

ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA EDILE / ARCHITETTURA

DA – Dipartimento di Architettura

TESI DI LAUREA

in
Architettura Tecnica

Ricostruzione della chiesa di San Francesco a Mirandola

CANDIDATO
Jaime López García

RELATORE:
Chiar.mo Prof. Luca Guardigli

Anno accademico 2014/2015

Sessione I

INDICE

Introduzione

Proprietario.....	2
Oggetto del lavoro.....	2
Regime giuridico dell'immobile.....	3
Regolamenti generale applicabili.....	3
Metodologia usata	3

Relazione Descrittiva

Localizzazione dell'immobile.....	6
Descrizione dell'immobile.....	6
Il sisma.....	20
Storia della chiesa: archeologia dell'architettura.....	32
Allineamenti stradali e quota del piano di campagna.....	48
Servizi e servitù esistenti.....	48

Valutazione dello stato attuale

Vulnerabilità sismica delle chiese.....	49
Analisi preliminare delle condizioni di conservazione.....	53
Valutazione sismica di San Francesco	59
Condizioni costruttive.....	71
Condizioni di stabilità.....	76

Proposta di attuazione

Nell'ambito strutturale.....	80
Nell'ambito funzionale o visuale.....	83
Sequenziazione delle opere proposte.....	84

Conclusione del lavoro.....

Tavole:

Situazione e collocazione.
Distribuzione.
Copertura.
Quote e superficie.
Sezione e alzati.
Materiali e evoluzione costruttiva.
Dettagli costruttivi.
Rilievo delle patologie.
Schede tecniche.

Allegati.

I.- Rinforzo strutturale di una volta.....	91
II.- Calcolo del moltiplicatore di collasso per la facciata.....	100

Bibliografia.....

Introducción

Propietario.....	2
Objeto del proyecto.. ..	2
Régimen jurídico del inmueble.....	3
Normativa general de aplicación.....	3
Metodología empleada.....	3

Memoria Descriptiva

Localización del inmueble.....	6
Descripción del inmueble.....	6
El terremoto.....	20
Historia de la Iglesia: arqueología de la arquitectura.....	32
Alineaciones y rasantes.....	48
Servicios y servidumbres existentes.....	48

Evaluación del estado actual

Vulnerabilidad sísmica de las iglesias.....	49
Análisis preliminar de las condiciones de conservación.....	53
Valoración sísmica de San Francesco	59
Condiciones constructivas.....	71
Condiciones de estabilidad.....	76

Propuesta de actuación

En el ámbito estructural.....	80
En el ámbito funcional o visual.....	83
Secuenciación de las obras propuestas....	84

Conclusión del trabajo

Planos:

Situación y emplazamiento.
Distribuciones.
Cubierta.
Cotas y superficies.
Secciones y alzados.
Materiales y evolución constructiva.
Detalles constructivos.
Mapeo de patologías.
Fichas patologías.

Anexos.

I.- Refuerzo estructural de una bóveda....	91
II.- Cálculo del moltiplicador de colapso para la fachada.....	100

Bibliografía.....

INTRODUZIONE

Proprietario.

La chiesa di San Francesco è uno dei primi complessi dei Francescani d'Italia. Loro la lasciarono definitivamente nel 1994, quando il vescovo di Carpi, Mons. Bassano Staffieri, la cedette a Don Luciano Ferrari, sacerdote diocesano e cappellano all'Ospedale "Santa Maria Bianca", nel gennaio 1997. Lui la conservò fino a che il nuovo vescovo Mons. Elio Tinti decise di assegnarla alla Congregazione dei "Missionari Servi dei Poveri" (Boccone del Povero), dal 19 ottobre 2001. Dopo il sisma la proprietà è del comune.

Oggetto del lavoro.

La finalità di questo lavoro è presentare una proposta di ricostruzione della chiesa di San Francesco a Mirandola, crollata per una sequenza di terremoti che scossero la regione di Modena. Il progetto si compone di diverse parti: nella prima di esse si redige l'informazione urbanistica, geografica e storica dell'immobile, nella seconda si analizza e si valutano le condizioni dello stato attuale dell'edificio, e infine, si formula una proposta di ricostruzione.

Questa proposta si incentra sulle volte e sulla copertura, sul muro laterale crollato, sulla facciata ruotata e sul campanile, e per quello lavoreremo soprattutto il volume centrale dell'immobile. Si realizzerà sotto il criterio "Com'era dov'era"; quello significa che le opere di ricostruzione si realizzeranno con gli stessi materiali e caratteristiche dell'edificio precedente, la maggior parte recuperati. Quello che non si possa recuperare sarà nuovo,

INTRODUCCIÓN

Propietario.

La Iglesia de San Francisco es uno de los primeros complejos franciscanos de Italia. Estos la abandonaron definitivamente en 1994, fue entonces cuando el obispo de Carpi, Mons. Bassano Staffieri, la cedió a Don Luciano Ferrari, sacerdote diocesano y capellán del hospital "Santa Maria Bianca" en enero de 1997. Él la conservó hasta que el nuevo obispo Mons. Elio Tinti decidió asignarla a la Congregación de los "Missionari Servi dei Poveri" (Boccone del Povero), el 19 de octubre de 2001. Después del sismo la propiedad es del municipio.

Objeto del proyecto.

La finalidad de este trabajo es presentar una propuesta de reconstrucción sobre la iglesia de San Francisco de Mirandola, derrumbada por una secuencia de terremotos que sacudieron la región de Módena. El proyecto se compone de varios apartados: en el primero de ellos se redacta la información urbanística e histórica del inmueble en, el segundo se analiza y valora las condiciones del estado actual del edificio, y el último, es una propuesta de actuación para la reconstrucción.

Esta propuesta se centra en las bóvedas y la cubierta, el muro lateral colapsado, la fachada volcada y el campanario, por eso trabajaremos sobre el volumen central del inmueble. Se realizará bajo el criterio "Com'era dov'era" (Como era donde era), lo que significa que las obras de reconstrucción se realizarán con los mismos materiales y características, la mayor parte recuperados de las partes dañadas y lo que no se pueda será nuevo,

conservando sempre l'antico aspetto dell'edificio, ma con i vantaggi tecnici delle costruzioni moderne.

Regime giuridico dell'immobile.

In seguito alla condizione di chiesa, l'immobile non può classificarsi in nessun regime giuridico concreto, per essere un edificio ecclesiastico si considera regime religioso e non è influenzato da nessun regolamento né parametri urbanistici, poiché nell'appezzamento dove si situa la chiesa non può albergare nessun altro tipo di edificio.

Regolamenti generale applicabili.

In Italia, come in Spagna, ci sono regolamenti simili per la costruzione. Queste normative sono le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) di 2008 simile alle Código Técnico de la Edificación (CTE) de 2006 (Codice tecnici dell'edificazione). Si usano anche alcuni ordinanze e documenti per classificare le zone di sisma e i parametri che definiscono l'azione sismica (OPCM 3431 y 3274), le "Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale", e tutti gli altri regolamenti (sicurezza, impianti, occupazione della via...) applicate nella provincia di Modena.

Metodologia usata.

La finalità di questa proposta è il recupero dell'edificio per il suo posteriore uso, mantenendo l'aspetto e le forme originali, caratteristica

conservando siempre la antigua apariencia del edificio, pero con las ventajas técnicas de las construcciones modernas.

Régimen jurídico del inmueble.

Debido a la condición de iglesia, el inmueble no puede clasificarse en ningún régimen jurídico concreto. Por ser un edificio eclesiástico se considera de régimen religioso y no está sujeto a ninguna normativa ni parámetros urbanísticos, por lo que la parcela donde se sitúa la iglesia no puede albergar ningún otro tipo de edificio.

Normativa general de aplicación.

En Italia, como en España, hay normativas similares para la construcción, esas normativas son las Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) di 2008 (Nuevas Normas Técnicas para la construcción) similares al Código Técnico de la Edificación (CTE) de 2006. Se usan también algunas ordenanzas y documentos para clasificar las zonas de sismo y los parámetros que definen la acción sísmica (OPCM 3431 y 3274), le Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale (Líneas guía para la valoración y reducción del riesgo sísmico del patrimonio cultural), y todas las demás normativas (seguridad, instalaciones, ocupación de calle...) aplicadas en la región de Módena.

Metodología empleada.

La finalidad de esta propuesta es la recuperación del edificio para su uso posterior manteniendo la apariencia y forma originales,

principale della tendenza metodologica “com’era e dov’era”, che mira alla conservazione assoluta dell’edificio storico nella situazione in cui si trovava.

A causa dell’esistenza di una tesi sullo stesso lavoro, ci sono molte informazioni e documenti relativi all’edificio e al suo stato attuale; inoltre ci sono carte e piante con le distanze e altezze principali che derivano da gran utilità per comprendere e lavorare sul modello 3D, e così studiare meglio l’edificio.

Comunque, abbiamo realizzato la verifica sui resti dell’edificio per confermare i dati della tesi, soprattutto le misure delle piante. Per realizzare la verifica abbiamo utilizzato apparecchi elettronici e manuali per prendere le misure, ottenendo le superficie con metodi di triangolazione, e i dislivello e il giro della facciata con livello di bolla e metro-laser rispettivamente.

Fatta la verifica e la conferma di tutte le misure, le foto ai resti dell’edificio per vedere i materiali usati e lo stato attuale nella costruzione, conosciamo la forma originale di tutti gli elementi costruttivi per riprodurli più tardi nella ricostruzione e migliorarli per offrire una migliore resistenza al sisma.

Per potere studiare la struttura dell’edificio senza la necessità di andare continuamente in sito, faremo un modello 3D e tavole con strumenti informatici come Revit e AutoCAD; in questo modo si può studiare l’edificio in maniera più comoda e semplice, ma è necessario porre molta precisione nella presa delle misure per minimizzare gli errori nella creazione del modello.

característica principal de la tendencia metodológica “com’era e dov’era” (Como era donde era), que vela por la conservación absoluta del edificio histórico en la situación en la que se encontraba.

Debido a la existencia de una tesis sobre el mismo trabajo, hay mucha información y documentos relacionados con el edificio y su estado actual, además de planos y plantas con las distancias y alturas principales resultan de gran utilidad para comprender y para trabajar en el modelo 3D y así poder estudiar mejor el edificio.

En cualquier caso, hemos comprobado in situ los restos del edificio para confirmar los datos de la tesis, sobre todo las medidas de los planos. Para realizar la comprobación hemos utilizado aparatos electrónicos y manuales para tomar las medidas, obteniendo las superficies con métodos de triangulación y los desniveles y el vuelco de la fachada con nivel de burbuja y distanciómetro-láser respectivamente.

Hechas la comprobación y la confirmación de todas las medidas, las fotos a los restos del edificio para ver los materiales usados y el estado actual en la construcción, conocemos la forma original de la ejecución en todos los elementos constructivos para poder reproducirlos más tarde en la reconstrucción y poder mejorarlos para ofrecer una mejor resistencia al sismo.

Para poder estudiar la estructura del edificio sin la necesidad de ir continuamente a los restos, realizaremos un modelo 3D y planos con las herramientas informáticas Revit y AutoCAD. De ésta forma, se puede estudiar el edificio de manera más

cómoda y simple, pero es necesaria mucha precisión en la toma de datos para minimizar los errores en la creación del modelo.

RELAZIONE DESCRITTIVA

Localizzazione dell'immobile.

La Chiesa è localizzata nel centro storico del comune di Mirandola, paese vicino alla città di Modena, che fa parte dei nove comuni "dell'Unione Comuni Modenesi Area Nord", essendo il più popoloso della provincia di Modena. Sorge vicino alla piazza e al palazzo del comune, nell'incrocio fra via Fulvia e via Volturno, dove si forma piazza Garibaldi. Il fianco nord risulta invece addossato all'attuale liceo Ginnasio Statale G. Pico e l'est è chiuso da edifici privati.

Descrizione dell'immobile.¹

La chiesa venne rifatta di forma rettangolare con tre navate, di dimensioni maggiori, di cui quella centrale è alta alla chiave di volta 14'50 m, mentre le due navate laterali sono alte alla chiave di volta 7'80 m, per un volume complessivo misurato vuoto per pieno di 7745 mc.

Si presenta oggi in stile gotico con qualche elemento di transizione e un'appendice barocca con la cappella della B. Vergine di Reggio.

L'esterno è molto semplice. La facciata, che si presenta con paramento a vista ornato di fregi in cotto, è ripartita verticalmente da due pilastri che rilevano la larghezza delle navate, mentre due semi pilastri fiancheggiano la porta principale.

MEMORIA DESCRIPTIVA

Localización del inmueble.

La iglesia está situada en el centro histórico del municipio de Mirandola, pueblo cercano a la ciudad de Módena. Forma parte de los nueve municipios "dell'Unione Comuni Modenesi Area Nord" (Unión de municipios Modeneses del Área Norte), siendo el más poblado de la región de Módena. Se alza cercana a la plaza y al edificio del ayuntamiento, en el cruce entre las calles Fulvia y Volturno, donde se forma la plaza Garibaldi. La fachada norte en cambio está adosada al actual Instituto Estatal G. Pico y la este está cerrada por edificios privados.

Descripción del inmueble.

La iglesia se rehace de forma rectangular con tres naves, de dimensiones mayores, en la cual la altura de la central mide a la clave de la bóveda 14'5 m, mientras las dos naves laterales miden a la clave 7'80 metros, por un volumen total medido vacío de 7745 m².

Se presenta hoy de estilo gótico con algún elemento de transición y un apéndice barroco con la capilla de B. Vergine di Reggio.

El exterior es muy simple. La fachada, que se presenta con paramento visto ornamentado de frisos de arcilla, está repartida verticalmente por dos columnas que evidencian la altura de las naves, mientras dos semicolumnas flanquean la puerta principal.

¹ Strollo, N.: pp. 34 – 40.



Figura 1: Facciata principale.

Figura 1: Fachada principal.

L'interno è caratterizzato da tre campate nella navata centrale e da sei in quelle laterali, scandite da colonne semplici o cruciformi, alternate, a sostegno degli archi acuti in laterizio a vista. I paramenti murari sono rivestiti da intonaco bianco.

El interior está caracterizado por tres espacios en la nave central y por seis en las laterales, recalcadas con columnas simples o cruciformes, alternadas, sosteniendo los arcos apuntados de ladrillo visto. Los paramentos son de revestimientos de yeso blancos.



Figura 2: Interno della Chiesa, navata centrale.

Figura 2: Interior de la iglesia, nave central.



Figura 3: Navata centrale, porta principale.

Figura 3: Nave central, puerta principal.



Figura 4: Vista del transetto.

Figura 4: Vista del transepto.

La navata di destra, sul suo prolungamento, presenta un'appendice di forma rettangolare che indica la cappella della B. Vergine di Reggio, aggiunta, poco dopo la metà del XVII secolo.

La nave derecha, sobre su prolongamiento, presenta un apéndice de forma rectangular que indica la capilla de B. Vergine di Reggio, añadida poco después de la mitad del siglo XVII.



Figura 5: cappella della B. Vergine di Reggio.

Figura 5: capilla de la B. Vergine di Reggio.

All'estremità della navata sinistra si innalza il campanile, con la base compresa nella struttura dell'edificio ed è inglobato tra la sacrestia, il presbiterio e un corridoio del convento.

Al extremo de la nave izquierda se alza el campanario, con su base incluida en la estructura del edificio y englobado entre la sacristía, el presbiterio y un pasillo del convento.

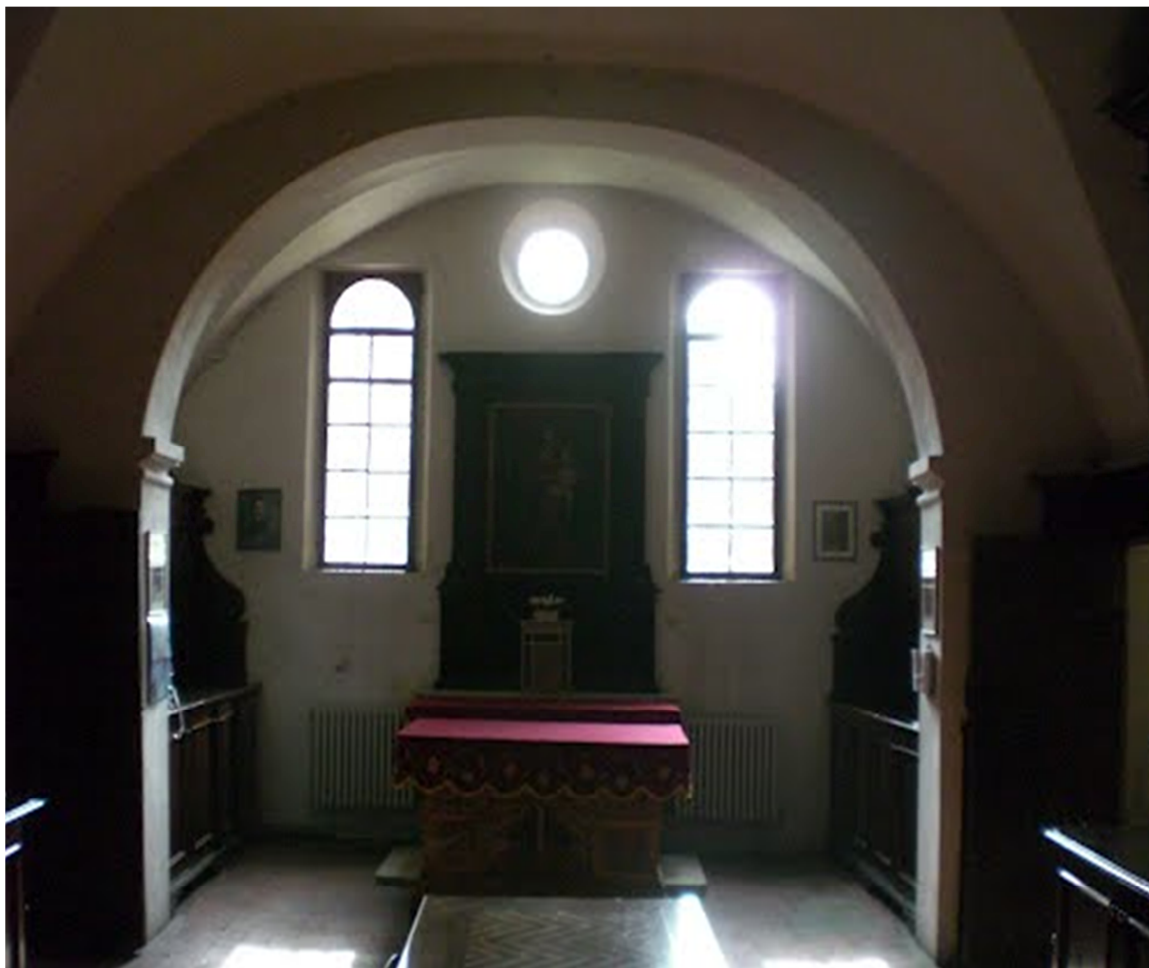


Figura 6: Vista della sacrestia.

Figura 6: Vista de la sacristía.

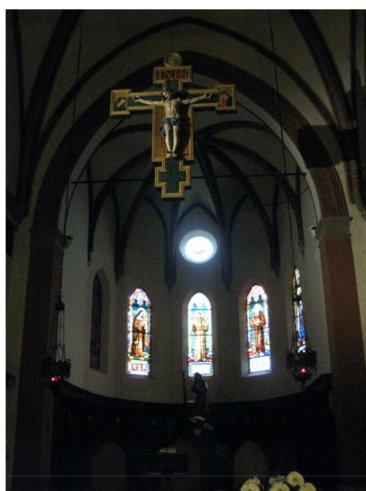


Figura 7: Interno dell'abside.

Figura 7: Interior del ábside.



Figura 8: Complesso monumentale dell'abside.

Figura 8: Complejo monumental del ábside.



Figura 9: Complesso absidale e torre campanaria della chiesa.

Figura 9: Complejo absidial y torre campanario de la iglesia.

La copertura è a falde con capriate in legno appoggiate direttamente sul muro della navata centrale, senza alcun cordolo. Il manto di copertura, visto dall'esterno all'interno si compone di coppi, tavelloni forati, travetti in legno (orditura secondaria), travi in legno (orditura principale) e dalla capriata.

La cubierta es de faldones con cerchas de madera apoyadas directamente sobre el muro de la nave central, sin ningún bordillo. El manto de cobertura, visto del exterior al interior se compone de tejas curvas, viguetas forradas, de madera (armadura secundaria), vigas de madera (armaduras principales) y de las cerchas.



Figura 10: Capriate navata centrale.

Figura 10: Cerchas nave central.



Figura 11: Travi navata sinistra.

Figura 11: Vigas nave izquierda.

Per quanto riguarda i dettagli decorativi troviamo all'esterno cornici in muratura, mentre all'interno basso-rilievi vari, arredi in legno, vetri colorati e pavimenti in marmo.

En lo que concierne a los detalles decorativos que encontramos al exterior: cornisas de albañilería mientras que al interior bajos relieves variados, decorados en madera, vidrieras y pavimentos en mármol.

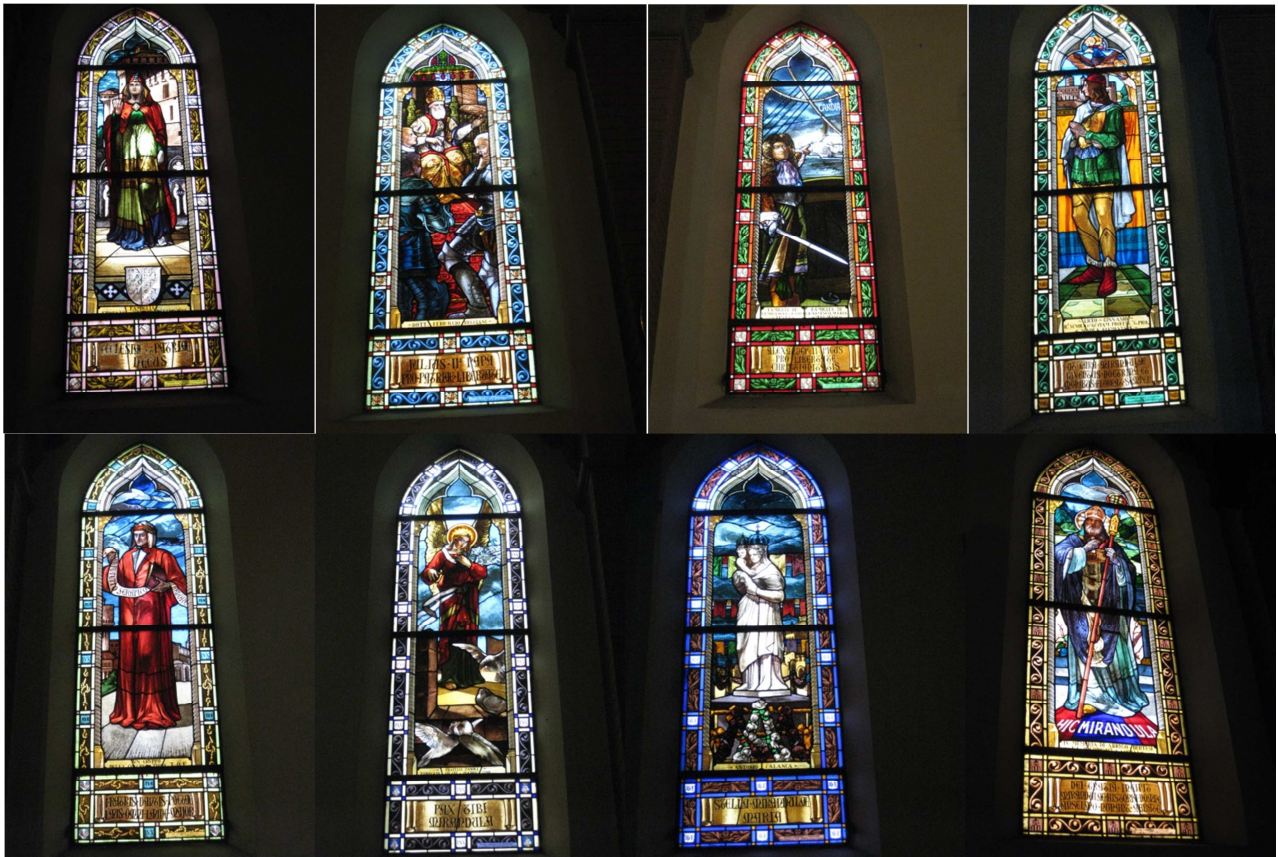


Figura 12: Vetri colorati di finestre in pareti destra.

Figura 12: Vidrieras coloreadas de las ventanas en la pared derecha.



Figura 13: Cornici in muratura del edificio.

Figura 13: Cornisas de albañilería del edificio.



Figura 14: Cornici in muratura dell'abside.

Figura 14: Cornisas de albañilería del ábside.



Figura 15: Cornice superiore della facciata principale.

Figura 16: Cornice inclinata della facciata principale.

Figura 17: Cornice esterne della facciata principale.

Figura 15: Cornisas superiores de la fachada principal.

Figura 16: Cornisas inclinadas de la fachada principal.

Figura 17: Cornisas externas de la fachada principal.

Rilievo geometrico della chiesa.

Riportiamo le principali misure in pianta:

Larghezza massima interna, compresa l'abside:

25'95 m

Larghezza massima a livello della terza campata:

20'80 m

Larghezza della navata laterale sinistra a livello della 3ª campata:

5'36 m

Larghezza della navata destra a livello della 3ª campata:

5'02 m

Larghezza della navata centrale:

10'42 m

Ampiezza della terza campata, dal bordo della colonna:

3'99 m

Levantamiento geométrico de la iglesia.

Añadimos las principales medidas en planta:

Longitud máxima interna, contando el ábside:

25'95 m

Longitud máxima hasta el final del tercer vano:

20'80 m

Longitud de la nave lateral izquierda hasta el final del 3º vano:

5'36 m

Longitud de la nave lateral derecha hasta el final del 3º vano:

5'02 m

Longitud de la nave central:

10'42 m

Anchura del tercer vano, del borde de la columna:

3'99 m

Ampiezza della porta maggiore in luce:
2'30 m

Anchura de la puerta mayor:
2'30 m

Ampiezza delle porte laterali in luce:
1'58 m

Anchura de la puerta lateral:
1'58 m

Misure della cappella della B. Vergine di Reggio:
5'35 x 4'90 m

Medida de la capilla de B. Vergine de Reggio:
5'35 x 4'90 m

Misure del suo vestibolo (ora Sacratio dei Caduti):
7'65 x 6'88 m

Medida del vestíbulo (Ahora Sagrario de los Caídos):
7'65 x 6'88 m

Elenco delle principali misure in alzato:
Altezza massima delle arcate maggiori:
14'50 m

Lista de las principales medidas en alzado:
Altura máxima de las arcadas mayores:
14'50 m

Altezza massima delle arcate minori:
7'80 m

Altura máxima de las arcadas menores:
7'80 m

Altezza delle colonne, compresi i capitelli:
5'10 m

Altura de las columnas, incluyendo los capiteles:
5'10 m

Altezza dei pilastri, compresi i capitelli:
7'80 m

Altura de los pilares, incluyendo los capiteles:
7'80 m

Altezza della chiesa all'esterno a filo gronda per le fiancate:
8'40 m

Altura de la iglesia al exterior hasta el vierteaguas lateral:
8'40 m

Altezza della chiesa all'esterno a filo gronda per la navata centrale:
16'25 m

Altura de la iglesia al exterior hasta el vierteaguas de la nave central:
16'25 m

Per una lettura più accurata si riportano anche

le dimensioni delle finestre della parete sud, in luce: 2'50 x 0'80 m; comprese le parti strombate: 3'70 x 1'40 m. Altezza della cornice perimetrale ad archetti pensili 0'80 m.

Para una lectura más aproximada se muestran también las dimensiones de las ventanas de la pared sur, de luces: 2'50 x 0'80 m; incluyendo la parte ampliada: 3'70 x 1'40 m. Altura de la cornisa perimetral a los arquillos colgantes 0'80 m.

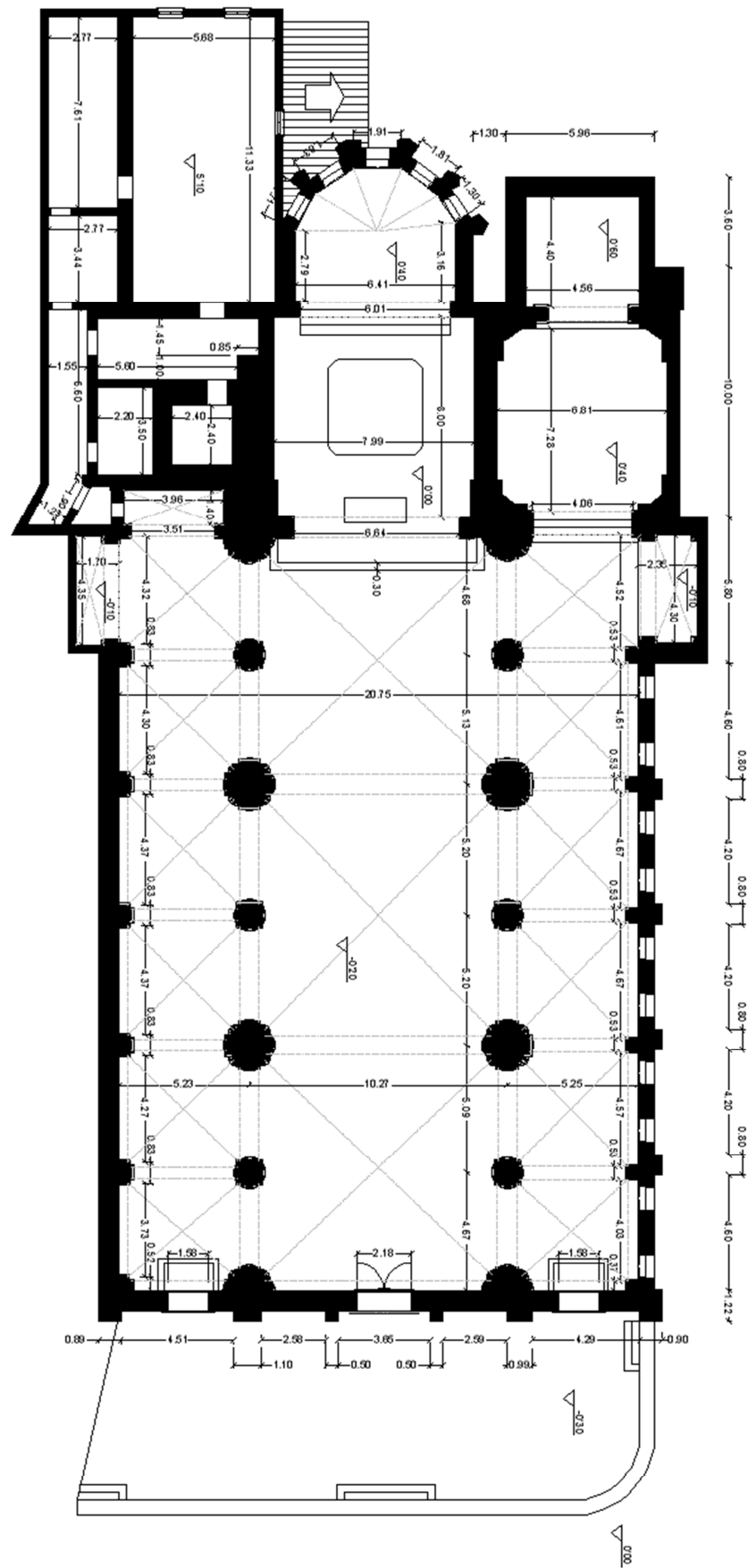


Figura 18: Pianta della chiesa di San Francesco.

Figura 18: Planta de la iglesia de San Francisco.

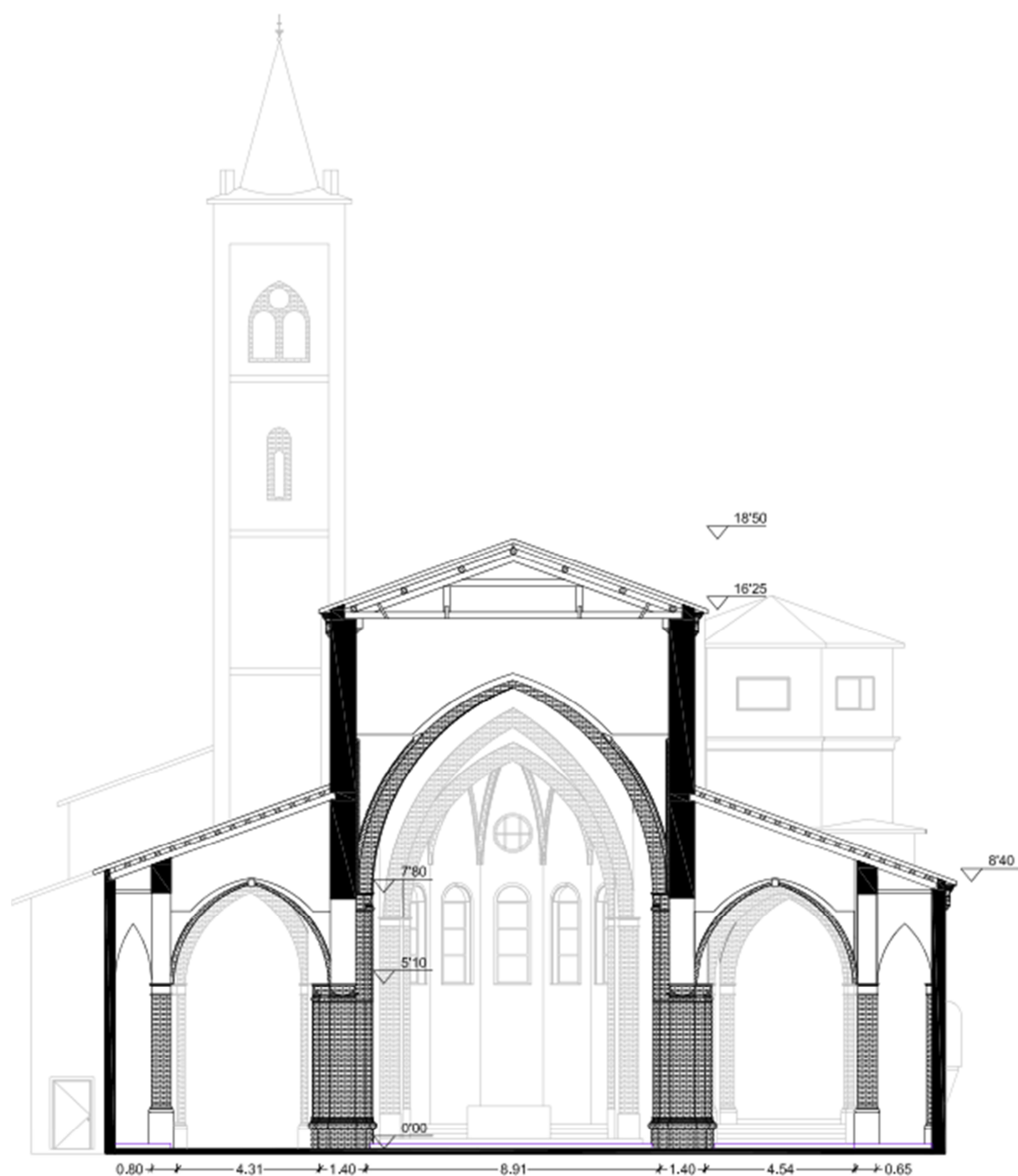


Figura 19: Sezione trasversale della chiesa di San Francesco.

Figura 19: Sección transversal de la iglesia de San Francisco.

Il sisma.

Aspetti Geomorfologici del terreno.²

Il territorio mirandolese è ubicato nell'estrema fascia della bassa pianura modenese, in un paesaggio dominato fino a due secoli fa da ampie distese vallive.

Da un punto di vista altimetrico il territorio del comune di Mirandola corrisponde al settore assiale della Pianura Padana, configurandosi come area depressa con modestissimi rilievi dati dagli argini dei corsi d'acqua e da rilevati di origine antropica. Il sottosuolo al contrario è piuttosto articolato come documentato dell'esplorazione per la ricerca di idrocarburi che ha rivelato, al di sotto dei recenti depositi del Po e dei fiumi appenninici, la presenza di terreni più antichi fortemente deformati che costituiscono il substrato del bacino padano.

Analizzando i vari strati compositivi dei terreni mirandolesi si nota in profondità, al di sotto dei terreni alluvionali di copertura, terreni sedimentari di origine marina, costituiti prevalentemente da argille compatte e marne con intercalazioni sabbiose e arenacee.

La copertura alluvionale è costituita in prevalenza da sabbie depositate dal fiume Po, con intercalazioni di lenti argillose; essa ha uno spessore variabile da 250 metri, a sud di Mirandola, a 100 metri.

Lo spessore della coltre alluvionale forma, proprio in corrispondenza del territorio mirandolese, una particolare struttura positiva che determina un inarcamento (per piegamento) dei terreni del substrato verso l'alto, creando pertanto

El terremoto.

Aspectos Geomorfológicos del terreno.

El territorio mirandoles está ubicado en la banda extrema de la baja llanura modenese, en un paisaje dominado hasta hace dos siglos por una amplia extensión de valles.

Desde el punto de vista altimétrico, el territorio del municipio de Mirandola corresponde al sector axial de la Llanura Padana, configurándose como área deprimida con relieves moderados dados por los diques de los cursos del agua y collados de origen antrópico. La articulación del subsuelo está bastante documentada gracias a las labores de sondeo realizadas para la búsqueda de hidrocarburos, las cuales han revelado, la presencia de terrenos más antiguos fuertemente deformados que constituyen el substrato de la presa padana por debajo de los recientes depósitos del Po y de los ríos Apeninos.

Analizando los varios estratos que componen los terrenos mirandoleses se distinguen en su profundidad, por debajo de los terrenos aluvionales de cobertura, terrenos sedimentarios de origen marino, constituidos predominantemente de arcillas compactas y margas con mezclas arenosas y terrosas.

La cobertura aluvional está constituida predominantemente por arena depositada procedente del río Po, con mezclas de lentejones de arcilla; ésta tiene un espesor variable de 250 metros a 100 metros, hacia el sur de Mirandola.

Los espesores de la corteza aluvional forman, justo en correspondencia con el territorio

² Strollo, N.: pp. 7 - 8.

una specie di “collina sepolta”. Questa struttura nota con il nome di “dorsale Ferrarese”, al di fuori del territorio mirandolese, continua verso Ferrara e le Valli del Comacchio. Queste pieghe sono originate da faglie di accavallamento cioè da fratture lungo cui le masse rocciose si sovrappongono l’una sull’altra.

Lo scorrimento delle masse rocciose avviene lungo orizzonti, detti di scollamento e scorrimento, che, in genere, corrispondono a pacchi di strati e hanno un comportamento più plastico rispetto alle rocce sotto e sovrastanti.

Gli ipocentri delle scosse principali della sequenza iniziata il 20 maggio sembrano tutti localizzati in questo intervallo stratigrafico. I terremoti emiliani del maggio 2012 hanno così confermato le conoscenze sulla cinematica di queste strutture.

Gli effetti osservati hanno confermato anche la suscettibilità di questo territorio all’amplificazione del moto sismico e alla liquefazione.

mirandolés, una particular estructura positiva que determina un pandeo por torsión de los terrenos del substrato hacia arriba, creando por tanto una especie de “colina sepultada”. Esta estructura, conocida como “dorsales Ferraresas”, fuera del territorio mirandoles continua hacia Ferrara y los valles del Comacchio. Estos pliegues son el resultado de fallas superpuestas, es decir, de fracturas a lo largo de las masas rocosas que se superponen unas sobre otras.

El desplazamiento de las masas rocosas ocurre a lo largo de horizontales, dichos desprendimientos y desplazamientos, generalmente corresponden a paquetes de estratos y tienen un comportamiento más plástico respecto a las rocas subterráneas y sobresalientes.

Los hipocentros de las sacudidas principales de la secuencia iniciada el 20 de mayo parecen estar todas localizadas en este intervalo estratigráfico. Los terremotos emilianos de mayo del 2012 han confirmado así los conocimientos sobre la cinemática de estas estructuras.

Los efectos observados han confirmado también la susceptibilidad de este territorio a la ampliación del movimiento sísmico y a la licuefacción.

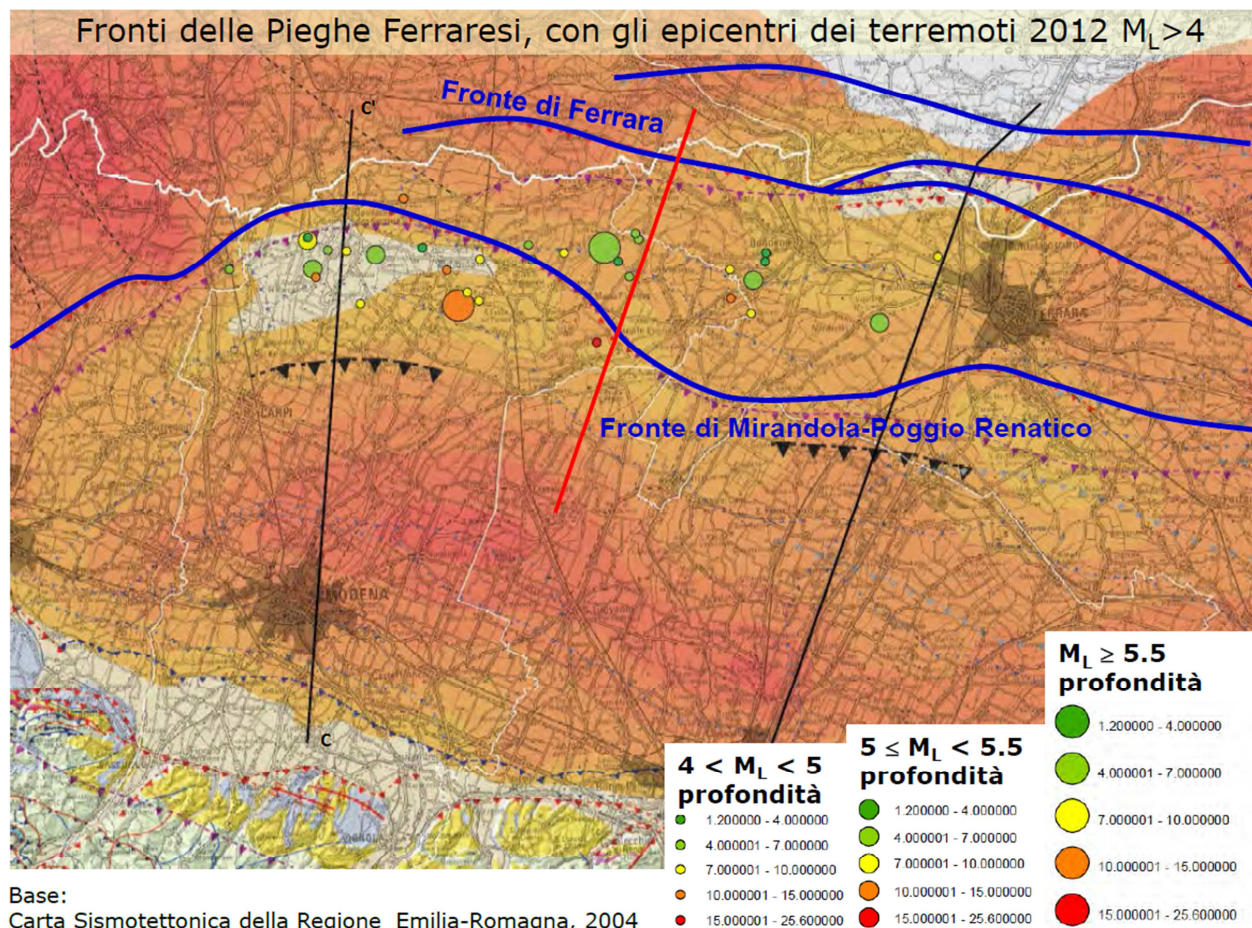


Figura 20: Carta Sismo tettonica della regione Emilia-Romagna, 2004.

Figura 20: Plano Sismo tectónico de la región Emilia-Romagna, 2004.

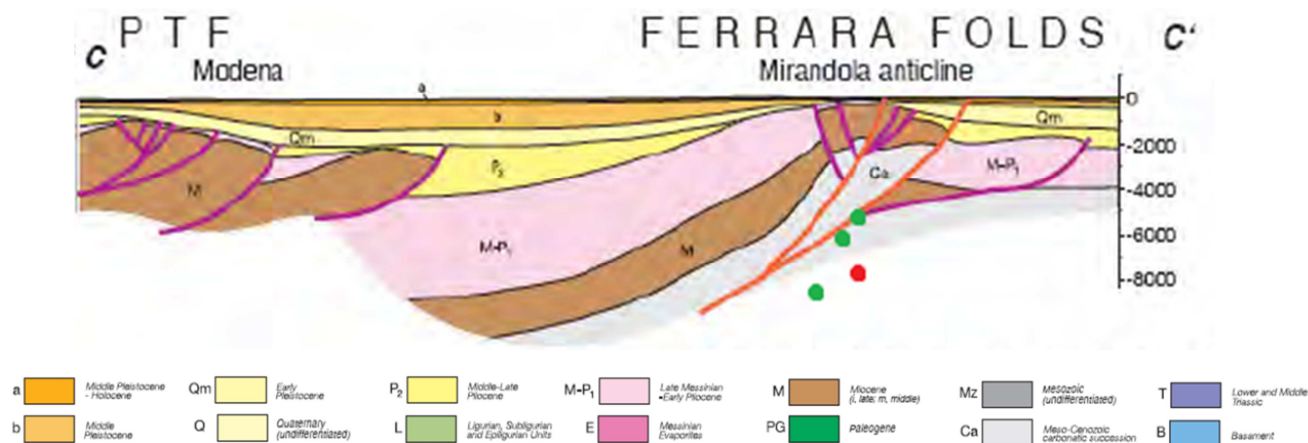


Figura 21: Sezione geologica attraverso la pianura modenese (C-C') con proiezione degli ipocentri $ML > 5$. Cerchi verdi del 29 maggio, cerchi rosso del 3 giugno.

Figura 21: Sección geológica a través de la llanura modenese (C-C') con proyecciones de los hipocentros $ML > 5$. Circulos verdes del 29 maggio, circulos rojos del 3 junio.

Classificazione sismica del territorio.³

In base alla legislazione italiana (Legge 02-02-1974 n. 64 – all'allegato elenco delle località sismiche della Legge 25-11-1962 n. 565 e sue integrazioni e modifiche, ed in particolare al D.M. 23-07-1983) il Comune di Mirandola non doveva considerarsi area sismica né di prima né di seconda categoria.

L'elenco di Comuni dichiarati sismici dalla legislazione è stato però formulato con criteri tutt'altro che scientifici e sulla base di una casistica di sismi verificatisi in Italia nell'arco di poco più di un secolo; pertanto anche il criterio casistico - probabilistico adottato non risulta attendibile se riferito ad un periodo di osservazione troppo breve.

L'area risulterebbe debolmente sismica, ma la scarsità dei dati anteriori al 1900 rende poco significativa la casistica.

Nel corso degli anni, però, questa visione molto approssimativa e basata su criteri piuttosto casuali e poco scientifici è stata sostituita da una classificazione sismica del territorio più accurata.

La legislazione antisismica italiana, allineata alle più moderne normative a livello internazionale prescrive norme tecniche in base alle quali un edificio debba sopportare senza gravi danni i terremoti meno forti e senza crollare i terremoti più forti, salvaguardando prima di tutto le vite umane.

Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2965 comuni italiani

Clasificación sísmica del territorio.

En base a la legislación italiana (Ley 02-02-1974 n. 64 – al anexo con las localidades sísmicas de la Ley 25-11-1962 n. 565 y sus integraciones y modificaciones y, en particular al D.M. 23-7-1983) el municipio de Mirandola no debía considerarse área sísmica ni de primera ni de segunda categoría.

El listado de Municipios declarados sísmicos por la legislación ha sido formulado sin embargo con criterios no científicos y sobre la base de una casuística de sismos verificados en Italia en un intervalo de poco más de un siglo; por tanto el criterio casuístico – probabilístico adoptado tampoco resulta fiable puesto que se refiere a un periodo de observación demasiado breve.

El área resultaría débilmente sísmica, pero la escasez de los datos anteriores 1900 vuelve poco significativa la casuística.

No obstante, en el curso de los años esta visión tan aproximada y basada en criterios tan eventuales y poco científicos ha sido sustituida por una clasificación sísmica del territorio más cuidadosa.

La legislación antisísmica italiana, alineada a las más modernas normativas a nivel internacional, prescribe normas técnicas en base a las cuales un edificio debe soportar sin graves daños los terremotos menos fuertes y sin derrumbarse los terremotos más fuertes, salvaguardando ante todo las vidas humanas.

Hasta el 2003 el territorio nacional estaba clasificado en tres categorías sísmicas de diferente severidad. Los Decretos Ministeriales emanados del

³ Strollo, N.: pp. 21 – 24.

su di un totale di 8102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione.

Il comune di Mirandola venne inserito in terza categoria, solo a partire del 1998 mentre precedentemente apparteneva al cosiddetto "territorio non classificato" con l'applicazione quindi delle considerazioni sopra citate.

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati su studi ed elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che supera una determinata soglia di intensità o magnitudo.

A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n.105 dell'8 maggio 2003.

Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 – "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

Ministero dei Lavori Pubblici entre el 1981 y el 1984 habían clasificado en conjunto 2965 municipios italianos sobre un total de 8102, que corresponden al 45% de la superficie del territorio nacional, en el que reside el 40% de la población.

El municipio de Mirandola fue situado en tercera categoría solo a partir de 1998, mientras que precedentemente pertenecía al llamado "territorio no clasificado" con la aplicación, por tanto, de las consideraciones arriba citadas.

En el 2003 se han emanado los criterios de nueva clasificación sísmica del territorio nacional, basados en estudios y publicaciones más recientes relativas a la peligrosidad sísmica del territorio, es decir, sobre el análisis de la probabilidad de que el territorio esté afectado en un cierto intervalo de tiempo (generalmente 50 años) por un evento que supere un cierto umbral de intensidad o magnitud.

Con tal fin ha sido publicada "l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri" (la Ordenanza del Presidente del Consejo de los Ministros) n. 3274 del 20 marzo 2003.

La medida dicta los principios generales sobre la base de los cuales las Regiones, a las que el Estado ha delegado la adopción de la clasificación sísmica del territorio (Decreto Legislativo nº 112 del 1998 y Decreto del Presidente de la Republica nº 380 del 2001 – "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia" [Texto Único de las Normas para la Edificación]), han compilado con peligrosidad decreciente el número de los municipios con la relativa atribución a una de las cuatro zonas, en las que ha sido clasificado el territorio nacional.

Zona 1 – Zona con pericolosità sismica ALTA. È la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.
Zona 2 – Zona con pericolosità sismica MEDIA. Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
Zona 3 – Zona con pericolosità sismica BASSA. I Comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
Zona 4 – Zona con pericolosità sismica MOLTO BASSA. È la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.

Di fatto, sparisce il territorio “non classificato”, che diviene zona 4, nel quale è facoltà delle Regioni prescrivere l’obbligo della progettazione antisismica.

A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell’azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1=0’35 g, zona 2=0’25 g, Zona 3=0’15 g, zona 4=0’05 g).

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
1	$Ag > 0'25$
2	$0'15 < ag \leq 0'25$
3	$0'05 < ag \leq 0'15$
4	$Ag \leq 0'05$

Zona 1 – Zona con peligrosidad sísmica ALTA. Es la zona más peligrosa, pueden producirse fuertes terremotos.
Zona 2 – Zona con peligrosidad sísmica MEDIA En los municipios clasificados en esta zona pueden tener lugar terremotos bastante fuertes.
Zona 3 – Zona con peligrosidad sísmica BAJA. Los municipios colocados en esta zona pueden estar sujetos a sacudidas modestas.
Zona 4 – Zona con peligrosidad sísmica MUY BAJA. Es la zona menos peligrosa, con posibilidades de daño sísmico bajo.

De hecho, desaparece el territorio “no clasificado”, que se vuelve zona 4, en el cual es facultad de las regiones prescribir las obligaciones del planeamiento antisísmico.

A cada zona, además, viene atribuido un valor de la acción sísmica útil por el planeamiento, expresado en términos de aceleración máxima sobre la roca (zona 1=0’35 g, zona 2=0’25 g, zona 3=0’15 g, zona 4=0’05 g).

Zona sísmica	Aceleración con probabilidad de superación igual al 10% en 50 años (ag)
1	$Ag > 0'25$
2	$0'15 < ag \leq 0'25$
3	$0'05 < ag \leq 0'15$
4	$Ag \leq 0'05$

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte, altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, ad esempio adottando solo tre zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (ag). Tale valore di pericolosità di base non hanno però influenza sulla progettazione.

Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008), infatti, hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali; per ciascuna zona precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal 1 Luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la

Para respetar a las direcciones y criterios establecidos a nivel nacional, algunas regiones han clasificado el territorio en las cuatro zonas propuestas, mientras que otras regiones han clasificado de forma diferente su propio territorio, por ejemplo, adoptando solo tres zonas (zona 1, 2 y 3) e introduciendo, en algunos casos, las subzonas para adaptar mejor las normas a las características de sismicidad.

Cualquiera que haya sido la elección regional, a cada zona o subzona se le atribuye un valor de peligrosidad de base expresada en términos de aceleración máxima sobre suelo rígido (ag). Pero tales valores de peligrosidad de base no tienen influencia sobre el planeamiento.

Las actuales "Norme Tecniche per le Costruzioni" (Normas Técnicas para la Construcción), han modificado en efecto, el papel que la clasificación sísmica había planeado; para cada zona precedentemente fue provisto un valor de aceleración pico y, por tanto, de espectro de respuesta elástico a utilizar para el cálculo de las acciones sísmicas.

Desde el 1 de julio de 2009, con la entrada en vigor de las "Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008" (Normas Técnicas para la Construcción), para cada construcción, se nos debe referir a una aceleración de referencia "propia" localizada sobre la base de las coordenadas geográficas de las áreas de proyecto y en funciones de la vida nominal de la obra. Un valor de peligrosidad de base, por lo tanto, definido para cada punto del territorio nacional, sobre una malla cuadrada de 5 km de lado, independientemente de los límites administrativos municipales.

gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).⁴

A seguito di questi cambiamenti, oggi, Mirandola risulta essere in Zona 3 con un'accelerazione compresa fra 0'05g e 0'15g.

La clasificación sísmica (zona sísmica perteneciente al municipio) queda útil solo para la gestión de la planificación y para el control del territorio de parte de los entes antepuestos (Regiones, organismos civiles, etc.).

A consecuencia de éstos cambios, hoy, Mirandola resulta estar en Zona 3 con una aceleración comprendida entre 0'05 g y 0'15 g.



Figura 22: Classificazione sismica Emilia-Romagna al 2012.

Figura 22: Clasificación sísmica de Emilia-Romagna en 2012.

⁴ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – INGV. *Classificazione sismica.*

Storia sismica di Mirandola.⁵

Il Database Macrosismico Italiano, riporta 43 record relativi agli effetti per la località di Mirandola. In figura 23 sono riportati quelli con effetti al sito pari o superiori al grado IV della scala MCS.⁶

Historia sísmica de Mirandola.

La Database Macrosismico Italiano (Base de Datos Macrosísmica Italiana), recuerda 43 records relativos a los efectos para la localidad de Mirandola. En la figura 23 se muestran aquellos con efectos parecidos o superiores al grado IV de la escala MCS.

Year	Month	Day	Area of maximum effects	Equivalent moment magnitude	Epicentral intensity	Felt intensity
					MCS	MCS
1117	1	3	Veronese	6.69	IX-X	VI-VII
1234	3	20	Ferrara	5.14	VII	V
1285	12	13	Ferrara	5.14	VII	V
1365	7	25	Bologna	5.35	VII-VIII	V
1411	1	9	Ferrara	5.14	VII	V
1501	6	5	Appennino modenese	5.98	IX	VI-VII
1542	6	13	Mugello	5.94	IX	V
1570	11	17	Ferrara	5.46	VII-VIII	VI
1574	3	17	Finale Emilia	4.72	VI	VII
1661	3	22	Appennino romagnolo	6.09	IX	V
1688	4	11	Romagna	5.78	VIII-IX	V
1695	2	25	Asolano	6.48	X	V-VI
1781	4	4	Romagna	5.94	IX-X	VI
1891	6	7	Valle d'Ilasi	5.86	VIII-IX	V
1908	6	28	Finale Emilia	4.27	V	VI
1914	10	27	Garfagnana	5.76	VII	VI
1963	4	5	Finale Emilia	4.09	V-VI	V-VI
1978	12	25	Bassa mantovana	4.52	V-VI	V
1986	12	6	Bondeno	4.70	VI	VI
1987	5	2	Reggiano	5.09	VI	V
1987	5	8	Bassa modenese	4.65	VI	V-VI

Figura 23: Record del DBMI11 relativi agli effetti pari o superiori al grado IV della scala MCS per la località Mirandola.

Figura 23: Record del DBMI11 relativo a los efectos pares o superiores al grado IV de la escala MCS para la localidad de Mirandola.

⁵ Strollo, N.: pp. 24 – 25.

⁶ Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – INGV. Database macrosismico italiano

Fra gli eventi registrati si cita quello del 22 ottobre 1796 – VI MCS in quanto provocò una piccola lesione alla volta sopra l'altare maggiore della chiesa di San Francesco.⁷

Eventi sismici del 20-29 maggio 2012.⁸

Il 20 maggio 2012, alle 04:03, un terremoto di magnitudo ML=5'9 (Magnitudo Locale) della scala Richter ha colpito la Pianura Padana. L'epicentro è stato individuato in provincia di Modena, tra Mirandola e Finale Emilia e l'ipocentro a una profondità di circa 6'3 Km. Molte scosse si sono succedute lo stesso giorno di cui due con magnitudo superiore a 5'0.

Nove giorni dopo, il 29 maggio 2012 alle 09:00, un altro forte terremoto di magnitudo ML=5'8, ha colpito nuovamente la pianura modenese. La scossa è stata localizzata vicino a Medolla, circa 10 chilometri a ovest della scossa principale del 20 maggio, ad una profondità di circa 10'2 km. Lo stesso giorno sono state registrate numerose scosse, tra le quali altre due con magnitudo superiore a 5'0.

In generale, le scosse di magnitudo superiore a 5'0 sono state sette, l'ultima delle quali il 3 giugno 2012 alle ore 21:20.

Entre los eventos registrados se cita aquel del 22 de octubre de 1796 – VI MCS el cual provocó una pequeña lesión a la bóveda sobre el altar mayor de la iglesia de San Francesco.

Eventos sísmicos del 20 – 29 de mayo de 2012.

El 20 de mayo de 2012, a las 04:03, un terremoto de magnitud ML=5'9 (Magnitud Local) de la escala Richter golpeó la Llanura Padana. El epicentro fué localizado en la provincia de Modena, entre Mirandola y Final Emilia y el hipocentro a una profundidad de cerca de 6'3 km. Muchas sacudidas sucedieron en el mismo día (con magnitud superior a 5'0).

Nueve días después, el 29 de mayo de 2012 a las 09:00, otro fuerte terremoto de magnitud ML=5'8, golpeó nuevamente la llanura modenese. La sacudida fué localizada cercana a Medolla, alrededor de 10 kilómetros al oeste de la sacudida principal del 20 de mayo, a una profundidad de cerca de 10'2 km. El mismo día fueron registradas numerosas sacudidas, entre las cuales otras dos con magnitud superior a 5'0.

En general, las sacudidas de magnitud superior a 5'0 han sido siete, la última de las cuales tuvo lugar el 3 de junio de 2012 a las 21:20 horas.

⁷ Catalogue of strong earthquakes in Italy an advance laboratory of historical seismology – CFTI4med.

⁸ Strollo, N.: pp. 25 – 27.

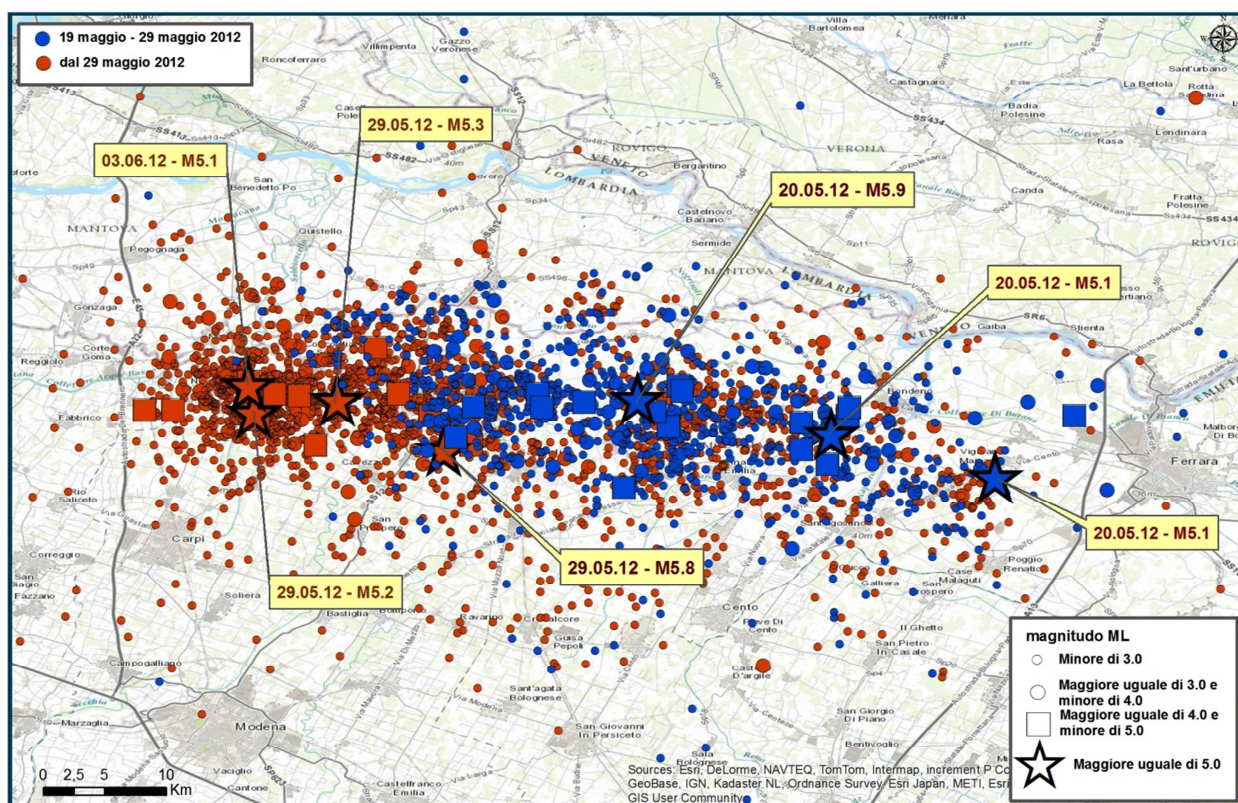


Figura 24: Mappa degli epicentri $ML > 4.0$ dal 20 maggio al 3 giugno.

