Alla mia famiglia

L'arte della memoria

Renata Picone; "Rimpiego, riuso, memoria"; Verso una storia del restauro.

Il tempo, grande sculture

Non abbiamo più, inutile dirlo, una sola statua greca nello stato in cui la conobbero i contemporanei (...) Questi materiali duri modellati a imitazione delle forme della vita organica, hanno subito, a loro modo, l'equivalente della fatica, dell'invecchiamento, della sventura. Sono mutati come il tempo ci muta (...) Talune di queste modificazioni sono sublimi. Alla bellezza come l'ha voluta un cervello umano, un'epoca, una particolare forma di società, aggiungono una bellezza involontaria, associata ai casi della Storia, dovuta agli effetti delle cause naturali e del tempo. Statue spezzate così bene che dal rudere nasce un'opera nuova, perfetta nella sua stessa segmentazione (...) Altre ancora devono solo alla violenza degli uomini la bellezza nuova che hanno acquisito: la spinta che le abbattè dal piedistallo, il martello degli iconoclasti le hanno dato la forma del presente. L'opera classica si impregna così di patetico e gli dei mutilati hanno l'aria dei martiri.

da *Le Temps, ce grand sculpteur* di Marguerite Yourcenar; trad. it. *Il tempo, grande scultore.*

INDICE

1 INTRODUZIONE 14

2 ETSAG: EVOLUZIONE STORICA DAL MILLECINQUECENTO AD OGGI

2.1 Panoramica: Evoluzione storica ed urbana 18

2.2.1 Evolzione del complesso 23

2.2.2 La Casa di Stefano Centurione 24

2.2.3 Il Palazzo della Famiglia Mendoza 27

2.2.4 Hospital de Santa Ana 30

2.2.5 Ospedale Militare di Granada 32

2.3 ETS de Aqrquitectura di Granada: Il progetto di V.L. Cotelo 33

3 METODOLOGIA E APPROCCIO PER LO STUDIO DELL'EDIFICIO

3.1 Introduzione alla metodologia 38

3.2 Bibliografia e studio della storia dell'edificio 39

3.3.1 Fonti originali di Progetto: Classificazione 40

3.3.2 Fonti originali di Progetto: Analisi 42

3.4.2 Edificio, Rilievo, Modello 46

4 MODELLAZIONE DIGITALE RICOSTRUTTIVA

4.1 Building Information Modeling 52

4.2 H-BIM: BIM applicato al patrimonio architettonico 55

4.3 Obiettivi del modello 59

4.4.1 Level of development (LoD): LoG, LoI 61

4.4.2 Modellazione dell'edificio: Impostazione 64

4.4.3 Lo strumento muro e le Famiglie di sistema per l'edilizia storica 67

4.4.4 Librerie di Famiglie 73

4.5.1 Informazioni sulle fasi storiche 77

4.5.2 Livelli di affidabilità nei processi H-BIM 79

4.5.3 Informazioni sul restauro 84

4.5.3 Documenti e lettura dei parametri: Gestione grafica e alfa-numerica **88**

4.5.4 Gestione dell'edificio per il FM **90**

4.6 Programmazione visuale e compilazione automatizzata di Parametri **93**

5 GESTIONE DELLE INFORMAZIONI

5.1 Utilizzo del Database nelle metodologie informative **98**

5.2.1 Obiettivi del Database: utilizzo del database in ambiti HBIM **100**

5.2.2 Creazione del database per il progetto della ETSAG **101**

5.3 Strategie innovative per un approccio inclusivo ai Beni Culturali **104**

6 CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI **108**

BIBLIOGRAFIA

ABSTRACT

L'attività condotta nasce da una collaborazione tra il Politecnico di Torino e la Escuela Técnica Superior de Arquitectura di Granada con l'obiettivo di individuare le più efficienti metodologie operative utilizzabili per lo studio, l'analisi, la gestione del patrimonio storico.
Il caso studio scelto individuato è la sede della ETSAg (Scuola di Architettura) di Granada, recentemente oggetto di riqualificazione e rifunzionalizzazione da parte dell'architetto V. L. Cotelo. L'edificio ha un trascorso di più di cinque secoli: le tracce, i segni del tempo sono stati sapientemente analizzati dal gruppo di architetti per proporre interventi nel rispetto della tradizione e volti alla valorizzazione del manufatto, in cui gli elementi di interesse culturale/storico/architettonico sono trattati con massima lungimiranza e attenzione per la conservazione.
In un contesto così eterogeneo e variegato, un approccio BIM-oriented costituisce elemento di innovazione: la capacità di classificare gerarchicamente e semanticamente il compendio di informazioni – grafiche e alfanumeriche – che caratterizza il manufatto costituisce base indispensabile per allestire protocolli di intervento maggiormente consapevoli; a questo si aggiunge la possibilità di relazionarvi attività di Facility Management collegabili al modello parametrico. La ricerca ambisce a costituire un modello 3D di oggetti intelligenti che tengano traccia di molteplici informazioni allestendo un modello aperto a future implementazioni. Lo scopo ultimo consiste nel definire linee guida e approcci metodologici applicabili a casi simili.

The present work is the outcome from the collaboration between the Politecnico di Torino and the Escuela Técnica Superior de Arquitectura of Granada, with the aim of identifying the most efficient operating methodology that can be used for the study, analysis, and management of the Cultural Heritage.
The selected case study is the School of Architecture's seat in Granada (ETSAG), that recently has been the subject of a requalification and restoration from the architect V. L. Cotelo.
The building has a story of more than five centuries: the tracks, the signs of the time have been sensibly analyzed from the architects team in order to propose an intervention aimed at respecting the tradition and enhancing the artefact, where the cultural/historical/architectural elements are approached with a really forwarding look and attention for the conservation.
In a so various and heterogeneous context , a BIM-oriented approach is an innovation issue: the ability to hierarchically and semantically classify the data – both the graphic and the alpha-numeric ones– that characterize the building is essential to set more aware interventions; in addition to this, there is the possibility to connect Facility Management activities linked to the parametric model. The research asprires to set up a 3D model made by semantic-aware objects, that are able to keep memory of a multitude of information, allowing the possibility to foresee future implementations.

Introduzione

Il progetto della *Escuela Técnica Superior de Arquitectura* nasce da una esperienza svolta a Granada, in occasione della tesi magistrale, per la quale si è attivata una collaborazione tra il Politecnico di Torino e la scuola spagnola, più precisamente, con il dipartimento di rilievo e rappresentazione, allo scopo di indagare il tema del Building Information Modeling nell'ambito del patrimonio architettonico, campo di applicazione e di ricerca di questo lavoro.
Durante i mesi trascorsi nella città andalusa, il caso studio scelto è la sede della ETSA di Granada (Scuola di Architettura, appunto), recentemente oggetto di un intervento di riqualificazione e ri-funzionalizzazione da parte dell'architetto Victor Lopez Cotelo, attualmente Professore della TU di Monaco; conclusosi nel 2015 e iniziato in occasione di un concorso internazionale bandito dalla Università di Granada (UGR) con la *Escuela Técnica Superior*, aveva come oggetto la riconversione dell'antico edificio - risultato di numerose trasformazioni e annessioni nel tempo - nella nuova sede della Facoltà di Architettura.
Grazie a questo progetto, V. L. Cotelo è stato premiato, vincendo il "*Premio de Arquitectura Espanola*"[1] del 2015, e la "*Medalla de Oro de la Arquitectura*"[2] nel 2016.
La collaborazione con il Professore Antonio Gómez-Blanco Pontes, docente del dipartimento di *Exprecion Grafica*, ed Esteban Rivas, BIM-specialist, lavorando nel *Survey Modeling Lab*, laboratorio che si occupa della valorizzazione, rilievo e conservazione del Partimonio Architettonico è stata un'occasione di confronto accademico tra il Politecnico e l'università spagnola; il laboratorio si è occupato di progetti come la modellazione dell'Alhambra e ha partecipato all'organizzazione di Re-Uso, evento che ha come tema centrale il recupero delle architetture esistenti (nell'accezione più generica), e che ogni anno si alterna tra Italia e Spagna; l'edizione del 2017 ha preso luogo proprio a Granada, quella del 2018 è in programma a Messina.
Il materiale a supporto della ricostruzione storica e architettonica del manufatto storico spa-

1 Premio Nazionale di Architettura della Spagna, assegnato annualmente dal governo spagnolo.

2 Uno dei premi più importanti concessi dal Consiglio Superiore dei Collegi di Architetti della Spagna. (CSCAE).

zia da fonti bibliografiche specifiche, ai disegni originali di progetto e ai documenti che hanno accompagnato le fasi embrionali del concorso, fino ad arrivare agli elaborati in scala 1:50. L'attenzione chirurgica del team che si è occupato della valorizzazione dell'edificio, nel massimo rispetto per la sua conservazione, ne ha documentato perfettamente e minuziosamente ogni aspetto, arrivando alla produzione di tavole in cui sono mostrati tutti gli studi che hanno preceduto la progettazione, e grazie ai quali è stato possibile attuare un restauro conservativo nel pieno rispetto del costruito e della tradizione.

Tutto questo materiale sarà integrato nel modello parametrico, ordinandolo e scremandolo dalle diverse fonti, nel modo più coerente e razionale possibile, premesse importanti per tracciare un processo adattabile e compatibile.

Sono stati effettuati dal *SMLab* dei rilievi con drone e laser scanner, e la quantità di documentazione in formato CAD, ha permesso un lavoro affidabile nel passaggio dal vettoraile al BIM. Per garantire risulati attendibili e una limitazione dell'errore prima della modellazione sono stati effettuati dei rilievi con metodologie dirette.

L'approccio della modellazione parametrica al patrimonio costruito deve passare attraverso la costruzione di un *modus operandi*, che può essere scomposto in più elementi: quello della **ricerca storica** e delle **informazioni**, da interconnettere, poi, e restituire in forma di modello, attraverso elementi **grafici** ed elementi **alfa-numerici**.

L'obiettivo finale è fornire una metodologia e un processo che da questo caso studio, sarà possibile applicare a casi simili, indagando i diversi ambiti che riguardano la costruzione di un modello BIM, grafica e alfa-numerica, che possa supportare e raccontare gli interventi e la storia dell'edificio, attraverso oggetti intelligenti, capaci di essere interconnessi e di tenere traccia di molteplici informazioni, raggruppate e facilmente consultabili.

La metodologia BIM applicata al patrimonio architettonico è un campo in continua evoluzione, e ancora oggi aperto alla ricerca, in cui i risultati dimostrano e aprono a un futuro sempre più solido degli strumenti informativi rispetto a questo tema che in Paesi come l'Italia o la Spagna, è di grande rilievo.

Un modello "***BIM-oriented***" è quindi di importanza cruciale per coordinare una eterogeneità e varietà di informazioni, e ne diventa un supporto indispensabile per una gestione corretta di tutto il compendio, che è la base per l'attivazione di protocolli di intervento più attenti e con-

sapevoli, unito alla possibilità di relazionarvi attività di *Facility Management*.

Il modello 3D, sviluppato con metodologia Building Information Modeling, resterà quindi un modello, non solo in continua evoluzione e con la possibilità di aggiungere informazioni - un modello aggiornato, per intenderci; sarà un modello pienamente implementabile in base alle esigenze, organizzato in base a precise connessioni tra gli elementi che rappresentano delle entità reali e a cui sono legati **Parametri** che ne definiscono le caratteristiche geometriche, funzionali, spaziali, temporali, estimative, tecniche.

Scopo ulteriore è garantire la possibilità di visualizzare facilmente queste caratteristiche con tecnologie "cloud-based" operabili anche in remoto, realizzata attraverso la creazione di data-base ad-hoc del progetto, collegati al modello e aggiornati in maniera bi-direzionale in tempo reale. Si evita, così, una ridondanza di informazioni e una continua dispersione attraverso le diverse e molteplici fonti, agevolando tutto l'*iter* per una più efficace e coerente gestione del patrimonio storico.

2. ETSAg: evoluzione storica dal millecinquecento ad oggi

2.1 . Panoramica: evoluzione storica ed urbana

Perché l'edificio oggi lo troviamo così, nella sua conformazione urbana, nel suo assetto e nella sua forma derivata dai cambiamenti nel tempo, poteva succedere solo lì, in quel preciso posto, per le condizioni sociali e culturali che si sono susseguite e che hanno conformato questo fantastico complesso intriso di storia di secoli. La sua originalità, dovuta al suo trascorso racconta il susseguirsi di una moltitudine di eventi in cui l'edificio è stato protagonista di cambiamenti, di destinazioni d'uso diverse e di persone che lo hanno abitato e che lo hanno cambiato nello stile e adattato alla loro contemporaneità.

La Granada del 1500 era molto diversa da come si presenta oggi, seppur conservando alcuni tratti principali arrivati fino a noi, come ad esempio *Plaza Campo del Principe* (Piazza Campo del Principe) che è l'isolato urbano dove è situato il caso studio.

La maggior parte delle fonti arabe stabilisce la creazione della città nell' XI secolo, sopra la collina dell'*Albayzin*. Sono proprio le colline ad abbracciare la città con i suoi tre fiumi che scorrono attraverso la trama urbana: il *Genil*, il *Darro* e il *Beiro*. Il territorio della città, capoluogo dell'omonima regione, è conformato proprio attraverso questi vincoli naturali, che la caratterizzano e le conferiscono l'aspetto topografico. Una delle colline principali è la *Sabika*, dove sorge l'*Alhambra*, tra i monumenti più importanti dell'Andalusia, e di conseguenza di tutta la Spagna. È importante capire la posizione reciproca delle colline e dei fiumi per comprendere dove si andarono a sviluppare i primi insediamenti, naturalmente nati dalle necessità di sicurezza e di prossimità ai fiumi che garantivano un'agricoltura prospera.

Il primo insediamento sorge vicino al fiume *Darro* e finirà per diventare la cerniera della città poiché situato precisamente al centro delle due colline: *Sabika* a sinistra e *San Cristobal* a destra. La prima, rivolge un lato verso il fiume sopra citato e dall'altro, con una successione di terreni degradanti, arriva fino al *rio Genil*. In prossimità di questo fiume, tra il corso d'acqua e la collina del *Mauror*, che si distacca da un lato dalla *Sabika*, viene riconosciuto un altro terreno potenzialmente prospero per l'agricoltura; sarà subito occupato.

Nel XVI secolo è proprio in prossimità di questi terreni che nascerà ***Plaza Campo del Principe***, sui resti della città musulmana, in stile pienamente castigliano, in una trama urbana ancora

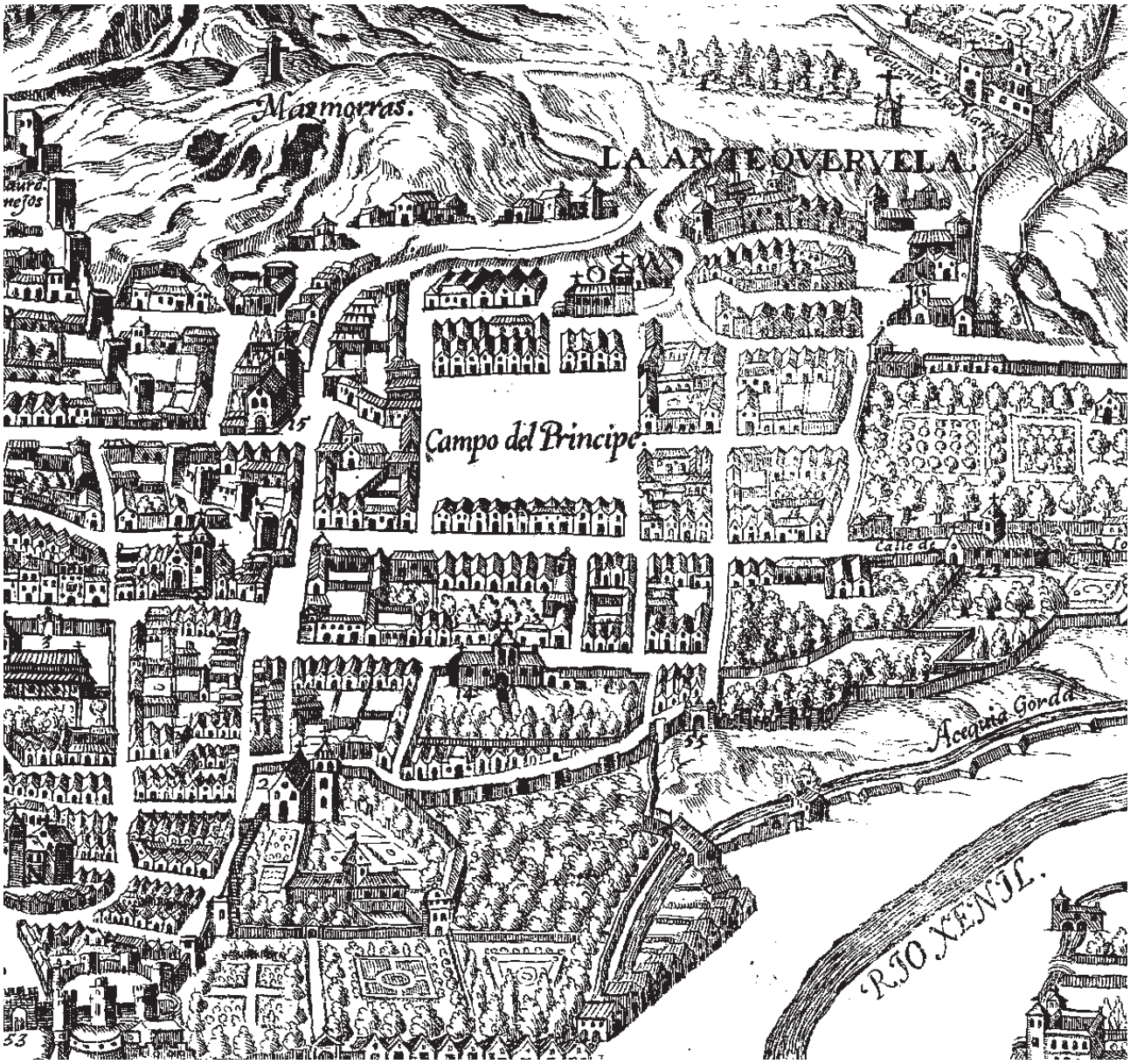


Fig 1. Cartografia storica del quartiere del *Realejo*, Ambrosio De Vico; '500 - '600. *Biblioteca Nacional de España; http://www.adurcal.com.*

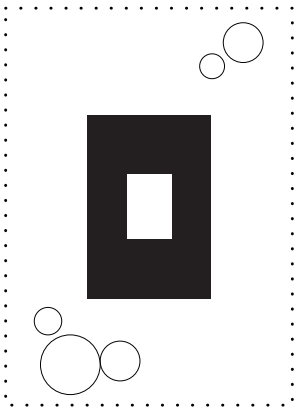
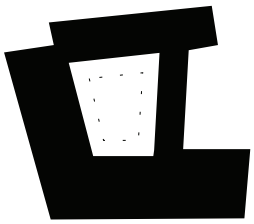


Fig 2. Casa tipicamente *mudejar* (musulmana) con patio e giardino.



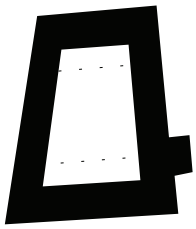


Fig 3. Casa-Patio media **SOPRA** Casa-Palazzo tipicamente cristiana con patio in cui è presente una gelleria su tutti i lati e che si trova solitamente spostata rispetto all'ingresso **SOTTO** Molto simile alla prima, è più tipicamente araba e ha la galleria solo su uno o due lati; il patio serve anche come elemento di protezione dell'interno della casa.

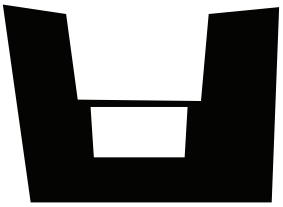


Fig 4. Casa -Patio grande, che si differenza da quella media solamente per il Patio che occupa meno spazio, lasciando più o meno il 90% dell'edificio al costruito.

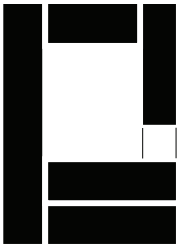


Fig 5. Casa multifamiliare caratterizzata da più case che si riuniscono intorno ad un Patio grande centrale dove solitamente si svolgono le attività comuni.

Importanza del Patio nell'architettura andalusa. Tipologie edilizie granadine del XVI secolo. Come si può notare l'elemento comune è il patio, presente quasi in tutte le case; diventa un elemento fondamentale che deriva dalla Granada musulmana e che si declina in modo diverso in quelle che saranno le case dei *moriscos* (musulmani convertiti alla religione cattolica) e le case dei cristiani.

fortemente influenzata dall'architettura e dall'urbanistica musulmana tradizionale. È la piazza più importante ai bordi della città, situata ai piedi dell'*Alhambra*, e che sembra donare un senso di equilibrio tra la trama complessa di Granada vista dall'alto , e i paesaggi sconfinati che danno verso la *Sierra Nevada*.

La città musulmana, risalente al periodo di colonizzazione in cui questa regione della Spagna, appunto, l'Andalusia - costituiva il regno di *al-Andalus* (Spagna islamica) - in alcuni periodi ebbe un'importanza centrale, dovuta soprattutto alla sua posizione che le permetteva di essere un punto di riferimento per i commerci con l'Estremo Oriente.

I *Nasridi*, la cui dinastia fu regente dal 1238, diedero alla città venti sultani, e resero la loro capitale, uno dei centri più proliferi sotto il profilo economico, culturale e sociale.

È a questa dinastia, e precisamente al primo sultano *Muḥammad ibn Naṣr*, che liberò la città dall'oppressione *alroravide* e *almohave*, che si deve l'edificazione del primo nucleo del palazzo che poi formerà l'Alhambra, monumento che oggi rappresenta sicuramente il capolavoro simbolo dell'arte andalusa.

Il 1492 segna la fine del Sultanato di Granada, quando Isabella di Castiglia e Ferdinando d'Aragona costrinsero alla resa l'ultimo sultano.

È importante sottolineare una cosa: la dicotomia **terreno-città** che come dicevamo prima è la conseguenza di determinati tipi di insediamenti per i quali la città assume una certa forma in base alle occupazioni di determinate zone e alle tipologie di case che rispecchiano diversi modi di vivere e la società nella quale hanno preso forma e si sono declinate; questo aspetto è importante anche per capire l'evoluzione dell'edificio in cui oggi sorge la Scuola di Architettura. La zona è quella del ***Realejo***, quartiere situato all'estremo ovest della piccola città, e che nel periodo musulmano ospitava una delle otto necropoli[3]; di queste oggi si ritrovano alcuni resti che, in alcune circostanze, sono serviti come base per l'edificazione di altri edifici.

Nel periodo in cui Granada fu conquistata dai "cattolicissimi" sopraggiunge la necessità di cambiare la conformazione della città in base al nuovo modo di viverla, alla nuova società e i suoi costumi.

Dopo un primo momento di piena tolleranza e integrazione sopraggiunge la necessità di con-

3 Solitamente le necrepoli erano sotterranee.

trapporsi alle nascenti tensioni tra il popolo cristiano e quello musulmano e che porterà a ricostruire il sistema difensivo della città.

Da un parte, esiste la volontà di convertire gli spazi urbani, in epoca castigliana molto sentiti come luoghi di relazione: infatti si comincia a dare grande importanza agli spazi aperti. In base a questo nuovo modo di intendere i luoghi collettivi viene proclamata un'ordinanza nel 1500, con il fine di regolamentare tutti i nuovi tipi di costruzione che rispecchino l'ideale urbano castigliano.

Viene regolato l'assetto del tessuto urbano con nuove tipologie di case che regolarizzano e lasciano spazio verso le strade e che servirà a formare i grandi luoghi pubblici.

Dall'altro, la necropoli *al-Fajjarin* che corrisponde oggi alla zona di Campo del Principe, è un esempio della conversione di questi spazi a luoghi aperti per la celebrazione e gli spettacoli.

Lo stile urbanistico musulmano, prevedeva un profondo contatto con la natura, e in questa trama della città rende di difficile lettura la connessione del costruito con gli ampi orti.

È proprio in questo caso che si mantiene un utilizzo del terreno non tanto diverso da quello precedente, tanto è vero che l'espansione della città verso Sud, insieme con la consolidazione delle infrastrutture idrauliche, rende interessante il confronto tra le stratificazioni del tempo.

La zona di Campo del Principe rappresentava un luogo più rurale, dove la natura e i grandi orti si contrappongono al centro urbano della città, ma contemporaneamente riescono ad essere in armonia con essa. Da qui il nome del quartiere *Realejo*, che di fatto deriva da *huertas reales*, ovvero orti reali.

Tuttavia, dopo la demolizione degli elementi pre-colonizzazione, seppure in una prima fase i giardini arabi furono riconosciuti, attraverso anche il riutilizzo di questi da parte dei cristiani, molte parti di questa zona del quartiere cambiarono considerevolmente.

Avvicinandosi al 1500, la necessità di costruire spazi ordinati e regolati geometricamente portò alla creazione delle prime norme edificatorie che delineavano i principi estetici del momento, cercando di iniziare un urgente proccesso di attuazione dei cambiamenti.

Cominciarono i lavori urbani di sistemazione, e, attraverso la donazione dei terreni, si decise che le opere dovessero essere costruite il più velocemente possibile, e che in caso contrario, se fosse passato un tempo prestabilito, il terreno sarebbe stato donato ad un'altra persona.

Dei Palazzi costruiti proprio in questi anni attorno alla nuova Piazza più grande della città,

rimane solamente quello appartenente a Stefano Centurione, che va a formare una parte del complesso della ETSA, e che è l'inizio del racconto della storia secolare dell'edificio.

2.2.1 . Evoluzione del complesso

La storia dell'edificio attuale, come accennato, ripercorre cinque secoli in cui si sono susseguiti diversi eventi e diversi protagonisti, con cambi di destinazioni d'uso, fino ad arrivare alla configurazione attuale che interessa tutto l'isolato, nato appunto dal primo edificio, che era la casa di **Stefano Centurione** nel 1518.

Successivamente la casa, per una serie di eventi che lo vedono coinvolto, viene acquistata dalla **Famiglia Mendoza**, la quale nella metà del XVI secolo costruisce il suo Palazzo utilizzando l'edificio precedente, che va a formare uno dei lati della nuova edificazione.

Durante il Regno dei Borboni si attua in Spagna una serie di riforme volte ad innovare il sistema della città, nelle sue infrastrutture e nella sua concezione, con metodi più ingegneristici. Granada, che presentava delle carenze sotto questi punti di vista, è un territorio fertile dove poter attuare questi cambiamenti, per ricostruire il disegno della città con nuove strade che favoriscano la comunicazione e il trasporto, e di ordine pubblico con l'istituzione della Polizia Urbana. Vengono prodotti numerosi tipi di carte che rappresentano la città.

Inoltre, vengono emanate alcune riforme sociali che riguardano la riedificazione e la modernizzazione delle strutture ospedaliere, con il fine di migliorare le condizioni igienico-sanitarie della città. In quelle zone, quindi, dove erano collocati gli ospedali, e che non risultavano essere adatte ad ospitare il tipo di strutture per motivi come la presenza di umidità, queste ultime furono traslate in zone più consone. È il caso dell'ospedale di ***Santa Ana***, che nel 1777 è oggetto di un cambio di sede da *Plaza Nueva* a Campo del Principe dove Il Palazzo dei Mendoza viene riutilizzato per essere adattato alla nuova destinazione d'uso attraverso il progetto di una nuova ala.

L'utilizzo come ospedale durerà fino al 1849, quando viene convertito in ***Escuela gratuita de San Cecilio*** (Scuola pia della parrocchia di San Cecilio) e poi *a* ***Escuela Normal de Maestros*** (Scuola Normale di Maestri), mantenendo perlopiù inalterata la conformazione dell'edificio.

Per quanto riguarda *Plaza Campo del Principe,* fino a questo momento rimane inalterata la sua funzione di spazio adatto a eventi di vario tipo, senza particolari interventi fino al 1682, quan-

do nel vuoto della Piazza, viene portata la statua del *Cristo de los Favores*; questa viene posta approssimativamente al centro della Piazza, rivolta verso il lato nord, e contemporaneamente vengono ricavati degli assi per nuove strade che rendano lo spazio più permeabile. Per diversi anni la Piazza non è oggetto di nessuna trasformazione, tanto da non rientrare più nelle priorità urbanistiche della città e bisognerà aspettare la seconda metà del XIX secolo prima che venga emanato un editto, precisamente del 5 Settembre 1873, che prevedeva la pronta creazione di marciapiedi e la sistemazione della strade, a seguito dello sfoltimento della vegetazione e degli alberi presenti. La Piazza, quindi, viene risistemata, gli alberi ripiantati. Non è molto ciò che arrivato a noi delle case che si trovavano in quella Piazza, a parte il Palazzo in questione, e un'edificio più antico, situato nella parte occidentale della Piazza, e costruito con mattoni a vista.

Dal 1865 al 1994 l'edificio appartiene al Ministero della Difesa che lo converte a **Ospedale Militare**, dettato dalla necessità di trovare un posto migliore dell'Ospedale civile di San Giovanni (*Hospital de San Juan*) che riversava in cattivo stato. È in questo periodo che l'edificio subisce molte trasformazioni, se ne contano più di trenta, e assume una conformazione simile a quella attuale. Innanzitutto viene regolarizzata la facciata su Campo del Principe, vengono elaborati diversi progetti di ampliamento di cui il primo è il prolungamento del corpo di fabbrica verso Sud al quale corrispondeva un edificio specchiato verso l'orto. Con il passare del tempo vengono costruiti i restanti padiglioni che delineano l'assetto attuale dell'isolato, oltre all'adattamento dei corpi precedenti alla nuova destinazione d'uso, tra cui gli interventi maggiori risultano essere i solai intermedi tra le due piante principali.

Successivamente l'edificio viene acquisito dall'Università di Granada, che attraverso la ***Escuela Técnica Superior de Arquitectura***, nel 1998 bandisce un concorso di idee per ri-funzionalizzare il complesso e destinarlo alla nuova facoltà di Architettura; vinto dall'architetto Victor Lopez Cotelo, il progetto si concluderà nel 2015, anno di inaugurazione della nuova sede; questa rimase comunque in funzione negli anni del cantiere, e diede la possibilità a docenti e studenti di essere occasione quotidiana di studio e grande opportunità per i ragazzi di apprendere nozioni pratiche parallelamente a quelle teoriche.

2.2.2 . La casa di Stefano Centurione

La famiglia Centurione era una delle più ricche di Genova[4] e nel 1500 fu protagonista nei commerci con la Spagna, specialmente in Andalusia, dove il ramo principale costituito da Luciano Centurione, padre di tre figli tra cui Stefano, era molto conosciuto, al punto che Cristoforo Colombo viaggiava per il Portogallo come responsabile della Casa commerciale Centurione, impegnata nel commercio dello zucchero.

Stefano Centurione voleva costruire la sua casa in Campo del Principe, e fu istituito un consiglio comunale a seguito della richiesta del genovese per portare l'acqua nella Piazza.

Non si sa se effettivamente il famoso mercate vedrà mai realizzata la casa, poiché per cause incerte fu incarcerato e morì nel 1540.

L'edificio obbedisce all'ordinanza del 1513 che dettava i principi per le costruzioni in Campo del Principe.

Era costituita da due patii, con il lato minore rivolto verso la Piazza. Uno dei due patii era quello principale, l'altro di servizio e in questo era situata una cisterna con un pozzo di grandi dimensioni, che garantiva un afflusso di acqua abbondante, giustificato dal grande orto esistente. La presenza di due patii è una scelta di grande interesse, non appartenendo a una tipologia solita quella di un patio più vissuto e di uno prettamente di servizio.

La maggior parte della casa è costruita con mattoni, secondo quanto imposto anche dall'ordinanza sopra citata.

Durante gli scavi archeologici effettuati nel 2002 e diretti da Antonio Malpica, si è potuto giungere a diverse conclusioni rispetto alle necropoli dei periodi precedenti e alla configurazione della casa. Le necropoli, erano spazi solitamente situati alle estremità delle città, poco fuori le mura e collegate ai cammini che portavano alle porte principali. Quello corrispondente alla zona di Campo del Principe, *El cementerio maqbarat bab al-Fajjarin*, oggetto della prima fase di scavi nell'anno 2000, è datato probabilmente tra l'età *almohade* e la prima età *nazari*, come fanno pensare i tipi di ceramiche ritrovate. Insieme ai resti della necropoli viene scoperto un muro e un pavimento di calce grossa che delimitano una stanza chiusa a Ovest da un ulteriore muro parallelo. Proprio questo muro servirà poi come base al muro perimetrale della casa ca-

4 ACALE SANCHEZ, F. *El Hospital Militar de Granada: de palacio renacentista a escuela de arquitectura*, Spagna, Caja San Fernando, 2003.

