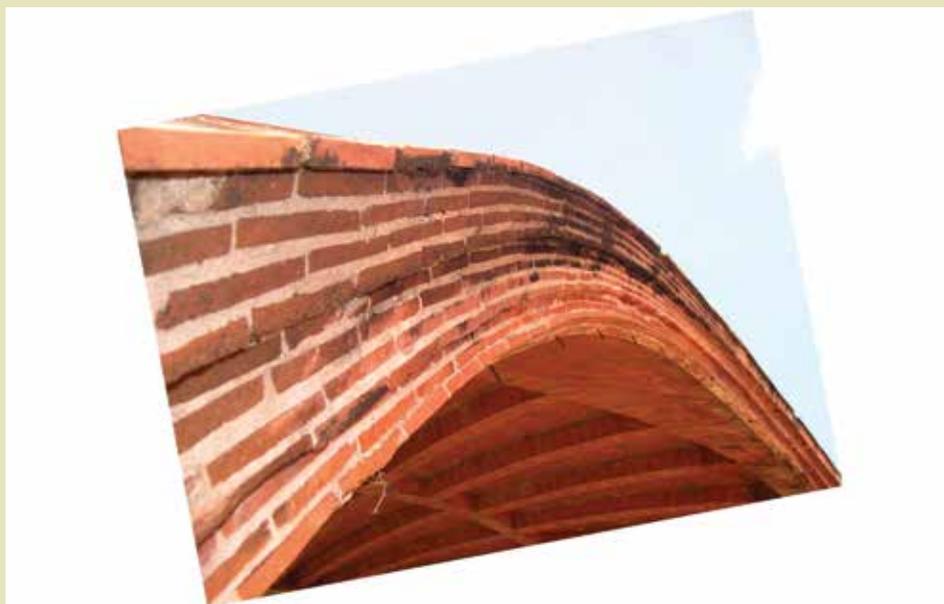


Recibido: agosto de 2020
Aprobado: octubre de 2020

STUDIO SULLA STABILITÀ DELLE VOLTE CATALANE DELLE SCUOLE D'ARTE DE LA HABANA (CUBA): UN SINGOLARE CASO DI APPROSSIMAZIONE COSTRUTTIVA?*

DOI: <https://doi.org/10.15332/rev.m.v17i0.2515>

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



Particolare della volta all'entrata della Scuola di Balletto (Vittorio Garatti).
Fonte: Foto di Michele Paradiso, 2010.

* Tipo di articolo: Articolo di riflessione derivato da una ricerca. Ricerca: Stabilità delle volte catalane.

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

*** Ricercatore, Dipartimento di Architettura, DiDA - Università degli Studi di Firenze, Italia. Laurea in Architettura, Facoltà di Architettura, Università di Firenze. PhD in Materiali e Strutture per l'Architettura, Dipartimento di Costruzioni e Restauro, Firenze. e-mail: stefano.galassi@unifi.it

**** Borsista di ricerca Università degli Studi di Firenze, Italia. Laurea Magistrale in Architettura Scuola di Architettura - Università degli Studi di Firenze. Specializzazione in Beni Architettonici e del Paesaggio Università degli Studi di Firenze. e-mail: sara.gariglieri@unifi.it

***** Architetto, laureato presso il Politecnico di Milano. Ha collaborato al progetto di restauro e completamento delle Scuole di Balletto e Musica (complesso delle Scuole Nazionali d'Arte dell'Avana). e-mail: christian.zecchin@yahoo.it

RIASSUNTO

Le Scuole Nazionali d'Arte (Escuelas Nacionales de Arte) de L'Avana, Cuba, restano a tutt'oggi, malgrado lo stato di alto degrado in cui versano, l'esempio più emblematico dell'uso delle *bóvedas tabicadas* in una architettura modernista. Splendido esempio di architettura organica, furono progettate, nei primi anni '60 del secolo scorso, su incarico del governo rivoluzionario cubano, dagli architetti italiani Roberto Gottardi e Vittorio Garatti, e dal cubano Ricardo Porro. Consistono in 5 complessi edificati, per una superficie totale di 65.000 mq immersi in un parco naturale di 600.000 mq, dedicate all'insegnamento della danza, della musica, dell'arte teatrale, delle arti plastiche del balletto. Particolarmente disinvolta nell'uso della tecnica catalana o valenziana è la Scuola di Balletto, dove la monta ribassata delle volte doveva permettere, per volontà del progettista Vittorio Garatti, di essere percorribili e vissute anche in estradosso. Nella zona dell'ingresso, la perdita dell'ultimo folio estradossale a causa dell'incuria ed atti di vandalismo, ha suggerito una verifica numerica del suo grado di stabilità, utilizzando la Teoria di Heyman. Si è verificato il sistema voltato, nello stato precario in cui versa attualmente, sia a peso proprio, sia a folla compatta concentrata nella zona di chiave, dimostrando così una perdita di stabilità del 30%, che suggerisce la necessità di un pronto intervento di messa in sicurezza e successivo consolidamento.

PAROLE CHIAVE

Volte catalane, L'Avana - Cuba, poligono funicolare, Scuole d'arte nazionali, valutazione del livello di sicurezza, consolidamento strutturale, analisi della linea di spinta.

ESTUDIO SOBRE LA ESTABILIDAD DE LAS DE LAS ESCUELAS DE ARTE DE LA HABANA (CUBA): ¿UN CASO SINGULAR DE APROXIMACIÓN CONSTRUCTIVA?

Sara Garuglieri**** - Università degli Studi di Firenze, Italia

Christian Zecchin***** - Desio, Italia

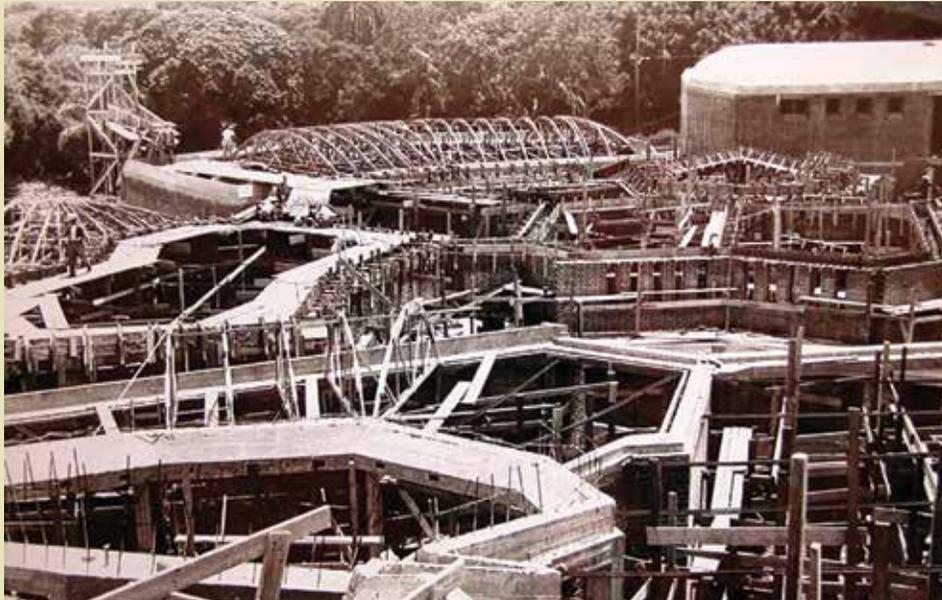


Foto di cantiere degli anni'60.
Fonte: Archivio privato di Michele Paradiso (per gentile concessione di Roberto Gottardi).

