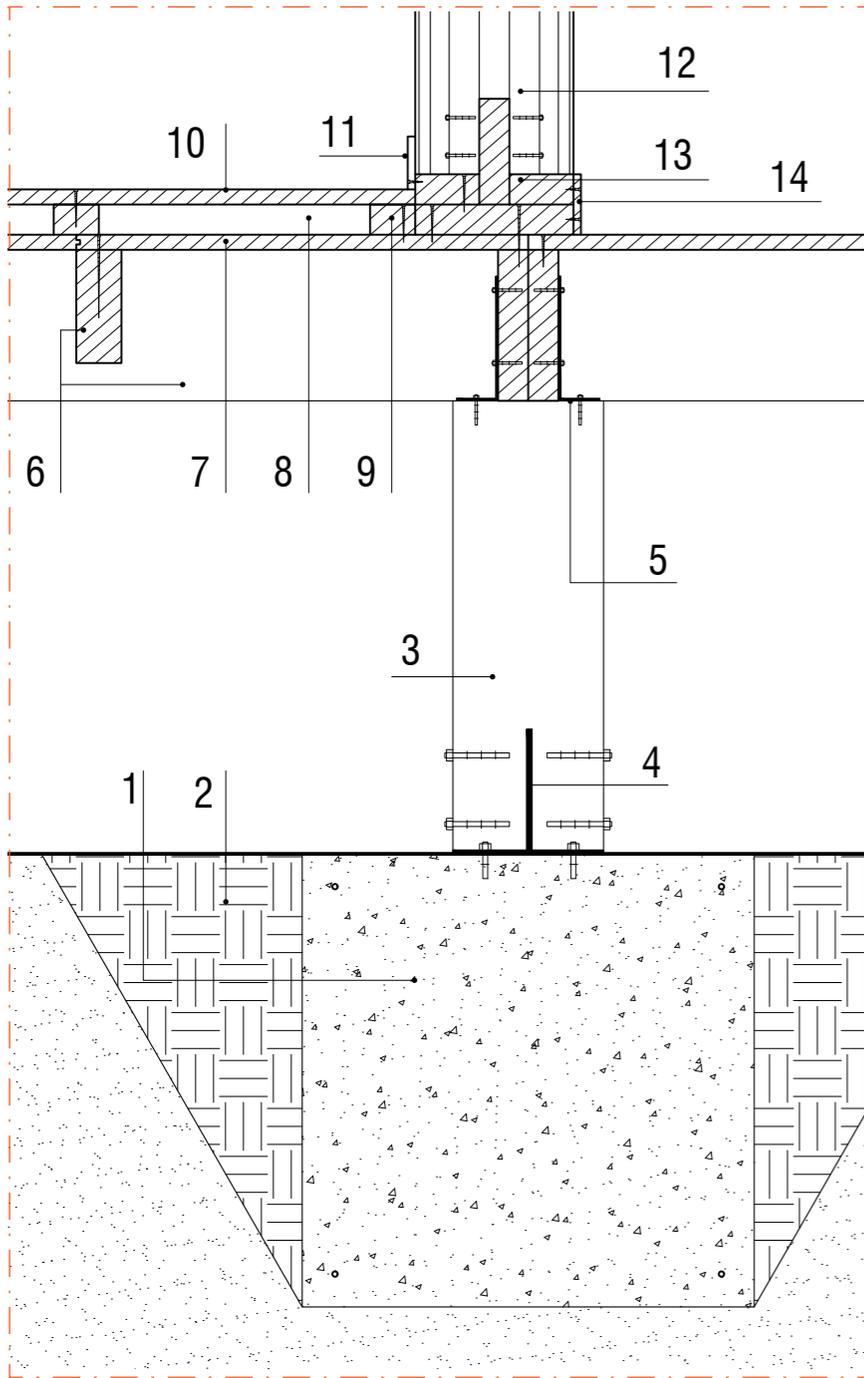
FINESTRA

1. Trave composta di ancoraggio
2. Controtelaio (serramento doppio scorrevole)
3. Falso telaio
4. Guida di scorrimento in legno
5. Telaio
6. Lastre di vetro 2 mm
7. Davanzale inclinato



0 5 10 20 30 50 cm

0 5 10 20 30 50 cm

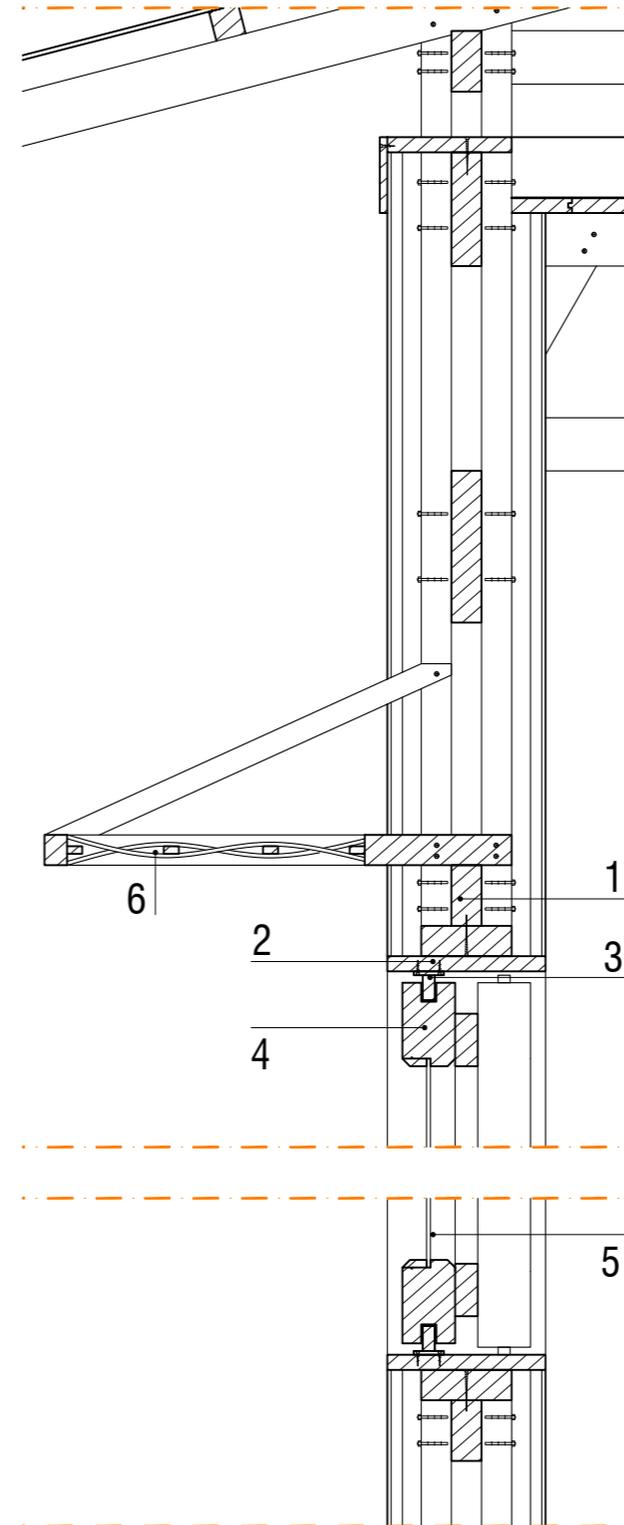


FONDAZIONI

1. Plinto di fondazione in c.l.s 60 cm x 60 cm
2. Terra di riempimento
3. Blocco ligneo di fondazione 30 x 30 x 60 cm
4. Piastra metallica a T
5. Piastra metallica a L
6. Travi in legno Tornillo, sezione 6 cm x 20 cm
7. Tavolato in legno Tornillo 20 cm x 4 cm
8. Strato isolante terra e paglia 4 cm - densità 800 kg/m³
9. Listelli di sostegno, sezione 4 cm x 4 cm
10. Tavolato in legno Tornillo, sezione 20 cm x 4 cm
11. Battiscopa in legno Tornillo, sezione 0.7 cm x 8 cm
12. Pilastro composto da listelli in legno Tornillo 4 x 4 cm
13. Trave composta di ancoraggio
14. Listello di protezione esterna in legno sezione 0.7 cm x 12 cm

0 5 10 20 30 50 cm

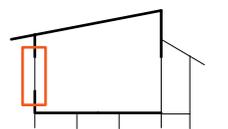
TRASMITTANZA TERMICA = 0,28 W/m²°C

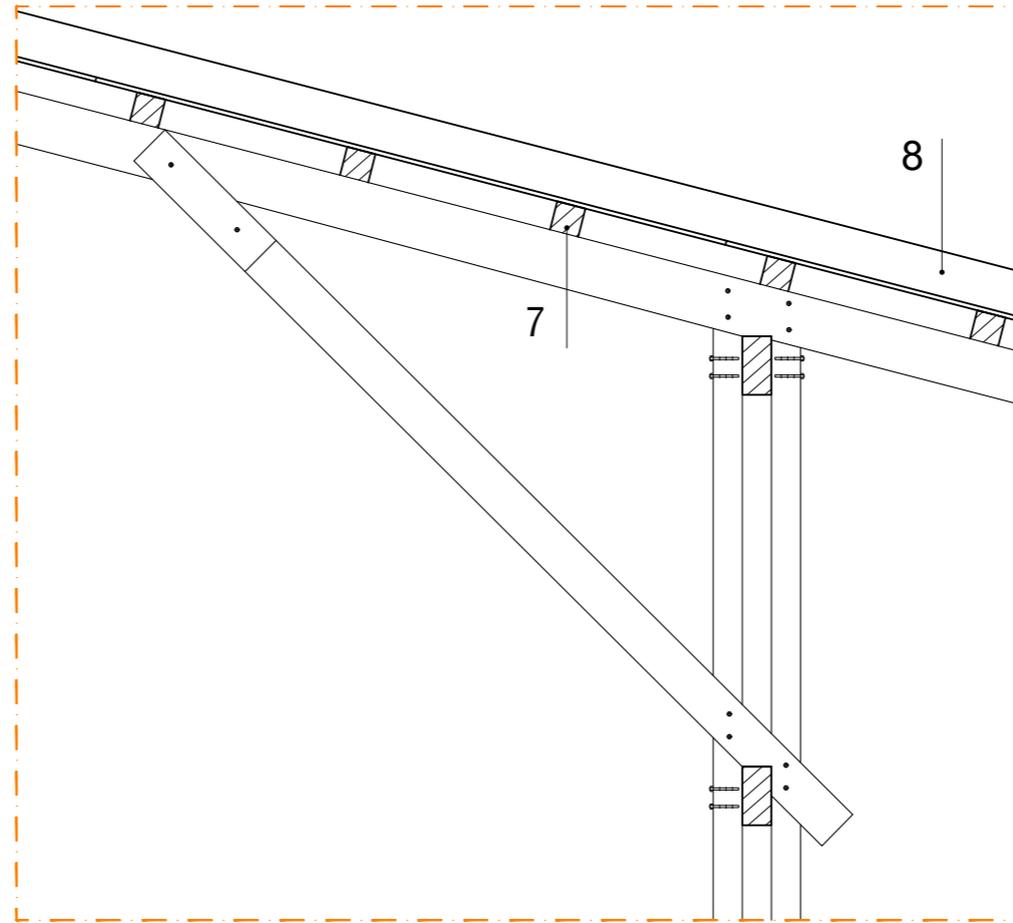
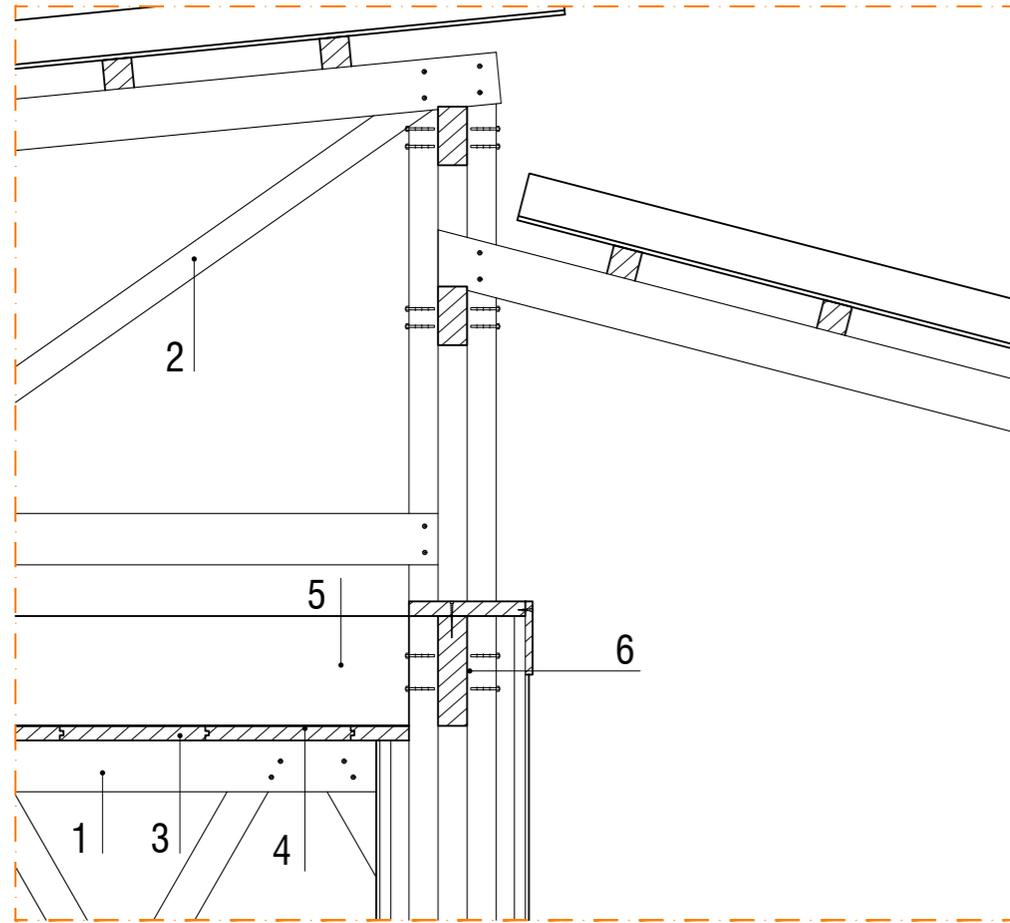


FINESTRA

1. Trave composta di ancoraggio
2. Controtelaio (serramento doppio scorrevole)
3. Guida di scorrimento in legno
4. Telaio
5. Lastra di vetro 2 mm
6. Parasole con canne intrecciate su telaio in legno

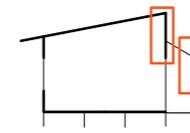
0 5 10 20 30 50 cm



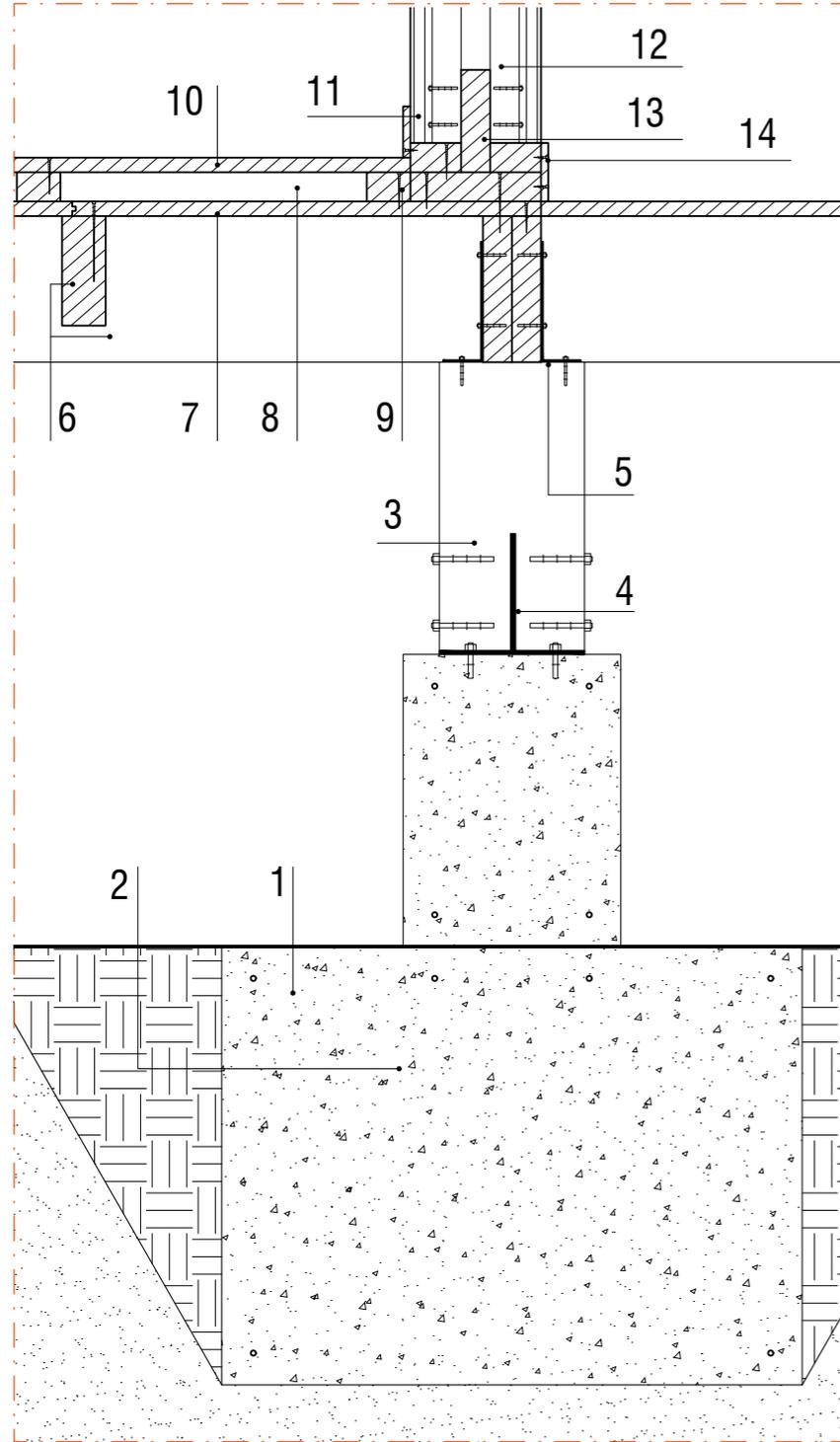


TETTO

1. Trave reticolare
2. Trave reticolare tetto
3. Tavolato in legno Tornillo 20 cm x 2 cm
4. Foglio di carta 0,1 mm (strato di separazione)
5. Strato isolante terra e paglia 18 cm - densità 1000 kg/m³
6. Trave in legno Tornillo 15 cm x 4 cm
7. Listelli in legno Tornillo 4 cm x 4 cm
8. Lastre ondulate in materiale di riciclo

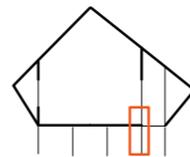


TRASMITTANZA TERMICA = 0,88 W/m²°C



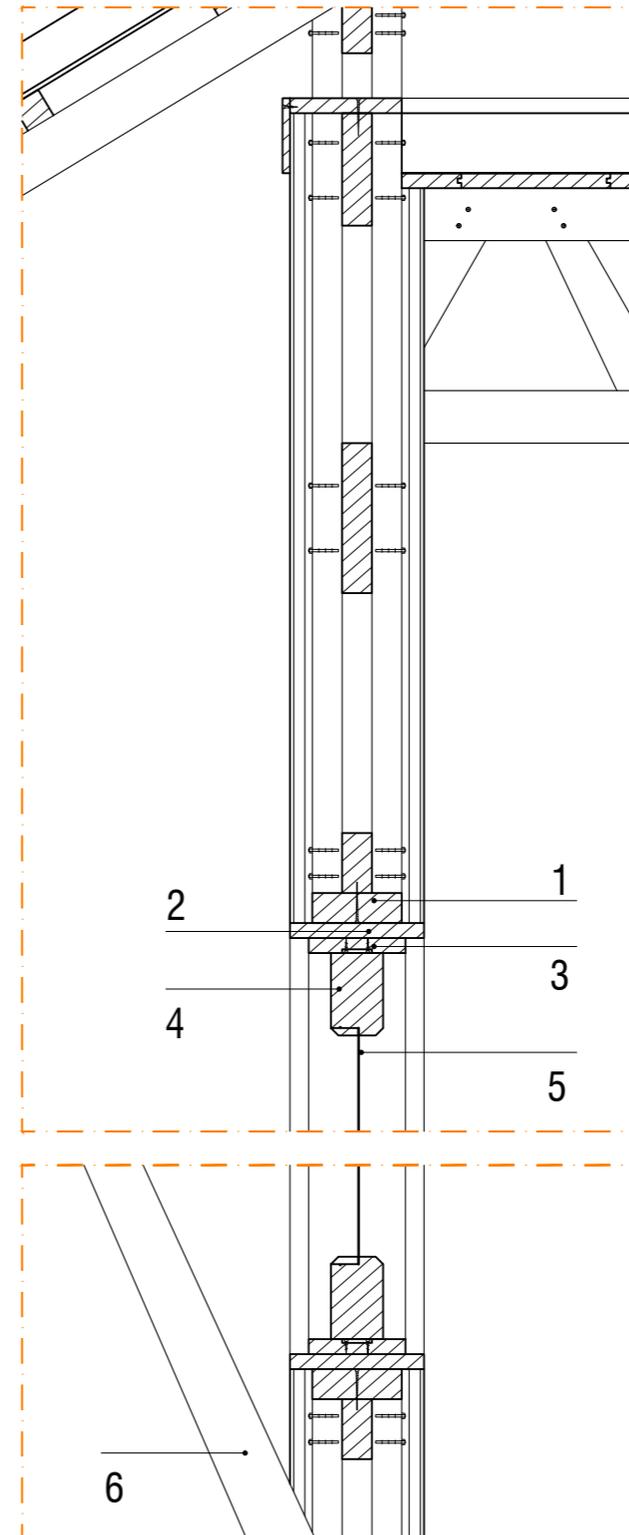
FONDAZIONI

1. Plinto di fondazione a T in c.l.s
2. Terra di riempimento
3. Blocco ligneo di fondazione 30 cm x 30 x 60 cm
4. Piastra metallica a T
5. Piastra metallica a L
6. Travi di fondazione in legno tornillo, sezione 6 x 20 cm
7. Tavolato in legno Tornillo 20 cm x 4 cm
8. Strato isolante terra e paglia 4 cm - densità 1000 kg/m³
9. Listelli di sostegno, sezione 4 cm x 4 cm
10. Tavolato in legno Tornillo, sezione 20 cm x 4 cm
11. Battiscopa in legno Tornillo, sezione 0.7 cm x 8 cm
12. Pilastro composto da listelli in legno Tornillo 4 x 4 cm
13. Trave composta di ancoraggio
14. Listello di protezione esterna in legno di Tornillo, sezione 0.7 cm x 12 cm



0 5 10 20 30 50 cm

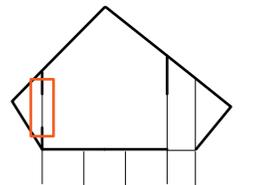
TRASMITTANZA TERMICA = 0,39 W/m²°C

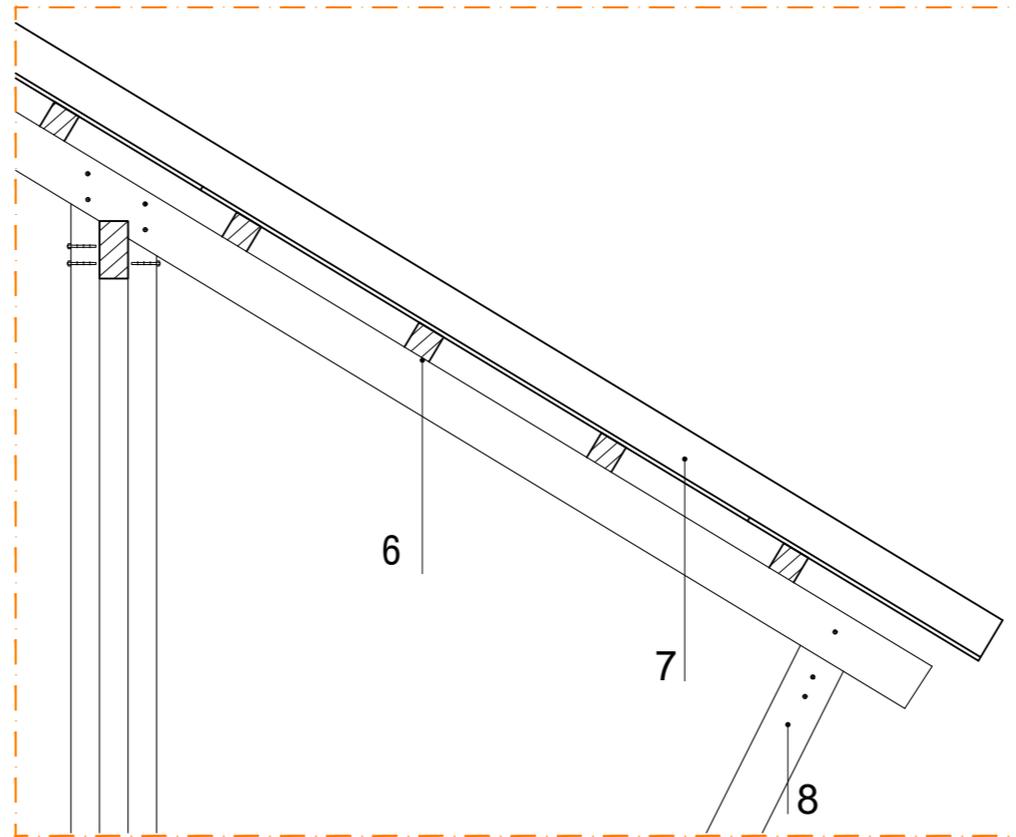
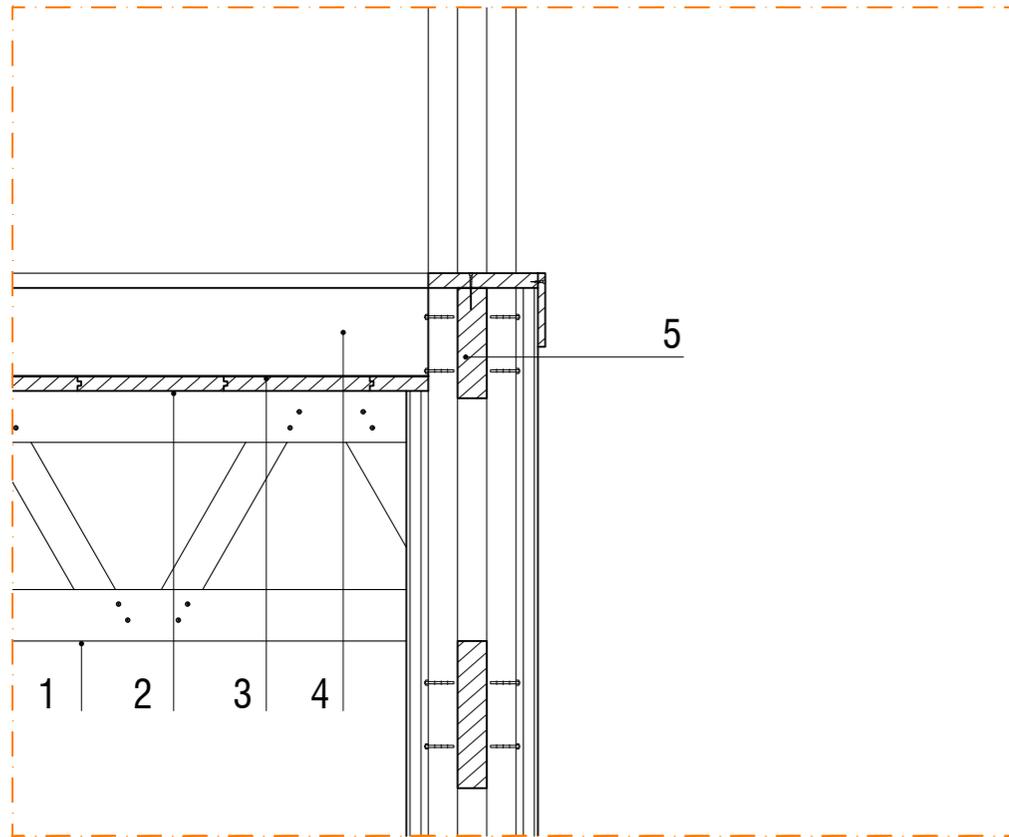


FINESTRA

1. Trave composta di ancoraggio
2. Controtelaio
3. Falso telaio
4. Telaio fisso
5. Telo anti-insetti 0,5 mm
6. Diagonale composta 4 cm x 7 cm

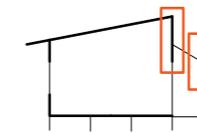
0 5 10 20 30 50 cm





TETTO

1. Trave reticolare
2. Tavolato in legno Tornillo 20 cm x 2 cm
3. Foglio di carta 0,1mm (strato di separazione)
4. Strato isolante terra e paglia 12 cm _ densità 1000 kg/m³
5. Trave in legno tornillo 15 cm x 4 cm
6. Listelli in legno Tornillo 4 cm x 4 cm
7. Lastre ondulate in materiale di riciclo
8. Diagonale composta in legno Tornillo 7 cm x 4 cm



TRASMITTANZA TERMICA = 1,14 W/m²°C

I dettagli costruttivi presentati dimostrano come la tecnica della terra alleggerita, con una struttura portante in legno, permette di articolare un sistema adattabile alle diversità climatiche e geografiche del Perù. Ciascun dettaglio dimostra una configurazione che risponde alle precise condizioni ambientali e di disponibilità dei materiali. Da un lato si mantiene l'essenza dell'architettura in terra, riflettendo millenni di cultura, dall'altro si apportano innovazioni che permettono un miglioramento seppur con materie prime semplici.

I dettagli dimostrano il tentativo di equilibrio tra continuità e innovazione, con un processo costruttivo che riduce la vulnerabilità rispetto agli eventi catastrofici del territorio.

