

**ADVERTIMENT.** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA.** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR ([www.tesisenred.net](http://www.tesisenred.net)) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING.** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author

# LA VULNERABILIDAD DE LA RESTAURACIÓN DE MONUMENTOS ANTE LOS SISMOS.

*Aplicación del método italiano de macro elementos a tres  
Iglesias del S. XVII en San Sebastián del Oeste Jalisco,  
México.*

Presenta: Rosa María Sánchez Sosa.  
Director: José Luís González Moreno - Navarro.



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA DE BARCELONA.

Doctorado en Construcción, Restauración y Rehabilitación  
Arquitectónica.

Agosto 2011.

## 5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD FRENTE A SISMOS.

Es en este capítulo donde aprovecharé la amplia experiencia italiana para aplicarla a estas tres iglesias con el método de análisis sísmico, a través de MACROELEMENTOS. Para el análisis de la vulnerabilidad de los templos de San Sebastián del Oeste utilizaré este método usado por los restauradores italianos, tal y como se menciona en la metodología de esta investigación, basado en el análisis de las partes o MACROELEMENTOS<sup>1</sup>. Bien es sabido que Italia, al igual que México, ha sufrido estos fenómenos sísmicos con fuertes pérdidas humanas y materiales.

Un *Macroelemento* se puede definir como

*“una parte de la iglesia caracterizada por una respuesta sísmica suficientemente autónoma con respecto de otras partes de la estructura”.*<sup>2</sup>

El comportamiento global de la estructura es evaluado como la suma de la contribución de cada macroelemento de la iglesia. Así, el análisis del comportamiento de los muros de mampostería debe considerar los vacíos generados por ventanas y puertas, como el ensamblaje de los macroelementos utilizando tanto pilares de mampostería como dinteles.

El modelo es útil para describir el comportamiento mecánico no lineal en el plano de los paneles de mampostería y determinar el daño que sufren este tipo de estructura cuando se ven sometidas a sismos.

La bondad de los elementos que utilizan macroelementos para representar muros de mampostería no reforzada radica en que éstos se caracterizan por tener un bajo número de incógnitas, con lo cual, los procedimientos empleados para describir la respuesta del muro en su plano hasta alcanzar su colapso son relativamente simples. Vale la pena señalar que en este estudio no estamos involucrando métodos de cálculo, solo análisis de respuestas gráficas, con el fin de prever el colapso de los edificios por efecto de sismo.

De los métodos que existen hoy en día para el análisis de estructuras de mampostería (que es el caso de los tres templos), me pareció que era el más sencillo y fácil de comprensión, ya que involucra las formas y las relaciones entre largos, anchos y espesores de cada macro. Es decir,

---

<sup>1</sup> AA.VV. LE CHIESE E IL TERREMOTO. *Dalla vulnerabilità constatata nel terremoto del friuli al miglioramento antisismico nel restauro, verso una politica di prevenzione* Edizioni LINT Trieste, Italia 1994.

<sup>2</sup> [http://www.icc.es/web/gcontent/pdf/pubtec/2003\\_2004/2003\\_irizarry\\_et\\_al\\_curvas.pdf](http://www.icc.es/web/gcontent/pdf/pubtec/2003_2004/2003_irizarry_et_al_curvas.pdf)

## 5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD FRENTE A SISMOS.

involucra la geometría de todo el proyecto, algo que sin duda debemos cuidar los arquitectos desde que estamos concibiendo un proyecto.

La investigación tiene como finalidad registrar los datos obtenidos de cada una de las visitas de campo a los distintos templos. En base a la observación exhaustiva de los fenómenos de daños, relacionados con la variedad de sistemas constructivos, se ha analizado si existe una tipicidad de la relación entre la modalidad del daño y la forma edificada, o entre el daño y las características constructivas. Para ello se ha tenido en cuenta las orientaciones, la dirección predominante de los temblores y los tipos de suelos.

Se encontraron algunas dificultades al examinar, de manera global, como aparecen los daños en la obra y al comparar los diversos sistemas con sus relativos daños. La primera de ellas tiene a ver con la poca presencia de documentación histórica que describa el estado de los edificios antes de un sismo y los daños aparecidos súbitamente después del mismo. Únicamente pudimos basarnos en la observación de las grietas, fisuras o fracturas que íbamos monitoreando a lo largo de estos diez años tras el deterioro natural o los fenómenos sísmicos ocurridos. En nuestro caso hemos encontrado algunos reportes valiosos de escritos por los sacerdotes de las parroquias, en los libros de curato, en textos vinculados con la historia sismológica de México o en el Sistema Sismológico Nacional.

En segundo lugar, aunque los tres templos son de tipologías similares se ha individualizado cada caso al existir, siempre, diversidades entre ellas: en formas, dimensiones o en las partes agregadas. No se pretende, por lo tanto, crear un manual que generalice o sea extrapolable a otros ejemplos, sino ver las características individuales de cada manufactura.

Son varios los autores que coinciden, y sustentan, que tienen mucho que ver las formas, las dimensiones y las relaciones entre ambas, para un menor o mayor comportamiento antisísmico. Sus sistemas constructivos presentarán una mejor respuesta cuanto más homogéneos sean, sobre todo en las maneras de integrar o amarrar sus partes entre sí. Naturalmente el subdividir el edificio en partes puede resultar arriesgado si no se considera dentro de la totalidad de la obra. Por esta consideración es que se pretende analizar los templos de las dos maneras.

El método planteado en *Le chiese e il terremoto* determina la subdivisión por macroelementos, definiendo éstos como

*“una parte constructivamente reconocible y completa de la obra, que puede coincidir - pero no necesariamente coincide - con una parte identificable también bajo el aspecto arquitectónico y funcional (ejemplo: fachada, ábside, capilla); es por norma establecida, al menos una pared entera o una estructura horizontal, pero solitariamente es formada de más paredes y elementos horizontales conectados entre*

## 5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD FRENTE A SISMOS.

*ellos para constituir una parte constructivamente unitaria y, en algunos casos, volumétricamente definidos, pueden estar unidos y no independientes del complejo de la construcción.*

*...por macroelemento se entiende también, la parte edilicia en la cual es observable y completamente describible un comportamiento unitario, reconocible en el sistema constructivo...<sup>3</sup>*

Así el concepto de macroelemento surge de la observación general del modo de trabajar de las partes y los daños que les afectan. La ventaja de la división es que permite relacionar las características particulares mostradas por cada macroelemento con las características del comportamiento global observado. Cabe recalcar que la división ha de ser simple y clara, teniendo en cuenta siempre la conformación propia y la posición respecto la obra. Se debe observar los daños e interpretar los mecanismos de inestabilidad entre las partes del macroelemento, entre los distintos macroelementos continuos y la interacción de todos dentro del conjunto. Es decir separamos las partes, para analizarlas de manera individual y posteriormente de manera integral.

Es necesario indicar el significado de los diversos términos utilizados en el estudio <sup>4</sup>:

**DAÑO:** indica las evidencias físicas de las modificaciones sufridas por la obra respecto a su estado original.

**TIPO DE DAÑO:** indican las características de los daños en su forma y disposición dentro de la construcción. Su reconocimiento permite relacionar el objeto dañado y el mecanismo de desequilibrio.

**MODO DE DAÑO:** indica la relación entre el daño, el material y las características constructivas del elemento dañado.

El proceso de análisis se divide en seis pasos:

1. Determinación de las subdivisiones o partes constitutivas denominadas Macroelementos.
2. Análisis de modo independiente para cada uno de ellos, tomando en cuenta geometría y materiales (tanto en muros como en cubiertas), su conexión y discontinuidad (interna como externa).
3. Descripción del Estado de Daño 1 que indica los deterioros generales observados durante las visitas de campo en cada uno de los elementos de manera particular.

---

<sup>3</sup> Macroelemento es un término empleado por A. De Colle, F. Doglioni y L. Mazzorana en *Le chiese e il terremoto. Dalla vulnerabilità constatata nel terremoto del Friull al miglioramento antisismico nel restauro, verso una política di prevenzione*. Edizioni LINT Trieste. Trieste, 1994. Pag.71

<sup>4</sup> Ibid pag. 73y 74

## 5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD FRENTE A SISMOS.

4. Hipótesis del Estado de Daño 2 donde se plantean los supuestos sucesos en un futuro si no se toman las providencias necesarias para evitarlos. Aquí se supone una dirección suroeste-noreste que sería la más probable según el capítulo 3 y como mínimo una magnitud de 7° de la escala de Richter.
5. Descripción del Esquema de Mecanismo que muestra los esfuerzos y elementos de desequilibrio que están influyendo para apoyar estas hipótesis.
6. Finalmente se agrega un isométrico que muestra gráficamente estas hipótesis de manera integral, en cada conjunto monumental. Donde se plantea y podemos apreciar de manera global el comportamiento holístico de la estructura edilicia. Así como las relaciones encontradas con algunas iglesias del método italiano de análisis.




Las siguientes gráficas muestran la simbología empleada para facilitar la lectura e interpretación de los macro elementos.

SIMBOLOGÍA PARA MACROS.	
GEOMETRÍA Y MATERIALES.	
-----	AUMENTO O REDUCCIÓN DE ESPESORES DE MUROS.
-----	HETEROGENEIDAD CONSTRUCTIVA ENTRE LAS PARTES DE MUROS EN LOS CUALES SE VEN MATERIALES O TÉCNICA DIVERSAS.
•••••	HETEROGENEIDAD CONSTRUCTIVA EN MUROS, REALIZADOS CON ESPESORES DIVERSOS.
1	NOTA EXPLICATIVA.
CONEXIÓN Y DISCONTINUIDAD.	
N.D.	NO DETECTADO.
ACE.	CONEXIÓN ACERTADA.
EFIC.	CONEXIÓN EFICIENTE.
INEF.	CONEXIÓN INEFICIENTE.

## 5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD FRENTE A SISMOS.

INC.	CONEXIÓN INCIERTA.
PAR.	CONEXIÓN PARCIAL.
	DISCONTINUIDAD CONSTRUCTIVA ENTRE LAS PARTES DEL MURO, EVIDENCIADA EN EL PLANO.
	DISCONTINUIDAD CONSTRUCTIVA OBTENIDA EN LA SECCIÓN DEL MURO; INDICA FALTA DE CONTINUIDAD ENTRE EL INTERIOR Y EL EXT.
	a= PARTE RELATIVAMENTE ANTERIOR. b= PARTE RELATIVAMENTE POSTERIOR. EN MUROS NO HOMOGÉNEOS.
	APERTURA ACTUALMENTE NO UTILIZADA (TAPIADA).
	DISCONTINUIDAD EN EL ÁNGULO DE LOS MUROS.
	DISCONTINUIDAD EN EL NODO DE LOS MUROS.
	SUJECCIÓN DE ROTURA HECHA POSTERIORMENTE.
	LESIÓN SÍSMICA LEGIBLE.

## 5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD FRENTE A SISMOS.

ESTADO DE DAÑO 1.	
	LESIÓN LEGIBLE SÍSMICA REPARADA.
	PORCIÓN DE MURO REPARADO PREVIAMENTE CON DIFERENTES MATERIALES QUE LOS ORIGINALES.
	PARTE DE MURO O LÍNEA DETERIORADA
1	NOTA EXPLICATIVA.

Las distintas lesiones se señalan con diversos colores: Fisuras en color azul cian, Grietas en color azul básico y Fracturas en color rojo.

fractura  
grieta  
fisura 5

<sup>5</sup> GÓMEZ TREMARI, Raúl. Fundamentos de Diseño y Construcción Sismo-resistente. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco 1988. P.p. 204-205. Se ha tomado la siguiente clasificación:

*Fisuras:* Cuando la separación es menor o igual a 0.4 milímetros y una magnitud de daño mínimo.

*Grietas:* Cuando la separación es menor o igual a 1 milímetro, calificada con una magnitud de daño moderado.








*Fracturas:* Cuando la rotura traspasa el material en su espesor totalmente y la separación es mayor o igual de 5 milímetros. Donde ya se disminuye la resistencia y la rigidez del elemento y puede haber problemas de estabilidad en el mismo, obligando al refuerzo y reparación de daños.






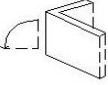



## 5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD FRENTE A SISMOS.

ESTADO DE DAÑO 2.	
	SEPARACIÓN DE MUROS.
	HUNDIMIENTOS. SOBRE PLANOS DIVERSOS.
	DESPLOME.
	PANDEO
	APERTURA DE APOYOS.
<b>n.v.</b> -----	PARTE NO VISIBLE DE LA DOCUMENTACIÓN FOTOGRAFICA.
1	NOTA EXPLICATIVA.

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD FRENTE A SISMOS.

ESTADO DE DAÑO 2.	
	LESIÓN CON POSICIÓN EN "V" CON BORDES COPLANARES.
	LESIÓN EN POSICIÓN EN "V" CON BORDES SOBRE PLANOS DIVERSOS.
	LESIONES DE DESPRENDIMIENTO CONSTANTES CON BORDES COPLANARES.
	LESIONES DE DESPRENDIMIENTOS CONSTANTES CON BORDES EN PLANOS DIVERSOS.
	LESIÓN CON FORMA DE TRAPECIO CON BORDES COPLANARES.
	LESIÓN CON FORMA DE TRAPECIO CON BORDES SOBRE PLANOS DIVERSOS.
	LESIÓN HORIZONTAL CON FORMA EN "V".

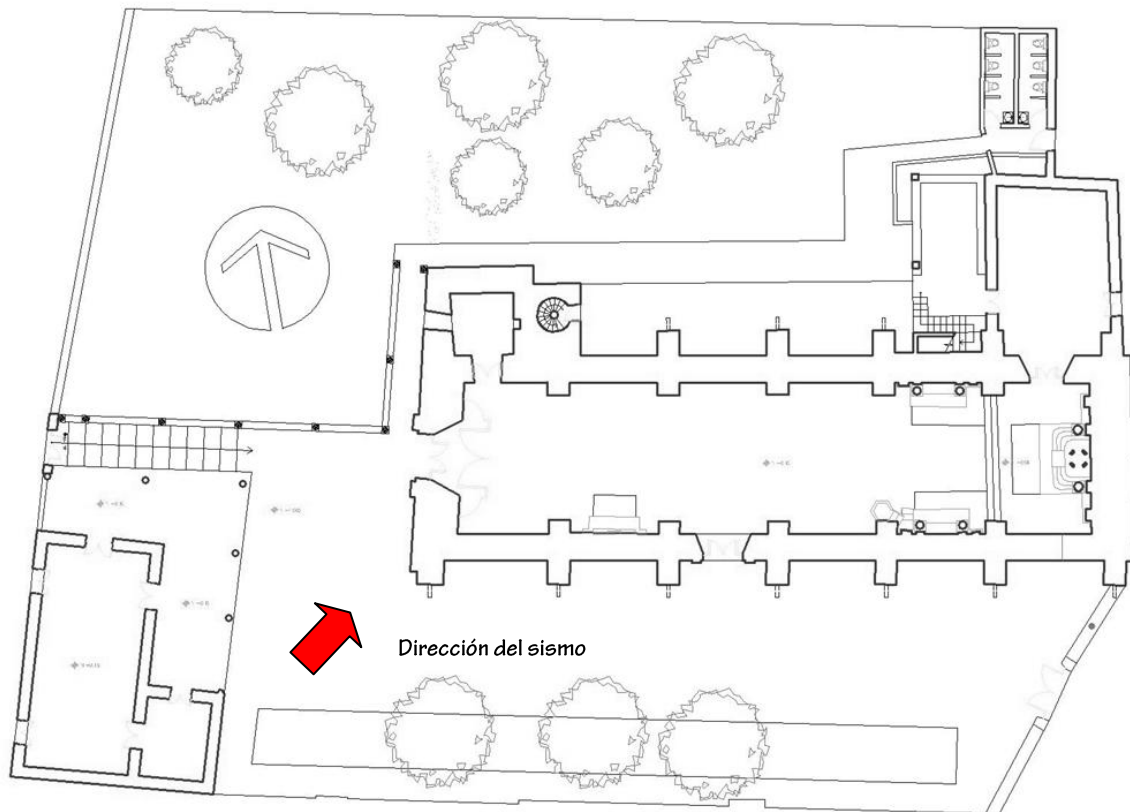
## 5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD FRENTE A SISMOS.

ESQUEMA DE MECANISMO.	
	ROTACIÓN DEL PLANO EN TORNO AL EJE ORTOGONAL DEL PLANO CONSIDERADO.
	ROTACIÓN FUERA DEL PLANO EN TORNO AL EJE HORIZONTAL.
	ROTACIÓN EN TORNO AL EJE VERTICAL.
	ROTACIÓN ANGULAR FUERA DEL PLANO EN DIRECCIÓN NO COINCIDENTE CON LOS EJES PRINCIPALES.
	TRASLACIÓN.
	ASENTAMIENTO.
	MECANISMO PREDOMINANTE DE ROTURA EN EL PLANO DEL MURO.
	PUNTO O LÍNEA CON EFECTO DE PIVOTE.

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN.

## 5.1 SAN SEBASTIÁN MÁRTIR.

Examinando su planta (figura 1) se puede considerar que tiene buena rigidez en el sentido norte-sur comparado con el oriente-poniente. Su ancho se repite casi cuatro veces a lo largo de la Iglesia, es decir proporción 1 / 3.78



1). Planta arquitectónica de la Iglesia de San Sebastián.

Este templo muestra unos muros bastante compensados en un sentido y en el otro, a pesar de que en el sentido longitudinal los muros son más delgados que en el transversal. Se puede decir que se compensa la rigidez con los contrafuertes y las pilastras. Ello indica un comportamiento aceptable en ambos sentidos. Probablemente pueda resentir la parte correspondiente al cuerpo de la sacristía, ya que los muros son mucho más delgados que los de la Iglesia, y estructuralmente no está separado un cuerpo del otro, lo cual sería conveniente. Es muy probable que se presente un esfuerzo cortante vertical al momento de la oscilación, Lo cual no ocurrirá con el cuerpo correspondiente al museo, ya que este si se encuentra separado afortunadamente, ya que absorberá la energía de manera independiente. Los macroelementos serán de la siguiente manera:

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN.

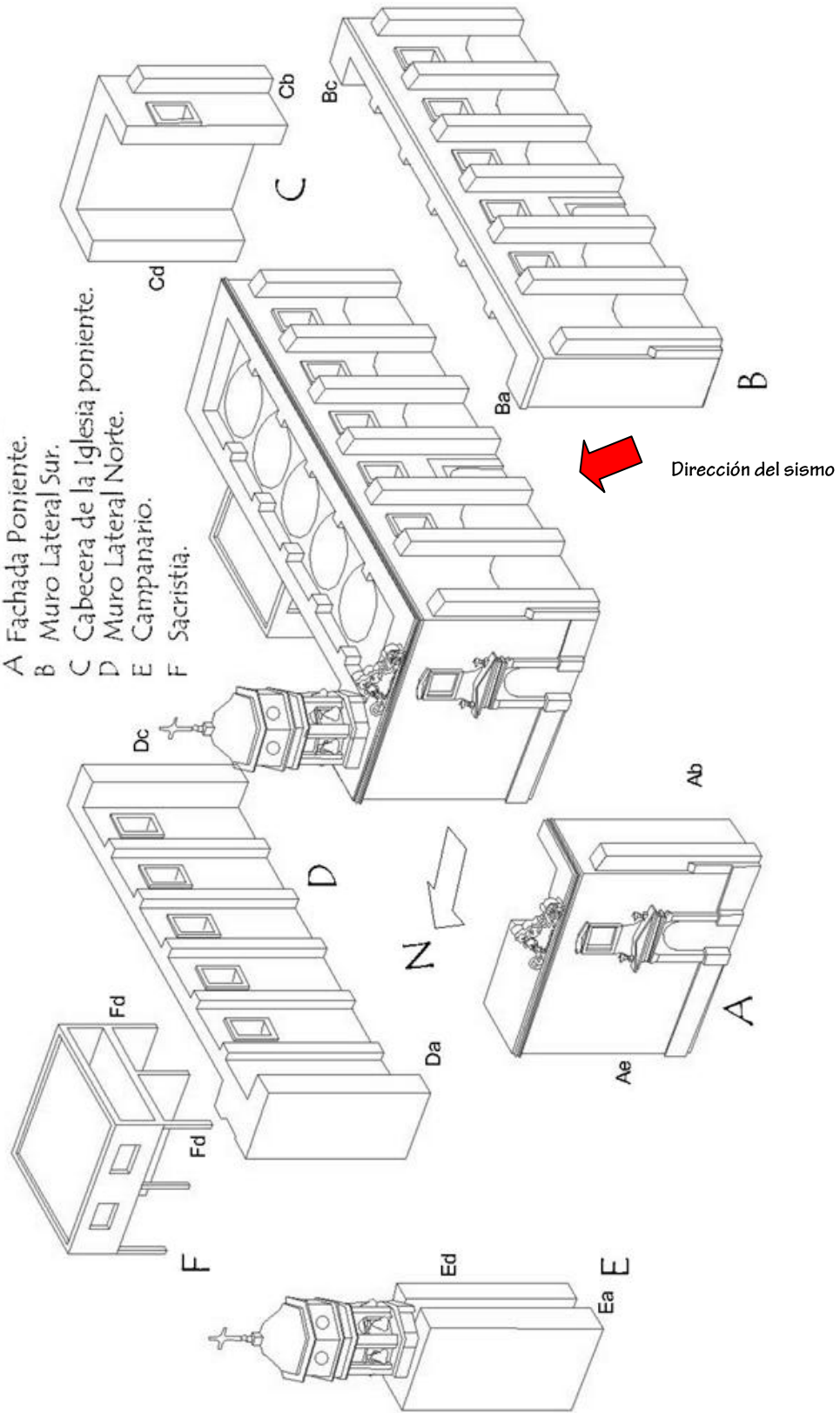
5.1.1 DETERMINACIÓN DE MACROELEMENTOS.

IGLESIA DE SAN SEBASTIÁN MÁRTIR.

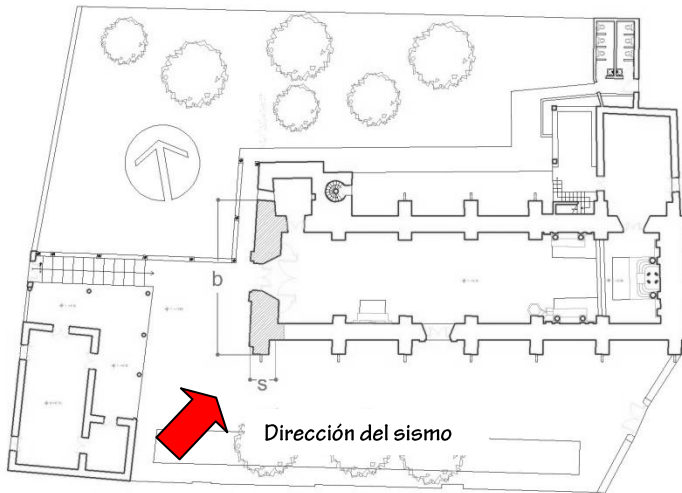
Subdivisiones en partes constitutivas denominadas

MACROELEMENTOS:

- A Fachada Poniente.
- B Muro Lateral Sur.
- C Cabecera de la Iglesia poniente.
- D Muro Lateral Norte.
- E Campanario.
- F Sacristía.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN.



**MACROELEMENTO "A"**  
**FACHADA PONIENTE.**

**GEOMETRÍA Y MATERIALES**

$s = 2.15 \text{ m}$

$b = 15.02 \text{ m}$

$h1 = 12.10 \text{ M}$

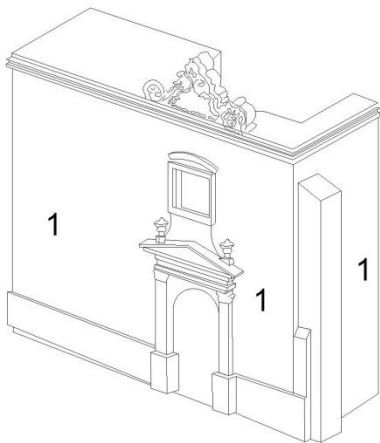
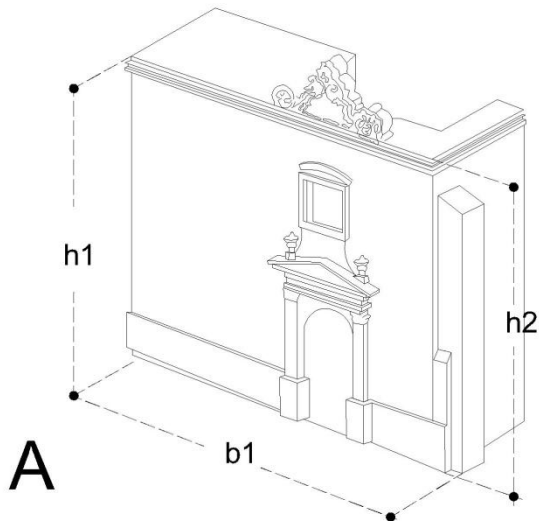
$h2 = 11.40$

Tipo de muro:

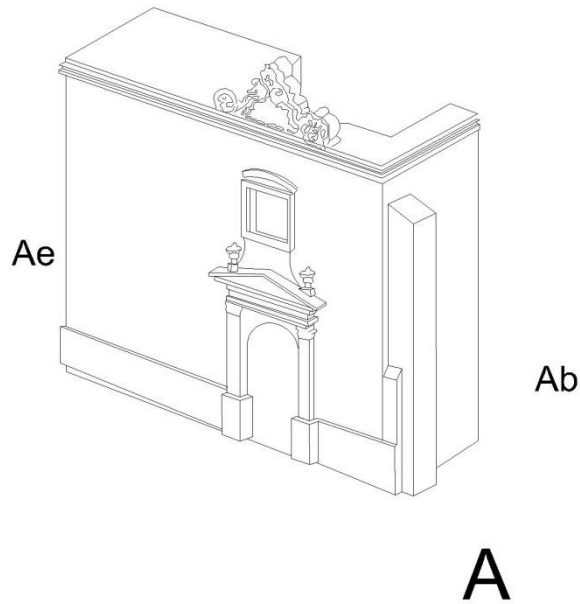
1.) Muro doble de piedra nucleado, pegado con mortero de cal y arena, enjarrado por la parte externa e interna, con mortero de cal, cemento y arena.

Tipo de Cubierta:

Bóveda elíptica nervada, hecha con ladrillo pegado con mortero de cal y arena. Enjarrada con cal, cemento y arena.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN.



---

CONEXIÓN Y DISCONTINUIDAD

---

A.)INTERNA

---

*Discontinuidad de construcción*  
N. D.

---

*Discontinuidad de transformación*  
INEF.

---

*Elementos de rigidez*  
EFI.

---

B.)EXTERNA

---

*Discontinuidad de construcción*  
N.D. *Elementos de ensamble o de unión, con la misma piedra.*

---

*Discontinuidad de transformación*  
N. D.

---

*Conexión con muros ortogonales*  
EFI.

---

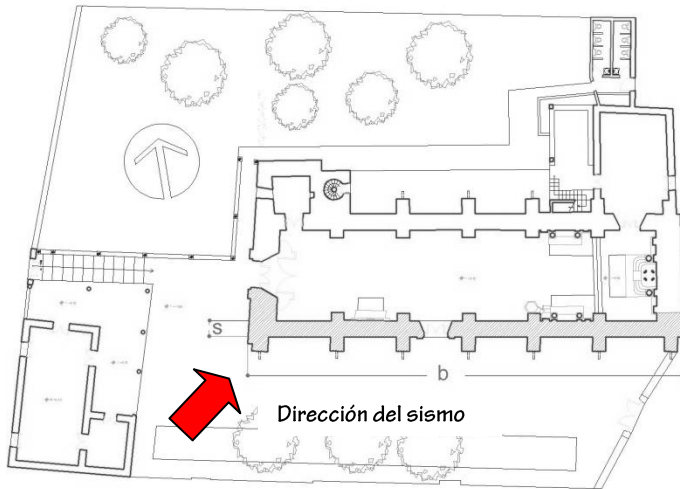
*Conexión estructura vertical con la cubierta.* ACE.  
*La estructura de la cubierta se apoya directamente sobre los muros perimetrales.*

---

*Elementos de conexión* EFI.

---

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN.



---

**MACROELEMENTO "B"**  
**MURO LATERAL SUR.**

---

**GEOMETRÍA Y MATERIALES**

---

$s = 1.27 \text{ m}$

---

$b = 34.26 \text{ m}$

---

$h = 11.40 \text{ M}$

---

**Tipo de muro:**

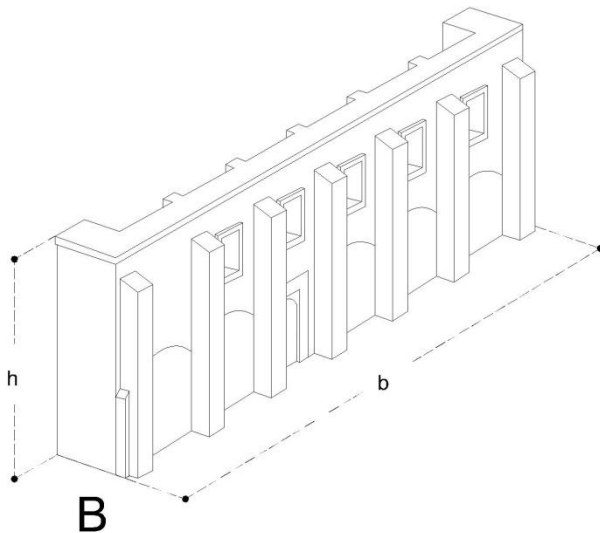
---

- 1.) Muro doble de piedra nucleado con mortero de cal y arena, enjarrado por la parte interna con mortero de cal cemento y arena, aparente por la parte externa.
- 

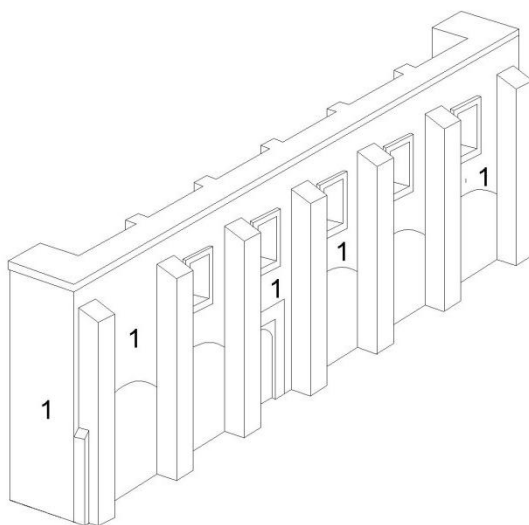
**Tipo de Cubierta:**

---

Bóvedas elípticas nervadas de crucería, hechas con ladrillo y mortero de cal y arena. Enjarradas con mortero de cal arena y cemento.



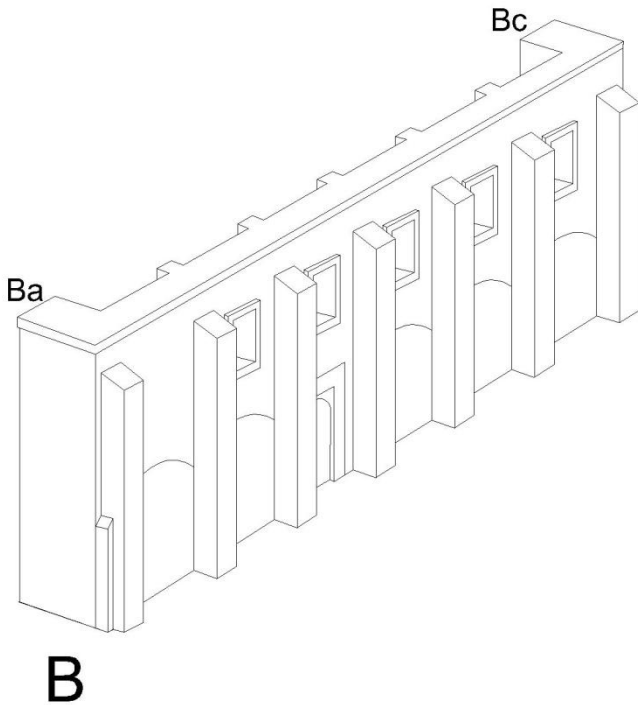
**B**



**B**



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN.



CONEXIÓN Y DISCONTINUIDAD

A.)INTERNA

Discontinuidad de construcción  
N. D.

Discontinuidad de transformación  
INEF. Arcos tapiados con diferente material.

Elementos de rigidez  
EFI.

B.)EXTERNA

Discontinuidad de construcción N.  
D. Elementos de ensamble o de unión, con la misma piedra.

Discontinuidad de transformación  
INEF. Tapiaron Con piedra distinta.

Aperturas actualmente no utilizadas, tapiadas.

Conexión con muros ortogonales  
EFI.

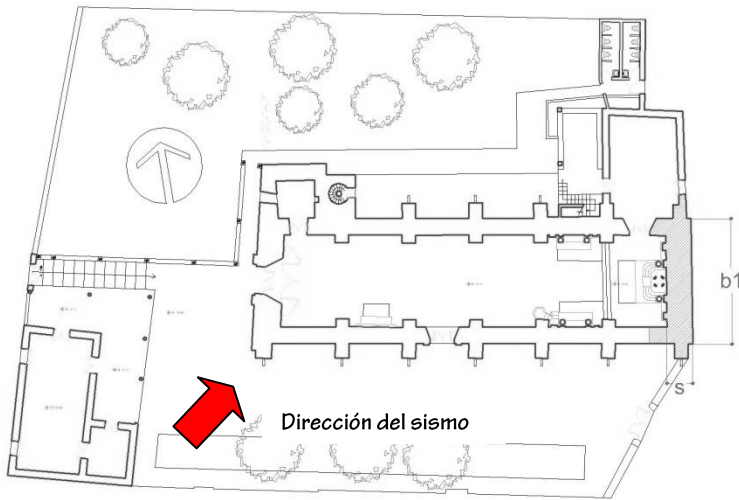
Conexión estructura vertical con la cubierta.  
ACE.

La estructura de la cubierta se apoya directamente sobre los muros perimetrales.

Elementos de conexión  
EFI.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN.



---

**MACROELEMENTO "C"**  
**CABECERA DE LA**  
**IGLESIA.**

---

**GEOMETRÍA Y MATERIALES**

---

$s = 2.06 \text{ m}$

---

$b = 9.73 \text{ m}$

---

$h = 10.74 \text{ M}$

---

Tipo de muro:

---

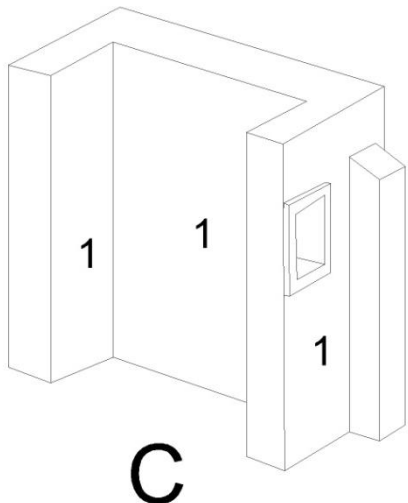
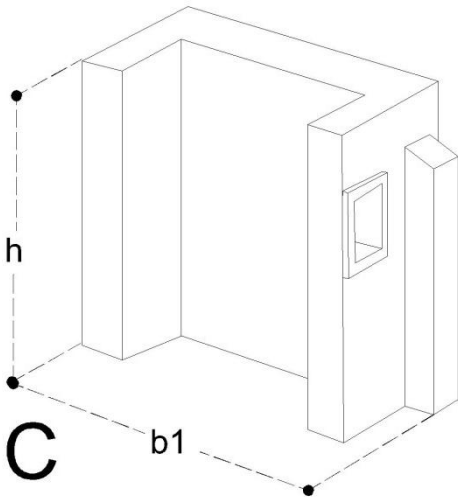
1.) Muro doble de piedra nucleado, enjarrado por la parte interna, con mortero de cal, cemento, arena.