RESUMEN

Las Escuelas Nacionales de Arte (ENA) de La Habana, Cuba, siguen siendo, a pesar de su actual estado de alta degradación, el ejemplo más emblemático del uso de las bóvedas *tabicadas* dentro de una arquitectura modernista. Maravilloso ejemplo de arquitectura orgánica, estas escuelas fueron diseñadas en las primeras décadas de los años 60 por los arquitectos italianos Roberto Gottardi y Vittorio Garatti, junto al arquitecto cubano Ricardo Porro, en nombre del gobierno revolucionario de Cuba. El complejo consta de cinco edificios con una superficie total de 65.000 m² enmarcados en un parque natural de 600.000 m², destinados a la enseñanza de la danza, la música, el arte teatral, las artes plásticas y el ballet. En la escuela de Ballet se ha utilizado ampliamente la técnica catalana o valenciana. Según la intención del diseñador Vittorio Garatti, las bóvedas de sección baja deberían haber permitido su uso y circulación, inclusive sobre el extradós. Actualmente, en la zona de entrada, la falta de la *capa* superior de ladrillos a lo largo del extradós, por negligencia y vandalismo, sugirió la necesidad de verificar el nivel de seguridad del estado de ruina, realizando un análisis de la línea de empuje. Actualmente, en la zona de entrada, la falta de la *capa* superior de ladrillos a lo largo del extradós, causada por negligencia y vandalismo, sugirió la necesidad de verificar el nivel de seguridad en este estado de ruina, por lo que se hizo un análisis de la línea de empuje mediante la utilización de la teoría de Heyman. Se tomaron en consideración dos condiciones de carga: el peso propio y la presencia de usuarios colocados en la zona media de la bóveda en el extradós, estimándose un descenso en el nivel de estabilidad del 30% por lo que sugiere una inmediata intervención para garantizar su seguridad y posterior consolidación.

PALABRAS CLAVE:

Bóveda catalana, La Habana, Cuba, polígono funicular, Escuelas Nacionales de Arte, evaluación del nivel de seguridad, consolidación estructural, análisis de la línea de empuje.

Introduzione

Immediatamente dopo il trionfo della rivoluzione, Fidel Castro Ruz ed Ernesto “Che” Guevara, durante una partita di golf al campo del Country Club, simbolo dell’alta borghesia cubana dell’era Batista, decisero di trasformare quel posto in un *centro* internazionale per la formazione dell’artista.

“... Cuba potrà contare sulla più bella Accademia delle Arti del mondo... L’Accademia si troverà nel mezzo del Country Club, dove un gruppo di architetti-artisti ha già progettato le costruzioni da realizzare... Le scuole di musica, danza, balletto, teatro e arti visive saranno al *centro* del campo da golf, in una natura che è un sogno” (Castro, 1961).

Oggi, dopo 60 anni, gli edifici della Scuola Nazionale d’Arte di Cubanacán (ENA) si trovano in una situazione drammatica: solo parzialmente realizzati e quindi utilizzati in modo diverso dal progetto originale, nonostante i timidi recenti interventi di restauro. Completati dal Governo cubano nel 2011, si trovano in una situazione di degrado fisico-meccanico e anche alcuni mai utilizzati e totalmente abbandonati (Scuola di balletto, Scuola di Musica). È importante spiegare perché sono arrivati a quella situazione. Quindi è importante iniziare con alcune note storiche. Tre giovani architetti furono incaricati del progetto: il cubano Ricardo Porro Hidalgo e gli amici italiani Roberto Gottardi e Vittorio Garatti. I tre si erano conosciuti in Venezuela ed erano rimasti molto amici: Ricardo Porro in esilio volontario di fronte alla dittatura Batista, i due italiani si erano trasferiti in America Latina per voglia di nuove esperienze professionali, il primo era un laureato a Venezia e un discepolo di Carlo Scarpa, il secondo a Milano e un discepolo di Ernesto Nathan Rogers. Gli architetti con il loro progetto realizzarono un’opera diversa dall’architettura predominante dell’epoca a Cuba, influenzata dal movimento moderno, al punto che l’ENA può essere considerata un esempio spettacolare di architettura organica. C’erano due principi di base nel loro progetto: l’integrazione nel paesaggio e l’uso del mattone come materiale predominante. Si consiglia, per approfondire l’affascinante storia di questa epica vicenda, di fare riferimento ai testi di Loomis (2011, 2015, 2020) indicati in bibliografia poiché questa comunicazione intende solo riflettere sinteticamente sugli aspetti tecnico-costruttivi, argomento, per il quale risulta agli autori, fino ad ora non sufficientemente indagato. Quindi, riguardo a questo argomento e tornando alla storia del complesso, i tre architetti decisero di utilizzare l’unico materiale che allora si poteva facilmente trovare a Cuba, la ceramica e il mattone, come stretto rapporto con la natura e la cultura cubana, utilizzandoli associati alla tecnica delle volte catalane, per la sua possibilità di offrire grande libertà nelle forme architettoniche, e ispirandosi all’opera di Antoni Gaudí. In effetti, c’erano precedenti esperienze di volte catalane all’Avana, ma la saggezza costruttiva era stata in qualche modo persa. La fortuna li fece incontrare con un muratore catalano, che qualcuno afferma avesse lavorato con Rafael Guastavino. Di quel signore, che ha avuto un ruolo fondamentale nella costruzione delle Scuole, secondo un’usanza tipicamente latinoamericana, si ricorda solo il nome proprio: Gumersindo. Gumersindo insegnò ai muratori cubani la tecnica e realizzò molti modelli in scala, con prove di carico, per dimostrare il potenziale di resistenza della tecnica catalana (vedi fig. 1).

Las Escuelas de Arte de Cubanacán non furono mai terminate e sulle ragioni di quella brusca interruzione si discute ancora. La conseguenza fu che furono utilizzate in modo improprio, essendo Balletto mai utilizzato, Musica incompleto e utilizzato parzialmente, Teatro terminato solo al 40% e utilizzato parzialmente fino al definitivo abbandono alla fine del secolo scorso. Il governo cubano iniziò un timido restauro, all’alba di questo secolo, in conseguenza della nuova visibilità Internazionale data al complesso dal primo libro di John

A. Loomis (2009). Da allora le Scuole sono state al centro di un animato dibattito su come si dovessero rifunzionalizzare, su come si dovessero restaurare e consolidare, su come si dovesse tener conto delle nuove esigenze di insegnamento delle Arti. Molto si è scritto, discusso, polemizzato sulle Scuole. Peraltro il restauro iniziato nel 2000 si limitò alle sole Scuole di Ricardo Porro (Arte Plastica e Danza). A causa delle crisi economiche interne a Cuba, dopo un altro tentativo di continuare con il restauro della Scuola di Teatro tutto si arenò nel 2011, gettando un'altra volta il complesso nell'abbandono (Paradiso 2016). Ma proprio sulla Scuola di Arte Teatrale appena menzionata la Cooperazione Italiana è recentemente intervenuta finanziandone il restauro-consolidamento e la sua rifunzionalizzazione, affidando la consulenza tecnica al Dipartimento di Architettura (DiDA) dell'Università degli Studi di Firenze.



Figura 1. Foto storica degli anni '60 che mostra i modelli in scala di diverse geometrie di volte, a botte utili all'insegnamento della tecnica alle maestranze cubane.

Fonte: Archivio privato di Michele Paradiso (per gentile concessione di Roberto Gottardi).

Problema

Per quanto le Scuole siano state definite da molti esperti "il più bell'esempio di utilizzo delle volte catalane esistente al mondo", poco si è studiato sulla tecnica costruttiva adottata negli anni '60, la cui conoscenza è indispensabile prima di passare a qualsiasi ipotesi di restauro e consolidamento (vedi fig. 2).