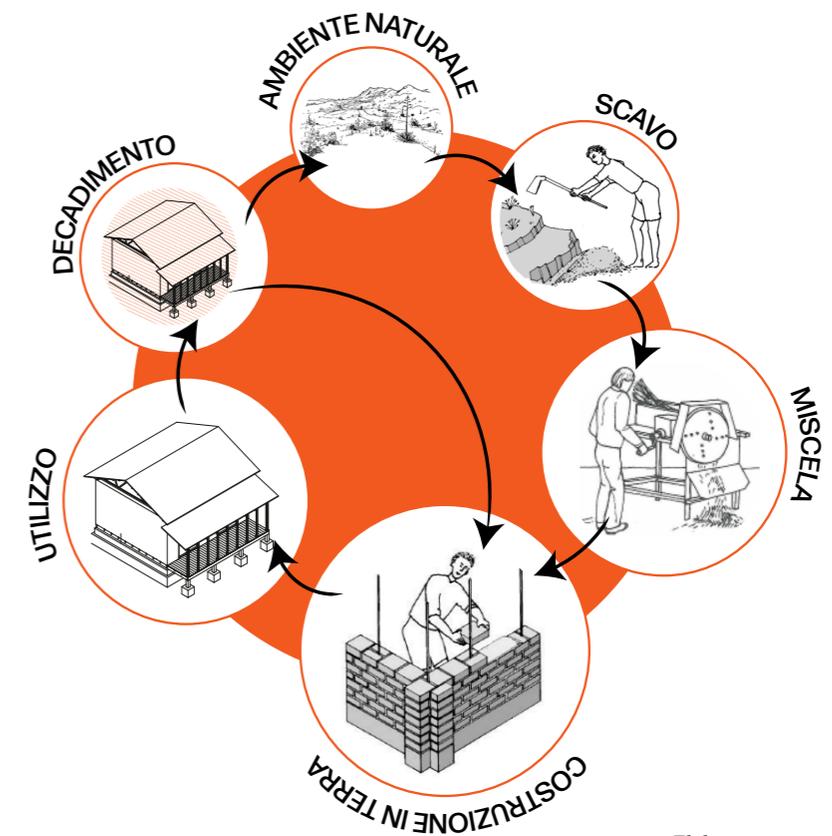
6.5 Manutenzione, durabilità e ciclo di vita

Il ciclo di vita delle costruzioni in terra alleggerita è caratterizzato da un'ottima sostenibilità ambientale, dovuta dall'impiego di materie prime la cui origine e termine coincidono: l'ambiente naturale. Sono architetture che rispettano una circolarità, delineando la tecnica della terra alleggerita come una delle tecniche con minor impatto ambientale.

La terra è una risorsa naturale disponibile localmente, con un livello minimo di energia incorporata e senza necessità di processi di industrializzazione, riducendo quindi l'impatto causato da questa fase di approvvigionamento del materiale. La paglia è un sotto prodotto agricolo naturale, con cicli di produzione annuali, è un materiale rinnovabile e con ampia disponibilità nel territorio peruviano, così come la totora, reperibile in diverse aree palustri del Perù. L'insieme di questi materiali permette di configurare un sistema costruttivo di energia incorporata estremamente bassa, solo il legno è sottoposto a processi industriali per essere utilizzato a livello costruttivo. Nonostante ciò, rimane una tecnica in cui i materiali al termine di vita utile dell'edificio tornano in natura, essendo tutti biodegradabili.

Le caratteristiche termiche, come visto fin ora, non richiedono un dispendio energetico per sistemi di riscaldamento. La capacità di autoregolazione termica permette quindi di ridurre al minimo i consumi, in ogni variante del modulo. Nonostante i molteplici vantaggi che la terra alleggerita detiene, un'importante criticità è la manutenzione delle pareti, soprattutto del rivestimento esterno. A differenza dei sistemi costruttivi con materiali industriali, che puntano ad una durabilità senza manutenzione ciclica, gli edifici in terra-paglia necessitano di una manutenzione costante. La manutenzione periodica allo stesso tempo favorisce l'interazione dei membri della comunità, uniti in attività collettive che favoriscono un interscambio di saperi locali.

La costruzione in terra e paglia è a tutti gli effetti una tecnica che risponde alle esigenze di circolarità attuali, garantendo contemporaneamente un elevato comfort ambientale e definendo un equilibrio tra abitare e preservare il territorio.



Elaborazione propria

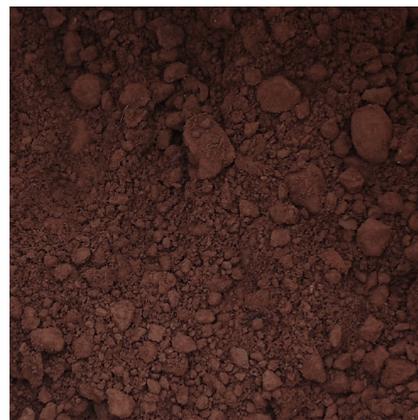


Foto 1-2-3-4

Foto dell'autrice

1. Terra di Andahuaylillas
2. Terra di Lima
3. Terra di Lima
4. Terra di Fondi

Le diverse terre provenienti da luoghi differenti mostra come sia un materiale disponibile ovunque, con le dovute accortezze nell'utilizzo.

IL SUONO COME MATERIA

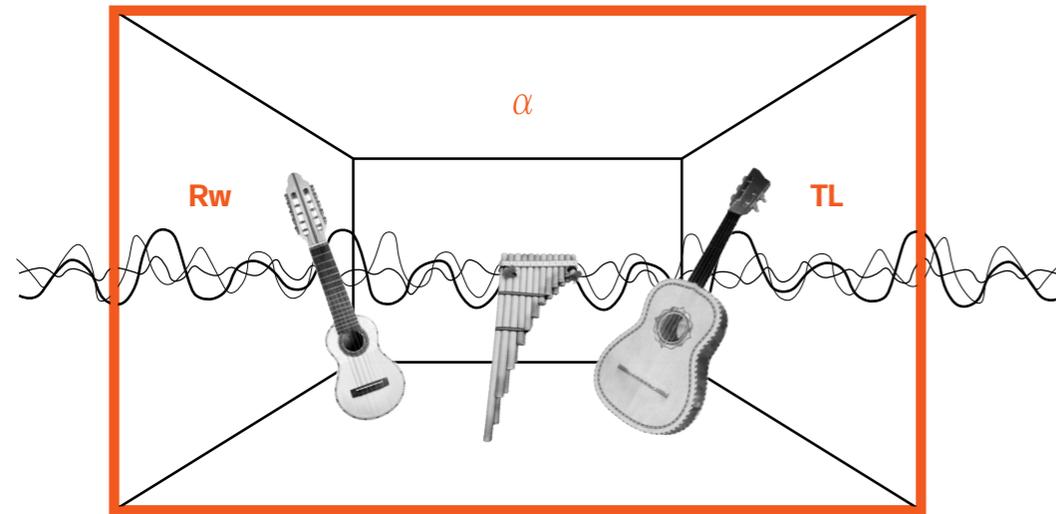
Interpretazione degli indici acustici per il sistema costruttivo

“El ritmo es energía y la energía es vida.”

“Il ritmo è energia e l'energia è vita.”

*Santa Cruz, V. Ritmo: el eterno organizador.
Lima: Petroperú. 2004.*

ACUSTICA PER L'EDUCAZIONE MUSICALE



Il seguente capitolo introduce la dimensione acustica del modulo in terra e paglia, un modulo che, come descritto, è inteso come un luogo dove l'architettura possa rispondere all'educazione musicale nei contesti rurali. Nei primi capitoli si è compreso come la musica in Perù è un aspetto centrale nella vita quotidiana, nella memoria collettiva e nelle forme di partecipazione comunitaria, nonostante l'infrastruttura pedagogica non sia di sostegno nel mantenimento attivo del patrimonio musicale. Difatti la centralità che la musica assume nella vita peruviana si contrappone alla precarietà degli spazi in cui le pratiche si svolgono: aule scolastiche non adeguate, ambienti di ripiego non pensati e tanto meno costruiti per l'ascolto, la concentrazione o la riproduzione musicale.

Il lavoro di campo descritto nei capitoli 3 e 4 ha evidenziato in forma sistematica la carenza di spazi. Le attività musicali si sviluppano su spazi duri, di cemento, con volumi poco controllati, freddi e rumorosi. Nei capitoli 4 e 5 è stato definito un sistema costruttivo flessibile, capace di adattarsi alle distinte regioni climatiche con accorgimenti tecnici che garantiscono il comfort con materiali naturali. Nei capitoli precedenti il focus è stato l'aspetto termico, punto dolente soprattutto nella regione andina, soggetta a condizioni climatiche più rigide. La dimensione acustica risulta altresì un elemento importante per la definizione di uno spazio funzionale, ugualmente si sottolinea come la finalità non sia progettare un ambiente super performante. Il progetto del modulo non pretende risolvere gli aspetti acustici nella sua totalità, che necessiterebbero di figure specializzate, ma comprendere quanto il modulo pensato con materiali locali e tecniche a basso impatto ambientale possa offrire condizioni sonore adeguate all'insegnamento musicale, apportando accorgimenti che possano migliorare, con le risorse a disposizione, le prestazioni acustiche.

Una delle aspirazioni espresse dalla popolazione nel lavoro di campo risiede nel desiderio di uno spazio flessibile, che possa funzionare anche da sala di registrazione rurale. È stata espressa la necessità di registrare canzoni locali, canti religiosi e espressioni in lingua madre, desideri vincolati con la volontà di mantenere viva la memoria sonora delle comunità, risvegliando il desiderio di appartenenza delle nuove generazioni. Sulla base di ciò, il modulo potrà adattarsi, con i limiti di una progettazione non specializzata, in una sala "one-room studio", in cui si interpreta e registra in uno stesso ambiente. In questo senso il modulo potrà essere inteso come un dispositivo di conservazione e protezione del patrimonio musicale.

Il capitolo si focalizza dapprima sugli aspetti rilevanti in ambito acustico, vengono esplicitati i parametri e il criterio di valutazione del modulo in terra e paglia, successivamente si descrivono nello specifico le proprietà attese, approfondite poi nel capitolo 8.

7.1 Aspetti acustici rilevanti per le prestazioni del modulo

Per comprendere quanto il modulo possa essere adattabile a differenti funzioni, è importante definire i parametri generali indicativi del comfort. I fattori con cui si indica il raggiungimento del comfort acustico sono molteplici e non verranno tutti analizzati. La "Guía de Diseño de Espacios Educativos del Ministerio de Educación del Perú" raccomanda per aule e ambienti pedagogici un tempo di riverbero che varia tra 0,9 e 1,0 s con un livello di massimo di rumore di fondo interno pari a 40-45 dB.¹ Inoltre, viene sottolineata l'importanza di un buon isolamento con l'esteriore e tra ambienti confinanti. La pratica strumentale esige un'intensa attività celebrale che rende sensibile l'ascolto sia per gli studenti che per gli insegnanti.² Nel capitolo non verranno considerati i suddetti indicatori, bensì ci si concentrerà sul fattore R_w , l'indice del potere fonoisolante apparente, TL , transmission loss, e α , coefficiente di assorbimento acustico.

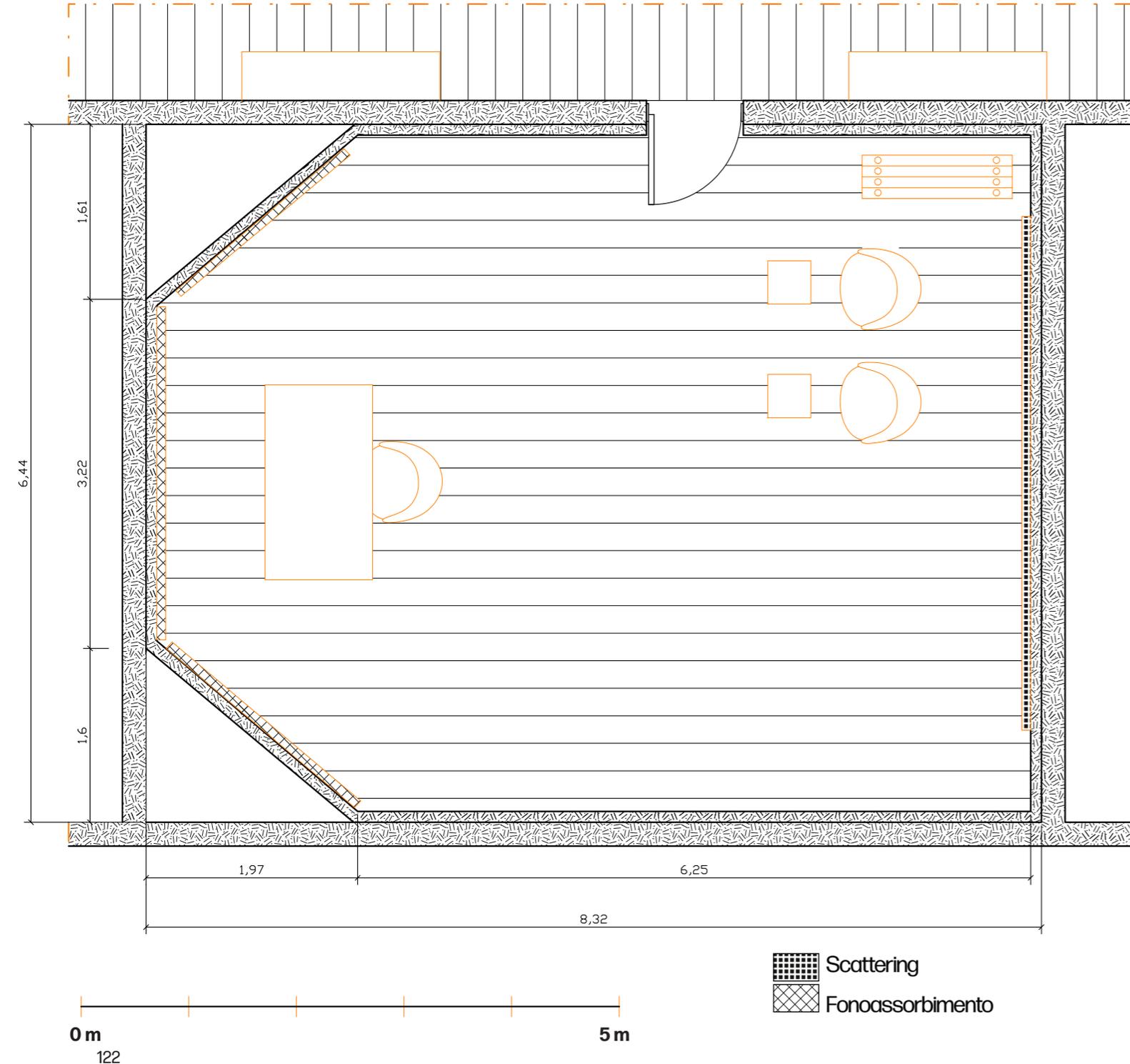
Dal punto di vista geometrico il modulo, come visto precedentemente, è organizzato su una pianta rettangolare, con dimensioni approssimative di 8,6 m di larghezza e 6,2 m di profondità, con un'altezza di circa 3 m. Il volume complessivo di circa 165 m³. Dimensioni che rispettano i suggerimenti delle linee guida e riflettono un'affluenza di 15-20 persone.³ La relazione tra superficie e altezza rientra nelle proporzioni considerate accettabili per aule adibite a pratiche musicali, dove una forma rettangolare migliora le prestazioni spaziali.⁴

1 Perú. Ministerio de Educación. Dirección General de Infraestructura Educativa. *Guía de Diseño de Espacios Educativos: Acondicionamiento de locales escolares al nuevo modelo de Educación Básica Regular. Primaria y Secundaria*. Perú: Ministerio de Educación del Perú. 2015
 2 Koskinen, H. et al. *Facilities for music education and their acoustical design*. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics. 2010
 3 Aslan, M. et al. *Computational investigation of acoustical performance of multipurpose music classrooms*. Applied Acoustics. 2020

Tabella che mostra le necessità di isolamento secondo la funzione dell'ambiente
 Elaborazione propria

Tipo di spazio	Uso principale	Bande di frequenza critiche	Esigenza di isolamento	Criteri acustici chiave / Implicazioni costruttive
Aula di insegnamento musicale standard	Lezioni con archi, legni, alcuni ottoni e percussioni leggere	500–2000 Hz (parlato e definizione timbrica)	Alta	Buon isolamento tra le aule; assorbimento moderato in banda media; pareti con totora.
Aula corale / spazio per la voce	Canto individuale e corale	~100–1200 Hz (fondamentali) + 2–3 kHz (formante)	Alta	Chiarezza della parola e sostegno sonoro equilibrato; evitare eccesso di assorbimento alle alte frequenze.
Sala di registrazione tipo one-room	Esecuzione e ascolto/registrazione in un unico volume	250–4000 Hz (a seconda della sorgente: voce + strumenti)	Massima	Alto isolamento verso l'esterno e tra i moduli; controllo accurato delle aree assorbenti/riflettenti.
Laboratorio di liuteria	Lavoro manuale e ascolto puntuale degli strumenti in costruzione	500–2000 Hz (ascolto di dettaglio, non uso continuo)	Intermedia	R_w moderato sufficiente; alcuni elementi assorbenti/diffondenti locali; pareti senza totora accettabili.
Spazi di servizio (bagni, corridoi, depositi)	Servizi e circolazione	Non ci sono bande critiche specifiche	Bassa	Separazione di base rispetto alle aule; si possono usare le stratigrafie meno performanti, senza totora.

**DISPOSIZIONE TIPO SALA DI REGISTRAZIONE
_PIANTA IN SCALA 1:50**



Sulla base rettangolare si inserisce una deformazione di forma poligonale per adattare il modulo alla funzione di sala di registrazione, con pareti oblique di circa 1,5 m. Questa operazione permette di ridurre la presenza di superfici perfettamente parallele lungo l'asse longitudinale della stanza.⁵ In questa sala "one-room" la geometria permette di includere in un unico ambiente una zona di registrazione e una zona di produzione del suono, sia con strumenti musicali sia con voci. La conformazione della sala cerca di definire un campo sonoro equilibrato con accorgimenti rispetto le stratigrafie delle pareti affinché si migliori l'intelligibilità dei suoni.

Coerentemente con il contesto rurale e con le risorse economiche, il fine non è raggiungere una sala super performante, ma definire un compromesso ragionevole rispetto ai comfort desiderati. L'isolamento delle pareti perimetrali e divisorie permette di creare spazi di pratica e registro dei saperi musicali, senza interferire con le altre attività, nel caso in cui vi siano più moduli ravvicinati, come avviene nel caso di Andahuayllillas, dove, con la ripetizione del modulo si presentano spazi confinanti in cui è possibile svolgere più attività contemporaneamente. Il sistema provvede all'isolamento acustico delle pareti, tenendo conto di eventuali limiti prestazionali dei materiali utilizzati, che non rispecchiano pienamente i canoni di materiali industrializzati, facilmente categorizzabili essendo prodotti con componenti artificiali.

L'insieme delle decisioni geometriche permettono un adattamento dello spazio a differenti funzioni, rispondendo alle esigenze rispetto agli ambienti pedagogici nel contesto peruviano e facilitando l'uso dello spazio come dispositivo di registro della memoria sonora delle comunità. Nei prossimi paragrafi si porrà l'attenzione sugli aspetti considerati nell'indagine esplorativa, rispetto ai parametri tecnici analizzati per verificare la qualità acustica del modulo.

⁵ Cox, T. J., & D'Antonio, P. Acoustic absorbers and diffusers: Theory, design and application (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press. 2009

7.2 Parametri e processo di valutazione

Il sistema terra-paglia potrebbe essere analizzato secondo tre parametri che permetterebbero l'adattamento degli ambienti secondo la specifica funzione: isolamento, assorbimento e diffusione. Verranno approfonditi unicamente i primi due.

TL: La Transmission Loss, o indice di potere fonoisolante, esprime in decibel la differenza tra la potenza sonora incidente su un elemento costruttivo e quella trasmessa attraverso di esso. Indica quanto il componente ostacola il passaggio del suono per via aerea. (Cox & D'Antonio, 2009)

Rw: L'indice del potere fonoisolante R_w è un valore espresso in dB che rappresenta la curva di $R(f)$ di un elemento edilizio. È determinato secondo la norma ISO 717-1 confrontando la curva misurata con una curva di riferimento normalizzata. Rappresenta in forma sintetica le prestazioni di isolamento acustico del componente. (ISO 717-1)

Isolamento: dalla stratigrafia agli indici TL e R_w

La funzione principale dell'isolamento è limitare la propagazione del rumore tra l'aula e l'esterno o tra aule confinanti. Quando un'onda sonora incide su una parete, parte dell'energia viene riflessa, parte viene dissipata all'interno del materiale e una porzione viene trasmessa raggiungendo l'altra parte della parete.

Nel caso in cui una parete può essere considerata come una partizione semplice, cioè un'unica lastra rigida infinitamente estesa, il comportamento acustico può essere approssimato mediante la legge della massa. In questo caso, la quantità di energia trasmessa - e l'andamento dell'indice di riduzione sonora - viene stimata in modo ideale.⁶

$$R(f) \approx 20 \log_{10}(m \cdot f) - 47 \quad [\text{Equazione n°1}]$$

($R(f)$ corrisponde all'indice di riduzione sonora in decibel, m la massa superficiale espressa in kg/m^2 , f la frequenza espressa in Hz)

La legge della massa è un'approssimazione valida solo in un intervallo limitato di frequenze medio-alte, nella realtà entrano in gioco altri fenomeni: la frequenza critica e la perdita per i bordi dei pannelli con specifiche dimensioni.

Con la legge della massa viene descritto il comportamento, secondo cui, più un materiale è pesante meglio isola dal rumore. Questo perché la parete si comporta come una lastra attraversata da onde elettromagnetiche, quindi più la lastra risulta essere pesante meno sarà soggetta a vibrazioni, meno il suono viene trasmesso. Ciò permette di prevedere che i muri in terra cruda con una maggiore densità hanno un migliore isolamento acustico, che tende ad aumentare con lo spessore. Ad ogni modo, la legge della massa è indicativa, non tiene conto di ulteriori fenomeni legati all'isolamento acustico.

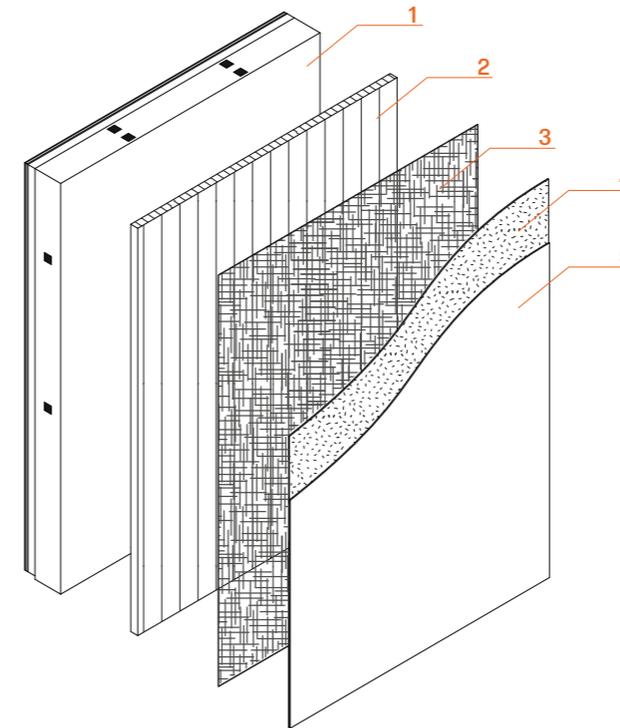
Nelle soluzioni in cui si prevedono più strati per una parete, è possibile migliorare le prestazioni con l'inserimento di una cavità elastica, il **sistema massa-molla-massa**, dove la molla rappresenta lo strato che ammortizza le onde grazie alla propria porosità.⁷

⁶ Cox, T. J., & D'Antonio, P. Acoustic absorbers and diffusers: Theory, design and application (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press. 2009

[Equazione n°1] Ibid.

⁷ Ibid.

FONOSOLAMENTO



LEGENDA STRATIGRAFIA

MASSA

1. Parete in terra alleggerita con paglia di grano
Spessore 18 cm

MOLLA

2. Intercapedine di totora
Spessore 4 cm

MASSA

3. Luta di supporto per lo strato di finitura
Spessore 0,3 cm
4. Strato di rinforzo in terra alleggerita con paglia di grano
Spessore 1,5 cm
5. Intonaco in terra
Spessore 0,5 cm

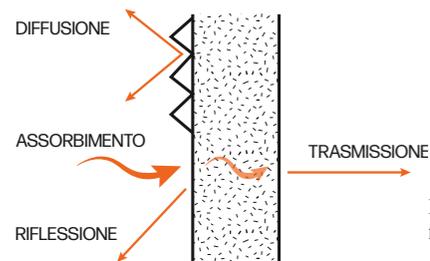
Esploso assometrico stratigrafia tipo con sistema fonoisolante
Elaborazione propria

Nel caso in cui si includa la totora all'interno della stratigrafia si può definire una parete formata da due strati separati da una cavità secondo il sistema massa-molla-massa, la fibra in questo caso attuerebbe come materiale poroso.

Per caratterizzare con fini esplorativi e quantitativi la capacità di isolamento sonoro si indagano due parametri in particolare: TL e R_w . Il Transmission Loss, TL, è definito come la differenza tra il livello di pressione sonora incidente sulla parete e quello trasmesso al lato opposto, viene espresso in decibel in funzione della frequenza. Nel capitolo 8 verrà trattato nello specifico lo studio del TL con il tubo di impedenza. Inoltre verrà calcolato l'indice R_w , l'indice del potere fonoisolante, che rappresenta la capacità da parte di un elemento costruttivo di attenuare il rumore aereo. L'indice R_w verrà calcolato con il software INSUL,⁸ verrà descritto nello specifico nel capitolo 8.

Nel modulo proposto il sistema si fonda sull'impiego della terra alleggerita con paglia, pertanto la valutazione si concentrerà sulle stratigrafie descritte, variandone spessori, densità e alternanza di strati per comprendere eventuali ottimizzazioni.

⁸ <https://www.insul.co.nz/> [consultato il 03/12/2025]



Interazione dell'onda sonora con una parete: riflessione, assorbimento, diffusione e trasmissione
Elaborazione propria

Assorbimento: il coefficiente α

L'assorbimento acustico regola il comportamento del suono all'interno dell'ambiente. Il parametro di indagine è il coefficiente di assorbimento α , adimensionale e compreso tra 0 e 1. Il parametro esprime quanto un materiale è in grado di assorbire l'onda sonora rispetto a quanta energia riflette. Con un valore vicino allo 0 la superficie tende ad essere riflettente, mentre per un valore vicino ad 1 la superficie tende ad essere assorbente. Quando un materiale è più poroso, la sua capacità di assorbimento acustico tende ad aumentare, l'onda sonora penetra nei pori e perde energia per attrito viscoso e scambi termici con le pareti del materiale, riducendo la quantità di energia riflessa.

I valori di α si otterranno con misurazioni nel tubo di impedenza, che permettono di determinare il coefficiente di assorbimento attraverso dei provini.

Viene proposta una stratigrafia sulla combinazione di strati in aggiunta alla stratigrafia di base. Viene definita un'ulteriore struttura di supporto agganciata alla struttura di base (riprodotta già nel prototipo in scala 1:1) a cui si agganciano i pannelli fonoassorbenti. In questo caso i pannelli, formati da fibre vegetali, definiscono un apparato in cui per attrito viscoso si ha una perdita termica e una dissipazione delle onde sonore.

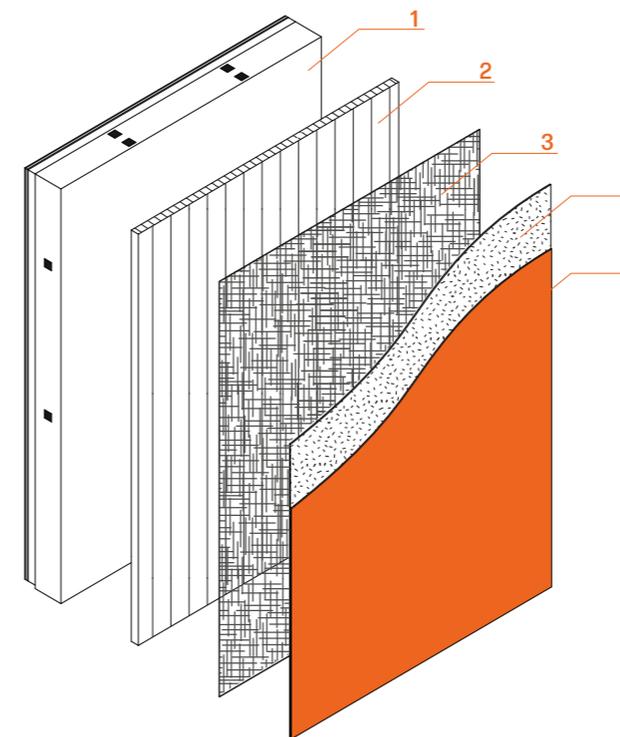
Diffusione e scattering

Il terzo parametro considerabile per un confort sonoro, nel caso in cui il modulo venga adibito a sala di registrazione, è la diffusione del suono. L'assorbimento riduce l'energia sonora, il fenomeno della diffusione si occupa di rispondere ad un'omogenea diffusione spaziale, diffondendola in tutte le direzioni, evitando riflessioni puntuali e concentrate.

La diffusione può essere raggiunta grazie all'impiego di geometrie irregolari tridimensionalmente. La terra per la sua versatilità plastica può essere utilizzata per creare sporgenze utilizzando la tecnica del rilievo, creando forme organiche o più regolari.

Viene creata una variazione di profondità sulle pareti, compatibile con le tecniche costruttive locali. Si potrebbe pensare ad un disegno che riproduca una simbologia che richiami simboli specifici che rispecchiano la cultura locale, secondo la tradizione del luogo in cui il modulo è installato. All'interno del capitolo non verrà approfondito in modo specifico il fenomeno dello scattering unicamente presente un'ipotesi sulla composizione della stratigrafia.

SCATTERING



LEGENDA STRATIGRAFIA

MASSA

- 1. Parete in terra alleggerita con paglia di grano
Spessore 18 cm

MOLLA

- 2. Intercapedine di totora
Spessore 4 cm

MASSA

- 3. Luta di supporto per lo strato di finitura
Spessore 0,3 cm
- 4. Strato di rinzafo in terra alleggerita con paglia di grano
Spessore 2 cm
- 5. Intonaco in terra con rilievi
Spessore 3 cm

Esploso assonometrico stratigrafia tipo con sistema di scattering
Elaborazione propria



Foto 1: Richiami al deserto

Fonte: isabellabreda.it

Intonaco decorativo con tecnica del rilievo



Foto 2: Rilievo decorativo esterno dalle forme organiche

Fonte: [@buidnaturally \(instagram.com\)](https://www.instagram.com/buidnaturally)

Rivestimento allo stato grezzo, privo di strato di rifinitura

Processo di valutazione

I parametri descritti non sono stati tutti oggetto di approfondimento, il focus è ricaduto sull'indice del potere fonoisolante, sul TL e su α . Per far ciò è stata definita una fase iniziale di revisione bibliografica che ha permesso di comprendere il range di questi fattori rispetto alla terra alleggerita. Successivamente sono state effettuate le misurazioni con il tubo di impedenza, determinando il coefficiente di assorbimento e il transmission loss. Al termine di ciò sono state prodotte le simulazioni con INSUL, per le quali è stata effettuata una ricerca bibliografica per individuare i parametri come modulo di Young e la resistenza al flusso dell'aria, necessari per effettuare le simulazioni. Alcuni di questi parametri sono stati oggetto di approssimazioni come descritto di seguito.

Le prove di assorbimento con il tubo di impedenza permettono di avere un range di frequenza a cui rispondere per ospitare una determinata funzione, di seguito verranno analizzati gli intervalli di riferimento.

Con questa base, le soluzioni con un coefficiente di assorbimento alto tra 500-2000Hz si considerano adeguati alla funzione di aula d'insegnamento. Nello specifico sarebbe utile un buon assorbimento per le frequenze basse 200-500 Hz nelle aule in cui vengono maggiormente gli strumenti gravi o le percussioni.

