



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico de la ciudad
y provincia de Trujillo, La Libertad.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

CABEZA BARBARÁN OSCAR EDUARDO (ORCID: 0000-0002-5145-5588)

ASESOR:

MG. VILLAR QUIROZ JOSUALDO CARLOS (ORCID: 0000-0003-3392-9580)

DR. VALDIVIESO VELARDE ALAN YORDAN (ORCID: 0000-0002-8179-2809)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE
DISEÑO SÍSMICO Y ESTRUCTURAL

TRUJILLO – PERÚ

2021

Dedicatoria

Dedicado a Yanín Haydee Barbarán León.

Agradecimiento

Agradezco a mi madre y mi padre, a mi hermano, a mis abuelas y abuelo, a mis tías y tíos y a mis primas y primos, mi familia, quienes me brindaron el apoyo y aliento para hacer todo lo que sabían que me gustaba hacer, por buscar y desear para mí, un futuro mejor y por entender y saber perdonar los errores que he cometido.

Agradezco a mis amistades, profesores y a quienes se toparon en mi camino, por haberme brindado su tiempo, su energía, sus buenos deseos y sus sabios consejos, por ayudarme a luchar contra las adversidades externas e internas y por seguir estado presente a pesar de tanto.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Índice de ecuaciones.....	ix
Resumen	x
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	10
III. METODOLOGÍA	23
3.1. Tipo, enfoque y diseño de investigación	23
3.2. Variables y operacionalización	25
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	26
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos y validez	27
3.5. Procedimientos	33
3.6. Método de análisis de datos	47
3.7. Aspectos éticos.....	48
3.8. Desarrollo del proyecto de investigación	49
IV. RESULTADOS.....	65
V. DISCUSIÓN	73
VI. CONCLUSIONES	77
VII. RECOMENDACIONES	78
REFERENCIAS.....	79
ANEXOS	95

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Esquema de diseño de investigación.</i>	24
Tabla 2. <i>Matriz de clasificación de variables.</i>	25
Tabla 3. <i>Matriz de operacionalización de variables (Anexo 3.1).</i>	25
Tabla 4. <i>Tamaño de muestras.</i>	27
Tabla 5. <i>Instrumentos y validación.</i>	30
Tabla 6. <i>Clasificación del parámetro 1.</i>	34
Tabla 7. <i>Clasificación del parámetro 2.</i>	35
Tabla 8. <i>Factor de suelo.</i>	38
Tabla 9. <i>Factor de uso.</i>	38
Tabla 10. <i>Coeficiente sísmico.</i>	38
Tabla 11. <i>Clasificación del parámetro 3.</i>	39
Tabla 12. <i>Clasificación del parámetro 4.</i>	39
Tabla 13. <i>Clasificación del parámetro 5.</i>	40
Tabla 14. <i>Clasificación del parámetro 6.</i>	41
Tabla 15. <i>Clasificación del parámetro 7.</i>	42
Tabla 16. <i>Clasificación del parámetro 8.</i>	42
Tabla 17. <i>Clasificación del parámetro 9.</i>	43
Tabla 18. <i>Clasificación del parámetro 10.</i>	44
Tabla 19. <i>Clasificación del parámetro 11.</i>	45
Tabla 20. <i>Factores del índice de vulnerabilidad.</i>	46
Tabla 21. <i>Clasificación de vulnerabilidad sísmica.</i>	47
Tabla 22. <i>Tipo de Tabla.</i>	48
Tabla 23. <i>Características estructurales requeridas.</i>	49
Tabla 24. <i>Propiedades mecánicas requeridas.</i>	51
Tabla 25. <i>Características estructurales de los elementos resistentes.</i>	65
Tabla 26. <i>Propiedades mecánicas del suelo y de los elementos estructurales.</i> ..	66
Tabla 27. <i>Vulnerabilidad sísmica de las iglesias.</i>	72
Tabla 28. <i>Indicadores de variables.</i>	99
Tabla 29. <i>Tipos de mampostería.</i>	121

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Espaciamiento entre muros.....	19
<i>Figura 2.</i> Plano en planta y cortes de la iglesia Belén.....	21
<i>Figura 3.</i> Plano en planta y cortes de la iglesia Santa Ana.	22
<i>Figura 4.</i> Diseño de investigación.	24
<i>Figura 5.</i> Diagrama de procedimientos.	33
<i>Figura 6.</i> Configuración en planta.	41
<i>Figura 7.</i> Tipo de cubierta.....	43
<i>Figura 8.</i> Gráfico tipo columnas agrupadas en 3D.	47
<i>Figura 9.</i> Gráfico tipo columnas agrupadas.....	48
<i>Figura 10.</i> Criterios de vulnerabilidad del parámetro 1.....	52
<i>Figura 11.</i> Criterios de vulnerabilidad del parámetro 2.....	53
<i>Figura 12.</i> Criterios de vulnerabilidad del parámetro 3.....	54
<i>Figura 13.</i> Criterios de vulnerabilidad del parámetro 4.....	55
<i>Figura 14.</i> Criterios de vulnerabilidad del parámetro 5.....	56
<i>Figura 15.</i> Criterios de vulnerabilidad del parámetro 6.....	57
<i>Figura 16.</i> Criterios de vulnerabilidad del parámetro 7.....	58
<i>Figura 17.</i> Criterios de vulnerabilidad del parámetro 8.....	59
<i>Figura 18.</i> Criterios de vulnerabilidad del parámetro 9.....	60
<i>Figura 19.</i> Criterios de vulnerabilidad del parámetro 10.....	61
<i>Figura 20.</i> Criterios de vulnerabilidad del parámetro 11.....	62
<i>Figura 21.</i> Clasificación de vulnerabilidad de los 11 parámetros.....	63
<i>Figura 22.</i> Clasificación de vulnerabilidad factorizada de los 11 parámetros.	63
<i>Figura 23.</i> Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 1.	66
<i>Figura 24.</i> Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 2.	67
<i>Figura 25.</i> Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 3.	67
<i>Figura 26.</i> Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 4.	68
<i>Figura 27.</i> Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 5.	68
<i>Figura 28.</i> Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 6.	69
<i>Figura 29.</i> Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 7.	69
<i>Figura 30.</i> Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 8.	70

<i>Figura 31.</i> Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 9.	70
<i>Figura 32.</i> Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 10.	71
<i>Figura 33.</i> Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 11.	71
<i>Figura 34.</i> Índice de vulnerabilidad sísmica de las iglesias.	72
<i>Figura 35.</i> Distribución mundial de construcciones de tierra y riesgo sísmico. ..	119
<i>Figura 36.</i> Zonificación de susceptibilidad a huaicos e inundación fluvial de la ciudad de Trujillo.....	120
<i>Figura 37.</i> Iglesia Belén Actual - Fachada con presencia de elevadas torres, pináculos y otros elementos no estructurales mal conectados.....	123
<i>Figura 38.</i> Iglesia Belén Actual - Cúpula de gran altura con presencia de grietas externas e internas.....	124
<i>Figura 39.</i> Iglesia Belén Actual - Elementos no estructurales mal conectados de gran peso y en altura.....	125
<i>Figura 40.</i> Iglesia Belén Actual – Presencia de barandas, elementos no estructurales mal conectados en altura y mal estado de la bóveda.	126
<i>Figura 41.</i> Iglesia Belén – Evidencia de muros compuestos con unidades de adobe y mortero de barro, y de cúpula a base de quincha.	127
<i>Figura 42.</i> Iglesia Belén – Evidencia de fachadas y bases de arcos compuestos con unidades de ladrillo.	128
<i>Figura 43.</i> Iglesia Belén – Evidencia de arcos compuestos con unidades de ladrillo.	129
<i>Figura 44.</i> Iglesia San Francisco - Fachada principal y lateral con presencia de gran torre campanaro, cúpula y parapetos.....	130
<i>Figura 45.</i> Iglesia San Francisco – Elementos estructurales mal conectados en altura, pequeños y también pesados de gran dimensión.	131
<i>Figura 46.</i> Iglesia San Francisco – Presencia de grietas de gran longitud en muros internos y base de pilares.	132
<i>Figura 47.</i> Iglesia San Francisco – Presencia de grietas de gran longitud en muros internos.	133
<i>Figura 48.</i> Iglesia San Francisco – Presencia de grietas de gran longitud en cubierta de quincha de las bóvedas.....	134
<i>Figura 49.</i> Iglesia San Francisco – Estado de bóvedas y presencia de balcón..	135

<i>Figura 50.</i> Iglesia Santa Ana - Fachada principal con presencia de elevadas torres, elementos estructurales en altura mal conectados y cornisas.	136
<i>Figura 51.</i> Iglesia Santa Ana - Presencia de estado de cubiertas aceptable con minúsculas grietas.....	137
<i>Figura 52.</i> Iglesia Santa Ana - Grietas de corta extensión.	138
<i>Figura 53.</i> Iglesia Santa Ana - Presencia de elementos estructurales al conectados de gran peso y en altura.....	139
<i>Figura 54.</i> Iglesia Santa Ana - Evidencia de muros compuestos por ladrillo.....	140
<i>Figura 55.</i> Iglesia La Merced - Fachada principal con presencia de altas espadañas y parte baja del muro en deterioro.....	141
<i>Figura 56.</i> Iglesia La Merced - Muros en estado mediocre con largas y gruesas rajaduras.	142
<i>Figura 57.</i> Iglesia La Merced - Cornisas, muros y cúpulas en estado mediocre, evidencia de composición de adobe y ladrillo.	143
<i>Figura 58.</i> Iglesia La Merced - Elementos no estructurales en altura mal conectados.	144
<i>Figura 59.</i> Turnitin.	145

Índice de ecuaciones

<i>Ecuación 1. Peso de la mampostería y cubierta por unidad de área.</i>	36
<i>Ecuación 2. Coeficiente sísmico.</i>	37
<i>Ecuación 3. Relación de coeficientes sísmicos.....</i>	37
<i>Ecuación 4. Cortante basal.</i>	37
<i>Ecuación 5. Índice de vulnerabilidad sísmica.....</i>	45
<i>Ecuación 6. Índice de vulnerabilidad sísmica porcentual.</i>	46

Resumen

Esta investigación se llevó a cabo en la ciudad de Trujillo, en la Universidad César Vallejo y consistió en analizar la vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, utilizando un diseño descriptivo, un muestreo no probabilístico, por juicio de expertos, fichas de resumen y de datos para la recolección de estos, con las técnicas de análisis documental y observación, y la estadística descriptiva como método de análisis de datos. El problema es que sus habitantes se encuentran bajo gran riesgo, puesto que las iglesias del centro histórico de Trujillo no fueron diseñadas bajo criterios constructivos sismorresistentes, incluso cuando estas están localizadas en una zona altamente sísmica. El análisis de vulnerabilidad sísmica arrojó valores de índices de vulnerabilidad sísmica que oscilan entre 48% y 50%. Finalmente, se logró analizar la vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico de Trujillo y se detectó que estas presentan clases de vulnerabilidad sísmica media.

Palabras clave: Vulnerabilidad Sísmica, Iglesias, Centro Histórico, Trujillo.

Abstract

This research was carried out in the city of Trujillo, at the César Vallejo University and consisted of analyzing the seismic vulnerability of the churches in the historic center of the district and province of Trujillo, La Libertad, using a descriptive design, a non-probabilistic sampling, by expert judgment, summary and data sheets for the collection of these, with the techniques of documentary analysis and observation, and descriptive statistics as a data analysis method. The problem is that its inhabitants are at great risk, since the churches in the historic center of Trujillo were not designed under seismic-resistant construction criteria, even when they are located in a highly seismic area. The seismic vulnerability analysis yielded seismic vulnerability index values ranging between 48% and 50%. Finally, it was possible to analyze the seismic vulnerability of the churches in the historic center of Trujillo and it was detected that they present medium seismic vulnerability classes.

Keywords: Seismic Vulnerability, Churches, Historic Center, Trujillo.

I. INTRODUCCIÓN

La ingeniería sísmica en el mundo enfrenta el reto de mitigar el riesgo sísmico asociado a los fenómenos naturales de eventos sísmicos, a través de la reducción de la vulnerabilidad sísmica (Benito, 2013). Tal es así, que los países que bordean el océano Pacífico, como Nueva Zelanda, Singapur, Japón, Rusia, Canadá, Estados Unidos, México, los países de Centro América y de la costa occidental de Sudamérica, son los de mayor atención. Esto se debe a que desafortunadamente se encuentran en lo que es denominado el cinturón de fuego. Dicho cinturón comprende una franja en forma de herradura, que presenta una intensa actividad volcánica y sísmica (Rosenberg, 2017). A esto se le suma la conexión existente entre esta distribución mundial de riesgo sísmico y la ubicación de edificaciones cuyo principal material es la tierra (Anexo 6.1) (Noel, 2017).

Haití y Chile son un ejemplo de que, si bien es cierto, que los sismos son fenómenos naturales que no pueden predecirse ni evitarse, la vulnerabilidad sísmica sí podría reducirse con la ayuda de medidas sismorresistentes. Puesto que, en enero del 2010, Haití, sin la presencia de algún reglamento sísmico, sufrió un sismo con magnitud de Mw 7.0 que causó la muerte de 300 000 personas, dejando 350 000 personas heridas y 1.5 millones de ellas sin hogar. Mientras que, en febrero del mismo año, Chile, con una normativa de riguroso nivel de diseño sismorresistente, ante un sismo con magnitud Mw 8.8, acompañado de un tsunami, sólo se cobró la vida de 500 personas (Benito, 2020).

México, al ser un país con actividad altamente sísmica, ha logrado crecer considerablemente en la ingeniería sísmica gracias a las mejoras en sus normas de diseño y construcción, por una parte y por otra, a la experiencia vivida ante los sismos pasados, en especial el de 19 de Setiembre en 1985 en Michoacán. Sin embargo, el terremoto de 7.1 grados en la escala de Richter del 19 de setiembre del 2017 ha logrado demostrar que todavía hay mucho por estudiar en cuanto a vulnerabilidad sísmica. Sólo así, se podría minimizar el

resultado de estructuras dañadas ante un próximo evento sísmico de gran escala (Martínez, 2019).

En Estados Unidos, tras el sismo de 1971 ocurrido en San Fernando, California, el cual ocasionó, entre muchas otras pérdidas, el desplome del hospital Olive View, cuya estructura estaba conformada por muchos edificios de forma rectangular alargada, que en su conjunto formaban una planta irregular; y los sismos ocurridos en Loma Prieta (1989) y Northridge (1994), ambos en California, los cuales constataron la considerable vulnerabilidad sísmica que tienen los edificios de mampostería con sistemas de piso flexibles tanto en madera como en albañilería y los sistemas de primer piso suave tanto en madera como en concreto, es que se logra identificar la relación existente entre las irregularidades estructurales y la vulnerabilidad sísmica (Tena, 2010).

Perú cuenta con un gran número de estructuras históricas, cuya conservación y evaluación de su seguridad suponen un gran problema de suma importancia, ya que se encuentran vulnerables a grandes riesgos, debido a factores como el pasar del tiempo, la intervención humana, los sismos, las precipitaciones y el viento. Dicha evaluación constituye un gran desafío para la ingeniería a causa del escaso conocimiento de las condiciones de los materiales y el ancestral proceso constructivo. Es por ello que la falta de mantenimiento pertinente puede conducir a la destrucción de las estructuras afectando a sus integrantes (Lozano, 2019).

Trujillo cuenta con registros históricos de eventos sísmicos que atacaron a la ciudad en repetidas ocasiones, colapsando la mayoría de sus edificaciones e incluso dejándolas destruidas en su totalidad, siendo los de 1619, 1725 y 1759 los más representativos. Sin embargo, a la fecha y debido al incremento poblacional, los edificios en el distrito de Trujillo presentan una vulnerabilidad sísmica relativamente baja, a excepción del centro histórico en el cual se concentran edificios altamente vulnerables. Esto se debe a su localización en suelos flexibles, su composición de adobe, su antigüedad y su exposición a la

erosión, humedad y movimientos sísmicos pasados (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), 2018).

La naturaleza de una norma sismorresistente es preparar un conjunto de parámetros para diseñar o evaluar las edificaciones, tomando en cuenta los movimientos esperados en relación a la localización del emplazamiento. De esta forma se reduciría la vulnerabilidad y por ende el riesgo sísmico (Benito, 2013). Es por ello que quien rige la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones del centro histórico de Trujillo es la Norma Técnica Peruana E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada del 2017 (NTP E.080) y la Norma Técnica Peruana E.030 Diseño Sismorresistente (NTP E.030).

(Noel, 2017). Encontró que el Escáner Láser y la Fotogrametría tienden a proporcionar de manera rápida y absoluta la recolección de datos, abarcando puntos de accesibilidad limitada, lo cual es el punto de partida para elaborar levantamientos geométricos y modelado CAD, y así generar modelos numéricos exactos y detallados, que permitan realizar un eficiente análisis de vulnerabilidad sísmica en la iglesia de San Juan Bautista de Huaró, Cusco.

(Contreras, 2016). Detectó que las variaciones de asentamientos diferenciales en las edificaciones son de gran relevancia en la evaluación de vulnerabilidad sísmica, puesto que, en una misma intensidad de escala sísmica, los valores de daño de las edificaciones sin asentamientos diferenciales, suelen ser menores que aquellas con asentamientos diferenciales de entre 10 cm. y 21 cm. Dado que mientras las edificaciones van presentando un incremento en los asentamientos diferenciales, estas suelen ladearse cada vez más, generando, mayores esfuerzos elásticos, que al momento de un sismo pueden ser llevados a una zona inelástica y provocar el colapso de la edificación.

(Vargas, 2016). Halló en ensayos analíticos de laboratorio que tanto los suelos de los muros de adobe, como el mortero usado entre sus bloques, presentan la misma composición. Además, que la resistencia al corte en muretes de adobe indica datos idénticos para las edificaciones del centro histórico de Lima de

0.032 Mpa, en promedio, y para la catedral de Ica de 0.028 Mpa., encontrándose estos no vulnerables, puesto que están sobre los valores mínimos estipulados en la NTP E.080.

(Martínez, 2019). Concluyó que las patologías de mayor impacto en lo que se refiere a daño sísmico son aquellas ocasionadas por inadecuada configuración, deficiencias en la construcción y en los materiales. Las patologías en el acto constructivo lamentablemente son detectables tras las ocurrencias de los eventos sísmicos, mientras que las vinculadas a la configuración pueden detectarse sencillamente antes de la ocurrencia de los eventos sísmicos.

Tras conocer la importancia mencionada en los antecedentes anteriores sobre la vulnerabilidad sísmica, la realidad problemática se centra en que es de suma importancia atender los parámetros estructurales que rigen el comportamiento positivo o negativo de la estructura ante un movimiento sísmico y que, para obtener un resultado eficiente, se debe utilizar metodologías que apunten a brindar una recolección de datos más exacta.

Es por ello que, el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) creado por la Facultad de Ingeniería Civil de Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) se encarga de realizar investigaciones referentes a mitigación de desastres, microzonificaciones sísmicas e implementación de obras de infraestructura. Esta, se encargó de realizar una evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la catedral del Cusco, en la cual examinó los materiales utilizados, levantamiento y evaluación de la geometría estructural, estudios de mecánica de suelos y análisis dinámicos, llegando a la conclusión de que la Catedral soporta eficientemente las cargas de gravedad y los esfuerzos máximos tanto de los arcos y bóvedas, que la relación de esbeltez de los pilares y sus muros están en dentro del límite y que presenta una buena rigidez y estabilidad debido a su gran densidad de muros. Sin embargo, no presenta un buen comportamiento sísmico, debido a la relación peso-resistencia; además, presenta poca ductilidad, y tanto las

bóvedas como los arcos son los elementos estructurales más vulnerables (Olarte, Proaño, Scaletti, Torres, Zavala, 2004).

Asimismo, la Universidad de los Andes en conjunto con el Banco Mundial y la Global Facility for Disaster Reduction and recovery, se encargaron de realizar un estudio de vulnerabilidad y riesgo sísmico, y presentar una estrategia para reducir el riesgo sísmico en edificaciones escolares públicas del Perú, en la cual evaluaron parámetros tales como su ubicación, escenario, amenaza según normativa, antigüedad, ejecutor de obras, sistema y tipología estructural, usos, altura de la edificación, área construida y número de estudiantes, llegando a la conclusión de que las edificaciones de albañilería simple sin refuerzo, las de adobe y las precarias son de vulnerabilidad sísmica alta; las tipo modular 780 y las clasificadas como gran unidad escolar (GUE) son de vulnerabilidad sísmica media e intermedia, respectivamente; y aquellas que son de materiales livianos, de madera o acero presentan vulnerabilidad sísmica intermedia o alta. Por lo cual, el Gobierno del Perú tendrá que hacer frente al 51% de edificaciones escolares, las cuales presentan un potencial de colapso alto, y a un 21% que presentan un potencial de daño alto (Banco Mundial, 2017).

El problema que presentan las iglesias del centro histórico de Trujillo, al ser edificaciones de la época colonial, es que estas representan un gran peligro para sus habitantes, ya que, si estas llegasen a colapsar, podría cobrar un gran número de vidas y dejar a muchos heridos como se ha visto en eventos sísmicos pasados. Ya que, según Cobum, Spence y Pomonis (1992) dichos colapsos son una de las principales causas de muertes ante ocurrencias de eventos sísmicos.

La causa intrínseca se debe a que las iglesias del centro histórico de Trujillo, presentan una configuración estructural en planta y elevación con muchas irregularidades, lo cual conduce a que sean altamente vulnerables. A su vez, por su tipología estructural, la fragilidad de sus materiales y la ausencia de criterios constructivos sismorresistentes, dichas iglesias no brindan la seguridad de tener un buen comportamiento estructural frente a las fuerzas

sísmicas (Centro nacional de estimación, prevención y reducción del riesgo de desastres, 2015).

Las causas externas que indican el peligro de estas iglesias, es que estas están expuestas a sufrir daño producto de factores ambientales. Como, por ejemplo, las repetidas inundaciones que ha presentado la ciudad de Trujillo desde sus inicios, como la de 1701, 1720, 1728, 1814, 1983, 1998 y 2017, además de la ausencia de sistemas de drenaje pluvial (MCVS, 2018). Lo cual se corrobora con la zonificación de la disposición a sufrir inundaciones que presenta la ciudad de Trujillo, en la cual se aprecia la conexión existente con la localización de dichas iglesias (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2017) (Anexo 6.2).

Finalmente, otra de las causas que exponen el peligro de las iglesias del centro histórico de Trujillo, es que estas debido a su antigüedad, han estado expuestas a varios eventos sísmicos, lo cual provoca la disminución de la capacidad de resistencia de sus propiedades mecánicas (MVCS, 2018). Así mismo, estas edificaciones requieren de un constante mantenimiento para evitar el incremento de su vulnerabilidad sísmica (PLANAGERD 2014–2021, 2014).

Esta tesis busca analizar la vulnerabilidad sísmica en la que se encuentran las iglesias del centro histórico de Trujillo, evaluando los parámetros estructurales y no estructurales que rigen el comportamiento sísmico de estas estructuras irregulares edificadas en la época colonial, para poder analizarlos resultados e identificar cuáles son los principales parámetros que se encuentran en un estado de vulnerabilidad alto y cuáles son los parámetros que han podido conservar un bajo nivel de vulnerabilidad en el pasar de los años.

La consecuencia de no realizar este análisis de vulnerabilidad sísmica es que no se podría identificar cuáles son los parámetros sísmicos que indicarían si se podría reforzar, reparar, rehabilitar o reconstruir la iglesia, o parte de ella, para evitar el colapso total. De esta manera se podría evitar la siguiente consecuencia desencadenada, la cual sería la pérdida de vidas o el daño significativo de los ocupantes de las iglesias, si es que estas colapsan. Otra de

las consecuencias sería que no se contaría con investigaciones de respaldo para realizar estudios a profundidad del cómo actuar ante los parámetros más vulnerables. Así como también la consecuencia de que no se podrá difundir a las autoridades correspondientes de manera anticipada la gravedad real de las edificaciones, pues son estas autoridades las responsables de generar la mejoría de nuestras iglesias. Otra de las consecuencias es que, si llegaran a colapsar, la ciudad de Trujillo perdería un gran valor histórico y cultural, generando la disminución del aporte turístico que mueve a la ciudad y sus habitantes.

Tras conocer la realidad problemática, las causas y sus consecuencias, se formuló el siguiente problema: ¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021?

Asimismo, se presentó el porqué del estudio de manera general, teórica, práctica y metodológica.

Se justifica de manera general ya que, tras el análisis de vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico de Trujillo se puede comunicar a la población el estado estructural, de conservación y de riesgo que presenta cada iglesia para sus habitantes y para preservar el valor histórico, valor cultural, el turismo y por ende el comercio en la ciudad.

Además, los resultados obtenidos sirven para realizar medidas preventivas ante posibles fallas estructurales o el mismo colapso que pueden presentar las estructuras ante un evento sísmico o al resistir su propio peso, así como también, se puede indicar cuáles son las zonas más seguras y alejadas de elementos no estructurales que pueden desplomarse.

Así también, sirve para que las autoridades competentes puedan tomar medidas preventivas ante fatales consecuencias, sirve también para que otros autores puedan referenciarse de este estudio y cómo también para los ciudadanos sigan comercializando con turistas que visitan las iglesias.

Mientras que la justificación teórica se basó en que, tras analizar la vulnerabilidad sísmica a las iglesias del centro histórico de Trujillo, a través del método del índice de vulnerabilidad sísmica por Benedetti y Petrini, se tendrá una base para realizar más estudios e investigaciones de cómo actuar para mitigar los posibles desastres que ocurrirían en las iglesias.

Por otra parte, la justificación práctica se valió en que, analizar la vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico de Trujillo ayuda a identificar el estado de vulnerabilidad sísmica en el que se encuentran las iglesias o parte de ellas. Lo cual, proporciona a las autoridades parroquiales conocimientos sobre qué iglesias necesitan de mayor atención con el fin de mitigar posibles desastres producto de eventos sísmicos.

Finalmente, la justificación teórica se centró en que, analizando la vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico de Trujillo se puede calibrar la metodología para evaluar este tipo de edificaciones, obteniendo como resultado una ficha de evaluación más específica en cuanto a edificaciones de una misma época, ubicación y materiales utilizados. Así, de esta manera, tener un análisis de datos cada vez más confiable.

La presente investigación planteó como objetivo general: Analizar la vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.

Mientras que como objetivos específicos planteó:

- Describir las características estructurales de los elementos resistentes de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.
- Identificar las propiedades mecánicas del suelo y de los elementos estructurales de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.

- Evaluar los parámetros que califican la vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.
- Determinar la vulnerabilidad sísmica mediante el índice de vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico de Trujillo del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.

Finalmente se propuso como hipótesis: La vulnerabilidad sísmica se analizó con la metodología modificada del índice de vulnerabilidad sísmica y se obtuvo una vulnerabilidad sísmica media en las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.

II. MARCO TEÓRICO

La presente investigación presenta como antecedentes los estudios realizados a continuación:

“Caracterización estructural y vulnerabilidad sísmica de edificaciones de adobe”

(Cárdenas, 2021). Planteó como objetivo diagnosticar la vulnerabilidad estructural de edificaciones de adobe con distintas configuraciones geométricas para eventos de diversas magnitudes sísmicas, con la finalidad de priorizar las actuaciones necesarias, usando el método del índice de vulnerabilidad sísmica para edificios de mampostería no reforzada desarrollado por Benedetti y Petrini, incluyendo una modificación del parámetro “resistencia convencional” y considerando la acción sísmica de la zona. Además, se creó una base de 2670 datos de ensayos de compresión y flexión recolectados de estudios experimentales efectuados en Colombia, Ecuador, España; México y Perú. El estudio se aplicó a 45 edificaciones a través de encuestas in situ de las geometrías y proporciones de las edificaciones de adobe del centro histórico de Cuenca, Ecuador, obteniendo como resultado que el valor medio del índice de vulnerabilidad es de 49%, 48%, 46%, 43% y 36% para aceleraciones de suelo de 0.25g, 0.20g, 0.15g, 0.10g y 0.05g respectivamente y que la acción sísmica afecta sólo al parámetro resistencia convencional, con lo cual, se concluye que para cubos y pilas de adobe el valor medio de resistencia a la compresión es de 1.15 MPa y de 0.08 MPa para resistencia al corte, y que aproximadamente el 50% de las edificaciones presentan un estado de vulnerabilidad entre regular y malo, además en cuanto a criterios de densidad, esbeltez y espesor, las edificaciones no acatan los límites establecidos en los códigos, teniendo una forma típica rectangular de 2 pisos con altura de entreplanta de 3.50 m. a 4 m. con muros internos de carga de adobe (62%) y también en combinación con ladrillo cocido y madera (p. 61).

Esta cita aporta cómo evaluar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de adobe con el método modificado del índice de vulnerabilidad sísmica de

Benedetti y Petrini, además de una guía de cómo modificar el parámetro resistencia convencional.

“Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificios históricos en el estado de Colima por métodos empíricos”

(Preciado, Araiza y Orduña, 2007). Plantearon como objetivo determinar indicadores de daños previstos para que se pueda tomar acción en cuanto a la prevención de desastres, a través de 2 metodologías analizadas y comparadas como la escala macrosísmica europea (EMS) siendo un método de categorización o caracterización (MCC) y el método modificado del índice de vulnerabilidad sísmica de Benedetti y Petrini siendo un método de inspección y puntaje (MIP), las cuales analizan 15 edificios histórico del Estado de Colima, México, entre iglesias y monasterios que datan del siglo XIX, tras los daños observados en el evento sísmico del 21 de enero del 2003 en Colima, obteniendo como resultado que los valores de índice de vulnerabilidad real de cada edificio oscilan entre 40% y 55% en 14 de 15 edificios históricos, y que los parámetros 1, 5 y 7 son los que presentan mayor vulnerabilidad sísmica, llegando a la conclusión, tras una comparación de metodologías, que con el método del MIP se obtienen resultados más acertados (p.7).

Esta investigación citada aporta criterios y modificaciones del método del índice de vulnerabilidad sísmica, exactamente en el parámetro de irregularidades en altura, puesto que está dirigido al estudio de iglesias y monasterios históricos, además de la confiabilidad de usar esta metodología tras la comparación realizada.