Figura 24: Mapa de los epicentros $ML > 4.0$ del 20 de mayo al 3 junio.

Nella figura 25 si riportano i valori di PGA e delle accelerazioni spettrali a 0'3, 1 e 3s con la localizzazione della scossa. Questi dati dimostrano che gli edifici ubicati nella regione colpita sono stati sottoposti a valori non inferiori a $PGA \geq 0.2g$ durante le due scosse principali.

Per una comprensione più diretta della vicinanza delle scosse a Mirandola riporto la latitudine e la longitudine della città: Lat. $44^{\circ}8'867$ [°dec] Lon. $11^{\circ}0'667$ [°dec].

En la figura 25 se muestran los valores de PGA y de las aceleraciones espectrales a 0'3, 1 y 3 s con la localización de la sacudida. Estos datos demuestran que los edificios ubicados en la región golpeada han sido subordinados a valores no inferiores al PGA de $0.2g$ durante las dos sacudidas principales.

Para una comprensión más directa de la cercanía de las sacudidas a Mirandola agrego la latitud y la longitud de la ciudad: Lat. $44^{\circ}8'867$ [°dec] Lon. $11^{\circ}0'667$ [°dec].

Building ID [-]	Lat [°dec]	Lon [°dec]	May 20th 2012 event				May 29th 2012 event			
			PGA [g]	S _a (T=0.3s) [g]	S _a (T=1s) [g]	S _a (T=3s) [g]	PGA [g]	S _a (T=0.3s) [g]	S _a (T=1s) [g]	S _a (T=3s) [g]
MB 2.1	44.8870	11.0629	0.273	0.81	0.488	0.068	0.289	0.681	0.309	0.112
MB 2.2 (a)	44.8864	11.0644	0.282	0.841	0.508	0.070	0.286	0.680	0.308	0.112
MB 2.2 (b)	44.8850	11.0663	0.284	0.852	0.516	0.071	0.283	0.676	0.310	0.117
MB 2.2 (c)	44.8395	11.1400	0.309	0.849	0.538	0.067	0.293	0.828	0.290	0.093
MB 2.3 C1	44.8860	11.0665	0.283	0.846	0.511	0.071	0.286	0.681	0.301	0.111
MB2.3 C2	44.8635	11.0775	0.295	0.844	0.502	0.068	0.309	0.739	0.295	0.110
PCB 3.5	44.8471	11.2084	0.304	0.716	0.425	0.051	0.296	0.867	0.250	0.061
PCBs 3.1, 3.2	44.8255	11.0394	0.196	0.534	0.311	0.046	0.282	0.653	0.271	0.106
PCBs 3.3, 3.4	44.8403	11.0568	0.230	0.635	0.370	0.053	0.294	0.694	0.279	0.107
RCB 4.1	44.8858	11.0653	0.283	0.846	0.512	0.071	0.286	0.680	0.308	0.112
RCB 4.2	44.8839	11.0655	0.285	0.858	0.521	0.072	0.283	0.677	0.311	0.117

Figura 25: Valori di PGA e accelerazioni spettrali degli eventi del 20 e 29 maggio 2012. (Reluis)

Figura 25: Valores de PGA y aceleraciones espectrales de los eventos del 20 y 29 de mayo 2012. (Reluis)

Questi dati comportano una maggiore sollecitazione delle pareti longitudinali del monumento rispetto a quella subita dalla facciata.

Queste considerazioni, come vedremo successivamente, saranno confermate dalle lesioni e dai danni subiti dalla chiesa.

Storia della chiesa: archeologia dell'architettura.

Storia del convento di San Francesco.⁹

Molto frastagliata è la storia del convento che affianca l'antica chiesa. Sicuramente per la popolazione Mirandolese la presenza dei francescani fu di grande importanza, sia dal punto di vista sociale, per gli aiuti umanitari e per la comunità che essi avevano creato, sia dal punto di vista culturale, dovuto alla Biblioteca del suo interno.

Infatti, all'interno del convento vi era un'importantissima Biblioteca, specializzata in opere

Estos datos comportan una mayor sollicitación de las paredes longitudinales del monumento con respecto a los sufridos por la fachada.

Estas consideraciones, como veremos sucesivamente, serán confirmadas por las lesiones y de los daños sufridos por la iglesia.

Historia de la iglesia: arqueología de la arquitectura.

Historia del convento de San Francisco.

Muy abrupta es la historia del convento que flanquea la antigua iglesia. Seguramente para la población mirandolesa la presencia de los franciscanos fue de gran importancia, sea desde el punto de vista social, por las ayudas humanitarias y por la comunidad que se había creado, o desde el punto de vista cultural, debido a la biblioteca de su interior.

⁹ Strollo, N.: pp. 29 – 31.

Cicognani, C.: pp. 87 – 89.

di materia ecclesiastica, ma ricca di edizioni rare e pregiate, dal Cinquecento al Settecento, che fanno ancora parte del fondo antico della Biblioteca comunale di Mirandola. Vi sono dati certi della sua presenza da prima del 1503, per cui un patrimonio che non includeva solo opere a stampa ma anche volumi manoscritti (alcuni arrivati ai giorni nostri). Molti libri andarono purtroppo dispersi durante il periodo del riordino della libreria, durata ben sette anni. A seguire con l'avvento della soppressione napoleonica degli Ordini religiosi altrettanti e più volumi furono dispersi. Nel 1812 la biblioteca fu distrutta, ricostruita solamente nel 1824 e grazie allo sforzo dei francescani che l'abitavano sono potuti giungere a noi i volumi, che come già detto ora fanno parte della biblioteca comunale di Mirandola.

Allo stesso modo, anche l'Archivio fu devastato, nel 1633, e poi ricostituitosi grazie agli frati che abitavano nel convento.

Il convento era, come già detto, punto nodale per quanto riguarda la cultura in quelle zone e per tutto l'ordine francescano; aveva importanza riconosciuta in tutta la penisola. Importanti figure illustri misero piede, alloggiarono e studiarono all'interno delle mura di questo convento.

Per quanto riguarda invece il punto di vista architettonico di questo complesso, ebbe una vita più dura della chiesa annessa. Si deduce da alcuni documenti che fosse eretto contemporaneamente alla chiesa, ma si hanno dati certi solamente dal 1377. Assieme alla ricostruzione del 1400, voluta da Costanza Pico, il convento venne ricostruito o ampliato. Nel 1566 fu arricchito di stanze e portici e furono allargati gli orti e l'area cortiliva. Nell'anno

En efecto, al interior del convento había una importantísima biblioteca, especializada en obras de materia eclesiástica, pero rica de ediciones raras y preciadas, del s.XVI al s.XVIII, que forman todavía parte del fondo antiguo de la Biblioteca Municipal de Mirandola. Había datos ciertos de su presencia antes del 1503, por lo que su patrimonio no solo incluía obras impresas, sino también volúmenes manuscritos (algunos llegados a nuestros días). Muchos libros fueron extraviados desgraciadamente durante el periodo de la reordenación de la biblioteca, la cual duró siete años. Con la llegada de la supresión napoleónica de las órdenes religiosas otros tantos y más volúmenes fueron extraviados. En el 1812 la biblioteca fue destruida, reconstruida solamente en el 1824 y gracias al esfuerzo de los franciscanos que vivían han podido llegar a nosotros los volúmenes, que como ya se ha dicho ahora forman parte de la Biblioteca Municipal de Mirandola.

Del mismo modo, también el Archivo fue devastado, en 1633, y después reconstruido gracias a los hermanos que vivían en el convento.

El convento era, como ya hemos dicho, punto clave en lo que concierne a la cultura en esas zonas y para toda la orden franciscana, tenía importancia reconocida en toda la península itálica. Importantes figuras ilustres estuvieron, se alojaron y estudiaron en el interior de los muros de este convento.

En lo que concierne, en cambio, al punto de vista arquitectónico de este complejo, este tuvo una vida más dura que la iglesia anexa. Se deduce de algunos documentos que fue erguido al mismo

1609, grazie al Principe Alessandro I Pico fu costruito un secondo chiostro. Nel 1671 il Duca Alessandro II ricostruì o restaurò parte del portico del primo chiostro; nel 1691 il convento fu ingrandito di 16 stanze. Fino al XVIII secolo il convento crebbe e fu restaurato continuamente in tutte le sue parti, arrivando in questi anni a raggiungere il suo massimo sviluppo. Assetto che si può vedere nel disegno sotto riportato (Disegno e note di Giacinto Paltrinieri 1830 circa).

Il convento fu poi distrutto nel 1812, dopo che gli Ordini Religiosi persero le loro proprietà secondo le leggi Napoleoniche.

Il convento era uno dei più vasti della Minoritica Provincia francescana, la sua estensione era delimitata a nord dalla via che conduce alla chiesa del Gesù. A levante da quella dell'ospedale dei Gesuiti, a settentrione dalla piazza Garibaldi, detta allora del Desco e a sud dai muretti di confine dei diversi orti privati.

Il convento era caratterizzato da due larghi chiostri: il primo di fianco alla chiesa e ancora in essere per quanto rimaneggiato e rifabbricato, il secondo demolito e mai più ricostruito.

Fra le tante cose, il convento disponeva anche di una ricca ed ampia Foresteria con una grande ed accogliente anticamera di rappresentanza, un appartamento a disposizione del Padre Provinciale, le stanze riservate ai Sovrani, un ampio numero di celle, una larga cucina e tutto quello che poteva servire ad una comunità, spesso numerosa.

Il convento aveva un giardino dietro e di fianco alla sagrestia e due grandi orti con il pozzo, la legnaia, la cantina, una tabaccaia, una stalla, un

tiempo que la iglesia, pero hay datos ciertos solamente desde 1377. Junto a la reconstrucción del 1400, deseo de Costanza Pico, el convento viene reconstruido o ampliado. En el 1566 fue ampliado con habitaciones y pórticos y fueron agrandados los huertos y el área del patio. En el año 1609, gracias al Principe Alessandro I Pico fue construido un segundo claustro. En el 1671 el Duque Alessandro II reconstruyó o restauró parte del pórtico del primer claustro; En el 1691 el convento fue ampliado a 16 habitaciones. Hasta el siglo XVIII el convento creció y fue restaurado continuamente en todas sus partes, llegando en estos años a alcanzar su máximo desarrollo. Distribución que se puede ver en el diseño abajo adjunto (Diseño y notas de Giacinto Paltrinieri de cerca del 1830).

El convento después fue destruido en 1812, después de que las órdenes religiosas perdieran su propiedad según las Leyes Napoleónicas.

El convento era uno de los más vastos de la Minoritica Provincia franciscana, su extensión estaba delimitada al norte por la vía que conduce a la iglesia de Jesús. A levante que da al hospital de los Jesuitas, al norte de la plaza Garibaldi, dicha entonces del Desco y al sur de los muros que definen los diversos huertos privados.

El convento estaba caracterizado por dos largos claustros: el primero al lado de la iglesia y todavía allí debido al mantenimiento y reconstrucción, el segundo demolido y nunca más reconstruido.

Entre tantas cosas, el convento disponía también de una rica y amplia hospedería con una

pollaio, depositi per carretti e attrezzi e tante altre comodità per un discreto svolgimento della vita quotidiana.

gran y acogedora antecámara de representación, un apartamento a disposición del Padre Provincial, las habitaciones reservadas a los Soberanos, un amplio número de celdas, una larga cocina y todo aquello que podía servir a la comunidad, a menudo numerosa.

El convento tenía un jardín dentro y al lado de la sacristía y dos grandes huertos con pozo, la serrería, la cantina, una tabacalera, un estadio, un gallinero, depósitos para carros y utensilios y tantas otras comodidades para un discreto desarrollo de la vida cotidiana.

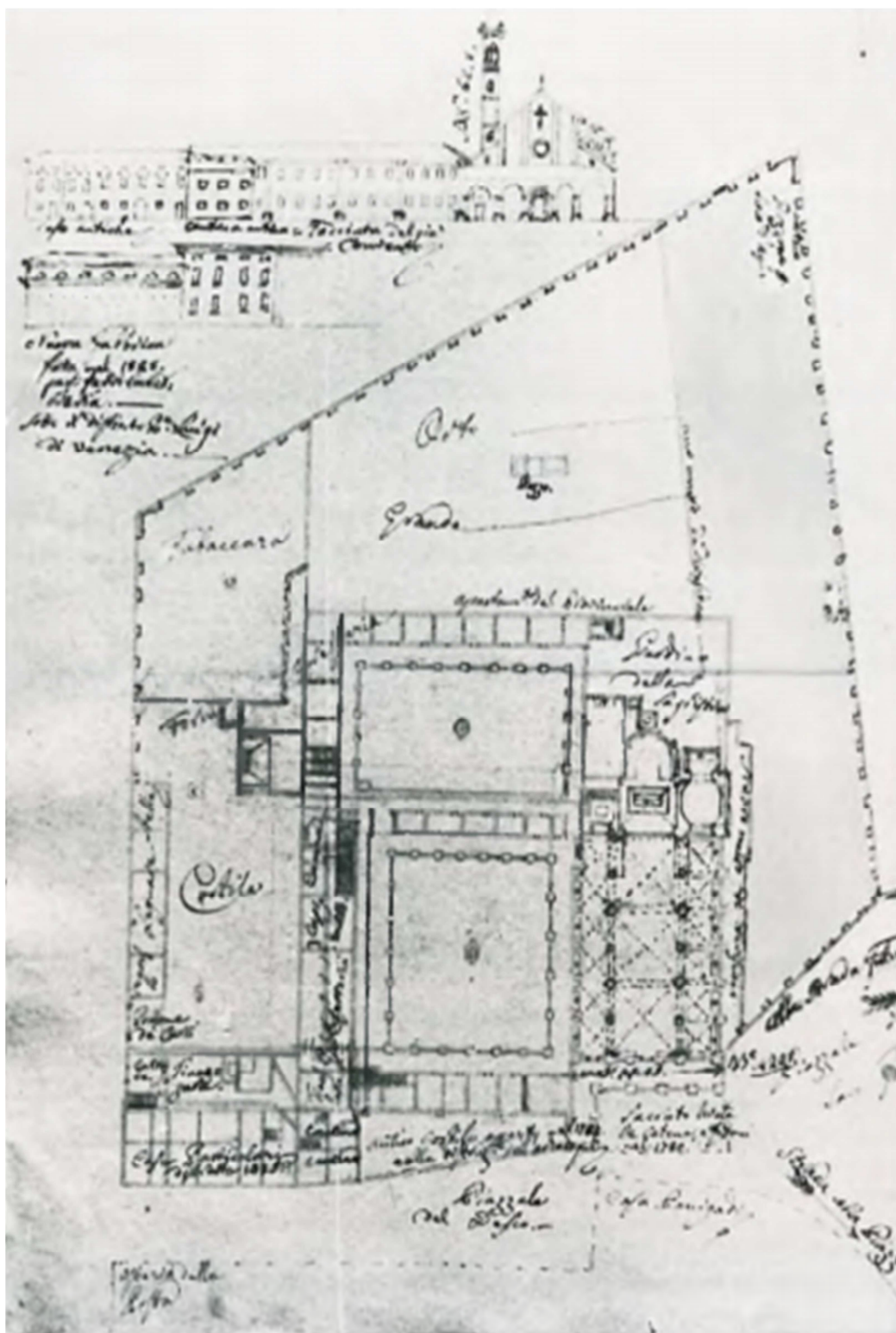


Figura 26: Piano terra del convento di S. Francesco, prima della distruzione circa 1830. Disegno a penna di Giacinto Paltrinieri del secolo XIX; in «Miscellanea di Memorie riguardanti la chiesa di S. Francesco»; disponibile nella Biblioteca Comunale della Mirandola.

Figura 26: Planta del convento de S. Francesco, antes de la destrucción alrededor de 1830. Diseño a lápiz de Giacinto Paltrinieri del siglo XIX; en «Miscellanea di Memorie riguardanti la chiesa di S. Francesco»; disponibile en la Biblioteca Municipal de Mirandola.

Le parti non distrutte del vecchio convento e l'orto vennero acquistate dal Duca Francesco IV per la somma di L. 14000, il quale ordinò due nuovi progetti di ricostruzione.

Fu ricostruito nel 1824, poi di nuovo abbandonato nel 1867, divenne proprietà comunale, perse il suo ruolo di biblioteca e archivio e divenne spazio di utilità del comune. Dopo un lungo periodo di abbandono si ubicarono tra queste mura le scuole del Ginnasio-Liceo, la sua configurazione venne in parte stravolta.

La nuova ricostruzione, terminata negli anni 1927-1928, ebbe vita brevissima poiché il convento finì compreso fra quelli da demolire in forza di una legge del 1866 emanata dal nuovo Regno d'Italia. A seguire un nuovo convento dietro le scuole fu ricostruito nel 1961 e resta di proprietà comunale.

Las partes no destruidas del viejo convento y el huerto fueron adquiridas por el Duque Francisco IV por la suma de 14000 Liras, el cual ordenó nuevos proyectos de reconstrucción.

Fue reconstruido en 1824, después de ser nuevamente abandonado en 1867, se volvió propiedad municipal, perdió su papel de biblioteca y archivo y se volvió espacio de utilidad del municipio. Después de un largo periodo de abandono se ubicaron entre estas murallas las escuelas del instituto, cuando su configuración viene en parte trastornada.

La nueva reconstrucción, terminada en los años 1927-1928, tuvo vida breve ya que el convento terminó incluido entre aquellos para demoler a la fuerza por una ley del 1866 emanada del nuevo Reino de Italia. A continuación, un nuevo convento dentro de las escuelas fue reconstruido en 1961 y se queda de propiedad municipal.

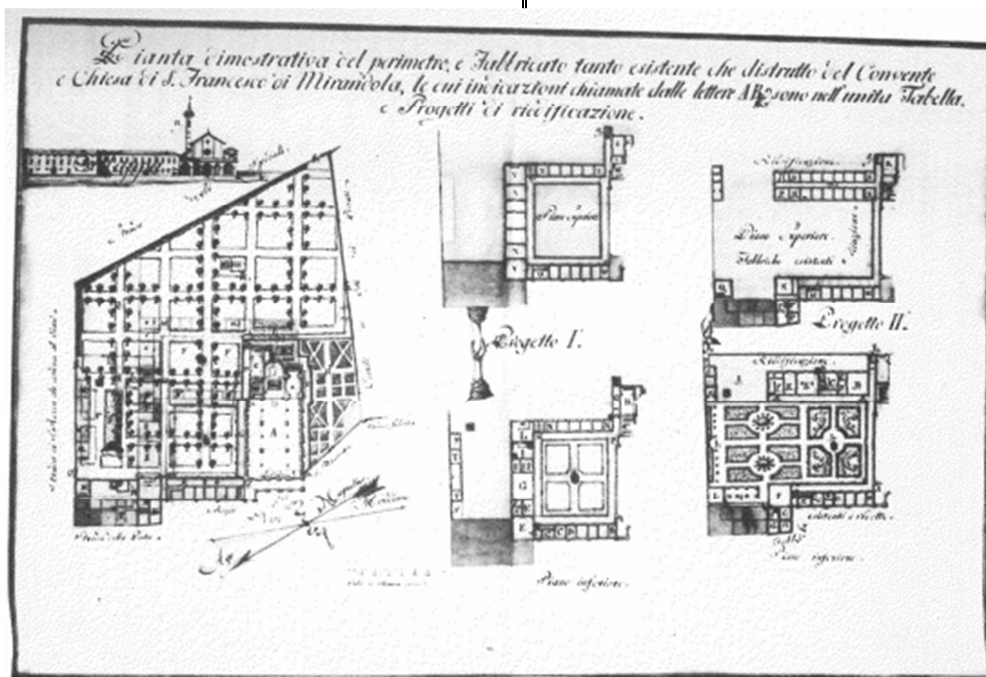


Figura 27: Piani terra dell'antico convento, 1824.

Figura 27: Planta baja del antiguo convento, 1824.

Evoluzione storico-architettonica della chiesa.¹⁰

Ingrano Bratti, scrittore più antico della storia mirandolese, narrata la morte del nobile Matteo de' Pepazzoni, uomo di somma bontà, avvenuta nel 1287 nel suo castello della Motta di Cividale, scrive che fu sepolto <<nella chiesa degli Frati Minori de S. Francesco allora ufficiata da preti, alla quale chiesa furono per lui fatte molte elemosine...>>

È questa la più antica memoria della chiesa ed è ben difficile trovarne altre perché l'archivio del convento fu preda di un incendio nel 1633.

Di seguito si cercherà di analizzare i passaggi salienti dell'evoluzione del monumento, affidandosi principalmente a testimonianza di storici locali, data la totale inabilità degli archivi e la mancanza di informazioni dei primi anni di vita della chiesa.

La chiesa, in origine poco estesa, sorgeva all'esterno delle mura dell'antico Borgo Brusato e aveva la facciata volta a levante e l'abside contro il fossato.

In origine era di forma rettangolare, ad una sola navata e con il tetto a capanna, di piccolo impianto sul tipo della Porziuncola (piccola chiesa vicino Assisi); la sua costruzione risale infatti a pochi anni dopo la canonizzazione del santo, i documenti testimoniano la sua presenza sin dal 1287, ma si può affermare che la sua costruzione fosse avvenuta anche qualche decennio prima.

Evolución histórico-arquitectónica de la iglesia.

Ingrano Bratti, escritor más antiguo de la historia mirandolesa, narraba la muerte del noble Matteo de' Pepazzoni, un hombre de suma bondad, ocurrida en 1287 en su castillo de la Motta di Cividale, escribe que fue sepultado << en la iglesia de los Frailes Menores de S. Francisco ahora oficio de curas, en la cual fueron hechas para él muchas limosnas...>>

Es ésta la más antigua memoria de la iglesia y es muy difícil encontrar otra porque el archivo del convento fue presa de un incendio en 1633.

Enseguida se trataron de analizar los pasos marcados de la evolución del monumento, encomendándose principalmente a testimonios de historiadores locales, dada la total inexistencia de los archivos y la falta de información de los primeros años de vida de la iglesia.

La iglesia, en origen fue poco extensa, surgió al exterior de los muros del antiguo Borgo Brusato y tenía la fachada en dirección al levante y el ábside contra el foso.

En origen era de forma rectangular, con una sola nave y con el techo como una cabaña, de pequeña planta como la de Porziuncola (pequeña iglesia cercana a Asís); su construcción, en efecto, remonta a pocos años después de la canonización del santo, los documentos testimonian su presencia ya desde 1287, pero también se puede afirmar que su construcción fue ocurrida alguna década antes.

¹⁰ Strollo, N.: pp. 34 – 46.
Cicognani, C.: pp. 83 – 86.

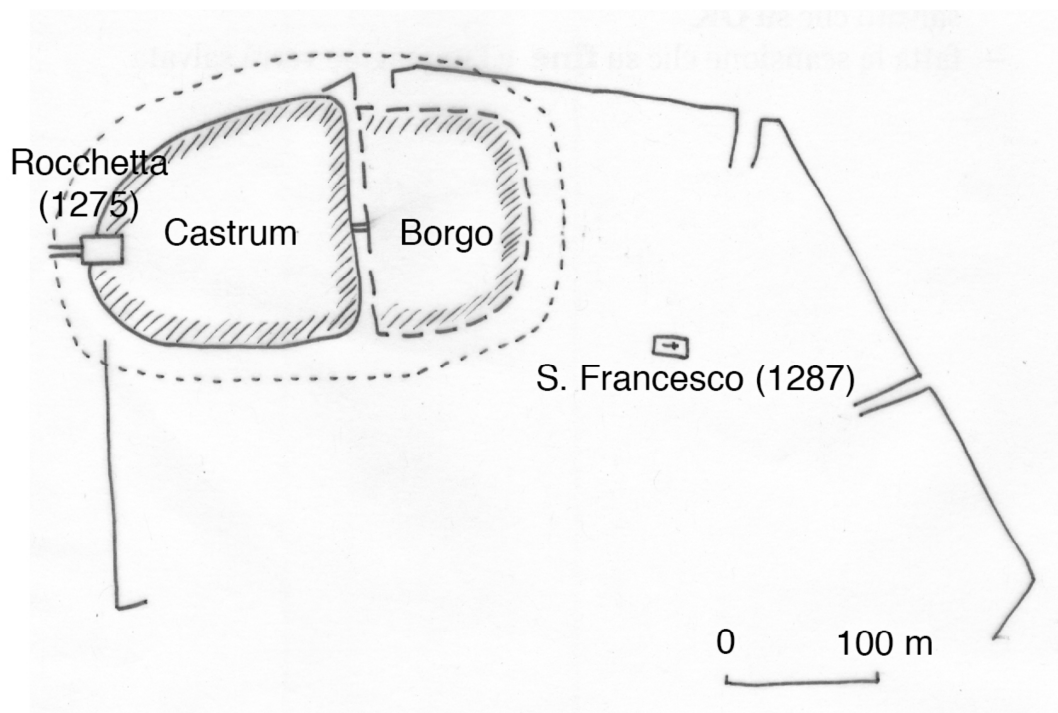


Figura 28: Schematizzazione del sviluppo del borgo e situazione della Chiesa in 1287.

Figura 28: Esquema del desarrollo del pueblo y situación de la Iglesia en 1287.

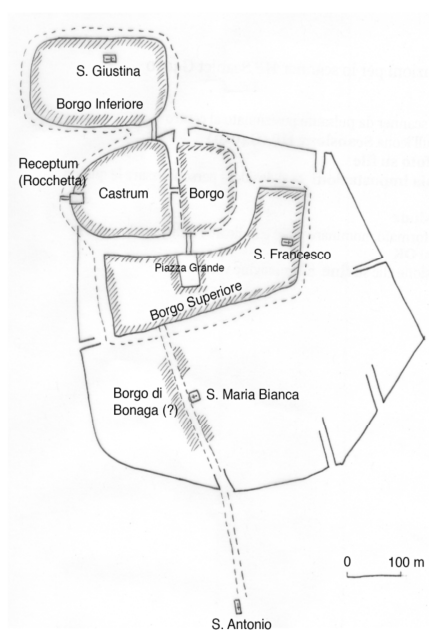


Figura 29: Sviluppo del borgo nel s.XIV.

Figura 29: Desarrollo del pueblo en el s.XIV.

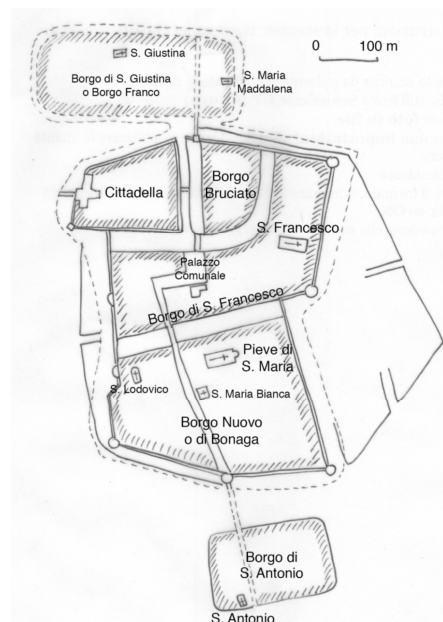


Figura 30: Sviluppo del borgo nel s.XV.

Figura 30: Desarrollo del pueblo en el s.XV.

In questo secolo la chiesa si presentava in stile gotico con qualche elemento di transizione e un'appendice barocca con la cappella della B. Vergine di Reggio.

In questo periodo la chiesa raggiunse il suo massimo splendore, e la sua massima importanza per la città di Mirandola, divenne infatti il Pantheon dei Pico, luogo di sepoltura dei principi di Corte, in contrasto forse con le credenze francescane, portò però all'interno della chiesa importanti opere d'arte e magnifiche tombe monumentali, che si susseguivano lungo le navate; disposte come si può vedere riportato nel disegno sottostante di Pellegrino Papotti del XIX, dal quale si deduce anche la distribuzione nei decenni precedenti al disegno.

Ora purtroppo il Pantheon dei Pico non conserva nulla dei resti della famiglia, le monumentali tombe a muro sono vuote, depredate da secoli; il sepolcro comune fu saccheggiato già pochi anni dopo la caduta dei Pico e completamente vuotato dai ladri, come pure le tombe interrate, con le lapidi iscritte, distrutte nel secolo scorso.

Nel 1660 venne aggiunto un porticato a 5 arcate alla facciata, che fu poi demolito nel 1927. Fu successivamente restaurata perché ritenuto causa di gravi lesioni presenti su essa e riportata a disegno originale nel 1937, dopo 10 anni di attento restauro. Infatti nel XIX secolo (insieme alla distruzione del Convento) la chiesa riscontrò indelebili modifiche: furono chiuse le finestre della parete sud, e furono appoggiati altari ed ancone in gesso e scagliola, ricavando una cappella per ogni

En este siglo la iglesia se presentaba en estilo gótico con algún elemento de transición y un apéndice barroco con la capilla de B. Vergine di Reggio.

En este periodo la iglesia alcanza su máximo esplendor, y su máxima importancia para la ciudad de Mirandola, se volvió en efecto el Panteón de los Pico, lugar de sepultura de los príncipes de la Corte, en contraste quizás con las creencias franciscanas, pero llevaron al interior de la iglesia importantes obras de arte y magníficas tumbas monumentales, que se sucedieron a lo largo de las naves; dispuestas como se puede ver señalado en el diseño posterior de Pellegrino Papotti del XIX, del cual se deduce también la distribución en las décadas precedentes al diseño.

Ahora desafortunadamente el Panteón de los Pico no conserva nada de los restos de la familia, las monumentales tumbas en el muro están vacías, saqueadas hace siglos; el sepulcro común fue saqueado ya pocos años después de la caída de los Pico y completamente vaciado por los ladrones, incluso las tumbas enterradas con las lápidas inscritas, destruidas en el siglo pasado.

En 1660 vino añadido un porche con 5 arcadas a la fachada, que fue después demolido en 1927. Fue sucesivamente restaurada porque aparecen causas de lesiones graves presentes sobre ella y devuelta al diseño original en 1937, después de 10 años de una cuidadosa restauración. En efecto, en el siglo XIX (junto a la destrucción del Convento) la iglesia halló indelebiles modificaciones: fueron cerradas las ventanas de la pared sur, y fueron colocados altares y retablos en yeso y escayola,

campata, altari che furono arricchiti di volute e fronzoli di gusto barocco e rococò. Nel 1870, l'interno che si presentava in gran parte con paramento a vista, fu intonacato e dipinto a striscioni orizzontali bianchi e blu seguendo lo stile delle chiese gotiche toscane, decorate in marmi di questi colori.

Il restauro degli anni 30 riportò appunto la chiesa a un aspetto che si avvicinava molto a quello originale.

sacando una capilla por cada volumen, altares que fueron decorados de volutas y perifollos de gusto barroco y rococó. En 1870, el interior que se presentaba en gran parte con paramento visto, fue revestido y pintado a bandas horizontales blancas y azules siguiendo el estilo de las iglesias góticas toscanas, decoradas en mármol de estos colores.

La restauración de los años 30 devolvió precisamente la iglesia a un aspecto que se parecía mucho al original.



Figura 31: Vista della facciata prima del 1926.

Figura 31: Vista de la fachada antes del 1926.



Figura 32: Vista della facciata dopo il restauro del 1930 circa.

Figura 32: Vista de la fachada después de la restauración alrededor a 1930.

La figura 31, del 1926, mostra le finestre alte della navata di mezzo ancora allargata a grandi finestroni di forma quasi quadrata, mentre quelle basse, sul muro della navata laterale, sono murate o ridotte a microscopici finestrini.

La seconda figura (fig. 32), del 1930, è interessante, perché fornisce la visione di un momento dello svolgimento dei lavori che si stavano compiendo in quegli anni per la demolizione del porticato. In quel anno vengono riaperte e riportate alle forme originali le finestre della navata di mezzo e della navata di destra (chiuse nella fotografia del 1926).

Queste continue variazioni di pieni e vuoti nella muratura esterna non sono sicuramente la

La figura 31, de 1926, muestra la ventana alta de la nave central todavía ampliada a grandes ventanales de forma casi cuadrada, mientras que la base, sobre el muro de la nave lateral, son tapiadas o reducidas a ventanas pequeñas.

La segunda figura (fig. 32), de 1930, es interesante porque muestran la visión de un momento del desarrollo de los trabajos que se estaban realizando en aquellos años para la demolición del pórtico. En aquel año son reabiertas y reconstruidas a la forma original las ventanas de la nave central y de la nave de la derecha (cerrada en la fotografía del 1926).

Estas variaciones de apertura y tapado de huecos en el muro externo no son seguramente la

causa principale del crollo della struttura; hanno però contribuito, senza alcun dubbio, all'indebolimento della struttura.

Quanto affermato fino ad ora possiamo riscontrarlo anche dall'osservazione di due piante della chiesa: la prima risalente ai primi decenni del XIX secolo e la seconda frutto di un rilievo eseguito, dal comune di Mirandola, pochi mesi prima del crollo.

Oltre a questa conferma le due figure ci permettono di rilevare ulteriori variazioni sulla facciata e sul retro dell'edificio dal lato della torre campanaria.

L'altezza del campanile non si conosce con esattezza. Da un prospetto della facciata della chiesa e del convento, eseguito dallo studioso mirandolese Giacinto Paltrinieri, nel 1830 circa, la sua altezza viene indicata di 62'2 braccia ed essendo il braccio mirandolese 0'635 m lineari l'altezza che ne risulta è di circa 39 m, ad esclusione del pinnacolo. Cominciato insieme alla chiesa esso venne ultimato solo nel 1447.

Per quanto riguarda la facciata nella figura 33, si nota l'assenza della piccola porta di destra, aperta soltanto dopo la demolizione del porticato e quindi visibile nel rilievo attuale (evidenziata in blu) mentre, sul retro, viene chiuso il porticato che dalla sacrestia dava accesso al cortile, in modo da creare un collegamento diretto con il nuovo convento di recente costruzione (evidenziato in giallo in figura 34).

causa principal del derrumbe de la estructura; pero han contribuido, sin duda alguna, al debilitamiento de la estructura.

Todo lo afirmado hasta ahora también lo podemos ver de la observación de dos planos de la iglesia: La primera referente a la primera década del siglo XIX y la segunda fruto de un modelo ejecutado, por el municipio de Mirandola, pocos meses antes del derrumbe.

Además de esta afirmación, las figuras nos permiten distinguir más variaciones sobre la fachada y sobre la parte trasera del edificio del lado de la torre del campanario.

La altura del campanario no se conoce con exactitud. De un alzado de la fachada de la iglesia y el convento, ejecutado por el estudioso mirandolese Giacinto Paltrinieri, cerca de 1830, su altura viene indicada de 62'2 brazos siendo éste 0'635 m lineales, la altura resultante es de 39 m, excluyendo el pináculo, comenzado junto a la iglesia y completado en 1447.

Por cuanto se ve en la fachada de la figura 33, se nota la ausencia de la pequeña puerta de la derecha, abierta solamente después de la demolición del pórtico y por tanto visible en el relieve actual (marcado en azul), mientras, sobre la parte trasera, viene cerrado el pórtico que desde la sacristía daba acceso al patio, a modo de crear una conexión directa con el nuevo convento de construcción reciente (evidenciado en amarillo en la figura 34).

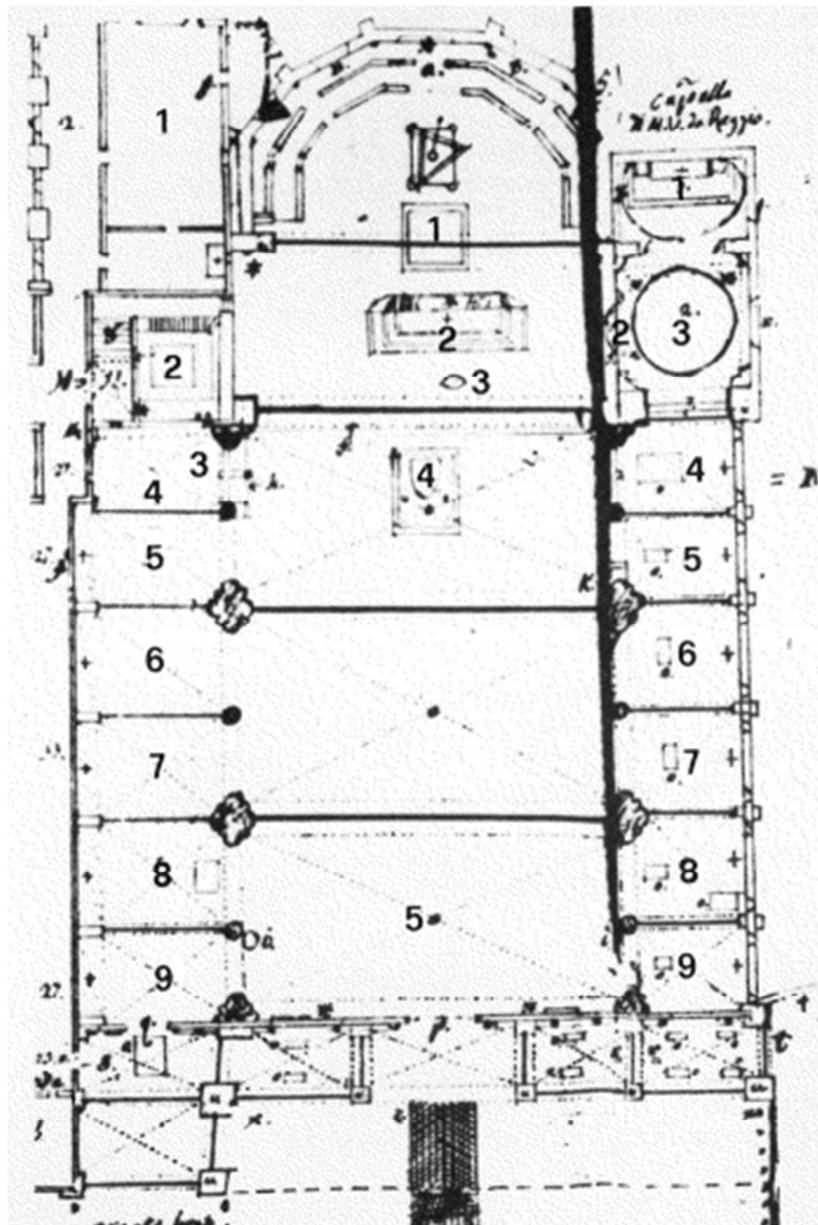


Figura 33: Piano della chiesa, sistemazione dell'interno nei primi decenni del secolo XIX. Si riporta l'elenco dei luoghi principali in riferimento alla numerazione del disegno.

Da sinistra:

- 1 sagrestia, sepolcro comune dei frati, cappella ed altare della B. Vergine di Reggio.
- 2 base del campanile, altare maggiore dei Salani, monumento a Giovanni Pico.
- 3 organo, sepolcro di Margherita Cantadori, sepolcro della famiglia Pico.
- 4 cappella con accesso al chiostro, sepolcro di Francesco Pico e famiglia.
- 5 monumento funebre di Giovan Francesco I Pico, sepolcro della confraternità dell'Immacolata Concezione.
- 6 monumento funebre di Spinetta Pico, sepolcro Scarabelli.
- 7 monumento funebre di Prendiparte Pico, sepolcro Natali.
- 8 monumento di Galeotto I.
- 9 monumento a Giovanni Pico.

Figura 33: Plano de la iglesia, clasificación del interior en las primeras décadas del siglo XIX. Se adjunta la lista de los lugares principales con referencia a la numeración del diseño.

Desde izquierda:

1 sacristía, sepulcro común de los frailes, capilla y altar de la B. Vergine di Reggio.

2 base del campanario, altar mayor de los Salani, monumento a Giovanni Pico.

3 órgano, sepulcro de Margherita Cantadori, sepulcro de la familia Pico.

4 capilla con acceso al claustro, sepulcro de Francesco Pico y familia.

5 monumento fúnebre de Giovan Francesco I Pico, sepulcro de la confraternidad de la Inmaculada Concepción.

6 monumento fúnebre de Spinetta Pico, sepulcro Scarabelli.

7 monumento fúnebre de Prendiparte Pico, sepulcro Natali.

8 monumento de Galeotto I.

9 monumento de Giovanni Pico.

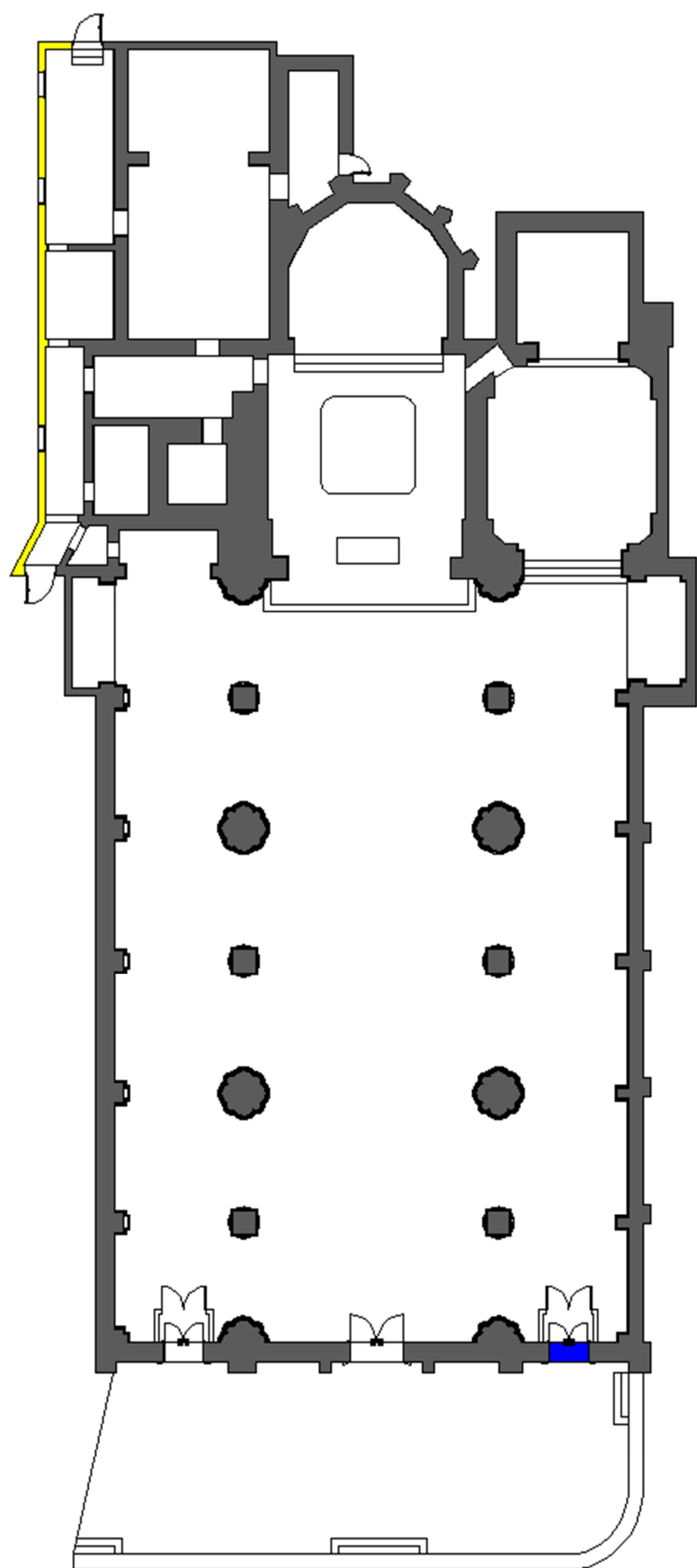


Figura 34: Pianta della chiesa prima del sisma del 2012.

Figura 34: Planta de la iglesia antes del sismo del 2012.

Come detto sopra, a seguito della demolizione del porticato si mise mano all'attuazione di alcuni lavori all'interno.

Nel complesso si trattò di una serie di operazioni notevoli e lodevoli, che costarono una decina di anni di lavoro e di progettazioni e che riportarono la chiesa alla primitiva bellezza ed austerità e ad un aspetto che, in realtà è molto vicino a quello originale. I lavori furono condotti con l'autorizzazione e la sorveglianza della Soprintendenza ai monumenti di Bologna.

Fra i tanti interventi si cita il rifacimento in quadrelli di marmo del pavimento e degli scalini e il restauro del paramento della chiesa, che permise di riportarlo all'aspetto originale: parte in mattoni a faccia a vista e parte intonacato.

Inoltre fra il 1929, anno della riapertura delle finestre della navata di destra, e il 1937, a seguito dell'ulteriore chiusura, si assistette all'inevitabile distruzione degli altari, che erano sistemati uno per campata.

Como dicho antes, a continuación de la demolición del pórtico se comenzó la actuación de algunos trabajos en el interior.

En conjunto se trató de una serie de operaciones notables y elogiables, que tardaron una decena de años de trabajo y de proyecciones, que devolvieron la iglesia a la primitiva belleza y austeridad y a un aspecto que, en realidad es muy cercano al original. Los trabajos fueron dirigidos con la autorización y la supervisión de la Superintendencia a los monumentos de Bologna.

Entre tantas intervenciones se cita la sustitución en cuadrícula de mármol del pavimento y de los escalones y la restauración del paramento de la iglesia, que permite devolverlo al aspecto original: parte en ladrillo visto y parte revestido.

Además entre 1929, año de la reapertura de las ventanas de la nave derecha, y 1937, a continuación de los trabajos de cerrado de las ventanas, se produce la inevitable destrucción de los altares, que fueron colocados uno por espacio.



Figura 35: Navata destra prima il restauro di 1929. La foto si feci nel 1928.

Figura 35: Nave derecha antes de la restauración de 1929. La foto se hizo en 1928.

Allineamenti stradali e quota del piano di campagna.

Mirandola ha una variazione di altezza sul livello del mare tra 9 e 23 metri, e quindi l'escursione altimetrica è di 14 metri. La facciata principale della chiesa è all'incrocio fra via Volturno e via Fulvia, l'accesso si realizza sotto al livello della strada; infatti, per accedere ci sono due gradini. Il muro ricadente al nord è condiviso con il Ginnasio Statale G. Pico. Al sud c'è una strada sterrata per accedere a una zona di orti dietro alla chiesa, alla quale si può accedere tramite un'altra porta in ferro da via Giuseppe Verdi.

Servizi e servitù esistenti.

L'edificio era dotato prima del sisma di acqua e luce, inoltre di rete idrica e fognatura. A sud c'è una strada dalla quale si può accedere alla zona degli orti dell'edificio e di edifici vicini, comunicanti con via Giuseppe Verdi attraverso una porta di ferro e con il Ginnasio statale G.Pico.

Alineaciones y rasantes.

Mirandola tiene una variación de cota sobre el nivel del mar entre 9 y 23 metros, por lo que la oscilación altimétrica es de 14 metros. La fachada principal de la iglesia recae sobre el cruce entre calle Volturno y calle Fulvia, el acceso se realiza bajo el nivel de la calle, para acceder a aquí hay dos escalones. El muro que recae al norte hace medianera con el Instituto Estatal G. Pico. Por el sur hay una calle de tierra para acceder a una zona de huertos posterior a la iglesia, a la cual se puede acceder por otra puerta de reja desde la calle Giuseppe Verdi.

Servicios y servidumbres existentes.

El edificio está dotado de agua y luz, además de red de saneamiento. Por el sur hay un camino por el que se puede acceder a la zona de huertos y a edificios cercanos, comunicado con la calle Giuseppe Verdi por una puerta de reja y con el Instituto estatal G.Pico.

VALUTAZIONE DELLO STATO ATTUALE

Vulnerabilità sismica delle chiese.

Secondo la Linee guida per la valutazione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni, nell'allegato C si analizza la vulnerabilità sismica delle chiese classificandole in 28 meccanismi di collasso differenti secondo i diversi macroelementi e caratteristiche tipologiche di una chiesa.

Essendo un macroelemento una porzione del globale di una chiesa con un comportamento strutturale autonomo degli altri. Queste porzioni si devono indagare in modo individuale per poi valutare i meccanismi di danno.

Si riportano a continuazione i meccanismi di collasso secondo l'appendice C: "Modello per la valutazione della vulnerabilità sismica delle chiese", delle Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale.

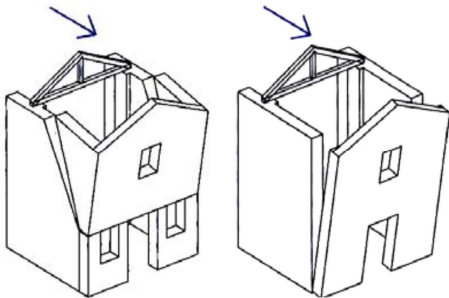
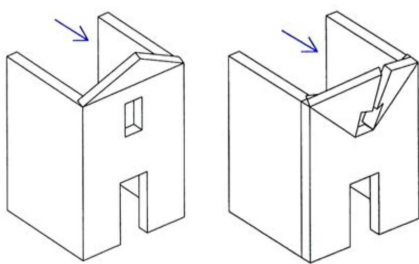
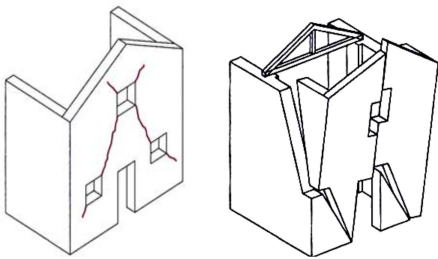
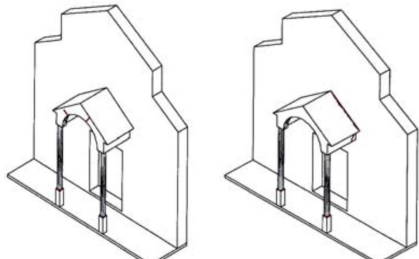
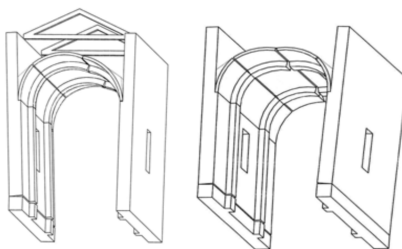
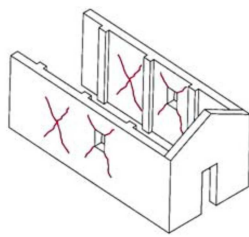
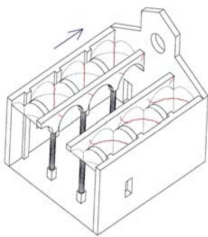
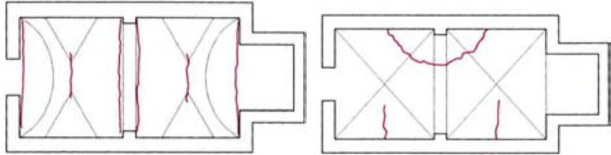
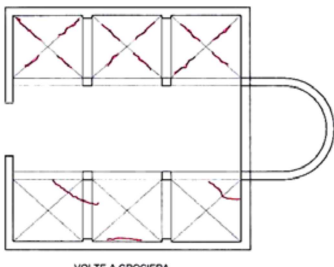
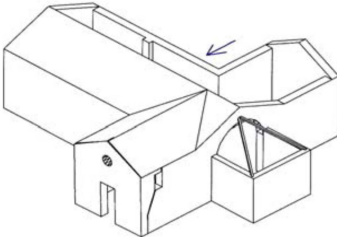
VALORACIÓN DEL ESTADO ACTUAL

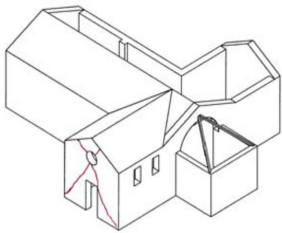
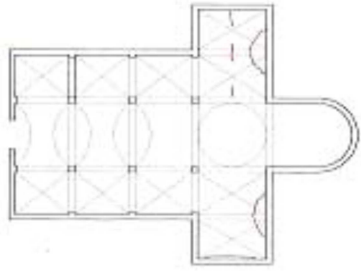
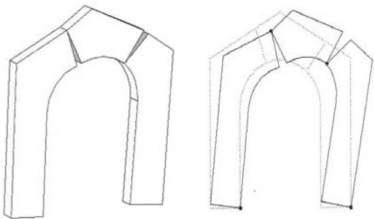
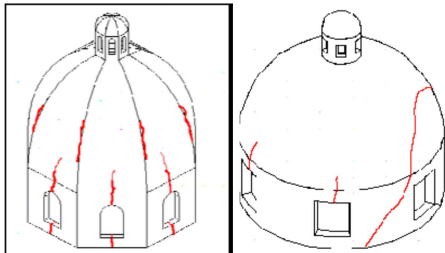
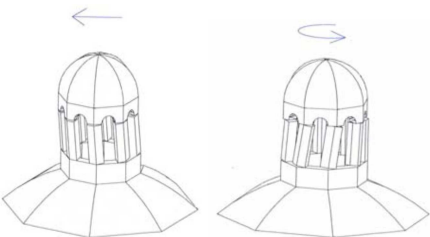
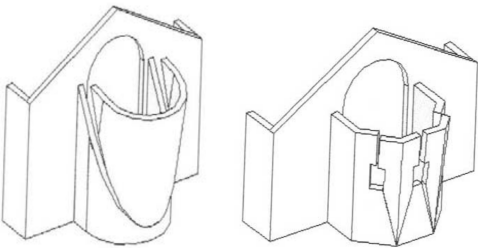
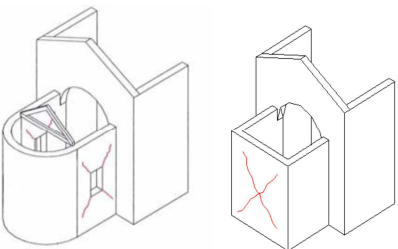
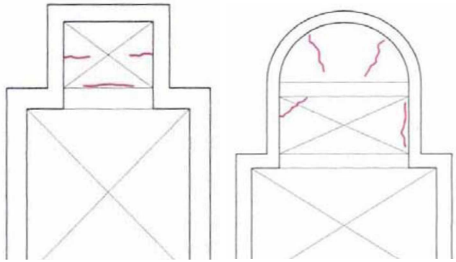
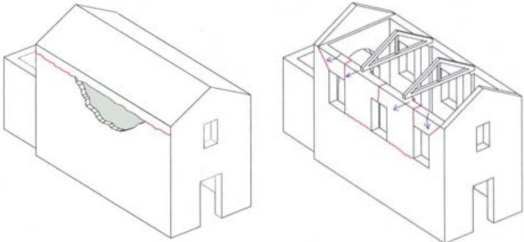
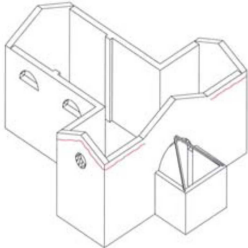
Vulnerabilidad sísmica de las iglesias.

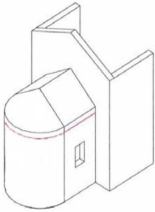
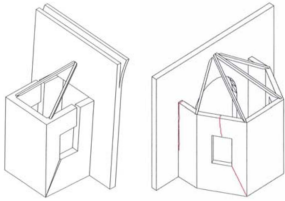
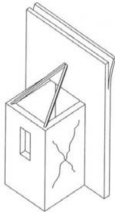
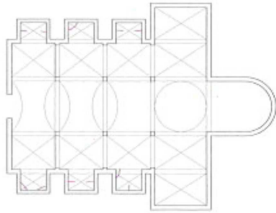
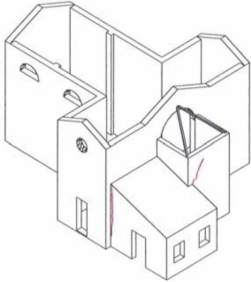
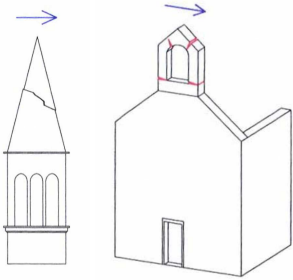
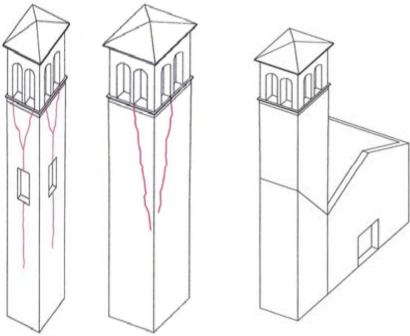
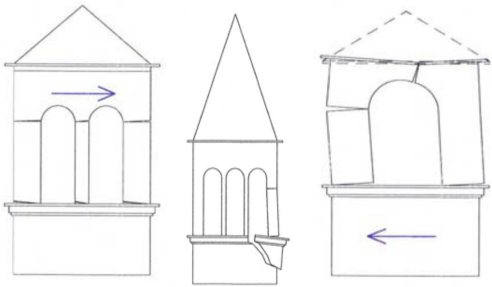
Según la "Linee guida per la valutazione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni" (Líneas Guía para la Valoración y reducción del riesgo sísmico del patrimonio cultural con respecto a las normas técnicas para las construcciones), en el anexo C se analiza la vulnerabilidad sísmica de las iglesias clasificándolas en 28 mecanismos de colapso diferentes según los diversos macroelementos y características tipológicas de una iglesia.

Siendo un macroelemento una porción del total de una iglesia con un comportamiento estructural autónomo de los otros. Estas porciones se deben investigar de forma individual para después valorar los mecanismos de daño.

Se adjuntan a continuación los mecanismos de colapso según el apéndice C: "Modello per la valutazione della vulnerabilità sismica delle chiese" (Modelo para la valoración de la vulnerabilidad sísmica de las iglesias), de las Líneas Guía para la Valoración y reducción del riesgo sísmico del patrimonio cultural.

1. RIBALTAMENTO DELLA FACCIATA 	2. MECCANISMI NELLA SOMMITÀ DELLA FACCIATA 
3. MECCANISMI NEL PIANO DELLA FACCIATA 	4. PROTIRO – NARTECE 
5. RISPOSTA TRASVERSALE DELL'AULA 	6. MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI LATERALI (RISPOSTA LONGITUDINALE) 
7. RISPOSTA LONGITUDINALE DEL COLONNATO. 	8. VOLTE DELLA NAVATA CENTRALE  VOLTA A BOTTE LUNETTATA VOLTE A CROCIERA
9. VOLTE DELLE NAVATE LATERALI  VOLTE A PADIGLIONE VOLTE A CROCIERA	10. RIBALTAMENTO DELLE PARETI DI ESTREMITÀ DEL TRANSETTO 

11. MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI DEL TRANSETTO 	12. VOLTE DEL TRANSETTO 
13. ARCHI TRIONFALI 	14. CUPOLA – TAMBURIO/TIBURIO 
15. LANTERNA 	16. RIBALTAMENTO DELL'ABSIDE 
17. MECCANISMI DI TAGLIO NEL PRESBITERIO O NELL'ABSIDE 	18. VOLTE DEL PRESBITERIO O DELL'ABSIDE 
19. ELEMENTI DI COPERTURA: AULA 	20. ELEMENTI DI COPERTURA: TRANSETTO 

21. ELEMENTI DI COPERTURA: ABSIDE 	22. RIBALTAMENTO DELLE CAPPELLE 
23. MECCANISMI DI TAGLIO NELLE CAPPELLE 	24. VOLTE DELLE CAPPELLE 
25. INTERAZIONE IN PROSSIMITÀ DI IRREGOLARITÀ PLANO-ALTIMETRICHE 	26. AGGETTI (VELA, GUGLIE, PINNACOLI, STATUE) 
27. TORRE CAMPANARIA 	28. CELLA CAMPANARIA 

Analisi preliminare delle condizioni di conservazione.

Lo stato attuale dell'edificio è molto vario: la chiesa è stata danneggiata dal sisma, la maggior parte è crollata e l'altra ha molti danni nella sua struttura; sarà perciò necessaria un'analisi dei muri e degli elementi strutturali che hanno resistito al movimento del sisma e verificare che non abbiano perso le caratteristiche di resistenza e funzionali per l'uso successivo, senza intervenire troppo.

La zona più colpita è la zona delle navate, dove il muro meridionale è crollato ed ha provocato il collasso delle volte, i pilastri e i muri che sosteneva. Si può vedere che il collegamento tra i mattoni non è sufficiente e il muro è ruotato un po', spaccando la cappella meridionale e separando il muro. Anche nell'abside si trovano alcune crepe, nella zona delle finestre.

Análisis preliminar de las condiciones de conservación.

El estado actual del edificio es muy variado, la iglesia ha sido dañada por el terremoto, la mayor parte de ella ha colapsado y la otra tiene muchos daños en la estructura, por ello será necesario un análisis de los muros y de los elementos estructurales que han resistido el movimiento del terremoto y verificar que no han perdido sus características resistentes y funcionales para su uso posterior, sin intervenir demasiado en ellos.