Sorgente sonora	Intervallo principale approssimativo	Note rilevanti
Parlato / intelligibilità	500–4000 Hz	Banda chiave per la chiarezza della parola
Voce cantata	100–1200 Hz (fondamentali) + 2–3 kHz (formante)	Formante del cantante intorno a 2–3 kHz
Archi e fiati	125–4000 Hz	Range ampio con armoniche in alta frequenza
Percussioni	Molto ampio, con energia in gravi e alte	Eccitano sia basse che alte frequenze

Tabella che mostra l'intervallo di frequenze a seconda della sorgente che emette il suono
Elaborazione propria

Con questa base, le soluzioni con un coefficiente di assorbimento alto tra 500-2000Hz si considerano adeguati alla funzione di aula d'insegnamento. Nello specifico sarebbe utile un buon assorbimento per le frequenze basse 200-500 Hz nelle aule in cui vengono maggiormente gli strumenti gravi o le percussioni.

7.3 Abaco dei materiali e stratigrafie di riferimento

Dopo aver chiarito le linee guida a livello geometrico e funzionale del modulo in terra alleggerita, verrà di seguito introdotto un abaco di riferimento con stratigrafie, che permettono di interpretare i risultati di laboratorio con il tubo di impedenza e le simulazioni di INSUL. Il proposito è definire un range rispetto alle prestazioni con riferimenti a casi studio.

È stato inizialmente analizzato lo stato dell'arte riportato nella tesi di dottorato "La terre crue à l'épreuve des ambiances sonores: Un dialogue entre la mesure physique et les expériences sensibles"⁹ dedicata all'isolamento acustico di scuole realizzate con la terra nel territorio francese. Nella tesi vengono sistematizzati alcuni indici acustici (R, Rw, R'w) rispetto a differenti tecniche, indicando risultati provenienti da prove in situ, prove di laboratorio e calcoli.

⁹ Miranda Santos, M. *La terre crue à l'épreuve des ambiances sonores: Un dialogue entre la mesure physique et les expériences sensibles* (Tesis doctoral, École Centrale de Nantes & Universitat Politècnica de Catalunya – BarcelonaTech). Barcellona: HAL archives ouvertes. 2022

Technique	Enduit intérieur	Enduit extérieur	ρ (kg/m ³)	ép. mur (cm)	R (dB)	Rw / Rw (C;Ctr) (dB)	Rw' (dB)
Pisé	-	-	1600-2200	20 - 60	de 57,0 à 58,3 (57 / 57,9* / 58,3)	de 50 à 57 (53/ 55 / 57 / 57 / 50)	de 56 à 57 (56 / 57 / ≥57)
	oui	oui	1900	50			57*
Bauge	oui	oui	1500	60			57*
Briques (BTC / Adobe / Brique extrudée)	-	-	1200-1950	9,5 - 36		de 41 à 54 (44 (-1;-3) / 47 (-1;-4) / 54 (-2;-6) / 41 / 50 / 50)	de 51 à 57 (51* / 56*)
	oui	oui	1700	50			57*
Torchis / Terre allégée	oui	oui	600-1200	10 - 35			de 35 à 41 (35* / 40-55* / 55*)
	-	-	202-396	6 - 20		de 9 à 22 (9.0 (0,0;-1,0) / 15 / 13 / 10 / 19/ 11 / 12 / 21 / 22.0 (0,0;-2,0))	
	oui (1cm / 1700kg/m ³)	-	220-365	10		de 39 à 45 (39.0 (-2,0;-4,0) / 45.0 (-2,0;-5,0) / 45.0 (-3,0;-7,0))	
	oui (2cm / 1700kg/m ³)	-	220-365	10-12		de 42 à 45 (42.0 (-2,0;-5,0) / 45.0 (-3,0;-6,0))	
	oui (1cm / 1700kg/m ³)	oui (1cm / 1700kg/m ³)	220-365	10-14		de 43 à 46 (45.0 (- 4,0;-6,0) / 46.0 (-1,0;-6,0) / 43.0 (-1,0;-3,0) / 43.0 (-2,0;-4,0))	
	oui (2cm / 1700kg/m ³)	oui (2cm / 1700kg/m ³)	220-365	10-13		de 46 à 48 (46.0 (-2,0;-5,0) / 48.0 (-2,0;-6,0))	

Tabella estrapolata da tesi di dottorato che mostra le prestazioni acustiche di differenti tecniche

Fonte: Miranda Santos, M. *La terre crue à l'épreuve des ambiances sonores: Un dialogue entre la mesure physique et les expériences sensibles* (Tesis doctoral, École Centrale de Nantes & Universitat Politècnica de Catalunya – BarcelonaTech). Barcellona: HAL archives ouvertes. 2022

A partire dalla raccolta dei suddetti articoli si è proceduto ad ampliare la revisione includendo articoli che descrivevano le stratigrafie complete e articoli che includevano prove di laboratorio più recenti, con parametri sufficientemente dettagliati per permettere un'analisi comparativa. La sistematizzazione degli articoli è riportata nell'allegato n° 2 "Approfondimenti tecnici", dove ciascun articolo è accompagnato da un codice alfanumerico che verrà riportato di fianco alle immagini seguenti che indicano la stratigrafia corrispondente.

Prima di procedere con l'analisi critica rispetto ai parametri ottenuti dalla ricerca bibliografica, è bene differenziare nuovamente le tecniche in funzione della propria densità, in quanto questo parametro influenza i criteri di confronto tra i casi studiati.

TECNICA	DENSITA' ρ [kg/m ³]
Adobe	1200-1700 kg/m ³
Terra battuta/BTC	1700-2100 kg/m ³
Terra alleggerita	300-1200 kg/m ³
Paglia compressa	70-90 kg/m ³

Tabella che mostra la densità media di una parete a seconda della tecnica di realizzazione.

La tabella è stata una rielaborazione di dati a partire da i seguenti manuali:

_Minke, G. *Manual de construcción en tierra: La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual* (3. ed.). Montevideo: Editorial Fin de Siglo, 2008
_Volhard, F. *Light earth building: A handbook for building with wood and earth*. Birkhäuser. 2016

Inoltre, per poter comprendere a fondo i risultati si necessita differenziare gli indici R_w e $R'w$. Con R_w si indica l'indice di riduzione sonora determinato in laboratorio o con simulatori, rappresenta il potenziale isolamento della stratigrafia considerata. L' $R'w$, indice apparente di riduzione sonora, indica un valore misurato in situ, che viene per l'appunto influenzato da ulteriori fattori e dalle perdite legate a come la parete è unita al resto della struttura. Nelle strutture in terra si nota una differenza tra $R'w$ e R_w che varia tra i 3 e gli 8 dB.

L'effetto degli aggregati

Nella ricerca bibliografica sono stati selezionati tre macro gruppi di articoli di riferimento: articoli in cui la terra è unita ad altri aggregati che non siano la paglia (prendono il codice "a" secondo l'allegato n° 2 "Approfondimenti tecnici"); articoli in cui il componente principale è la paglia (prendono il codice "p" secondo l'allegato n° 2 "Approfondimenti tecnici"; infine, vi sono gli articoli in cui la terra è il materiale principale con declinazioni secondo le varie tecniche (prendono il codice "ar" secondo l'allegato n° 2 "Approfondimenti tecnici"). La suddivisione tra i vari articoli ha permesso di osservare come la densità e la tecnica associata condizionano l'indice di riduzione, in quanto di fatti ad ogni tecnica corrispondono delle caratteristiche fisiche e strutturali distinte.

Nel caso degli aggregati diversi dalla paglia, si è constatato come l'introduzione di fibre vegetali o minerali riduce la densità della terra da 1.600-1.900kg/m³ fino a 220-700 kg/m³. L'introduzione della fibra non solo modifica la densità, ma influenza il valore di R_w , con variazioni specifiche secondo il caso. Si nota come non è fondamentale solo il cambiamento della densità, ma anche la di-

sposizione e gli ordini degli strati sono fondamentali, come lo spessore degli stessi. Ad esempio nella tesi di dottorato "La terre crue à l'épreuve des ambiances sonores: Un dialogue entre la mesure physique et les expériences sensibles" si ha un miglioramento fino a 8 dB quando i riempimenti leggeri vengono associati a rivestimenti più densi.¹⁰

La revisione bibliografica si amplifica incorporando casi di pareti con aggregati specifici raccolti nell'allegato n° 2 "Approfondimenti tecnici", in cui ogni stratigrafia è suddivisa per tipologia di aggregati (ar- pareti con terra e paglia; p - pareti con la paglia come elemento di riempimento; a- tutti gli altri aggregati). Nei casi analizzati in cui la paglia rappresenta lo strato di riempimento principale, figure con codice di riferimento 4p, 6p, (indicati con "p" nell'allegato n° 2 "Approfondimenti tecnici") si evidenzia come la paglia rappresenta un nucleo poroso con un buon potenziale assorbente e capacità di isolamento moderata. Nel caso "4p" vengono analizzati distinti casi con molteplici isolanti (lana minerale, cellulosa, fibra di legno e paglia), i risultati dimostrano che quando la paglia con uno spessore di 37 cm con struttura in legno e rivestimenti in terra di 5 cm aggiunge i 49 dB, valori che possono essere paragonati con i muri massivi in cemento. Ciò fa comprendere come la combinazione paglia e rivestimenti in terra permettono di raggiungere un alto isolamento. Nel caso "6p" il sistema "Pablok" studiato mostra come la paglia può definire un apparato di alte prestazioni. Il pannello base, con un telaio di legno e 36 cm di paglia compressa con cartongesso dal lato interno raggiunge un R_w di circa 48 dB. Aggiungendo al lato interno uno strato di 4 cm di lana di roccia e un altro strato in cartongesso si arriva ad ottenere un R_w di circa 63 dB. Quest'esempio mostra che la paglia sola offre un isolamento moderato, mentre con una configurazione massa-molla-massa si possono ottenere risultati R_w elevati. Ciò fa comprendere come l'aggiunta di strati porosi permetta di migliorare notevolmente le prestazioni delle stratigrafie, logica che viene ripresa anche di seguito aggiungendo strati di totora alle stratigrafie per valutarne le prestazioni.

Sistemi in terra

Nella raccolta degli articoli presente nell'allegato n° 2 "Approfondimenti tecnici", sono stati analizzati molteplici casi in cui la stratigrafia era definita da strati in terra, con tecniche differenti. Nella sintesi contenuta nella tesi di dottorato "La terre crue à l'épreuve des ambiances sonores: Un dialogue entre la mesure physique et les expériences sensibles" con pareti in terra compatti si raggiunge un R_w tra i 50-57 dB e un $R'w$ di circa 56-57 db, mentre i blocchi in terra compatta raggiungono un $R'W$ di 57 dB.¹¹

Nel caso "2ar", (riferimento all'allegato n° 2 "Approfondimenti tecnici") Guide de conception et construction de Cycle Terre, raccoglie valori per distinte tecniche: per i blocchi in BTC e per l'adobe di 9,5 fino a 36 cm, dai quali si ottiene un R_w che varia dai 41 ai 45 dB, mentre per la terra battuta di dimensioni maggiori, 50 - 60 cm, si raggiunge un R_w di 50-57 dB, mentre per i ripieni in terra alleggerita si hanno valori variabili di R_w tra 39-48 dB per spessori di 10-13 cm. Ciò conferma che gli strati più leggeri necessitano di una combinazione di strati per raggiungere migliori prestazioni.¹²

¹⁰ Miranda Santos, M. *La terre crue à l'épreuve des ambiances sonores: Un dialogue entre la mesure physique et les expériences sensibles* (Tesis doctoral, École Centrale de Nantes & Universitat Politècnica de Catalunya – BarcelonaTech). Barcellona: HAL archives ouvertes. 2022

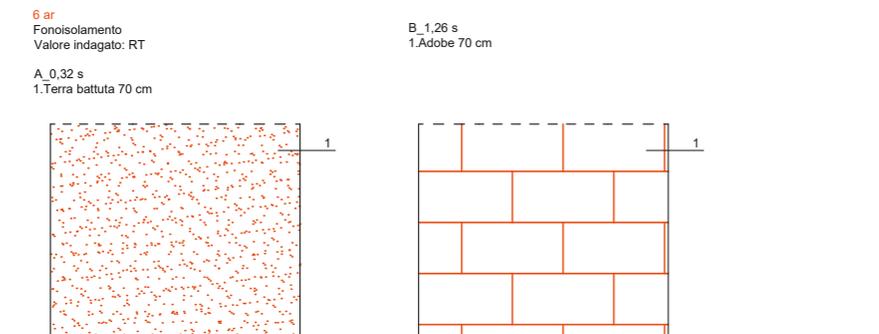
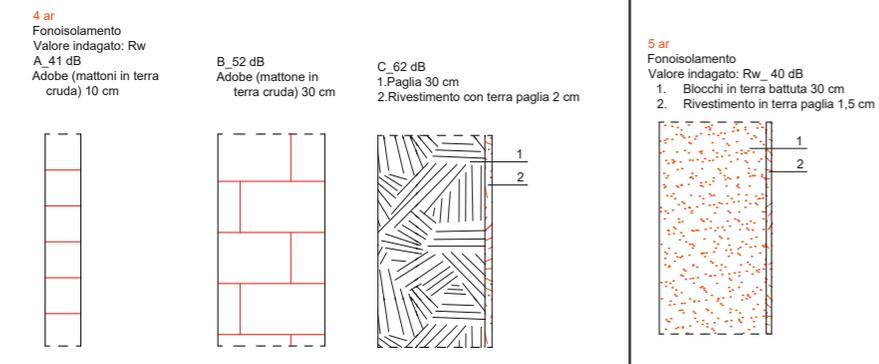
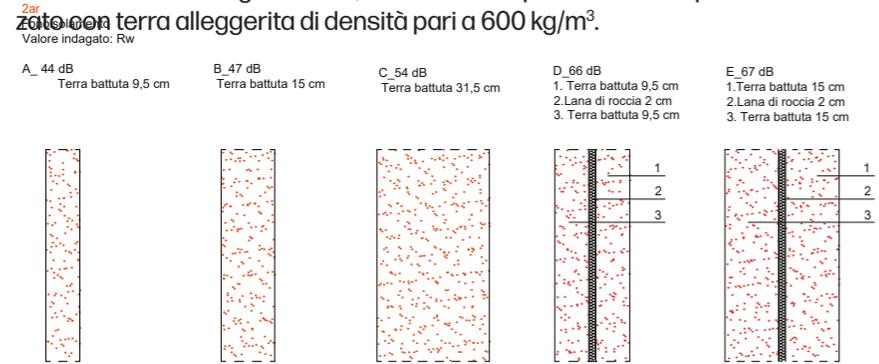
¹¹ Ibid.

¹² Cycle Terre. *Guide de conception et construction (version complète)*. cycle-terre.eu / Éditions Terre Vivante. 2021

Nel caso del "4 ar, riferimento all'allegato n° 2 "Approfondimenti tecnici", si concentra su pareti in scala reale realizzate in BTC di 100 mm con un R_w di 41 dB, e uno spessore di 300 mm che arriva fino a 52 dB.¹³ Viene poi valutato un ulteriore sistema in cui è inserita nella stratigrafia la lana di roccia, grazie alla quale l'indice R_w sale fino a 62 dB.

Sinteticamente i due casi precedentemente illustrati confermano come muri più densi con meno fibre, (Adobe/BTC) hanno un rango variabile tra 41 e 52 dB, ugualmente rimane chiaro come l'inserimento di materiali per la riproduzione del sistema massa-molla-massa permette di aumentare notevolmente gli indici, così come avveniva nel caso "6p"¹⁴, raggiungendo i 62 dB, per la stratigrafia in paglia.

Vengono inoltre sottolineati i valori riferiti al "Manual de quincha liviana", caso "11 ar", riferimento all'allegato n° 2 "Approfondimenti tecnici", i risultati indicano un indice di riduzione acustica apparente R_w pari a 45 dB, nel caso in cui si considera una stratigrafia di 15,6 cm in cui lo spessore di riempimento è realizzato con terra alleggerita di densità pari a 600 kg/m³.

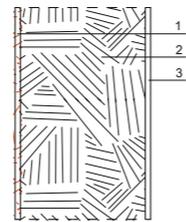


13 Crété, E., Brie, P., Misse, A., & Tochon-Danguy, S. (n.d.). *Acoustical properties of earthen walls: Transmission loss measures and numerical modelisation*. CRAterre / LASA.

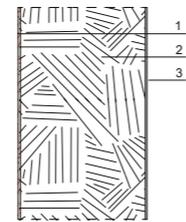
14 Mannina, D., Pilloni, G., Depalma, M., & Scrosati, C. *Airborne sound insulation of a novel environmentally friendly straw wall (PABLOK system)*. In *Proceedings of the 10th Convention of the European Acoustics Association (Forum Acusticum 2023)*, Torino: European Acoustics Association. 2023

15 Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile. *División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional. en quincha liviana: Sistemas constructivos sustentables de reinterpretación patrimonial. Quincha liviana húmeda y quincha liviana seca*. Santiago del Chile: MINVU. 2021

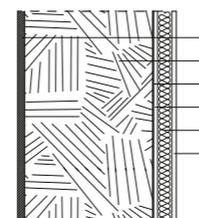
4p
Fonoisolamento
Valore indagato: R_w 49 dB
1. Rivestimento interno in terra-paglia 5 cm
2. Balla di paglia 37 cm
3. Rivestimento esterno a base di calce 5 cm



Fonoisolamento
Valore indagato: R_w 43 dB
1. Rivestimento interno in terra-paglia 2 cm
2. Balla di paglia 37 cm
3. Rivestimento esterno a base di calce 2 cm



6p
Fonoisolamento
Valore indagato: R_w 63 dB
1. Tavolato in legno 2 cm
2. Balle in paglia 36 cm
3. Barriera a vapore 0,25 mm
4. Cartongesso 1,25 cm
5. Fibra di roccia 4 cm
6. Cartongesso 1,25 cm



Stratigrafie relative agli articoli scientifici precedentemente analizzati
Elaborazione propria

Wall thickness t	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35 m
Bulk density kg/m ³	Sound reduction index, R_w (dB)					
1,800	47	51	54	56		
1,600	46	50	52	55	57	
1,400	45	48	51	53	55	57
1,200	44	47	50	52	54	55
1,000	43	46	48	50	52	53
800	41	44	46	48	50	51
600	40	42	44	46	47	49

1) Wall thickness without plaster
2) for a mean mass per unit area of the flanking building elements of 300 kg/m² assuming the same stiffness as the remaining wall materials

Fonte: Volhard, F. *Light earth building: A handbook for building with wood and earth*, pp. 228. Birkhäuser. 2016

La tabella illustrata indica, invece, i valori riportati da Volhard, indicati nell'allegato n° 2 "Approfondimenti tecnici" con il codice "12 ar", secondo cui il range dei valori R_w varia tra 40 e 57 dB. Questi valori fanno comprendere come da una parete di circa 20-25 cm di densità medio-alta ci si aspetti arrivare ad un R_w di circa 50-55 dB. In sintesi, i muri massivi in terra, rispetto a quelli più leggeri tendono a raggiungere valori di R_w migliori.

L'abaco elaborato a partire della letteratura permette di collocare la stratigrafia proposta dal modulo, con o senza totora, in un campo di variazioni, sostenendo la scelta costruttiva. In questa fase è possibile situare, in modo preliminare, le stratigrafie del modulo in un campo di variabilità definito dai sistemi di riferimento massivo - terra compatta-, terra alleggerita, quincha.

Tipo di spazio	Obiettivo in R_w	Obiettivo in $\alpha(f)$ (bande)	Priorità acustica / di progetto
Aule musicali (inclusa la sala one-room)	R_w il più alto possibile all'interno del range delle soluzioni leggere in terra	$\alpha(f)$ equilibrato tra 250-2000 Hz	Controllare il campo sonoro mantenendo una certa vivacità per la pratica vocale e strumentale
Spazi di servizio e laboratorio di liuteria	R_w moderato, coerente con le soluzioni in quincha e terra alleggerita documentate	Comportamento in assorbimento meno critico	Privilegiare la privacy e la robustezza costruttiva più che l'eccellenza acustica

Tabella che mostra la relazione tra le frequenze, la voce umana e gli strumenti musicali
Elaborazione propria

TEST E SIMULAZIONI ACUSTICHE



In questo capitolo viene trattata la fase di verifica sperimentale del sistema costruttivo in terra-paglia a cui viene aggiunto un ulteriore strato di totora, per il modulo di educazione musicale nelle aree rurali del Perù. L'obiettivo è definire il comportamento acustico delle varie miscele che compongono le stratigrafie, attraverso un'indagine degli indici del coefficiente di assorbimento e del Transmission loss. Inoltre vengono effettuate delle simulazioni per mezzo dell'utilizzo del software INSUL.

8.1 Prove nel tubo di impedenza: fonoisolamento e fonoassorbimento

Le prove con il tubo di impedenza costituiscono il primo passo per caratterizzare il sistema in terra e paglia pensato per il modulo. L'obiettivo è l'individuazione del coefficiente di assorbimento $\alpha(f)$ e il transmission loss $TL(f)$, con provini che rappresentano differenti tipologie di riempimento. Il tubo viene ampiamente utilizzato per la caratterizzazione dei materiali porosi, in questo caso si considera un materiale vernacolare in terra-paglia e non un materiale industrializzato.

Le prove con il tubo di impedenza sono concepite a fine esplorativo e comparativo. Per ciascun tipo di stratigrafia sono stati prodotti degli stampi cilindrici in 3D all'interno dei quali è stata disposta la miscela. Le prove sono state realizzate con il tubo di impedenza Mecanum Inc. (canadese), che permette di elaborare i risultati attraverso l'impiego del software Siemens LSMTesT.Lab, i test sono stati svolti nel laboratorio di acustica del dipartimento DENERG. Nel caso del coefficiente di assorbimento, il tubo è stato configurato con una terminazione rigida, i campioni sono stati collocati al fondo e venivano utilizzati due microfoni dallo stesso lato del materiale. Il software genera un suono a banda larga e registra la funzione di trasferimento tra i due microfoni, da qui viene calcolato il coefficiente di assorbimento normale.¹ A seguito di questo set-up sono stati inseriti gli altri campioni con un rango di frequenza utile compreso tra i 50 e i 5000 Hz, con una temperatura di 21°C, pressione atmosferica di 1012 hPa. Per il Transmission Loss è stato utilizzato il modulo di trasmissione all'interno del tubo, il campione in questo caso agisce come un diaframma, con una coppia di microfoni dal lato emittente e una dal lato ricevente. Il software calcola il rapporto tra il livello incidente e quello trasmesso. In questo caso la terminazione non è rigida, è configurata come una camera di trasmissione, ciò permette al software di elaborare i dati per ottenere il TL.

1



2



3

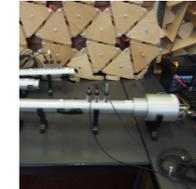


Foto 1

Foto dell'autice

Postazione di misura tubo di impedenza: tubo collegato alla centralina elettronica grigia, affiancata dalla batteria.

Foto 2

Foto dell'autice

Modello tubo di impedenza

Foto 3

Foto dell'autice

Setting microfoni

Ogni provetta è stata soggetta a 3 ripetizioni, di seguito è stata realizzata la media per avere delle curve che rappresentassero il comportamento per ciascuna miscela distinta, rispetto ad uno spessore distinto. Le provette realizzate riproducono, con una scala ridotta, i materiali che compongono il modulo. Sono state definite delle miscele con densità crescente, da formulazioni molto leggere dominate dalla fibra fino a delle miscele più compatte. Principalmente i campioni corrispondevano al riempimento in terra e paglia, che risponde ad un'esigenza di fonoisolamento, contemporaneamente con spessori ridotti si indaga rispetto alla funzione fonoassorbente.

Le prove nel tubo di impedenza permettono di comprendere come lo spessore e la densità influiscono nell'assorbimento e nella trasmissione delle miscele in terra e paglia, che hanno un comportamento che riflette i materiali porosi e i pannelli leggeri. I risultati del transmission loss verranno poi analizzati di seguito per comprendere i parametri definiti successivamente con INSUL, prendendo in considerazione l'aggiunta della totora per la definizione del sistema massa-molla-massa.

¹ ISO 10534-2

8.2 Miscela e preparazione dei campioni

Le miscele realizzate tentano di rappresentare il comportamento dei distinti riempimenti del sistema costruttivo, con densità differente a seconda del clima in cui il modulo viene riprodotto. Tutte le provette sono realizzate con terra previamente setacciata e paglia di grano tagliata. (Il processo completo e dettagliato per la realizzazione dei campioni è presente nell'allegato n° 2 "Approfondimenti tecnici").

Famiglia	Descrizione sintetica	Densità indicativa	Ruolo principale nel sistema
A	Terra alleggerita densa, con poca paglia	≈ 1000	Strato di riempimento
B	Densità intermedia-alta, transizione tra A e C	≈ 800	Strato di riempimento
C	Densità media, maggiore volume di paglia	≈ 600	Strato di riempimento/ per strati fonoassorbenti
D	Molto leggera, volume dominato dalla fibra	≈ 300	Strato fono assorbente (analoga a un pannello poroso vegetale)
E	Caso estremo, paglia quasi pura con minima terra	≈ 100	Strato fono assorbente (analoga a un pannello poroso vegetale)

Tabella che mostra la suddivisione dei campioni secondo la nomenclatura assegnata
Elaborazione propria

Ciascuna provetta ha una densità specifica, calcolata post seccato con peso e volume geometrico (presente nello specifico nell'allegato n° 2 "Approfondimenti tecnici"), sono state analizzate secondo il range di densità appartenente.

I campioni dalla A alla D sono stati realizzati con 4 differenti spessori: 10, 8, 6, 4 cm. Mentre, i campioni D - E sono stati realizzati con spessori di 3,5 - 2,5 cm. La preparazione delle provette è rappresentata da una sequenza semplice di azioni: creazione delle miscele plastiche, un periodo di riposo, collocazione della miscela in stampi 3D e compattazione manuale.

densità ipotetica [Kg/m ³]	Provino	spessore[cm]	≈ % paglia
1000	A1	10	35
	A2	8	
	A3	6	
	A4	4	
800	B1	10	50
	B2	8	
	B3	6	
	B4	4	
600	C1	10	60
	C2	8	
	C3	6	
	C4	4	
300	D1	3,5	85
	D2	2,5	
120	E1	3,5	100
	E2	2,5	

Tabella che mostra la suddivisione dei campioni secondo la nomenclatura assegnata, la densità, lo spessore e la percentuale di paglia di grano.
Elaborazione propria

8.3 Misurazioni con il tubo di impedenza

2 Cox, T. J., & D'Antonio, P. Acoustic absorbers and diffusers: Theory, design and application (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press. 2009

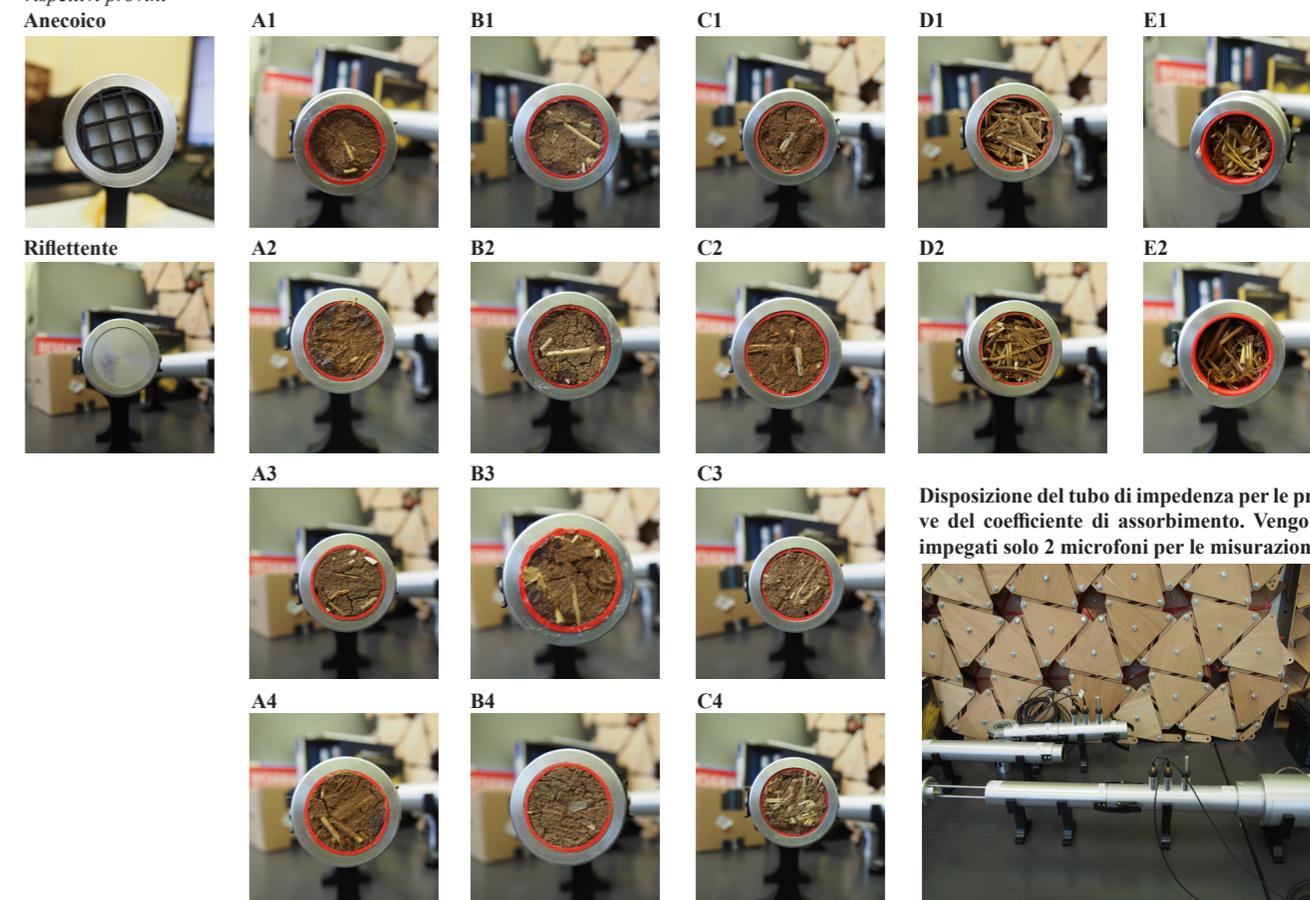
Come è stato anticipato, i campioni sono sottoposti a prove con il tubo di impedenza per poter comprendere l'andamento del coefficiente di assorbimento e del Transmission Loss per ciascuna famiglia di campioni. Ciascuno stampo è stato stampato con filamento PLA, gli stampi di forma cilindrica presentano un diametro di ≈ 34 cm, variando lo spessore a seconda del campione, con un minimo di 2,5 cm fino a 10 cm.