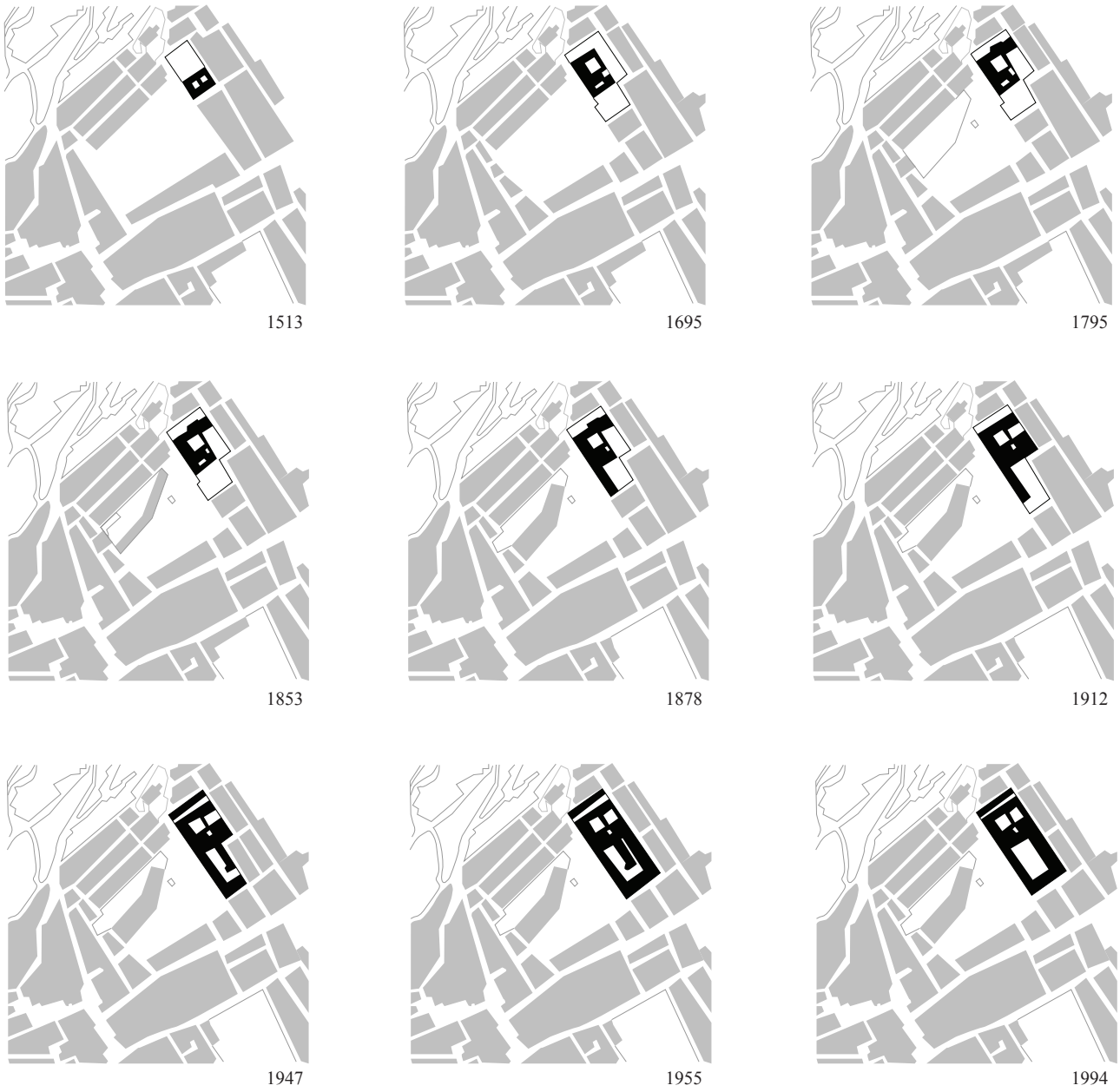


Fig 6. Evoluzione di *Plaza Campo del Principe* nel tempo.

stigliana di Stefano Centurione, la quale si trova esattamente sopra i livelli precedenti. Importante notare una piccola strada ciottolata che si presume fosse connessa direttamente all'ingresso e che portasse all'orto. In prossimità del muro sul retro, sono stati ritrovati resti di una struttura allineata alla facciata. Questo fa pensare a una costruzione incompiuta, deduzione dovuta anche alla mancanza di solai, che funzionasse da collegamento tra la casa e l'orto, probabilmente associato al fatto che da quel lato della casa lo spazio non era eccessivamente abbondante.

Il fatto che la casa fu acquistata poi dalla famiglia Mendoza, può far pensare che la opera incompiuta fu demolita per costruire l'orto; la casa invece fu annessa a quello che poi sarà il Palazzo in Campo del Principe.

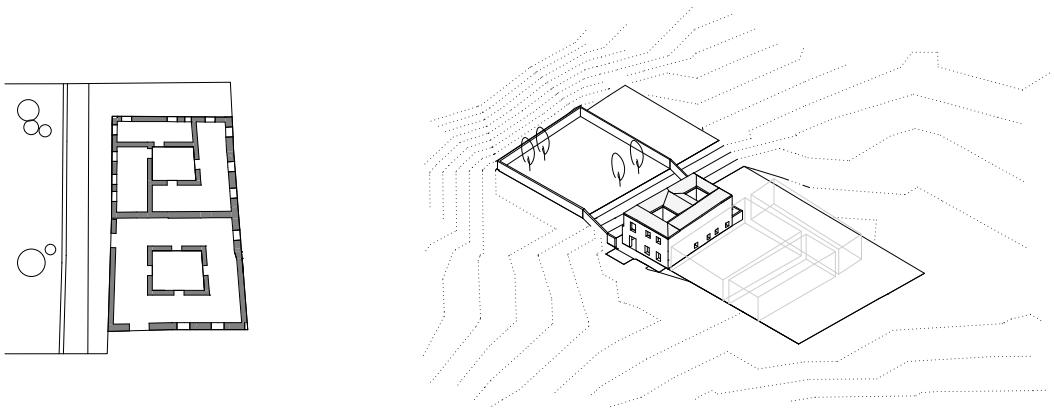


Fig 7. A **SINISTRA** Pianta della Casa di Stefano Centurione risalente al 1513 in cui è possibile notare la presenza dei due patii, a **DESTRA** Assonometria; da notare anche la presenza del *jardin* di grandi dimensioni che rimanda al rapporto con gli spazi aperti della cultura musulmana.

2.2.3 . Il Palazzo della Famiglia Mendoza

È opportuno fare una premessa rispetto al nome con cui abitualmente è identificato l'edificio in questione. Nel corso del tempo c'è stata confusione tra due personaggi, uno appartenente alla famiglia Mendoza e uno appartenente a quella degli *Almirantes*. Infatti, conosciuto anche come *Palacio del Almirante Aragòn*, poiché la famiglia ne fu proprietaria dal 1695 al 1776[5], il

5 ACALE SANCHEZ, F. *El Hospital Militar de Granada: de palacio renacentista a escuela de arquitectura*, Spagna, Caja San Fernando, 2003.

Palazzo fu costruito dalla famiglia Mendoza più di un secolo prima e sono riconosciuti come abitanti della casa [4].

La storia della famiglia Mendoza, è la storia di una delle famiglie più importanti in Spagna, che ha ricoperto ruoli di grande rilevanza nella società; strettamente legata a *Los Reyes Catolicos*, hanno avuto contatti con l'Italia come ambasciatori del Re Fernando a Roma, ed è lì che hanno potuto apprezzare lo stile del Rinascimento, che a loro volta portarono in Spagna.

Fu *Juan Hurtado de Mendoza* a comprare la casa di Stefano Centurione per costruire un Palazzo che fu poi terminato dal figlio *Bernardino de Mendoza* e dalla moglie *Leonor Maria de la Vega*, dei quali è possibile apprezzare gli stemmi in diverse stanze della casa (*ANEXO 2, Restauracion*).

Come abbiamo già visto, questo periodo di transizione dovuto all'avvento dei cristiani, porta con sé una serie di trasformazioni e di adattamenti che corrisponde al nuovo modo di vivere. Nascono nuove tipologie abitative, e allo stile musulmano, che comunque persiste in alcuni casi, viene aggiunta una serie di elementi atti a trasformare l'esistente con criteri di abitazione dei nuovi abitanti [4].

In molti casi viene riutilizzata la struttura o i materiali delle fabbriche precedenti; vengono attuate delle demolizioni parziali o totali per ottenere delle case in stile castigliano, il quale introduce due nuovi tipi di abitazione:

-**La *casa-palacio***, generalmente di proprietà delle famiglie nobili, si caratterizzava per l'importanza attribuita al patio, solitamente di grandi dimensioni, con peristilio e galleria perimetrale al livello superiore, utilizzati per la distribuzione della casa.

-***La casa-popular***, costituita a sua volta da due tipologie: la *corralas*, ovvero un insieme di case organizzate intorno ad un patio dove si svolgevano le attività comuni, e la casa a scala domestica, costituita da uno o più nuclei familiari e di dimensioni più modeste.

Il Palazzo dei Mendoza rientra nella prima categoria, e ingloba nella sua costruzione la casa di Stefano Centurione, ottenendo un interessantissimo risultato tipologico. La dimensione degli orti di pertinenza fa si che diventi una delle case più importanti del *Realejo*; si può definire come una re-interpretazione della tipica casa *granadina*, dalla quale eredita l'ingresso e la connessione visiva tra questo e il patio che è arrivato fino a noi, e che rappresenta uno degli elementi più interessanti di questa rivisitazione tipologica.

La casa precedente va a formare uno dei lati del nuovo Palazzo, costituito dal patio sopra citato in stile rinascimentale e al quale si accede attraverso un ingresso coperto da travi in legno, unico elemento di questa parte dell'edificio che sostituisce l'ingresso della casa di Stefano Centurione, con il fine di enfatizzare l'entrata al nuovo edificio. Il portale di ingresso è formato da un bugnato di pietre squadrate. Lo stesso motivo delle travi in legno che si ritrovano nelle zone principali, ricorre in altre zone importanti del Palazzo, ovvero quella che oggi è la Biblioteca, per tanto si suppone che fosse un motivo ricorrente anche nelle altre zone del palazzo non arrivate però ai giorni nostri a causa dei successivi interventi.

Il patio è costituito da colonne toscane di marmo bianco appoggiate su una base di Pietra di Sierra Elvira con capitello dello stesso materiale.

Nella pianta superiore, sopra l'ingresso, è posizionata la sala principale, coperta da un armatura in legno intrecciato sotto il quale ci sono fregi decorati con gli scudi della Famiglia.

Per edificare questa zona del Palazzo, fu necessario elevare il tetto dell'edificio che la copriva creandone uno nuovo a quattro falde. Fu ampliato il terreno con l'annessione degli isolati confinanti e l'orto diventò così di grandi dimensioni; era formato da tre zone che gradualmente diminuivano la loro quota: un orto alto, uno medio e uno basso, principio che riprende quello del giardino musulmano, la cui cultura prevedeva un contatto con la natura molto forte e i terreni digradanti assicuravano punti di vista più sicuri.

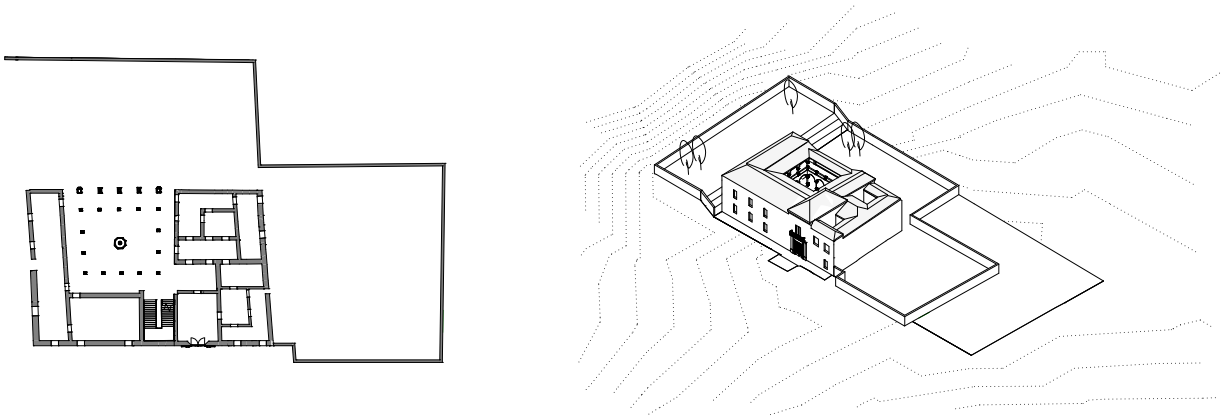


Fig 8. A **SINISTRA** Pianta del Palazzo dei Mendoza (metà del XVI secolo) caratterizzato dal nuovo patio in stile rinascimentale, a **DESTRA** Assonometria.

2.2.4 . *Hospital de Santa Ana*

Giunti alla metà del millesettecento una serie di riforme sociali e di modernizzazione fu attuata al fine di aumentare il potere dello Stato e far si che entrasse e si palesasse in tutti gli ambiti della società.

La sanità e le opere di beneficenza furono attività molto promosse dalla Chiesa, e infatti è in questo periodo che si cominciò a preoccuparsi delle condizioni di salubrità degli Ospedali.

A confermare quanto detto vi è l 'esempio dell'Ospedale di *Santa Ana* in *Plaza Nueva*, che passò dall'essere ubicato in un posto molto umido per la presenza del Darro, a *Plaza Campo del Principe*, dove sorgeva il Palazzo che precedentemente apparteneva ai Mendoza; ne conseguì una nuova struttura più confortevole e con un numero più elevato di posti per accogliere gli infermi, che va a riadattare l'edificio alla sua nuova destinazione d'uso.

Francisco Dalmau nel 1793, nella *Granada ilustrada* rimarca l'importanza di un intervento del genere - poco solito rispetto al filone del restauro della Spagna del tempo - nella quale era molto più frequente edificare da zero o riadattare gli edifici esistenti senza però modificarne la destinazione d'uso.

Invece, il progetto di adattamento del Palazzo dei Mendoza a uso ospedaliero dimostra da parte dell'architetto un forte rispetto per l'esistente seppur sacrificando una piccola parte dell'edificio al fine di albergare gli spazi per il nuovo utilizzo e per costruirvi una cappella.

Infatti è in questo periodo che al palazzo rinascimentale viene aggiunta una chiesa in corrispondenza della facciata principale e che oggi rimane perfettamente integra; è importante notare che la Chiesa viene costruita con mattoni a vista e si distacca completamente dal resto della facciata per la finitura materica, chiaro intento dell'autore di voler evidenziare la distanza temporale e la stratificazione del tempo.

Questa zona del Palazzo, precedentemente si suppone fosse costruita con lo stesso schema delle stanze che sono arrivate fino a noi, ovvero con soffitti in legno e fregi, anche se non è chiaro l'utilizzo che potesse avere.

Vi è un accesso esterno alla chiesa attraverso un portale costruito con pietra di *Sierra Elvira* scura, che costituirà elemento importante per la fruizione del complesso in quanto devierà il flusso di persone attraverso il Palazzo. Sopra l'arco del portale vi è lo scudo di *Bernardino di Mendoza*, il che fa pensare che la famiglia abbia sopperito ad alcune spese per la costruzione

della cappella. La cupola è protetta dal tetto esistente della casa.

Il patio viene completamente conservato e si costruisce un prolungamento perpendicolare a questo verso sud-est, mostrando la continuità e il rispetto dell'edificio. Si passa, per la nuova ala, dalle volte a crociera del XVI secolo a volte a sfera con nervature di gesso.

La nuova ala, denominata *Ala de convalecientes*, si integra alla composizione della casa-patio e va a occupare un terreno verso l'orto "alto". Viene regolarizzato il passo della colonne, che precedentemente poggiavano su una base, mentre le nuove poggeranno direttamente a terra, aumentando l'altezza del fusto da 1.80m a 2.40m. Sopra queste colonne, nella pianta inferiore, le volte sono decorate con nervature in gesso che dividono la superfice in otto figure decorate. Nella pianta superiore la geometria è la stessa ma cambia lo schema di decorazione; infatti, la superfice è divisa in dodici parti, quattro quadrati e otto triangoli al cui centro vi è posizionato una motivo floreale.

Le fonti del XVIII secolo individuano la fine dei lavori nel 1778, mentre quelle del XIX nel 1780, per arrivare poi al 1834, anno in cui scoppia l'epidemia del Colera, e che segna un periodo molto difficile per gli ospedali, che dovettero sopperire a numerose spese dato il copioso numero di contagiati, nonostante i piani della città prevedessero una forma che avrebbe dovuto ostacolarne la diffusione.

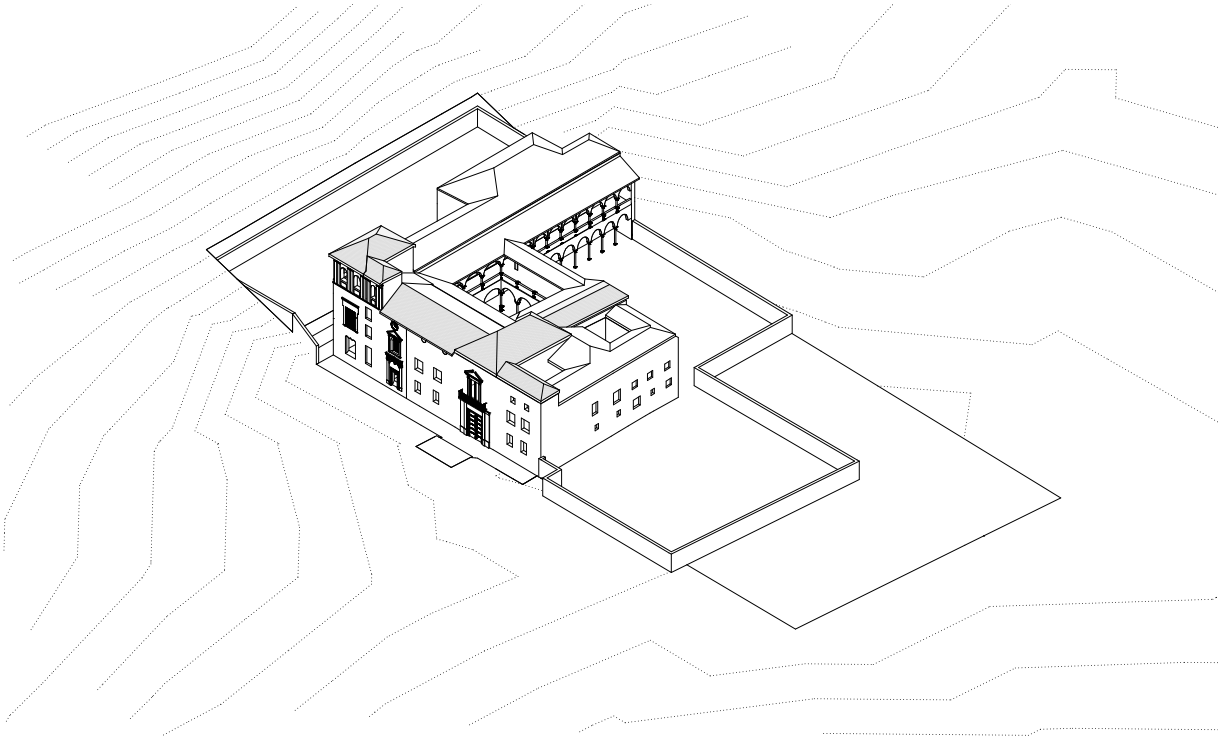


Fig 9. *Hospital de Santa Ana* in cui viene aggiunta un'ala con un sistema porticato con volte a vela (*Ala de convalecientes)*, anno 1788.

Nel 1835 l'Ospedale di Sant'Anna finì i fondi e non riuscì più a riottenerli dalle amministrazioni; chiuse nello stesso anno.

2.2.5 . Ospedale Militare di Granada

Durante un periodo di quasi quarant'anni in cui l'edificio fu utilizzato come scuola e rifugio ecclesiastico per i bisognosi, l'edificio non è interessato da sostanziali modifiche fin quando nel 1865 passa al Ministero della Difesa, che con lo scopo di farlo diventare nuova sede dell'**Ospedale Militare**, da inizio ad una numerosa serie di interventi che conformano buona parte dell'edificio come lo vediamo oggi.

Mantenne questa funzione fino al 1994 e nel corso del tempo si contano una trentina di interventi tra nuove edificazioni e modifiche nelle ali già presenti.

Già il 1878 segna la costruzione di una nuovo padiglione che prolunga la facciata principale e la regolarizza. Successivamente viene completato il corpo che precedentemente era stato modificato con l'aggiunta dell'*Ala de convalecientes*. All'inizio del 1900 appare il corpo centrale e il padiglione a Sud - che demarca il confine attuale dell'isolato verso *Calle Cuartelillo*. Viene chiuso il perimetro del patio in corrispondenza della pianta principale e già intorno al 1950 sono costruiti gli altri padiglioni che conformano l'intero isolato anche verso *Calle Nevot*. Viene anche costruito un padiglione centrale parallelo alla facciata principale e molto simile a questo, ma verrà già demolito nel 1994 quando l'edificio passa all'Università di Granada.

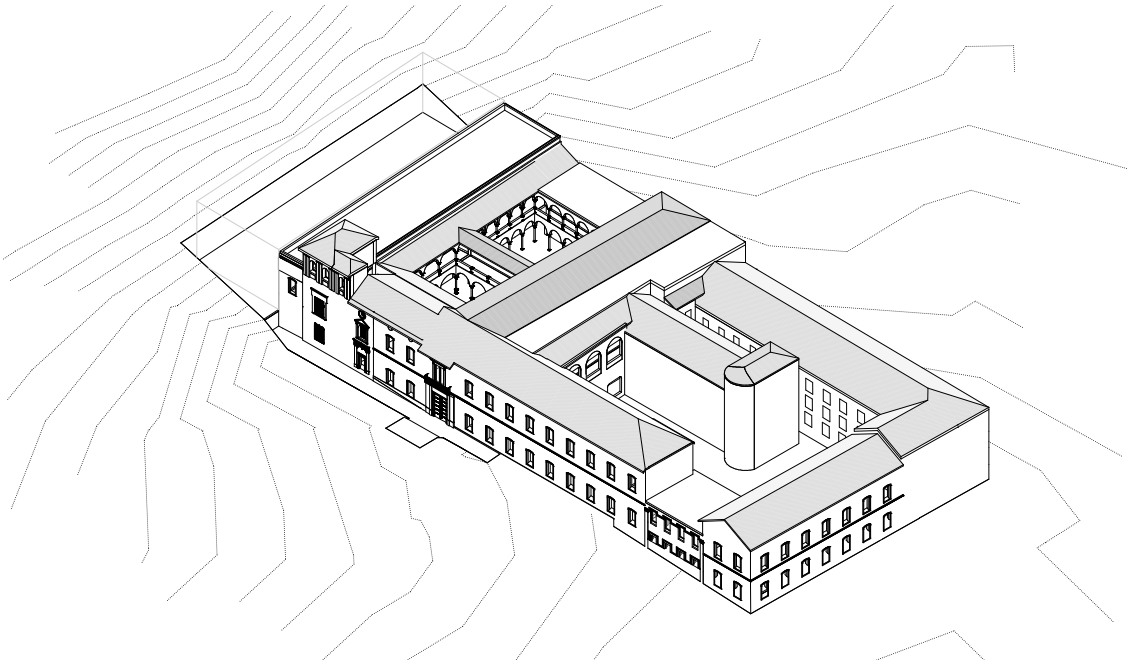


Fig 10. Ospedale Militare di Granada risalente al 1877 e che ha ampliato con diversi padiglioni l'edificio precedente.

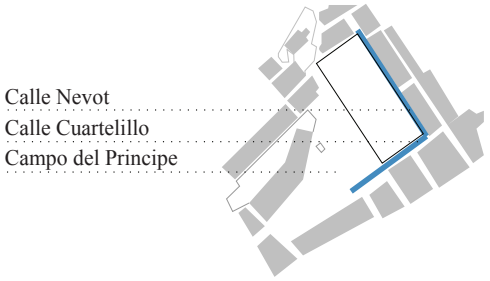


Fig 11. Inquadramento di *Plaza Campo del Principe.*

2.3 . ETS de Arquitectura di Granada: Il progetto di V. L. Cotelo

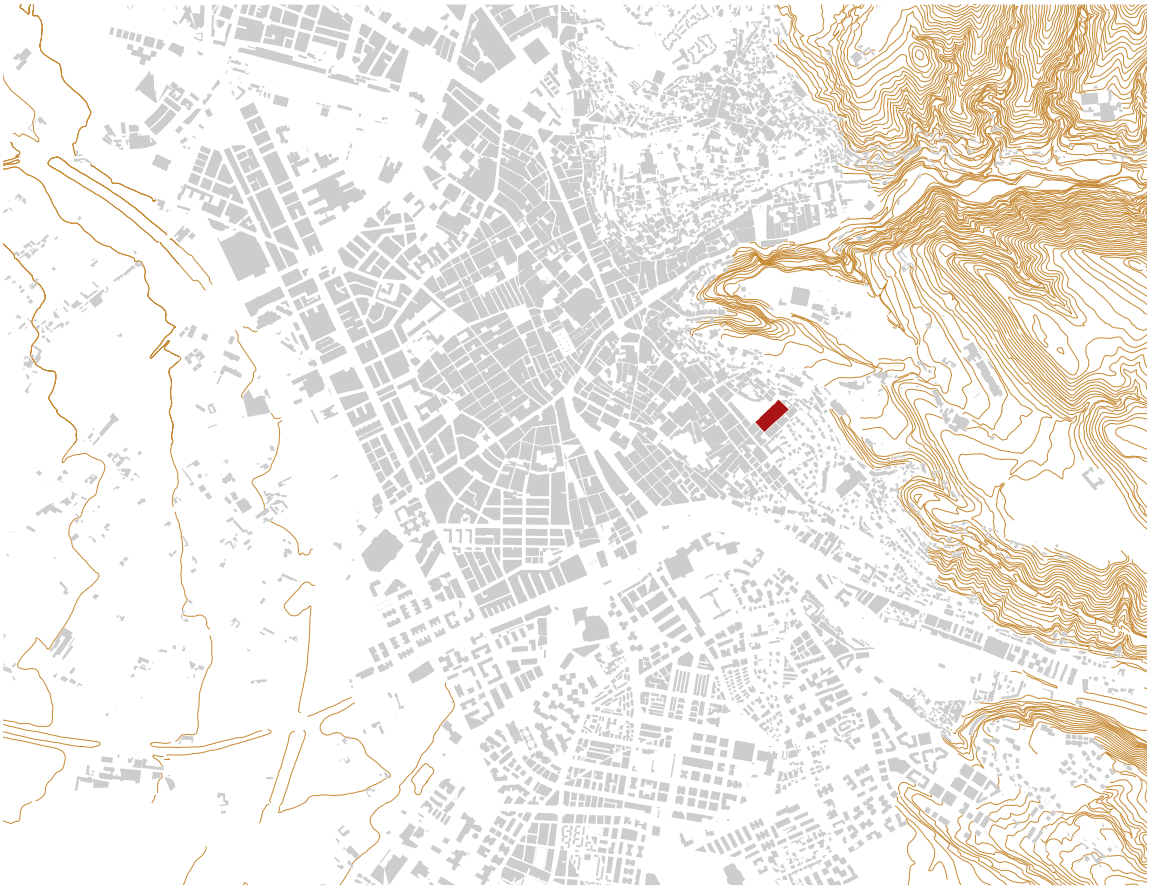
Nel 1997 l'Università di Granada insieme all'Escuela Técnica Superior de Arquitectura bandisce un concorso di idee per adeguare l'edificio ad uso universitario. Il concorso è diviso in due fasi [3] e nel 1998, dopo una prima selezione, risulta vincitore il progetto del gruppo di architetti diretto da Victor Lopez Cotelo.

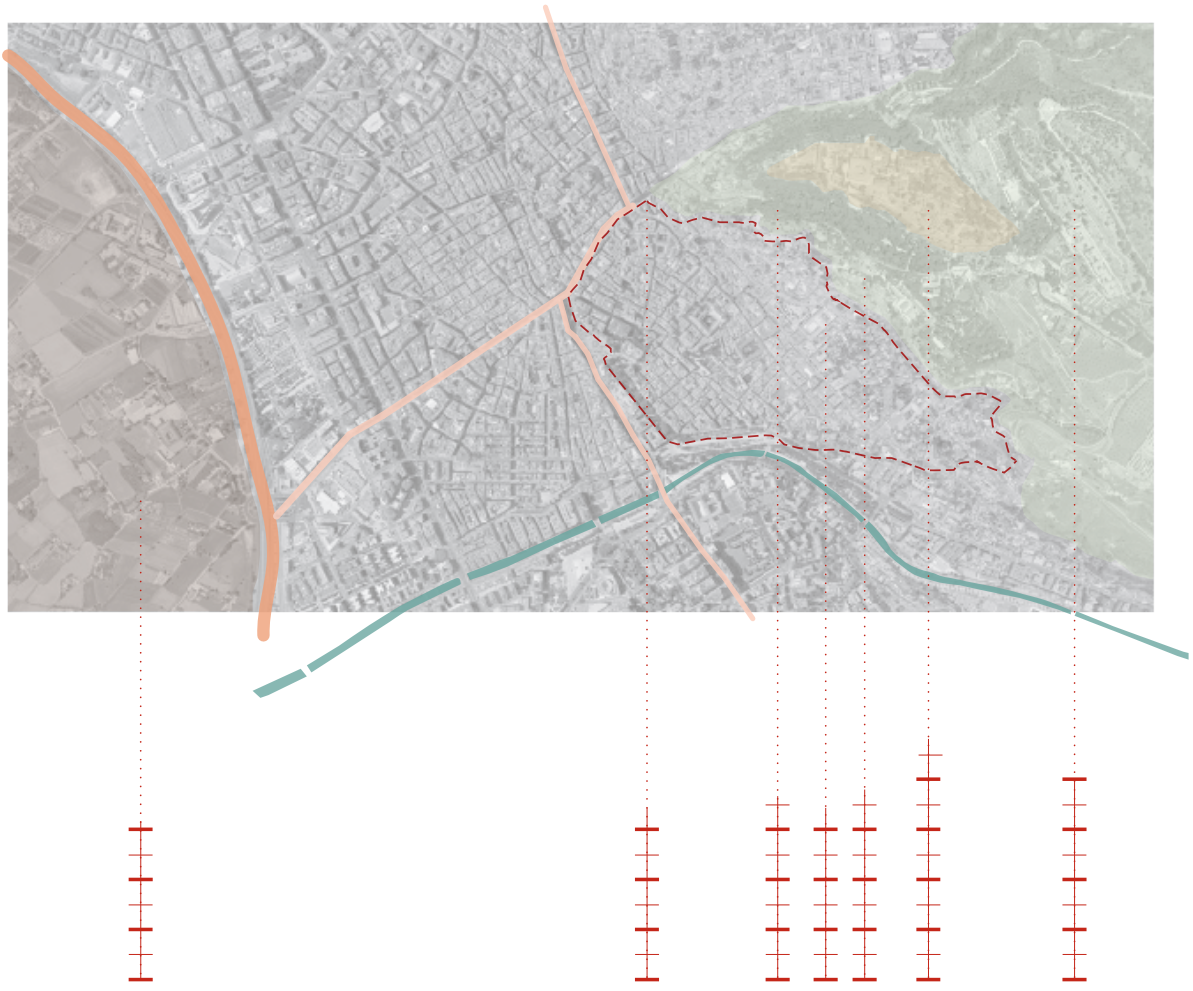
Il suo progetto prevede di riconoscere nell'edificio, che configura perfettamente l'isolato urbano tra i più importanti della piazza[6], quelle tracce e quegli elementi storici che ne definiscono l'identità, valorizzando i segni delle stratificazioni nel tempo, senza alterare nessun carattere e conservandone con grande rispetto l'integrità. L'idea è quella di restituire un ordine che faciliti la lettura del complesso, alterata soprattutto per le trasformazioni degli ultimi interventi che l'hanno visto modificato radicalmente in molte parti. L'intento è quello di dotare l'edificio di un sistema chiaro di circolazione verticale e orizzontale[7] per una fruizione adatta alla nuova destinazione d'uso. Questo si realizza attraverso la trasformazione del corpo centrale, verso *Calle Nevot*, che non costituisce elemento di valore storico [1]; tutta la composizione materica, gli elementi originali e gli spazi sono conservati con grande sensibilità: il fascino del tempo può essere ammirato attraverso la lettura di queste stratificazioni che lo hanno reso perfetto nelle sue trasformazioni.

Si tratta di un intervento pieno di consapevolezza del valore degli elementi storici e che non si propone di prevalere su questo, ma anzi, è un lascito consapevole che non sarà, probabilmente, l'ultimo intervento nella storia di questo edificio.

6 COTELO, V. L. *Rehabilitacion del antiguo hospital militar del campo del principe para escuela de arquitectura en Granada. Espana.* "En Blanco". 20(2016): 8-41.

7 COTELO, V.L. *Memoria del proyecto – Anexo 2 Restauracion*. (2002): 8-9.





> "La sua modesta facciata si incorpora bene al carattere domestico del quartiere che sembra lasciare la monumentalità alla cornice del *Mauror* e racchiude attraverso i suoi muri un suggestivo interno formato da due ampi patii contrastanti: uno rinascimentale e omogeneo con arcate e volte e l'altro eterogeneo e su due livelli, che lascia intravedere l'interno nella sua moderna e contemporanea visione della scuola. Patii alberati e con giardini corrispondenti alla tradizione andalusa sono un polmone microclimatico e ambientale che determina l'orientamento interno dell'edificio. Per questo le gallerie di circolazione si aprono verso i patii come orologi del tempo. La città penetra attraverso l'ingresso e la porta principale verso i patii, in uno incontra la espressione del passato, nell'altro il nostro tempo…"[8]

Il progetto propone di ristabilire l'edificio in uno stato di completezza che non può essere mai esistito in un dato tempo[9].