La zona más afectada es la zona de las naves, donde el muro meridional ha colapsado y ha provocado el derrumbe de las bóvedas, los pilares y los muros que sostenían sobre él. Se puede ver que el vínculo entre las hiladas no es suficiente y el muro ha volcado un poco, agrietando la capilla meridional y separando el muro. También en el ábside se encuentran algunas grietas, en la zona de las ventanas.



Figure 36: Crollo parziale del muro meridionale e giro del muro rimanente.



Figure 36: Derrumbe parcial del muro meridional y vuelco del muro permanente.



Figure 37: Spaccamento della cappella meridionale per la spinta delle volte.

Figure 37: Agrietamiento de la capilla meridional por el empuje de las bóvedas.



Figure 38: Spaccamento dell'abside nella zona de la finestra.

Figure 38: Agrietamiento del ábside en la zona de la ventana.

Conseguenza di questo crollo è la rotazione sulla facciata principale per il distacco dell'estremo meridionale. La navata nord non è crollata perché si appoggia sul muro mediano, più resistente del sud, però il muro nord della navata centrale è stato un po' danneggiato, come le volte della navata settentrionale.

Consecuencia de este colapso es el vuelco sobre la fachada principal por la liberación del extremo sur. La nave norte no ha colapsado porque se soporta sobre el muro de medianería, más resistente que el sur, pero el muro norte de la nave central ha sido un poco dañado, igual que las bóvedas de la nave septentrional.



Figure 39: Spaccamento del muro nord della navata centrale e distacco della facciata.

Figure 39: Agrietamiento del muro norte de la nave central y desplazamiento de la fachada.

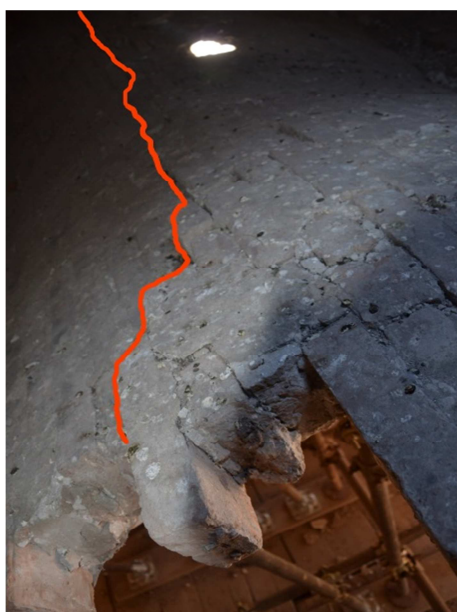


Figure 40: Danneggiamento delle volte nella navata nord.



Figure 40: Daños de las bóvedas en la nave norte.

L'altare ed il presbiterio hanno sofferto alcuni danni, il muro vicino al campanile è crollato ed il muro di fronte si è spaccato. Nell'abside i rivestimenti si sono degradati, la cupola nella cappella della Beata Vergine di Reggio, la cupola prima di questa cappella e gli archi frontali sono un po' danneggiati e aperti. Nella sagrestia e dipendenze degli ecclesiastici i muri del piano terra sono molto danneggiati, come il primo piano che è crollato e a cui non è possibile accedere, si può solo salire dalla scala fino al primo piano, lo stesso succede con il campanile ed il suo accesso, vietato l'accesso e tutto collassato.

El altar y presbiterio han sufrido algunos daños, el muro cercano al campanario se ha derrumbado y el muro de enfrente está agrietado. En el ábside los revestimientos se han degradado, la cúpula en la capilla de la Beata Vergine di Reggio, la cúpula de la capilla anterior y los arcos frontales están un poco dañados y abiertos. En la sacristía y dependencias de los clérigos los muros de la planta baja están muy dañados, como el primer piso que está todo colapsado y no es posible acceder a él, sólo se puede subir por la escalera hasta el descansillo de la primera planta. Lo mismo ocurre con el campanario y su acceso, prohibido el paso y todo derrumbado.

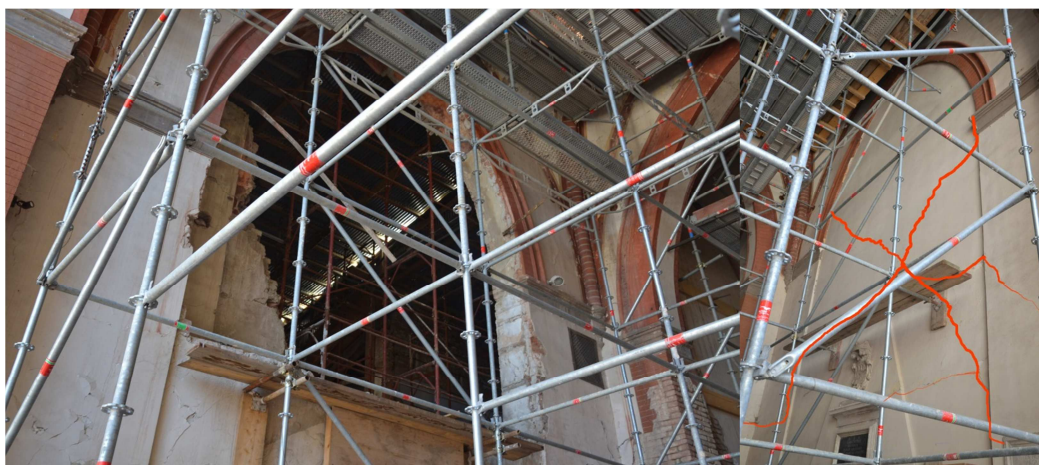


Figure 41: Crollo del muro vicino al campanile e spaccamento del muro in fronte nel presbiterio.

Figure 41: Derrumbe del muro cercano al campanario y agrietamiento del muro opuesto en el presbiterio.



Figure 42: Danneggiamento del arco nel presbiterio e cupola di prima alla cappella di B. Vergine di Reggio.

Figure 42: Daños del arco en el presbítero y cúpula anterior a la capilla de B. Vergine di Reggio.

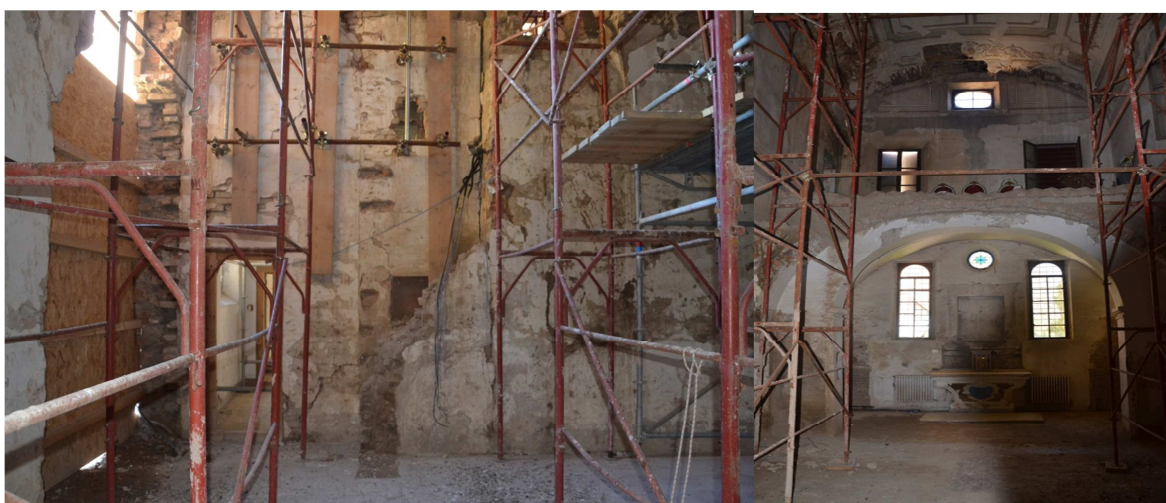


Figure 43: Zona sacrestia e primo piano sopra la sacrestia crollato.

Figure 43: Zona sacristía y primera planta sobre la sacristía derrumbado.

La copertura dell'edificio è danneggiata parzialmente, le capriate della navata centrale sono distrutte fino a sopra il transetto, come nella navata sud, dopo queste si conservano bene come la copertura della navata nord. Sopra le dipendenze la copertura è anche parzialmente danneggiata, con capriate in buono stato e zone crollate.

In seguito allo stato della chiesa dopo il sisma, sono stati rinforzati tutti gli elementi strutturali per evitare il crollo delle parti in buono stato dell'edificio; benché sia possibile che si demolisca interamente e si costruisca di nuovo, si conserva per studiare la sua costruzione e dopo ricostruire la stessa chiesa con il criterio "Com'era dov'era". Si conservano anche i materiali in buono stato recuperati dal crollo per usarli nella ricostruzione come materiale originale.

La cubierta de edificio está dañada parcialmente, las cerchas de la nave central están derrumbadas hasta por encima del transepto, como en la nave sur, a partir de aquí se conservan bien como la cubierta de la nave norte. La cubierta sobre las dependencias también está parcialmente dañada, con cerchas en buen estado y zonas derrumbadas.

Respecto al estado de la iglesia después del sismo, han sido reforzados todos los elementos estructurales para evitar el derrumbe de las partes en buen estado del edificio; aunque sea posible que se demuela completamente y se construya de nuevo. Se conserva para estudiar su construcción y después reconstruir la misma iglesia bajo el criterio "Com'era dov'era". También se conservan los materiales en buen estado recuperados del derrumbe para usarlos en la reconstrucción como materiales originales.



Figure 44: foto aerea della chiesa di Mirandola dopo il sisma.

Figure 44: foto aérea de la iglesia de Mirandola después del sismo.

Valutazione sismica di San Francesco.

Nella chiesa di San Francesco, e secondo l'allegato C della Linee guida per la valutazione del rischio sismico del patrimonio culturale, si possono identificare i seguenti macroelementi: la facciata, le volte, l'abside, la copertura e il campanile. Colpiti per la azione del sisma e alcuni molto danneggiati.

Di seguito si evidenziano i meccanismi di collasso possibili, con relativi presidi antisismici ed indicatori di vulnerabilità. Questi sono:

1 – Ribaltamento della facciata.

Distacco della facciata dalle pareti o evidenti fuori piombo.

Presidi antisismici:

- Presenza di catene longitudinali.
- Presenza di efficaci elementi di contrasto (contrafforti, corpi addossati, altri edifici)
- Ammorsamento di buona qualità tra la facciata ed i muri della navata.

Indicatori di vulnerabilità:

- Presenza di elementi spingenti.

Presenza di grande aperture nelle pareti in vicinanza del cantonale.

Valoración sísmica de San Francesco.

En la iglesia de San Francesco, y según el anexo C de la "Linee guida per la valutazione del rischio sismico del patrimonio culturale", se pueden identificar e individualizar los siguientes macroelementos: la fachada, las bóvedas, el ábside, la cubierta y el campanario. Golpeados por la acción del sismo y algunos muy dañados.

A continuación se resaltan los mecanismos de colapso posibles, con los relativos presidios antisísmicos e indicadores de vulnerabilidad, éstos son:

1 – Vuelvo de la fachada.

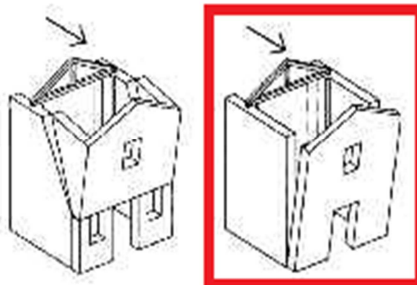
Separación de la fachada de las paredes o evidentes pérdidas del plomo.

Presidios antisísmicos:

- *Presencia de tirantes longitudinales.*
- *Presencia de evidentes elementos de contraste (contrafuertes, cuerpos adosados, otros edificios)*
- *Enlaces de buena calidad entre la fachada y los muros de la nave.*

Indicadores de vulnerabilidad:

- *Presencia de empujes horizontales.*
- *Presencia de grandes aberturas en las paredes cercanas a las esquinas.*



3 - Meccanismi nel piano della facciata.

Lesioni inclinate (taglio) – Lesioni verticali o arcuate (rotazione) – Altre fessurazioni o spancamenti.

Presidi antisismici:

- Presenza di una catena in controfacciata.
- Contrasto laterale fornito da corpi addossati; chiesa inserita in aggregato.

Indicatori di vulnerabilità:

- Presenza di aperture di grandi dimensioni o in numero elevato (anche se tamponate).
- Elevata snellezza (rapporto altezza/larghezza).



3 - Mecanismos en el plano de la fachada.

Lesiones inclinadas (corte) – Lesiones verticales o arqueadas (rotaciones) – Otras fisuraciones o abombamientos.

Presidios antisísmicos:

- *Presencia de un tirante a contrafachada.*
- *Contraste lateral formado de cuerpos adosados; iglesia insertada entre edificios.*

Indicadores de vulnerabilidad:

- *Presencia de aberturas de grandes dimensiones o en número elevado (también taponadas).*
- *Elevada esbeltez (relación altura/longitud).*



5 – Risposta trasversale dell’aula.

Lesioni negli arconi (con eventuale prosecuzione nella volta) – Rotazioni delle pareti laterali – Lesioni a taglio nelle volte – Fuori piombo e schiacciamento nelle colonne.

Presidi antisismici:

- Presenza di paraste o contrafforti esterni.
- Presenza di corpi annessi adiacenti.
- Presenza di catene trasversali.

Indicatori di vulnerabilità:

- Presenza di pareti con elevata snellezza.
- Presenza di volte e archi.

5 – Respuesta trasversal de la nave.

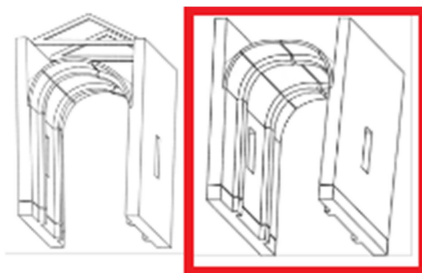
Lesiones en las arcadas (con eventual continuación en la bóveda) – Vuelco de las paredes laterales – Lesiones de corte en las bóvedas – Pérdida del plomo y aplastamiento en las columnas.

Presidios antisísmicos:

- *Presencia de pilares o contrafuertes externos.*
- *Presencia de cuerpos anexos adyacentes.*
- *Presencia de tirantes transversales.*

Indicadores de vulnerabilidad:

- *Presencia de paredes con esbeltez elevada.*
- *Presencia de bóvedas y arcos.*



8 – Volte della navata centrale.

Lesioni nelle volte dell'aula centrale –
Sconnessioni delle volte dagli arconi.

Presidi antisismici:

- Presenza di catene in posizione efficace.
- Presenza di rinfianchi o frenelli.

Indicatori di vulnerabilità:

- Presenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura.
- Volte in foglio, specialmente se su campate di grande luce.
- Presenza di lunette o interruzioni ed irregolarità nel profilo delle volte.

8 – Bóvedas de la nave central.

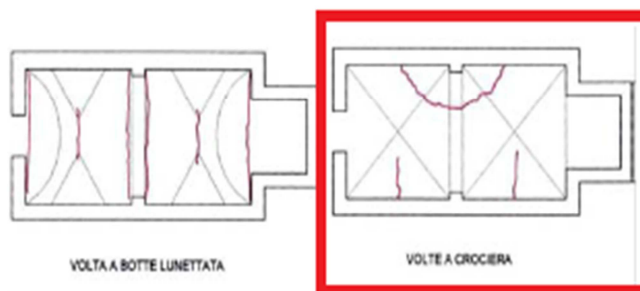
*Lesiones en las bóvedas de la nave central –
Desconexiones de las bóvedas de las arcadas.*

Presidios antisísmicos:

- *Presencia de tirantes en posición eficaz.*
- *Presencia de rellenos y arcos fajones.*

Indicadores de vulnerabilidad:

- *Presencia de cargas concentradas transmitidas de la cubierta.*
- *Bóvedas de una hoja, especialmente en volúmenes de grandes luces.*
- *Presencia de lunetos o interrupciones e irregularidades en el perfil de la bóveda.*



9 – Volte delle navate laterali.

Lesioni nelle volte o sconnessioni dagli arconi o dalle pareti laterali.

Presidi antisismici:

- Presenza di catene in posizione efficace.
- Presenza di rinfianchi o frenelli.

Indicatori di vulnerabilità:

- Presenza di carichi concentrati trasmessi

9 – Bóvedas de las naves laterales.

Lesiones en las bóvedas o desconexiones de las arcadas o de las paredes laterales.

Presidios antisísmicos:

- *Presencia de tirantes en posición eficaz.*
- *Presencia de rellenos y arcos fajones.*

Indicadores de vulnerabilidad:

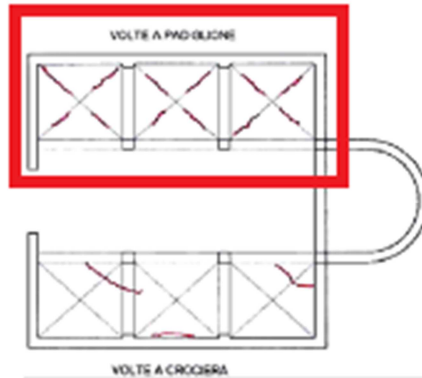
- *Presencia de cargas concentradas*

dalla copertura.

- Volte in foglio, specialmente se su campate di gran luce.
- Presenza di lunette o interruzioni ed irregolarità nel profilo delle volte.

transmitidas de la cubierta.

- *Bóvedas de una hoja, especialmente en volúmenes de grandes luces.*
- *Presencia de lunetos o interrupciones e irregularidades en el perfil de la bóveda.*



14 - Cupola - tamburo/tiburio.

Lesioni nella cupola (ad arco) con eventuale prosecuzione nel tamburo.

Presidi antisismici:

- Presenza di una cerchiatura esterna, anche a più livelli.
- Presenza nel tamburo di contrafforti esterni o paraste.
- Cupola direttamente impostata sugli archi trionfali (assenza del tamburo).

Indicatori di vulnerabilità:

- Presenza di grandi aperture nel tamburo.
- Presenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura.

14 - Cúpula - tambor/tiburio.

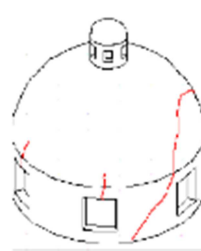
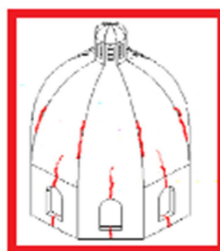
Lesiones en la cúpula (o arco) con eventuales continuaciones en el tambor.

Presidios antisísmicos:

- *Presencia de una presilla externa, también a varios niveles.*
- *Presencia en el tambor de contrafuertes externos o semicolumnas.*
- *Cúpula directamente apoyada sobre los arcos triunfales (ausencia del tambor).*

Indicadores de vulnerabilidad:

- *Presencia de grandes aberturas en el tambor.*
- *Presencia de cargas concentradas transmitidas de la cubierta.*



17 - Meccanismi di taglio nel presbiterio o nell'abside.

Lesioni inclinate (singole o incrociate) – Lesioni in corrispondenza di discontinuità murarie.

Presidi antisismici:

- Muratura uniforme (unica fase costruttiva) e di buona qualità.
- Presenza di buoni architravi nelle aperture.
- Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro).

Indicatori di vulnerabilità:

- Presenza di cordoli rigidi, copertura pesante.
- Presenza di grandi aperture o di ampie zone con muratura di limitato spessore.

17 - Mecanismos de corte en el presbiterio o en el ábside.

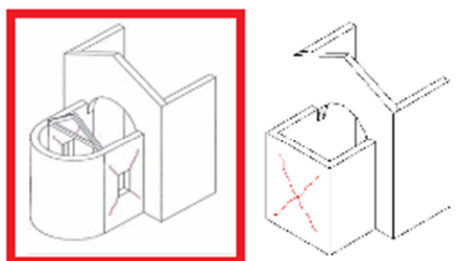
Lesiones inclinadas (individuales o cruzadas) – Lesiones en correspondencia de discontinuidad muraria.

Presidios antisísmicos:

- *Albañilería uniforme (única fase constructiva) y de buena calidad.*
- *Presencia de buenos dinteles en las aberturas.*
- *Presencia de bordillos ligeros (metálicos reticulares, albañilería armada, otro).*

Indicadores de vulnerabilidad:

- *Presencia de perfiles rígidos, cubierta pesada.*
- *Presencia de grandes aberturas o de amplias zonas con albañilería de limitado espesor.*



18 – Volte del presbiterio o dell'abside.

Lesioni nelle volte o sconnessioni dagli arconi o dalle pareti laterali.

Presidi antisismici:

- Presenza di catene in posizioni efficace.
- Presenza di rinfianchi o frenelli.

Indicatori di vulnerabilità:

- Presenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura.
- Volte in foglio, specialmente se su campate

18 – Bóvedas del presbiterio o del ábside.

Lesiones en las bóvedas o desconexiones de las arcadas o de las paredes laterales.

Presidios antisísmicos:

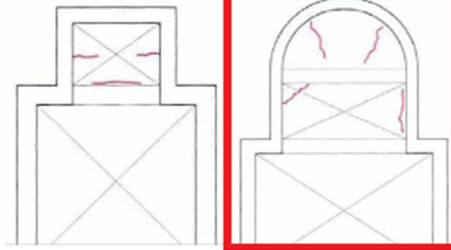
- *Presencia de tirantes en posición eficaz.*
- *Presencia de rellenos y arcos fajones.*

Indicadores de vulnerabilidad:

- *Presencia de cargas concentradas transmitidas de la cubierta.*
- *Bóvedas de una hoja, especialmente en*

di grande luce.

- Presenza di lunette o interruzioni ed irregolarità nel profilo delle volte.



volúmenes de grandes luces.

- *Presencia de lunetos o interrupciones e irregularidades en el perfil de la bóveda.*

19 – Meccanismi negli elementi di copertura – pareti laterali dell’aula.

Lesioni vicine alle teste delle travi lignee, scorrimento delle stesse – Sconnessioni tra cordoli e muratura – Movimenti significativi del manto di copertura.

Presidi antisismici:

- Presenza di cordoli leggeri (metallici reticolari, muratura armata, altro).
- Presenza di collegamenti delle travi alla muratura.
- Presenza di controventi di falda (tavolato incrociato o tiranti metallici)
- Presenza di buone connessioni tra gli elementi di orditura della copertura.

Indicatori di vulnerabilità:

- Presenza di copertura staticamente spingente.
- Presenza di cordoli rigidi, copertura pesante.

19 – Mecanismos en los elementos de cobertura – paredes laterales de la nave.

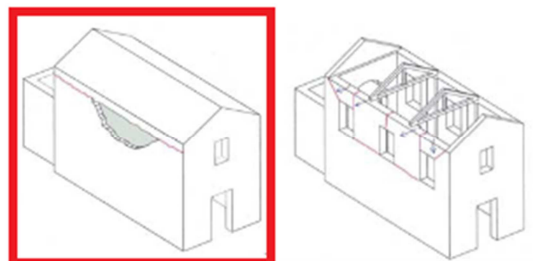
Lesiones cercanas a las cabezas de las vigas de madera, desplazamiento de las mismas – Desconexiones entre bordillos y albañilería – Movimientos significativos del tablero de cobertura.

Presidios antisísmicos:

- *Presencia de bordillos ligeros (metálicos reticulares, albañilería armada, otro).*
- *Presencia de uniones de las vigas a la albañilería.*
- *Presencia de arriostramientos (cruces de San Andrés o tirantes metálicos)*
- *Presencia de buenas conexiones entre los elementos de armadura de la cubierta.*

Indicadores de vulnerabilidad:

- *Presencia de cobertura estática con empuje horizontal.*
- *Presencia de bordillos rígidos, cobertura pesada.*



22 - Ribaltamento delle cappelle.

Distacco della parete frontale dalle pareti laterali.

Presidi antisismici:

- Presenza di efficaci elementi di contrasto (contrafforti, edifici addossati).
- Presenza di cerchiatura o incatenamento.
- Ammorsamento di buona qualità tra la parete frontale ed i muri laterali.

Indicatori di vulnerabilità:

- Presenza di forte indebolimento per la presenza di aperture nelle pareti.

22 - Vuelco de las capillas.

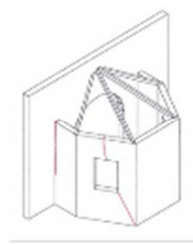
Desplazamiento de la pared frontal de las paredes laterales.

Presidios antisísmicos:

- Presencia de elementos eficaces de contraste (contrafuertes, edificios adosados).
- Presencia de presillas o encadenamientos.
- Uniones de buena calidad entre la pared frontal y los muros laterales.

Indicadores de vulnerabilidad:

- Presencia de fuertes debilitamientos por la presencia de aberturas en las paredes.



24 - Volte delle cappelle.

Lesioni nelle volte o sconnessioni dalle pareti laterali.

Presidi antisismici:

- Presenza di catene in posizione efficace.
- Presenza di rinfianchi o frenelli.

Indicatori di vulnerabilità:

- Presenza di carichi concentrati trasmessi dalla copertura.
- Volte in foglio, specialmente se molto ribassate.
- Presenza di lunette o interruzioni ed irregolarità nel profilo delle volte.

24 - Bóvedas de las capillas.

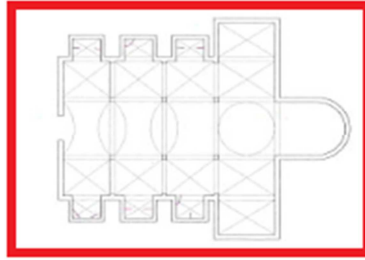
Lesiones en las bóvedas o desconexiones de las paredes laterales.

Presidios antisísmicos:

- Presencia de tirantes en posición eficaz.
- Presencia de rellenos o arcos fajones.

Indicadores de vulnerabilidad:

- Presencia de cargas concentradas transmitidas de la cubierta.
- Bóvedas de una hoja, especialmente muy rebajada.
- Presencia de lunetos o interrupciones e irregularidades en el perfil de las bóvedas.



26 – Aggetti (vela, guglie, pinnacoli, statue).

Evidenza di rotazioni permanenti o scorrimento

– Lesioni.

Presidi antisismici:

- Presenza di perni di collegamento con la muratura o elementi di ritegno.
- Elementi di limitata importanza e dimensione.
- Muratura monolitica (a conci squadrati o comunque di buona qualità).

Indicatori di vulnerabilità:

- Elementi di elevata snellezza.
- Appoggio in falso sulle murature sottostanti in falso.

Posizione asimmetrica rispetto all'elemento sottostante (specie se l'aggetto ha notevole massa).

26 – Añadidos (vela, agujas, pináculos, estatuas).

Evidencia de rotaciones permanentes o desplazamiento – Lesiones.

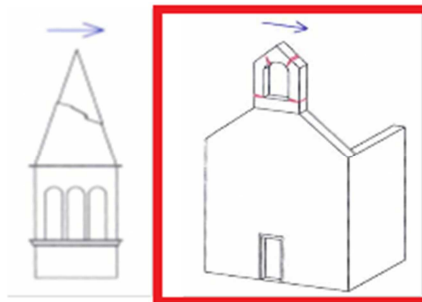
Presidios antisísmicos:

- Presencia de pernios de unión con la albañilería o elemento de soporte.
- Elementos de limitada importancia y dimensiones.
- Albañilería monolítica (lados escuadrados o en cualquier caso de buena calidad.)

Indicadores de vulnerabilidad:

- Elementos de elevada esbeltez.
- Apoyo en falso sobre las albañilerías de soporte en falso.

Posición asimétrica respecto al elemento de soporte (especialmente si el añadido tiene una masa notable).



27 – Torre campanaria.

Lesioni vicino allo stacco dal corpo della chiesa

– Lesioni a taglio o scorrimento – Lesioni verticale o arcuate (espulsione di uno o più angoli).

27 – Torre campanario.

Lesiones cercanas a la separación del cuerpo de la iglesia – Lesiones de corte o desplazamiento – Lesiones verticales o arqueadas (expulsión de uno o

Presidi antisismici:

- Muratura uniforme (unica fase costruttiva) e di buona qualità.
- Presenza di catene ai diversi ordini.
- Presenza di adeguata distanza dalle pareti della chiesa (se adiacente).
- Presenza buon collegamento con le pareti della chiesa (se inglobata).

Indicatori di vulnerabilità:

- Presenza di aperture significative su più livelli.
- Vincolo asimmetrico sulle murature alla base (torre inglobata).

Appoggio irregolare a terra della torre (presenza di archi su alcuni lati, pareti a sbalzo).

más ángulos).

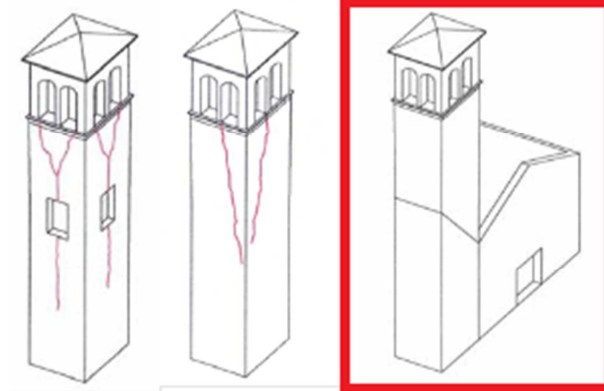
Presidios antisísmicos:

- *Albañilería uniforme (única fase constructiva) y de buena calidad.*
- *Presencia de tirantes en ambas direcciones.*
- *Presencia de distancias adecuadas de las paredes de la iglesia (si está adyacente).*
- *Presencia de buena unión con las paredes de la iglesia (si está englobada).*

Indicadores de vulnerabilidad:

- *Presencia de aperturas significativas sobre varios niveles.*
- *Vínculo asimétrico sobre los muros de la base (torre englobada).*

Apoyo irregular en la base de la torre (presencia de arcos sobre algún lado, paredes con cambios).



La chiesa, dopo un'analisi di vulnerabilità sull'impianto costruttivo originale, presenta appena presidi antisismici. Essa è addossata ad un'altra costruzione per la pareti nord e il resto è libero, con piccoli contrafforti e pareti troppo snelle. Le volte in foglio a crociera sono rinforzate con tiranti alle reni e sono appoggiate su muri anch'essi troppo snelli e

La iglesia, después de un análisis de estudio de vulnerabilidad sobre la implantación constructiva original, apenas presenta presidios antisísmicos. Ésta está adosada a otra construcción por la pared norte y el resto está libre, con pequeños contrafuertes y paredes demasiado esbeltas, las bóvedas de una hoja de crucería están reforzadas con tirantes en los

deboli. Il muro addossato alla costruzione ha potuto trasmettere le sollecitazioni al muro sud, indebolito per l'apertura di vuoti, dovuto alla sua maggiore rigidità in risposta trasversale dell'aula.

Un altro fattore che menoma il muro sud è la copertura di capriate di legno, appoggia e spinta sui muri snelli non legati nelle due direzioni, maggiorando il suo rischio di collasso.

Il campanile è un altro macroelemento significativo, essendo chiaramente più alto rispetto alla chiesa è confinato tra muri di spessore variabile, presenta un alto rischio di ribaltamento.

I danni e lesioni prodotti dai sismi del 2012 sono molti nella struttura della chiesa, crollando più della metà dell'edificio, risulta molto lungo e pesante valutarli per realizzare un possibile restauro e ricostruzione.

In primo luogo, la facciata ha ruotato all'esterno per l'azione unita del sisma e le spinte causate dal cedimento della struttura. Questa rotazione ha provocato il ribaltamento della crociera sulla facciata. Inoltre, nella finestra circolare si hanno prodotti fessure passante all'esterno.

Tutto il corpo centrale è crollato ruotando verso il muro sud, indebolito per l'apertura di vuoti, a causa dell'azione del sisma, crollando le volte all'altezza dei reni.

riñones y son apoyadas sobre muros también demasiado esbeltos y débiles, en cualquier caso el muro adosado a la construcción ha podido transmitir las solicitaciones al muro sur, debilitado por la apertura de huecos, debido a su mayor rigidez en respuesta transversal de la nave.

Otro factor que afecta al muro sur es la cubierta de cerchas de madera, apoya y empuja sobre muros esbeltos no arriostrados en las dos direcciones, mayorando su riesgo de colapso.

El campanario es otro macroelemento significativo, siendo claramente más alto respecto a la iglesia y confinado entre muros de espesores variables, presenta un alto riesgo de vuelco.

Los daños y lesiones producto de los sismos de 2012 son múltiples en la estructura de la iglesia, colapsando más de la mitad del edificio, resulta muy costoso y pesado valorarlo para realizar una posible restauración y reconstrucción.

En primer lugar, la fachada ha girado al exterior debido a la acción conjunta del sismo y los empujes causados del cedimiento de la estructura. Esta rotación ha provocado el vuelco de la cruz sobre la fachada. Además, en la ventana circular se han producido fisuras pasantes al exterior.

Todo el cuerpo central ha colapsado cayendo hacia el muro sur, debilitado por la apertura de huecos, debido a la acción del sismo, derribando las bóvedas a la altura de los riñones.



Figure 45: Taglio delle volte per i reni.

Figure 45: Corte de las bóvedas por los riñones.

Il carico della copertura e la rotazione della facciata hanno anche contribuito provocando il collasso dagli archi sui pilastri per il distacco tra loro e la fessurazione orizzontale dei muri della navata laterale sinistra.

La carga de la cobertura y la rotación de la fachada también han ayudado provocando el colapso de los arcos sobre los pilares por la separación entre ellos y la fisuración horizontal de los muros de la nave lateral izquierda.



Figure 46: Fessurazione orizzontale dei muri per la spinta della copertura.

Figure 46: Fisuración horizontal de los muros por el empuje de la cubierta.

Nella cupola dell'abside si trovano piccole fessure localizzate in alcune zone di connessione tra le volte e le pareti laterali. Comunque, nella cupola della cappella della Beata Vergine di Reggio, situata in fondo alla navata laterale destra si può vedere un parziale ribaltamento della sommità del muro dovuto alla spinta della copertura lignea sul paramento murario, la stessa cosa succede nelle cappelle laterali delle navate.

En la cúpula del ábside se encuentran pequeñas fisuras localizadas en algunas zonas de conexiones entre las bóvedas y las paredes laterales. En cualquier caso, en la cúpula de la capilla de la Beata Vergine di Reggio, situada al fondo de la nave lateral derecha se puede ver un vuelco parcial de la zona superior del muro debido al empuje de la cubierta de madera sobre el paramento, lo mismo sucede en las capillas laterales de las naves.



Figure 47: Fessure in cupola prima della cappella di B. Vergine di Reggio.

Figure 47: Fisura en cúpula anterior a la capilla de B. Vergine di Reggio.



Figure 48: Ribaltamento della sommità del muro per la spinta della copertura.

Figure 48: Vuelco de la parte superior del muro por el empuje de la cubierta.

Sul retro della chiesa si trova la sacrestia e la torre campanaria, crollata alla base per gli azioni di taglio, ha provocato il collasso dei muri perimetrali vicini dell'abside della navata centrale, il danneggiamento della navata sinistra e della sacrestia.

En la parte posterior de la iglesia se encuentra la sacristía y la torre del campanario, derribada en la base por las acciones de corte, ha provocado el colapso de los muros perimetrales cercanos del ábside de la nave central, el daño de la nave izquierda y de la sacristía.

Condizioni costruttive.

Nella costruzione della chiesa, il principale materiale utilizzato in tutti i elementi, tanto strutturali come decorativi, sono in muratura. I muri sono composti di varie teste di mattoni, da due a quattro dipendendo dalla situazione dei muri e dalla caratteristica strutturale o funzionale.

Il problema è la qualità del collegamento tra le teste di mattoni; o non esiste o è minimo, per cui il muro non lavora in modo omogeneo, creando tensioni puntuali in alcune zone, rendendole più deboli. Inoltre, il laterizio e cemento sono poveri e di cattiva qualità, per cui l'azione dell'umidità ed il tempo hanno distrutto parte del materiale causando disgregazione nel muro.

Condiciones constructivas.

En la construcción de la iglesia, el principal material utilizado en todos los elementos, tanto estructurales como decorativos de la iglesia, son de albañilería. Los muros están compuestos de varias hojas de ladrillo, en dos y cuatro dependiendo de la situación de los muros y su característica estructural o funcional.

El problema es la calidad del vínculo entre las hojas de ladrillo, o no existe o es mínima, por lo que el muro no trabaja de forma homogénea, creando tensiones puntuales en algunas zonas del muro y debilitando este. Además, el material de unión es pobre y de mala calidad, por lo que la acción de la humedad y el tiempo han hecho desaparecer parte del material causando disgregación en el muro.



Figura 49: Dettaglio del collegamento della muratura nella parete debolita per l'apertura di vuoti e disgregazione per la tessitura della muratura.

Figura 49: Detalle de la traba de la unión en la pared debilitada por la abertura de huecos y disgregación por la traba de la albañilería.

Un'altra delle ragioni per le quali l'edificio è crollato sono le molteplici variazioni nei muri, conseguenza dell'apertura di vuoti nel muro sud. Al contrario del muro nord, che è ancora in piedi perché è condiviso con un altro edificio. Quindi il muro sud fu indebolito con l'apertura di vuoti. Di conseguenza, la facciata principale è solo appoggiata nel muro nord, quello ha provocato la sua rotazione rispetto al piano terra, diventando molto pericoloso per i pedoni, poiché può crollare in qualsiasi momento.

Otra de las razones por las cuales el edificio ha sido derrumbado son las múltiples variaciones en los muros, consecuencia de la apertura de huecos en el muro sur. Al contrario del muro norte, que continúa en pie por compartir medianera con otro edificio, por lo que el muro sur fue debilitado con la apertura de huecos en él. En consecuencia, la fachada principal está solo apoyada en el muro norte, lo que ha provocado su vuelco sobre el plano del suelo, siendo muy peligroso para los peatones, puesto que puede colapsar en cualquier momento.



Figura 50: Facciata spaccata per evitare il suo giro, s'incontra solo collegata con il muro nord.

Figura 50: Fachada apuntalada para evitar su vuelco, se encuentra sólo unida con el muro norte.

Il tetto delle navate è in volte a crociera fatte in mattoni; è una copertura instabile perché, similmente a quanto detto prima riguardo ai materiali d'unione ed al collegamento con i muri, qualunque movimento sui punti d'appoggio produce il crollo degli archi. Questo si amplifica con distanze maggiori tra muri o pilastri. La stessa cosa succede con le cupole e le volte a botte, con la differenza che queste ultime hanno appoggi più resistenti.

El techo de las naves es de bóveda de crucería hecha en ladrillo, es una cobertura frágil porque, igual a lo dicho antes sobre los materiales de unión y su vínculo con los muros, cualquier movimiento sobre los puntos de apoyo de estas produce el derrumbe de los arcos, esto se amplifica con distancias mayores entre muros y pilares. Lo mismo sucede con las cúpulas y las bóvedas de cañón, con la diferencia que estas últimas tienen apoyos más resistentes.



Figura 51: Volta dannata per la mancanza di un buon collegamento.

Figura 51: Bóveda dañada por la falta de una buena unión.

Le coperture composte da capriate di legno incassate nei muri sono altri elementi instabili degli edifici storici. Oltre alla non protezione dal fuoco, incassare le teste delle travi nei muri può far marcire il legno, producendo più tensioni sugli appoggi e non resiste ai movimenti orizzontali causati dai sismi, sono fragili a questi genere di sforzi dovuto alla sua forma di lavoro per trasmissione di cariche a compressione.

Las cubiertas compuestas por cerchas de madera empotradas sobre los muros son otros de los elementos inestables de los edificios históricos, además de la nula protección al fuego, empotrar las cabezas de las vigas en los muros puede pudrir la madera, produce más tensiones sobre los apoyos y tampoco resiste movimientos horizontales causados por sismos, son frágiles a estos tipos de esfuerzos debido a su forma de trabajo por transmisión de cargas a compresión.



Figura 52: Travi di legno incassate nel muro, copertura della navata sinistra.

Figura 52: Vigas de madera empotradas en el muro, cubierta de la nave izquierda.

Tutti gli elementi di pregio storico artistico come possono essere i quadri, altari, statue, arche pensili ed elementi scultorei sono stati protetti con legno per evitare i danni di questi dovuti ad agenti meteorologici, esterni, o ai lavori per la sicurezza, analisi o restauro realizzati per mettere in sicurezza, indagini e per restaurare la chiesa.

Todos los elementos de cualidad histórica artística como pueden ser los cuadros, altares, estatuas, arcos colgantes y elementos escultóricos han sido protegidos con madera para evitar los defectos de éstos debido a agentes meteorológicos, externos, o por los trabajos de estabilidad, análisis o restauración realizados para asegurar, investigar y restaurar la iglesia.



Figura 53: Conservazione degli elementi di pregio storico artistico.

Figura 53: Conservación de los elementos de cualidad histórico-artístico.

Condizioni di stabilità.

Le costruzioni in muratura, tanto strutturali come no, sono tipiche del periodo gotico in Italia, la principale caratteristica della costruzioni in mattoni

Condiciones de estabilidad.

Las construcciones en albañilería, tanto estructurales como no, son típicas del periodo gótico en Italia, la principal característica de las

sono muri di elevato spessore per resistere gli sforzi orizzontali prodotti delle volte a crociera. Questi spessori si ottengono con il gruppo di varie teste, ma per il corretto funzionamento del gruppo è necessario un buon collegamento tra le teste affinché i muri lavorino di forma omogenea, senza questo il muro lavora come se fossero muri separati. Quando la muratura è omogenea, sotto l'azione sismica, il muro lavora come nel primo disegno; se il muro è parzialmente collegato sarà come nel secondo disegno; e, infine, se il muro non è proprio collegato si produce una disgregazione come nell'ultimo disegno.

construcciones en ladrillo son los muros de gran espesor para resistir los esfuerzos horizontales producto de las bóvedas de crucería. Estos espesores se obtienen con el conjunto de varias hiladas, pero para el correcto funcionamiento del conjunto se necesita de un buen vínculo entre las hiladas para que los muros trabajen de forma homogénea, sin esto el muro trabaja como si fuesen muros separados. Cuando la albañilería es homogénea, bajo la acción de un terremoto, el muro trabaja como en el primer caso; si el muro está parcialmente trabado será como en el segundo caso; y, finalmente, si el muro no está correctamente trabado se produce disgregación como en el último caso.

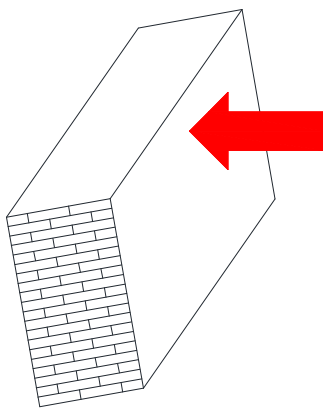


Figura 54: Schema di tessitura muraria.

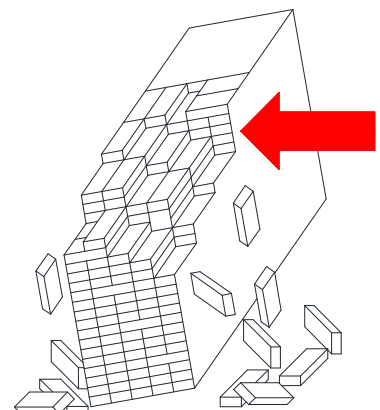
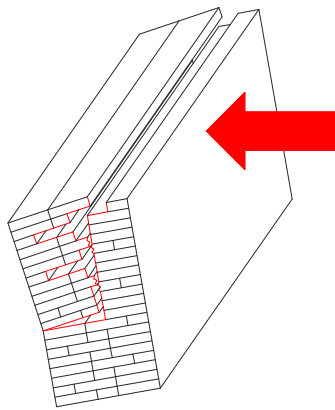


Figura 54: Esquema de traba en albañilería.

L'importanza del collegamento è la stessa della superficie effettiva dei muri, quando si aprono vuoti nel muro per fare finestre la sua resistenza diminuisce, per cui le forze si ridistribuiscono mettendo in comune nella zona vicina alla finestra più sforzi che se fosse un muro senza finestre. Inoltre un muro libero da una parte, ha meno resistenza che uno di medianera, nel quale si distribuiscono gli sforzi tra più appoggi. Allo stesso

La importancia del vínculo es la misma que la de la superficie efectiva de los muros, cuando se abren huecos en el muro para hacer ventanas su resistencia disminuye, por lo que las fuerzas se redistribuyen agrupándose en la zona cercana a la ventana más esfuerzos que si fuese un muro sin ventanas. Además, un muro libre por una cara, tiene menos resistencia que uno de medianera, en el cual se distribuyen los esfuerzos entre más apoyos. Del

modo, quando un muro è libero da un estremo perde la stabilità in questa ala e ruota fino a crollare, a meno che il collegamento nell'estremo in buon stato lo mantenga; ciò si produce nella facciata principale, dove il muro nord ha compensato la rotazione fino alla sua stabilità provvisoria.

mismo modo, cuando un muro está libre de un extremo pierde la estabilidad en éste y vuelca hasta colapsar, a menos que el vínculo en el extremo en buen estado lo resista, este suceso se produce en la fachada principal, donde el muro norte ha resistido el vuelco de ella hasta su estabilidad provisional.

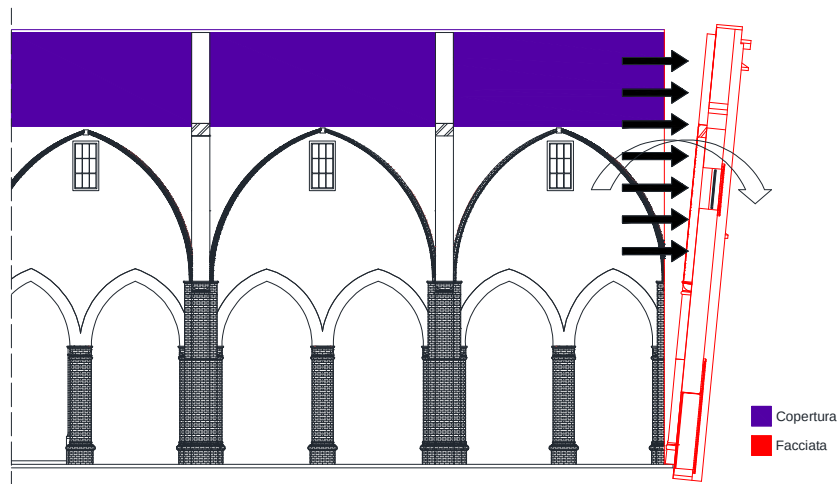


Figura 55: Schematizzazione delle azioni indotte alla parete trasversale della rotazione della facciata.

Figura 55: Esquema de las acciones inducidas a la pared trasversal del vuelco de la fachada.

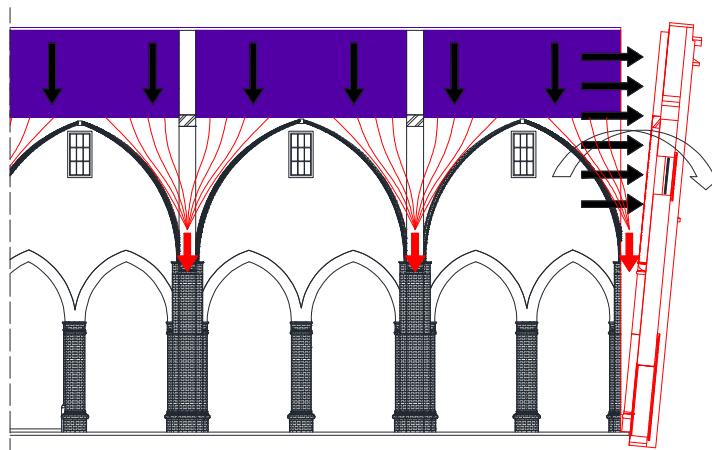


Figura 56: Combinazione delle carichi trasmessi dalla copertura e azioni indotte alla facciata.

Figura 56: Combinación de las cargas transmitidas de la cubierta y acciones inducidas a la fachada.

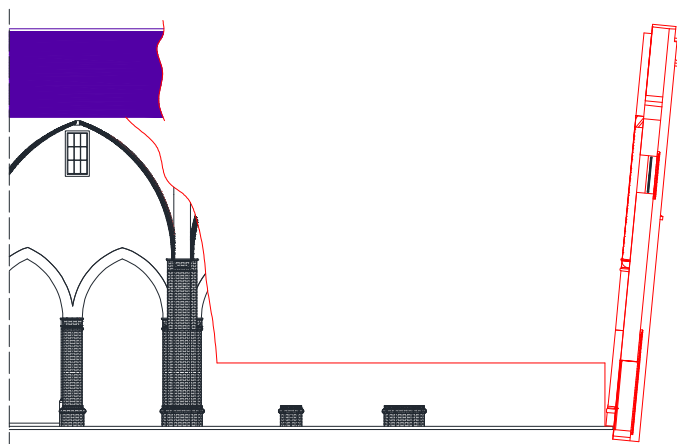


Figura 57: Schematizzazione dello stato attuale della parete.

Figura 57: Esquema del estado actual de la pared.

Le costruzioni a volta permettono di ottenere altezze e distanze più grandi, ma questa copertura produce sforzi orizzontali maggiori che devono essere frenati da muri e pilastri. Le costruzioni in muratura lavorano a compressione, quindi una variazione nella forza orizzontale o parallela all'axil può provocare il crollo della volta aumentando il momento nella struttura resistente di questa.

La stessa cosa succede con le capriate in legno, queste trasmisero sforzi inclinati a causa dell'incassamento delle travi sui muri, prodotto dal peso proprio del tetto che devono assorbire questi, maggiorando il momento nei appoggi e crollando l'elemento resistente.

Las construcciones de bóvedas permiten obtener alturas y distancias más grandes, pero esta cobertura produce esfuerzos horizontales mayores que deben ser resistidos por los muros y pilares. Las construcciones en albañilería trabajan a compresión, por lo que una variación en la fuerza horizontal o paralela al axil puede provocar el derrumbe de la bóveda por mayorar el momento en la estructura resistente de ésta.

Lo mismo ocurre con las cerchas de madera, estas transmiten esfuerzos inclinados debido al empotramiento de las vigas sobre los muros, producto del peso propio del techo que deben absorber éstos, mayorando el momento en los apoyos y colapsando el elemento resistente.

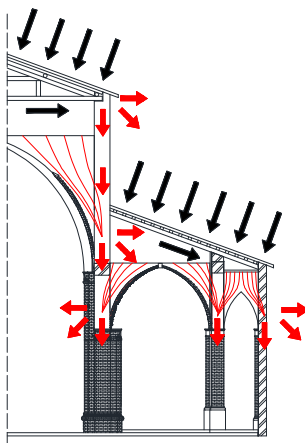


Figura 58: Schematizzazione della trasmissione di carichi delle volte e le capriate in legno negli strutture in muratura ed pietra.

Figura 58: Esquema de la transmisión de cargas de las bóvedas y las cerchas de madera en las estructuras en albañilería y piedra.

PROPOSTA DI ATTUAZIONE

Nell'ambito strutturale.

Per intervenire nella struttura dell'edificio, dopo aver fatto le valutazioni delle vulnerabilità sismiche ad ogni macroelemento, si realizzerà l'intervento sulla costruzione seguendo i modelli proposti nella Linee guida per la valutazione del rischio sismico del patrimonio culturale.

Per contrarotolare la facciata all'interno si curerà e pulirà il taglio orizzontale a una certa profondità dal lato interno il muro e inserendo in esso dei piani inclinati in cemento ad alta compressione, in cui vengono introdotti a forza dei cunei di legno duro; poi, e prima di smontare la struttura di sicurezza, si metteranno alla sommità della facciata tiranti di ferro a tenditore ancorati a punti solidi. Per rotolare tutta la facciata insieme ed evitare che questa si fessuri, bisogna che una orditura metallica di travi la chiuda all'esterno e all'interno in modo da formare un tutto solido. Si metteranno in azione i tenditori per fare la rimessa a piombo della facciata, poi si farà la saldatura del taglio con gettate di calcestruzzo ben pressate.

Dopo l'intervento sulla facciata, e per assicurare che non ritorni il ribaltamento, si realizzerà un buon ammortamento tra la facciata e i muri. Tuttavia, prima di fare questo ammortamento, la muratura dei muri deve essere correttamente collegata e in piombo, con l'utilizzo di muratura armata. Inoltre, si aggiungeranno contrafforti più grossi o ringrossi murari per assorbire le spinte delle volte e la copertura.

PROPUESTA DE ACTUACIÓN

En el ámbito estructural.

Para intervenir en la estructura del edificio, después de hacer las valoraciones de las vulnerabilidades sísmicas a cada macroelemento, se realizará la intervención sobre la construcción siguiendo los modelos propuestos en la "Linee guida per la valutazione del rischio sismico del patrimonio culturale".

Para devolver a su posición original la fachada, se tratará y limpiará el corte horizontal a una cierta profundidad del lado interior del muro, insertando en éste cemento de alta resistencia, al cual vienen introducidas a fuerza cuñas de madera; después, y antes de desmontar la estructura de seguridad, se colocarán en la zona superior de la fachada tirantes de hierro con tensores anclados a puntos sólidos. Para rotar toda la fachada en conjunto y evitar que se agriete, necesita que un armazón de tablas y vigas la cierre al exterior y al interior formando un sólido unido. Se accionarán los tensores para devolver el plomo de la fachada, después se realizará el saneado del corte con hormigón bien prensado.

Después de la intervención sobre la fachada, y para asegurar que no vuelva el vuelco, se realizará una buena unión entre la fachada y los muros. Sin embargo, antes de hacer esta unión, la albañilería de los muros debe estar correctamente trabada y a plomo, con la utilización de albañilería armada. Además, se añadirán contrafuertes más gordos o se agrandarán los muros para absorber los empujes de las bóvedas y la cubierta.

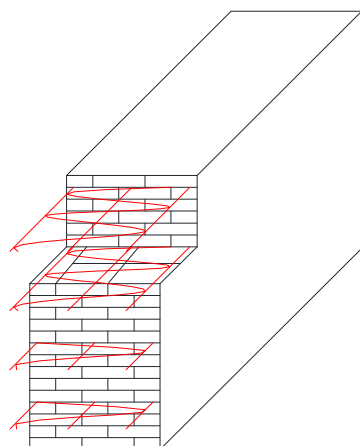
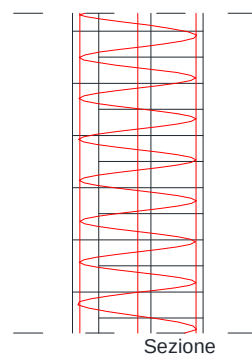


Figure 59: Collegamento di muri con muratura armata ogni cinque strati.



— Orditura ogni 5 strati

Figure 59: Traba de muros con albañilería armada cada cinco filas.

Le volte crollate si realizzeranno in muratura con varie strati collegate tra loro ed ammorsate ai muri contigui. Per realizzare questa ammorsatura più efficace si aggiungeranno rifianchi o frenelli più grossi, così aumenterà la superficie di ammorzamento e unione. Si incorporeranno anche catene in posizione efficace (ai reni delle volte in tutte le direzioni), e si isoleranno le capriate delle volte per evitare carichi concentrati trasmessi dalla copertura. Per le volte della navata sinistra, presbiterio, cappelle laterale e abside, danneggiate ma non crollate, si rinforzerà con materiali compositi (fibre di vetro + resina) per resistere agli sforzi dei sismi, il metodo di rinforzo si spiega nell'annesso corrispondente (allegato 1).

Las bóvedas derrumbadas se realizarán en albañilería con varias hojas unidas entre sí y enlazadas a los muros contiguos. Para realizar ésta unión más eficaz se añadirán rellenos o arcos fajones más grandes, así aumentará la superficie de enlace y unión. También se incorporarán tirantes en posición eficaz (a los riñones de las bóvedas en todas direcciones), y se aislarán las cerchas de las bóvedas para evitar cargas concentradas transmitidas de la cubierta. Para las bóvedas de la nave izquierda, presbiterio, capillas laterales y ábside, dañadas pero no derrumbadas, se reforzarán con materiales compuestos (fibra de vidrio + resina) para resistir los esfuerzos de los sismos, el método de refuerzo se explica en el anexo correspondiente (anexo 1).

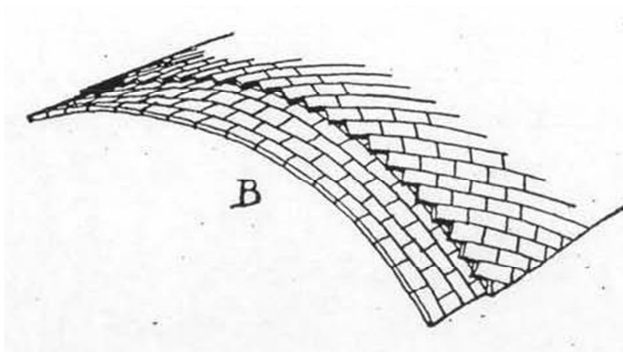


Figure 60: Esempio di volte a diverse strati.

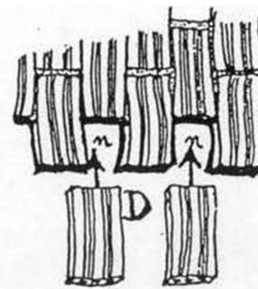


Figure 60: Ejemplo de traba en bóvedas de varias hojas.

La copertura si farà com'era prima del sisma, ma con la tecnologia e metodologia attuale. Il manto di copertura delle falde inclinate sarà composto di tegole curve in argilla, appoggiate su tavole incrociate di legno. La pendenza si otterrà con capriate di legno con buone connessioni tra gli elementi di orditura, oltre a realizzare una corretta distribuzione di questi per facilitare la trasmissione di sforzi agli muri. Comunque, le capriate e le travi si collegheranno ai muri mediante profili di acciaio a L aumentare la resistenza ai sismi.

La cubierta se hará como era antes del terremoto, pero con la tecnología y metodología actual. El tablero de los paños inclinados de la cobertura estará compuesto de tejas curvas de arcilla, apoyadas sobre tableros cruzados de madera. La pendiente se conseguirá con cerchas de madera con buena conexión entre los elementos de armadura, además de realizar una correcta distribución de éstos para facilitar la transmisión de esfuerzos a los muros. En cualquier caso, las cerchas y las vigas se trabarán a los muros mediante perfiles de acero en L para aumentar la resistencia a los terremotos.

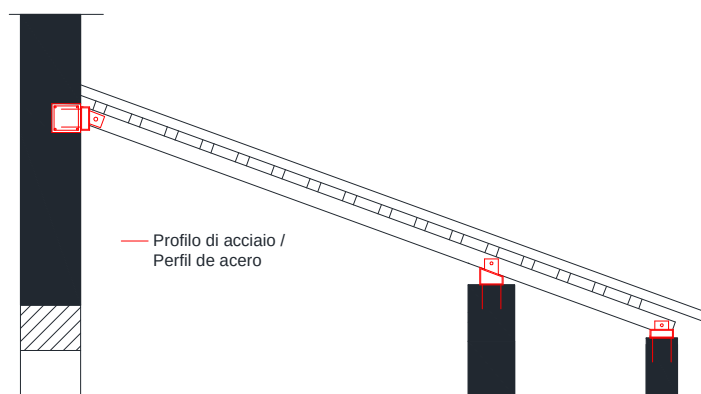


Figure 61: Cordoli di acciaio unite agli muri.

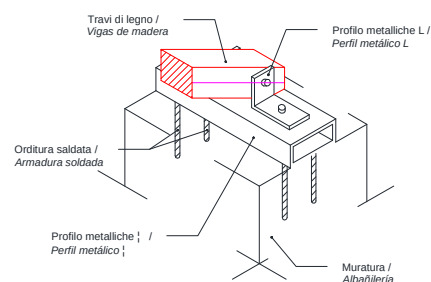


Figure 61: Perfil de acero unido a los muros.

La zona della sacrestia, distrutta per il crollo delle torre campanaria, si ricostruirà simile a com'era prima, ma eseguendo i muri del campanile più grossi e di buona qualità. Questi muri saranno collegati alle pareti della chiesa per la posizione inglobata del campanile all'interno di essa. Inoltre, se fosse necessario, si aggiungeranno catene ai diversi ordini per collegare meglio i muri delle torre campanaria. Tutta la zona della sacrestia non necessita di molti presidi antisismici, per le sulle piccole luci tra muri ed il suo spessore, comunque si può aggiungere qualche tirante per migliorare la sua resistenza al sisma.

Nell'ambito funzionale o visuale.

Per riparare le fessure che non influiscono negli elementi strutturali, come possono essere le fessure delle volte della cappella dell'abside e le volte della navata sinistra, si possono utilizzare graffette di acciaio e dopo si rivestono con un materiale legante; in questo modo si evita l'apertura di queste fessure e si nascondono.

La zona de la sacristía, destruida por el colapso del campanario, se reconstruirá igual a como era antes, pero ejecutando los muros del campanario más grandes y de buena calidad para aumentar su apoyo sobre el terreno, estos muros serán trabados a las paredes de la iglesia debido a la posición englobada del campanario dentro de ésta. Además, si fuese necesario se añadirán tirantes en las diferentes direcciones para trabar mejor los muros del campanario. Toda la zona de la sacristía no precisa de muchos presidios antisísmicos, debido a sus pequeñas luces entre muros y a sus espesores, en cualquier caso se puede añadir algunos tirantes para mejorar su resistencia al sismo.

En el ámbito funcional o visual.

Para reparar fisuras que no influyen en los elementos estructurales, como pueden ser las fisuras de las bóvedas de la capilla del ábside y las bóvedas de la nave izquierda, se pueden utilizar grapas de acero y después se revisten con un material ligante, de esta forma se evita la apertura de estas fisuras y se esconden.