“Seismic assessment of a complex earthen structure: Ica cathedral (Peru)”

(Lourenço, Sharma, Ciocci, Greco, Olivera, 2017). Cuyo objetivo fue recrear el daño existente y analizar la seguridad en su estado actual de la catedral de Ica. Para lo cual, construyeron distintos modelos numéricos sobre la subestructura perimetral de mampostería de adobe, la subestructura interna y de cubierta, de madera y la combinación de ambas, obteniendo como resultados que tanto la torre, como la fachada y el muro transversal se encuentran vulnerables a

mecanismos fuera de plano y que el modelo numérico de la mampostería de adobe presentó una resistencia última a fuerzas horizontales de 0.22g, mientras que el modelo numérico combinado una de 0.28g, concluyendo que al presentar resistencias últimas menores que lo normado para la zona de Ica, se necesita el fortalecimiento global de la estructura (p.11).

El antecedente recientemente mencionado aporta cómo analizar la vulnerabilidad sísmica a una iglesia de adobe de la misma zona sísmica en la que se encuentra la ciudad de Trujillo, evaluando el comportamiento de los muros, sin arriostres de diafragma; del diafragma y de sus pilares internos de madera; y de la combinación de ambos.

“Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de la catedral de Cusco”

(Olarte *et al*, 2004). Plantearon como objetivo la evaluación mencionada anteriormente, para lo cual, consideró estudios de los materiales que comprende la iglesia, el de mecánica de suelos, el levantamiento arquitectónico y estructural y el análisis sísmico dinámico, a través del modelamiento de elementos finitos para aceleraciones de 0.3g, el cual entregó como resultado que el movimiento sísmico esperado es capaz de producir esfuerzos de tracción de 0.8 Mpa. en las bóvedas, los cuales superan considerablemente la resistencia del mortero en tracción. Además, el análisis a los arcos también indica que estos no son capaces de resistir los 6.5 Mpa. de cortante ni los 28 Mpa. de tracción, con lo cual llegaron a la conclusión que las partes con mayor vulnerabilidad son los arcos y las bóvedas y que la particularidad perjudicial fue la elevada relación entre el peso y la resistencia (comparado con diversos materiales) y la precaria ductilidad (p.25).

Esta cita aporta el cómo se comporta una iglesia ante el mecanismo de colapso en cadena que desprende una falla característica, la cual se analiza y relaciona con la evaluación independiente que deberían tener los muros si es que fallase la bóveda.

“Evaluación de mecanismos de colapso generados por acciones sísmicas en la catedral de Puno”

(Apaza, 2018). Tuvo como objetivo evaluar los mecanismos de colapso provocados por eventos sísmicos en edificaciones de mampostería de piedra, cuya metodología fue el análisis límite de equilibrio a la Catedral de Puno, contemplándola como un cuerpo rígido no deformable, dependiendo únicamente de su composición geométrica y de sus restricciones, las cuales se obtuvieron a través de una ficha de observación, evaluando 23 tipos de mecanismos de colapso y calificándolos mediante puntuaciones de severidad, obteniendo como resultado que 12 mecanismos de colapso, correspondientes a la fachada, nave, transepto, cúpula, ábside e irregularidades en altura, presentan alta probabilidad de activación por encima del 50%, siendo los mecanismos 1 y 5, correspondientes a volteo de fachada y respuesta transversal de la nave, los que presentan un 85% de probabilidad de activación, concluyendo que muchos de los mecanismos de colapso se activaran ocasionando, posiblemente, el colapso de la iglesia ante aceleraciones por encima de los 0.40g, a excepción de 2 mecanismos, correspondientes a flexión horizontal de un muro compacto en la fachada y flexión horizontal de un muro lateral compacto en la nave, los cuales presentan una relación de capacidad por sobre lo demandado. Mientras que los contrafuertes en muros laterales son efectivos, puesto que su relación de capacidad se acerca a lo demandado (p.93).

El estudio citado aporta cómo analizar la vulnerabilidad sísmica teniendo en cuenta los mecanismos de colapso e identificar los más críticos para evaluar, puesto que muchos de estos, suelen presentarse comúnmente en edificaciones de adobe y de poco arriostre por parte de la cubierta.

“Ricostruzione della Chiesa di San Francesco a Mirandola”

(López, 2015). Se centró en el objetivo de presentar una propuesta de reconstrucción sobre la iglesia de San Francisco de Mirandola, Italia, para lo cual hizo uso de métodos de triangulación para medir la superficie, nivel de burbuja para medir los desniveles, distanciómetro láser para medir las

inclinaciones de los muros y la geometría de la iglesia e inspecciones in situ para mostrar en fotografías los materiales utilizados y el estado actual de la iglesia, con lo cual se logró comprender y modelar tridimensionalmente, con ayuda de los softwares Revit y Autocad, la composición de la estructura. Además de ello se realizó un estudio de vulnerabilidad sísmica bajo la “Linee guida per la valutazione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni” el cual evalúa 28 mecanismos de colapso según los macroelementos y características tipológicas que presenta la estructura, obteniendo como resultado que la fachada, las bóvedas, el ábside, la cubierta y el campanario se encuentran golpeados y muy dañados a causa de los sismos, por lo cual, demuestran una alta probabilidad de colapso al contar con paredes esbeltas, contrafuertes pequeños y ausencia de algunos arriostres, con lo cual se concluye que la condición del edificio es tal que ninguna propuesta de reconstrucción es económicamente factible, con lo cual lo más apropiado sería demoler y reconstruir todo, pero lo imposibilita el hecho de ser un edificio monumental (p.91).

La mencionada investigación provee una propuesta de cómo evaluar la vulnerabilidad sísmica de iglesias históricas de albañilería bajo la metodología de la Linee guida per la valutazione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni, además de recomendaciones de reconstrucción para un mejor desempeño sísmico.

Para analizar la vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico de Trujillo es imprescindible comprender ciertas teorías vinculadas entre sí, las cuales ayudarán a comprender mejor el estudio realizado.

La vulnerabilidad sísmica manifiesta la probabilidad de que, en un preciso espacio geográfico, las repercusiones sociales y materiales superen ciertos valores, a raíz de un evento sísmico de intensidad y magnitud específica (Cedeño, 2018).

Las clasificaciones de vulnerabilidad sísmica suelen diferir según la metodología de análisis que propone cada autor. Comúnmente se suelen clasificar las edificaciones de acuerdo al nivel de vulnerabilidad sísmica semejante que tienen entre ellas. Esta costumbre se basa en los conocimientos especializados respecto al rendimiento sísmico que poseen las edificaciones con características parecidas (Safina, 2003).

Según (Romero, Quirós, Sorondo, Benito, 2017) para clasificar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones, es de primordial necesidad el definir sus tipologías constructivas y su capacidad sismorresistente para identificarlas de acuerdo a su respuesta sísmica.

Por otro lado, es de suma importancia analizar la vulnerabilidad sísmica, porque permite obtener el comportamiento de la edificación frente a un sismo, identificando cuáles son los parámetros más relevantes que velan el agravamiento de las edificaciones (Caicedo, Barbat, Canas, Aguiar, 1994), o cuales son los macroelementos con mayor probabilidad de que se activen sus mecanismos de colapso (Apaza, 2018).

Según (Caicedo et al, 1994), uno de los principales usos es el de elaborar planes de mitigación de desastres, así como también, el de determinar el riesgo sísmico o el de desarrollar análisis de costo-beneficio, comparando los costos de mejoramiento frente a la reconstrucción de las edificaciones vulnerables.

En cuanto a los indicadores de medición se consideraron los siguientes parámetros:

La organización del sistema estructural se enfoca en examinar la condición de organización de los elementos resistentes verticales, centrándose en la existencia y eficiencia de conexiones ortogonales entre dichos elementos, para cumplir con el desempeño de una estructura tipo cajón y prevenir las fallas fuera del plano de los muros (Yépez, Barbat, Canas, 1995).

Mientras que la calidad del sistema resistente se centra en evaluar la mampostería y las unidades de mampostería que lo constituye. En cuanto al tipo de material, se busca identificar la calidad de las unidades de mampostería y el estado de conservación de los morteros, ya que, si este cuenta con buenas propiedades mecánicas, indiferentemente de la unidad de mampostería, le puede brindar un comportamiento monolítico a la mampostería. En cuanto al tipo de mampostería, se enfoca en evaluar la homogeneidad de tamaño y el engranaje de sus unidades. Mientras que, para las conexiones, se focaliza en la presencia de elementos de conexiones transversales en el interior de la mampostería que normalmente son aquellos muros de saco (Gruppo Nazionale per la Difesa del Terremoti (GNDT), 2003).

La resistencia convencional, en cambio, consiste en determinar, a través de cálculos matemáticos, la relación que existe entre el coeficiente sísmico de la respuesta estructural y la fuerza cortante en la base inducida por los sismos. Entiéndase por coeficiente sísmico a la relación que existe entre la resistencia última a cortante y el peso de la edificación (GNDT, 2003).

Debido a que este parámetro considera la fuerza cortante basal, producto del sismo, la cual se halla de acuerdo a la normativa sísmica del lugar en estudio, es que muchos investigadores adaptan este parámetro para asociar la fuerza cortante basal que rige para su investigación, tal es el caso de (Cárdenas, 2021), (Preciado et al, 2007), (Arteaga, 2016), (Cardona y Hurtado, 1990). Es por ello que en esta investigación se hará uso de la NTP E.080.

Asimismo, para analizar este parámetro se tiene que tener en cuenta la necesidad de disponer información como las propiedades mecánicas y las dimensiones de los elementos estructurales, el tipo de suelo y la ubicación geográfica donde se cimienta la edificación y el uso de la edificación (GNDT, 2003). Además, para este parámetro se hace uso de la hipótesis del comportamiento estructural tipo cajón, el cual se compensa penalizando otros parámetros (Yépez *et al*, 1995).

La posición del edificio y cimentación, es el parámetro que evalúa la repercusión que tiene la cimentación de la iglesia y el terreno mismo. Para ello se analiza la pendiente del terreno, el tipo de suelo, la diferencia de cotas entre los cimientos y la existencia de empujes desequilibrados producto de terraplenes (GNDDT, 2003).

Diafragma horizontal, por otro lado, es un factor es de suma importancia, puesto que, si los diafragmas horizontales no están bien conectados a los elementos resistentes verticales, no le darán a la estructura un comportamiento monolítico. Es por ello que este parámetro se enfoca directamente en su configuración estructural, independientemente del tipo de material que lo constituye (Caicedo et al, 1994).

Para evaluar este parámetro se tiene en consideración la conexión entre el diafragma horizontal y los muros resistente, puesto que, si dicha conexión es ineficiente, a considerables aceleraciones, el diafragma tiende a perder su capacidad de arriostre en los muros, generando altas posibilidades de uno o más mecanismos de colapso, debido a la reacción en cadena (Yépez et al, 1995). Es por ello que la NTP E.080 considera que los desplazamientos en los muros paralelos son independientes, y que estos últimos no deben considerar a las cubiertas como apoyo superior, en su diseño.

Asu ves, este parámetro evalúa la deformabilidad del diafragma, ya que, la literatura ha demostrado que la falta de rigidez, producto de la deformabilidad, obstaculiza la propagación de las fuerzas cortantes del sismo generando colapsos (Yépez *et al*, 1995).

La configuración en planta, por otra parte, se centra en evaluar las irregularidades en planta que presenta el edificio, ya que éstas son fundamentales en el desempeño del edificio ante las fuerzas sísmicas. Las edificaciones que presenten una simétrica distribución de elementos resistentes y de rigidez en el plano, presentarán un comportamiento más adecuado. Mientras que aquellas que presentan formas alargadas, con protuberancias

exageradas y entradas significativas, suelen provocar fallas de excentricidad, y concentraciones de esfuerzos en puntos más alejados del centro de gravedad y rigidez (Yépez *et al*, 1995).

La configuración en elevación, en cambio, se enfoca en evaluar las irregularidades en altura que presenta el edificio. En edificaciones ancestrales de mampostería, las principales irregularidades suelen ser a causa de la presencia de torres y de pisos con diferentes áreas, ya que estas ubican una porción de masa del edificio a una altura diferente con respecto a la masa del resto del edificio (Caicedo *et al*, 1994).

Sin embargo, este parámetro se ha modificado constantemente, valiéndose de experiencias previas. Es por ello, que (Preciado *et al*, 2007) adaptó este parámetro a una evaluación dirigida hacia edificaciones históricas de mampostería, como iglesias y monasterios, del Estado de Colima, México

El espaciamiento entre muros, es el parámetro que evalúa la distancia máxima que existe entre dos muros resistentes paralelos que están conectados por un tercero, en dirección transversal. Ya que, si la distancia de estos muros es relativamente corta, el tercer muro tendrá una menor probabilidad de fallar por vuelco fuera de plano.

La eficiencia de la restricción del muro también depende de su textura y la presencia de aberturas cerca de los bordes de intersección de los muros que ofrecen restricción, tal es el caso que, si esta cercanía es menor a 1 metro, dicho muro no se considera como muro de restricción (GNDDT, 2003), tal como lo representa la figura 1.

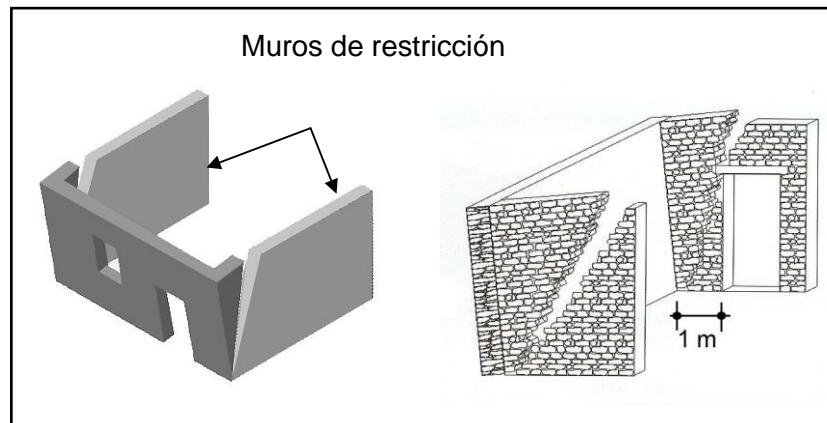


Figura 1. Espaciamiento entre muros.

Fuente: GNDT, 2003.

El tipo de cubierta, por otro lado, se enfoca en la presencia de empuje a los muros perimetrales, en la conexión de la cubierta y los muros, en el peso, y en la diferencia de rigidez y resistencia de la cubierta y el muro (GNDT, 2003).

La presencia de empuje hacia los muros durante un movimiento sísmico, podría activar el colapso fuera de plano del muro, puesto que, dicho empuje es superior al de las condiciones en estado de reposo. Adicionalmente las cubiertas de tipo pabellón transmiten las cargas de forma puntual en sus esquinas, lo cual produciría el colapso del muro en esa sección. Es por ello, que es de suma importancia la presencia de conexiones efectivas entre la cubierta y el muro (GNDT, 2003).

Asimismo, este parámetro evalúa el peso de la cubierta, ya que este tiene un impacto desfavorable, puesto que distribuye elevadas fuerzas de inercia capaces de superar la resistencia de los muros de mala calidad. Por ende, es recomendable asociar el peso de la cubierta con la calidad de los muros (GNDT, 2003).

Los elementos no estructurales es un parámetro que se enfoca en la presencia, en la ausencia o en la eficiencia de la conexión de elementos no estructurales a la parte estructural de la edificación, para valorar si son o no capaces de

desprenderse y causar daños a los habitantes. Tales elementos pueden ser accesorios, apéndices, voladizos, cornisas, parapetos, balcones o algún otro elemento sobresaliente (GNDT, 2003).

Para Bruneau (1994), los elementos no estructurales tales como los parapetos, chapas, paredes sin anclar entre otros, son los que producen fallas potenciales fuera de plano cuyo peligro es el más grave en cuanto a edificaciones de albañilería no reforzada.

Finalmente, el estado de conservación, es el parámetro que tiene en cuenta el estado físico en el que se encuentra el edificio, el cual se evidencia a través de las grietas y sus características que pueden tener (GNDT, 2003).

Este parámetro, es capaz de aumentar la vulnerabilidad sísmica ya evaluada de una edificación, si es que ésta ha sido abandonada, si carece de mantenimiento o si ha sufrido daños por terremotos anteriores (EMS, 1998).

Adicionalmente, el índice de vulnerabilidad es el resultado de la suma ponderada de puntuaciones numéricas que indican la condición sísmica que presenta cada parámetro que implica un alto nivel de importancia en cuanto al comportamiento sísmico. Dichos parámetros se califican numéricamente según su calidad de vulnerabilidad, para luego ser alterado por un factor de importancia que representa cada parámetro evaluado (Caicedo et al, 1994).

Su uso posibilita diferenciar la vulnerabilidad sísmica que presentan un grupo de estructuras de igual tipología (Safina, 2003).

Las iglesias del centro histórico de Trujillo son responsables de que esta sea una de las ciudades monumentales más características del Perú, a su vez, la segunda urbe más importante en la costa peruana, puesto que su patrimonio, por más que guarde similitud con la de Lima, tiene características propias que hacen que su centro histórico tenga identidad propia (Comisión de defensa del patrimonio arquitectónico, 1970).

El centro histórico de Trujillo, presenta 12 iglesias de la época colonial, las cuales fueron reconstruidas entre el siglo XVI y XVII, debido a los terremotos de 1619 y 1759. Cabe destacar que, según Hurtado (2007), tras la observación del inadecuado comportamiento sísmico de estas, a muchas de ellas se les cambiaron las cubiertas de albañilería por las de quincha, para reducir así su relación peso/resistencia al momento de reconstruirlas.

Las iglesias pueden ser clasificadas según su configuración estructural, tipo de material, tamaño, estado de conservación, entre otros. Las figuras 2 y 3 representan las diferencias de 2 iglesias del centro histórico de Trujillo, de acuerdo a su configuración estructural en planta, en elevación y a su tamaño.

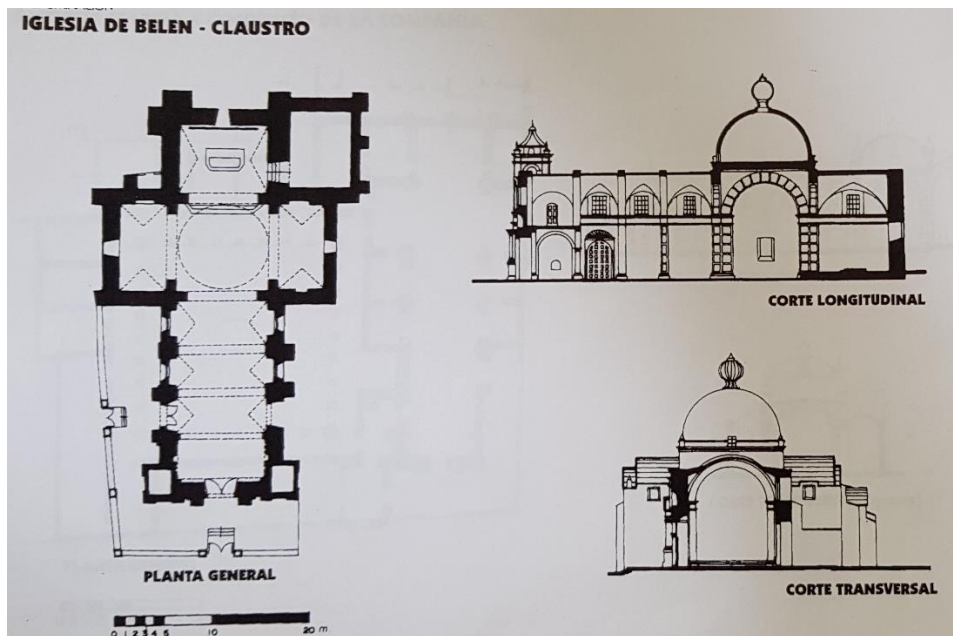


Figura 2. Plano en planta y cortes de la iglesia Belén.

Fuente: Instituto Nacional de Cultura – La Libertad, 1999.

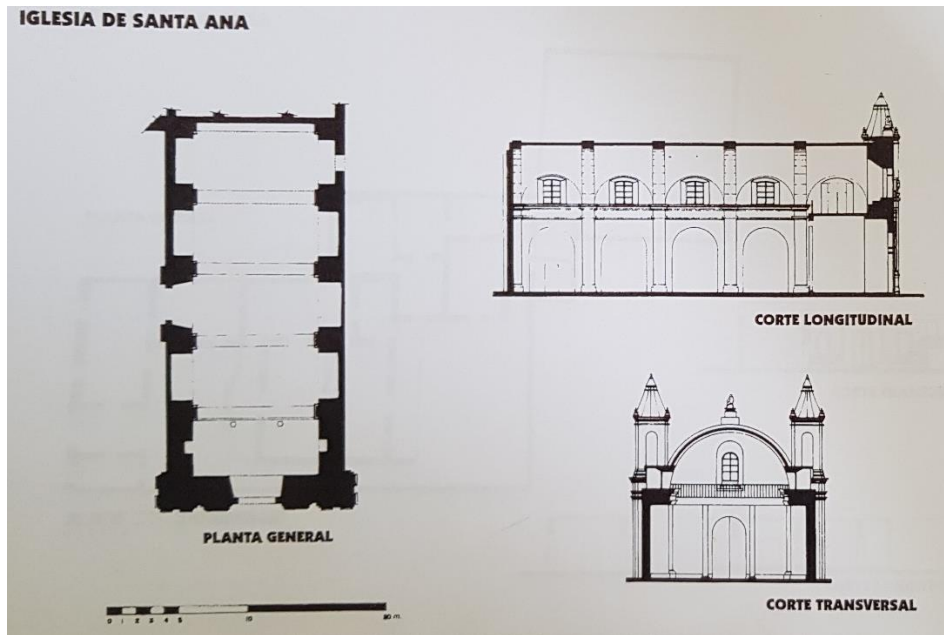


Figura 3. Plano en planta y cortes de la iglesia Santa Ana.
Fuente: Instituto Nacional de Cultura – La Libertad, 1999.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo, enfoque y diseño de investigación

3.1.1. Enfoque de investigación

La presente investigación presenta un enfoque cuantitativo, ya que, con la recopilación de los datos del estado de conservación, la configuración y tipología estructural, y la configuración geométrica, se miden los parámetros que rigen el comportamiento estructural frente a un sismo, con lo cual se generan resultados que demuestran cuál es la vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico.

3.1.2. Tipo de Investigación

3.1.2.1. Tipo de investigación por el propósito

Este tipo de investigación es aplicada ya que se basa en conocimientos de manuales de levantamientos de datos para la inspección de las iglesias, como el RVSEM; metodologías como el índice de vulnerabilidad sísmica modificado de Benedetti y Petrini, y las NTP E.030 y NTP E.080 para realizar el análisis de la vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico de Trujillo.

3.1.2.2. Tipo de investigación por el diseño

Esta investigación es no experimental, puesto que no se cuenta con una variable que sea capaz de modificar a otra variable, sino que únicamente se estudiarán las iglesias del centro histórico de Trujillo en su estado natural para poder analizar su vulnerabilidad sísmica. Además, es una investigación descriptiva porque se contempla describir todo el proceso del

análisis de la vulnerabilidad sísmica de estas iglesias, alineadas a los objetivos específicos planteados hasta obtener el nivel de vulnerabilidad sísmica.

3.1.2.3. Tipo de investigación por el nivel

Este estudio es de nivel descriptivo, ya que describe de manera estructurada el procedimiento para analizar la vulnerabilidad sísmica, basándose en la evaluación de todas las dimensiones de la variable que en su conjunto determinarán el estado de vulnerabilidad sísmica de cada iglesia del centro histórico de Trujillo.

3.1.3. Diseño de investigación

El diseño de esta investigación es no experimental descriptiva transversal, porque se centra en la recopilación de la información del estado natural de las iglesias con el fin de describir y analizar su vulnerabilidad sísmica en un mismo momento y no de manera secuencial a través del tiempo. Así como lo resume la figura 4 y la tabla 1.

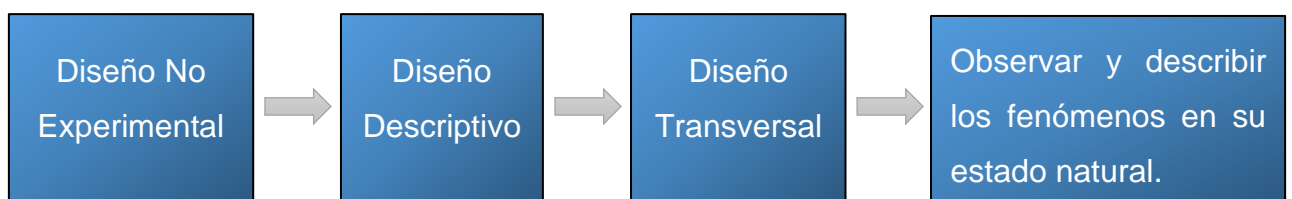


Figura 4. Diseño de investigación.

Tabla 1. Esquema de diseño de investigación.

Estudio	T1
M	O

Donde:

M: 4 iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo.

O: La vulnerabilidad sísmica.

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variables

Vulnerabilidad sísmica: Es la predisposición a experimentar daños a causa de un evento sísmico de ciertas características (López, 2020).

3.2.2. Clasificación de Variables

Tabla 2. *Matriz de clasificación de variables.*

CLASIFICACIÓN DE LAS VARIABLES					
Variable	Relación	Naturaleza	Escala de medición	Dimensión	Forma de medición
Vulnerabilidad Sísmica	Independiente	Cuantitativa	Razón	Multidimensional	Indirecta

3.2.3. Operacionalización de variables

En esta investigación se atiende solamente una variable, la vulnerabilidad sísmica, por lo cual, según Hernández, Fernández y Baptista (2014) se debe tener un concepto de la variable.

Tabla 3. *Matriz de operacionalización de variables (Anexo 3.1).*

3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

3.3.1. Población

3.3.1.1. Población Infinita

Todas las iglesias ubicadas en el centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.

3.3.1.2. Población Objetiva

Criterio: Las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad construidas entre el siglo XVI y XVII.

Todas las iglesias del centro histórico, construidas entre el siglo XVI y XVII, del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.

3.3.2. Muestra y Muestreo

3.3.2.1. Técnicas de muestreo

El muestreo es de tipo no probabilístico, puesto que no todos los elementos tienen la misma posibilidad de ser seleccionados, sino que estos dependen de criterios acordes con las características del método de análisis de vulnerabilidad sísmica. Dicho muestreo está basado en el juicio de expertos y su selección depende de criterios como:

- Tipología estructural de las iglesias del centro histórico de Trujillo.
- Estado de conservación de las iglesias del centro histórico de Trujillo.

- Configuración en planta de las iglesias del centro histórico de Trujillo.
- Configuración en elevación de las iglesias del centro histórico de Trujillo.
- Magnitud dimensional de las iglesias del centro histórico de Trujillo.

3.3.2.2. Tamaño de muestra

El tamaño es de 4 iglesias, construidas entre el siglo XVI y XVII, del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.

Tabla 4. *Tamaño de muestras.*

Iglesias del centro histórico de Trujillo
• Iglesia Belén
• Iglesia Santa Ana
• Iglesia La Merced
• Iglesia San Francisco

3.3.3. Unidad de Estudio

Una Iglesia, construida entre el siglo XVI y XVII, del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos y validez

3.4.1. Técnicas

Esta investigación, como técnica de recopilación de datos, empleó la observación directa estructurada de campo de acuerdo a un

lineamiento de parámetros estructurales y no estructurales, ya que para el análisis de la vulnerabilidad sísmica de las iglesias se debe evidenciar la situación real del estado estructural en que se encuentran estas mismas y la relación de causa efecto de las lesiones que presenta (Lopez, Rodriguez, Santa Cruz, Torreño, Ubeda, 2004). Además, es lo más recomendado para esta metodología de análisis (Maldonado, Gómez, Chio, 2008). Esta técnica consiste en adquirir datos de campo de 4 iglesias del centro histórico de Trujillo construidas entre el siglo XVI y XVII, a través de la observación.

Otra técnica que se aplicó para la recolección de datos fue la revisión documental, la cual consistió en identificar en artículos científicos, monografías, trabajos de tesis, entre otros, las propiedades mecánicas de los elementos estructurales; así también, en proyectos de microzonificación sísmica de la ciudad de Trujillo, las propiedades mecánicas del suelo; y en planos arquitectónicos y/o estructurales la configuración de las iglesias, puesto que no es posible obtener estos datos, a través de los ensayos mecánicos, debido a que son metodologías invasivas, las cuales no son aceptadas por el carácter patrimonial que tienen las iglesias.

3.4.2. Instrumentos

En relación a la técnica de observación, se aplicó como instrumento de recolección la ficha de datos:

La ficha de datos (Anexo 4.1) indica información sobre los parámetros de Organización del sistema estructural, Calidad del sistema resistente, Resistencia convencional, Posición del edificio y cimentación, Diafragmas horizontales, Configuración en planta y en elevación, Espaciamiento entre muros, Tipo de cubierta, Elementos no estructurales y Estado de conservación. Los mismos que sirven para evaluar el Índice de Vulnerabilidad sísmica, haciendo uso del

RVSEM y la NTE 080.

En cuanto a la técnica de revisión documental, se utilizó como instrumento de recopilación, las fichas de resumen, las cuales sirvieron para evaluar la Resistencia convencional, Configuración en planta y elevación y Espaciamiento entre muros de las iglesias.

La ficha de resumen (Anexo 4.2) es la que recolecta datos de los ensayos de las propiedades mecánicas del adobe, ladrillo y quincha; mientras que, la ficha de resumen (Anexo 4.3) extrae, del estudio de microzonificación sísmica de la ciudad de Trujillo, las propiedades mecánicas y el tipo de suelo en el que se cimienta la iglesia; y la ficha de resumen (Anexo 4.4) recoge las medidas de la configuración geométrica de los planos arquitectónicos y/o estructurales.

La tabla 5 indica la relación de los instrumentos de recolección de datos y su validación.

Tabla 5. Instrumentos y validación.