Si cita che le ragioni della scelta di questa tecnica furono dovute alla necessità di minimizzare sia l'uso del legno per le casseforme da cemento armato sia l'uso dell'acciaio, stante la crisi economica in cui entrò Cuba all'indomani del *Triunfo de la Revolución*. E che i progettisti si ispirarono ad Antoni Gaudí. Si ricorda la fondamentale figura di tal Gumersindo, muratore esperto di *bóvedas catalanas*. Si racconta che all'epoca esisteva una conoscenza costruttiva a riguardo, e che esistevano all'Avana ed ancora esisterebbero altre architetture voltate alla catalana. È però bene chiarirsi su fino a che punto le Scuole d'Arte si possano considerare esempio della cosiddetta *bóveda catalana* o, meglio, *bóveda tabicada*. In mancanza dei disegni originali di progetto (quasi tutti perduti e gli esistenti frammentati e confusi), in presenza di molti rimaneggiamenti eseguiti dagli anni '70 agli anni '90, senza poter contare su un rilievo affidabile, l'unico strumento che rimane è la trasmissione orale da parte dei pochi protagonisti dell'epoca ancora viventi. Tra questi pochi spicca la figura dell'Arch. Josefina Rebellón Alonso, alla epoca Direttrice del *Departamento de Construcciones Escolares*, e l'Arch. José Mosquera Lorenzo, che, allora studente di Architettura e primo collaboratore, allora e sempre, di Vittorio Garatti, e l'Arch. Regino Gayoso Blanco, che all'epoca dei fatti e fino alla sua recente scomparsa è stato membro del *Centro Técnico de Investigación de la Construcción* dello stesso MiCons. Così Gayoso raccontava nel 2007:

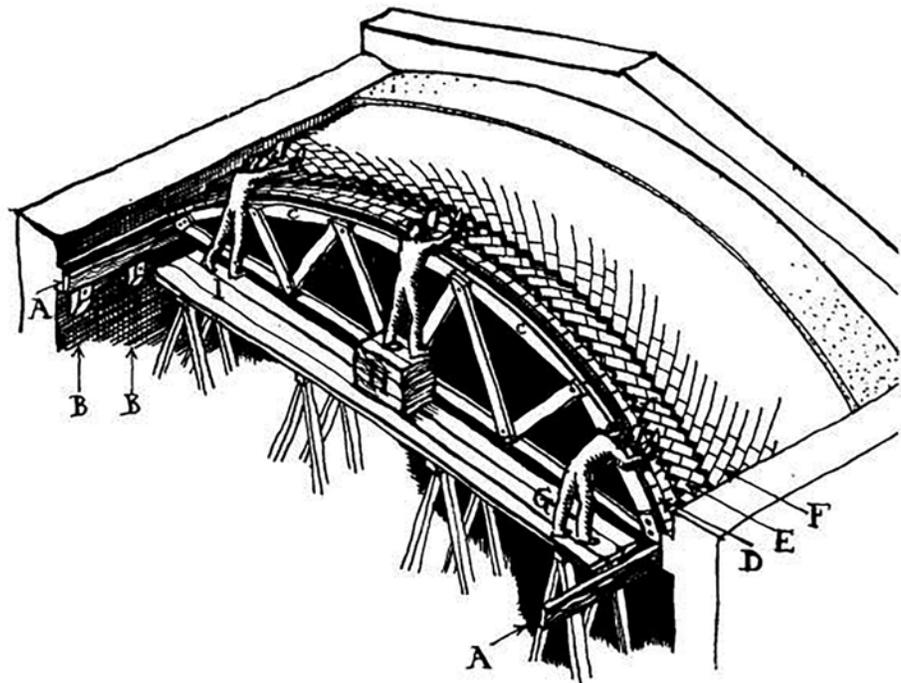


FIG. 2.—Construcción de una bóveda cilíndrica empleando cercha corredera:

- AA: Tablones que sirven de carriles.
- BB: Esgiones para apoyo de los carriles.
- CC: Cercha ligera.
- D : 1.^a vuelta, de rasilla (con yeso).
- E : 2.^a ídem id. (con cemento).
- F : 3.^a ídem id. (con cemento).
- G : Oficial de la cuadrilla que hace la 1.^a vuelta.
- H : Ídem id. id. la 2.^a vuelta.
- I : Ídem id. id. la 3.^a vuelta.

Figura 2. Schizzo sulla costruzione di una volta catalana secondo la tecnica pura.
Fonte: Archivio privato di Michele Paradiso, 2016.

... io ebbi l'opportunità di lavorare in un Dipartimento del MiCons di ricerca e innovazione tecnica sulle costruzioni, sulla tecnologia, sulle strutture, sui materiali. Per svolgere questo compito il Dipartimento costruì un laboratorio sperimentale vicino all'edificio del Ministero. Io mi ricordo che durante il mio lavoro nel Dipartimento frequentava il nostro Laboratorio, fin dal 1960, un costruttore catalano... Il catalano si chiamava Vijil (o Vigil) e aveva la responsabilità della formazione degli operai sulla tecnica della volta catalana... lui lavorava al progetto delle Scuole d'Arte... Questo signore aveva molta esperienza e per questo lo incaricarono di formare i muratori... Per Vijil e sotto la sua direzione realizzammo una specie di volta a vela, appoggiata su quattro punti, a pianta quadrata inscritta in una circonferenza di 15 metri di diametro, secondo la tecnica catalana. Lo spazio, una volta terminato, fu adibito a laboratorio di prove meccaniche sui materiali. Questo padiglione però è andato distrutto. Ricordo che Vijil morì d'infarto dopo il 1965 mentre si trovava nelle opere di lavoro volontario nei campi di raccolta della canna da zucchero... (Paradiso, 2016).

Questi invece i ricordi di José Mosquera Lorenzo:

...posso riallacciarmi a quello che ha detto Gayoso dicendo che parallelamente a queste ricerche di laboratorio già si lavorava alle Scuole, dove si costruivano dei prototipi a piè d'opera con una geometria di volte più vicina agli specifici disegni esecutivi delle Scuole, anche con delle prove di carico. I modelli erano costruiti a scala ridotta, il più grande sarà stato con una luce di 4-5 metri. Si realizzarono piccole volte a botte a semplice curvatura, archi ribassati policentrici

(carpanel, ndr) e addirittura volte con pennacchi di sostegno, in modo da dimostrare che queste volte con grande luce sarebbero state in grado di resistere non solo al peso proprio, ma anche ad azioni dinamiche come quelle di un uragano o vento forte. Comunque sì, io mi ricordo bene sia di Vigil e di Gumersindo... lui lavorava sempre con un certo Angel ... Angel aveva una quarantina di anni, Gumersindo era più vecchio e io ne avevo all'epoca 20, di anni... Angel era l'operaio che Gumersindo usava per addestrare direttamente gli altri operai. Angel insegnava a conformare geometricamente la volta sulla base degli esecutivi, a come si usavano e ponevamo le pannelle (*racillas* ndr), a come utilizzare il gesso. Tutte le centine in legno furono realizzate sotto la supervisione di Angel, nel patio del Country Club. In questa specie di laboratorio di falegnameria si cercava di risparmiare sul legname il più possibile. Angel, braccio destro di Gumersindo, impostava la geometria delle centine. Le centine per le volte, varie e di luce differente, avevano un rapporto freccia/luce, risultato sì di calcoli di progetto, ma anche di sperimentazione e qualche volta tutto arricchito da un po' di buon senso. Per esempio il buon senso ci consigliava di non realizzare curvature troppo ribassate ... e questo a vantaggio della sicurezza, per diminuire la spinta agli appoggi... a volte agli appoggi si realizzava un rinforzo leggero con una rete metallica da tre ottavi di pollice... oppure in alcuni punti si utilizzavano pannelle forate riempite di malta alleggerita.... Tanti piccoli accorgimenti per stare più tranquilli... Praticamente questo laboratorio era di fatto una sperimentazione senza soluzione di continuità e forse si potrebbe dire che l'ultima sperimentazione è stata proprio la costruzione vera e propria delle Scuole... Alla fine la squadra di muratori e falegnami aveva raggiunto un'alta specializzazione che fa sì che ancor oggi non si riconosca, nell'apparecchio murario curvilineo, nessuna differenza "di mano", nessuna sbavatura nell'allineamento delle *racillas*, nessuna sbavatura nel giunto di malta.... In ogni caso, Gumersindo Vigil y Angel, lavoravano tutti in una Impresa di Costruzione del MiCons che era la C I I e ci dovrebbero essere nell'Archivio Storico del Ministero tutte le informazioni relative: chi ne fosse a capo, chi fossero gli operai...(Ibidem).