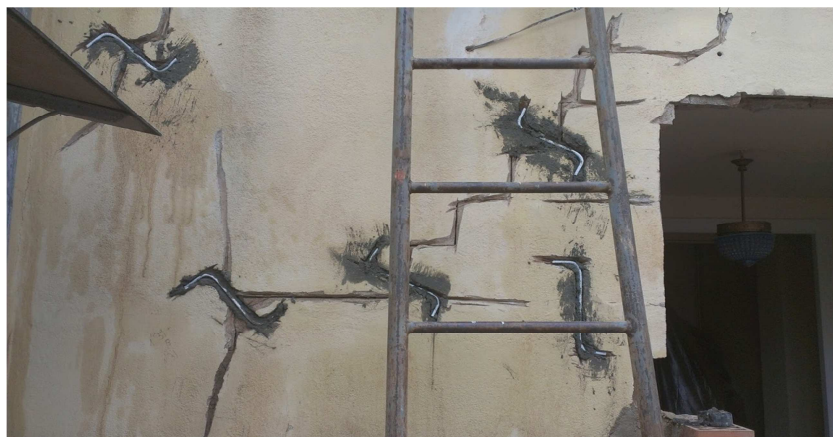


Figure 62: Graffette di acciaio per evitare l'apertura di fessure.

Figure 62: Grapas de acero para evitar la abertura de fisuras.

Alcuni elementi senza caratteristiche strutturali sono anche crollate per la loro posizione asimmetrica rispetto agli elementi sottostanti, a un appoggio in falso o per la loro eccessiva sottigliezza. Questi elementi si ricostruiranno in modo che resisteranno gli sforzi dei sismi, aggiungendo perni di collegamento alla muratura o elementi di supporto, limitando la loro importanza e dimensioni o con muratura monolitica di buona qualità.

Sequenziazione delle opere proposte.

Dovuto al stato attuale dell'edificio, prima di cominciare le opere di ricostruzione e dopo la valutazione sismica e la proposta d'attuazione, si deve fare una sequenza di lavori ottima, che permetta di ottenere buoni risultati economici e costruttivi. Facendo questa sequenza senza che i cantieri si ostacolino a vicenda, è possibile realizzare i lavori nel tempo previsto riducendo i costi indiretti, quelli rimbalzati dei lavori di costruzione all'ufficio dell'impresa edile addetta

Algunos elementos sin características estructurales también han colapsado debido a su posición asimétrica respecto a los elementos de soporte, a un apoyo falso o por su elevada esbeltez. Estos elementos se reconstruirán de forma que resistirán los esfuerzos de los terremotos, añadiendo pernos de unión a las albañilerías o elementos de soporte, limitando su importancia y dimensiones o con albañilería monolítica de buena calidad.

Secuenciación de las obras propuestas.

Debido al estado actual del edificio, antes de comenzar las obras de reconstrucción y después de la valoración sísmica y la propuesta de actuación, se debe hacer una secuencia de trabajos óptima que permita obtener buenos resultados económicos y constructivos. Haciendo esta secuenciación sin que ningún tajo se moleste entre sí, es posible realizar los trabajos en el tiempo previsto reduciendo los costes indirectos, aquéllos repercutidos de los trabajos de la construcción a la

all'opera.

Le prime opere da realizzare sono i lavori strutturali dell'edificio, si comincerà per abbattere i muri ed elementi strutturali troppo danneggiati per il sisma recuperando tutti i materiali possibili per fare la ricostruzione in base alla caratteristica "com'era dov'era"; contemporaneamente si smonterà la copertura provvisoria in metallo. Le superfici si prepareranno per ricevere i nuovi materiali aggiungendo orditure per collegare la zona nuova all'antica.

La controrotazione della facciata sarà la prima opera a fare. Si smonterà parzialmente la struttura di sicurezza per saldare la orditura metallica intorno alla facciata e farlo insieme, poi si lavorerà sul taglio orizzontale e si metteranno i tiranti metallici a tenditori. Quando la orditura metallica sarà finita e il taglio orizzontale pronto, comincerà il lavoro di teso per contraroutare la facciata fino il suo piombo originale e collegare i muri delle navate.

I vuoti delle finestre si lasceranno con serramenti da mettere dopo i lavori di muratura le finestre, per evitare così il loro deterioramento. Simultaneamente si lavorerà nella zona della navata centrale e nella zona del campanile, così è possibile lavorare insieme e guadagnare tempo nella costruzione dei muri.

Finalizzati gli elementi strutturali verticali, colonne nella zona centrale e muri in tutta l'opera, cominceranno i lavori di muratura delle volte. Si costruiranno le travi con i muri per ammorsarli e fare un collegamento monolitico ottenendo così buona trasmissione degli sforzi, allora si costruiranno i muri sopra le volte per appoggiare su

oficina de la empresa constructora encargada de la obra.

Las primeras obras a realizar son los trabajos estructurales del edificio, se comenzará por derribar los muros y elementos estructurales demasiado dañados por el terremoto recuperando todos los materiales posibles para hacer la reconstrucción bajo la característica "com'era dov'era", al mismo tiempo se desmontará el arriostramiento provisional de metal. Las superficies se prepararán para recibir los nuevos materiales añadiendo armaduras para trabar la zona nueva a la antigua.

La contra rotación de la fachada será la primera obra a realizar. Se desmontará parcialmente la estructura de seguridad para soldar la armadura metálica alrededor de la fachada y hacerlo un conjunto, después se trabajará sobre el corte horizontal y se colocarán los tirantes metálicos con tensores. Cuando la armadura metálica esté terminada y el corte horizontal listo, comenzará el trabajo de tensado para volver la fachada hasta su plomo original y trabar los muros de las naves.

Los huecos de las ventanas se dejarán con premarcos para poner después de los trabajos de albañilería las ventanas, para evitar así su deterioro. Al mismo tiempo se trabajará en la zona de la nave central y en la zona del campanario, así es posible trabajar juntos y ganar tiempo en la construcción de los muros.

Finalizados los elementos estructurales verticales, columnas en la zona central y muros en toda la obra, comenzarán los trabajos de

questi le capriate. Nella zona della sacrestia si faranno i muri fino al primo piano per collegare le volte a questi e dopo si continuerà con i muri superiori della stessa forma.

Infine, si chiuderà il volume con la copertura di legno e tegole per potere lavorare dentro senza problemi e finendo così i lavori strutturali, mancando solo i lavori funzionali e rifinitura.

I lavori finali sono principalmente lavori senza valore strutturale, come può essere la riparazione di fessure localizzate, la collocazione delle finestre e le falegnamerie, i pavimenti (interno ed esterno), i rivestimenti, le cornici e la restaurazione di elementi scolpiti, decorativi e di tipo funzionale. Questi lavori si realizzeranno nel stesso comando sopra indicato, nonostante la maggiore parte dei lavori si possano fare insieme grazie al loro carattere unitario.

albañilería de las bóvedas. Se preverán las trabas de éstas con los muros para enlazarlos y hacer una traba monolítica consiguiendo así buena transmisión de los esfuerzos, entonces se construirán los muros sobre las bóvedas para apoyar sobre éstos las cerchas. En la zona de la sacristía se harán los muros hasta el primer piso para trabar las bóvedas a éstos y después se continuará con los muros superiores de la misma forma.

Por último, se cerrará el volumen con la cubierta de madera y tejas para poder trabajar dentro sin problemas y acabando así los trabajos estructurales, faltando solo los trabajos funcionales y de acabado.

Los trabajos finales son principalmente trabajos sin valor estructural, como puede ser la reparación de fisuras localizadas, la colocación de las ventanas y las carpinterías, los pavimentos (interno y externo), los revestimientos, las cornisas y la restauración de elementos escultóricos, decorativos y de tipo funcional. Estos trabajos se realizarán en el mismo orden arriba descrito, no obstante la mayor parte de los trabajos se pueden hacer al mismo tiempo debido a su carácter unitario.



Figure 63: Disegno dell'interno della chiesa.

Figure 63: Imagen del interior de la iglesia.



Figure 64: Disegno dell'esterno della chiesa.

Figure 64: Imagen del exterior de la iglesia.

CONCLUSIONE DEL LAVORO

Ho scelto fare questo lavoro per scelta propria, per il mio interesse nella ricostruzione di edifici, soprattutto di edifici antichi di strutture che non utilizzano calcestruzzo armato. Questo interesse nelle strutture di muratura, pietra e legno fa lavorare con una gran voglia di imparare le caratteristiche, i metodi e le forme costruttive nel passato.

Mi sarebbe piaciuto molto fare diverse visite alla chiesa e studiare con più attenzione la struttura, patologie e caratteristiche esistenti nelle rovine, ma non è stato possibile per la lontananza della costruzione. Pertanto, questo lavoro è l'avvicinamento di quello che sarebbe una ricerca completa per la realizzazione del vero intervento. La proposta di attuazione intende essere ancora un poco approssimata e utilizzare metodi conosciuti attualmente nel settore della costruzione.

Lavorare con una struttura crollata per l'azione dei sismi, mi ha insegnato come intervenire in questo tipo di strutture di muratura, oltre a conoscere i danni fatti sui loro elementi strutturali per il sisma e come influiscono su questa. Lo stato attuale della costruzione è tale che qualsiasi proposta può non essere valida per il costo economico necessario per realizzare l'intervento. Può essere più vantaggioso abbattere tutto l'edificio e costruirlo di nuovo, a causa soprattutto della debilitazione della struttura per l'azione del sisma, ma non è possibile per essere un'edificio monumentale. Forse sarebbe migliore ricostruire le zone crollate con materiale nuove e senza il criterio "com'era e dov'era".

CONCLUSIÓN SOBRE EL TRABAJO

He elegido hacer este trabajo por elección propia, debido a mi interés en la reconstrucción de edificios, sobre todo en los edificios antiguos de estructuras que no utilizan hormigón armado. Este interés en las estructuras de albañilería, piedra y madera me hace trabajar con muchas ganas de aprender las técnicas, métodos y formas de edificación en el pasado.

Me hubiese gustado mucho hacer varias visitas a la iglesia y estudiar con más atención la estructura, patologías y características existentes en las ruinas, pero no ha sido posible por la lejanía de la construcción. Por tanto, este trabajo es una aproximación de lo que sería un estudio completo para la realización de la verdadera intervención. La propuesta de actuación intenta ser lo más aproximada y utilizar métodos conocidos actualmente en el sector de la construcción.

Trabajar con una estructura colapsada por la acción de los terremotos, me ha enseñado como intervenir en este tipo de estructuras de albañilería, además de conocer los daños hechos sobre los elementos estructurales por el sismo y cómo influyen en ésta. El estado actual de la construcción es tal que cualquier propuesta puede no ser válida por el coste

Infine, vorrei ringraziare per la supervisione e l'aiuto i professori Luca Guardigli e Simone Garagnani per la pazienza che hanno avuto con me, i materiali prestati per la realizzazione del lavoro e l'attenzione dimostrata. Spero di avere soddisfatto le loro aspettative.

económico necesario para realizar la intervención, lo cual puede ser más ventajoso derribar todo el edificio y construirlo de nuevo, debido principalmente a la debilitación de la estructura por la acción del terremoto, pero no es posible por ser un edificio monumental. Quizás sería mejor reconstruir las zonas derrumbadas con materiales nuevos y sin el criterio "com'era e dov'era".

Finalmente, agradecer la supervisión y la ayuda a los profesores Luca Guardigli y Simone Garagnani por la paciencia que han tenido conmigo, los materiales prestados para la realización del trabajo y la atención demostrada. Espero haber logrado sus expectativas.

**Allegato 1 - RINFORZO STRUTTURALE DI UNA VOLTA (ESTRADOSSO) A CROCCERIA
MEDIANTE MATERIALI COMPOSITI (FIBRE DI VETRO + RESINA)**

**Anexo 1 - REFUERZO ESTRUCTURAL DE UNA BÓVEDA (EXTRADOS) A CRUCERÍA MEDIANTE
MATERIALES COMPUESTOS (FIBRA DE VIDRIO + RESINA)**

Procedura per il trattamento superficiale di consolidamento "diffuso" estradossate delle volte con utilizzo di:

PLANITOP HDM MAPEI SPA - Malta cementizia a reattività pozzolanica bicomponente ad elevata duttilità, da impiegarsi sia per il rinforzo strutturale "armato" di supporti in muratura.

MAPEGRID G 220 MAPEI SPA - Rete in fibra di vetro alcali resistente apprettata, per il rinforzo strutturale "armato" di supporti in pietra, mattoni e tufo.

L'intervento di miglioramento studiato si articola essenzialmente nei seguenti interventi:

- Pulizia delle volte fino a rilevare la tessitura muraria;
- Esecuzione delle opere di assicurazione e puntellatura della muratura interessata;
- Sigillatura delle lesioni (se eventualmente presenti);
- Esecuzione della rigenerazione della muratura (risarcire fessurazioni);
- Applicazione di sistema di rinforzo continuo PLANITOP HDM + MAPEGRID G220 adeso all'estradosso dell'impianto voltario, seguendo lo schema tipico del disegno della volta e lasciando chiaramente visibile la struttura originaria.
- Esecuzione dei fiocchi in fibra di vetro di connessione.

Procedimiento para el tratamiento superficial de consolidamiento "generalizado" del estrados de las bóvedas utilizando:

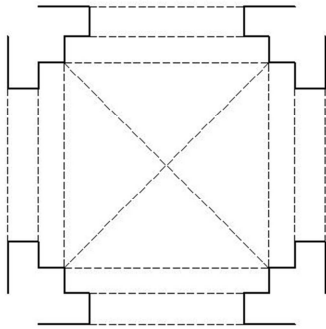
PLANITOP HDM MAPEI SPA – Pasta de cemento con reactividad pozzolánica bicomponente con elevada ductilidad, empleada para el refuerzo estructural "armado" de soportes de albañilería.

MAPEGRID G 220 MAPEI SPA - Red en fibra de vidrio alcalino resistente trabada, para el refuerzo estructural "armado" de soportes de piedra, ladrillos y sílice.

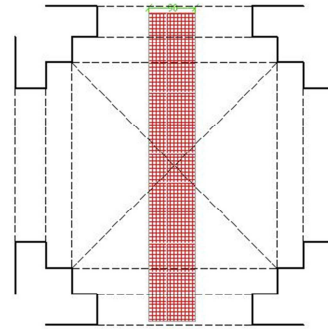
La intervención de mejora estudiada se articula esencialmente en los siguientes pasos:

- *Picado de las bóvedas hasta detectar el soporte de albañilería;*
- *Ejecución de las obras de seguridad y apuntalamiento de la albañilería deseada;*
- *Sellado de las lesiones (si eventualmente están presentes);*
- *Ejecución de la regeneración de la albañilería (valorar fisuraciones);*
- *Aplicación del sistema de refuerzo continuo PLANITOP HDM + MAPEGRID G220 adherido al estrados de la bóveda, siguiendo el esquema típico del diseño de la bóveda y dejando claramente visible la estructura originaria.*

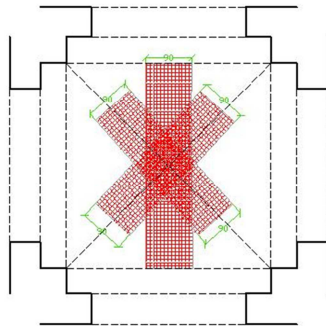
- *Ejecución de las hojas de fibra de vidrio de conexión.*



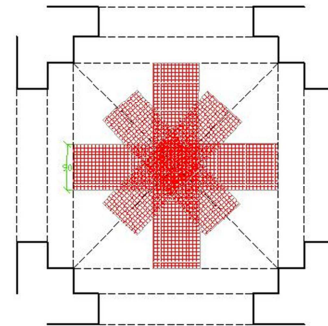
FASE 0 - VOLTA



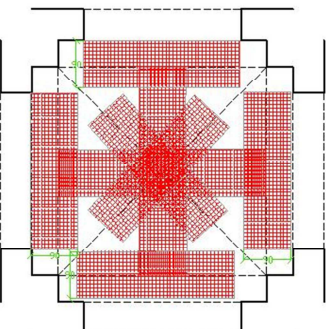
FASE 1



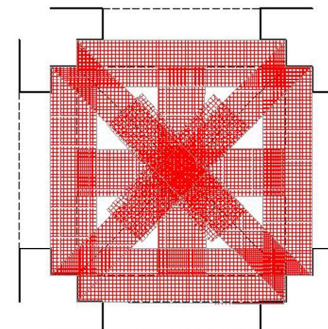
FASE 2



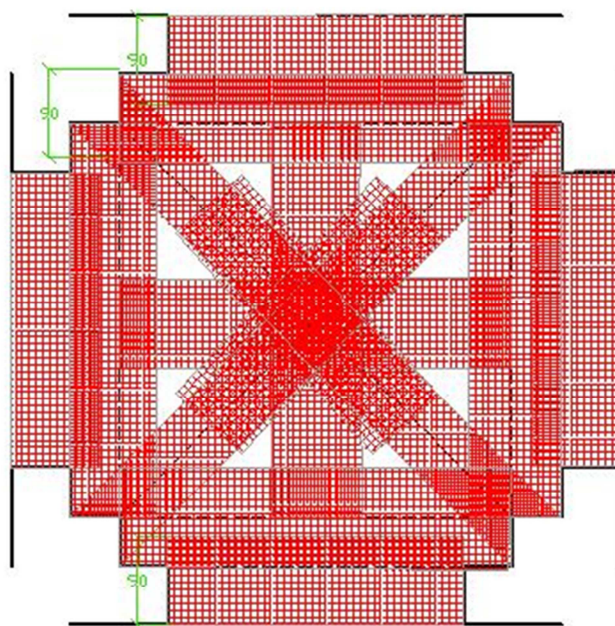
FASE 3



FASE 4



FASE 5



FASE 6

Figura 65: Sequenziazione dei lavori.

Figura 65: Secuenciación de los trabajos.

Procedura nella fase del consolidamento della muratura con PLANITOP HDM + MAPEGRID G220.

Il rinforzo sarà applicato eseguendo ordinatamente le seguenti fasi :

1. Pulizia della superficie con distacco di tutti gli elementi non perfettamente adesi con rimozione dei riporti di malta e delle zone ammalorate; spazzolatura meccanica ed aspirazione delle polveri;
2. Preparazione della muratura al fine di dare alle superfici idonea garanzia di ancoraggio per la successiva fase di lavorazione;
3. Prima dell'applicazione, bagnatura del supporto che deve essere saturo a superficie asciutta;
4. Applicazione con spatola metallica piana di

Procedimiento en la fase de consolidamiento de la albañilería con PLANITOP HDM + MAPEGRID G220.

El refuerzo será aplicado siguiendo ordenadamente los siguientes pasos:

1. *Limpieza de la superficie con separación de todos los elementos no adheridos perfectamente con eliminación de los agregados de pasta y de las zonas deterioradas; limpieza mecánica y aspiración del polvo;*
2. *Preparación de la albañilería con el fin de garantizar una superficie idónea de anclaje para la sucesiva fase de trabajo;*

- uno strato uniforme di ca. 4 mm di PLANITOP HDM MAXI;
5. Sul prodotto ancora “fresco” inserire MAPEGRID G 220 comprimendola con una spatola piana in modo da farla aderire perfettamente alla malta applicata.
 6. Applicazione di un secondo strato uniforme di ca. 4 mm di PLANITOP HDM MAXI in modo tale da coprire completamente la rete. Lo strato di ricopertura sarà adeso all’estradosso dell’impianto voltario, seguendo lo schema tipico del disegno della volta e lasciando chiaramente visibile la forma della struttura originaria.
 7. Lisciatura della superficie “fresca” con spatola piana. Teli adiacenti di MAPEGRID G 220 nei punti di giunzione, saranno sormontati longitudinalmente per una lunghezza di almeno 25-30 cm trasversalmente per una lunghezza di almeno 10-15 cm. Il rinforzo continuo in PLANITOP HDM + MAPEGRID G220 sarà, pertanto, integralmente realizzato in situ, in modo da rendere possibile seguire la configurazione geometrica della volta in muratura, adattandosi perfettamente anche all’andamento delle eventuali deformazioni esistenti.
3. *Antes de la aplicación, mojar el soporte que debe estar saturado a superficie seca;*
 4. *Aplicación con espátula metálica plana de una capa uniforme de 4 mm de PLANITOP HDM MAXI;*
 5. *Sobre el producto todavía “fresco” insertar MAPEGRID G 220 comprimiéndola con una espátula plana para hacerla adherir perfectamente a la pasta aplicada.*
 6. *Aplicación de una segunda capa uniforme de 4 mm de PLANITOP HDM MAXI de tal modo que cubra completamente la red. La capa de recubrición será adherida al estrados de la bóveda, siguiendo el esquema típico del diseño de la bóveda y dejando claramente visible la forma de la estructura originaria.*
 7. *Alisado de la superficie “fresca” con espátula plana. Paños adyacentes de MAPEGRID G 220 en los puntos de conexión, serán solapados longitudinalmente con una longitud de al menos 25-30 cm, transversalmente por una longitud de al menos 10-15 cm. El refuerzo continuo en PLANITOP HDM + MAPEGRID G220 será, por tanto, íntegramente realizado in situ, de tal modo que resulte posible seguir la configuración geométrica de la bóveda de albañilería, adaptándose*

perfectamente también al curso de las eventuales deformaciones existentes.



Figura 66: Volta parzialmente rinforzata.

Figura 66: Bóveda parcialmente reforzada.

Si prevede la seguente procedura per la realizzazione di fiocchi di connessione in materiale composito a base di polimero fibro-rinforzato in fibra di vetro (GFRP):

Il sistema di rinforzo continuo PLANITOP HDM + MAPEGRID G220, dovrà essere ancorato alle murature perimetrali utilizzando delle "barre di ancoraggio" realizzate con MAPEWRAP G FIOCCO/10 (diametro Ø10 mm). La procedura applicativa di tali materiali dovrà essere effettuata nel seguente modo:

a) Fori di alloggiamento nella muratura

Se prevé el siguiente procedimiento para la realización de las hojas de conexión en materiales compuestos a base de polímeros fibro-reforzados de fibra de vidrio (GFRP):

El sistema de refuerzo continuo PLANITOP HDM + MAPEGRID G220, deberá ser anclado a la albañilería perimetral utilizando las "barras de anclaje" realizadas con MAPEWRAP G FIOCCO/10 (diámetro Ø10 mm). El procedimiento de aplicación de tales materiales deberá ser efectuado del siguiente modo:

a) Agujeros de alojamiento en la albañilería

perimetrale - Realizzazione di fori nella muratura (lunghezza foro: circa 30cm).

Esecuzione, con idoneo utensile meccanico, nelle pareti dei fori di diametro Ø20 mm per la posa in opera dei fiocchi di connessione in GFRP. La perforazione della muratura sarà eseguita con utensile a rotazione, a secco, senza che siano prodotte vibrazioni o pressioni significative nel corso della perforazione, per l'inserimento del fiocco Ø12mm, facendo attenzione ad aspirare le polveri residue all'interno dei fori. La perforazione sarà eseguita in più fasi, durante l'intero processo di lavorazione, facendo attenzione che non siano prodotti nella stessa fase più del 50% del numero totale delle perforazioni previste. La perforazione sarà eseguita in corrispondenza della testa di un mattone, al fine di ridurre il rischio di percolazione della resina tra i giunti. Accurata pulizia dei fori mediante aspirazione al fine di evitare eventuale polvere e residui presenti.

b) Taglio dell'elemento barra+fiocco in Mapewrap G FIOCCO/10 (MAPEI) - Taglio di Mapewrap G FIOCCO/10 nella lunghezza desiderata:

$$L_{tot} = L_{barra} + L_{fiocco} = 30 + 30 = 60 \text{ cm.}$$

Avvolgimento della retina verso la parte di MAPEWRAP G-FIOCCO da non resinare ed immersione della restante parte di corda in MAPEWRAP 21-MAPEI (resina epossidica superfluida per l'impregnazione con "sistema ad umido" specifico per il sistema Mapewrap). Dopo l'impregnazione esercitare una leggera pressione con le dita di una mano, protette da guanti di gomma impermeabili, sulla parte della corda resinata, favorendo così l'eliminazione della resina

perimetral – Realización de agujeros en la albañilería (longitud agujero: sobre 30 cm).

Ejecución, con utensilios mecánicos idóneos, en las paredes de los agujeros de diámetro Ø20 mm para la puesta en obra de las hojas de conexión de GFRP. La perforación de la albañilería será ejecutada con utensilios de rotación, en seco, sin que sean producidas vibraciones o presiones significantes en el curso de la perforación, para la introducción del nudo Ø12mm, prestando atención a aspirar el polvo residual del interior de los agujeros. La perforación será ejecutada en más fases, durante el proceso completo de trabajo, prestando atención que no se produzcan en la misma fase más del 50% del número total de las perforaciones previstas. La perforación será ejecutada en correspondencia de la testa de un ladrillo, con el fin de reducir el riesgo de introducción de la resina entre las juntas. Esmerada limpieza de los agujeros mediante aspiración con el fin de evitar presencia eventual de polvo y residuos.

b) Corte del elemento barra+agujero en Mapewrap G FIOCCO/10 (MAPEI) - Corte de Mapewrap G FIOCCO/10 de la longitud deseada:

$$L_{tot} = L_{barra} + L_{agujero} = 30 + 30 = 60 \text{ cm.}$$

Cubrición de la red hacia la zona de MAPEWRAP G-FIOCCO que no se cubrirá con resina y se sumergirá el resto de la cuerda con MAPEWRAP 21-MAPEI (resina epoxídica superfluida para la impregnación con "sistema ad húmedo" específico para el sistema Mapewrap). Después de la impregnación ejercer una ligera presión con el dedo de una mano, protegida con

in eccesso. Riportare la retina nella posizione originale e, successivamente, dopo aver bagnato anche la retina di copertura con la resina, cospargere la zona resinata di MAPEWRAP G-FIOCCO con sabbia di quarzo fine asciutta per creare una migliore superficie di aggrappo. Sospensione degli elementi di MAPEWRAP G-FIOCCO dalla parte delle fibre non trattate, allo scopo di mantenere perfettamente diritto il prodotto durante la fase di indurimento della resina. Dopo questa procedura, eliminare la retina dalla corda lato non pre-impregnato, favorendo in tal modo la libera apertura delle fibre di vetro sfioccate.

c) Impregnazione e posa in opera della barra:

- Impregnazione dell'elemento barra da conformare con Mapewrap 21 (lunghezza tratto da pre-impregnare = lunghezza barra = lunghezza foro: circa 30 cm).

- Applicazione sulla resina "fresca" di sabbia di quarzo asciutta, al fine di ottenere un'adeguata superficie di adesione. A maturazione della resina avvenuta: Applicazione di Mapewrap Primer 1 (Primer epossidico specifico per il sistema Mapewrap) all'interno dei fori.

- Applicazione con pistola da silicone di Mapewrap 12 (Stucco epossidico a consistenza tissotropica) su Mapewrap Primer 1 ancora "fresco". Tale prodotto può essere miscelato con sabbia di quarzo asciutta. Inserimento delle barre pre-impregnate nei fori e sigillatura degli stessi con Mapewrap 12.

d) Formazione ed incollaggio del fiocco:

- Stesura a pennello o a rullo di "primer epossidico" fluido per il trattamento

un guante de goma impermeable, sobre la parte de la cuerda con resina, favoreciendo así la eliminación de la resina en exceso. Devolver la red a la posición original y, sucesivamente, después de haber mojado también la red de cobertura con la resina, rociar la zona con resina de MAPEWRAP G-FIOCCO con arena de cuarzo fina seca para crear una mejor superficie de agarre. Paro de los elementos de MAPEWRAP G-FIOCCO en la parte de las fibras no tratadas, con el objetivo de mantener perfectamente liso el producto durante la fase de endurecimiento de la resina. Después de éste procedimiento, eliminar la red de la cuerda del lado no pre-impregnado, favoreciendo de tal modo la libre introducción de las fibras de vidrio en los agujeros.

c) *Impregnación y puesta en obra de la barra:*

- *Impregnación de la barra conformada con Mapewrap 21 (longitud del tramo de pre-impregnar = longitud de barra= longitud de agujero: alrededor de 30 cm).*

- *Aplicación sobre la resina "fresca" de arena de cuarzo seca, con el fin de obtener una adecuada superficie de adhesión. Endurecida la resina colocada: Aplicación de Mapewrap Primer 1 (Primer apoxídico específico para el sistema Mapewrap) al interior de los agujeros.*

- *Aplicación con pistola de silicona de Mapewrap 12 (masilla epoxídica de consistencia tixotrópica) sobre Mapewrap Primer 1 todavía "fresco". Dicho producto puede ser mezclado con arena de cuarzo seca. Introducción de las barras pre-impregnadas en los agujeros y sellado de los*

delle strisce presenti sulla muratura (fasce), avente funzione di appretto : MapeWrap Primer 1 (MAPEI); larghezza della fascia trattata pari all'ingombro del fiocco da montare.

- Apertura al di sopra del rinforzo con PLANITOP HDM + MAPEGRID G220 della parte terminale sfioccata (fiocco), avente lunghezza:

$$L_{\text{fiocco}} = 30 \text{ cm.}$$

- N.B.: In corrispondenza della parte dove sarà adeso il fiocco, durante la fase dell'applicazione del secondo strato di PLANITOP HDM si provvede a lasciare un riquadro circa 20 x 20 cm (tasca di connessione) non trattato in guisa da lasciare localmente in vista la rete di MAPEGRID G220.

- Incollaggio della parte "sfioccata" (fiocco) del tessuto in corrispondenza della rete MAPEGRID G220 presente sulla muratura, con applicazione di adesivo epossidico di media viscosità Mapewrap 31 (Resina epossidica bicomponente fluida) (lunghezza tratto "sfioccato" : circa 30 cm) per l'impregnazione sistema a secco.

- Spaglio di sabbia di quarzo asciutta sulla resina ancora fresca, al fine di ottenere un'adeguata superficie di adesione.

- Rimozione della sabbia non inglobata nella resina, da effettuarsi il giorno seguente.

- A conclusione delle operazioni, stendere un secondo strato di PLANITOP HDM sulla parte del rinforzo.

mismos con Mapewrap 12.

d) Formación y encolado del agujero:

- *Aplicación a pincel o a rulo del "primer epoxídico" fluido para el tratamiento de las tiras presentes sobre la albañilería (bandas), haciendo función de conglomerante: MapeWrap Primer 1 (MAPEI); longitud de la banda tratada igual a la interrupción del agujero a montar.*

- *Apertura superior del refuerzo con PLANITOP HDM + MAPEGRID G220 de la parte final agujereada (agujero), dejando una longitud:*

$$L_{\text{agujero}} = 30 \text{ cm.}$$

- *N.B.: En correspondencia de la parte donde estará adherido el agujero, durante la fase de la aplicación de la segunda capa de PLANITOP HDM se dejará un recuadro de 20 x 20 cm (traba de conexión) no tratado a modo de dejar localmente a la vista la red de MAPEGRID G220.*

- *Encolado de la parte "agujereada" (agujero) de la traba en correspondencia de la red MAPEGRID G220 presente sobre la albañilería, con aplicación de adhesivo epoxídico de media viscosidad Mapewrap 31 (Resina epoxídica bicomponente fluida) (longitud tramo "agujereado": alrededor de 30 cm) para la impregnación del sistema en seco.*

- *Vertido de arena de cuarzo seca sobre la resina todavía fresca, con el fin de obtener una adecuada superficie de adhesión.*

- *Eliminación de la arena sobrante de la resina, realizándolo al día siguiente.*

- *Para finalizar las operaciones, extender una segunda capa de PLANITOP HDM sobre la parte del refuerzo.*

FIOCCHI DI CONNESSIONE IN CFRP

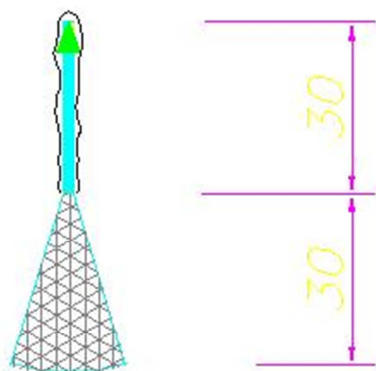


Figura 67: Fiocchi di connessione in CFRP.

Figura 67: Nudos de conexión en CFRP.

Anexo 2 - CÁLCULO DEL MULTIPLICADOR DE COLAPSO PARA LA FACHADA

Teoria del calcolo del moltiplicatore di collasso.

Di seguito di affronta lo studio della sicurezza della facciata della chiesa di San Francesco, prendendo in considerazione il meccanismo di ribaltamento, che è un meccanismo di collasso fuori dal piano della facciata. Questo tipo di danno è detto di primo modo, mentre i meccanismi di secondo modo sono quelli che si hanno quando il collasso avviene per crisi dovuta ad azioni agenti nel piano della facciata, come ad esempio il taglio.

Per studiare la vulnerabilità di questo elemento si conduce un'analisi cinematica lineare, ricercando il moltiplicatore dei carichi orizzontali, λ , che porta la facciata a collasso per ribaltamento.

Le analisi dei meccanismi locali di collasso fuori dal piano, ribaltamento, vengono sviluppate tramite l'analisi limite dell'equilibrio, secondo l'approccio cinematico che si basa sulla scelta del meccanismo di collasso e la valutazione dell'azione orizzontale che attiva tale cinematisimo.

Negli edifici esistenti in muratura spesso avvengono collassi parziali, per cause sismiche, in genere per perdita dell'equilibrio di porzioni murarie; la verifica nei riguardi di questi meccanismi, secondo le modalità di seguito descritte, assume significato se è garantita una certa monoliticità della parete muraria, tale da impedire collassi puntuali per disgregazione della muratura.

Teoría del cálculo del multiplicador de colapso.

A continuación se afronta el estudio de la seguridad de la fachada de la iglesia de San Francisco, tomando en consideración el mecanismo de vuelco, que es un mecanismo de colapso fuera del plano de la fachada. Este tipo de daño es llamado de primer modo, mientras los mecanismos de segundo grado son aquellos que se dan cuando el colapso se produce por una crisis debida a acciones propias en el plano de la fachada, como por ejemplo el cortante.

Para estudiar la vulnerabilidad de este elemento se realiza un análisis cinemático lineal, buscando el multiplicador de las cargas horizontales, λ , que lleva a la fachada al colapso por vuelco.

Los análisis de los mecanismos locales de colapso fuera del plano, el vuelco, vienen desarrollados mediante el análisis límite del equilibrio, según el enfoque cinemático que se basa sobre la elección del mecanismo de colapso y la valoración de las acciones horizontales que activan tales cinematismos.

En los edificios existentes de albañilería a menudo suceden colapsos parciales, por causas sísmicas, en general por perder el equilibrio de porciones murarias; la verificación en las revisiones de estos mecanismos, según las modalidades a continuación descritas, tiene sentido si está garantizada una cierta

¹¹ Strollo pag 100 - 113

Meccanismi locali si verificano nelle pareti murarie, prevalentemente per azioni perpendicolari al loro piano, mentre nel caso di sistemi ad arco, anche per azioni nel piano.

Le verifiche, con riferimento ai meccanismi locali di danno e collasso (nel piano e fuori piano), possono essere svolte tramite l'analisi limite dell'equilibrio, secondo l'approccio cinematico, che si basa sulla scelta del meccanismo di collasso e la valutazione dell'azione orizzontale che attiva tale cinematisimo.

L'applicazione del metodo di verifica presuppone quindi l'analisi dei meccanismi locali ritenuti significativi per la costruzione, che possono essere ipotizzati sulla base della conoscenza del comportamento sismico di strutture analoghe, già danneggiate dal terremoto o individuati considerando la presenza di eventuali stati fessurativi, anche di natura non sismica; inoltre andranno tenute presenti la qualità della connessione tra le pareti murarie, la tessitura muraria, la presenza di catene, le interazioni con altri elementi della costruzione o degli edifici adiacenti.

L'approccio cinematico permette, inoltre, di determinare l'andamento dell'azione orizzontale che la struttura è progressivamente in grado di sopportare all'evolversi del meccanismo. Tale curva è spressa attraverso il moltiplicatore " λ ", rapporto tra le forze orizzontali applicate ed i corrispondenti pesi delle masse presenti, rappresentato in funzione dello spostamento " d_k " di un punto di riferimento del sistema; la curva deve essere determinata fino all'annullamento di

monoliticidad de la pared de albañilería, tal de impedir colapsos puntuales por disgregación de la albañilería.

Mecanismos locales se verifican en las paredes de albañilería, probablemente por acciones perpendiculares a los planos, mientras que, en el caso de sistemas de arcos, también por acciones en el plano.

Las verificaciones, referidas a los mecanismos locales de daño y colapso (en el plano y fuera del plano), pueden ser realizadas a través del análisis límite del equilibrio, según el enfoque cinemático, que se basa en la elección del mecanismo de colapso y la valoración de las acciones horizontales que activan tales cinematismos.

La aplicación del método de verificación supone entonces el análisis de los mecanismos locales considerados significativos para la construcción, que pueden ser hipotizados en la base del conocimiento del comportamiento sísmico de estructuras análogas, ya dañadas por el terremoto, o individuales considerando la presencia de eventuales estados fisurativos, también de naturaleza no sísmica; además tendremos presentes la calidad de la conexión entre las paredes de albañilería, las trabas, la presencia de tirantes, las interacciones con otros elementos de la construcción o de los edificios adyacentes.

El enfoque cinemático permite, además de determinar la tendencia de las acciones horizontales que la estructura es progresivamente capaz de soportar la evolución del mecanismo.

ogni capacità di sopportare azioni orizzontali ($\lambda=0$).

Questa curva può essere trasformata nella curva di capacità di un sistema equivalente ad un grado di libertà, nella quale può essere definita la capacità di spostamento ultimo del meccanismo locale, da confrontare con la domanda di spostamento richiesta dall'azione sismica.

Per ogni possibile meccanismo locale ritenuto significativo per l'edificio, il metodo si articola nei seguenti passi:

- Trasformazione di una parte della costruzione in un sistema labile (catena cinematica), attraverso l'individuazione di corpi rigidi, definiti da piani di frattura ipotizzabili per la scarsa resistenza a trazione della muratura, in grado di ruotare o scorrere tra loro (meccanismo di danno e collasso);
- Valutazione del moltiplicatore orizzontale dei carichi " λ " che comporta l'attivazione del meccanismo (stato limite di danno);
- Valutazione dell'evoluzione del moltiplicatore orizzontale dei carichi " λ " al crescere dello spostamento " d_k " di un punto di controllo della catena cinematica, usualmente scelto in prossimità del baricentro delle masse, fino all'annullamento della forza sismica orizzontale;
- Trasformazione della curva così ottenuta in curva di capacità, ovvero in accelerazione " a^* " e spostamento " d^* " spettrali, con valutazione dello

Esta curva se expresa a través del multiplicador " λ ", relación entre las fuerzas horizontales aplicadas y los correspondientes pesos de las masas presentes, representado en función del desplazamiento " d_k " de un punto de referencia del sistema; la curva debe ser determinada hasta la anulación de cada capacidad de soportar acciones horizontales ($\lambda=0$)

Esta curva puede ser transformada en la curva de capacidad de un sistema equivalente a un grado de libertad, en la cual puede ser definida la capacidad de desplazamiento final del mecanismo local, para comparar con la demanda de desplazamiento requerido por la acción sísmica.

Para cada posible mecanismo local considerado significativo por el edificio, el método se desarrolla en los siguientes pasos:

- Transformación de una parte de la construcción en un sistema inestable (cadena cinemática), a través de la individualización de cuerpos rígidos, definidos por planos de fractura hipotizables por la escasa resistencia a tracción de la albañilería, capaz de volcar o deslizarse entre ellos (mecanismo de daño y colapso);
- Valoración del moltiplicador horizontal de las cargas " λ " que implica la activación del mecanismo (estado límite de daño);
- Valoración de la evolución del moltiplicador horizontal de las cargas " λ " al aumentar el desplazamiento

spostamento ultimo per collasso del meccanismo (stato limite ultimo) definito in seguito;

- Verifiche di sicurezza, attraverso il controllo della compatibilità degli spostamenti e/o delle resistenze richieste alla struttura.

Per l'applicazione del metodo di analisi si ipotizza, in genere:

- Resistenza nulla a trazione della muratura;
- Assenza di scorrimento tra i blocchi;
- Resistenza a compressione infinita della muratura.

Tuttavia, per una simulazione più realistica del comportamento, è opportuno considerare, in forma approssimata;

- Gli scorrimenti tra i blocchi, considerando la presenza dell'attrito;
- Le connessioni, anche di resistenza limitata, tra le pareti murarie;
- La presenza di catene metalliche;
- La limitata resistenza a compressione della muratura, considerando le cerniere adeguatamente arretrate rispetto allo spigolo della sezione;
- La presenza di pareti a paramenti scollegati.

Per ottenere il moltiplicatore orizzontale " λ " dei carichi, che porta all'attivazione del meccanismo locale di danno, si applicano ai blocchi rigidi che compongono la catena cinematica le seguenti forze: i pesi propri dei blocchi applicati nel loro baricentro; i carichi verticali portati dagli stessi

" d_k " de un punto de control de la cadena cinemática, normalmente elegido por la proximidad del baricentro de las masas, hasta la anulación de la fuerza sísmica horizontal;

- Transformación de la curva así obtenida en curva de capacidad, o en la aceleración " a^* " y desplazamiento " d^* " espectral, con valoración del desplazamiento final para el colapso del mecanismo (estado limite último) definido a continuación;
- Verificaciones de seguridad, a través del control de la compatibilidad de los desplazamientos y/o de las resistencias requeridas a la estructura.

Para la aplicación del método de análisis se hipotiza, en general:

- Resistencia nula a tracción de la albañilería;
- Ausencia de desplazamiento entre los bloques;
- Resistencia a compresión infinita de la albañilería.

Sin embargo, para una simulación más realista del comportamiento, es oportuno considerar, de forma aproximada;

- Los desplazamientos entre los bloques, considerando la presencia de la fricción;
- Las conexiones, también de resistencia limitada, en las paredes de albañilería;
- La presencia de tirantes metálicos;

(pesi propri e sovraccarichi dei solai e della apertura, altri elementi murari non considerati nel modello strutturale); un sistema di forze orizzontali proporzionali ai carichi verticali portati, se queste non sono efficacemente trasmesse ad altre parti dell'edificio; eventuali forze esterne (ad esempio quelle trasmesse da catene metalliche); eventuali forze interne (ad esempio le azioni legate all'ingranamento tra i conci murari).

Assegnata una rotazione virtuale " θ_k " al generico blocco "k", è possibile determinare, in funzione di questa e della geometria della struttura, gli spostamenti delle diverse forze applicate nelle rispettive direzioni.

Il moltiplicatore " λ " si calcola attraverso l'applicazione del Principio dei Lavori Virtuali in termini di spostamenti, uguagliando il lavoro totale eseguito dalle forze esterne, applicate al sistema in corrispondenza di un atto di moto virtuale, al lavoro di eventuali forze interne.

- *La limitada resistencia a compresión de la albañilería, considerando las charnelas adecuadamente situada detrás respecto al borde de la sección;*
- *La presencia de muros desconectados.*

Para obtener el multiplicador horizontal " λ " de las cargas, que lleva a la activación del mecanismo local de daño, se aplican a los bloques rígidos que componen la cadena cinemática las siguientes fuerzas: los pesos propios de los bloques aplicados en sus baricentros; las cargas verticales interpuestas por los mismos (pesos propios y sobrecargas de los forjados y de la abertura, otros elementos de albañilería no considerados en el modelo estructural); un sistema de fuerzas horizontales proporcionales a las cargas verticales interpuestas, si estas no son eficazmente transmitidas a otras partes del edificio; eventuales fuerzas externas (por ejemplo aquellas transmitidas por tirantes metálicos); eventuales fuerzas internas (por ejemplo las acciones ligadas al entramado entre la sillería).

Asignada un giro virtual " θ_k " al genérico bloque "k", es posible determinar, en funciones de esta y de la geometría de la estructura, los desplazamientos de las diferentes fuerzas aplicadas en las respectivas direcciones.

El multiplicador " λ " se calcula a través de la aplicación de los Principios de los Trabajos Virtuales en términos de desplazamientos, igualando el trabajo total ejercido por las fuerzas externas, aplicadas al sistema en correspondencia de un acto de movimiento virtual, al trabajo de las diferentes fuerzas internas.

$$\alpha_0 \cdot \left[\sum_{i=1}^n P_i \cdot \delta_{ix} + \sum_{j=n+1}^{n+m} P_j \cdot \delta_{jx} \right] - \sum_{i=1}^n P_i \cdot \delta_{iy} - \sum_{h=1}^0 F_h \cdot \delta_h = L_{fi}$$

Dove:

- n è il numero di tutte le forze peso applicate ai diversi blocchi della catena cinematica;
- m è il numero di forze peso non direttamente gravanti sui blocchi, le cui masse, per effetto dell'azione sismica, generano forze orizzontali sugli elementi della catena cinematica, in quanto non efficacemente trasmesse ad altre parti dell'edificio;
- o è il numero di forze esterne, non associate a masse, applicate ai diversi blocchi;
- P_i è la generica forza peso applicata al blocco;
- P_j è la generica forza peso non direttamente applicata ai blocchi, la cui massa, per effetto dell'azione sismica, genera una forza orizzontale sugli elementi della catena cinematica, in quanto non efficacemente trasmesse ad altre parte dell'edificio;
- δ_{ix} è lo spostamento virtuale orizzontale del punto di applicazione dell' i -esimo peso P_i , assumendo, come verso positivo, quello associato alla direzione secondo cui agisce l'azione sismica che attiva il meccanismo;
- δ_{jx} è lo spostamento virtuale orizzontale del punto di applicazione

Donde:

- n es el número de todos los pesos propios aplicados a los diferentes bloques de la cadena cinemática;
- m es el número de pesos propios no directamente aplicados sobre los bloques, cuyas masas, por efecto de la acción sísmica, generan fuerzas horizontales sobre los elementos de la cadena cinemática, ya que no las transmiten eficazmente a otras partes del edificio;
- o es el número de fuerzas externas, no asociadas a masas, aplicadas a los diferentes bloques;
- P_i es el peso propio genérico aplicado al bloque;
- P_j es el peso propio genérico no aplicado directamente a los bloques, cuyas masas, por efecto de las acciones sísmicas, genera una fuerza horizontal sobre los elementos de la cadena cinemática, ya que no las transmiten eficazmente a otras partes del edificio;
- δ_{ix} es el desplazamiento virtual horizontal del punto de aplicación del i -esimo peso P_i , asumiendo como positivo, aquel asociado a la dirección según la cual actúa la acción sísmica que desencadena el mecanismo;

dell' j -esimo peso P_j , assumendo come verso positivo, quello associato alla direzione secondo cui agisce l'azione sismica che attiva il meccanismo;

- F_h è la generica forza esterna, in valore assoluto, applicata ad un blocco;
- δ_h è lo spostamento virtuale del punto dove è applicata la h -esima forza esterna, nella direzione della stessa, di segno positivo se con verso discorde;
- L_{fi} è il lavoro di eventuali forze interne.

Gli spostamenti dei punti di applicazione delle forze sono calcolati tenendo conto della geometria della struttura e assegnando una rotazione virtuale al generico blocco.

L'equazione sopra riportata si trasforma spesso in un'equazione di equilibrio tra un momento stabilizzante ed uno ribaltante. Quindi, quando non risulta strettamente necessario, si omette il calcolo degli spostamenti virtuali e si scrivono direttamente le espressioni dei due momenti.

Riporto di seguito il calcolo del momento stabilizzante e ribaltante:

- δ_{jx} es el desplazamiento virtual horizontal del punto de aplicación del j -esimo peso P_j , asumiendo como positivo, aquel asociado a la dirección según la cual actúa la acción sísmica que desencadena el mecanismo;
- F_h es la fuerza genérica externa, en valor absoluto, aplicada a un bloque;
- δ_h es el desplazamiento virtual del punto donde está aplicada la h -esima fuerza externa, en la dirección de la misma, de signo positivo si tiene dirección discordante;
- L_{fi} es el trabajo de las fuerzas eventuales internas.

Los desplazamientos de los puntos de aplicación de las fuerzas son calculados teniendo en cuenta la geometría de la estructura y asignando un giro virtual al bloque genérico.

La ecuación anterior se transforma a menudo en una ecuación de equilibrio entre un momento estabilizante y uno de vuelco. Entonces, cuando no resulta estrictamente necesario, se omite el cálculo de los desplazamientos virtuales y se escriben directamente las expresiones de los dos momentos.

Se muestra a continuación el cálculo del momento estabilizante y de vuelco:

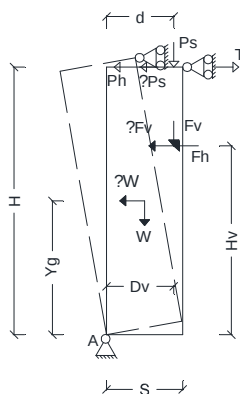


Figura 68: Schema di calcolo dei momenti.

Figura 68: Esquema de cálculo de los momentos.

Facendo riferimento alla figura 68, dove:

- W è il peso proprio della parete;
- F_v è la componente verticale della spinta di archi o volte sulla parete;
- F_h è la componente orizzontale della spinta di archi o volte sulla parete;
- P_s è il peso del solaio agente sulla parete calcolato in base all'area di influenza;
- P_h rappresenta il valore massimo dell'azione di un'eventuale tirante in testa alla parete;
- S è lo spessore della parete;
- H è l'altezza della parete rispetto alla cerniera in A o, più in generale, la quota del punto d'applicazione dell'azione trasmessa dal solaio o dal tirante rispetto alla cerniera A;
- H_v è la quota del punto di applicazione della spinta di archi o volte rispetto alla cerniera A;
- D è la distanza orizzontale del punto di applicazione del carico del solaio sulla parete rispetto alla cerniera A;

Haciendo referencia a la figura 68, donde:

- W es el peso propio de la pared;
- F_v es la componente vertical del empuje de los arcos o bóvedas sobre la pared;
- F_h es la componente horizontal del empuje de los arcos o bóvedas sobre la pared;
- P_s es el peso del forjado incidente sobre la pared calculado en base al área de influencia;
- P_h representa el valor máximo de la acción de un tirante eventual perpendicular a la pared;
- S es el espesor de la pared;
- H es la altura de la pared respecto a la charnela A o, más generalmente, la cota del punto de aplicación de la acción transmitida del forjado o del tirante respecto a la charnela A;
- H_v es la cota del punto de aplicación del empuje de los arcos o bóvedas respecto a la charnela A;
- D es la distancia horizontal del punto

- D_v è la distanza orizzontale della cerniera A dal punto di applicazione di F_v ;
- Y_g è l'altezza el baricentro della parete rispetto alla cerniera in A;
- λ è il moltiplicatore delle forze orizzontale;

Si presenta l'equazione di equilibrio alla rotazione intorno alla cerniera A:

Il momento stabilizzante è dato dalla seguente equazione:

de aplicación de la carga del forjado sobre la pared respecto a la charnela A;

- D_v es la distancia horizontal de la charnela A del punto de aplicación de F_v ;
- Y_g es la altura del baricentro de la pared respecto a la charnela A;
- λ es el multiplicador de las fuerzas horizontales;

Se presenta la ecuación de equilibrio al giro entorno a la charnela A:

El momento estabilizante es obtenido de la siguiente ecuación:

$$M_{s(A)} = W \cdot \frac{s}{2} + F_v \cdot d_v + P_s \cdot d + T \cdot h$$

Il momento ribaltante è:

El momento de vuelco es:

$$M_{s(A)} = \lambda \cdot [W \cdot y_g + F_v \cdot h_v + P_s \cdot h] + F_H \cdot h_V + P_H \cdot h$$

Eguagliando i due termini si ricava il moltiplicatore di collasso λ :

Igualando los dos términos se obtiene el multiplicador de colapso λ :

$$\lambda = \frac{W \cdot \frac{s}{2} + F_v \cdot d_v + P_s \cdot d + T \cdot h - F_H \cdot h_v - P_h \cdot h}{W \cdot y_g + F_v \cdot h_v + P_s \cdot h}$$

Una volta noto il moltiplicatore critico, λ , deve essere ricercato il modo per ottenere una verifica in termini di rapporto tra capacità e domanda.

Una vez conocido el multiplicador crítico, λ , debe ser buscado el modo para obtener una verificación en términos de la relación entre la capacidad y la demanda.

La capacità è intesa come l'accelerazione che attiva il meccanismo di danno analizzato, la domanda come l'accelerazione che dovrebbe assorbire l'edificio con una certa percentuale probabilistica di superamento dell'accelerazione massima del terreno, data dalla norma e in

La capacidades entendida como la aceleración que desencadena el mecanismo de daño analizado, la demanda como la aceleración que debería absorber el edificio con una cierta probabilidad porcentual de superación de la aceleración máxima del terreno, fecha de la

funzione della vita utile programmata.

Il problema per la prima volta è stato riportato nell'OPCM 3274 del 2003 con circa le stesse forme in cui oggi è trattato dalle NTC 2008.

Verrà quindi seguito l'approccio iniziale riportato dall'allegato 2 dell'ordinanza citata.

Similmente a quanto si fa nell'analisi modale, dove si affronta il problema, più complicato, di definire la modalità di vibrazione di un edificio complesso come somma dei contributi di più modi di vibrare fondamentali, visto che in questo caso non c'è un'unica modalità di comportarsi per il nostro edificio, si paragona il cinematismo del macroelemento ad un oscillatore semplice, di cui si va alla ricerca di una massa virtuale chiamata massa partecipante al moto "M*".

Tale ricerca viene effettuata con le modalità studiate appunto nell'analisi dinamica.

La massa partecipante al cinematismo può essere valutata considerando gli spostamenti virtuali dei punti di applicazione dei diversi pesi, associati al cinematismo, come una forma modale di vibrazione:

norma y en función de la vida útil planificada.

El problema para la primera vez se informó en el OPCM 3274 del 2003 con aproximadamente las mismas formas en que hoy está regulado por el NTC 2008.

Será entonces seguido el enfoque inicial presentado en el anexo 2 de la ordenanza citada.

De la misma manera como se hace en el análisis modal, donde se afronta el problema, más complicado, de definir la modalidad de vibraciones de un edificio completo como la suma de las contribuciones de los propios más fundamentales, visto que en este caso no hay una única modalidad de comportarse para nuestro edificio, se compara el cinematismo del macroelemento a un oscilador simple, de los cuales va en busca de una masa virtual llamada masa participante al movimiento "M".*

Dicha búsqueda viene efectuada con las modalidades estudiadas exactamente en el análisis dinámico.

La masa participante al cinematismo puede ser valorada considerando los desplazamientos virtuales de los puntos de aplicación de los diferentes pesos, asociados al cinematismo, como una forma modal de vibración:

$$M^* = \frac{(\sum_{i=1}^{n+m} P_i \cdot \delta_{x,i})^2}{g \cdot \sum_{i=1}^{n+m} P_i \cdot \delta_{x,i}^2}$$

Dove:

- $n+m$ è il numero delle forze peso P_i applicaste, le cui masse, per effetto dell'azione sismica, generano forze

Donde:

- $n+m$ es el número de los pesos P_i aplicados, cuyas masas, por efecto de las acciones sísmicas, generan fuerzas

orizzontali sugli elementi della catena cinematica;

- $\delta_{x,i}$ è lo spostamento virtuale orizzontale del punto di applicazione dell' i -esimo peso P_i .

Noto il valore di " M^* " e applicando la relazione tra massa, forza e accelerazione, trovo l'accelerazione definita come spettrale, che è legata alla forza orizzontale che attiva il cinematismo " $\lambda \cdot \sum P_i$ ".

Questa accelerazione rappresenta la capacità del mio edificio.

L'accelerazione sismica spettrale " α^* " si ottiene moltiplicando per l'accelerazione di gravità il moltiplicatore " λ " e dividendolo per la frazione di massa partecipante al cinematismo.

L'accelerazione spettrale di attivazione del meccanismo vale quindi:

horizontales sobre los elementos de la cadena cinemática;

- $\delta_{x,i}$ es el desplazamiento virtual horizontal del punto de aplicación del i -ésimo peso P_i .

Conocido el valor de " M^* " y aplicando la relación entre masa, fuerza y aceleración, se encuentra la aceleración definida como espectral, que está ligada a la fuerza horizontal que activa el cinematismo " $\lambda \cdot \sum P_i$ ".

Esta aceleración representa la capacidad del edificio.

La aceleración sísmica espectral " α^* " se obtiene multiplicando por la aceleración de la gravedad el multiplicador " λ " y dividiéndolo por la fracción de masa participante al cinematismo.

La aceleración espectral de activación del mecanismo vale entonces:

$$\alpha_0^* = \frac{\lambda \cdot \sum_{i=1}^{n+m} P_i}{M^*} = \frac{\lambda \cdot g}{e^*}$$

Dove:

- g è l'accelerazione di gravità;
- $e^* = \frac{g \cdot M^*}{\sum_{i=1}^{n+m} P_i}$ è la frazione di massa partecipante della struttura.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 nella definizione dell'accelerazione α_0^* , impongono la divisione per il fattore di confidenza FC, relativo al livello di conoscenza 1 (LC1) che è uguale a 1'35.

La formula per il calcolo di α_0^* diviene quindi:

Donde:

- g es la aceleración de la gravedad;
- $e^* = \frac{g \cdot M^*}{\sum_{i=1}^{n+m} P_i}$ es la fracción de la masa participante de la estructura.

Las Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 en la definición de la aceleración α_0^* , imponen la división para el factor de confidencia FC, relativo al nivel de conocimiento 1 (LC1) que es igual a 1'35.

La fórmula para el cálculo de α_0^* , se convierte entonces en:

$$\alpha_0^* = \frac{\lambda \cdot \sum_{i=1}^{n+m} P_i}{M^* \cdot FC} = \frac{\lambda \cdot g}{e^* \cdot FC}$$

Una volta calcolata l'accelerazione, l'OPCM 3274 imponeva il soddisfacimento di una disequazione per considerare soddisfatta la verifica dello stato limite ultimo che nelle NTC del 2008 viene definito SLV (stato limite di salvaguardia della vita)

Stato Limite Ultimo (SLU).

La verifica allo stato limite ultimo dei meccanismi locali, imprescindibile per garantire la sicurezza nei riguardi del collasso, potrà essere svolta nel modo seguente: verifica semplificata con fattore di struttura q (analisi cinematica lineare).

La verifica di sicurezza nei confronti dello Stato Limite Ultimo è soddisfatta se l'accelerazione spettrale " α_0^* ", che attiva il meccanismo, soddisfa la seguente disuguaglianza:

Una vez calculada la aceleración, la OPCM 3274 exigía el cumplimiento de una desigualdad para considerar satisfactoria la verificación del estado límite último que en las NTC del 2008 viene definido como SLV (estado límite de protección de la vida)

Estado Límite Último (SLU).

La verificación al estado límite último de los mecanismos locales, imprescindible para garantizar la seguridad en casos de colapso, podrá ser desarrollada del siguiente modo: verificación simplificada con factores de estructura q (análisis cinemático lineal).

La verificación de seguridad en contra del Estado Límite Último es satisfactoria si la aceleración espectral " α_0^ ", que desencadena el mecanismo, satisface la siguiente desigualdad:*

$$\alpha_0^* \geq \frac{a_g \cdot S}{q} \cdot \left(1 + 1.5 \frac{Z}{H}\right)$$

Dove:

- a_g è l'accelerazione di riferimento al suolo calcolata nelle NTC 2008 con micro zonizzazione sismica;
- S è un coefficiente che dipende dalle caratteristiche geologiche e topografiche del terreno;
- Z è l'altezza, rispetto alla fondazione dell'edificio, del baricentro delle linee di vincolo tra i blocchi interessati dal meccanismo ed il resto della struttura;

Donde:

- a_g es la aceleración de referencia al suelo calculada en las NTC 2008 con micro zonificación sísmica;
- S es un coeficiente que depende de las características geológicas y topográficas del terreno;
- Z es la altura, respecto a la cimentación del edificio, del baricentro de las líneas de enlace entre los bloques afectados por el mecanismo y

- H è l'altezza della struttura rispetto alla fondazione;
- Q è il fattore di struttura pari a 2.

L'introduzione del fattore di struttura q ha l'obiettivo di tenere in considerazione la duttilità della struttura, anche in un'analisi semplificata come quella lineare, che non è pensata per tenere in conto i contributi dovuti alla fase post-elastica.

Calcolo del moltiplicatore di collasso della facciata.

Per affrontare il calcolo del moltiplicatore di collasso, si riportano, di seguito, la sezione longitudinale della chiesa di San Francesco e il prospetto della facciata con le quote utili ai fini del calcolo.

el resto de la estructura ;

- H es la altura de la estructura respecto a la cimentación;
- Q es el factor de estructura igual a 2.

La introducción del factor de estructura q tiene el objetivo de poner en consideración la ductilidad de la estructura, también en un análisis simplificado como en aquel lineal, que no está pensado para tener en cuenta las contribuciones debidas a la fase post-elástica.

Cálculo del multiplicador de colapso de la fachada.

Para afrontar el cálculo del multiplicador de colapso, se adjuntan a continuación la sección longitudinal de la iglesia de San Francisco y el alzado de la fachada con las cotas útiles para el cálculo.

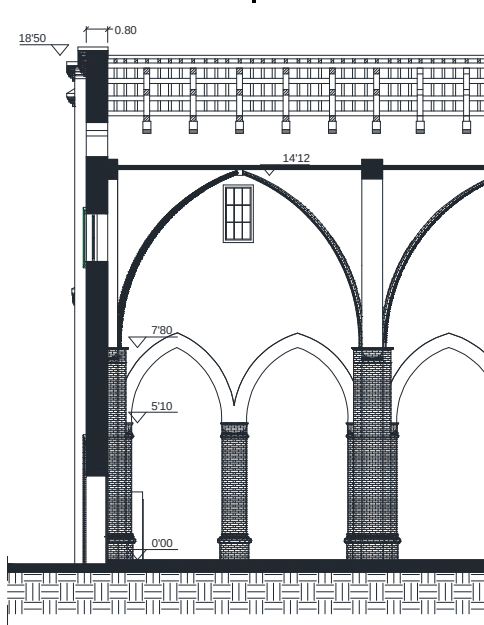


Figura 69: Sezione longitudinale.