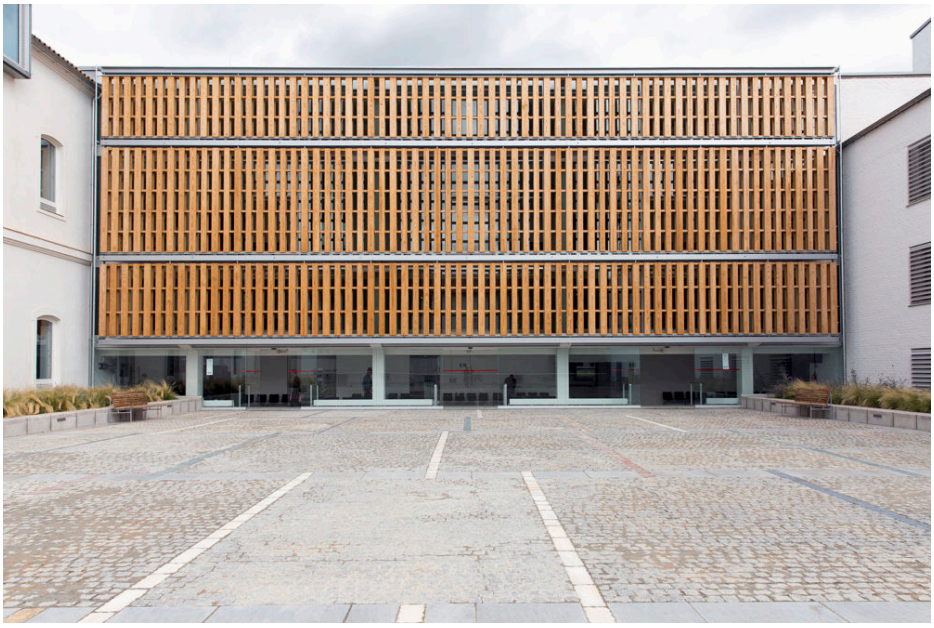
Il passato e il presente vengono perfettamente integrati attraverso la costruzione ragionata del corpo centrale che distribuisce e mette in comunicazione i due patii; inoltre viene costruita un'Aula Magna al livello del seminterrato in corrispondenza del nuovo patio.

Per tutti gli elementi di interesse storico, che corrispondono perlopiù al Palazzo del XVI secolo, il patio antico e gli edifici che lo delimitano verso nord, viene previsto un restauro di primo livello, quindi di massima conservazione. La maggior parte degli altri corpi che formano il complesso, corrispondenti ai padiglioni del '900, comunque di degna architettura, mantengono la loro integrità fisica all'esterno, andando a modificare ove necessario, gli spazi interni ed eliminando i solai aggiunti posteriormente tra il piano terra e la pianta principale, al fine di restituire l'aspetto originale della facciata.

Fig 12. **NELLA PAGINA PRECEDENTE** Inquadramento territoriale con altitudine sul livello del mare
Fig 13. **NELLA PAGINA SUCCESSIVA** Alcune immagini della ETSAG; *www.divisare.com.*

8 Parafrasi di ciò che ha scritto V. L. Cotelo a proposito del progetto e riportato su: ACALE SANCHEZ, F. *El Hospital Militar de Granada: de palacio renacentista a escuela de arquitectura*, Spagna, Caja San Fernando, 2003.

9 Definizione di restauro di Viollet-le-Duc sul *Dictionaire raisonné de l'architecture*.



3. Metodologia e approccio per lo studio dell'edificio

3.1 . Introduzione alla metodologia

Il lavoro svolto per la modellazione della *Escuela de Arquitectura* con metodologia **BIM**, ha il fine di restituire, con un determinato grado di accuratezza, un progetto che insieme tenga la parte **geometrica** e **alfa-numerica**. La conoscenza dell'edificio, attraverso tutta la complessità che lo contraddistingue dovuta all'insieme di eventi e al trascorso storico che un'architettura del patrimonio architettonico ha di per sé, è una base imprescindibile che parallelamente deve accompagnare il lavoro digitale. D'altronde lo scopo del BIM applicato ai beni di interesse storico è proprio quello di racchiudere in sé molteplici informazioni inerenti l'edificio.
Durante il periodo trascorso all'esterno mi sono interfacciato e ho collaborato con il laboratorio SMLab dell'università di Granada che si occupa di ricerca, indagine e applicazione di queste tematiche, e, come si evince dal nome *Survey Modeling Lab*, di rilevare e "modellare" gli edifici di interesse storico.
A questo fanno riferimento i Laboratori di Disegno e Rilievo della Scuola di Architettura di Granada, oltre che quelli riguardanti la valorizzazione del Patrimonio. *Antonio Gómez-Blanco Pontes*, professore del Laboratorio di *Expresión Gráfica Arquitectónica 2*, ha collaborato alla realizzazione di questo progetto insieme al BIM-manager *Esteban José Rivas López*. Gli studi svolti precedentemente dal Laboratorio, come rilievi con drone e laser-scanner, sono stati elementi di supporto alla comprensione del complesso ed interessanti spunti da poter far confluire nella documentazione del modello BIM, nell'ottica di un modello implementabile, continuamente gestibile e aggiornabile; inoltre è possibile consultare su una piattaforma online alcune foto panoramiche eseguite durante le fasi di cantiere.
Rimane strumento indispensabile l'edificio stesso[4], fonte storica e memoria del trascorso del tempo.
Sono stati consultati riferimenti bibliografici e articoli, insieme ai documenti originali del progetto, conclusosi nel 2015, depositati nell'archivio della Biblioteca della ETSA di Granada, dove sono collocate anche le tavole di cui una parte fornita anche in digitale (.dwg).

Considerando l'eterogeneità delle fonti viene riportata la seguente classificazione:

- Fonti bibliografiche [10]
- Pubblicazioni su riviste[11]
- Documenti relativi alle fasi conclusive del concorso internazionale
- Documenti originali di progetto[12]

Le tipologie di documentazione possono essere di seguito classificate come:

- Documenti utili alla conoscenza storica
- Elaborati tecnici
- Documentazioni fotografiche

3.2 . Bibliografia e studio sulla storia dell'edificio

La bibliografia specifica è stata di grande supporto alla comprensione e all'analisi dell'edificio, e ha permesso di comprendere i tanti eventi e cambiamenti che lo hanno riguardato nel tempo, portando alla conoscenza di particolari riguardanti le vicende che hanno caratterizzato il complesso immerse nel quadro sociale e culturale che nel frattempo influenzava la città di Granada.

L'unico libro di bibliografica specifica sull'edificio in questione è stato realizzato subito prima dell'intervento di restauro, grazia al minuzioso lavoro di uno studente della *Escuela de Arquitectura*: *Fernando Acale Sanchez*.

Parallelamente, questi studi, si pongono al fianco del corrispettivo *Estudio historico arquitectonico del Hospital Militar de Granada, antiguo Palacio del Almirante Aragon* [4, pag. 18], che si ritrova negli studi di *Ante-proyecto*, immediatamente precedenti al Progetto esecutivo[13].

Nel suo lavoro di documentazione e ricerca ha saputo riunire tutte le informazioni provenienti dai diversi archivi, ricostruendo da fonti sparse e diversificate la storia del complesso, unita-

10 Da considerarsi perlopiù fonti dirette; questo progetto lungi dall'essere un mero studio sulla storia dell'edificio, ma ne raccoglie il lascito di chi ha fatto questo lavoro, in maniera molto minuziosa, precedentemente.

11 Il progetto è stato pubblicato in diversi periodici stampati e articoli online. Es. *En Blanco.*

12 Elaborati dal gruppo di architetti guidati da V.L. Cotelo.

13 Victor Lopez Cotelo, *Memoria del proyecto*; Anexo 1: Plan de Obra..

mente alla situazione sociale che determinava inevitabilmente cambiamenti urbanistici che hanno visto proprio il quartiere del *Realejo* protagonista di numerose trasformazioni.
Prima di questo riferimento bibliografico, specificamente all'edificio non vi erano fonti dirette, ma potevano essere ritrovare per grandi linee nei testi sulla storia *granadina* che contenessero riferimenti anche alla *Casa del Almirante de Aragòn*, poi denominato *Hospital Militar*.
È stato possibile ricostruire l'evoluzione del complesso attraverso le piante storiche e i disegni cartografici depositati nei diversi archivi.
Le foto più recenti denotano lo stato di abbandono dell'edificio prima di essere acquisito dall'Università.
L'intervento di riqualificazione, inoltre, è stato documentato in diverse pubblicazioni in cui sono disponibili note dell'autore sull'edificio e particolari tecnici, riscontrati anche nel materiale di progetto esaminato.
Lo stesso V. L. Cotelo è stato ospite in diverse conferenze in cui ha raccontato l'iter e gli studi preliminari e il modo in cui sono arrivati a pensare, attraverso la storia, a come valorizzare e conservare l'edificio[14].

3.3.1 . Fonti originali di Progetto: Classificazione delle fonti

I documenti del progetto originale sono depositati per la maggior parte nell'archivio delle Biblioteca della Facoltà di Architettura; la parte mancante relativa al Progetto della Struttura non è stata riscontrata.
Questo tipo di documenti è la fonte imprescindibile al modello BIM, contenendo tutte le informazioni utili oltre che una precisione tecnica sugli interventi.
Deve essere la *Conditio sine qua non* attraverso la quale si sviluppa e si implementa il modello BIM, che ha proprio il fine di gestire e organizzare il compendio delle informazioni, evitando la ridondanza e il passaggio infinito da una fonte a un'altra.
Pertanto, oltre ad essere stato un materiale di grande supporto, contiene informazioni sul progetto nella sua multi-disciplinarità, e potrà essere anche la base per future implementazioni o aggiornamenti del modello digitale della ETSAG.

14 Conferenza alla ETSA di Malaga, 30 Marzo 2016.

È utile suddividere il materiale in una prima classificazione riguardante la cronologia tematica del lavoro svolto da V.L. Cotelo e dal suo team. Di seguito i documenti ritenuti di rilevanza maggiore per questo progetto.

1) **Studi preliminari**
    a) Documenti di indagine
        -Carotaggi
        -Sonde
    b) Documenti descrittivi
        -Divisione dell'edificio in Unità
        -Allegati esplicativi
    c) Docuementi di restituzione
        -Piante tematiche
        -Disegni tecnici
        -Stratigrafie
2) **Memoria degli interventi**
    a) *Plan de Obra (MEMORIA_ANEXO 1)*
        -Descrizione puntuale degli interventi
        -Materiali
        -Elementi tecnici
    b) Restauro (*MEMORIA_ANEXO 2*)
        -Elementi da restaurare
        -Interventi
    c) Piante tematiche e rilievo
        -Materiali (*Albañilería*)
        -Gialli/Rossi Muri (*Conservar/Demoler*)
        -Gialli/Rossi Solai (*Conservar/Demoler*)
    d) Computo dei materiali

In totale gli Allegati del Progetto Esecutivo sono 18 (*Anexo*) e gli studi preliminari sono divisi

in tre volumi contenenti anche le tavole tematiche.
Si contano, oltre che i documenti di cui sopra, una numerosa serie di tavole di progetto, di cui ne è depositata la metà nell'archivio della Biblioteca; alcuni dei documenti, prevalentemente in formato .dwg sono stati forniti in digitale, il che ha costituito dall'inizio una ottima base per il passaggio dal vettoriale al BIM.

3) Elaborati tecnici
    a) Tavole di Progetto (tav. da 1 a 158)
    b) File .dwg

3.2.2 . Fonti originali di Progetto: Analisi delle fonti

Di particolare rilievo alla comprensione e allo studio dell'edificio sono stati i documenti relativi alle indagini effettuate, che hanno permesso di approfondire dettagliatamente tutto ciò che non era direttamente visibile.
Per quanto riguarda le strutture verticali sono disponibili piante in cui vi sono localizzate: indagini con metodologie dirette, prelievi di campioni e mappe di umidità.
La nomenclatura utilizzata nei saggi prevede un codice in cui è identificata l'unità di riferimento, l'ambiente e un numero progressivo.

Es. U1 F01 C01 (Unità 1, Facciata 1, n° 1)

È importante tenere in considerazione la divisione in unità dell'edificio perché sarà univoca in tutti i documenti (anche nell'allegato di restauro ad esempio) ed è lo stessa che sarà utilizzata nel modello BIM.
La struttura dei muri è facilmente comprensibile attraverso queste fonti che descrivono nel dettaglio e restituiscono con i disegni delle stratigrafie ciò che è stato analizzato.
Per quanto riguarda i solai e le coperture è stato effettuato lo stesso tipo di analisi ed è stata prodotta una tavola che ne differenzia le diverse tipologie suddividendole in base alla metodologia costruttiva: cemento, acciaio, legno – per quanto riguarda i solai – e con particolari tecnici delle coperture e il loro sistema costruttivo.

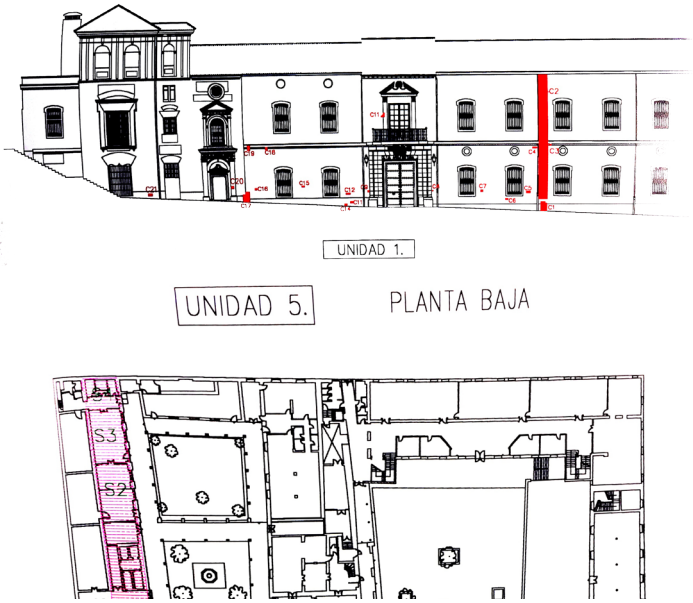


Fig 14. Esempi dei documenti di progetto in cui è presente la divisione in unità dell'edificio.

Sono presenti degli elaborati con delle piante e delle sezioni quotate dei componenti dei solai e i dettagli di quanto è stato rilevato; lo stesso *iter* è seguito ovviamente per le coperture. Molto utili per l'analisi dell'intervento vero e proprio e per farsi un'idea dell'entità del progetto sono le tavole che vanno dal *Plano 4. A.0. 1* al *Plano 4. A. 0. 6* che rappresentano ciò che è stato conservato e ciò che è stato demolito[15].

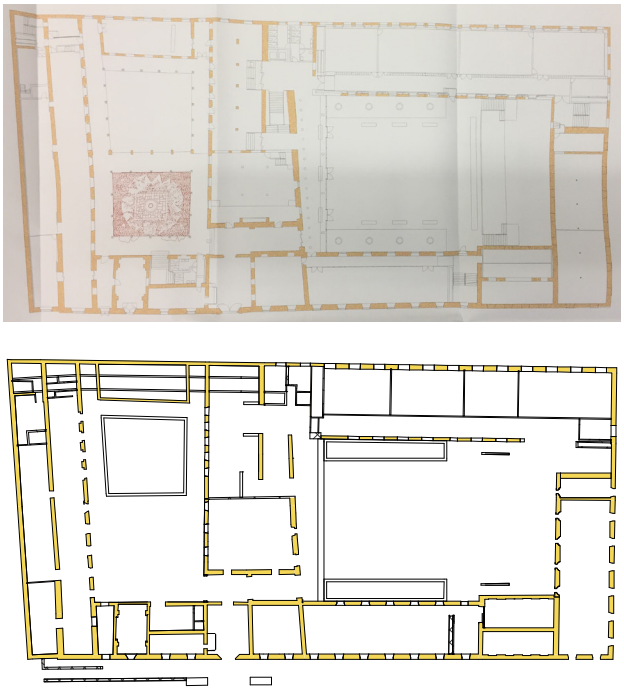


Fig 15. Esempio di Pianta Costruito/Demolito. Confronto tra i documenti di progetto e il modello di Revit.

15 Una sorta di Gialli/Rossi nell'accezione italiana.

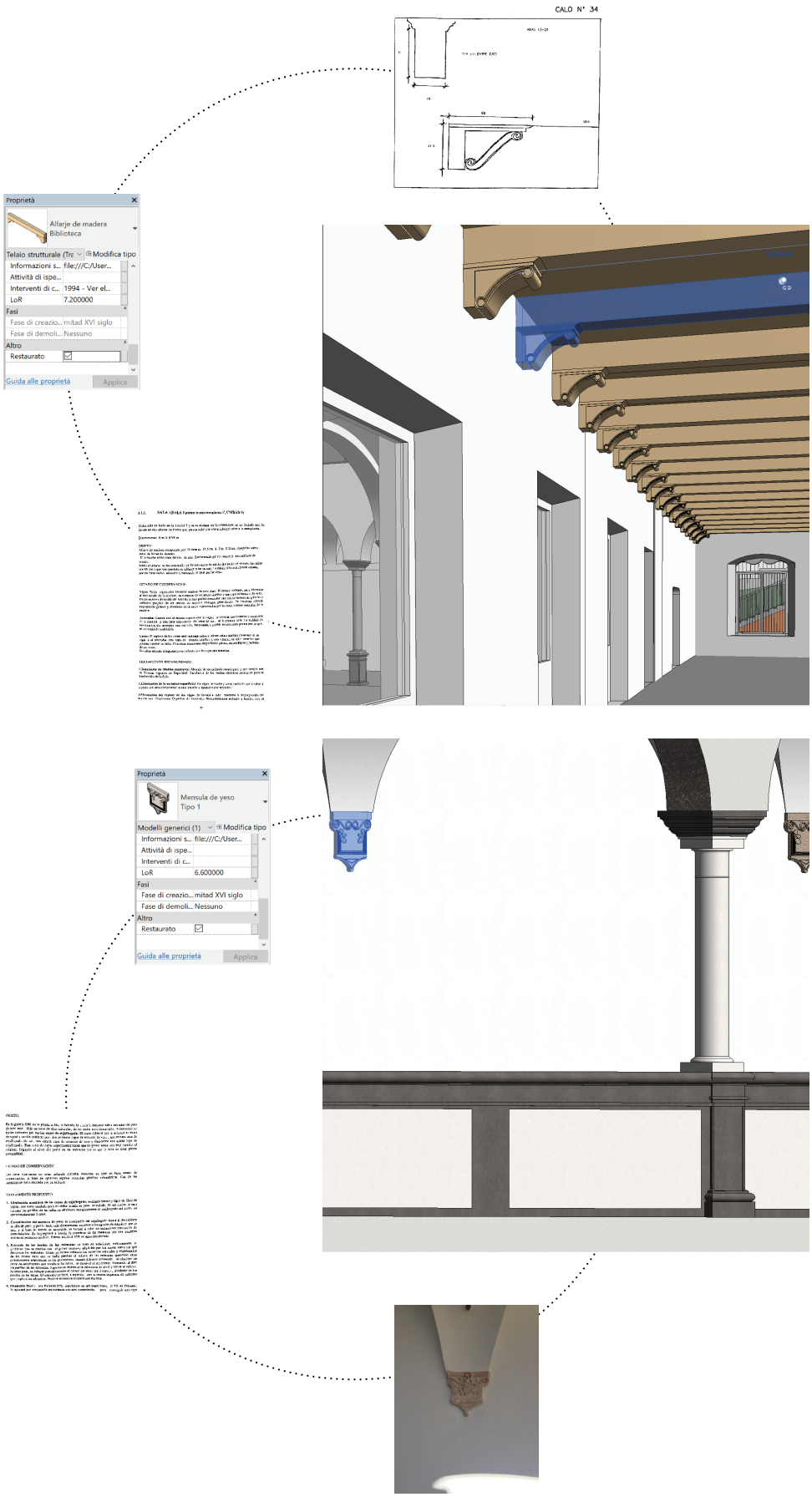


Fig 16. Connessione tra le componenti del progetto con le informazoni che ne definiscono l'identità. Il parametro restauro e i documenti esterni collegati. **SOPRA** Travi in legno delle Biblioteca **SOTTO** Mensole delle volte a crociera del patio antico.

In giallo sono rappresentati i muri e i solai da conservare e in blu quelli da demolire. Per i nuovi interventi si utilizza il retino solido grigio e gli elementi di importanza storica da restaura- quali volte, soffitti in legno e quelli che riversano in condizioni di rovina sono indicati in pianta in rosso.

Gli interventi di restauro sono documentati nell'Allegato 2 in cui vi è una descrizione degli elementi e la loro collocazione nel tempo; la sezione *Estado de conservacion* è una descrizione sullo stato di conservazione dell'oggetto ed è seguita da *Tratamiento Recomendado* (Trattamento raccomandato) in cui sono delineati gli interventi di rimozione di eventuali superfetazioni e il trattamento protettivo.

I codici utilizzati per le descrizioni, che poi sono gli stessi riportati nel modello, hanno la stessa nomenclatura sopra citata, del tipo:

Es. U4 G05 (Unità 4, Galleria 05)

Nell'allegato *Plan de Obra* sono descritte tutte le operazioni da effettuare; significativa un'ulteriore divisione dell'edificio che va dal Corpo A al Corpo G utilizzata per operare una descrizione in linea generale degli interventi.

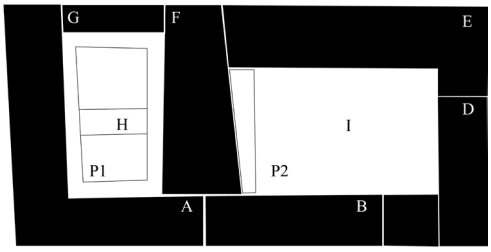


Fig 17. Suddivisione in padiglioni dell'edificio.

È presente una sezione in cui viene documentata la nuova struttura e le operazioni di consolidazione dell'esistente (*Pliego de condiciones tecnicas de la cimentacion y de la estructura*, pag 2-35). Sempre in questa sezione sono riportati i diversi materiali di finitura utilizzati ed elementi quali porte, finestre (senza schede tecniche).

La spiegazione degli interventi è preceduta dalla descrizione dell'inquadramento territoriale e di come si presenta l'edificio riguardo la sua storia e la sua condizione.

Conseguentemente si ritrova una suddivisione degli interventi realizzati corrispondenti a tre

tipologie differenti:

- Opere di restauro
- Opere di riforma
- Opere nuove

Alla prima sicuramente appartengono tutti quegli elementi di rilevanza storica che si propone di conservare, eliminando tutti gli elementi sovrapposti nel tempo che ne impediscono la chiara lettura; sono quasi tutti quelli che risalgono al Palazzo dei Mendoza e all'Ospedale di Sant'Anna. Vengono demoliti alcuni degli interventi successivi, come ad esempio i solai intermedi costruiti agli inizi del 1900 durante il periodo dell'*Hospital Militar,* e tutti gli strati di intonaco posticci che impediscono e coprono quegli elementi originali arrivati fino ad oggi.
Le altre operazioni rientrano perlopiù nella seconda categoria e riguardano quasi tutti i restanti padiglioni. Gli interventi ex-novo sono pochi e si limitano ad ordinare il complesso favorendone una comunicazione degli spazi adeguata alla nuova funzione e donando all'edificio un sistema di circolazione razionale ed ordinato che metta in relazione tutti gli ambienti.
Anche se non è stato possibile consultare le tavole con i particolari costruttivi (non si esclude la possibilità di poterlo fare in futuro), sono presenti le tavole con i disegni in scala 1:50 e alcuni particolari tecnici.
Le stesse tavole saranno poi la base alla quale si affiancherà il lavoro di rilievo.

3.4.1 . Edificio, rilievo, modello

La metodologia di rilievo per cui si è optato è un rilievo diretto con sistemi tradizionali: questo per semplificare il processo per questioni di tempo e praticità (essendo già tutto disponibile in formato .dwg) e dovendo attestare soltanto l'affidabilità del materiale fornito.
Non si esclude che in successive ampliazioni del modello si possa collegare a questo una nuova di punti di tutto l'edificio, utile in questo caso ad operare una verifica sui dati per rafforzare l'attendibilità dei documenti e del modello digitale.
L'SMLab ha effettuato delle scansioni laser puntuali, anch'esse collegabili al modello, sia per la verifica dell'affidabilità geometrica, sia per la restituzione realistica del componente storico in chiave di visualizzazione immersiva foto-realistica (VR/AR).

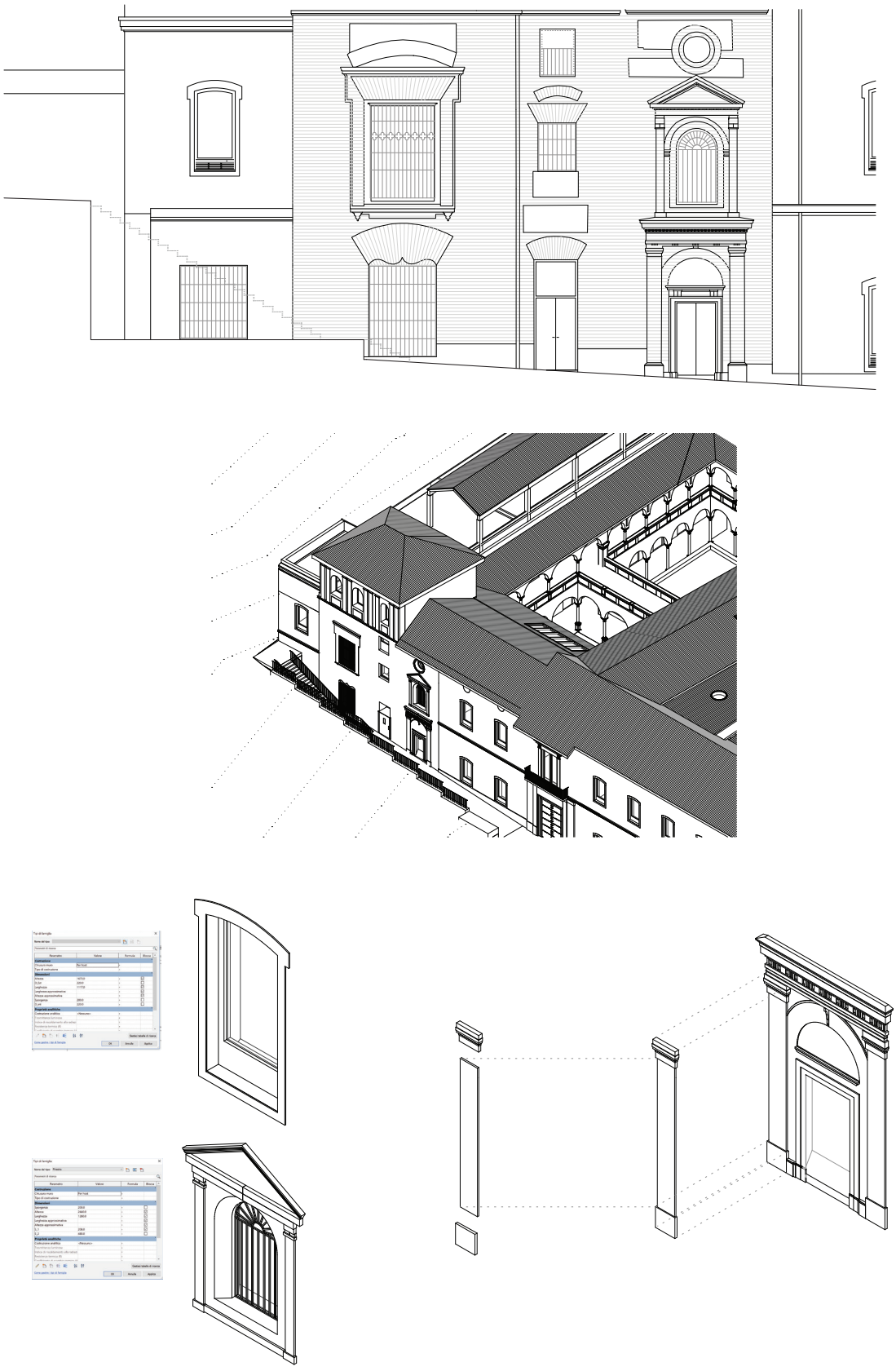


Fig 18. CAD TO BIM. DAL GENEALE AL PARTICOLARE **SOPRA** Disegni in scala 1:50 elaborati dallo studio di V.L. Cotelo e usati come riferimento per la costruzione del modello digitale **AL CENTRO** Modello BIM **SOTTO** Esempi di famiglie di finestre. Componenti e sub-componenti e relativi parametri.

Il primo step di approccio al progetto è stato appunto quello in cui parallelamente si è studiato il materiale di riferimento e la bibliografica, insieme con i sopralluoghi dell'edificio in cui si è potuto accertare che i disegni in scala 1:50 hanno una precisione accettabile, se non per qualche misura sfalsata dell'ordine dei 10-25 mm. Tale scostamento metrico (dell'ordine di un paio di centimetri) moltiplicato per la scala di rappresentazione permette di produrre - utilizzando una scala di riduzione - elaborati 1:100 per i quali l'errore di graficismo ricade in un intervallo accettabile.

La fase dei sopralluoghi è stata affiancata da un'intensa fase di conoscenza della fabbrica in quanto realmente complessa e di difficile comprensione in una prima ispezione.

L'edificio, che racchiude in sé diversi corpi di fabbrica, è caratterizzato da numerosi cambi di quota, essendo il risultato dell'annessione di diversi padiglioni nel corso del tempo, e a causa del terreno su cui si è costruito, che morfologicamente presenta dislivelli importanti verso nord, dove sorge la collina del *Mauror*.

Quasi la totalità dell'edificio è costruito con pareti portanti in mattoni, che in alcuni punti (U1 F1 – U2 F1) si trova mischiata a muratura ordinaria, riscontrabile soprattutto in quelle zone in cui veniva attaccato il nuovo corpo di fabbrica. A supporto della conoscenza tecnica e localizzata dei materiali vi è, come citato nelle fonti del progetto, un elenco di tavole che riguardano le indagini preliminari realizzate, e insieme a queste, sono tornate utili alcune fotografie storiche che inquadrano l'edificio prima della sua trasformazione.

Fig 19. Alcune immagini risalenti all'edificio prima dell'intervento di riqualificazione; *Fernando Acale Sánchez.*

Un'altra parte di foto che hanno contribuito alla comprensione sono quelle effettuate durante la fase degli scavi archeologici diretti da Antonio Malpica e ritrovabile nella *Memoria de Inter-*

vencion arquelogica[16] (4, pag. 37).

Di rilevante importanza per la realizzazione del modello è stata tutta la documentazione fotografica del cantiere. Alcune foto panoramiche realizzate durante questa fase sono disponibili su internet e sono relative a uno stadio intermedio dei lavori[17].

Le foto durante le fasi di relizzazione, invece, sono state molto utili per tutto ciò che concerne la struttura, in quanto è stato possibile capire, senza i rivestimenti e le finiture, lo scheletro dell'edificio, sia per quanto riguarda l'esistente, sia per ciò che è stato costruito, che unito agli allegati che la descrivono, e ai materiali utilizzati (tipo di cemento, tipo di acciaio) permettono una chiara e precisa conoscenza tecnica del progetto strutturale.

Fig 20. Foto del cantiere della ETSAG.

La struttura dell'edificio si divide prevalentemente in due interventi: strutture nuove e consolidamento delle strutture esistenti.

Per quanto riguarda le strutture nuove, sono principalmente in calcestruzzo armato, e riguardano soprattutto il corpo centrale. Il progetto di lucernai o della facciata continua con frangisole rivolta verso il patio nuovo sono elementi importanti relativi a uno degli obiettivi principali dell'architetto: dare centralità anche al tema della luce, lasciando che penetri nell'edificio in maniera utile e allo stesso tempo suggestiva; per tutti gli elementi come finestre e particolari tipi di vetro, sono presenti le schede tecniche negli allegati.

16 Gli scavi erano volti prevalentemente allo studio dei resti della necropoli musulmana.

17 Le foto panoramiche sono disponibili all'indirizzo http://3darquitectos.com/wp-content/uploads/PANO/ETSA/SMLAB_07_29.html e realizzate da *Visitas virtuales* Granada alle quali appartengono; Maggio 2018.

Le opere di consolidamento riguardano soprattutto le strutture da rinforzare come ad esempio il solaio intermedio del corpo B al quale, in seguito alla demolizione dei pilastri centrali, viene aggiunta una struttura in acciaio.

Per alcuni padiglioni è prevista la creazione di un piano sotto terra, che avrà una sua circolazione collegata alla struttura superiore. Di notevole importanza la creazione dell'Aula Magna che appunto è collocata proprio al di sotto del patio nuovo.

Lo studio dei materiali e delle strutture quali capriate o coperture particolari, è stato possibile consultando non solo la bibliografia specifica, ma anche le tavole sulle strutture verticali e orizzontali in cui sono riportati i particolari tecnici.

Per il resto degli elementi esistenti e che sono stati oggetto di restauro, nelle descrizioni dell'Allegato 2 sono presenti i tipi di interventi che mostrano le stratigrafie nella loro conformazione "originale" e la documentazione su quanto effettuato per il restauro.

Utili alla comprensione del "nuovo" si segnalano le piante di *Albañilería* in cui sono localizzati i nuovi materiali con cui si costruisce o si aggiunge uno strato all'esistente.

L'insieme di questi informazioni, scremate e razionalizzate, ha contribuito, ed è utile sottolineare, contribuirà, alla realizzazione di un modello con informazioni geometriche e alfa-numeriche, che per alcuni elementi, soprattutto quelli di ricostruzione storica, saranno più o meno affidabili, in base al concetto di precisione dell'informazione sul rilievo e dell'informazione storica.

4. Modellazione digitale ricostruttiva

4.1 . Building Information Modeling

Parlare di BIM apre il discorso a un universo molto grande che spazia tra diverse discipline e argomenti. È negli ultimi anni che si sta affermando, e sta diventando una vera e propria rivoluzione, un'inversione di rotta rispetto alle metodologie tradizionali, tanto che nel breve termine ci saranno decreti legislativi che ne obbligheranno l'utilizzo partendo dagli appalti pubblici che superano un determinato importo.

Questo tipo di approccio ha le sue radici nella progettazione parametrica, infatti tenere insieme la parte geometrica con una parte informativa è la caratteristica più importante e il suo più grande punto di forza. Questo perché un modello di edificio che comprende informazioni di tipo **geometrico** sui componenti edilizi, e insieme le informazioni sulla sua **entità** garantisce un approccio multidisciplinare semplificato, che permette di facilitare tutte le fasi del processo edilizio, nel quale tutti i soggetti coinvolti collaborano insieme utilizzando un solo modello di riferimento in un ambiente condiviso, facilmente implementabile e aggiornabile.