Determinazione del coefficiente di assorbimento $\alpha(f)$

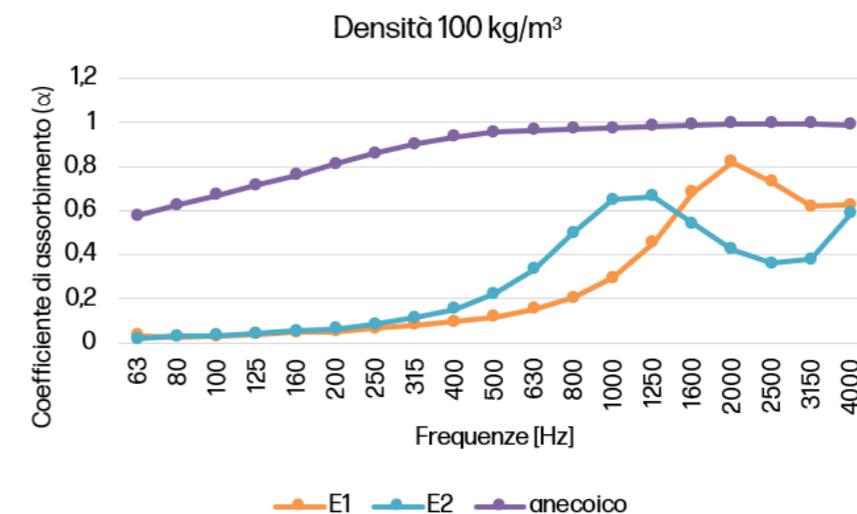
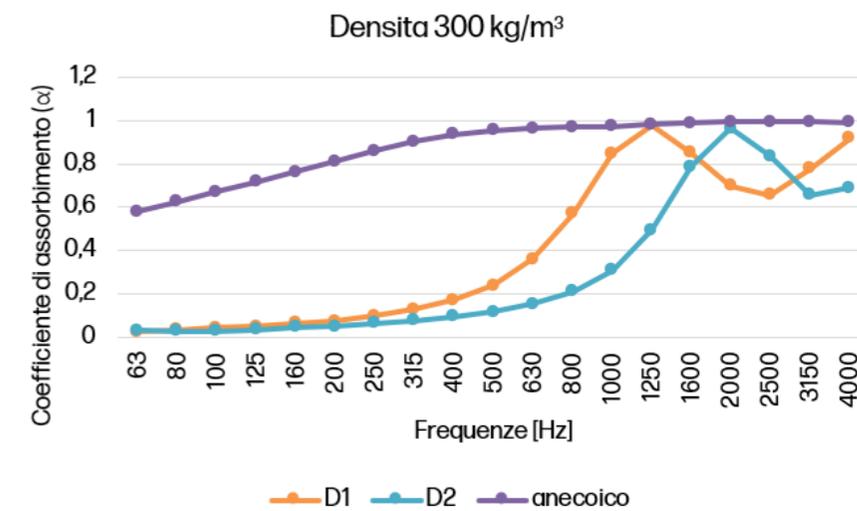
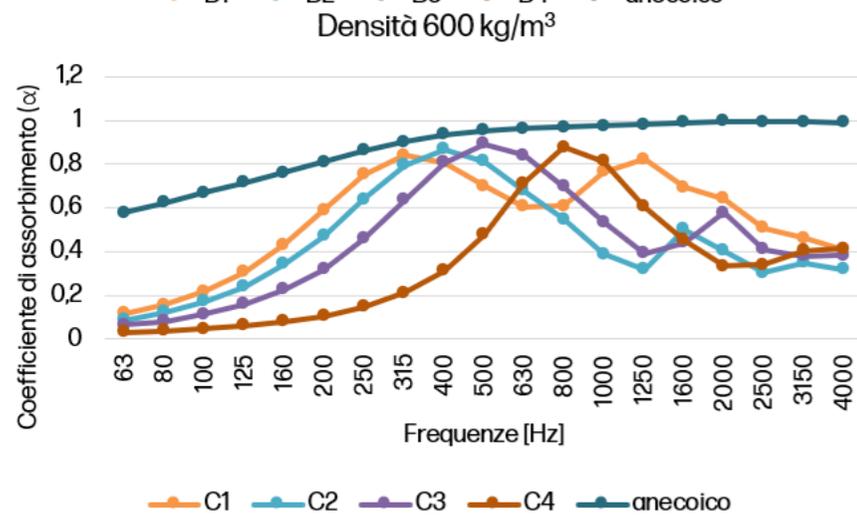
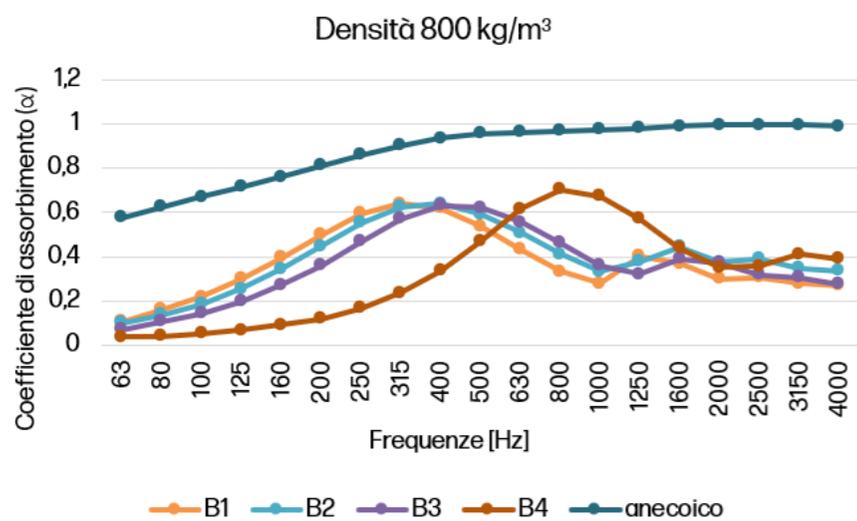
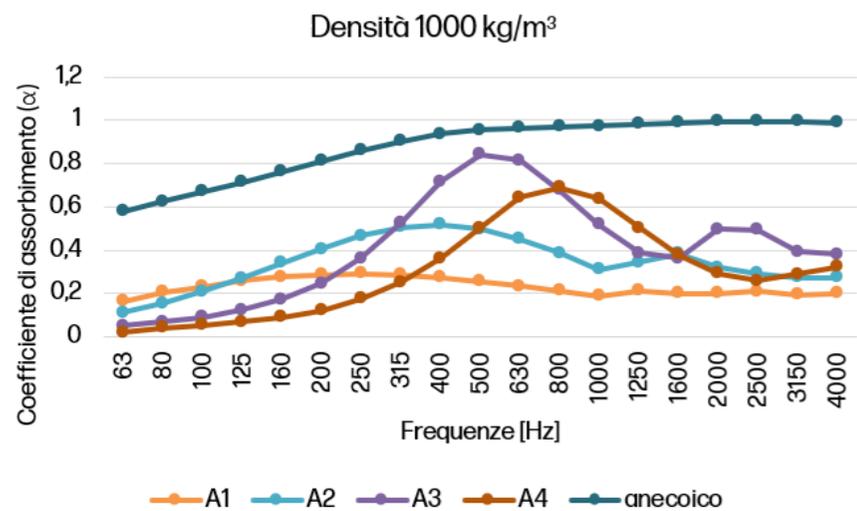
Per la determinazione del coefficiente di assorbimento il tubo è stato settato come indicato previamente. A livello fisico, il coefficiente di assorbimento rappresenta la frazione di energia incidente che il materiale non restituisce al tubo, ovvero la somma dell'energia assorbita per attrito viscoso dai pori e le perdite termiche della microstruttura. Nei materiali porosi fibrosi il valore di $\alpha(f)$ dipende dalla resistenza al flusso e dalla porosità.

Per ciascuna densità è stato realizzato un unico campione, sul quale sono state effettuate tre misurazioni così da ridurre gli errori di misurazione.²

Tutte le foto sono state realizzate dall'autrice, verranno numerate con la nomenclatura dei rispettivi provini



Disposizione del tubo di impedenza per le prove del coefficiente di assorbimento. Vengono impegnati solo 2 microfoni per le misurazioni.



I risultati delle misurazioni sono stati sistematizzati e riportati nell'allegato n° 2 "Approfondimenti tecnici", come si vede dai grafici gli andamenti dei vari campioni si somigliano e detengono un comportamento attribuibile ai materiali porosi, con coefficienti bassi nelle frequenze basse, con una crescita progressiva nelle bande medie e picchi tra i 500-2000 Hz. Le miscele più dense 1000 e 800 kg/m³ (A-C), raggiungono valori di $\alpha \approx 0,50-0,55$ tra i 400 e i 630 Hz, mentre nel caso di 600 kg/m³ attorno i 500 Hz si ha un $\alpha \approx 0,72$. Mentre le serie più leggere 300-100 kg/m³ (D-E) risultano poco assorbenti per le frequenze più basse e picchi più alti tra i 1000-2000 Hz, con $\alpha \approx 0,73-0,83$.

Nella tesi questi risultati sono interpretati in bande di ottava (125-250-500-1000-2000-4000 Hz) e vengono poi impiegati a livello progettuale relazionandoli con le bande fondamentali e armoniche di voci e strumenti musicali. Inoltre vengono interpretati con una comparazione rispetto ai coefficienti di assorbimento di materiali standard che permettano di interpretare i risultati della terra-paglia.

Effetto dello spessore nei campioni

Gli stampi circolari sono stati disegnati con lunghezze distinte per interpretarne il comportamento rispetto alle variazioni dello spessore delle pareti. I campioni con 25, 35, 40, 60, 80, 100 mm di lunghezza permettono di osservare come per una stessa densità e compressione il massimo assorbimento è tralato verso frequenze più basse, aumentando lo spessore: i campioni più leggeri concentrano i picchi tra gli 800 e i 1000 Hz, mentre quelle più dense hanno il picco di efficienza tra i 500 e i 630 Hz.

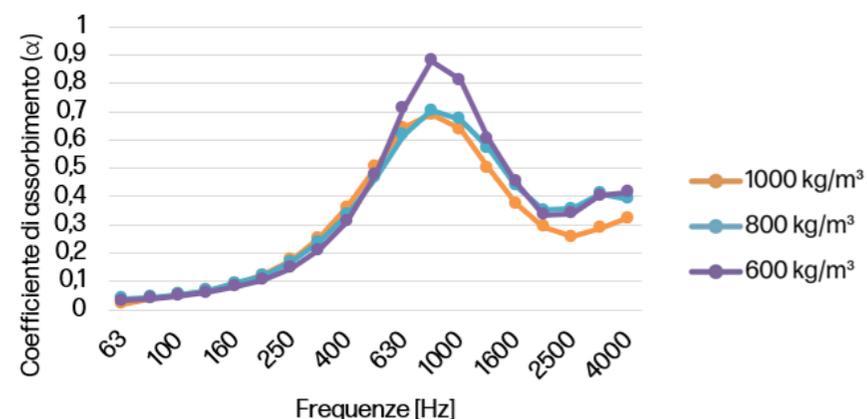
Osservando l'andamento iniziale delle curve si può assimilare il comportamento dei campioni ad uno strato poroso con un fondo rigido, dove l'andamento dei picchi di risonanza segue la legge:

$$f_0 \approx c/4d \text{ [Equazione n° 2]}$$

dove f_0 = frequenza massima di assorbimento (prima risonanza), c = velocità del suono nell'aria (≈ 343 m/s), d = spessore dello stato poroso. Si nota però come in realtà i picchi ottenuti sperimentalmente non coincidono esattamente con questi valori teorici.

Effetto della densità e del contenuto di paglia

Variatione di α secondo diverse densità | spessore 40 mm



Il secondo parametro chiave è la densità. Il grafico mostra la comparazione dell'andamento dei campioni con una lunghezza di 4 cm a densità di 600, 800 y 1000 kg/m³. L'ampiezza del massimo assorbimento è fortemente influenzata dalla densità, la miscela con 600 kg/m³ raggiunge $\alpha \approx 0,9$ a 630 Hz, con 800 kg/m³ si ha $\alpha \approx 0,75$ e con densità di 1000 kg/m³ si ha un $\alpha \approx 0,65$. Alle basse frequenze 63-200 Hz le tre curve sono quasi coincidenti e poco efficaci.

Si osserva come a densità minore la struttura è più aperta e più porosa, favorendo l'assorbimento; a densità maggiore i pori tendono a chiudersi, diminuisce la resistività al flusso e il materiale tende a comportarsi come un elemento solido.

[Equazione n°2]: Cox, T. J., & D'Antonio, P. *Acoustic absorbers and diffusers: Theory, design and application (2nd ed.)*. Boca Raton: CRC Press. 2009

Questo compromesso tra densità, assorbimento e spessore coincide con ciò che succede per altri materiali porosi, dove densità e spessori moderati permettono di raggiungere $\alpha \approx 0,8-0,9$ nelle bande medie, mentre a densità più alte viene favorita un assorbimento meno omogeneo.

Risvolti progettuali per il progetto delle pareti

L'interpretazione dei risultati del tubo di impedenza per il coefficiente di assorbimento può essere realizzata caso per caso, campione per campione. Si riportano di seguito i range di frequenza rispetto alla voce o alle famiglie di strumenti, utili successivamente per le decisioni progettuali.

Sorgente sonora	Intervallo principale approssimativo	Note rilevanti
Parlato / intelligibilità	500–4000 Hz	Banda chiave per la chiarezza della parola
Voce cantata	100–1200 Hz (fondamentali) + 2–3 kHz (formante)	Formante del cantante intorno a 2–3 kHz
Archi e fiati	125–4000 Hz	Range ampio con armoniche in alta frequenza
Percussioni	Molto ampio, con energia in gravi e alte	Eccitano sia basse che alte frequenze

Tabella che mostra la relazione tra le frequenze, la voce umana e gli strumenti musicali
Elaborazione propria

Aule di música - corde/venti/percussioni

Per rispondere a questi range di frequenza è utile impegnare miscele che facciano riferimento ai campioni C, in particolar modo potrebbe essere utile avere dei pannelli con spessore di 4 cm per avere una base fonoassorbente, essendo il picco di $\alpha \approx 0,7$, ideale per controllare l'energia nella banda media. I pannelli possono essere realizzati per mezzo di un telaio di legno avvitato alla parete con una struttura lignea di supporto come indicato nell'esploso.

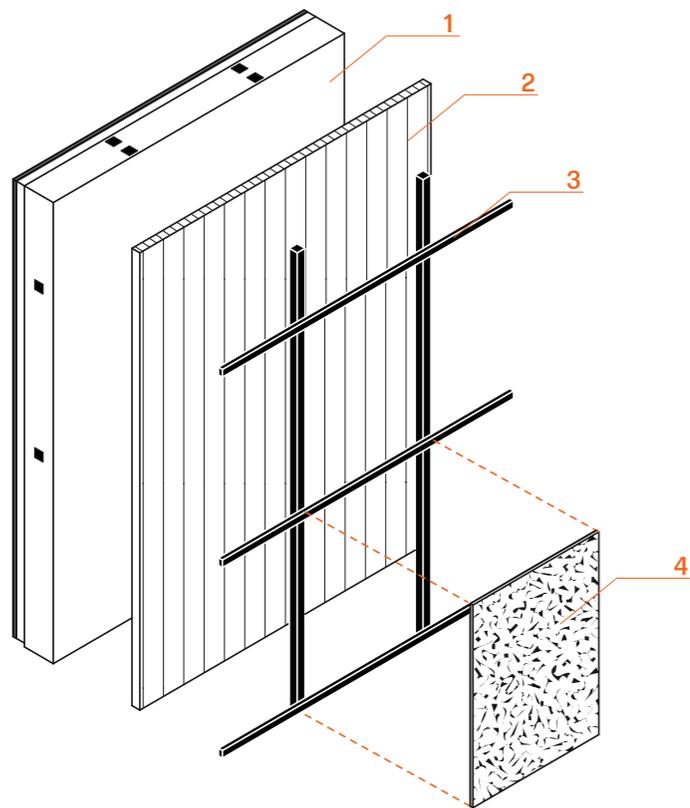
Sala di percussioni/strumenti brillanti

In questa sala si potrebbe pensare ad una combinazione di pannelli di tipo C con pannelli di tipo D-E nelle pareti, in quanto in questo caso le frequenze critiche sono rappresentate da un range tra i 1000-400 Hz. I pannelli D-E hanno un $\alpha \approx 0,7-0,8$.

In una sala di registrazione one-room si potrebbe pensare di collocare una combinazione progettata di pannelli con densità distinte che permettano di rispettare i criteri di controllo di early reflection³ dell'equilibrio spettrale e dei tempi di riverberazione, parametri chiave per la progettazione di spazi di ascolto critico. In questa tesi non è pensata la precisa combinazione di pannelli per nessuno dei casi precedentemente indicati. Nell'esploso è indicato il sistema costruttivo previsto per l'applicazione dei pannelli e si indicano i tipi di pannelli proposti in riferimento ai campioni C-D-E, senza definirne una distribuzione definitiva per la collocazione. La tesi si concentra nel definire il potenziale delle stratigrafie pensate per il modulo. Inoltre, si osserva come i campioni di densità maggiore non risultano essere particolarmente utili per rispondere alle esigenze di fonoassorbimento.

³ Cox, T. J., & D'Antonio, P. Acoustic absorbers and diffusers: Theory, design and application (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press. 2009

FONOASSORBIMENTO



LEGENDA STRATIGRAFIA

1. Parete in terra alleggerita con paglia di grano
Spessore 18 cm
2. Intercapedine di totora
Spessore 4 cm
3. Struttura di supporto per pannelli acustici
Spessore 0,3 cm
4. Pannelli acustici

Esploso assonometrico stratigrafia tipo con sistema fonoassorbente
Elaborazione propria

Comparazione con materiali convenzionali

Le curve dei campioni possono essere paragonate a valori di riferimento di materiali convenzionali. (Cox & D'Antonio, 2009, Apéndice A)

Materiale / sistema	Intervallo di frequenze considerato	Valori indicativi di α	Osservazioni / confronto
Superfici dure (laterizio, intonaco liscio)	500-2000 Hz	$\approx 0,01-0,05$	Assorbimento trascurabile; comportamento quasi completamente riflettente.
Tende pesanti drappeggiate	500-2000 Hz	$\approx 0,5-0,8$	Assorbitori efficaci in banda media, adatti a controllare il parlato.
Pannelli in lana minerale 5-10 cm con fondo rigido	500-4000 Hz	$\approx 0,7-0,9$ (sistematicamente)	Assorbitori porosi di banda larga, riferimento "alto" per prestazioni convenzionali.
Famiglia C (campioni C1-C4, terra-paglia)	500-1000 Hz (riferimento 500-2000 Hz)	$\alpha_{500-1000} \approx 0,6-0,7$	Chiaramente sopra un rivestimento duro (0,01-0,05); paragonabile a tende pesanti in banda media.
Famiglie D ed E (campioni D1-D2, E1-E2, molto leggere)	1000-4000 Hz	α elevato in media-alte (ordine "alto")	Comportamento simile a pannelli porosi leggeri / strati tessili molto assorbenti in alte frequenze.

Tabella di confronto materiali convenzionali
Elaborazione propria

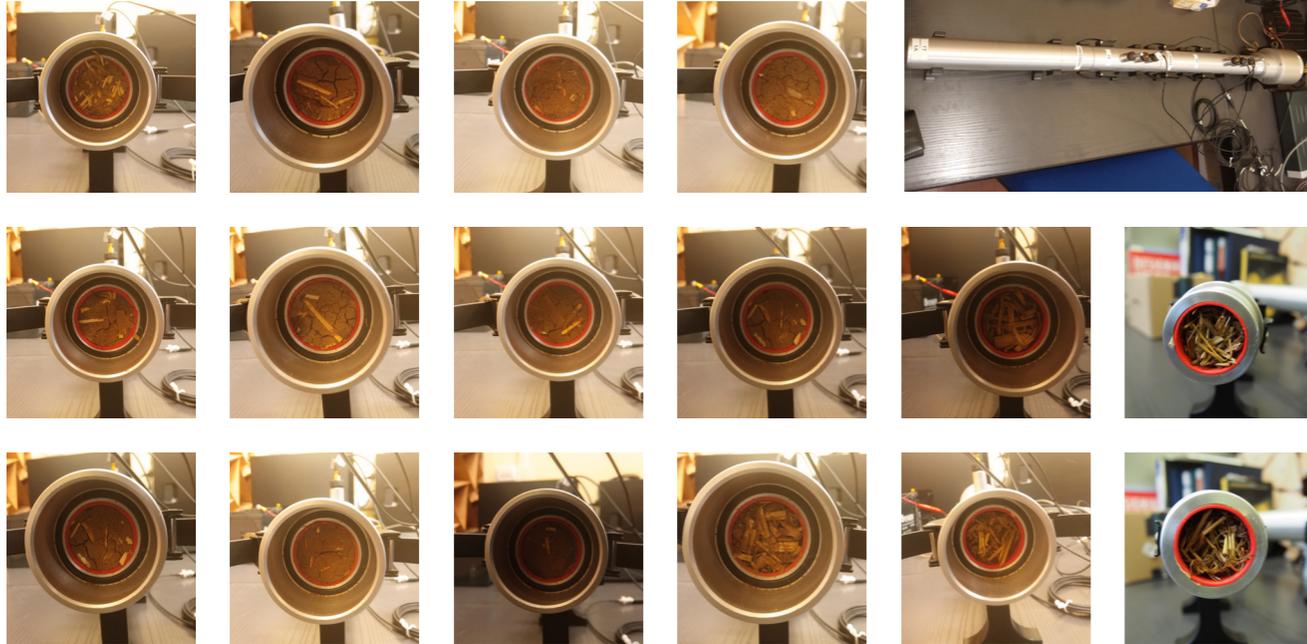
Determinazione del Transmission Loss TL(f)

Per la determinazione del Transmission Loss il tubo di impedenza è stato settato secondo il procedimento precedentemente descritto. Le curve del TL ottenute, presenti in modo dettagliato nell'allegato n° 2 "Approfondimenti tecnici", presentano una tendenza globale dominata dalla legge della massa, con un andamento crescente: un comportamento quasi piano fino alle frequenze 250-315 Hz e un aumento progressivo fino alle frequenze medio-alte. Le stratigrafie più dense A-B, mostrano lo stesso profilo ma con una differenza di 25-30 dB nelle basse frequenze.

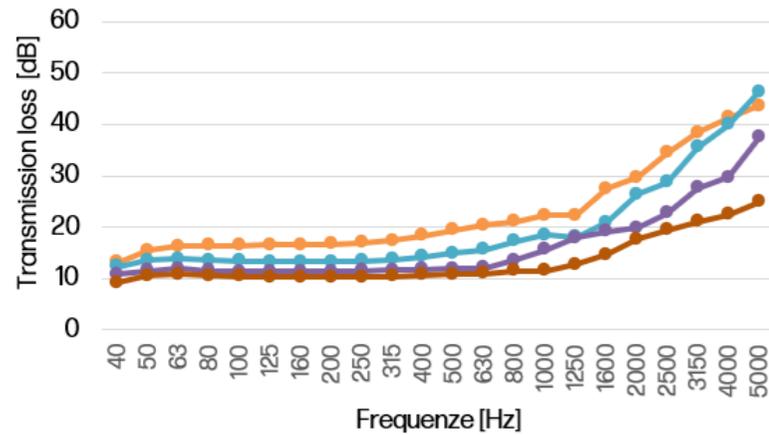
Disposizione del tubo di impedenza per le prove della Transmission Loss. Vengono impegnati 4 microfoni per le misurazioni.



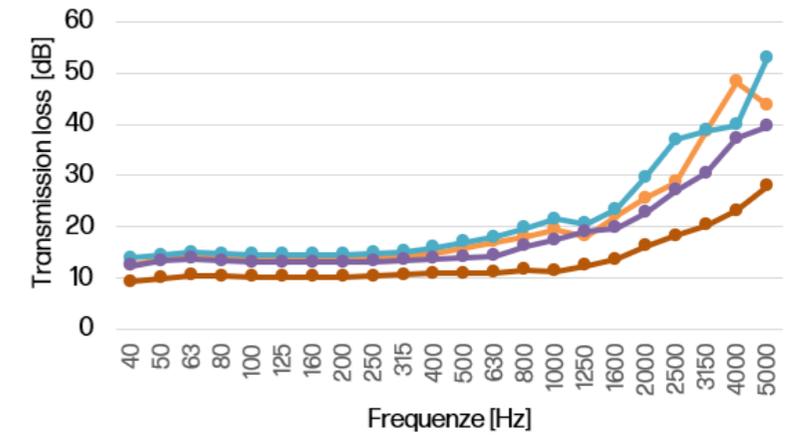
A1



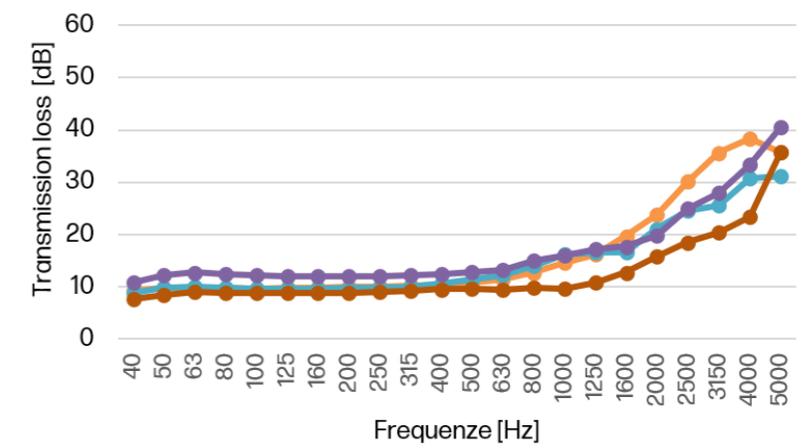
Variazioni secondo spessori differenti e stessa densità (1000 kg/m³)



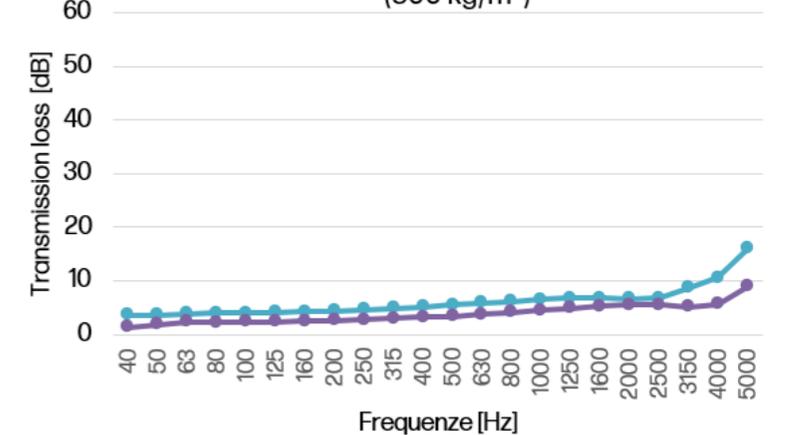
Variazioni secondo spessori differenti e stessa densità (800 kg/m³)

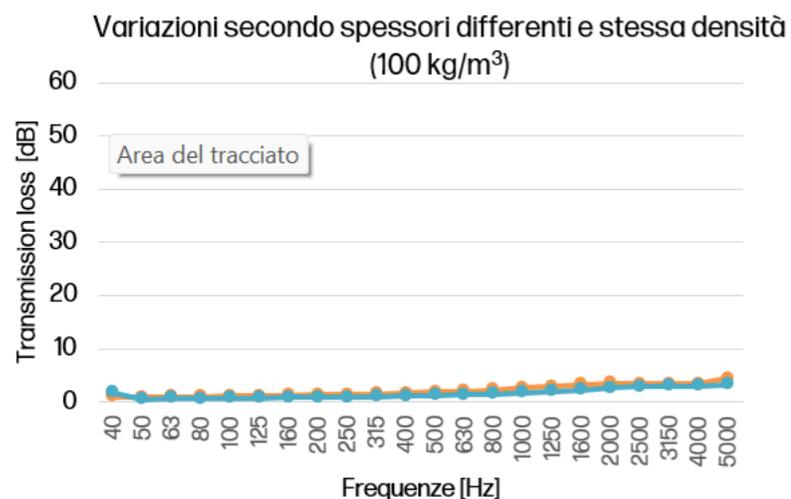


Variazioni secondo spessori differenti e stessa densità (600 kg/m³)



Variazioni secondo spessori differenti e stessa densità (300 kg/m³)





Le curve mostrano andamenti simili che sono traslati a seconda dello spessore e della densità dei campioni. Con l'aumento dello spessore e della densità alcune delle creste vengono traslate con frequenze più basse viene modificata l'ampiezza.

Limitazioni del metodo e incertezza sperimentale

Come tutte le prove di laboratorio il tubo di impedenza presenta limitazioni che affettano tanto i valori del coefficiente di assorbimento quanto i risultati del Transmission Loss. Il diametro ridotto del tubo fa sì che qualsiasi imperfezione di aderenza tra il tubo e il campione o la superficie del campione esercitano un'influenza significativa sulle misure, generando oscillazioni locali nelle curve. L'eterogeneità intrinseca della miscela terra-paglia implica variazioni locali di densità e porosità che non possono essere indagate nello specifico, ciò introduce errori di dispersione tra le ripetizioni, rendendo complessa la comparazione con modelli che assumono materiali omogenei.

Nella pratica queste fonti di incertezza sono state limitate con la realizzazione di tre ripetizioni per ciascun campione e leggendo i risultati per bande di ottave. In più è necessario chiarire che la densità di ciascun campione non è considerabile come un valore perfetto, ma appartenente ad un range, in quanto i risultati variano per compattazione e eterogeneità interna. In coerenza con la teoria patire della propagazione dell'incertezza definita dalla GUM (*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*), si assume che l'incertezza globale risulta la combinazione delle componenti sperimentali e delle componenti associate ai parametri di input come la densità.

4 Joint Committee for Guides in Metrology. *Evaluation of measurement data: Guide to the expression of uncertainty in measurement (JCGM 100:2008)*. Joint Committee for Guides in Metrology. 2008

8.4 Simulazioni con INSUL

La seconda fase di indagine è stata realizzata con la definizione di simulazioni utilizzando il software di modellazione numerica INSUL. Il software rappresenta un modello semi-empirico con formule classiche quali la legge della massa con correzione di Sewell, approfondita di seguito, inoltre permette di avere riferimenti sulla base di altri materiali. Verranno spiegati i fondamenti del modello, come sono stati definiti i materiali su INSUL e le relative configurazioni dei pannelli simulati.

Fondamenti del modello INSUL

INSUL si basa su una combinazione di modelli fisici, applicandoli in modo semi-empirico, implicando differenti approssimazioni. Al di sotto della frequenza critica, il programma calcola l'indice di riduzione sonora di pannelli semplici impiegando la legge della massa in campo diffuso, correggendola con la formulazione di Sewell. Il coefficiente di trasmissione t non si ottiene solo dalla massa superficiale e dalla frequenza, viene introdotto un termine geometrico che dipende dalla relazione tra le dimensioni del pannello (LX, LY), generalmente il software segue la legge

$$R=10\log_{10}(1/t). [Equazione n°3]$$

Al di sopra della frequenza critica, INSUL non utilizza la legge della massa, adotta la formula di Cremer per la regione di coincidenza, dove l'unione tra le onde aeree e le onde di flessione provocano una caduta locale dell'isolamento e un incremento della pendenza TL per ciascuna ottava. In questa zona, la curva calcolata risulta la combinazione di una componente forzata e una componente risonante, utilizzando il modulo di elasticità, la massa superficiale e il damping.⁵

Definizione dei materiali utilizzati

Per poter realizzare le simulazioni con materiali che non sono standardizzati, come la terra alleggerita e la tatora, è necessario definire nuovi materiali a partire da differenti parametri. I nuovi materiali vengono definiti isotropici, secondo quanto suggerito nel manuale per cui la maggior parte dei materiali da costruzione appartengono a questa categoria. Nonostante la terra-paglia non sia un materiale omogeneo in tutte le sue direzioni, bensì presenta delle irregolarità, ciò non è stato considerato e il materiale è stato definito come isotropo. Per i materiali isotropi è stato sufficiente inserire densità ρ , modulo d e Young E e un fattore di damping interno.