Figura 69: Sección longitudinal.

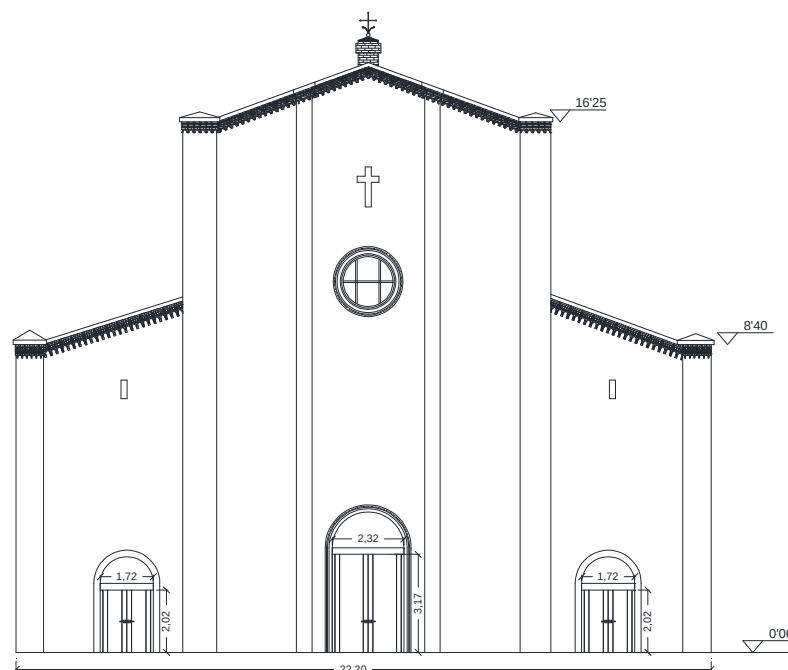


Figura 70: Prospetto ovest – facciata principale.

Figura 70: Alzado oeste – fachada principal.

La facciata si presenta simmetrica per quel che riguarda le aperture, lo spessore è di 80 cm, la larghezza è di 22'20 m, l'altezza all'esterno a filo gronda per le fiancate è 8'40 m, mentre a filo gronda della navata centrale è 16'25 m.

Per studiare la vulnerabilità di questo elemento si conduce un'analisi cinematica lineare, ricercando il moltiplicatore dei carichi orizzontali "λ", che porta la facciata a collasso per ribaltamento.

Il corpo della facciata viene diviso in sezioni orizzontali, in funzione della diversa distribuzione delle aperture, che causa una diversa risposta delle varie sezioni del muro al variare dell'altezza. Infatti i vuoti costituiscono un indebolimento del corpo murario: spesso meccanismi di crollo si innescano in corrispondenza di aperture costituite da porte o finestre.

Come peso specifico della muratura si

La fachada se presenta simétrica en lo que respecta a los huecos, el espesor es de 80 cm, la longitud es de 22'20 m, la altura al exterior del canalón lateral es de 8'40 m, mientras al canalón de la nave central es 16'25 m.

Para estudiar la vulnerabilidad de este elemento se realiza un análisis cinemático lineal, buscando el multiplicador de las cargas horizontales "λ", que lleva la fachada al colapso por vuelco.

El cuerpo de la fachada viene dividido en secciones horizontales, en función de la distribución de los huecos, que causa una respuesta diferente de las varias secciones del muro al variar la altura. De hecho, los huecos constituyen un debilitamiento del cuerpo del muro: a menudo mecanismos de derrumbe se dan en correspondencia a huecos constituidos por puertas o ventanas.

assume 2000 kg/m^3 .

In figura 70 sono evidenziate le sezioni orizzontali in cui si è suddivisa la facciata, con le altezze dei baricentri relative ad ogni sezione.

Como peso específico de la albañilería se asume 2000 kg/m^3 .

En la figura 70 están representadas las secciones horizontales en las cuales se ha dividido la fachada, con las alturas de los baricentros relativos a cada sección.

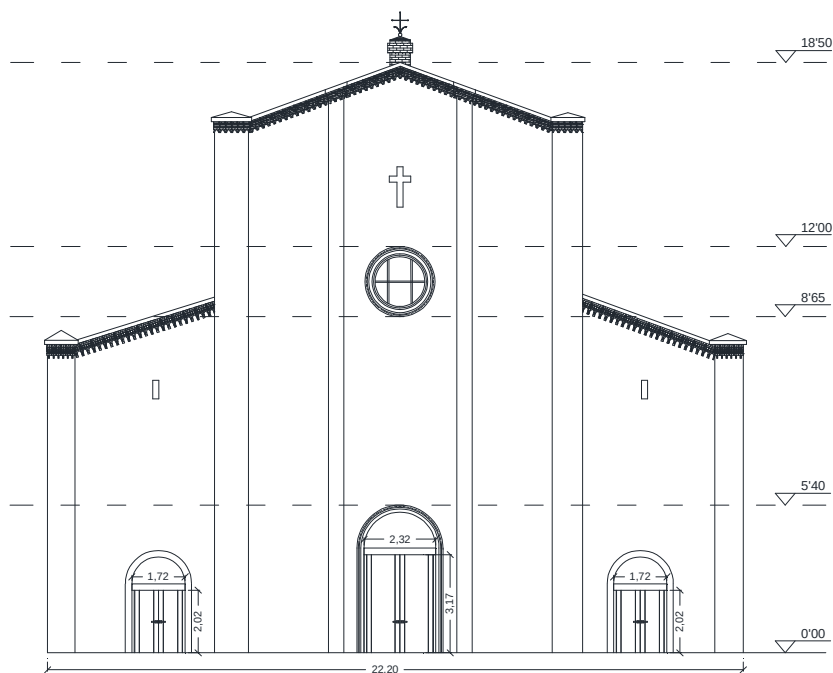


Figura 71: Facciata con suddivisioni orizzontali.

Di seguito si riporta il foglio di calcolo utilizzato per la determinazione del fattore “ λ ”, secondo le formulazioni sopra riportate.

Figura 71: Fachada con subdivisiones horizontales.

A continuación se adjunta la tabla de cálculo utilizada para la determinación del factor “ λ ”, según las formulaciones dadas.

DATI INIZIALI	Elevazione	GEOMETRIA DELLA FACCIATA				Peso specifico delle muratura γ_i [kN/m ³]	Arretramento della cerniera attorno alla quale avviene il ribaltamento rispetto al limbo esterno della parete [m]							
		Altezza delle fasce murarie		Larghezza delle fasce murarie										
		Quota del sottofinestra [m]	Quota del soprafinestra [m]	Larghezza della fascia sottofinestra al netto delle aperture [m]	Larghezza della fascia intermedia al netto delle aperture [m]			Larghezza della fascia soprafinestra al netto delle aperture [m]						
		1	0.10	5.40	15.25			15.25	19.45	20.00				
		2	5.40	8.65	22.20			22.20	22.20	20.00				
	3	8.65	11.50	13.00	8.70	11.20	20.00							
	4	11.50	18.50	11.20	11.20	11.20	20.00							
	Elevazione	Spessore della parete al piano i-esimo S_i [m]	Altezza di interpiano al piano i-esimo h_i [m]	Braccio orizzontale del carico del solaio al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_i [m]	Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte al piano i-esimo rispetto alla cerniera cilindrica d_{vi} [m]	Quota del punto di applicazione di azioni trasmesse da archi o volte al piano i-esimo h_{vi} [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo y_{Gi} [m]	Quota del baricentro della parete al piano i-esimo (*) y_{Gi} [m]						
									1	0.80	5.40	0.80	5.10	2.70
									2	0.80	3.25	0.80	0.98	1.63
3									0.80	2.85	0.80	1.02		
4									0.80	7.00	0.80	3.50		
Elevazione	Peso proprio della parete al piano i-esimo W_i [kN]	Peso proprio della parete al piano i-esimo (*) W_i [kN]	Carico trasmesso dal solaio al piano i-esimo P_{Si} [kN]	Spinta statica della copertura P_H [kN]	Componente verticale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Vi} [kN]	Componente orizzontale della spinta di archi o volte al piano i-esimo F_{Hi} [kN]	Azione del tirante al piano i-esimo T_i [kN]							
								1	1317.50			76.37	23.00	
								2	1154.40			362.18	123.00	
								3	645.84					
								4	1254.40					

DATOS INICIALES	Elevación	GEOMETRÍA DE LA FACHADA				Peso específico de las albañilerías γ_i [kN/m³]	Retranqueo de la charnela entorno a la cual se produce el vuelco respecto al lado externo de la pared [m]			
		Altura de las bandas del muro		Longitud de las bandas del muro						
		Altura bajo ventana [m]	Altura encima ventana [m]	Longitud de la banda bajo ventana al total del hueco [m]	Longitud de la banda intermedia al total del hueco [m]			Longitud de la banda encima ventana al total del hueco [m]		
		1	0.10	5.40	15.25			15.25	19.45	20.00
		2	5.40	8.65	22.20			22.20	22.20	20.00
	3	8.65	11.50	13.00	8.70	11.20	20.00			
	4	11.50	18.50	11.20	11.20	11.20	20.00			
	Elevación	Espesor de la pared al plano i-esimo S_i [m]	Altura de plano intermedio al plano i-esimo h_i [m]	Brazo horizontal de la cargadel forjadoal plano i-esimo respecto a la charnela cilíndrica d_i [m]	Brazo horizontal de la acción de los arcos o bóvedas en el plano i-esimo respecto a la charnela cilíndrica d_{vi} [m]	Cota del punto de aplicación de acciones transmitidas de arcos o bóvedas al plano i-esimo h_{vi} [m]	Cuota del baricentro de la pared al plano i-esimo y_{Gi} [m]	Cuota del baricentro de la pared al plano i-esimo (*) y_{Gi} [m]		
	1	0.80	5.40		0.80	5.10	2.70			
	2	0.80	3.25		0.80	0.98	1.63			
	3	0.80	2.85		0.80		1.02			
	4	0.80	7.00		0.80		3.50			
	Elevación	Peso propio de la pared al plano i-esimo W_i [kN]	Peso propio de la pared al plano i-esimo (*) W_i [kN]	Carga transmitida del forjado al plano i-esimo P_{si} [kN]	Empuje estático de la cubierta P_H [kN]	Componente vertical del empuje de arcos o bóvedas al plano i-esimo F_{vi} [kN]	Componente horizontal del empuje de arcos o bóvedas al plano i-esimo F_{Hi} [kN]	Acción del tirante al plano i-esimo T_i [kN]		
	1	1317.50				76.37	23.00			
	2	1154.40				362.18	123.00			
	3	645.84								
	4	1254.40								

DATI DI CALCOLO

MOMENTO DELLE AZIONI STABILIZZANTI					
Ribaltamento delle elevazione:	Peso proprio delle pareti [kNm]	Carico dei solai [kNm]	Azione di archi o volte [kNm]	Azione del tiranti [kNm]	
4 – 3 – 2 – 1	1748.90	0.00	350.84	0.00	
4 – 3 – 2	1221.86	0.00	289.74	0.00	
4 – 3	760.10	0.00	0.00	0.00	
4	501.76	0.00	0.00	0.00	
MOMENTO DELLE AZIONI RIBALTANTI					
Ribaltamento delle elevazione:	Inerzia delle pareti [kNm]	Inerzia dei solai [kNm]	Inerzia di archi o volte [kNm]	Spinta statica di archi o volte [kNm]	Spinta statica della copertura [kNm]
4 – 3 – 2 – 1	35725.37	0.00	2700.20	902.04	0.00
4 – 3 – 2	16673.79	0.00	354.94	120.54	0.00
4 – 3	8622.11	0.00	0.00	0.00	0.00
4	4390.40	0.00	0.00	0.00	0.00

DATOS DE CÁLCULO	MOMENTO DE LAS ACCIONES ESTABILIZANTES					
	Vuelco de las elevaciones:	Peso propio de las paredes [kNm]	Cargas de los forjados [kNm]	Acciones de arcos o bóvedas [kNm]	Acciones del tirante [kNm]	
	4 – 3 – 2 – 1	1748.90	0.00	350.84	0.00	
	4 – 3 – 2	1221.86	0.00	289.74	0.00	
	4 – 3	760.10	0.00	0.00	0.00	
	4	501.76	0.00	0.00	0.00	
	MOMENTO DE LAS ACCIONES DE VUELCO					
	Vuelco de las elevaciones:	Inercia de las paredes [kNm]	Inercia de los forjados [kNm]	Inercia de arcos o bóvedas [kNm]	Empuje estático de arcos o bóvedas [kNm]	Empuje estático de la cubierta [kNm]
	4 – 3 – 2 – 1	35725.37	0.00	2700.20	902.04	0.00
	4 – 3 – 2	16673.79	0.00	354.94	120.54	0.00
	4 – 3	8622.11	0.00	0.00	0.00	0.00
	4	4390.40	0.00	0.00	0.00	0.00

CALCOLO DELLE PGA	Ribaltamento delle elevazioni:	Massa partecipante M^*	Frazione massa partecipante e^*	Accelerazione spettrale a_0^* [m/sec ²]	Altezza baricentro delle forze peso Z [m]	Fattore di Suolo S	Fattore di Struttura q
	4-3-2-1	372.054	0.759	0.393	8.20	1.35	2.00
	4-3-2	226.059	0.649	1.235	10.38		
	4-3	147.870	0.763	1.133	13.19		
	4	127.870	1.000	1.121	15.00		

CÁLCULO DE LAS PGA	Vuelco de las elevaciones:	Masa participante M^*	Fraciones masa participante e^*	Aceleraciones espectrales a_0^* [m/sec ²]	Altura baricentro de las fuerzas peso Z [m]	Factor de Suelo S	Factor de Estructura q
	4-3-2-1	372.054	0.759	0.393	8.20	1.35	2.00
	4-3-2	226.059	0.649	1.235	10.38		
	4-3	147.870	0.763	1.133	13.19		
	4	127.870	1.000	1.121	15.00		

CALCOLO DEL MOLTIPLICATORE DI COLLASSO λ	Ribaltamento delle elevazioni:	Valore di λ
	4-3-2-1	0.030
	4-3-2	0.082
	4-3	0.088
	4	0.114

CÁLCULO DEL MOLTIPLICADOR DE COLAPSO λ	Vuelco de las elevaciones:	Valores de λ
	4-3-2-1	0.030
	4-3-2	0.082
	4-3	0.088
	4	0.114

Nel foglio di calcolo sono stati inseriti i dati geometrici della facciata in modo da calcolare i

En la tabla de cálculo han sido insertados los datos geométricos de la fachada a modo de

baricentro di ogni sezione orizzontale in cui è stata divisa.

Nella determinazione della larghezza delle fasce murarie non vanno considerate le aperture, qualora presenti, quindi, per valutare tale grandezza, occorre sottrarre alla misura della larghezza totale delle fasce orizzontali di parete la somma delle larghezze dei vuoti presenti nella stessa.

Si ottiene così la quota del baricentro di ogni sezione muraria orizzontale.

In seguito si inseriscono gli eventuali carichi dovuti da solai e le eventuali azioni fornite dalla copertura o da archi e volte.

In questo caso non si ha alcun contributo né dalla copertura che non scarica sulla facciata né da solai in quanto non presenti.

Al contrario si ha una componente verticale e una orizzontale dovuta alla spinta degli archi delle tre navate.

La spinta dell'arco è frutto del peso proprio dell'elemento, più eventuali solai o riempimenti, posti per caricare maggiormente l'arco ed evitare che questo possa aprirsi in quanto scarsamente compresso.

Nel caso in esame non si hanno informazioni dettagliate sulla presenza di carichi sugli archi. Si è fatto quindi riferimento all'analisi fotografica post-sisma, dalla quale sembra essere presente un riempimento, solo alle reni dell'arco, e si ipotizza che questo sia per un 30% della lunghezza dell'arco.

Così, il carico che l'arco scarica sulla facciata, è dato dalla somma del peso proprio dell'elemento più il peso dovuto al riempimento, scomposto in direzione verticale e orizzontale.

calcular los baricentros de cada sección horizontal en los cuales ha sido dividida.

En la determinación de la longitud de las bandas del muro no se han considerado los huecos, si presentes, entonces, para valorar semejante magnitud, debe restar a medida de la longitud total de las bandas horizontales del muro la suma de las longitudes de los huecos presentes en la misma.

Se obtiene así la cota del baricentro de cada sección de muro horizontal.

A continuación se muestran las eventuales cargas debidas a forjados y acciones previstas de la cubierta o de los arcos y bóvedas.

En este caso no se tiene alguna contribución ni de la cubierta que no descarga sobre la fachada ni de forjados que no existen.

Al contrario se tiene una componente vertical y una horizontal debido al empuje de los arcos de las tres naves.

El empuje del arco es fruto del peso propio del elemento, más los forjados o rellenos, puestos para aumentar la carga del arco y evitar que esto pueda abrirlos por una pequeña compresión.

En nuestro caso, no se tienen informaciones detalladas sobre la presencia de cargas sobre los arcos. Se ha hecho entonces referencia al análisis fotográfico post-sismo, de la cual parece estar presente un relleno, sólo en los riñones del arco, y se hipotiza que esto sea de un 30% de la longitud del arco.

Así, la carga que el arco descarga sobre la fachada, obtenido de la suma del peso propio del elemento más el peso debido al relleno,

descompuesto en dirección vertical y horizontal.

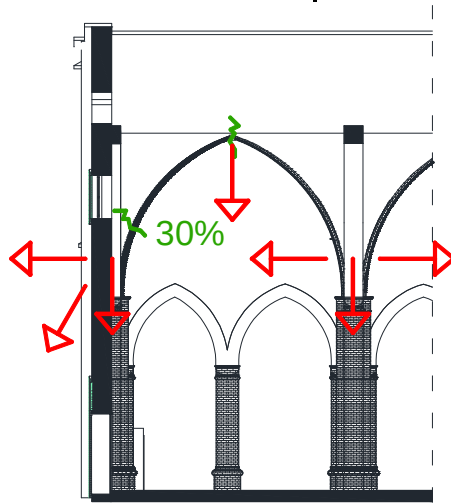


Figura 72: Schema della spinta degli archi sulla facciata.

Figura 72: Esquema del empuje de los arcos sobre la fachada.

Il valore del moltiplicatore di collasso si ricava, come precedentemente detto, dall'uguaglianza fra momento stabilizzante e momento ribaltante:

- Momento stabilizzante:

$$M_{s(A)} = W \cdot \frac{s}{2} + F_v \cdot d_v + P_s \cdot d + T \cdot h$$

- Momento ribaltante:

$$M_{s(A)} = \lambda \cdot [W \cdot y_g + F_v \cdot h_v + P_s \cdot h] + F_H \cdot h_v + P_H \cdot h$$

Imponendo $M_s = M_r$ ricavo il moltiplicatore di collasso λ :

$$\lambda = \frac{W \cdot \frac{s}{2} + F_v \cdot d_v + P_s \cdot d + T \cdot h - F_H \cdot h_v - P_H \cdot h}{W \cdot y_g + F_v \cdot h_v + P_s \cdot h}$$

Una volta noto il moltiplicatore critico, " λ " deve essere ricercato il modo per ottenere una verifica in termini di rapporto tra capacità e domanda.

La capacità è intesa come l'accelerazione che attiva il meccanismo di danno analizzato, la domanda come l'accelerazione, che dovrebbe assorbire l'edificio con una certa percentuale probabilistica di superamento dell'accelerazione

El valor del moltiplicador de colapso se obtiene, como antes indicado, de la igualdad entre el momento estabilizante y el momento de vuelco:

- Momento estabilizante:

- Momento de vuelco:

Imponiendo $M_s = M_r$, se obtiene el moltiplicador de colapso λ :

Una vez conocido el moltiplicador crítico, " λ " debe ser buscado el modo para obtener una verificación en términos de relación entre la capacidad y la demanda.

La capacidad es entendida como la aceleración que activa el mecanismo de daño analizado, la demanda como la aceleración, que debería absorber el edificio con una cierta

massima del terreno, data dalla norma e in funzione della vita utile programmata.

La verifica considerata è allo stato limite ultimo dei meccanismi locali, imprescindibile per garantire la sicurezza nei riguardi del collasso.

Questa verifica è soddisfatta se l'accelerazione spettrale " α_0^* ", che attiva il meccanismo, soddisfa la seguente disuguaglianza:

$$\alpha_0^* \geq \frac{a_g \cdot S}{q} \cdot \left(1 + 1.5 \frac{Z}{H}\right)$$

Per le quattro sezioni in cui è stata suddivisa la facciata è stato calcolato il termine che deve risultare minore di " α_0^* " con i seguenti risultati: 0'393 per il tratto 4 – 3 – 2 – 1; 1'235 per il tratto 4 – 3 – 2; 1'133 per il tratto 4 – 3 e 1'121 per il tratto 4.

Il confronto di questi valori con quelli riportati nel foglio di calcolo di " α_0^* " indica che il crollo dovuto al ribaltamento della facciata non si deve verificare.

Il valore del moltiplicatore può essere migliorato attraverso l'inserimento dei presidi antisismici idonei alla riduzione dell'effetto del momento ribaltante e alla riduzione delle spinte derivanti dagli archi delle navate. Alcuni di questi presidi possono essere delle catene metalliche inserite longitudinalmente per ammorsare meglio la facciata alle murature, ad essa ortogonali e per fornire una forza orizzontale stabilizzante dovute all'azione di trazione della catena.

probabilidad porcentual de superación de la aceleración máxima del terreno, fecha de la norma y en función de la vida útil planificada.

La verificación considerada es del estado límite último de los mecanismos locales, imprescindibles para garantizar la seguridad en los casos de colapso.

Esta comprobación es satisfactoria si la aceleración espectral " α_0^ ", que desencadena el mecanismo, satisface la siguiente desigualdad:*

Para las cuatro secciones en las cuales ha sido dividida la fachada ha sido calculado el término que debe resultar menor de " α_0^ " con los siguientes resultados: 0'393 para el tramo 4 – 3 – 2 – 1; 1'235 para el tramo 4 – 3 – 2; 1'133 para el tramo 4 – 3 y 1'121 para el tramo 4.*

La comparación de estos valores con aquellos mostrados en la tabla de cálculo de " α_0^ " indica que el derrumbe debido al vuelco de la fachada no se debe comprobar.*

El valor del multiplicador puede ser mejorado a través de la introducción de presidios antisísmicos idóneos a la reducción del efecto del momento de vuelco y a la reducción de los empujes derivados de los arcos de las naves. Algunos de estos presidios pueden ser los tirantes metálicos colocados longitudinalmente para unir mejor la fachada a las albañilerías, perpendiculares a ésta y para proporcionar una fuerza horizontal estabilizante debida a la tracción del tirante.

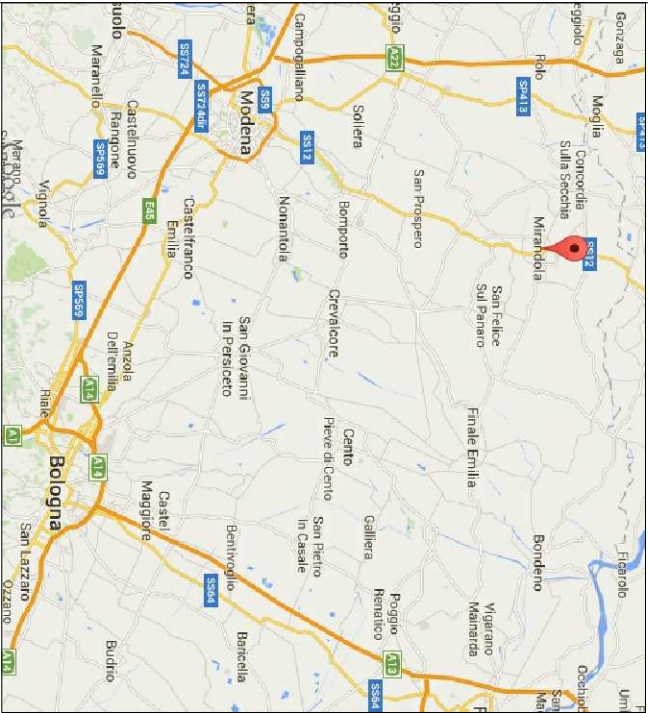
BIBLIOGRAFIA

- Bavaro, Mariano. *Rinforzo strutturale di una volta (estradosso) a crociera mediante materiali compositi (fibre di vetro + resina)* [sul internet]. [Italia]: Architettura ed edilizia, Venerdì 2 agosto 2013 [Sabato 27 giugno 2015]. Disponibile a Web:
<http://architettobavaro.blogspot.it/2013/08/rinforzo-strutturale-di-una-volta.html>
- Catalogue of strong earthquakes in Italy an advance laboratory of historical seismology – CFTI4med. E.Guidoboni [Sul internet]. <<http://storing.ingv.it/cfti4med/>>
- Cicognani, Caterina. *La riunificazione del frammento nell'ex convento di San Francesco. Un centro per la cultura restituito alla città di Mirandola*. Relatore: Matteo Agnoletto. Correlatore: Alessandro Boldrini e Giada Gasparini. Alma Mater Studiorum – Università di Bologna Campus di Cesena, Scuola di Ingegneria e Architettura, 2014.
- Consorzio della Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica – RELUIS. [Sul internet]. <<http://www.reluis.it/>>
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – INGV. *Classificazione sismica* [Sul internet]. <<http://zonesismiche.mi.ingv.it/>>
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – INGV. *Database macrosismico italiano* [Sul internet]. <<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>>
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – INGV. *Terremoti* [Sul internet]: *Archivi e banche dati*. <<http://www.ingv.it/it/>>
- Linee guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale – allineamento alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 Gennaio 2008).
- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE. *Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»*. Circolare N°617. Roma: 2 febbraio 2009.

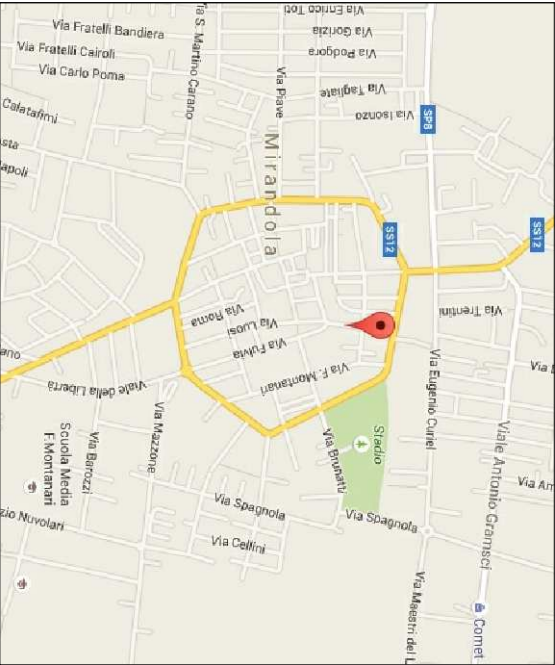
- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE. *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)*. N°. 29, S.O. N° 30. Roma: Decreto Ministeriale, 14 Gennaio 2008.
- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE. *Primi elementi in materia di criteri generale per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*. OPCM 3274. Roma: Supplemento ordinario G.U. n°105 del 08/05/2003.
- MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE. Ulteriori modifiche ed integrazioni all' OPCM n. 3274: *"Primi elementi in materia di criteri generale per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*. OPCM 3431. Roma: Supplemento ordinario G.U. n°107 del 03/05/2005.
- Strollo, Nicola. *La ricostruzione com'era dov'era della chiesa di San Francesco a Mirandola*. Relatore: Chiar.mo Prof. Luca Guardigli. Alma Mater Studiorum - Università di Bologna, Dipartimento di Architettura e Pianificazione Territoriale, 2013.



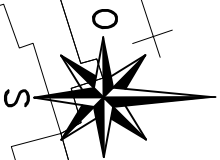
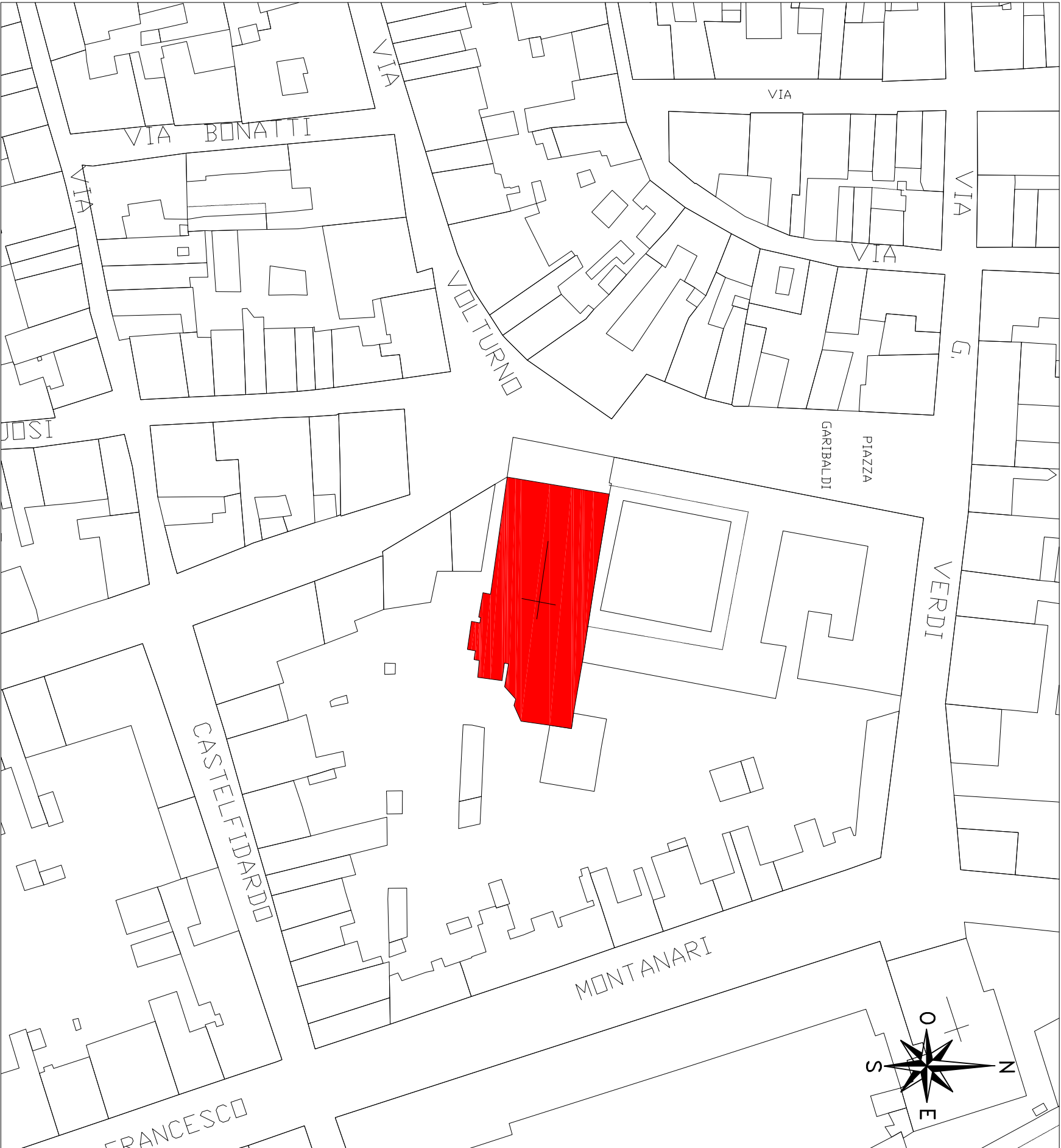
Localizzazione di Miranda in Italia. / *Situación de Miranda en Italia.*

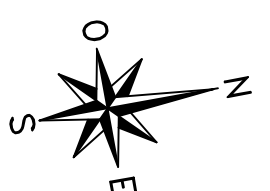
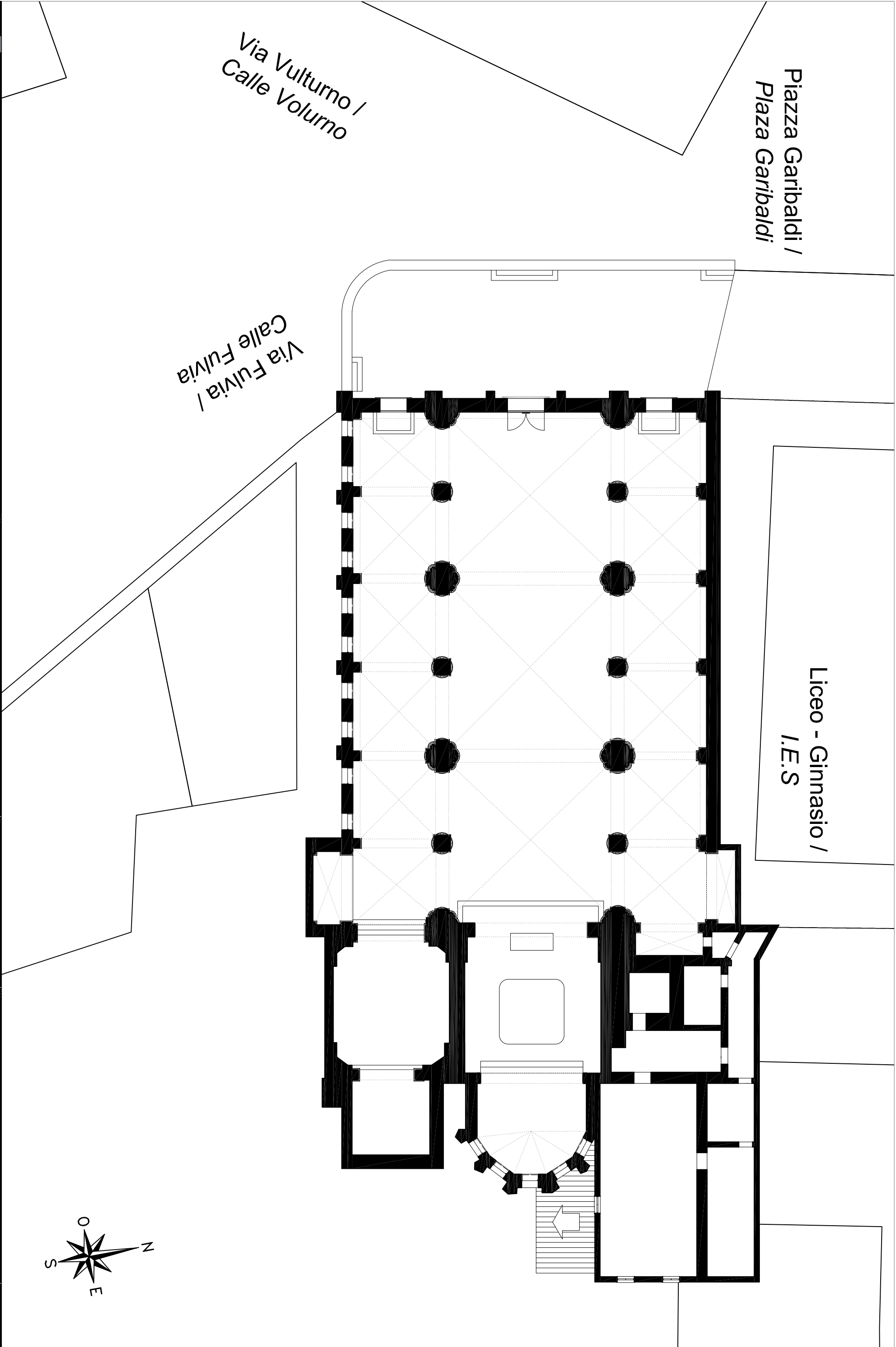


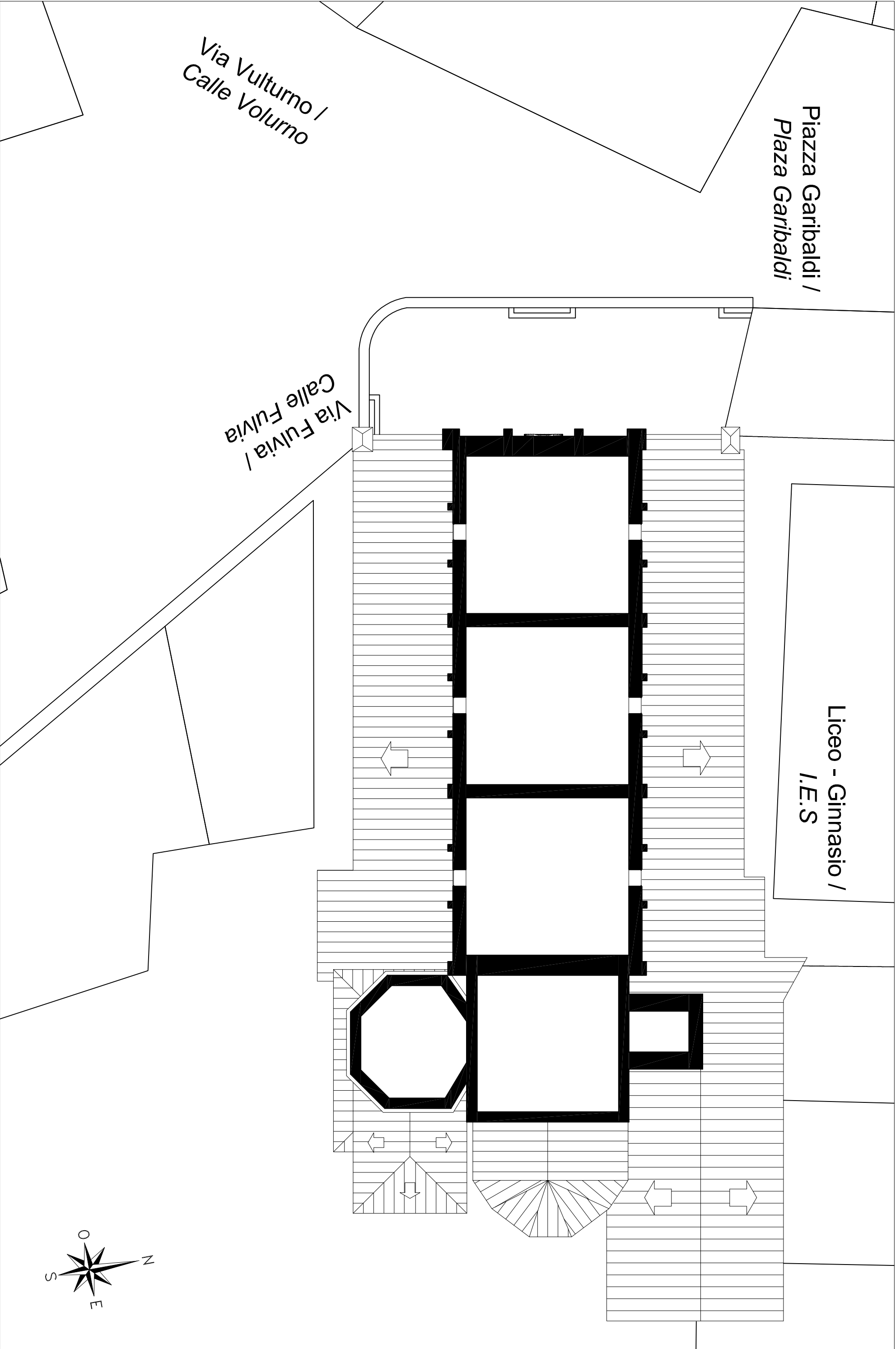
Localizzazione di Miranda a Emilia Romagna. / *Situación de Miranda en Emilia Romagna.*

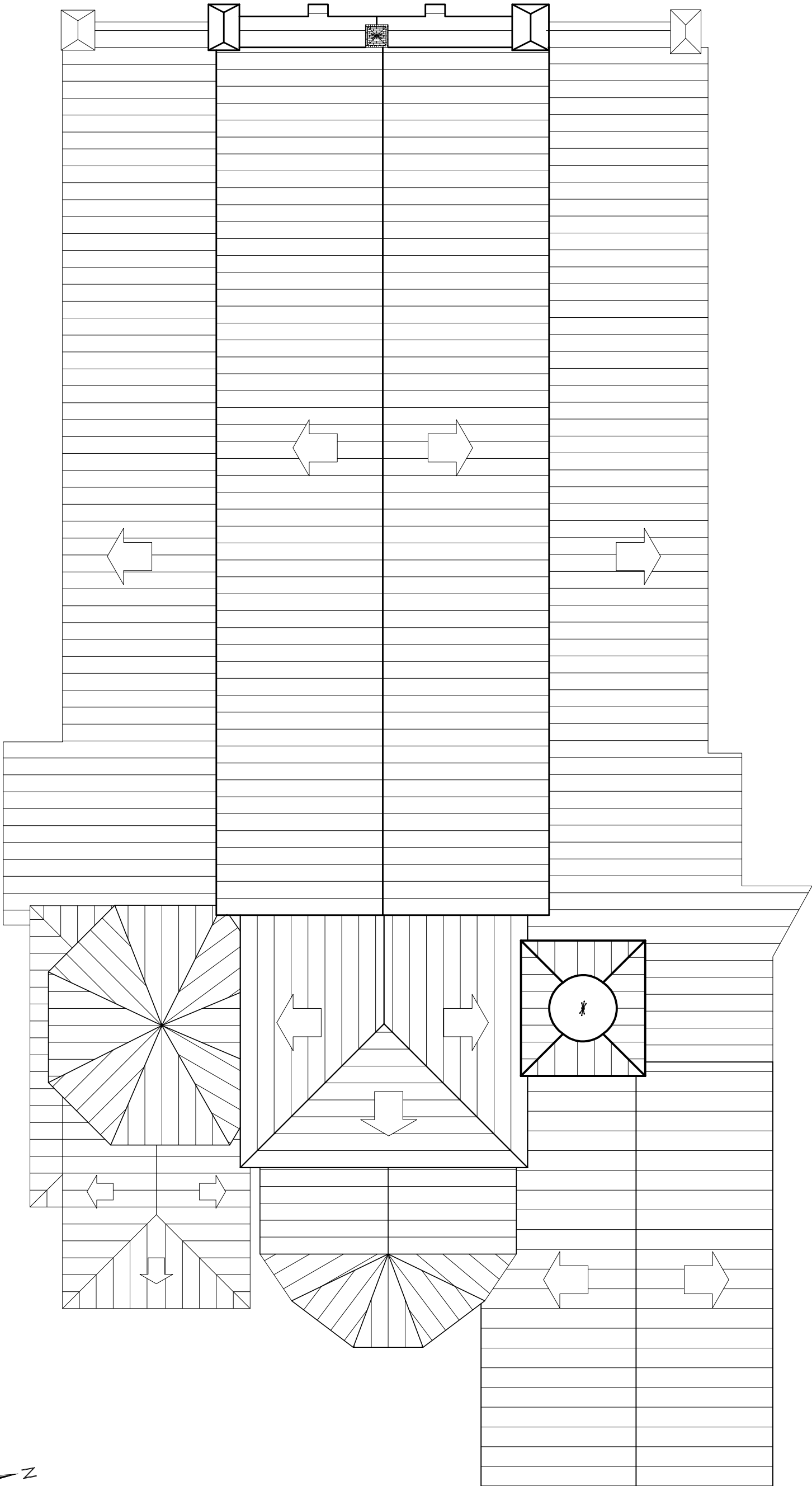
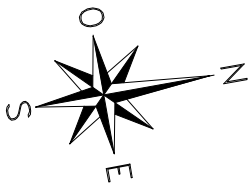


Localizzazione di San Francesco a Miranda. / *Situación de San Francisco en Miranda.*







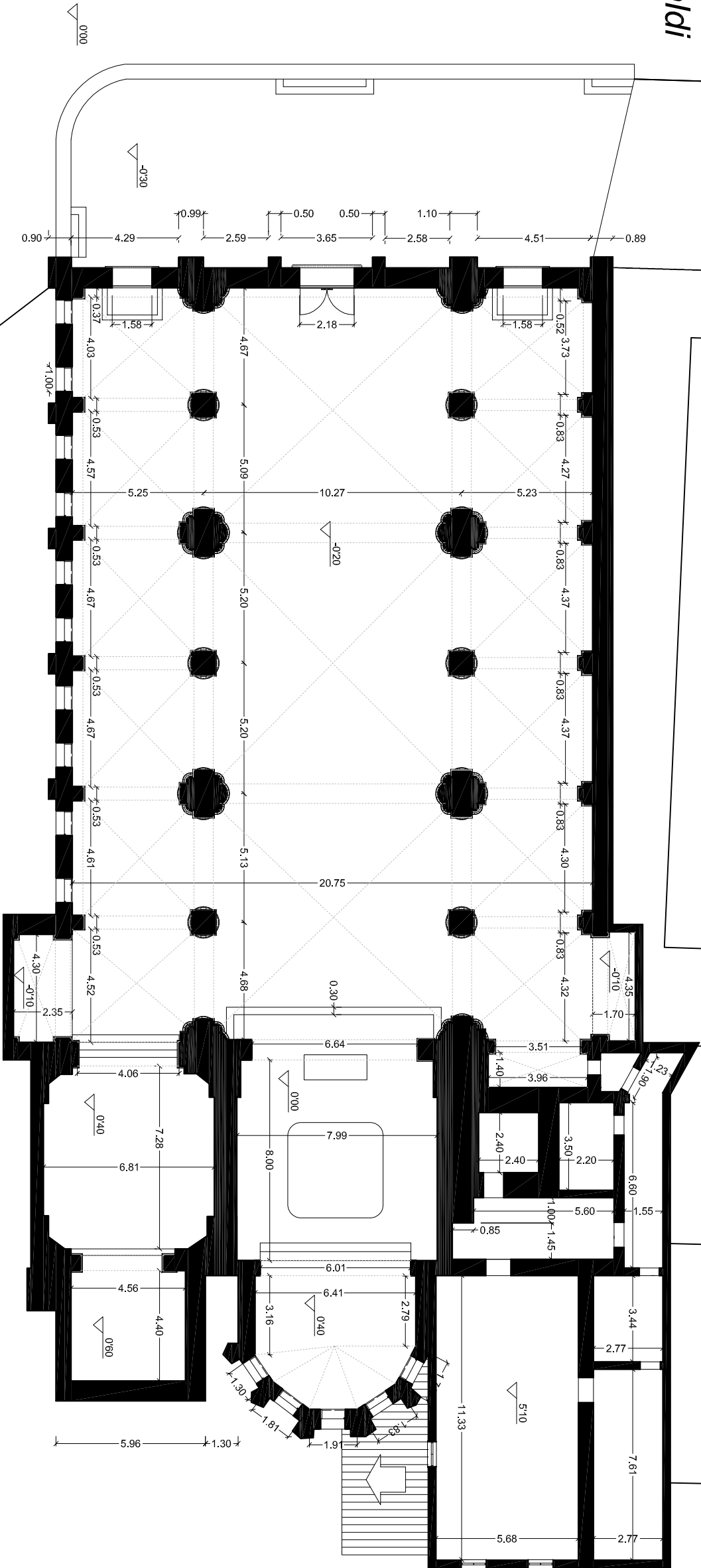
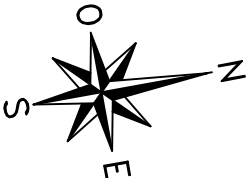


Piazza Garibaldi /
Plaza Garibaldi

Liceo - Gimnasio /
I.E.S

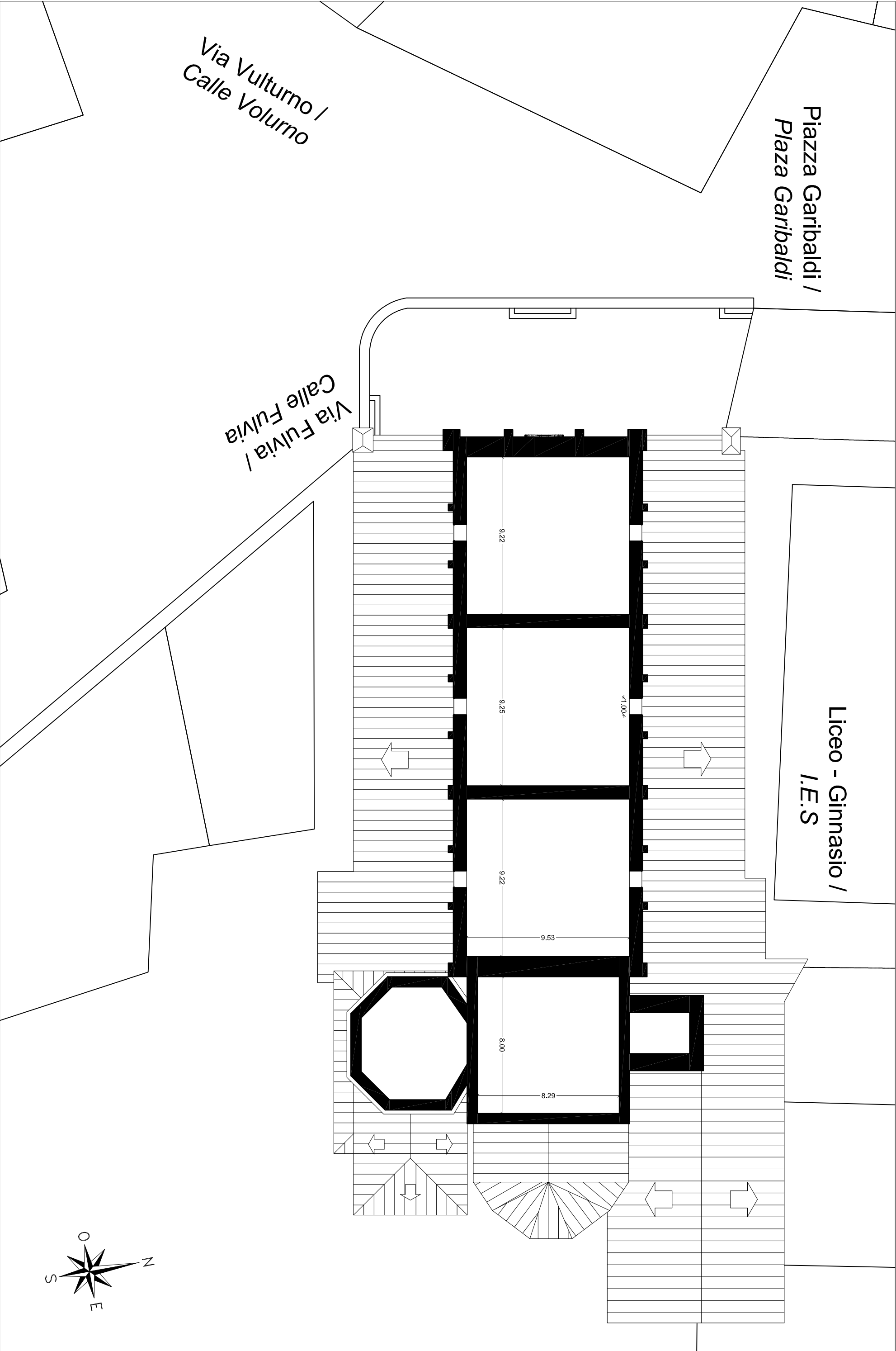
Via Vulturno /
Calle Volurno

Via Fulvia /
Calle Fulvia



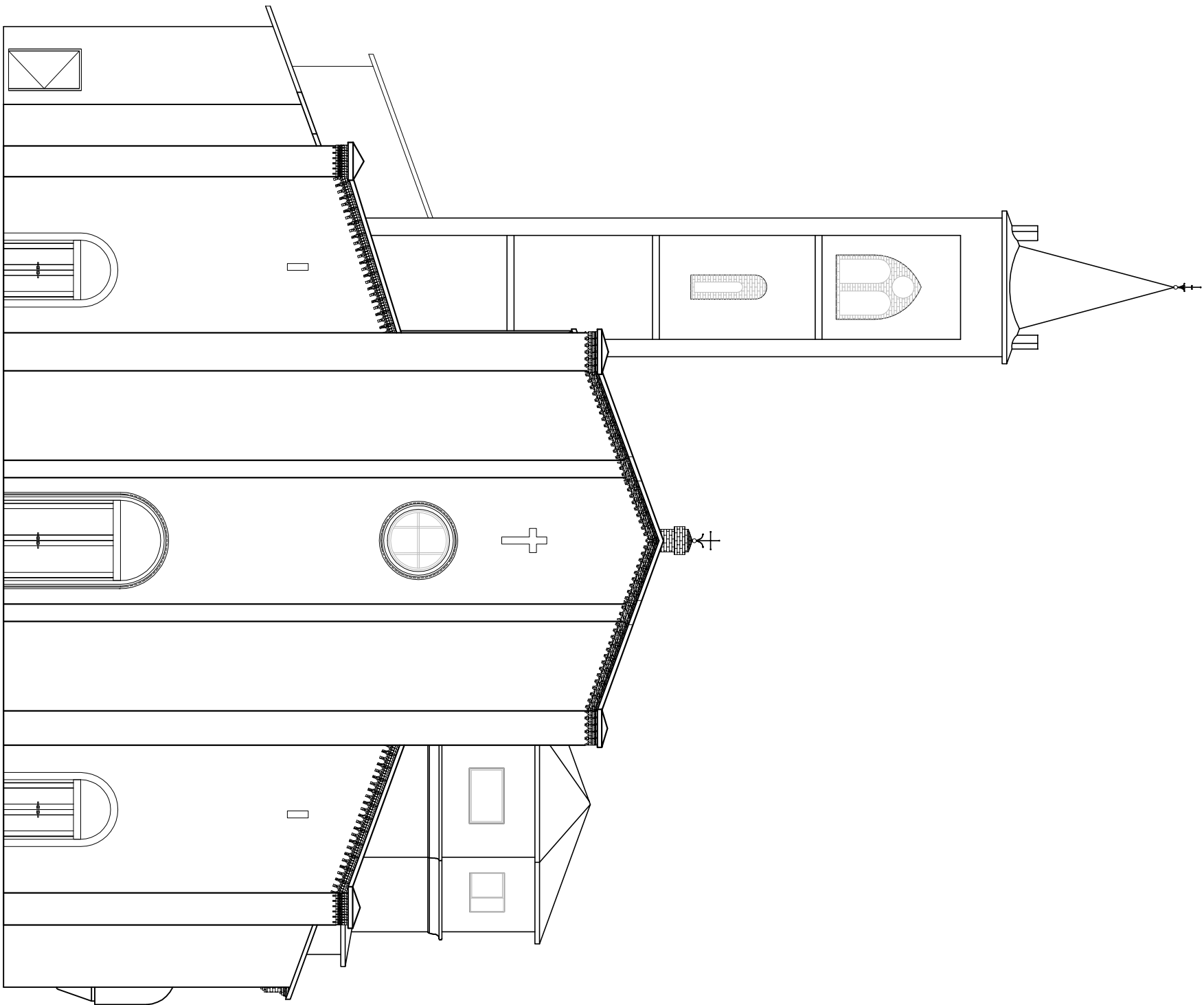
ALMA MATER STUDIORUM A.D. 1088
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Data / Fecha :	Tavola / Plano :	Scala / Escala :
22 / 07 / 2015	Quote piano terra della chiesa / Cotas planta baja de la Iglesia	1/200
Alunno / Alumno : López García, Jaime	Progetto / Proyecto : Chiesa di San Francesco, Piazza Garibaldi (Mirandola) / Iglesia de San Francisco, Plaza Garibaldi (Mirandola)	3.1



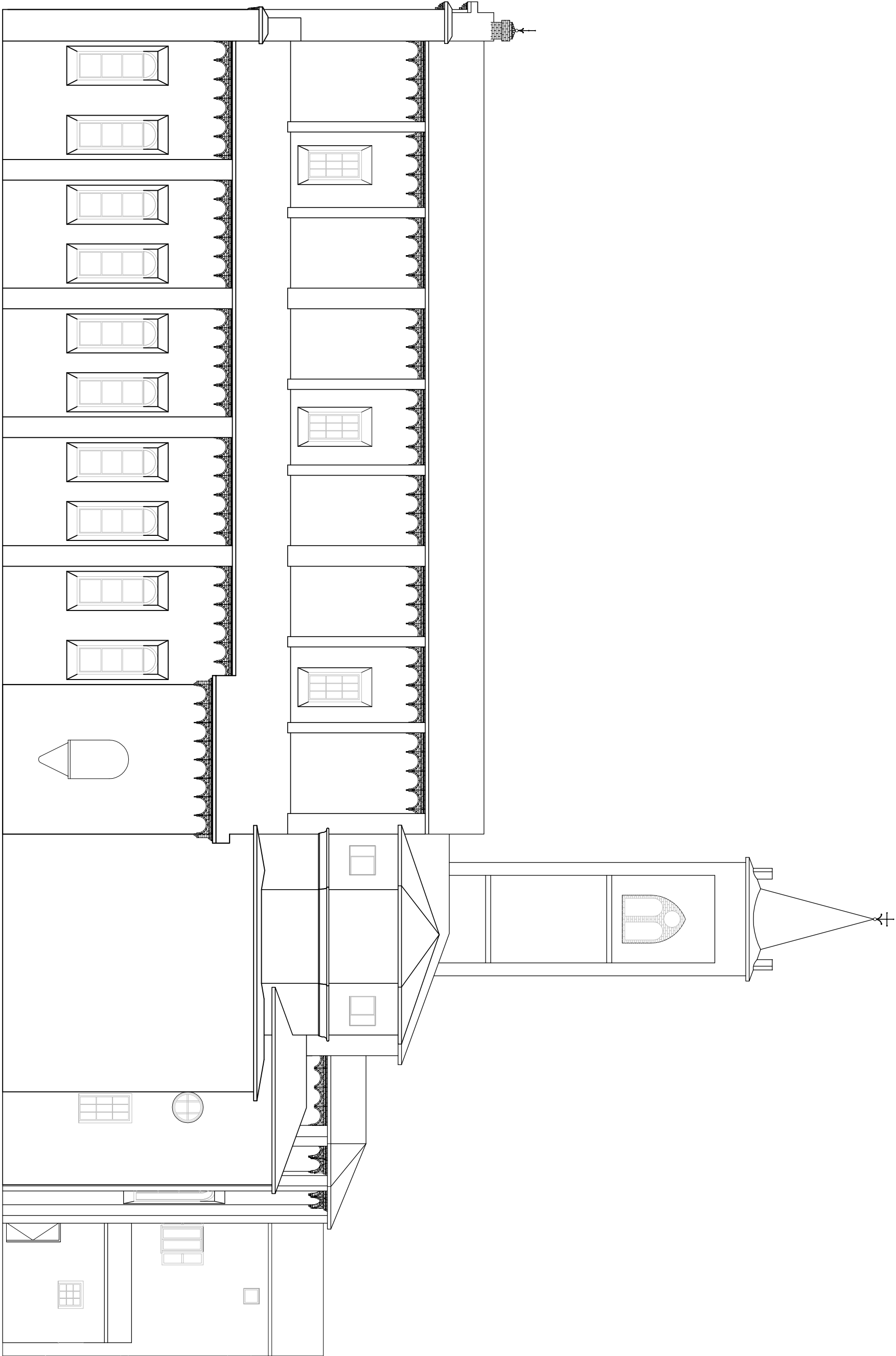
ALMA MATER STUDIORUM A.D. 1088
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

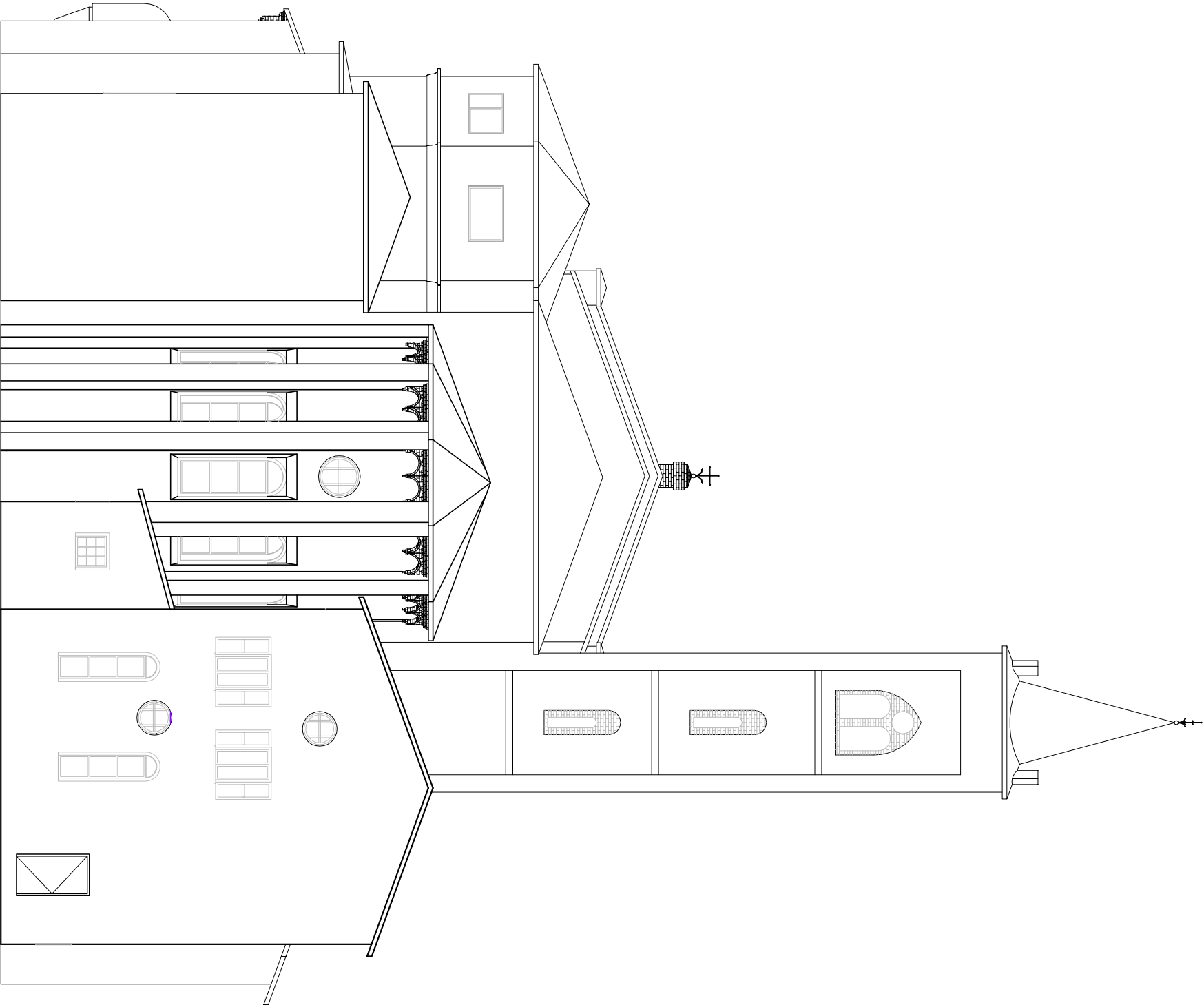
Data / Fecha :		Tavola / Plano :		Scala / Escala :	
22 / 07 / 2015		Quote primo piano della chiesa / <i>Cotas planta primera de la Iglesia</i>		1/200	
Alunno / Alumno : López García, Jaime		Progetto / Proyecto : Chiesa di San Francesco, Piazza Garibaldi (Mirandola) / <i>Iglesia de San Francisco, Plaza Garibaldi (Mirandola)</i>		3.2	