---

Tipo de Cubierta:

---

Bóvedas elípticas nervadas, hechas con piedra pegada con mortero de cal y arena. Enjarrada por la parte interior con cal y arena.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN.

---

CONEXIÓN Y DISCONTINUIDAD

---

A.) INTERNA

---

Discontinuidad de construcción  
N. D.

---

Discontinuidad de transformación  
ACE.

---

Elementos de rigidez  
ACE.

---

B.) EXTERNA

---

Discontinuidad de construcción  
ACE.

---

Discontinuidad de transformación  
ACE. Ausencia de elementos de  
ensamble o de unión con la parte  
nueva de la sacristía.

---

Apertura actualmente no utilizada,  
tapiada.

---

Conexión con muros ortogonales  
ACE.

---

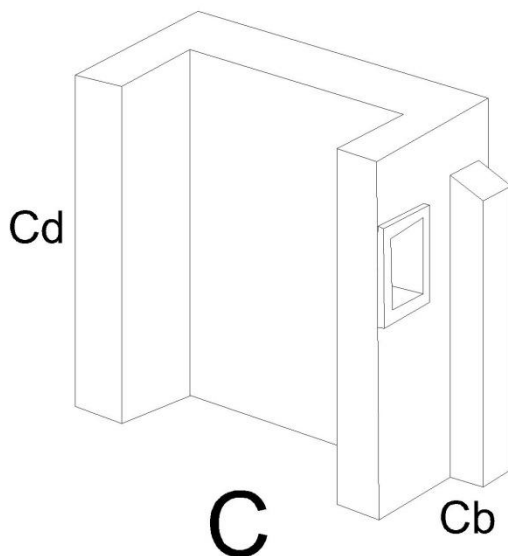
Conexión estructura vertical con la  
cubierta. ACE.

La estructura de la cubierta se  
apoya directamente sobre los  
muros perimetrales.

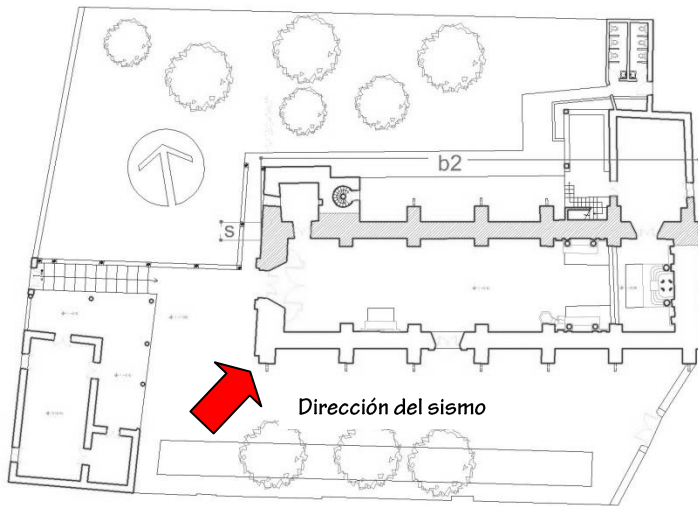
---

Elementos de conexión  
INEF. Solo con las partes nuevas, lo  
cual puede ser conveniente por el  
cambio de rigideces en los  
materiales.

---



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN.



---

**MACROELEMENTO "D"**  
**MURO LATERAL NORTE.**

---

**GEOMETRÍA Y MATERIALES**

---

$s = 1.28 \text{ m}$

---

$b = 33.60 \text{ m}$

---

$h = 11.40 \text{ M}$

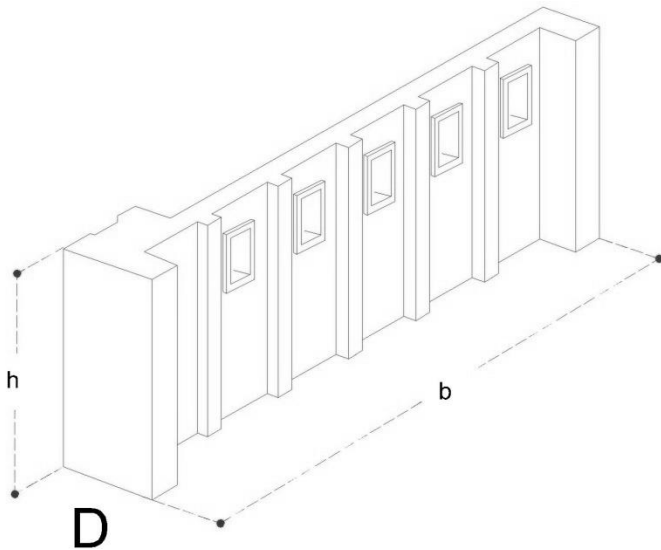
---

**Tipo de muro:**

---

1.) Muro nucleado doble de piedra con mortero de cal y arena, enjarrado por la parte interna, con mortero de cal, cemento y arena. Aparente por la parte externa.

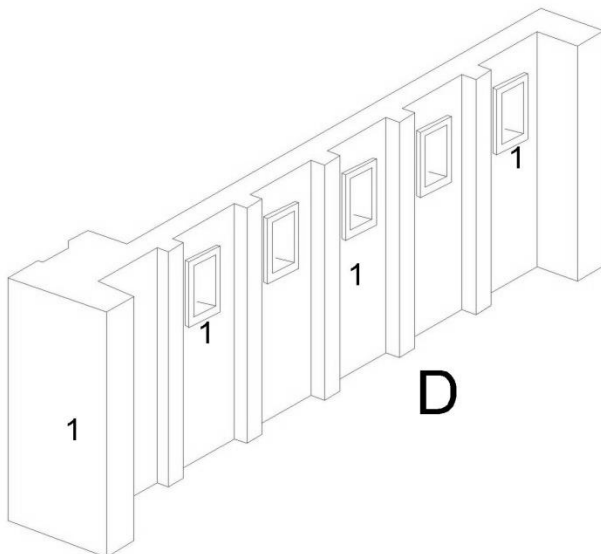
---



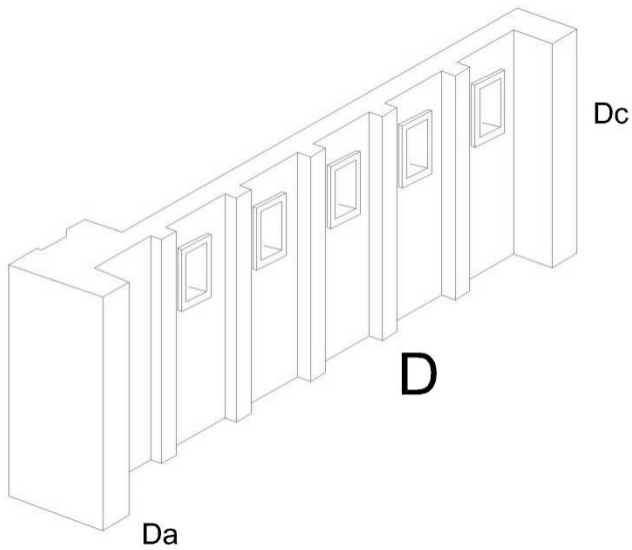
**Tipo de Cubierta:**

---

Bóvedas elípticas de nervadura, hechas con ladrillo, pegado con mortero de cal y arena, enjarradas con mortero de cal cemento y arena.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN.



---

CONEXIÓN Y DISCONTINUIDAD

---

A.)INTERNA

---

Discontinuidad de construcción  
N. D.

---

Discontinuidad de transformación  
INEF. Tapiaron con material  
distinto al original.

---

Elementos de rigidez  
ACE.

---

B.)EXTERNA

---

Discontinuidad de construcción  
ACE. Ausencia de elementos de  
ensamble o de unión, solo con la  
sacristía.

---

Discontinuidad de transformación  
ACE.

---

Conexión con muros ortogonales  
EFI.

---

Conexión estructura vertical con la  
cubierta. ACE.  
La estructura de la cubierta se  
apoya directamente sobre los  
muros perimetrales.

---

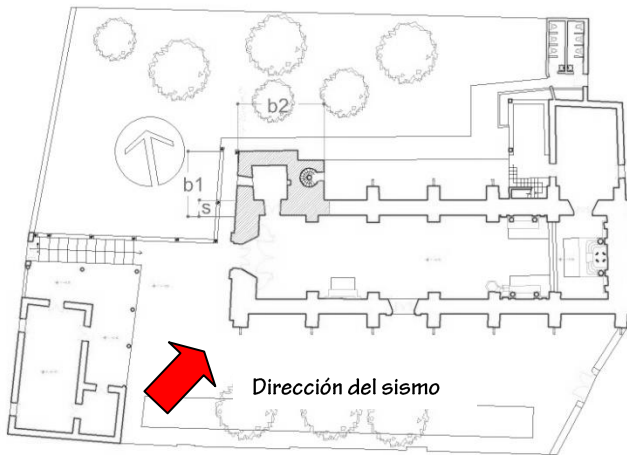
Elementos de conexión  
INEF.

---

Solo con las partes nuevas.

---

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN.



---

**MACROELEMENTO "E"  
CAMPANARIO.**

---

**GEOMETRÍA Y MATERIALES**

---

$s = 1.28 \text{ m}$

---

$b1 = 5.61 \text{ m}$

---

$b2 = 7.35 \text{ m}$

---

$h = 21.59 \text{ m}$

---

**Tipo de muro:**

---

1.) Muro doble de piedra nucleado, aparente, pegado con mortero de cal y arena.

---

**Tipo de Cubiertas:**

---

Bóveda de pañuelo mixta, hecha en piedra y ladrillo, pegada con mortero de cal y arena.

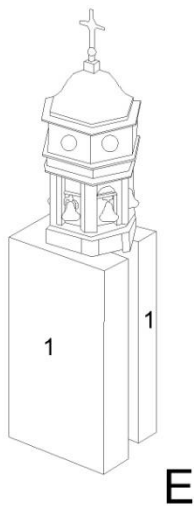
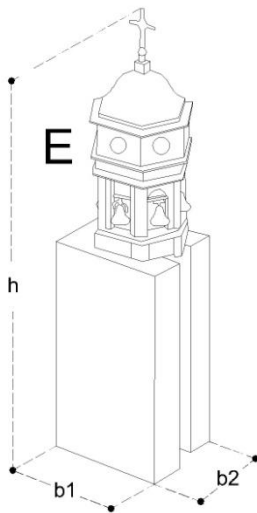
---

Tapanco de madera de pino de la región, previo a la cubierta del campanario.

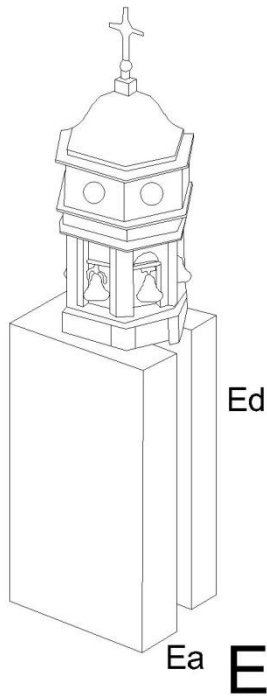
---

Cupulín octogonal hecho con ladrillo, pegada con mortero de cal y arena.

---



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN.



---

CONEXIÓN Y DISCONTINUIDAD

---

A.)INTERNA

---

Discontinuidad de construcción  
N. D.

---

Discontinuidad de transformación  
INEF. Se notan añadidos de ladrillo.

---

Elementos de rigidez  
ACE.

---

B.)EXTERNA

---

Discontinuidad de construcción N.  
D. Ausencia de elementos de  
ensamble o de unión.

---

Discontinuidad de transformación  
N. D.

---

Conexión con muros ortogonales  
EFIC.

---

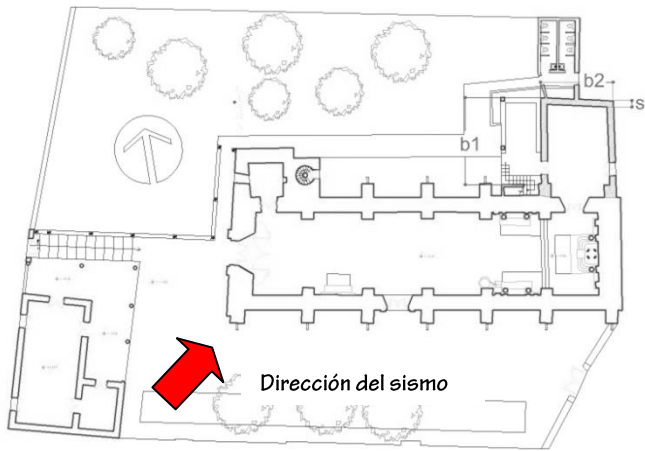
Conexión estructura vertical con la  
cubierta. PAR.  
La estructura de la cubierta se  
apoya directamente sobre los  
muros perimetrales.

---

Elementos de conexión  
INEF.

---

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN.



---

**MACROELEMENTO "F"  
SACRISTIA.**

---

**GEOMETRÍA Y MATERIALES**

---

$s = 0.65 \text{ m}$

---

$b1 = 7.50 \text{ m}$

---

$b2 = 6.28 \text{ m}$

---

$h = 6.50 \text{ m}$

---

**Tipo de muro:**

---

1.) Muro mixto de ladrillo y piedra, enjarrado por la parte interna, con mortero de cal, cemento, arena.

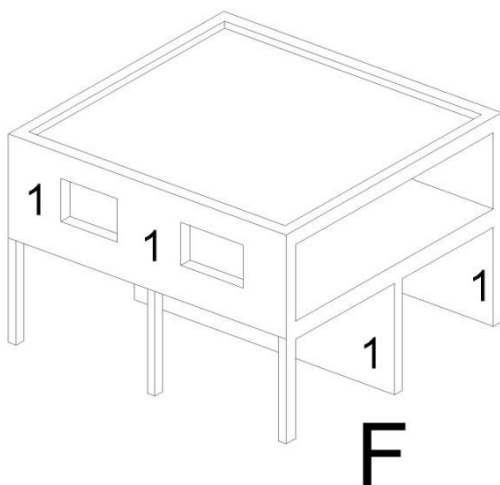
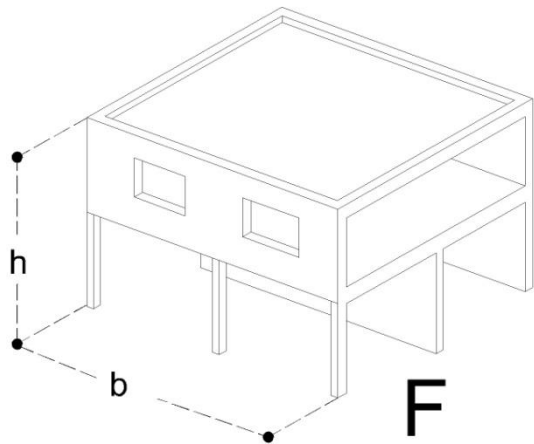
---

**Tipo de Cubierta:**

---

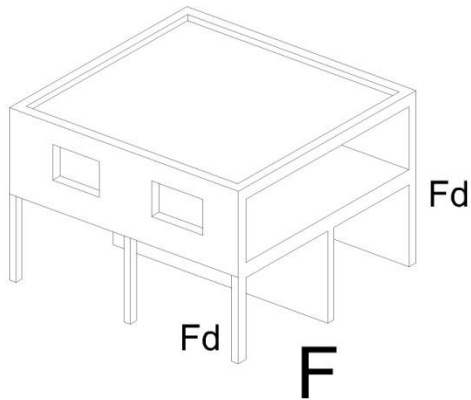
Bóveda de cuña hecha con vigas de acero y ladrillo de lama pegado con mortero de cal, cemento y arena.

---





5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN.



---

CONEXIÓN Y DISCONTINUIDAD

---

A.)INTERNA

---

Discontinuidad de construcción  
N. D.

---

Discontinuidad de transformación  
N. D.

---

Elementos de rigidez  
EFI.

---

B.)EXTERNA

---

Discontinuidad de construcción  
EFIC.

---

Discontinuidad de transformación  
EFIC.

---

Conexión con muros ortogonales  
ACE.

---

Conexión estructura vertical con la  
cubierta. ACE.  
La estructura de la cubierta se  
apoya directamente sobre los  
muros perimetrales.

---

Elementos de conexión N.  
D.

---

Con la parte original.

---

### 5.1.2 ANÁLISIS DE HIPÓTESIS DE RUPTURA.

#### MACROELEMENTO "A"

#### FACHADA PONIENTE.

ESTADO DEL DAÑO 1 Documentado

---

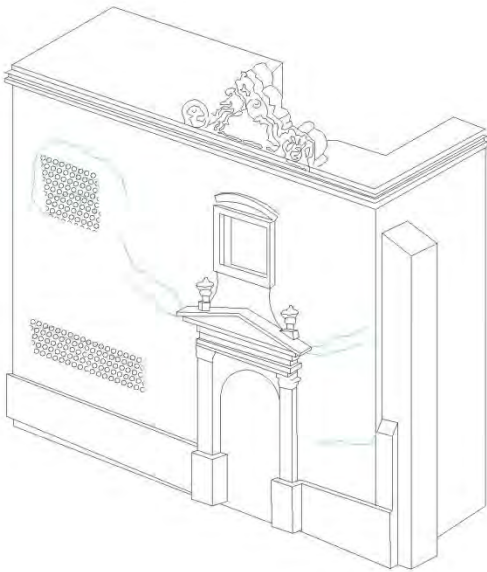
*Inestable:* No legible en su construcción original.

---

*Degradación:* Legible en su construcción original.

---

*Reparaciones de partes o lesiones:* Legible en su construcción original, se aprecian resanes hechos posteriormente con diversa coloración.





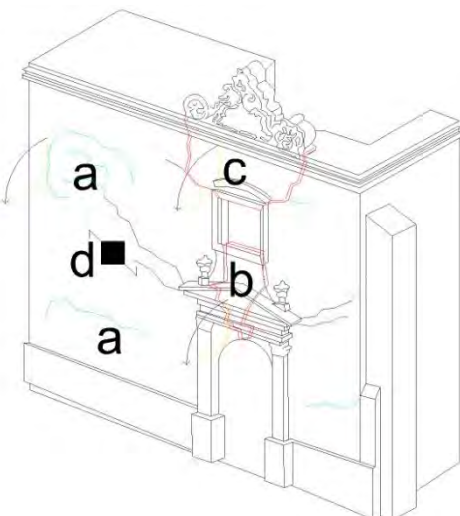
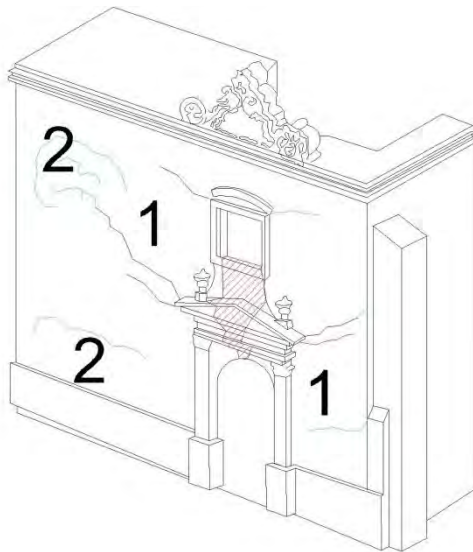
## MACROELEMENTO "A" FACHADA PONIENTE.

### ESTADO DE DAÑO 2

1.) Lesión de evolución en diagonal, que se origina en los vanos del ingreso principal y poco a poco las fisuras se vuelven grietas o fracturas.

2.) Lesión horizontal que presenta un abultamiento del enjarre hacia el exterior.

3.) Desprendimiento total del enjarre con el muro de piedra, expulsándolo hacia el exterior.



### ESQUEMA DE MECANISMO.

a.) Rotura fuera del plano hacia el exterior, pero solo del enjarre.

b.) Probable desprendimiento en el tramo comprendido entre los vanos centrales

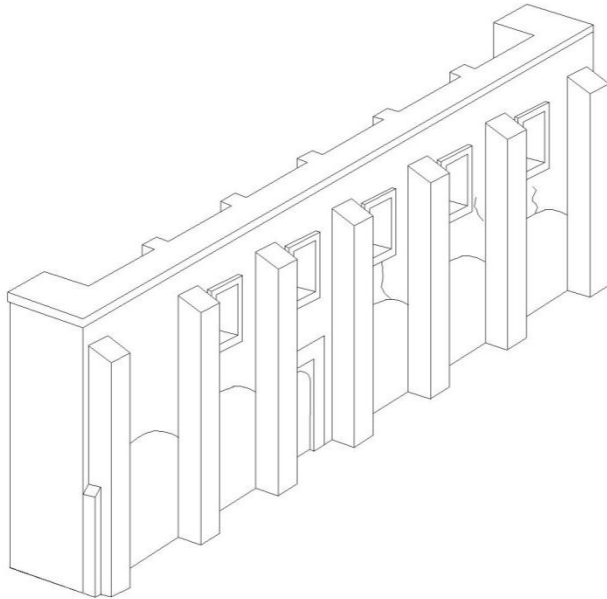
c.) Rotación angular fuera del plano hacia el exterior.

d.) Predominante mecanismo de rotura en la pared.

---

## MACROELEMENTO "B" MURO LATERAL SUR.

---



**B**

---

ESTADO	DEL	DAÑO	1
Documentado			

---

*Inestable: No legible en su construcción original.*

---

*Degradación: Legible en su construcción original.*

---

*Reparaciones de partes o lesiones: Legible en su construcción original, se aprecian resanes hechos posteriormente con diversa coloración.*

---



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN MÁRTIR.

MACROELEMENTO "B"  
MURO LATERAL SUR.

ESTADO DE DAÑO 2.

1.) Lesión de evolución en diagonal, que se origina en los vanos y poco a poco las fisuras se vuelven grietas.

2.) Se continúan las grietas convirtiéndose en fracturas en forma de "V"

3.) Lesión desde el pretil lo que puede ocasionar la pérdida de un trozo de muro

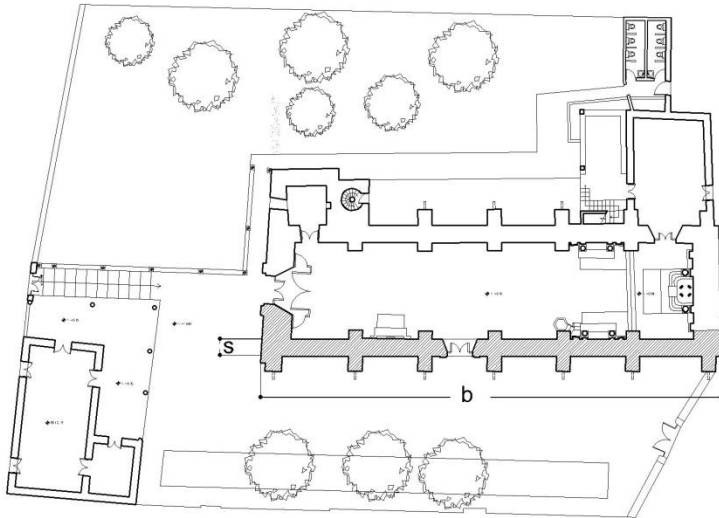
ESQUEMA DE MECANISMO.

a.) Rotura fuera del plano hacia el exterior.

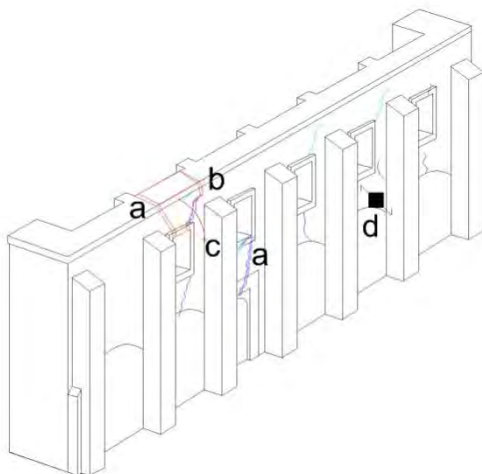
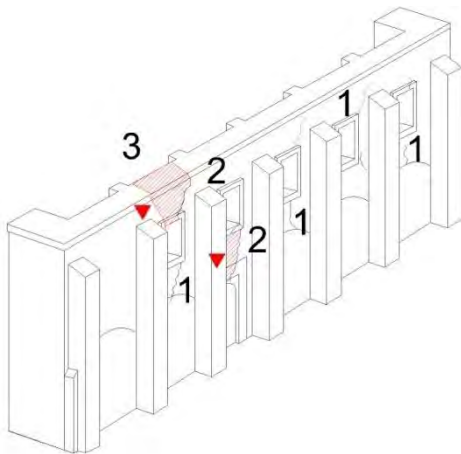
b.) Probable desprendimiento desde el pretil hasta el vano de la ventana.

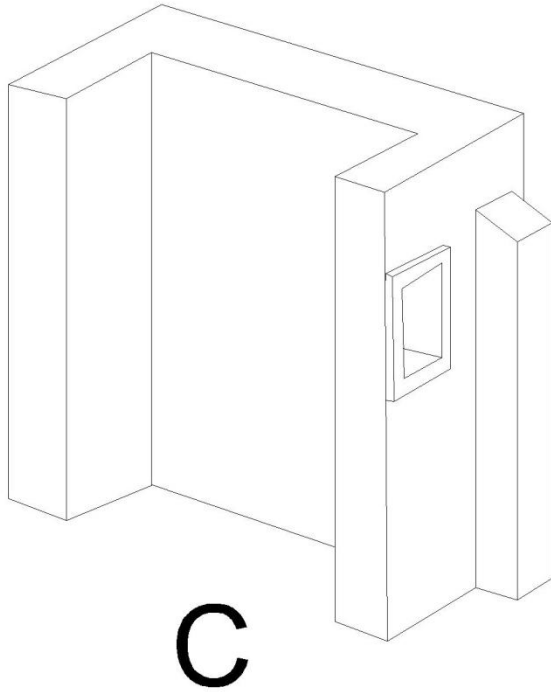
c.) Se supone que se puede volcar el tramo de muro de la parte superior hacia el exterior siguiendo el ángulo indicado.

d.) Predominante mecanismo de rotura en la pared.



Dirección del sismo





---

## MACROELEMENTO "C" FACHADA PONIENTE.

---

ESTADO	DEL	DAÑO	1
Documentado			

---

Inestable: No legible en su construcción original.

---

Degradación: Legible en su construcción original.

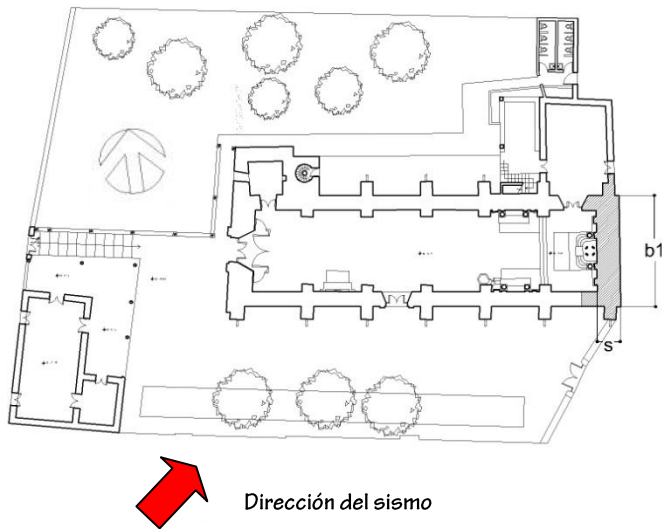
---

Reparaciones de partes o lesiones: Legible en su construcción original, se aprecian resanes hechos posteriormente con diversa coloración.

---



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN MÁRTIR.



---

## MACROELEMENTO "C" FACHADA PONIENTE.

---

### ESTADO DE DAÑO 2

---

1.) Lesión de evolución en diagonal, que se origina en los vanos y poco a poco las fisuras se alargan.

2.) Lesión que comenzó en el exterior y ya se nota en el interior.

---

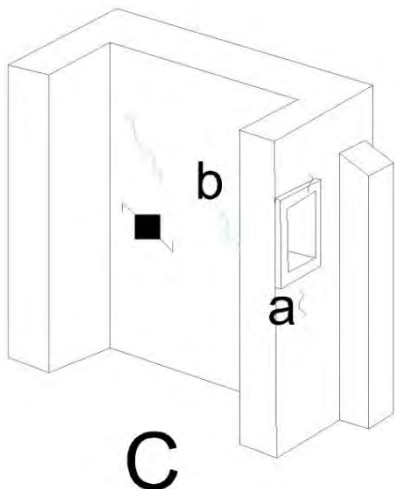
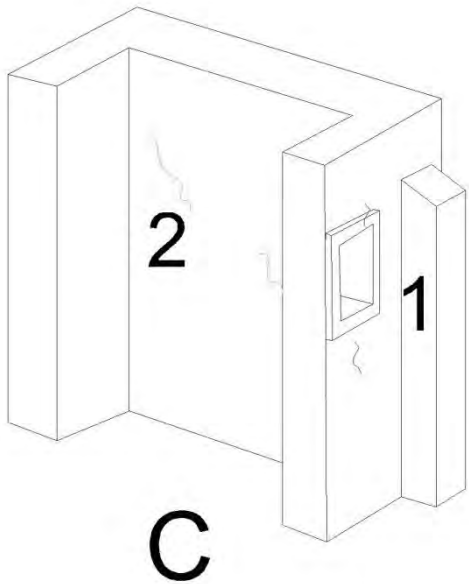
### ESQUEMA DE MECANISMO.

---

a.) Se supone que continúan alargándose dichas fisuras hasta convertirse en grietas.

b.) Predominante mecanismo de rotura en la pared, pero del lado exterior hacia el lado interior.

---



---

## MACROELEMENTO “D” MURO LATERAL NORTE.

---

ESTADO DEL DAÑO 1  
Documentado

---

Inestable: No legible en su construcción original.

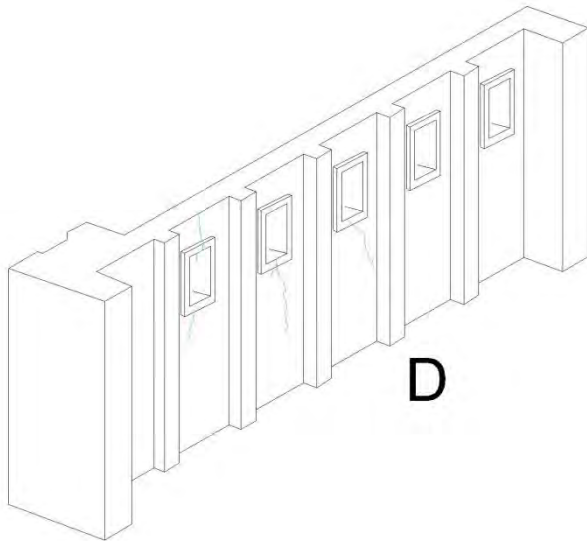
---

Degradación: Legible en su construcción original.

---

Reparaciones de partes o lesiones: Legible en su construcción original, se aprecian resanes hechos posteriormente con diversa coloración.

---





5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN MÁRTIR.



---

## MACROELEMENTO "D" MURO LATERAL NORTE.

---

---

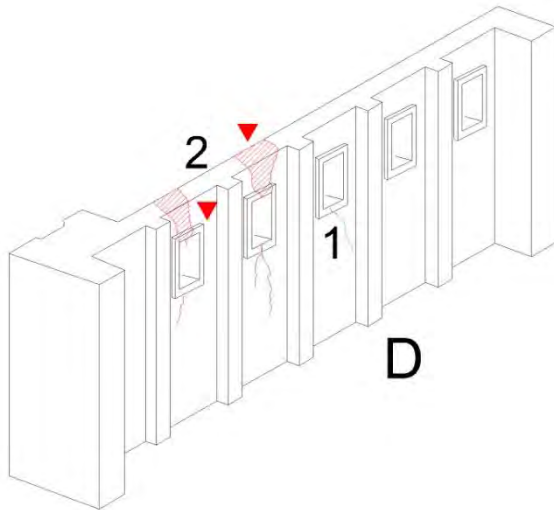
### ESTADO DE DAÑO 2

---

1.) Lesiones de evolución en diagonal, que se originan en los vanos y poco a poco las fisuras se vuelven grietas o fracturas.

2.) Desprendimiento total del enjarre con el muro de piedra, expulsándolo hacia el exterior en forma de "V".

---



---

### ESQUEMA DE MECANISMO.

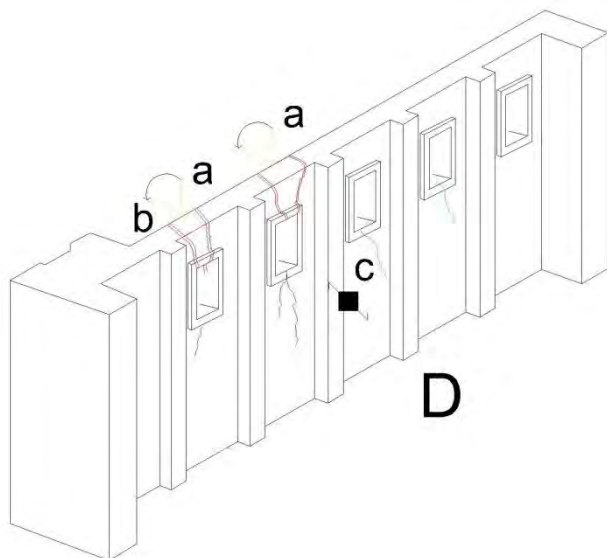
---

a.) Rotación fuera del plano hacia el exterior, de trozos de muro

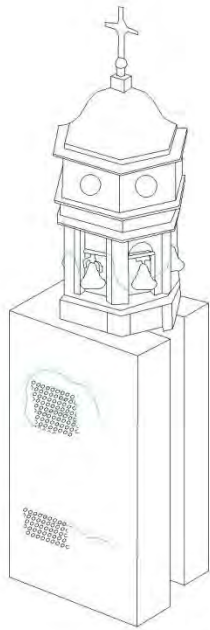
b.) Probable desprendimiento de tramo de muro.

c.) Predominante mecanismo de rotura en la pared.

---



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN MÁRTIR.



E

MACROELEMENTO "E"  
CAMPANARIO.

---

ESTADO	DEL	DAÑO	1
--------	-----	------	---

Documentado

---

Inestable: No legible en su construcción original.