La densità degli stati viene approssimata per soli tre casi 1000 kg/m³ e 600 kg/m³, strati con il ruolo di riempimento nelle pareti, e 1600 kg/m³, densità riferita allo stato di intonaco. Queste tre densità sono state le uniche di cui si disponevano i valori del modulo di Young, ricavati dalla letteratura. In alcuni casi i valori sono stati espressi a partire dalla pressione meccanica kgf/cm². Il valore del damping è stato fissato inizialmente a 0,01, ed è stato modificato progressivamente come suggerito dal manuale di INSUL.⁶ Il valore di damping è stato settato attraverso un confronto tra i valori di R_w alle specifiche densità e i valori di R'_w espressi da Volhard, autore di riferimento per il setting dei materiali. Ci si è accertati dell'andamento dei valori di R_w rispetto a R'_w , con un delta di circa 4-4 dB. Questa fase è stata fondamentale per avere dei valori di R_w che possano essere significativi per procedere con le simulazioni delle distinte stratigrafie.

[Equazione n°3] Marshall Day Acoustics. *INSUL: Prediction of sound insulation – User manual (Version 8)*. Marshall Day Acoustics. 2014

5 Marshall Day Acoustics. *INSUL: Prediction of sound insulation – User manual (Version 8)*. Marshall Day Acoustics. 2014

6 Ibid.

Indice di valutazione del potere fonoisolante R_w [dB]

Spessore strato di riempimento [mm]	Dati sperimentali		Dati manuale Volhard	
	Densità ρ [kg/m ³]			
	600	1000	600	1000
100	35	41	40	43
120	36	44	42	46
180	41	50	44	48
200	44	51	46	50
300	48	58	47	52
350	50	61	49	53

Tabella di confronto tra dati sperimentali e dati ricavati dalla bibliografia

Fonte: Volhard, F. *Light earth building: A handbook for building with wood and earth*, pp. 228. Birkhäuser. 2016

La totora è stata modellata come materiale isotropo e assorbente, se ne osservano le differenze dei risultati di seguito. Nel caso in cui il materiale è stato considerato isotropo sono stati utilizzati valori di densità e modulo di Young riferiti nella letteratura alla specifica fibra, mentre nel caso in cui il materiale è stato considerato come assorbente sono stati utilizzati i valori della letteratura riferiti alla canna palustre europea.

In mancanza di dati sui parametri caratteristici dei materiali e dei loro accoppiamenti, occorre fare riferimento a valori indicativi o a fonti bibliografiche specifiche.

PARAMETRO	TOTORA	CANNA PALUSTRE EUROPEA
Densità [kg/m ³]	180 ¹	160 ⁴
Modulo di Young	0,81 ²	-
Resistenza al flusso [Rayl/m]	-	1500 ⁵
λ [W/m·K]	0,046 ³	0,56 ⁶
Diffusione del vapore μ	-	2 ⁷

Tabella riassuntiva dei dati associati alla totora

Fonti:

1: Hidalgo Cordero, J. (2007). *Manual de construcción con totora*. Escuela de Arquitectura, Universidad de Cuenca.

2: Culcay Chérrez, A. S. (2014). *Experimentación con la fibra de totora (Tesis de grado, Universidad del Azuay, Facultad de Diseño)*. Cuenca, Ecuador.

3: Aza-Medina, Palumbo, Lacasta & González-Lezcano, 2023

4: Oldham, D. J., Egan, C. A., & Cookson, R. D. (2004). *Sustainable acoustic absorbers from the biomass*.

5: Oldham, D. J., Egan, C. A., & Cookson, R. D. (2004). *Sustainable acoustic absorbers from the biomass*.

6: Terragenà. *Pannello in canna palustre – Scheda tecnica*

7: Terragenà. *Pannello in canna palustre – Scheda tecnica*

È importante sottolineare che non è stato possibile fare un confronto, tra i valori ottenuti con le simulazioni e calcoli analitici, in quanto non si dispongono indici specifici quali il coefficiente di Poisson ν e la rigidezza a flessione D delle pareti, parametro necessario per il calcolo analitico completo della frequenza critica e del comportamento a flessione.

Configurazione dei pannelli

Dopo aver settato i materiali di base è necessario tradurre le stratigrafie del modulo configurando i pannelli all'interno di INSUL. Vengono adottati due tipologie di pannelli distinti:

_pannelli singoli

per rappresentare il sistema di parete che non prevede l'inserimento della totora

_pannelli doppi

per modellare le configurazioni in cui è presente la cavità con la totora.

Nel caso dei pannelli doppi vengono analizzati i risultati inserendo la totora come materiale assorbente o come materiale isotropo. Inoltre per avere un confronto con ulteriori possibilità di stratigrafie è stato simulato un caso in cui è presente un'intercapedine di aria, definendo un sistema massa-aria-massa. Questo processo introduce un'incertezza residuale chiara, dovuta all'inserimento di valori sperimentali come il Modulo di Young, caratterizzati già da un'imprecisione variabile a seconda dei valori di riferimento. Pertanto i valori risultanti vanno letti all'interno del campo di variazione definito dai risultati di tecniche simili, e non come valori assoluti.

Propagazione dell'errore e campo di variabilità numerica

È necessario ribadire la sensibilità delle simulazioni effettuate con INSUL e l'incertezza associata ai parametri di input. Piccole variazioni di densità, del modulo di Young e del dumping si traducono in differenze sostanziali per i valori di R_w . Nel caso dei materiali naturali come la terra-paglia e la totora, queste grandezze non sono puntuali, ma possono essere associate ad un intervallo considerabile di valori. Questo perché la disposizione interna dei materiali (granulometria, distribuzione delle fibre, microfessure) non è omogenea e presenta variazioni locali tra una provetta e l'altra. Allo stesso tempo i valori del modulo di Young provengono da differenti fonti bibliografiche, influenzando l'incertezza.

In coerenza con ciò che viene affermato dalla teoria della propagazione dell'incertezza proposta dalla GUM (*Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*)⁷, l'insieme di tutti questi fattori si considera come un contributo che influisce sulla variabilità del risultato, le simulazioni non restituiscono un risultato esatto, al contrario permettono il confronto con un campo di prestazioni plausibili. Con questa prospettiva si comprendono le simulazioni come uno strumento utile alla progettazione per la verifica della coerenza delle stratigrafie permettendo scelte coscienti rispetto le esigenze specifiche del modulo.

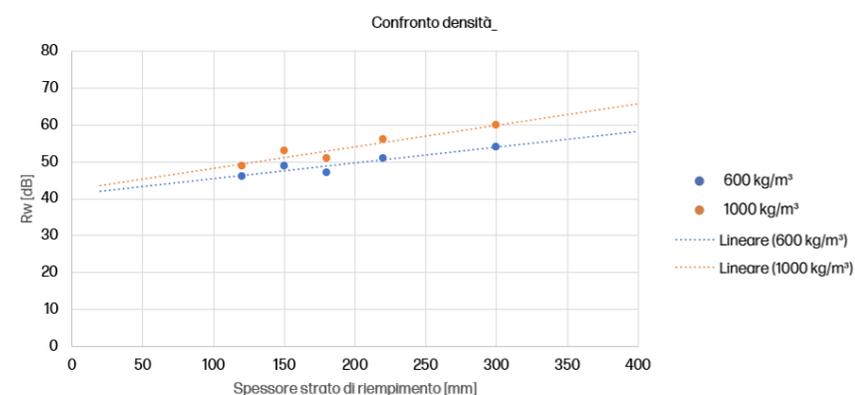
⁷ Joint Committee for Guides in Metrology. *Evaluation of measurement data: Guide to the expression of uncertainty in measurement (JCGM 100:2008)*. Joint Committee for Guides in Metrology. 2008

8.5 Validazione sperimentale e numerica del comportamento acustico delle pareti

Di seguito verranno posti in relazione i valori delle varie simulazioni che sono state realizzate con INSUL, definendo in modo empirico quanto il sistema scelto possa essere adeguato alla funzione, il tutto posto in relazione con la bibliografia descritta nel capitolo 7.

Analisi dei risultati

Inizialmente viene analizzata la relazione tra i risultati del tubo di impedenza e le stratigrafie che presentassero un solo strato con densità simile a quelle indagate con il tubo. Si comprende come tanto nelle curve di TL, per le serie A e C, come nei modelli di INSUL si hanno perdite ridotte alle basse frequenze, una parte più piana fino ai 250-315 Hz e una crescita progressiva verso i valori medio-alti. Questo comportamento si allinea con le formulazioni per pannelli massivi.



Il grafico "confronto densità" mostra il comportamento delle pareti semplici in terra alleggerita delle stratigrafie illustrate rispetto alle due distinte densità e con spessori variabili dello strato di riempimento in terra-paglia. A parità di densità aumentando lo spessore R_w cresce di circa 8 dB (da 120 mm a 300 mm), mentre a parità di spessore la serie più densa ottiene 3-4 dB in più. Ciò permette di affermare che per pareti monostrato l'aumento della densità può apportare migliorie a R_w .

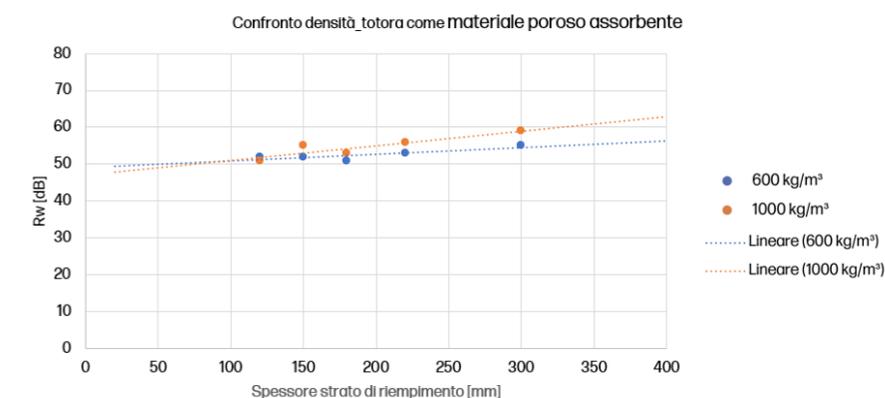
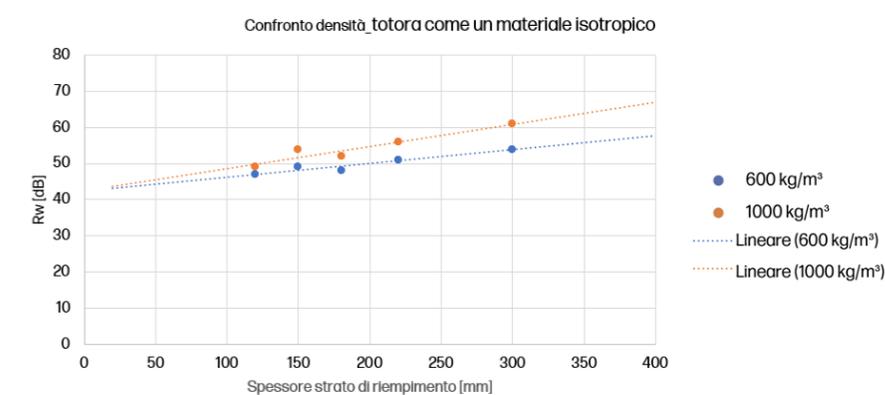
Nel complesso le pareti semplici in terra alleggerita senza l'aggiunta di totora si collocano in un range con R_w compreso tra 46-60 dB, paragonabile allo stesso ordine delle pareti analizzate nel capitolo 7, con una dimensione variabile tra i 15 e i 30 cm. Diverse fonti sull'adobe, tapial o BTC variano con un range di valori di R_w compreso tra 45-55 dB. Il grafico definisce l'andamento di una parete semplice con sola terra e paglia con valori che possono essere migliorati con l'introduzione della totora, che può essere impiegata per specifiche funzioni. Le pareti semplici possono essere impiegate negli spazi con requisiti acustici meno esigenti come ad esempio nel caso in cui il modulo ospiti uffici, laboratori di liuteria, servizi igienici o spazi di circolazione.

In particolar modo il rango di riferimento viene indagato nel capitolo 7 propone stratigrafie di diverso tipo, con funzione portante e no. Pareti di terra battuta, con funzione portante e alta densità, con spessori variabili di 9,5-31,5 cm offrono un R_w tra i 44 e i 54 dB, mentre i muri in adobe, anch'essi con capacità portanti, e spessori di 30 cm raggiungono un R_w di circa 52 dB.

Inoltre per avere una conferma del setting delle stratigrafie è stata replicata la stratigrafia semplice della quincha chilena, che da bibliografia risultava avere un R_w pari a 45 dB, con una massa superficiale di circa 150 kg/m². Nella simulazione INSUL il risultato di R_w per la stratigrafia risulta essere 47 dB, risultato che valida la simulazione, essendo superiore all' R_w di qualche decibel.

Cavità con totora

Quando si introduce una cavità con uno strato poroso come la totora, tra due strati di terra, il sistema può essere paragonato ad un sistema massa-molla-massa.



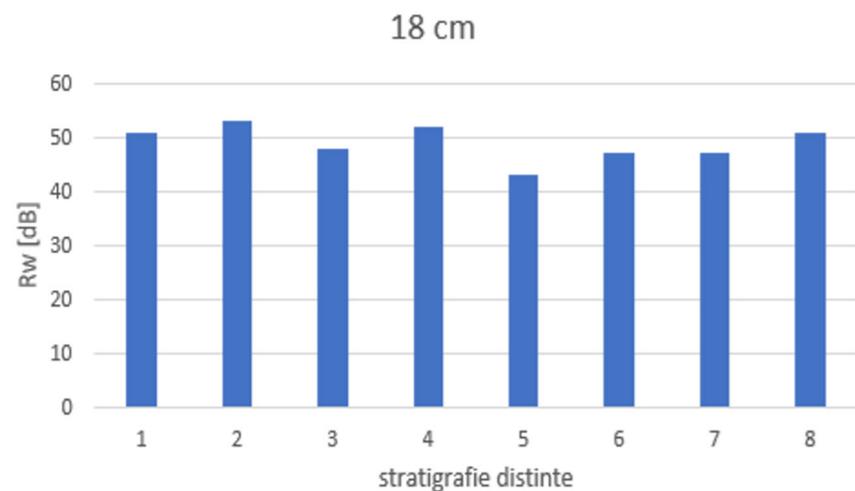
Con l'introduzione della totora come intercapedine i risultati di R_w sono decisamente notevoli rispetto ai precedenti, a parità di spessore di riempimento e di strati di rivestimento l'introduzione della totora definisce un miglioramento. Come si vede nei due distinti grafici, il comportamento risulta essere differente a seconda di come viene inserito il materiale totora, come si è precedentemente

mente annunciato. Quando si intende la totora come un materiale isotropico, il programma la definisce come una lamina leggera addizionale, definendo un R_w pari a 47-61 dB, vicino a quelli delle stratigrafie semplici. Quando la totora si definisce come materiale poroso assorbente, con la resistività al flusso Rayl/m, la simulazione produce risultati differenti. I valori R_w oscillano dai 52 ai 59 dB, nei casi in cui è presente una struttura secondaria e con valori dai 63-73 dB in assenza della struttura di supporto, ovvero quando tutto il sistema è considerato come un unicum.

Questi valori vanno interpretati rispetto al range di valori delle stratigrafie del capitolo 7, secondo cui le pareti in cui è presente un'intercapedine di lana di roccia si presentano valori di R_w' che varia tra i 66-67 dB. In questi casi la lana di roccia viene inserita all'interno di una stratigrafia composta per elementi naturali, mentre nel caso del progetto si cerca di mantenere elementi solo di origine naturale e locale per poter garantire i presupposti socio-economici del progetto del modulo.

Inoltre, Volhard propone un'analisi di più stratigrafie composte, visibili in figura. Le soluzioni con doppio strato in terra alleggerita variano in densità tra i 500-2000 kg/m³, con spessori totali che variano da 2x11,5-2x24 cm, si raggiunge un R_w che varia dai 57 ai 67 dB. Il range offerto conferma che il valore per le pareti in cui è presente la totora sono verosimili e possono in qualche modo garantire il raggiungimento del comfort minimo rispetto alle specifiche funzioni assegnate nel modulo.

Confronto stratigrafie con lo strato di riempimento



Stratigrafie di riferimento del grafico "Confronto stratigrafie con lo strato di riempimento 18 cm"
Elaborazione propria

Il grafico mostra le possibili stratigrafie che possono essere implementate partendo dal riempimento base in terra e paglia. Vengono confrontati distinte opzioni per comprendere come ad esempio sostituendo la totora con l'aria, quali sono i risultati. L'indice R_w aumenta sempre quando si considerano densità maggiori, viene infatti definito un miglioramento in tutte le stratigrafie tra la densità di 600 kg/m^3 e di 1000 kg/m^3 . La stratigrafia con la totora considerata come un elemento assorbente, quindi le colonne 1 e 2, risulta raggiungere i parametri migliori.

Spessore strato di riempimento [mm]	Densità ρ [kg/m^3]	
	600	1000
120	46	49
180	47	51
150	49	53
220	51	56
300	54	60

STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO
Intonaco in terra
Strato di rivestimento
Strato di riempimento
Strato di rivestimento
Intonaco in terra

Spessore strato di riempimento [mm]	Densità ρ [kg/m^3]	
	600	1000
120	47	49
180	48	52
150	49	54
220	51	56
300	54	61

STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO
Intonaco in terra
Strato di rivestimento
Strato di riempimento
Totora (materiale isotropico)
Strato di rivestimento
Intonaco in terra

Spessore strato di riempimento [mm]	Densità ρ [kg/m^3]	
	600	1000
120	52	51
180	51	53
150	52	55
220	53	56
300	55	59

STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO
Intonaco in terra
Strato di livellamento
Strato di rivestimento
Totora materiale poroso assorbente)
Strato di livellamento
Strato di rivestimento

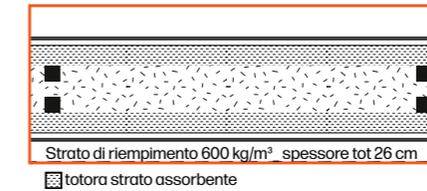
Tabelle di riferimento dei valori di R_w a densità rispettive di 600 e 1000 kg/m^3
Elaborazione propria

Deduzioni sul comportamento acustico delle pareti

I risultati tra misurazioni con il tubo di impedenza e le simulazioni con INSUL vengono impiegati per comprendere il comportamento verosimile delle pareti secondo le stratigrafie progettate per il modulo, in particolare per un sistema che vede la terra come materia prima fon-

damentale, coerente con il contesto rurale in cui si colloca il progetto. In termini di fonoassorbimento è stato validato un sistema definito con l'ausilio di una struttura di sostegno, connessa alla struttura principale in legno, a cui vengono fissati dei pannelli in terra e paglia con densità distinte a seconda del caso esigenziale specifico.

Le pareti in terra-paglia hanno un R_w dell'ordine di $46-60 \text{ dB}$, adeguate a spazi con esigenze moderate come laboratorio di liuteria, spazi di servizi igienici, circolazione. Inoltre, con l'aggiunta della totora si ha un netto miglioramento, fino a raggiungere un R_w massimo di 73 dB .



Stratigrafia tipo di una parete divisoria con strato di totora su entrambi i lati
Elaborazione propria

Risulta quindi che le pareti pensate per il modulo in generale rispondono alle prestazioni acustiche desiderate, rientrando nei canoni minimi di comfort. Nell'adattamento del modulo rispetto le singole necessità del luogo e nell'ampliamento dello stesso per la definizione di un vero e proprio centro musicale, come nel caso di Andahuaylillas, si può optare la stratigrafia che presenterebbe il range di valori migliori, in concordanza con le esigenze climatiche. In particolar modo si considera per il clima della costa una parete semplice o con totora, di densità di circa 1000 kg/m^3 , il cui strato di riempimento ha uno spessore di 18 cm , ottenendo dei valori variabili di un R_w circa $51-53 \text{ dB}$, mentre per il clima della selva si opta per una parete di densità 1000 kg/m^3 , il cui strato di riempimento ha uno spessore di 120 cm e un R_w variabile tra $49-51 \text{ dB}$, infine per la sierra si pensa ad una parete il cui strato di riempimento ha uno spessore circa 180 cm e un R_w variabile tra $48-51 \text{ dB}$. In tutti i casi viene indicato un range in riferimento alle approssimazioni già precedentemente spiegate e alla presenza o assenza della totora. In sostanza si può affermare che il sistema compie con i requisiti di adattabilità rispetto ad una stratigrafia che si modifica per rispondere alle distinte esigenze climatiche.

DAL MODULO AL SITO DI PROGETTO

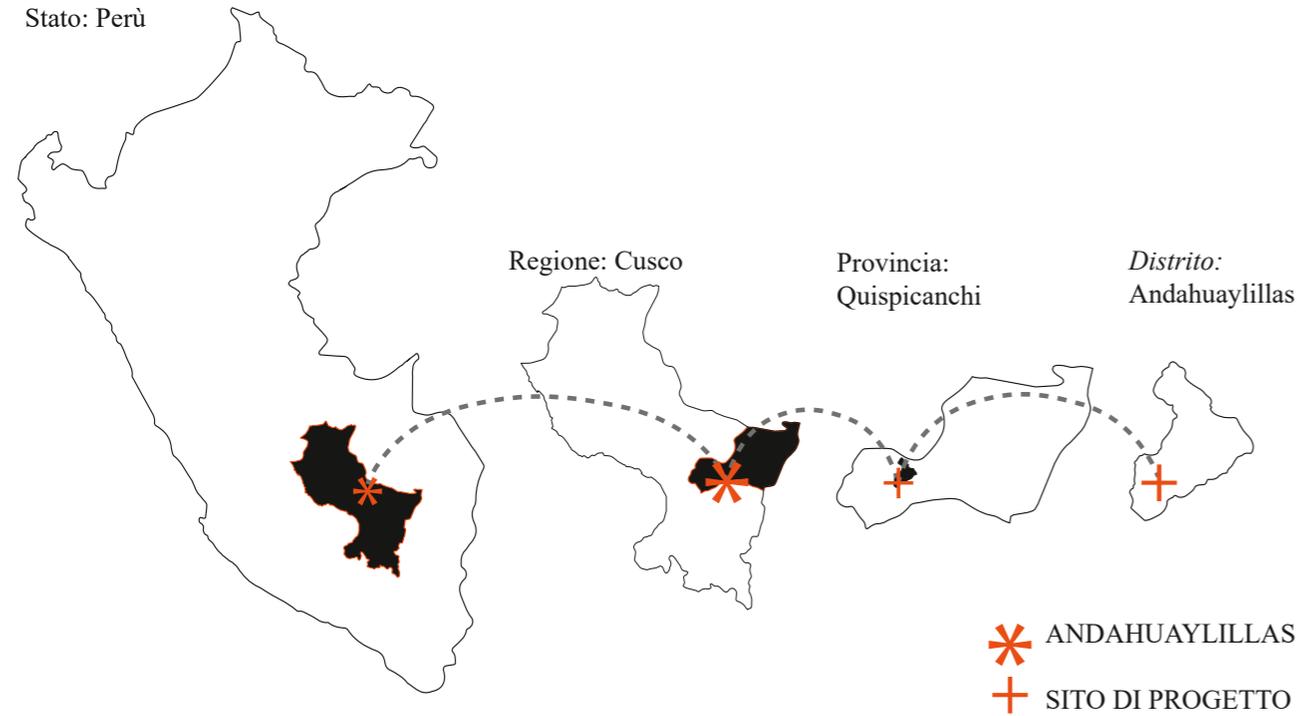
Applicazione progettuale nel caso studio di Andahuaylillas

“La música es un alimento del alma, y el alma necesita enriquecerse con la música y el arte.”

“La musica è un alimento dell’anima, e l’anima ha bisogno di arricchirsi con la musica e l’arte.”

Baca, S. (2017, 9 dicembre) Susana Baca: «Unos niños formados con el arte son niños libres».
Intervista di Julieta Pollo. Medium.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE



Andahuaylillas è un piccolo pueblo nel cuore delle ande a sud del Perù, nella provincia di Quispicanchi, regione di Cusco. Diverse sono le comunità che vivono il suo territorio, ricco di storia e di agricoltura, con tanta cultura e scarse possibilità economiche per dare spazio alla musica. Qui si è deciso di dare un'opportunità applicativa al modulo precedentemente analizzato.

In questo capitolo si concretizza la ricerca esplorativa per la composizione di un modulo in terra alleggerita, che possa ospitare al proprio interno attività legate alla musica. Andahuaylillas è il luogo in cui il si pongono in pratica le ipotesi progettuali sviluppate nei capitoli precedenti: ampliando l' "unità base" per un complesso architettonico che risponda alle esigenze del territorio. L'analisi del ruolo della musica nel panorama peruviano, la lettura delle eco regioni, la comprensione di quanto la terra sia parte della tradizione costruttiva, hanno permesso di elaborare i criteri progettuali che convergono nei sistemi pensati per ogni tipo di clima. Ciascun sistema è stato analizzato nel dettaglio, al fine di definire le basi d'indagine necessarie a riprodurlo in ogni regione rurale, come avviene nel contesto di Andahuaylillas.

In questo capitolo verrà definita una lettura del *distrito* di Andahuaylillas, viene riprodotta una logica di approfondimento per scale, fino ad arrivare al sito di progetto. Si analizzerà il territorio e lo scenario socio urbano, con l'obiettivo di contestualizzare il sistema costruttivo, applicando i principi progettuali del modulo, che evolve e trasforma lo spazio destinato alla musica.

91 Andahuaylillas: regime climatico

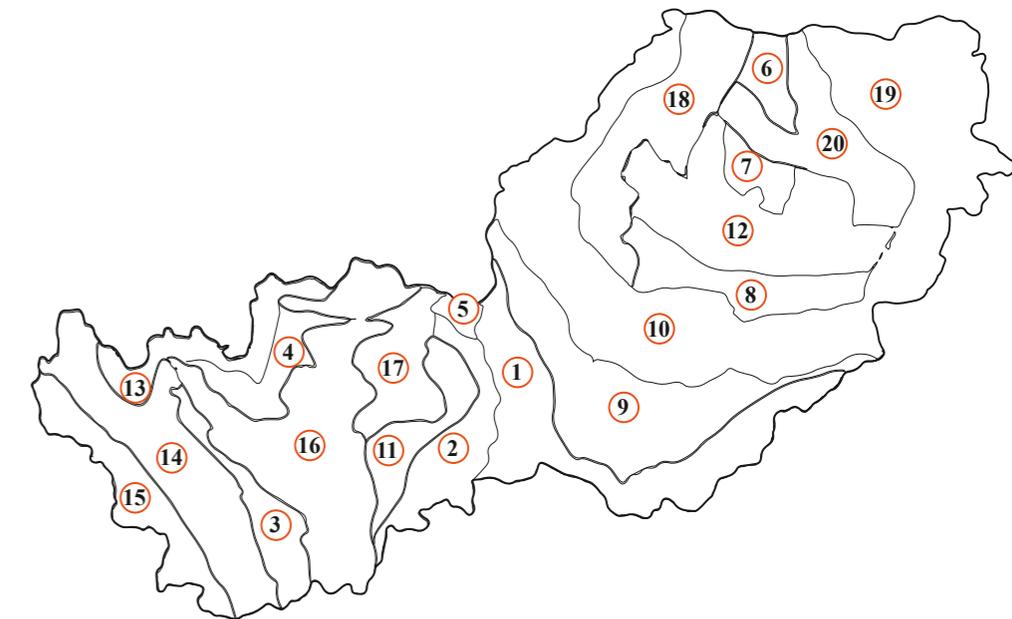
Andahuaylillas rappresenta uno dei tanti *distritos* rural in cui la ricchezza musicale è presente, ma in parte viene marginalizzata e poco apprezzata. Questo *distrito* ha una posizione e tanti altri fattori che lo rendono un punto attrattivo dove poter dar spazio alla musica.

Il *distrito* appartiene alla regione di Cusco, quest'ultima definita da una grande ricchezza morfologica. Al suo interno si trovano differenti *pisos ecologicos*: la *Quechua*, valle agricola, la *Suni* fino ad arrivare alla *Puna* nella parte più montuosa. Il gradiente dovuto all'altitudine permette di avere ampia differenziazione nelle coltivazioni, incrementata dalla presenza di due grandi fiumi il Vilcanota e il Mancco.¹ Andahuaylillas ha un regime idrico misto tra pluviale e nevoso, dove i corsi d'acqua sono alimentati dalla pioggia e il disgelo dei ghiacciai della Cordillera de Vilcanota. Il fiume Vilcanota è fortemente influenzato dalle variazioni stagionali, con dei massimi durante la stagione delle piogge.

Il clima locale riprende le caratteristiche tipiche delle ande centro-meridionali: *templado-frio*, con un'ampia escursione termica e piogge ricorrenti tra ottobre e aprile, una temperatura media annuale che oscilla tra gli 8°C - 9°C, con minime nei periodi più rigidi che scendono fino agli 0°C.² Il territorio della provincia di Quispicanchi, e per l'appunto Andahuaylillas, è caratterizzato da un'alta sismicità e dal fenomeno delle gelate notturne, specialmente nell'ecoregioni *Suni e Puna*, come visto nel capitolo 2. La combinazione di forti amplitudini termiche, venti intensi e terreni con bassa permeabilità favoriscono i processi di erosione e in alcuni casi di frane.

1 Bernex, N., & Equipo CCAIJO. *Atlas provincial de Quispicanchi. Centro de Capacitación Agro-Industrial "Jesús Obrero" - CCAIJO*; Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Centro de Investigación en Geografía Aplicada. 1997.

2 Cazana Aparicio, E. M., & Tarazona Torres, P. L. *Centro de Convenciones Andahuaylillas (Tesis de licenciatura)*. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. 2024



Suddivisione climatica della provincia di Quispicanchi
Rielaborazione da Bernex & Equipo CCAIJO (1997).

- | | | | |
|---------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 1. Freddo-nevoso umido | 9. Freddo umido | 16. Temperato pre umido | 7. Caldo pre umido |
| 2. Freddo nevoso moderato | 13. Temperato molto secco | 17. Temperato sub-umido | 18. Misto caldo molto umido |
| 5. Freddo nevoso secco | 15. Temperato secco | 18. Temperato moto umido | 20. Misto caldo molto umido |
| 4. Freddo secco | 14. Temperato moderato | 8. Caldo umido | 19. Misto molto caldo molto umido |
| 11. Freddo moderato | 3. Temperato umido | 6. Caldo molto umido | 12. Misto caldo umido |

Il territorio del *distrito* è fortemente caratterizzato da eventi sismici, come tutta la Cordillera de los Andes. Dopo il sisma del 1950 il pueblo* e la chiesa di San Pedro Apostol subirono molteplici danni, in particolar modo quest'ultima fu oggetto di ricostruzione. L'ultimo episodio sismico risale all'aprile del 2024, in cui vi furono molteplici danni su tutto il territorio. All'incirca l'80% delle case in adobe subirono danni, con crepe nelle pareti, crolli dei tetti e dei muri perimetrali, apportando conseguenze anche alla rete acquifera.³ Molteplici enti e associazioni parteciparono alla campagna di sostegno per riparare i danni del sisma, la Compañía de Jesús istituì la *campaña de emergencia* para Andahuaylillas, per dare la possibilità di rifugio alle persone. World Monuments Fund si mobilitò con il programma Crisis Response Program per appoggiare il restauro della chiesa.⁴ La Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP) y de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC) avviarono una campagna di indagine per le case che riportarono danni. Gli ultimi episodi hanno incrementato la vulnerabilità territoriale, mettendo a rischio edifici, persone e indirettamente la cultura.