È legato strettamente al concetto di ***Life Cycle*** ovvero ciclo di vita, in quanto dati grafici e specifici attributi tecnici[18], contribuiscono all'identità di informazioni di un edificio o di un componente edilizio, che serviranno dalle prime fasi, e quindi dall'ideazione, alla costruzione fino alla manutenzione e gestione, ed eventuale smaltimento. Mentre nei classici modelli .cad l'entità di un oggetto è strettamente geometrica, un modello BIM è caratterizzato da un aspetto multidisciplinare con numerosi vantaggi per tutta la filiera delle costruzioni[19].

La sfida del BIM[20] è agevolare il processo edilizio (AEC – *Architecture Engineering Costruction*) e rappresenta una grande inversione di rotta rispetto ai metodi tradizionali, apportando delle sostanziali innovazioni; un unico modello virtuale può essere utilizzato da tutti i tecnici e le imprese coinvolte[18], evitando le imprecisioni dovute all'infinita comunicazione tra file e sistemi incompatibili che rallentano e complicano tutto il processo.

18 http://www.edilportale.com/news/2015/10/focus/bim-a-cosa-serve-e-chi-lo-userà_48424_67.html.

19 https://www.area-arch.it/la-sfida-del-bim/.

20 Titolo anche del libro scritto da Chiara Rizzarda e Gabriele Gallo (Edito da Tecniche Nuove).

Al carattere multidisciplinare del Building Information Modeling si aggiunge l'obiettivo dell'interoperabilità, ovvero della comunicazione tra piattaforme diverse attraverso standard condivisi, tra cui è bene citare l'IFC (*Internation Foundation Classes*). Quest'utlimo è un formato dati aperto che ha lo scopo di consentire l'interscambio di un modello informativo senza perdita o distorsione di dati[21].

I vantaggi nell'adozione del BIM possono riscontrarsi nel controllo di nuove dimensioni del progetto[22]:

- 4D è la dimensione temporale, l'ottimizzazione nella pianificazione nel tempo, in quanto da un modello BIM è facilmente visualizzabile il progresso delle attività riguardanti l'edificio in tutto il suo ciclo di vita.
- 5D: La quinta dimensione è strettamente legata al 3D e 4D e rappresenta l'analisi dei costi, facilmente gestibile poiché il modello è continuamente aggiornato in tutti i suoi aspetti, e qualsiasi modifica o imprevisto può essere maggiormente controllata, aumentando la sostenibilità – vista nei suoi diversi aspetti - del progetto.
- 6D è la dimensione che riguarda l'analisi delle prestazioni energetiche, ovviamente più gestibili, essendo qualsiasi modifica aggiornata in tempo reale, e quindi ottenendo sempre degli output in linea con le modifiche apportate.
- 7D e la gestione operativa rappresenta il controllo e la manutenzione - per tutto il ciclo di vita - dell'edificio e dei suoi componenti, in quanto è possibile tenere traccia delle attività manutentive, sostitutive o di demolizione.

La gestione di tutti gli ambiti coinvolti del processo edilizio permette una più facile comunicabilità, evitando il rischio di perdite di dati e riducendo gli errori, che tradotto in termini di tempi e costi, è un grande vantaggio. Le piattaforme software per il BIM permettono un controllo continuo su tutte le dimensioni del progetto, potendo verificare istantaneamente gli effetti di una determinata scelta, o agevolare il processo decisionale.

21 http://biblus.acca.it/focus/ifc-cose-e-quali-sono-i-vantaggi/.

22 https://www.cadlinesw.com/sito/blog/le-dimensioni-del-bim.

I professionisti coinvolti lavorano in un ambiente di condivisione di file, con accessi, priorità, e permessi controllati, in modo tale che lo scambio di file avvenga in maniera razionale e superando degli step di verifica prima di arrivare nell'ambiente comune. Naturalmente, ci sono diverse figure che intervengono nel metodo di lavoro BIM, che in un *Common Data Environment* (Ambiente di condivisione dati) hanno una propria figura specifica.

Il CDE, appunto *Common Data Environment*, è una parte centrale della metodologia ed è approfondita dai diversi enti normativi internazionali che recepiscono e restituiscono nel proprio Paese un quadro normativo da seguire, fornendo delle direttive sempre più chiare e trasparenti, che possano regolamentare l'intero processo. È un lavoro delicato, e in cui ogni Paese è più o meno avanzato, ha più o meno voce in capitolo, ha più o meno recepito gli standard internazionali. D'altronde una metodologia di così grande portata, come qualsiasi cosa, ha bisogno di essere regolamentata e di avere delle linee guide e *best practices* da seguire.

L'Italia ha recepito il CDE, creandone una versione denominata ACDat nella parte 5 della normativa del 2017: *Flussi informativi nei processi digitalizzati*, che definisce i ruoli, le regole ed i flussi necessari alla produzione, gestione e trasmissione delle informazioni e la loro connessione e interazione nei processi di costruzione digitalizzati[23].

Il flusso informativo si può definire come l'*iter* da seguire nel processo delle costruzioni. Inizia con un CI, ovvero un capitolato informativo redatto dal committente in cui vengono definite le esigenze, e al quale corrisponde una oGI, ovvero un'offerta per la gestione informativa e formulata dai soggetti interessati.

L'ambiente di condivisione dati, come dicevamo prima, è un'infrastruttura informatica di raccolta e gestione organizzata dei dati [2], che solitamente cura direttamente o indirettamente il committente: è suo compito garantire un coerente *iter* informativo.

Sicuramente il BIM vede nei paesi anglosassoni la sua più larga diffusione e, ad esempio il Regno Unito è primo per completezza di linee guide e soprattutto per la normativa **PAS 1192**, che rappresenta un documento importantissimo nella regolamentazione del suo utilizzo[24].

23 UNI 11337:2017: *Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 5: Flussi informativi nei processi digitalizzati*. 2017.

24 http://www.shelidon.it/?p=4165.

Nel biennio 2015/2016 l'implementazione e l'adozione nella *Construction Strategy* del *BIM Level 2* obbligatorio per tutti gli appalti pubblici, ha portato a una riduzione dei costi di costruzione pari al 33%.[25]

L'Italia a suo modo partecipa ai tavoli internazionali e da poco ha pubblicato ulteriori parti della normativa "***11337-2017**: Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni*" che rappresenta un documento importante non soltanto per il panorama italiano, in quanto ha apportato delle novità sostanziali che vengono strutturate nelle nuove parti introdotte all'inizio e verso la fine dell'anno. Il ruolo che sta occupando l'Italia ai tavoli comunitari (CEN) e internazionali (ISO) è, quindi, di rilevante importanza, perché protagonista con la sua norma UNI, sempre più completa e aggiornata, che sarà l'allegato, come per le PAS, dello standard nazionale ISO. Oltre ad aver aggiunto in alcune sue parti elementi che riguardano specificamente il restauro nella definizione dei livelli informativi grafici e alfa-numerici, che serviranno anche come linee guide alla definizione di quelli europei, ha introdotto alla fine del 2017 anche due parti conclusive alla norma: la 9 e la 10; queste ultime riguardano essenzialmente aspetti come la gestione amministrativa e la manutenzione[26].

4.2 . H-BIM: Building Informaion Modeling applicato al patrimonio architettonico

I vantaggi dell'adozione del BIM nella progettazione sono ormai argomento assolutamente attuale e si è visto un consolidamento delle procedure e delle metodologie standard[27] [3]; per quanto riguarda i Beni Culturali vi è ancora un campo di ricerca aperto e ricco di sperimentazioni che portano ad interessanti risultati nello sviluppo di una procedura/metodologia coerente con i campi di applicazione in un ambito diversificato.

L'adozione di modelli informativi per il patrimonio culturale rappresenta un grande traguardo nella gestione di tutti gli aspetti e le prassi legate all'esistente: bisogna intenderlo nella sua

25 http://www.edilportale.com/news/2017/10/progettazione/bim-lo-stato-dell-arte-in-italia-e-in-europa_60616_17.html.

26 https://www.ingenio-web.it/7243-norma-uni-11337-sul-bim-nuove-parti-9-e-10.

27 Laura Inzerillo, Massimiliano Lo Turco, Sandro Pariniello, Cettina Santagati, and Graziano Mario Valenti, "*BIM e beni architettonici: verso una metodologia operativa perla conoscenza e la gestione del patrimonio culturale*," Disegnare con, vol. 9, no. 16, Giugno 2016.

totalità al passo con le tecnologie attuali sempre più sviluppate, che vanno dalle fasi di acquisizione, rilievo, a quelle di gestione per la tutela.

Infatti, la ricerca, tra cui anche questo caso studio per la *Escuela de Granada*, rappresenta un tentativo di voler creare un approccio metodologico e delle linee guida, potenzialmente replicabili su casi simili. Questo perché, per sua natura, gli edifici esistenti, rispetto alle nuove costruzioni, rappresentano un ambito più eterogeneo, spesso non replicabile e che può avere più o meno esigenze differenti; vuol dire che ci possono essere differenti tipi di approcci, che si tenta di analizzare per individuarne i caratteri universali e fornire un *unicum* dove l'elemento variabile è l'edificio, quello invariabile il processo.

Sicuramente l'*Heritage-BIM*, si pone come elemento innovativo rispetto ai tradizionali metodi di gestione, catalogazione e valorizzazione del patrimonio culturale, in quanto attraverso una metodologia informativa in grado di memorizzare dati geometrici e documentali insieme, è possibile ottenere dei modelli facilmente consultabili, in cui confluisce tutto il compendio di informazioni, storiche e tecniche, spesso disperse tra diverse fonti. Questo evita una ridondanza delle informazioni, e, appunto, una dispersione dei dati, permettendo una più consapevole valorizzazione del patrimonio, una più attenta lettura complessiva, che può essere la chiave di interventi più razionali e ragionati, o un'organizzazione dei dati in database strutturati che in ottica *Facility Management* garantiscono un'efficienza di gestione e manutenzione del manufatto storico.

Il modello H-BIM, attraverso la creazione di parametri, permette di legare insieme la parte geometrica e la parte di informazioni relativa a diversi ambiti e discipline inter-connese.

L'acquisizione del modello attraverso strumenti sempre più avanzati e oggi ritrovabili sul mercato anche come attrezzature *low-cost*, consiste soprattutto nella creazione di nuvole di punti geo-referenziante da trasferire su una piattaforma BIM e per essere poi elaborate.

I classici metodi di acquisizione avanzata, come laser scanner, fotogrammetria o rilievo da drone, garantiscono un'accurata precisione, che dovrà poi passere attraverso software di rielaborazione della nuvola per trasformare l'insieme di punti in un modello semantico. Oggi sul mercato si stanno sperimentando anche tecnologie con la stessa matrice, utilizzando sistemi più economici, ma allo stesso tempo efficaci e che richiedono meno tempo nelle campagne di rilievo; a titolo di esempio si potrebbe citare l'utilizzo di un sistema che va da quattro a più Go-

Pro assemblate che riescono ad acquisire in maniera semplificata ed immedita i dati tridimensionali. I software BIM, che sono stati realizzati principalmente per il settore delle costruzioni, devono quindi interfacciarsi con la necessità di definire geometrie che appartengono agli stili architettonici. Dalla nuvola di punti, o dai dati acquisiti, riportare in ambiente BIM queste forme, ovviamente, non è un passaggio elementare e diretto. La trasformazione del dato acquisito, non è immediatamente un passaggio che porta a un modello parametrico, scopo principale di un approccio integrato. L'automatizzazione di questo processo, non è ancora disponibile[28] e quindi bisogna analizzare in maniera intelligente questa dualità.

Una strada percorribile per trasferire i dati del rilievo, può essere quella della realizzazione di *mesh*[29] con Rhinoceros, poi trasferite attravero Dynamo su Revit. In questo modo si passa da una nuvola di punti a un modello tridimensionale costituito da *mesh*, che poi attraverso il comando *MeshToNurbs* diventerà un oggetto 3D; rendere automatico il processo di parametrizzazione degli elementi acquisiti in questo modo, però, non è oggi possibile.

L'eterogeneità delle forme del costruito, appartenenti al patrimonio storico, non permettono una generale definizione di parametri attribuibili a tutti automaticamente, poiché gli stili dell'architettura storica, a cui appartengono in gran misura forme complesse, non sono gestibili direttamente attraverso comandi poiché non presenti in software BIM (ad es. volte, capitelli, cornici).

È auspicabile la costruzione di gallerie di oggetti in cui sono parametrizzati quegli elementi che definiscono l'identità di un componente storico, in un'ottica di un possibile riutilizzo di quei parametri per adattarli a un caso simile [4].

La ricerca su questi aspetti è molto attiva e infatti la dualità **"esistente-modello"** è un tema di ricerca fertile, alla quale si cerca di dare risposte anche attraverso l'introduzione di nuovi parametri riguardo il livello di definizione e l'affidabilità del dato[30].

28 SANTAGATI, C.; LO TURCO, M. "From structure from motion to historical building information modeling: populating a semantic-aware library of architectural elements," *Journal of Electronic Imaging*, vol. 26, no. 1, 2017. DE ASTIS, F. "Il BIM per il patrimoni ocostruito: casi applicativi", Edillab.

29 Le *mesh* poligonali sono reticoli che definiscono oggetti nello spazio attraverso vertici, spigoli e facce.

30 BIANCHINI, C.; NICASTRO, S. "La definizione del Level of Reliability: un contributo alla trasparenza dei processi di Historic-BIM," *Building Information Modeling, Data & Semantics*, 2018.

L'insieme di documenti che riguarda il manufatto storico viene collegato agli elementi del modello, tutti raccolti in un database, sotto forma di dato integrato o collegato.
Attraverso un modello informativo/cognitivo è possibile avere una sintesi ragionata dei dati [3] che diventa un supporto alle fasi decisionali per la valorizzazione del bene. Inoltre, vi è un osmosi di conoscenze [3] in quanto gli ambiti più tecnici e di progettazione vengono integrati con gli organi predisposti all'amministrazione, tutela e gestione dei Beni Culturali. Quindi il BIM si propone la sfida di trasformare e aggiornare in base alle attuali tecnologie i vigenti metodi di conservazione e valorizzazione del patrimonio, auspicando a un'integrazione con gli strumenti tradizionali e il rigore metodologico coerente con riferimenti quali la Carta del Rilievo Architettonico o la Carta di Londra. La prima rappresenta un documento redatto nel 1999 in cui si definiscono e si descrivono i vari ambiti del Rilievo Architettonico, considerato come strumento volto alla rappresentazione dell'edificio, allo studio dei suoi aspetti morfologici/materici/dimensionali e alle attività di ricerca bibliografica; il sistema aperto di conoscenze che identifica l'attività di rilievo supporterà questioni decisionali, la formazione di documentazioni archivistiche e, da sottolineare, il riferimento ad una banca-dati vista come sistema in cui organizzare le informazioni e che potrebbe costituire a sua volta una rete di banche-dati.
È possibile avere in un unico ambiente le informazioni riguardanti le trasformazioni nel tempo e le informazioni sui restauri effettuati, documentare sopralluoghi, ulteriori interventi, rilievi, degradi; il modello è continuamente implementabile, il database è continuamente aggiornato, consultabile e facilmente interrogabile.
La complessità che oggi connota il settore delle costruzioni , e più in generale il carattere multidisciplinare rappresentato da ambiti diversificati, trova sempre maggiore convergenza verso approcci *Information based*; la pluralità di competenze arricchisce il modello BIM implementando idealmente il numero delle dimensioni intesi come apporti specialistici integrati fra loro. Tutte le dimensioni che concorrono a determinare un modello BIM contribuiscono ad un approccio consapevole e sostenibile al modello con dimensioni info-grafiche, non solo legate alle fasi di progettazione, ma a tutto il ciclo di vita [5].
Le informazioni che costituiscono l'apparato grafico e alfa-numerico possono essere consultate in maniera diretta sul modello, oppure attraverso database, aumentando la velocità dei tempi di *back office,* grazie ad un'organizzazione delle informazioni semplice, intuitiva e fa-

cilmente modificabile/consultabile, integrando le diverse discipline, senza dover passare per forza attraverso una specifica piattaforma specialistica (come un software di modellazione). Il database, infatti, costituisce una rete di lavoro in remoto o attraverso applicazioni *web-based*, in cui i dati sono disponibili e organizzati, facilmente aggiornabili con modifiche, avanzamenti, monitoraggi e integrabili con ulteriori documenti.

Grazie all'interazione tra l'informazione grafica e quella alfa-numerica è possibile produrre piante tematiche ed elaborati grafici che descrivano i diversi aspetti del progetto, o ne rappresenti lo stato di avanzamento in una determinata fase (dimensione temporale del progetto).

L'approccio al patrimonio architettonico con metodologie H-BIM è quindi relativo a tanti aspetti: dalla conoscenza del manufatto attraverso una sintesi più ragionata dell'apparato informativo, ad una più consapevole chiave di lettura, alla gestione, manutenzione, monitoraggio del degrado attraverso un database sempre aggiornato e anche alla valorizzazione del patrimonio culturale attraverso l'innovazione, che costituisce uno strumento efficace, in grado di tutelare il bene architettonico e rappresentarlo con tecnologie all'avanguardia.

Il tema della rappresentazione del modello è una tematica interessante che contribuisce ad una valorizzazione del manufatto, visualizzabile, ad esempio, nelle sue fasi storiche, con viste efficaci o con la possibilità di navigarlo in realtà virtuale o realtà aumentata realizzando piattaforme immersive che possono essere fruite tanto da addetti al settore, tanto da utenti non esperti, aumentando in questo modo il valore effettivo della conoscenza del bene culturale.

Ci sono diverse piattaforme che permettono di visualizzare il modello in quest'ottica e la ricerca è attiva nel collegare questi modelli alla possibilità di interagire con essi, visualizzandone informazioni, o addirittura consentendo modifiche e aggiornamenti al database.

4.3 . Obiettivi del modello

L'attività condotta per questa tesi è il frutto della collaborazione tra il Politecnico di Torino e la *Escuela Técnica Superior de Arquitectura* di Granada con l'obiettivo di indagare le più efficienti metodologie operative utilizzabili per lo studio, l'analisi, la gestione del patrimonio storico.

Un approccio BIM-oriented diventa la base per allestire protocolli di intervento maggiormente consapevoli per la gestione del manufatto in ottica Facility Management, grazie alla possibilità di un organizzazione gerarchia e semantica delle informazioni grafiche e alfa-numeriche.

Questo lavoro di tesi ha come campo di applicazione e ricerca la ricostruzione delle fasi storiche che hanno interessato l'edificio, fino ad arrivare alla conformazione attuale del progetto; parallelamente si è indagato il processo per l'arrichimento informativo dei componenti del modello, con lo scopo di avere degli oggetti intelligenti definiti geometricamente e a cui siano legati i parametri che lo caratterizzano e fornendo strumenti utili rispetto agli aspetti di conservazione e valorizzazione, insieme a quelli più tecnici e che definiscono in maniera sintetico/semantica tutte le parti dell'edificio. In aggiunta, è presentata una strada percorribile per l'attuazione di una metodologia che consenta anche di interagire nel corso del tempo con la parte informativa aggiornarnandola e gestendola in maniera efficace e continuamente attuale. Nello specifico è possibile elencare gli obiettivi in questo modo:

- Ricostruzione del modello in tutte le sue fasi storiche che lo hanno interessato
- Relazionare gli oggetti con parametri che li descrivono in ottica di tutela e valorizzazione del Bene
- Raggruppare e sintetizzare le informazioni in un unico modello che può essere facilmente aggiornato
- Organizzare e strutturare gerarchicamente le informazioni in modo che possano essere facilmente gestite
- Fornire degli strumenti che permettano il continuo aggiornamento del modello e che quindi lo descrivono nel tempo, facilitando le attività connesse al Facility Management
- Lasciare il modello aperto a future implementazioni, fornendo una metodologia applicabile a casi simili
- Attività volte alla valorizzazione, alla tutela e alla gestione del Bene Culturale integrando le discipline più tecniche a quelle di conservazione.

Ogni componente del progetto rispetterà un determinato Livello di Sviluppo, inteso come insieme della parte geometrica e della parte informativa. Gli oggetti intelligenti, potranno essere interrogati in base al proprio LoD (*Level of Development*) ed essere scalati; a essi sarà assegnato un determinato Livello di Affidabilità, derivante della caratteristiche proprie di ogni componente censito, conseguenti al passaggio dal CAD al BIM, e dalla ricostruzione degli elementi

storici, più o meno documentati.

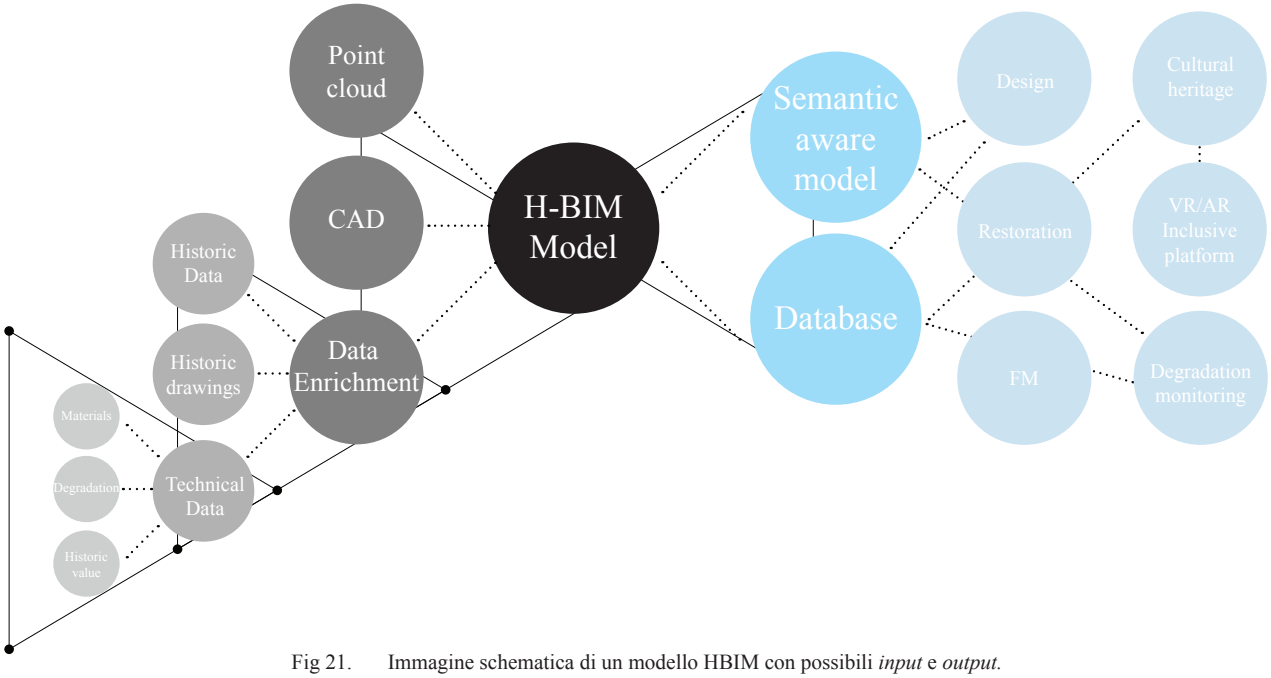


Fig 21. Immagine schematica di un modello HBIM con possibili *input* e *output*.

4.4.2 . *Level of development* (LoD): LoG, LoI

Il concetto di livello di approfondimento viene introdotto nel 2004 dalla compagnia *Vico Software* con l'intenzione di indicare un Livello di Dettaglio (non solo geometrico) stabilito in base a una progressiva quantità, qualità e affidabilità delle informazioni in un preciso arco temporale[31] [6].

Rappresenta – in base ad obiettivi chiaramente definiti – il livello di sviluppo (Level of Development, appunto) che si vuole raggiungere per un determinato oggetto o componente edilizio, dapprima legato alle fasi di un progetto, quindi a una sorta di sviluppo crescente, poi specificamente legato – in base ai successivi sviluppi a cui l'Italia ha dato un contributo notevole – agli usi del modello e agli obiettivi definiti dal committente nel CI [2].

È importante introdurre una differenza sostanziale tra il concetto di LoD inteso come *Level of Detail*, strettamente legato allo sviluppo geometrico di un oggetto, e il LoD inteso come insieme delle componenti grafiche e informative chiamato ***Level of Development***.

Sicuramente, a livello internazionale, le linee guide tenute più in considerazione (quelle che godono di fama maggiore anche perché tra i primi documenti a riguardo) sono quelle derivanti dal *BIMForum Specification* statunitensi e dalla normativa UK PAS 1192-2 (NBS BIM Toolkit).

31 https://www.ingenio-web.it/18926-i-loi-nelle-scale-di-lod-usa-uk-ita

I LOD statunitensi hanno una scala numerica espressa in centinaia, che va dal 100 al 500, e alla quale, nel 2011 è stato aggiunto un ulteriore Livello di Sviluppo: il LOD 350. È importante sottolineare come la scala dei LOD statunitesti faccia riferimento a specifici elementi/categorie del modello BIM e non all'intero sviluppo del modello inteso come progetto [6]. Risultano facilmente utilizzabili poiché presentano delle regole generali [7], a differenza invece delle norme derivanti dalle linee guida britanniche espresse nella famosa PAS 1192-2.

Quest'ultima – che definisce nel 2013 il LOD come "Livello di Definizione" comprendente il livello di dettaglio geometrico e il livello di dettaglio informativo – è suddivisa in una scala organizzata da 2 a 5, che è ancora parzialmente legata alle fasi di sviluppo del progetto [6].

Nello specifico, è utile in senso concettuale per quanto riguarda la separazione tra LOD-detail, relativo alle geometrie, e LOI-Information, relativo alle informazioni non geometriche.

È costituita da tanti riferimenti compresi nel Toolkit, corrispondenti ognuno a uno specifico oggetto.

Il recepimento da parte della normativa italiana – 11337:2017-4 – rappresenta un punto di vista unico, derivante, sì dagli spunti internazionali, ma immerso in un *background* differente, rappresentato dalle specificità che ogni Paese ha rispetto al sistema culturale, legale, normativo.

Infatti, le classificazioni sopra descritte, rappresentano un ottimo punto di partenza e degli ottimi riferimenti, ma si riferiscono a delle realtà specifiche, ovviamente non traslabili e intercambiabili; per questo non possono essere visti come un sistema universalmente accettato, soprattutto se vengono presi in considerazione gli aspetti burocratici nazionali o comunitari [7]. È utile infatti operare un confronto con i soggetti maggiormente interessati e ricavarne gli aspetti identitari, in vista, poi, di convergenze internazionali e standard.

L'Italia sta rappresentando un ruolo molto importante nel panorama europeo per quanto riguarda i LOD; infatti, dal sistema italiano si sta cercando di ricavarne un sistema europeo.

Il capitolo riguardante il livello di sviluppo degli oggetti nella Norma 11337:2017 è descritto nella parte 4: "*Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti*".

La normativa italiana, costruita sul riferimento statunitense (Livelli di Sviluppo) e anglosassone, contiene elementi che riguardano necessità tipicamente nazionali - che rappresentano una novità introdotta in questo tipo di classificazioni.

Il committente nel CI (Capitolato Informativo – descritto nella parte 1 della Norma), definisce gli usi e gli obiettivi del modello, che contribuiscono a definire il LOD di ciascun oggetto [2].
Il livello di sviluppo degli oggetti digitali che compongono i modelli (LOD), definisce quantità e qualità del loro contenuto informativo ed è funzionale al raggiungimento degli obiettivi delle fasi (e stadi) del processo e degli usi ed obiettivi del modello cui si riferiscono [2].
Vengono conservate le definizioni per quanto riguarda il LOI, livello di informazione; per quanto riguarda invece gli attributi geometrici viene introdotto il LOG.
È utilizzata una scala alfabetica che parte dalla lettera A:

- LOD A oggetto simbolico
- LOD B oggetto generico
- LOD C oggetto definito
- LOD D oggetto dettagliato
- LOD E oggetto specifico
- LOD F oggetto eseguito
- LOD G oggetto aggiornato

(il committente più eventualmente definire nel CI ulteriori livelli di dettaglio che si integrano ai precedenti e sono identificati con una numerazione da 1 a 9 affiancata alla lettera)

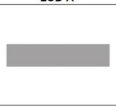
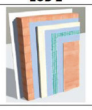
LOD A	LOD B	LOD C	LOD D	LOD E
				
Geometria Elemento architettonico verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un simbolo 2D.	**Geometria** Solido generico per rappresentazione elemento architettonico verticale o pseudoverticale con forma, spessore e posizione approssimata	**Geometria** Elemento architettonico (sistema e sottosistema) verticale o pseudoverticale rappresentato con ingombri calcolati secondo la normativa tecnica	**Geometria** Elemento architettonico verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono modellate tutte le stratigrafie.	**Geometria** Elemento architettonico verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono incluse tutte le stratigrafie, i dati specifici del fornitore dei materiali e le finiture.
Oggetto Grafica 2D (linee e campiture 2D)	**Oggetto** Solido 3D	**Oggetto** Solido 3D strutturato	**Oggetto** Solido 3D complesso	**Oggetto** Solido 3D complesso
Caratteristiche Posizionamento di massima	**Caratteristiche** Semplici geometrie d'ingombro	**Caratteristiche** Definizione del sistema architettonico • Spessore • Lunghezza • Larghezza • Volume • Definizione materiali • Definizione stratigrafie principali	**Caratteristiche** Dettaglio dei componenti per gruppi e senza riferimenti a singoli prodotti • Definizione stratigrafie dettagliate • Spessori componenti • Struttura • Isolamento • Camera d'aria • Sottofondo supporto • Finitura • Dettagli costruttivi	**Caratteristiche** Dettaglio dei componenti con singolo prodotto. Informazioni di montaggio Materiale di supporto Schede tecniche singoli prodotti • Tipo finitura interna • Superficie finitura interna • Tipo finitura esterna • Superficie finitura esterna • Composizione Materiale/Componente • Presenza certificazioni • Capacità strutturale • Trasmissione vapore • Valore R • Valore U • Valore assorbimento • Trasmissione acustica
Usi consentiti • Semplici ingombri • Studio schemi compositivi	**Usi consentiti** • Studio preliminare • Computo metrico • Stima economica preliminare	**Usi consentiti** • Dimensioni esecutive • Utilizzo per computo metrico estimativo • Verifica interferenze con altre discipline	**Usi consentiti** • Previsioni di scheduling di cantiere	**Usi consentiti** • Cantierizzazione • Produzione • Manutenzione

Fig 22. Esempio di *Levels of Developements* (LOD) riferiti a un componente muro; estratto dalla Norma UNI 11337:2017 Parte 4.

Le novità della normativa italiana sono rappresentate dall'introduzione di scale specifiche per quanto riguarda le nuove costruzioni/recupero, il restauro, il territorio e le infrastrutture, e il

cantiere.

Specificamente al restauro, i primi livelli non sono considerati, mentre il LOD F rappresenta il modello esistente *as-built* e al quale ad ogni singolo prodotto sono associate le informazioni riguardanti la gestione, la manutenzione e/o riparazione da eseguirsi lungo un arco di tempo.

Il LOD G contiene invece aggiornamenti temporali delle informazioni, e quindi un'evoluzione storica rispetto ad un precedente stato di fatto.

Sono registrati tutti gli interventi eseguiti nel corso del tempo, incluso il monitoraggio del degrado.

Una novità assoluta è rappresentata dalla definizione di una scala di LOD anche per la gestione del cantiere (mezzi, attrezzature).

L'evoluzione dei contenuti informativi è funzionale all'obiettivo della fase da raggiungere e al fine di garantire una fruizione organizzata e consapevole sono introdotti due indicatori: Stato di Lavorazione (da L0 a L3) e Stato di Approvazione (da A0 ad A3). Rispettivamente indicano il grado di progressione (L) e il grado di affidabilità (A) [2].

Grazie a queste tematiche risolte nei documenti UNI, l'Italia sta avendo un ruolo centrale nelle discussioni internazionali (ISO) ed europee (CEN), che sta costruendo i LOD europei partendo da quelli italiani.

Unitamente alla definizione dei LOD, per quanto riguarda il tema del patrimonio storico la ricerca sta cercando di definire ulteriori parametri che descrivano maggiormente le caratteristiche di un elemento del modello.

Nel caso del patrimonio costruito, è utile avere un parametro che rappresenti il grado di affidabilità del dato acquisito o dell'informazione trasposta in BIM (CAD to BIM) o elementi che, in ottica di una ricostruzione storica della fasi temporali, possa rappresentare un *trait d'union* tra le informazione documentate nelle varie fonti considerate e gli oggetti digitali.

4.4.3 . Modellazione dell'edificio: Impostazione

Punto fondamentale di tutto il progetto è stata la costante logica di impostazione del lavoro secondo la metodologia BIM; vale a dire un'impostazione del progetto che supporti a pieno gli strumenti informativi in ogni aspetto, allo scopo di mantenere la relazione di tutte le entità dell'edificio nei propri ambiti disciplinari interconnessi.