Le Scuole d'Arte e le volte catalane

Non vi è alcun dubbio che i tre architetti (Porro, Garatti, Gottardi) si siano ispirati ad Antoni Gaudí. Essendo fautori dell'Architettura Organica, non poteva che essere così. E, d'altra parte, anche oggi, fuori dal mondo iberico, appena si citano le volte catalane, il pensiero corre all'opera del Maestro barcellonese. Ma è sotto gli occhi di tutti che il complesso architettonico delle Scuole non ha nulla a che vedere con le architetture gaudiane. Userebbe solo la tecnica della volta catalana come tecnica costruttiva, ma con una propria cifra formale.

Le *bóvedas tabicadas* sono strutture resistenti per forma, sono leggere e non hanno o quasi bisogno di complesse centinature lignee (salvo qualche listello o cordella), sopportano carichi notevoli e, a fronte di una esecuzione che presuppone una perfetta regola d'arte, risultano estremamente economiche. Quindi perfette per l'epoca in cui a Cuba, nel pieno della crisi economica postrivoluzionaria, si decise di realizzare il sogno de *Las Escuelas de Arte*.

Le Scuole d'Arte de L'Avana furono costruite con grande impegno da parte del Governo Cubano. Una volta fatta la scelta della tecnica delle volte catalane, una volta individuato il personaggio Gumersindo Vigil, la progettazione tecnica fu affidata a un gruppo di ingegneri civili del MiCons, uno o due per ognuna delle Scuole, che lavorarono insieme ai progettisti per rendere fattibile l'impresa. La componente ingegneristica pensava alla forma delle centine, per poi passare alla sperimentazione sul campo con Gumersindo e, dopo avere testato con prove di carico e conseguentemente modificato la curvatura, si passava alla costruzione, dove venivano costruite e posizionate dapprima le centine base nelle sezioni chiave della complessa superficie, e poi disegnate e realizzate sul campo le

centine secondarie per la ripartizione delle campiture sulle centine base. Va però detto, e ciò è dimostrabile attraverso la trascrizione di altre interviste ad alcuni di quegli ingegneri che erano nel 2004-2008 ancora in vita, che quasi non ci si fidò delle forme pure e libere disegnate dagli Architetti e si pensò di corroborare il tutto con pesanti parti in cemento armato, come travi di bordo alle cupole e volte, fondazioni, cordoli di ripartizione, fino al punto che, per esempio, la gran parte delle cupole di Danza e Arte Plastica, come quelle di Balletto, risultano di fatto in realtà strutture di cemento armato rivestito. Basta questo per affermare che, ad essere benevoli ma tecnicamente corretti, le Scuole d'Arte de La Habana devono essere considerate una "tecnica mista". Inoltre si impose in tutte le Scuole un massiccio uso di tiranti di acciaio ad aderenza migliorata, che dovevano, non fidandosi neanche dell'ancoraggio delle volte alle travi di bordo in c.a., eliminare le spinte. Solo Riccardo Porro si rifiutò, per esempio nei *pasillo* di entrata di Arte Plastica, considerando la presenza dei tiranti una ferita alla immagine estetica di quelle volte. Mal gliene colse però, perché quella forma di *pasillo* con i contrafforti dal profilo particolare, quasi contro ogni buon senso di forma per un contrafforte, furono la causa dell'apertura di lesioni, che noi ora chiameremmo "fisiologiche" nella faccia interna di tali contrafforti, lesioni tutte alla stessa altezza, tutte della stessa ampiezza e profondità, per ogni contrafforte presente dal lato dove la quota di imposta delle volte è maggiore. Fisiologiche, appunto. Ma nei primi anni 2000 gli ingegneri che erano stati incaricati del restauro e consolidamento della Scuola di Arte Plastica e di quella di Danza, di fronte a quelle lesioni, che non si erano mosse per 40 anni, pensarono che non solo si sarebbero dovuti posizionare i famosi tiranti, ma che il contrafforte così disegnato da Porro e fatto tutto di mattoni, non avesse sufficiente capacità resistiva per assorbire le spinte e così pensarono bene di infilare dentro a ciascun contrafforte, sventrandolo, un bel pilastro in cemento armato! Con buona pace del concetto di restauro e consolidamento non invasivo (Paradiso, 2016). I mattoni per realizzare i muri degli edifici furono fabbricati negli anni '60 in tre fornaci alla periferia de L'Avana, dove l'argilla pareva di migliore qualità, ma non furono cotti alla temperatura dovuta. Le analisi chimico fisiche effettuate su vari campioni di quei mattoni negli anni 2007-2010 indicarono una temperatura di cottura di soli 600 gradi centigradi, quando dovrebbe essere almeno 800/900; risultarono di conseguenza con scarsa resistenza alla compressione. Questa la causa del fatto che ora, soprattutto nella Scuola di Teatro e nella Scuola di Musica, i mattoni risultano profondamente scavati ed erosi dagli agenti atmosferici. Si è già menzionato come lo stesso Mosquera racconta di non so quanti accorgimenti tecnici che dovettero adottare per dare alle volte, di grande luce, una maggiore resistenza e rigidità: da inserzioni di cemento a rinforzi delle zone di imposta con rete elettrosaldata o addirittura con lastre di ferro, per migliorare gli ammorzamenti. Le indagini condotte in sito sulle Scuole d'Arte, soprattutto in quelle parti che più evocavano la tecnica costruttiva delle volte catalane, hanno dimostrato che le parti più simili a questa tecnica costruttiva si concentrano nei *pasillos* della Scuola di Arte Plastica (Riccardo Porro), nella totalità delle volte dei 14 edifici che costituiscono la Scuola di Teatro (Roberto Gottardi) e nel *pasillo* della entrata principale della Scuola di Balletto (Vittorio Garatti). Quell'entrata, plurifotografata e pluririprodotta, icona stessa, insieme all'entrata della Scuola di Arte Plastica, de *Las Escuelas de Arte*, rappresenta, insieme alle volte delle aule della Scuola di Teatro, forse l'unica vera applicazione della tecnica costruttiva delle *bóvedas tabicadas* (vedi fig.3).