Etapas de la investigación (Dimensiones)	Instrumentos	Validación
Organización del sistema estructural	Ficha de datos	<ul style="list-style-type: none"> • GNDT. • Direzione Generale delle Politiche Territoriale e Ambientali (DGPTA). • Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto per le Tecnologie della Costruzione (CNR-ITC).
Calidad del sistema resistente	Ficha de datos	
Resistencia convencional	Ficha de datos	
	Ficha de resumen	<ul style="list-style-type: none"> • Juicio de expertos.
	Ficha de resumen	<ul style="list-style-type: none"> • MVCS. • UNI. • Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID).
	Ficha de resumen	<ul style="list-style-type: none"> • CORLIB. • Comisión de Reconstrucción y Rehabilitación de la Zona Afectada (CRYRZA). • Instituto Nacional de Cultura (INC).
Posición del edificio y cimentación	Ficha de datos	<ul style="list-style-type: none"> • GNDT. • DGPTA.
Diafragma horizontal	Ficha de datos		• CNR-ITC.

Configuración en planta	Ficha de datos	<ul style="list-style-type: none"> • GNDT. • DGPTA. • CNR-ITC.
	Ficha de Resumen	<ul style="list-style-type: none"> • CORLIB. • CRYRZA. • INC.
Configuración en elevación	Ficha de datos	<ul style="list-style-type: none"> • GNDT. • DGPTA. • CNR-ITC.
	Ficha de Resumen	<ul style="list-style-type: none"> • CORLIB. • CRYRZA. • INC.
Espaciamiento entre muros	Ficha de datos	<ul style="list-style-type: none"> • GNDT. • DGPTA. • CNR-ITC.
	Ficha de Resumen	<ul style="list-style-type: none"> • CORLIB. • CRYRZA. • INC.
Tipo de cubierta	Ficha de datos	<ul style="list-style-type: none"> • GNDT • DGPTA • CNR-ITC
Elementos no estructurales	Ficha de datos	
Estado de conservación	Ficha de datos	
Índice de vulnerabilidad	Ficha de datos	

3.4.3. Validez

Los instrumentos de recolección de datos utilizados fueron validados mediante el juicio de expertos por personal especializado en el tema de investigación con amplia experiencia y comprensión de los respectivos estudios.

La ficha de datos (Anexo 4.1) es un formulario modificado de la RVSEM, elaborado originalmente por el GNDT conjuntamente con el CNR, la cual, fue validada por los ingenieros especialistas:

- Ingeniero Mg. Josualdo Carlos Villar Quiroz (ORCID: 0000-0003-3392-9580) (Anexo 5.1).
- Ingeniero Dr. Alan Yordan Valdivieso Velarde (ORCID: 0000-0002-8179-2809) (Anexo 5.2).

La ficha de resumen (Anexo 4.2), describe las propiedades mecánicas del adobe, ladrillo y quincha, obtenidas a través de la recopilación de estudios y fue validada por los ingenieros especialistas:

- Ingeniero Mg. Josualdo Carlos Villar Quiroz (ORCID: 0000-0003-3392-9580) (Anexo 5.1).
- Ingeniero Dr. Alan Yordan Valdivieso Velarde (ORCID: 0000-0002-8179-2809) (Anexo 5.2).

La ficha de resumen (Anexo 4.3), indica las propiedades mecánicas y el tipo de suelo, extraídas del estudio de microzonificación sísmica y análisis de riesgo del distrito de Trujillo, el cual fue realizado por el MVCS en conjunto con la UNI, por ende, no requieren ser validadas.

La ficha de resumen (Anexo 4.4), indica las medidas de la configuración geométrica, extraídas de los planos arquitectónicos y/o estructurales de las iglesias del distrito de Trujillo, lo cuales fueron realizados por CORLIB en conjunto con CRYRZA, por ende, no requieren ser validadas.

3.5. Procedimientos

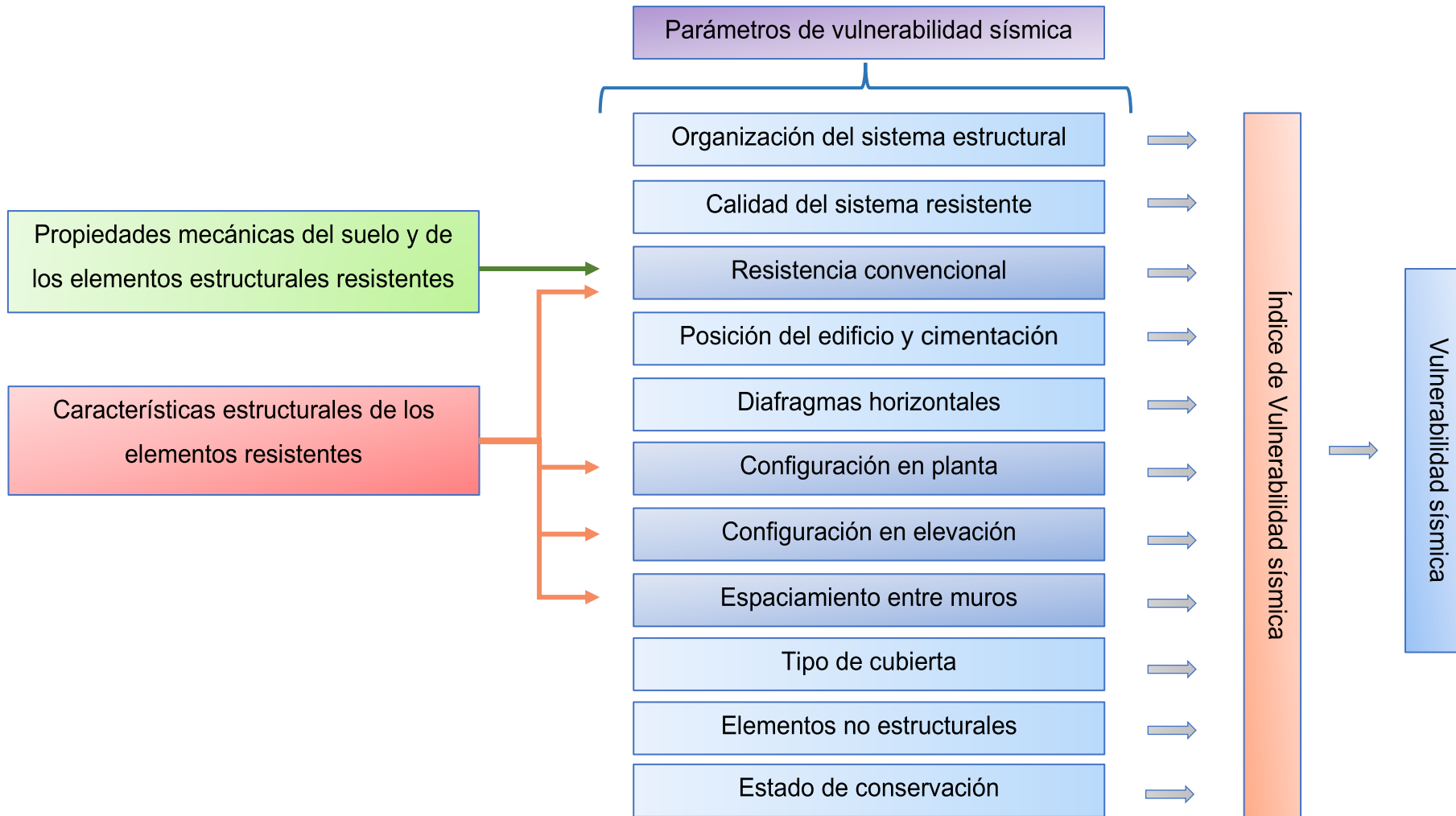


Figura 5. Diagrama de procedimientos.

3.5.1. Organización del sistema estructural

Para evaluar este parámetro, el cual se concentra en las conexiones de los muros ortogonales, es necesario identificar la presencia de criterios constructivos sismorresistentes, así como de vigas de amarre o de adarajas, y de buena ligazón entre muros ortogonales. La tabla 6 indica la clasificación del parámetro.

Tabla 6. *Clasificación del parámetro 1.*

Criterios	Clases
<ul style="list-style-type: none">• Presencia de normativa sismorresistente.	A
<ul style="list-style-type: none">• Incumplimiento del criterio "A".• Presencia de vigas de amarre.	B
<ul style="list-style-type: none">• Incumplimiento del criterio "A" y "B".• Presencia de buena ligazón entre los muros ortogonales.	C
<ul style="list-style-type: none">• Incumplimiento de los criterios anteriores.	D

Fuente: GNDT, 2003.

3.5.2. Calidad del sistema resistente

Para analizar este parámetro se tiene en consideración el tipo de mampostería, la organización de sus unidades y el mortero, que presentan cada iglesia.

En el anexo 6.3 enlista 21 diferentes tipos de mampostería, los cuales se representan con una nomenclatura (A, B, C, D, E, F, G, H, I, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, y Z). Sin embargo, en esta investigación se tendrán en cuenta las tipologías comprendidas entre "A" y "N", puesto que las demás representan a tipologías fuera de la época, como es el caso del hormigón, hormigón armado, hormigón armado y confinado, estructuras metálicas, etc.

Para calificar la organización de sus unidades de mampostería se las puede clasificar y representar como (Ao) si presenta homogeneidad de las hileras y escalonamiento uniforme de las juntas verticales o (Ad) si no lo presentan. Mientras que, para calificar la calidad del mortero se las puede clasificar y representar como (Mb) si son hidráulicos o de cemento, capaces de resistir a rayaduras metálicas o (Mc) si son harinosos o inconsistentes.

Luego de analizar los criterios anteriores, se clasifica la vulnerabilidad sísmica de la calidad del sistema resistente en relación a la combinación de dichos criterios, los cuales se explican en la tabla 7.

Tabla 7. Clasificación del parámetro 2.

Tipología de Mampostería	(Ao)	(Ad)	(Ao) (Mb)	(Ao) (Mc)	(Ad) (Mb)	(Ad) (Mc)
A	D	D	D	D	D	D
B	C	D	C	D	D	D
C	C	D	C	D	C	D
D	B	C	B	B	B/C	D
E	D	D	D	D	D	D
F	C	D	C	D	D	D
G	A	B	A	B	B	C
H	A	A/B	A	B	A/B	B
I	A	A/B	A	B	A/B	B
L	A	B	A	A/B	B	C
M	D	D	D	D	D	D

Fuente: GNDT, 2003.

3.5.3. Resistencia convencional

Para calcular este parámetro se necesita realizar un conjunto de pasos que se detallarán a continuación:

- Determinar el número de pisos de la iglesia (N)
- Identificar la resistencia a cortante (T_k) de los elementos resistentes verticales en $[T/m^2]$. En el caso de presentarse más de 1 material en los muros de albañilería, el valor de T_k será el resultado del promedio ponderado de cada valor de T_k , usándose como factor de peso, el porcentaje relativo del área de los materiales presentados. Además, si es que no se cuenta con el valor real de T_k , se puede hacer uso de aquellos sugeridos por las normas vigentes de las zonas de estudios. (Caicedo *et al*, 1994).
- Medir el área total en planta de la iglesia (A_t) en $[m^2]$.
- Calcular el área total de muros resistentes (A_x) y (A_y) para las direcciones “x” y “y” respectivamente en $[m^2]$.
- Identificar la mínima (A) y la máxima (B) área total de muros resistentes en $[m^2]$.
- Calcular el cociente (a_o) de la mínima área total de muros resistentes (A) y el área total de la iglesia (A_t).
- Calcular el cociente (γ) de la máxima área total de muros resistentes (B) y la mínima área total de muros resistentes (A).
- Identificar el peso específico de los elementos resistentes verticales (P_m) en $[T/m^3]$.
- Identificar el peso por unidad de superficie de la cubierta (P_s) en $[T/m^2]$.
- Medir la altura promedio de entrepiso (h) en $[m]$.

Una vez realizado los pasos anteriores se efectuarán las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1. *Peso de la mampostería y cubierta por unidad de área.*

$$q = \frac{(A + B) * h}{A_t} P_m + P_s$$

En la ecuación 1, “q” representa el peso de la mampostería más la cubierta, por unidad de área, expresado en $[T/m^2]$.

Ecuación 2. Coeficiente sísmico.

$$C = \frac{a_0 * Tk}{q * N} \sqrt{1 + \frac{q * N}{1.5 * a_0 * Tk(1 + \gamma)}}$$

En la ecuación 2, “C” es el coeficiente sísmico (adimensional) representado por la relación entre la resistencia al cortante de los muros y el peso de la iglesia.

Ecuación 3. Relación de coeficientes sísmicos.

$$\alpha = \frac{C}{C}$$

En la ecuación 3, el factor “C” se obtiene a partir del cálculo de las fuerzas sísmicas horizontales para edificaciones de adobe, puesto que es el material predominante en los elementos resistentes verticales. Dichas fuerzas se obtienen a partir de la ecuación 4 ofrecida por la NTP E.080.

Ecuación 4. Cortante basal.

$$H = S * U * C * P$$

Donde:

- H es la fuerza sísmica en la base de la iglesia expresada en [T].
- S es el factor del suelo obtenido mediante la tabla 8.
- U es el factor de uso obtenido mediante la tabla 9.
- C es el coeficiente sísmico obtenido mediante la tabla 10.
- P es la carga muerta, adicionando el 50% de la carga viva, la cual es de 0.05 T/m² para techos curvos (Norma Técnica Peruana E.020 Cargas (NTP E.020), 2006).

Tabla 8. Factor de suelo.

TIPO	Descripción	Factor de Suelo (S)
I	Rocas o suelos resistentes con capacidad portante admisible > 0.3 Mpa ó 3.06 kg.f/cm ² .	1.0
II	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible > 0.1 Mpa ó 1.02 kg.f/cm ² .	1.4

Fuente: NTP E.080, 2017.

Tabla 9. Factor de uso.

Tipo de edificación	Factor de uso (U)
NT A.030 Hospedaje NT A.040 Educación NT A.050 Salud NT A.090 Servicios comunales NT A.100 Recreación y deportes NT A.110 Transporte y comunicaciones	1.4
NT A.060 Industriales NT A.070 Comercio NT A.090 Oficinas	1.2
Vivienda: Unifamiliar y Multifamiliar Tipo Quinta	1.0

Fuente: NTP E.080, 2017

Tabla 10. Coeficiente sísmico.

Zona Sísmica	Coeficiente Sísmico (C)
4	0.25
3	0.20
2	0.15
1	0.10

Fuente: NTP E.080, 2017.

Y por último el factor “ α ” es la relación entre los coeficientes sísmicos, que ayudarán a clasificar la vulnerabilidad de la iglesia según lo indica la tabla 11.

Tabla 11. Clasificación del parámetro 3.

Factor (α)	Clases
$\alpha \geq 100\%$	A
$60\% \leq \alpha < 100\%$	B
$40\% \leq \alpha < 60\%$	C
$\alpha < 40\%$	D

Fuente: GNDT, 2003.

3.5.4. Posición del edificio y cimentación

Esta clasificación se realiza de manera visual hasta donde sea posible para determinar la pendiente (m) y tipo de suelo de cimentación, la diferencia de cotas de cimentación (Δh_f), expresada en [m] y los empujes desequilibrados producto de terraplenes. La tabla 12 combina estos criterios y clasifica la vulnerabilidad sísmica.

Tabla 12. Clasificación del parámetro 4.

Posición del edificio y cimentación	Clase
<ul style="list-style-type: none"> • Terreno estable con ausencia de empujes desequilibrados; $\Delta h_f = 0$; $m \leq 10\%$ 	A
<ul style="list-style-type: none"> • Roca con ausencia de empujes desequilibrados; $\Delta h_f < 1$; $10\% < m \leq 30\%$ • Terreno suelto con ausencia de empujes desequilibrados; $\Delta h_f < 1$; $10\% < m \leq 20\%$ 	B

<ul style="list-style-type: none"> • Roca con presencia de empujes desequilibrados; $\Delta h_f < 1$; $30\% < m \leq 50\%$ • Terreno suelto con presencia de empujes desequilibrados; $\Delta h_f < 1$; $20\% < m \leq 30\%$ 	C
<ul style="list-style-type: none"> • Roca con presencia de empujes desequilibrados, $\Delta h_f > 1$; $m > 50\%$ • Terreno suelto con presencia de empujes desequilibrados; $\Delta h_f > 1$; $m > 30\%$ 	D

Fuente: GNDT, 2003.

3.5.5. Diafragma horizontal

Para la clasificación de este parámetro se tiene en cuenta el análisis de las condiciones 1, 2 y 3, que son identificadas en la tabla 13.

Condiciones:

- 1 Eficiente conexión entre el diafragma horizontal y los muros.
- 2 Despreciable deformabilidad del diafragma horizontal.
- 3 Inexistencia de planos a desnivel.

Tabla 13. Clasificación del parámetro 5.

Diafragma Horizontal	Clases
Cumplir con las condiciones 1, 2 y 3	A
Cumplir con las condiciones 1 y 2	B
Cumplir con la condición 1	C
No cumplir con ninguna condición anterior	D

Fuente: GNDT, 2003.

3.5.6. Configuración en planta

Para evaluar este parámetro se tiene en cuenta el cálculo de factores de irregularidad en planta, los cuales dependen de dimensiones que se muestran en la figura 6, y son clasificados en la tabla 14.

- (a) es la dimensión del lado menor de la edificación.
- (L) es la dimensión del lado mayor de la edificación.
- (b) es la dimensión de la parte sobresaliente de la edificación.
- (β_1) es la razón del lado (a) con el lado (L).
- (β_2) es la razón del lado (b) con el lado (L).

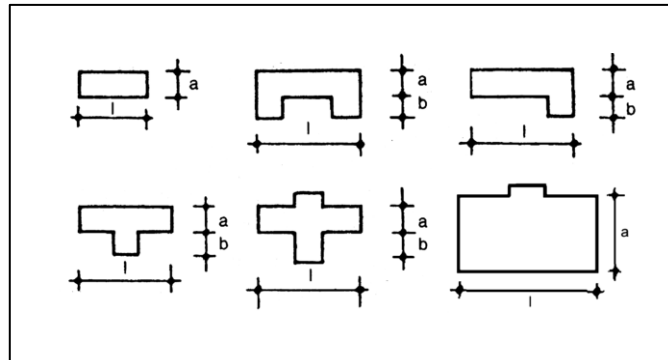


Figura 6. Configuración en planta.

Fuente: GNDT, 2003.

Tabla 14. Clasificación del parámetro 6.

Relación de longitudes en planta	Clases
Si cumple con: $0.8 \leq \beta_1$ ó $\beta_2 \leq 0.1$	A
Si cumple con: $0.6 \leq \beta_1 < 0.8$ ó $0.1 < \beta_2 \leq 0.2$	B
Si cumple con: $0.4 \leq \beta_1 < 0.6$ ó $0.2 < \beta_2 \leq 0.3$	C
Si cumple con: $\beta_1 < 0.4$ ó $0.3 < \beta_2$	D

Fuente: GNDT, 2003.

3.5.7. Configuración en elevación

Para clasificar la vulnerabilidad sísmica según la configuración en elevación se evalúa la relación que existe entre la altura total del edificio (H) frente a la altura del elemento sobresaliente (T), ya sea este la torre o la espadaña. La tabla 15 resume el procedimiento de la clasificación del parámetro.

Tabla 15. Clasificación del parámetro 7.

Relación de alturas	Clases
Si cumple con: $T/H \leq 0.2$	A
Si cumple con: $0.2 < T/H \leq 0.3$	B
Si cumple con: $0.3 < T/H \leq 0.5$	C
Si cumple con: $0.5 < T/H$	D

Fuente: GNDT, 2003.

3.5.8. Espaciamiento entre muros

La clasificación del espaciamiento entre muros se realiza teniendo en cuenta la relación máxima entre la distancia del muro a evaluar (L) y su espesor (S). Dicha clasificación se resume en la tabla 16.

Tabla 16. Clasificación del parámetro 8.

Relación L/S	Clase
Si cumple con: $L_m / S < 15$	A
Si cumple con: $15 \leq L_m / S < 18$	B
Si cumple con: $18 \leq L_m / S < 25$	C
Si cumple con: $25 \leq L_m / S$	D

Fuente: GNDT, 2003.

3.5.9. Tipo de cubierta

Este parámetro se enfoca en evaluar aspectos constructivos que velen las condiciones de empuje de cubierta, peso de cubierta, y conexión y comparación de rigidez de la cubierta y los muros, así como lo guía la figura 7. Además, la tabla 17 clasifica la vulnerabilidad sísmica del tipo de cubierta.

Tabla 17. Clasificación del parámetro 9.

Tipo de Cubierta	Clase
<ul style="list-style-type: none"> • Cubierta estable con viga de soporte • Cubierta plana. 	A
<ul style="list-style-type: none"> • Cubierta estable bien conectada a los muros sin viga de soporte. • Cubierta parcialmente estable con viga de soporte. 	B
<ul style="list-style-type: none"> • Cubierta inestable con viga de soporte. 	C
<ul style="list-style-type: none"> • Cubierta inestable sin viga de soporte. 	D

Fuente: GNDT, 2003.

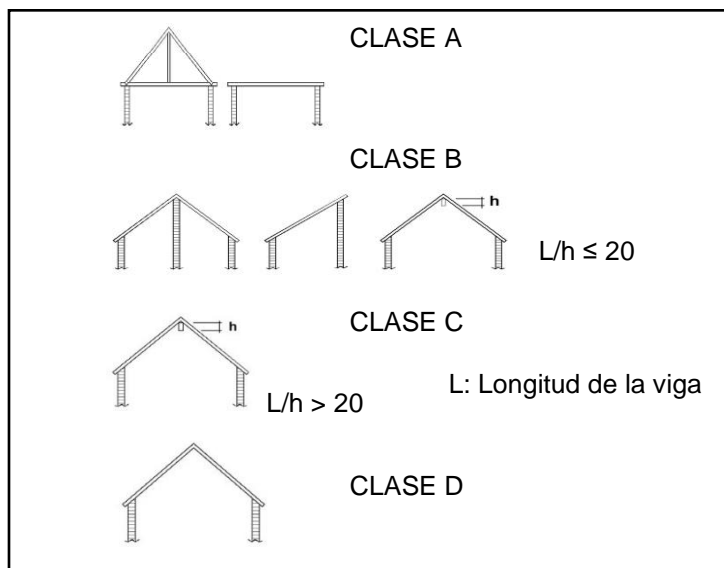


Figura 7. Tipo de cubierta.

Fuente: GNDT, 2003.

3.5.10. Elementos no estructurales

La clasificación de este parámetro se basa en la presencia de elementos no estructurales, sus dimensiones y su conexión con el resto de la estructura. La tabla 18 clasifica la vulnerabilidad de este parámetro.

Tabla 18. *Clasificación del parámetro 10.*

Elementos no estructurales	Clase
<ul style="list-style-type: none">• Ausencia de cornisa y parapetos.• Presencia de cornisas bien conectadas.• Presencia de balcón es parte continua del diafragma.	A y B
<ul style="list-style-type: none">• Presencia de elementos de pequeña dimensión mal vinculados.	C
<ul style="list-style-type: none">• Presencia de elementos en techos mal conectados.• Presencia de parapetos u elementos pesados mal conectados.• Presencia de balcones mal conectados.	D

Fuente: GNDT, 2003.

3.5.11. Estado de conservación

Para evaluar el estado de conservación del edificio, se tiene que visualizar la presencia, ausencia o características de agrietamiento en los muros. La tabla 19 clasifica este parámetro.

Tabla 19. Clasificación del parámetro 11.

Estado de conservación	Clase
<ul style="list-style-type: none">• Ausencia de agrietamiento.	A
<ul style="list-style-type: none">• Presencia de grietas tipo capilar de corta extensión de origen no sísmico.	B
<ul style="list-style-type: none">• Presencia de grietas tipo capilar de origen sísmico.• Presencia de grietas medianas de 2mm a 3mm de espesor.• Muros con estado de conservación mediocre y ausencia de agrietamientos.	C
<ul style="list-style-type: none">• Grave deterioro de características físicas de los materiales constructivos.• Presencia de agrietamientos con espesor superior a 3 mm.	D

Fuente: GNDT, 2003.

3.5.12. Índice de vulnerabilidad

Para determinar el índice de vulnerabilidad sísmica de cada iglesia (IV), se calcula a través de la ecuación 5, donde (K_i) es un valor numérico que representa la clasificación de cada parámetro evaluado y (W_i) es un factor de ponderación que está en función a la importancia de cada parámetro, los cuales se describen en la tabla 20.

Ecuación 5. Índice de vulnerabilidad sísmica.

$$IV = \sum_{i=1}^{11} (K_i \cdot W_i)$$

Tabla 20. Factores del índice de vulnerabilidad.

<i>i</i>	Parámetros	<i>K_i</i>				<i>W_i</i>
		A	B	C	D	
1	Organización del sistema estructural	0	5	20	45	1.00
2	Calidad del sistema resistente	0	5	25	45	0.25
3	Resistencia convencional	0	5	25	45	1.50
4	Posición del edificio y cimentación	0	5	25	45	0.75
5	Diafragmas horizontales	0	5	15	45	1.00
6	Configuración en planta	0	5	25	45	0.50
7	Configuración en elevación	0	5	25	45	1.00
8	Espaciamiento entre muros	0	5	25	45	0.25
9	Tipo de cubierta	0	15	25	45	1.00
10	Elementos no estructurales	0	0	25	45	0.25
11	Estado de conservación	0	5	25	45	1.00

Fuente: GNDT, 2003.

La ecuación 6 determina el índice de vulnerabilidad sísmica porcentual, siendo 382.5 el máximo valor posible del índice de vulnerabilidad sísmica.

Ecuación 6. Índice de vulnerabilidad sísmica porcentual.

$$IV\% = \frac{IV}{382.5} \times 100\%$$

Mientras que la tabla 21 indica la clasificación de la vulnerabilidad sísmica de las iglesias (Yépez, 1995).

Tabla 21. Clasificación de vulnerabilidad sísmica.

Clasificación de Vulnerabilidad	IV%
Baja	$0\% < IV\% \leq 39\%$
Media-Baja	$39\% < IV\% \leq 44\%$
Media	$44\% < IV\% \leq 50\%$
Alta	$50\% < IV\% \leq 60\%$
Muy Alta	$60\% < IV\% \leq 100$

3.6. Método de análisis de datos

Esta investigación es de diseño no experimental-descriptivo-transversal, por lo cual se empleó como técnica de análisis de datos, a la estadística descriptiva mediante gráficos y tablas para poder interpretarlos con facilidad.

Los tipos de gráficos que se emplearon para interpretar cada uno de los 11 parámetros sísmicos son los gráficos de columnas agrupadas en 3D, tal como se muestra en la figura 8.

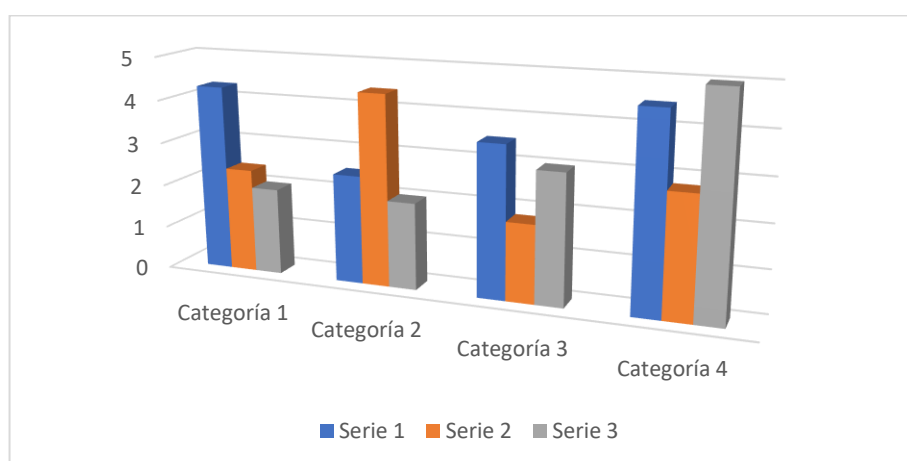


Figura 8. Gráfico tipo columnas agrupadas en 3D.

A su vez, para interpretar los datos del índice de vulnerabilidad sísmica de cada parámetro se emplearon los gráficos de columnas agrupadas como el de la figura 9.

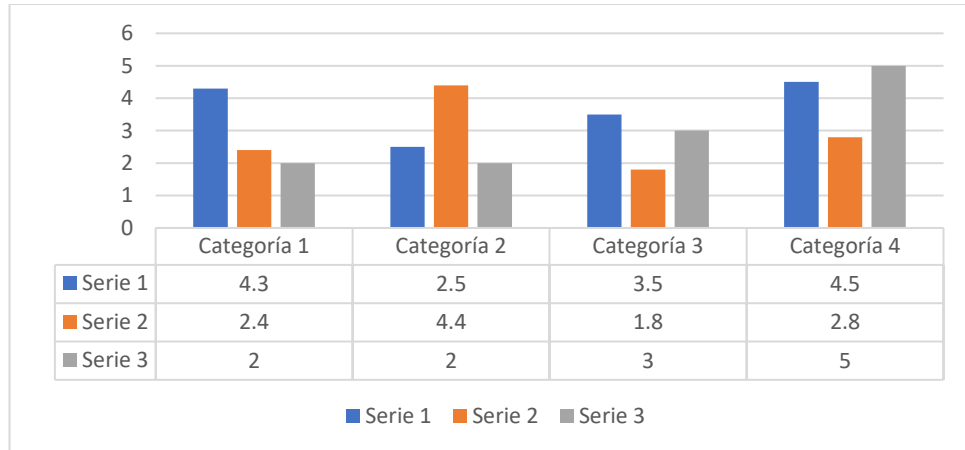


Figura 9. Gráfico tipo columnas agrupadas.

Mientras que, para interpretar los datos de características estructurales de los elementos resistentes, propiedades mecánicas del suelo y elementos resistentes y finalmente los de la vulnerabilidad sísmica de cada iglesia, se usaron tablas como la tabla 22:

Tabla 22. Tipo de Tabla.

Descripción		Unidad

3.7. Aspectos éticos

La presente investigación tomó en cuenta la responsabilidad de obtener los datos y resultados verazmente, el respeto por los derechos de autores, la responsabilidad ética y social, además de no causar impactos ambientales

negativos ni exponer la biodiversidad o recursos aprovechables para futuras generaciones en las áreas de estudio. Además, se aprecia el control de similitud, por medio del programa Turnitin, de las citas realizadas bajo el cumplimiento de la norma ISO 690 (Anexo 7).