Per raggiungere questo fine si è dovuta predisporre una metodologia che permettesse l'utilizzo degli strumenti tradizionali degli applicativi BIM – nello specifico **Revit** - a elementi non immediatamente e intuitivamente predisposti a risolvere questioni legate all'edilizia storica.
L'utilizzo di Revit[32], pur essendo stato creato specificamente per la progettazione, riesce ad essere uno strumento altamente flessibile, se ne si indaga le potenzialità – che è anche lo scopo di questa tesi di laurea. Si analizzeranno infatti, gli aspetti di modellazione – evidenziandone potenzialità e criticità – in ottica di fornire anche degli strumenti all'approccio informativo applicato al patrimonio architettonico.
Sempre per quanto concerne la modellazione, il passaggio CAD to BIM, attraverso lo studio degli strumenti che fornisce Revit e la creazione di famiglie parametriche, utilizzando una logica razionale di approccio conoscitivo dell'applicativo e della logica con cui funziona, risulta essere attendibile e gestibile.
Quindi – anche se in questo paragrafo si intende spiegare la metodologia e fare il punto su alcuni elementi della modellazione – la logica degli elementi modellati non viene scissa da quella delle informazioni, essendo quasi tuti i componenti descritti da parametri che ne definiscono l'entità ontologica e le relazioni logiche.
Si è scelto di partire da un Template[33] architettonico classico e di collegare attraverso lo strumento collaborativo di Revit un Template strutturale in cui fosse disegnata solamente la struttura in calcestruzzo armato, in modo da averne un più facile e immediato controllo.
Lo strumento collaborativo ti permette di collegare più file insieme ad un modello unico, aspetto molto importante soprattutto considerando il carattere multidisciplinare della metodologia BIM, oltre che la possibilità di gestire separatamente diversi ambiti progettuali, con modelli più leggeri e più leggibili.
La creazione della Superficie Territoriale è stata fatta attraverso l'importazione da SketchUp

32 Software di casa Autodesk per la modellazione BIM.

33 La scelta del template è molto importante e va definitiva all'inizio del progetto in base agli obiettivi, agli standard e il sistema che si vuole adottare. Oltre alla scelta iniziale di lavorare con un template per un specifica disciplina (Architettonico, Costruzione, Energetico, Strutturale) è importante sottolineare che per ogni disciplina ci sono tanti template che si differenziano l'uno dall' altro (ad es. numero e tipologie di famiglie caricate, unità di misura) e che dipendono dall'environment in cui si opera; ovviamente il template è personalizzabile.

2018 delle curve di livello. SketchUp permette di estrarre da Google Earth i punti che definiscono le curve di livello, che verranno poi esportate in formato .dwg per essere lette da Revit con lo strumento "Importa CAD". Infine, attraverso lo strumento "Superficie Territoriale" di Revit si utilizza come riferimento il file precedentemente importato.

Si è passato poi all'utilizzo dei file CAD forniti dalla ETSA di Granada e provenienti dallo studio di V. L. Cotelo, che dopo una fase di rilievo per attestare l'affidabilità di quanto rappresentato sono stati importati nel modello Revit.

Il primo passo, è stata la creazione di Griglie per la struttura e alcune zone critiche (come l'unione di muri con differente spessore appartenenti a padiglioni diversi) perimetrali dei muri. Questo ha permesso di avere un modello ordinato e preciso in cui gli elementi fossero "bloccati" alle linee di riferimento.

Il tema dei muri è di centrale importanza, poiché il patrimonio storico di per sé ha delle caratteristiche particolari rispetto alla linearità e alla regolarità degli strumenti che fornisce Revit. Contemporaneamente alla creazione dei Muri, spesso l'uno diverso dall'altro, si utilizzano come riferimenti i documenti relativi alle indagini effettuate sull'edificio, per comprenderne le stratigrafie.

Lo stesso discorso viene applicato ai Pavimenti che grazie alle informazioni sulle indagini, le tavole sul Costruito/Demolito e sui nuovi interventi, vengono modellati contemporaneamente all'inserimento delle informazioni.

Parte rilevante è stata dedicata alla creazione delle Famiglie[34] per le quali si è scelto di evitare quasi totalmente la modellazione *in-place*, poiché poco gestibile e molto pesante, e la modellazione di masse, che per quanto possono facilitare l'approccio a forme più complesse e irregolari, rappresentano un'entità non propriamente informativa, poiché prescinde da una Categoria specifica di elemento architettonico, e quindi dai paramenti (informazioni) che sono legati all'oggetto.

La modellazione parametrica delle Famiglie agevola il loro riutilizzo, poiché famiglie della

34 Un modello di Revit è formato da Famiglie di Sistema, quelle non modificabili dall'utente, e che comprendono oggetti come Muri o Pavimenti, e Famiglie Caricabili, che sono quelle che possono essere create/modificate da un utente e caricate all'interno del progetto.

stessa categoria, possono essere riutilizzate cambiando i parametri al variare, ad esempio, della lunghezza.
Esistono due tipo di Parametri in un progetto BIM:

- Parametri di Tipo, che sono quelli che definiscono le caratteristiche che non variano da un oggetto all'altro. Possono essere rappresentati dalle dimensioni, dal materiale, dalle finiture.
- Parametri di Istanza, che sono quelli che possono fare riferimento allo stesso Tipo, ma che descrivono situazioni singolari e relative solo all'oggetto di riferimento (es. Collocazione spaziale-temporale).

Ad ogni componente del modello sono assegnati dei Parametri che ne definiscono la Fase di Creazione e Demolizione.
Sono stati creati, parallelamente dei Parametri specifici per il progetto, per descriverlo in base alle necessità di questo caso studio e che sono legati ad ambiti di valorizzazione del patrimonio, manutenzione, restauro ecc.
Queste caratteristiche alfa-numeriche vengono poi gestite in Database o in Abachi del modello, al fine di produrre elaborati tematici o di interagire più agevolmente con la parte informativa, anche in remoto e con strumenti unici.
La visualizzazione del modello, poi, viene considerata in base alla possibilità di cambiare i LoD in relazione agli Usi del Modello[35] e di interagire con tecnologie di Realtà Virtuale, attraversando il modello e interrogandone i componenti per visualizzare le informazioni, e nell'ottica di avere la possibilità di interagire nello stesso momento con la parte grafica e informativa, che è lo scopo principale della metodologia BIM.

4.4.4 . Lo strumento muro e le famiglie di sistema per l'edilizia storica

L'approccio alle componenti edilizie rappresentate dalle Famiglie di Sistema di Revit merita un'osservazione particolare poiché, data la natura complessa ed eterogenea dell'edilizia stori-

35 Gli Usi del Modello sono descritti nella parte 4 della Norma 11337:2017.

ca, il passaggio dall'entità reale allo strumento digitale non è immediato.

I muri e le griglie

Il primo passaggio da considerare è la creazione dei muri: l'edificio della ETSA ha una quantità elevata di muri diversificati che spesso variano spessore e composizione materica anche per brevi tratti. Revit non permette una creazione immediata di un muro con spessore variabile, quindi per gestirne una mole così alta e frequente è stato necessario impostare un metodo al fine di ottenere una corrispondenza tra la realtà e il modello virtuale che più fosse vicina all'oggetto reale senza alternarne le proprietà e la possibilità di gestire l'elemento con lo Strumento e i parametri dello famiglia Muro. A tal proposito è stata scartata dall'inizio la possibilità di creare i muri con lo strumento Massa, che permette la creazione molto più semplice di forme complesse e non regolari, in primo luogo perché si è scelto di evitare la modellazione *in-place*, che non è un oggetto propriamente informativo poiché non parametrizzabile, e poi perché si sarebbe persa tutta la parte di informazioni legate ai Parametri del componente Muro: stratigrafie, associazioni - per citarne alcune. Una possibile soluzione è stata ritrovata nella creazione delle Griglie di progetto, già utilizzate per la struttura, e che nel caso dei muri diventano un supporto indispensabile per tenere unite più entità in maniera corretta.
Per quanto riguarda la struttura è stato scelto di collegare un modello attraverso lo Strumento collaborativo di Revit, in cui fossero presenti solamente le componenti strutturali dell'edificio. Questa prassi facilita il processo di condivisione del lavoro e consente una gestione più semplice legata a un determinato aspetto del Progetto. Infatti, con un modello più leggero è stato molto più semplice realizzare correttamente l'intera struttura, che sarà poi unita al modello principale sotto forma di collegamento.
Sono state definite diverse nomenclature per le Griglie, a secondo dalle scopo per le quali sono state create. Per la struttura, si sono scelti semplicemente caratteri alfa-numerici ad una lettera.
Per quanto riguarda i muri, la creazione di supporti alla quale essere agganciati attraverso le Griglie ha permesso di avere una continuità tra tutti gli elementi, che essendo "bloccati" alle linee di riferimento mantengono una regolarità perimetrale e una corretta unione, sia dal punto di vista del materiale e della stratigrafia associata, che dal punto di vista spaziale (componente

orizzontale e verticale associata ai vari livelli dell'edificio).

Insieme a questo, dove non fosse possibile un giunto corretto tra i muri si ricorre allo strumento "Pilastro metrico adattivo", creato appositamente come famiglia metrica adattiva con un solo parametro relativo all'altezza e quattro punti da posizionare per colmare il "gap" dell'unione dei muri.

È utile differenziare, quindi, tra Pilastro strutturale e Pilastro architettonico (quello usato per questo scopo) in quanto quest'utlimo quando viene utilizzato eredita le caratteristiche dell'oggetto host (quello a cui è collegato e che lo ospita) e di conseguenza si adatta non solo nella forma ma viene anche inglobato nella stratigrafia del muro al quale è poggiato diventando parte del muro.

Al fine di avere un'organizzazione chiara dei supporti, per le Griglie alle quali associare i muri è stata prevista un'altra nomenclatura che prevede il prefisso "Div" seguito da un numero sequenziale.

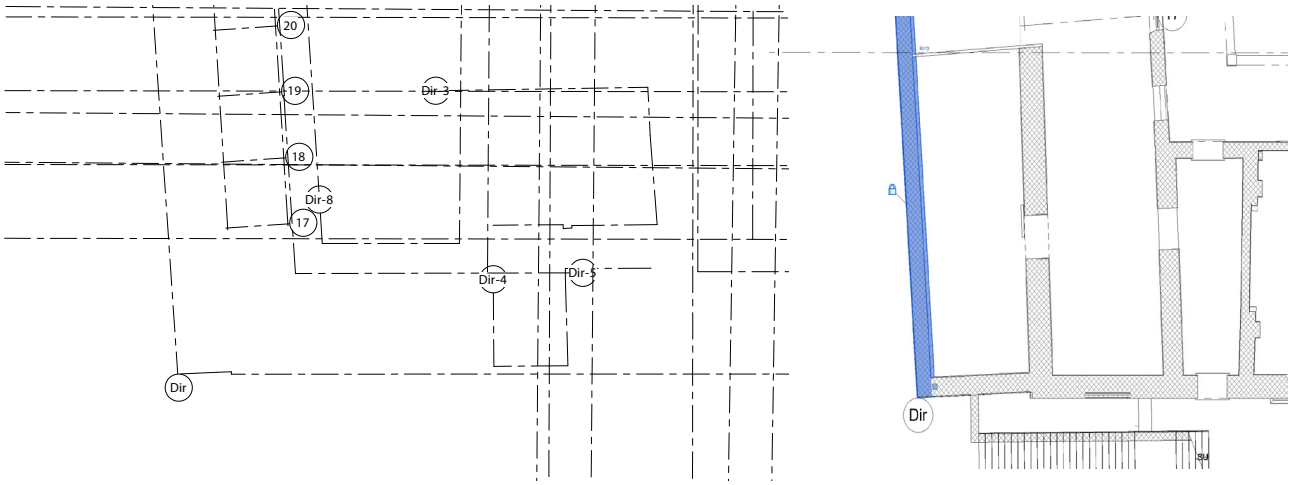


Fig 23. **SOPRA** Schema delle griglie ed esempio di un muro perimentrale vincolato ad esse.

Fig 24. **NELLA PAGINA SUCCESSIVA** Pianta in cui sono localizzati i carotaggi effettuati nelle fasi preliminari del Progetto di riqualificazione; Proprietà e Parametri associati ad ogni elemento puntuale; Abaco.

Le indagini preliminari del Progetto che hanno permesso la conoscenza delle parti dell'edificio grazie ad analisi specialistiche sono state utilizzate come riferimento per i materiali da associare ai muri, che confrontate con le tavole del Costruito/Demolito, e quelle dei materiali da posare in cantiere, vanno a formare un insieme chiaro di informazioni utili al modello. Gli stessi documenti, sempre presenti nell'*Anteproyecto*, sono tornati utili anche per i solai.

Le stratigrafie che descrivono lo Stato di Fatto prima del progetto di riqualificazione, bisogna confrontarle con il Plan de Obra, al fine di ottenere un quadro degli interventi che permette di

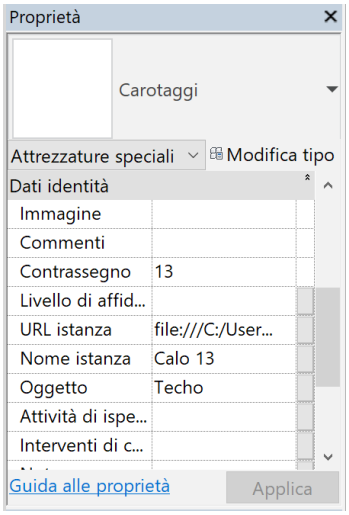
conoscere quanto della stratigrafia originale è rimasto; sono presenti casi in cui alcuni strati di finitura ritenuti di particolare interesse storico, sono stati conservati e coperti da strati protettivi.

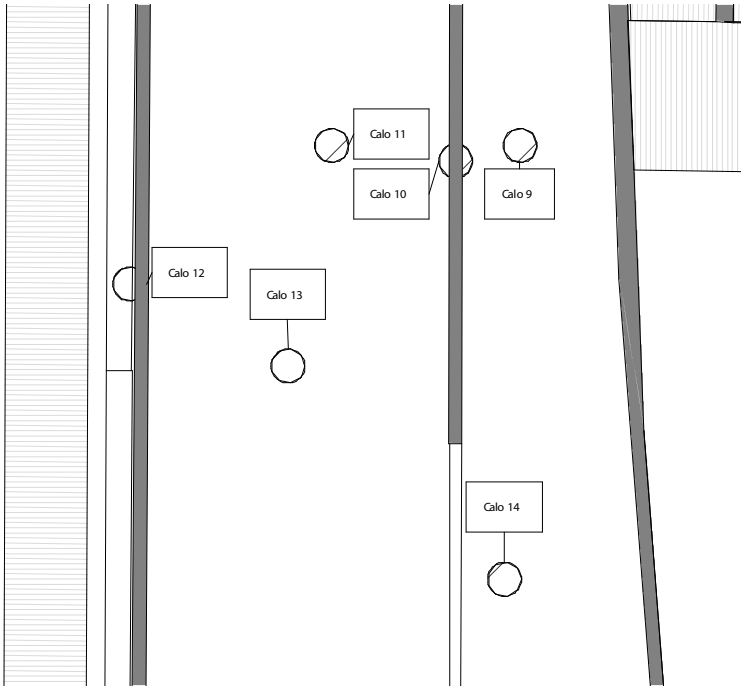
Piante tematiche sui carotaggi

I documenti sulle analisi sono confluiti nel Modello ed è possibile consultarli sia direttamente su Revit, sia sul Database creato appositamente per il progetto.

Si è scelto ovviamente, come per tutti gli altri elementi, al fine di mantenere una coerenza tra le informazioni e la catalogazione vigente, di utilizzare la stessa modalità descrittiva dei documenti originali.

Sono state create quindi delle piante tematiche riferite alla fase temporale 1994 (quando l'edificio è stato comprato dalla università di Granada) in cui sono localizzate tutte le indagini, identificate attraverso simboli interrogabili e a cui sono collegati tutti i documenti originali.





<Abaco dei carotaggi>

A	B	C	D	E	F	G	H
Nome istanza	Contrassegno	Oggetto	Immagine	Note	URL istanza	Livello	Fase di creazione
Calo 6	6	Suelo				03_Planta Alta	1994 - E.T.S Arquit
Calo 9	9	Suelo		12.5 + 5 Forjado unid	file:///C:/Users/Pi	03_Planta Alta	1994 - E.T.S Arquit
Calo 10	10	Techo			file:///C:/Users/Pi	03_Planta Alta	1994 - E.T.S Arquit
Calo 11	11	Techo			file:///C:/Users/Pi	03_Planta Alta	1994 - E.T.S Arquit
Calo 12	12	Suelo		20 + 10 Forjado unidi	file:///C:/Users/Pi	03_Planta Alta	1994 - E.T.S Arquit
Calo 13	13	Techo			file:///C:/Users/Pi	03_Planta Alta	1994 - E.T.S Arquit
Calo 14	14	Techo			file:///C:/Users/Pi	03_Planta Alta	1994 - E.T.S Arquit
Calo 15	15					03_Planta Alta	1994 - E.T.S Arquit

Sarà possibile quindi visualizzare una descrizione dell'indagine, delle immagini associate e di avere un'organizzazione degli elementi in base alle componenti alle quali si riferiscono: Muri, Solai, Tetti.

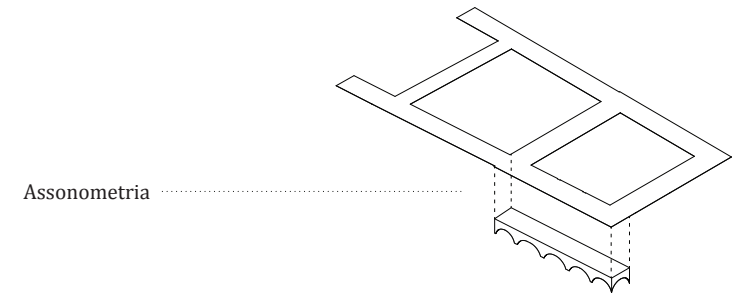
I solai

A causa delle complessità spaziale dell'edificio dovuta ai frequenti cambi di quota è stato necessario definire dei livelli principali a cui associare i rispettivi offset relativi a differenze nell'ordine dei 5-50 cm.

Nello specifico il progetto è articolato in questo modo

Con costante riferimento ai documenti sopra citati sono state definite le caratteristiche di ogni componente, tenendo presente un'ulteriore differenziazione tra i solai conservati, quelli rinforzati e quelli nuovi, descritti nel Capitolo "*Pliego de condiciones técnicas de la cimentación y de la estructura*". Qui è possibile ritrovare anche tutta l'informazione relativa alla parte strutturale e quindi alla tipologia costruttiva e ai materiali utilizzati. Per quanto riguarda, invece, la parte non strutturale dei solai, e nello specifico agli elementi di finitura e rivestimento bisogna fare riferimento al paragrafo "*Pavimentos"* presente nel *Plan de Obra*.

La metodologia adottata per la modellazione di questi elementi è quella che risulta essere prassi consolidata e che rappresenta una *best practice* per una razionale creazione degli elementi del modello; infatti si è scelto di separare la parte strutturale da quella di finitura associando a livelli diversi le due componenti, che di fatto, hanno un comportamento diverso in funzione dell'edificio.



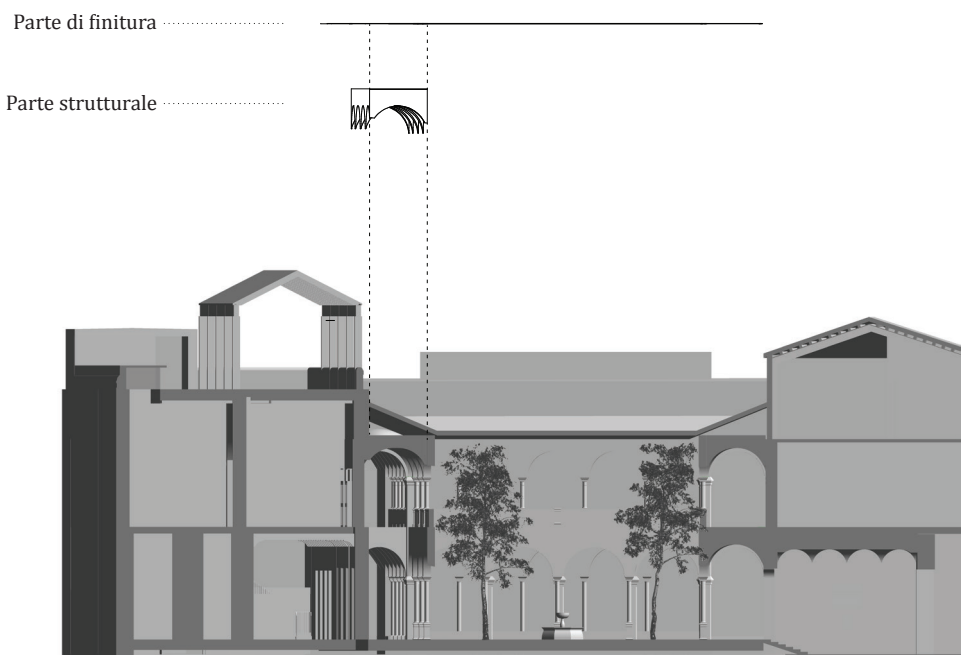


Fig 25. Rappresentazione di un solaio in cui si evidenzia la differenza tra parte strutturale e di finitura.

4.4.5 . Librerie di Famiglie

Lo scopo del BIM è di creare delle librerie integrate di oggetti intelligenti definiti semanticamente, legati al progetto attraverso livelli di approfondimento relativi all'esaustività dell'informazione – grafica e alfanumerica – e ai gradi di progressione nella definizione della parti dell'opera [5].

Le entità virtuali del progetto, facenti parte della piattaforma informatica, rappresentano gli oggetti reali, attraverso dei linguaggi che restituiscono le caratteristiche delle componenti edilizie. Queste caratteristiche, traducono in maniera semantica l'oggetto, che attraverso relazioni logiche sono inter-connesse creando l'apparato informativo del modello. Una metodologia *information based* si rende necessaria in quanto strumento adatto a gestire i diversi campi applicativi del progetto, oggi scomposto in tante discipline complesse, che necessitano una comunicazione efficace e comune a tutte le parti. Le diverse dimensioni del progetto si allargano, le informazioni vengono aggiornate nel tempo, raccolte in Database con tecnologie *cloud-based*, visualizzabili in piattaforme che tengono traccia degli aggiornamenti e che supportano non solo la lettura dei dati alfanumerici – ma anche la produzione di disegni tematici e riepilogativi che descrivono l'edificio in un tempo dato.

La costruzione di una libreria di Famiglie, in cui le componenti edilizie siano composte da parametri che ne descrivono l'entità specifica è quindi indispensabile per una corretta pratica informativa, e a tal proposito si cerca sempre di evitare oggetti "generici" ai quali non sia possibile attribuire specifiche caratteristiche.

Nell'edilizia storica la varietà e la complessità delle forme porta anche a ragionamenti più approfonditi sulla traduzione dal reale al digitale, in quanto i dati acquisiti o rilevati, tradotti in modelli digitali potranno avere la possibilità di essere riutilizzati. Risulta utile quindi una prima riflessione sulla replicabilità di un componente storico, che spesso risulta essere un *unicum*, ma per il quale è auspicabile una individuazione dei tratti caratterizzanti risalenti a un determinato periodo storico e che potrebbero essere gli elementi invariati di tipologie simili [4]. Inoltre, è necessaria una analisi sulla affidabilità del dato tradotto in BIM – sia per quanto riguarda l'aspetto grafico derivante da rilievi tradizionali, da CAD, o da nuvole di punti – sia per l'aspetto integrato di informazioni e conseguente strutturazione di queste. A tal proposito, la ricerca ha portato a risultati riguardanti il Livello di Affidabilità da affiancare a quello di

approfondimento dell'oggetto BIM [8], che tenendo conto di una matrice comprendente specifiche voci può diventare un modo per aumentare il valore dell'approccio alla conoscenza verso il dato storico. Non solo, la presente ricerca su questo caso studio, cerca anche di tradurre un livello di affidabilità di un dato storico non acquisito direttamente, come ad esempio quelli che riguardano gli interventi nel tempo, e che in un preciso momento storico possono significare ricostruzioni, e in un altro, successivo alla creazione del modello, possono significare memoria degli interventi, concetto ricollegabile anche a metodologie vigenti di catalogazione dei Beni Culturali.

Alcuni elementi di particolare interesse storico hanno bisogno di una riflessione riguardante la costruzione di modelli BIM, in quanto oggetti specifici complessi non direttamente controllabili attraverso gli attuali applicativi[36].

Questa necessità nasce dallo studio di diverse metodologie, al fine di sceglierne una adatta agli scopi del modello prefissati[37]. Tenendo in considerazione la possibilità di implementare il presente caso studio si è cercato di definire per ogni elemento un livello di approfondimento relativo a tutto l'apparato informativo derivante dai documenti di progetto e grafico, scalabile in base alle esigenze.

Modellazione delle volte

La modellazione delle volte è stato un punto centrale del progetto, in quanto è stata oggetto di diverse riflessioni sia rispetto alla natura informativa dei componenti, sia per quanto riguarda l'utilizzo degli strumenti di Revit.

Nel caso specifico delle volte a crociera si è scelto di modellare delle Famiglie adattive riconducibili a Volte a botte[38]. Le Famiglie adattive di Revit, permettono di avere dei punti di controllo posizionabili in maniera precisa nello spazio.

Si è partiti dalla creazione di pavimenti con la stratigrafia relativa alla volta e studiata nei do-

36 Nello specifico di questo caso studio si è utilizzato Revit.

37 È importante precisare che gli obiettivi del modello sono una prerogativa fondamentale, in quanto diversi modelli possono avere esigenze diverse. Di conseguenza cambia il modo di approcciare alla modellazione informativa. Ad esempio un modello generale dell'edificio utili a descrivere solamente le trasformazioni nel tempo del manufatto potrebbe non avere bisogno di un apparato informativo alfanumerico molto elevato né tanto meno di un livello di dettaglio grafico approfondito.

38 Le volte a crociera derivano dall'intersezione di due volte a botte ortogonali.

cumenti di progetto, ove il materiale predominante strutturale è il mattone.
La famiglia adattiva creata è costituita da solidi di sottrazione corrispondenti al negativo della volta e che quindi posizionati in corrispondenza del pavimento, taglieranno quest'ultimo in modo da averne il positivo. In fase operativa si è riscontrato un problema con il software Revit, in quanto nelle prime prove in cui veniva utilizzata una Famiglia riconducibile a una volta a crociera non era sempre possibile tagliare il Pavimento; questo perché il programma non permette di tagliare l'oggetto *host* sotto un determinato valore di tolleranza: vale a dire che per porzioni troppo piccole di un componente è impossibile creare il taglio. Si è arrivati quindi alla scelta finale di sviluppare le volte a crociera attraverso l'intersezione di due volte a botte. Questo ha permesso di gestire in maniera più efficace tutti gli oggetti. Interessanti studi sulla modellazione di superfici voltate sono ritrovabili anche negli atti "3D Modeling & BIM", il risultato di un workshop tenutosi alla Sapienza (Roma), in cui il contributo di alcuni gruppi di ricerca si è concentrato sulle modalità operative di analisi semantica e restituzione delle volte in ambiente BIM (specificamente con Revit); si segnala il contributo che descrive il processo reale/virtuale attraverso la comparazione di tre diverse piattaforme BIM (Revit, Archicad, AllPlan) a cura del Prof. Massimiliano Lo Turco e Andrea Tonin e quello del gruppo di rierca coordinato dalla Prof.ssa Antonella di Luggo che ha illustrato alcune delle prassi consolidate di cui sopra, proponendo l'integrazione di Dynamo per la costruzione delle superifici attraverso la programmazione algoritmica.

Particolari in stile

Come per le volte, ogni particolare in stile è stato modellato attraverso la creazione di apposite famiglie parametriche, in cui si è cercato di individuare il dato potenzialmente costante per renderlo flessibile e riutilizzabile. Ad esempio le colonne del patio antico rappresentano quattro tipi diversi dello stesso stile in quanto varia la lunghezza del fusto, la base e l'altezza complessiva. Nello specifico abbiamo:

- Colonna del XVI secolo con base di pietra di Elvira e fusto in marmo bianco che sorregge gli archi a tutto sesto del piano terra
- Colonna del XVI secolo, simile alla precedente ma che sorregge gli archi a sesto ribassa-

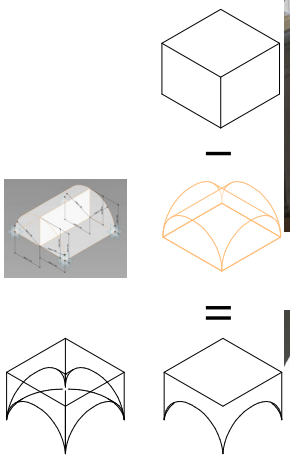


Fig 26. **SOPRA** Genesi di una volta.
Fig 27. **IN ALTO** Immagini di cantiere.
Fig 28. **AL CENTRO** ETSAG.
Fig 29. **IN BASSO** Modello BIM.

to del piano superiore

- Colonna del XVI secolo senza fusto e capitello corrispondente al *Cuerpo H*
- Colonna del 1788 senza base, costruite sullo stesso stile delle precedenti e con il fusto più alto

Fig 30. I diversi tipi di colonne del patio antico e i relativi parametri associati.

Le tipologie di finestre, da differenziare tra quelle esistenti e quelle di progetto, sono state pensate con lo stesso criterio, avendo la necessità, soprattutto per quanto riguarda quelle del patio, di essere riutilizzate con diverse dimensioni e con piccole variazioni relative al telaio.
Lo stesso discorso è stato fatto per i portali di ingresso dell'edificio e le finestre della Chiesa.
Le finestre per cui ci si è basati su una ricostruzione documentale in quanto relative a periodi precedenti a quelle del progetto di riqualificazione e non più presenti avranno un parametro che descrive l'accuratezza del dato elaborato.
Le mensole che sorreggono le volte a crociera della pianta principale sono modellate come oggetti "basati su muro".

4.5.1 Informazioni sulle fasi storiche

Uno degli interessi del modello di questo edificio storico è evidenziare i cambiamenti avvenuti nel tempo, descrivendo le diverse fasi che lo hanno interessato e hanno apportato cambiamenti nello stile architettonico e nel contesto urbano in cui si inserisce.
Per questo sono state create tante **Fasi** nel progetto quanti sono gli interventi che sostanzialmente lo hanno modificato, spesso in seguito a un cambio di destinazione d'uso.
In ottica di gestione del modello, il concetto di destinazione d'uso è importante, in quanto ogni spazio dell'edificio avrà una propria funzione. Questo aspetto viene gestito attraverso lo stru-

mento “Locali” che delimita uno spazio definito e alla quale è possibile associare una specifica funzione e altre caratteristiche riguardo la fruibilità degli Spazi.
Questo è stato molto importante per l’ultima fase dell’edificio, quella corrispondente al progetto per la Scuola di Architettura, in cui ad ogni locale è stato assegnato un Reparto, in base al tipo di funzioni svolte.
In ottica di Facility Management, è stato elaborato un modello per cui a ogni Locale è possibile assegnare Parametri che lo descrivono, raccolti poi in Database strutturati creati appositamente per il progetto, aspetto di cruciale importanza. Vi è così la possibilità di controllare e aggiornare i sopralluoghi effettuati o di programmarli nel tempo, mantenendo sempre uno storico di tutti quelli precedenti e di eventuali interventi effettuati.
Per una panoramica descrittiva sulle fasi storiche si rimanda al Capitolo 2.
La ricostruzione temporale è stata possibile attraverso la bibliografia specifica di cui si è parlato nei capitoli precedenti e i documenti pervenuti negli archivi.
Per un edificio che è stato oggetto di così tante trasformazioni nel tempo avere uno storico che permette di leggere istantaneamente a quale periodo storico di riferimento appartiene un determinato componente edilizio è alla base di una conoscenza del manufatto più accurata, insieme con la possibilità di far confluire nel modello tutte le informazioni relative a quel determinato oggetto: informazioni sul restauro, sulla manutenzione programmata, monitoraggio del degrado. Infatti ogni singolo componente del modello ha, dove presente e necessario, una propria descrizione collegata a un modello .pdf esterno, leggibile sia da un applicativo Revit sia dalla banca dati associata.
La modellazione delle diverse fasi storiche pone l’attenzione su alcuni problemi legati alle componenti di Revit, per cui è bene entrare nello specifico in modo da capirne il funzionamento e il collegamento che vi è tra gli elementi del modello.
Infatti, la modellazione con l’impostazione di diverse Fasi porta con sé una discussione relativa al comportamento delle Famiglie di Revit, per cui non sempre vale il principio di attribuzione temporale e per cui bisogna fare attenzione.

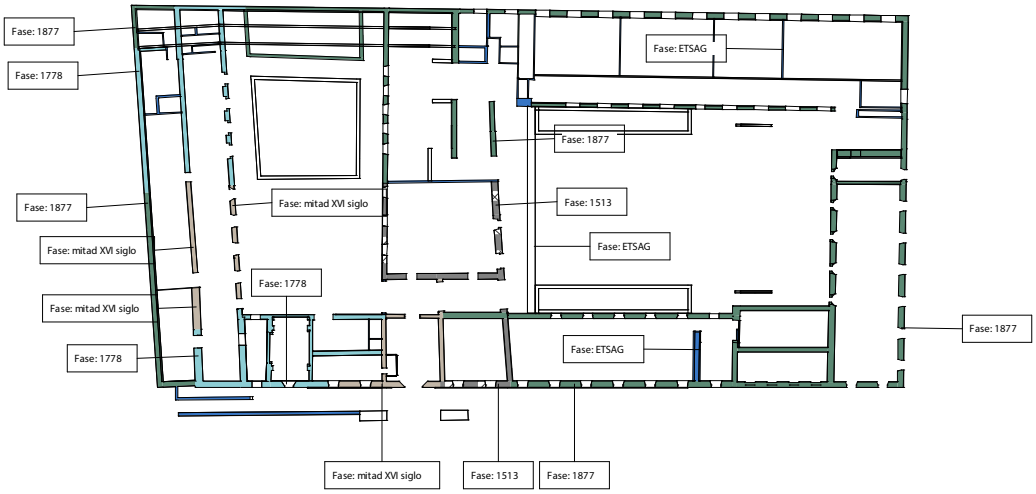


Fig 31. Pianta tematica in cui sono differenziati i muri in base al periodo di edificazione e relativa Etichetta associata.

Ci sono Famiglie di sitema[39] come i Pavimenti che non riescono a gestire le modifiche rispetto alla dimensione temporale in quanto non "contengono" al loro interno sotto-categorie "temporizzabili". Per esempio, il giunto tra un muro e un pavimento creerà un vuoto nell'oggetto ospitante (muro): questo vuoto sarà presente in tutte le fasi del progetto senza essere suscettibile del fatto che una modifica sia stata effettuata prima o dopo una determinata fase.