Andahuaylillas si configura, quindi, come un territorio ricco ma fragile, in un regime climatico che rappresenta l'andino temperato, un *distrito* che connette pueblo e campo, in un sistema territoriale fortemente influenzato dall'orografia in cui l'altitudine influisce sull'aspetto termico e pluviometrico, sull'accessibilità e sui rischi naturali.



Foto che rappresentano i danni nel centro di Andahuaylillas a seguito del terremoto dell'Aprile 2024

Foto dell'autrice

Morfologia insediativa e struttura urbana

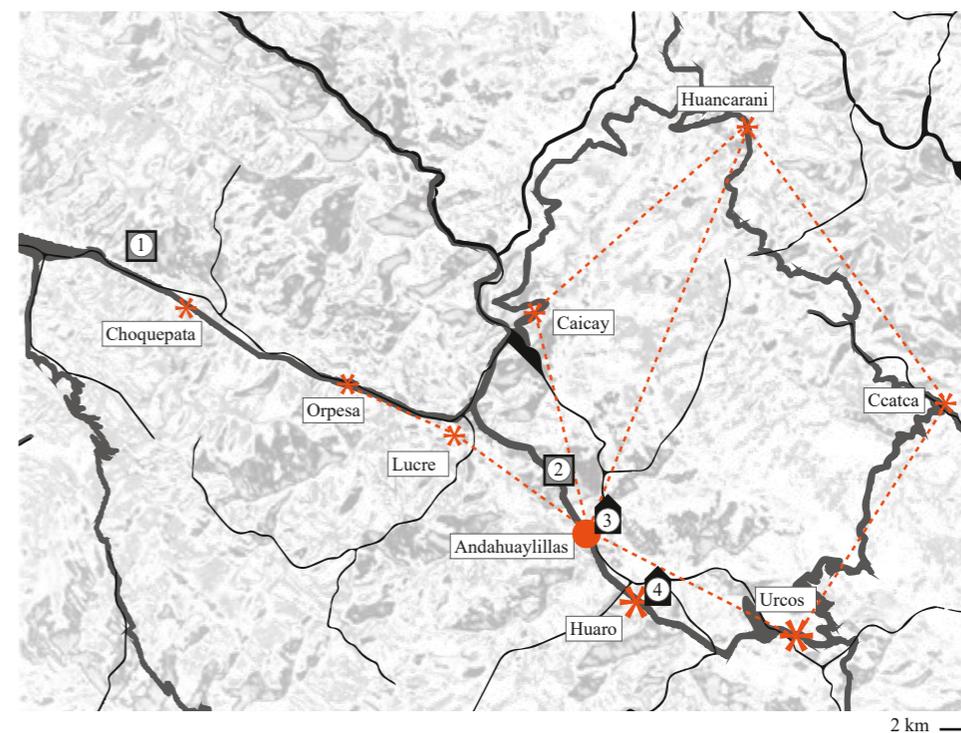
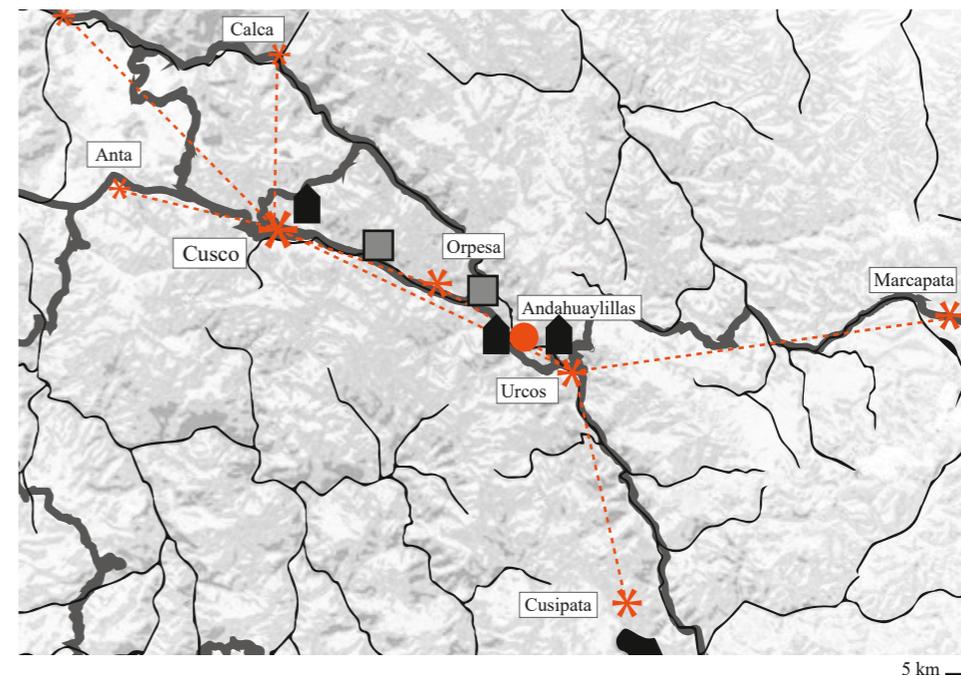
Andahuaylillas dista dalla città di Cusco circa 40 km, è facilmente raggiungibile con la ruta Cusco-Puno, attraversando il *distrito* di Oropesa. Presenta una superficie di circa 85 km², è attraversata dal rio Vilcanota e si trova a 3120 m slm. È simbolo della Ruta del Barueco Andino, per la chiesa di San Pedro Apostol.⁵ Si distacca come un punto di turismo di passaggio, con visite giornaliere lungo la tratta del barocco. Il paesaggio è un mosaico di campi, montagne imponenti con praterie de altura, mentre il tessuto urbano riproduce la grammatica coloniale. La logica della griglia si adatta alle condizioni orografiche perdendo regolarità arrivando al fiume Vilcanota.

³ <https://rotafono.pe/municipal-y-regional/cusco-reportan-danos-por-fuerte-sismo-en-el-distrito-de-andahuaylillas-1551471/> [consultato il 8/11/2025]

⁴ World Monuments Fund. *Templo San Pedro Apóstol de Andahuaylillas*, Cusco: World Monuments Fund. 2017

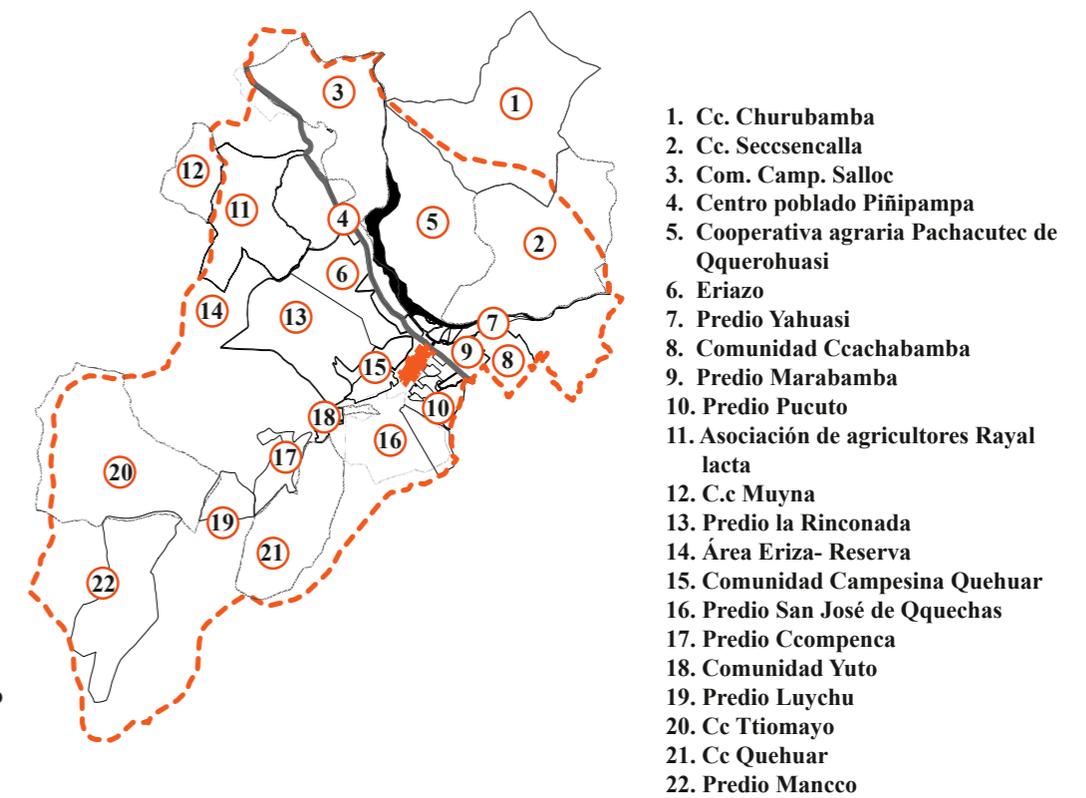
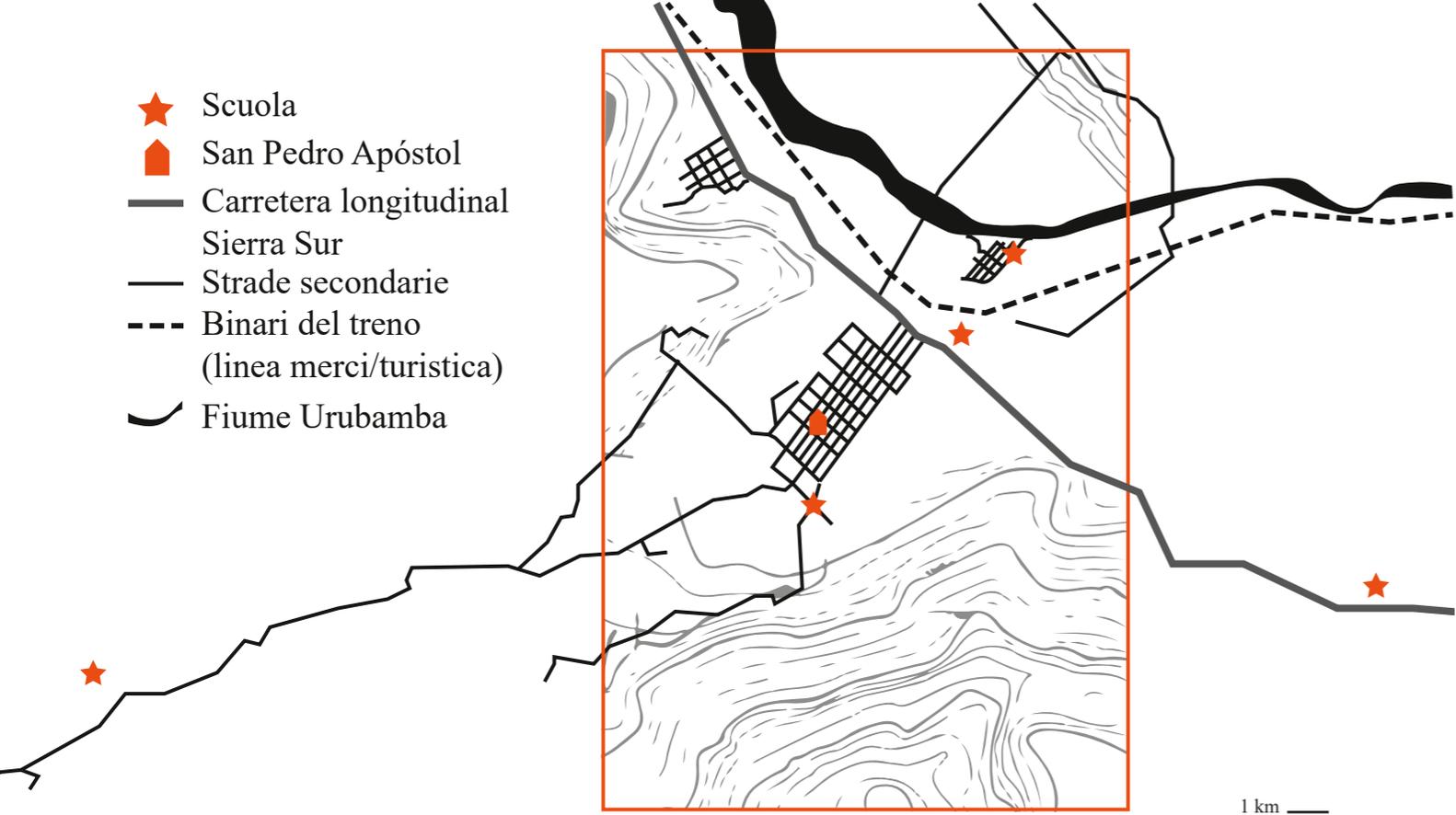
⁵ Castillo Centeno, M. R., Kuon Arce, E., Noriega, E., Samanez Argumedo, R., & Silva Canessa, C. *Templo San Pedro Apóstol de Andahuaylillas*, Cusco: World Monuments Fund. 2017.

*pueblo: villaggio



- Andahuaylillas
- * Centro abitato
- Sito archeologico

- ① Tipon
- ② Rumicolca
- ③ San Pedro Apóstol



Il centro del *pueblo* è definito da una piazza principale in cui si colloca la chiesa di San Pedro Apóstol, circondato da una griglia ben strutturata. L'inclusione della chiesa nella Ruta del Barocco Andino ha generato un flusso progressivo di visitatori.

La chiesa si colloca in uno dei lati della piazza, elevata da 5 gradoni rispetto al circondario, rappresenta il fulcro di espansione del *pueblo*.

Il *pueblo* è diviso "arriba" e "abajo", dalla piazza fino alla strada principale (ruta Cusco-Puno) risiede la comunità Salloq, mentre dalla piazza verso il lato opposto del *pueblo* vi sono le comunità Qhehuar, Llutu, Tiomayo e Manco, la distribuzione fa comprendere la logica di insediamento che riprende quella preispanica reinterpretata dal tracciato coloniale.

Il tracciato urbano del *pueblo* riprende le tipologie residenziali delle valli a sud di Cusco. Gli edifici sono costruiti in adobe, di uno o due piani, con coperture in tegole in argilla cotta. Fino al XX secolo dominavano tetti in paglia, sostituita poi da materiali industriali.

Molte abitazioni conservano frutteti e piccoli orti in continuità con il paesaggio agricolo, con muri perimetrali che definiscono i patii e danno accesso alla strada. I fronti che affacciano sulle strade non superano i 6 m di altezza, anche nelle zone al di fuori del centro urbano, dove le coperture sono realizzate in lamiera piuttosto che con tegole.

Il sistema di spazi pubblici e collettivi si organizza gerarchicamente attorno la Plaza de Armas e l'atrio della chiesa. La piazza principale costituisce il centro delle attività sociali, politiche e religiose.



Comunidad campesina Salloq
Foto dell'autrice
Forno in adobe per la produzione di tegole in terra cotta



Comunidad Yuto
Foto dell'autrice
Campo coltivato

Profilo socio-demografico e condizioni socioeconomiche

Dal punto di vista demografico Andahuaylillas può essere considerato un distretto di piccola scala in una provincia rurale. Si stima una popolazione di circa 6000 abitanti, corrispondente ad un insediamento intermedio nel sistema della valle di Cusco.

Andahuaylillas rappresenta un nodo intermedio tra la città di Cusco e molte comunità distribuite nel *distrito* come Rayallaqta, Churubamba, Tiomayo, Querohuasi, Yuto ecc, collegate con el *pueblo - centro poblado** - con vie percorribili e sentieri sterrati. La strada principale Cusco-Puno garantisce una connessione rapida con la capitale regionale e permette il flusso turistico, offrendo l'opportunità ad Andahuaylillas di poter rappresentare un centro di servizi in un territorio rurale sostenuto dall'agricoltura. Nella provincia di Quispicanchi circa il 70% della popolazione ha uno stile di vita rurale con una forte dipendenza dalle attività agricole e una struttura occupazionale fragile con precarietà di ingressi. Viene garantito l'accesso a servizi basilari come l'istruzione primaria, con una forte vulnerabilità economica e una marcata differenza tra centro urbano e comunità rurali. Per molte famiglie la migrazione verso Cusco rimane una possibilità allettante, soprattutto per i giovani in cerca di istruzione o lavoro.

L'attività economica principale è l'agricoltura, piccole forme di commercio e dei servizi pubblici, con un crescente turismo culturale-religioso per la chiesa di San Pedro Apóstol. La valle Vilcanota è predominata da coltivazioni di mais,

legumi e ortaggi, con una combinazione di monoculture e colture alternate su terrazzamenti.

L'accesso all'educazione nel *distrito* è predisposto da una rete istituzionale educativa che articola il nucleo urbano e il circondario rurale. Sono presenti due centri di educazione iniziale, due scuole primarie e due scuole secondarie. Inoltre, è presente la scuola di alternanza CRFA Kuntur Kallpa, una scuola secondaria che permette un mix tra vita rurale e accesso all'istruzione, con due settimane di studio e due settimane di vita nella comunità di origine. Questo tipo di istruzione permette di combinare l'educazione formale con il lavoro agricolo rafforzando il vincolo con il territorio. Molti degli studenti camminano fino a due ore prima di arrivare a scuola, provenendo da *comunidades de altura*, collocate nelle vicinanze del *distrito* di Andahuaylillas.

Sul territorio sono presenti in modo attivo distinte associazioni culturali e musicali, come Sinfonia por el Perú o Grupo Patrimonio Qoriorqo, che incrementano il sistema scolastico formale, offrendo spazi di apprendimento e pratiche artistiche che funzionano come dispositivi di inclusione sociale e culturale.

Andahuaylillas come nodo della rete musicale-educativa

Nel *pueblo* di Andahuaylillas è presente, come già descritto nel *capitolo 3*, un nucleo dell'associazione Sinfonia por el Perú, un'associazione nazionale dedicata alla diffusione dell'educazione musicale. L'associazione propone un programma che sostiene la musica come strumento di inclusione sociale e sviluppo delle capacità socio-cognitive in condizioni di vulnerabilità con nuclei distribuiti in tutto il Perú.

Ad Andahuaylillas vi è un nucleo di musica classica e di liuteria, che accoglie bambini dalle fasce di età più piccole fino a giovani adolescenti, provenienti dal *pueblo*, dalle comunità rurali e dalle cittadine vicine, compresa Cusco. Le attività includono lezioni di musica classica strumentali e vocali, lezioni di liuteria, con una combinazione di distinte discipline. Il nucleo dell'associazione si appoggia alla parrocchia, con aule distribuite nel chiostro parrocchiale, adattando le necessità funzionali a ciò che lo spazio ha da offrire.

Nel contesto di Andahuaylillas Sinfonia por el Perú non è l'unica associazione che si occupa di educazione musicale, il Grupo Patrimonio Qoriorqo, come visto nel *capitolo 3*, apporta alla comunità rurale un importante lavoro di diffusione della musica andina in collaborazione con il collegio CRFA Kuntur Kallpa. L'associazione nasce nel 2011, e si occupa di patrimonio materiale e immateriale, come nel caso della musica. Quest'ultima diventa la protagonista negli ultimi anni, con un progetto che punta a far crescere l'interesse giovanile per la musica nelle comunità che parlano quechua. È stato sviluppato il progetto *"Empoderamiento de jóvenes de comunidades andinas quechua hablantes a través de talleres musicales creativos"*.

Queste associazioni sono la premessa secondo cui ad Andahuaylillas vi sono molteplici iniziative a stampo educativo-musicale, che condividono obiettivi di trasformazione sociale, nonostante le scarse risorse istituzionali.

6 Bernex, N., & Equipo CCAIJO. *Atlas provincial de Quispicanchi. Centro de Capacitación Agro-Industrial "Jesús Obrero" - CCAIJO*; Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Centro de Investigación en Geografía Aplicada. 1997

*centro poblado: centro abitato

Andahuaylillas si configura come un micro - nodo di una rete musicale densa ma fragile, con una forte partecipazione che attrae giovani da tutto il circondario. L'impulso verso le pratiche musicali è segnato però dalla carenza di spazi architettonici adeguati, come descritto nel *capitolo 3*.

Inoltre è importante sottolineare come l'assenza degli spazi renda difficile un incontro comunitario intergenerazionale, che la presenza di un modulo dedicato all'insegnamento musicale potrebbe incrementare.

Attraverso le testimonianze di Miranda Almarosa, *"los maestros del pito y tambor"*, delle comunità di Ttiomayo e Churubamba, permettono di comprendere più a fondo la lettura socio-musicale del *distrito*. Uomini di maggiore età hanno raccontato che sempre più giovani lasciano le comunità e si allontanano dalla vita agricola, lasciando indietro la propria tradizione musicale, limitando la trasmissione dei saperi. È in atto il programma *"Saberes Productivos"* che tenta di dare visibilità agli adulti come detentori della conoscenza creando spazi di incontro con bambini, adolescenti e istituzioni educative, sottolineando come senza una connessione comunitaria il sapere musicale rischia di perdersi.

Il lavoro realizzato dalle distinte associazioni rafforza l'idea che Andahuaylillas è un territorio rurale soggetto a fenomeni migratori che rendono la trasmissione del sapere sempre più vulnerabile, sottolineando la necessità di un luogo che possa essere un punto di incontro, dando nuovamente spazio alla musica.

7 Miranda Almaras, R. *Maestros del pito y tambor: Testimonio de cuatro músicos de las comunidades de Ttiomayo y Churubamba del distrito de Andahuaylillas*. Grupo Patrimonio Qoriorqo. Manoscritto inedito. 2024.



"Erquekashaspa yacharani tocayta. Ñaupaq abueluyku goaoku chay pituta, paykunata uyarispa yachaqkayku"

"Aprendí pasteando ovejas desde que era niño. Los mayores que tocaban antes nos daban los pitos y nos enseñaban a tocar"

"Ho imparato a pascolare le pecore fin da bambino. Gli anziani che suonavano ci davano i flauti e ci insegnavano a suonare"

(Ambrocio Quispe, 76 años)

Fonte: vedi nota 7

Foto 1-2, Lezione di musica collegio Kuntur Kallpa

Foto dell'autrice

Foto 3, Riconoscimento agli insegnanti in occasione della Giornata degli anziani

Foto di Rosa Miranda Almaras

9.2 Motivazioni della scelta del sito di progetto

Il sito di progetto si colloca nell'aria rurale della comunità di Yuto, al lato del collegio CRFA Kuntur Kallpa. Il lotto è confinante con la scuola di alternanza, collegato con un asse viario al *pueblo*, ma abbastanza distante dal *centro poblado* per avere un'autonomia nell'espansione spaziale.

Da un lato troviamo la scuola, dall'altro una suddivisione di campi, abitazioni e le pendici di monti con sentieri che collegano le comunid de altura come Tiomayo. Dal lato verso la valle, il lotto si apre ad un'ampia visuale verso gli orti e il *pueblo*, mentre dall'altro lato si mantiene il contatto visuale con l'Apu - montagna sacra - e con i sentieri. L'ambiente sonoro è definito da suoni della ruralità, vento, uccelli, attività agricole e dinamiche scolastiche. Questo tipo di atmosfera favorisce la pratica musicale negli spazi aperti mantenendo uno stretto legame con la natura.

Criteri di selezione del sito di progetto

La scelta del sito di progetto non è stata dettata unicamente dalla disponibilità del terreno, bensì dalla volontà di articolare un sistema accessibile con una compatibilità ambientale nel contesto rurale.

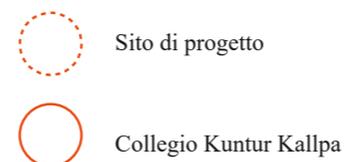
L'accessibilità è favorita dalla vicinanza del collegio Kuntur Kallpa, permettendo l'accesso a progetti musicali a coloro che frequentano la scuola. Inoltre, l'accessibilità è garantita da una strada che già unisce il collegio con il *centro poblado*.

Lo spazio potrebbe accogliere i progetti già in atto dell'associazione Qoriorqo, definendo una collaborazione con Sinfonia por el Perú, con le scuole primarie e secondarie della zona, potenziando la rete di associazioni musicali. Il sito è pensato come un nodo che offre l'opportunità di definire un'infrastruttura culturale attraverso la musica.

Il lotto corrisponde ad un terreno leggermente sopraelevato rispetto al terreno confinante del collegio Kuntur Kallpa. La topografia presenta una pendenza moderata nello spazio confinante con il collegio Kuntur kallpa, mentre è quasi assente sulla restante area. La conformazione del terreno permette di ridurre al minimo le operazioni di livellamento previe alla costruzione. Il suolo ha attualmente una vocazione agraria e si iscrive in un contesto agricolo ben scandito. Nei confini del lotto vi sono alberi sparsi che vengono usati come ombra e riparo dal vento. Il lotto inoltre si trova fuori dalla zona di inondazioni del fiume Villcanota e per l'altitudine e l'orientamento permette di sfruttare la radiazione solare.



Sito di progetto
Foto dell'autrice



100 m

Il sito come dispositivo di progetto

Il sito collocato nell'aria della comunità di Yuto, *distrito* de Andahuaylillas, è un dispositivo progettuale che permette di mettere in pratica le ipotesi architettoniche sviluppate fin ora nella tesi.

Il lotto offre la possibilità di organizzare lo sviluppo dei moduli attorno ad una corte principale, un patio. La tipografia quasi omogenea e l'apertura visuale al paesaggio permettono di disporre i moduli attorno ad uno spazio centrale, un patio con una *plaza hundida**, pensato come uno spazio di socialità, musica e danza. Questa configurazione converte il patio centrale in un sistema di mediazione climatica, con una disposizione delle funzioni degli ambienti a seconda dell'orientamento, e di mediazione sociale, offrendo uno spazio di convivialità centrale. Il patio è circondato da una galleria distributiva, uno spazio di accesso che dinamizza gli incontri favorendo contemporaneamente una sosta introspettiva.

La relazione visuale e simbolica con il paesaggio agricolo rappresentano un'ulteriore importante caratteristica del sito di progetto. La posizione elevata rispetto al lotto della scuola adiacente permette di costruire una vista completa a tutto il paesaggio circostante. Così, l'apprendimento musicale è strettamente connesso con il paesaggio e la vita agricola.

La grandezza e la posizione del lotto favoriscono l'espansione temporale possibile attraverso un ampliamento modulare.

Il sito di Andahuaylillas per la posizione del lotto e del *distrito*, su una scala più ampia, può rispondere alle necessità delle piccole comunità e del panorama musicale più generalizzato, in cui l'evoluzione del sistema modulare ha l'opportunità di essere un espediente di sviluppo e coesione del territorio, flessibile e adattabile al contesto rurale.

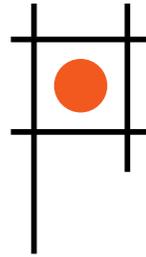
* *plaza hundida*: piazza sommersa

Posizione strategica del lotto per l'approvvigionamento dei materiali di progetto

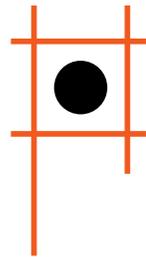
Il processo costruttivo del centro musicale è definito dalla concretizzazione delle logiche territoriali e costruttive precedentemente descritte. La terra impiegata nel processo costruttivo viene presa direttamente dal sito di progetto, che come si vede dall'allegato n° 2 "Approfondimenti tecnici", risulta essere perfettamente idonea per lo scopo costruttivo. La paglia può essere recuperata da produttori locali, riducendo al minimo i trasporti. Il legno può essere recuperato nelle regioni amazzoniche vicine, dove vi sono industrie specializzate per la produzione del legno da costruzione. Le tegole in terra cotta vengono prodotte da una stessa comunità del *distrito* di Andahuaylillas. I materiali per la realizzazione delle fondazioni come calcestruzzo o elementi in ferro possono essere reperiti nella città di Cusco.

Tutti i materiali vengono facilmente procurati in un breve raggio, ciò permette di abbassare l'impatto ambientale dovuto ai trasporti per le materie prime. Inoltre, come ampiamente sottolineato, la tecnica permette di includere la popolazione nel processo costruttivo, definendo un nuovo scambio di saperi, incrementando in modo positivo l'impatto sociale dell'opera.