3.8. Desarrollo del proyecto de investigación

3.8.1. Características estructurales de los elementos resistente

La presente investigación, con el fin de describir las características estructurales de las iglesias, se valió de los planos arquitectónicos y/o estructurales para determinar dichos datos. Además, dichos planos fueron proporcionados por el INC y se encuentran presentes en las fichas de resumen N°3, N°4, N°5 y N°6 (Anexo 4.11; 4.12; 4.13 y 4.14).

La Tabla 23 presenta los datos requeridos de dichos planos para describir características estructurales de las iglesias del centro histórico de Trujillo:

Tabla 23. *Características estructurales requeridas.*

Descripción		Unidad
A_t	Área Total Cubierta.	m ²
A_x	Área Total de muros resistentes a fuerzas horizontales en la dirección "x".	m ²
A_y	Área Total de muros resistentes a fuerzas horizontales en la dirección "y".	m ²
h	Altura promedio de muros.	m
H	Altura total de la iglesia medida a la torre/espadaña	m
T	Altura de la torre/espadaña desde el muro.	m
S	Espesor del muro de mayor longitud	m

L_m	Longitud máxima del muro	m
L	Longitud mayor en planta.	m
a	Longitud menor en planta.	m
b	Longitud de la sobresaliente en planta.	m

Estos datos permitieron obtener las características estructurales de los elementos resistentes de cada iglesia, los cuales requirieron de herramientas como el software Autocad y Excel para su análisis técnico y su procesamiento mediante la estadística descriptiva. Los resultados de dichos datos se encuentran en la tabla 25.

3.8.2. Propiedades mecánicas del suelo y de los elementos estructurales

Esta investigación recolectó datos del proyecto de Microzonificación sísmica de Trujillo, el cual se extrajo de la página oficial del gobierno regional de La Libertad, para determinar las propiedades mecánicas del suelo. Mientras que, para las propiedades mecánicas de los elementos estructurales, se basó de los estudios realizados por diferentes autores, los cuales se extrajeron de repositorios de artículos científicos y de universidades. Además, dichos documentos se encuentran presentes en las fichas de resumen N°1 y N°2 (Anexo 4.9 y 4.10).

La Tabla 24 presenta los datos requeridos que se extrajeron de dichos documentos, los cuales, por medio de la estadística descriptiva y el software Excel fueron procesados y analizados técnicamente, obteniendo la media aritmética, mediana, moda, desviación estándar y coeficiente de variación con el fin de obtener el valor representativo de dichos datos de las iglesias. Además, se valió de la NTP E.080 para clasificar el tipo de suelo según de las propiedades obtenidas por el proyecto de microzonificación sísmica de Trujillo.

Tabla 24. *Propiedades mecánicas requeridas.*

Descripción		Unidad
τ_{ka}	Resistencia cortante de muros de adobe	T/m ²
τ_{kl}	Resistencia cortante de muros de ladrillo	T/m ²
P_{ma}	Peso específico de muros de adobe	T/m ³
P_{ml}	Peso específico de muros de ladrillo	T/m ³
P_s	Peso específico de cubiertas de quincha	T/m ³
--	Tipo de suelo	

Estos datos permitieron identificar las propiedades mecánicas del suelo y de los elementos estructurales para cada iglesia. Así mismo, mediante la estadística descriptiva, se indican los resultados de dichos datos en la tabla 26.

3.8.3. Organización del sistema estructural

La presente investigación, con el fin de evaluar la organización del sistema estructural, se valió del RVSEM para orientarse y obtener los datos de criterio constructivo sismorresistente, vigas de amarre o de adarajas, y ligazón entre los muros ortogonales de las iglesias del centro histórico de Trujillo, los cuales se encuentran presentes en las fichas de datos N°1, N°2, N°3 y N°4 (Anexo 4.5; 4.6; 4.7 y 4.8).

La figura 10 expone el procesamiento, a través de la estadística descriptiva y bajo el lineamiento instructivo del RVSEM, de dichos datos obtenidos, representando el valor de (1) como la presencia del criterio y (0) como la ausencia del criterio.

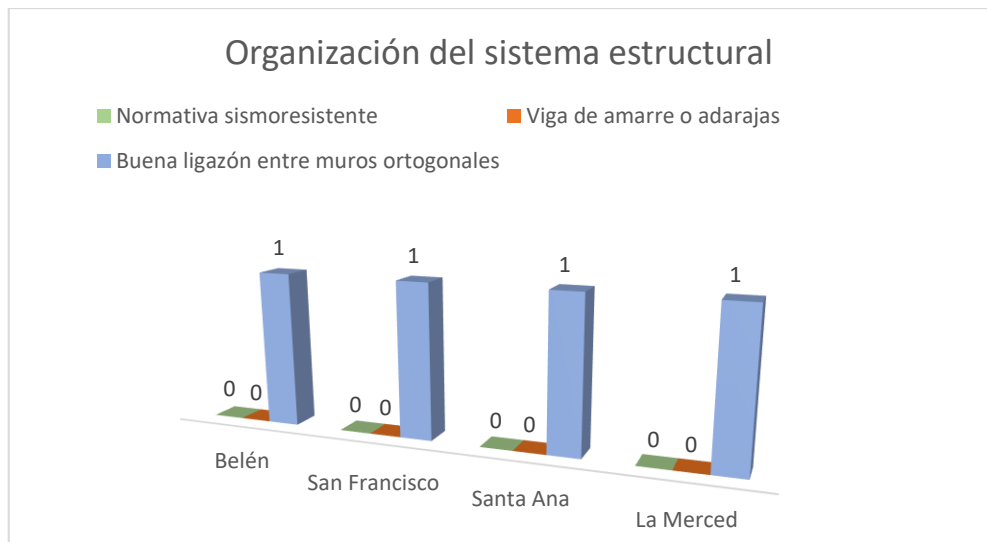


Figura 10. Criterios de vulnerabilidad del parámetro 1.

Estos datos permitieron obtener la clase de vulnerabilidad sísmica (CVS) del parámetro organización del sistema estructural examinada para cada iglesia. Así mismo, mediante la estadística descriptiva, se indican las clases de dicha vulnerabilidad en la figura 23.

3.8.4. Calidad del sistema resistente

Para la evaluación de la calidad del sistema resistente, la investigación recurrió al RVSEM para guiarse y obtener los datos de tipo de mampostería, homogeneidad de las unidades de mampostería y mortero de buena calidad de las iglesias del centro histórico de Trujillo, los cuales se encuentran presentes en las fichas de datos N°1, N°2, N°3 y N°4 (Anexo 4.5; 4.6; 4.7 y 4.8).

La figura 11 presenta el procesamiento, a través de la estadística descriptiva y bajo el lineamiento instructivo del RVSEM, de dichos datos obtenidos, representando el valor de (1) como la presencia del criterio y (0) como la ausencia del criterio, para el criterio de tipología estructural, se evidencia que todos presentan una mampostería de adobe.

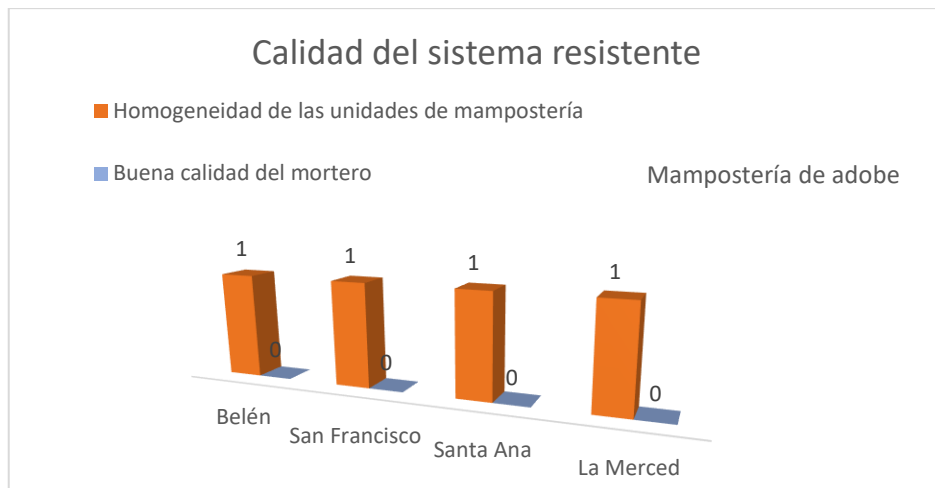


Figura 11. Criterios de vulnerabilidad del parámetro 2.

Estos valores permitieron obtener la CVS del parámetro calidad del sistema resistente evaluada para cada iglesia. Así mismo, mediante la estadística descriptiva, se muestra las clases de dicha vulnerabilidad en la figura 24.

3.8.5. Resistencia convencional

Para este parámetro en la investigación se hizo uso del RVSEM, de una wincha métrica y de los planos arquitectónicos y/o estructurales para orientarse y obtener los datos como el número de pisos, área total cubierta, área total de muros en ambas direcciones y altura media de los muros de las iglesias del centro histórico de Trujillo, los cuales se encuentran presentes en las fichas de datos N°1, N°2, N°3 y N°4 (Anexo 4.5; 4.6; 4.7 y 4.8) y en las fichas de resumen N°11, N°12, N°13 y N°14 (Anexo 4.11; 4.12; 4.13 y 4.14).

Para identificar las propiedades mecánicas como la resistencia al cortante última de los muros de adobe y los arcos de ladrillo, así como el peso específico del adobe, ladrillo y la quincha del techo, se recurrió a los datos extraídos en la ficha de resumen N°1 (Anexo 4.9). Mientras que, para determinar las propiedades mecánicas del suelo, como la

capacidad portante admisible y el tipo de suelo donde se cimientan las iglesias, se valió de los datos extraídos en la ficha de resumen N°2 (Anexo 4.10).

La figura 12 presenta el procesamiento de los datos mencionados anteriormente mediante la estadística descriptiva y el análisis técnico en hojas de cálculo con ayuda del software Excel y bajo el lineamiento instructivo de la NTP E.080, NTP E.020 y el RVSEM, con la finalidad de obtener la CVS del parámetro resistencia convencional analizada para cada iglesia. Además, mediante la estadística descriptiva, se indican las clases de dicha vulnerabilidad en la figura 25.

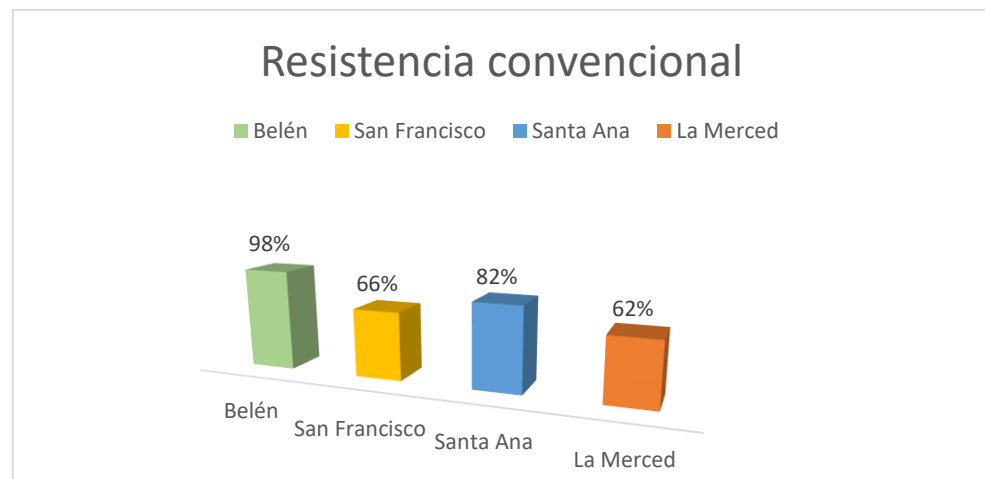


Figura 12. Criterios de vulnerabilidad del parámetro 3

3.8.6. Posición del edificio y cimentación

Con la finalidad de analizar la posición del edificio y cimentación, la presente investigación se valió del RVSEM para orientarse y obtener los datos del tipo de terreno de cimentación, la diferencia de cotas de cimentación (Δhf) y la pendiente del suelo (m) de las iglesias del centro histórico de Trujillo, los cuales se hallan en las fichas de datos N°1, N°2, N°3 y N°4 (Anexo 4.5; 4.6; 4.7 y 4.8).

La figura 13 expone los valores del procesamiento técnico que se realizó mediante hojas de cálculo en el software Excel, a través de la estadística descriptiva y bajo el lineamiento instructivo del RVSEM, de dichos datos obtenidos, representando el valor de (1) como la presencia del criterio y (0) como la ausencia del criterio.

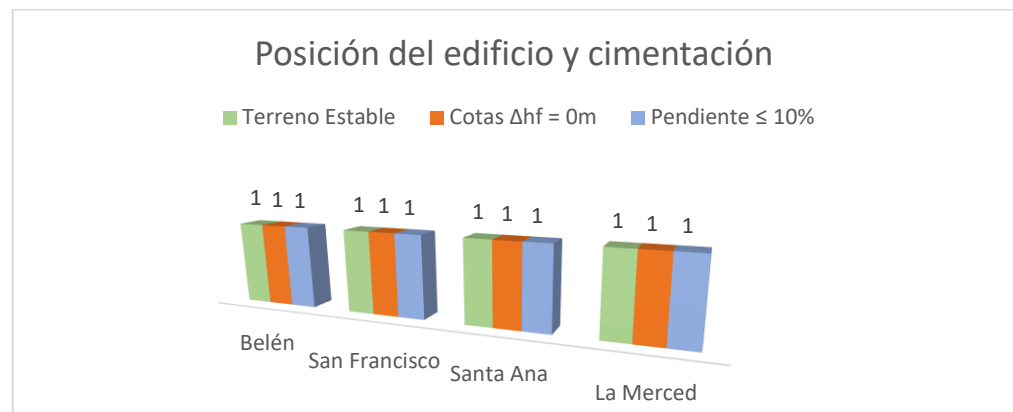


Figura 13. Criterios de vulnerabilidad del parámetro 4

Estos datos permitieron obtener la CVS del parámetro la posición del edificio y cimentación determinada para cada iglesia. Así mismo, mediante la estadística descriptiva, se indican las clases de dicha vulnerabilidad en la figura 26.

3.8.7. Diafragma horizontal

Este parámetro se valió del RVSEM para orientarse y obtener los datos como la eficiente conexión entre el diafragma horizontal y los muros, despreciable deformabilidad e inexistencia de planos a desnivel del diafragma horizontal de las iglesias del centro histórico de Trujillo, los cuales se encuentran presentes en las fichas de datos N°1, N°2, N°3 y N°4 (Anexo 4.5; 4.6; 4.7 y 4.8).

La figura 14 expone el procesamiento, a través de la estadística descriptiva y bajo el lineamiento instructivo del RVSEM, de dichos

datos obtenidos, representando el valor de (1) como la presencia del criterio y (0) como la ausencia del criterio.

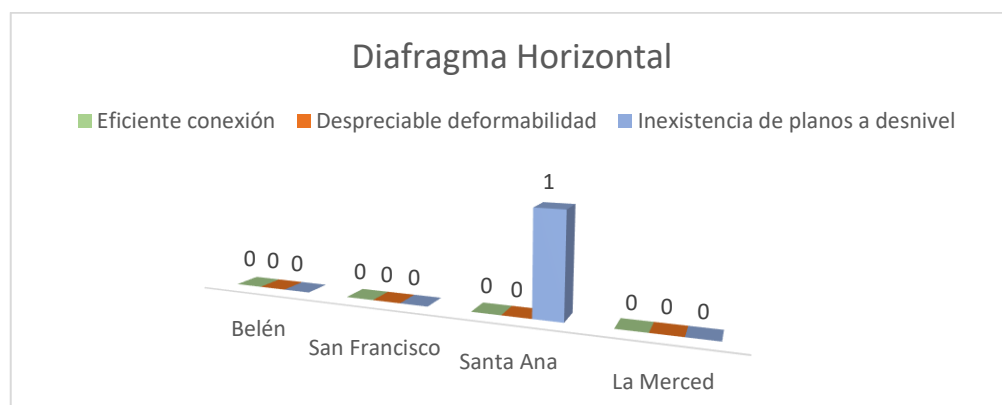


Figura 14. Criterios de vulnerabilidad del parámetro 5.

Estos datos permitieron obtener la CVS del parámetro diafragma horizontal para cada iglesia analizada. Así mismo, mediante la estadística descriptiva, se indican las clases de dicha vulnerabilidad en la figura 27.

3.8.8. Configuración en planta

Para analizar la configuración en planta se valió del RVSEM, de una wincha métrica y de los planos arquitectónicos y/o estructurales para orientarse y obtener los datos como la dimensión en planta del lado mayor, del lado menor y de la parte sobresaliente de las iglesias del centro histórico de Trujillo, los cuales se encuentran presentes en las fichas de datos N°1, N°2, N°3 y N°4 (Anexo 4.5; 4.6; 4.7 y 4.8) y en las fichas de resumen N°11, N°12, N°13 y N°14 (Anexo 4.11; 4.12; 4.13 y 4.14).

La figura 15 presenta el resultado del proceso de dichos datos obtenidos, a través del análisis técnico, el cual se llevó a cabo en hojas de cálculo con ayuda del software Excel y bajo el lineamiento instructivo del RVSEM.

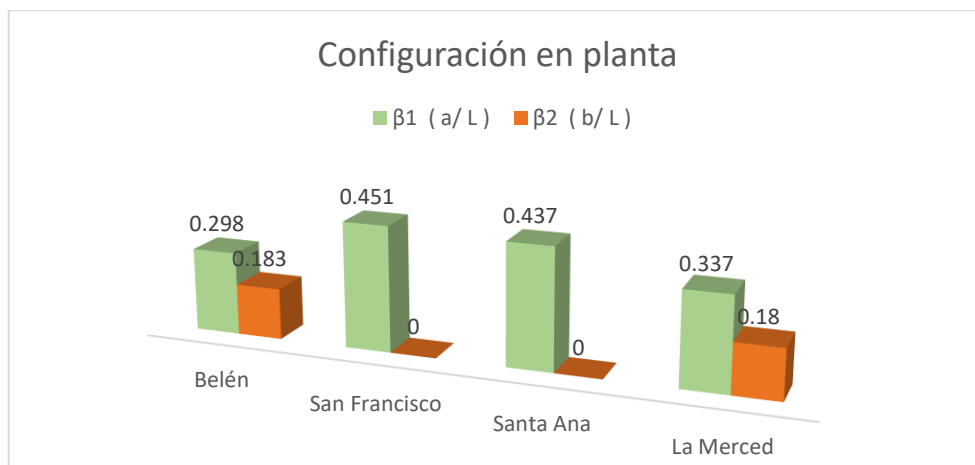


Figura 15. Criterios de vulnerabilidad del parámetro 6.

Estos datos permitieron obtener la CVS del parámetro configuración en planta a cada iglesia analizada. Así mismo, mediante la estadística descriptiva, se indican las clases de dicha vulnerabilidad en la figura 28.

3.8.9. Configuración en elevación

Para analizar la configuración en elevación se valió del RVSEM, de una wincha métrica y de los planos arquitectónicos y/o estructurales para orientarse y obtener los datos como la altura de la torre o espadaña (T) y la altura total (H) de las iglesias del centro histórico de Trujillo, los cuales se encuentran presentes en las fichas de datos N°1, N°2, N°3 y N°4 (Anexo 4.5; 4.6; 4.7 y 4.8) y en las fichas de resumen N°11, N°12, N°13 y N°14 (Anexo 4.11; 4.12; 4.13 y 4.14).

La figura 16 presenta el resultado del proceso de dichos datos obtenidos, a través del análisis técnico, el cual se llevó a cabo en hojas de cálculo con ayuda del software Excel y bajo el lineamiento instructivo del RVSEM.

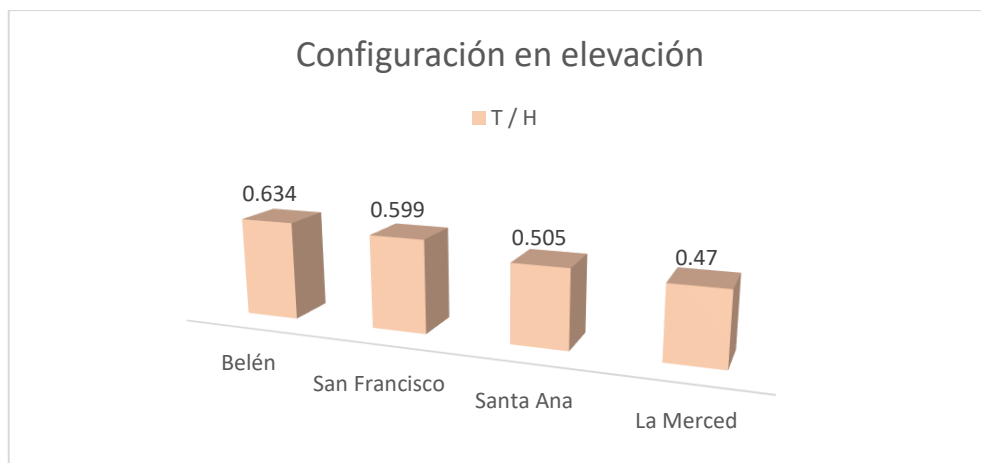


Figura 16. Criterios de vulnerabilidad del parámetro 7.

Estos datos permitieron obtener la CVS del parámetro configuración en elevación a cada iglesia examinada. Así mismo, mediante la estadística descriptiva, se indican las clases de dicha vulnerabilidad en la figura 29.

3.8.10. Espaciamiento entre muros

El espaciamiento entre muros se sirvió del RVSEM, de una wincha métrica y de los planos arquitectónicos y/o estructurales para orientarse y obtener los datos como la longitud en planta y el espesor de los muros de las iglesias del centro histórico de Trujillo, los cuales se encuentran presentes en las fichas de datos N°1, N°2, N°3 y N°4 (Anexo 4.5; 4.6; 4.7 y 4.8) y en las fichas de resumen N°11, N°12, N°13 y N°14 (Anexo 4.11; 4.12; 4.13 y 4.14).

La figura 17 presenta el resultado del proceso de dichos datos obtenidos, a través del análisis técnico, el cual se llevó a cabo en hojas de cálculo con ayuda del software Excel y bajo el lineamiento instructivo del RVSEM.

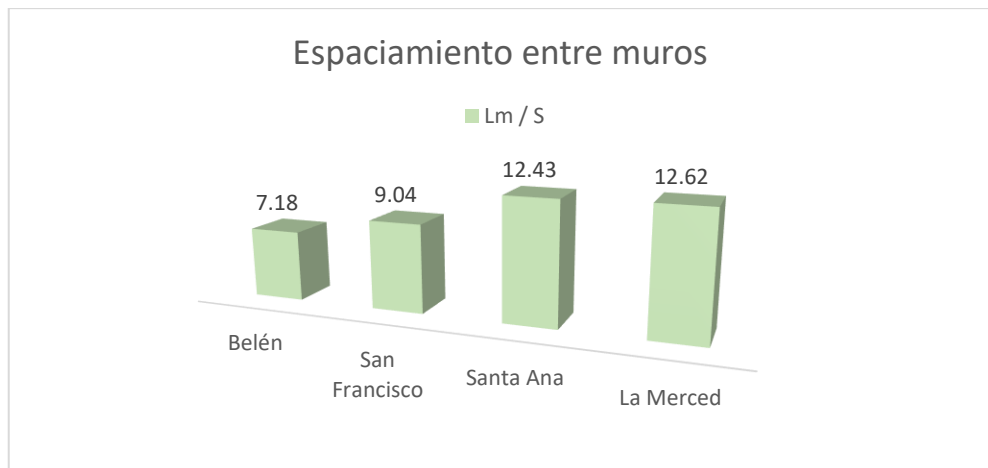


Figura 17. Criterios de vulnerabilidad del parámetro 8.

Estos datos permitieron obtener la CVS del parámetro espaciamiento entre muros a cada iglesia examinada. Así mismo, mediante la estadística descriptiva, se indican las clases de dicha vulnerabilidad en la figura 30.

3.8.11. Tipo de cubierta

Este parámetro se valió del RVSEM para orientarse y obtener los datos como la presencia de cubierta plana, estabilidad, presencia de viga de soporte y buena conexión a los muros, de las iglesias del centro histórico de Trujillo, los cuales se encuentran presentes en las fichas de datos N°1, N°2, N°3 y N°4 (Anexo 4.5; 4.6; 4.7 y 4.8).

La figura 18 expone el procesamiento, a través de la estadística descriptiva y bajo el lineamiento instructivo del RVSEM, de dichos datos obtenidos, representando el valor de (1) como la presencia del criterio y (0) como la ausencia del criterio.

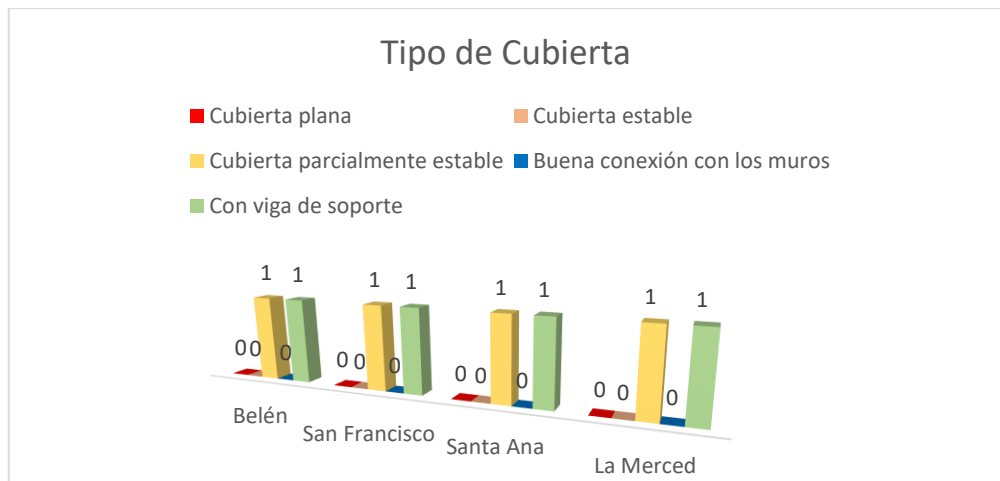


Figura 18. Criterios de vulnerabilidad del parámetro 9.

Estos datos permitieron obtener la CVS del parámetro tipo de cubierta para cada iglesia evaluada. Así mismo, mediante la estadística descriptiva, se indican las clases de dicha vulnerabilidad en la figura 31.

3.8.12. Elementos no estructurales

Este parámetro se valió del RVSEM para orientarse y obtener los datos como la presencia de cornisas bien conectadas, parapetos, balcones mal conectados, elementos de pequeña dimensión, elementos en altura mal conectados, elementos pesados mal conectados, balcones de las iglesias del centro histórico de Trujillo, los cuales se encuentran presentes en las fichas de datos N°1, N°2, N°3 y N°4 (Anexo 4.5; 4.6; 4.7 y 4.8).

La figura 19 expone el procesamiento, a través de la estadística descriptiva y bajo el lineamiento instructivo del RVSEM, de dichos datos obtenidos, representando el valor de (1) como la presencia del criterio y (0) como la ausencia del criterio.

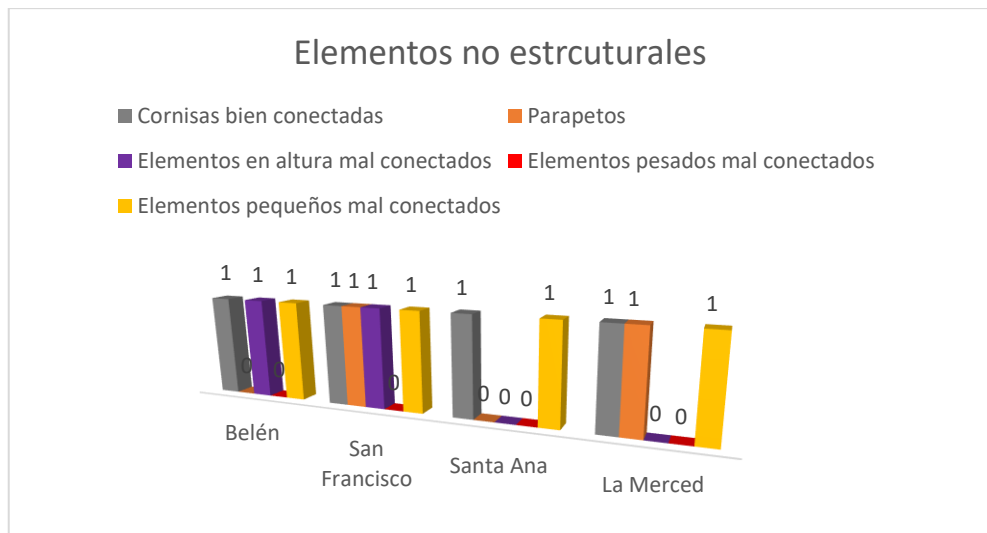


Figura 19. Criterios de vulnerabilidad del parámetro 10.

Estos datos permitieron obtener la CVS del parámetro elementos no estructurales para cada iglesia evaluada. Así mismo, mediante la estadística descriptiva, se indican las clases de dicha vulnerabilidad en la figura 32.

3.8.13. Estado de conservación

Este parámetro se valió del RVSEM para orientarse y obtener los datos como la presencia de grietas de origen sísmico o no y de grosor mayor o menor a los 3 mm., de las iglesias del centro histórico de Trujillo, los cuales se encuentran presentes en las fichas de datos N°1, N°2, N°3 y N°4 (Anexo 4.5; 4.6; 4.7 y 4.8).

La figura 20 expone el procesamiento, a través de la estadística descriptiva y bajo el lineamiento instructivo del RVSEM, de dichos datos obtenidos, representando el valor de (1) como la presencia del criterio y (0) como la ausencia del criterio.