Al fine di ovviare a questo problema, per motivi di rappresentazione, si è ricorso a famiglie adattive realizzate con Pilastri architettonici, che si fondessero al muro (ereditandone tutte le caratteristiche) e colmassero lo spazio risultante.

Questa scelta è stata dettata da motivi puramente di rappresentazione, e infatti se le necessità e le finalità del modello non richiedessero un'aderenza perfetta a un modello geometrico, ai fini dello scopo che ci si è preposti, non cambierebbe nulla.

4.5.2. Livelli di affidabilità nei processi HBIM

Il costante interrogarsi sui risultati ontologici del passaggio da un oggetto reale ad un modello virtuale merita una riflessione per cui si aprono scenari interessanti e punti di vista volti a rafforzare il significato di conoscenza.

Nel passaggio da un modello numerico ad uno geometrico della realtà, strutturato anche a livello semantico, la ricerca si concentra sulla necessità di misurare ed esplicitare il livello di

39 Le famiglie di sistema sono quelle non caricabili e che rappresentano i componenti principali dell'edificio (Muri, Tetti, Pavimenti).

affidabilità degli oggetti digitali, risultanti da tutti i processi di analisi e rielaborazione critica, che tenga conto sia della rispondenza geometrica che dell'affidabilità del modello rispetto alla realtà che intende descrivere, composta da elementi e processi costruttivi accostabili in buona parte all'insieme coordinato definito in ambiente BIM [Bianchini].

Il processo di traduzione semantica del reale in oggetto virtuale attraverso la costruzione di specifici attribuiti che descrivano l'affidabilità di ogni elemento presente nell'ambiente informativo diventa quindi uno strumento di supporto al processo conoscitivo, in cui si evidenzia il contenuto dei dati provenienti dai disegni, dalle fonti e dalle campagne di rilievo e l'eventuale peso che ogni strumento di indagine conoscitiva può avere nella costruzione di un modello virtuale.

Bianchini e Nicastro[40] hanno dato un contributo alla comunità scientifica creando un set di strumenti condivisibili che consiste nella creazione di una matrice contenente valori numerici per ogni singola voce presente che descrive il passaggio dalla realtà alla sua rispondenza ontologica.

Il risultato sarà un valore medio su una scala da 1 a 10 che rappresenta il LOR (Level of Reliability)

OGGETTO:	CODICE:	FAMIGLIA:	DESCRIZIONE:
Caratteristiche geometriche intrinseche		Forma libera o scultorea	-Traduzione geometrica simbolica - 0
		Forma semplice o composta	-Traduzione geometrica parametrica (per elementi tipo) - 1 -Traduzione geometrica puntuale (per elementi specifici) - 2
Dati di rilievo		Dati non disponibili	-Traduzione geometrica simbolica – 0
		Dati disponibili	-Traduzione geometrica parametrica (da rilievo non integrato) - 1 -Traduzione geometrica puntuale (da rilievo integrato) - 2
Indagini Specialistiche		Dati non disponibili	-Definizione informativa ipotetica – 0
		Dati disponibili	-Definizione informativa generica (da indagini a campione) - 1 -Definizione informativa specifica (da indagini dirette o diffuse) – 2

40 Sapienza Università di Roma

Materiali / Fonti d'archivio	Dati non disponibili	-Definizione informativa ipotetica – 0
	Dati disponibili	-Definizione informativa generica - 1 -Definizione informativa specifica - 2
Caratteristiche fisiche	Indicazione generica delle caratteristiche dei materiali	-Definizione informativa ipotetica (o per analogia) – 0
	Indicazioni specifiche delle caratteristiche dei materiali	-Definizione informativa generica (o superficiale) - 1 -Definizione informativa specifica (o stratigrafica) – 2
Definizione tecnologica / Articolazione tettonica	Conformazione incerta o non definibile	-Definizione simbolica – 0
	Conformazioni verificata o definibile	-Definizione generica - 1 -Definizione specifica – 2
Stato di conservazione	Dati non presenti nel Database	-Stato conservativo non definito – 0
	Dati presenti nel Database	-Stato conservativo descritto per mezzi esterni - 1 -Stato conservativo definito con oggetti digitali -2
Verifiche di rispondenza e/o congruenza	Verifiche non effettuate o in corso	-Definizione geometrica non verificata - 0
	Verifiche effettuatw	-Definizione geometrica verificata – 1 -Definizione geometrica validata – 2
Indicazioni operative o di approfondimento	Indicazioni non fornite nel database	-Indicazioni assenti – 0
	Indicazioni fornite nel database	-Indicazioni generiche – 1 -Indicazioni specfiche – 2

1. Scheda Tipo per la determinazione del Level of Reliability; Bianchini, Nicastro; 2018.

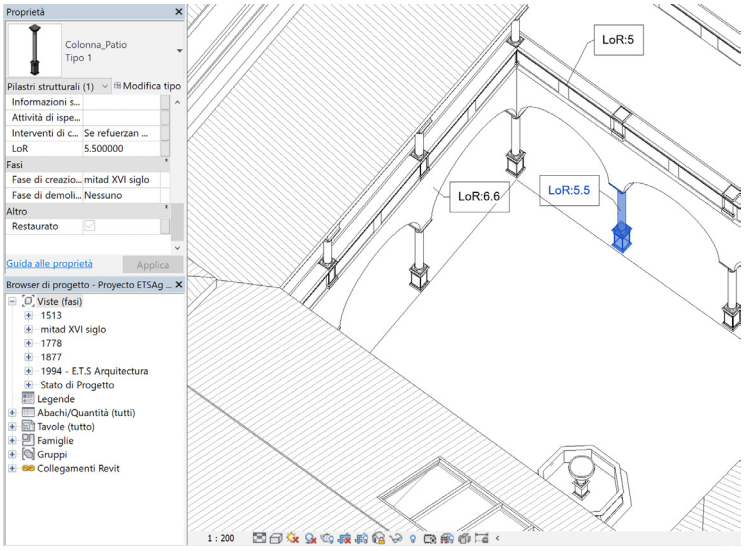


Fig 32. Livello di affidabilità di alcune componenti del modello.

Il confronto con diversi e variegati periodi storici porta a dover considerare ulteriori aspetti e sfere della conoscenza. La presente tesi cerca di approfondire il tema dell'affidabilità del dato geometrico, acquisito, proveniente da fonti bibliografiche, analizzando gli aspetti di ricostruzioni di parti di una fabbrica o di un intero edificio, al fine di avere dei riferimenti chiari relati-

vi ai periodi storici che hanno interessato il manufatto.
La costruzione di librerie semantiche e strutturate di oggetti dell'architettura può essere una prima risposta all'affidabilità dell'oggetto digitale, essendo oggi ancora non disponibile una immediata traduzione delle forme del passato in oggetti BIM, si cerca di indagare la dualità tra un componente parametrico e le forme più ricorrenti dell'architettura, scomposte in elementi singoli che compongono in maniera graduale componenti più complesse [9].
Lo studio delle fonti è un tema centrale e delicato e nell'ottica di ricostruzioni di tipo archeologico non può essere tralasciato o rischiare di essere una libera interpretazione.
Da qui nasce la creazione di un ulteriore parametro volto a descrivere l'affidabilità delle fonti storiche nella ricostruzione archeologica di una parte o di un manufatto rientrante nella logica temporale di un processo BIM.
Il tema delle fonti consultate può essere scomposto in:

- Tipo di fonte
- Completezza della fonte
- Affidabilità della fonte
- Livello di interpretazione della fonte

Per ogni caratteristica principale di un elemento si può definire un livello di affidabilità rispetto alla sua Geometria, Posizione nello spazio, Anno, Colore, Materiale/Sistema costruttivo, Contesto [10].
Inoltre, se si considera che la trasposizione del reale in oggetto digitale rappresenta un preciso momento, non si può scindere questa dimensione dalle considerazioni di attribuzione agli stessi elementi del modello l'aspetto temporale che riguarda implementazioni future. Alle stesse caratteristiche temporali che possono riguardare il restauro o la gestione, vanno aggiunti i livelli di affidabilità [10].
L'aspetto scientifico riguardante la ricostruzione archeologica deve quindi interpretare il livello di affidabilità delle fonti che in genere sono rappresentate da disegni, foto, piante, bibliografia storica, al fine di restituire qualità all'informazione visualizzata in digitale derivante da una analisi critica [11] che sia in ambito scientifico che non, costituisce interessante lettura del

manufatto e della sua storia.

Tenendo presenti questi assunti si riporta una prima classificazione:

NS	Conoscenza non sufficiente - Oggetti per cui non è possibile ritrovare una documentazione affidabile specifica se non informazioni generiche
S	Conoscenza Scarsa - Oggetti per cui non vi è una documentazione specifica ma vi è la possibilità di ricondurle a fonti bibliografiche, documenti inerenti o disegni
D	Conoscenza documentata - Interventi documentati attraverso specifiche informazioni, immagini, disegni, per cui non vi è solo la possibilità di collocarli nello spazio, ma nello specifico averne dimensioni affidabili, composizione materica, dettagli
C	Conoscenza completa - Elementi demoliti dopo la creazione del modello BIM per cui vi è una conoscenza perfetta e documentata; aggiunge al livello precedente la dimensione temporale

2. Tabella con valori di affidabilità attribuibili alle ricostruzioni nel modello.

Si riportano degli esempi sul caso studio rispetto alla ricostruzione dei patii risalenti alla Casa di Stefano Centurione e agli elementi di chiusura del patio antico aggiunti all'inizio del '900.

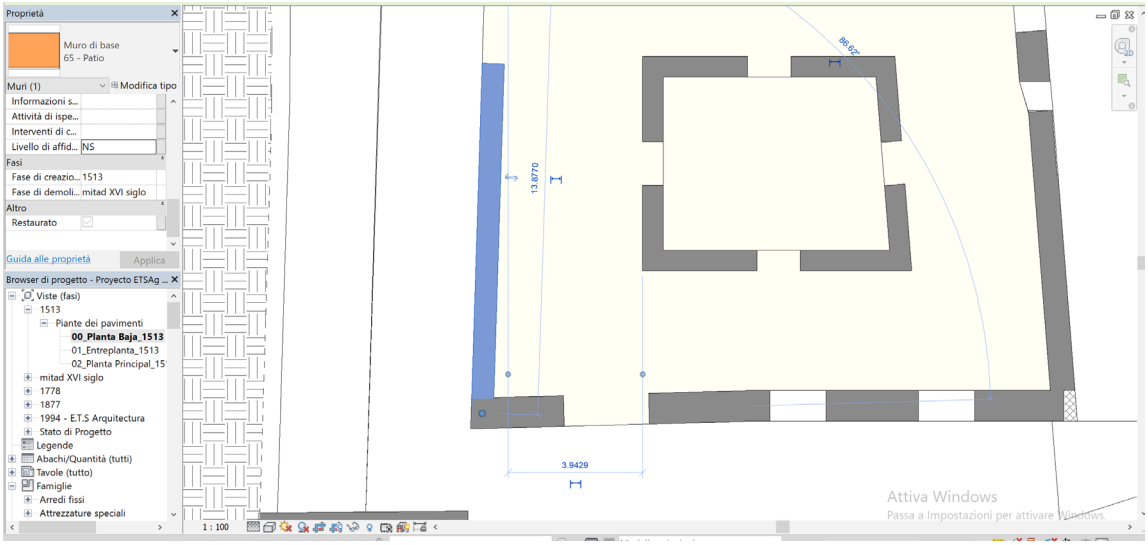
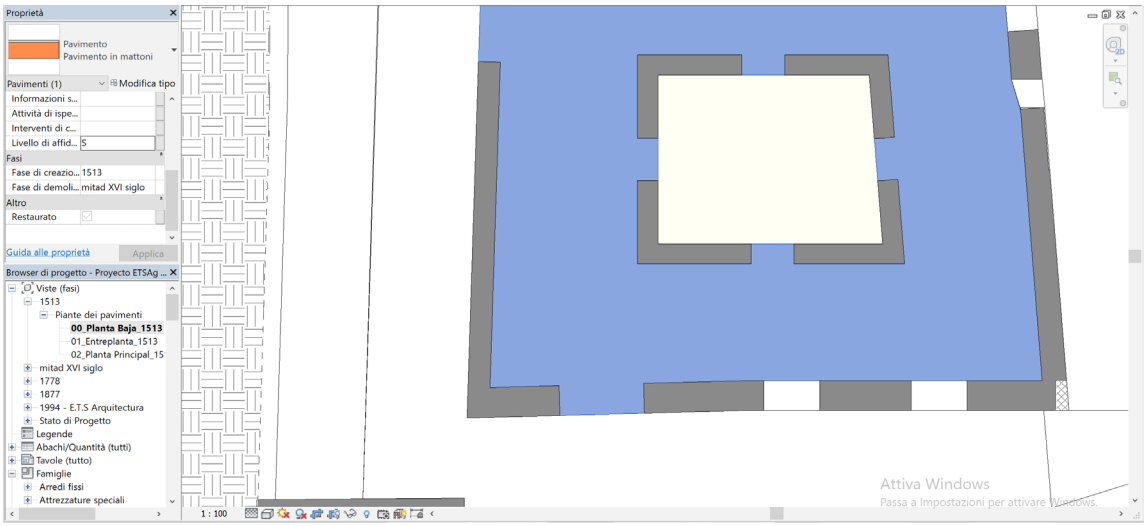
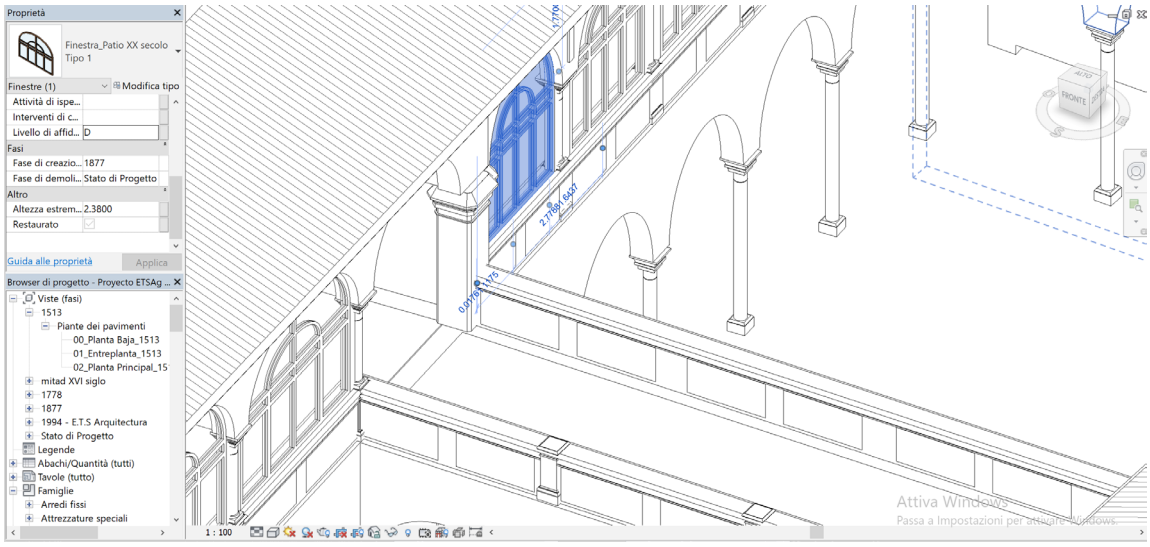


Fig 33. **SOPRA** Muro della casa di Stefano Centurione **NELLA PAGINA SUCCESIVA** Pavimento delle casa di Stefano Centurione e Finestra di chiusura del Patio.





4.5.3 . Informazioni sul restauro

L'approccio alla modellazione informativa deve confrontare l'utilizzo dei più avanzati sistemi innovativi con le vigenti prassi, allo scopo di unificare i saperi utilizzando linguaggi simili e integrati. La conoscenza del mondo come lo vediamo (teoria) e del mondo com'è (prassi) troverà come elemento di mediazione il linguaggio, che traduce le cose del reale, in significati percepiti dall'uomo [5]. In quest'ottica deve essere garantito un corretto dialogo tra i soggetti operanti, in quanto un modello BIM racchiude diversi tipi di conoscenza che fanno riferimento a diverse figure, senza operare un distacco da ciò che oggi è consolidato, ma cercando una corretta integrazione tra i sistemi tuttora vigenti che purtroppo risultano avere ancora problemi sotto l'aspetto comunicativo, che invece è indispensabile e vantaggioso.

Il concetto di ciclo di vita, che trova nella metodologia informativa pieno compimento, è la base da cui partire per allestire dei modelli digitali che rappresentino il reale e funzionino

come una sorta di "libretto di manutenzione" [12].

La possibilità di gestire su piattaforme uniche e condivise i dati relativi a diversi aspetti del progetto, integrati e connessi, permette un osmosi dei saperi utili ad una conoscenza più verosimile della fabbrica.

La creazione di Parametri di progetto che integrino gli aspetti derivanti da saperi differenti, impostati in maniera che dialoghino e facilmente consultabili è importante, unitamente alla possibilità non solo di interagire con essi ed aggiornarli (*Facility Management*) ma anche alla produzione di tavole grafiche/tematiche che rendano la lettura delle informazioni immediata.

Ogni elemento del Progetto che è stato oggetto di Restauro infatti sarà contrassegnato da un apposito Parametro al quale sono collegati i dati riguardanti le operazioni effettuate e le analisi, insieme con le fotografie dei disegni originali e le indagini in cantiere.

Le informazioni confluite nel modello derivano dai documenti originali di Progetto e dei quali si mantiene la stessa nomenclatura nel modello digitale, identificata in base alla loro posizione nell'edificio attraverso un contrassegno. Lo stesso discorso viene fatto per i Locali, immediatamente comprensibili e nei quali è posizionato un contrassegno (Cono ottico) che identifica da quale punto nello spazio è stata scattata la foto per la documentazione dell'oggetto di riferimento.

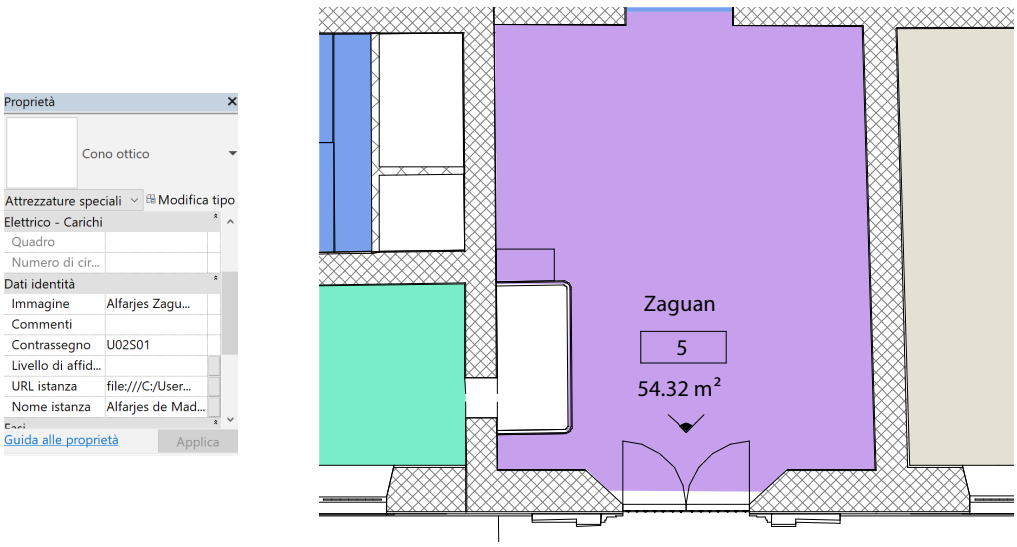


Fig 34. Pianta con i Locali e i coni ottici che identificano da che punto è stata scattata l'immagine collegata.

La produzione di tavole tematiche rende facilmente comprensibile, attraverso i filtri di Revit[41], il dato integrato esplicitato in maniera grafica e alla quale sono collegate una serie di informazioni alfa-numeriche consultabili direttamente nel programma o nel Database creato appositamente. Quest'ultimo permette una consultazione e un aggiornamento delle banche dati facilitata, in quanto sviluppare appositamente un applicativo che organizzi le informazioni permette di operare in remoto o in "cloud", senza la necessità di apposite piattafrome BIM e riduecendo inoltre i tempi delle operazioni di "back-office", avendo la possibilità di operare con qualsiasi dispositivo o computer direttamente in cantiere, quando si effettuano sopralluoghi, ecc... [3].

Tutte i dati riguardanti il restauro delle parti del manufatto sono descritte attraverso le analisi preliminari, le necessità e i modi di intervenire consigliati.

È necessario inoltre avere una comunicazione integrata anche con i sistemi appartenenti ai Beni Culturali e alle schede ICCD, ovvero le schede di catalogo, al fine di rendere inter-operabile la piattaforma informativa, che auspicabilmente diventerà un modus operandi applicabile a qualsiasi caso studio e a tutto il patrimonio, operazione che porterebbe numerosi vantaggi innovativi al sistema di valorizzazione e conservazione dei Beni architettonici e culturali.

Le schede ICCD sono uno strumento che si basa su standard catalografici definiti per attuare protocolli di catalogazione omogenei a scala nazionale e attraverso una gestione informattizata. È costituita da un apparato normativo e da nozioni tecniche rivolte agli ambiti di tutela del MiBACT (archeologico; architettonico-paesaggistico; storico-artistico ed etnoantropologico).

È stato studiato un caso studio applicativo relativo ai Beni archeologici, che come i sistemi di catalogazione, ragiona in maniera strutturata e gerarchica, scomponendo il sistema in più parti elementari.

Il caso di riferimento è quello del sito archeologico di Pompei che attraverso un sistema applicativo basato sull'informazione integrata di dati tecnici e descrittivi, geografici e cartografici, consente di avere una valutazione completa e di attuare piani programmati di conservazione,

41 Lo strumento "Filtri" di Revit consente di gestire proprietà di Visualizzazione/Grafica in maniera prioritaria rispetto all'impostazione generale definita. Questo significa che se viene assegnato un filtro in base a un determinato Parametro, gli elementi che rientrano nell'intervallo deciso saranno definiti in base alle regole del filtro e non a quelle generali definite per la categoria.

di ispezioni periodiche e di interventi.

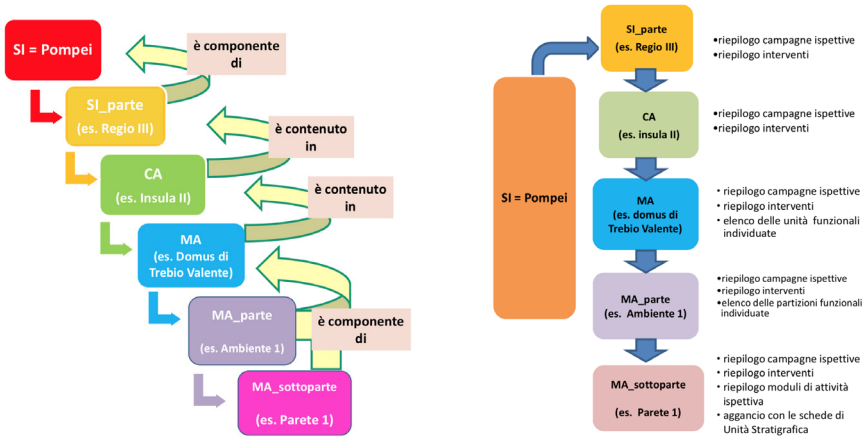


Fig 35. Classificazione e scomposizione in parti secondo il sistema di catalogazione dei Beni Culturali (Schede ICCD); Caso applicativo del sito archeologico di Pompei; www.iccd.beniculturali.it.

Attuando una logica che va dal generale al particolare è possibile descrivere qualsiasi parte o sotto parte di un insieme senza perderne il filo. Riconducibile ai sistemi che in automatico Revit è capace di gestire in base alle componenti di un modello e che si rifanno a classificazioni Uniclass e Omniclass.

	A	B	C
1	**Table 23**	**Products**	
2	OmniClass Number	OmniClass Title	
3	23-11 00 00	Site Products	
4	23-11 11 00	Ground Anchorages	
5	23-11 11 11	Retaining Stabilizing Ground Anchors	
6	23-11 11 11 11	Retaining Stabilizing Ground Components	
7	23-11 11 11 11 11	Stabilizing Ground Anchor Heads	
8	23-11 11 11 11 13	Stabilizing Ground Tendons	
9	23-11 11 11 13	Stabilizing Ground Grouted Anchors	
10	23-11 11 11 15	Stabilizing Ground Plate Anchors	
11	23-11 11 11 17	Stabilizing Ground Rock Bolts	
12	23-11 11 11 19	Stabilizing Ground Rock Anchors	
13	23-11 11 11 21	Stabilizing Ground Anchor Tiebacks	
14	23-11 11 13	Earth Reinforcement Anchors	
15	23-11 11 13 11	Earth Reinforcement Soil Nails	
16	23-11 13 00	Ground Improvement Products	
17	23-11 13 11	Soil Stabilization Products	
18	23-11 13 11 11	Soil Stabilization Injectable Chemicals	
19	23-11 13 11 13	Soil Stabilization Pressure Grouting	
20	23-11 13 11 15	Ground Freezing Soil Stabilization	
21	23-11 13 11 17	Soil Stabilization Fills	
22	23-11 13 11 17 11	Soil Stabilization Fill Blocks	
23	23-11 13 11 17 13	Soil Stabilization Compressible Fill	
24	23-11 13 11 19	Other Soil Stabilizations	
25	23-11 13 11 21	Piped Field Drainage	
26	23-11 13 11 21 11	Field Drainage Land Drainage Pipes	
27	23-11 13 11 23	Field Drainage Blocks	
28	23-11 13 11 25	Field Drainage Geocomposite Drains	
29	23-11 13 11 25 11	Field Drainage Geocomposite Edge Drains	
30	23-11 13 11 25 13	Field Drainage Geocomposite In Place Wall Drains	
31	23-11 13 11 27	Geotextile Subsurface Drainage Filtration	
32	23-11 15 00	Sheeting and Revetments	
33	23-11 15 11	Sheeting Geosynthetics	
34	23-11 15 11 11	Sheeting Geotextiles	
35	23-11 15 11 13	Sheeting Geogrids	
36	23-11 15 11 15	Sheeting Geomembranes	
37	23-11 15 11 17	Sheeting Geocomposites	

Fig 36. Esempio di Tabella di classificazione delle componenti edilizie secondo OmniClass; Scheda dei prodotti.

Le informazioni collegate al sistema schedografico contengono una serie di Parametri attribuibili connessi alle attività come le Campagne ispettive o il Riepilogo interventi.
In particolare:

- Schede per descrivere le attività di ispezione effettuate nel tempo
- Schede per descrivere gli interventi di conservazione effettuati nel tempo

Nel modello BIM è riportato lo stesso sistema, seguendo la stessa logica programmatica in cui è possibile tenere traccia e avere un approccio dinamico alla programmazione degli interventi. Questa integrazione tra le diverse figure operanti può essere alla base di protocolli di intervento più consapevoli. Si riportano degli esempi pratici sviluppati sul caso studio:

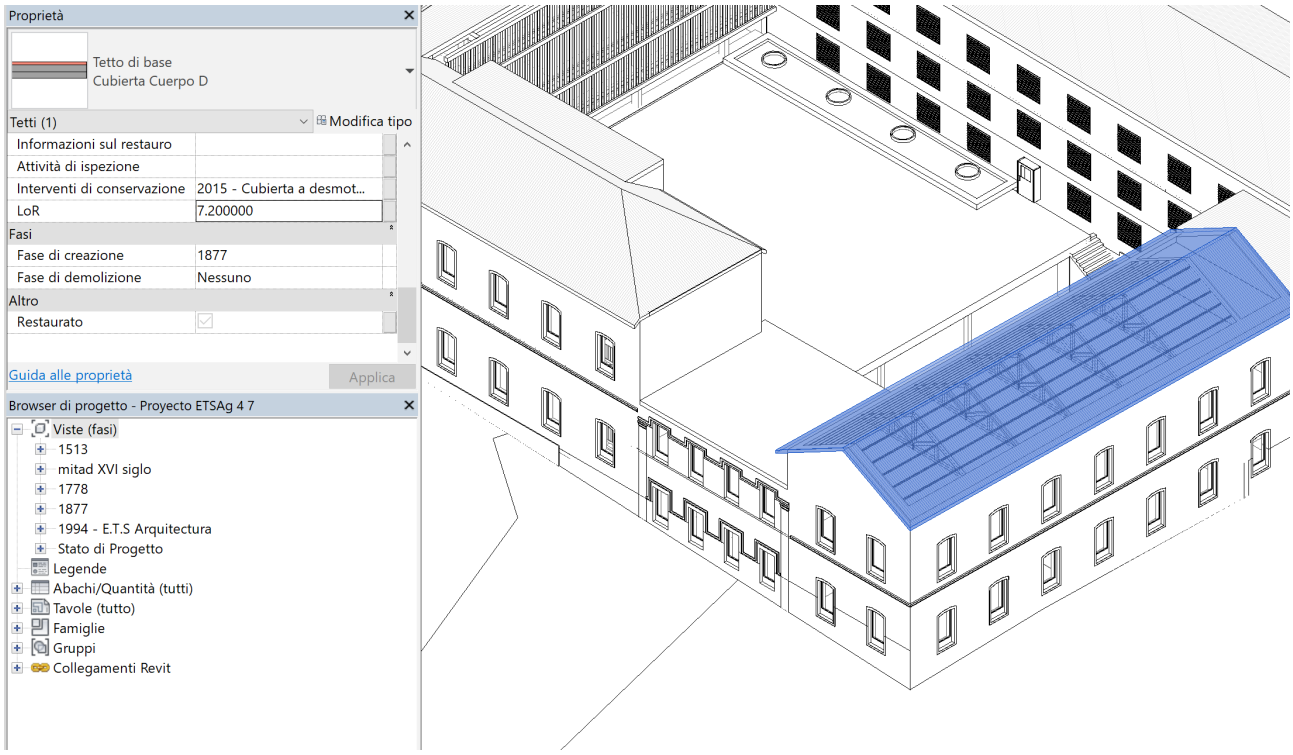


Fig 37. Esempio applicativo dell'utilizzo degli standard catalografici derivanti dalle shcede ICCD nel modello Revit. Parametro "Interventi di conservazioni" compilato per una copertura parzialmente recuperata in fase di restauro e rifunzionalizzazione.

4.5.4 . Documenti e lettura dei Parametri: gestione grafica e alfa-numerica

La gestione delle informazioni attraverso modelli geo-alfanumerici, tridimensionali e parametrici, è il punto di arrivo a cui si sta cercando di arrivare nel processo delle costruzioni e del costruito, che uniti a Piattaforme di gestione dei dati relazionali, diventano un forte strumento innovativo in tutte le fasi di un edificio.

In cantiere, vi è la possibilità di avere un Database sempre aggiornabile in base agli avanzamenti, con la possibilità di creare Report, direttamente da dispositivi mobili di facile utilizzo o piante tematiche che riassumano lo stato dei lavori. Questo permette in maniera intuitiva di mantenere sempre il controllo dei tempi e la gestione delle risorse.

Oppure, una volta che verrà concluso il cantiere e inizierà la vita di un edificio, il Database diventa una Piattaforma dove poter gestire tutti gli aspetti del progetto, dal Facility Management ad eventuali interventi o alla valorizzazione del Bene.

Gli abachi in Revit permettono una gestione locale delle informazioni alfa-numeriche, con la possibilità di organizzare e filtrare i dati, producendo tavole schematiche/sintetiche, utili anche ad una più veloce fase di compilazione di dati che automaticamente aggiorna le entità del

modello.

Ovviamente per quanto riguarda sistemi più complessi e articolati bisogna integrare i consueti applicativi BIM con sistemi DBMS (Database Management System) capaci di mantenere le relazioni parametriche tra gli oggetti e di strutturarle. A questo punto ci sarà una dualità tra l'ambiente Revit e quello del Database (anche sotto forma di applicazione) che si scambieranno le informazioni in maniera biunivoca aggiornandosi in base alle modifiche effettuate. Se aggiungiamo a questo la possibilità di creare profili di utenza, o di validazione e controllo dei dati e ancora, la possibilità di gestire tutto il compendio delle informazioni riguardanti un edificio, le potenzialità informative sono ancora meglio sfruttate.

<Abaco dei locali restaurati>

A	B	C	D	E	F	G
Locale: Nome	Locale: Livello	Locale: Restaurato	Nome istanza	Contrassegno	Immagine	URL istanza
Biblioteca	00_Planta Baja +70	Sì	Alfarjes de Madera	U05	Alfarjes de Mader	file:///C:/Users/Pi
Patio antiguo	00_Planta Baja +70	Sì	Bovedas baidas	U04G05	Bovedas baidas_	file:///C:/Users/Pi
Patio Antiguo	00_Planta Baja +70	Sì	Elementos decorativos	U04F03		file:///C:/Users/Pi
Galeria Patio Alta	02_Planta Principal	Sì	Mensulas de yeso	U04G06	Mensula de yeso	file:///C:/Users/Pi
Torreon	02_Planta Principal	Sì	Restos policromos	U02S06		file:///C:/Users/Pi
Zaguan	00_Planta Baja +70	Sì	Alfarjes de Madera	U02S01	Alfarjes Zaguan.b	file:///C:/Users/Pi
Sala de profesores	02_Planta Principal	Sì	Armadura recta ochav	U02S03		file:///C:/Users/Pi

Fig 38. Abaco dei Locali restaurati in cui sono presenti le informazioni riguardanti elementi restaurati, relative immagini e contrassegni identificativi.

Gli abachi si usano per computare tutte le informazioni del progetto, anche quantitative-estimative. Infatti elenchi e computi vengono estratti direttamente dal modello, e qualsiasi voce è suscettibile di modifiche bi-direzionali.

La rete parametrica è quindi uno strumento molto potente che identifica il modello digitale informativo.

Su una stessa Tavola di Progetto, creabile direttamente attraverso Revit, è possibile inserire tabelle e dati grafici associati.