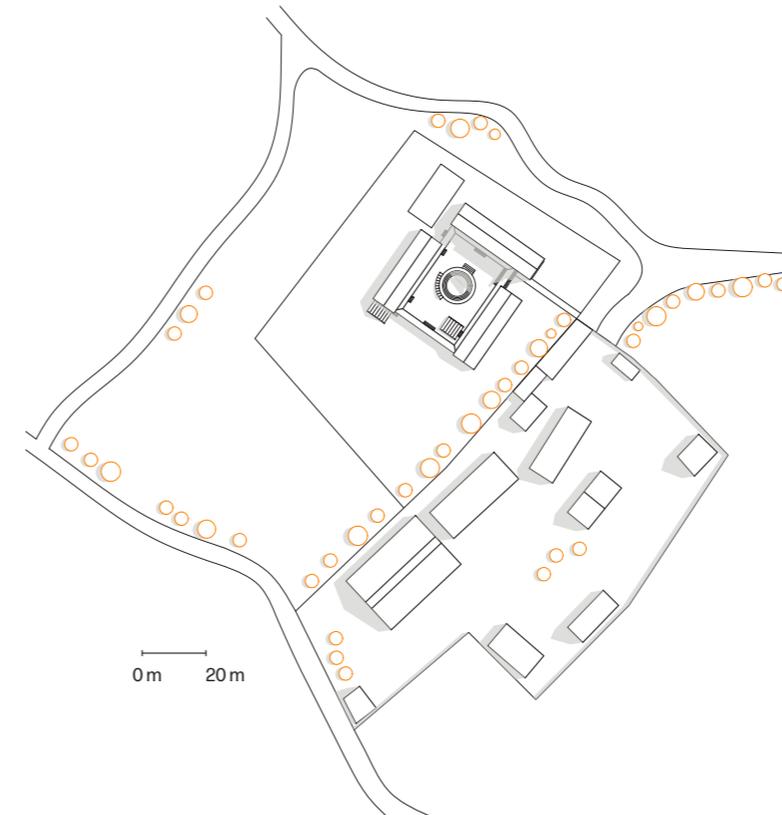
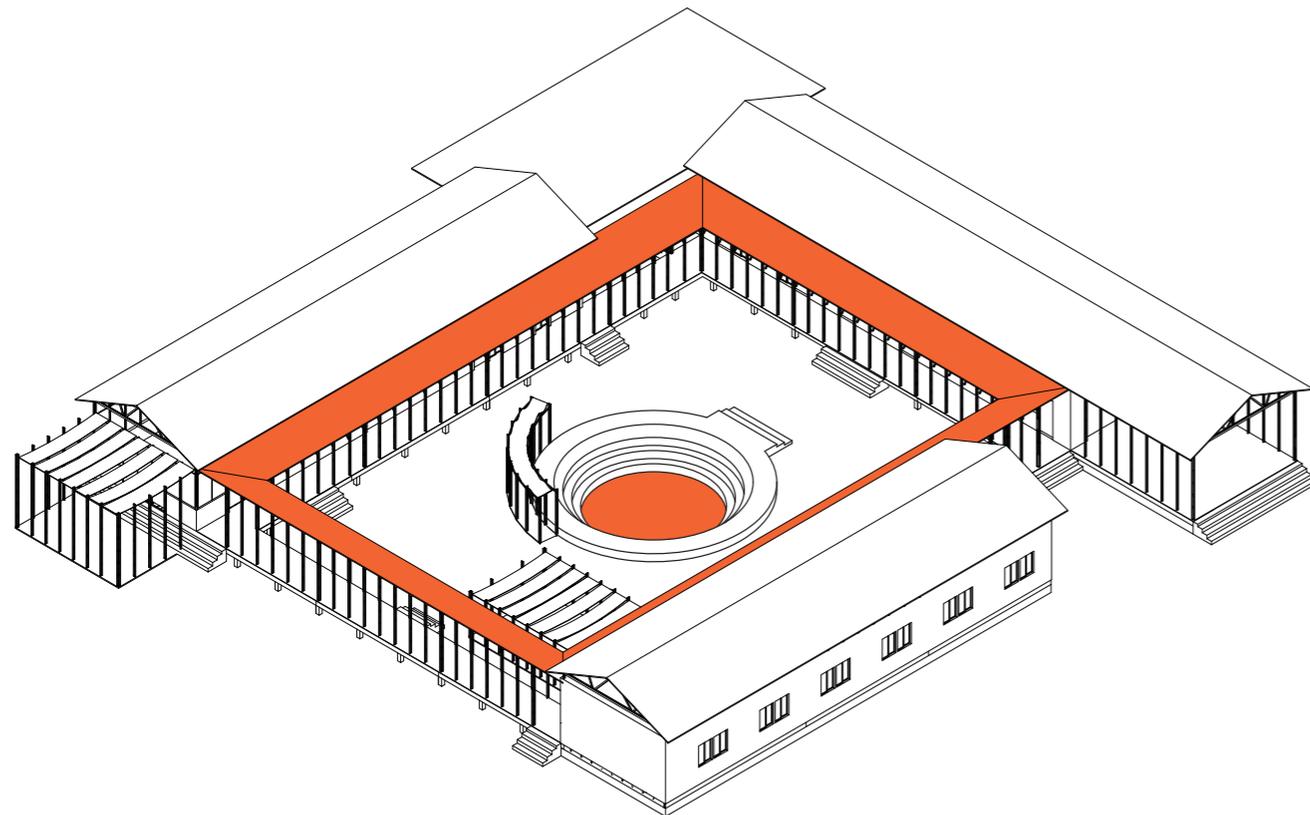
PROGETTO ARCHITETTONICO



Incroci del sapere
LA PLAZA HUNDIDA
Spazio di
SOCIALITÀ
MUSICA
DANZA



Incroci del sapere
LA GALLERIA
Spazio di
INCONTRI
LETTURE
PROGETTAZIONE



Concept progettuale

Lo schema progettuale parte da linee che si incrociano, che danno vita alla galleria: uno spazio di incontro, di permanenza e riflessione, con postazioni di lettura o di ascolto. In pianta la galleria diventa un anello distributivo attorno ad un patio, al cui centro è collocata una *plaza hundida*, che riprende l'archetipo peruviano della *plaza suken*, evoluto poi nei contesti urbani come *plaza hundida*.

Attorno a questo spazio sono disposti distinti corpi, articolati con la ripetizione di moduli, ognuno corrispondente ad una specifica funzione.

Il modulo come sistema adattabile

L'unità base del modulo è stata definita nei capitoli precedenti rispetto alle esigenze funzionali, spaziali e tecniche. Ogni unità può operare come modulo autonomo e in alcuni casi subire modifiche dimensionali per poter fornire uno spazio consono rispetto alla funzione individuata. Questa flessibilità è data dal sistema costruttivo, che come visto precedentemente, permette una facile espansione. Le aule di insegnamento teorico individuale rimangono della dimensione standard del modulo, così come lo spazio multiuso in corrispondenza dell'atrio di accesso e la sala di riattivazione corporale. La sala di registrazione presenta le dimensioni standard del modulo, con una struttura interna che favorisce lo svolgimento delle specifiche attività. Lo spazio dedicato all'insegnamento individuale e lo spazio dedicato all'aria ufficio sono collocati all'interno di uno stesso modulo, suddiviso da una parete.

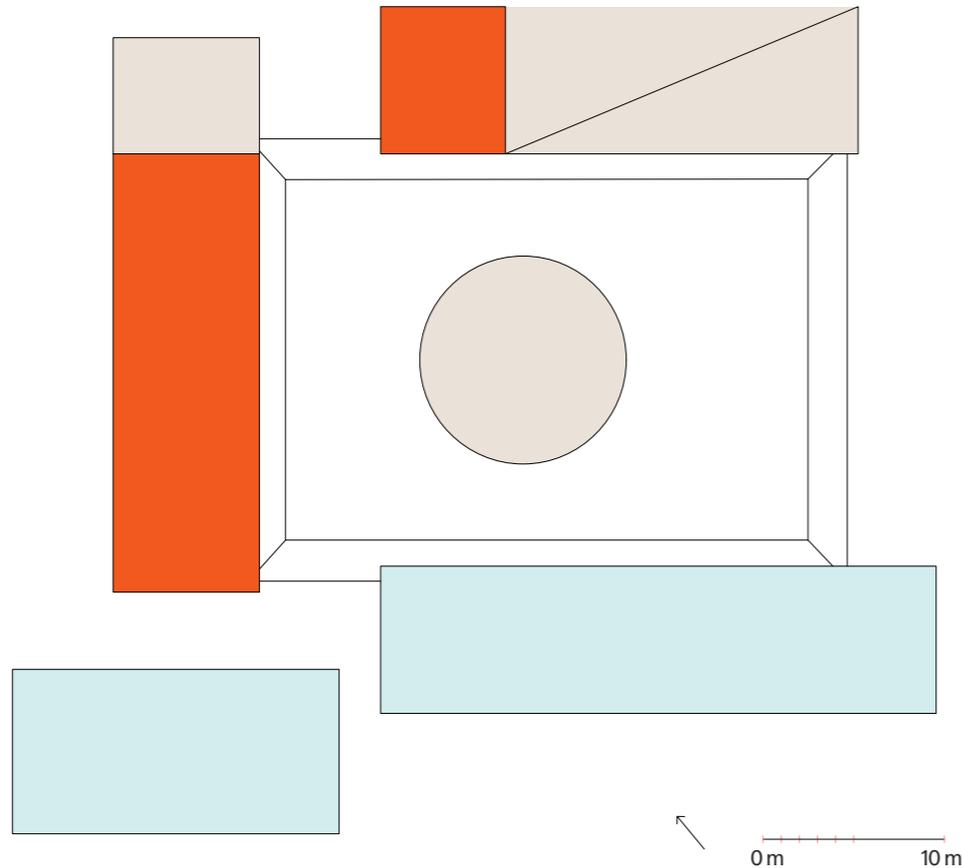
Lo spazio del bagno è ridotto di due campate, che vengono associate allo spazio di intaglio del laboratorio di liuteria, così da essere più ampio. Anche l'aula dedicata all'assemblaggio degli strumenti presenta un'aria maggiore rispetto al modulo base.

La forza del sistema risiede nella sua adattabilità dimensionale, aumenta le sue dimensioni, come nel caso degli spazi della liuteria o viene suddiviso in due spazi più piccoli come nel caso dell'aria ufficio/sala per l'insegnamento individuale.

Lo spazio esterno è definito dall'elemento centrale della *plaza hundida* e da una piattaforma sportiva, spazio in cui il corpo può esprimersi. Si definisce un'integrazione dell'attività fisica alla pratica musicale, includendo in minima parte l'aspetto sportivo a quello musicale.

Evoluzione per fasi: un centro che cresce con la comunità

Il centro musicale viene pensato come una serie di spazi che evolvono nel tempo, che crescono per fasi secondo le possibilità economiche e sociali.



FASE 1

Viene costruito il primo spazio dedicato all'insegnamento, con un atrio di accesso che funge da spazio polifunzionale, uno spazio amministrativo, un'aula per l'insegnamento singolo e una per l'insegnamento gruppale. Il tutto è accompagnato da un modulo per i bagni.

FASE 2

Nella seconda fase il modulo dei bagni si espande definendo un'area dedicata ai laboratori di liuteria, due grandi spazi che permettono di rendere fluido il flusso di lavoro.

FASE 3

Il centro musicale si completa con un'ulteriore aula per l'insegnamento di gruppo, uno spazio di registrazione dei saperi musicali e una zona di riattivazione corporale che dà spazio coperto si apre all'esterno. Il tutto viene accompagnato dall'aggiunta di una piattaforma sportiva e da una struttura coperta al lato della *plaza hundida*, che permette di sostare sotto l'ombra di morbidi teli.

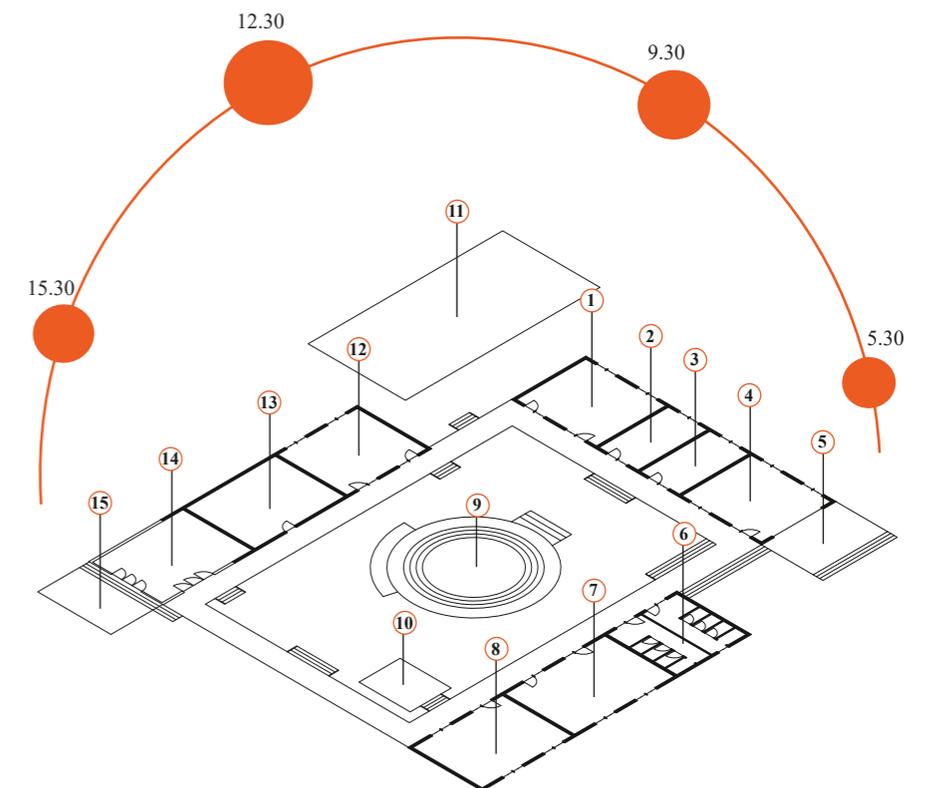
La distribuzione degli ambienti

Gli spazi sono distribuiti attorno ad una galleria, che permette l'accesso agli ambienti attraverso una copertura che da riparo dagli agenti atmosferici. La disposizione degli ambienti è stata definita a seconda dell'orientamento solare. Le aule di insegnamento sono orientate verso nord, con aperture che danno al patio centrale, così da garantire una ventilazione incrociata e ricevere una luce omogenea durante il giorno.

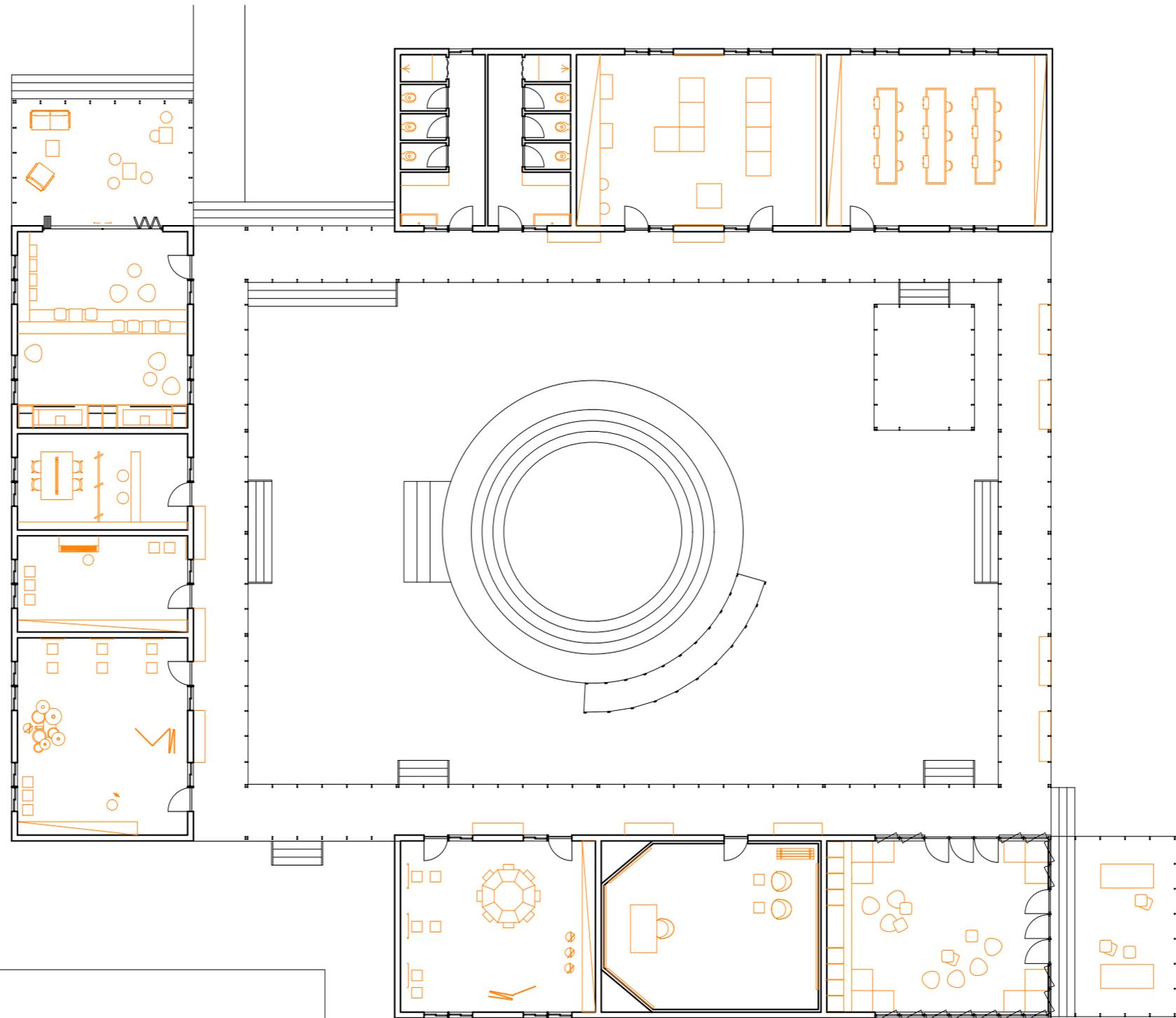
Gli spazi dei laboratori di liuteria sono ubicati nell'ala a sud, con doppie aperture interne al patio. Quest'orientamento fornisce una luce soffusa e non diretta durante il giorno, adeguata a lavori di precisione manuale. La sala di registrazione non presenta aperture ed è collocata tra un'aula di insegnamento gruppale e la sala di riattivazione corporale. La luce viene risolta con apparati elettronici in quanto delle aperture potrebbero compromettere il comfort acustico.

La sala di riattivazione corporale è concepita come uno spazio permeabile, con una luce soffusa, definita con l'impiego di aperture girevoli in legno. Lo spazio di fatti è permeabile e mantiene il contatto visivo con l'Apu verso cui è orientato.

1. Aula per l'insegnamento di gruppo
2. Aula per l'insegnamento individuale
3. Ufficio
4. Atrio polifunzionale
5. Spazio coperto permeabile
6. Servizi igienici doppi
7. Sala di intaglio
8. Sala di assemblaggio
9. Plaza hundida
10. Piattaforma ludica
11. Piattaforma sportiva
12. Aula per l'insegnamento di gruppo
13. Sala di registrazione dei saperi rurali
14. Spazio di riattivazione sensoriale
15. Spazio esterno per la riattivazione sensoriale



Percorso solare realizzato con SunPath

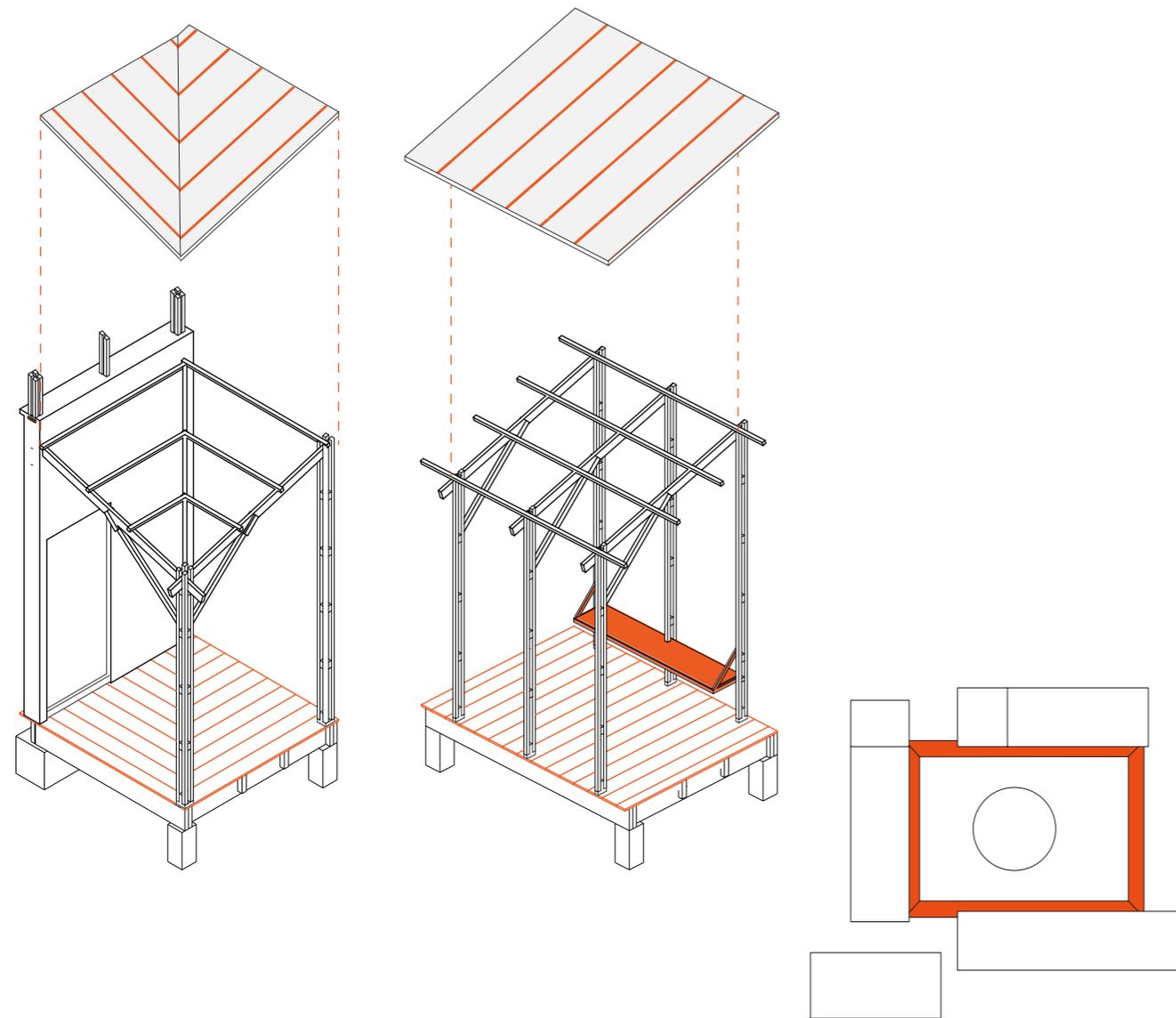


SPAZI DELLA CONVIVIALITÀ

_ La galleria di accesso

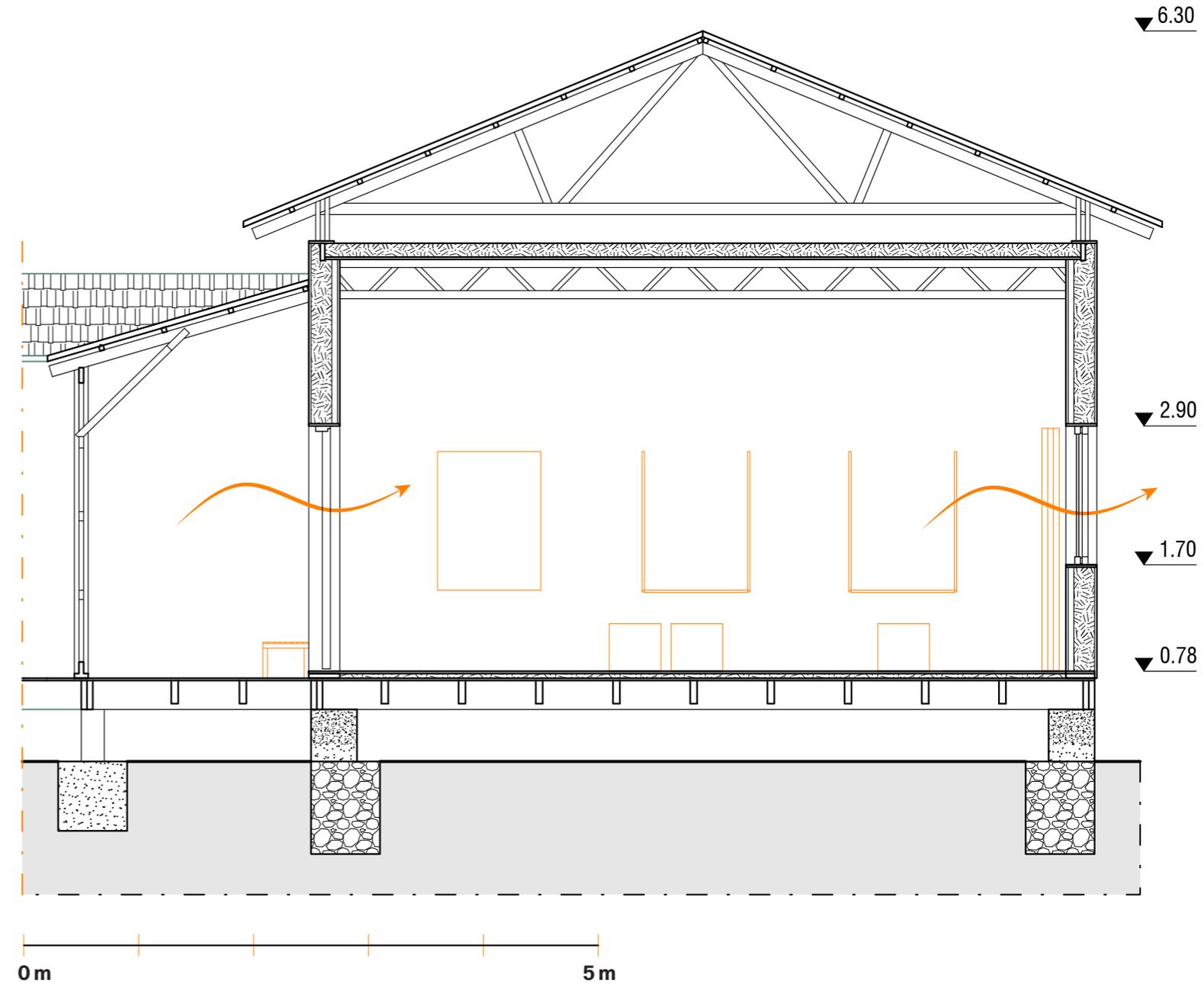
La galleria funziona da spazio di accesso coperto e permette ricevere ombra per le aperture, filtrando la luce e moderando l'influenza interna delle radiazioni.

Allo stesso tempo il suo tracciato continuo si converte in uno spazio di condivisione o di sosta introspettiva, grazie alla presenza di sedute per la lettura.



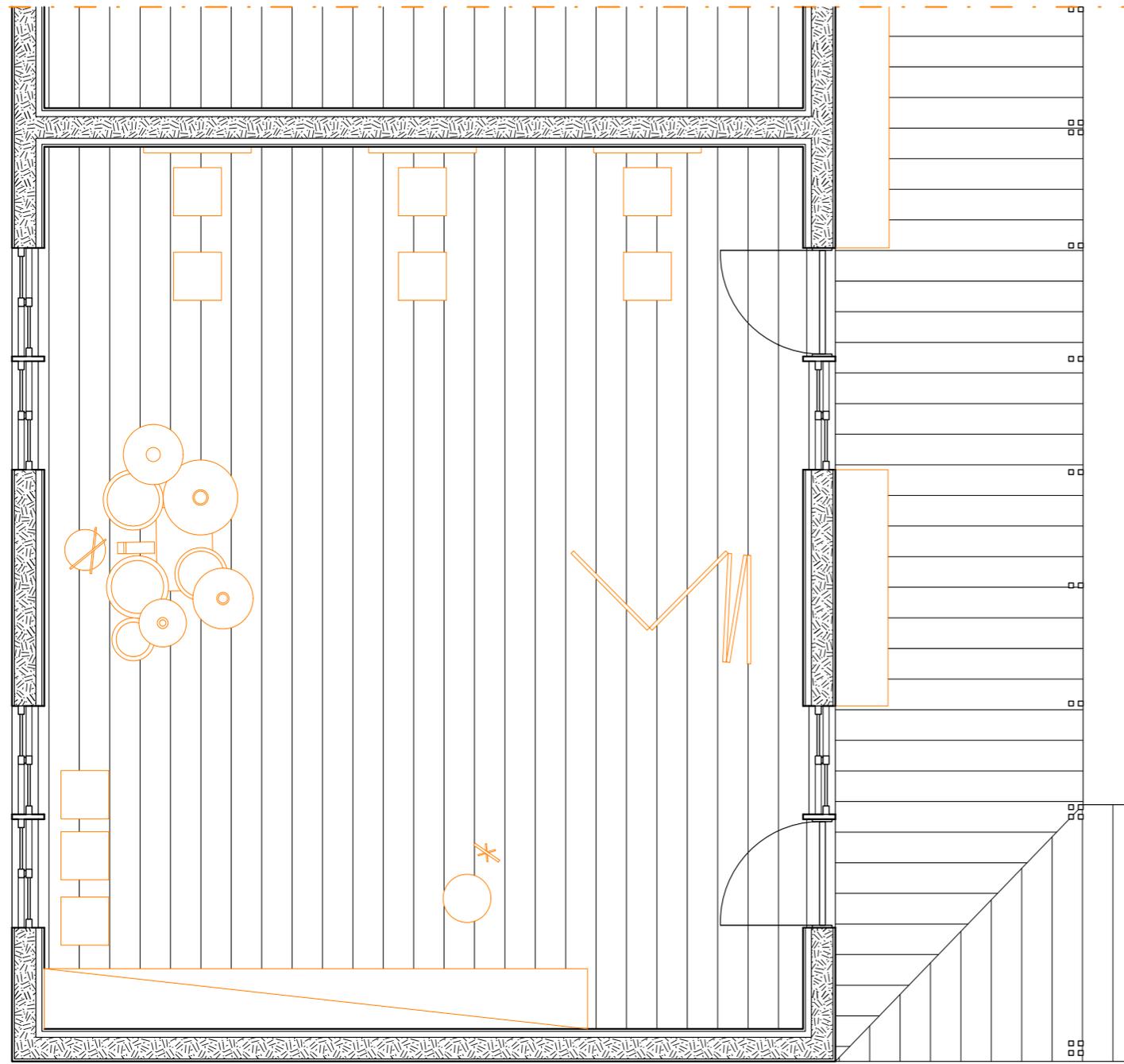
La disposizione dei serramenti favorisce la circolazione incrociata dell'aria.

SEZIONE IN SCALA 1:50



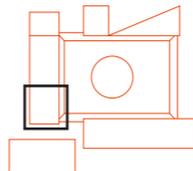
PIANTA AULA DI INSEGNAMENTO

_SCALA 1:50



Come analizzato nei capitoli precedenti, le pareti verranno realizzate in materiali e strati differenti a seconda della funzione che devono svolgere. In particolare modo si nota come le pareti divisorie hanno uno strato di totora su entrambi i lati, mentre le pareti perimetrali ne avranno uno verso l'interno.

La totora è aggiunta solo negli ambienti in cui si ha necessità di un maggiore isolamento, mentre negli altri spazi non è presente, come ad esempio l'atrio d'accesso.



SPAZI DELLA CONVIVIALITÀ
_ Atrio permeabile

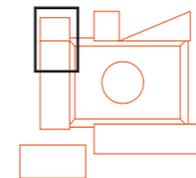
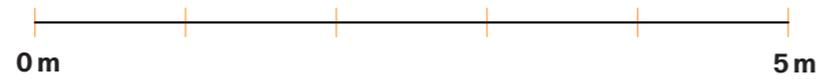
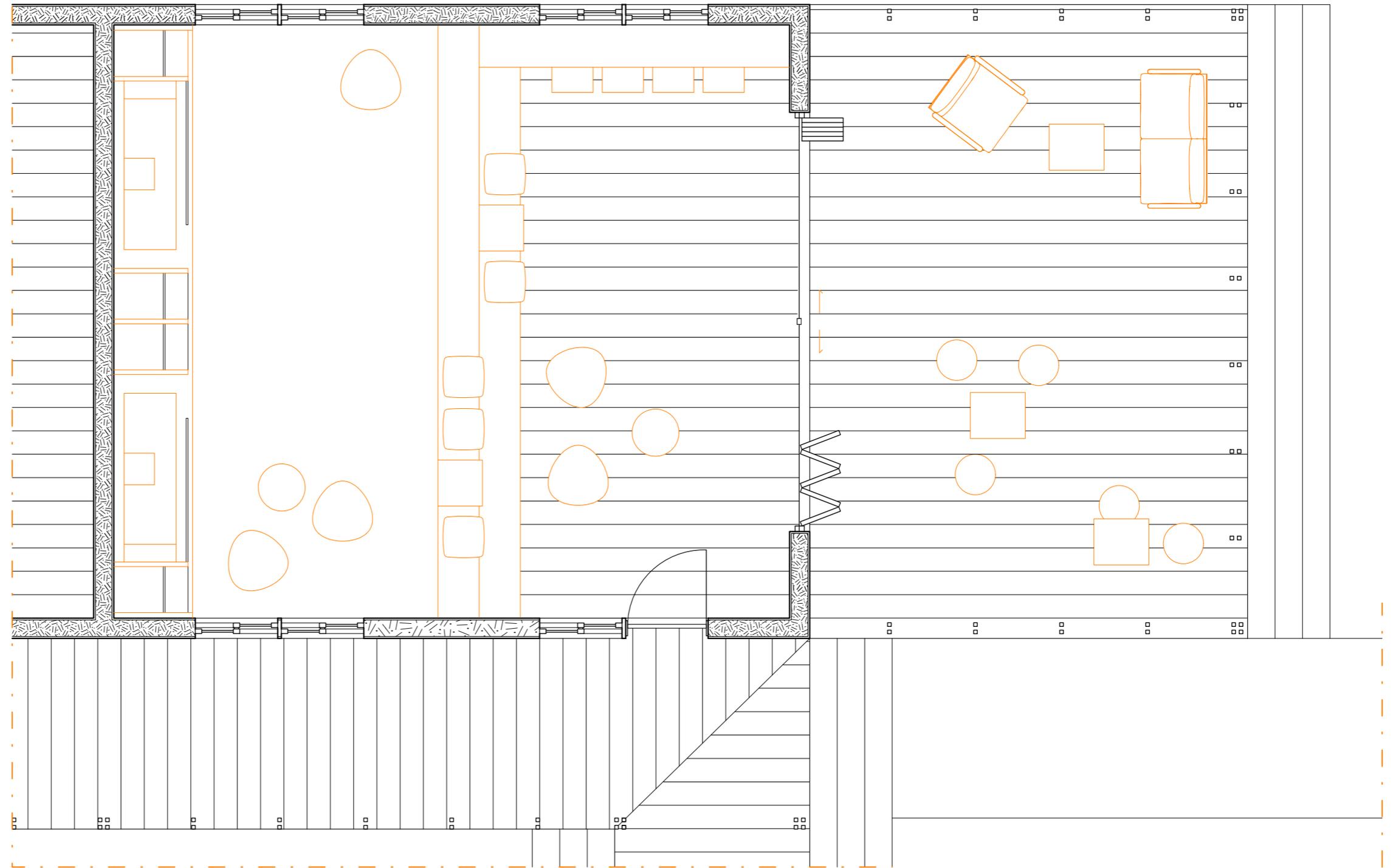


Lo spazio di accesso è definito da un'aula polifunzionale che permette un'interazione con lo spazio coperto esterno grazie all'inserimento di porte scorrevoli.