Orbene, il fronte del primo arcone, a sezione variabile e con quote d'imposta differenti, mostra con la sua faccia come sia stata costruita: uno spessore di 10 *capas* per una luce di 12 metri. Tutto, in apparenza, come dovrebbe essere... Se osserviamo bene però, viene il sospetto che lo spessore dei giunti sia ben maggiore del famoso 0,5/1,0 cm. Inoltre, stante il fatto che, per le storiche condizioni di abbandono, spesso le Scuole erano e sono oggetto di vandalismo al punto che le *rasillas*, prima disconnettendosi, in alcune larghe

zone dell'estradosso si sono perse o sbocconcellate, si vede che il sistema adottato non è il classico sistema alla catalana: le *rasillas* della seconda *capa* non si sovrappongono alla sottostante secondo una linea di posa in opera a 45° rispetto alla precedente, ma sono poste una sull'altra, sia pure sfalsate (*mata junta*). Se così fosse questa non sarebbe una volta pura alla catalana, bensì un struttura classica ad arco, realizzata attraverso la giustapposizione di vari archi di minimo spessore posti uno sull'altro. In buona sostanza non esisterebbe quella resistenza per forma che è il segreto e la potenzialità della volta catalana. Si tratta cioè un arco realizzato da tanti archi sottili, uno sull'altro (vedi fig. 4).



Figura 3. Volte catalane dell'entrata della Scuola di Balletto di Vittorio Garatti.
Fonte: Foto di Michele Paradiso, 2016.

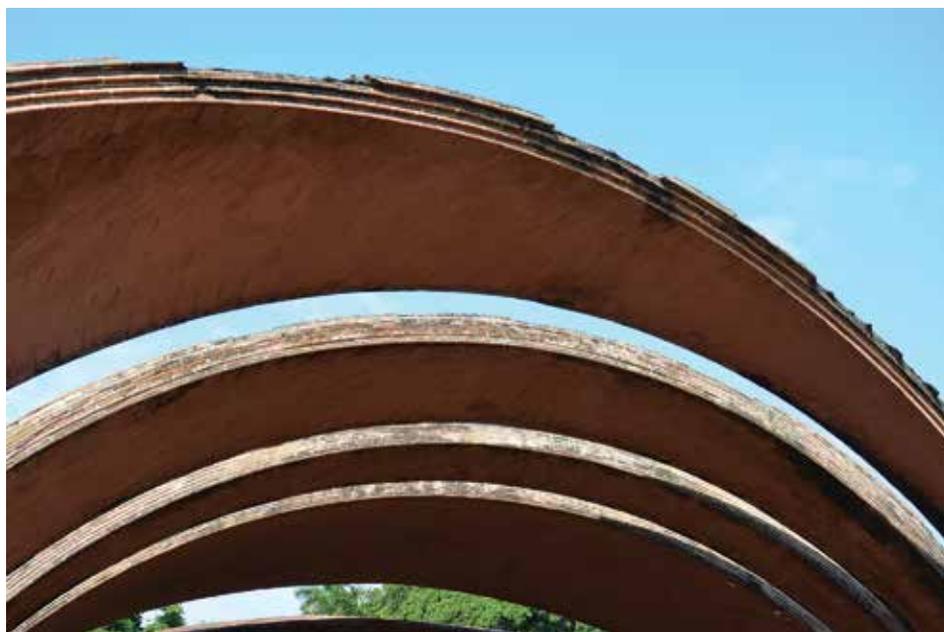


Figura 4. Volte catalane dell'entrata della Scuola di Balletto di Vittorio Garatti: sono visibili le perdite di *rasillas* in estradosso.
Fonte: Foto di Michele Paradiso, 2016.

L'unica possibilità dell'ammorramento nella direzione dello spessore è affidata alla tenuta dei ricorsi di malta. Il pericolo di siffatta costruzione è il ben noto *debonding* (delaminazione): per effetto anche di un minimo cedimento delle imposte e del conseguente aumentare della spinta di ognuno di questi archi componenti, verrebbe superata la minima resistenza alla trazione della malta in direzione dello spessore con conseguente distacco di un arco dal superiore, fenomeno evidenziato dalla formazione di lesioni che seguono la curvatura dei ricorsi dei giunti, più ampie nella mezzeria e a partire dal basso (vedi fig. 5).

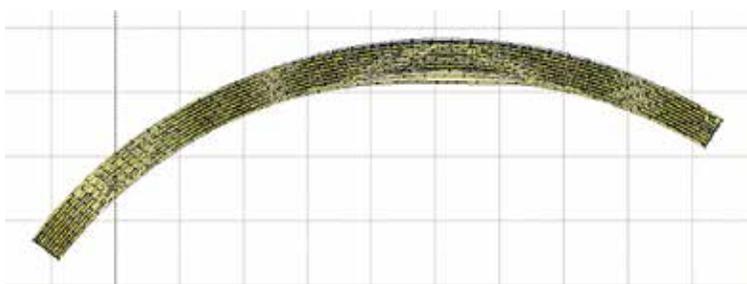


Figura 5. Effetto di delaminazione o *debonding* di un arco costituito da una serie di archi di altezza sottile sovrapposti.
Fonte: Archivio privato di Michele Paradiso.

È dimostrabile che anche la perdita di efficienza di un solo *folio* o *capa*, a causa della delaminazione, riduce la capacità resistiva del complesso di un buon 30%.

La volta dell'entrata principale della Scuola di Balletto è stata scelta per una validazione numerica della sua capacità portante. La ragione sta nel fatto che la forma della volta, che si può assimilare ad una volta a botte a pianta irregolare, con luce intorno ai 10 metri, per sua natura produce forti componenti di spinta sugli appoggi (vedi figura 6). Va ricordato che fu una scelta del progettista quella di volere le volte ribassate: egli desiderava che esse fossero praticabili sulla superficie estradossale, che cioè fossero poeticamente vissute anche sopra, camminandoci tranquillamente per godere del meraviglioso e rigoglioso panorama della natura circostante. La volta in questione ha perduto, per atti di vandalismo e incuria, quasi la totalità dell'ultimo folio estradossale.

Della serie di arconi che costituiscono l'entrata si è scelto il primo, del quale si è effettuato un semplice rilievo metrico spedito, utilizzando il metodo delle coltellazioni. L'arcone presenta una pianta irregolare, della quale si riportano i dati essenziali, con riferimento alla Figura 7:

$$AE = \text{cm. } 300, DH = \text{cm. } 60, EH = \text{cm. } 1150, AD = \text{cm. } 960$$

$$\text{Diagonali: } AH = \text{cm. } 950/955, ED = \text{cm. } 1170/1175$$

La struttura si deve quindi considerare un arco irregolare a sezione variabile. Inoltre il rilievo ha determinato uno spessore in chiave di circa 25 cm, composto da 10 fogli di rasillas e 9 fogli di malta. Si ipotizza così che lo spessore della pianella possa essere di cm. 1,5 e quello della malta cm. 1,00-1,20 (variabile). Paradiso et al. (2007) puntualizzano che si è proceduto ad una analisi numerica, usando il codice di calcolo SAV2000 del Software Aedes (2020), basato sulla teoria della stabilità di archi e volte in muratura che si deve a Jacques Heyman (1999). Il metodo, seguendo la teoria degli stati limite, ricerca il poligono funicolare interno alla sagoma dell'arco, attraverso un metodo iterativo che si basa sulla teoria degli stati di coazione. Se il poligono funicolare, risultato della analisi, risulta interno alla sagoma dell'arco questi risulta stabile tanto da poterne determinare un proprio coefficiente di sicurezza; se invece risulta tangente alla sagoma o addirittura parzialmente esterno, nascono tensioni di trazione che non possono essere sopportate dal materiale che di conseguenza si lesiona, diminuisce il suo grado di sicurezza fino al precollasso o collasso.