---

Degradación: Legible en su construcción original.

---

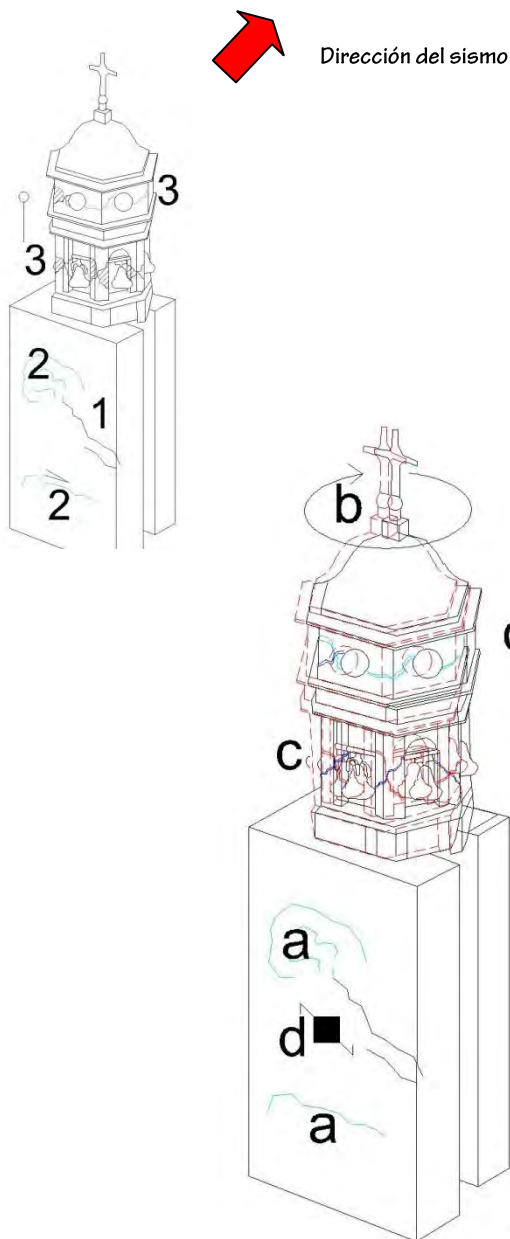
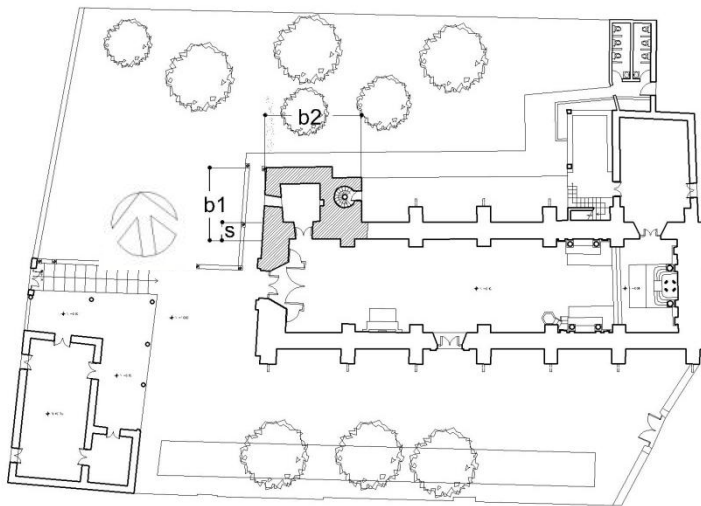
Reparaciones de partes o lesiones: Legible en su construcción original, se aprecian resanes hechos posteriormente con diversa coloración. Se aumentaron secciones de columnas.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN MÁRTIR.

MACROELEMENTO "E"  
CAMPANARIO.

ESTADO DE DAÑO 2



1.) Lesión de evolución en diagonal, que se origina en los vanos del ingreso principal y poco a poco las fisuras se vuelven grietas o fracturas.

2.) Lesión horizontal que presenta un abultamiento del enjarre hacia el exterior.

3.) Evidente desplome de tramos de pilares y por consecuencia, del campanario debido a fracturas diagonales. Se observa como la parte superior del campanario manifiesta un comportamiento independiente del inferior.

ESQUEMA DE MECANISMO.

a.) Rotura fuera del plano hacia el exterior, pero solo del enjarre.

b.) Rotación sobre el eje vertical, tipo pivote.

c.) La porción de muros se fracturan gracias a la rotación, colapsando al campanario.

d.) Predominante mecanismo de rotura en la pared.

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN MÁRTIR.

---

**MACROELEMENTO “F”  
SACRISTIA.**



---

ESTADO DEL DAÑO 1  
Documentado

---

Inestable: No legible en su construcción original.

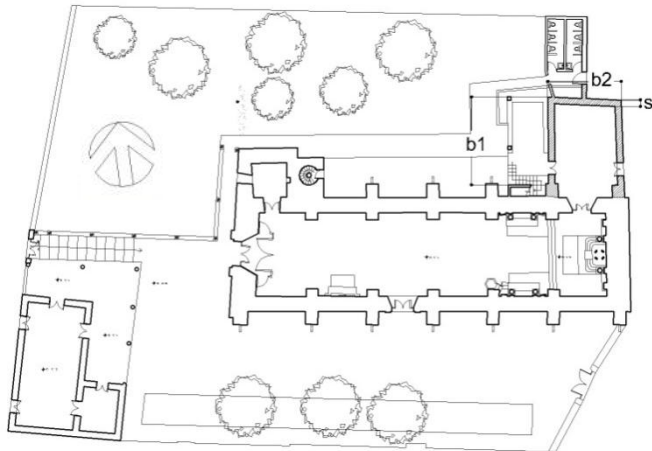
---

Degradación: Legible en su construcción original.

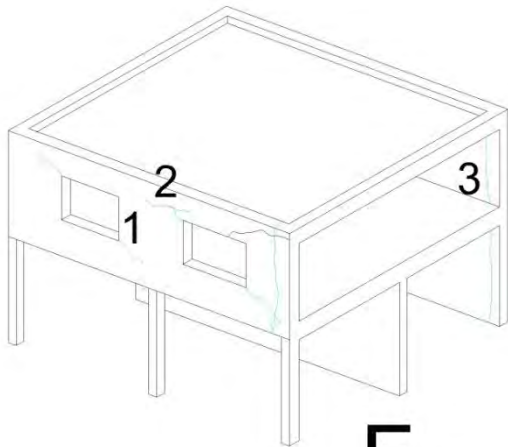
---

Reparaciones de partes o lesiones:  
Legible en su construcción original, se aprecian resanes hechos posteriormente con diversa coloración.

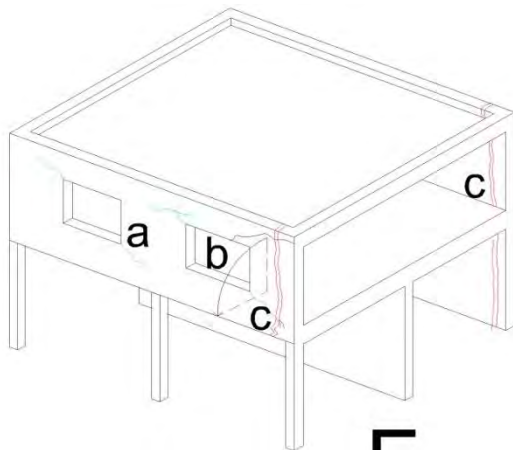




Dirección del sismo



F



F

## MACROELEMENTO "A" FACHADA PONIENTE.

### ESTADO DE DAÑO 2

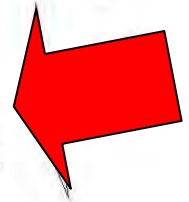
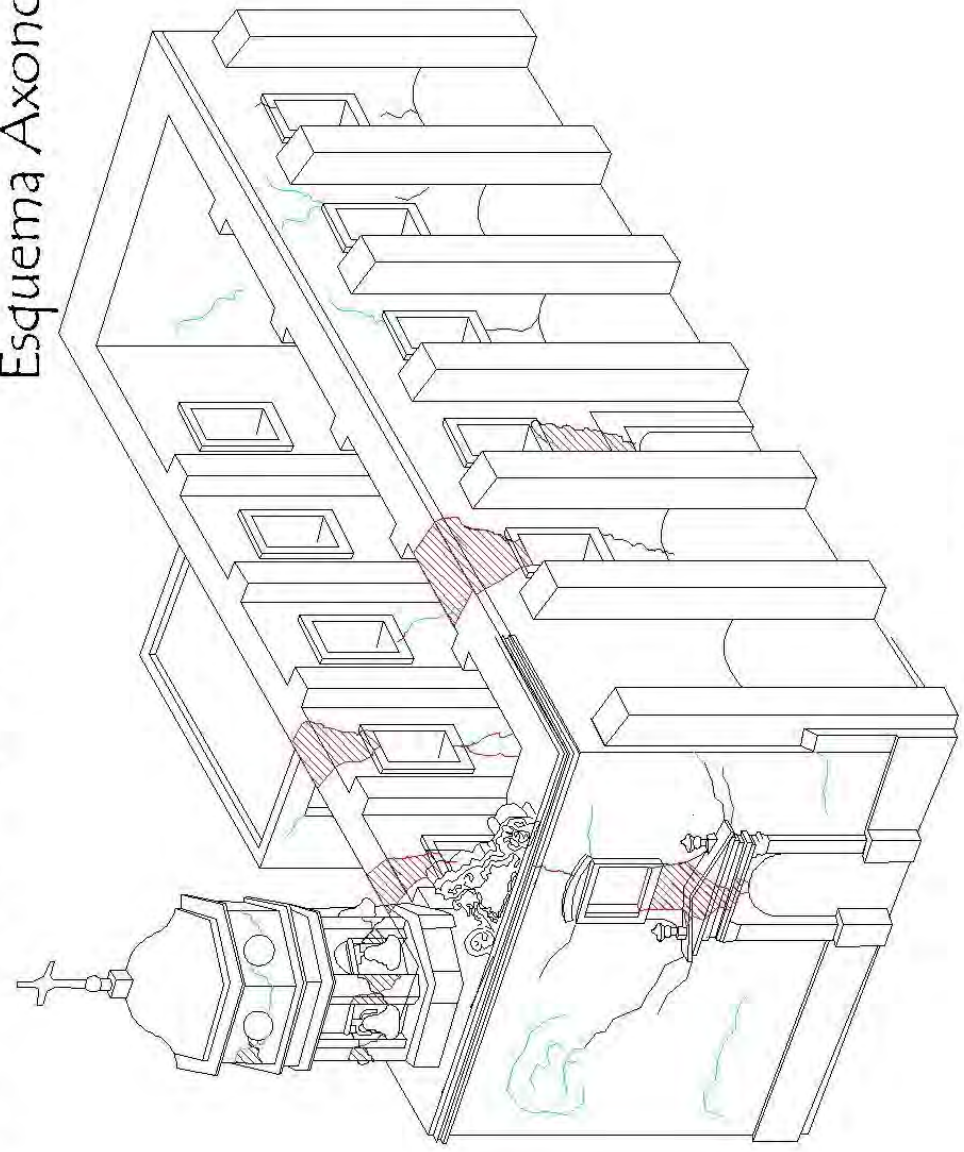
- 1.) Lesión de evolución en diagonal, que se origina en los vanos
- 2.) Lesión horizontal que presenta un abultamiento del enjarre hacia el exterior.
- 3.) Desprendimiento total de lesión con los bordes fuera del plano vertical, manifestando la expulsión local.

### ESQUEMA DE MECANISMO.

- a.) Predominante mecanismo de rotura en la pared.
- b.) Probable mecanismo de rotación fuera del plano.
- c.) Probable cortante vertical como resultado del cambio de rigideces entre estructura del templo y de la sacristía.

# IGLESIA DE SAN SEBASTIÁN MÁRTIR.

Esquema Axonométrico.



SO Probable dirección del sismo.

## HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.

Pues bien, una vez analizados cada uno de estos macroelementos, ahora viene el análisis global del edificio. Por todo lo que ya vimos, muy a fondo en el capítulo 3 de Geología y Sismicidad, gracias al registro detectado de los últimos cien años en la zona de estudio, considero que la dirección más probable y segura en que llegará el sismo es de SUROESTE a NORESTE. Es por ello que solo aplico las hipótesis en esta dirección. La mayoría de ellos han sido en la Placa del Pacífico y pese a que otros han sido registrados en la Placa Continental de América del Norte, la dirección se acusa del mismo modo. Es entonces, por ello, que esta será la dirección predominante de un probable sismo para las tres Iglesias (misma que se señala en cada planta).

En el caso de la Iglesia de San Sebastián, como ya pudimos observar, le ayuda mucho el anclaje de los elementos y el sistema constructivo en que fue hecha. La piedra es un material de la Naturaleza utilizado en muros bastante robustos y, por lo tanto, rígidos. Podemos afortunadamente descartar un estado de resonancia a la hora del fenómeno ya que, en teoría, al tratarse de una estructura rígida desplantada en un suelo de medio a compresible, nunca entrarían en armonía los movimientos del suelo con los movimientos de la estructura. Así que por ese lado podemos estar tranquilos, en cuanto a evitar un estado de resonancia, lo cual sería muy peligroso.<sup>1</sup>

Cabe señalar que para llegar a estas hipótesis nos basamos en la amplia experiencia italiana y, en el caso de San Sebastián, podemos encontrar ciertas similitudes con las iglesias de San Daniele en Cavazzo, Santa Magdalena en Flagogna, S. Lorenzo en Forgaria, Santa María del Fossale en Gemona, San Martino en Interneppo, y San Matteo en Tarcento,<sup>2</sup> por las formas y sistemas constructivos. Y aunque no sean exactamente iguales,

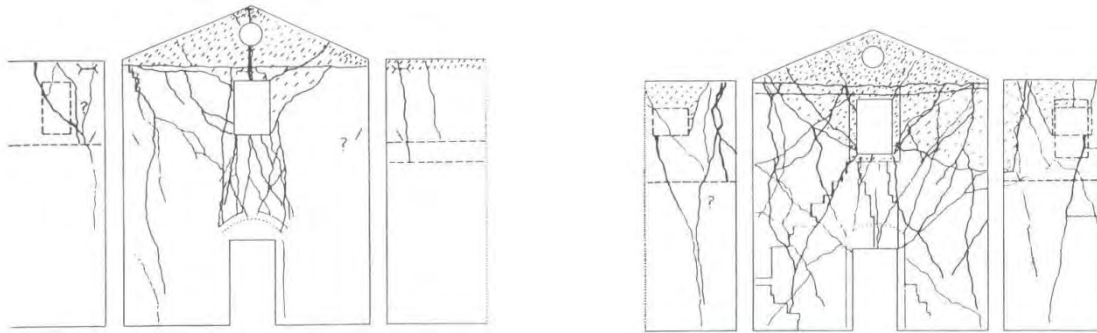
---

<sup>1</sup> Según coinciden varios autores, entre ellos Roberto Meli; Raúl Gómez Tremari; Salvador Lazcano, etc. Se dice que los movimientos de una estructura considerada rígida son rápidos y cortos, mientras que los de una estructura flexible son largos y lentos, es decir, el primero tiene frecuencias (número de periodos en la unidad de tiempo) altas y el segundo bajas. Mientras que los terrenos duros tienen frecuencias altas y los blandos o compresibles altas. Por lo tanto es recomendable sembrar edificios o estructuras rígidas en suelos blandos y/o medios; y estructuras flexibles en terrenos rígidos, para evitar que a la hora de un sismo entren en armonía los movimientos del suelo con los movimientos de las estructuras y evitar con ello, los peligrosos estados de resonancia.

<sup>2</sup> AA.VV. Le Chiese e el terremoto. Dalla vulnerabilità constatata nel terremoto del friuli al miglioramento antisismico nel restauro, verso una politica di prevenzione. Edizioni Lint Trieste. 1994. C.N.R. Grupo Nazionale per la Difesa dai Terremoti. p. 276.

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN MÁRTIR.

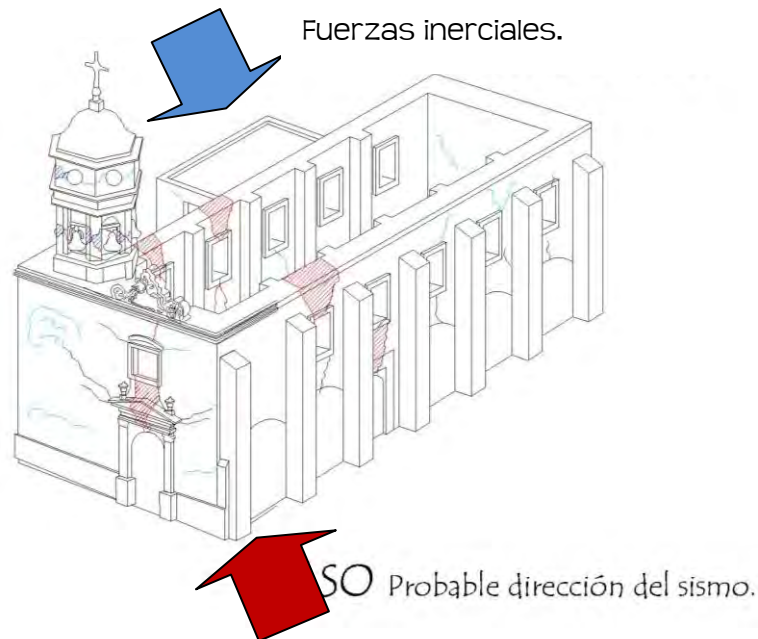
si hay coincidencias en los muros: algunos tipos de vanos, geometrías, construcciones de una sola nave con algún cuerpo adosado posteriormente



1.) San Daniele a Cavazzo

2.) Santa Maddalena a Flagogna<sup>3</sup>

o sin tirantes en los tímpanos, etc. Es obvio que un muro pierde rigidez dependiendo del número de vanos que tenga, o del tamaño de los mismos. Y también es muy clásica la manera en que se manifiesta la energía del sismo en torno a los vanos, es decir, aparecen las fracturas en forma diagonal en ambos sentidos, dependiendo de la dirección del fenómeno. Por lo que sin temor a duda, se puede predecir cómo sería el comportamiento de los elementos como a continuación se describen.



Las fisuras o grietas que ahora tiene la Iglesia, si no se atienden correctamente, y a tiempo, seguramente se convertirán en fracturas, las cuales redundarán en varias lesiones en "V" y trapezoidales en bordes coplanares y sobre planos diversos en torno a algunos vanos, como se

<sup>3</sup> Op. Cit. P 276.

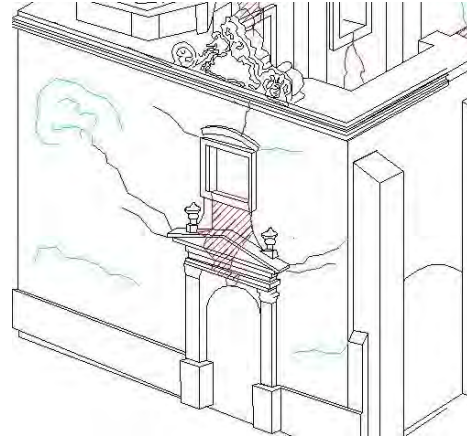


5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN MÁRTIR.

señala en la gráfica del isométrico anterior (achuradas en azul y rojo). Más tarde induciría el desprendimiento de estas partes provocadas por el empuje de las bóvedas al momento del sismo por la fuerza inercial (flecha azul). Es decir, podría haber deslizamientos de la bóveda, gracias a las fuerzas inerciales, provocando esos desprendimientos que pueden ser al interior o al exterior.



3.)Iglesia de San Lorenzo en Forgaria<sup>4</sup>



4.)Iglesia de San Sebastián.

Las lesiones en diagonal con forma en “V” se presentarían en el muro de la fachada y el menor grado en el muro posterior, por ser ciego. En lo que corresponde a la parte central de la fachada podríamos encontrar cierta similitud con la Iglesia de San Lorenzo en Forgaria, Seguramente podrían ocurrir en San Sebastián, lesiones muy similares.

Habría muy posibles pandeos en partes del muro principal (color cyan) y algunos desplomes en general, como se indican en el isométrico.

Posiblemente también habrá lesiones sísmicas legibles y separación de muros entre los que tienen diferente rigidez; por ejemplo el cuerpo de la sacristía del resto del templo, ya que fue adosado posteriormente con diferente sistema constructivo, diferentes espesores de muros, etc.

---

<sup>4</sup> Op. Cit. p. 249

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN MÁRTIR.

En lo que respecta al campanario, existe un mecanismo de rotura más o menos frecuente que, al ser un elemento de diferente rigidez y proporción que el resto del conjunto, suele tener efectos de corte a 45° dependiendo de la dirección del sismo, como se muestra en las gráficas inferiores.

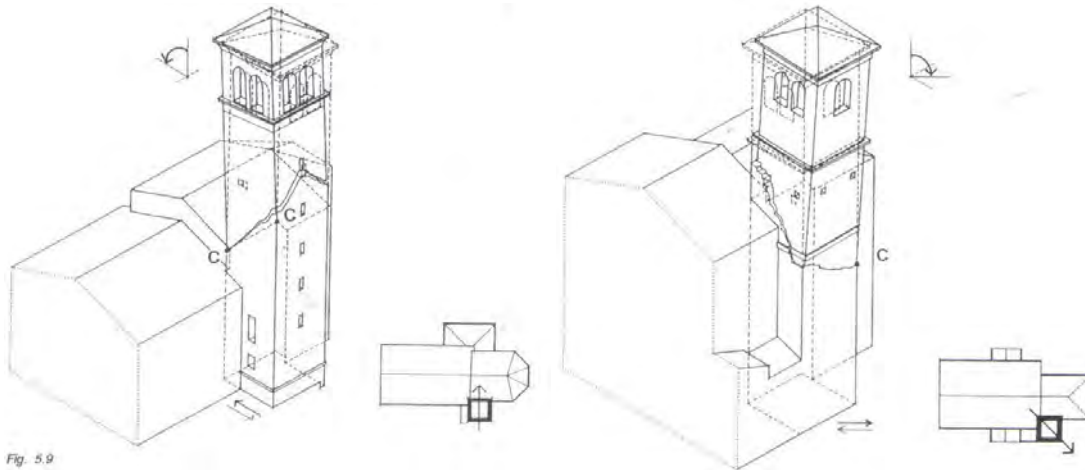
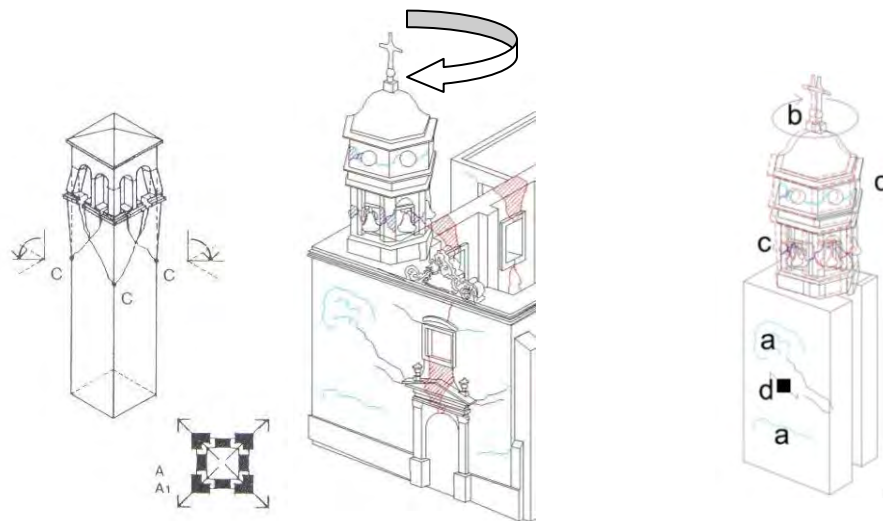


Fig. 5.9

5.) Esquemas gráficos ejemplificativos de mecanismo de rotura en un campanario<sup>5</sup>



6.) Santa Elena, lesiones oblicuas.<sup>6</sup> 7.) Efecto de torsión en campanario de San Sebastián y simulación del movimiento.

En San Sebastián el cuerpo del campanario ya ha sufrido daños evidentes. Sería muy posible que se presente un efecto de rotación sobre el eje vertical, debido al cambio de rigidez de ese cuerpo con el resto del conjunto. Tal y como ya ha sucedido en sismos anteriores (de ahí el ensanchamiento de sus pilastras). Una especie de efecto de pivote, ocasionando la torsión.

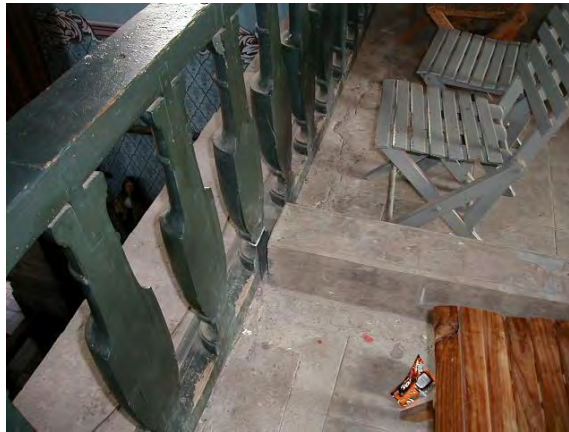
<sup>5</sup> Op. Cit. P. 223.

<sup>6</sup> Op. Cit. P. 214.

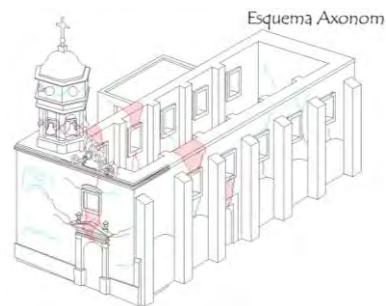
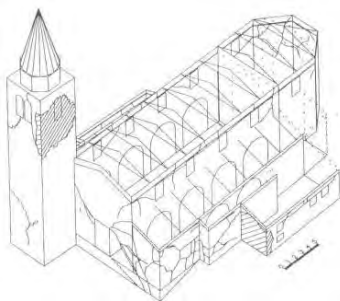
## 5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS. 5.1 SAN SEBASTIÁN MÁRTIR.

Seguramente el mecanismo descrito en las gráficas superiores pudiera suceder en este elemento, hito de San Sebastián. Después de un gran sismo las partes más vulnerables serían sus pilastras ya que habría fracturas en diagonal en ambos sentidos provocados por el efecto oscilatorio (el ir y venir) del movimiento, como podemos observar en Santa Elena de Montenars, provocando rotación hacia el exterior de sus ángulos.

No parece que pueda haber efectos de asentamiento ni traslación importantes en los muros, pero sí mecanismos predominantes de rotura en algunos planos de los muros. Es decir, seguramente se seguirán presentando más grietas, fisuras y probables fracturas si el sismo fuera de una magnitud de 7° Richter, o mayor. Habría algunas rotaciones angulares fuera de los planos en torno al eje horizontal. Algunas bóvedas podrían sufrir desplome por la dirección del movimiento y sería muy probable que se desplomara parte del coro, sino todo, gracias a su mala manufactura.



8.) Trabe peraltada hacia arriba que fue colocada posteriormente, debido a la flecha que ya presenta el coro.



9.) Esquemas comparativos de San Stefano de Cesclans<sup>7</sup> y San Sebastián Mártir.

<sup>7</sup> Op. Cit. p. 107.

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.1 SAN SEBASTIÁN MÁRTIR.



10.)Iglesia de Santa María Flagogna.<sup>8</sup>



11.)Iglesia de San Sebastián.<sup>9</sup>

La disposición de los cuerpos en Santa María Fagogna y San Sebastián son parecidos y, aun con la ubicación invertida de sus campanarios, nos hace pensar el futuro que le puede esperar a dicho elemento en San Sebastián.

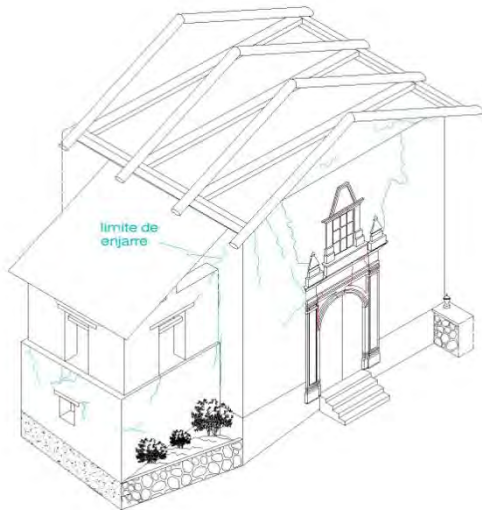
Seguramente sería la Iglesia de San Sebastián, la que sufriría menos daños importantes a la hora de un fuerte sismo que las otras dos. Tanto por su sistema constructivo y manufactura, como por su geometría y por su tipo de suelo. Las recomendaciones en particular se harán en el capítulo correspondiente.

---

<sup>8</sup> Op. Cit. P. 136

<sup>9</sup> Foto tomada por la autora.

## 5.2.2 ANÁLISIS DE HIPÓTESIS DE RUPTURA.



## MACROELEMENTO "A" FACHADA NORTE.

ESTADO DEL DAÑO 1  
Documentado

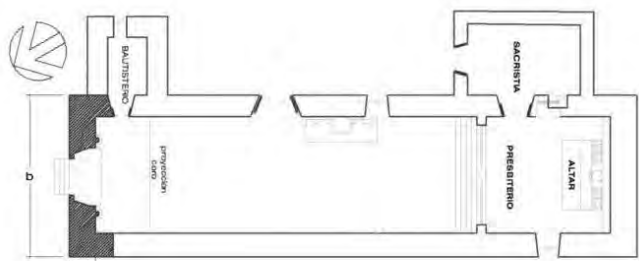
Inestable: No legible en su  
construcción original.

Degradación: Legible en su  
construcción original.

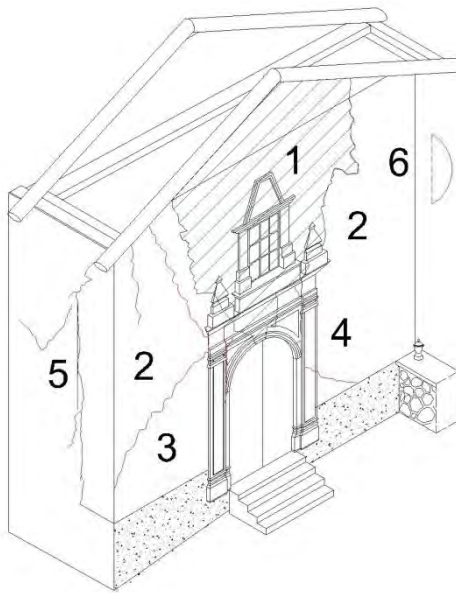
Reparaciones de partes o lesiones:  
Legible en su construcción original,  
se aprecian resanes hechos  
posteriormente con diversa  
coloración.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.



Dirección del sismo



---

## MACROELEMENTO "A" FACHADA NORTE.

---

### ESTADO DE DAÑO 2

---

1.) La separación vertical que se empieza a acusar entre la fachada y el cuerpo del campanario, evidencia la falta de elementos comunes de conexión entre ambos muros.

2.) Las lesiones a cuarenta y cinco grados o diagonales que aparecen, presentan separaciones más o menos constantes y no precisamente en forma escalonada, es decir, la lesión pasa tanto por el adobón, como por la unión entre ellos.

3.) Las porciones también se caracterizan por la separación del enjarre.

4.) Buena parte de la fachada presenta importantes y diversas lesiones, en torno a los vanos, con diferentes orientaciones, lo cual elimina la cohesión de los muros.

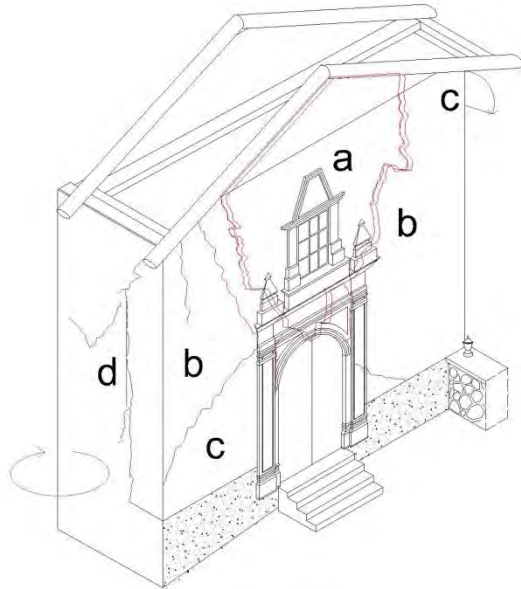
5.) Las lesiones oblicuas cada vez son más grandes, al igual las verticales que unen ambos cuerpos.

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.

---

6.) Se puede apreciar un leve desplome de los muros.

---



---

ESQUEMA DEL MECANISMO

---

a.) Sensible rotura de la porción superior de la fachada, probablemente debida a los diversos periodos de oscilación de los dos cuerpos. Los muros parecen resentir además, un mecanismo de rotación horizontal en la zona del campanario.

b.) La zona del muro entre el campanario y el baptisterio, resiente el desplazamiento de la parte superior del muro, manifestando locales expulsiones de enjarre y se acusa cierta rotación probablemente por el cambio de rigidez en los muros.

c.) Probable volcadura del plano central de la fachada.

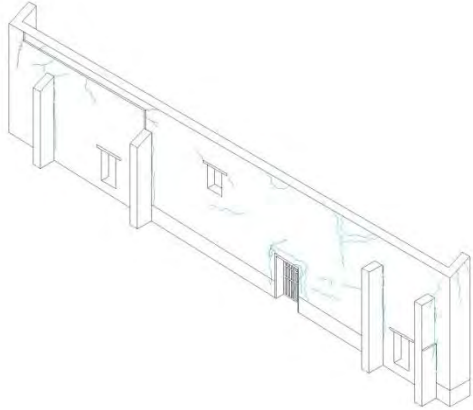
d.) Corte vertical en la línea de los muros de fachada y campanario.



---

**MACROELEMENTO "B"**  
**MURO ORIENTE.**

---



---

ESTADO DEL DAÑO 1 Documentado

---

**Inestable:** No visible en su construcción original.

---

**Degradación:** Visible en su construcción original.

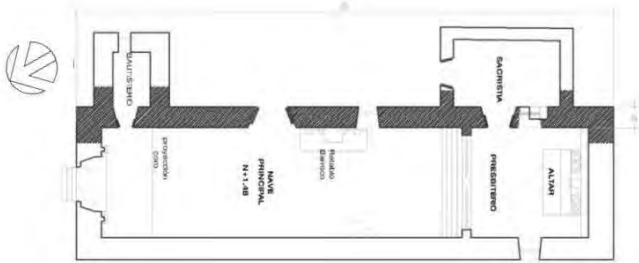
---

**Reparaciones de partes o lesiones:** Legible en su construcción original, se aprecian resanes hechos posteriormente con diversa coloración.





5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.



MACROELEMENTO "B"  
MURO ORIENTE.

ESTADO DE DAÑO 2.