ALMA MATER STUDIORUM A.D. 1088
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Data / Fecha :		Tavola / Plano :	Scala / Escala :
22 / 07 / 2015		Prospetto oest / Alzado oeste	1 / 150
Alunno / Alumno : López García, Jaime		Progetto / Proyecto : Chiesa di San Francesco, Piazza Garibaldi (Mirandola) / Iglesia de San Francisco, Plaza Garibaldi (Mirandola)	4.1





Data / Fecha :

22 / 07 / 2015

Alunno / Alumno :

López García, Jaime

Tavola / Plano :

Prospetto est / Alzado este

Progetto / Proyecto :

Chiesa di San Francesco, Piazza Garibaldi (Mirandola) /
Iglesia de San Francisco, Plaza Garibaldi (Mirandola)

Scala / Escala:

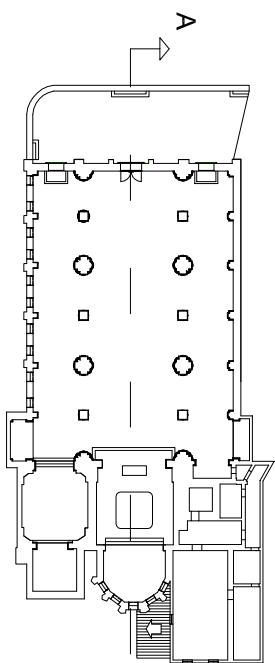
1 / 150

4.3



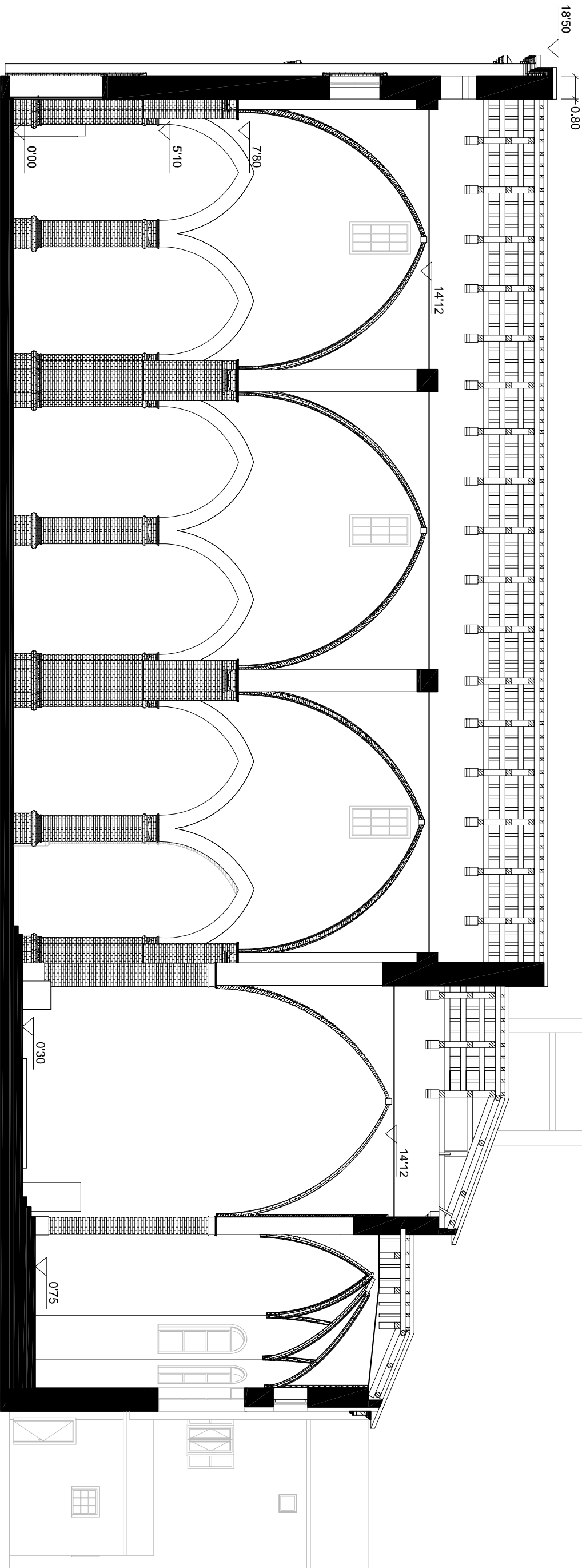
ALMA MATER STUDIORUM A.D. 1088

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



A'

A



ALMA MATER STUDIORUM A.D. 1088
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Data / Fecha :

22 / 07 / 2015

Alunno / Alumno :

López García, Jaime

Tavola / Plano :

Sezione A-A' / Sección A-A'

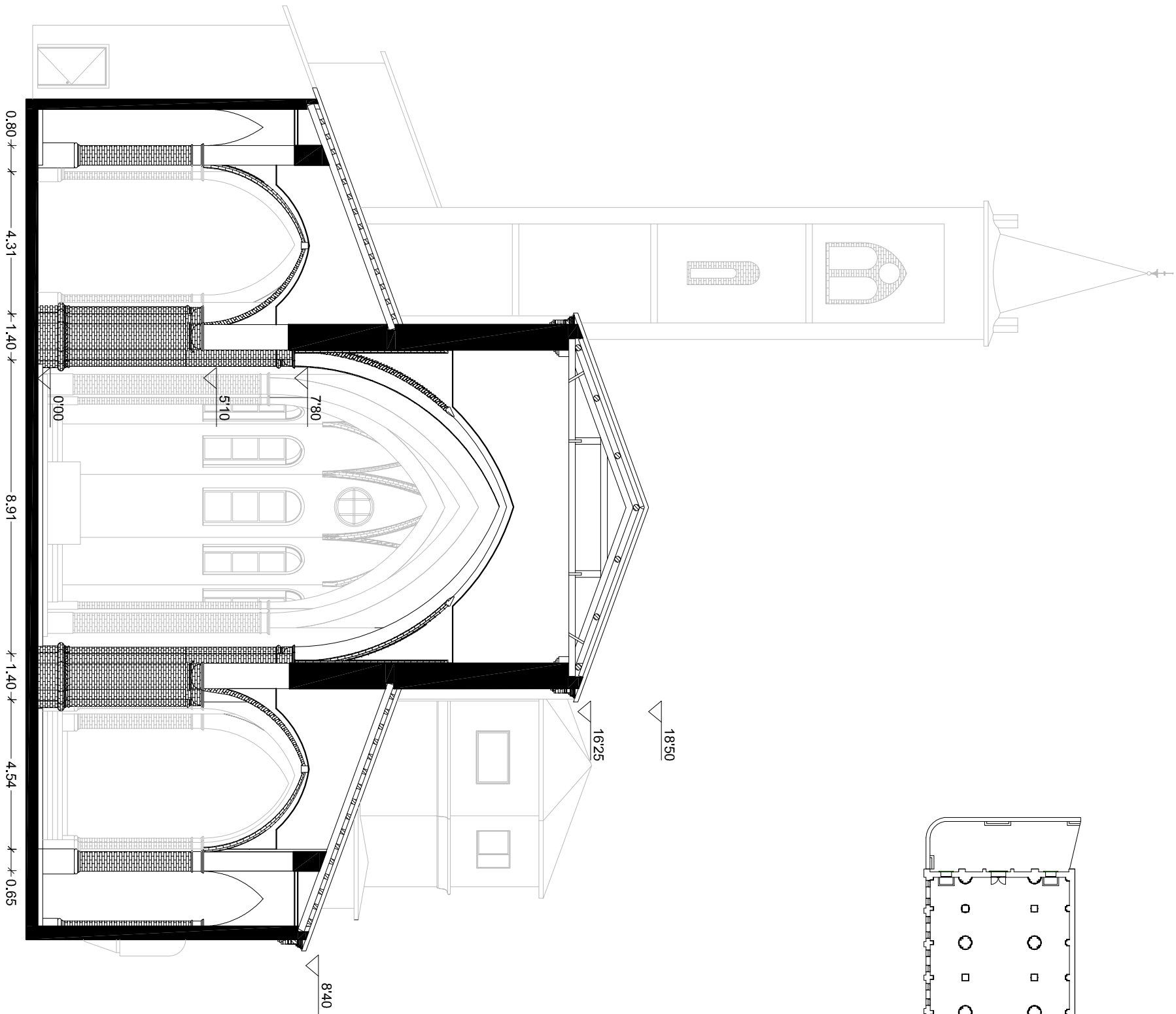
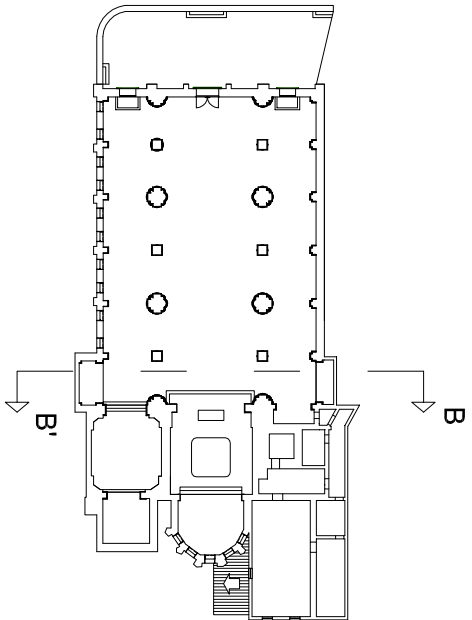
Progetto / Proyecto :

Chiesa di San Francesco, Piazza Garibaldi (Mirandola) /
Iglesia de San Francisco, Plaza Garibaldi (Mirandola)

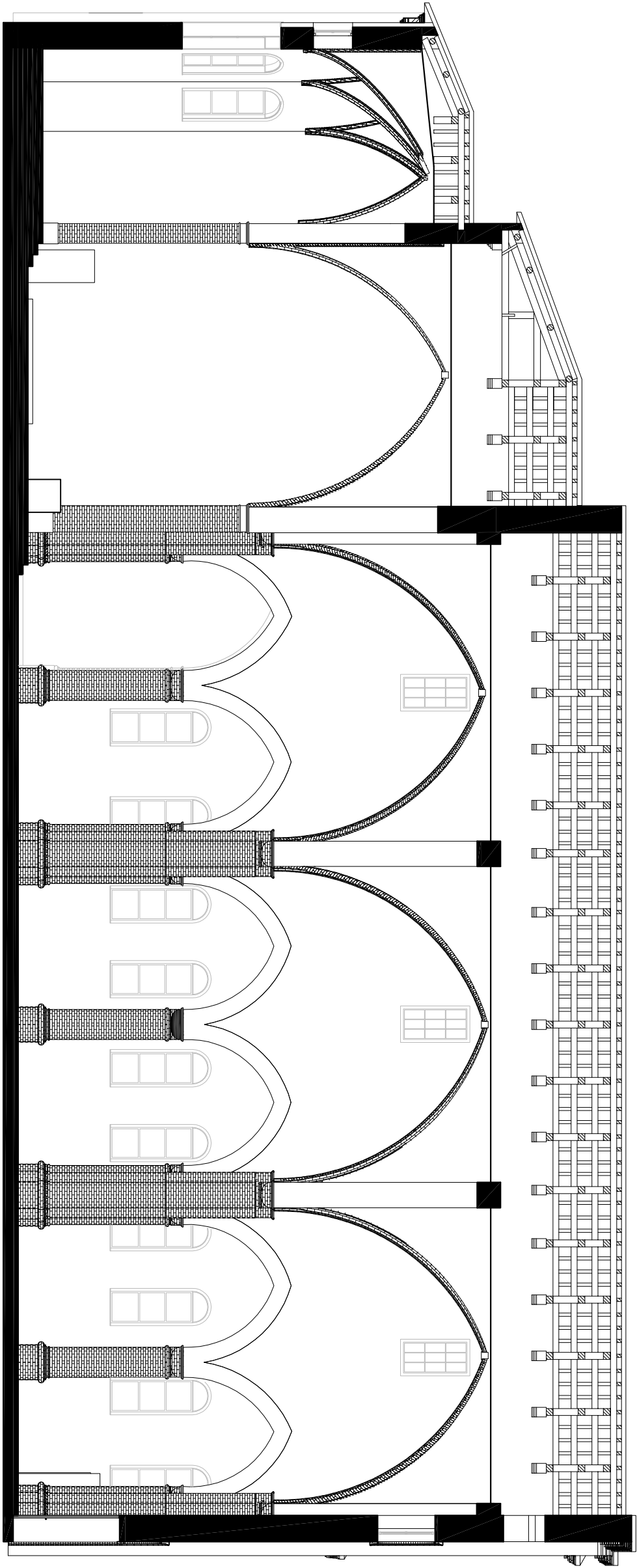
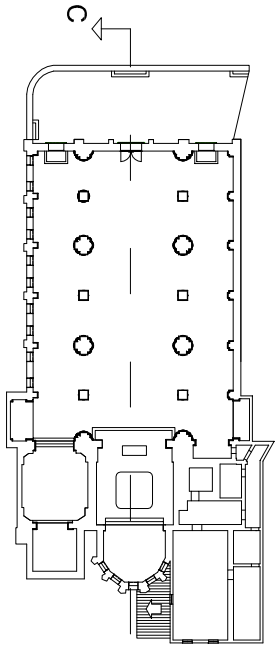
Scala / Escala:

1/150

4.4



Data / Fecha :		Tavola / Plano :	Scala / Escala:
22 / 07 / 2015		Sezione B-B' / Sección B-B'	1/150
Alunno / Alumno :		Progetto / Proyecto :	
López García, Jaime		Chiesa di San Francesco, Piazza Garibaldi (Mirandola) / Iglesia de San Francisco, Plaza Garibaldi (Mirandola)	4.5

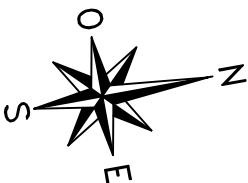
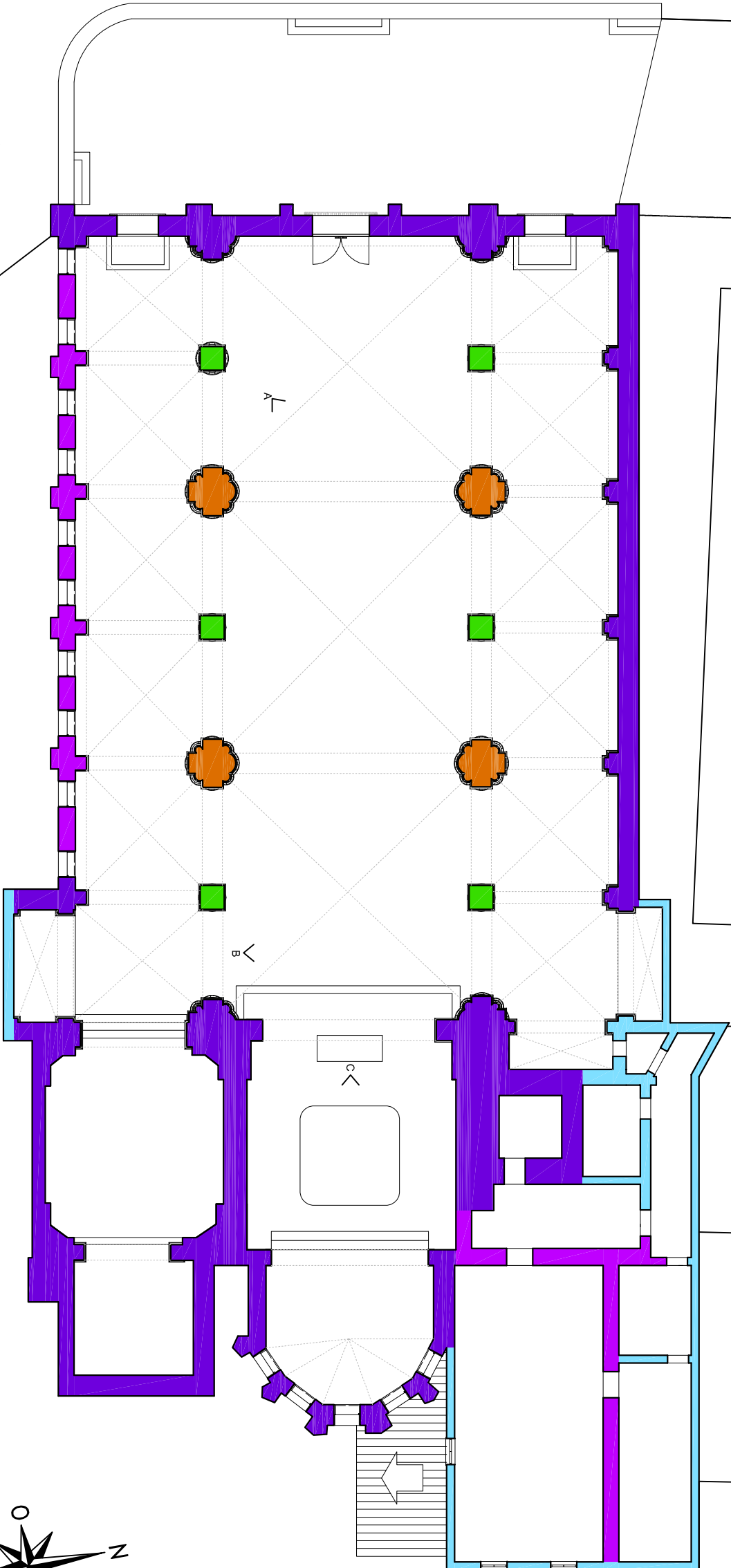


Piazza Garibaldi /
Plaza Garibaldi

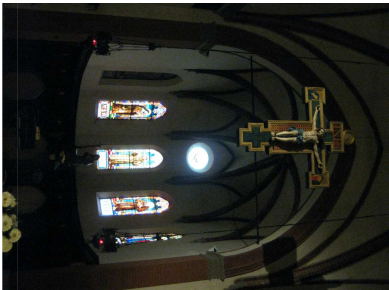
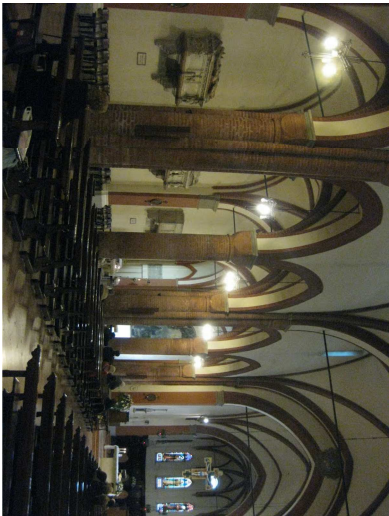
Liceo - Gimnasio /
I.E.S

Via Vulturno /
Calle Volturno

Via Fulvia /
Calle Fulvia



Studio fotografico / estudio fotográfico



Descrizione della struttura

La chiesa di San Francesco è costruita da una struttura in muratura portante a vista. Sono evidenziati degli elementi portanti e non portanti, il colore evidenzia le diversità di spessore degli elementi strutturali. Inoltre, la presenza d'aperture nel muro sud evidenziano la sua perdita di resistenza, al contrario del muro nord, addossato ad un altro edificio che aumenta la sua rigidità.

Descripción de la estructura

La iglesia de San Francisco está construida con una estructura de albanilería resistente caravista. Están diferenciados los elementos resistentes de los no resistentes, a color se muestra la diversidad de espesores del edificio y los elementos estructurales. Además, la presencia de aperturas en el muro sur evidencian la pérdida de resistencia, contrario al muro norte, adosado a otro edificio que aumenta su rigidez.

LEGENDA / LEYENDA

- Colonne circolare / Columnas circulares
- Colonne cruciformi / Columnas cruciformes
- Struttura non portante / Estructura no resistente
- Struttura portante s=65cm / Estructura resistente s=65cm
- Struttura portante s=80cm / Estructura resistente s=80cm
- Volte a crociera / Bóvedas de crucería



ALMA MATER STUDIORUM A.D. 1088
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Data / Fecha :

22 / 07 / 2015

Alunno / Alumno :

López García, Jaime

Tavola / Plano :

Analisi della struttura piano terra della chiesa /
Análisis de la estructura planta baja de la

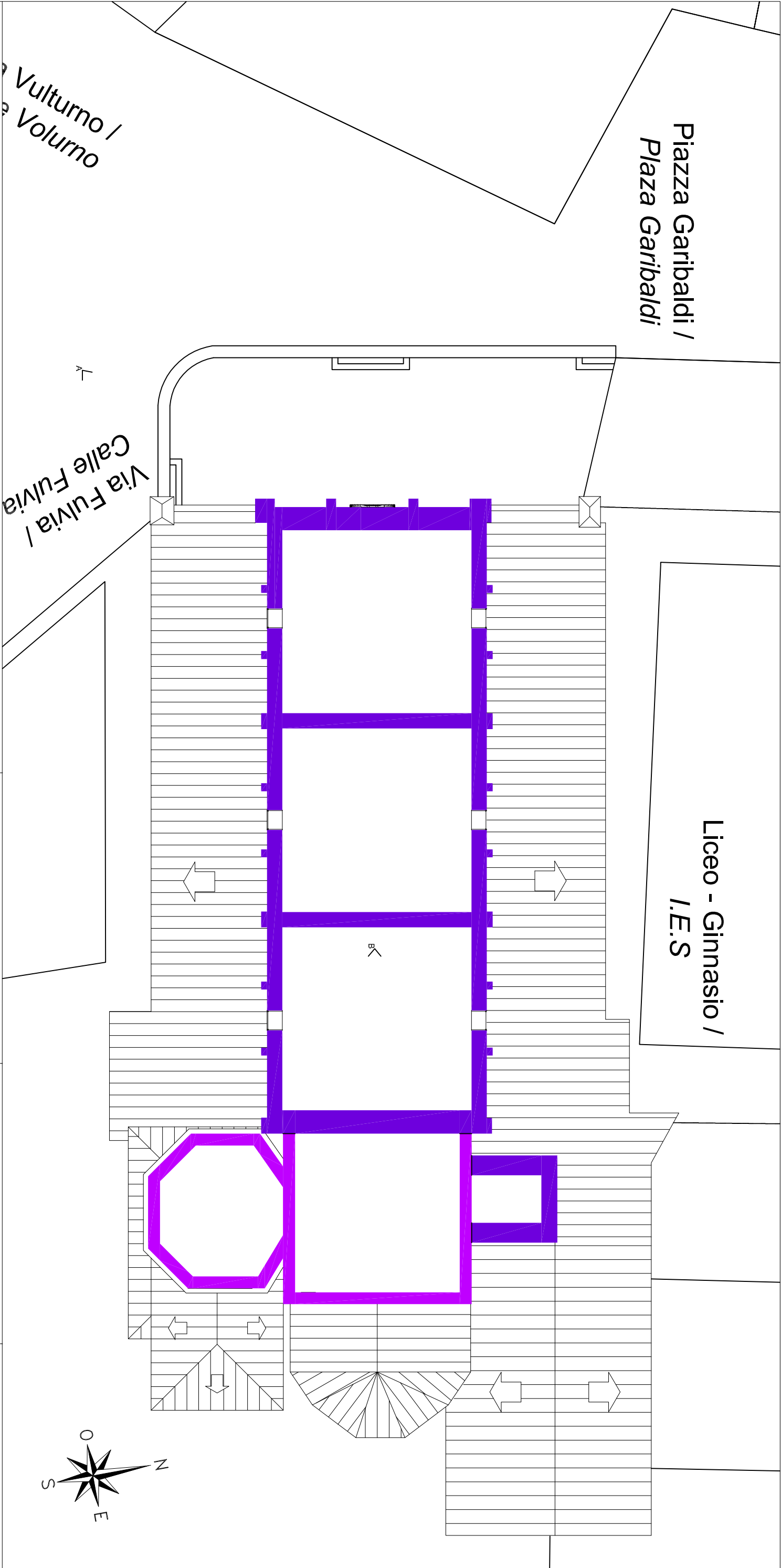
Progetto / Proyecto :

Chiesa di San Francesco, Piazza Garibaldi (Mirandola) /
Iglesia de San Francisco, Plaza Garibaldi (Mirandola)

Scala / Escala :

1/200

5.1



Studio fotografico / estudio fotográfico



Descrizione della struttura

La chiesa di San Francesco è costruita da una struttura in muratura portante a vista. Sono evidenziati degli elementi portanti e non portanti, il colore evidenzia la diversità di spessore degli elementi strutturali. Inoltre, la presenza d'aperture nel muro sud evidenziano la sua perdita di resistenza, al contrario del muro nord, addossato ad un altro edificio che aumenta la sua rigidità.

Descripción de la estructura

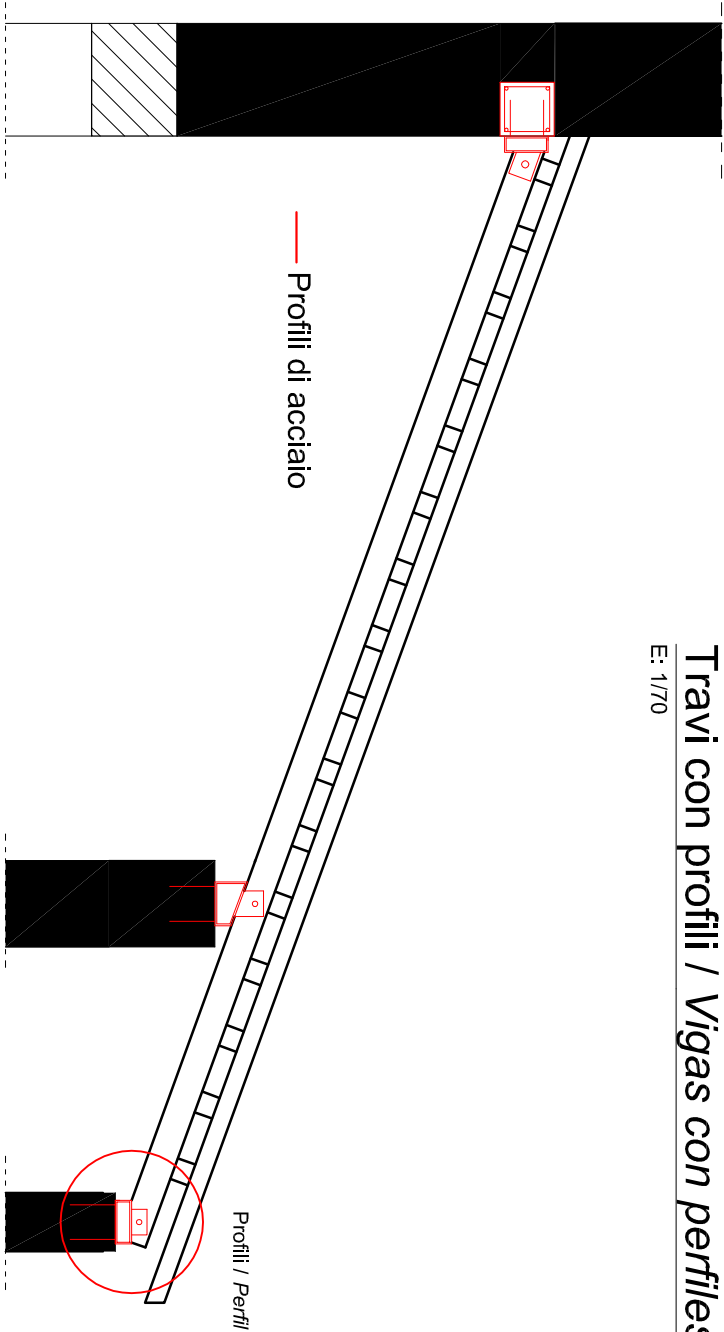
La iglesia de San Francisco está construida con una estructura de albanilería resistente caravista. Están diferenciados los elementos resistentes de los no resistentes, a color se muestra la diversidad de espesores del edificio y los elementos estructurales. Además, la presencia de aperturas en el muro sur evidencian la pérdida de resistencia, contrario al muro norte, adosado a otro edificio que aumenta su rigidez.

LEGENDA / LEYENDA

- Colonne circolare / Columnas circulares
- Colonne cruciformi / Columnas cruciformes
- Struttura non portante / Estructura no resistente
- Struttura portante s=65cm / Estructura resistente s=65cm
- Struttura portante s=80cm / Estructura resistente s=80cm
- Volte a crociera / Bóvedas de crucería

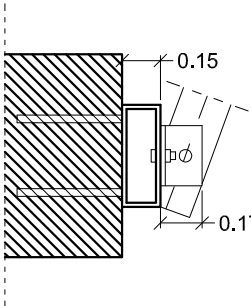
Travi con profili / Vigas con perfiles

E: 1/70

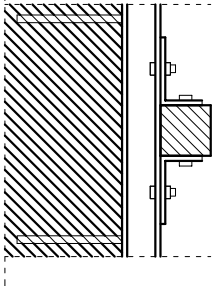


Profili / Perfil

E: 1 / 30

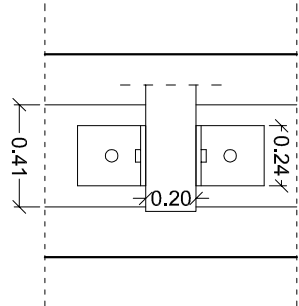


Prospetto / Alzado



Sezione d'asse / Sección del eje

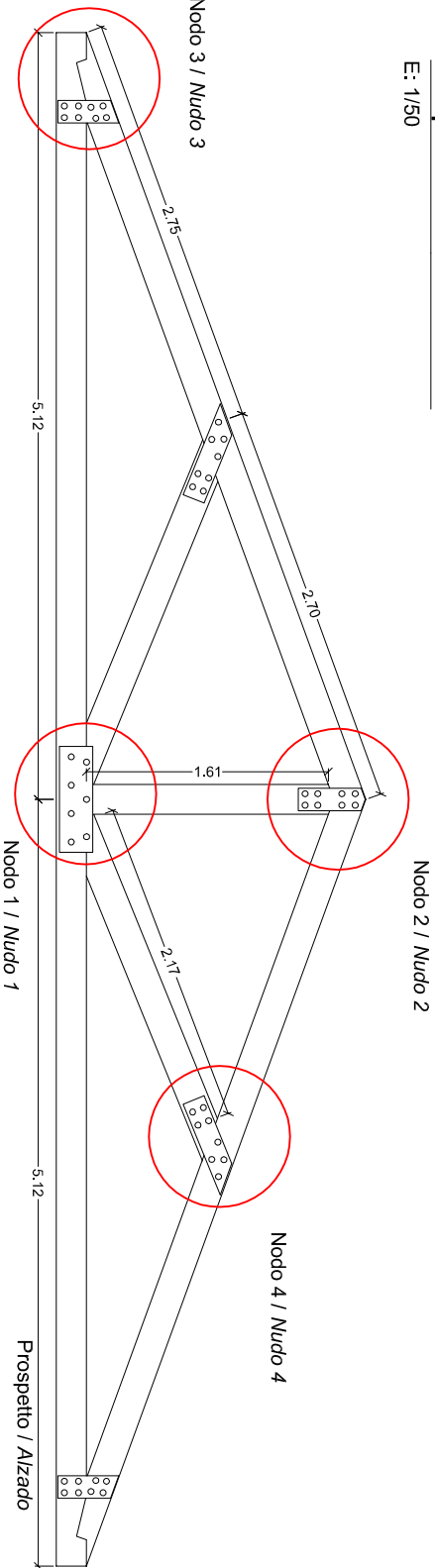
Vista profilo / Vista perfil



Travi di legno /
Vigas de madera

Profilo metalliche L /
Perfil metálico L

Vista aerea / Vista aérea



Capriate / Cerchas

E: 1/50

Nodo 2 / Nudo 2

Nodo 4 / Nudo 4

Nodo 3 / Nudo 3

Nodo 1 / Nudo 1

Prospetto / Alzado

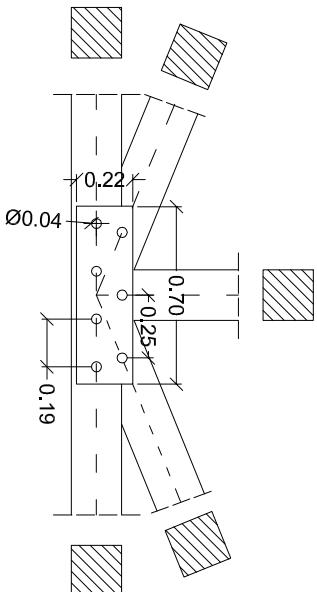
Orditura saldata /
Armadura soldada

Profilo metalliche ■ /
Perfil metálico ■

Muratura /
Albañilería

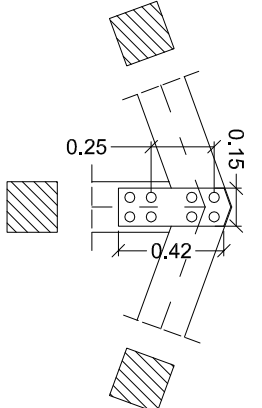
Nodo 1 / Nudo 1

E: 1 / 30



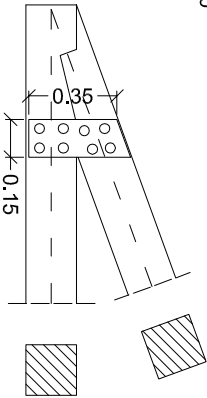
Nodo 2 / Nudo 2

E: 1 / 30



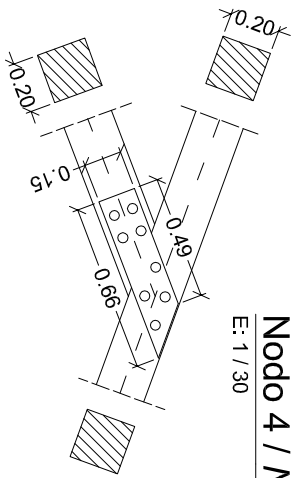
Nodo 3 / Nudo 3

E: 1 / 30



Nodo 4 / Nudo 4

E: 1 / 30



ALMA MATER STUDIORUM A.D. 1088

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Data / Fecha :

22 / 07 / 2015

Alunno / Alumno :

López García, Jaime

Tavola / Plano :

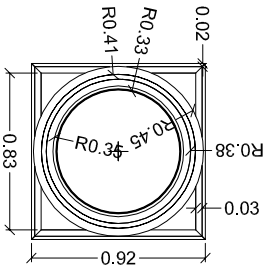
Detagli costruttivi / Detalles constructivos

Progetto / Proyecto :

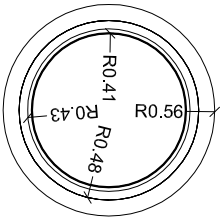
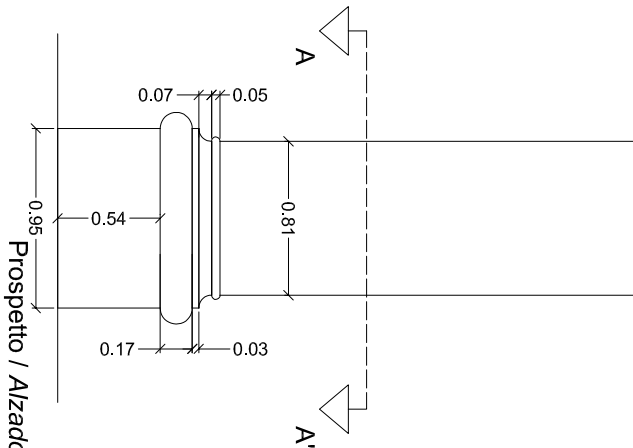
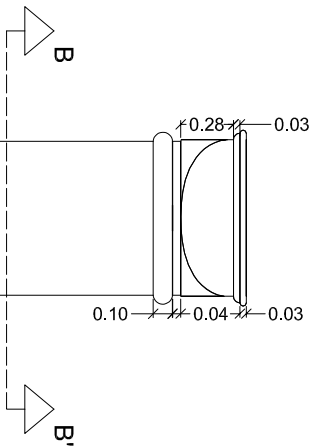
Chiesa di San Francesco, Piazza Garibaldi (Mirandola) /
Iglesia de San Francisco, Plaza Garibaldi (Mirandola)

Pilastro / *Pilares*

E: 1/40



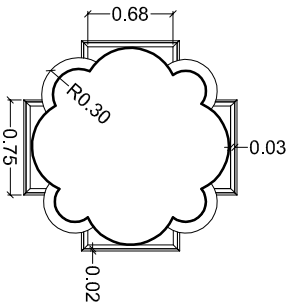
Sezione B-B' / Sección B-B'



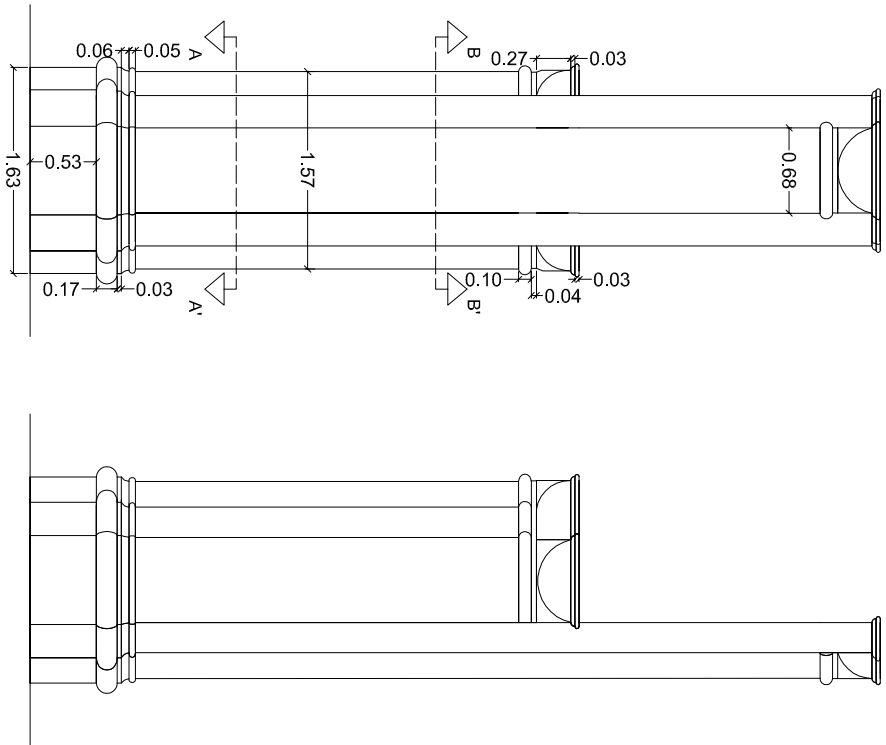
Sezione A-A' / Sección A-A'

Colonne / *Columnas*

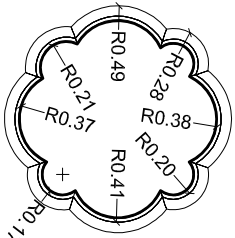
E: 1/80



Sezione B-B' / Sección B-B'



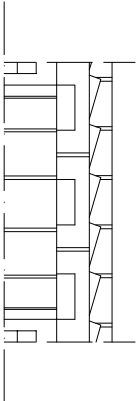
Prospecto / Alzado



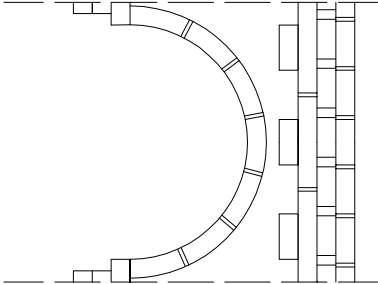
Sezione A-A' / Sección A-A'

Cornice navata / *Cornisa nave*

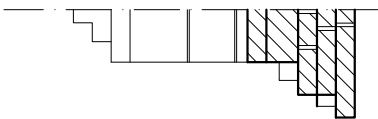
E: 1/20



Vista centiale / Vista central

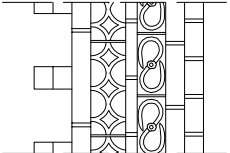


Prospecto / Alzado

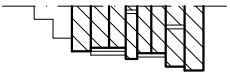


Prospecto laterale / Perfil lateral

Cornice contraforti / *Cornisa machones*

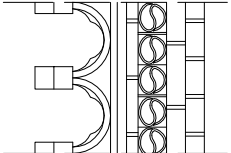


Prospecto / Alzado

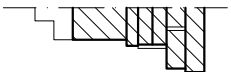


Prospecto laterale / Perfil lateral

Cornice facciata / *Cornisa fachada*



Prospecto / Alzado



Prospecto laterale / Perfil lateral

ANALISI DELLE PATOLOGIE / ANÁLISIS DE LAS PATOLOGÍAS

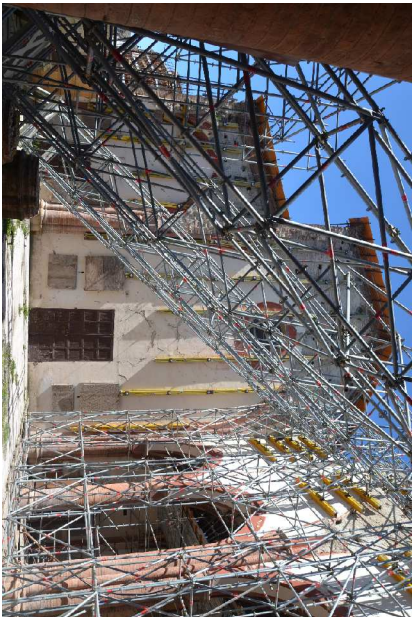
1.- Muri crollati

I muri delle navate centrale e destra sono crollati per l'azione del sisma e la spinta della copertura.



1.- Muro derrumbado

Los muros derechos de las naves central y derecha se han derrumbado por la acción del sismo y el empuje de la cubierta.



2.- Muratura e pilastri

I muri delle navate centrale e destra si sono fessurati in tutta la superficie per l'azione del sisma e la spinta della copertura. Inoltre, qualche muro è ribaltato verso l'esterno.



2.- Albañilería y pilares

Los muros de las naves central y derecha han sido fisurados en toda la superficie por la acción del sismo y el empuje de la cubierta. Además, alguno ha volcado hacia el exterior.



3.- Facciata

La facciata si è ribaltata in seguito al crollo dei muri e delle coperture. Questo ha causato il ribaltamento della facciata verso l'esterno.



3.- Fachada

La fachada ha volcado debido al derrumbe de los muros y la cubierta, ésto ha provocado el vuelco de la fachada hacia el exterior.



4.- Volte a crociera

Le volte delle navate centrale e destra sono crollate per l'azione del sisma ed il collasso dei muri. Le volte della navata sinistra si sono fessurate creando alcuni vuoti.



4.- Bóvedas de crucería

Las bóvedas de las naves central y derecha se han derrumbado por la acción del sismo y el colapso de los muros. Las bóvedas de la nave izquierda se han agrietado haciendo algunos agujeros.



5.- Copertura

La copertura della chiesa sopra le navate centrale e destra sono crollate in seguito ai sismi e al ribaltamento dei muri.

5.- Cubierta

La cubierta de la iglesia sobre las naves central y derecha se han derrumbado debido a los sismos y al vuelco de los muros.



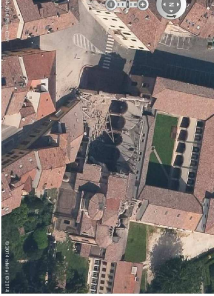
6.- Campanile

Il campanile è crollato completamente in seguito alle scosse dei sismi ed alla snellezza ed altezza di questo. Inoltre, essendo incluso nella chiesa, il crollo ha distrutto la zona della sagrestia.



6.- Campanario

El campanario se ha derrumbado completamente debido a las sacudidas de los sismos y a la esbeltez y altura de éste. Además, estando incluido en la iglesia, el derrumbe ha destruido la zona de la sacristía.



LEGENDA / LEYENDA

- Fessuramento / Fisuramiento
- Crollo parziale / Derrumbe parcial
- Ribaltamento della facciata / Vuelco de la fachada
- Crollo copertura e campanile / Derrumbe de la cubierta y campanario



Descrizione dei danni

Le scosse dei sismi che hanno colpito la chiesa di San Francesco hanno causato il fessuramento dei muri, il distacco della facciata e il crollo delle volte. Inoltre, le capitate hanno spinto i muri fessurandoli all'altezza delle finestre.

Il crollo del campanile ha causato danni nei muri del presbiterio e nella sagrestia.

La facciata si è ribaltata per l'azione dei sismi, e la copertura e la zona sud della chiesa è crollata.

Descripción de los daños

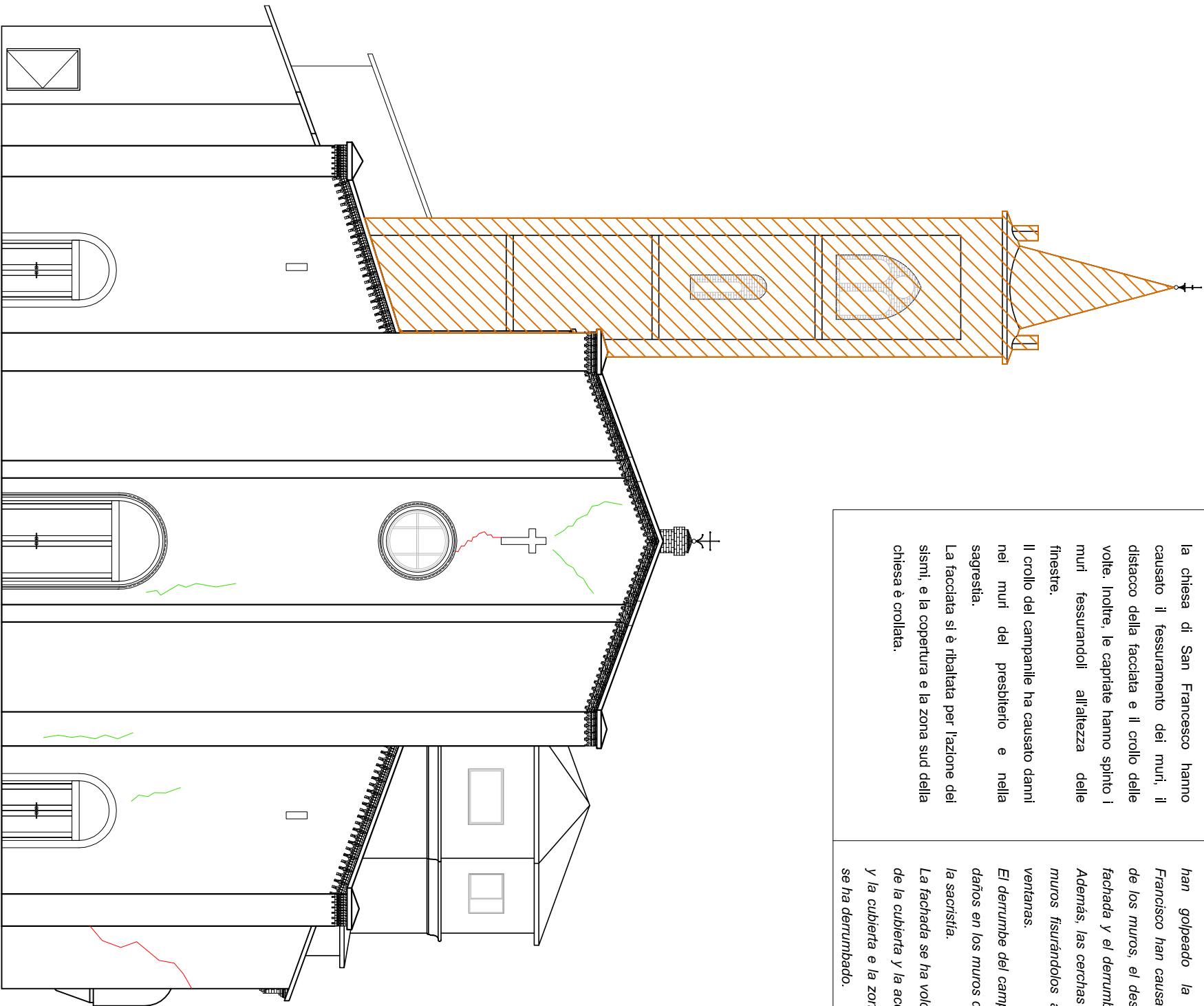
Las sacudidas de los terremotos que han golpeado la Iglesia de San Francisco han causado el fisuramiento de los muros, el desplazamiento de la fachada y el derrumbe de las bóvedas. Además, las cerchas han empujado los muros fisurándolos a la altura de las ventanas.

El derrumbe del campanario ha causado daños en los muros del presbiterio y en la sacristía.

La fachada se ha volcado por el empuje de la cubierta y la acción de los sismos, y la cubierta e la zona sur de la iglesia se ha derrumbado.

LEGENDA / LEYENDA

- Fessure passanti / Fisuras pasantes
- Fessure non passanti / Fisuras no pasantes
- Crollo parziale / Derrumbe parcial
- Ribaltamento della facciata / Vuelco de la fachada
- Crollo della copertura e campanile / Derrumbe de la cubierta y campanario



Data / Fecha :

22 / 07 / 2015

Alunno / Alumno :

López García, Jaime

Tavola / Plano :

Rilievo delle patologie. Prospetto oest /
Mapeado de las patologías. Alzado oeste

Progetto / Proyecto :

Chiesa di San Francesco, Piazza Garibaldi (Mirandola) /
Iglesia de San Francisco, Plaza Garibaldi (Mirandola)

Scala / Escala:

1 / 150

7.1



ALMA MATER STUDIORUM A.D. 1088

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Descrizione dei danni

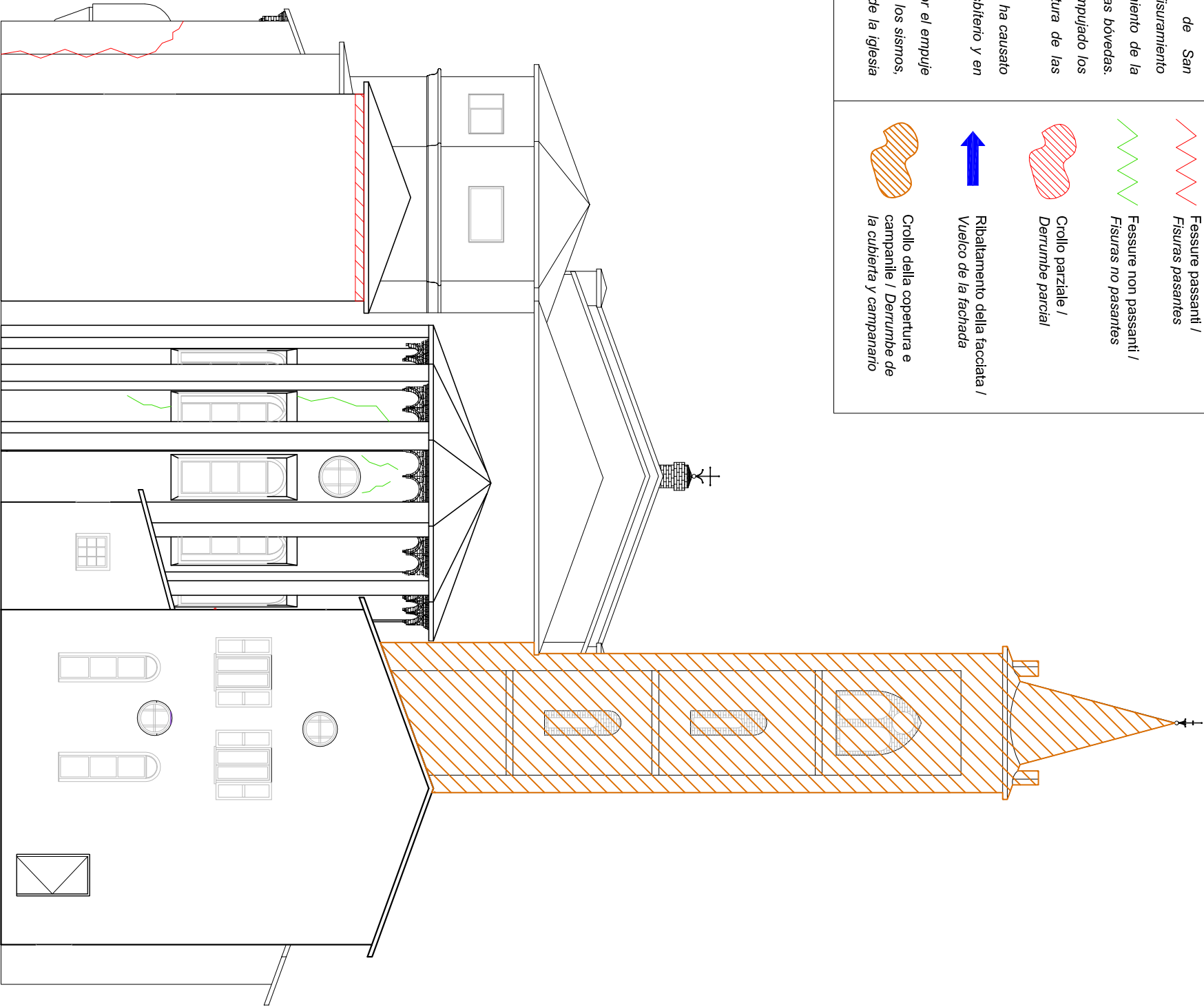
Le scosse dei sismi che hanno colpito la chiesa di San Francesco hanno causato il fessuramento dei muri, il distacco della facciata e il crollo delle volte. Inoltre, le capriate hanno spinto i muri fessurandoli all'altezza delle finestre. Il crollo del campanile ha causato danni nei muri del presbiterio e nella sagrestia. La facciata si è ribaltata per l'azione dei sismi, e la copertura e la zona sud della chiesa è crollata.

Descripción de los daños

Las sacudidas de los terremotos que han golpeado la iglesia de San Francisco han causado el fisuramiento de los muros, el desplazamiento de la fachada y el derrumbe de las bóvedas. Además, las cerchas han empujado los muros fisurándolos a la altura de las ventanas. El derrumbe del campanario ha causado daños en los muros del presbiterio y en la sacristía. La fachada se ha volcado por el empuje de la cubierta y la acción de los sismos, y la cubierta e la zona sur de la iglesia se ha derrumbado.

LEGENDA / LEYENDA

- Fessure passanti / Fisuras pasantes
- Fessure non passanti / Fisuras no pasantes
- Crollo parziale / Derrumbe parcial
- Ribaltamento della facciata / Vuelco de la fachada
- Crollo della copertura e campanile / Derrumbe de la cubierta y campanario



RILIEVO FOTOGRAFICO / ESTUDIO FOTOGRAFICO



ALMA MATER STUDIORUM A.D. 1088
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Data / Fecha :

22 / 07 / 2015

Alunno / Alumno :

López García, Jaime

Tavola / Plano :

Rilievo delle patologie. Prospetto est /
Mapeado de las patologías. Alzado este

Progetto / Proyecto :

Chiesa di San Francesco, Piazza Garibaldi (Mirandola) /
Iglesia de San Francesco, Plaza Garibaldi (Mirandola)

Scala / Escala:

1 / 150

7.2

Descrizione dei danni

Le scosse dei sismi che hanno colpito la chiesa di San Francesco hanno causato il fessuramento dei muri, il distacco della facciata e il crollo delle volte. Inoltre, le capriate hanno spinto i muri fessurandoli all'altezza delle finestre.

Il crollo del campanile ha causato danni nei muri del presbiterio e nella sagrestia.

La facciata si è ribaltata per l'azione dei sismi, e la copertura e la zona sud della chiesa è crollata.

Descripción de los daños

Las sacudidas de los terremotos que han golpeado la iglesia de San Francisco han causado el fisuramiento de los muros, el desplazamiento de la fachada y el derrumbe de las bóvedas. Además, las cerchas han empujado los muros fisurándolos a la altura de las ventanas.

El derrumbe del campanario ha causado daños en los muros del presbiterio y en la sacristía.

La fachada se ha volcado por el empuje de la cubierta y la acción de los sismos, y la cubierta e la zona sur de la iglesia se ha derrumbado.

LEGENDA / LEYENDA

- 

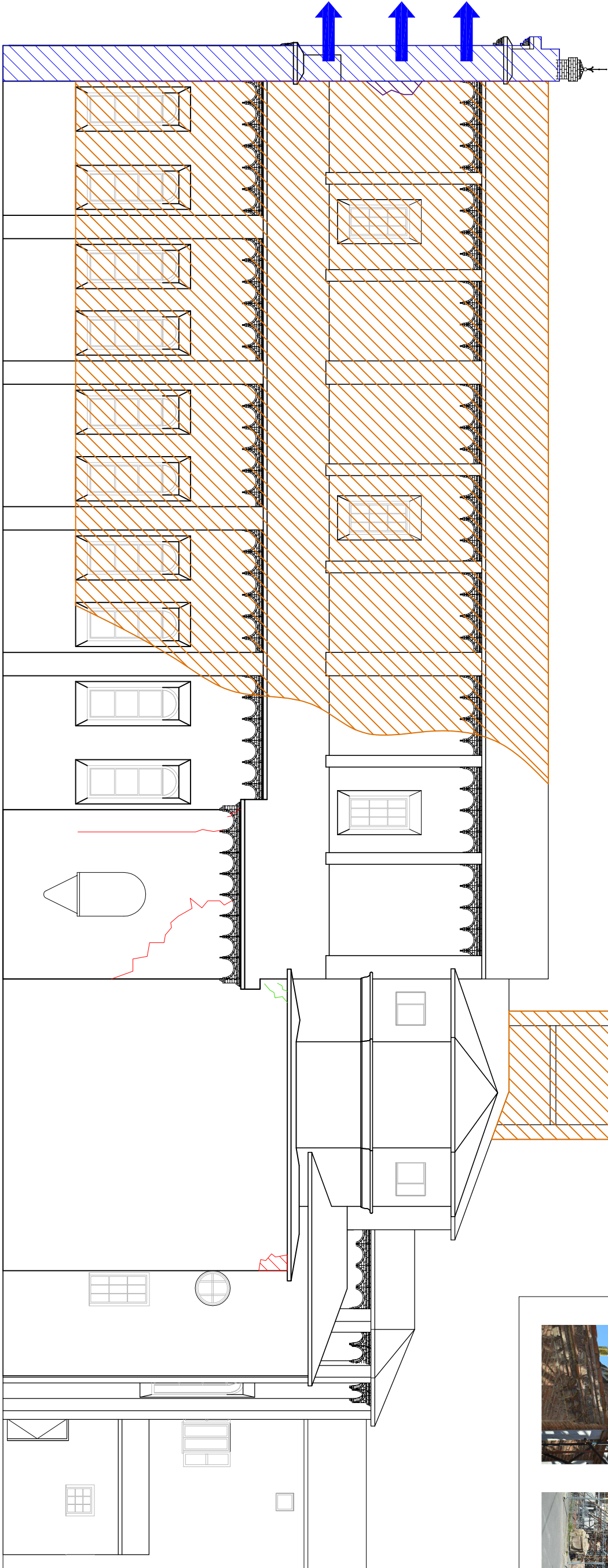
Fessure passanti / Fisuras pasantes
- 

Fessure non passanti / Fisuras no pasantes
- 

Crollo parziale / Derrumbe parcial
- 

Ribaltamento della facciata / Vuelco de la fachada
- 

Crollo della copertura e campanile / Derrumbe de la cubierta y campanario



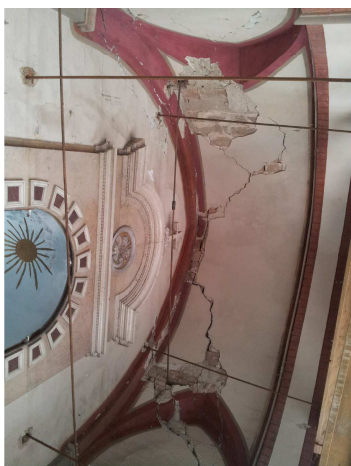
RILIEVO FOTOGRAFICO / ESTUDIO FOTOGRÁFICO



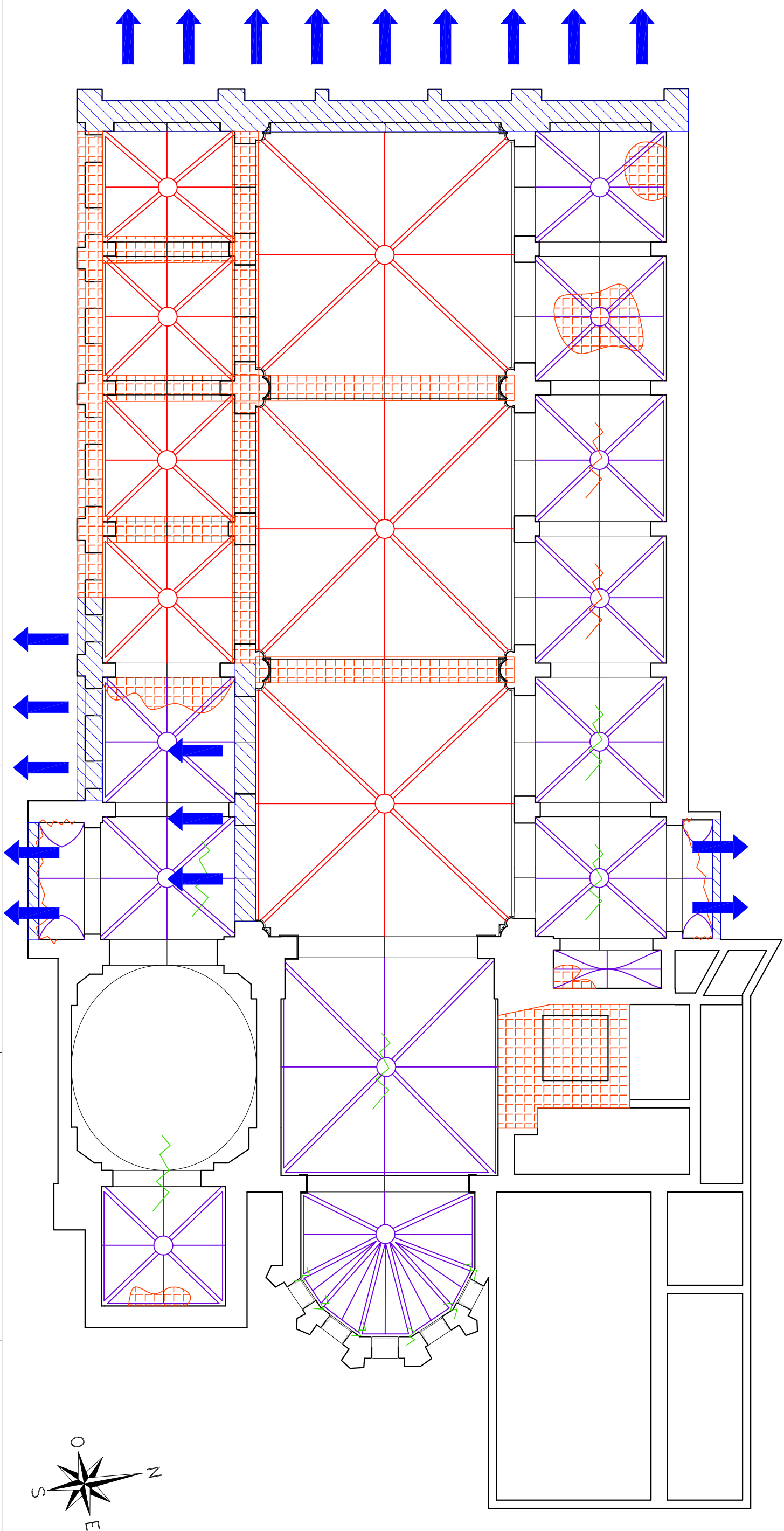


ALMA MATER STUDIORUM A.D. 1088

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



RILIEVO FOTOGRAFICO / ESTUDIO FOTOGRÁFICO



Descrizione dei danni

Le scosse dei sismi che hanno colpito la chiesa di San Francesco hanno causato il crollo delle tre volte della navata centrale e quattro della navata laterale destra.