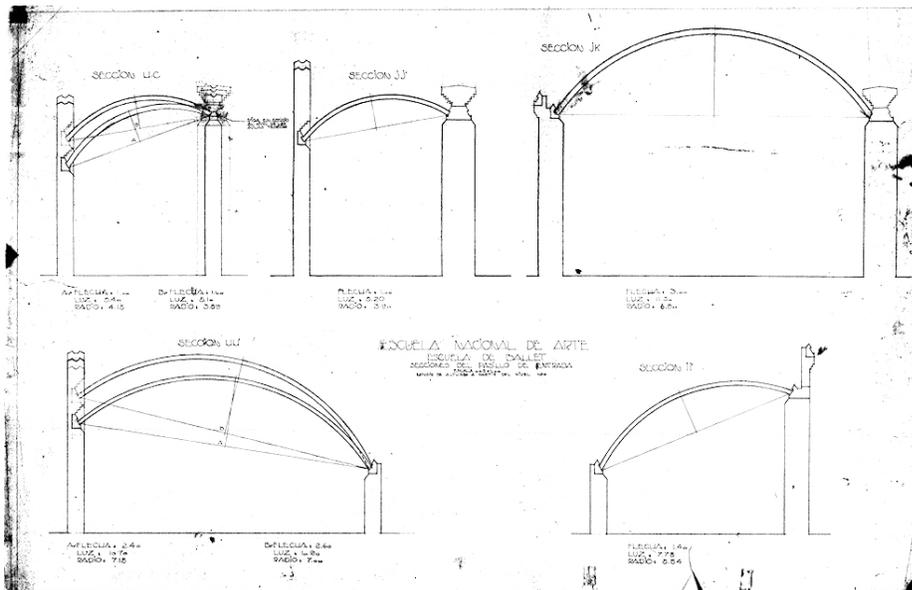
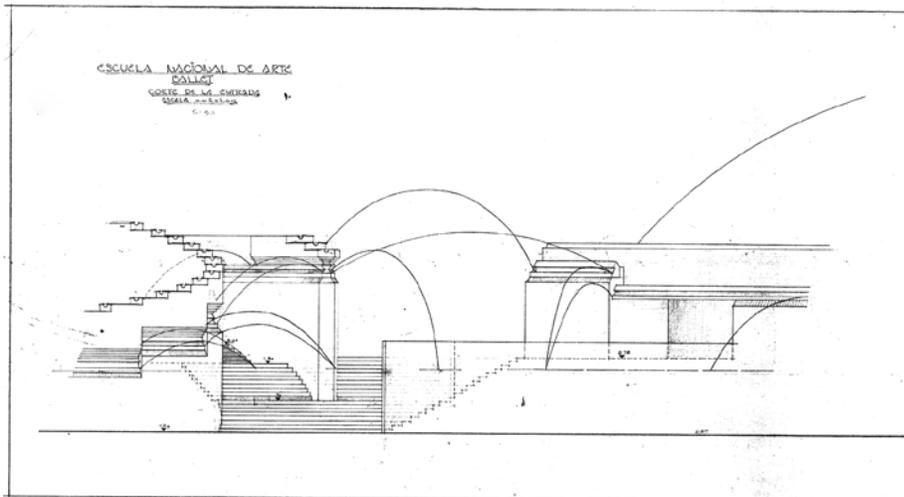


Figura 6. Diseños originales de proyecto de los años '60 relativos a las varias secciones del pasillo de entrada de la Escuela de Ballet.
Fuente: Archivo privado de Christian Zecchin.

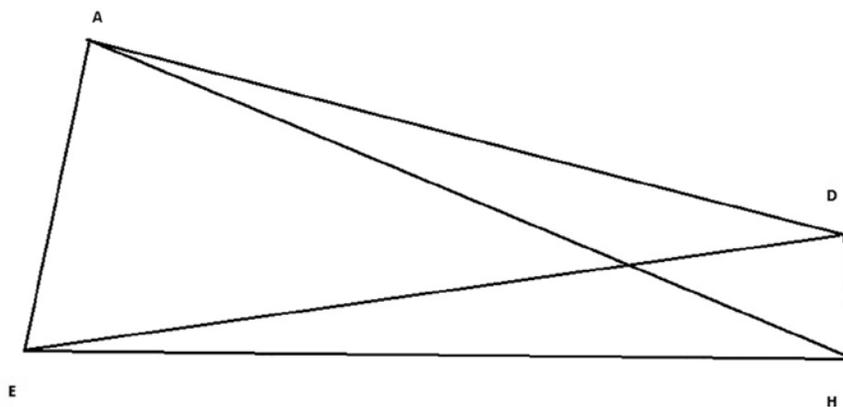


Figura 7. Planta esquemática del primer arco.

Sono state considerate le seguenti ipotesi di carico:

1. Volta nella sua geometria di progetto sottoposta a solo peso proprio (H cm. 25);
2. Volta nella sua geometria di progetto sottoposta a peso proprio e ad un carico accidentale (folla compatta), immaginando la presenza di persone in estradosso (H cm. 25) (vedi fig. 8).
3. Volta nella geometria di progetto ma privata dall'ultima *capa* estradosale sottoposta a solo peso proprio (H cm. 22,5);
4. Idem ma con l'aggiunta del carico accidentale, come nel caso 2 (H cm. 22,5);
5. Volta nella geometria di progetto ma privata delle ultime due *capas* estradosali, sottoposta a solo peso proprio (H cm. 20);
6. Volta nella geometria di progetto ma privata delle ultime tre *capas* estradosali, sottoposta a solo peso proprio (H cm. 17,5);
7. Volta nella geometria di progetto ma privata delle ultime tre *capas* estradosali (H cm. 15).

Figura 8. Esempio di sovraccarico accidentale sulle volte.
Fonte: Foto di Michele Paradiso, 2017.



Si riportano di seguito i risultati delle varie analisi numeriche (Fig. 9 alla 15):

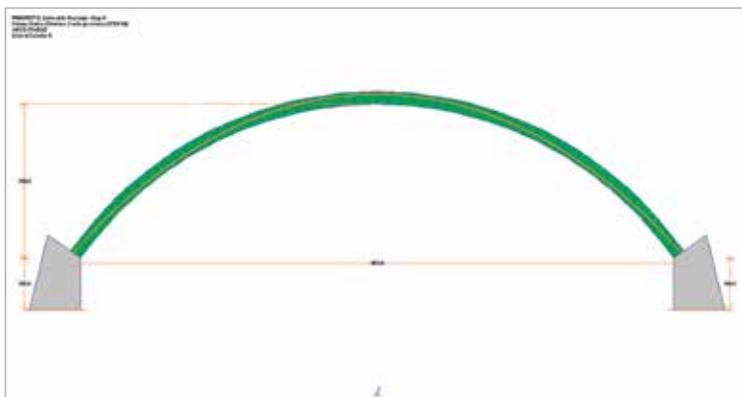


Figura 9. Condizione di carico 1: a solo peso proprio, per la particolare geometria dell'arco il poligono funicolare appare appena all'interno della sagoma.

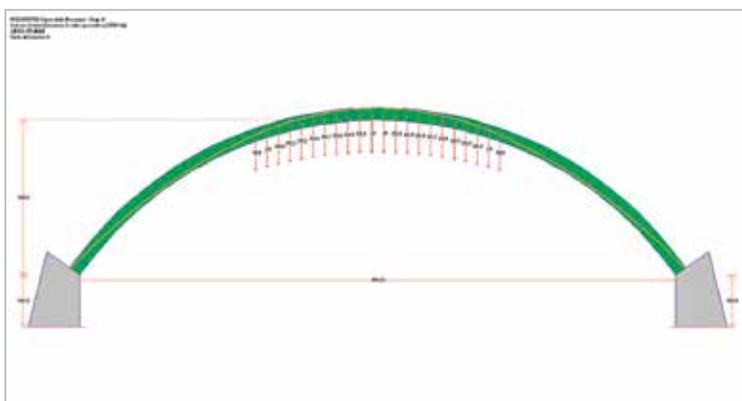


Figura 10. Condizione di carico 2: la presenza del sovraccarico accidentale, nella zona centrale della volta, esalta il poligono funicolare che risulta praticamente tangente alla sagoma nei tre punti limite della Teoria di Heyman.