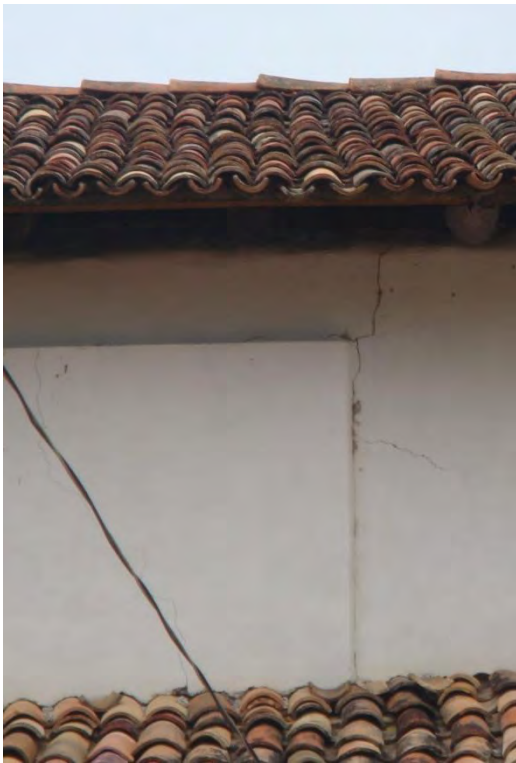


1.) Lesión de hundimiento en la parte del pretil.

2.) Lesión con forma en "V" sobre diversos planos.

3.) Las grietas y fisuras se convierten en fracturas en forma diagonal.

4.) Se acusa la separación entre muros, con lesión vertical.



---

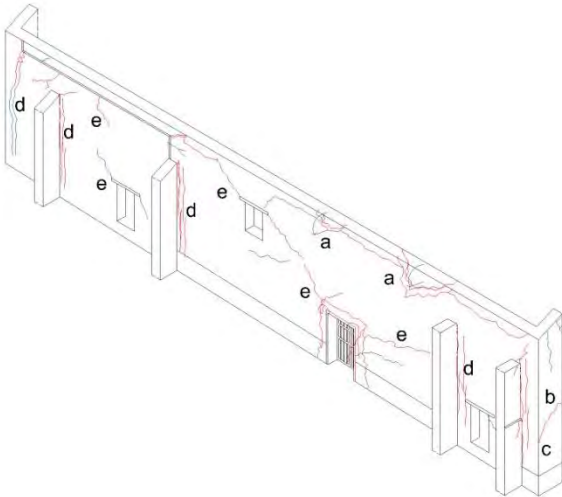
## MACROELEMENTO "B" MURO ORIENTE.

---

---

### ESQUEMA DE MECANISMO.

---



---

a.) Desplome de pretil que afecta apoyo de cubierta y posible rotación hacia el exterior.

---

b.) Se supone un desprendimiento vertical separando ambos cuerpos.

---

c.) Las grietas se convierten en fracturas.

---

d.) Cortante vertical, provocado por el desprendimiento entre los cuerpos, a la hora de la oscilación.

---

e.) Posible tensión diagonal.

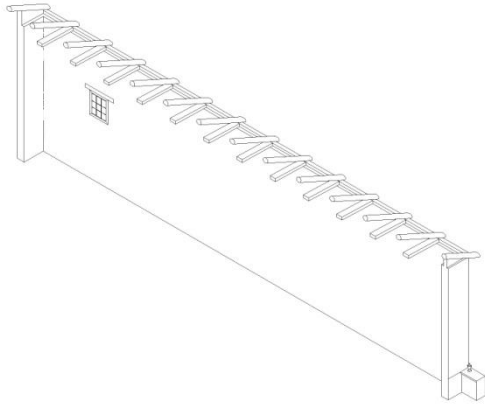
---

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.

---

MACROELEMENTO “C”  
MURO PONIENTE.

---



---

ESTADO DEL DAÑO 1  
Documentado

---

Inestable: No legible en su construcción original.

---

Degradación: Legible en su construcción original.

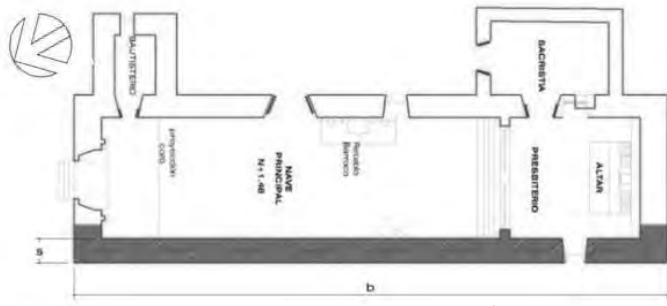
---

Reparaciones de partes o lesiones: Legible en su construcción original, se aprecian resanes hechos posteriormente con diversa coloración.

---



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.



Dirección del sismo



---

**MACROELEMENTO "C"**  
**MURO PONIENTE.**

---

**ESTADO DE DAÑO 2**

---

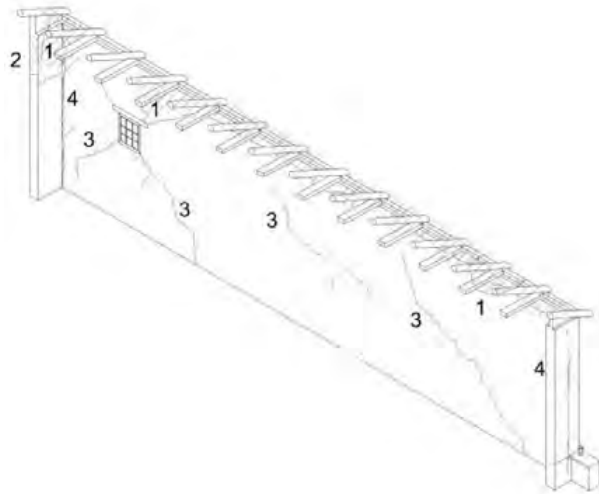
1.) Lesión de hundimiento en la parte del pretil en forma de "V".

2.) Se acusa la separación entre muros, con lesión vertical.

3.) Las grietas y fisuras se convierten en fracturas en forma diagonal.

4.) Separación de los planos de muros.

---



---

**ESQUEMA DE MECANISMO.**

---

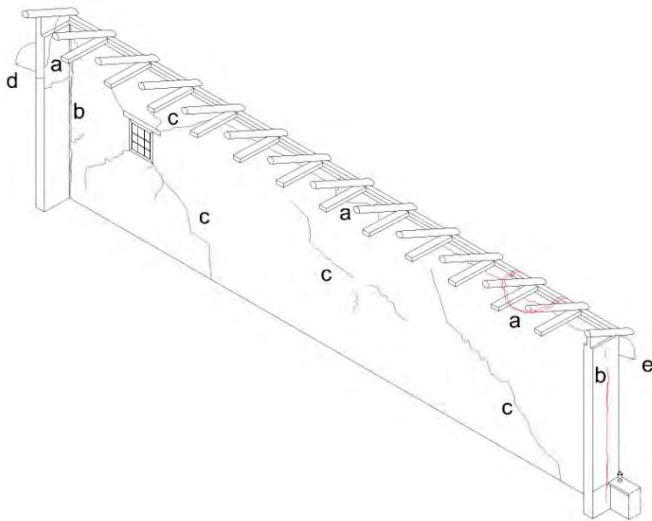
a.) Desplome de pretil que afecta apoyo de cubierta se vuelca hacia el exterior.

b.) Cortante vertical separando ambos cuerpos.

c.) Continúan las grietas y fracturas en tensión diagonal.

d.) Se vuelca la parte superior del muro sur hacia el exterior.

e.) Se vuelca la parte superior del muro norte hacia el exterior.





---

## MACROELEMENTO "D" CAMPANARIO.

---

ESTADO DEL DAÑO 1 Documentado

---

**Inestable:** No visible en su construcción original.

---

**Degradación:** Visible en su construcción original.

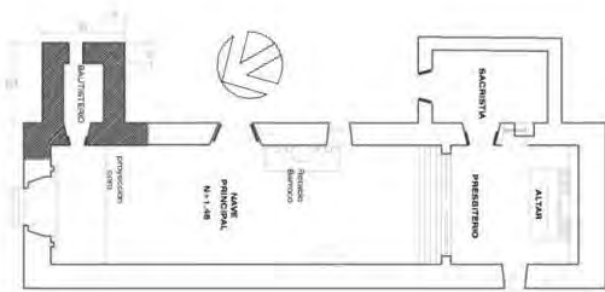
---

**Reparaciones de partes o lesiones:** Legible en su construcción original, se aprecian resanes hechos posteriormente con diversa coloración.

---



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.



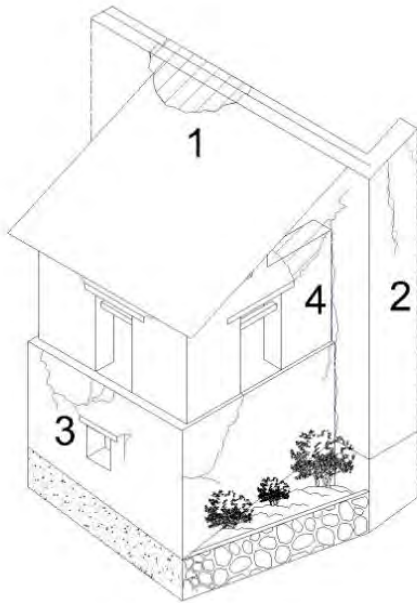
---

## MACROELEMENTO "D" CAMPANARIO.

---

### ESTADO DE DAÑO 2

---



1.) Lesión de hundimiento en la parte del pretil.

2.) Se acusa la separación entre muros, con lesión vertical.

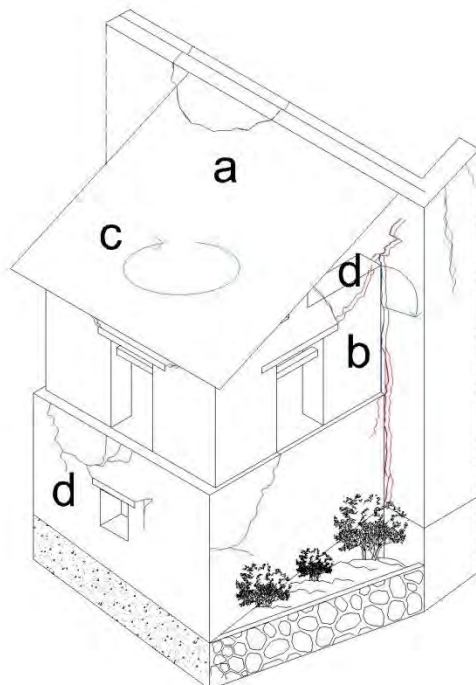
3.) Las grietas y fisuras se convierten en fracturas en forma diagonal.

4.) Lesión con forma en "V" sobre diversos planos.

---

### ESQUEMA DE MECANISMO.

---



a.) Desplome de pretil que afecta apoyo de cubierta.

b.) Cortante vertical separando ambos cuerpos.

c.) Muy probable efecto de torsión en el cuerpo del campanario.

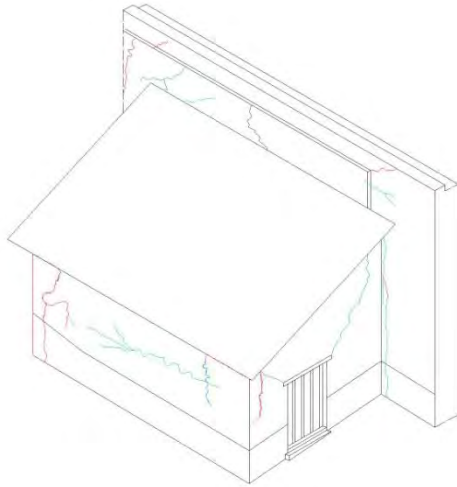
d.) Posible tensión diagonal.

---

---

## MACROELEMENTO “E” SACRISTÍA.

---



---

ESTADO DEL DAÑO 1  
Documentado

---

Inestable: No legible en su construcción original.

---

Degradación: Legible en su construcción original.

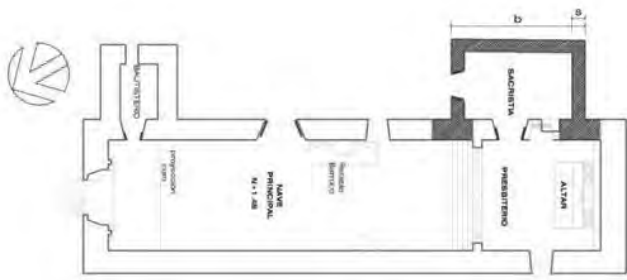
---

Reparaciones de partes o lesiones: Legible en su construcción original, se aprecian resanes hechos posteriormente con diversa coloración. Se han añadido otros cuerpos, lo cual influye en su comportamiento estructural.

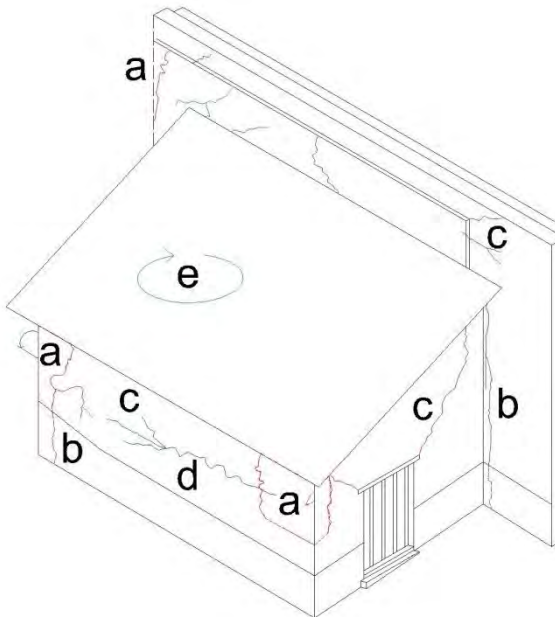
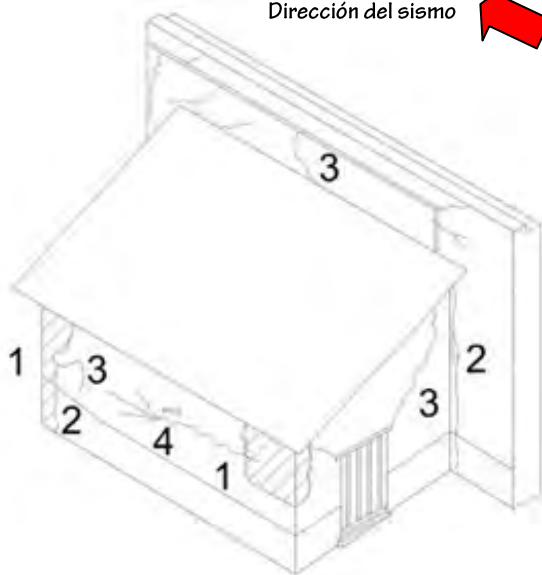
---



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.



Dirección del sismo



MACROELEMENTO “E”  
SACRISTÍA.

ESTADO DE DAÑO 2

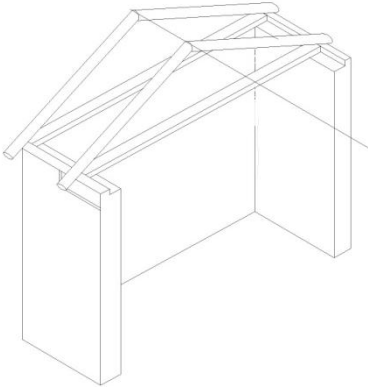
- 1.) Lesión de hundimiento cercano a las aristas.
- 2.) Se acusa la separación entre muros, con lesión vertical.
- 3.) Las grietas y fisuras se convierten en fracturas en forma diagonal.
- 4.) Lesión horizontal, que presenta una diferencia de paños.

ESQUEMA DE MECANISMO.

- a.) Desplome o vuelco de trozos de muros.
- b.) Cortante vertical separando ambos cuerpos.
- c.) Posible tensión diagonal.
- d.) Posible traslación horizontal
- e.) Muy probable efecto de torsión en el eje vertical.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.



---

**MACROELEMENTO "F"**  
**MURO SUR.**

---

ESTADO DEL DAÑO 1  
Documentado

---

Inestable: No legible en su construcción original.

---

Degradación: Legible en su construcción original.

---

Reparaciones de partes o lesiones: Legible en su construcción original, se aprecian resanes hechos posteriormente con diversa coloración.

---



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.



---

**MACROELEMENTO "E"  
SACRISTÍA.**

---

---

**ESTADO DE DAÑO 2**

---

1.) Lesión de hundimiento cercano a las aristas.

---

2.) Se acusa la separación entre muros, con lesión vertical.

---

3.) Las grietas y fisuras se convierten en fracturas en forma diagonal.

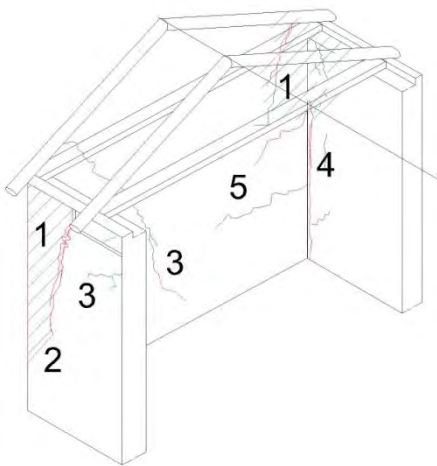
---

4.) Lesión horizontal, que presenta una diferencia de paños.

---

5.) Lesión horizontal.

---



---

**ESQUEMA DE MECANISMO.**

---

a.) Desplome o vuelco de trozos de muros.

---

b.) Cortante vertical separando ambos cuerpos.

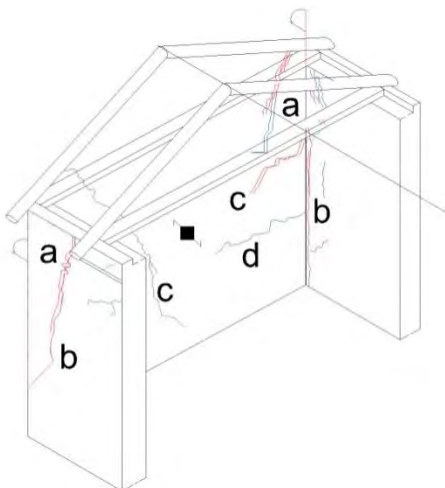
---

c.) Probable tensión diagonal.

---

d.) Posible efecto de traslación.

---

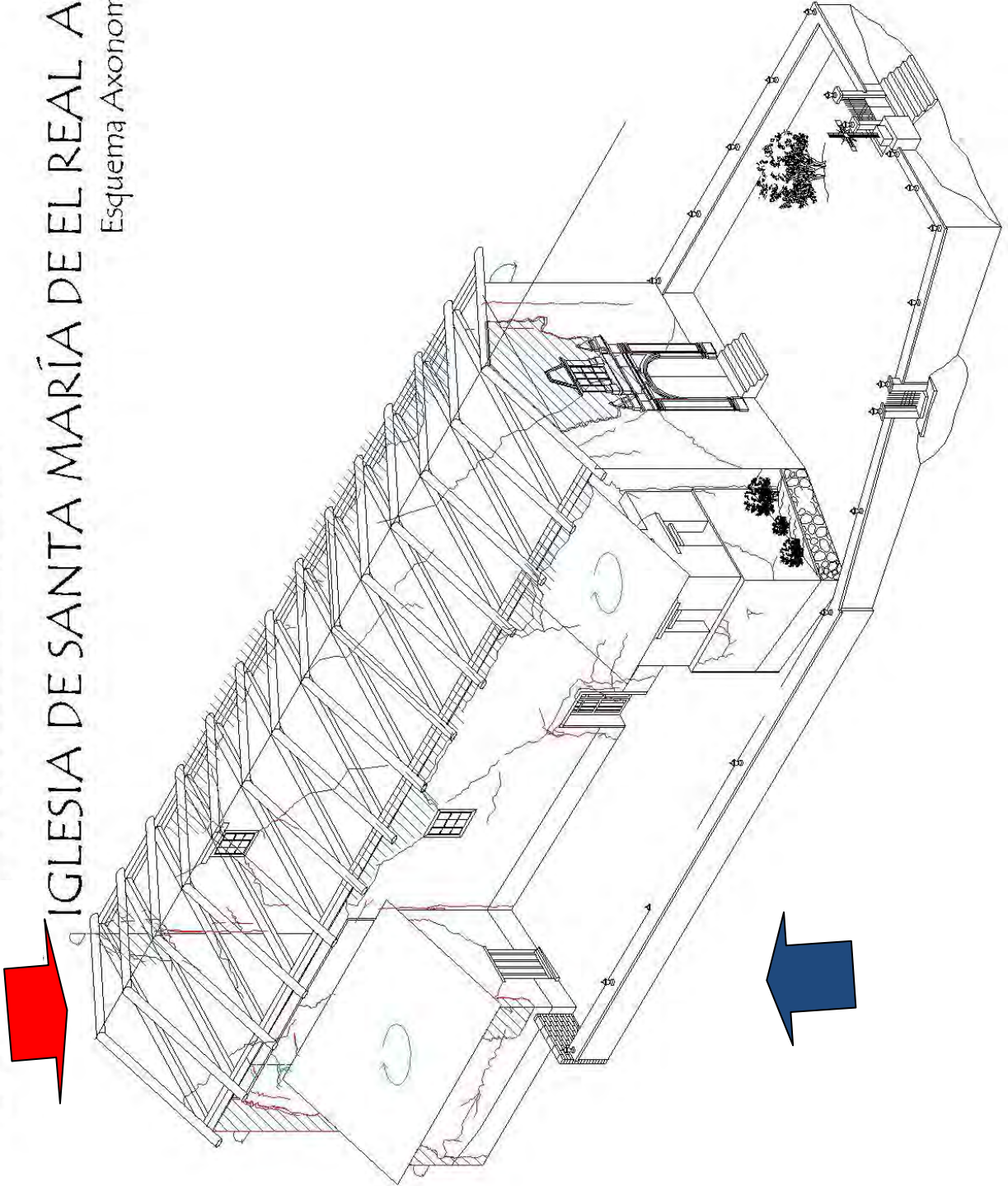


5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.

SO-NE Probable dirección del sismo.

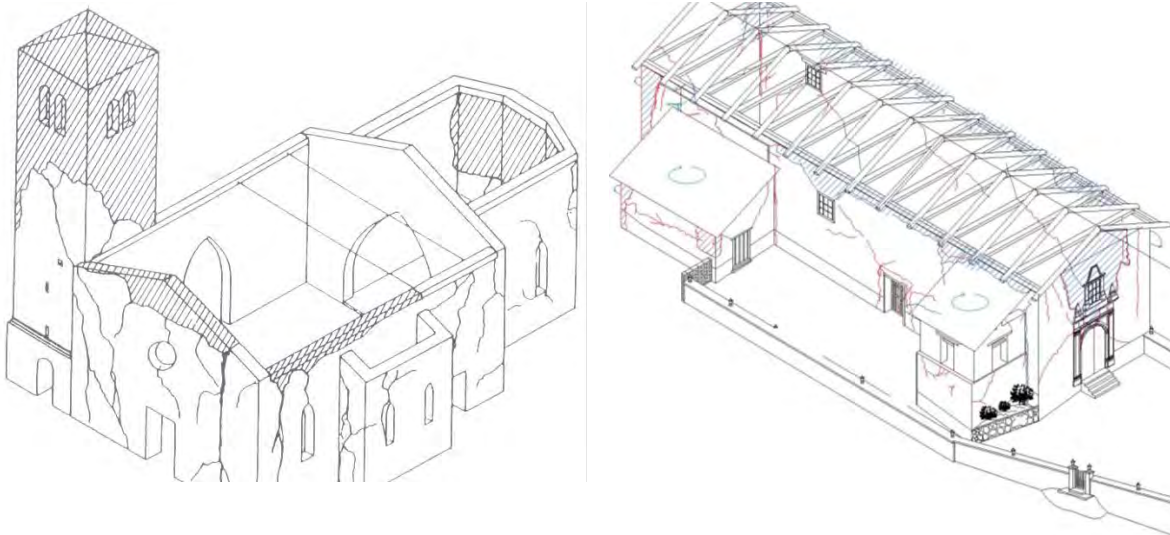
IGLESIA DE SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.

Esquema Axonométrico.



## HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.

En Santa María de El Real Alto, el anclaje de los elementos entre sí no es muy efectivo, ya que pudimos corroborar durante los monitoreos que se seguían separando algunos muros. Tal es el caso del correspondiente al cuerpo de la sacristía. Su sistema constructivo es más endeble que el de San Sebastián, ya que el adobe nunca ha sido considerado un buen material. Aquí se presentaría principalmente el volteo de algunos trozos de muros en dirección normal a su plano horizontal, debido a la falta de amarres o a la baja calidad de los materiales y a la falta de conexión entre muros y techos, sumados a la falta de mantenimiento. Sus propiedades mecánicas y geométricas son mucho menores que en el caso de San Sebastián. Se pueden considerar disgregados muchos elementos, como por ejemplo la sacristía o el campanario, que seguramente también sufrirían efectos de torsión por el cambio de rigideces.



1.)Iglesia de San Stefano en Valeriano.<sup>1</sup> 2.)Iglesia de Santa María de El Real Alto.

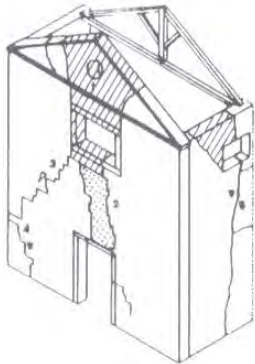
Podemos comparar la Iglesia de San Stefano con la de Santa María, en cuanto a sus formas más no a sus dimensiones. Constan ambas de una sola nave, sencilla, y las cubiertas son semejantes. El muro de la fachada principal presenta ya algunas grietas en torno a sus vanos en forma diagonal. Tienen adosados algunos cuerpos posteriores. Habría asentamiento de pretilas, inmediatamente después de la excitación del suelo, provocando después volteo en los mismos gracias al empuje de las

<sup>1</sup> Op. Cit. Pag. 72.

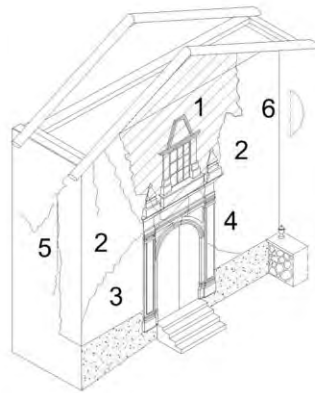
## 5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS. 5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.

cubiertas como respuesta de las fuerzas inerciales. Presenta, a la fecha, varias lesiones en forma de "V" y trapezoidales en sus pretiles y algunos muros en bordes coplanares y sobre planos diversos. En esta Iglesia tampoco tendremos el problema del estado de resonancia, ya que se puede considerar la mampostería como un sistema de estructura rígido (relativamente hablando), y el tipo de suelo es medio. Así que no entrarían en armonía sus movimientos con los del suelo.

Aquí sí que habría efectos de traslación y varias rotaciones angulares fuera del plano en dirección no coincidente con los ejes principales. Y varias rotaciones fuera del plano en torno al eje horizontal, tal y como se muestra en la gráfica anterior. Desprendimientos constantes aún con sismos de 6° de la escala de Richter.



3.) Santa María del Fossale en Gemona<sup>2</sup>



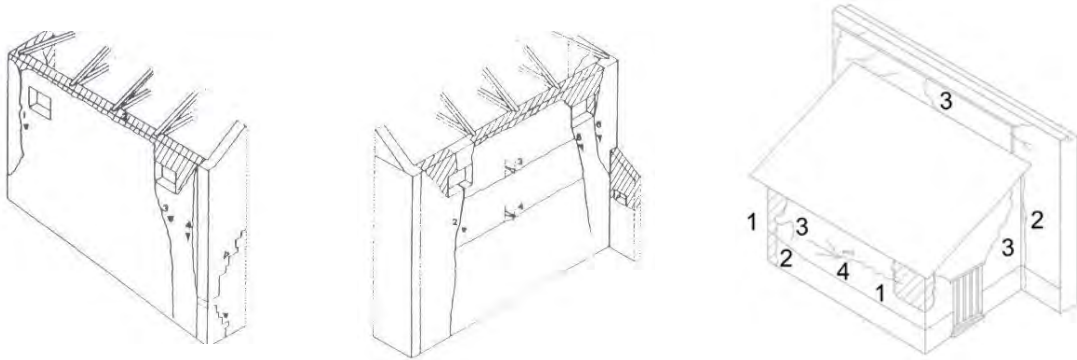
4.) Santa María de El Real Alto.

Hay mucha similitud entre los macroelementos de las iglesias de Santa María del Fossale y Santa María de El Real. Es por ello que podemos deducir que la piña de la fachada principal se vendría abajo, después de que todas las fisuras y grietas que presenta actualmente Santa María se convirtieran en fracturas y se colapsaran muchos elementos. La cubierta es muy inestable, será lo primero que sufrirá desplomes y acarreará problemas secundarios en el tejamanil y, por consecuencia, en el interior de la Iglesia. Seguramente presentarán volteo estas lesiones provocando en algunos casos daño hasta en un 46% del muro. Las grietas a 45° en ambos sentidos se acusarían y se convertirían en fracturas que provocarían desplomes parciales y, en el peor de los casos, totales. Las fisuras seguramente se convertirían en grietas y/o fracturas. En el muro norte se presentaría fisuras y grietas en "V".

<sup>2</sup> Op. Cit. P. 91.

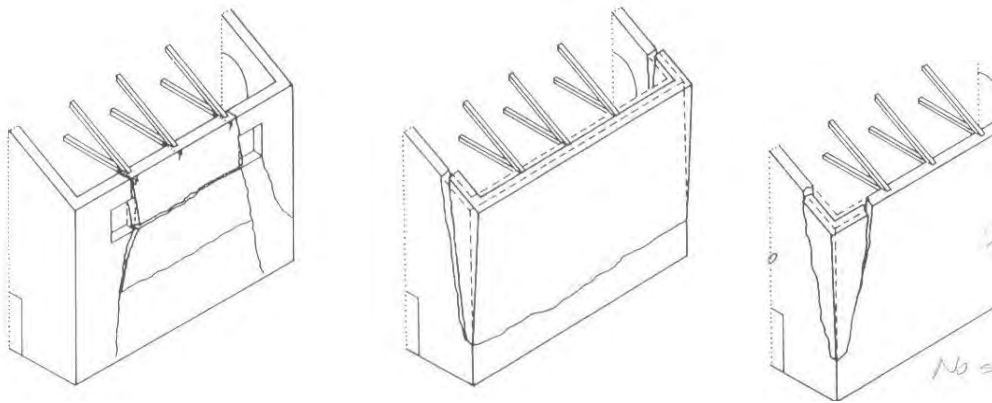
5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.

La falta de mantenimiento sería uno de los principales motivos por los cuales fallaría la estructura, no solo de cubierta sino también de muros y elementos de apoyo. Ya que varios, gracias a la minación del agua, se encuentran en estado de putrefacción, como es el caso de varias vigas primarias y secundarias.



5.) Santa María del Fossale<sup>3</sup> y estados de daño en la misma<sup>4</sup> y en Santa María de El Real Alto.

Existen cortantes verticales en los muros de la sacristía, cortantes horizontales y posteriormente seguramente algunos volteos hacia el exterior, tal y como se presentó en Santa María del Fossale en Italia.



6.) Santa María del Fossale y Santos Giacomo y Anna en Yenzone<sup>5</sup>. Santa María de Gracia en Gemona.<sup>6</sup>

<sup>3</sup> Op. Cit. P. 93.

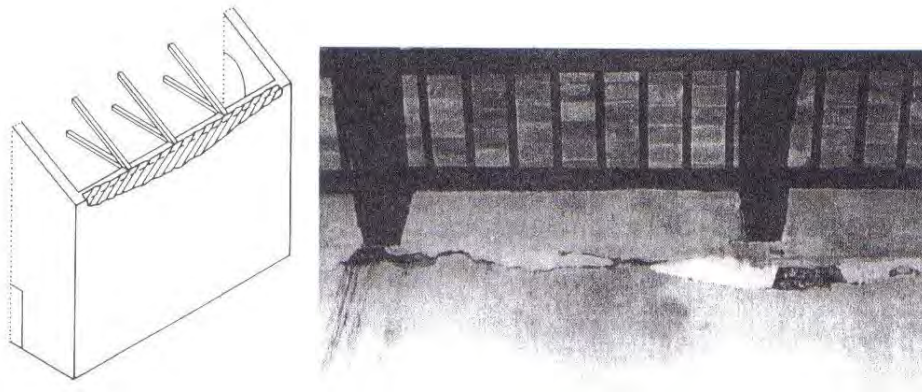
<sup>4</sup> Op. Cit. P. 95.

<sup>5</sup> Op. Cit. P. 159-160

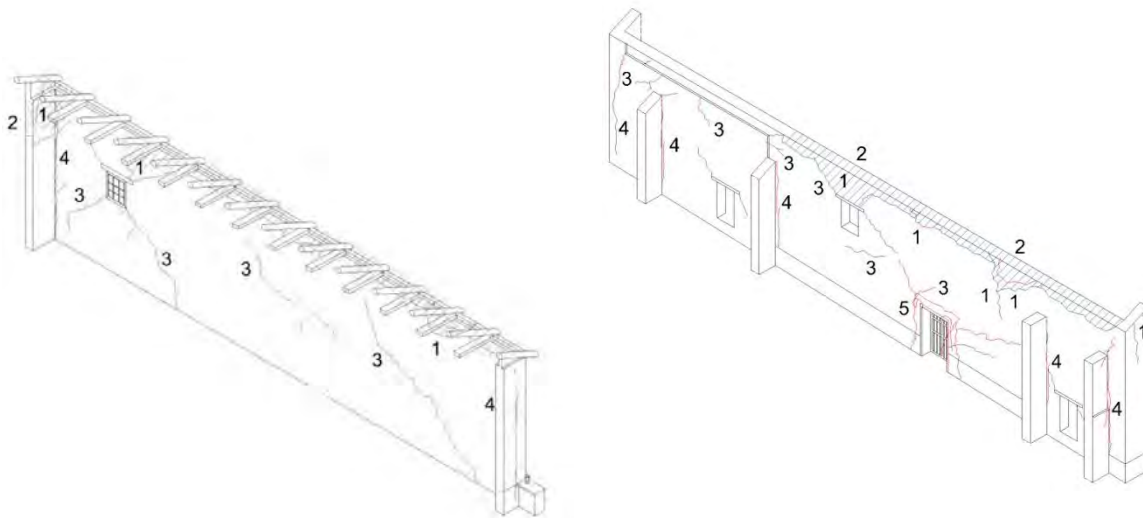
5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.

También en la iglesia de los Santos Giacomo y Anna se presenta esta clásica grieta horizontal, acusando el empuje de la cubierta hacia el exterior del cuerpo, tal como sucederá en Santa María de El Real Alto. Y la expulsión de la esquina de Santa María de Gracia en Gemona, será similar al comportamiento de la esquina sur correspondiente a la sacristía.

Seguirían los asentamientos a lo largo de varios pretiles. Habría un mecanismo predominante de rotura en los planos de los muros longitudinales en general.