Il resto delle volte sono stati dannate e fessurate, con crolli parziali e fessure importanti.

Anche il campanile è crollato; e la facciata, i muri sud delle navate centrali e destra sono crollati e i muri delle cappelle si sono ribaltati verso l'esterno.

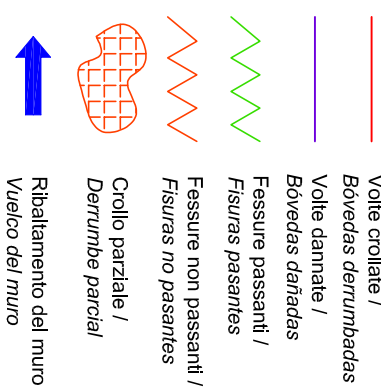
Descripción de los daños

Las sacudidas de los terremotos que han golpeado la iglesia de San Francisco han derrumbado las tres bóvedas de la nave central y cuatro de la nave lateral derecha.

El resto de las bóvedas han sido dañadas y fisuradas, con derrumbe parcial y fisuras importantes.

También el campanario se ha derrumbado, y la fachada, los muros sur de las naves central y derecha no derrumbadas y los muros de las capillas se han volcado hacia el exterior.

LEGENDA / LEYENDA



Data / Fecha :

22 / 07 / 2015

Alunno / Alunno :

López García, Jaime

Tavola / Plano:

Rilievo delle patologie. Vista tetto /
Mapado de las patologías. Vista techo

Progetto / Proyecto :

Chiesa di San Francesco, Piazza Garibaldi (Mirandola)
Iglesia de San Francisco, Plaza Garibaldi (Mirandola)

Scala / Escala

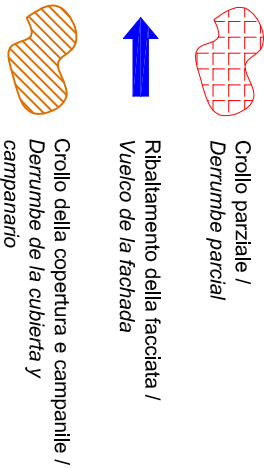
1 / 150

7.4



Le scosse dei sismi che hanno colpito la chiesa di San Francesco hanno causato il crollo parziale della copertura della navata centrale e laterale destra, e si è riballata la facciata. Il crollo del campanile ha colpito tutta la zona vicina a lui. Inoltre, la spinta delle travi hanno fatto crollare parzialmente la copertura della cappella di B. Vergine di Reggio.

Las sacudidas de los terremotos que han golpeado la iglesia de San Francisco han derrumbado la cubierta de la nave central y lateral derecha; y se ha volcado la fachada. El derrumbe del campanario ha golpeado toda la zona cercana a él derrumbándola. Además el empuje de las vigas han derrumbado parcialmente la cubierta de la capilla de B. Vergine di Reggio.

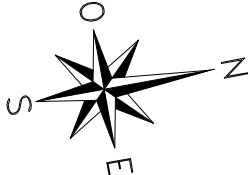
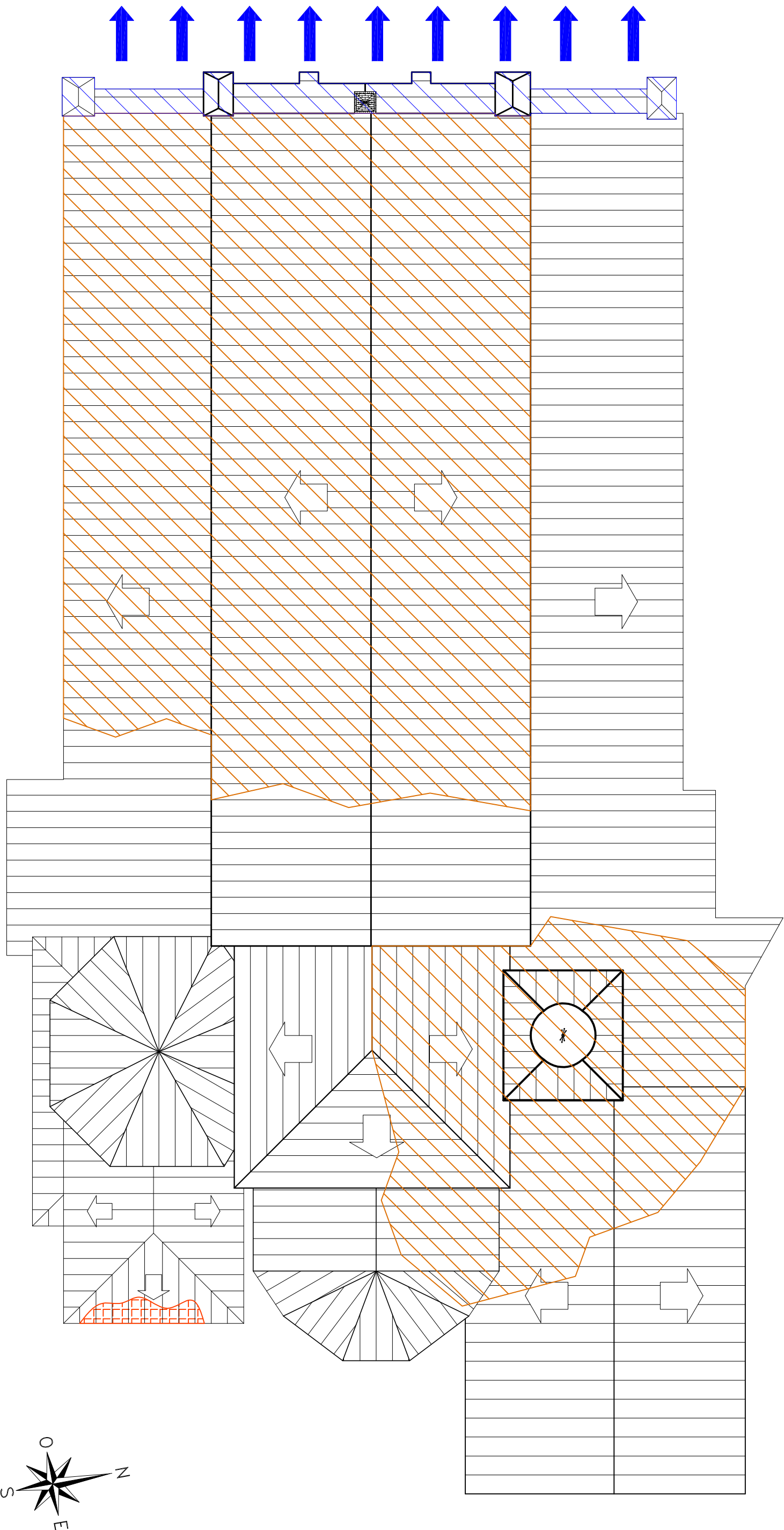


RILIEVO FOTOGRAFICO / ESTUDIO FOTOGRÁFICO

Descrizione dei danni

Description de los daños

LEGENDA / LEYENDA



Descrizione dei danni

Le scosse dei sismi che hanno colpito la chiesa di San Francesco hanno causato il fessuramento dei muri, il distacco della facciata e il crollo delle volte. Inoltre, le capriate hanno spinto i muri fessurandoli all'altezza delle finestre.

Il crollo del campanile ha causato danni nei muri del presbiterio e nella sagrestia.

La facciata si è ribaltata per l'azione dei sismi, e la copertura e la zona sud della chiesa è crollata.

Descripción de los daños

Las sacudidas de los terremotos que han golpeado la iglesia de San Francisco han causado el fisuramiento de los muros, el desplazamiento de la fachada y el derrumbe de las bóvedas. Además, las cerchas han empujado los muros fisurándolos a la altura de las ventanas.

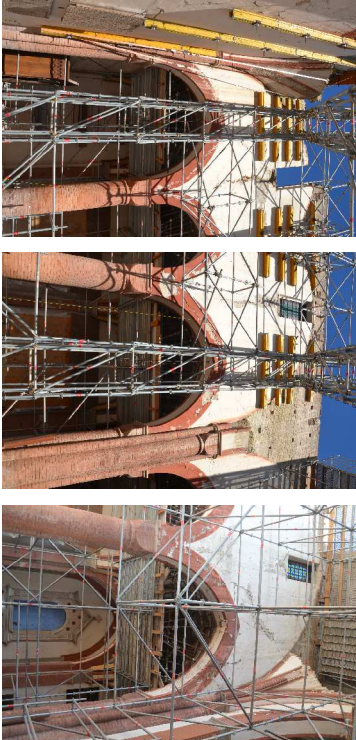
El derrumbe del campanario ha causado daños en los muros del presbiterio y en la sacristía.

La fachada se ha volcado por el empuje de la cubierta y la acción de los sismos, y la cubierta y la zona sur de la iglesia se ha derrumbado.

LEGENDA / LEYENDA

- Fessure passanti / Fisuras pasantes
- Fessure non passanti / Fisuras no pasantes
- Crollo parziale / Derrumbe parcial
- Ribaltamento della facciata / Vuelco de la fachada
- Crollo della copertura e campanile / Derrumbe de la cubierta y campanario

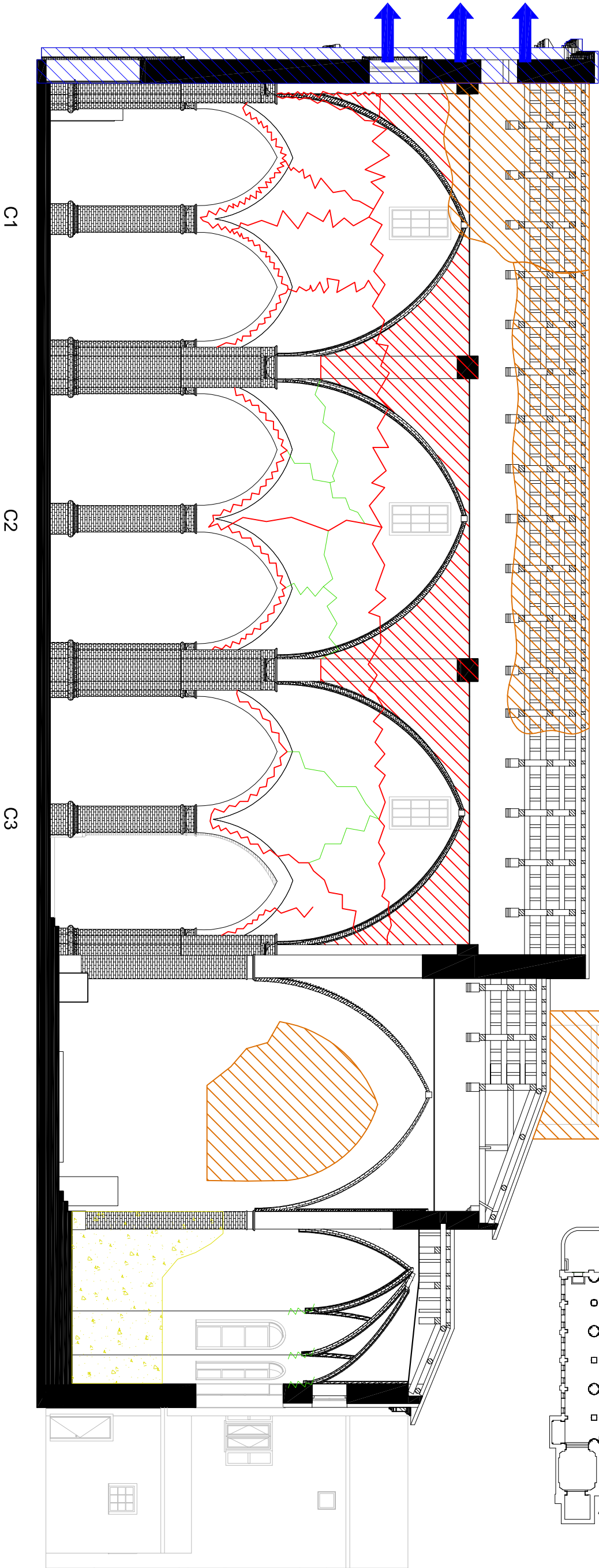
RILIEVO FOTOGRAFICO / ESTUDIO FOTOGRÁFICO



C1

C2

C3



C1

C2

C3



ALMA MATER STUDIORUM A.D. 1088

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Data / Fecha :

22 / 07 / 2015

Alunno / Alumno :

López García, Jaime

Tavola / Plano :

Rilievo delle patologie. Sezione A - A' /
Mapeado de las patologías. Sección A - A'

Progetto / Proyecto :

Chiesa di San Francesco, Piazza Garibaldi (Mirandola) /
Iglesia de San Francisco, Plaza Garibaldi (Mirandola)

Scala / Escala:

1/150

7.6.1



C3

C2

C1



P2

P1

Descrizione dei danni

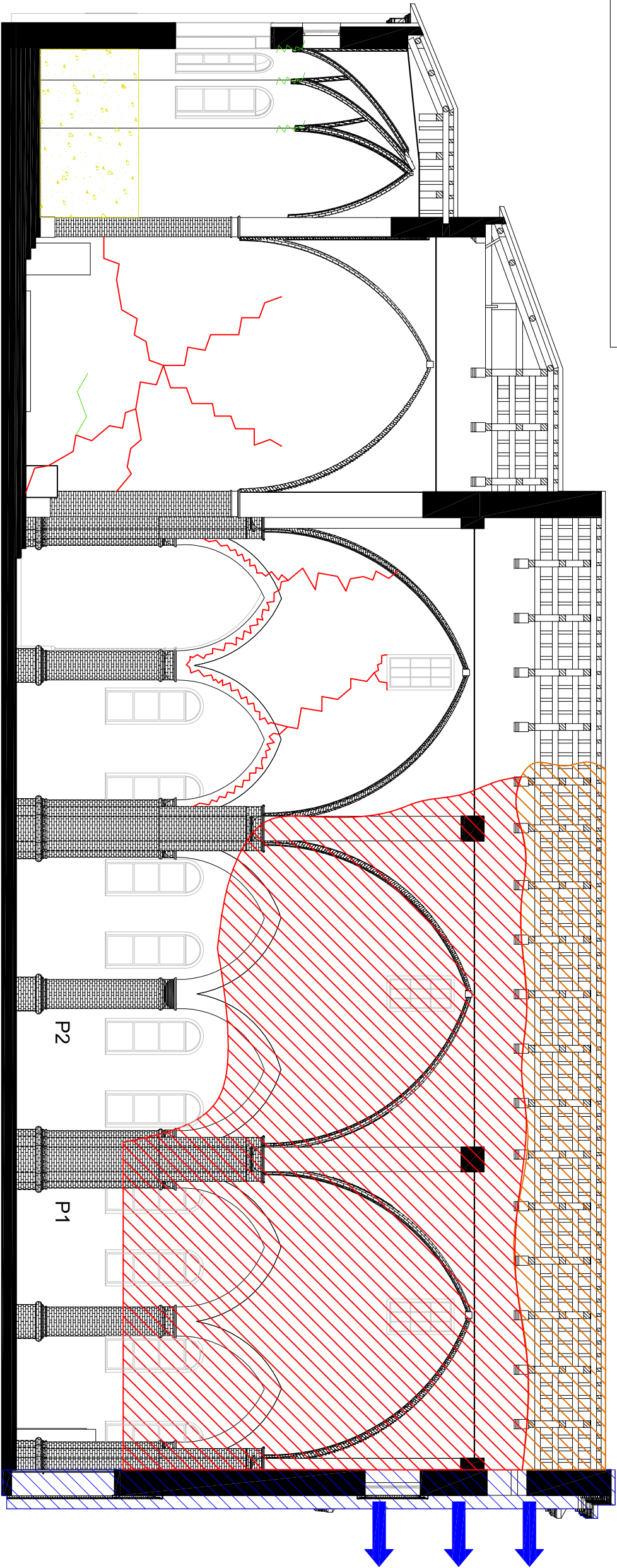
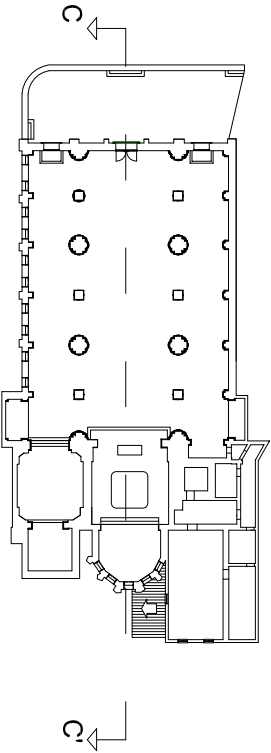
Le scosse dei sismi che hanno colpito la chiesa di San Francesco hanno causato il fessuramento dei muri, il distacco della facciata e il crollo delle volte. Inoltre, le capitate hanno spinto i muri fessurandoli all'altezza delle finestre. Il crollo del campanile ha causato danni nei muri del presbiterio e nella sagrestia. La facciata si è ribaltata per l'azione dei sismi, e la copertura e la zona sud della chiesa è crollata.

Descripción de los daños

Las sacudidas de los terremotos que han golpeado la iglesia de San Francisco han causado el fisuramiento de los muros, el desplazamiento de la fachada y el derrumbe de las bóvedas. Además, las capitas han empujado los muros fisurándolos a la altura de las ventanas. El derrumbe del campanario ha causado daños en los muros del presbiterio y en la sacristía. La fachada se ha volcado por el empuje de la cubierta y la acción de los sismos, y la cubierta e la zona sur de la iglesia se ha derrumbado.

LEGENDA / LEYENDA

-  Fessure passanti / Fisuras pasantes
-  Fessure non passanti / Fisuras no pasantes
-  Crollo parziale / Derrumbe parcial
-  Ribaltamento della facciata / Vuelco de la fachada
-  Crollo della copertura e campanile / Derrumbe de la cubierta y campanario



C3

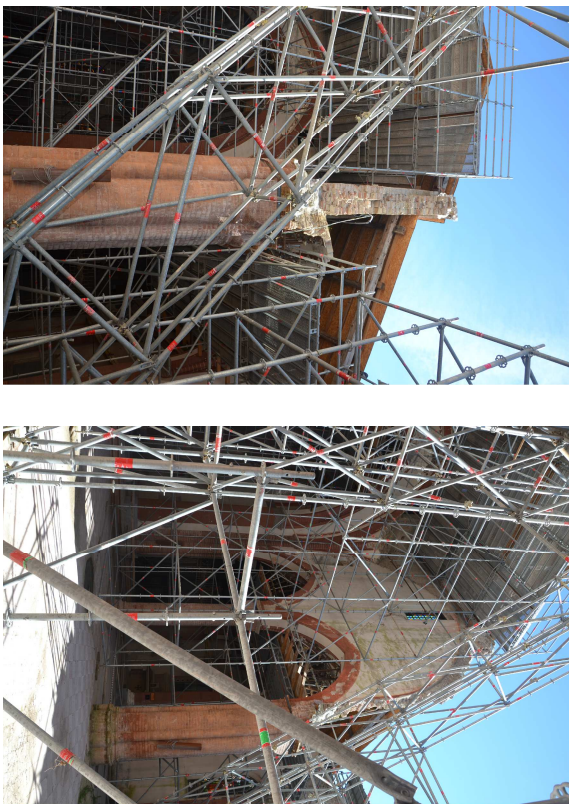
C2

C1



ALMA MATER STUDIORUM A.D. 1088

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



Descrizione dei danni

Le scosse dei sismi che hanno colpito la chiesa di San Francesco hanno causato il fessuramento dei muri, il distacco della facciata e il crollo delle volte. Inoltre, le capriate hanno spinto i muri fessurandoli all'altezza delle finestre.

Il crollo del campanile ha causato danni nei muri del presbiterio e nella sagrestia.

La facciata si è ribaltata per l'azione dei sismi, e la copertura e la zona sud della chiesa è crollata.

Descripción de los daños

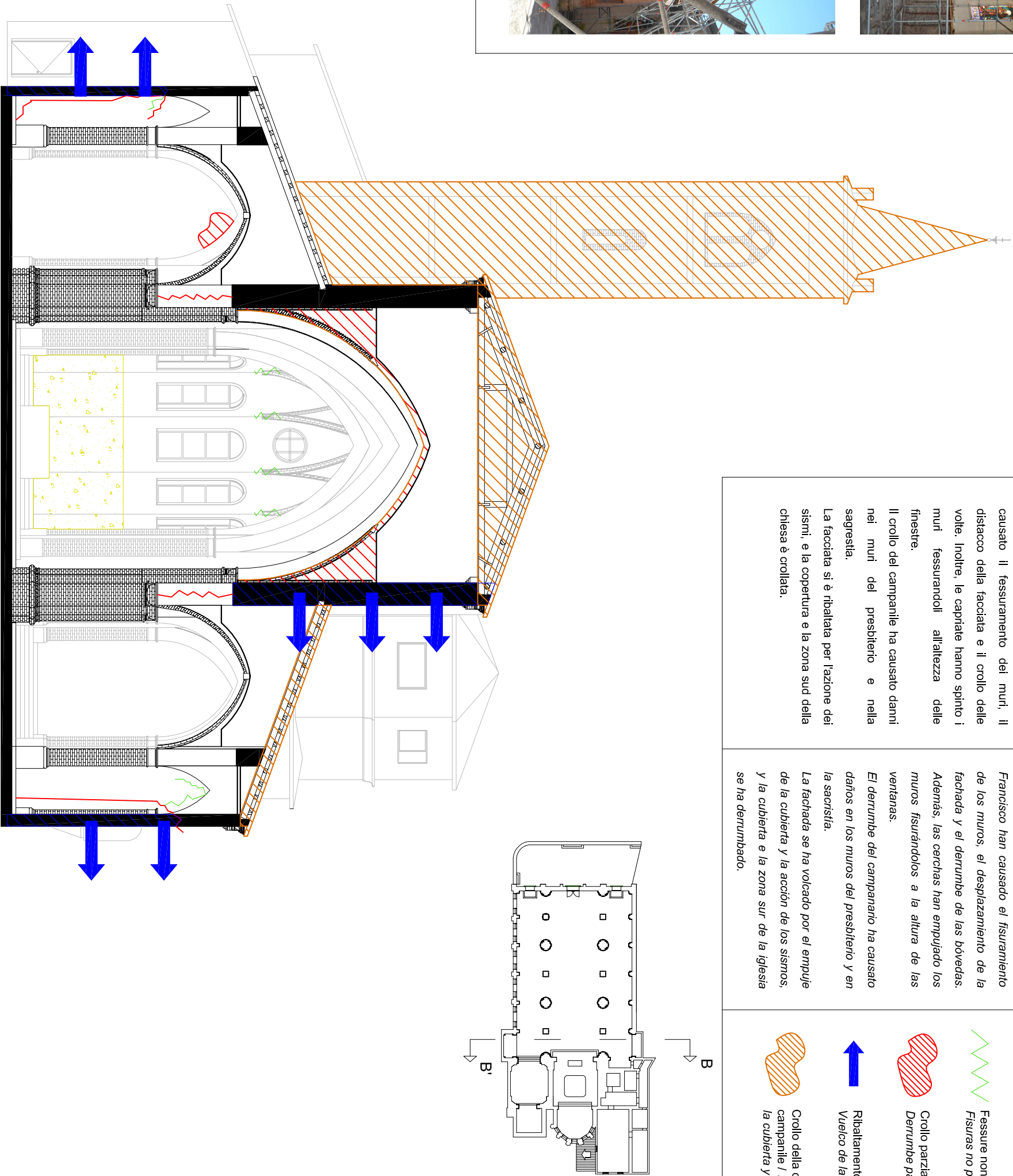
Las sacudidas de los terremotos que han golpeado la iglesia de San Francisco han causado el fisuramiento de los muros, el desplazamiento de la fachada y el derrumbe de las bóvedas. Además, las cerchas han empujado los muros fisurándolos a la altura de las ventanas.

El derrumbe del campanario ha causado daños en los muros del presbiterio y en la sacristía.

La fachada se ha volcado por el empuje de la cubierta y la acción de los sismos, y la cubierta e la zona sur de la iglesia se ha derrumbado.

LEGENDA / LEYENDA

- Fessure passanti / Fisuras pasantes
- Fessure non passanti / Fisuras no pasantes
- Crollo parziale / Derrumbe parcial
- Ribaltamento della facciata / Vuelco de la fachada
- Crollo della copertura e campanile / Derrumbe de la cubierta y campanario



SCHEDE TECNICHE num.: 1

Elemento costruttivo affettato: Muri portanti

Chiesa di San Francesco in Mirandola

1.- Caratterizzazione della Patologia

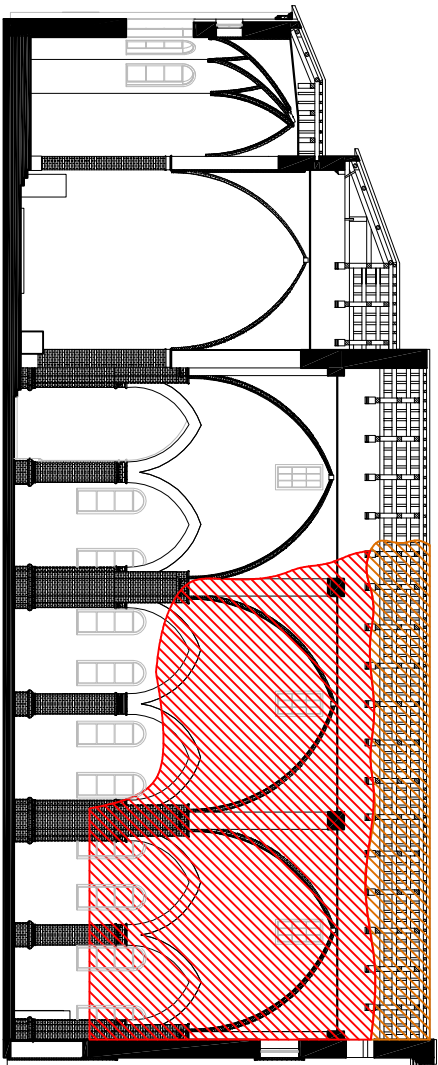
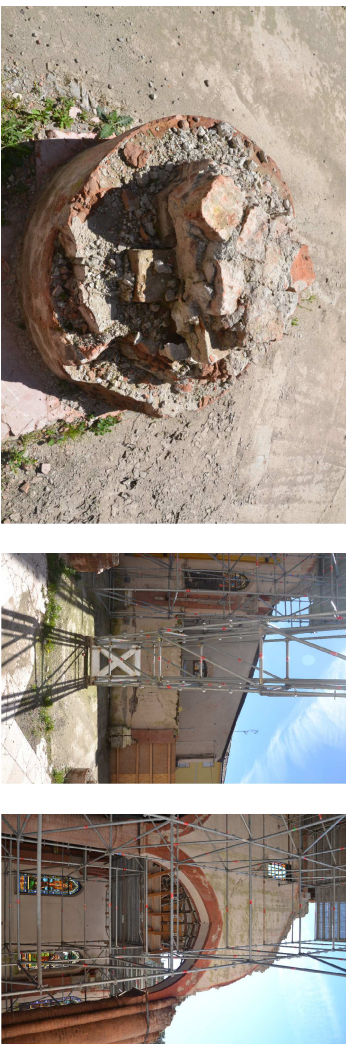
- **Tipo:** Crollo e disgregazione delle murature.
- **Descrizione:** Crollo e disgregazione del muro sud e del muro destro sopra le colonne della navata centrale.

2.- Caratterizzazione dell'elemento costruttivo

- **Tipo:** Muratura portante.
 - **Descrizione:** Muratura di circa 40 cm di spessore sopra le colonne e i pilastri e muro sud di circa 65 cm di spessore, entrambi con finestre.
- Muro laterale destro nella navata centrale sopra colonne e pilastri; e muro sud della chiesa.

3.- Localizzazione

4.- Studio fotografico

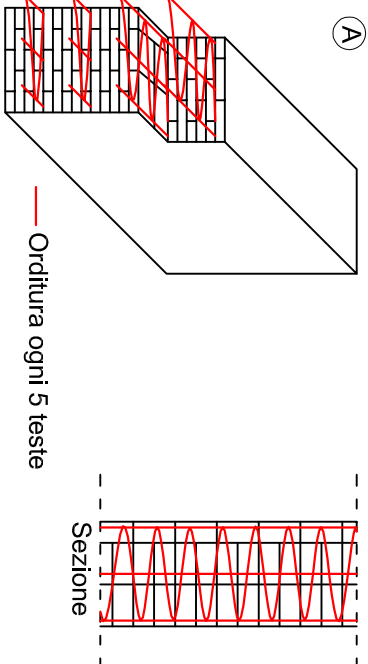


A) Esecuzione dei muri crollati e ruotati:

- 1.- Muratura perfettamente collegata ed in piombo.
- 2.- Buon ammassamento con i muri antichi.
- 3.- Muratura armata con acciaio ogni 5 file.
- 4.- Esecuzione dei contraforti più grossi.

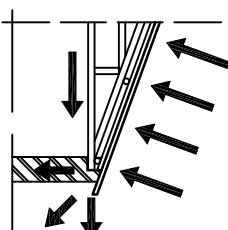
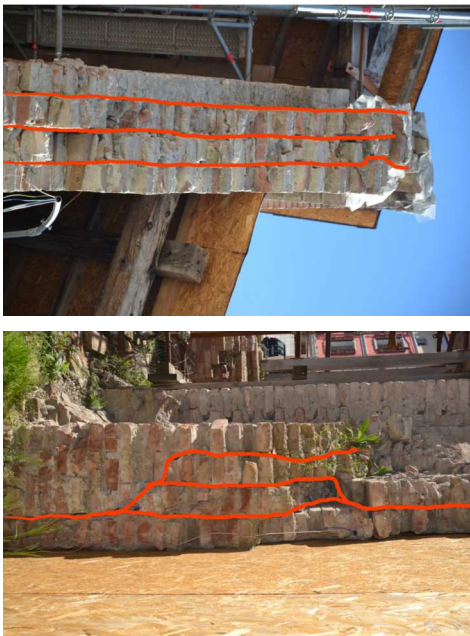
B) Esecuzione dei cordoli leggeri.

- 1.- Presenza di profile metalliche sui muri con barre di acciaio incassate.
- 2.- Presenza di placche metalliche saldate ai profili.
- 3.- Travi e capriate unite ai cordoli di modo tale che non si trasmettono sforzi ai muri.
- 4.- Nascondere il sistema con la cornice in mattoni.



5.- Cause della patologia

- Crollo dei muri destro nella navata centrale e sud dovuto all'azione unita del sismo, la spinta delle capriate e la mancanza di un buon collegamento tra le file del muro.

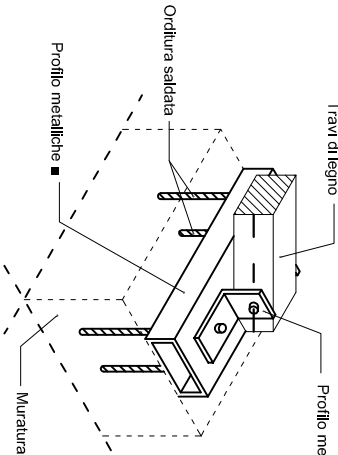
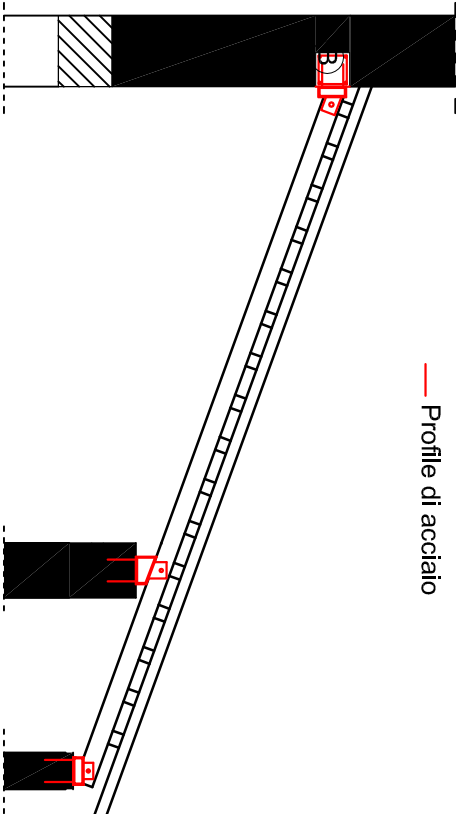


6.- Proposta d'intervento

- 1.- Esecuzione dei muri crollati.

- 2.- Esecuzione dei cordoli leggeri.

— Profile di acciaio



Profile metalliche.



ALMA MATER STUDIORUM A.D. 1088

UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Data / Fecha :

22 / 07 / 2015

Alunno / Alumno :

López García, Jaime

Tavola / Plano :

Schede tecniche I / Ficha patológica I

Progetto / Proyecto :

Chiesa di San Francesco, Piazza Garibaldi (Mirandola) / Iglesia de San Francesco, Plaza Garibaldi (Mirandola)

FICHA PATOLÓGICA núm.: 1

Iglesia de San Francisco de Mirandola

1.- Caracterización de la Patología

- **Tipo:** Derrumbe y disgregación de las albañilerías.
- **Descripción:** Derrumbe y disgregación del muro sur y del muro derecho sobre las columnas de la nave central.

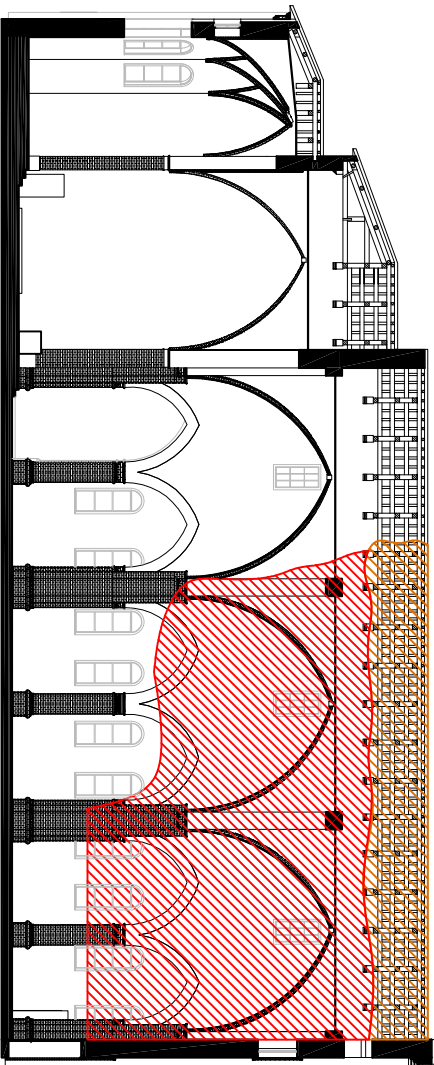
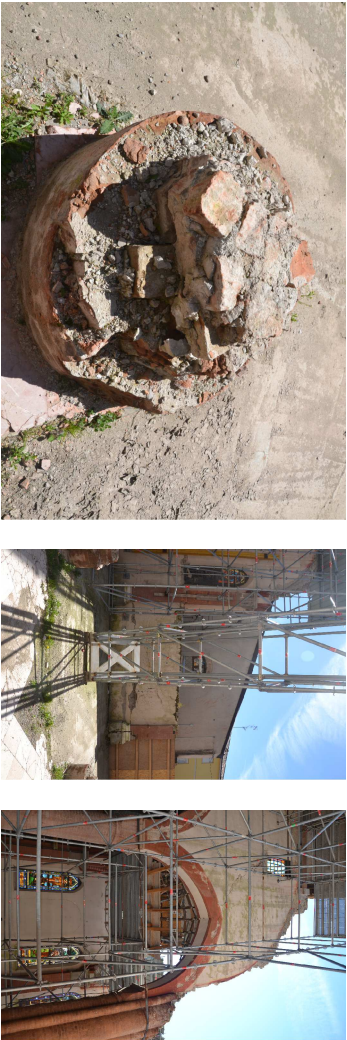
2.- Caracterización del elemento constructivo

- **Tipo:** Albañilería portante.
- **Descripción:** Albañilería de alrededor de 40 cm de espesor sobre las columnas y los pilares y muro sur de alrededor de 65 cm de espesor, ambos con ventanas.

3.- Localización

Muro lateral derecho en la nave central sobre columnas y pilares; y muro sur de la iglesia.

4.- Studio fotografico / Estudio fotográfico

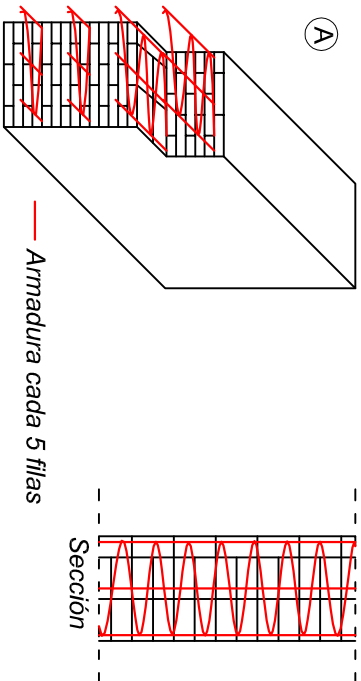


A) Ejecución de los muros derrumbados y volcados:

- 1.- Albañilería perfectamente trabada y a plomo.
- 2.- Buena unión con los muros antiguos.
- 3.- Albañilería armada con acero cada 5 filas.
- 4.- Ejecución de los contrafuertes más gruesos.

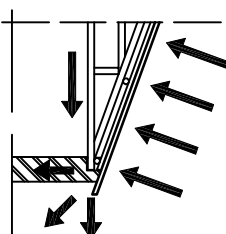
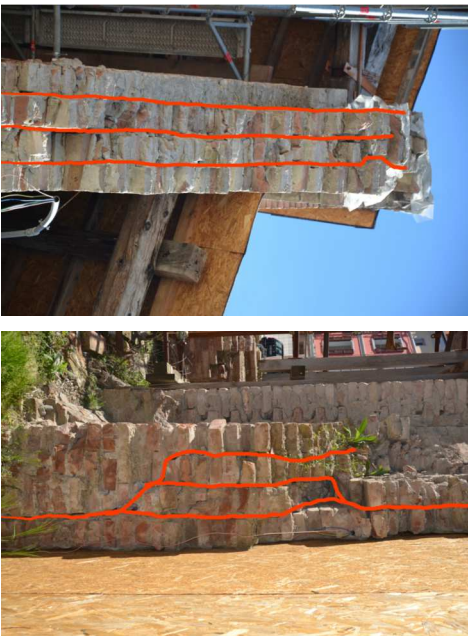
B) Ejecución de los perfiles ligeros:

- 1.- Presencia de perfiles metálicos sobre los muros con barras de acero empotradas.
- 2.- Presencia de placas metálicas soldadas a los perfiles.
- 3.- Vigas y cerchas unidas a los perfiles de tal modo que no se transmitan esfuerzos a los muros.
- 4.- Esconder el sistema con la cornisa de ladrillos.



5.- Causas de la patología

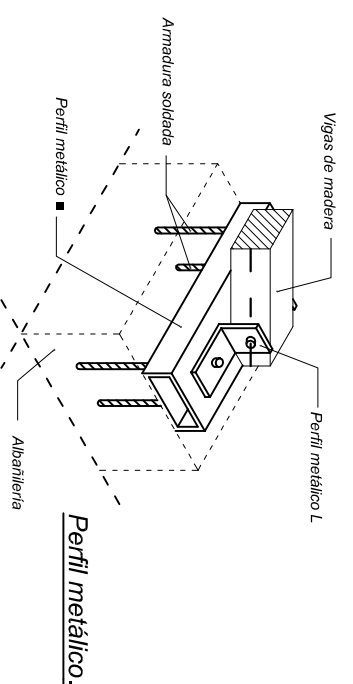
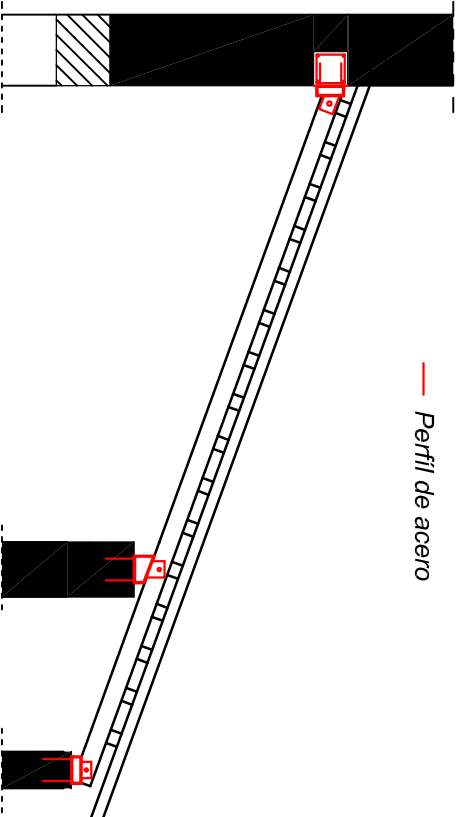
- Derrumbe de los muros derecho en la nave central y sur debido a la acción unida del sismo, el empuje de las cerchas y la falta de una buena trabazón entre las hojas del muro.



6.- Propuesta de intervención

- 1.- Ejecución de los muros derrumbados.

- 2.- Ejecución de los perfiles ligeros.



SCHEDE TECNICHE num.: 2.1

Elemento costruttivo affettato: Muri portanti

Chiesa di San Francesco in Mirandola

1.- Caratterizzazione della Patologia

- **Tipo:** Lesioni passanti e non passanti.
- **Descrizione:** Fessuramento dei muri e archi in piano.

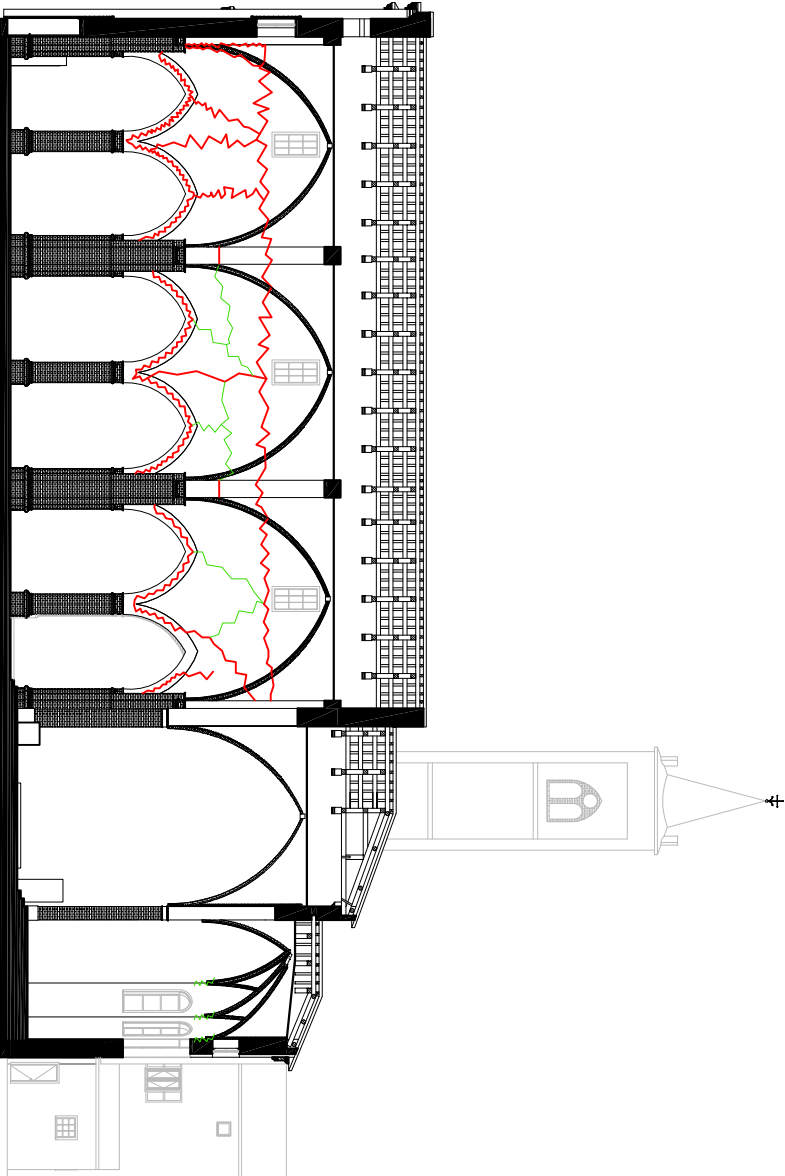
2.- Caratterizzazione dell'elemento costruttivo

- **Tipo:** Muri portanti.
- **Descrizione:** Muratura di circa 40 cm di spessore sopra colonne e pilastri con finestre.

3.- Localizzazione

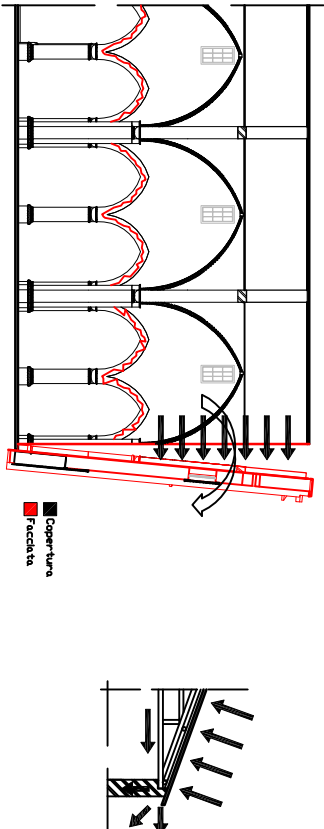
Muro laterale sinistro e destro non crollati nella navata centrale, presbiterio, cappelle e abside.

4.- Studio fotografico



5.- Cause della patologia

- Fessurazione dei muri in diverse zone della chiesa dovuto a l'azione unita del sisma, il distacco della facciata, il crollo del campanile e le spinte causate delle capriate e dal cedimento della struttura.



6.- Proposta d'intervento

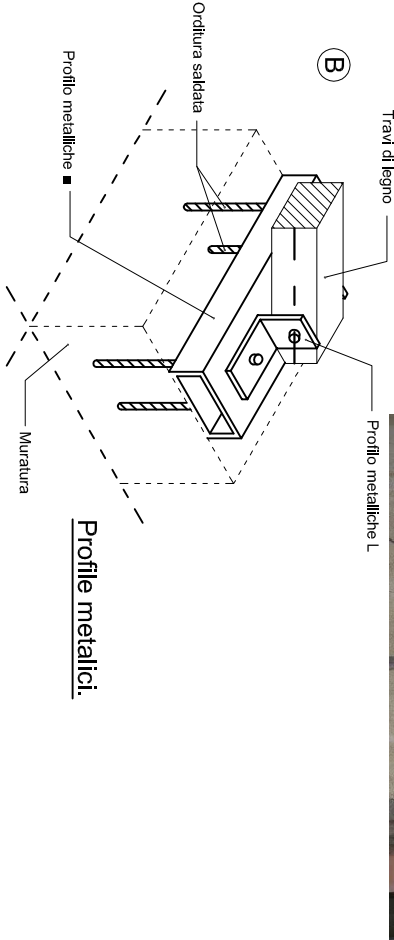
- **Esecuzione dei muri crollati e ruotati:**
 - 1.- Muratura perfettamente collegata ed in piombo.
 - 2.- Buon ammassamento con i muri antichi.
- A) Risanamento delle fessure con graffette e sigelatura delle lesioni.**
 - 1.- Pulizia delle fessure.
 - 2.- Risanamento delle fessure passante con graffette e sigelatura delle lesioni.
 - 3.- Applicazione di resina o cemento nelle fessure.
 - 4.- Coprire le graffette con rivestimento per salvaguardarle.

B) Esecuzione dei cordoli leggeri.

- 1.- Presenza di profile metallici sui muri con barre di acciaio incassate.
- 2.- Presenza di placche metalliche saldate ai profili.
- 3.- Travi e capriate unite ai cordoli di modo tale che non si trasmettono sforzi ai muri.
- 4.- Nascondere il sistema con la cornice in mattoni.

- Esecuzione del rivestimento intonaco.

- 1.- Risanamento e pulizia delle pareti colpite.
- 2.- Esecuzione del rivestimento in gesso.



FICHAS PATOLÓGICAS núm.: 2.1

Iglesia de San Francisco de Miranda

Elemento constructivo afectado: Muros portantes

1.- Caracterización de la Patología

- **Tipo:** Grietas y fisuras.
- **Descripción:** Agrietamiento y fisuramiento de los muros y arcos en superficie.

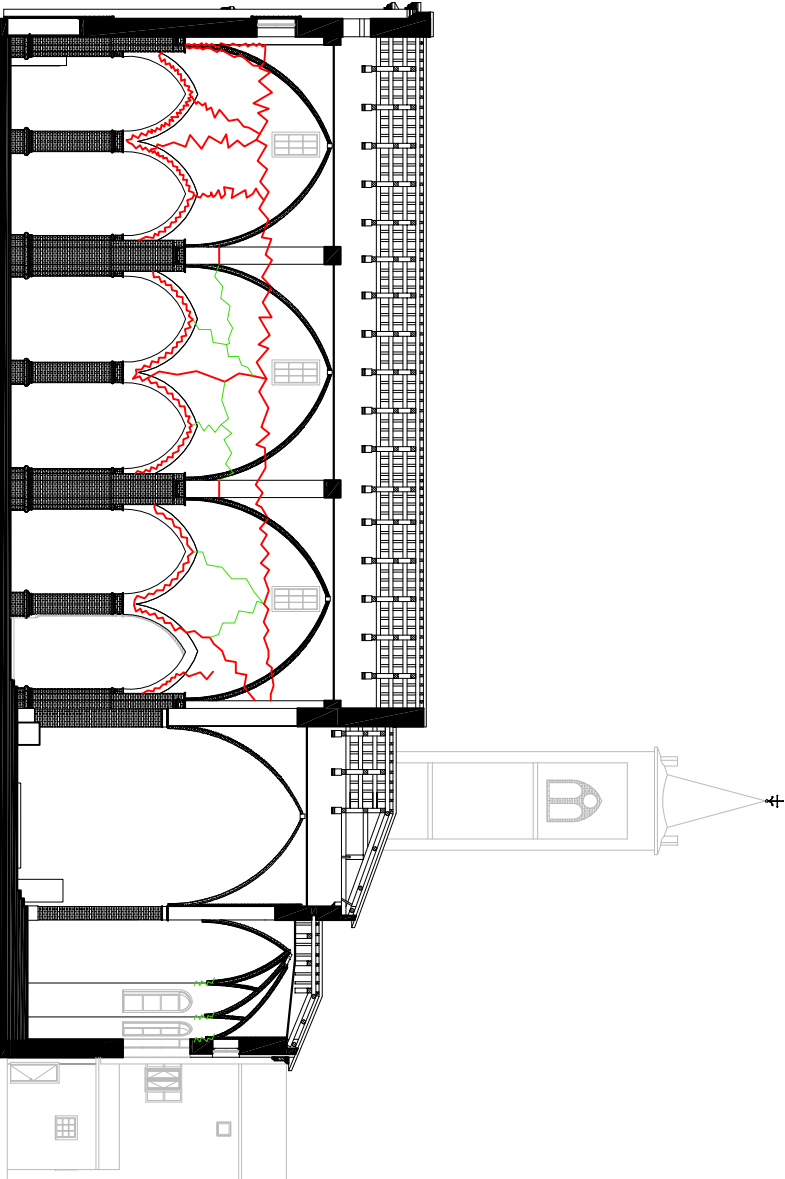
2.- Caracterización del elemento constructivo

- **Tipo:** Muros portantes.
- **Descripción:** Albañilería de alrededor de 40 cm de espesor sobre columnas y pilares con ventanas.

3.- Localización

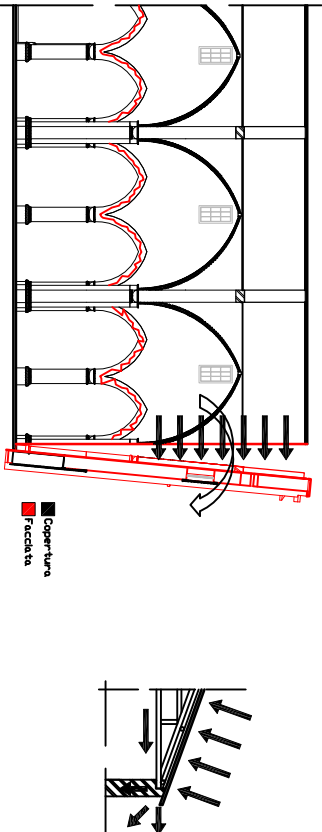
Muro lateral izquierdo y derecho no derrumbado en la nave central, presbiterio, capillas y ábside.

4.- Estudio fotográfico



5.- Causas de la patología

- Fisuramiento de los muros en varias zonas de la iglesia debido a la acción conjunta del sismo, el desplazamiento de la fachada, el derrumbe del campanario y los empujes causado por las cerchas y del cedimiento de la estructura.



6.- Propuesta de intervención

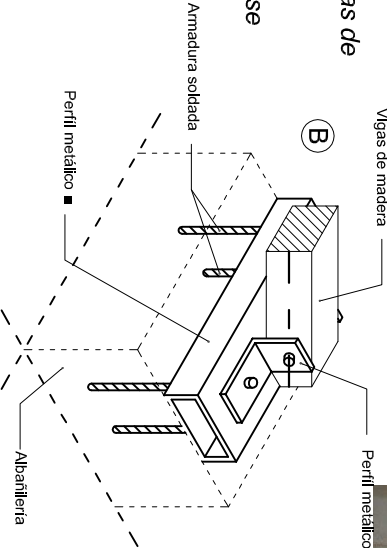
- **Ejecución de los muros derrumbados y volcados:**
 - 1.- Albañilería perfectamente trabada y a plomo.
 - 2.- Buena unión con los muros antiguos.
- **A) Saneamiento de las grietas con grapas y sellado de las lesiones.**
 - 1.- Limpieza de las fisuras.
 - 2.- Saneamiento de las grietas con grapas y sellado de las lesiones.
 - 3.- Aplicado de resina o cemento en las fisuras.
 - 4.- Cubrir las grapas con revestimiento para protegerlas.

B) Ejecución de los perfiles ligeros.

- 1.- Presencia de perfiles metálicos sobre los muros con barras de acero empotradas.
- 2.- Presencia de placas metálicas soldadas a los perfiles.
- 3.- Vigas y cerchas unidas a los perfiles de tal modo que no se transmitan esfuerzos a los muros.
- 4.- Esconder el sistema con la cornisa de ladrillo.

- Ejecución del revestimiento de yeso.

- 1.- Saneamiento y limpieza de las paredes afectadas.
- 2.- Ejecución del revestimiento de yeso.



Perfil metálico.



ALMA MATER STUDIORUM A.D. 1088
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Data / Fecha:

22 / 07 / 2015

Alumno / Alumno:

López García, Jaime

Título / Título:

Schede tecniche 2.1 / Ficha patológica 2.1

Proyecto / Proyecto:

Chiesa di San Francesco, Piazza Garibaldi (Mirandola) /
Iglesia de San Francisco, Plaza Garibaldi (Mirandola)

8.2.1

SCHEDE TECNICHE num.: 2.2

Chiesa di San Francesco in Mirandola

1.- Caratterizzazione della Patologia

- **Tipo:** Ribaltamento dei muri.
- **Descrizione:** Ribaltamento fuori di piombo dei muri verso l'esterno.

2.- Caratterizzazione dell'elemento costruttivo

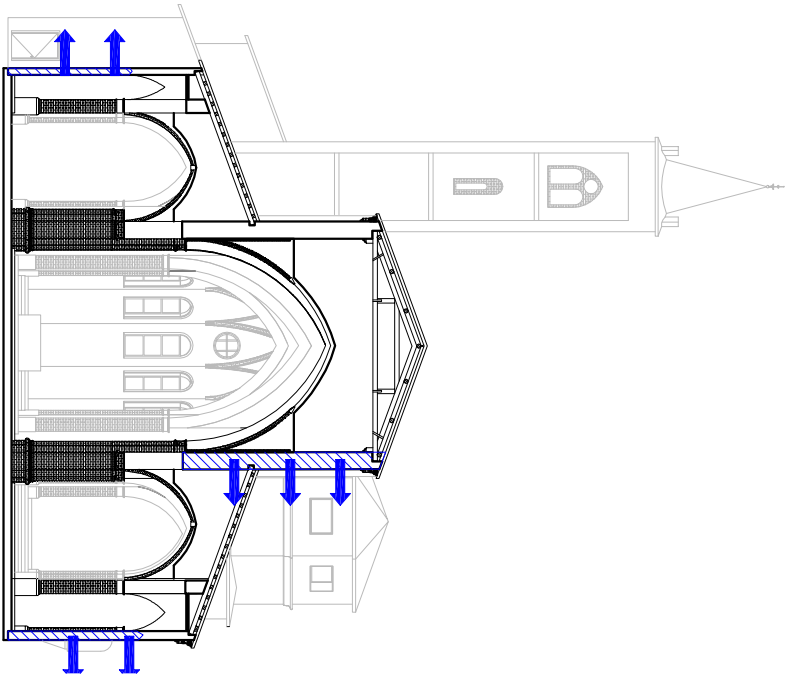
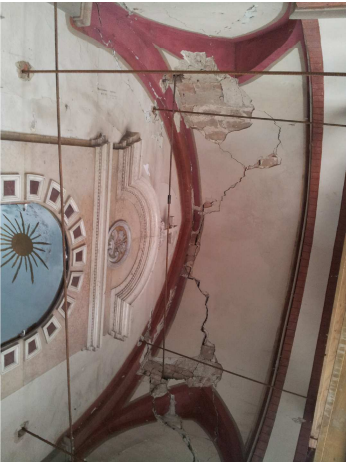
- **Tipo:** Muri portanti.

- **Descrizione:** Muratura di circa 40 cm di spessore sopra colonne e pilastri; e muro sud di circa 65 cm di spessore, entrambi con finestre.

3.- Localizzazione

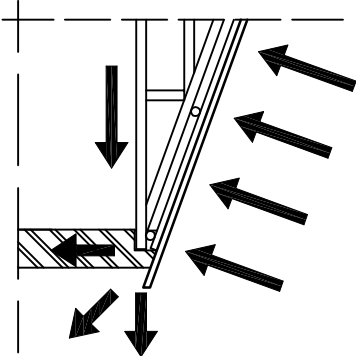
Muro laterale destro nella navata centrale, muro sud e muri delle cappelle laterale nel transetto.

4.- Studio fotografico



5.- Cause della patologia

- Ribaltamento dei muri destro nella navata centrale, destra e cappelle laterale nel transetto dovuto all'azione unita del sisma, la spinta delle capriate e travi, la presenza di un corpo esterno e la mancanza di spessore nei muri.