Gestire la totalità di informazioni derivante da una moltitudine di fonti, quali disegni storici, disegni tecnici, cartografie, da collegare ad un unico modello virtuale permette di raccogliere e organizzare i dati e visualizzarli direttamente dal modello o dalla banca dati associata.

Nello specifico, i molti e diversificati documenti di Progetto, realizzati dall'architetto V. L. Cotelo presenti nell'archivio della Biblioteca della ETSA di Granada, sono stati inseriti all'interno del modello, e diventano una parte consistente relativa non solo allo stato di Fatto, ma a tutta

una parte di informazione storica derivante dalle indagini effettuate.

Si può risalire agli elementi specifici divisi per voci presenti nel Computo metrico, catalogare i diversi componenti e le relative case produttrici, in modo da disporre schede tecniche e manutentive. Gli interventi eseguiti sono poi collegabili attraverso la temporalizzazione, che permette anche di distinguere le stratigrafie esistenti dalle parti nuove.

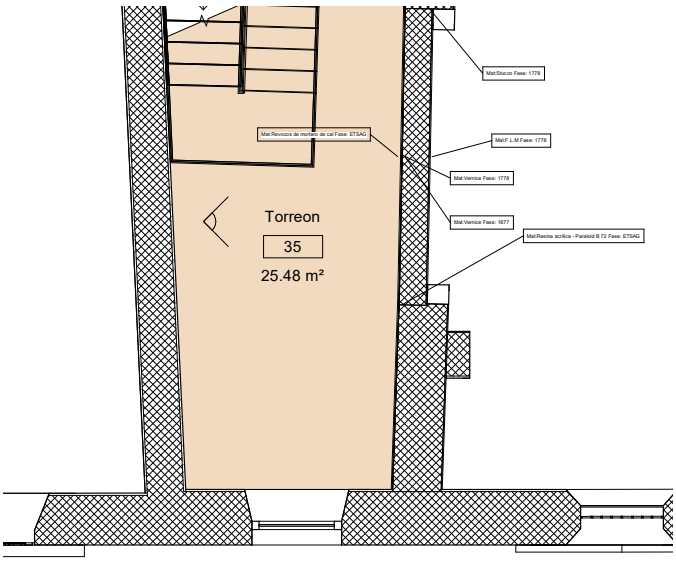


Fig 39. Stratigrafia relativa al muro della Chiesa in cui sono sovrapposti degli elementi pittorici relativi a diverse fasi storiche nei periodi in cui l'edificio ha avuto la funzione di ospedale. A questi si aggiungo degli strati protettivi.

La creazione di Parametri per descrivere le operazioni preliminari nel modello si traduce in simboli uguali a quelli delle Piante consultate e ai quali sono collegate le stratigrafie con relativi particolari tecnici nel caso in cui si tratti di Solai o Coperture.

4.5.5 . Gestione dell'edificio per il FM

La gestione del progetto in ottica Facility Management (FM) attraverso applicativi informativi risulta essere un aspetto importantissimo dei modelli BIM integrati.

Una corretta impostazione del modello e una chiara identificazione degli obiettivi sin dall'inizio porta a risultati interessanti capaci di garantire una gestione completa dell'edificio sotto molti punti di vista.

Integrare il modello con una moltitudine di informazioni e interrogarlo con query più o meno complesse che permettono di creare agevolmente report e abachi strutturati comprendenti tutte le voci del modello collegate tra loro, permette facili output relativi a una serie di infor-

mazioni calcolate e derivanti da come si decide di impostare gli abachi e quali voci includere, oltre che come organizzarli.

Se tradizionalmente la gestione di un edificio comporta a doversi confrontare con una serie di documenti, piante, disegni differenti, in ottica BIM viene tutto gestito attraverso il software.

La gestione dei Locali, anche tramite la creazione di Parametri ad-hoc, si basa sulla compilazione per ogni locale di progetto di apposite informazioni relative ad esempio alla destinazione d'uso o al numero di occupanti, attraverso le quali fornire indicazioni sul progetto ed eventualmente esportare tutto in piattaforme apposite di gestione usate in ambiti FM.

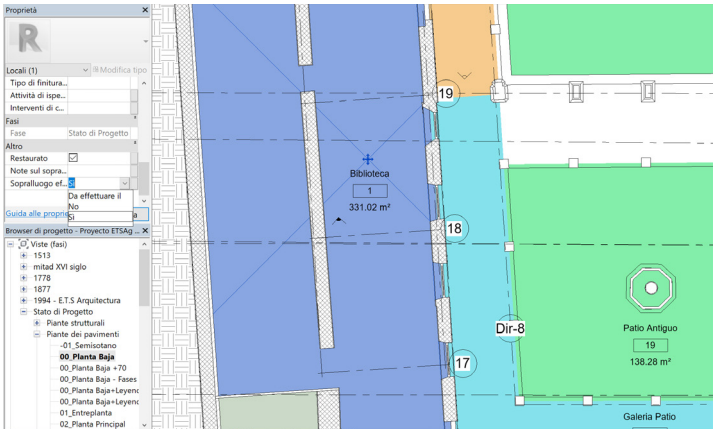
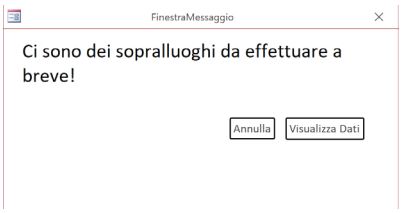


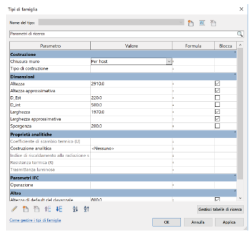
Fig 40. **SOPRA** Pianta con i Locali e i relativi parametri che documentano i sopralluoghi effettuati.

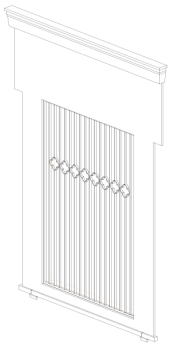
Fig 41. **SOTTO** Alert che avvisa di un'imminente data di un Sopralluogo da effettuare; Database ETSAG.

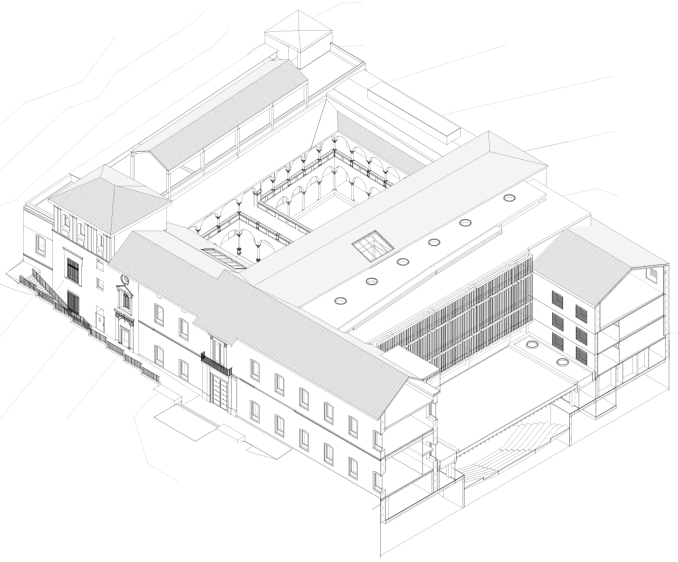
Inoltre, nel predisporre la parte impiantistica nel modello, è utile associare a questa relativi parametri creati appositamente e derivanti dalle classificazioni consuete adottando una struttura anagrafica per l'edificio, che in mancanza di una normativa di riferimento, deve essere ricercata ad esempio nella UNI 8290 [13]. In questo modo si possono predisporre classificazioni, visualizzazioni e calcoli relativi alla parte impiantistica.

È utile, nell'ottica di gestione dell'edificio creare sistemi che facilitino le operazioni di programmazione, per tanto si è creato in questo caso studio, un sistema che permette all'interno del Database di restituite degli alert relativi alle scadenze (Capitolo 5).



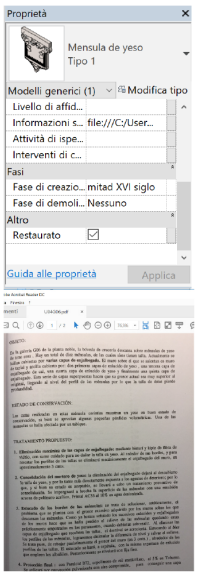


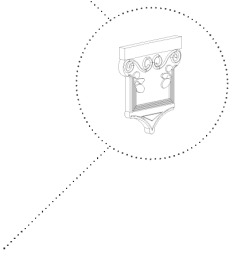


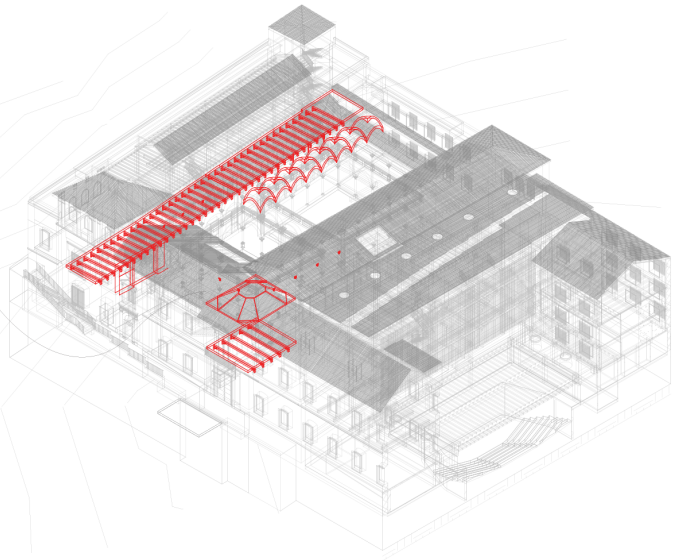


<Abaco dei locali restaurati>

A	B	C	D	E	F	G
Locale: Nome	Locale: Livello	Locale: Restaurato	Nome istanza	Contrassegno	Immagine	URL istanza
Biblioteca	00_Planta Baja +70	SI	Alfarjes de Madera	U05	Alfarjes de Mader	file:///C:/Users/Pi
Patio antiguo	00_Planta Baja +70	SI	Bovedas baidas	U04G05	Bovedas baidas_	file:///C:/Users/Pi
Patio Antiguo	00_Planta Baja +70	SI	Elementos decorativos	U04F03		file:///C:/Users/Pi
Galería Patio Alta	02_Planta Principal	SI	Mensulas de yeso	U04G06	Mensula de yeso	file:///C:/Users/Pi
Torreon	02_Planta Principal	SI	Restos policromos	U02S06		file:///C:/Users/Pi
Zaguan	00_Planta Baja +70	SI	Alfarjes de Madera	U02S01	Alfarjes Zaguan.b	file:///C:/Users/Pi
Sala de profesores	02_Planta Principal	SI	Armadura recta ochav	U02S03		file:///C:/Users/Pi







4.6 . Programmazione visuale e automatizzazione attraverso Dynamo

L'utilizzo di Dynamo nella progettazione BIM con Revit permette di affiancare al Software una piattaforma di programmazione visuale che consente di sviluppare in maniera parametrica dei processi di creazione algoritmica di geometrie e di automatizzazione di funzioni complesse. La programmazione visuale sostituisce le stringhe di codice con dei nodi che costituiscono algoritmi; questi vengono collegati tra loro in base a sequenze logiche per arrivare a un determinato risultato.

Dynamo è sviluppato dal team *Dynamo Development* di Autodesk ed è *open source*, ovvero una risorsa aperta implementabile da qualsiasi utente.

Per questo caso studio l'utilizzo di questo *plug-in* è servito per l'automatizzazione di alcuni processi e per azioni che il software Revit non permetteva direttamente.

Oltre i nodi presenti di default nel programma è possibile scaricare una serie di pacchetti sviluppati dagli utenti e che aumentano e implementano le funzionalità di Dynamo; a titolo di esempio, alcuni nodi utilizzati per gli script descritti di seguito si trovano nei pacchetti scaricabili *Rhythm*, *Clockword* e *Orchid*.

Nello specifico, la necessità di dover etichettare in base alle fasi storiche è un primo esempio dello sviluppo di uno script Dynamo nel modello digitale: sono state create delle Etichette dei muri capaci di leggere un parametro di un elemento riconducibile alla fase storica specifica.

Il software Revit non permette direttamente di assegnare alla Famiglia Etichette dei Muri il parametro relativo alla Fase di Creazione/Fase di Demolizione.

Si è pensato, quindi, di creare un Parametro Condiviso[42] da assegnare all'Etichetta dei Muri[43] che riportasse esattamente il valore della Fase di Creazione di un componente.

In Revit si è programamato questo script:

42 Un parametro condiviso è un file in cui i parametri creati possono essere utilizzati da più progetti. Il file origine è un .txt in cui sono conservati i parametri condivisi di un determinato progetto; sarà possibile selezionare questo file attraverso Revit per selezionare un Parametro da utilizzare in un progetto.

43 Quando si crea una famiglia Etichetta bisogna impostare a quali componenti di un progetto attribuire quell'etichetta.

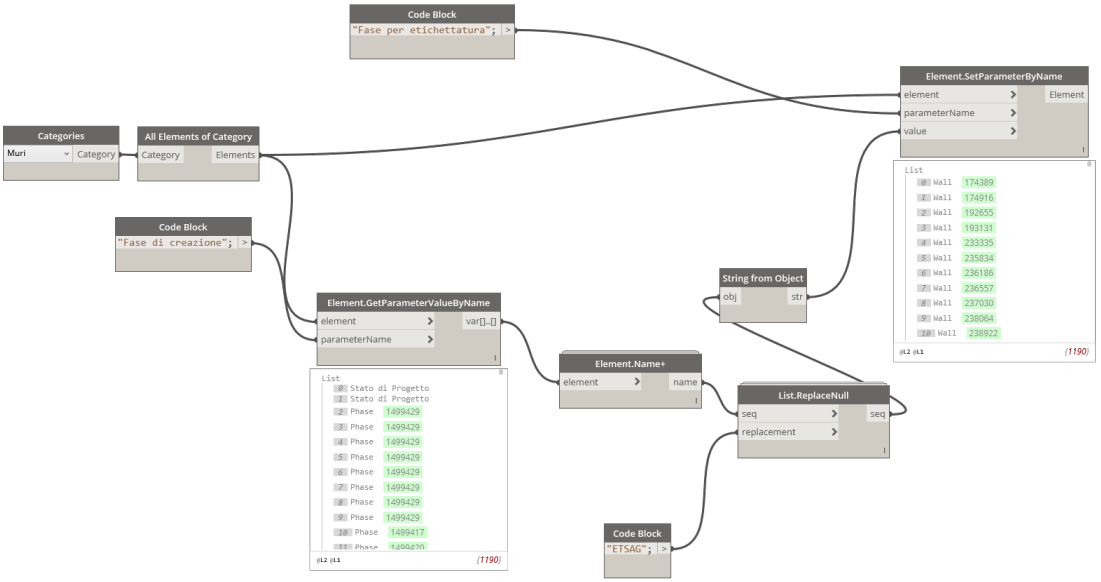


Fig 42. Print-screen dello script di Dynamo per l'etichettatura automatica delle Fasi di Creazione dei muri.

Attraverso delle funzioni di *GetParameter*, nodo per ricavare un determinato parametro, si utilizza una funzione di *SetParameter* per riportare il valore ricavato in un altro parametro di istanza. Eseguito lo script è stato possibile ricavare automaticamente il nuovo valore da etichettare per tutti i componenti del modello digitale.

La programmazione di tale script ha consentito di filtrare in base a parametri di fase di creazione[44] e di assegnare il parametro a una specifica etichetta relativa ai muri (ma in base a come viene creata si può assegnare a qualsiasi componente).

La possibilità di automatizzare determinati processi o di creare delle forme in base a relazioni algoritmiche matematiche è un potente strumento di progettazione poiché in fase operativa consente la gestione facilitata dei dati, anche per quanto riguarda l'esportazione della banca dati verso piattaforme in cui gestire database relazionali.

Per esempio, si pensi alla possibilità di codificare automaticamente ogni componente edilizio in base a determinati parametri, al fine di ottenere un univoco sistema di classificazione, utilizzabile per organizzare in maniera coerente i flussi di lavoro o di utilizzo di standard per la codificazione derivanti da tavoli internazionali.

Operativamente si è sviluppato in Dynamo uno strumento capace di codificare in base alla Fa-

44 Revit non consente di creare dei filtri in base alle Fasi; un'alternativa potrebbe essere quella di utilizzare i filtri Demolito/Esistente, ma questa strumento consente solamente di comparare due fasi immediatamente successive.

miglia del componente, al tipo e al Locale in cui è posizionato.

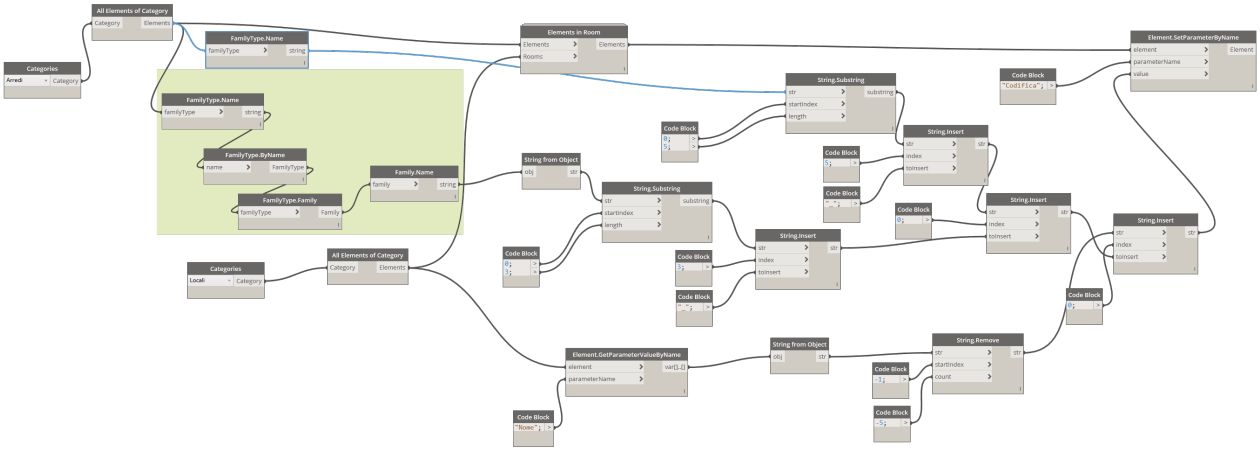


Fig 43. Print-screen dello script di Dynamo per la codifica delle componenti edilizie.

Per quanto riguarda gli Usi del Modello, che sono maggiormente trattati nella parte quattro della 11337:2017 si è pensato un sistema per sovrascrivere determinate famiglie all'interno di un progetto.

Gli Usi del Modello sono esplicitabili attraverso la creazione di modelli ad-hoc che contengano determinati tipi di famiglie a un determinato Livello di Sviluppo (LOD), in cui alcune informazioni siano più rilevanti di altre al fine di avere modelli appositamente sviluppati con determinate caratteristiche, e più gestibili.

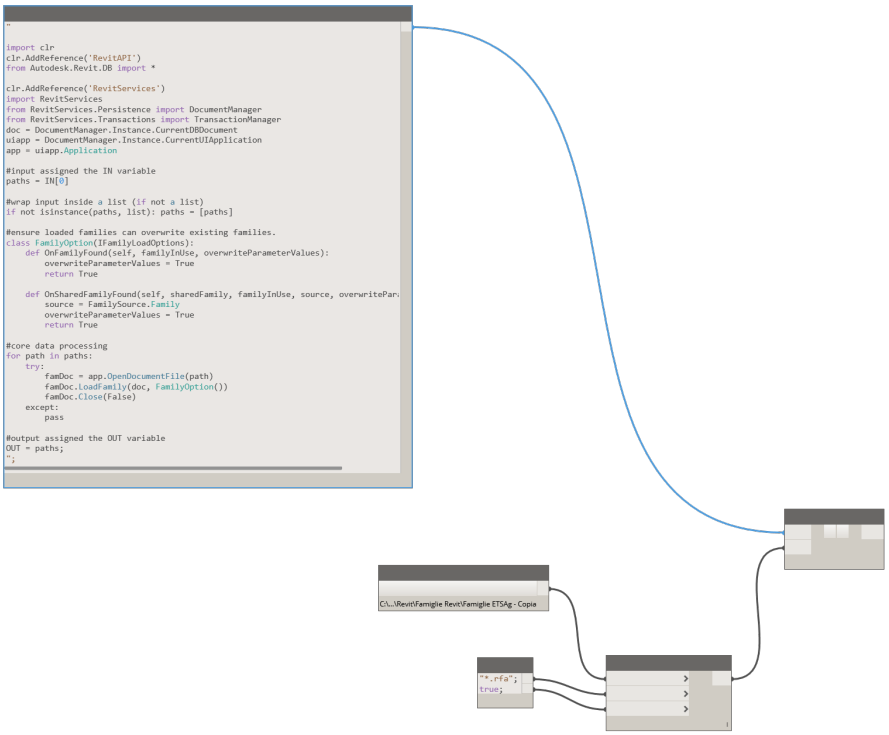
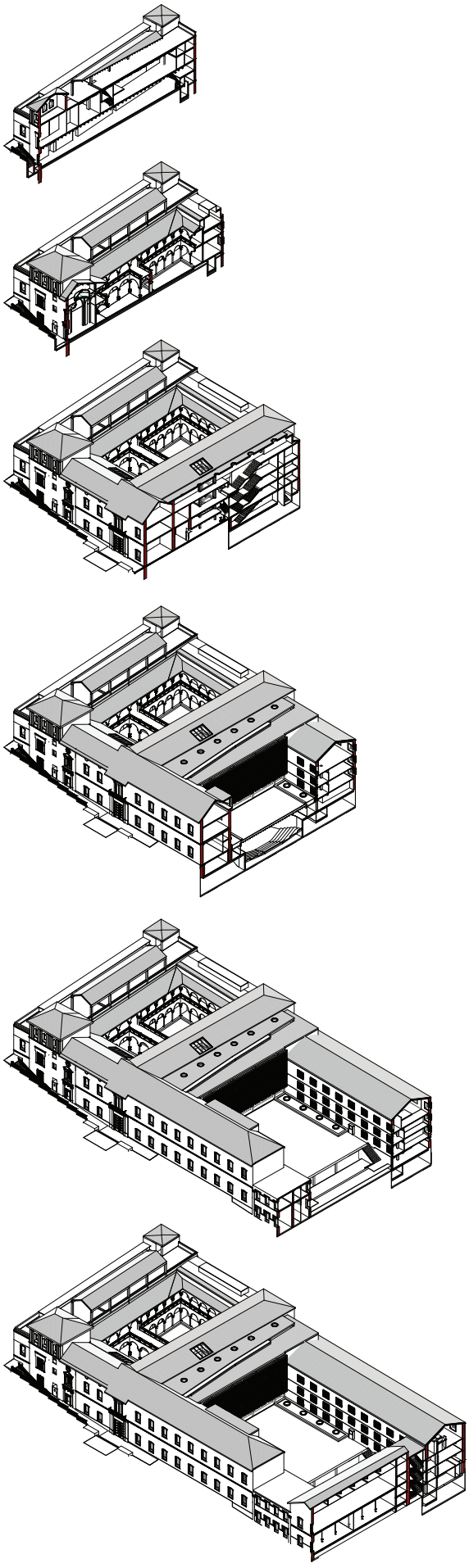
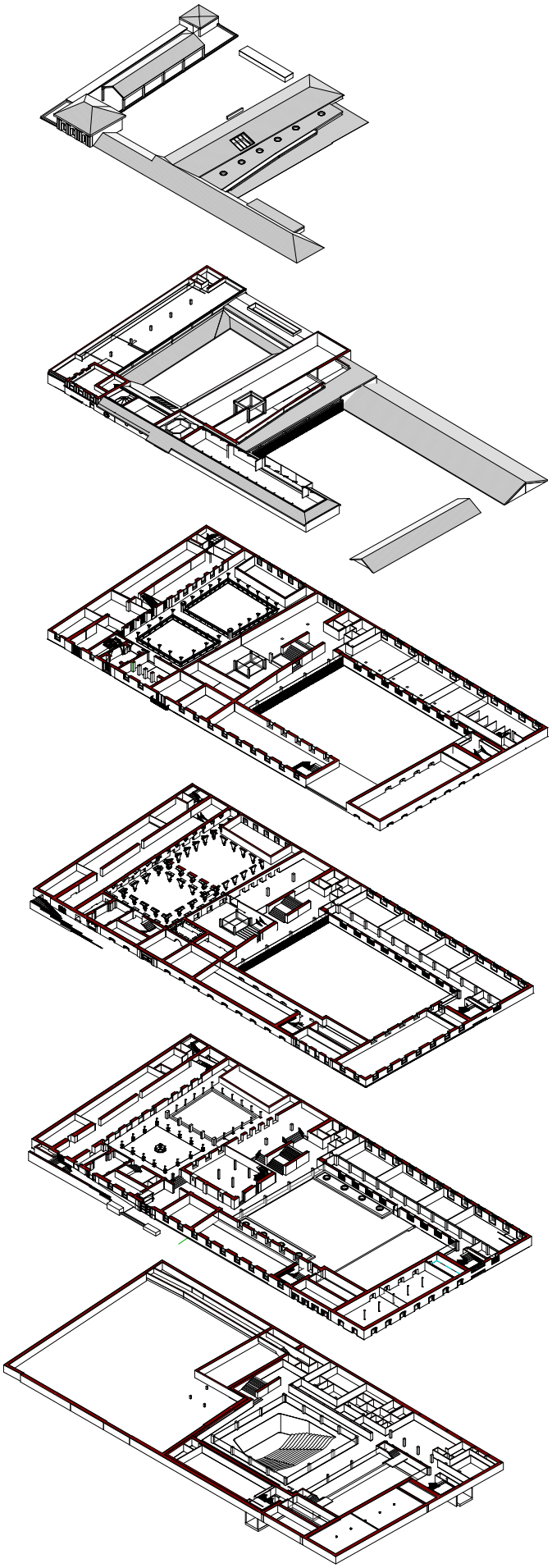


Fig 44. Print-screen dello script di Dynamo per caricare e sovrascrivere le Famiglie del Modello.





5. Gestione delle informazioni

5.1 . Utilizzo di Database nelle metodologie informative

L'affiancamento al modello geometrico parametrizzato di un Database relazionale in grado di funzionare come *repository*, è uno strumento indispensabile per organizzare in maniera strutturata i dati di progetto inteso in tutto il suo **ciclo di vita**.

Infatti, le piattaforme che permettono l'accesso immediato alle banche dati di un modello digitale informativo, se organizzate in maniera efficace, predispongono attività di aggiornamento conoscitivo/temporale in cui le gestione del progetto viene affiancata dalla possibilità di registrare in maniera semplice e immediata tutte le informazioni sulle operazioni relative alle diverse fasi progettuali (cantiere, manutenzione, conservazione - per dirne alcuni).

Predisporre un modello BIM, già dal principio, nell'ottica di una dualità piattaforma software/ Database relazionale è quindi molto importante.

Inoltre, questa dualità permette una maggiore integrazione tra le diverse figure professional in quanto si crea potenzialmente un ambiente di condivisione fruibile da tutti.

Attraverso applicazioni *web-based* sviluppate appositamente è possibile registrare le informazioni in fase di cantiere e produrre *report* sull'avanzamento dei lavori, oltre che segnalare precisamente esigenze/necessità (tempi, materiali, costi); unitamente alla possibilità di produrre una documentazione fotografica relativa e archiviarla diventa un elemento che facilita una migliore riuscita dei lavori. In questo modo, con una efficace connessione tra operazioni di *back-office* - quelle corrispondenti al controllo e monitoraggio delle attività di cantiere - e la relativa lettura e verifica dei dati (*front-office*) è possibile una più precisa documentazione sul reale avanzamento dei lavori, con la produzione di *report* sintetici efficaci, tavole tematiche [5] e un costante controllo tra quanto previsto e quanto effettivamente realizzato.

Congiuntamente, in fase di manutenzione e gestione, è possibile facilitare, attraverso l'interazione con il Database - reso di facile utilizzo attraverso maschere[45] - aggiornare costantemente i dati su sopralluoghi, sulle componenti edilizie o su parti della costruzione, monitorare lo sta-

45 Oggetti di visualizzazione delle tabellle che consentono di visualizzare, modificare e aggiungere dati.

to di degrado, e programmare eventuali interventi di manutenzione/sostituzione.
Dagli applicativi (*software*) BIM vengono esportate le informazioni alfa-numeriche da organizzare poi in software dedicati. Questo consente la possibilità di gestire in remoto, con database appositamente dedicati, i dati del modello che saranno poi eventualmente sviluppati in applicazioni web in modo da essere fruibili in qualsiasi momento, da qualsiasi luogo, attraverso smartphone, tablet o qualsiasi dispositivo.
Gli obiettivi sicuramente auspicabili sono quelli di garantire una maggiore interazione - nei contenitori di dati - non solo della parte alfa-numerica ma anche di quella grafica relativa, in modo da avere un collegamento diretto visualizzabile in tutti gli aspetti, permettendo un'interazione tra le diverse entità tramite semplici selezioni e la possibilità di visualizzare graficamente e sinteticamente le operazioni da svolgere (e quelle svolte).
Automaticamente, quando il modello viene ricollegato alle banche dati, viene aggiornato con le operazioni effettuate; questo permette successivamente una eventuale produzione di tavole tematiche attraverso il filtraggio delle informazioni su piattaforme BIM.
Un'applicazione *web-based* sarà collegata al Database dell'edificio, che a sua volta è collegato con il modello digitale.

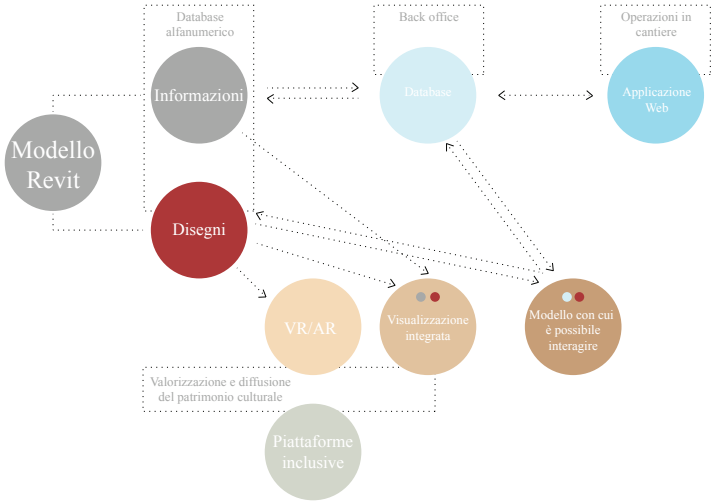


Fig 45. Schema delle interazioni tra strumenti e fasi.

Predisporre gli strumenti in modo che siano in grado di rispondere alle esigenze/necessità del caso quindi diventa una fase preliminare che riguarda la creazione di Parametri ad-hoc nel modello parametrico che inoltre, data la sua natura multi-disciplinare, risponderà a tanti aspetti (corrispondenti anche ai diversi settori) ri-collegabili in un certo senso agli Usi del modello (11337:2007 - 4). Sono stati approfonditi i temi sui *Model Uses* da parte della comunità

scientifica, soprattutto internazionale, che ha visto anche nella Parte 4 della Norma UNI, un approfondimento dedicato alla classificazione e strutturazione che i diversi usi del modello hanno in relazione alle diverse fasi. In ambito di ricerca internazionale [14] riguardo i processi BIM viene approfondita la possibilità di avere diversi tipi di modello predisposti ad uno specifico utilizzo/settore referente a una determinata disciplina, con il fine di avere un'organizzazione del lavoro e una gestione dei progetti più razionale[46].

Alcune *best-practices* e *guidelines* sono disponibili per approfondire e approcciare anche a questo aspetto del processo.

Strutturare in maniera rigorosa, quindi, un Database di Revit (o meglio BIM) può agevolare attività di *Facility Management* sotto tutti i suoi aspetti [15]. Popolare il modello BIM con informazioni relative ai componenti già dalle prime fasi del modello è un aspetto indispensabile; informazioni sulla manutenzione, gestione energetica sono alcuni esempi. Inoltre, è possibile coordinare le attività relative alla gestione dell'edificio anche attraverso l'utilizzo del modello e non solo su piattaforme specifiche per il *FM,* in quanto le informazioni saranno sempre bi-direzionali. Sviluppare in maniera informativa l'intero progetto- attraverso le banche dati associate al modello - garantisce un'efficienza dei sistemi integrati che avvalorano il significato della dimensione infografica, in cui dinamiche interoperabili supportano scenari e approcci relazionali utili alla gestione di dati eterogenei, numerosi e costantemente aggiornati.

5.2.1 . Obiettivo del Database: utilizzo in ambiti HBIM

L'obiettivo di creare Database strutturati del progetto nell'ottica HBIM è quello di creare supporti innovativi alla conservazione, valorizzazione e gestione del patrimonio costruito.

Infatti per quanto riguarda gli edifici esistenti, e a maggior ragione per quelli di particolare interesse storico, è auspicabile una maggiore interazione tra le diverse parti che compongono il patrimonio infografico. A tale proposito se scomponiamo un edificio storico riferendoci ai diversi aspetti coinvolti che riguardano il Bene Culturale è chiaro quante figure intervengano e contribuiscono operativamente.