7.)Iglesia de Santa María Nascente y San Martino, ambas en Artegna.<sup>7</sup>



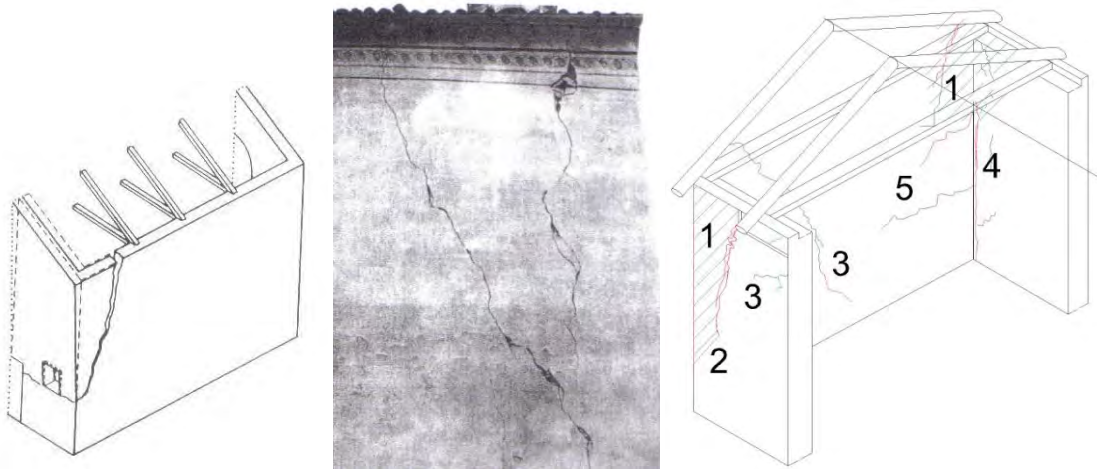
8.)Muros laterales longitudinales este y oeste de Santa María de El Real Alto.

<sup>6</sup> Op. Cit. P. 161.

<sup>7</sup> Op. Cit. P. 163

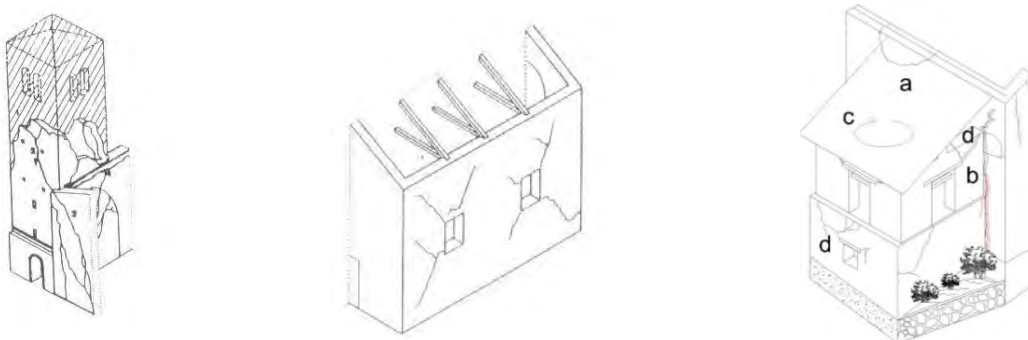
5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.

A la fecha Santa María presenta algunos cortantes horizontales, tal como los que tuvieron Santa María Nascente y San Martino en Artegna, que significan que muy probablemente pueden continuar estos cortantes a lo largo de los pretiles, provocando con la respuesta a la excitación de las fuerzas inerciales, el empuje de la cubierta, produciendo el colapso en dichos pretiles.



9.) Santa María Assunta en Tramonti de Sotto<sup>8</sup> 10.) Santa María de El Real Alto.

En lo que respecta al macroelemento del muro sur o el altar, tendríamos coincidencias parecidas a las sufridas en Santa María Assunta, donde una parte significativa de la pared lateral tiende a separarse, generando lesiones casi verticales en proximidad con el ángulo. Debidos seguramente a la falta de anclaje o amarre entre los muros que lo forman y a las bajas características constructivas.



11.) San Stefano de Valeriano.<sup>9</sup> Iglesia de San Rocco en Forgia<sup>10</sup> Campanario Sta. Ma.

<sup>8</sup> Op. Cit. P. 164.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.

El campanario de esta Iglesia fue adosado posteriormente y presenta varias características. Primero, no está bien trabado con el cuerpo de la nave única y, segundo, hay un cambio de rigideces en sus muros. En la parte baja, donde es actualmente el baptisterio, los muros son de un espesor más grueso que los de la planta alta, lo que significará comportamiento dispar en el mismo cuerpo. En torno a los vanos se presentarán seguramente las grietas a través de lesiones oblicuas cruzadas, como en San Rocco en Forgaria. También presentará la lógica separación con el cortante vertical entre cuerpos como en San Stefano de Valeriano, entre la fachada principal y el campanario. Además de un efecto torsionante sobre su mismo eje.

Esta Iglesia de Santa María de El Real Alto, sin duda sufriría más daños que la Iglesia de San Sebastián en general.

---

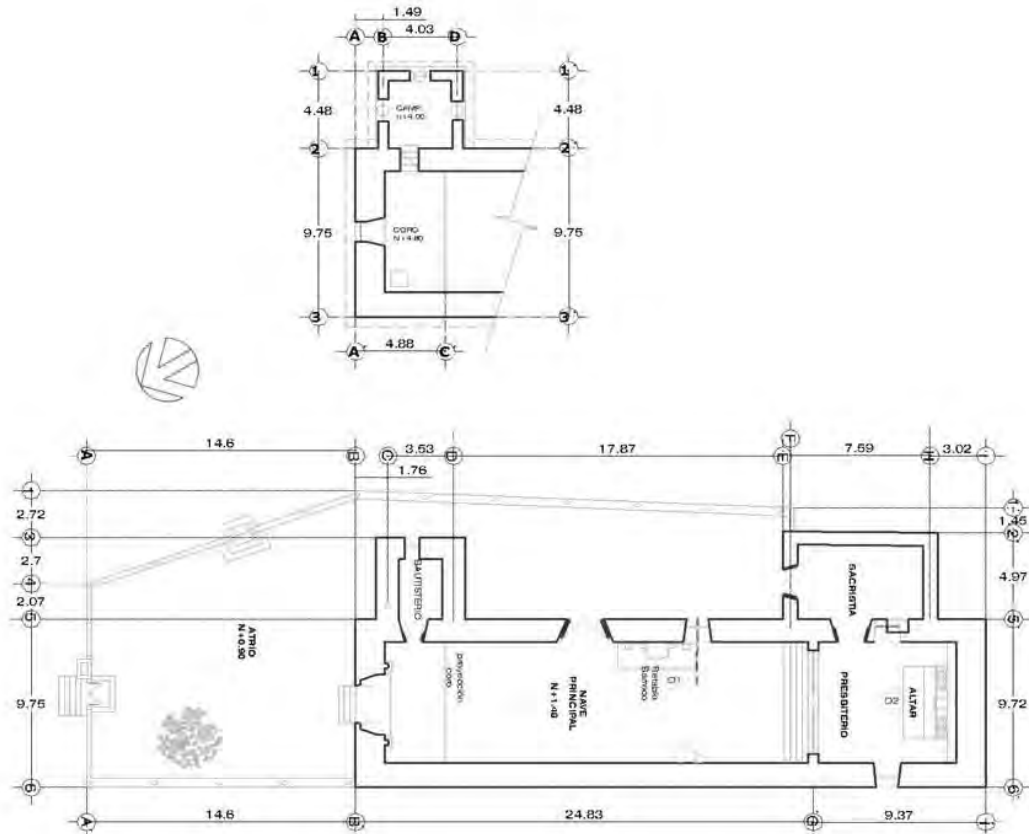
<sup>9</sup> Op. Cit. P. 121.

<sup>10</sup> Op. Cit. P. 162

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.

## 5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.

Examinando su planta se puede observar que tiene mayor densidad de muros en el sentido norte-sur que en el oriente-poniente. Su ancho se repite casi tres veces a lo largo de la Iglesia, es decir proporción 1/2,55 (figura 1)



1). Planta arquitectónica de Santa María de El Real Alto.



Dirección del sismo

Es decir, que si el sismo llegara por la dirección SO-NE, que es la dirección más probable según las estadísticas de los últimos años registrados en el Sistema Sismológico Nacional de la UNAM, entonces significa que pueden correr más riesgo los muros ubicado en el norte y sur que en el sentido oriente poniente, simplemente por tener menos densidad en ese sentido que en el otro. Pero ya veremos más adelante la hipótesis de ruptura en base al análisis de cada elemento en particular, considerando estas cuestiones.

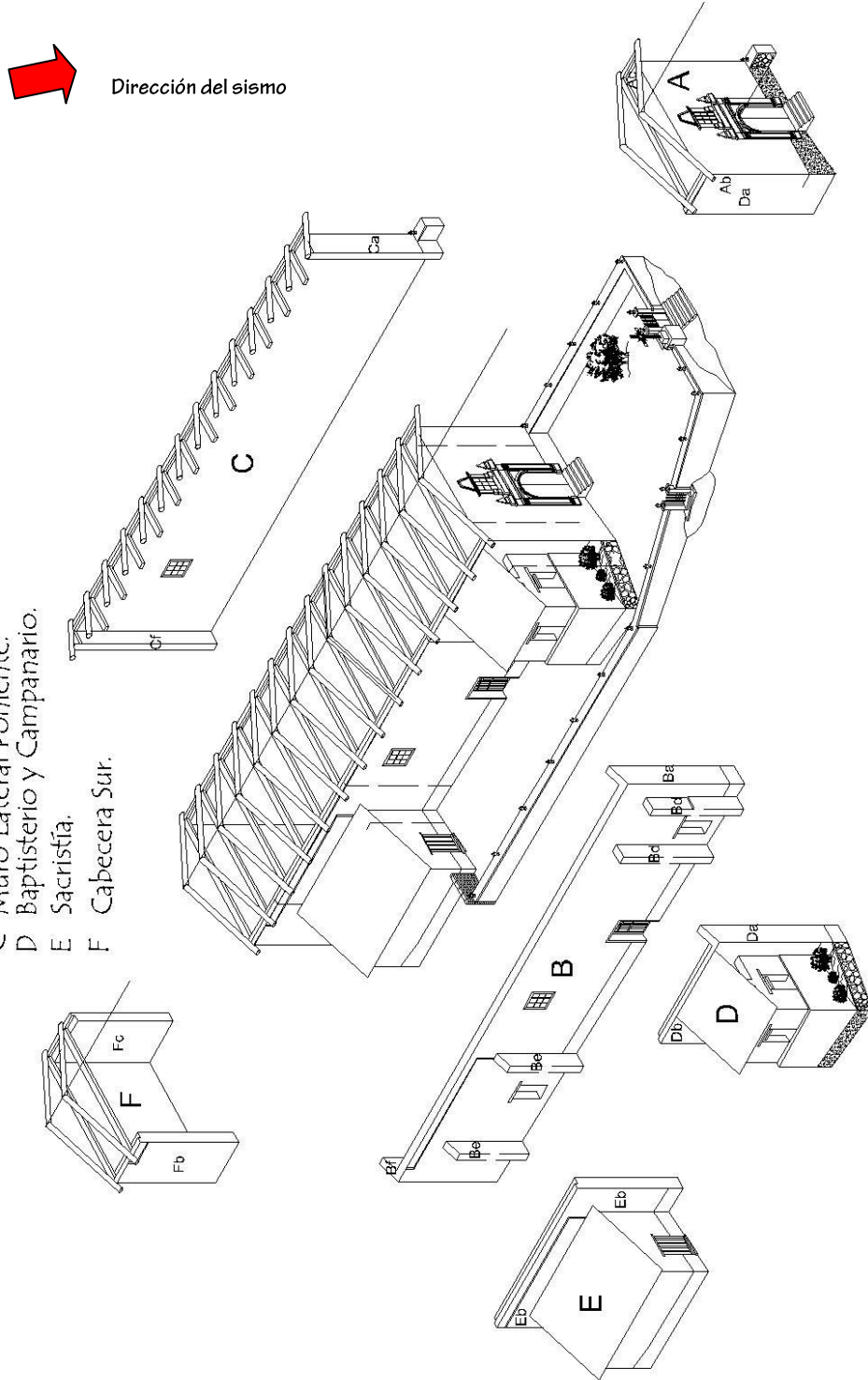
5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.

5.2.1 DETERMINACIÓN DE MACROELEMENTOS.

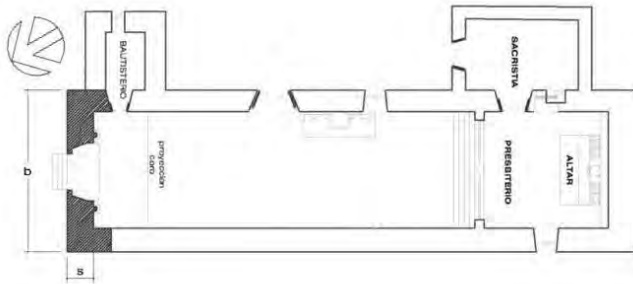
IGLESIA DE SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.

Subdivisiones en partes constitutivas denominadas MACROELEMENTOS:

- A Fachada Norte.
- B Muro Lateral Oriente.
- C Muro Lateral Poniente.
- D Baptisterio y Campanario.
- E Sacristía.
- F Cabecera Sur.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.



---

## MACROELEMENTO FACHADA "A"

---

### GEOMETRÍA Y MATERIALES

---

$s = 1.60 \text{ m}$

---

$b = 9.75 \text{ m}$

---

$h = 17.94 \text{ m}$

---

Tipo de muro:

---

1.) Muro doble de adobón nucleado, enjarrado por la parte externa e interna, con mortero de cal, cemento, arena.

---

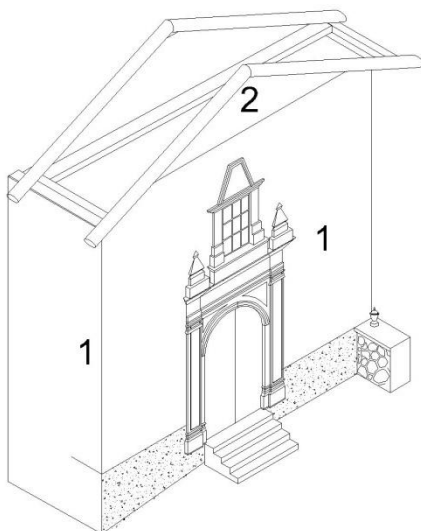
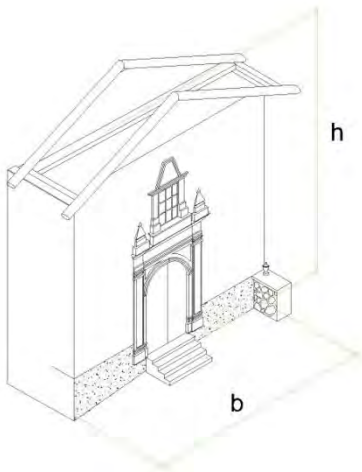
2.) Muro sencillo de soga de adobón, con enjarre exterior.

---

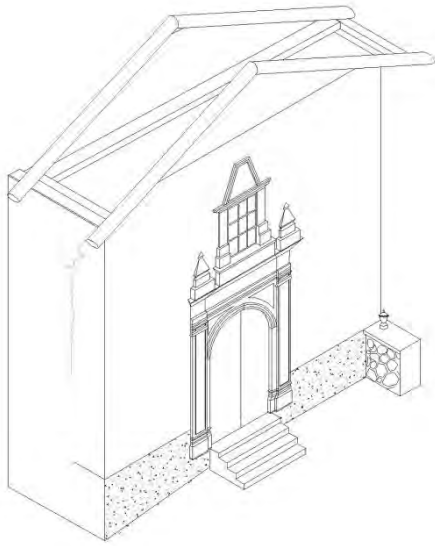
Tipo de Cubierta:

---

Estructura primaria (montantes, largueros y vigas mdrinas) y secundaria (durmientes y fajillas) en pino de la región, con teja.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.



---

CONEXIÓN Y DISCONTINUIDAD

---

A.)INTERNA

---

Discontinuidad de construcción  
N. D.

---

Discontinuidad de transformación  
N. D.

---

Elementos de rigidez  
INEF.

---

B.)EXTERNA

---

Discontinuidad de construcción  
INEF. Ausencia de elementos de  
ensamble o de unión.

---

Discontinuidad de transformación  
N. D.

---

Conexión con muros ortogonales  
INEF.

---

Conexión estructura vertical con la  
cubierta. INEF.

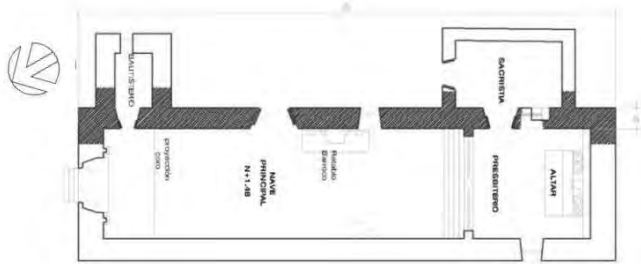
La estructura secundaria de la  
cubierta se apoya directamente  
sobre el muro de la fachada norte.

---

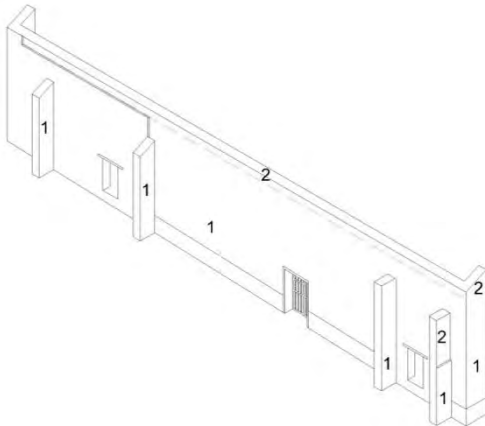
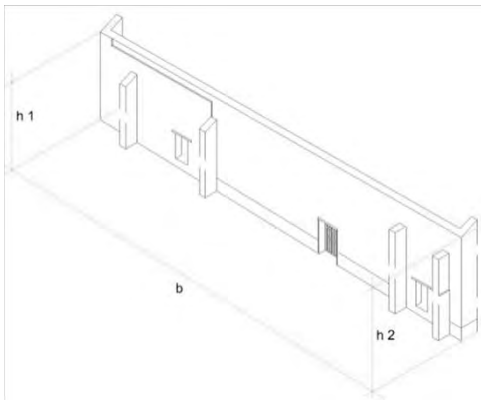
Conexión de estructura vertical -  
tejamanil.  
INEF.

---

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.



 Dirección del sismo



---

## MACROELEMENTO MURO ORIENTE "B".

---

---

### GEOMETRÍA Y MATERIALES

---

$$s = 1.23 \text{ m}$$

$$b = 34.2 \text{ m}$$

$$h1 = 12.29 \text{ m} \quad h2 = 15.41 \text{ m}$$

---

Tipo de muro:

---

- 1.) Muro doble de adobón nucleado, enjarrado por la parte externa e interna, con mortero de cal, cemento, arena.
  - 2.) Muro sencillo de soega de adobón, con enjarre exterior.
- 

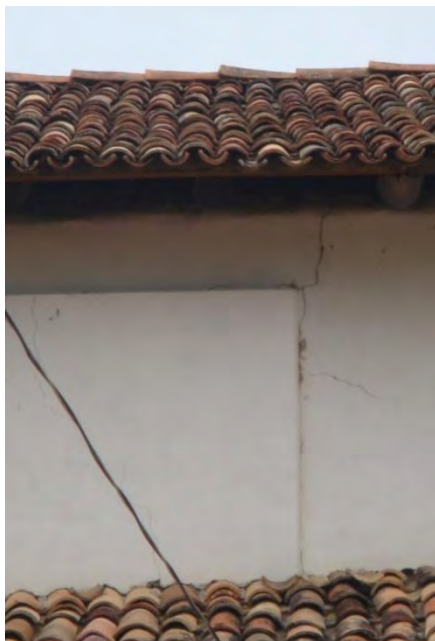
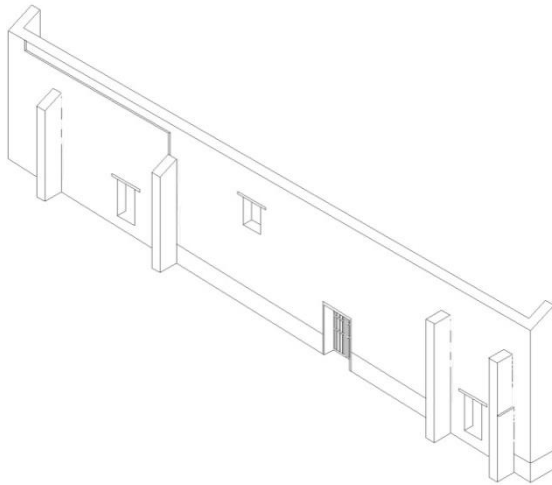
---

Tipo de Cubierta:

---

Estructura primaria (montantes, largueros y vigas maderas) y secundaria (durmientes y fajillas) en pino de la región, con teja.

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.



---

CONEXIÓN Y DISCONTINUIDAD

---

A.)INTERNA

---

Discontinuidad de construcción  
INEF.

---

Discontinuidad de transformación  
N. D.

---

Elementos de rigidez  
INEF.

---

B.)EXTERNA

---

Discontinuidad de construcción  
INEF. Ausencia de elementos de  
ensamble o de unión.

---

Discontinuidad de transformación  
INEF.

---

Conexión con muros ortogonales  
INEF.

---

Conexión estructura vertical con la  
cubierta. INEF. La  
estructura secundaria de la  
cubierta se apoya directamente  
sobre el muro de la fachada oriente.

---

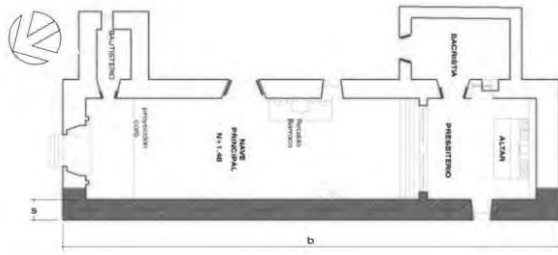
Conexión de estructura vertical -  
tejamanil.  
INEF.

---

Elementos de conexión  
INEF.

---

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.



MACROELEMENTO MURO  
PONIENTE "C".

GEOMETRÍA Y MATERIALES

$s = 1.42 \text{ m}$

$b = 34.20 \text{ m}$

$h1 = 13.56 \text{ m}$     $h2 = 14.65 \text{ m}$

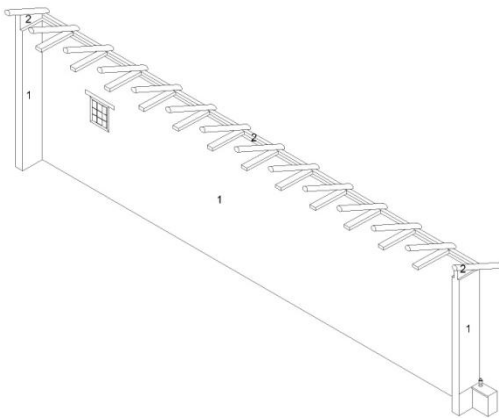
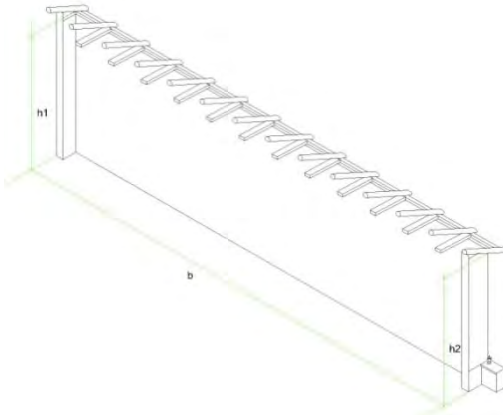
Tipo de muro:

1.) Muro doble de adobón nucleado, enjarrado por la parte externa e interna, con mortero de cal, cemento, arena.

2.) Muro sencillo de sogá de adobón, con enjarre exterior.

Tipo de Cubierta:

Estructura primaria (montantes, largueros y vigas maderas) y secundaria (durmientes y fajillas) en pino de la región, con teja de barro.





5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.

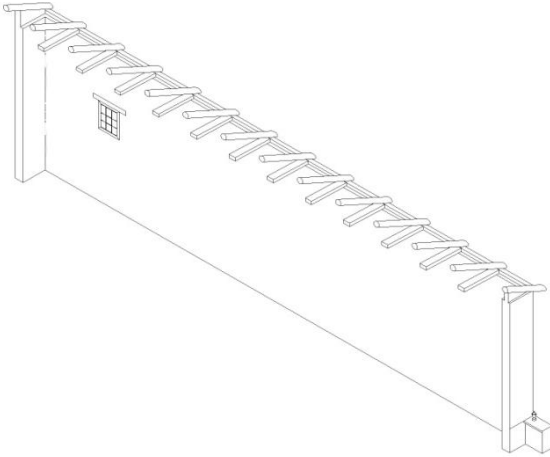
CONEXIÓN Y DISCONTINUIDAD

A.) INTERNA

Discontinuidad de construcción  
INEF.

Discontinuidad de transformación  
N. D.

Elementos de rigidez  
INEF.



B.) EXTERNA

Discontinuidad de construcción  
INEF. Elementos de ensamble o de  
unión poco confiables.

Discontinuidad de transformación  
INEF.

Conexión con muros ortogonales  
INEF.

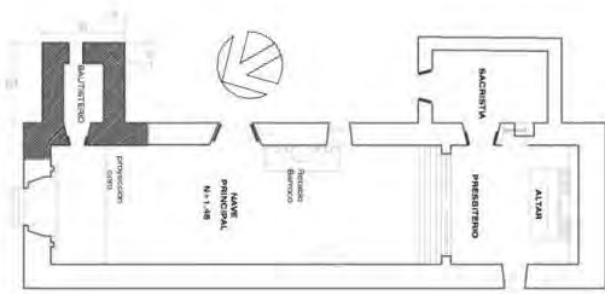
Conexión estructura vertical con la  
cubierta. INEF. La  
estructura secundaria de la  
cubierta se apoya directamente  
sobre el muro de la fachada.

Conexión de estructura vertical -  
tejamanil.  
INEF.

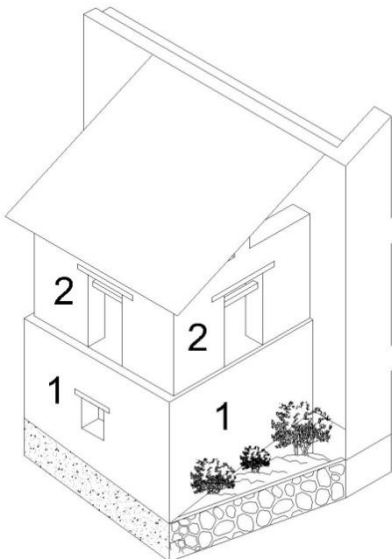
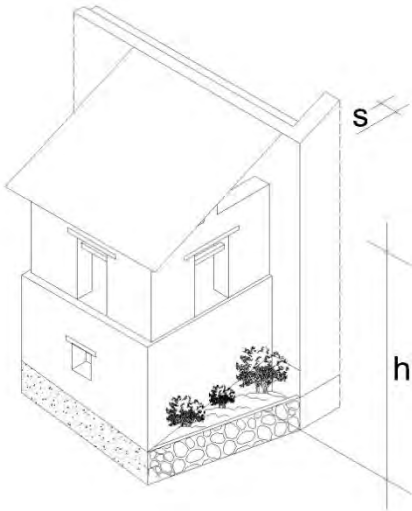
Elementos de conexión  
INEF.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.



 Dirección del sismo



---

## MACROELEMENTO BAPTISTERIO CAMPANARIO "D"

---

---

### GEOMETRÍA Y MATERIALES

---

$s = 1.23 \text{ m}$

---

$b = 4.88 \text{ m}$

---

$h = 17.94 \text{ m}$

---

Tipo de muro:

---

1.) Muro doble de adobón nucleado, enjarrado por la parte externa e interna, con mortero de cal, cemento, arena.

---

2.) Muro sencillo de soga de adobón, con enjarre exterior.

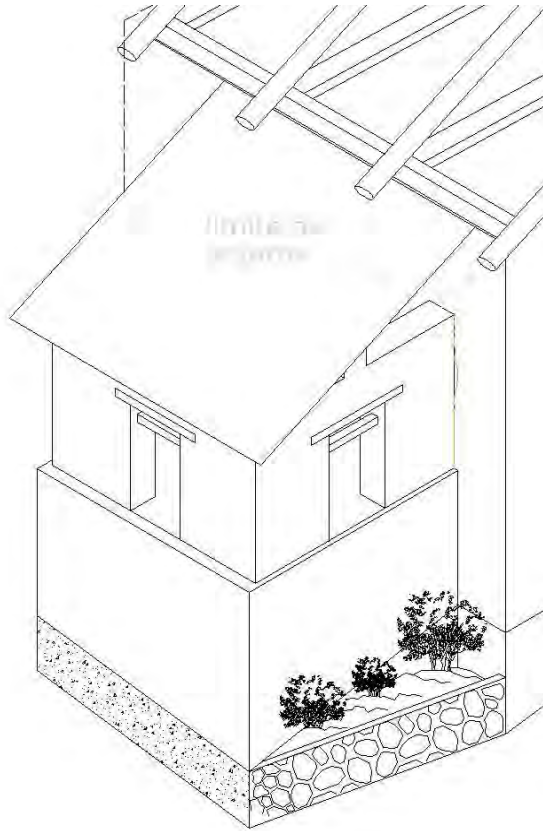
---

Tipo de Cubierta:

---

Estructura primaria (montantes, largueros y vigas maderas) y secundaria (durmientes y fajillas) en pino de la región, con teja.

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.



---

CONEXIÓN Y DISCONTINUIDAD

---

A.) INTERNA

---

Discontinuidad de construcción  
INEF.

---

Discontinuidad de transformación  
N. D.

---

Elementos de rigidez

---

INEF.

---

B.) EXTERNA

---

Discontinuidad de construcción  
INEF. Ausencia de elementos de  
ensamble o de unión.

---

Discontinuidad de transformación  
N. D.

---

Conexión con muros ortogonales  
INEF.

---

Conexión estructura vertical con la  
cubierta. INEF.

---

La estructura de la cubierta se  
apoya directamente sobre el muro  
de la fachada oriente y dos apoyos  
en la norte y sur.

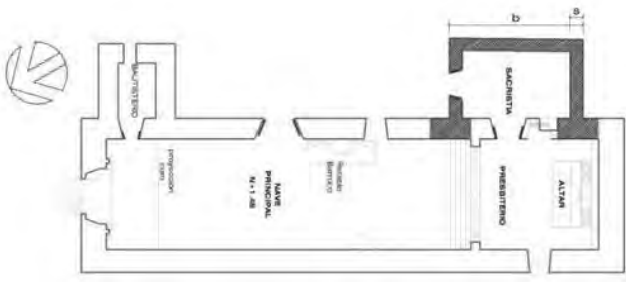
---

Elementos de conexión  
INEF.

---



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.



Dirección del sismo

## MACROELEMENTO SACRISTÍA "E".

### GEOMETRÍA Y MATERIALES

$$s = 0.82 \text{ m}$$

$$b = 8.43 \text{ m}$$

$$h1 = 9.73 \text{ m} \quad h2 = 6.25 \text{ m.}$$

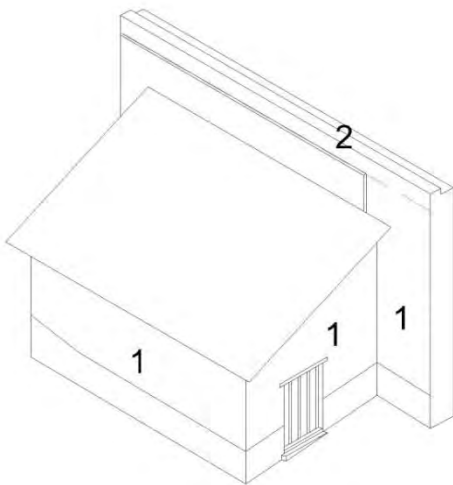
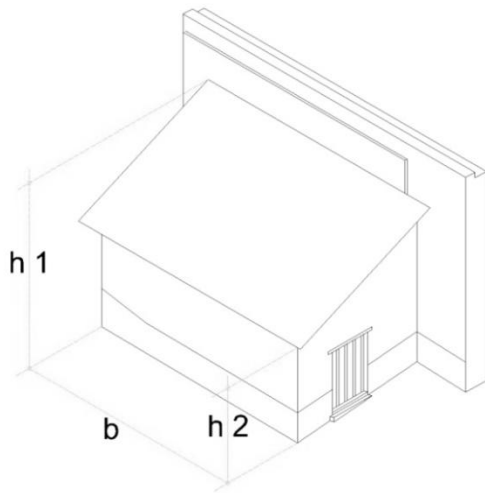
### Tipo de muro:

1.) Muro doble de adobón nucleado, enjarrado por la parte externa e interna, con mortero de cal, cemento, arena.

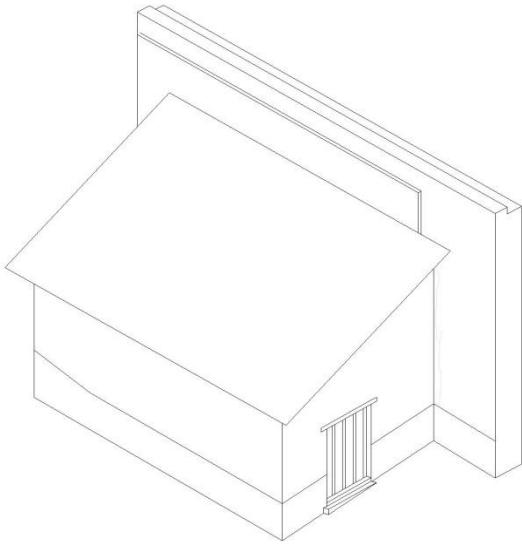
2.) Muro sencillo de soga de adobón, con enjarre exterior.

### Tipo de Cubierta:

Estructura primaria (montantes, largueros y vigas mdrinas) y secundaria (durmientes y fajillas) en pino de la región, con teja.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.



---

CONEXIÓN Y DISCONTINUIDAD

---

A.) INTERNA

---

Discontinuidad de construcción  
INEF.

---

Discontinuidad de transformación  
INEF.

---

Elementos de rigidez  
INEF.

---

B.) EXTERNA

---

Discontinuidad de construcción  
INEF. <l> Discontinuidad  
constructiva entre las partes del  
muro evidenciada en el plano.  
Ausencia de elementos de  
ensamble o de unión.

---

Discontinuidad de transformación  
INEF.

---

Conexión con muros ortogonales  
INEF.

---

Conexión estructura vertical con la  
cubierta. INEF. La  
estructura secundaria de la  
cubierta se apoya directamente  
sobre el muro de la fachada oriente.