6.- Proposta d'intervento

- 1.- Ritornare i muri ribaltati al suo posto di origine.
- 2.- Ingrossare il muro dove è il corpo allegato.
- 3.- Esecuzione dei cordoli leggeri.

A) Ritornare i muri ribaltati al suo posto di origine :

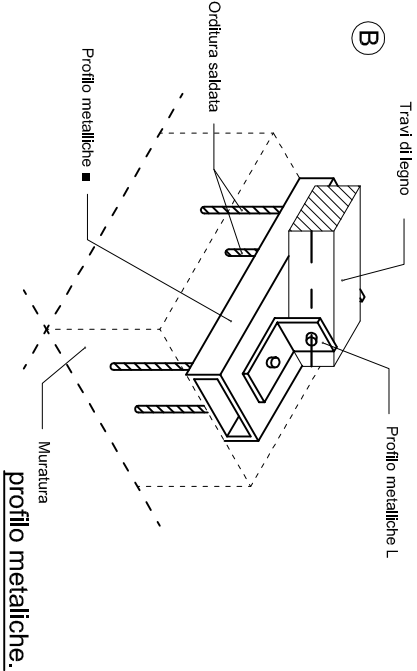
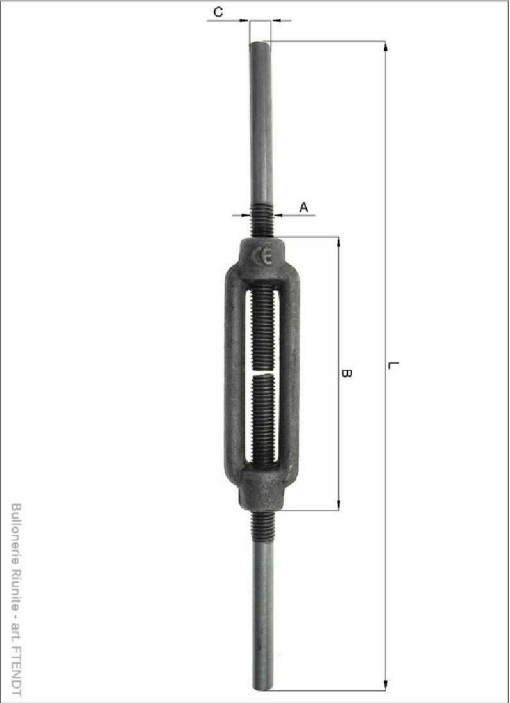
- 1.- Chiudere il muro ribaltato con un orditura di travi metallici.
- 2.- Contro ruotate la muratura esistente con tiranti di ferro a tenditori.
- 3.- Buon ammassamento con i muri laterali.

- Ingrossare il muro dove è il corpo allegato.

- 1.- Esecuzione di diverse file collegate al muro per sopportare gli sforzi prodotto del corpo allegato esterno.
- 2.- Presenza di contraforti.

B) Esecuzione dei cordoli leggeri.

- 1.- Presenza di profile metallici sui muri con barre di acciaio incassate.
- 2.- Presenza di placche metalliche saldate ai profili.
- 3.- Travi e capriate unite ai cordoli di modo tale che non si trasmettono sforzi ai muri.
- 4.- Nascondere il sistema con la cornice in mattoni.



1.- Caracterización de la Patología

- **Tipo:** Vuelco de los muros.
- **Descripción:** Vuelco fuera de plomo de los muros hacia el exterior.

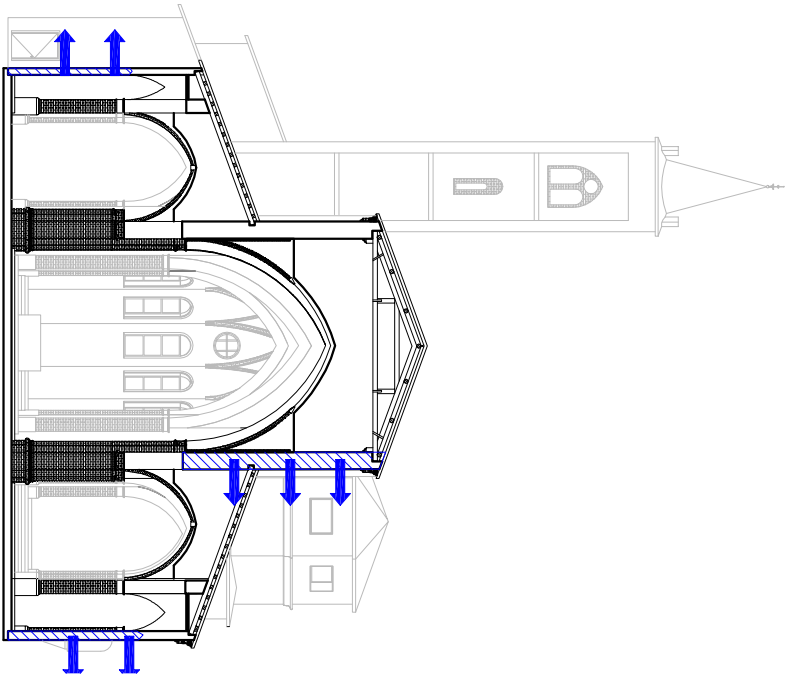
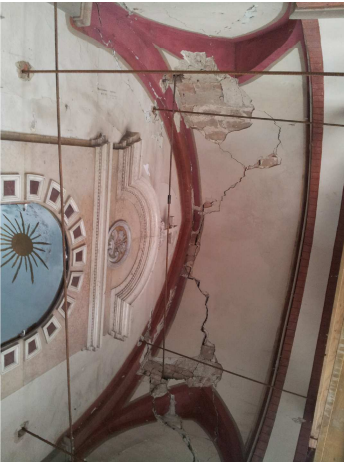
2.- Caracterizción del elemento constructivo

- **Tipo:** Muros portantes.
- **Descripción:** Albañilería de alrededor de 40 cm de espesor sobre columnas y pilares; y muro sur de alrededor de 65 cm de espesor, ambos con ventanas.

3.- Localización

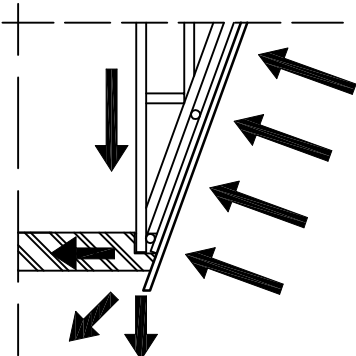
Muro lateral derecho en la nave central, muro sur y muros de las capillas laterales en el transepto.

4.- Estudio fotográfico



5.- Causas de la patología

- Vuelco de los muros derecho en la nave central, derecha y capillas laterales en el transepto debido a la acción conjunta del sismo, el empuje de las cerchas y vigas, la presencia de un cuerpo externo y la falta de espesor en los muros.



6.- Propuesta de intervención

- 1.- Devolver los muros volcados a su plomo original.
- 2.- Aumentar el grosor del muro donde está el cuerpo anexo.
- 3.- Ejecución de los perfiles ligeros.

A) Devolver los muros volcados a su plomo original :

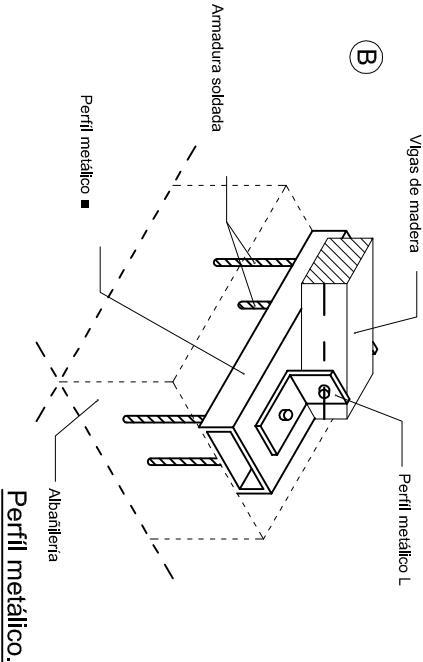
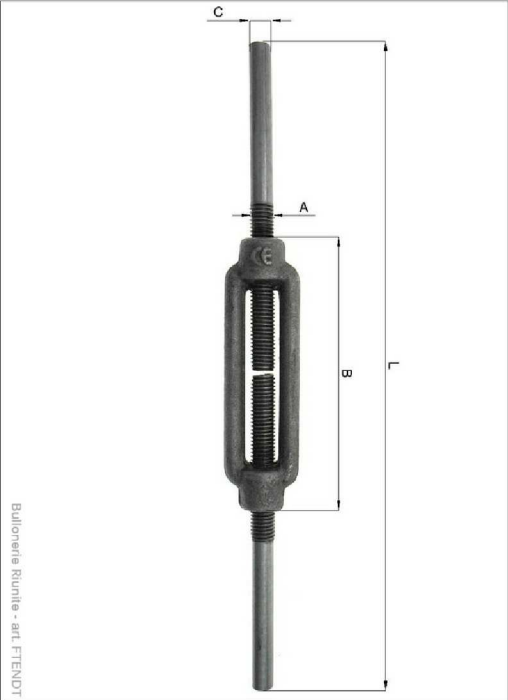
- 1.- Cubrir el muro volcado con una armadura de vigas metálicas.
- 2.- Llevar a plomo la albañilería existente con tirantes de hierro con tensores.
- 3.- Buena unión con los muros laterales.

- Aumentar el grosor del muro donde está el cuerpo anexo.

- 1.- Ejecución de varias hojas trabadas al muro para soportar los esfuerzos producidos por el cuerpo anexo externo.
- 2.- Presencia de contrafuertes.

B) Ejecución de los perfiles ligeros.

- 1.- Presencia de perfiles metálicos sobre los muros con barras de acero empotradas.
- 2.- Presencia de placas metálicas soldadas a los perfiles.
- 3.- Vigas y cerchas unidas a los perfiles de tal modo que no se transmitan esfuerzos a los muros.
- 4.- Esconder el sistema con la cornisa de ladrillo.



Chiesa di San Francesco in Mirandola

1.- Caratterizzazione della Patologia

- **Tipo:** Ribaltamento.
- **Descrizione:** Ribaltamento totale della muratura verso l'esterno.

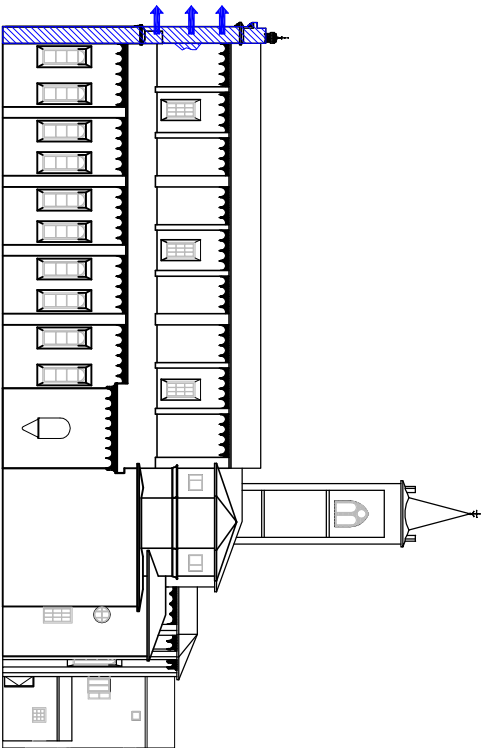
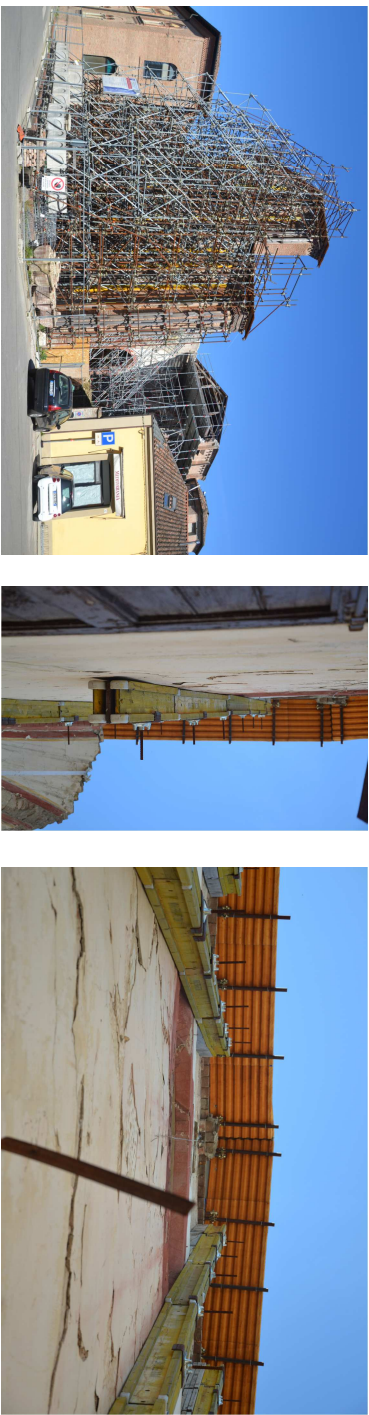
2.- Caratterizzazione dell'elemento costruttivo

- **Tipo:** Facciata.
- **Descrizione:** Facciata in muratura a vista di circa 80 cm di spessore con contraforti di circa 110 cm.

3.- Localizzazione

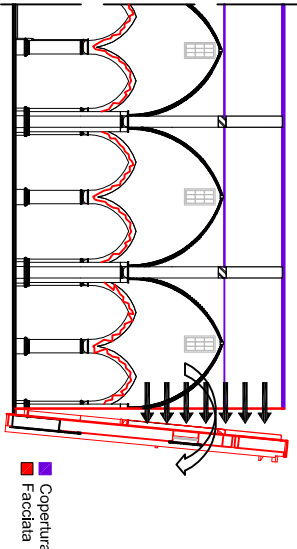
Tutta la facciata oest.

4.- Studio fotografico



5.- Cause della patologia

- Ribaltamento della facciata dovuto all'azione unita dei sismi, il crollo dei muri sud della navata centrale e laterale destra e la mancanza di un buon ammassamento tra i muri; comunque la spinta dei muri sconnettati ha prodotto il ribaltamento, lasciando la facciata libera di queste fianco e appoggiandosi solo sul muro nord.



6.- Proposta d'intervento

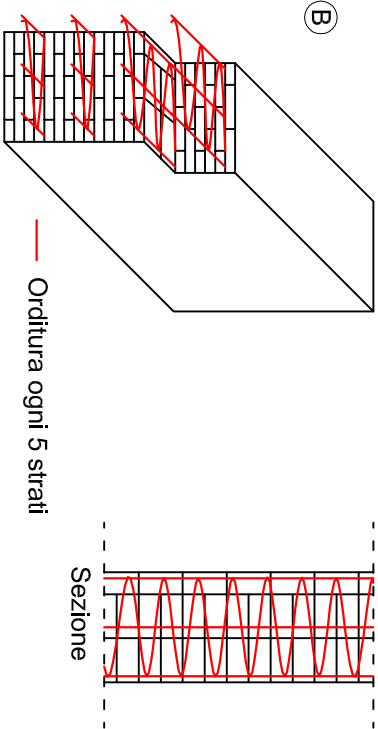
- 1.- Contro rotazione della facciata.
- 2.- Esecuzione dei muri crollati.

A) Contro rotazione della facciata.

- 1.- Liberare la facciata dalla struttura di sicurezza senza smontarla.
- 2.- Chiudere la facciata ribaltata con un'orditura di travi metalliche.
- 3.- Contorruotate la muratura esistente con tiranti di ferro a tenditori.
- 4.- Buon ammassamento con i muri laterali.

B) Esecuzione dei muri crollati.

- 1.- Muratura perfettamente collegata ed in piombo.
- 2.- Buon ammassamento con i muri antichi.
- 3.- Muratura armata con acciaio ogni 5 file.
- 4.- Esecuzione dei contraforti più grossi.



1.- Caracterización de la Patología

- **Tipo:** Vuelco.
- **Descripción:** Vuelco total de la albañilería hacia el exterior.

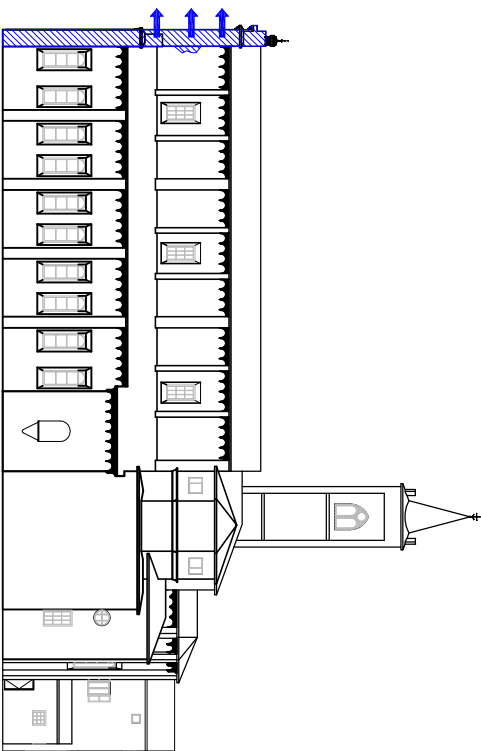
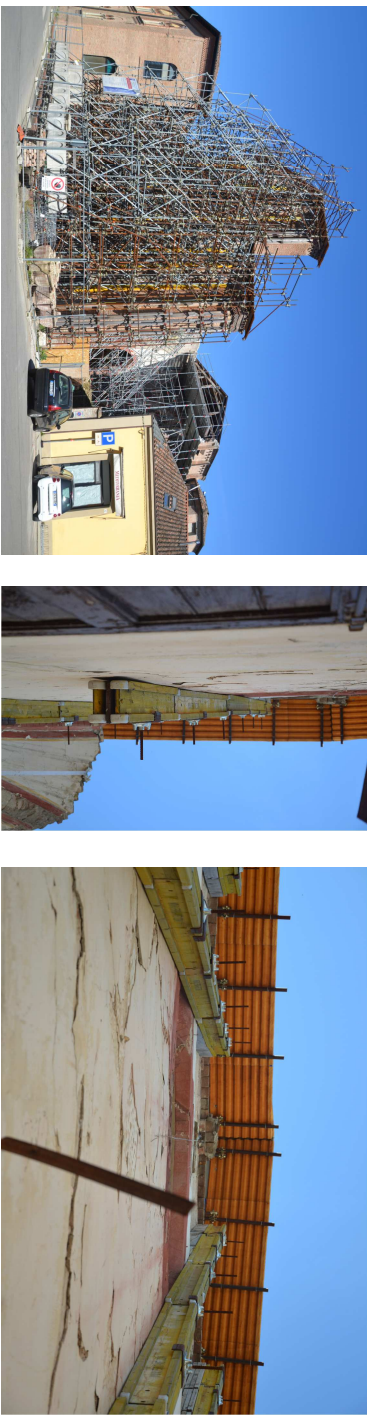
2.- Caracterización del elemento constructivo

- **Tipo:** Fachada.
- **Descripción:** Fachada de albañilería caravista de alrededor de 80 cm de espesor con contrafuertes de alrededor de 110 cm.

3.- Localización

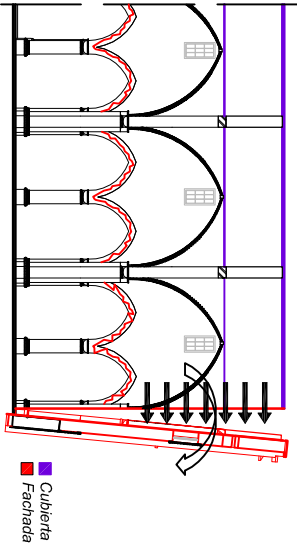
Toda la fachada oeste.

4.- Estudio fotográfico



5.- Causas de la patología

- Vuelco de la fachada debido a la acción conjunta de los terremotos, el derrumbe de los muros sue de la nave central y lateral derecha y la falta de una buena conexión entre los muros; en cualquier caso el empuje de los muros desconectados ha producido el vuelco, dejando la fachada libre por este lado y apoyándose sólo sobre el muro norte.



6.- Propuesta de intervención

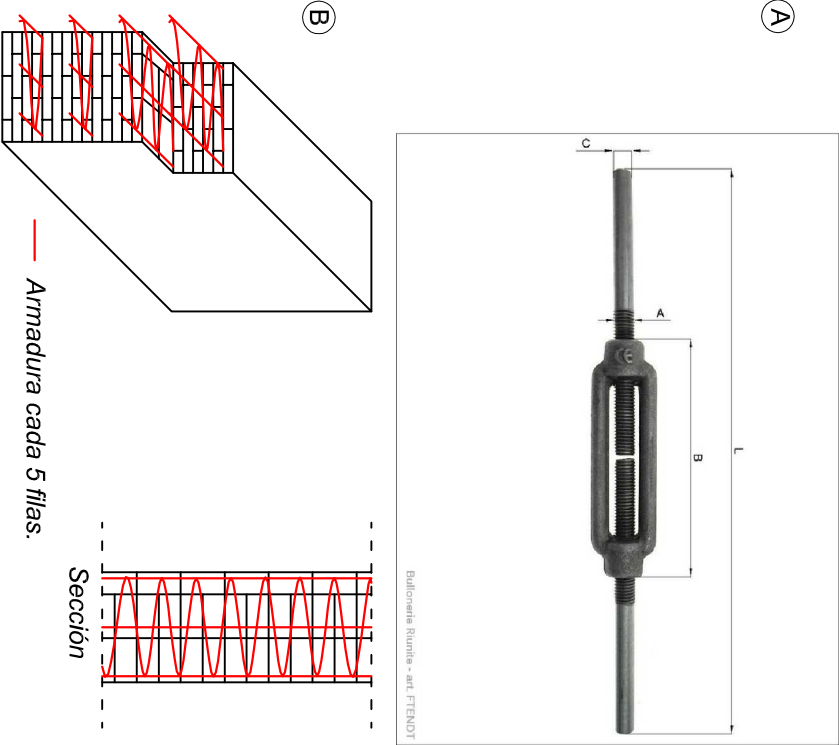
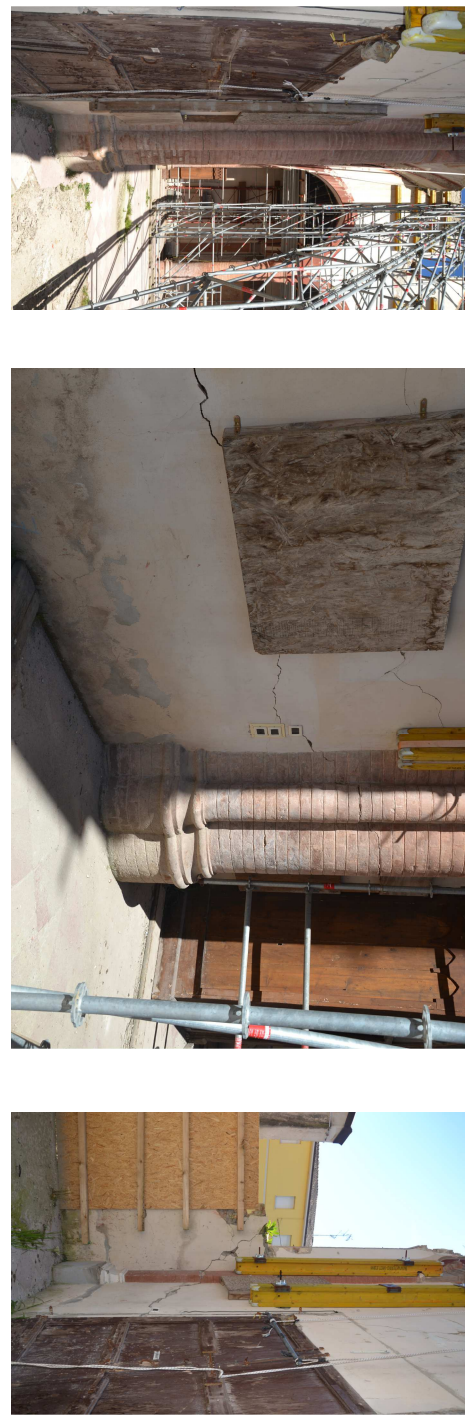
- 1.- Vuelta a su posición original de la fachada.
- 2.- Ejecución de los muros derrumbados.

A) Vuelta a su posición original de la fachada.

- 1.- Liberar la fachada de la estructura de seguridad sin desmontarla.
- 2.- Envolver la fachada volcada con una armadura de vigas metálicas.
- 3.- Volver a su posición original la albañilería existente con tirantes de hierro con tensores.
- 4.- Buena conexión con los muros laterales.

B) Ejecución de los muros derrumbados.

- 1.- Albañilería perfectamente trabada e a plomo.
- 2.- Buena conexión con los muros antiguos.
- 3.- Albañilería armada con acero cada 5 filas.
- 4.- Ejecución de los contrafuertes más grandes.



SCHEDE TECNICHE num.: 4.1

Chiesa di San Francesco in Mirandola

1.- Caratterizzazione della Patologia

- **Tipo:** Crollo.
- **Descrizione:** Crollo totale delle volte.

2.- Caratterizzazione dell'elemento costruttivo

- **Tipo:** Volte a crociera.
- **Descrizione:** Volte a crociera in muratura di circa 7 cm di spessore; rivestite con gesso.

3.- Localizzazione

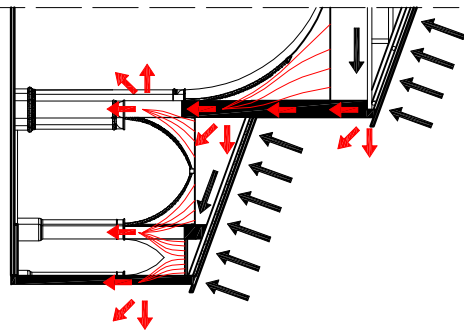
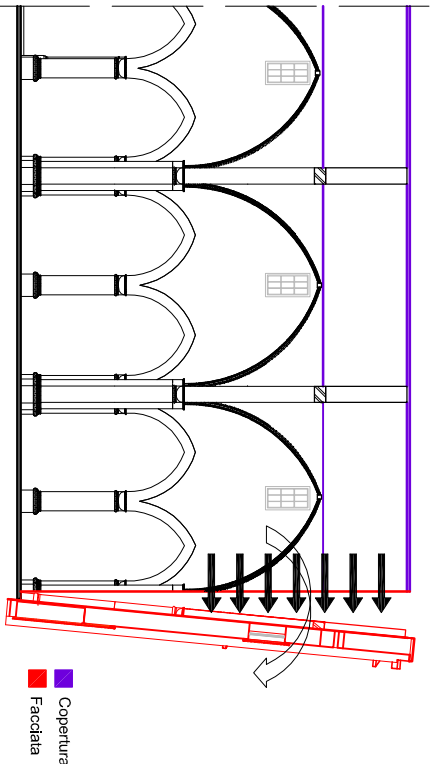
Navata centrale e laterale destra.

4.- Studio fotografico



5.- Cause della patologia

- Crollo della navata centrale e destra dovuto all'azione unita del sisma, dopo il distacco della facciata, lo spostamento dei muri perimetrali e le spinte causate dalle capriate e dal cedimento della struttura.



6.- Proposta d'intervento

- 1.- Contro-rotazione della facciata verso l'interno.
- 2.- Esecuzione delle colonne e dei muri crollati e ruotati.
- 3.- Esecuzione delle volte a crociera.

A) Contro-rotazione della facciata verso l'interno:

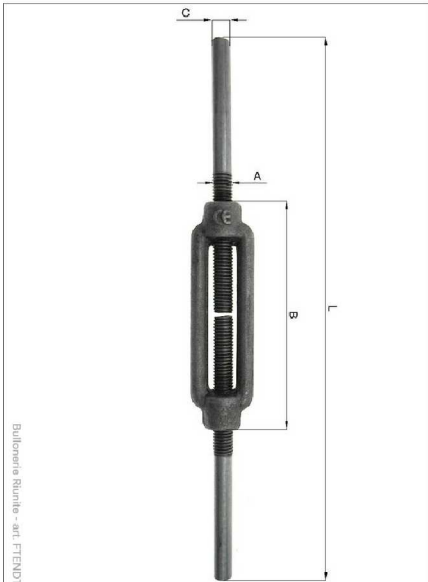
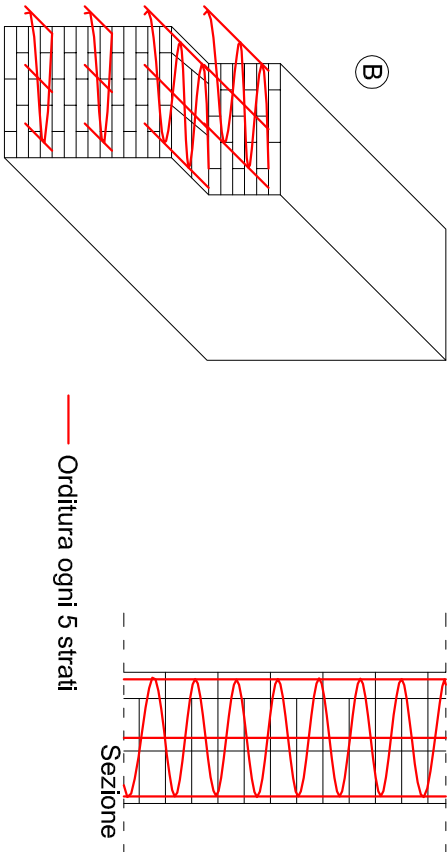
- 1.- Liberare la facciata dalla struttura di sicurezza senza smontarla.
- 2.- Chiudere la facciata ribaltata con un'orditura di travi metalliche.
- 3.- Contro ruotate la muratura esistente con tiranti di ferro a tenditori.
- 4.- Buon ammassamento con i muri laterali.

B) Esecuzione dei muri crollati e ruotati.

- 1.- In muratura perfettamente collegata e a piombo.
- 2.- Armata con orditura d'acciaio.
- 3.- Catene tra muri per resistere all'azione dei sismi.
- 4.- Risanamento dei muri ruotati e fessurati.
- 5.- Aggiungimento di contraforti più grossi.

- Esecuzione delle volte a crociera.

- 1.- Si realizzeranno in muratura a diverse teste, per aumentare la resistenza ai sismi.
- 2.- Perfettamente ammassate ai muri perimetrali.
- 3.- Rifianchi o frenelli maggior per aumentare la zona ammassata e la resistenza ai sismi.



Data / Fecha :

22 / 07 / 2015

Alunno / Alumno :

López García, Jaime

Tavola / Plano :

Schede tecniche 4.1 / Ficha patologica 4.1

Progetto / Proyecto :

Chiesa di San Francesco, Piazza Garibaldi (Mirandola) / Iglesia de San Francesco, Plaza Garibaldi (Mirandola)

Iglesia de San Francisco de Mirandola

1.- Caracterización de la Patología

- **Tipo:** Derrumbe.
- **Descripción:** Derrumbe total de las bóvedas.

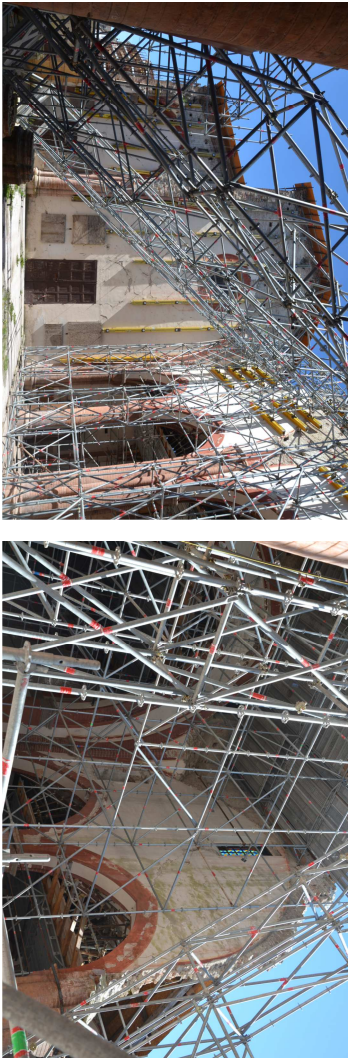
2.- Caracterización del elemento constructivo

- **Tipo:** Bóveda a crucería.
- **Descripción:** Bóveda a crucería de albañilería de alrededor de 7 cm de espesor, revestido con yeso.

3.- Localización

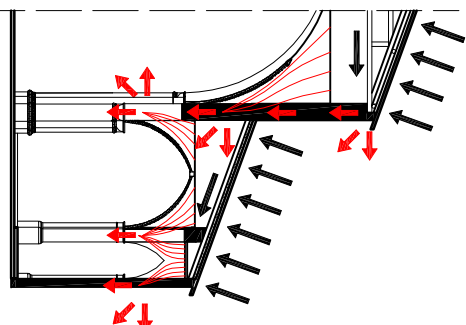
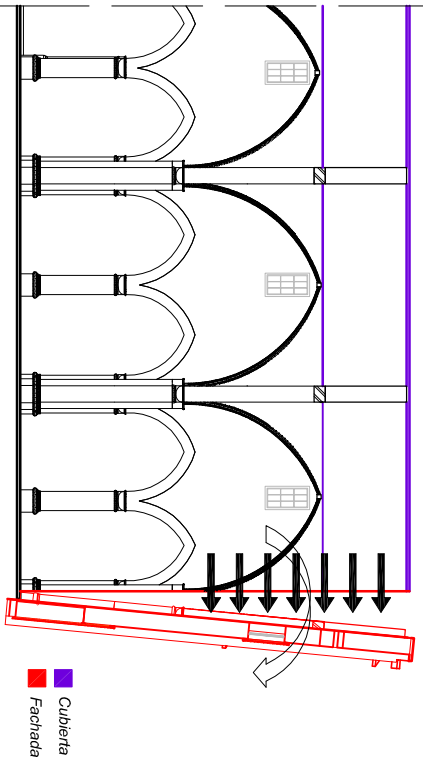
Nave central y lateral derecha.

4.- Estudio fotográfico



5.- Causas de la patología

- Derrumbe de la nave central y derecha debido a la acción conjunta del sismo, después la separación de la fachada, el desplazamiento de los muros perimetrales y el empuje causado por las cerchas y el cedimiento de la estructura.



6.- Propuesta de intervención

- 1.- Vuelta a su posición original de la fachada hacia el interior.
- 2.- Ejecución de las columnas y de los muros derrumbados y volcados.
- 3.- Ejecución de las bóvedas de crucería.

A) Vuelta a su posición original de la fachada hacia el interior :

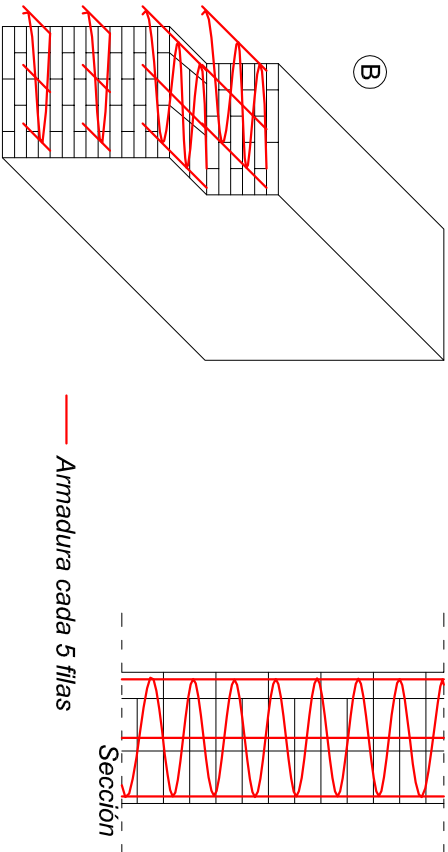
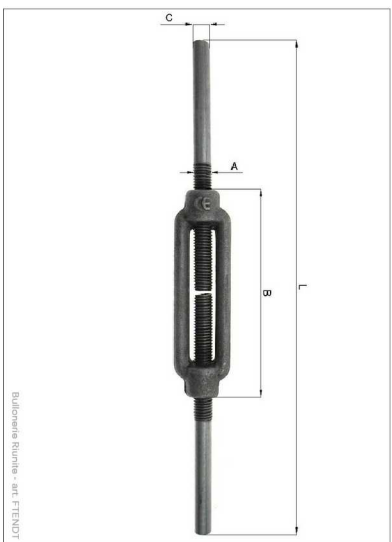
- 1.- Liberar la fachada de la estructura de seguridad sin desmontarla.
- 2.- Envolver la fachada volcada con una armadura de vigas metálicas.
- 3.- Volver a su posición original la albañilería existente con tirantes de hierro con tensores.
- 4.- Buena conexión con los muros laterales.

B) Ejecución de los muros derrumbados y volcados.

- 1.- En Albañilería perfectamente trabada y a plomo.
- 2.- Armada con armaduras de acero.
- 3.- Tirantes entre muros para resistir las acciones de los sismos.
- 4.- Saneamiento de los muros volcados y fisurados.
- 5.- Incorporación de contrafuertes más grandes.

- Ejecución de las bóvedas a crucería.

- 1.- Se realizarán de albañilería con varias hojas, para aumentar la resistencia a los sismos.
- 2.- Perfectamente conectadas a los muros perimetrales.
- 3.- Rellenos o arcos fajones magiores para aumentar la zona conectada y la resistencia a los sismos.



SCHEDE TECNICHE num.: 4.2

Chiesa di San Francesco in Mirandola

1.- Caratterizzazione della Patologia

- **Tipo:** Fessuramento e dannamento.
- **Descrizione:** Fessuramento e dannamento parziale delle volte a crociera.

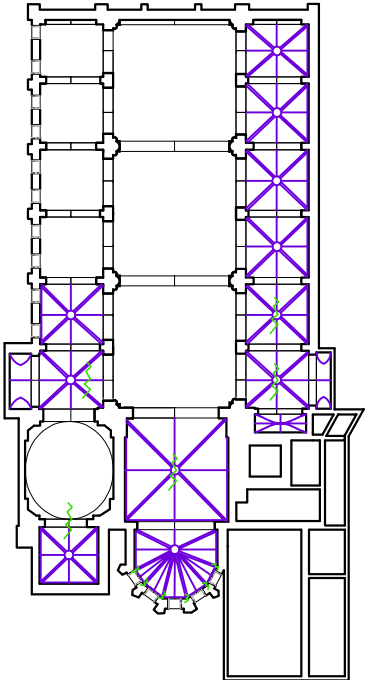
2.- Caratterizzazione dell'elemento costruttivo

- **Tipo:** Volte a crociera.
- **Descrizione:** Volte a crociera in muratura di circa 7 cm di spessore, rivestite con gesso.

3.- Localizzazione

Navata laterale sinistra, presbiterio, cappelle laterale e abside.

4.- Studio fotografico



5.- Cause della patologia

- Fessuramento e danneggiamento delle volte dovuto allo spostamento della struttura per gli scosse di sisma senza crollare, il muro nord è più rigido quello che sopporta meglio gli sforzi dei sismi.

6.- Proposta d'intervento

- 1.- Risanamento delle volte fessurate e dannate.
- 2.- Esecuzione del sistema di rinforzo delle volte a crociera.

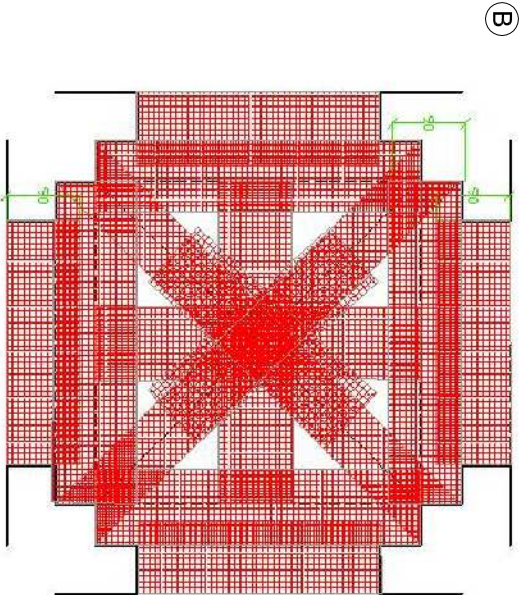
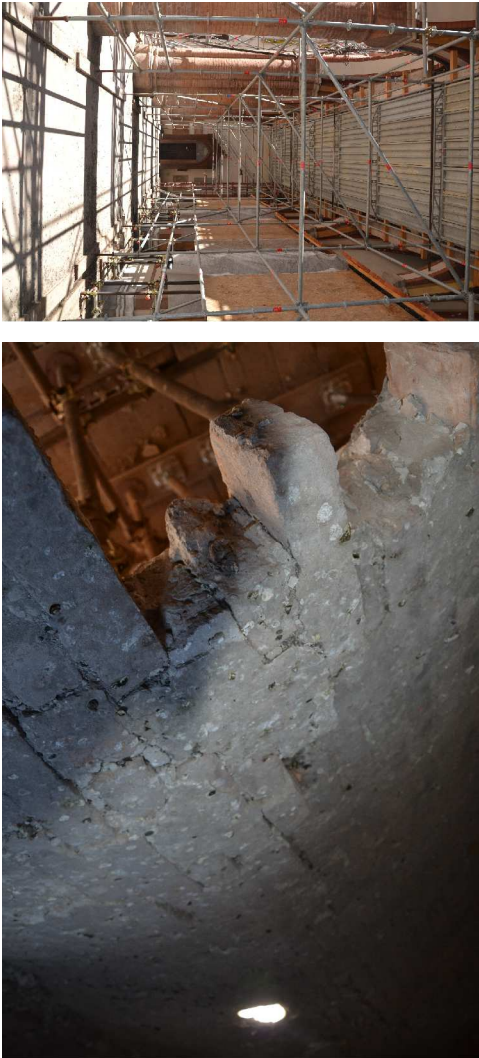
A) Risanamento delle volte fessurate e dannate.

- 1.- Esecuzione in muratura perfettamente collegata delle zone crollate.
- 2.- Risanamento delle fessure con graffette e sigillatura delle lesioni.
- 3.- Esecuzione della rigenerazione della muratura.
- 4.- Coprire le graffette con rivestimento per salvaguardarle.



B) Esecuzione del sistema di rinforzo delle volte a crociera.

- 1.- Pulizia delle volte fino a rilevare la tessitura muraria.
- 2.- Esecuzione delle opere di sicurezza e puntellatura della muratura interessata.
- 3.- Applicazione di sistema di rinforzo continuo PLANTOP HDM + MAPEGRID G220 adesivo all'estradosso dell'impianto voltario.
- 4.- Esecuzione dei fiocchi in fibra di vetro di connessione.



FASE 6

1.- Caracterización de la Patología

- **Tipo:** Fisuramiento y dañado.
- **Descripción:** Fisuramiento y dañado parcial de las bóvedas de crucería.

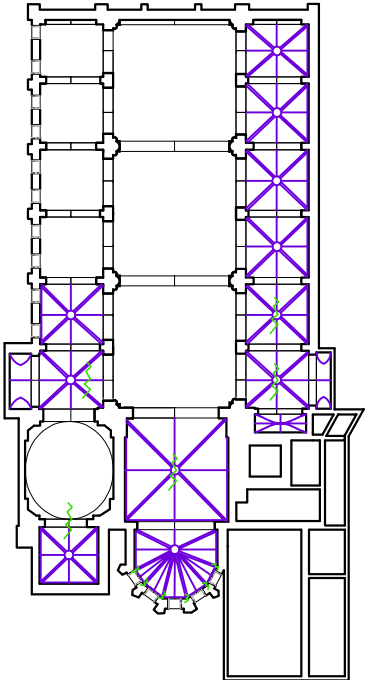
2.- Caracterización del elemento constructivo

- **Tipo:** Bóveda de crucería.
- **Descripción:** Bóvedas de crucería de albañilería de alrededor de 7 cm de espesor, revestidas con yeso.

3.- Localización

Nave lateral izquierda, presbiterio, capillas laterales y ábside.

4.- Estudio fotográfico



5.- Causas de la patología

- Fisuramiento y dañado de las bóvedas debido al movimiento de la estructura por las sacudidas del sismo sin derrumbarse, el muro norte es más rígido por lo que soporta mejor los esfuerzos de los sismos.

6.- Propuesta de intervención

- 1.- Saneamiento de las bóvedas fisuradas y dañadas.
- 2.- Ejecución del sistema de refuerzo de las bóvedas de crucería.

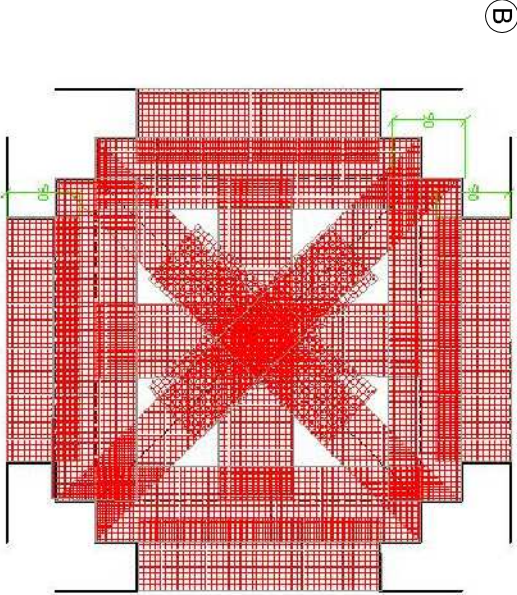
A) Saneamiento de las bóvedas fisuradas y dañadas.

- 1.- Ejecución en albañilería perfectamente trabada de las zonas derrumbadas.
- 2.- Saneamiento de las fisuras con grapas y sellado de las lesiones.
- 3.- Ejecución de la regeneración de la albañilería.
- 4.- Cubrir las grapas con revestimiento para protegerlas.



B) Ejecutione del sistema de refuerzo de las bóvedas de crucería.

- 1.- Limpieza de las bóvedas hasta descubrir la traba de la albañilería.
- 2.- Ejecución de las obras de seguridad y apuntalamiento de la albañilería interesada.
- 3.- Aplicación del sistema de refuerzo continuo PLANTOP HDM + MAPEGRID G220 anexo al estrados de la superficie de la bóveda.
- 4.- Ejecución de los nudos en fibra de vidrio de conexión.



FASE 6

SCHEDE TECNICHE num.: 5

Chiesa di San Francesco in Mirandola

1.- Caratterizzazione della Patologia

- Tipo: Crollo.
- Descrizione: Crollo della copertura della chiesa.

2.- Caratterizzazione dell'elemento costruttivo

- Tipo: Copertura inclinata.
- Descrizione: Copertura inclinata composta di capriate e travi di legno con tegole curve di argilla.

3.- Localizzazione

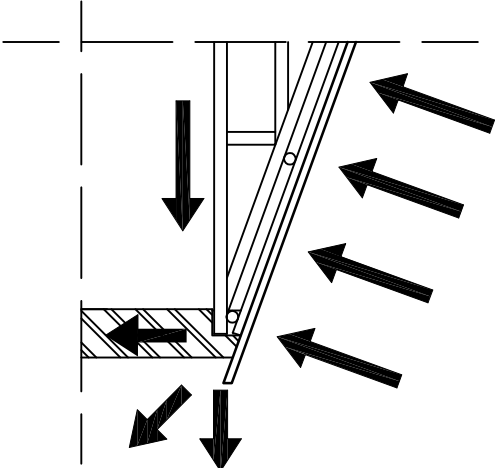
Navate centrale, laterale destra, zona vicina al campanile e crollo parziale nella cappella della B. Vergine di Reggio.

4.- Studio fotografico



5.- Cause della patologia

- Collasso della copertura dovuto alla spinta e crollo delle capriate e travi per gli scosse di sisma, incassare le travi e capriate ai muri prodotti tensioni. La zona vicina al campanile ha crollato per il collasso di questo sulla copertura.

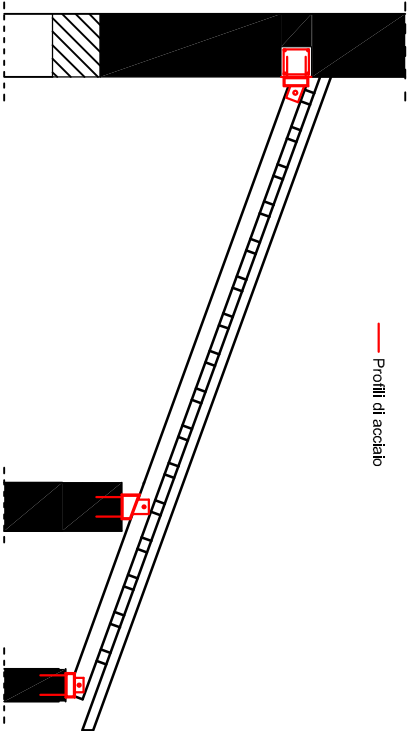


6.- Proposta d'intervento

- 1.- Disegno di capriate appropriate.
- 2.- Esecuzione dei cordoli leggeri.

A) Disegno di capriate appropriate.

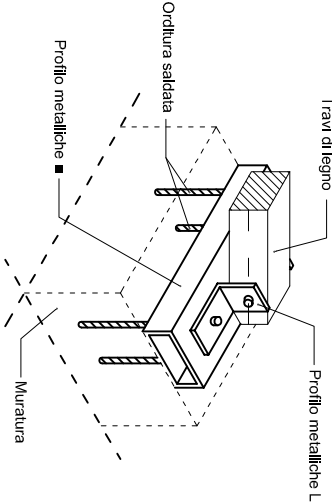
- 1.- Progettare capriate appropriate per la buona trasmissione degli sforzi.
- 2.- Presenza di buona connessione tra gli elementi di orditura della copertura.
- 3.- Presenza di controventi di falda (tavolato incrociato o tiranti metallici).



B

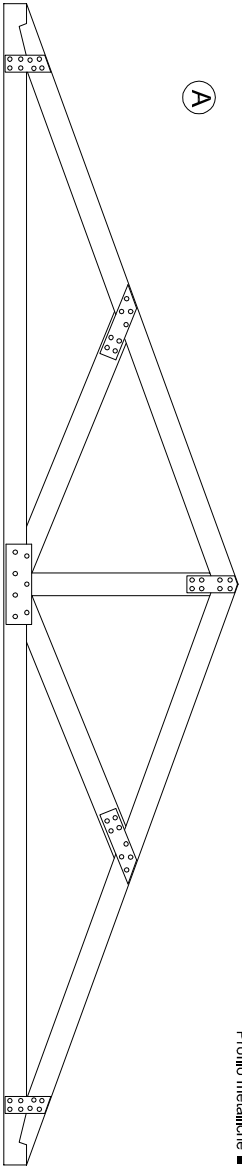
B) Esecuzione dei cordoli leggeri.

- 1.- Presenza di profile metalliche sui muri con barre di acciaio incassate.
- 2.- Presenza di placche metalliche saldate ai profili.
- 3.- Travi e capriate unite ai cordoli di modo tale che non si trasmettono sforzi ai muri.
- 4.- Nascondere il sistema con la cornice in mattoni.



A

Profili metallici.



FICHAS PATOLÓGICAS núm.: 5
Iglesia de San Francisco de Miranda

Elemento constructivo afectado: Cubierta

1.- Caracterización de la Patología

- **Tipo:** Derrumbe.
- **Descripción:** Derrumbe de la cubierta de la Iglesia.

2.- Caracterización del elemento constructivo

- **Tipo:** Cubierta inclinada.
- **Descripción:** Cubierta inclinada compuesta de tirantes y vigas de madera con tejas curvas de arcilla.

3.- Localización

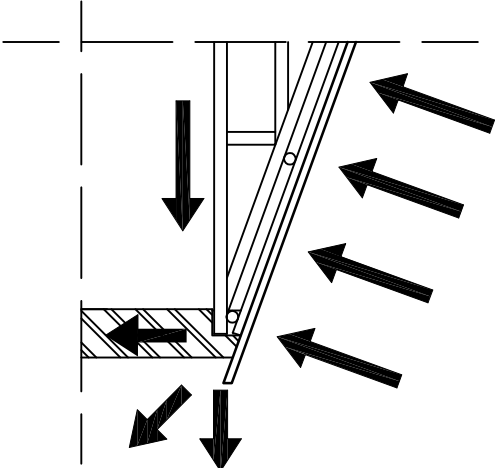
Nave central, lateral derecha, zona cercana al campanario y derrumbe parcial en la capilla de la B. Vergine di Reggio.

4.- Estudio fotográfico



5.- Causas de la patología

- Colapso de la cubierta debido al empuje y derrumbe de las cerchas y vigas por las sacudidas del sismo, empotrar las vigas y cerchas a los muros producen tensiones. La zona cercana al campanario se ha derrumbado por el colapso de éste sobre la cubierta.

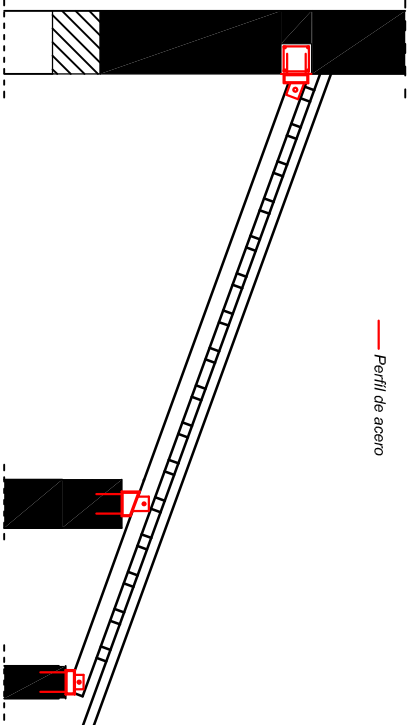


6.- Propuesta de intervención

- 1.- Diseño de cerchas apropiadas.
- 2.- Ejecución de los perfiles ligeros.

A) Diseño de cerchas apropiadas.

- 1.- Proyectar cerchas apropiadas para la buena transmisión de los esfuerzos.
- 2.- Presencia de buenas conexiones entre los elementos de armadura de la cubierta.
- 3.- Presencia de contravientos de pendientes (cruces de san andrés o tirantes metálicos).



B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de madera

Perfil metálico L

Armadura soldada

Perfil metálico

Albanilería

B)

Vigas de

SCHEDE TECNICHE num.: 6

Chiesa di San Francesco in Mirandola

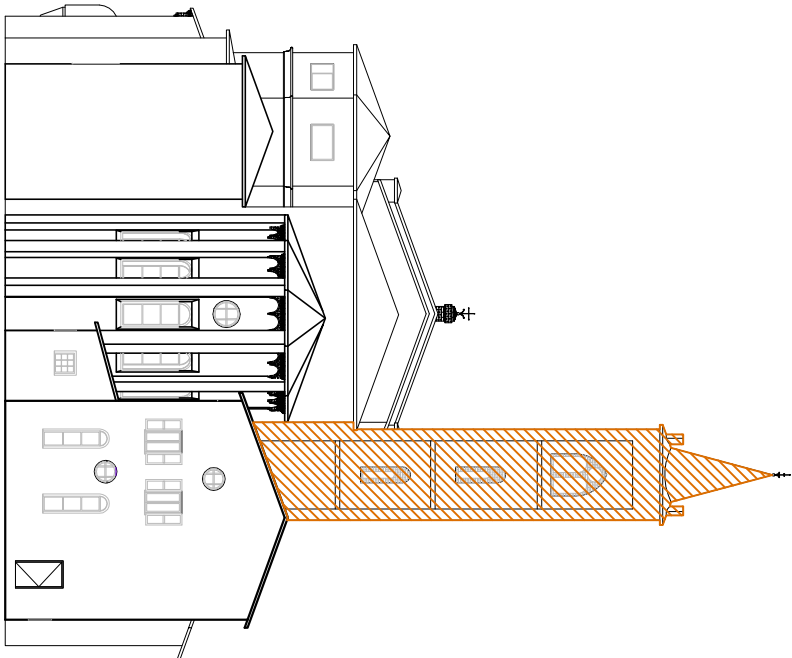
1.- Caratterizzazione della Patologia

- **Tipo:** Crollo.
- **Descrizione:** Crollo totale del campanile e sagrestia.

2.- Caratterizzazione dell'elemento costruttivo

- **Tipo:** Campanile.
 - **Descrizione:** Campanile fatto in muratura a vista di circa 80 cm di spessore inglobato nella chiesa e con tegole curve di argilla.
- Inglobato tra sagrestia e presbiterio, con l'ingresso del presbiterio.

3.- Localizzazione



5.- Cause della patologia

- Crollo totale del campanile dovuto all'azione unita del sisma, al vincolo asimmetrico sulle murature alla base, appoggio irregolare a terra, la non presenza di catene e la sua altezza.
- Queste crollo ha causato il danneggiamento della sagrestia nella zona vicina al campanile, abbattendo tutte le volte e piani.

6.- Proposta d'intervento

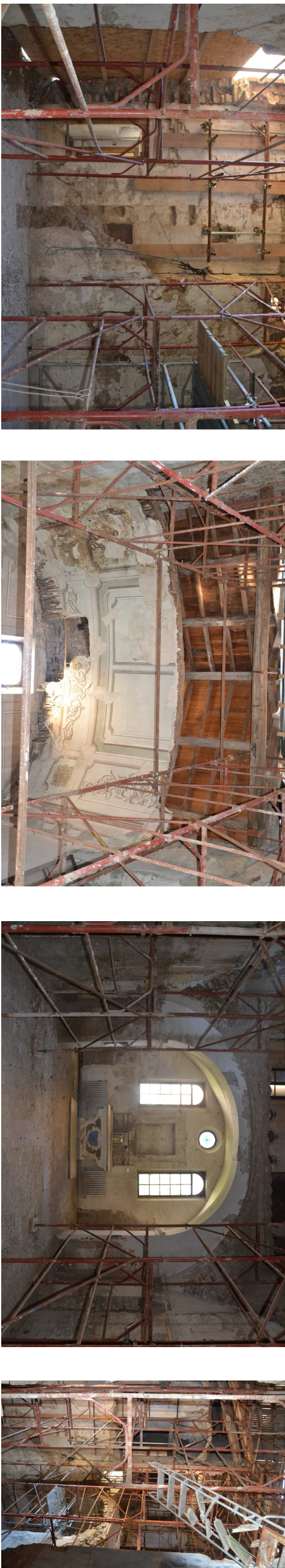
- 1.- Esecuzione del campanile.
- 2.- Riparazione della zona della sagrestia.

- Esecuzione del campanile.

- 1.- Ingrossamento dei pareti del campanile.
- 2.- Buon collegamento ed ammorramento con i muri della chiesa.
- 3.- Buon appoggio a terra dei muri del campanile.
- 4.- Muratura uniforme e di buona qualità.
- 5.- Presenza di catene ai diversi ordini.

- Riparazione della zona della sagrestia.

- 1.- Esecuzione dei muri crollati con buon collegamento.
- 2.- Esecuzione delle volte a botte ed a crociera.



FICHAS PATOLÓGICAS núm.: 6

Iglesia de San Francisco de Miranda

1.- Caracterización de la Patología

- **Tipo:** Derrumbe.
- **Descripción:** Derrumbe total del campanario y sacristía.

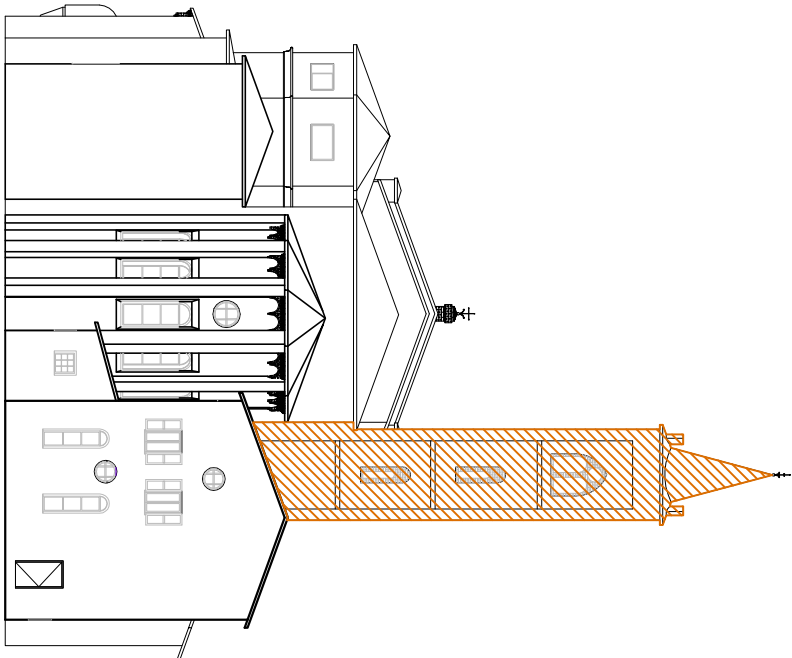
2.- Caracterización del elemento constructivo

- **Tipo:** Campanario.
- **Descripción:** Campanario hecho en albañilería caravista de alrededor de 80 cm de espesor englobado en la iglesia y con tejas curvas de arcilla.

3.- Localización

Englobado entre la sacristía y el presbiterio, con la entrada desde el presbiterio.

4.- Estudio fotográfico



5.- Causas de la patología

- Derrumbe total del campanario debido a la acción conjunta del sismo, al vínculo asimétrico sobre las albañilerías en la base, apoyo irregular a tierra, la no presencia de tirantes y su altura.
- Este derrumbe ha causado el daño de la sacristía en la zona cercana al campanario, abatiendo todas las bóvedas y plantas.

6.- Propuesta de intervención

- 1.- Ejecución del campanario.
- 2.- Reparación de la zona de la sacristía.

- Ejecución del campanario.

- 1.- Aumento de grosor de las paredes del campanario.
- 2.- Buena traba y conexión con los muros de la iglesia.
- 3.- Buen apoyo a tierra de los muros del campanario.
- 4.- Albañilería uniforme y de buena calidad.
- 5.- Presencia de tirantes a varias direcciones.

- Reparación de la zona de la sacristía.

- 1.- Ejecución de los muros derrumbados con buena traba.
- 2.- Ejecución de las bóvedas de cañón y de crucería.