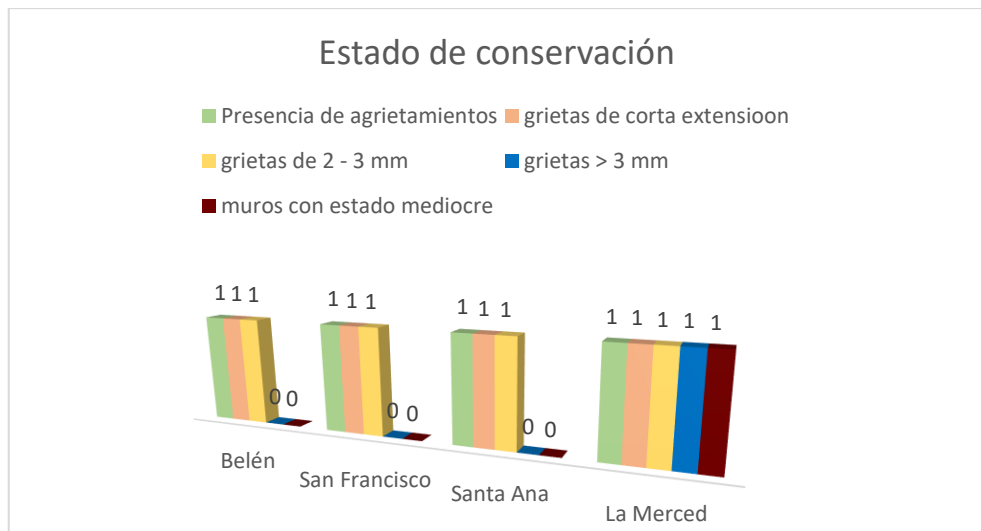


Figura 20. Criterios de vulnerabilidad del parámetro 11.

Estos datos permitieron obtener la CVS del parámetro estado de conservación para cada iglesia evaluada. Así mismo, mediante la estadística descriptiva, se indican las clases de dicha vulnerabilidad en la figura 33.

3.8.14. Vulnerabilidad sísmica

Finalmente, para calcular la vulnerabilidad sísmica se valió del índice de vulnerabilidad sísmica de cada iglesia.

Para la determinación de dicho índice se hizo uso del resultado del procesamiento, mediante las respectivas técnicas de análisis de cada parámetro, con los datos obtenidos anteriormente, los cuales se encuentran presentes en las fichas de datos N°1, N°2, N°3 y N°4 (Anexo 4.5; 4.6; 4.7 y 4.8). y la ficha de resumen N°1, N°2, N°3, N°4, N°5 y N°6 (Anexo 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13 y 4.14 respectivamente). A estos resultados previos se los procesó, a través del análisis técnico, en hojas de cálculo del software Excel y bajo la metodología del RVSEM, tal cual lo muestra la figura 21 y 22, de los cuales se presentan los resultados en la figura 34.

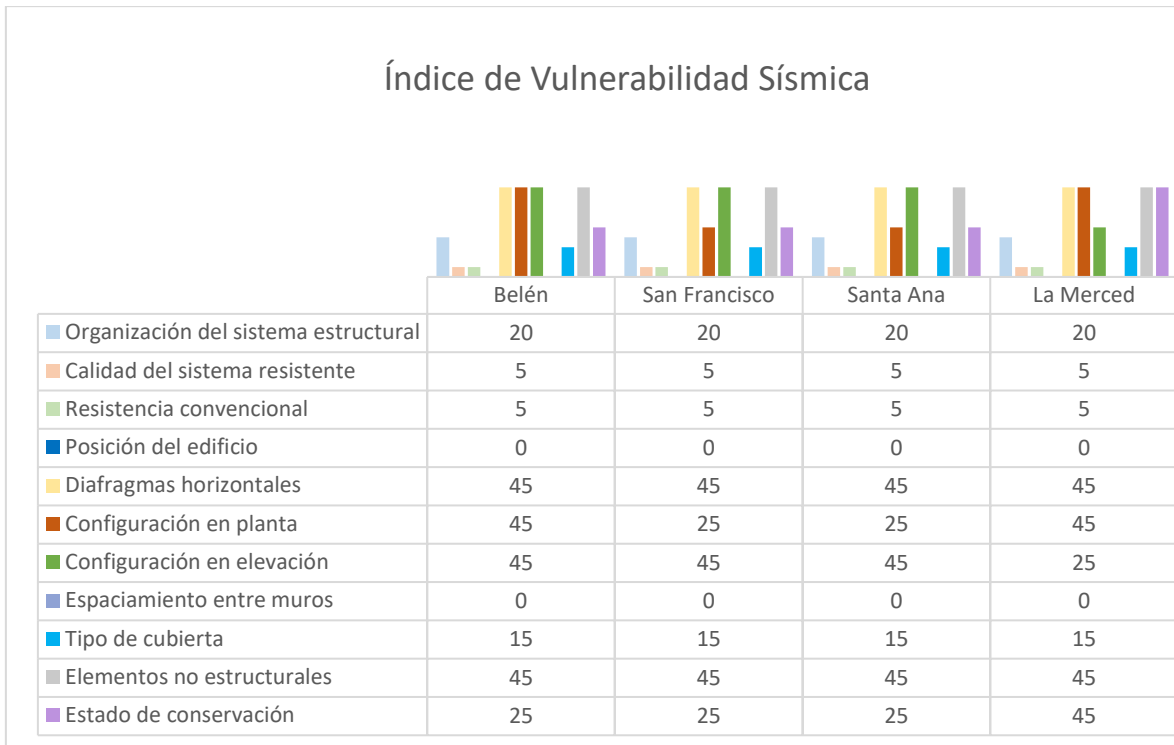


Figura 21. Clasificación de vulnerabilidad de los 11 parámetros.

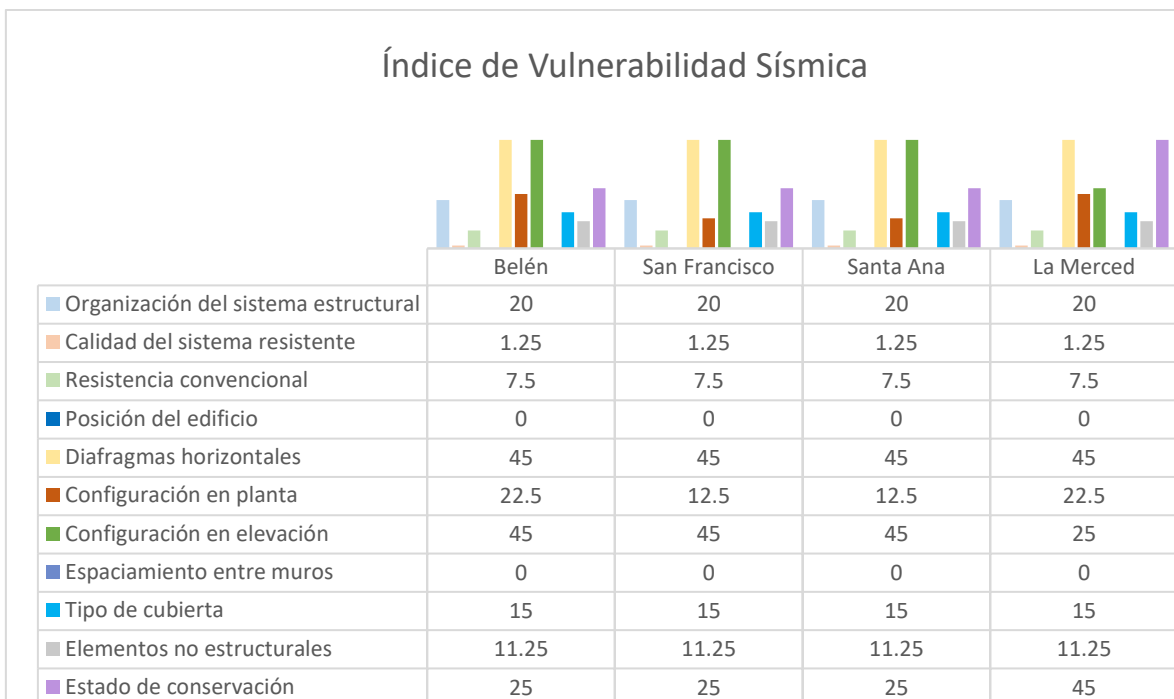


Figura 22. Clasificación de vulnerabilidad factorizada de los 11 parámetros.

Mientras que, para determinar la vulnerabilidad sísmica de las iglesias, se procesó los datos del índice de vulnerabilidad sísmica calculado mediante la estadística descriptiva y el análisis técnico en hojas de cálculo del software Excel, bajo la metodología del RVSEM.

Estos datos permitieron obtener la clase de vulnerabilidad sísmica de cada iglesia. Así mismo, mediante la estadística descriptiva, se indican las clases de dicha vulnerabilidad en la tabla 27.

IV. RESULTADOS

4.1. Características estructurales de los elementos resistentes.

Tabla 25. Características estructurales de los elementos resistentes.

Características estructurales		Iglesias			
	Unidad	Belén	Santa Ana	La Merced	San Francisco
A_t	m ²	805.22	438.66	1505.88	1768.21
A_x	m ²	147.06	60.11	251.29	217.64
A_y	m ²	148.70	65.69	177.37	285.41
h	m	7.90	8.10	8.59	9.20
H	m	15.45	16.35	16.83	23.12
T	m	9.80	8.25	7.91	13.84
S	m	1.29	0.61	1.05	1.27
L_m	m	9.27	7.58	13.26	11.48
L	m	44.72	31.06	59.69	61.97
a	m	13.31	16.57	20.12	27.93
b	m	8.20	No presenta	10.72	No presenta

4.2. Propiedades mecánicas del suelo y de los elementos estructurales.

Tabla 26. Propiedades mecánicas del suelo y de los elementos estructurales.

Propiedades mecánicas		Iglesias			
	Unidad	Belén	Santa Ana	La Merced	San Francisco
τ_{ka}	T/m ²	2.700	2.700	2.700	2.700
τ_{kl}	T/m ²	33.667	33.667	33.667	33.667
P_{ma}	T/m ³	1.800	1.800	1.800	1.800
P_{ml}	T/m ³	1.800	1.800	1.800	1.800
P_s	T/m ³	0.900	0.900	0.900	0.900
Tipo de Suelo		Tipo II	Tipo II	Tipo II	Tipo II

4.3. Organización del sistema estructural

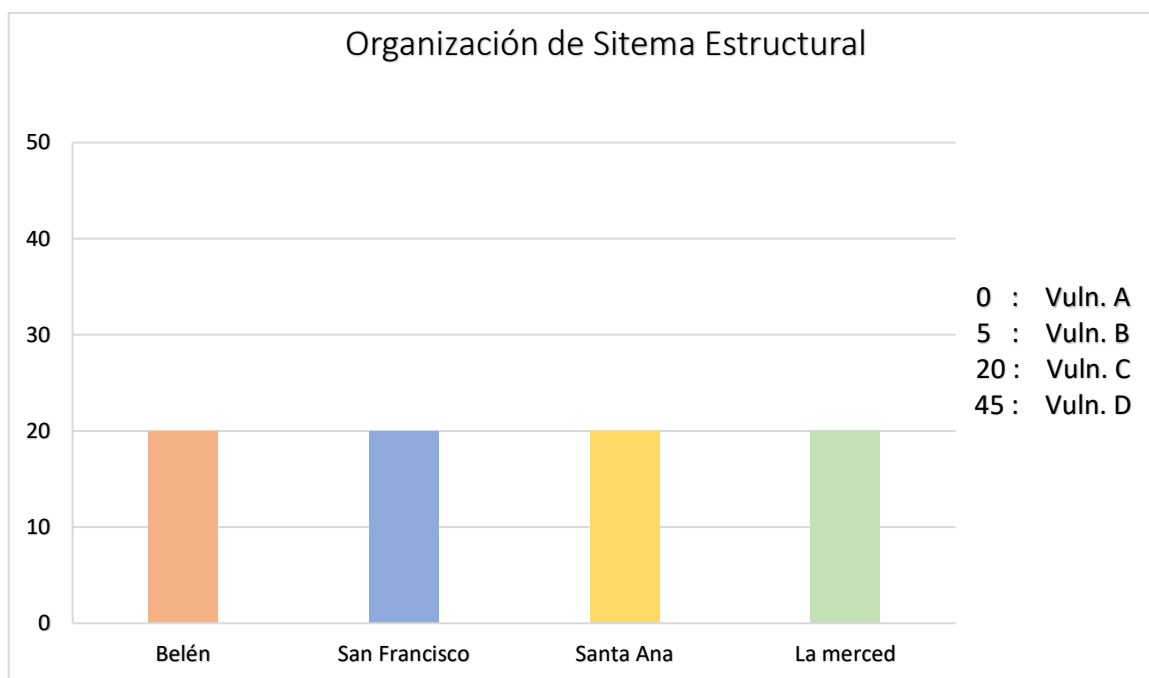


Figura 23. Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 1.

4.4. Calidad del sistema resistente

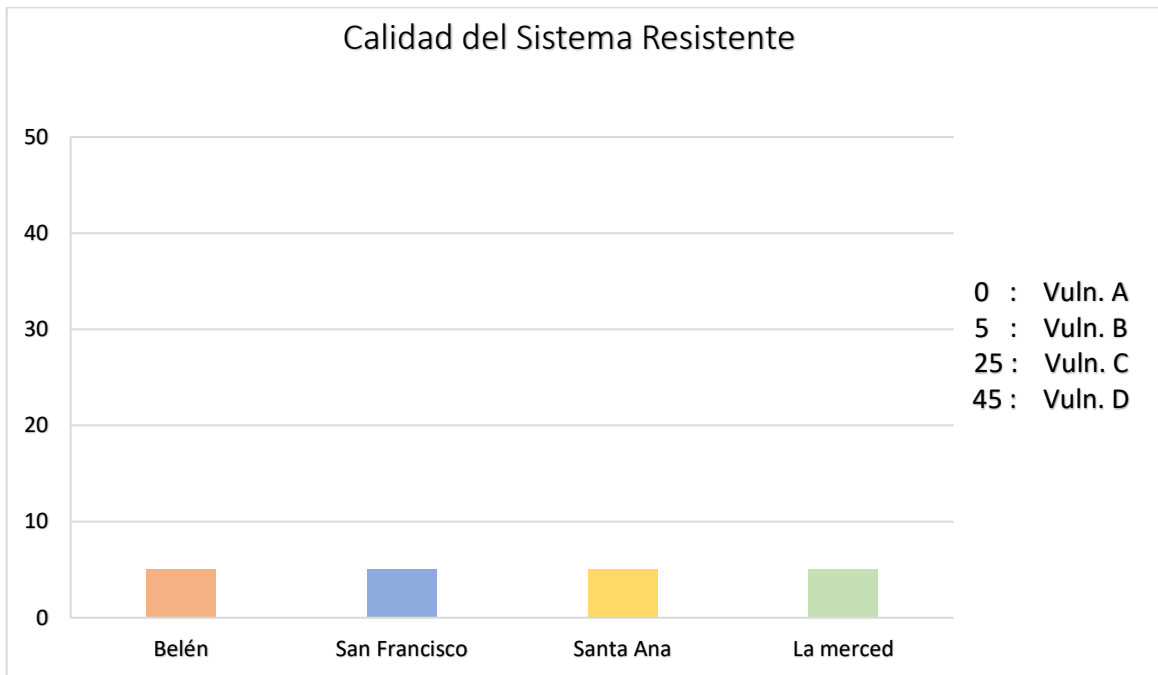


Figura 24. Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 2.

4.5. Resistencia convencional

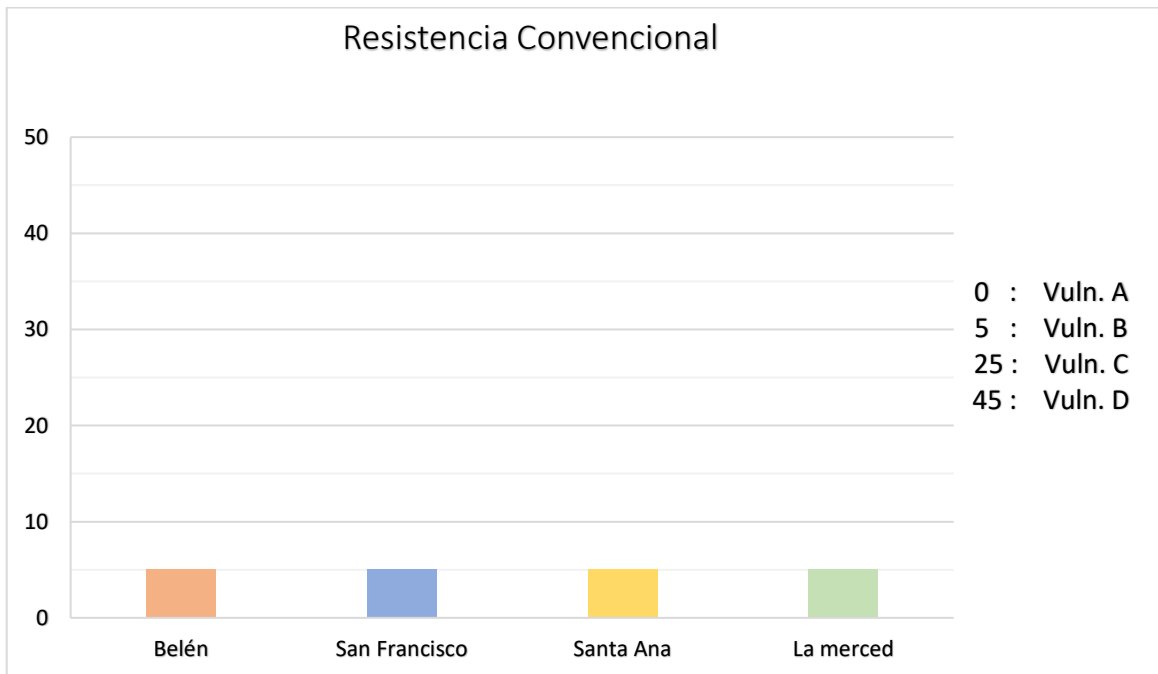


Figura 25. Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 3.

4.6. Posición del edificio y cimentación

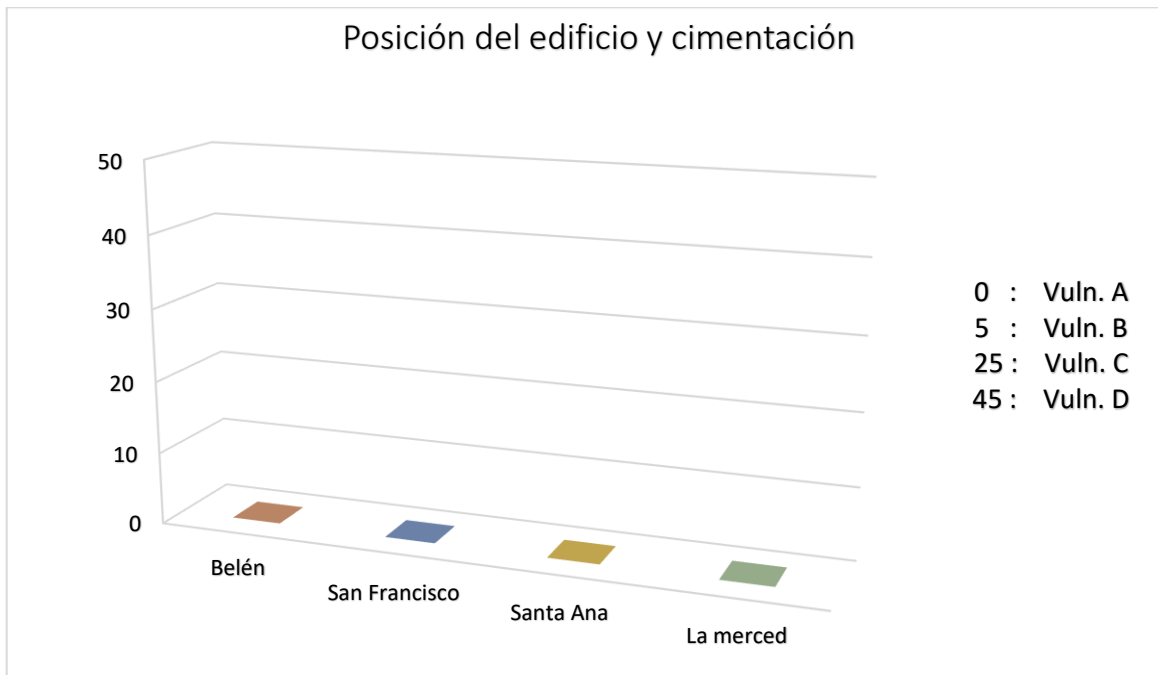


Figura 26. Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 4.

4.7. Diafragma horizontal

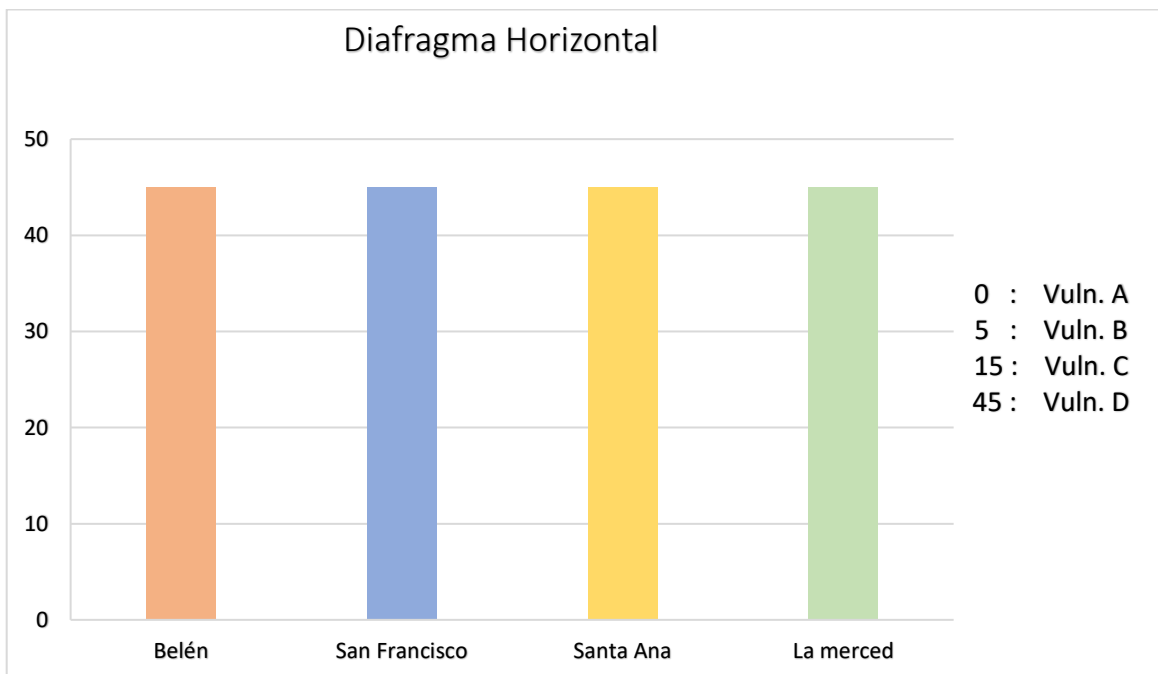


Figura 27. Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 5.

4.8. Configuración en planta

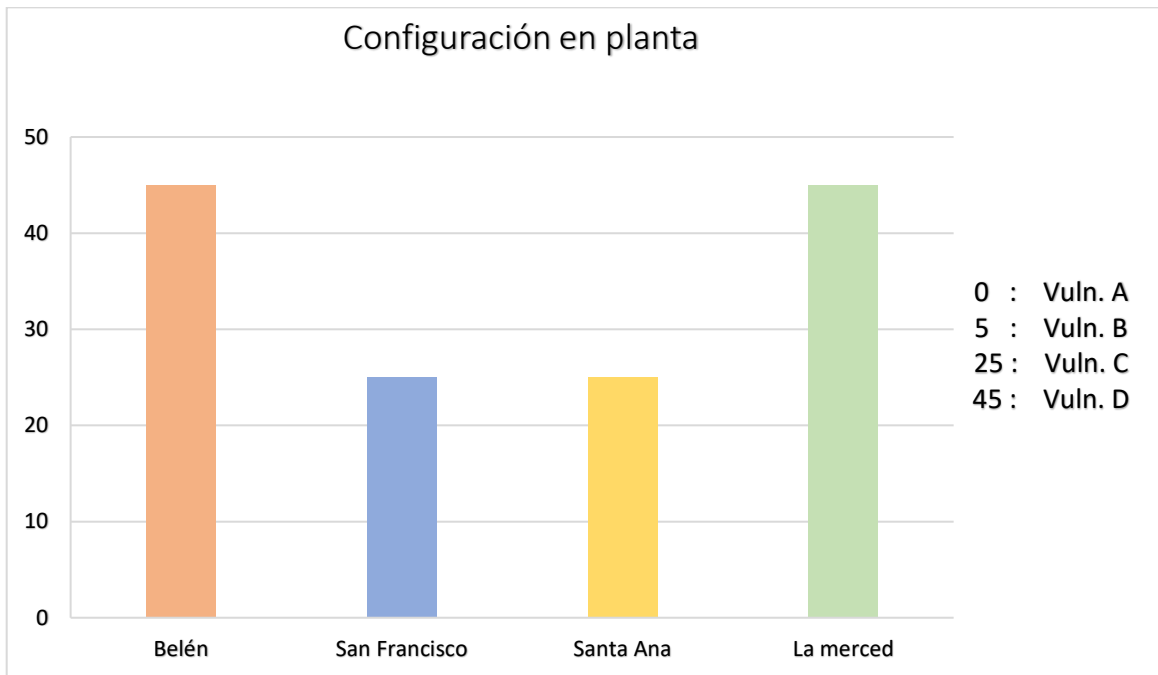


Figura 28. Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 6.

4.9. Configuración en elevación

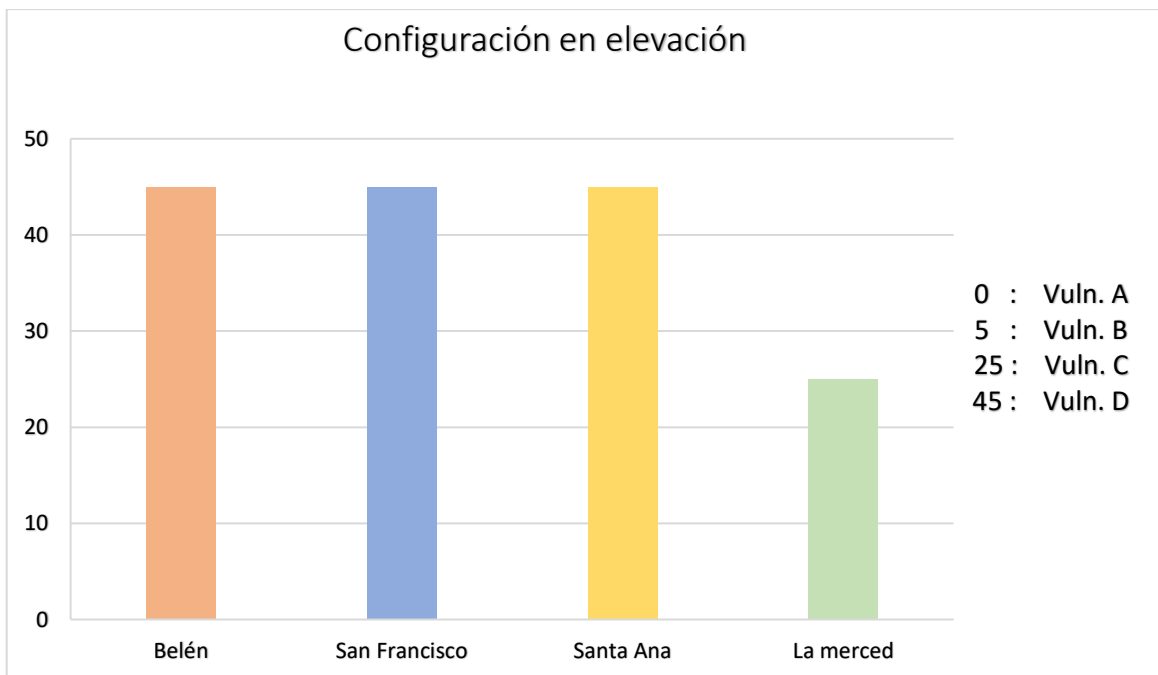


Figura 29. Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 7.

4.10. Espaciamiento entre muros

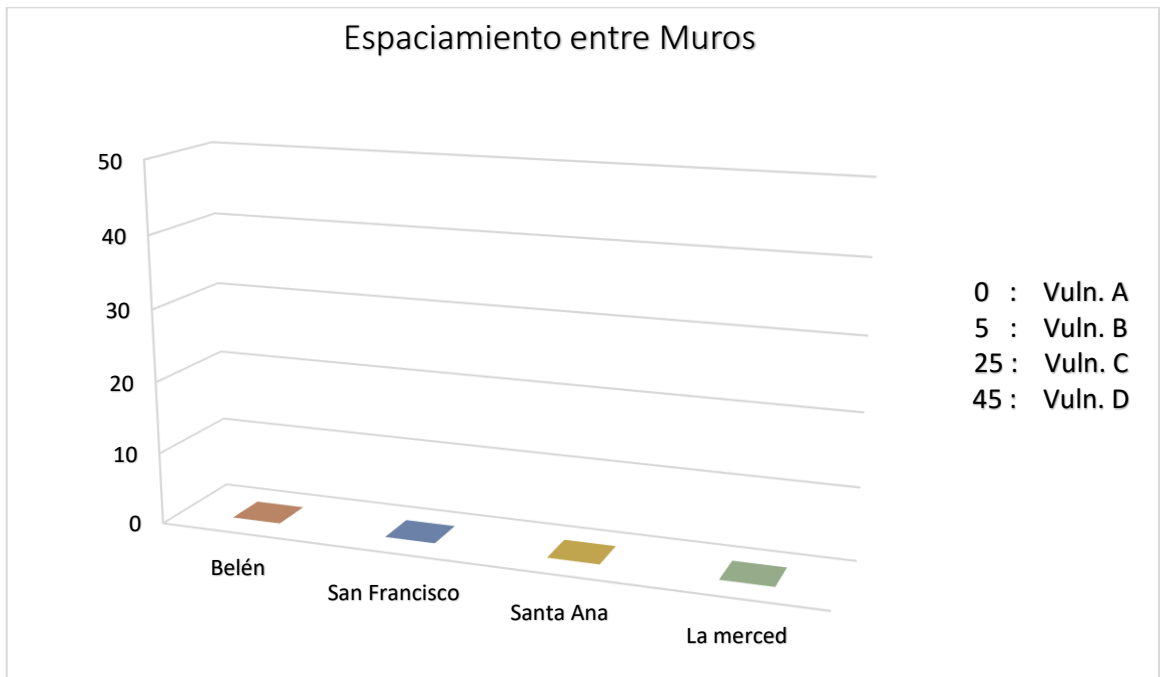


Figura 30. Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 8.