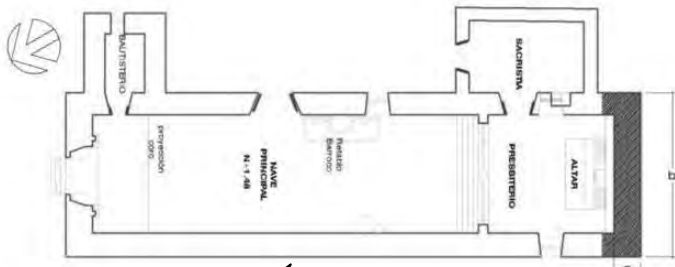
---

Elementos de conexión  
INEF.

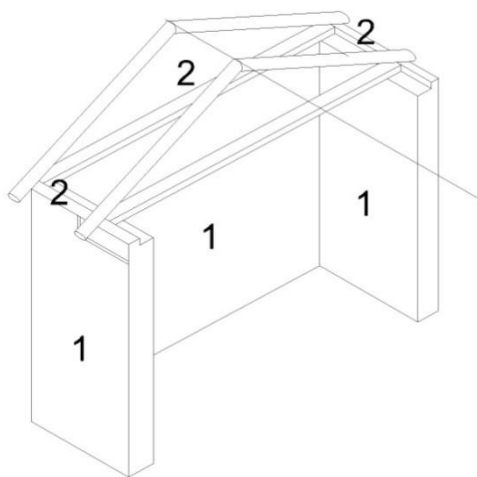
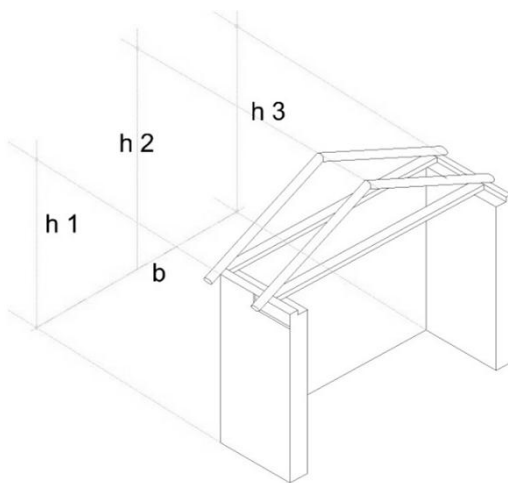
---



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.



 Dirección del sismo



## MACROELEMENTO CABECERA SUR "F".

### GEOMETRÍA Y MATERIALES

$$s = 1.60 \text{ m}$$

$$b = 9.75 \text{ m}$$

$$h1 = 12.29 \text{ m}$$

$$h2 = 16.25$$

$$h3 = 13.56 \text{ m}$$

Tipo de muro:

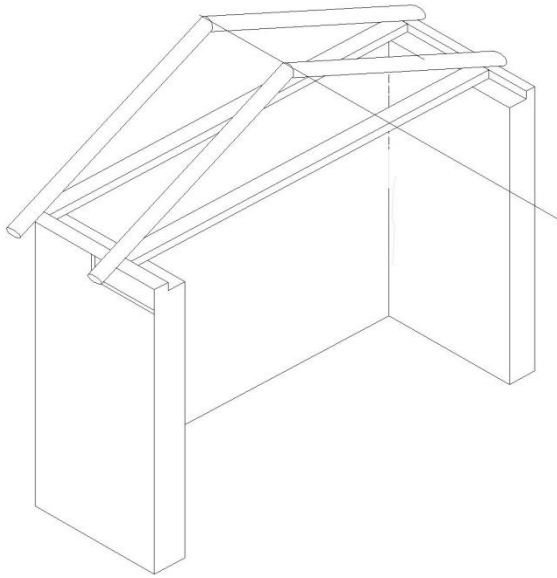
1.) Muro doble de adobón nucleado, enjarrado por la parte externa e interna, con mortero de cal, cemento, arena.

2.) Muro sencillo de soga de adobón, con enjarre exterior.

Tipo de Cubierta:

Estructura primaria (montantes, largueros y vigas maderas) y secundaria (durmientes y fajillas) en pino de la región, con teja.

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.2 SANTA MARÍA DE EL REAL ALTO.



---

CONEXIÓN Y DISCONTINUIDAD

---

A.) INTERNA

---

Discontinuidad de construcción  
INEF.

---

Discontinuidad de transformación  
N. D.

---

Elementos de rigidez  
INEF.

---

B.) EXTERNA

---

Discontinuidad de construcción  
INEF. Ausencia de elementos de  
ensamble o de unión.

---

Discontinuidad de transformación  
INEF.

---

Conexión con muros ortogonales  
PARC.

---

Conexión estructura vertical con la  
cubierta. INEF. La  
estructura secundaria de la  
cubierta se apoya directamente  
sobre el muro de la fachada  
posterior.

---

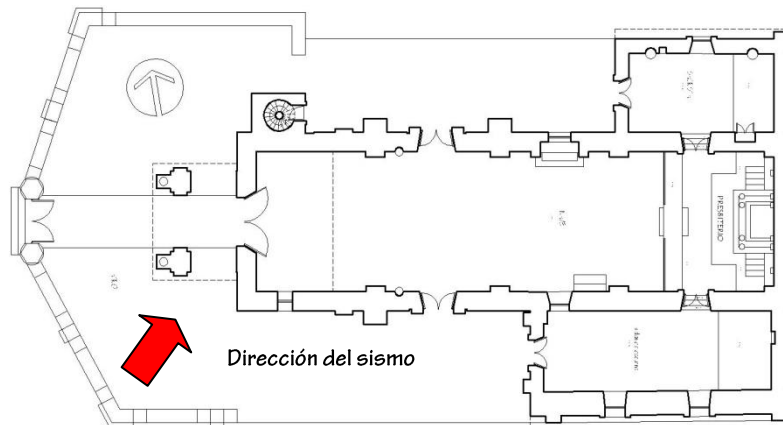
Conexión de estructura vertical -  
tejamanil.  
INEF.

---

Elementos de conexión  
INEF.

## 5.3 LOS REYES.

Examinando su planta (figura 1) se puede observar que tiene mayor densidad de muros en el sentido oriente-poniente que en el norte-sur. Su ancho se repite casi tres veces a lo largo de la Iglesia, es decir, en una proporción 1/ 2.55. Además debemos considerar dos cuerpos de buen tamaño aledaños en la zona del presbiterio.



1). Planta arquitectónica de Los Reyes.

Analizando la densidad de muros en un sentido y otro, hallamos las proporciones muy similares en lo que respecta a espesores. Encontramos más variación en los muros poniente (los transversales delantero y trasero), que configuran la sacristía y el salón de cáritas-catecismo. Obviamente es mayor la densidad en el sentido oriente-poniente que en el sentido norte-sur, pero podemos ver que casi pudiera estar compensado.

Habrá que considerar la rigidez correspondiente a la torre del campanario, añadida posteriormente a la nave con materiales distintos. Por otro lado, el cuerpo de la sacristía es el que puede resentir más un sismo al ser un elemento añadido posteriormente y construido con muros más delgados. Estructuralmente no están separados un cuerpo del otro y es muy probable que se presente un esfuerzo cortante vertical al momento de la oscilación.

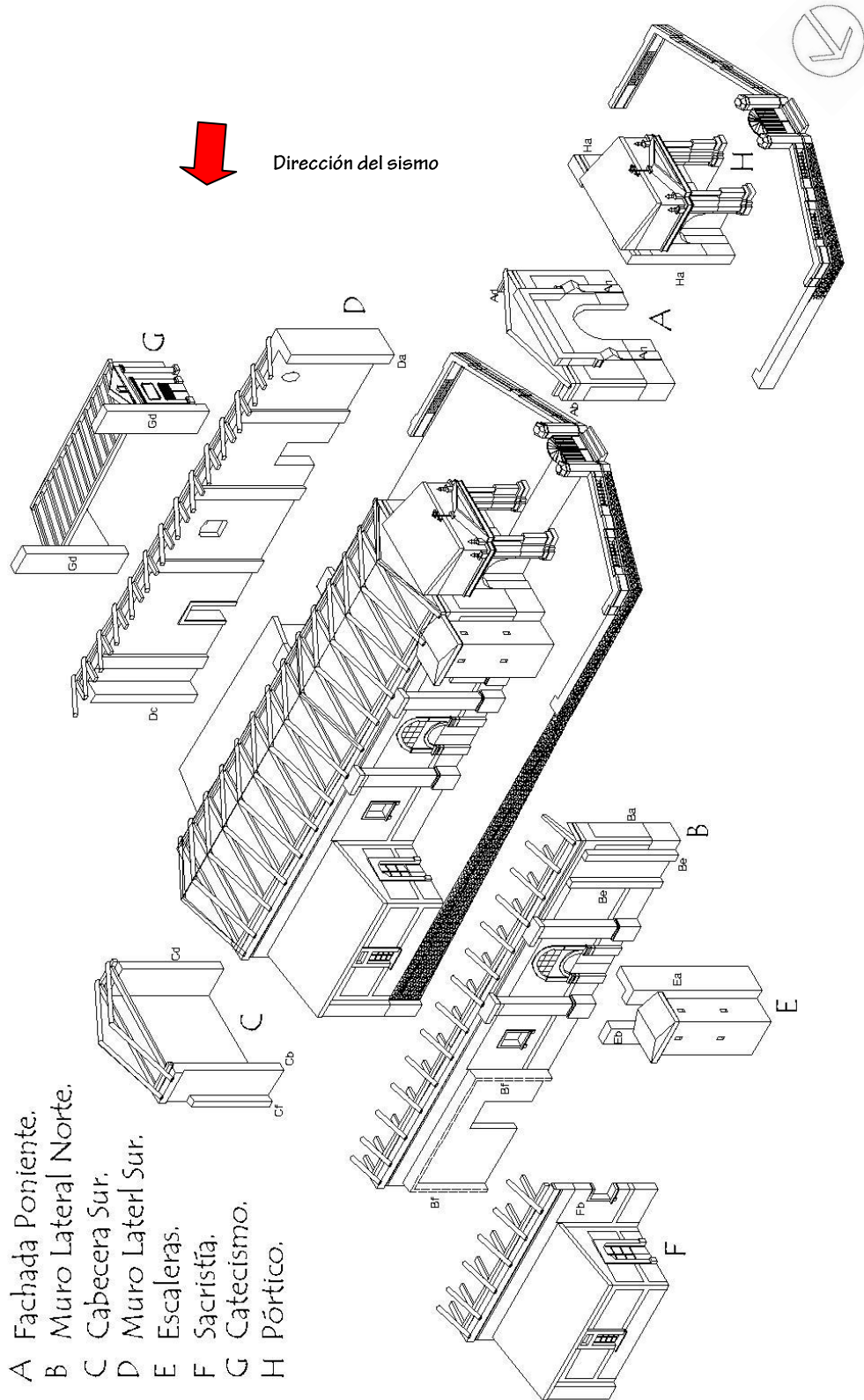


5.3.1 DETERMINACIÓN DE MACROELEMENTOS.

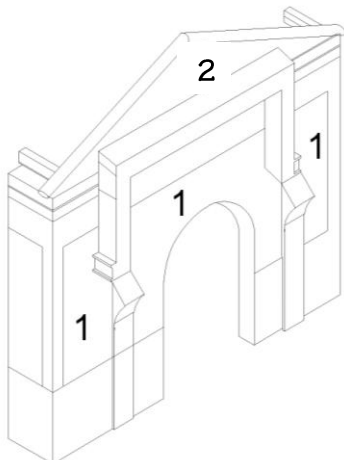
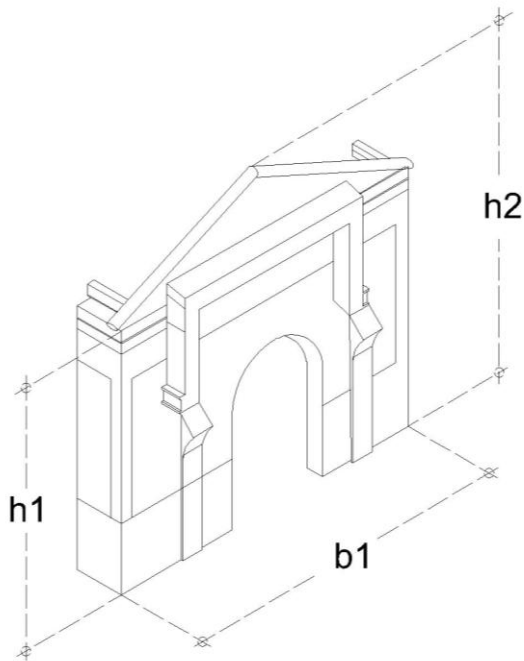
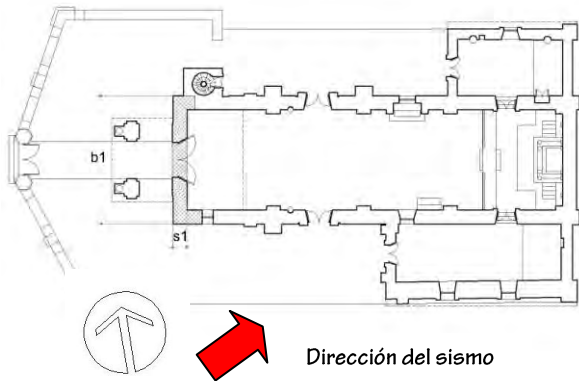
IGLESIA DE LOS REYES.

Subdivisiones en partes constitutivas denominadas MACROELEMENTOS:

- A Fachada Poniente.
- B Muro Lateral Norte.
- C Cabecera Sur.
- D Muro Laterl Sur.
- E Escaleras.
- F Sacristía.
- G Catecismo.
- H Pórtico.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.3 LOS REYES.



---

## MACROELEMENTO "A" FACHADA PONIENTE.

---

### GEOMETRÍA Y MATERIALES

---

$S1 = 1.01 \text{ m}$

---

$B1 = 9.35 \text{ m}$

---

$h1 = 8.11 \text{ m}$

---

$h2 = 10.01 \text{ m}$

---

Tipo de muro:

---

1.) Muro doble de adobón y ladrillo nucleado, enjarrado por la parte externa e interna, con mortero de cal, cemento, arena.

---

2.) Muro sencillo de soga de adobón, con enjarre exterior.

---

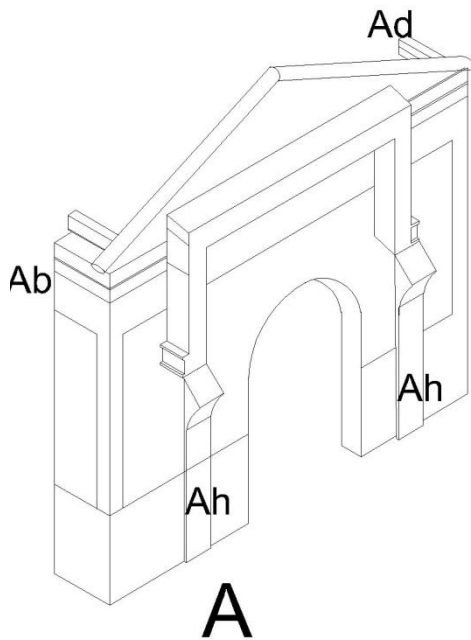
Tipo de Cubierta:

---

Estructura primaria tipo tijera (montantes, largueros y vigas mdrinas) y secundaria (durmientes y fajillas) en pino de la región, con teja.

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.3 LOS REYES.

CONEXIÓN Y DISCONTINUIDAD



A.) INTERNA

Discontinuidad de construcción INEF.

Discontinuidad de transformación INEF.

Elementos de rigidez INEF.

B.) EXTERNA

Discontinuidad de construcción INEF.  
Ausencia de elementos de ensamble o de unión.

Discontinuidad de transformación INEF.

Conexión con muros ortogonales N.D.

Conexión estructura vertical con la cubierta. INEF. La estructura secundaria de la cubierta se apoya directamente sobre los muros de las fachadas norte y sur.

Conexión de estructura vertical - tejamanil y de tapanco. INEF.

Elementos de conexión INEF.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.3 LOS REYES.

---

**MACROELEMENTO "B"**  
**MURO LATERAL NORTE.**

---

**GEOMETRÍA Y MATERIALES**

---

$s = 1.001 \text{ m}$

---

$b1 = 29.16 \text{ m}$

---

$h1 = 7.75 \text{ m}$

---

**Tipo de muro:**

---

1.) Muro mixto doble de adobón y ladrillo nucleado, enjarrado por la parte externa e interna, con mortero de cal, cemento, arena.

---

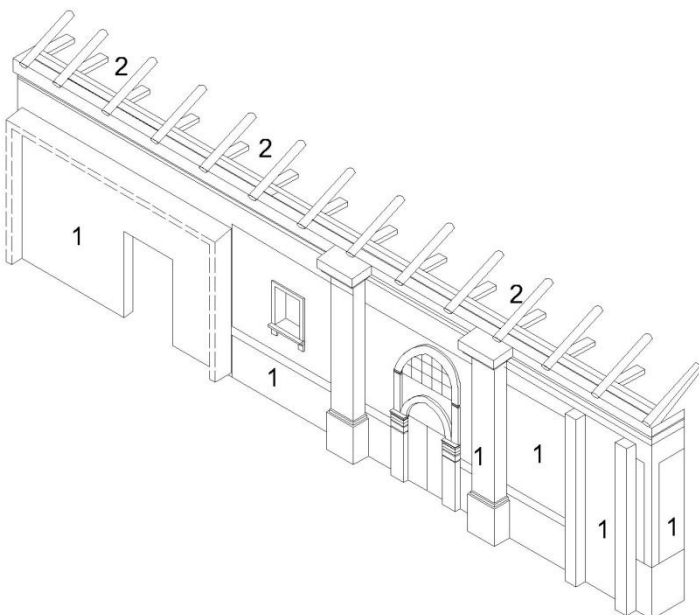
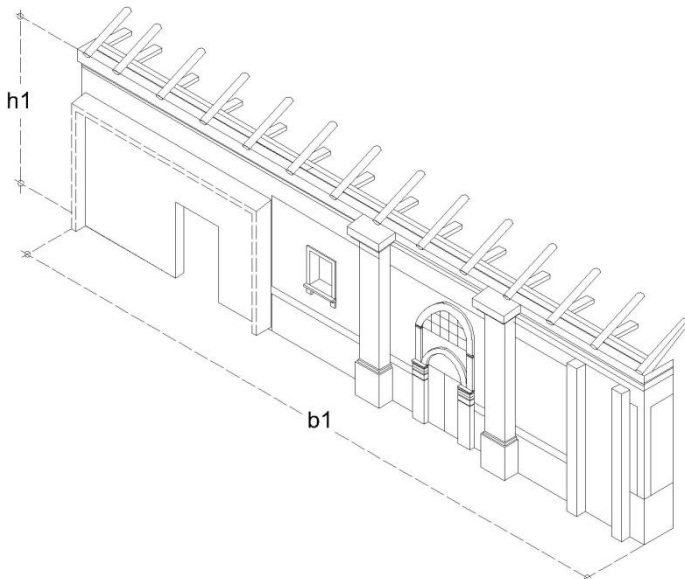
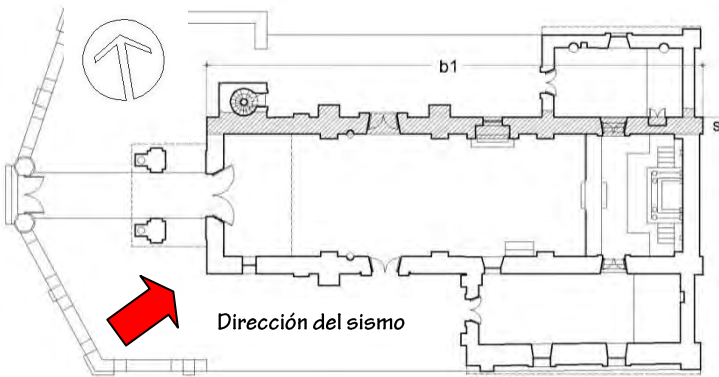
2.) Muro sencillo de soga de adobón, con enjarre exterior.

---

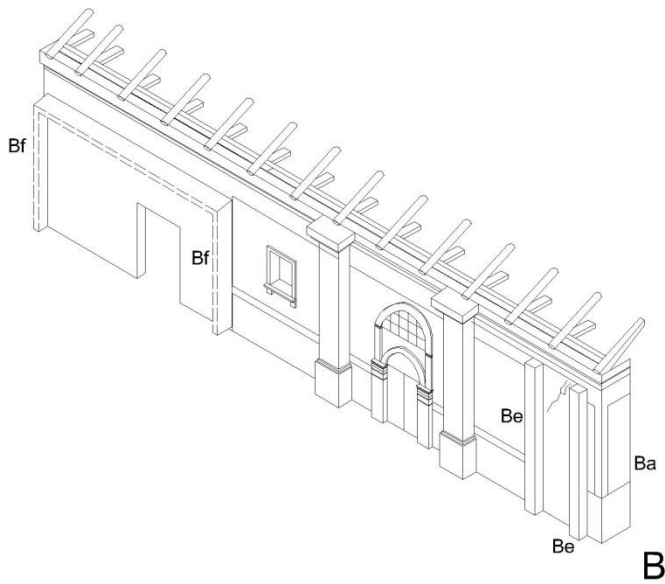
**Tipo de Cubierta:**

---

Estructura primaria tipo tijera (montantes, largueros y vigas mdrinas) y secundaria (durmientes y fajillas) en madera de pino de la región, con teja.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.3 LOS REYES.



CONEXIÓN Y DISCONTINUIDAD

A.) INTERNA

Discontinuidad de construcción INEF.

Discontinuidad de transformación N. D.

Elementos de rigidez INEF.

B.) EXTERNA

Discontinuidad de construcción INEF.  
Ausencia de elementos de ensamble o de unión.

Discontinuidad de transformación INEF.

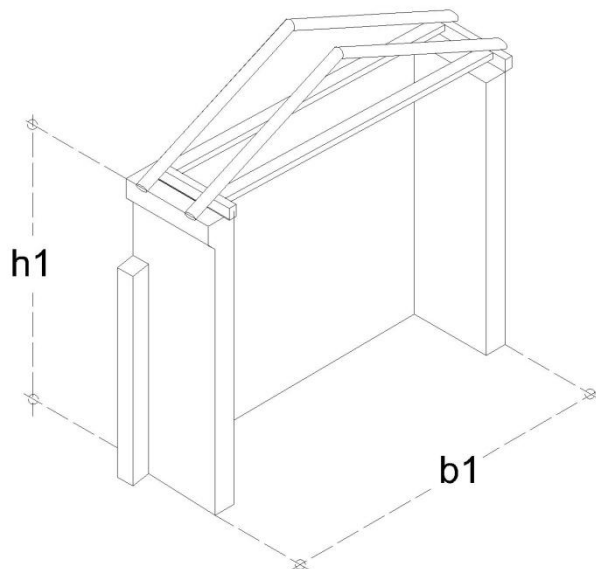
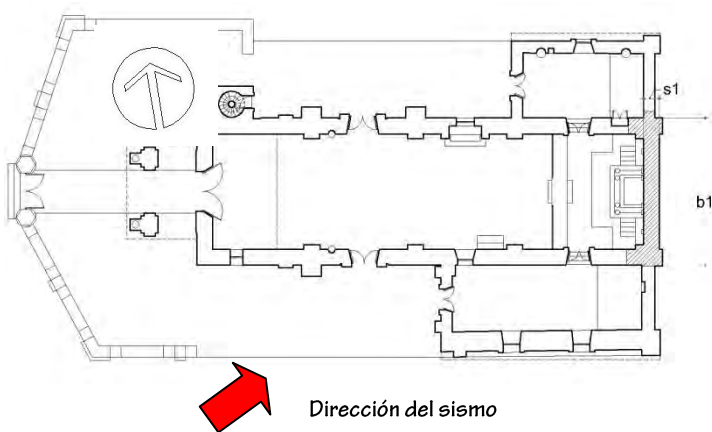
Conexión con muros ortogonales N. D.

Conexión estructura vertical con la cubierta. INEF.  
La estructura secundaria de la cubierta se apoya directamente sobre los muros de las fachadas norte y sur

Conexión de estructura vertical - tejamanil. INEF.

Elementos de conexión INEF.





---

## MACROELEMENTO "C" CABECERA DE LA IGLESIA.

---

### GEOMETRÍA Y MATERIALES

---

$s1 = 1.00$  m

---

$b1 = 9.27$  m

---

$h1 = 8.62$  m

---

Tipo de muro:

---

1.) Muro mixto doble de adobón y ladrillo nucleado, enjarrado por la parte externa e interna, con mortero de cal, cemento, arena.

---

2.) Muro sencillo de soga de adobón, con enjarre y zarpeo exterior.

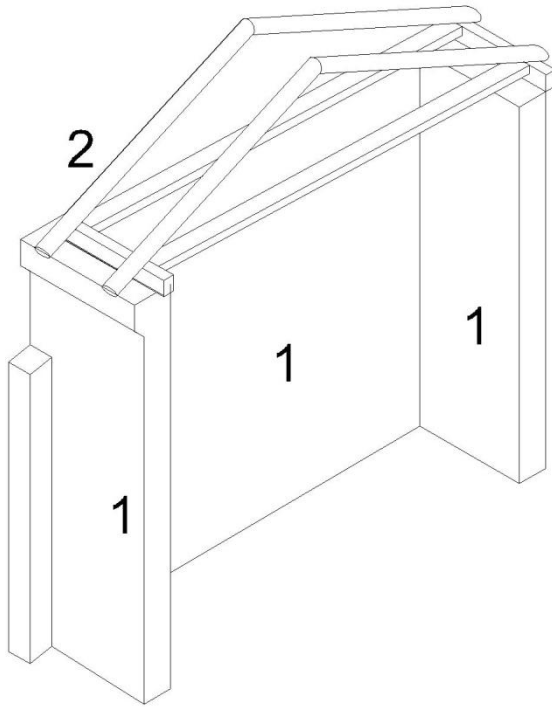
---

Tipo de Cubierta:

---

Estructura primaria tipo tijera (montantes, largueros y vigas madrinan) y secundaria (durmientes y fajillas) en pino de la región, con teja.

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.3 LOS REYES.



CONEXIÓN Y DISCONTINUIDAD

A.) INTERNA

Discontinuidad de construcción INEF.

Discontinuidad de transformación N. D.

Elementos de rigidez INEF.

B.) EXTERNA

Discontinuidad de construcción INEF.  
Ausencia de elementos de ensamble o de unión.

Discontinuidad de transformación INEF.

Conexión con muros ortogonales INEF.

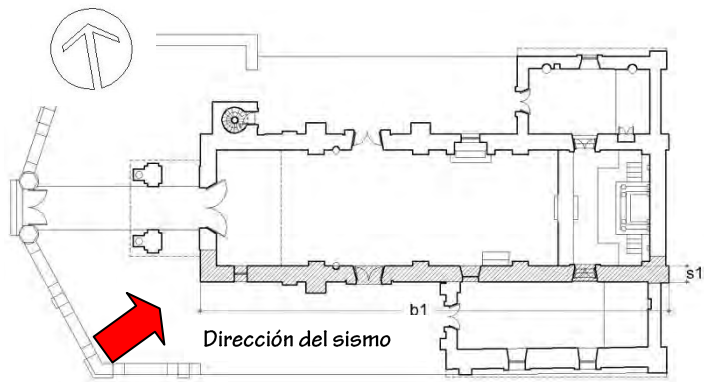
Conexión estructura vertical con la cubierta. INEF. La estructura secundaria de la cubierta se apoya directamente sobre el muro de la fachada oriente.

Conexión de estructura vertical - tejamanil. INEF.

Elementos de conexión INEF.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.3 LOS REYES.



---

**MACROELEMENTO "D"**  
**MURO LATERAL SUR.**

---

**GEOMETRÍA Y MATERIALES**

---

$s1 = 1.00 \text{ m}$

---

$b1 = 29.21 \text{ m}$

---

$h1 = 7.75 \text{ m}$

---

Tipo de muro:

---

3.) Muro Mixto doble de adobón y ladrillo de lama nucleado, enjarrado por la parte interna, con mortero de cal, cemento, arena y por la externa zarpeado.

---

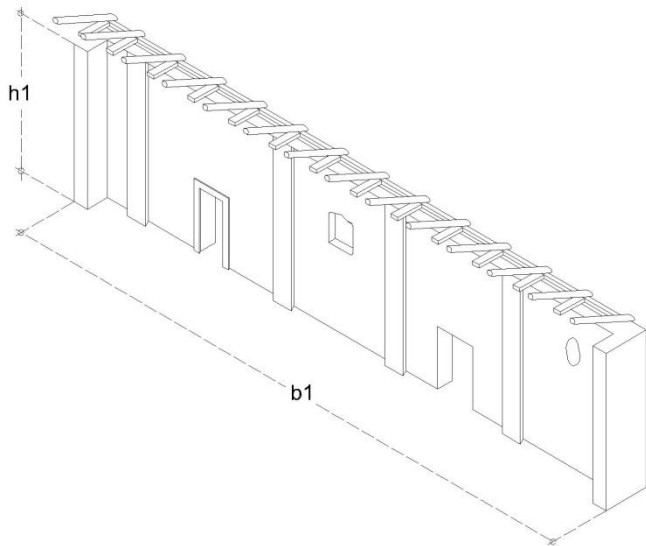
4.) Muro sencillo de soga de adobón, con enjarre exterior.

---

Tipo de Cubierta:

---

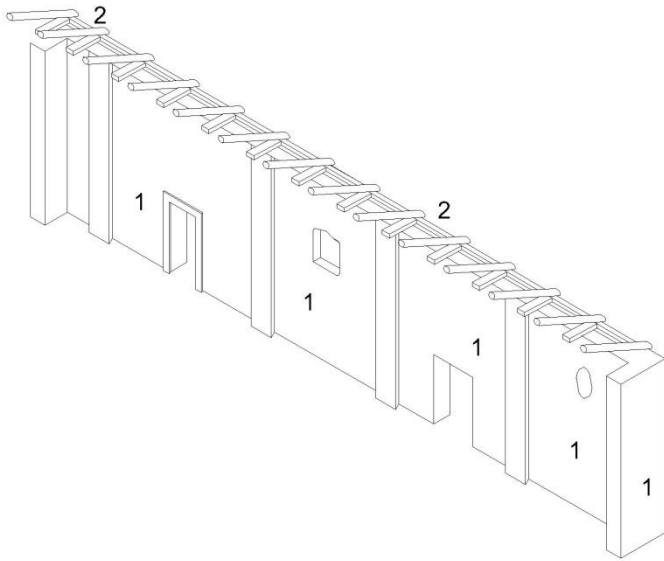
Estructura primaria tipo tijera (montantes, largueros y vigas mdrinas) y secundaria (durmientes y fajillas) en madera de pino de la región, con teja ranchera.





5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.3 LOS REYES.

CONEXIÓN Y DISCONTINUIDAD



A.) INTERNA

Discontinuidad de construcción INEF.

Discontinuidad de transformación INEF.

Elementos de rigidez INEF.

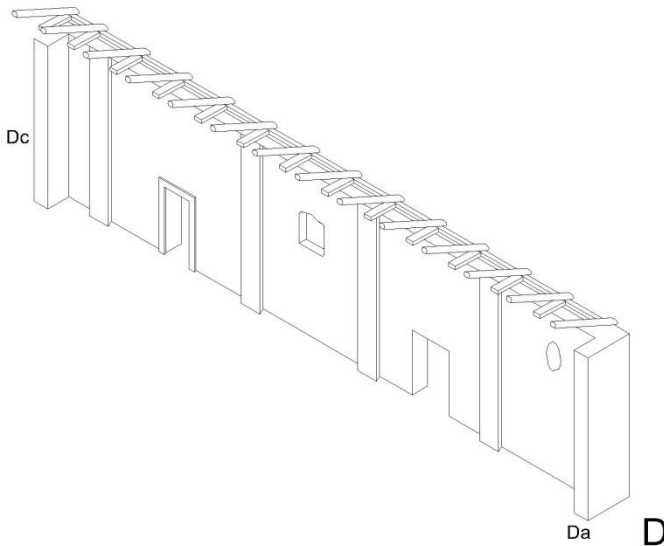
B.) EXTERNA

Discontinuidad de construcción INEF.  
Ausencia de elementos de ensamble o de unión.

Discontinuidad de transformación INEF.

Conexión con muros ortogonales N. D.

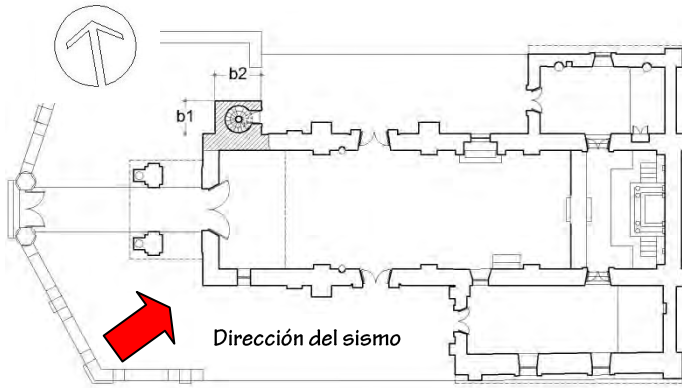
Conexión estructura vertical con la cubierta. INEF.  
La estructura secundaria de la cubierta se apoya directamente sobre los muros de la fachada norte y sur.



Conexión de estructura vertical - tejamanil. INEF.

Elementos de conexión INEF.

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.3 LOS REYES.



---

## MACROELEMENTO "E" ESCALERAS.

---

### GEOMETRÍA Y MATERIALES

---

$b_1 = 2.00$  m

---

$b_2 = 2.80$  m

---

$h_1 = 7.57$  m

---

$h_2 = 8.17$  m

---

Tipo de muro:

---

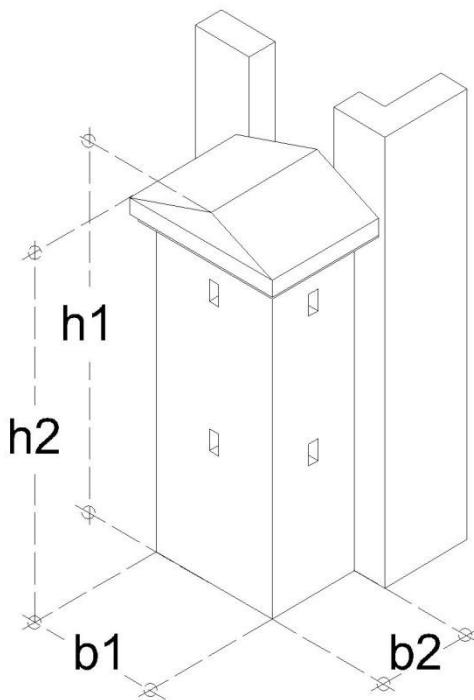
1.) Muro doble de ladrillo nucleado, aparente, con mortero de cal, cemento y arena.