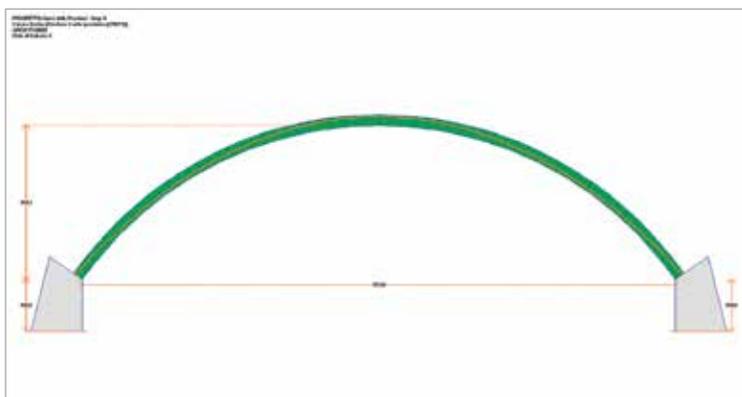


Figura 11. Condizione di carico 3: all'assottigliarsi dello spessore della volta, il poligono funicolare per solo peso proprio comparabile con la soluzione del caso 1.

Figura 12. Condizione di carico 4: con la presenza del sovraccarico accidentale, l'arcone evolve verso la sua condizione limite di resistenza, producendo tre punti di crisi (tensioni di trazione) in estradosso in chiave e in intradosso agli appoggi.

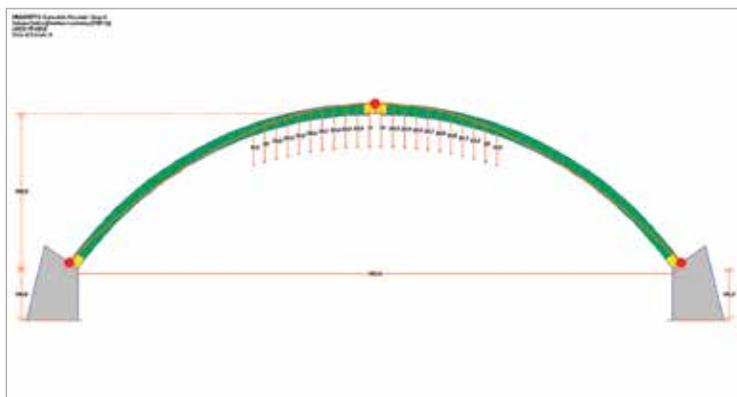


Figura 13. Condizione di carico 5: a solo peso proprio la struttura torna appena a soddisfare la condizione di carico.

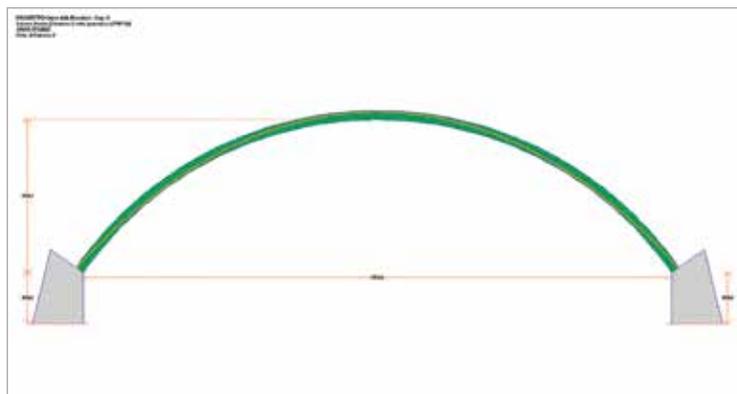


Figura 14. Condizione di carico 6: all'ulteriore diminuzione dello spessore vanno in crisi per solo peso proprio le zone agli appoggi.

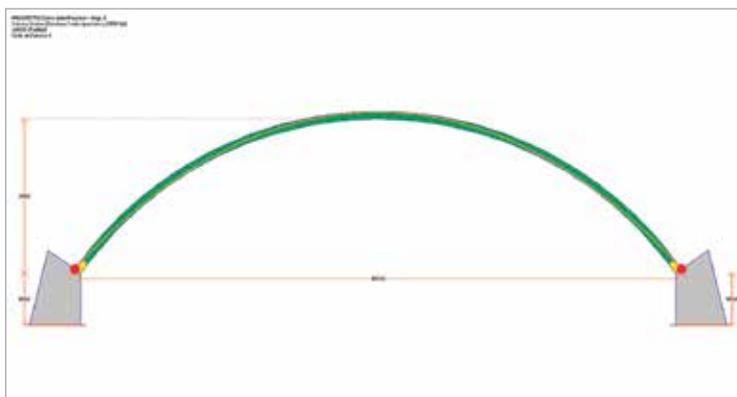
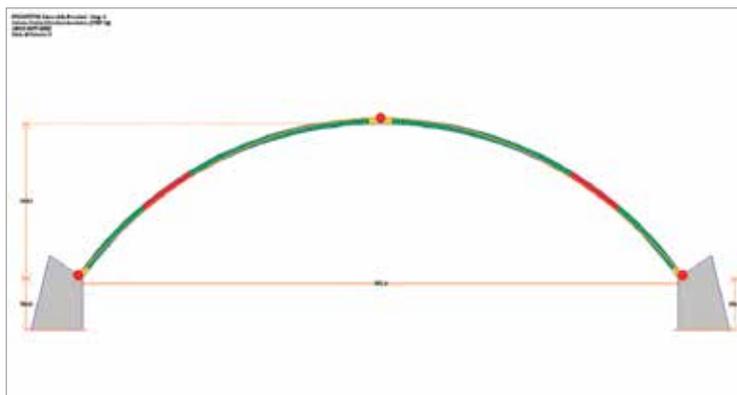


Figura 15. Condizione di carico 7: condizione limite di collasso per solo peso proprio dello spessore dell'arco. Il risultato è in linea con le indicazioni della teoria di Heyman sul rapporto (spessore dell'arco) / (luce dell'arco).



Dunque i risultati dimostrano che la presenza del carico accidentale può essere assorbita dalla resistività dell'arcone solo fino alla perdita dell'ultimo strato di *racillas* estradosale. Il che corrisponde allo stato di fatto attuale. Va infine precisato che il metodo non considera nella struttura la presenza di instabilità locale del materiale, essendo il modello di comportamento rigido-fragile, e inoltre, considera la struttura come se fosse non costituita da sottili archi sovrapposti, e quindi non coglie il fenomeno della eventuale laminazione. Fenomeno che peraltro non appare minimamente evidente nei ricorsi di malta.

CONCLUSIONI

Senza dubbio, le Scuole Nazionali d'Arte di Cuba rappresentarono un tentativo di reinventare l'architettura nello stesso modo in cui la rivoluzione cubana aspirava a reinventare la società. Attraverso i diversi progetti, gli architetti partecipanti hanno cercato di integrare diverse questioni socio-culturali in una composizione formale rivoluzionaria fino ad allora sconosciuta in architettura. Purtroppo, nel 1965, le scuole e i loro creatori (Ricardo Porro, Roberto Gottardi e Vittorio Garatti) persero il sostegno della cupola politica al potere. Il governo iniziò a considerarle stravaganti e sono state denunciate come incompatibili con la Rivoluzione. In più, molti membri del Ministero delle Costruzioni non si fidavano della volta catalana come sistema strutturale. La volta catalana, era ora criticata come una tecnologia "primitiva" e senza alcuna rilevanza per una società che avanzava verso un futuro sociopolitico diverso. Sfortunatamente, le scuole arrivarono a uno stato tutt'altro che presentabile. Poco dopo, Castro dichiarò che le scuole sarebbero state riconosciute, restaurate e preservate come monumenti nazionali. Finalmente, poco anni prima della morte di Castro, le Scuole Nazionali d'Arte sono state dichiarate monumento nazionale dal governo cubano. Nonostante ciò, i problemi continuano. Come già osservato, il sistema voltato, nello stato precario in cui versa attualmente, rammenta la necessità di un pronto intervento di messa in sicurezza e successivo consolidamento.