4.11. Tipo de cubierta

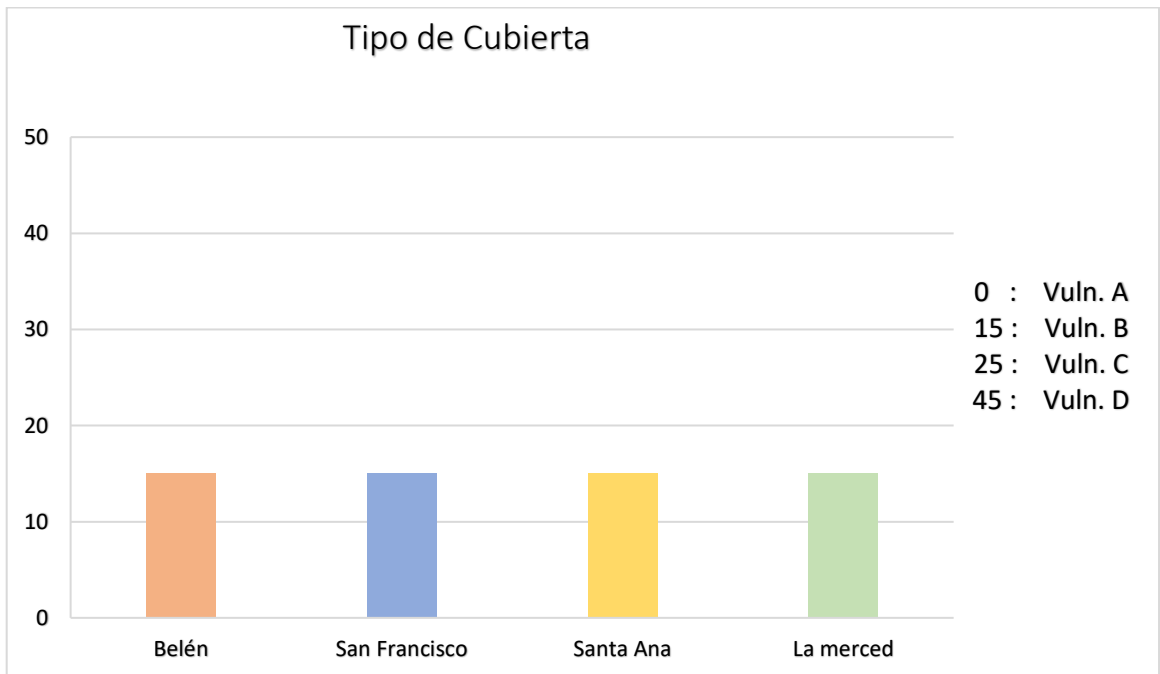


Figura 31. Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 9.

4.12. Elementos no estructurales

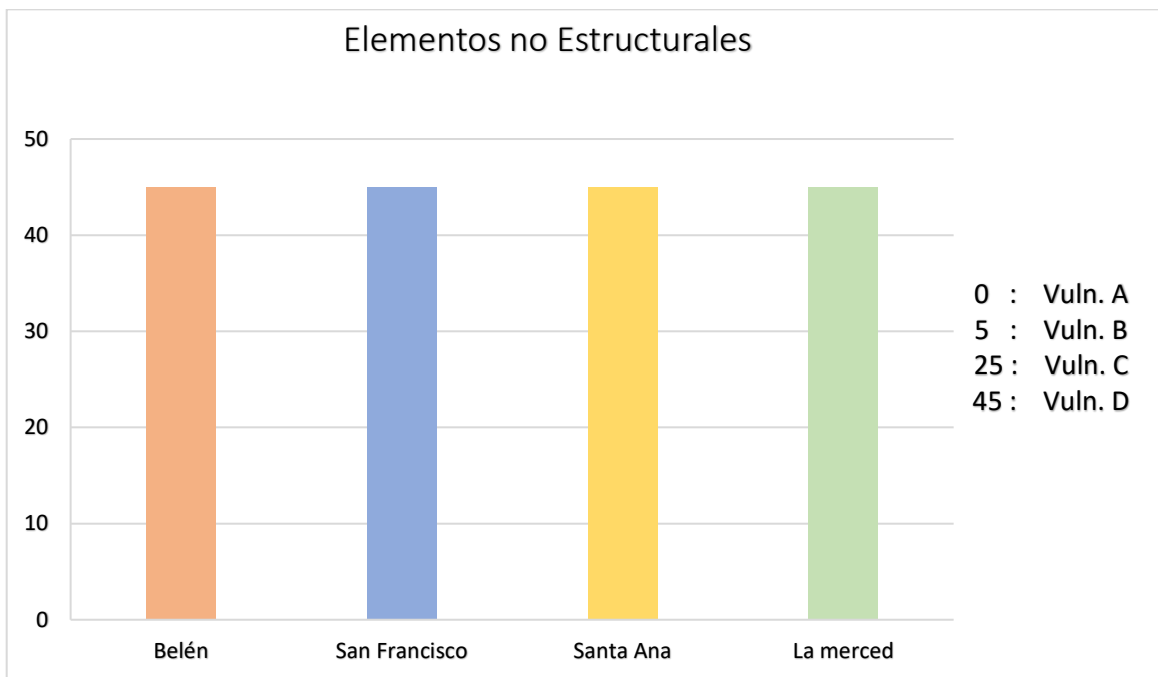


Figura 32. Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 10.

4.13. Estado de conservación

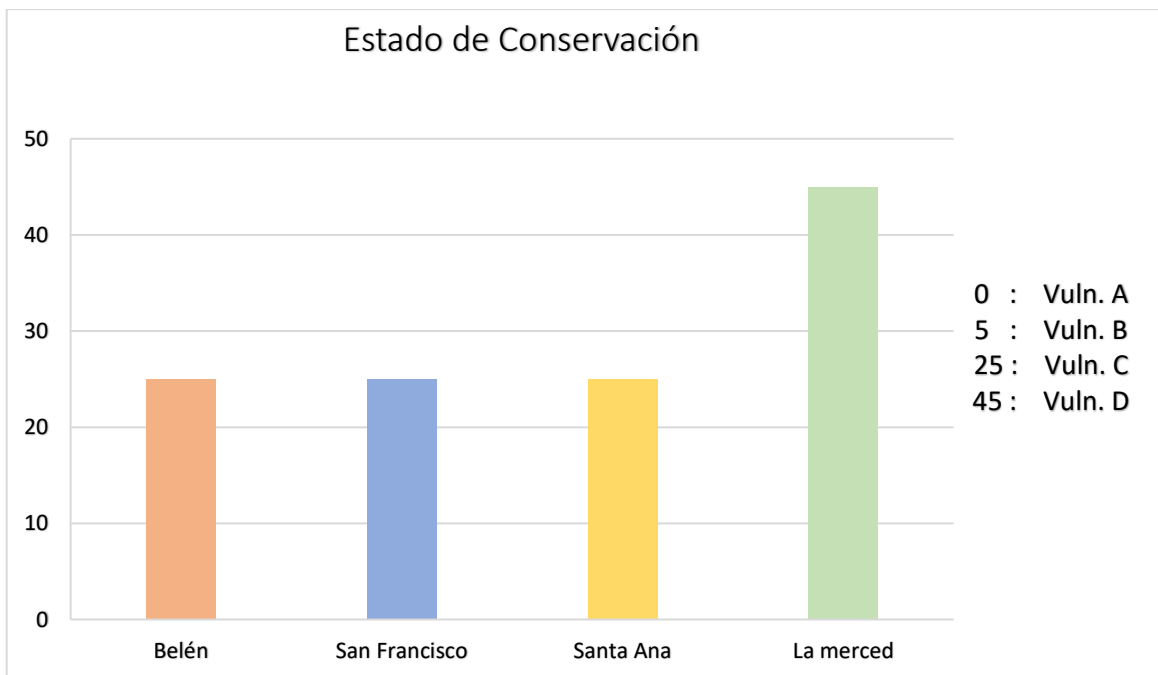


Figura 33. Clasificación de vulnerabilidad del parámetro 11.

4.14. Índice de vulnerabilidad

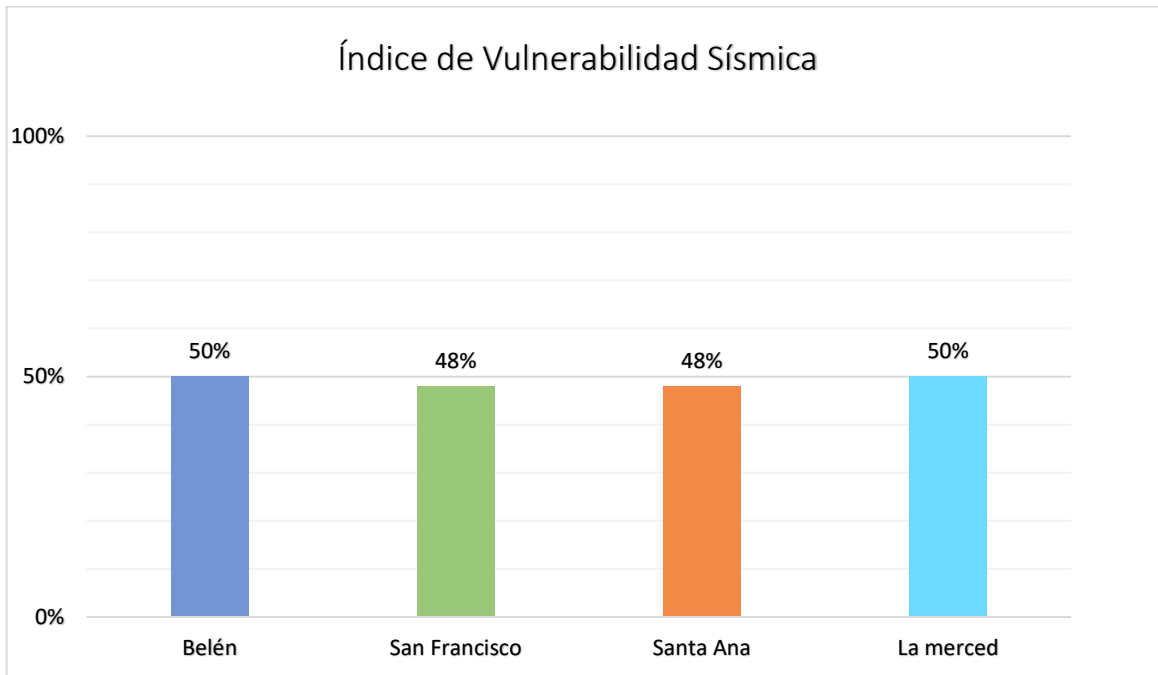


Figura 34. Índice de vulnerabilidad sísmica de las iglesias.

4.15. Vulnerabilidad sísmica

Tabla 27. Vulnerabilidad sísmica de las iglesias.

IGLESIAS	VULNERABILIDAD SÍSMICA
Belén	Media
San Francisco	Media
Santa Ana	Media
La Merced	Media

V. DISCUSIÓN

Se logró analizar la vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021 con la metodología modificada del índice de vulnerabilidad sísmica y se obtuvo una vulnerabilidad sísmica media, tal como se planteó en la hipótesis.

La interpretación de los resultados obtenidos en las tablas 25 indican que las iglesias presentan características muy dispersas en cuanto a sus áreas y longitudes en planta, pero no tanta en sus alturas, espesores y longitudes de muro; A la vez los resultados de la tabla 26 indican valores iguales para todas las iglesias. Mientras que en las figuras de la 23 a la 34, la interpretación se realizó bajo la guía del manual RVSEM. De modo que, en la figura 23 se obtuvo como resultado un K_i de 20 para todas las iglesias, representando una vulnerabilidad sísmica media; En la figura 24 un K_i de 5 para todas las iglesias, representando una vulnerabilidad sísmica baja; En la figura 25 un K_i de 5 para todas las iglesias, representando una vulnerabilidad sísmica baja; En la figura 26 un K_i de 0 para todas las iglesias, representando una vulnerabilidad sísmica nula; En la figura 27 un K_i de 45 para todas las iglesias, representando una vulnerabilidad sísmica alta; En la figura 28 un K_i de 45 para 2 iglesias y de 25 para las iglesias San Francisco y Santa Ana, representando una vulnerabilidad sísmica alta y media; En la figura 29 un K_i de 45 para 3 iglesias y de 25 para la iglesia La Merced, representando una vulnerabilidad sísmica alta y media; En la figura 30 un K_i de 0 para todas las iglesias, representando una vulnerabilidad sísmica nula; En la figura 31 un K_i de 15 para todas las iglesias, representando una vulnerabilidad sísmica baja; En la figura 32 un K_i de 45 para todas las iglesias, representando una vulnerabilidad sísmica alta; En la figura 33 un K_i de 25 para 3 iglesias y de 45 para La Merced, representando una vulnerabilidad sísmica media y alta. Mientras que, en la figura 34 se obtuvo como resultados de índices de vulnerabilidad sísmica de 48%, 48%, 50% y 50% para las iglesias San Francisco, Santa Ana, Belén y La Merced, lo cual indica la tabla 27 una clasificación de vulnerabilidad sísmica media para todas.

Al igual que en la tesis doctoral de Cárdenas (2021) se obtuvo como resultado que el 50% de las 45 edificaciones de adobe del centro histórico de Cuenca, Ecuador presentan un índice de vulnerabilidad sísmica de 49% para aceleraciones de 0.25g y un espesor por debajo de lo normado, en esta investigación se exhibe en la figura 34 que los valores de índice de vulnerabilidad sísmica se encuentran entre 48% y 50% para aceleraciones de 0.40g, a pesar que su espesor se encuentra por encima de lo normado. Esto se debe a que, a pesar de todo, ambos centros históricos cuentan con edificaciones antiguas hechas de adobe, las cuales no fueron construidas bajo criterios sismorresistentes.

Así como en la investigación de Preciado *et al* (2007) se obtuvo como resultado que los índices de vulnerabilidad sísmica de las iglesias y monasterios del estado de Colima, México oscilan entre el 40% y 55% y que los parámetros 1, 5 y 7 son los más vulnerables, en esta tesis se identifica a través de la figura 34 que los índices de vulnerabilidad sísmica se encuentran entre 48% y 50%, y que las figuras 23, 27 y 29, presentan una vulnerabilidad sísmica media, alta y alta de los parámetros 1, 5 y 7, respectivamente. Por consiguiente, se infiere que la similitud de resultados se debe a las características estructurales, como configuración en altura, en planta, diafragmas horizontales y más, que tienen en común las iglesias de Colima y las de Trujillo.

En el estudio de Lourenço *et al* (2017) se obtuvo como resultado que sus muros transversales, de fachada y torres presentan mecanismos de falla fuera de plano y que las resistencias últimas a fuerzas horizontales de los modelos numéricos de muros perimetrales de adobe, de estructura de madera y la combinación de ambos se encuentran alrededor de los 0.22g y 0.28g, por debajo de lo requerido por la norma para la zona de Ica. Sin embargo, estos resultados difieren de los obtenidos en la figura 30, el cual muestra una vulnerabilidad sísmica nula para el espaciamiento de los muros, y en la figura 25, el cual representa una vulnerabilidad sísmica baja para la resistencia convencional. No obstante, la figura 29 si muestra similitud con los resultados obtenidos por Lourenço, puesto que la configuración en elevación si muestran una vulnerabilidad sísmica alta.

Esto se debe a que los muros transversales y de la fachada de las iglesias de Trujillo cuentan con un espesor muy por encima del que tiene la catedral de Ica y por lo mismo, presentan una mayor resistencia a las fuerzas horizontales.

En el proyecto del Olarte *et al* (2004) se obtuvo como resultado que tanto las bóvedas, como los arcos de la catedral de Cusco no son capaces de resistir los esfuerzos de tracción y cortante producidos por un sismo de 0.3g y que la razón de esto es la relación peso/resistencia. Lo cual discrepa con los resultados obtenidos en la figura 25, el cual representa la resistencia convencional de las iglesias e identifica que estas presentan una vulnerabilidad sísmica baja. Esto se debe precisamente a que las iglesias de Trujillo presentan bóvedas de quincha, las cuales son significativamente menos pesadas que las bóvedas de ladrillo que presenta la catedral de Cusco.

Tal y como en la tesis de maestría de Apaza (2018) se obtuvo como resultado que 12 de los mecanismos de colapsos, correspondientes a la fachada, nave, transepto, cúpula, ábside e irregularidades en altura de la catedral de Puno, Perú, la cual está hecha de mampostería de piedra, presentan alta probabilidad de activación por encima del 50% frente a aceleraciones superiores a los 0.40g, en esta investigación se identificó en las figuras 27, 28 y 29 que los parámetros 5, 6 y 7, los cuales se ven reflejados en los 12 mecanismos de colapso mencionados, también presentan una vulnerabilidad sísmica alta en presencia de aceleraciones de 0.40g, a pesar de que su tipología de mampostería es de adobe. Esto se debe a que el comportamiento de la estructura no depende exclusivamente del tipo de mampostería, sino también de sus macroelementos, sus conexiones e irregularidades en planta y en altura.

En la investigación de López (2015) se obtuvo como resultado que los macroelementos de la iglesia de San Francisco de Mirandola, Italia, demuestran una alta probabilidad de colapso al contar con paredes esbeltas, contrafuertes pequeños y ausencia de algunos arriostres. Lo cual difiere con lo obtenido en la figura 30, el cual identifica que la vulnerabilidad sísmica del espaciamiento entre muros es nula para todas las iglesias. Esto se debe a que los muros de las

iglesias, al ser de adobe, fueron diseñadas con un gran espesor y con presencia de grandes contrafuertes, lo cual brinda buena estabilidad.

Una de las limitaciones de la presente investigación es que las propiedades mecánicas de los elementos estructurales y el suelo no pudieron ser determinadas con ensayos de laboratorio, puesto que las intervenciones invasivas suelen producir daños, afectando considerablemente la resistencia de dichos elementos, por lo cual los datos identificados fueron realizados, a través de análisis documentales. Sin embargo, la metodología aplicada considera que estas limitaciones no afectan al resultado. Por lo cual, a pesar de estas limitaciones, esta investigación aporta buen resultado del análisis del nivel de vulnerabilidad sísmica en la que se encuentran las iglesias del centro histórico de Trujillo.

Las clasificaciones de vulnerabilidad sísmica media de las iglesias del centro histórico de Trujillo, significa que estas son propensas a sufrir considerables daños, pero no llegarían al colapso de las mismas ante la presencia de un evento sísmico esperado para la zona de estudio.

En conclusión, en esta investigación se puede apreciar que la falta de criterios constructivos sismorresistentes, estado de conservación, las irregularidades en planta y altura, el tipo de cubierta, el espesor de los muros, la relación peso/resistencia y la organización del sistema estructural son de gran influencia en la variación de la vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico de Trujillo.

VI. CONCLUSIONES

Se describieron las características estructurales de los elementos resistentes de las iglesias y se obtuvo como resultado que la altura de las iglesias oscila entre 15-23 m, el lado más largo entre 31-62 m, el más corto entre 13-28 m y el lado sobresaliente entre 8-11m, el área techada entre 438-1768 m², el espesor de sus muros entre 0.61-1.29 m, la altura de sus torres entre 7.91-13.84 m, la altura de sus muros entre 7.90-9.20 m, el largo máximo de sus muros entre 7.58-13.26 m, el área de sus muros en la dirección "x" entre 60-251 m² y en la dirección "y" entre 65-285 m².

Se identificaron las propiedades mecánicas del suelo de las iglesias y se obtuvo como resultado suelos del tipo II, los cuales son suelos arenosos de compactibilidad de media a densa y los limosos y/o arcillosos de media a dura, con una condición de carga admisible de entre 0.80 a 1.70 Kg/cm² para cimentaciones corridas con profundidades de desplante de 1.20 m. Asimismo, se identificaron las propiedades mecánicas de los elementos estructurales de las iglesias y se obtuvo como resultado que la resistencia al corte del adobe es de 2.7 T/m² y del ladrillo es de 33.667 T/m². Mientras que el peso específico del adobe y del ladrillo es de 1.800 Tn/m³ y de la quincha de 0.900 T/m³.

Se evaluaron los 11 parámetros que califican la vulnerabilidad sísmica de las iglesias, y se observó que la clasificación de vulnerabilidad sísmica fue nula para los parámetros de posición del edificio (4) y espaciamiento entre muros (8); baja para calidad del sistema resistente (2), resistencia convencional (3) y tipo de cubierta (9); media para organización del sistema estructural (1); media y alta para estado de conservación (11), configuración en planta (6) y en elevación (7); y alta para diafragmas horizontales (5) y elementos no estructurales (10).

Se determinó la vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico de Trujillo, La Libertad, 2021 y se obtuvo como resultado que las iglesias presentan una vulnerabilidad sísmica media.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda a las autoridades parroquiales de Trujillo, realizar reforzamientos en cuanto a las conexiones muro/cubierta de las iglesias con la finalidad un brindar mejor comportamiento sísmico y así reducir la vulnerabilidad sísmica de estas.

Se recomienda a los ingenieros civiles que, si desean obtener datos más reales de las características estructurales de las iglesias, utilicen metodologías no invasivas como son el caso de la fotogrametría y/o escáner láser, para mantener la originalidad del inmueble, protegiendo su valor arquitectónico y cultural.

Se recomienda a los investigadores realizar estudios de vulnerabilidad sísmica con métodos más detallados a las iglesias que en esta investigación obtuvieron una vulnerabilidad sísmica más desfavorables. Asimismo, realizar mapas de evacuación sísmica de las iglesias ante posibles colapsos de los elementos no estructurales, con el fin de salvaguardar la integridad física de sus ocupantes.

REFERENCIAS

- 1 ALARCÓN, P. y ALCOCER, S. Ensayes experimentales sobre rehabilitación de estructuras de adobe. XII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica. Michoacán-Morelia, México: 1999.
- 2 APAZA, Dennis. Evaluación de mecanismos de colapso generados por acciones sísmicas en la catedral de Puno. Tesis (Magister en Ingeniería Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2018. 153 pp.
Disponible en:
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/13436>
- 3 ARIAS, P. y ALVEAR, P. Arquitectura contemporánea e innovación en la construcción con tierra. En: Actas del 1er encuentro nacional de arquitectura y construcción con tierra ENACOT 2014, 1, Santiago de Chile: Julio, 2015, pp 62-68.
ISBN: 9789563588552
Disponible en:
<http://www.fau.uchile.cl/agenda/102710/encuentro-nacional-de-arquitectura-y-construccion-con-tierra-->
- 4 ARROYO, Roberto; SÁNCHEZ, Sulpicio; CATALÁN, Policarpo. Caracterización experimental de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe del sur de México. *Ingeniería*, 17, (3), Mérida, México: septiembre-diciembre, 2013, pp. 167-177.
ISSN: 16665-529X
Disponible en:
https://www.revista.ingenieria.uady.mx/Vol%2017/caracterizacion_experimental.pdf

- 5 ARROYO, Roberto. La vivienda guerrerense de adobe, características geométricas y estudio de vibración ambiental. Universidad Autónoma de Guerrero, México. 2010.

- 6 ARTEAGA, Pio. Estudio de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y evaluación del índice de daño de una edificación perteneciente al patrimonio central edificado en la ciudad de Cuenca Ecuador. Tesis (Especialista en Análisis y Diseño de Estructuras de Acero y Hormigón Armado). Cuenca: Universidad de Cuenca, Facultad de Ingeniería, 2016. 95 pp.
Disponible en:
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26547>

- 7 BENITO, Belén. Reflexiones en torno a la mitigación del riesgo sísmico: El papel de la Universidad. *Encuentros Multidisciplinares* (64): 1-11, enero-abril 2020.
ISSN: 1139-9325.
Disponible en:
<http://hdl.handle.net/10486/690930>

- 8 BENITO, Belén. Geología, terremotos y riesgo sísmico: avances y perspectivas. *Encuentros Multidisciplinares* (45): 1-6, diciembre 2013.
ISSN: 1139-9325.
Disponible en:
<http://hdl.handle.net/10486/678735>

- 9 BLONDET, M. y VARGAS, J. Investigación sobre vivienda rural. Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingeniería – Ministerio de Vivienda y Construcción. Lima 1978.

- 10 BRUNEAU, Michel. State of the art report on seismic performance of unreinforced masonry buildings. *Journal of structural engineering*, 120 (1): 230-251, January, 1994.

ISSN: 0733-9445.

Disponible en:

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9445\(1994\)120:1\(230\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9445(1994)120:1(230))

- 11 CAICEDO, César [et al]. Vulnerabilidad sísmica de edificios. Barcelona: Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE), 1994. 106 pp.

ISBN 848786743X.

Disponible en:

<http://hdl.handle.net/2117/27020>

- 12 CÁRDENAS, Ricardo. Caracterización estructural y vulnerabilidad sísmica de edificaciones de adobe. Tesis (Doctor en Ingeniería Civil). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Escuela técnica superior de ingenieros de caminos, canales y puertos. 2021. 258 pp.

Disponible en:

<https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.67534>

- 13 CARDONA, O y HURTADO, J. Propuesta metodológica para los análisis de vulnerabilidad. *Informe de consultoría Proyecto UNDRO / ACD / ONAD Para la mitigación de riesgos en Colombia*. Santiago de Cali: Inédito. 1990.

Disponible en:

<http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc2200/doc2200.htm>

- 14 CATALÁN, Policarpo. Comportamiento sísmico de la vivienda de adobe basado en pruebas en mesa vibradora de dos modelos a escala. Tesis (Magister en Ingeniería Civil). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Programa de maestría y doctorado en ingeniería, 2013. 94pp.

Disponible en:

https://www.researchgate.net/profile/Policarpo-Catalan-Quiroz-2/publication/339595591_COMPORTEMIENTO_SISMICO_DE_LA_VIVIENDA_DE_ADOBE/links/5e5a9df692851cefa1d1d9e1/COMPORTAMIENTO-

- 15 CEDEÑO, Jorge. Plan de gestión de actuaciones de respuesta ante sismos a nivel provincial y local en Ecuador. Tesis (Magister en Ingeniería Civil). Valencia: Universidad politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2018. 189 pp.
Disponible en:
<http://hdl.handle.net/10251/103462>

- 16 CENTRO NACIONAL DE ESTIMACIÓN, PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES. Manual para la Evaluación de Riesgos Originados por Fenómenos Naturales – 2da Versión. Lima: CENEPRED - Dirección de Gestión de Procesos, 2014. 245 pp.
Disponible en:
<https://www.gob.pe/institucion/cenepred/informes-publicaciones/1867443-manual-para-la-evaluacion-de-riesgos-originados-por-fenomeno-volcanico>

- 17 CHÁCARA, César, PANTÒ, Bartolomé. y AGUILAR, Rafael. Evaluation of the seismic response of a historical earthen structure based on a discrete macro-element modelling approach. En: *7th International Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering*. Crete, Greece: June 2019. 1391-1400 pp.
Disponible en:
<https://doi.org/10.7712/120119.7006.19198>

- 18 COBURN, Andrew; SPENCE, Robin; POMONIS, Antonios. Factors determining human casualty levels in earthquakes: mortality prediction in building collapse. In *Proceedings of the tenth world conference on earthquake engineering*. Balkema Rotterdam, 1992. pp. 5989-5994. ISBN 9054100605.
Disponible en:
http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/10_vol10_5989.pdf

- 19 COMISIÓN DE DEFENSA DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO.
Destrucción de la arquitectura en la ciudad de Trujillo. [s.l.]. *Colegio de Arquitectos del Perú*, julio, 1970.
- 20 CONTRERAS, Alfredo. Estimación de la vulnerabilidad sísmica estructural tomando en cuenta asentamientos diferenciales existentes. Tesis (Ingeniero Civil) Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, 2016.
Disponible en:
<https://repositorio.unam.mx/contenidos/444561>
- 21 ESQUIVEL, Yhosimi. Sistemas de refuerzo estructural en monumentos históricos de la región Cusco. Tesis (Ingeniero Civil) Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2009. 134 pp.
Disponible en:
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/186>
- 22 ESTADO ACTUAL – PRIMERA PLANTA – CRIPTA – SEGUNDA PLANTA - IGLESIA Y CONVENTO DE LA MERCED. Consorcio Transprojects. Escala 1:75, EA 01. Trujillo: 2018. 6 planos, sin color.
- 23 ESTADO ACTUAL – CORTES - IGLESIA Y CONVENTO DE LA MERCED. Consorcio Transprojects. Escala 1:75, EA 05. Trujillo: 2018. 6 planos, sin color.
- 24 GIRALDO, Luis. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de albañilería confinada en la ciudad de Huaraz–Año 2016. Tesis (Ingeniero Civil) Huaraz, Ancash: Universidad nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Facultad de ingeniería civil. 2018.
Disponible en:
<http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2087>

- 25 GRÜNTAL, Gottfried y LORENZO, F. European Macroseismic Scale 1998: EMS-98. Volumen 15, Luxemburg : *Musée National d'Histoire Naturelle, Section Astrophysique et Géophysique*, 1998. 101 pp.
ISBN 2879770084.
Disponible en:
<http://lib.riskreductionafrica.org/bitstream/handle/123456789/1193/1281.European%20Macroseismic%20Scale%201998.pdf?sequence=1>
- 26 GRUPPO NAZIONALE PER LA DIFESA DEL TERREMOTI. Rilevamento della vulnerabilità sismica degli edifici in muratura. Regione Toscana: Dir. Gen. delle Politiche Territoriali e Ambientali. Settore – Servizio Sismico Regionale. 2003. 87 pp.
Disponible en:
<https://www.regione.toscana.it/-/vulnerabilita-sismica-edifici-in-muratura-vsm->
- 27 HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Lucio. Metodología de la investigación. 6ª ed. México, D.F: McGraw-Hill, 2014. 634 pp.
ISBN: 9781456223960
Disponible en:
<http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- 28 HERRERA, Jhomayra. Modelamiento numérico del comportamiento sísmico de viviendas de mampostería con bloques de tierra comprimida. Tesis (Magister en Ingeniería Civil) Lima: Pontificia universidad católica del Perú, escuela de posgrado, 2018.
Disponible en:
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/12059>

- 29 HURTADO, Pedro. Estructuras antisísmicas: las bóvedas encamionadas en el virreinato del Perú. *En Actas del quinto congreso nacional de historia de la construcción*. Burgos: junio 2007, 533-542 pp.
Disponible en:
<https://oa.upm.es/4788/>
- 30 HURTADO, Pedro. Estructuras abovedadas de quincha en el virreinato del Perú. *Construir con tierra ayer y hoy: V Seminario Iberoamericano de Construcción con tierra; I Seminario Argentino de Arquitectura y Construcción con tierra*. Mendoza, Argentina: junio de 2006. 115-116 pp.
Disponible en:
https://www.academia.edu/909555/ESTRUCTURAS_ABOVEDADAS_DE_QUINCHA_EN_EL_VIRREINATO_DEL_PER%C3%9A
- 31 ILLAMPAS, R., LOIZOU, V., and IOANNIS, I. Effect of straw fiber reinforcement on the mechanical properties of adobe bricks. *In 6th Bio Conference on Poromechanics. American Society of Civil Engineers (ASCE)* Paris: July 2017. p. 1331-1338.
Disponible en:
<https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/9780784480779.165>
- 32 ININVI - COBE ADOBE ESTABILIZADO. Informe Técnico. Lima, 1977.
- 33 LEVANTAMIENTO DE ESTADO ACTUAL (ANTES DE LA INTERVENCIÓN), CALIFICACIÓN DE DAÑOS EN PLANTA, TIPOLOGÍA DE MATERIALES. IGLESIA BELÉN, CADUR Arquitectos consultores SRL. Escala 1:50, L 1. [s.l.]: 1987. 4 planos, naranja.
- 34 IGLESIA DE BELÉN (TRUJILLO)_CORTE A-A - ESTADO ACTUAL, INSTITUTO Nacional de Cultura. Escala 1:200, N° 74 - 0429. Trujillo, La Libertad: 1974. 2 planos, amarillo.