46 Dall'articolo di BIM ThinkSpace (http://www.bimthinkspace.com) "Episode 24: Understanding Model Uses"; www.bimexcellence.com

Se ad oggi non è ancora definita una metodologia di lavoro integrata in cui tutti i soggetti utilizzino strumenti interoperabili, e che quindi di frequente si trovano ad applicare iter collaborativi più difficili, la creazione e gestione di banche dati affidabili attraverso Database che contengono l'insieme delle informazioni sviluppate negli applicativi BIM, si pone come piattaforma in cui le diverse discipline e i diversi soggetti coinvolti possono operare in maniera integrata. L'obiettivo è quello di riunire le diverse prassi e aumentare l'osmosi di conoscenze in modo che il sapere sia supportato da strumenti più consapevoli e con maggiori integrazioni. Riunire in un'unica piattaforma le informazioni relative a sfere della conoscenza diversificate, e provenienti da fonti eterogenee e diversi settori, permette di interagire con dati univoci, evitando ridondanze e dispersioni, e favorendo la comunicazione tra le prassi vigenti: Schede di catalogazione, Beni Culturali, restauri, degrado, valorizzazione, gestione e fruizione del Bene. Questo approccio integrato permette di aumentare l'affidabilità nell'approccio di indagine e di conseguenza contribuire ad una conoscenza più accurata del manufatto che porta ad una gestione e a protocolli di intervento più consapevoli.

5.2.2 . Creazione del database per il progetto della ETSAG

Per la creazione del Database si è scelto di utilizzare un plug-in di Revit che consente di esportare la banca dati dal software in formati elaborabili in Excel e in Access. Nello specifico, con il *plug-in* DBlink si è proceduto alla funzione di esportazione dei dati in Access in modo da poter organizzare attraverso il software di programmazione Microsoft una piattaforma strutturata in cui fosse semplice la fruizione dei dati attraverso Tabelle, Maschere e Report, con una futura possibilità di utilizzare punti di SharePoint[47] per la pubblicazione online dell'applicativo. Un ulteriore scenario potrebbe essere la condivisione in rete[48] del file Access una volta creato l'.accde, ovvero il file di sola esecuzione del Database, lasciando la possibilità di intervenire sul file sorgente solo alla persona incaricata di gestire la piattaforma.

Le tabelle costituiscono in Access la parte elementare in cui sono raccolti i campi e i relativi

47 SharePoint è una piattaforma creata da Microsoft che permette la gestione condivisa di documenti. Attraverso Access è possibile è possibile pubblicare sul web database attraverso siti che supportano l'utilizzo di questa piattaforma.

48 La condivisione in rete è relativa alla classifica funzione che i computer Windows hanno di default, tra i quali è possibile creare una rete tra più dispositivi per la condivisione di file.

valori. Le maschere vengono utilizzate per filtrare questi dati con apposite configurazioni e i Report consentono di restituire sotto forma di formati stampabili ciò che è contenuto nelle Tabelle. Il passaggio da Revit ad Access crea un numero di tabelle pari ad ogni componente del sistema con le quali è possibile interagire o integrare il dato; attraverso DBlink - in maniera bi-direzionale - è poi possibile re-importare i dati nel modello che aggiorneranno i campi modificati ottenendo inoltre un output in cui è tenuta traccia dei cambiamenti; nei risultati dell'importazione che vengono aperti le voci modificate sono visualizzate in blu.
Come obiettivo primario ci si è posti quello di una fruizione immediata e intuitiva del Database che permettesse di interagire con i dati in maniera semplice e organizzata. Per questo si sono delineate diverse figure corrispondenti a quelle che potenzialmente avrebbero potuto utilizzare la piattaforma, arrivando alla configurazione di quattro categorie principali:

- Utente generico
- Utenete tecnico
- Addetti al restauro
- Addetti alla gestione

Fig 46. Schermata iniziale del Database realizzato per la ETSAG in cui vi è la possibilità di scegliere l'ambito di utilizzo o selezionare direttamente una tabella.

Inoltre è possibile selezionare in maniera immediata una Tabella attraverso un menù.
Attraverso ognuna delle quattro categorie è possibile accedere a contenuti specifici afferenti a

una determinata disciplina raccolti in un pannello.

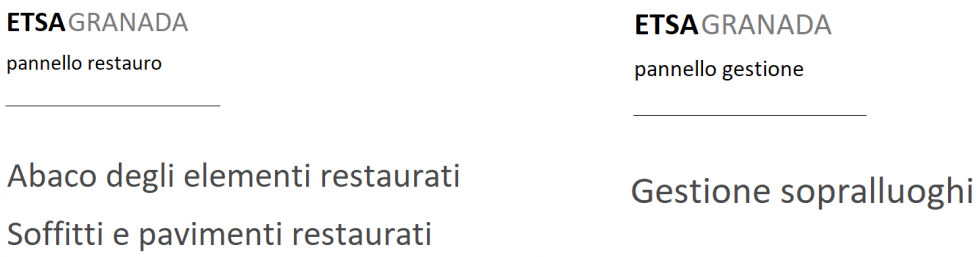


Fig 47. Esempi di pannelli con relative voci realizzati attraverso le Maschere di Access.

Nelle schede consultabili è presente un campo di Ricerca che agevola la fruizione dei dati.

Fig 48. Tasto "Ricerca" presente nella Maschera Sopralluoghi.

Nell'ottica di gestione dell'edificio si è ritenuto di fondamentale importanza predisporre strumenti per la programmazione di interventi. Infatti vi è la possibilità di inserire dati che in primo luogo definiscano le necessità (campi Si/No/Da effettuare il) e in base a questi creare report immediati, di inserire delle note specifiche e creare uno storico in cui archiviare le informazioni, e di impostare per ogni voce un campo Data.

Il campo Data è stata programmato in modo tale che, attraverso query e la formattazione condizionata dalla funzione Date() di Access, in vista di una scadenza (impostata di default a 15 gg) restituisca un Alert che avvisi della data imminente prestabilita. Ogni campo che contiene scadenze imminenti sarà segnalato da uno sfondo rosso.

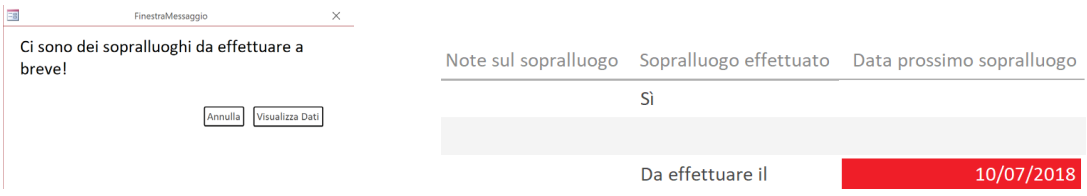


Fig 49. Finestra di avviso che viene visualizzata se si è vicini alla data di un Sopralluogo; la data in questione verrà visualizzata in rosso.

Per quanto riguarda la gestione dei Sopralluoghi vi è la possibilità di contrassegnare l'entità Locale con le voci Si/No/Da effettuare il.

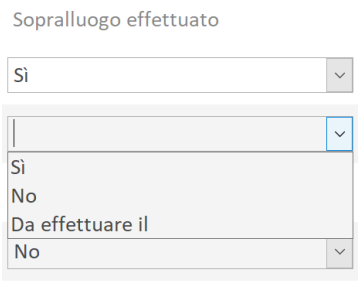


Fig 50. Voce in cui è possibile indicare se un Sopralluogo è stato effettuato o meno o programmare quando sarà effettuato.

In aggiunta è possibile inserire le Note sul sopralluogo.

È stato creato lo strumento Documentazione fotografica in modo che fosse possibile descrivere con immagini sempre aggiornate - e che tengano traccia della dimensione temporale - il patrimonio informativo: documentare sopralluoghi, interventi, monitorare il degrado, stato di conservazione, documentazione di cantiere.

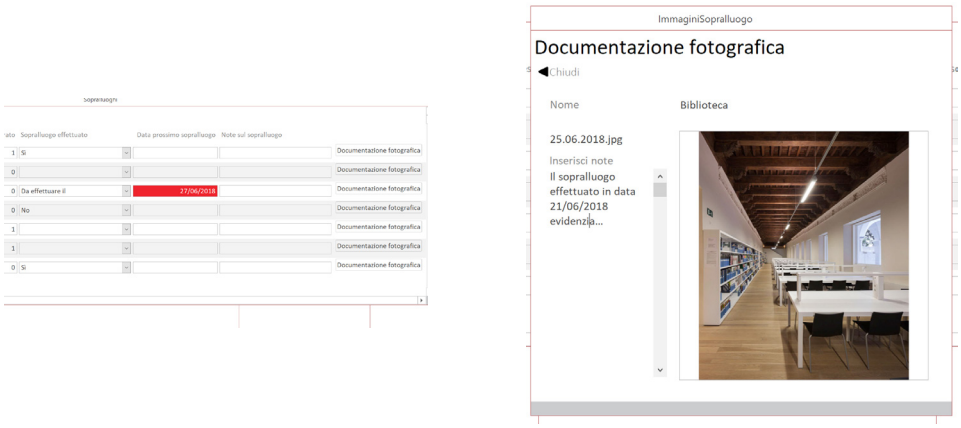


Fig 51. Schermata a comparsa per l'inserimento di fotografie.

5.3 . Tra rappresentazioni e strategie innovative per un approccio inclusivo ai Beni Culturali

Predisporre delle piattaforme per interagire facilmente con i dati e organizzarli in maniera intelligente e facilmente accessibile, in ambito di Cultural Heritage, ma allo stesso modo per edificazioni nuove, diventa condizione importante che rafforza il significato di interoperabilità, attraverso cui non solo aumentare l'affidabilità e l'osmosi delle conoscenze, ma anche facilitare la fruibilità e valorizzare l'importanza e la diffusione del patrimonio culturale.

Alcuni atenei promuovono attività di ricerca in questo senso, tra cui il progetto "INCEPTION

- *Inclusive Cultural Heritage in Europe through 3D semantic modelling*" dell'Università di Ferrara[49], volto proprio alla creazione di strumenti che aumentino e valorizzino la diffusione della cultura e l'identità del patrimonio in ambito europeo.

Porre l'accento su come la cultura, e il patrimonio architettonico venga percepito è un tema assolutamente attuale e l'innovazione nelle strategie di sviluppo porta a risultati vantaggiosi che affiancano continua ricerca a casi applicativi.

In questo senso è importante attuare strategie di diffusione/comunicazione che prevedano progetti sviluppati in maniera interoperabile e permettano una condivisione inclusiva, una più facile e diretta accessibilità alla conoscenza e all'identità del patrimonio [16].

Questi sistemi, integrati con tecnologie di VR e AR, rappresentano un forte strumento per la conoscenza approfondita delle fabbriche storiche e aprono a scenari interessanti: utilizzare piattaforme conoscitive che possono essere affiancate all'edificio; queste consentono di accedere alle informazioni e permettono interrogazioni da parte dell'utente, che può approfondire e accedere a dati appositamente organizzati e strutturati riguardanti la storia o anche gli aspetti tecnici.

La direzione è quella di sviluppare piattaforme fruibili da diversi utenti finali, creando sistemi che avvalorino il significato di conoscenza e diffusione del patrimonio culturale, predisponendo modelli digitali del reale che contengano informazioni e permettano all'utilizzatore, non solo di navigare il Modello, ma allo stesso tempo visualizzare dati integrati relativi alle parti del manufatto.

Una prima strada percorribile è quella di utilizzare Revit Live, software sviluppato da Autodesk, che consente di generare un modello immersivo visualizzabile dal computer o attraverso visori. Con questo software sarà possibile entrare nell'edificio, muoversi nello spazio e selezionare i componenti per visualizzarne le informazioni.

Parallelamente, molto simile è il risultato ottenuto con un altro software.

Attraverso un plug-in di Revit, chiamato Export-to-Unity[50] è possibile esportare il modello con alcune informazioni associate e utilizzarlo in Unity.

49 http://architettura.unife.it/it/ricerca-1/inception [19]

50 Plug-in che permette di esportare il modello di Revit in Unity, software per la programmazione visuale.

Attraverso una stringa di codice già contenuta nel plug-in è possibile visualizzare i parametri al passaggio del mouse sopra un oggetto.

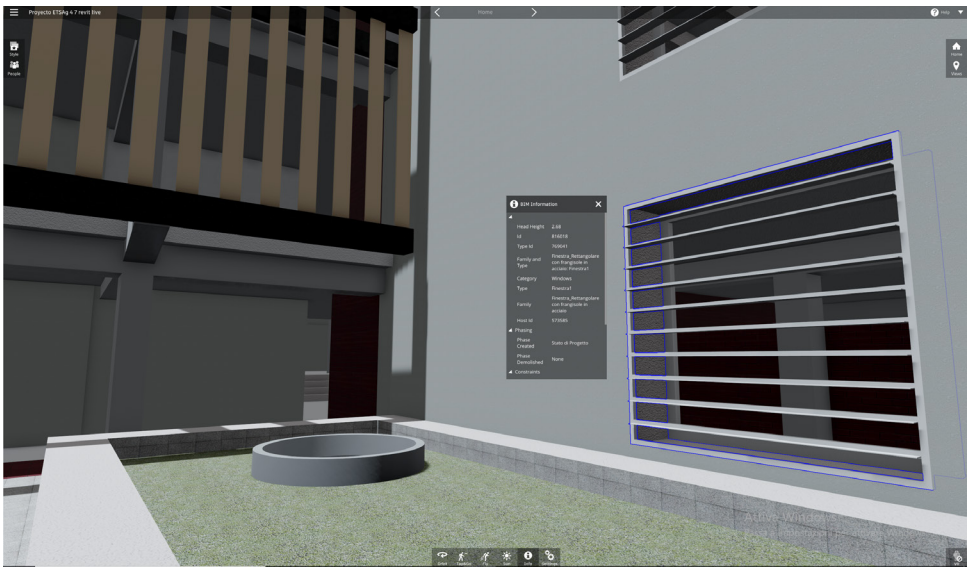


Fig 52. Esempio di visualizzazione delle informazioni in Realtà Virtuale con Revit Live.

Risulta essere di grande importanza, e di ricerca aperta, la possibilità di interagire con i parametri in maniera bi-direzionale - e quindi cambiarli, aggiornali - attraverso software per la costruzione di modelli immersivi, e quindi predisporre strumenti non solo volti ad interrogare parti di un edificio in maniera estremamente realistica e suggestiva, attraverso anche la realtà virtuale, ma anche ad interagire con i dati associati, trasformandoli e aggiornandoli.
Il software sopra citato, Unity, è uno strumento che può supportare questo tipo di progettazione immersiva, che attraverso un *iter* che prevede una costruzione di un modello digitale in ambiente BIM, poi esportato per un corretto mappaggio delle texture in vista di una rappresentazione fotorealistica; conseguentemente il modello può essere importato in Unity e attraverso un'integrazione con i linguaggi di programmazione supportati dal Software è possibile finalizzarlo alla navigazione realistica e - in base a come viene concepito - permettere di consultare le informazioni inserite nella piattaforma informativa. Interessante, in questo senso, è indagare una dualità modellazione-simulazione e capire in che direzione le nuove tecnologie a supporto della filiera delle costruzioni possono portare, garantendo una consapevolezza maggiore delle scelte progettuali, avendo la possibilità di verificarle/ottimizzarle attraverso nuove dimensioni della rappresentazione a vantaggio del concetto di "percezione" insito nella cultura dell'immagine [17].
Le nuove frontiere - tra complessità delle informazioni, tecnologie innovative, sviluppi integra-

ti e sfere della conoscenza - aprono interessanti questioni nell'industria delle costruzioni e la tutela del costruito.

Pensare a sistemi innovativi per uno sviluppo integrato e razionale dei diversi ambiti di applicazione, porta ad analizzare tutti gli aspetti che in maniera inter-connessa guardano al futuro, verso approcci sempre più inclusivi, sostenibili, e realmente consapevoli.

L'integrazione tra le sfere della conoscenza risulta essere alla base di questi temi i cui punti fondamentali sono quelli di aumentare la comunicazione, la diffusione dell'identità culturale attraverso approcci interoperabili e multidisciplinari di valorizzazione e tutela del patrimonio culturale, tra aspetti più strettamente scientifici e strategie per gli utilizzatori finali [16].

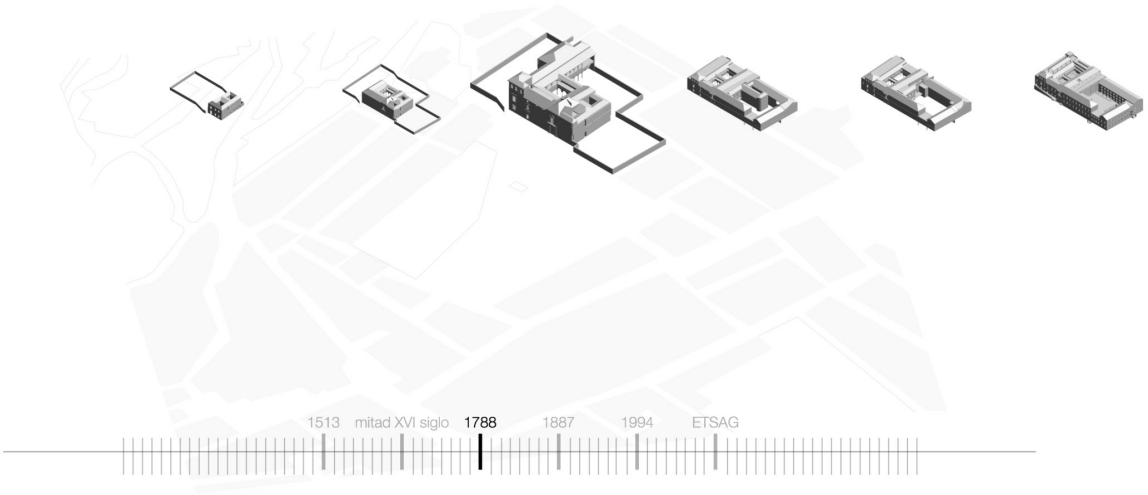


Fig 53. Applicazioni per la diffusione inclusiva dei Beni Culturali. Linea temporale con cui è possibile navigare tra le fasi storiche dell'edificio.

6. Conclusioni e prospettive future

Il lavoro sviluppato ha condotto a delle riflessioni sui risultati ottenuti, indagando metodi operativi, soluzioni e criticità nei modelli semanticamente strutturati in ambito *Cultural Heritage*. Innanzitutto, tra aspetti così diversificati bisogna considerare lo sviluppo di una metodologia operativa coerente con le prassi consolidate: si auspica alla creazione di strumenti che considerino propedeuticità e interazione tra le diverse discipline.
È necessario chiarire gli ambiti di ricerca e applicazione: un modello HBIM *semantic-aware* è alla base di approcci alla conoscenza approfonditi in quanto capace di rappresentare la realtà ontologica del patrimonio costruito nelle sue componenti geometriche, derivanti da nuvole di punti o vettoriali, insieme a un virtuoso apparato di definizioni informative.
L'integrazione dei saperi - congiuntamente alla possibilità di garantire modelli inter-operabili con altre piattaforme permette l'utilizzo di sistemi informativi come rappresentazioni accurate e affidabili, insieme a Database tematici descrittivi utili alla gestione del manufatto in ottica *Facility Management* e valorizzazione della fabbrica storica.

Sulle forme complesse dell'architettura storica
Il primo aspetto da considerare è che - tenendo presente la complessità del processo di traduzione delle forme dell'architettura storica in ambienti informativi con l'obiettivo di conservare l'entità del componente edilizio - è necessario garantire un livello di accuratezza e affidabilità del dato; le strade sono molteplici, se il modello si basa su una ricostruzione da rilievi TLS[1] dovrà essere effettuato un confronto tra la nuvola di punti e il modello digitale attraverso software come *Cloud Compare*. Allo stesso modo una nuvola di punti può servire per una verifica del modello ricostruito. Insieme ai risultati e agli scostamenti ottenuti, strumenti utili alla misurazione dell'affidabilità dei dati visualizzati sono importanti per una corretta conoscenza dell'edificio, e che oltre a tener conto del livello di astrazione geometrica del dato convertito considerino le problematiche relative al LoG (*Level of Geometry*) e al livello informativo, in

1 *Terrestrial Laser Scanning.*

ottica anche temporale. Un approccio del genere quindi diventa supporto importante per una più corretta fruizione del dato digitale.

Sicuramente una strada di sviluppo è quella data dalla difficoltà , tutt'oggi presente, di traduzione delle forme complesse attraverso strumenti non predisposti a questo utilizzo. Congiuntamente, si cerca di indagare strategie di rilievo più immediate e rappresentazioni formali del patrimonio costruito: si pensa ad associare dati parametrici con forme ricorrenti dell'architettura storica. Se scomponiamo in maniera gerarchica gli elementi, le famiglie, i componenti dell'edificio - utilizzando magari linguaggi simili a quelli utilizzati dagli enti predisposti alla conservazione, si può costruire una libreria di famiglie in cui il dato parametrico è riutilizzabile e adattabile. Parallelamente, l'utilizzo di *mesh*, che in software come Revit sono definite da masse[2], mancano dell'apparato semantico utile a descriverle. Infatti, le nuvole di punti, seppur sono uno strumento di rappresentazione efficace della realtà, nell'acquisizione non operano una discretizzazione tra dati eterogenei; alcuni plug-in come GreenSpider oggi possono essere utilizzati per la trasformazione dei punti della nuvola in *reference snaps*, ovvero punti di riferimento selezionabili e che consentono di avere una maggiore precisione nella fase di modellazione.

Il caso studio presenta delle possibili soluzioni per la predisposizione di modelli digitali popolati da entità ontologiche, affrontando le difficoltà legate alla modellazione e all'approccio trasparente della conversione e dell'affidabilità del dato; i risultati ottenuti dimostrano, seppur con ancora alcune difficoltà legate al dispendioso tempo per la realizzazione e l'interpretazione delle geometrie, che Revit può, non solo ottenere buoni risultati nella rappresentazione dell'architettura storica, supportata dalla visualizzazione di nuvole di punti, ma che ne trae un grande vantaggio per tutto l'apparato informativo connesso.

Arrivare a un determinato risultato quindi pone in essere dei ragionamenti sull'iter, disponendo processi univoci identificati dal "perché" e dal "come" arrivarci. Non esiste oggi un unico modo per organizzare degli ambienti informativi, è utile quindi indagare quali sono i risultati di una metodologia, quali di un'altra, identificando il miglior approccio HBIM con determinati

2 Oggetto geometrico generico di Revit che non si riferisce ad una specifica categoria.

obiettivi e relativi *modi operandi*.

Sull'integrazione dei dati e l'arricchimento semantico

Proprio riguardo questi temi, la presente ricerca ha cercato di approfondire possibili aspetti di integrazione dei dati derivanti da diverse discipline e diversi settori.

Questo merita una riflessione su come gli strumenti oggi utilizzati possano permettere tale coordinamento. In primo luogo, avere dati interconnessi è alla base di metodologie BIM; ulteriormente va considerato come operare con i dati indagandone peculiarità, potenzialità, e corrispondenza con teorie e prassi tecnico/conoscitive[3].

Si è cercato quindi di mantenere una coerenza tra ambienti HBIM e ambienti digitali e di catalogazione tradizionali. Questo consente di ottenere risultati omogenei e che evitino frammentazioni dovute a diversi organi competenti/luoghi fisici (soprattutto se di difficile accesso), permettendo una conoscenza più accurata, con informazioni coerenti e connesse in un unico ambiente costituito da oggetti intelligenti[4] con cui è possibile interagire nel tempo.

Sono stati utilizzati parametri utili a descrivere gli interventi effettuati e i sopralluoghi, e che quindi nel tempo tengano traccia delle modifiche e degli aggiornamenti, con un linguaggio e una impostazione coerente con quella derivante dagli attuali sistemi di catalogazione dei Beni Culturali. Si è voluto conservare lo stesso sistema delle schede ICCD. Considerando, poi, la possibilità di creare codifiche derivanti dallo stesso sistema gerarchico di nomenclatura, attraverso la creazione di appositi parametri e sistemi di automatizzazione Dynamo, viene assicurata una maggiore coerenza nella comunicazione e nell'interazione.

La creazione ad-hoc di parametri permette di popolare il modello di tutte le informazioni necessarie a descrivere il manufatto nelle sue caratteristiche, e questi dati, inter-connessi tra loro in base a relazioni logiche, saranno poi utilizzabili anche in appositi database, che consentiranno, non solo la facile fruizione dei documenti, poiché non bisognerà passare per forza attraverso specifici software BIM, ma anche di consultare e aggiornare i dati utilizzando appo-

3 Quelle derivanti dagli organi predisposti alla tutela, dalle Carte sul rilievo e sul restauro ecc.

4 *Smart Objects*, ovvero oggetti capaci di contenere informazioni relative alla propria entità connesse tra loro attraverso relazioni logiche.

siti applicativi creati per l'edificio con il vantaggio di ridurre il tempo di molte operazioni e per tutti gli utilizzatori finali. I disegni vettoriali di riferimento e quelli storici confluiscono nell'apparato documentale relativo, eventuali interventi vengono descritti e collegati al componente attraverso parametri. È possibile documentare i restauri, monitorare il degrado, programmare attività di manutenzione.

Considerando l'intero ciclo di vita dell'edificio, che nel caso di architetture storiche rappresenta anche un bene intangibile, non solo si avrà la possibilità nel tempo di consultare la banca dati relativa per estrapolarne informazioni e per interrogazioni di diverso tipo, ma sarà possibile aggiornarle predisponendo strumenti utili anche alla gestione dell'edificio, della manutenzione, e a tutte le attività di *Facility Management* connesse; sarà semplice utilizzare l'entità Locale per associarvi delle informazioni riguardanti i sopralluoghi, le attività svolte, il flusso di persone, o, considerando ogni elemento dell'edificio, associare delle schede tecniche, delle informazioni su ispezioni e su un eventuale degrado rilevato; e ancora, prevedere delle attività di controllo, manutenzione, supportare simulazioni energetiche dell'edificio reali attraverso i parametri relativi ai materiali e la progettazione degli impianti. Allo stesso tempo è possibile produrre visualizzazioni grafiche attraverso tavole tematiche.

Il grande vantaggio di modelli semanticamente strutturati deriva proprio dalla possibilità di avere un unico ambiente di lavoro in cui tutti gli elementi siano descritti da informazioni di diverso tipo e relative a diverse discipline.

Sulla natura inter-operabile dei processi

Il caso studio presentato intende indagare prospettive e dinamiche inter-operabili dei processi BIM, che rappresentano un grande punto di forza delle metodologie adoperate. In primo luogo, tutto l'apparato grafico-informativo, attraverso protocolli di scambio dati, tra cui si cita l'IFC, può essere utilizzato in altri software al fine di operare con applicativi specifici mantenendo sempre la stessa banca dati. Lo sviluppo di passaggi sempre più affidabili, che non perdano o alterino i dati, attualmente è un punto chiave che va di pari passo allo sviluppo di standard e normative che regolamentino tali processi di inter-scambio. Allo stesso tempo, un modello BIM, se predisposto e gestito in maniera esperta rappresenta un ambiente multidisciplinare con tutte le informazioni utili rispetto ad ambiti diversificati.

Il punto di forza dei processi BIM è avere una parte geometrica e insieme una parte alfa-numerica che associata ai singoli componenti va a formare una banca dati popolata da oggetti semanticamente strutturati e relazionati logicamente.
La natura inter-operabile permette numerosi vantaggi nella gestione delle banche dati anche al di fuori di sistemi propriamente BIM, in quanto attraverso l'esportazione del Database di Revit in software per la gestione di dati, tutto l'apparato informativo può essere gestito in maniera bi-direzionale attraverso applicativi sviluppati appositamente per il progetto. In questo senso ambienti BIM, sistemi DBMS (*Database Management System*), si relazionano con la programmazione di apposite applicazioni che possono essere fruibili da qualsiasi dispositivo, in qualsiasi luogo. Se nel primo caso, la compilazione dell'apparato info-grafico e testuale ha numerosi vantaggi poiché utilizzabile da tutti gli attori che non necessiteranno di passare attraverso software BIM, nel secondo caso i vantaggi sono molteplici. Si pensi alle operazioni di cantiere, di gestione operativa; avere un Database dell'edificio che in maniera agile e accessibile permette la compilazione e la registrazione è un grande vantaggio che riguarda tutto l'intero ciclo di vita, immaginando scenari in cui tutti gli attori possono implementare direttamente *in-situ* le attività svolte, con piattaforme arricchite con strumenti che permettono di creare archivi di immagini documentali, testuali, riferibili a uno specifico momento e a una specifica attività. Questa ricerca inoltre cerca di dare delle risposte alla gestione di queste banche dati anche attraverso l'utilizzo di sistemi innovativi di visualizzazione dei modelli digitali. Il risultato ottenuto con Revit Live è un primo vero passo che il software *Autodesk* permette di ottenere nella navigazione immersiva dei modelli BIM, consentendo non solo una navigazione in realtà virtuale dell'edificio, ma anche la possibilità di interrogare gli oggetti per visualizzarne i parametri. Insieme, prospettive di ricerca possono essere viste nella possibilità di poter interagire con questi dati programmando modelli e applicazioni che permettano di selezionare gli oggetti e agire mutuamente con il Database associato.

Il BIM come strumento di valorizzazione del patrimonio

Se da un lato è chiaro quanto questi strumenti avvalorino e rafforzino la conservazione e la tutela attraverso una conoscenza più accurata del bene storico, vien da sé concepirli come fattore di forte valorizzazione del patrimonio culturale.

Infatti i sistemi sopra citati che permettono navigazioni suggestive del modello ricostruito o di alcune parti di una fabbrica aprono scenari in cui utenti generici possono fruire di tali modelli immersivi, selezionandone componenti e visualizzandone tutte le informazioni associate.
Ne risulta un grande vantaggio per una valorizzazione e una diffusione inclusiva del patrimonio architettonico, che attraverso dispositivi come tablet o smartphone può affiancare il processo di conoscenza con strumenti innovativi e interessanti.
Il BIM in questo senso si pone come strumento perfettamente conciliabile con queste finalità, in quanto valido supporto a una conoscenza più consapevole, in cui i saperi sono integrati allo spazio architettonico.

BIBLIOGRAFIA

[1] Victor Lopez Cotelo, “Rehabilitacion del antiguo hospital militar del campo del principe para escuela de arquitectura en Granada. Espana,” *En Blanco*, p. 8, 2016.

[2] UNI, *Edilizia e opere di ingegneria civile - Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni - Parte 5: Flussi informativi nei processi digitalizzati*., 2017.

[3] Laura Inzerillo, Massimiliano Lo Turco, Sandro Pariniello, Cettina Santagati, and Graziano Mario Valenti, “BIM e beni architettonici: verso una metodologia operativa perla conoscenza e la gestione del patrimonio culturale,” *Disegnare con*, vol. 9, no. 16, Giugno 2016.

[4] Cettina Santagati and Massimiliano Lo turco, “From structure from motion to historical building information modeling: populating a semantic-aware library of architectural elements,” *Journal of Electronic Imaging*, vol. 26, no. 1, 2017.

[5] Massimiliano Lo Turco and Maurizio Bocconcino, “Esattezza, molteplicità e integrazione nell’Information Modeling & Management,” *TECHNE*, no. 13, 2017.

[6] Elisa Sattarino, “I LOI nelle scale di LOD USA, UK, ITA: Analisi comparata degli attributi informativi non geometrici,” *ingenio-web*, Feb. 2018.

[7] Carlo Bianchini and Salverio Nicastro, “La definizione del Level of Reliability: un contributo alla trasparenza dei processi di Historic-BIM,” *Building Information Modeling, Data & Semantics*, 2018.

[8] Alberto Pavan, “Sistema dei LOD italiano: UNI 11337-4 2017,” *Ingenio-web*, Jan. 2018.

[9] Ramona Quattrini, Paolo Clini, Romina Nespeca, and Ludovico Ruggeri, “Misura e Historical Information Building: sfide e opportunità nella rappresentazione di contenuti 3D semanticamente strutturati ,” *Disegnare con*, vol. 9, no. 16, Giugno 2016.

[10] Stefano Brusaporci, *Handbook of Research on Emerging Technologies for Architectural and Archaeological Heritage*.: IGI Global, 2017.

[11] Franco Nicolucci and Sorin Hermon, “A fuzzy logic approach to reliability in archaeological virtual reconstruction,” *Beyond the Artifact. Digital Interpretation of the Past*, 2010.

[12] Massimiliano Lo Turco, Cettina Santagati, Sandro Pariniello, and Graziano Mario Valenti, “BIM e beni architettonici: verso una metodologia operativa per la conoscenza e la gestione del patrimonio culturale,” *Disegnare con*, vol. 9, no. 16, pp. 161-169, 2016.

[13] Anna Osello, Francesca Maria Ugliotti, Francesco Semeraro, and SYSTEMA , “Il BIM orientato al Facility Management,” *InfoBuild*, Maggio 2016.

[14] BIM ThinkSpace, “Episode 24: Understanding Model Uses,” 2015.

[15] Sultan Althobaiti, *An Integrated Database Management System and Building Information Modeling for Sustainable Design*., 2009.

[16] in-genio. ingenio-web. [Online]. https://www.ingenio-web.it/

[17] Fernando Acale Sanchez, *El Hospital Militar de Granada: de palacio renacentista a escuela de arquitectura*. Spagna: Caja San Fernando, 2003.

[18] Fabio Bianconi, Marco Filippucci, and Gian Maria Angelini, “Immersive BIM: l’approccio integrato BIM to VR nelle ipotesi progettuali per il campus di Pentima.,” in *3D Modeling & BIM*, Roma, 2018.

[19] Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, *Dictionnaire raisonné de l’architecture française du XIe au XVIe siècle*. Paris: A. Morel, 1875.

[20] Massimiliano Lo Turco and Edoardo Bruno, “Historical Building Information Modeling: from historical database platform to fully suitable and multidisciplinary design instruments,” *Fabbrica della Conoscenza*, no. 61, 2016.

www.bimportale.com
www.bimthinkspace.com
www.dynamobim.org
www.etsag.ugr.es
www.granada.org
www.granadaimedia.com
www.ibimi.it
www.ingenio-web.it
www.thenbs.com
www.uni.com
www.wikipedia.org

RINGRAZIAMENTI