---

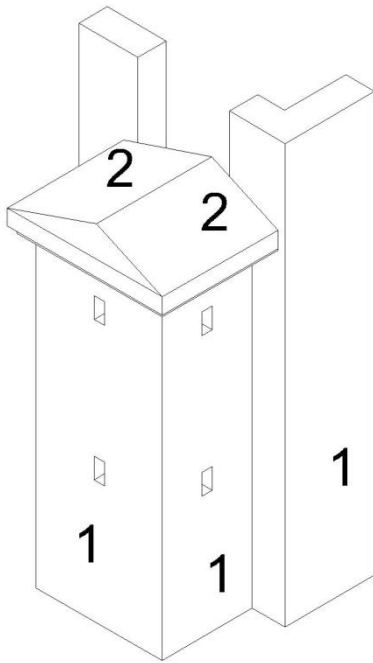
2.) Tipo de Cubierta:

---

De madera tanto la estructura primaria (montantes, largueros y vigas mdrinas) y secundaria (durmientes y fajillas) en pino de la región, con teja.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.3 LOS REYES.



---

CONEXIÓN Y DISCONTINUIDAD

---

A.) INTERNA

---

Discontinuidad de construcción  
PARC.

---

Discontinuidad de transformación N.  
D.

---

Elementos de rigidez  
INEF.

---

B.) EXTERNA

---

Discontinuidad de construcción INEF.  
Ausencia de elementos de ensamble o  
de unión.

---

Discontinuidad de transformación N.  
D.

---

Conexión con muros ortogonales N.  
D.

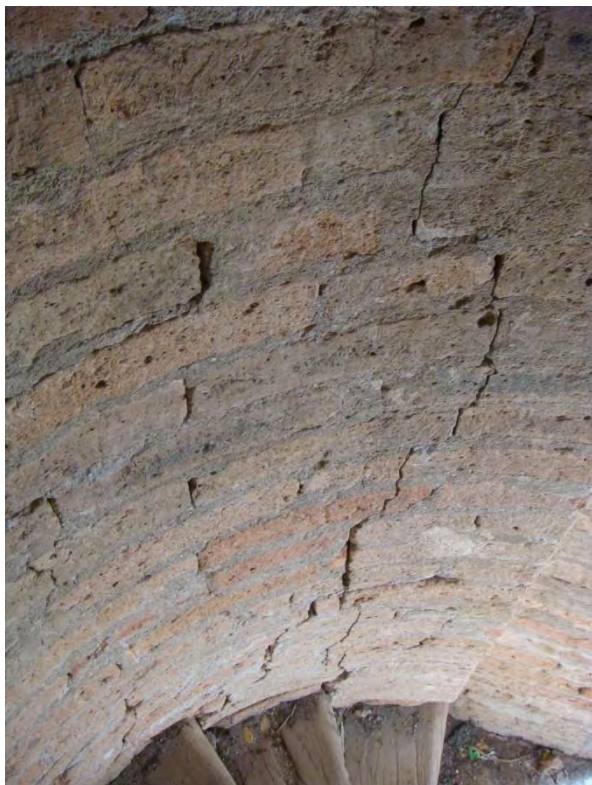
---

Conexión estructura vertical con la  
cubierta.  
INEF.

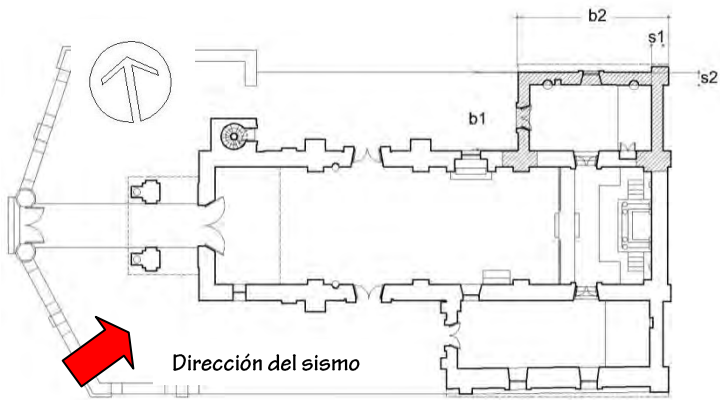
---

Elementos de conexión INEF.

---



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.3 LOS REYES.



---

## MACROELEMENTO "F" SACRISTIA.

---

### GEOMETRÍA Y MATERIALES

---

$b_1 = 4.82 \text{ m}$

---

$b_2 = 9.36 \text{ m}$

---

$h_1 = 3.53 \text{ m}$

---

$h_2 = 5.30 \text{ m}$

---

$s_1 = 0.70 \text{ m}$

---

$s_2 = 0.78$

---

Tipo de muro:

---

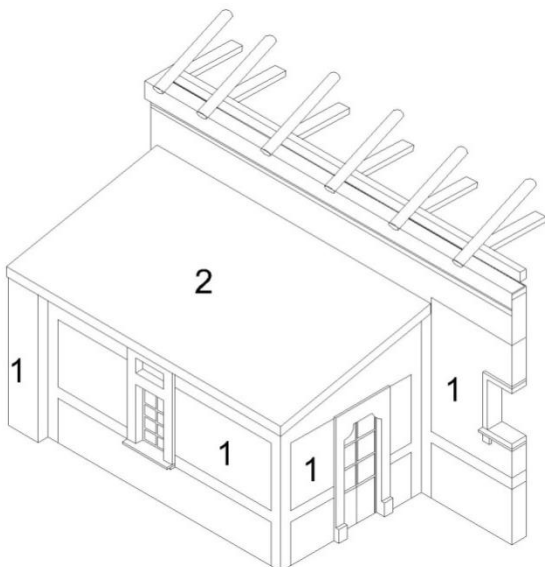
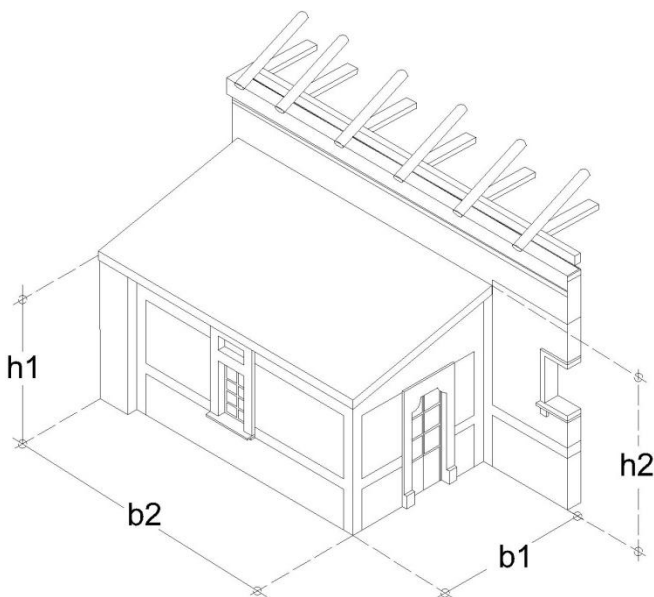
1.) Muro doble de ladrillo nucleado, con mortero de cal y arena enjarrado por la parte externa e interna

---

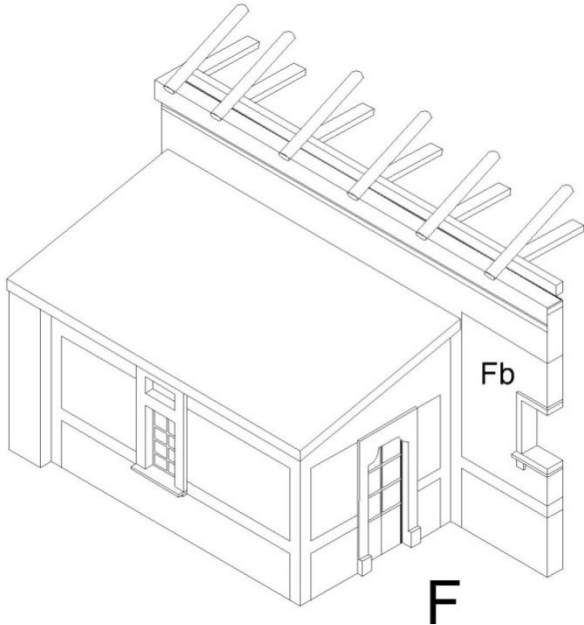
2.) Tipo de Cubierta:

---

De madera, estructura primaria (montantes, largueros y vigas madrinan) y secundaria (durmientes y fajillas) en pino de la región, con teja.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.3 LOS REYES.



---

CONEXIÓN Y DISCONTINUIDAD

---

A.) INTERNA

---

*Discontinuidad de construcción*  
INEF.

---

*Discontinuidad de transformación*  
INEF.

---

*Elementos de rigidez*  
INEF.

---

B.) EXTERNA

---

*Discontinuidad de construcción* INEF.  
*Ausencia de elementos de ensamble o de unión.*

---

*Discontinuidad de transformación*  
INEF.

---

*Conexión con muros ortogonales*  
PARC.

---

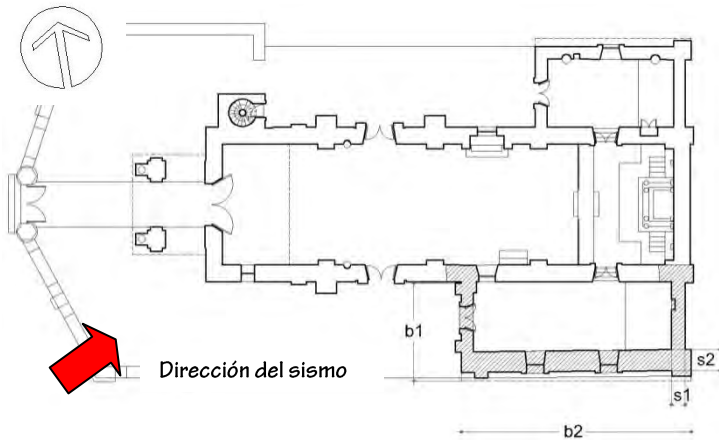
*Conexión estructura vertical con la cubierta.* INEF.

---

*Elementos de conexión* INEF.

---

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.3 LOS REYES.



**MACROELEMENTO "G"**  
**SALÓN DE CATESISMO.**

**GEOMETRÍA Y MATERIALES**

$b1 = 4.82 \text{ m}$

$b2 = 9.36 \text{ m}$

$h1 = 3.53 \text{ m}$

$h2 = 5.30 \text{ m}$

$s1 = 0.70 \text{ m}$

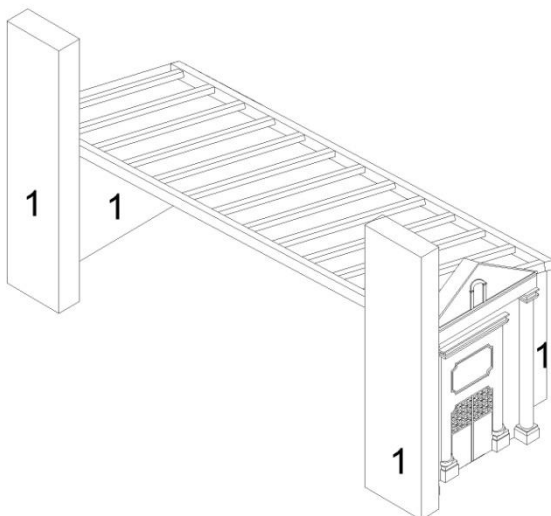
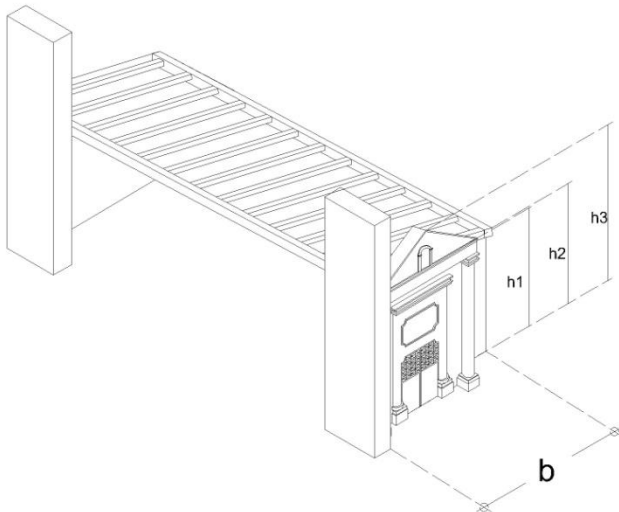
$s2 = 0.78 \text{ m}$

**Tipo de muro:**

- 1.) Muro mixto doble de adobón y ladrillo nucleado, enjarrado por la parte externa e interna, con mortero de cal, cemento, arena.

**Tipo de Cubierta:**

De madera, estructura primaria (montantes, largueros y vigas maderas) y secundaria (durmientes y fajillas) en pino de la región, con un poco de teja. Además de láminas metálicas.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.3 LOS REYES.

---

CONEXIÓN Y DISCONTINUIDAD

---

A.) INTERNA

---

Discontinuidad de construcción  
INEF.

---

Discontinuidad de transformación  
INEF.

---

Elementos de rigidez  
INEF.

---

B.) EXTERNA

---

Discontinuidad de construcción INEF.  
Ausencia de elementos de ensamble o  
de unión, evidente.

---

Discontinuidad de transformación  
INEF.

---

Conexión con muros ortogonales <l>  
Discontinuidad constructiva entre las  
partes del muro evidenciada en el  
plano.

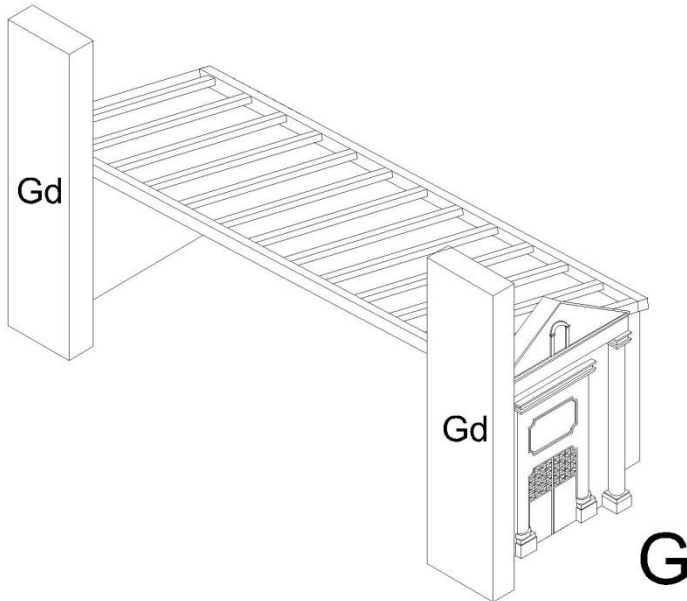
---

Conexión estructura vertical con la  
cubierta. INEF.

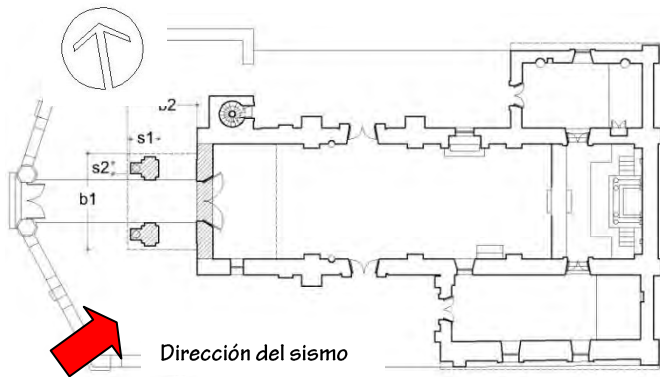
---

Elementos de conexión INEF.

---



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.3 LOS REYES.



**MACROELEMENTO "H"  
PÓRTICO.**

**GEOMETRÍA Y MATERIALES**

$b_1 = 4.84 \text{ m}$

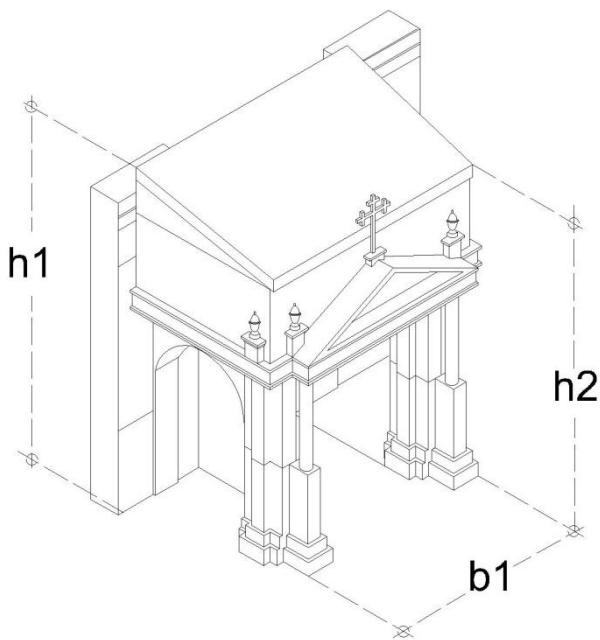
$b_2 = 4.40 \text{ m}$

$h_1 = 8.22 \text{ m}$

$h_2 = 7.67 \text{ m}$

$s_1 = 1.77 \text{ m}$

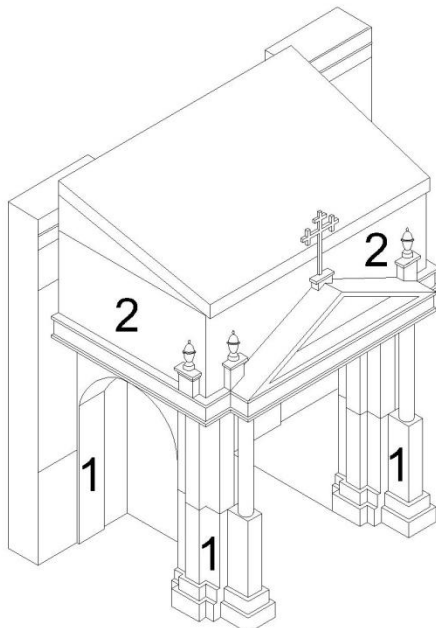
$s_2 = 0.70 \text{ m}$



**Tipo de muro:**

1.) Muro doble de ladrillo nucleado, aparente, con mortero de cal, y arena.

2.) Muro sencillo de soga de ladrillo, de lama aparente.



**Tipo de Cubierta:**

Bóveda de nervadura de ladrillo de lama con mortero de cal, arena y cemento. Enjarrada.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.3 LOS REYES.



CONEXIÓN Y DISCONTINUIDAD

A.) INTERNA

*Discontinuidad de construcción*  
INEF.

*Discontinuidad de transformación*  
INEF.

*Elementos de rigidez*  
INEF.

B.) EXTERNA

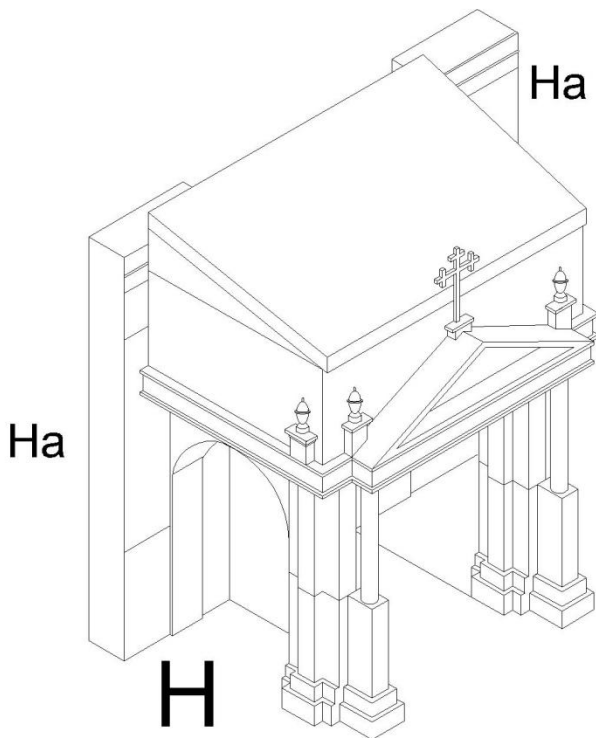
*Discontinuidad de construcción* INEF.  
*Ausencia de elementos de ensamble o de unión.*

*Discontinuidad de transformación*  
INEF.

*Conexión con muros ortogonales*  
PARC.

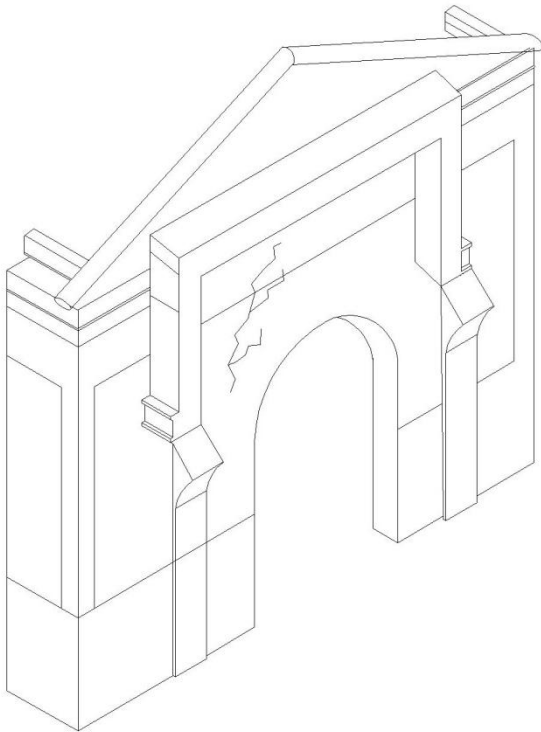
*Conexión estructura secundaria vertical con la cubierta.*  
INEF. *Se apoya en el muro poniente del pórtico.*

*Conexión de estructura vertical - con bóveda nervada.* INEF.



### 5.3.2 ANÁLISIS DE HIPÓTESIS DE RUPTURA.

### MACROELEMENTO "A" FACHADA PONIENTE.



---

ESTADO DEL DAÑO 1  
Documentado

---

Inestable: No legible en su construcción original.

---

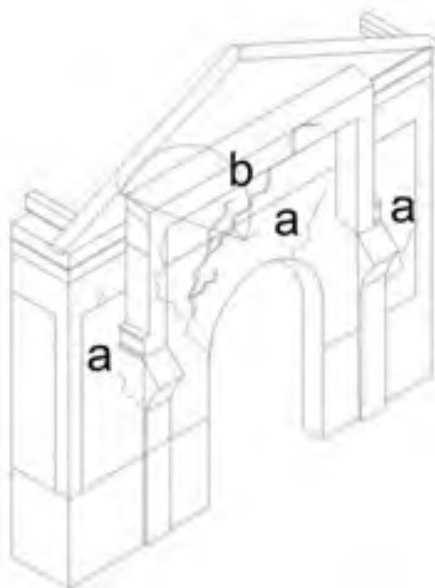
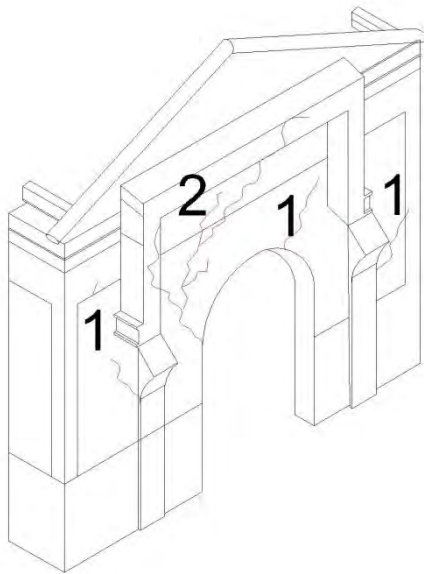
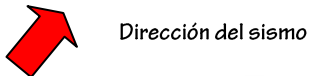
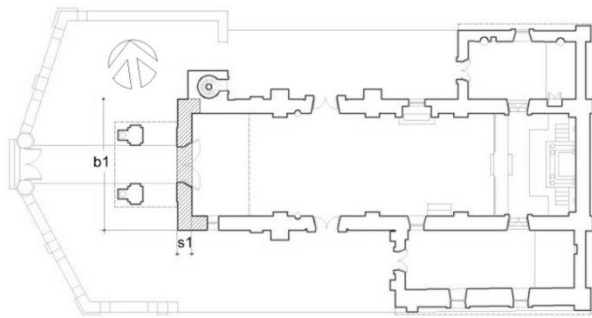
Degradación: Legible en su construcción original.

---

Reparaciones de partes o lesiones: Legible en su construcción original, se aprecian resanes hechos posteriormente con diversa coloración.



Vista interior del muro poniente en el tapanco.



---

## MACROELEMENTO "A" MURO PONIENTE.

---

---

### ESTADO DE DAÑO 2.

---

1.) Las grietas y fisuras se convierten en fracturas en forma diagonal y se acusan nuevas.

---

2.) Lesión con forma en "V" sobre el plano central.

---

---

### ESQUEMA DE MECANISMO

---

a.) Tensión diagonal por efectos de sismos.

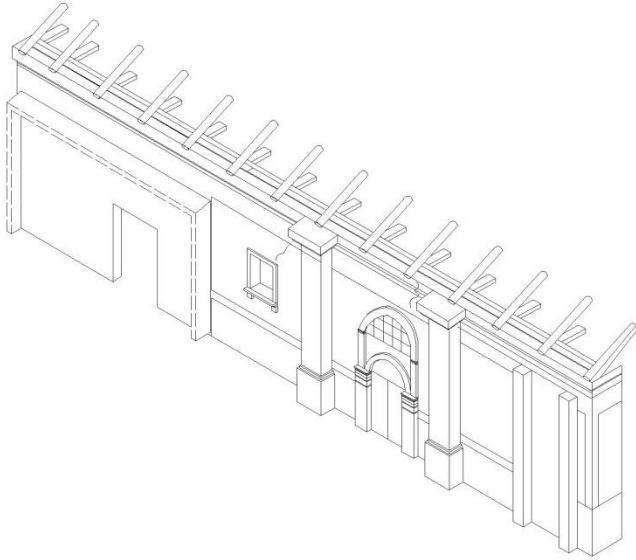
---

b.) Rotura fuera del plano hacia el exterior o interior (según el movimiento), afectando el amarre entre muro y pórtico. También se acusan grietas verticales, donde puede suponerse un asentamiento diferencial.

---

---

**MACROELEMENTO "B"**  
**MURO LATERAL NORTE.**



---

ESTADO DEL DAÑO 1  
Documentado

---

*Inestable: No legible en su construcción original.*

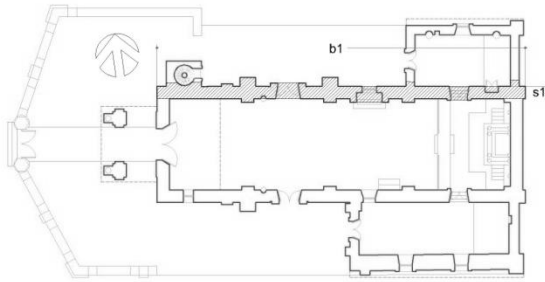
---

*Degradación: Legible en su construcción original.*

---

*Reparaciones de partes o lesiones: Legible en su construcción original, se aprecian resanes hechos posteriormente con diversa coloraciones.*

---



Dirección del sismo

---

## MACROELEMENTO "B" MURO LATERAL NORTE.

---

### ESTADO DE DAÑO 2

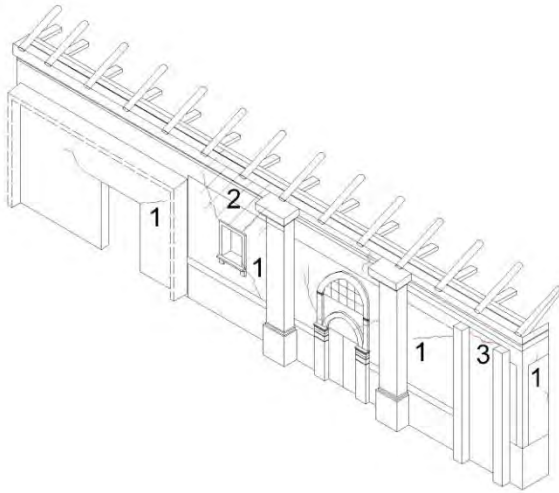
---

1.) Lesiones en diagonal.

2.) Lesión de hundimiento en la parte del pretil en forma de "V". Las grietas y fisuras se convierten en fracturas en forma diagonal.

3.) Lesión horizontal muy visible en la parte interna.

---



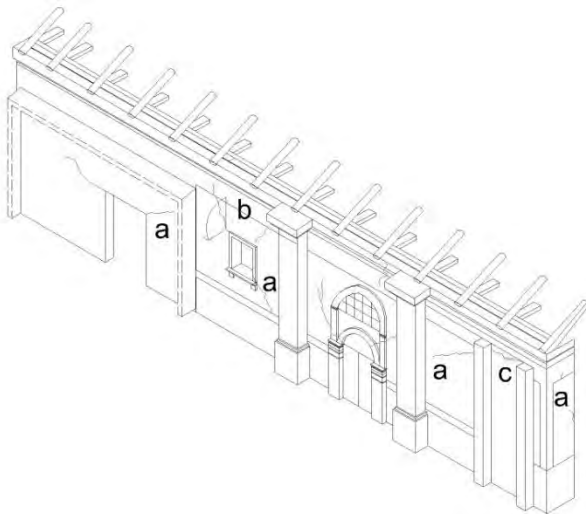
### ESQUEMA DE MECANISMO.

---

a.) Continúan las grietas y fracturas en tensión diagonal.

b.) Desplome de pretil que afecta apoyo de cubierta se vuelca hacia el exterior.

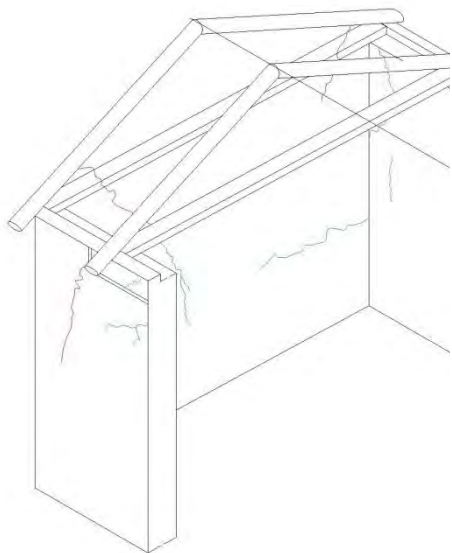
c.) Cortante horizontal separando partes del muro.



---

**MACROELEMENTO "C"**  
**MURO CABECERA ORIENTE.**

---



---

ESTADO DEL DAÑO 1 Documentado

---

**Inestable:** No visible en su construcción original.

---

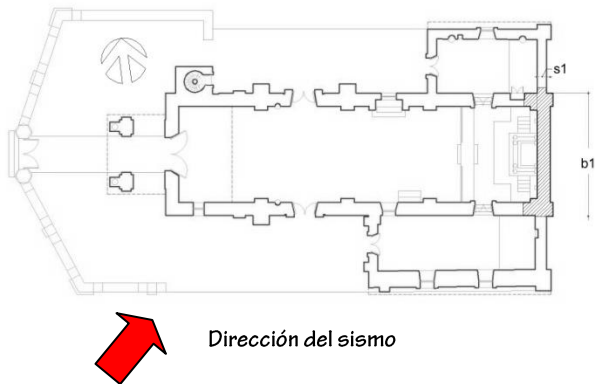
**Degradación:** Visible en su construcción original.

---

**Reparaciones de partes o lesiones:** Legible en su construcción original, se aprecian resanes hechos posteriormente con diversa coloración.

---





---

## MACROELEMENTO "C" CABECERA ORIENTE.

---

---

### ESTADO DE DAÑO 2

---

1.) Lesión vertical que acusa la separación entre cuerpos.

---

2.) Lesión en diagonal, fisuras y grietas.

---

3.) Lesión horizontal.

---

---

### ESQUEMA DE MECANISMO.

---

a.) Cortante Vertical, fractura entre muros, separando ambos cuerpos.

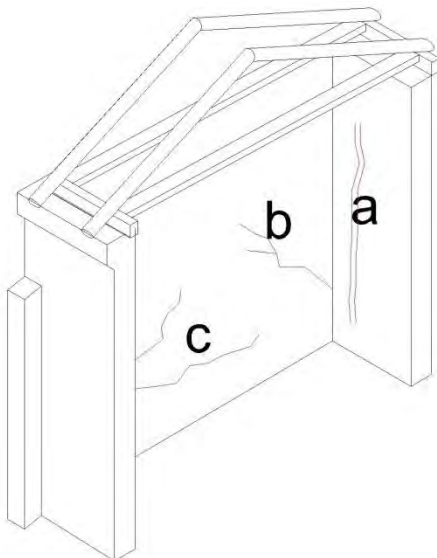
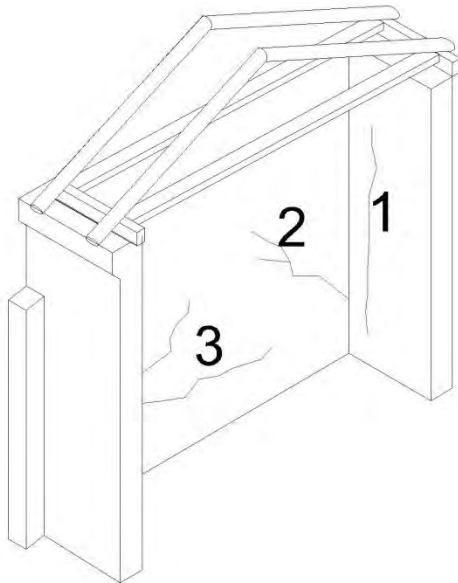
---

b.) Probable tensión diagonal.

---

c.) Posible traslación horizontal.

---



---

## MACROELEMENTO “D” MURO LATERAL SUR.

---

ESTADO DEL DAÑO 1  
Documentado

---

Inestable: No legible en su  
construcción original.

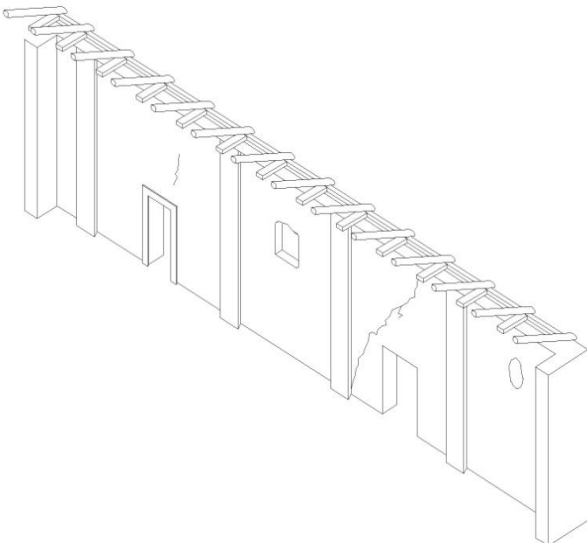
---

Degradación: Legible en su  
construcción original.

---

Reparaciones de partes o lesiones:  
Legible en su construcción original,  
se aprecian resanes hechos  
posteriormente con diversa  
coloración.