- 35 LÓPEZ, Natalia. Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de la Alquería de Falcó. Tesis (Arquitecta). Valencia: Universitat Politècnica de València, Escuela tècnica Superior de Arquitectura, 2021.
Disponible en:
<http://hdl.handle.net/10251/171507>
- 36 LÓPEZ, Jaime. Ricostruzione della chiesa di San Francesco a Mirandola. Tesi (Tecnico di Architettura). Bologna: Università di bologna, Scuola di ingegneria e architettura, 2015. 165 pp.
Disponible en:
<https://riunet.upv.es/handle/10251/58064>
- 37 LÓPEZ, Fernando [et al]. Manual de patología de la edificación. Madrid: Universidad politécnica de Madrid. Departamento de Tecnología de la Edificación (E.U.A.T.M.), 2004. 16 - 29 pp.
Disponible en:
https://www.academia.edu/35231162/MANUAL_DE_PATOLOG%C3%8DA_DE_LA_EDIFICACI%C3%93N
- 38 LOURENÇO, Paul [et al]. Seismic assessment of a complex earthen structure: Ica Cathedral (Peru). *In Proceedings of the 16th World Conference on Earthquake Engineering, 16WCEE*. Santiago, Chile: January, 2017. 1-12 pp.
Disponible en:
<https://www.wcee.nicee.org/wcee/article/16WCEE/WCEE2017-4806.pdf>
- 39 LOZANO, Gonzalo. Detección y Localización de Daño Estructural en Construcciones Históricas de Tierra. Tesis (Magister en Ingeniería Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Posgrado, 2019.
Disponible en:
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/15016>

- 40 MALDONADO, Esperanza, GÓMEZ, Iván y CHÍO, Gustavo. Estimación del daño sísmico en edificaciones de albañilería a partir de la aplicación de funciones de vulnerabilidad simulada. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 7. (13): 39-46, diciembre 2008.
ISSN: 1692-3324.
Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242008000200004
- 41 MARTÍNEZ, Jony. Estudio estadístico de patologías en edificaciones y su influencia en la vulnerabilidad sísmica durante el sismo 19s-2017. Tesis (Ingeniero Civil). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería Civil, 2019.
Disponible en:
https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000784839
- 42 MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. Norma Técnica Peruana E.020 Cargas. Lima, Perú. 2006. 1-8 pp.
Disponible en:
<https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>
- 43 MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente. Lima, Perú. 2018. 1-32 pp.
Disponible en:
<https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>
- 44 MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. Norma E.070 Albañilería. Lima, Perú. 2006. 1-15 pp.
Disponible en:
<https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

- 45 MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada. Lima, Perú. 2017. 1-29 pp.
Disponible en:
<https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>
- 46 MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO y UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA. Estudios de microzonificación sísmica y análisis de riesgo en la zona de estudio ubicada en distrito de Trujillo – Tomo II. Lima: octubre, 2018.
Disponible en:
<https://regionlalibertad.gob.pe/descargas/articulos-de-interes/microzonoficacion-sismica-trujillo/11563-microzonificacion-sismica-trujillo>
- 47 MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO y UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA. Estudios de microzonificación sísmica y análisis de riesgo en la zona de estudio ubicada en distrito de Trujillo – Tomo III. Lima: octubre, 2018.
Disponible en:
<https://regionlalibertad.gob.pe/descargas/articulos-de-interes/microzonoficacion-sismica-trujillo/11563-microzonificacion-sismica-trujillo>
- 48 MONTAUBAN, Pierre. Aseismic design of adobe housing. Thesis (Master of science). Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, Department of civil engineering. 1980. p 86.
Disponible en:
<https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/60113/07679913-MIT.pdf?sequence=2>

- 49 MORENO J. y MARTÍNEZ, J. Estudio de las propiedades mecánicas del adobe mejorado con diferentes materiales ara su empleo como material alternativo en la dirección general de ingenieros. Tesis (Ingeniero Civil). Ciudad de México: Escuela Militar de Ingenieros de la Universidad del Ejército y Fuerza Aérea, 2011.
- 50 MOROMI, Isabel. Gestión del riesgo: Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de adobe a nivel local. Tesis (Magister en Gestión de riesgo de desastres). Lima: Universidad nacional de ingeniería, Facultad de ingeniería civil. 2012. P 126.
Disponible en:
<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1311>
- 51 NOEL, María. Integración de ingeniería inversa y modelamiento numérico para la evaluación sísmica de construcciones históricas de adobe. Tesis (Magister en Ingeniería Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Posgrado, 2017.
Disponible en:
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/8740>
- 52 OLARTE, J., [et al]. Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de la Catedral del Cusco. *Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres*, Cusco, Perú, 2004.
Disponible en:
<http://www.cismid.uni.edu.pe/wp-content/uploads/2019/12/E08A.pdf>
- 53 OTTAZZI, Gianfranco [et al]. Ensayos de simulación sísmica de viviendas de adobe. *Pontificia Universidad Católica del Perú*. Departamento de Ingeniería, 1989. 20 p
Disponible en:
<http://cidbimena.desastres.hn/pdf/spa/doc14026/doc14026-contenido.pdf>

- 54 PLAN NACIONAL DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES 2014-2021. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres - CENEPRED. Lima, 2014. 66 pp.
Disponible en:
<http://www.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2018/01/PLANAGERD.pdf>
- 55 PLANO EN PLANTA Y CORTES DE LA IGLESIA BELÉN. Instituto nacional de cultura–La Libertad. Trujillo: 1999. 1 plano, blanco.
- 56 PLANO EN PLANTA Y CORTES DE LA IGLESIA SANTA ANA. Instituto nacional de cultura–La Libertad. Trujillo: 1999. 1 plano, blanco.
- 57 PLANTA GENERAL - IGLESIA SAN FRANCISCO. Unesco - Cryrza. Escala 1:100, S.F.01. [s.l.]: 1971. 8 planos, rojo.
- 58 PLANTA - IGLESIA SANTA ANA. Unesco - Cryrza. Escala 1:50, ISA–01. [s.l.]: 1971. 7 planos, naranja.
- 59 PRECIADO, Adolfo [et al]. Seismic vulnerability indicators of the Franciscan Route churches in Tlajomulco, Mexico by simplified methods. *In Structural Analysis of Historical Constructions: Anamnesis, Diagnosis, Therapy, Controls*. CRC Press, 2016. p. 1810-1816.
ISBN 9781138029514
Disponible en:
https://www.researchgate.net/publication/308313227_Seismic_vulnerability_indicators_of_the_Franciscan_Route_churches_in_Tlajomulco_Mexico_by_simplified_methods
- 60 PRECIADO, Adolfo, ARAIZA, Juan y ORDUÑA, Agustín. Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificios históricos en el estado de Colima por métodos empíricos. En *Congreso Nacional sobre Terremotos, Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica / Earthquake Engineering Research*

- Institute*, Ixtapa, México. 2007.
Disponible en:
<http://hdl.handle.net/11117/3495>
- 61 PROAÑO, Ricardo [et al]. Seismic vulnerability of lima cathedral, Peru. In The 14th World Conference on earthquake engineering. Beijing, China: October, 2007. p. 1-11.
Disponible en:
https://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/14_S11-013.PDF
- 62 ROMERO, Rocío [et al]. Estimación del riesgo sísmico en Castilla - La Mancha para la elaboración del plan especial de emergencias. En *Primer Congreso en Ingeniería Geomática. Libro de actas*. Editorial Universitat Politècnica de València, 2017. pp. 107-118.
Disponible en:
<https://riunet.upv.es/handle/10251/100845>
- 63 ROSENBERG, Matt. *Ring of fire*. ThoughtCo. [on line]. October 03, 2017. [consultation's date: August 22, 2021]. Available in:
<https://www.thoughtco.com/ring-of-fire-1433460>.
- 64 SAFINA, Salvador. Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales y Análisis de su contribución al riesgo sísmico. Tesis (Doctor en Ingeniería Civil). Barcelona: Universidad Politècnica de Catalunya. Escuela Técnico Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2003.
Disponible en:
<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/93538>
- 65 SECCIÓN A_A - IGLESIA SAN FRANCISCO. Unesco - Cryrza. Escala 1:100, S.F.04. [s.l.]: 1971. 8 planos, amarillo.
- 66 SECCIÓN LONGITUDINAL = A-A - IGLESIA SANTA ANA. Unesco - Cryrza. Escala 1:50, ISA-03. [s.l.]: 1971. 7 planos, naranja.

- 67 SUMERENTE, Giovanni [et al]. Assessment of combined in-plane and out-of plane fragility functions for adobe masonry buildings in the Peruvian Andes. *Front. Built Environ.* Italia: 6. (52). 2020. 1-10 pp.
Disponibile en:
<https://doi.org/10.3389/fbuil.2020.00052>
- 68 TARQUE, Nicola [et al]. Displacement-Based Fragility Curves for Seismic Assessment of Adobe Buildings in Cusco, Peru. *Earthquake Spectra*, 28, (2), 2012, p. 759-794.
Disponibile en:
<https://doi.org/10.1193/1.4000001>
- 69 TARQUE, Nicola. Numerical modelling of the seismic behavior of adobe buildings. Thesis (Doctor of Philosophy in Earthquake Engineering). Italia: Università degli Studi di Pavia, Istituto Universitario di Studi Superiori. 2011.
Disponibile en:
http://nicolatarque.weebly.com/uploads/1/2/6/9/12699783/tarque_-_2011_-_chapter_1_2.pdf
- 70 TENA, Arturo. Irregularidad estructural y su efecto en la respuesta sísmica de edificios. In *Proceedings, V Congreso Iberoamericano de Ingeniería Civil en honor del Dr. José Grases, Mérida, Venezuela, CD-ROM*. 2010. p. 1-57.
Disponibile en:
https://www.researchgate.net/publication/262180547_Irregularidad_estructural_y_su_efecto_en_la_respuesta_sismica_de_edificios
- 71 VARGAS, Luigi. Determinación de las propiedades mecánicas de la albañilería de adobe, ladrillo y piedra en edificaciones históricas peruanas. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2016.
Disponibile en:
<http://hdl.handle.net/20.500.12404/7472>

72 VARGAS, J., BARIOLA, J., BLONDET, M y MEHTA, P. Seismic strength of adobe masonry. *Materials and Structures*, 19 (4), 1986, p. 253-258.

Disponible en:

<https://link.springer.com/article/10.1007/BF02472107>

73 VARGAS, J. Vivienda rural en adobe. Vargas Neumann, J. Vivienda rural en adobe. Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingeniería. *XIX Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural*. Santiago, Chile: abril 1978.

74 VARUM, Humberto [et al]. Comportamento estrutural de elementos resistentes em alvenaria de adobe. *Proc. of I Seminário Arquitetura e Construção com Terra no Brasil & IV Seminário Arquitetura de Terra em Portugal*: 2006, p. 1-8.

Disponible en.

<https://core.ac.uk/download/pdf/15567099.pdf>

75 WORLD BANK. Seismic risk reduction strategy for public school buildings in Peru. *Technical note (English)*. Washington, D.C.: World Bank Group. 2017. 1-25 pp.

Disponible en:

<http://hdl.handle.net/10986/29051>

76 YAMIN, Luis [et al]. Seismic behavior and rehabilitation alternatives for adobe and rammed earth buildings. *In 13th world conference on earthquake engineering*. Vancouver, B.C. Canada: August 2004. p. 1-6.

Disponible en:

https://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/13_2942.pdf

77 YÉPEZ, F, BARBAT, A y CANAS, J. Riesgo, peligrosidad y vulnerabilidad sísmica de edificios de mampostería. Barcelona: Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria CIMNE IS-12, 1995. 108 pp.

ISBN 8487867502.

Disponible en:

<http://hdl.handle.net/2117/27297>

78 Zonificación de Susceptibilidad a Huaicos e Inundación Fluvial de la Ciudad de Trujillo, Instituto geológico minero y metalúrgico. Escala 1:25,000. Lima: 2017. 3 mapas.

Disponible en:

<https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/4003>

Anexo 3.

Anexo 3.1: Matriz de operacionalización de variables

Tabla 3. Matriz de operacionalización de variable.

VAR IAB LE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Vulnerabilidad Sísmica	La vulnerabilidad sísmica es la predisposición a experimentar daños a causa de un evento sísmico de ciertas características	La vulnerabilidad sísmica de las iglesias se analiza mediante la determinación del índice de vulnerabilidad sísmica. Dicho método está integrado por 11 parámetros que detallan la calificación	Características estructurales de los elementos resistentes	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas de las cubiertas y los muros resistentes • Alturas de las iglesias, las torres y los muros • Longitudes de las iglesias en planta • Espesor y largo de los muros 	Razón
			Propiedades mecánicas del suelo y los elementos estructurales	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de suelos • Resistencia cortante de muros • Peso específico de muros • Peso específico de cubiertas 	
			Parámetros que califican la vulnerabilidad sísmica	• CVS de la organización del sistema estructural	
				• CVS de la calidad del sistema resistente	
				• CVS de la resistencia convencional	
• CVS de la posición del edificio y cimentación					
	• CVS del diafragma horizontal				

	s (López, 2020).	general de resistencia sísmica de la estructura en análisis. (Preciado <i>et al</i> , 2016).		<ul style="list-style-type: none"> • CVS de la configuración en planta • CVS de la configuración en elevación • CVS del espaciamiento entre muros • CVS del tipo de cubierta • CVS de los elementos no estructurales • CVS del estado de conservación
			Vulnerabilidad sísmica	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de Vulnerabilidad Sísmica porcentual • Clasificación de Vulnerabilidad Sísmica

Anexo 3.2: Indicadores de variables

Tabla 28. *Indicadores de variables.*

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	INDICADORES	DESCRIPCIÓN	TÉCNICA / INSTRUMENTO	TIEMPO EMPLEADO	MODO DE CÁLCULO
Describir las características estructurales de los elementos resistentes de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad - 2021.	<p>Áreas de las cubiertas y los muros resistentes</p> <hr/> <p>Alturas de las iglesias, las torres y los muros</p> <hr/> <p>Longitudes de las iglesias en planta</p> <hr/> <p>Espesor y largo de los muros</p>	<p>Para describir las características estructurales se utilizó el análisis documental de planos de las iglesias oficializados por el INC.</p>	<p>Análisis Documental / Fichas de resumen N° 3, 4, 5 y 6.</p>	<p>22 días</p>	<p>-----</p>
Identificar las propiedades mecánicas del suelo y de los elementos estructurales de las iglesias del centro	<p>Tipo de suelos</p> <hr/> <p>Resistencia cortante de muros</p> <hr/> <p>Peso específico de muros</p>	<p>Para identificar las propiedades mecánicas del suelo y de los elementos estructurales</p>	<p>Análisis Documental / Fichas de</p>	<p>10 días</p>	<p>-----</p>

histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.	Peso específico de cubiertas	se utilizó el análisis documental de estudios realizados por otros autores	resumen N° 1 y 2.	
Evaluar los parámetros que califican la vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.	<p>CVS de la organización del sistema estructural</p> <hr/> <p>CVS de la calidad del sistema resistente</p> <hr/> <p>CVS de la resistencia convencional</p> <hr/> <p>CVS de la posición del edificio y cimentación</p> <hr/> <p>CVS del diafragma horizontal</p> <hr/> <p>CVS de la configuración en planta</p> <hr/> <p>CVS de la configuración en elevación</p> <hr/> <p>CVS del espaciamiento entre muros</p> <hr/> <p>CVS del tipo de cubierta</p> <hr/> <p>CVS de los elementos no estructurales</p> <hr/> <p>CVS del estado de conservación</p>	<p>Para evaluar los parámetros que califican la vulnerabilidad sísmica se utilizó el RVSEM como guía de evaluación, el cual se basa de los datos obtenidos a través del análisis documental y la observación in Situ.</p>	<p>Guía de Observación / Todas las fichas de datos.</p> <hr/> <p>Análisis Documental / Todas las fichas de resumen.</p>	<p>45 días</p> <p>Metodología modificada del índice de vulnerabilidad sísmica</p>

<p>Determinar la vulnerabilidad sísmica mediante el índice de vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico de Trujillo del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.</p>	<p>Clasificación de vulnerabilidad sísmica de las iglesias</p>	<p>Para determinar la vulnerabilidad sísmica se utilizó el RVSEM como guía, el cual se basa de los datos obtenidos a través del análisis documental y la observación in Situ.</p>	<p>Guía de Observación / Todas las fichas de datos.</p>	<p>75 días</p>	<p>Metodología del índice de vulnerabilidad sísmica</p>
---	--	---	--	-----------------------	---

Anexo 4. Instrumentos de recolección de datos

Anexo 4.1 Ficha de Datos - Formulario modificado del RVSEM.

Vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo La Libertad, 2021.			
Ficha de Datos N°		Iglesia:	
Parámetros		Elementos de evaluación	
1	Organización del sistema estructural	Norma Sísmica	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
		Viga de amarre	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
		Buena ligazón de muros ortogonales	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
2	Calidad del sistema resistente	Ver Manual (Tipología)	.....
		Homogeneidad de la mampostería	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
		Buena calidad del mortero	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
3	Resistencia convencional	Numero de piso N	.....
		Área total cubierta A_t [m ²]	.....
		Área A_x [m ²]	.....
		Área A_y [m ²]	.....
		Resistencia al corte τ_k [T/m ²]	.....
		Altura media del muro h [m]	.....
		Peso específico del muro P_m [T/m ³] Peso de cubierta P_s [T/m ²]	.....
4	Posición del edificio y cimentación	Pendiente del terreno (%)	.....
		Terreno rocoso	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
		Terreno suelto	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
		Presencia de empujes desequilibrados	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
5	Diafragmas horizontales	Diferencia de cotas de cimentación Δh_r [m]	.....
		Eficiente conexión con los muros	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
6	Configuración en planta	Despreciable deformidad	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
		Inexistencia de planos a desnivel	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
		Dimensión mayor L [m]	.....
7	Configuración en elevación	Dimensión menor a [m]	.....
		Dimensión sobresaliente b [m]	.....
		Altura Total H [m]	.....
8	Espaciamiento entre muros	Altura del elemento sobresaliente T [m]	.....
		Longitud del muro L_m [m]	.....
9	Tipo de cubierta	Espesor del muro S [m]	.....
		Cubierta estable	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
10	Elementos no estructurales	Cubierta parcialmente estable	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
		Cubierta bien conectada	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
		Cubierta plana	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
		Viga de soporte	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
		Cornisas bien conectadas	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
11	Estado de conservación	Parapetos	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
		Elementos en altura mal conectados	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
		Elementos pesados mal conectados	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
		Elementos pequeños mal conectados	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
		Grosor de grietas [mm]	.....
Muros en estado mediocre	Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>		

Anexo 4.2 Ficha de Resumen – Estudios de propiedades mecánicas de adobe, ladrillo y quincha.

Título de tesis	Vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.				
Lugar	Distrito y provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.				
Fecha					
PROPIEDADES MECÁNICAS					
Autores	Adobe		Ladrillo		Quincha
	Peso específico [T/m ³]	Resistencia al corte del muro [T/m ²]	Peso específico [T/m ³]	Resistencia al corte del muro [T/m ²]	Peso específico [T/m ³]

Anexo 4.3 Ficha de Resumen – Estudio de microzonificación sísmica de Trujillo.

Título de tesis	Vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.	
Lugar	Distrito y provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.	
Fecha		
MAPA DE TIPO DE SUELOS		
Zonas	Descripción	Capacidad de Carga Admisible

Anexo 4.4 Ficha de Resumen – Planos arquitectónicos y/o estructurales de las iglesias del centro histórico de Trujillo.

Título de tesis	Vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.		
Lugar	Distrito y provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.		
Fecha			
PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y/O ESTRUCTURALES DE LA IGLESIA			
Descripción		Unidad	Valor
A_t	Área Total Cubierta.	m ²	
A_x	Área Total de muros en la dirección “x”.	m ²	
A_y	Área Total de muros en la dirección “y”.	m ²	
h	Altura promedio de muros.	m	
H	Altura a la torre/espadaña desde el suelo.	m	
T	Altura de la torre/espadaña desde el muro.	m	
S	Espesor del muro de mayor longitud	m	
L	Longitud máxima del muro	m	
L	Longitud mayor en planta.	m	
a	Longitud menor en planta.	m	
b	Longitud sobresaliente.	m	

Anexo 4.5 Ficha de Datos N°1 - Modificación del RVSEM - Iglesia Belén.

Vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.			
Ficha de Datos N° 1		Iglesia: Belén	
Parámetros		Elementos de evaluación	
1	Organización del sistema estructural	Norma Sísmica Viga de amarre Buena ligazón de muros ortogonales	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
2	Calidad del sistema resistente	Ver Manual (Tipología) Homogeneidad de la mampostería Buena calidad del mortero	..... Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
3	Resistencia convencional	Numero de piso N Área total cubierta A_t [m ²] Área A_x [m ²] Área A_y [m ²] Resistencia al corte τ_k [T/m ²] Altura media del muro h [m] Peso específico del muro P_m [T/m ³] Peso de cubierta P_s [T/m ²]	...1 piso..... ...805.22..... ...147.06..... ...148.70..... .....8.80..... .....7.90..... .....1.80..... .....0.37.....
4	Posición del edificio y cimentación	Pendiente del terreno (%) Terreno rocoso Terreno suelto Presencia de empujes desequilibrados Diferencia de cotas de cimentación Δh_f [m]	...<10.00..... Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>0.00.....
5	Diafragmas horizontales	Eficiente conexión con los muros Despreciable deformidad Inexistencia de planos a desnivel	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
6	Configuración en planta	Dimensión mayor L [m] Dimensión menor a [m] Dimensión sobresaliente b [m]	.....44.72..... .....13.31..... .....8.20.....
7	Configuración en elevación	Altura Total H [m] Altura del elemento sobresaliente T [m]	.....15.45..... .....9.80.....
8	Espaciamiento entre muros	Longitud del muro L_m [m] Espesor del muro S [m]	.....9.27..... .....1.29.....
9	Tipo de cubierta	Cubierta estable Cubierta parcialmente estable Cubierta bien conectada Cubierta plana Viga de soporte	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
10	Elementos no estructurales	Cornisas bien conectadas Parapetos Elementos en altura mal conectados Elementos pesados mal conectados Elementos pequeños mal conectados	Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
11	Estado de conservación	Grosor de grietas [mm] Muros en estado mediocre	.....1.00..... Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>

Anexo 4.6 Ficha de Datos N°2 – Modificación del RVSEM – Iglesia Santa Ana.

Vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.			
Ficha de Datos N° 2		Iglesia: Santa Ana	
Parámetros		Elementos de evaluación	
1	Organización del sistema estructural	Norma Sísmica Viga de amarre Buena ligazón de muros ortogonales	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
2	Calidad del sistema resistente	Ver Manual (Tipología) Homogeneidad de la mampostería Buena calidad del mortero	..... Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
3	Resistencia convencional	Numero de piso N Área total cubierta A_t [m ²] Área A_x [m ²] Área A_y [m ²] Resistencia al corte τ_k [T/m ²] Altura media del muro h [m] Peso específico del muro P_m [T/m ³] Peso de cubierta P_s [T/m ²]	...1 piso..... ...438.66..... ...60.11..... ...65.69..... .....7.70..... .....8.10..... .....1.80..... .....0.38.....
4	Posición del edificio y cimentación	Pendiente del terreno (%) Terreno rocoso Terreno suelto Presencia de empujes desequilibrados Diferencia de cotas de cimentación Δh_f [m]	...<10.00..... Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>0.00.....
5	Diafragmas horizontales	Eficiente conexión con los muros Despreciable deformidad Inexistencia de planos a desnivel	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
6	Configuración en planta	Dimensión mayor L [m] Dimensión menor a [m] Dimensión sobresaliente b [m]	.....31.06..... .....13.57..... ..No presenta..
7	Configuración en elevación	Altura Total H [m] Altura del elemento sobresaliente T [m]	.....16.35..... .....8.25.....
8	Espaciamiento entre muros	Longitud del muro L_m [m] Espesor del muro S [m]	.....7.58..... .....0.61.....
9	Tipo de cubierta	Cubierta estable Cubierta parcialmente estable Cubierta bien conectada Cubierta plana Viga de soporte	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
10	Elementos no estructurales	Cornisas bien conectadas Parapetos Elementos en altura mal conectados Elementos pesados mal conectados Elementos pequeños mal conectados	Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
11	Estado de conservación	Grosor de grietas [mm] Muros en estado mediocre	.....2.00..... Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>

Anexo 4.7 Ficha de Datos N°3 - Modificación del RVSEM - Iglesia La Merced.

Vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.			
Ficha de Datos N° 3		Iglesia: La Merced	
Parámetros		Elementos de evaluación	
1	Organización del sistema estructural	Norma Sísmica Viga de amarre Buena ligazón de muros ortogonales	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
2	Calidad del sistema resistente	Ver Manual (Tipología) Homogeneidad de la mampostería Buena calidad del mortero	..... Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
3	Resistencia convencional	Numero de piso N Área total cubierta A_t [m ²] Área A_x [m ²] Área A_y [m ²] Resistencia al corte τ_k [T/m ²] Altura media del muro h [m] Peso específico del muro P_m [T/m ³] Peso de cubierta P_s [T/m ²]	... 1 piso..... ..1505.88..... ....251.29..... ....177.37..... .....5.94..... .....8.59..... .....1.80..... .....0.20.....
4	Posición del edificio y cimentación	Pendiente del terreno (%) Terreno rocoso Terreno suelto Presencia de empujes desequilibrados Diferencia de cotas de cimentación Δh_f [m]	...<10.00..... Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>0.00.....
5	Diafragmas horizontales	Eficiente conexión con los muros Despreciable deformidad Inexistencia de planos a desnivel	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
6	Configuración en planta	Dimensión mayor L [m] Dimensión menor a [m] Dimensión sobresaliente b [m]	.....59.69..... .....20.12..... .....10.72.....
7	Configuración en elevación	Altura Total H [m] Altura del elemento sobresaliente T [m]	.....16.83..... .....7.91.....
8	Espaciamiento entre muros	Longitud del muro L_m [m] Espesor del muro S [m]	.....13.26..... .....1.05.....
9	Tipo de cubierta	Cubierta estable Cubierta parcialmente estable Cubierta bien conectada Cubierta plana Viga de soporte	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
10	Elementos no estructurales	Cornisas bien conectadas Parapetos Elementos en altura mal conectados Elementos pesados mal conectados Elementos pequeños mal conectados	Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
11	Estado de conservación	Grosor de grietas [mm] Muros en estado mediocre	.....4.00..... Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

Anexo 4.8 Ficha de Datos N°4 - Modificación del RVSEM - Iglesia San Francisco.

Vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.			
Ficha de Datos N° 4		Iglesia: Santa Francisco	
Parámetros		Elementos de evaluación	
1	Organización del sistema estructural	Norma Sísmica Viga de amarre Buena ligazón de muros ortogonales	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
2	Calidad del sistema resistente	Ver Manual (Tipología) Homogeneidad de la mampostería Buena calidad del mortero	..... Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
3	Resistencia convencional	Numero de piso N Área total cubierta A_t [m ²] Área A_x [m ²] Área A_y [m ²] Resistencia al corte τ_k [T/m ²] Altura media del muro h [m] Peso específico del muro P_m [T/m ³] Peso de cubierta P_s [T/m ²]	...1 piso..... ...1768.21..... ...217.64..... ...285.41..... .....7.14..... .....9.20..... .....1.80..... .....0.49.....
4	Posición del edificio y cimentación	Pendiente del terreno (%) Terreno rocoso Terreno suelto Presencia de empujes desequilibrados Diferencia de cotas de cimentación Δh_f [m]	...<10.00..... Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>0.00.....
5	Diafragmas horizontales	Eficiente conexión con los muros Despreciable deformidad Inexistencia de planos a desnivel	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>
6	Configuración en planta	Dimensión mayor L [m] Dimensión menor a [m] Dimensión sobresaliente b [m]	.....61.97..... .....27.93..... ..No Presenta..
7	Configuración en elevación	Altura Total H [m] Altura del elemento sobresaliente T [m]	.....23.12..... .....13.84.....
8	Espaciamiento entre muros	Longitud del muro L_m [m] Espesor del muro S [m]	.....11.48..... .....1.27.....
9	Tipo de cubierta	Cubierta estable Cubierta parcialmente estable Cubierta bien conectada Cubierta plana Viga de soporte	Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
10	Elementos no estructurales	Cornisas bien conectadas Parapetos Elementos en altura mal conectados Elementos pesados mal conectados Elementos pequeños mal conectados	Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
11	Estado de conservación	Grosor de grietas [mm] Muros en estado mediocre	.....2.00..... Sí <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>

Anexo 4.9 Ficha de Resumen N°1 – Propiedades mecánicas de adobe, ladrillo y quincha.