In particolare, i risultati sopra esposti indicherebbero comunque una fragilità della struttura al danneggiarsi l'estradosso, così come è nei fatti. Eppure la praticabilità dell'estradosso viene sfruttata per qualsiasi occasione: visite turistiche, eventi culturali, eccetera. Nonostante ciò, la struttura non sembra risentirne, a parte i più volte menzionati atti di vandalismo. Ma, ricordando le parole di Mosquera e Gayoso, sono stati eseguiti saggi di ispezione e piccoli carotaggi sulla superficie superiore della calotta. Si è pertanto avuto conferma del racconto dei protagonisti dell'epoca, anche se ciò che appare non ci dice ancora con chiarezza quali tipi di rinforzo furono eseguiti all'epoca nello spessore della volta. Di seguito vengono riportate tre figure che fanno riferimento a queste piccole ispezioni sulla calotta. Si può intravedere la presenza nello spessore di altro materiale che non siano le *rasillas* e la malta (vedi fig. 16, 17, 18).

Ancor di più: è stato ritrovato un disegno di progetto dell'epoca della costruzione, molto deteriorato e scurito dal tempo, nel quale si riconoscono accenni all'inserimento di lamiera di acciaio in corrispondenza degli appoggi (vedi fig. 19).

Tutto questo considerato, e nella certezza che la storia costruttiva di quelle volte catalane è ancora tutta da scoprire, verrebbe da chiedersi se dal punto di vista costruttivo le Scuole non siano davvero un "raffazzonato mistero tecnico-costruttivo". Il mito delle *Escuelas de Arte de La Habana* verrebbe così ridimensionato. Certamente no, nulla dell'epopea viene messo in discussione, anche considerando le obiettive difficoltà dell'epoca e dei suoi protagonisti, stretti tra l'ansia di dimostrare al mondo le ragioni della loro Rivoluzione e le ristrettezze a cui quel mondo li aveva in qualche misura relegati, allora come ora. Passione, convinzione, determinazione per realizzare el sueño, verrebbe da dire qualsiasi sogno, è il vero e più

profondo messaggio di insegnamento che esse ci tramandano. Peraltro quella sperimentazione sul campo, risolvendo i problemi di esecuzione che costringevano a cambiare le forme progettate dagli ingegneri in conseguenza delle prove di laboratorio, produsse una bellissima testimonianza: un manuale, edito alla fine delle esperienze delle Scuole, proprio per la costruzione di strutture voltate e non, che allora si chiamavano di “cerámica convencional”. AA.VV. (1965). Nel momento in cui, a partire dal progetto finanziato dall’Agenzia Italiana per la Cooperazione allo Sviluppo per il Restauro della Scuola di Teatro di Roberto Gottardi (AICS, 2029), sono in corso indagini e studi per il relativo progetto esecutivo e pare che qualcosa si stia muovendo anche per le altre quattro Scuole. Tuttavia, è chiaro che occorre fare molto di più ed è fondamentale conoscere fino ad ogni dettaglio, fino ad ogni rasilla... E proprio grazie ai contenuti di quel manuale ritrovato che si sta aiutando i protagonisti cubani e italiani a contribuire fattivamente alla realizzazione di quel sogno.



Figura 16. Ispezione sulla calotta 1.
Fonte: Archivio privato Christian Zecchin.



Figura 17. Ispezione sulla calotta 2.
Fonte: Archivio privato Christian Zecchin.



Figura 18. Ispezione sulla calotta 3.
Fonte: Archivio privato Christian Zecchin.

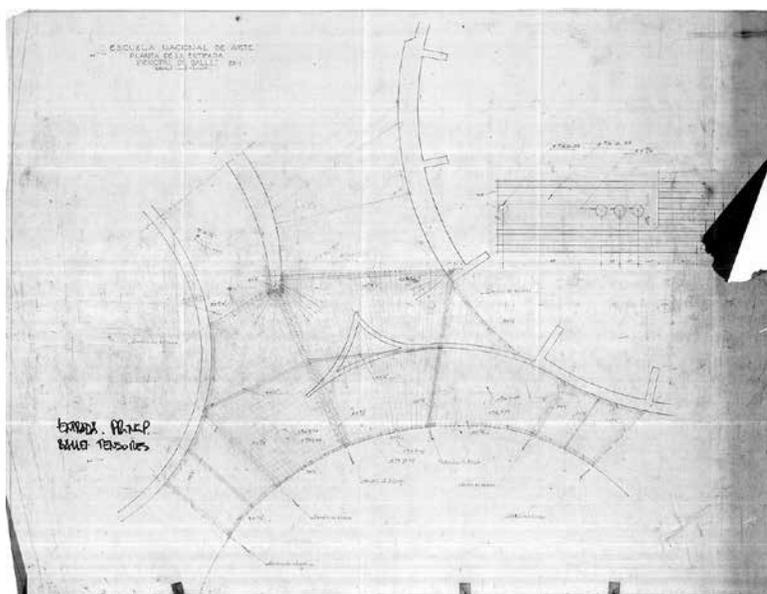


Figura 19. Disegno originale degli anni '60 dell'ingresso principale della Scuola di Balletto, con specifico riferimento a rinforzi metallici nella volta.
Fonte: Archivio privato Christian Zecchin.

RIFERIMENTI

AA. VV. (1965). *Cerámica convencional. Investigaciones técnicas*. La Habana. Cuba: Ed. Ministerio de la Construcción.

Aedes (2020). Software per ingegneria civile. Disponibile in <https://www.aedes.it/>

Agenzia Italiana per la Cooperazione allo Sviluppo - AICS (2019). *Acuerdo sobre el proyecto de cooperación "¡Que no baje el telón! conservación, gestión y mejora del patrimonio cultural del ISA"*. <https://lavana.aics.gov.it/2019/6398/>

Castro Ruz, Fidel (1961). "Palabras a los intelectuales. 30 de junio 1961" in *Boletín Se dice cubano*. <http://www.uneac.org/cu/content/palabras-los-intelectuales>

Heyman, J. (1999). *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica*. Ed Instituto Juan de Herrera.

Loomis, J. A. (2009, 2011). *Revolution of Forms. Cuba's Forgotten Art Schools* (con un contributo di Gerardo Mosquera). Princeton Architectural Press.

Loomis, J. A. (2015). *Una Revolución de Formas. Las Olvidadas Escuelas de Arte de Cuba* (con contributi di Gerardo Mosquera e Michele Paradiso). Ed dpr-barcelona.

Loomis, J. A. (2020). *Una Rivoluzione di Forme. Le Scuole Nazionali d'Arte di Cuba* (con contributi di Gerardo Mosquera e Michele Paradiso). Mimesis Edizioni.

Paradiso, M., a cura di. (2016). *Las Escuelas Nacionales de Arte de La Habana. Pasado, Presente y Futuro*. Frenze. DiDAPress.

Paradiso, M., Tempesta, G., Galassi, S., Pugi, F. (2007), *Sistemi voltati in muratura. Teoria e applicazioni*. Ed. Dei-Tipografia del Genio Civile.