Lo spazio presenta un'elevazione utilizzabile come palco per eventuali rappresentazioni o come spazio di lettura e studio lungo i gradoni. Al fondo vi sono postazioni per uno spazio di lettura più solitario.

PIANTA ATRIO E SPAZIO
COPERTO ANTISTANTE

_SCALA 1:50





SPAZI DELLA CONVIVIALITÀ
 _ Spazio di riattivazione sensoriale

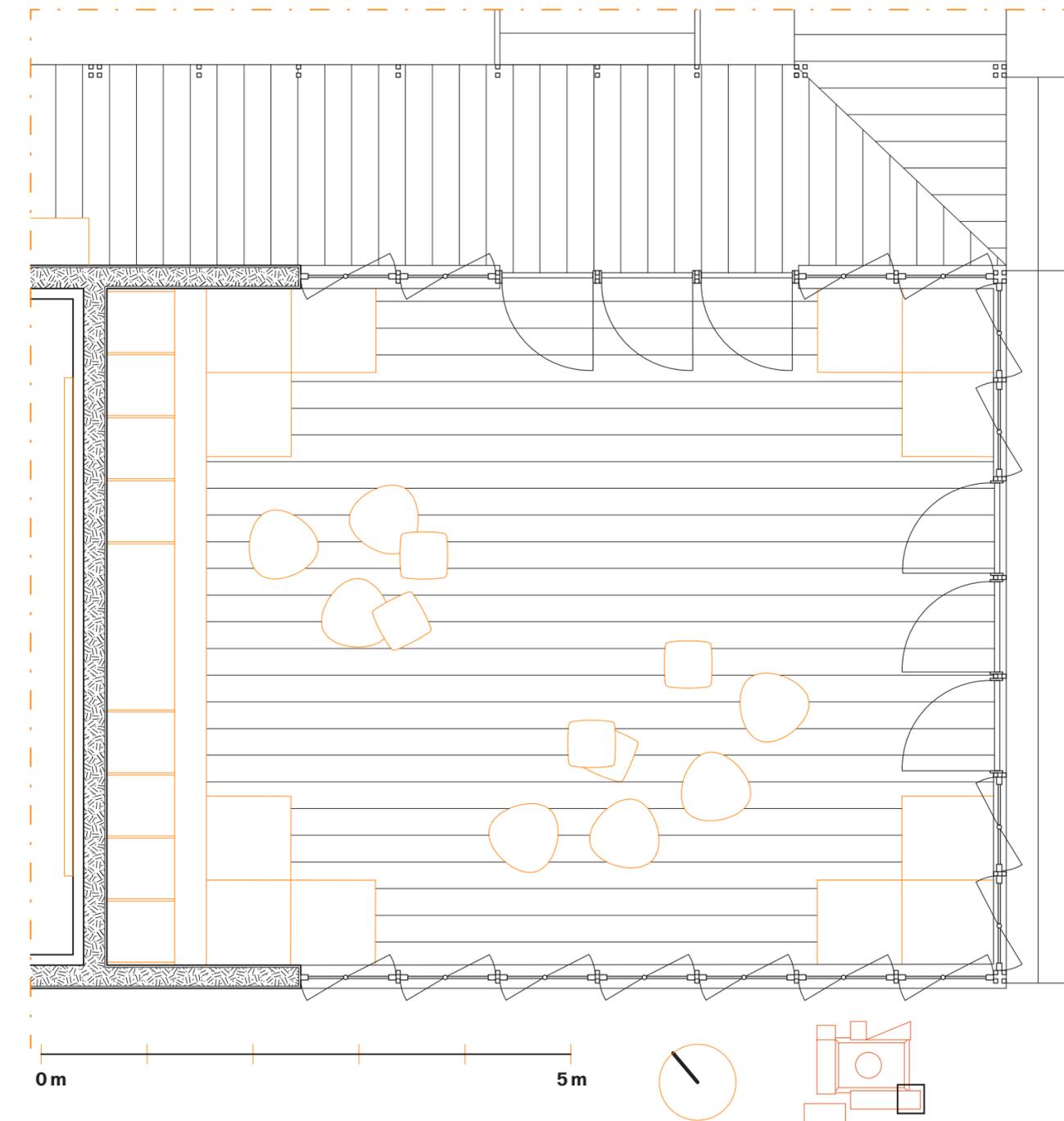
Al centro del percorso della galleria si trova lo spazio di riattivazione sensoriale, la cui pianta si ispira alla *chacana*, tipica croce andina. La *chacana* riprende la Cruz del Sur, centro dell'universo e schema che rappresenta l'ordine andino. Un diagramma che struttura lo spazio, le relazioni tra i corpi e la direzione degli sguardi.

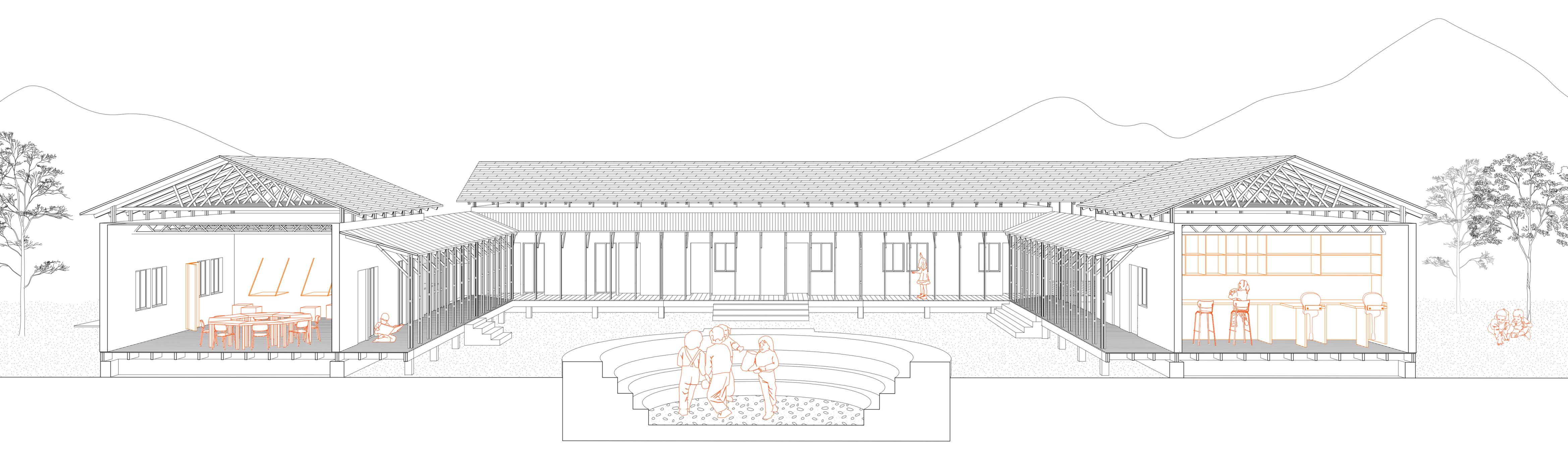
La forma prende spazio nella sala di riattivazione corporeale per ricordare come il contatto con il corpo e la spiritualità permettono di decomprimere le tensioni e riattivare la percezione dei sensi, uno spazio che offre silenzio o suoni delicati con una forma che ricorda la memoria dei territori andini.



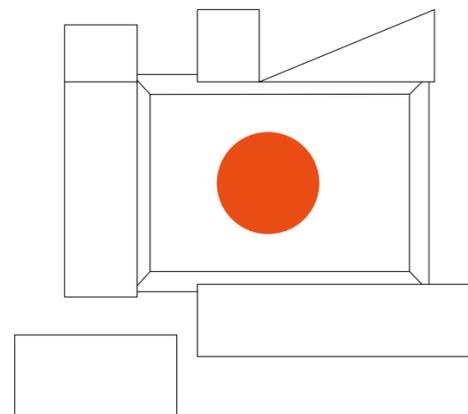
Claudia Martínez Garay, *Preguntitas a la Tierra / Little questions to the Ground (2022)*
 Fonte: Grimmgallery.com
 L'opera realizzata in acrilico su legno rappresenta identità, memoria e resistenza. Al centro, la Croce andina è lo scenario principale, circondato da corpi e riferimenti alla contemporaneità.

PIANTA SPAZIO DI RIATTIVAZIONE SENSORIALE
 _SCALA 1:50



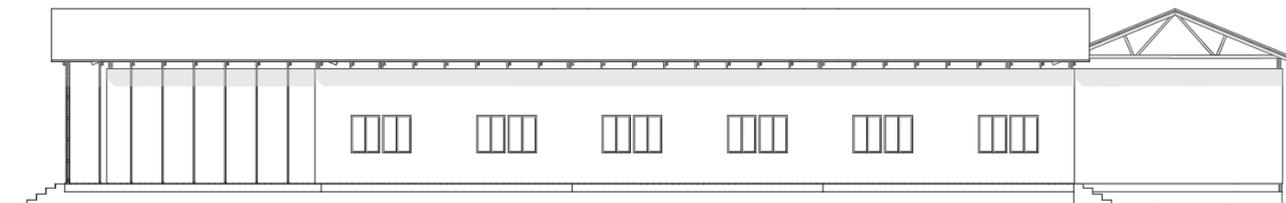


SPAZI DELLA CONVIVIALITÀ
_ Atrio permeabile

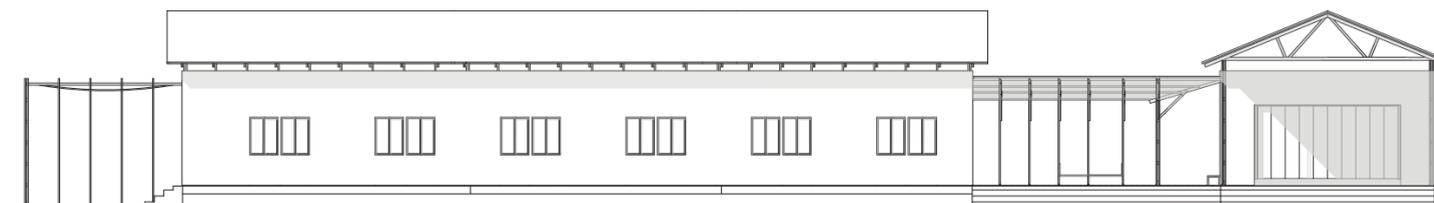


Se la galleria definisce lo spazio di convivenza e percorso quotidianamente, la *plaza hundida* raccoglie la convivialità in un unico fulcro. La forma circolare aiuta la condivisione e l'ascolto dando l'opportunità di uno sguardo continuo e reciproco.

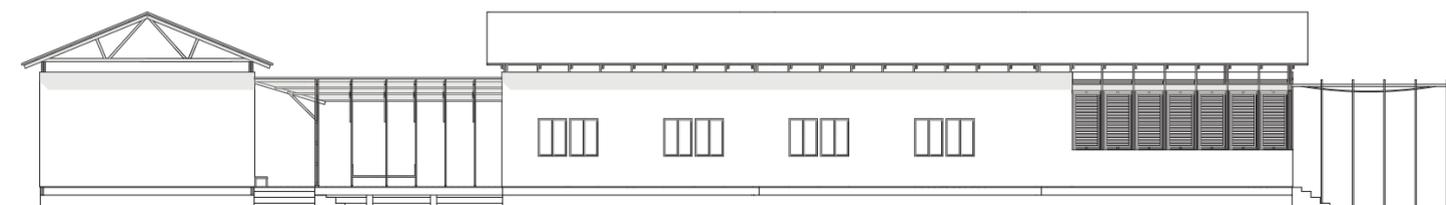
La *plaza hundida* riprende un archetipo andino degli spazi cerimoniali scavati, come quelli presenti in siti come Chavin de Huantar o Tiahuanco. In questo caso non si vuole riprodurre una forma archeologica, bensì definire un luogo circoscritto dove il suono e il corpo sono protagonisti. La *plaza hundida* tutt'oggi è usata come spazio urbano in cui si svolgono concerti, balli e attività comunitarie.



PROSPETTO AA'_NORD OVEST



PROSPETTO BB'_SUDEST

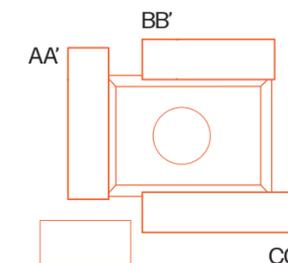


PROSPETTO CC'_NORDEST



PROSPETTI
_ Scala 1:200

Lo spazio si articola attorno al patio, dialogando il paesaggio attraverso una transizione tra lo spazio educativo e la natura.



CONCLUSIONI

Il percorso di tesi “Terra in ascolto” ha cercato di comprendere come l’architettura in terra possa permettere di sviluppare un’infrastruttura per l’educazione musicale nelle aree rurali del Perù, attraverso un modulo in terra-paglia. L’analisi è iniziata con un quadro territoriale e culturale, fino alla definizione del sistema costruttivo e all’applicazione con il centro musicale di Andahuaylillas.

Il modulo viene concepito come adattabile, per poter essere replicato in diverse aree climatiche del Perù: viene definito un sistema in terra alleggerita e struttura in legno, così da garantire l’accessibilità alle risorse in loco. Attraverso simulazioni termo-igrometriche e verifiche sperimentali acustiche, si è dimostrato che è possibile ottenere prestazioni compatibili con aule di musica, integrando qualità climatica e qualità sonore. Il modulo è stato poi esteso per il progetto del centro musicale di Andahuaylillas, verificandone l’adattamento dei moduli ad un complesso che può crescere per fasi, utilizzando materiali locali e filiere territoriali.

Il lavoro evidenzia le potenzialità del modulo, ma non approfondisce i limiti della tecnica rispetto al comportamento strutturale e impiantistico. La tesi, quindi, non costituisce una soluzione definitiva, ma delle linee guida che tracciano un’architettura in grado di lavorare con le risorse locali e con la comunità, diventando parte di una rete di luoghi in cui la musica è canale di scambio intergenerazionale.

BIBLIOGRAFIA

Ardévol, E., et al. *Etnografía virtualizada: la observación participante y la entrevista semiestructurada en línea*. Barcelona: Universitat de Catalunya, 2003.

Aslan, M., et al. *Computational investigation of acoustical performance of multipurpose music classrooms*. Applied Acoustics. Torino: Elsevier, 2020.

Aza-Medina, L. C., Palumbo, M., Lacasta, A. M., & González-Lezcano, R. A. *Characterization of the thermal behavior, mechanical resistance, and reaction to fire of totora (Schoenoplectus californicus (C.A. Mey.) Sojak) panels and their potential use as a sustainable construction material*. Journal of Building Engineering. Madrid: Elsevier, 2023.

Baca García, C. J. *Diseño del sistema de riego por aspersión en la comunidad campesina de Rayallaqta*. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2013.

Baker, G. *El Sistema: Orchestrating Venezuela's Youth*. New York: Oxford University Press, 2014.

Canziani Amico, J. Ciudad y territorio en los Andes: Contribuciones a la historia del urbanismo prehispánico. Lima: Fondo Editorial Pontificia Universidad Católica del Perú, 2009.

Carabetta, S., & Duarte Núñez, D. (a cura di). *Tramas latinoamericanas para una educación musical plural*. Buenos Aires: Editorial de la Universidad Nacional de las Artes, 2017.

Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona, 2005.

Benavides, A., & Pimentel, V. *Documentación de arquitectura vernácula: El caso de la arquitectura de tierra en el norte del Perú*. Montreal: Universidad de Montreal, 2007.

Blondet, M., Torrealva, D., & Villa García, G. *Adobe in Perú: Tradition, research and future*. Berlino: Modern Earth Building Conference, 2002.

Brack Egg, A. *Ecología del Perú: Las ecorregiones naturales del territorio peruano*. Lima: Bruño, 1986.

Broome, J. *The Segal Method: Walter Segal's approach*. The Architects' Journal. (1986, 5 novembre).

Burga Bartra, J. *Arquitectura vernácula peruana: Un análisis tipológico*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2010.

Burga Bartra, J. *Arquitectura vernácula en el Perú*. Lima: Universidad Ricardo Palma, Fondo Editorial, 2010.

Canziani, J. *Ciudad y territorio en los Andes: Contribución a la historia urbana y territorial del Perú prehispánico*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2009.

Córdova, J. *Ciudad y territorio: Arquitectura y asentamientos en la región andina*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2011.

Carazas Aedo, W. *Vivienda urbana popular de adobe en el Cusco, Perú. Asentamientos humanos y medio sociocultural, 50*. París: UNESCO, 2001.

Carazas Aedo, W. Adobe: guía de construcción parasísmica. Villefontaine Cedex: MISEREOR, 2002.

Castillo Centeno, M. R., Kuon Arce, E., Noriega, E., Samanez Argumedo, R., & Silva Canessa, C. Templo San Pedro Apóstol de Andahuaylillas, Cusco–Perú. Cusco: World Monuments Fund, 2017.

Chávez del Valle, F. *Zona variable de confort térmico (Tesi di dottorato)*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2002.

Cox, T. J., & D’Antonio, P. *Acoustic absorbers and diffusers: Theory, design and application* (2ª ed.). Boca Raton: CRC Press, 2009.

Crété, E., Brie, P., Misse, A., & Tochon-Danguy, S. *Acoustical properties of earthen walls: Transmission loss measures and numerical modelisation*. Grenoble: CRAterre / LASA, s.d.

Cycle Terre. *Guide de conception et construction* (version complète). Montreuil: Éditions Terre Vivante, 2021.

Mannina, D., Pilloni, G., Depalma, M., & Scrosati, C. *Airborne sound insulation of a novel environmentally friendly straw wall (PABLOK system)*. In *Proceedings of the 10th Convention of the European Acoustics Association (Forum Acusticum 2023)*. Torino: European Acoustics Association, 2023

Culcay Chérrez, A. S. *Experimentación con la fibra de totora (Tesi di laurea)*. Cuenca: Universidad del Azuay, Facultad de Diseño, 2014.

Doleman, L. Light straw clay construction. Gabriola Island: New Society Publishers, 2017.

Dorich Torres, L., & Rodríguez Cobos, L. Desarrollo urbano y regional en el Perú: Breve historia del territorio peruano. Lima: Alcaldía de San Isidro, 2005.

Fabbri, A., & Morel, J. C. Earthen materials and constructions. Oxford: Woodhead Publishing, 2019.

Fernández-Jiménez, A., & Jorquera-Jaramillo, M.-C. *El sentido de la educación musical en una educación concebida como motor de la economía del conocimiento: una propuesta de marco filosófico*. Lima: Revista Electrónica Complutense de Investigación en Educación Musical, 2017.

Giles, C. B., Scarponi, J., & Galíndez, F. Recomendaciones para las construcciones de adobe. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017.

Guber, R. *La etnografía: Método, campo y reflexividad*. Bogotá: Grupo Editorial Norma, 2001.

Gutierrez Raa, J., Martinez Tejada, J., Way Aguirre, A., & Montero, F. *Unidad de albañilería: adobe, quincha, adobe estabilizado*. Lima: Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, Universidad Alas Peruanas, 2002.

Hernández, J. *Arquitectura, participación y hábitat popular*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2008

Hidalgo Cordero, J. F., & García Navarro, J. *Aplicaciones constructivas de la totora*. En Edificación y paisaje. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2017.

Hidalgo Cordero, J. *Manual de construcción con totora*. Cuenca: Escuela de Arquitectura, Universidad de Cuenca, 2007.

Houben, H., & Guillaud, H. *Traité de construction en terre*. Marsiglia: Éditions Parenthèses, 1985.

Instituto Geográfico Nacional. Atlas del Perú. Lima: IGN, 1989.

Instituto Nacional de Cultura (Perú), Oficina de Música y Danza. *Mapa de los instrumentos musicales de uso popular en el Perú: clasificación y ubicación geográfica*. Lima: Instituto Nacional de Cultura, 1978.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). *Perú: Características de las viviendas particulares y los hogares. Acceso a servicios básicos*. Lima: INEI, 2018.

ISO. *ISO 10534-2: Acoustics – Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes – Part 2: Transfer-function method*. Ginevra: International Organization for Standardization, 1998.

Joint Committee for Guides in Metrology. *Evaluation of measurement data: Guide to the expression of uncertainty in measurement (JCGM 100:2008)*. Parigi: JCGM, 2008.

Koskinen, H et al. *Facilities for music education and their acoustical design. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 16(1), 93–104. 2010.

Kuon Arce, E. Templo San Pedro Apóstol de Andahuaylillas. Cusco: World Monuments Fund, 2019.

Lloréns, J. A. *Música popular en Lima: criollos y andinos*. Lima: Instituto de Estudios Peruanos, 1983.

Malbrán, S. *Desafíos de la educación musical: disfrutar haciendo música*. In A. Giráldez & L. Pimentel (a cura di), *Educación artística, cultura y ciudadanía*. Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI), 2008.

Marcom, A. *Construire en terre-paille*. Mens: Terre Vivante, 2011.

Marshall Day Acoustics. *INSUL: Prediction of sound insulation – User manual (Versione 8)*. Auckland: Marshall Day Acoustics, 2014.

Martins Neves, C., et al. Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra. São Paulo: Red Iberoamericana Proterra, 2009.

Meli, G., Onnis, S., & Wieser, M. *Introducción en el contexto peruano de un nuevo sistema constructivo con madera y tierra aliviada*. In *Memorias del 19º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT 2019): Conservación sostenible del paisaje: tierra y agua*. Oaxaca: SIACOT, 2019.

Ministerio del Ambiente (MINAM). *Memoria descriptiva del Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú*. Lima: Ministerio del Ambiente, 2019.

Ministerio de Educación del Perú. *Guía de diseño de espacios educativos: Acondicionamiento de locales escolares al nuevo modelo de Educación Básica Regular: Educación primaria y secundaria (GDE 002-2015)*. Lima: Ministerio de Educación, 2015.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). *Guía de tipologías de vivienda rural del Perú*. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2021.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile, División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional. *Construcción en quincha liviana: Sistemas constructivos sustentables de reinterpretación patrimonial. Quincha liviana húmeda y quincha liviana seca*. Santiago: MINVU, 2020

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. *Guía de tipologías de vivienda rural*. Dirección General de Programas y Proyectos en Vivienda y Urbanismo.2021

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. *Norma Técnica E.030: Diseño sismorresistente*. Lima: El Peruano (Separata Especial – Diario Oficial), 2017.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. *Norma Técnica E.080: Diseño y construcción con tierra reforzada*. Lima: El Peruano (Separata Especial – Resolución Ministerial N° 121-2017-VIVIENDA), 2017.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. *Norma EM.110 Confort térmico y lumínico con eficiencia energética*. Lima: Diario El Peruano. 2014

Minke, G. *Manual de construcción en tierra: La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual (3ª ed.)*. Montevideo: Editorial Fin de Siglo, 2008.

Miranda Almaras, R. Maestros del pito y tambor: Testimonio de cuatro músicos de las comunidades de Ttiomayo y Churubamba. Andahuaylillas: Grupo Patrimonio Qoriorqo, 2024.

Miranda North, R. *La Maloca: arquitectura vernácula amazónica sustentable*. Lima: Consensus, Universidad Femenina del Sagrado Corazón, 2012.

Miranda Santos, M. *La terre crue à l'épreuve des ambiances sonores: Un dialogue entre la mesure physique et les expériences sensibles* (Tesi di dottorato). Nantes/Barcellona: École Centrale de Nantes & Universitat Politècnica de Catalunya – BarcelonaTech, 2022.

Miró Quesada Garland, L. *Espacio en el Tiempo: la arquitectura como fenómeno cultural*. Lima: Compañía de Impresiones y Publicidad, 1945.

Morante Ríos, Y. Diseño del sistema de riego por aspersión en la comunidad campesina de Rayallaqta – Andahuaylillas – Cusco. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2019.

Nanzer, C. *Arquitectura Comunitaria: Participación y Construcción de la Identidad*. Santiago de Chile: Ediciones ARQ, 2019.

Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). *Mapa ecológico del Perú. Memoria explicativa (según el sistema de zonas de*

vida de Holdridge). Lima: ONERN, 1976.

Neves, C., et al. *Técnicas de construcción con tierra*. Bauru: Proterra, 2011.

Oldham, D. J., Egan, C. A., & Cookson, R. D. *Sustainable acoustic absorbers from the biomass*. Manchester: University of Salford, 2004.

Oliver, P. Built to meet needs: Cultural issues in vernacular architecture. Burlington: Elsevier, 2006.

Oliver, P. (Ed.). The encyclopedia of vernacular architecture of the world. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

Onnis, S., Meli, G., & Wieser, M. *Método para la identificación de zonas para la aplicación de un nuevo sistema mixto en madera y tierra*. In Memorias del 21º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT). SIACOT, 2023.

Onnis, S., Meli, G., & Wieser, M. *Proyecto CAP 2017-491: Mejora del desempeño térmico y acústico de la quincha. Estudio de las características térmicas y acústicas de los materiales a base de tierra y fibras*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2018 (inedito).

Procesos participativos. *Nuevas alternativas de arquitectura social especial: tierra y bambú*. Lima: Arkinka, 2014.

Proterra Chile, DITEC, MINVU. Construcción en quincha liviana: Sistemas constructivos sustentables de reinterpretación patrimonial. Santiago: Fondart Nacional, 2017.

Pulgar Vidal, J. *Geografía del Perú: Las ocho regiones naturales*. Lima: Librería Studium, 1946.

Pulgar Vidal, J. Geografía del Perú. Lima: Ediciones Peisa, 1996.

Restrepo, E. Etnografía: Alcances, técnicas y éticas. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2018.

Rodríguez Larraín, J., et al. *Arquitectura de tierra en el Perú: Técnicas constructivas tradicionales*. Lima: Ministerio de Cultura, 2011.

Rijven, T. *Between earth and straw / Entre paille et terre*. Mayenne: Éditions Goutte de Sable, 2009.

Vargas, J., Blondet, M., Ginocchio, F., & Villa García, G. La tierra armada: 35 años de investigación en la PUCP. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005.

Volhard, F. *Light earth building: A handbook for building with wood and earth*. Basel: Birkhäuser, 2016.

Romero, R. R. *Todas las músicas. Diversidad sonora y cultural en el Perú*. Lima: Instituto de Etnomusicología, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2017.

Rudofsky, B. *Architecture Without Architects: A Short Introduction to Non-Pedigreed Architecture*. New York: Museum of Modern Art, 1964.

Sanoff, H. *Programación y participación en el diseño arquitectónico*. Barcelona: Ediciones UPC, 2006.

Salgado Pisfil, A. La peruanidad en la expresión de la cultura musical. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2017.

Schmidt Tejada, U. Buena tierra. Lima: Centro de Estudios y Publicaciones (CEP), 2001.

Sinfonía por el Perú. *Memoria Anual 2024*. Lima: Sinfonía por el Perú, 2024.

Sosa Almoguera, G. M. Análisis de la educación musical en la Educación Básica Regular del Perú. Lima: Universidad César Vallejo, 2020.

Thornthwaite, C. W. *An Approach toward a Rational Classification of Climate*. New York: Geographical Review (American Geographical Society), 1948.

Turino, T. *Nationalists, Cosmopolitans, and Popular Music in Peru: The Politics of Style*. Chicago: University of Chicago Press, 2004.

Turner, J. F. C. *Autoconstrucción: Por una autonomía del habitar. Escritos sobre vivienda, urbanismo, autogestión y holismo*. Logroño: Pepitas de Calabaza, 2018.

Vera, M. E. *O jardín o erial: contradicciones entre políticas educativas y prácticas escolares en la educación musical en el Perú*.

Wieser Rey, M. *Consideraciones bioclimáticas en el diseño arquitectónico: El caso peruano*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú (Cuadernos – edición digital), 2011.

Wieser, M., Onnis, S., & Meli, G. (2020). *Desempeño térmico de cerramientos de tierra alivianada. Posibilidades de aplicación en el territorio peruano*. *Revista de Arquitectura* (Bogotá)

SITOGRAFIA

Quri Taki. Método equitativo cultural (MEC) para el aprendizaje. <https://quritaki.org/> [consultato il 20/03/2025]

<https://sinfoniaporelperu.org/> [consultato il 20/03/2025]]

<https://rotafono.pe/municipal-y-regional/cusco-reportan-danos-por-fuerte-sismo-en-el-distrito-de-andahuaylillas-1551471/> [consultato il 8/11/2025]

World Monuments Fund. World Monuments Fund. da <https://www.wmf.org/> [consultato il 20/03/2025]

Grazie al professor Andrea Bocco per avermi guidato nello svolgimento della tesi e avermi messo in contatto con il Perù. Grazie alla professoressa Silvia Onnis che mi ha trasmesso passione e amore per questo materiale e a tutto il Centro Tierra per avermi accolto e sostenuto. Grazie alla Professa Louena Shtrepi per avermi dato modo di approfondire in laboratorio l’aspetto acustico.

Grazie alla mia famiglia fondana, di sangue e non, per avermi sostenuto anche da lontano. Grazie alle mie associates che sono state fonte di ispirazione e crescita in tutto il percorso universitario. Grazie a Bea, anima razionale ma estremamente divertente, per essere stata al mio fianco fin dal primo anno a Torino. Grazie a Marti per avermi insegnato che l’amicizia senza giudizio esiste e che si è sempre pronti a correre se qualcuno è in difficoltà (vedi le chiavi).

Gracias Aye por hacerme entender que tambien los superheroes buscan el equilibrio, y gracias a toda la familia argentina por acompañarme en una experiencia hermosa. Gracias a la familia peruana por regalarme el sentido de comunidad. Gracias a Gabri por enseñarme tanto, a Lore por las risas y a Isma por el sustento y la cercanía.