---

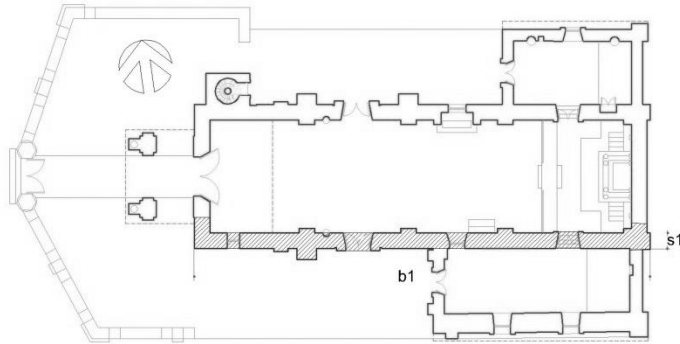





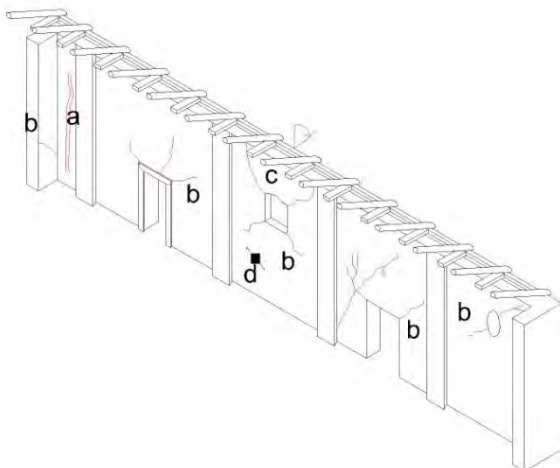
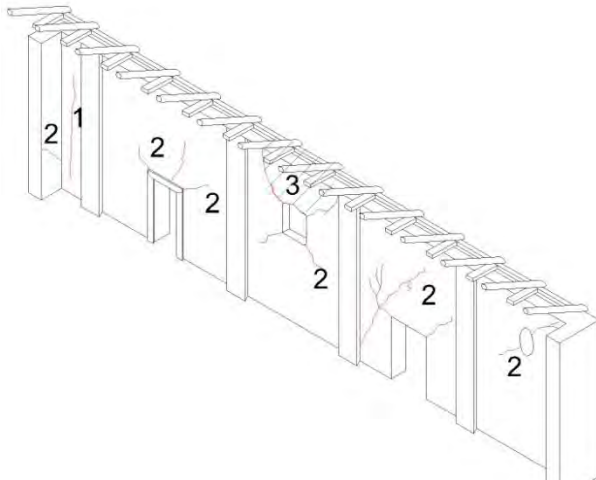
---

## MACROELEMENTO "D" MURO LATERAL SUR.

---



 Dirección del sismo



---

### ESTADO DE DAÑO 2

---

- 1.) Lesión vertical en unión de muros entre cuerpos.
- 2.) Lesión diagonal en torno a los vanos.
- 3.) Las grietas y fisuras se convierten en fracturas en forma diagonal, posible desplome de las partes superiores en forma de "V".

---

### ESQUEMA DE MECANISMO.

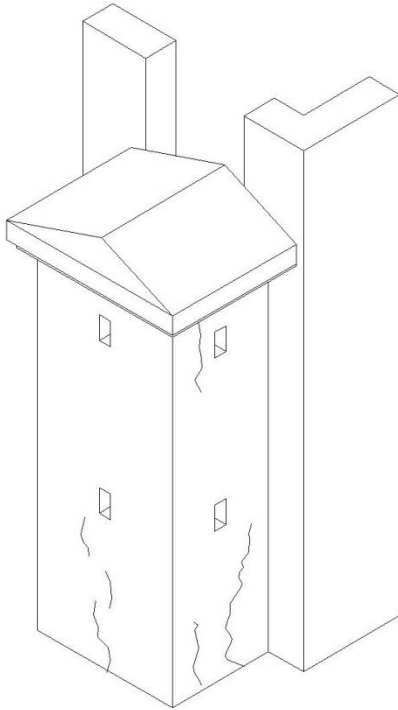
---

- a.) Cortante vertical separando ambos cuerpos.
- b.) Probable tensión diagonal.
- c.) Posible fractura y efecto de torsión hacia el exterior de trozo de muro y pretil.
- d.) Predominante mecanismo de rotura en el muro.

---

## MACROELEMENTO “E” ESCALERA.

---



---

ESTADO	DEL	DAÑO	1
Documentado			

---

Inestable: Legible en su construcción original.

---

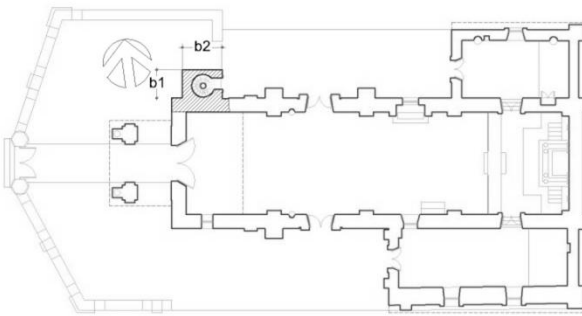
Degradación: Legible en su construcción original.

---

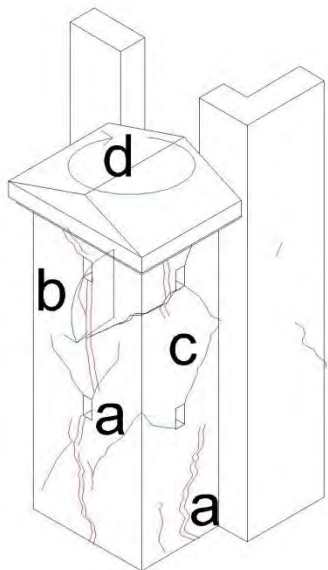
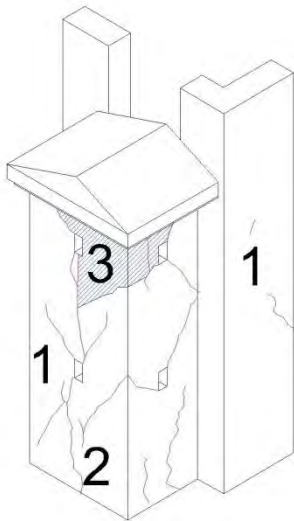
*Se aprecian fracturas relevantes en el lado poniente y el lado norte, que atraviesan tanto el ladrillo como el mortero, interior y exteriormente.*

---





Dirección del sismo



---

## MACROELEMENTO "E" ESCALERA.

---

---

### ESTADO DE DAÑO 2

---

1.) Lesión en forma de diagonal.

---

2.) Se acusa la separación entre muros, con lesión vertical.

---

3.) Lesión en forma de "V" produciendo hundimiento.

---

---

### ESQUEMA DE MECANISMO.

---

a.) Cortante vertical, producido probablemente por un asentamiento diferencial.

---

b.) Probable rotación fuera del plano en torno al eje horizontal.

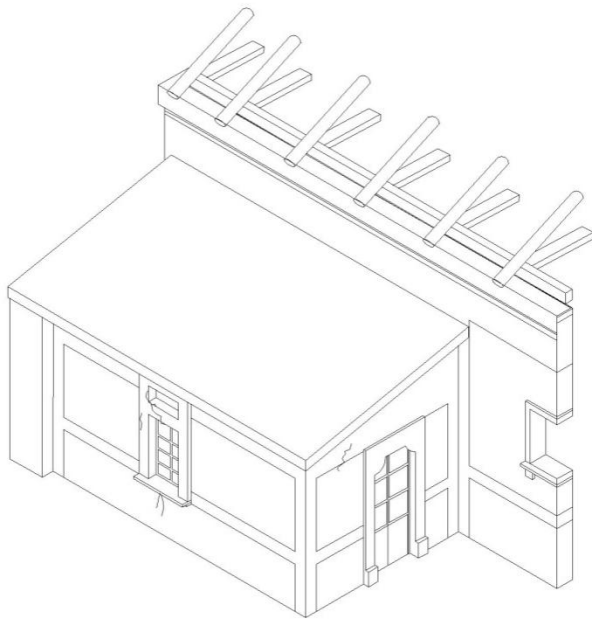
---

c.) Posible tensión diagonal.

---

d.) Posible efecto de torsión en el eje vertical.

---



---

**MACROELEMENTO “F”  
SACRISTÍA.**

---

ESTADO DEL DAÑO 1  
Documentado

---

Inestable: No legible en su construcción original.

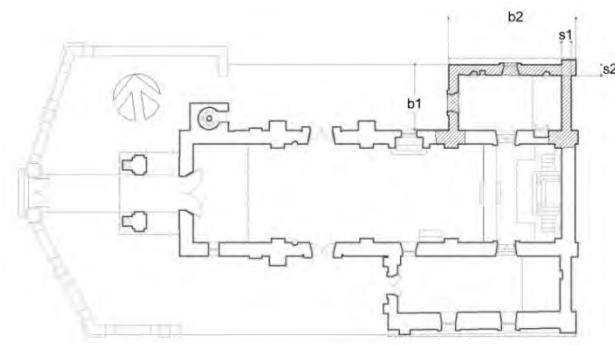
---

Degradación: Legible en su construcción original.

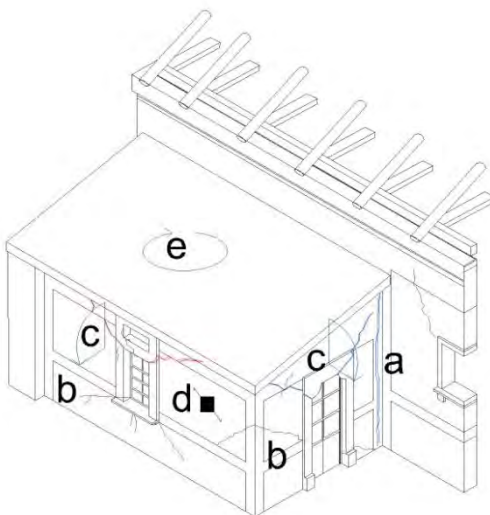
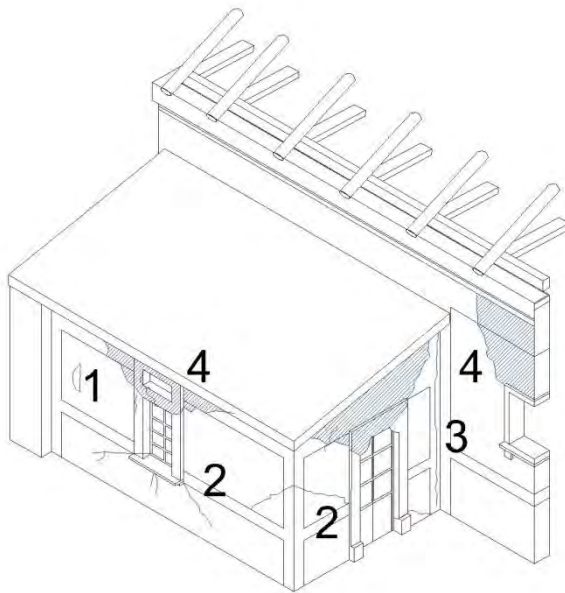
---

Reparaciones de algunas partes o lesiones: Legible en su construcción original, se aprecian resanes hechos posteriormente con diversa coloración.





Dirección del sismo



---

## MACROELEMENTO "F" SACRISTÍA.

---

### ESTADO DE DAÑO 2

---

1.) Pandeo de muro.

2.) Lesiones en diagonal.

3.) Se acusa la separación entre muros, con lesión vertical.

4.) Lesión en forma de "V" produciendo hundimiento.

---

### ESQUEMA DE MECANISMO.

---

a.) Cortante vertical.

b.) Posible tensión diagonal.

c.) Probable rotación fuera del plano en torno al eje horizontal.

d.) Predominante mecanismo de rotura.

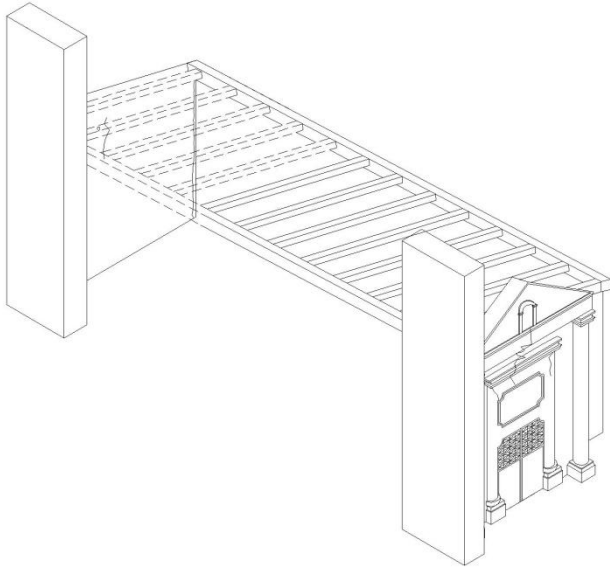
e.) Posible efecto de torsión en el eje vertical.

---

---

## MACROELEMENTO “G” SALÓN DE CATECISMO.

---



---

ESTADO DEL DAÑO 1  
Documentado

---

Inestable: Legible en su  
construcción original.

---

Degradación: Legible en su  
construcción original.

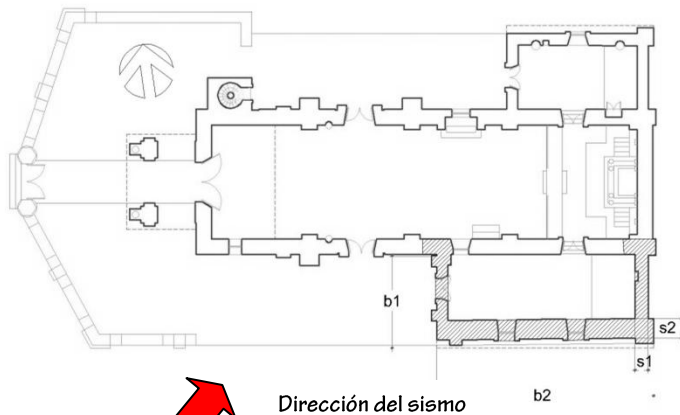
---

Reparaciones de partes o lesiones:  
Legibles en su construcción original,  
se aprecian resanes hechos  
posteriormente con diversas  
coloraciones.

Se acusa la separación del muro sur,  
de los otros transversales.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.3. LOS REYES.



MACROELEMENTO "G"  
SALÓN DE CATECISMO.

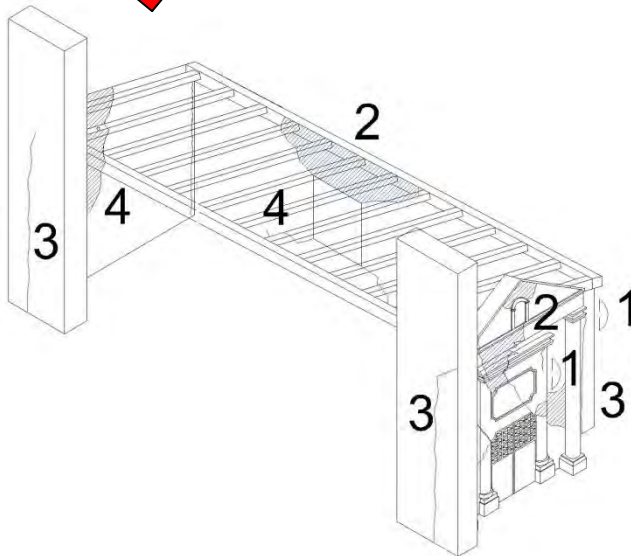
ESTADO DE DAÑO 2

1.) Pandeo de muro hacia el sur y poniente.

2.) Lesiones de hundimiento en diagonal en "V" sobre los vanos.

3.) Se acusa la separación entre muros, con lesión vertical.

4.) Lesiones en forma diagonal.



ESQUEMA DE MECANISMO.

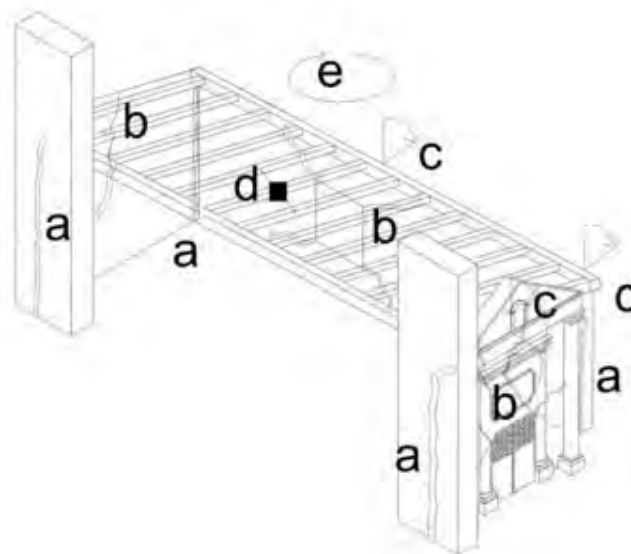
a.) Cortante vertical, probable.

b.) Posible tensión diagonal.

c.) Probable rotación fuera del plano en torno al eje horizontal.

d.) Predominante mecanismo de rotura.

e.) Posible efecto de torsión en el eje vertical.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.3. LOS REYES.



*Evidente separación de muros hacia el sur.*

*Grietas y fracturas muy evidentes hoy en día.*

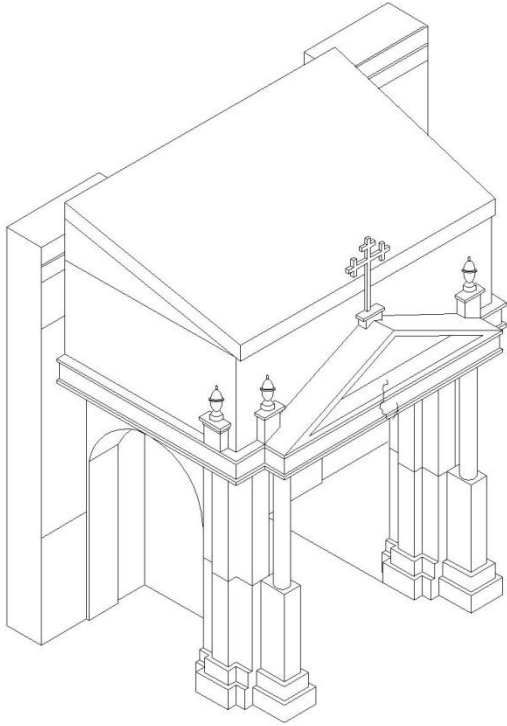




---

## MACROELEMENTO “H” PORTICO DE INGRESO.

---



---

ESTADO DEL DAÑO 1  
Documentado

---

Inestable: No legible en su construcción original.

---

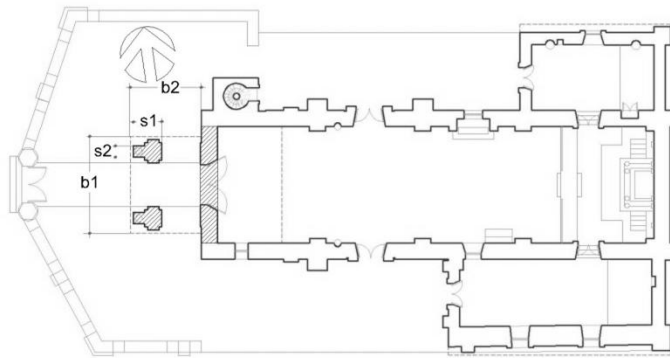
Degradación: Legible en su construcción original.

---

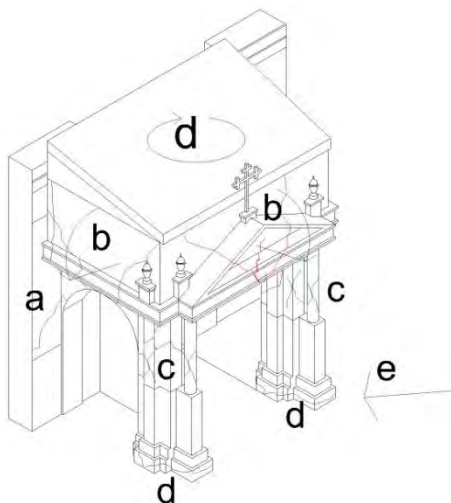
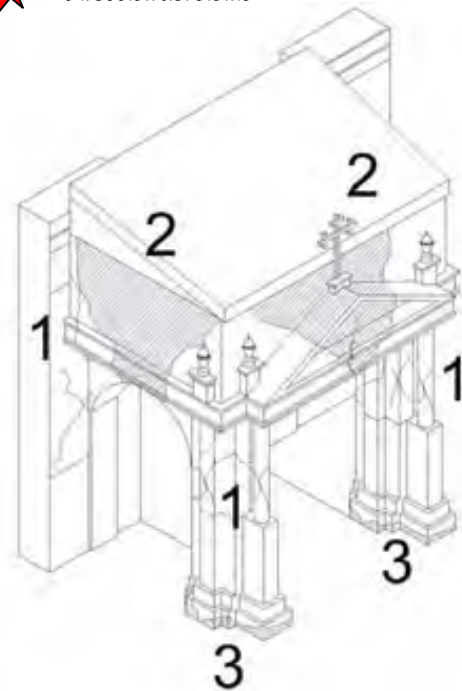
Reparaciones de partes o lesiones: Legible en su construcción original, se aprecian resanes hechos posteriormente con diversa coloración.

---





Dirección del sismo



## MACROELEMENTO "H" PÓRTICO DE INGRESO.

### ESTADO DE DAÑO 2

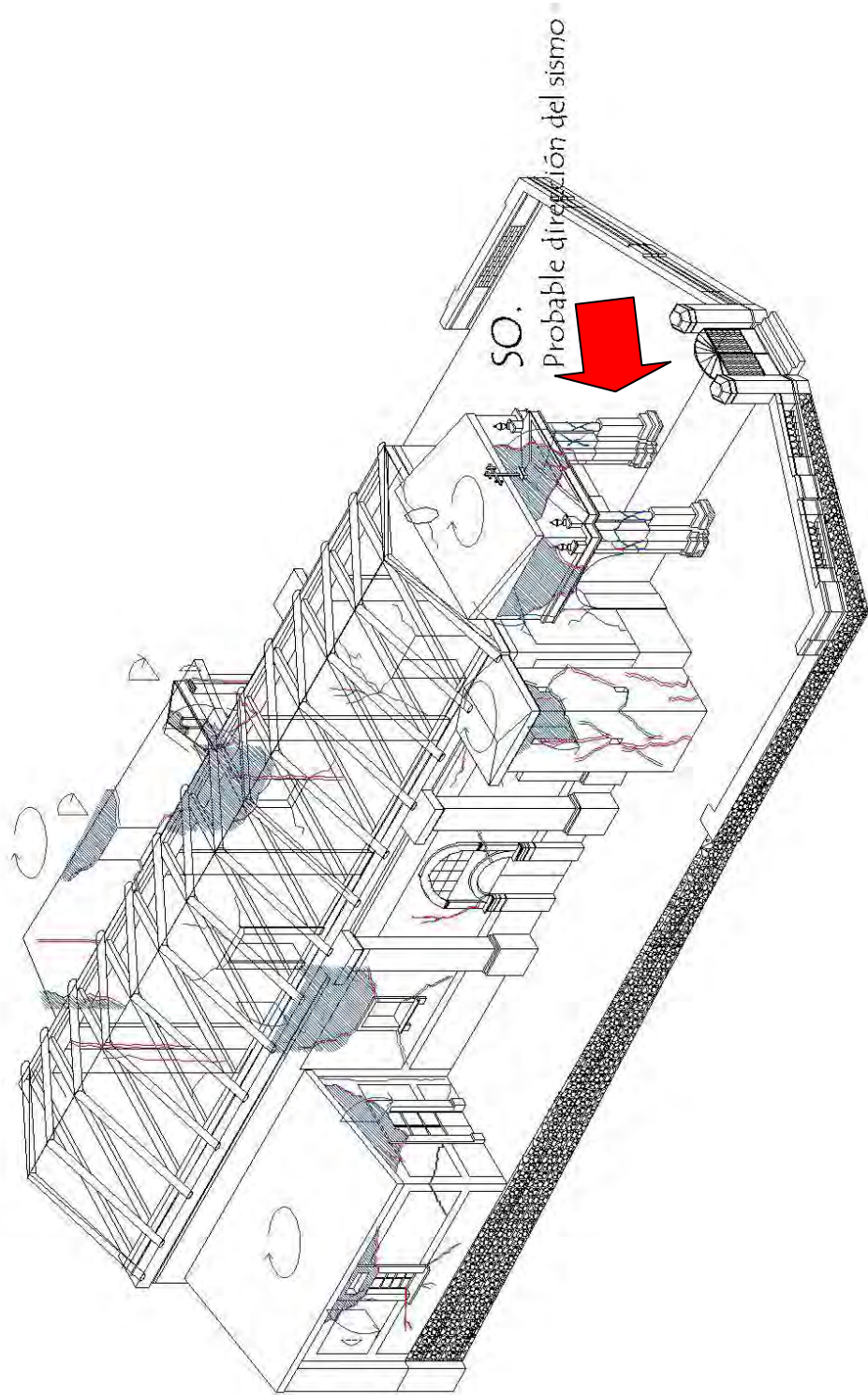
- 1.) Lesiones en diagonal por ambas caras de los muros.
- 2.) Lesión de hundimiento en forma de "V".
- 3.) Lesión seria en apoyos por erosión.

### ESQUEMA DE MECANISMO.

- a.) Posible tensión diagonal.
- b.) Probable desplome y rotación hacia el exterior.
- c.) Fractura en diagonal en las columnas por la dirección de los sismos dominantes.
- d.) Posible efecto de torsión en el eje vertical.
- e.) Probable traslación.

# IGLESIA DE LOS REYES.

Esquema axonométrico.



### 5.3.1 COMPORTAMIENTO HOLÍSTICO DE LOS REYES:

En este último templo, tenemos problemas muy semejantes a Santa María de El Real Alto, debido a los sistemas constructivos más o menos similares. Las cubiertas presentan problemas muy parecidos, la falta de amarres entre los elementos de fábrica son todavía más acusados en este caso de Los Reyes. No solo por la falta de calidad de los materiales, sino también por el precario mantenimiento de dicho monumento. Además habría que agregar que el tipo de subsuelo es todavía más blando o comprensible que en Santa María. Así pues, seguramente en caso de un sismo de gran magnitud, 7 u 8° Richter, suponemos el volteo de varios muros, en dirección normal a su plano horizontal, tal y como se muestra en la gráfica anterior. Actualmente ya presenta fracturas en varios muros, como por ejemplo el ubicado en el coro que separa el pórtico principal del ingreso, o el del salón de doctrina en las esquinas oriente, lo cual se traduciría seguramente en



1.) Los Reyes

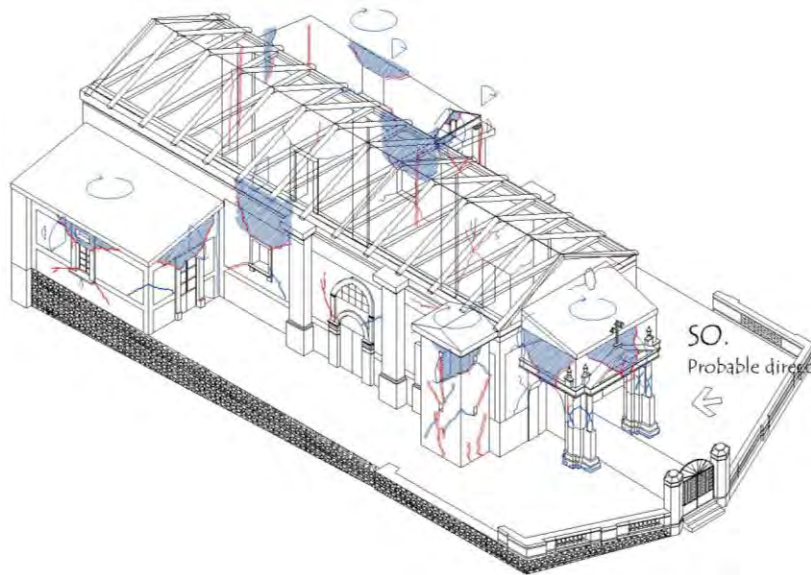
2.) San Stefano en Valeriano

3.) Sta. María del Fossale.<sup>1</sup>

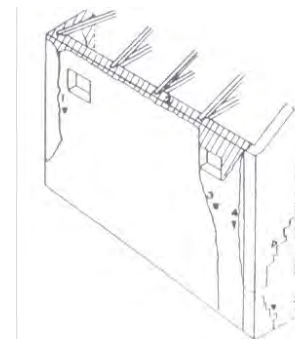
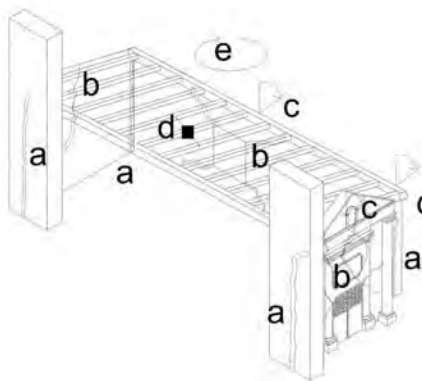
colapso, provocando con esto, desplomes parciales de varios elementos. Podemos hacer una comparativa con las Iglesias de San Stefano en Valeriano y Santa María del Fosale, para poder imaginar que sucedería en nuestro caso. Sufriría aún más lesiones en "V" y de forma trapezoidal en varios de sus muros que también se traducirían en desplomes posteriores. Continúan las fisuras y grietas a 45° convirtiéndose en fracturas.

<sup>1</sup> AA.VV. Le Chiese e il terremoto Dalla vulnerabilità constatata nel terremoto del friuli al miglioramento antisismico nel restauro, verso una politica de prevenzione. Pag. 72 y 97

5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.3. LOS REYES.



Los cuerpos adosados a la nave central, debido a la falta de amarres entre muros, producirían efectos torsionantes. Éstos producirían también efectos de cortante diagonal y vertical, provocando rotación angular fuera del plano en dirección no coincidente a los ejes principales; además de lesiones de desprendimiento constantes con bordes coplanares y bordes diversos. Ya se aprecian algunos asentamientos que se acusarían después de un fuerte sismo. Habría también mecanismo predominante de rotura en el plano de los muros y algunas translaciones (donde se señalan). Seguramente los elementos que más sufrirían serían el salón de doctrina y



4.)El salón de catecismo de Los Reyes

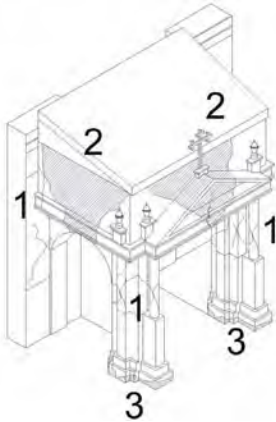
5.)Santa María del Fossale<sup>2</sup>

el pórtico de ingreso. Aquí también podemos hacer alusión a la Iglesia de Santa María del Fossale, donde probablemente el salón de catecismo de Los

<sup>2</sup> Op. Cit P. 93

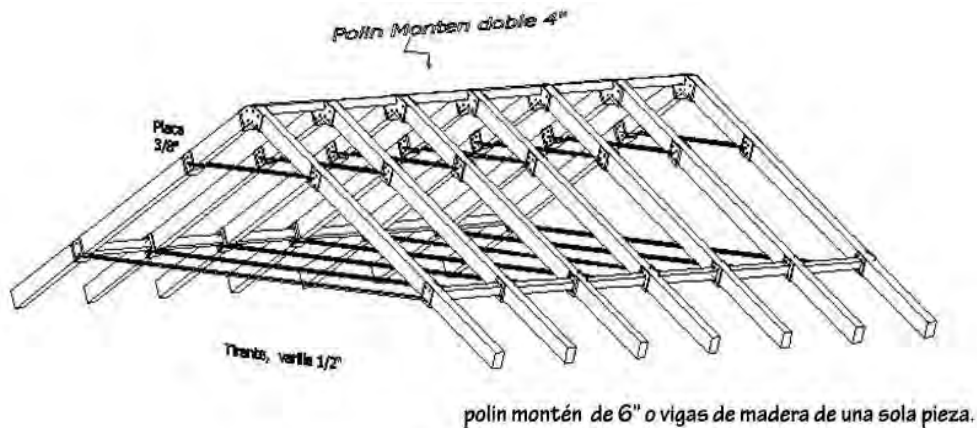
5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.3. LOS REYES.

Reyes podría presentar los mismos cortantes verticales que se muestran en la hipótesis, provocando consecuencias de volteo hacia el exterior donde se señala. Ya se muestra la falta de cimentación en las pilastras principales y varios efectos de erosión que han desgastado sus basamentos, lo cual les implica mayor fragilidad y vulnerabilidad para estos fenómenos, además de las fracturas a 45° que se presentarían en las mismas.



Afortunadamente, aquí tampoco se presentaría en teoría un estado de resonancia, por el hecho de considerarse una estructura rígida en un suelo blando, y nunca entrarían en armonía sus frecuencias. Pero probablemente de las tres iglesias analizadas, esta sería la más frágil y vulnerable. Ya presenta varias lesiones en "V" tanto vertical, como horizontalmente, o la típica falla a 45° por sismo. Y si no se atienden a tiempo, seguramente después de un siniestro de esta naturaleza, sería la más dañada de las tres.

A la cubierta, afortunadamente, últimamente se le ha dado mantenimiento. Estaba mucho peor que la de Santa María y se nos hizo caso en algunas recomendaciones que les dimos: se substituyeron algunos elementos que estaban podridos por otros metálicos, que van soldados con tirantes y placas. Así, además de aligerar el peso de la cubierta, hace que trabajen monóticamente y descansan sobre una dala perimetral que reparte más uniformemente las cargas. Pero aún falta mucho por hacer, falta substituir muchas vigas de madera que ya están apolilladas y, por consecuencia putrefactas, partes del tejamanil, que ya estaba cacarizo desde antes, e inclusive cambiar algunas ménsulas.



5. HIPÓTESIS DE VULNERABILIDAD CONTRA SISMOS.  
5.3. LOS REYES.

El Campanario en la actualidad presenta una fractura en forma vertical que podemos apreciar tanto interior como exteriormente. Lo podemos comparar con el de la Iglesia de San Valentino en Somplago que, desde luego, es mucho más seria y fuerte pero, sin embargo, nos puede hacer sospechar que dicho desequilibrio se puede presentar a la larga en el campanario de Los Reyes con las mismas consecuencias.



6.)Fractura interior y exterior del campanario de Los Reyes y San Valentino en Somplago<sup>3</sup>

Al menos sabemos que siempre, en los tres casos, existe mucho interés, tanto por parte de los sacerdotes como por parte de los oriundos, por mantener estos monumentos tan importantes para ellos. Por todo lo que les significan.

Por lo tanto, en el capítulo siete, daré algunas recomendaciones generales y otros en particular a dichas iglesias en cuanto a recomendaciones para evitar precisamente que suceda lo que suponemos en este capítulo.

Por cierto, aprovecho para agradecer a la gente de los tres sitios por la manera tan magnífica en que siempre nos han tratado.

---

<sup>3</sup> Op. Cit. P. 74