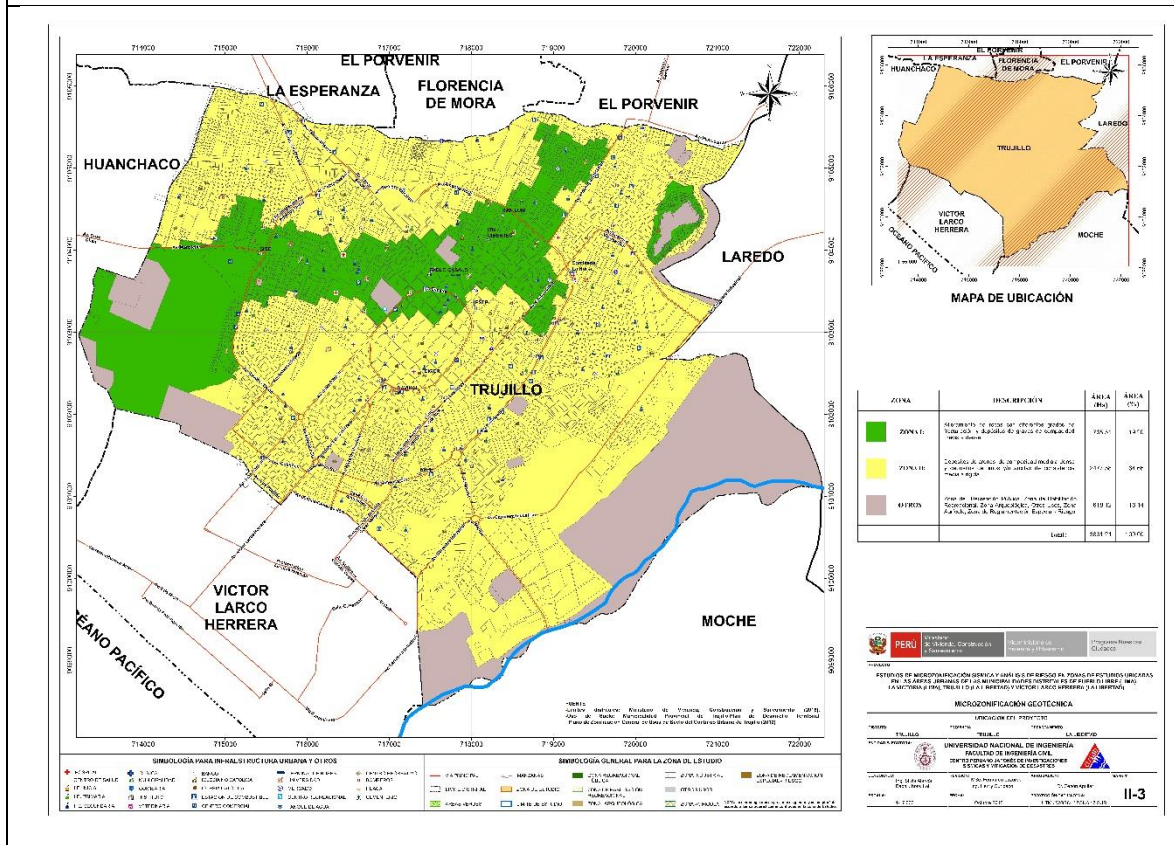
Título de tesis	Vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.				
Lugar	Distrito y provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.				
Fecha	17 de noviembre del 2021.				
PROPIEDADES MECÁNICAS					
Autores	Adobe		Ladrillo		Quincha
	Peso específico [T/m ³]	Resistencia al corte del muro [T/m ²]	Peso específico [T/m ³]	Resistencia al corte del muro [T/m ²]	Peso específico [T/m ³]
Catalán (2013)	1.350	11.000			
Meli y Hernández (1979) (Citado por Catalán, 2013, p. 41)	1.800	12.000			
Alarcón y Alcocer (1999) (Citado por Catalán, 2013, p. 41)	-	6.000			
Vera y Miranda (2004) (Citado por Catalán, 2013, p. 41)	-	5.650			
Moreno (2011) (Citado por Catalán, 2013, p. 41)	1.530	-			
Arroyo (2010) (Citado por Catalán, 2013, p. 41)	-	8.200			
Hurtado (2007)	1.400		1.800		0.900
Cardenas (2021)		1.020			
Sumerente, Lovon, Tarque y Chácara (2020)	1.632	0.408			1.020
Tarque, Crowley, Pinho y Varum (2012)	1.835				
Lourenço <i>et al</i> (2017)	1.937		1.937		
Vargas (2018) - Casa welsch		4.283			
Vargas (2018) - Hotel comercio		1.428		16.010	
Vargas (2018) - Catedral ica		2.855			
Yamin, Phillips, Reyes y Ruiz (2004)	1.800	3.100			

Varum, Costa, Pereira y Almeida (2006)		18.355			
Varum, Costa, Pereira y Almeida (2006)		9.177			
Varum, Costa, Pereira y Almeida (2006)		5.099			
Arroyo, Sanchez y Catalán (2013)		8.158			
Proaño, <i>et al</i> (2007)			1.700	25.000	
Illampas, Loizou e Ioannou (2017)	1.806				
Herrera (2018)	1.890	2.243			
Tarque (2011)		20.394			
Esquivel (2009)	1.600	2.450			0.900
Ottazzi, Yep, Blondet, Villa-García y Ginocchio (1989)		3.059			
Montauban (1980)		2.700			
Moromi (2012)		1.800			
Moromi (2012)		1.200			
Blondet y Vargas (1978) (Citado en Moromi, 2012, p. 44)		2.700			
ININVI (1977) (Citado en Moromi, 2012, p. 44)		3.000			
Vargas (1978) (Citado en Moromi, 2012, p. 46)		2.700			
Vargas, Bariola, Blondet, y Mehta (1984)		2.300			
Arias y Alvear (2015)					0.700
Noel (2017)	1.510				
Giraldo (2018)				42.658	
Chácara, Pantó y Aguilar (2019)	1.400	9.177			
Norma chilena	1.1 - 1.8				
MVCS, NTP E.020	1.600		1.800		
MVCS, NTP E.070				51.000	
MVCS, NTP E.080		2.500			

Anexo 4.10 Ficha de Resumen N°2 – Microzonificación sísmica de Trujillo.

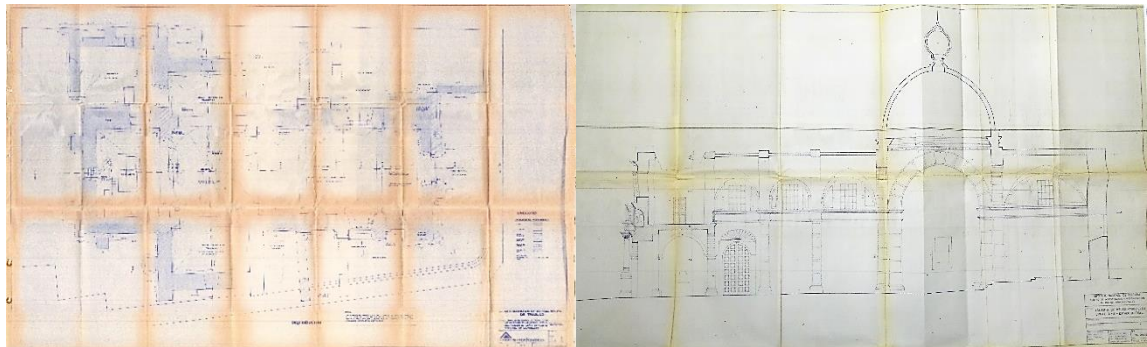
Título de tesis	Vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.
Lugar	Distrito y provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.
Fecha	17 de noviembre del 2021.

MAPA DE TIPO DE SUELOS A 2.50 m DE PROFUNDIDAD



Zonas	Descripción	Capacidad de Carga Admisible
Zona I	Afloramiento de rocas con diferentes grados de fracturación y depósitos de gravas de compacidad media a densa.	2.0 a 4.0 Kg/cm ² cimentada sobre grava
Zona II	Depósitos de arenas de compacidad media a densa y depósitos limosos y/o arcillosos de consistencia de media a dura.	0.8 a 1.7 Kg/cm ² para cimentaciones corridas con profundidades de desplante de 1.20 m.
Otros	Zona de recreación pública, Zona de habilitación recreacional, Zona arqueológica, Otros usos, Zona agrícola, Zona reglamentación especial – riesgo.	

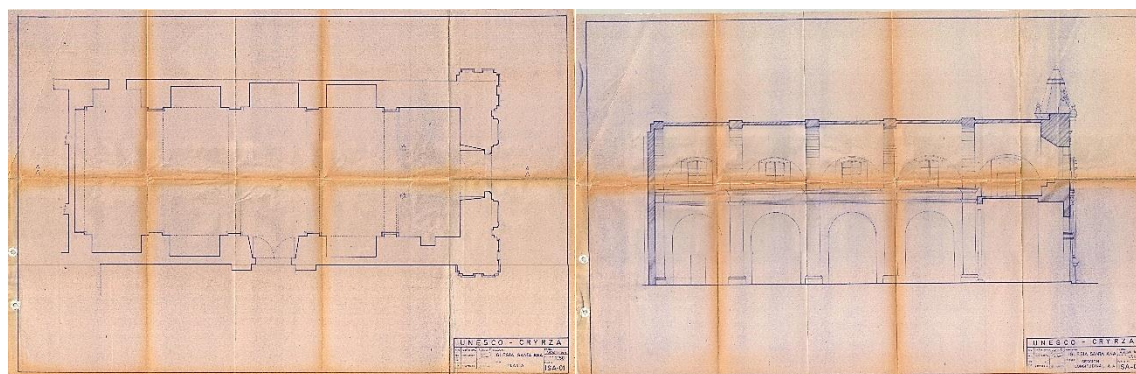
Anexo 4.11 Ficha de Resumen N°3 – Planos arquitectónicos y estructurales de la iglesia Belén.

Título de tesis	Vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.		
Lugar	Distrito y provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.		
Fecha	17 de noviembre del 2021.		
PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y/O ESTRUCTURALES DE LA IGLESIA BELÉN			
			
Descripción		Unidad	Valor
A_t	Área Total Cubierta.	m ²	805.22
A_x	Área Total de muros en la dirección "x".	m ²	147.06
A_y	Área Total de muros en la dirección "y".	m ²	148.70
h	Altura promedio de muros.	m	7.90
H	Altura a la torre/espadaña desde el suelo.	m	15.45
T	Altura de la torre/espadaña desde el muro.	m	9.80
S	Espesor del muro de mayor longitud	m	1.29
L_m	Longitud máxima del muro	m	9.27
L	Longitud mayor en planta.	m	44.72
a	Longitud menor en planta.	m	13.31
b	Longitud sobresaliente.	m	8.20

Anexo 4.12 Ficha de Resumen N°4 – Planos arquitectónicos y/o estructurales de la iglesia Santa Ana.

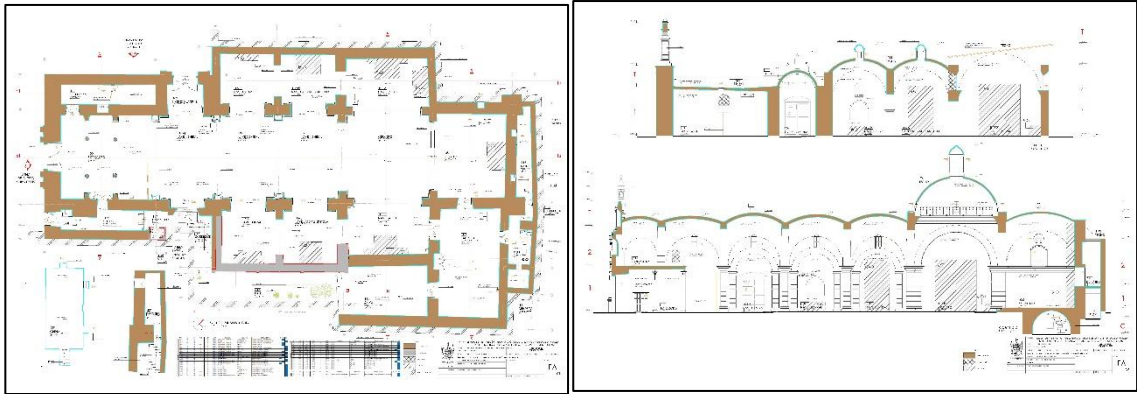
Título de tesis	Vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.
Lugar	Distrito y provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.
Fecha	17 de noviembre del 2021.

PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y/O ESTRUCTURALES DE LA IGLESIA SANTA ANA

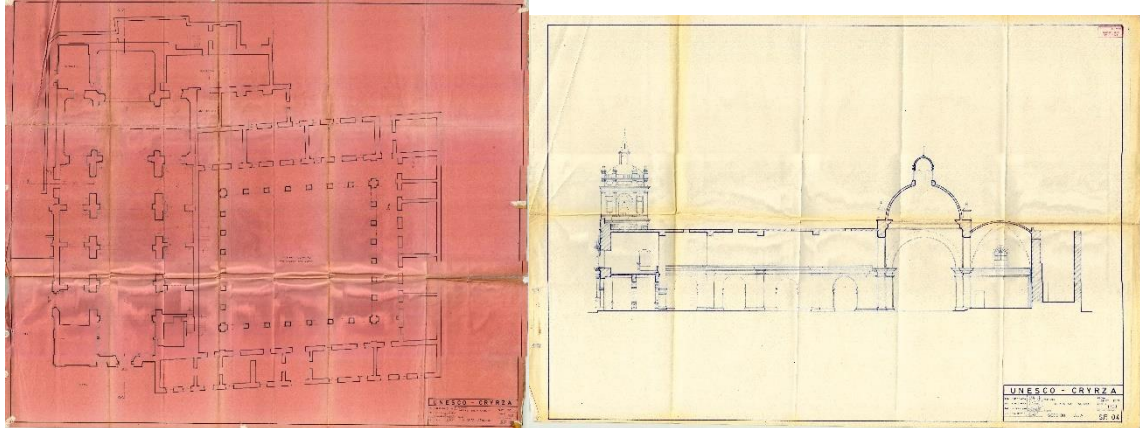


Descripción		Unidad	Valor
A_t	Área Total Cubierta.	m ²	438.66
A_x	Área Total de muros en la dirección "x".	m ²	60.11
A_y	Área Total de muros en la dirección "y".	m ²	65.69
h	Altura promedio de muros.	m	8.10
H	Altura a la torre/espadaña desde el suelo.	m	16.35
T	Altura de la torre/espadaña desde el muro.	m	8.25
S	Espesor del muro de mayor longitud	m	0.61
L_m	Longitud máxima del muro	m	7.58
L	Longitud mayor en planta.	m	31.06
a	Longitud menor en planta.	m	16.57
b	Longitud sobresaliente.	m	No presenta

Anexo 4.13 Ficha de Resumen N°5 – Planos arquitectónicos y/o estructurales de la iglesia La Merced.

Título de tesis	Vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.		
Lugar	Distrito y provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.		
Fecha	17 de noviembre del 2021.		
PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y/O ESTRUCTURALES DE LA IGLESIA LA MERCED			
			
Descripción		Unidad	Valor
A_t	Área Total Cubierta.	m ²	1505.88
A_x	Área Total de muros en la dirección "x".	m ²	251.29
A_y	Área Total de muros en la dirección "y".	m ²	177.37
h	Altura promedio de muros.	m	8.59
H	Altura a la torre/espadaña desde el suelo.	m	16.83
T	Altura de la torre/espadaña desde el muro.	m	7.91
S	Espesor del muro de mayor longitud	m	1.05
L_m	Longitud máxima del muro	m	13.26
L	Longitud mayor en planta.	m	59.69
a	Longitud menor en planta.	m	20.12
b	Longitud sobresaliente.	m	10.72

Anexo 4.14 Ficha de Resumen N°6 – Planos arquitectónicos y/o estructurales de la iglesia San Francisco.

Título de tesis	Vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.		
Lugar	Distrito y provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.		
Fecha	17 de noviembre del 2021.		
PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y/O ESTRUCTURALES DE LA IGLESIA SAN FRANCISCO			
			
Descripción		Unidad	Valor
A_t	Área Total Cubierta.	m ²	1768.21
A_x	Área Total de muros en la dirección "x".	m ²	217.64
A_y	Área Total de muros en la dirección "y".	m ²	285.41
h	Altura promedio de los muros.	m	9.20
H	Altura a la torre/espadaña desde el suelo.	m	23.12
T	Altura de la torre/espadaña desde el muro.	m	13.84
S	Espesor del muro de mayor longitud	m	1.27
L_m	Longitud máxima del muro	m	11.48
L	Longitud mayor en planta.	m	61.97
a	Longitud menor en planta.	m	27.93
b	Longitud sobresaliente.	m	No presenta

Anexo 5. Validez y confiabilidad de los instrumentos

Anexo 5.1 Matriz para evaluación de expertos

Título de la investigación:	Vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.
Línea de investigación:	Diseño Sísmico y Estructural.
Apellidos y nombres del experto:	Ing. Villar Quiroz, Josualdo Carlos.
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Vulnerabilidad Sísmica.

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la medición sobre la variable en estudio.

Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	x		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	x		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	x		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	x		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	x		
6	¿Cada una de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	x		
7	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	x		
8	¿El instrumento de medición será accesible a la población/sujeto de estudio?	x		
9	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos?	x		

Firma del experto:



Ing. Villar Quiroz, Josualdo Carlos

Anexo 5.2 Matriz para evaluación de expertos

Título de la investigación:	Vulnerabilidad sísmica de las iglesias del centro histórico del distrito y provincia de Trujillo, La Libertad, 2021.
Línea de investigación:	Diseño Sísmico y Estructural.
Apellidos y nombres del experto:	Dr. Valdivieso Velarde Alan Yordan
El instrumento de medición pertenece a la variable:	Vulnerabilidad Sísmica.

Mediante la matriz de evaluación de expertos, Ud. tiene la facultad de evaluar cada una de las preguntas marcando con una "x" en las columnas de SÍ o NO. Asimismo, le exhortamos en la corrección de los ítems, indicando sus observaciones y/o sugerencias, con la finalidad de mejorar la medición sobre la variable en estudio.

Ítems	Preguntas	Aprecia		Observaciones
		SÍ	NO	
1	¿El instrumento de medición presenta el diseño adecuado?	x		
2	¿El instrumento de recolección de datos tiene relación con el título de la investigación?	x		
3	¿En el instrumento de recolección de datos se mencionan las variables de investigación?	x		
4	¿El instrumento de recolección de datos facilitará el logro de los objetivos de la investigación?	x		
5	¿El instrumento de recolección de datos se relaciona con las variables de estudio?	x		
6	¿Cada una de los ítems del instrumento de medición se relaciona con cada uno de los elementos de los indicadores?	x		
7	¿El diseño del instrumento de medición facilitará el análisis y procesamiento de datos?	x		
8	¿El instrumento de medición será accesible a la población/sujeto de estudio?	x		
9	¿El instrumento de medición es claro, preciso y sencillo de manera que se pueda obtener los datos requeridos?	x		

Firma del experto:

Dr. Valdivieso Velarde, Alan Yordan

Anexo 6. Fotos y documentos

Anexo 6.1

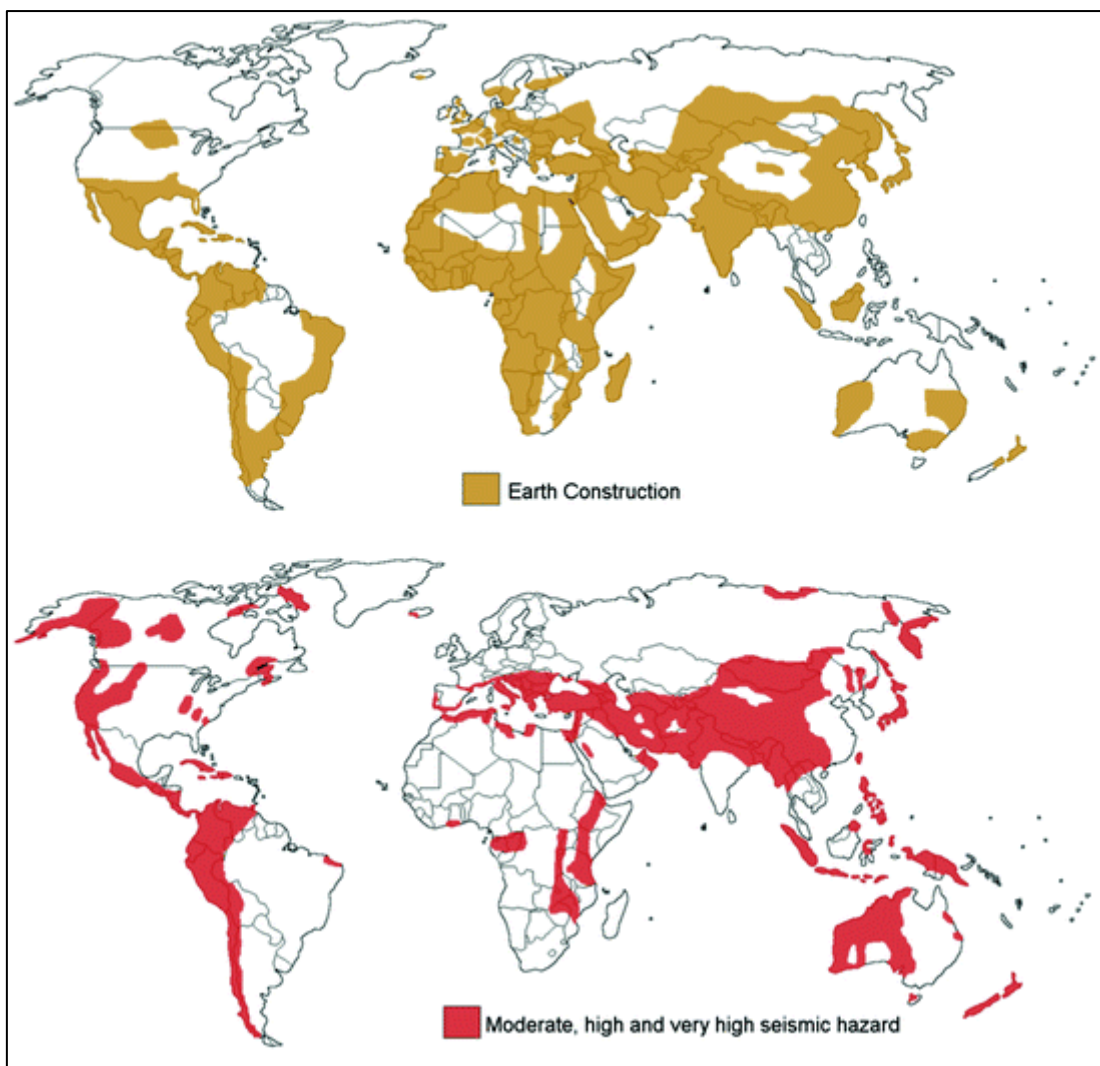


Figura 35. Distribución mundial de construcciones de tierra y riesgo sísmico.

Fuente: Noel, 2017.

Anexo 6.2 Zonificación de susceptibilidad a huaicos e inundación fluvial de la ciudad de Trujillo.

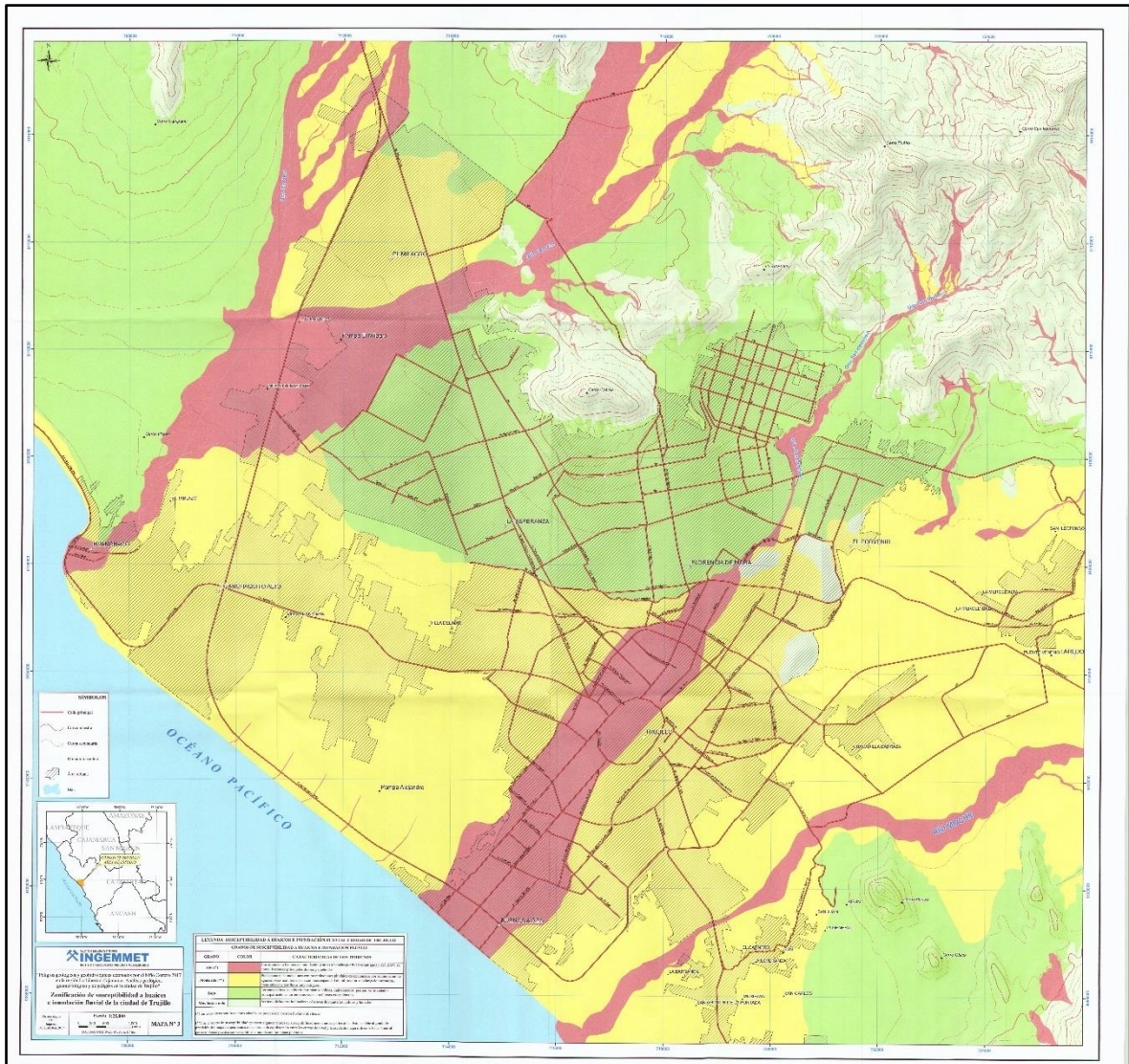


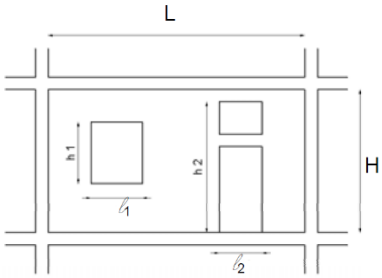
Figura 36. Zonificación de susceptibilidad a huaicos e inundación fluvial de la ciudad de Trujillo.

Fuente: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 2017.

Anexo 6.3 Tipos de Mampostería.

Tabla 29. *Tipos de mampostería.*

Tipología	Tipología de mampostería
A	Mampostería en forma de saco formado por piedras de muy distintos tamaños, mal tejido y sin unión entre las dos láminas
B	Mampostería en forma de saco formada por piedras de tamaño más regular, bien tejidas y con unión entre las dos láminas Como el tipo "A" con esquinas, tacos y/o rebajes en piedra escuadrada o ladrillos macizos.
C	Muros de piedra en bruto en presencia de irregularidades.
D	Muro de piedra labrada con cantos, estacas y/o aplicaciones en ladrillo macizo y/o piedra escuadrada.
E	Muros de piedra redondeados o guijarros de río de tamaño variable sin bultos y/o ladrillos enteros y/o piedra escuadrada.
F	Como el tipo "E" con bordes, tacos y/o aplicaciones en piedra cuadrada y/o bloques completos.
G	Mampostería en bloques de toba o piedra cortada de tamaño constante.
H	Mampostería en bloques prefabricados de hormigón, con áridos ordinarios.
I	Mampostería en bloques prefabricados de hormigón, con áridos ligeros (arcilla expandida, etc.), homogéneos en toda su extensión.
L	Mampostería de arcilla, maciza o semisólida (% de perforación \leq 45%).
M	Mampostería de bloques de arcilla con % perforación $>$ 45%.
N	Muros de hormigón no armado.
O	Muros de hormigón armado y bien comunicados; si no es posible detectar o tener noticias sobre la presencia de refuerzo, asigne el tipo "N".
P	Marcos de hormigón armado sin relleno interno o con relleno (de cualquier tipo) distribuido de manera desigual en el perímetro (por ejemplo, solo un lado taponado de cuatro).

Q	Marcos de hormigón armado con rellenos débiles (por ejemplo, en ladrillos huecos o con aberturas muy grandes), distribuidos uniformemente alrededor del perímetro.
R	<p>Marcos de hormigón armado con rellenos de mampostería pertenecientes a uno de los tipos G, H, I, L, N, O sin grandes aberturas, distribuidos uniformemente en el perímetro (ver fig. 1).</p>  <p> $l \leq 0,2 L$ $h \leq 0,3 H$ $l = \sum l_i$ $h = \max h_i$ </p>
S	Esqueleto con perfiles metálicos.
T	Estructuras mixtas, es decir, una combinación (en el mismo piso) de uno (o más) de los tipos de pared A ÷ O con uno o más de los tipos de marco P ÷ S que se muestran en la tabla anterior.
U	Mampostería enmarcada
V	Mampostería armada
Z	Mampostería consolidada según la legislación sísmica vigente (Mampostería reforzada con inyecciones de mezclas aglutinantes, con aplicaciones de losas de hormigón armado o mallas metálicas electrosoldadas y lechada, mediante la inserción de pilares de hormigón armado o metálicos en la mampostería, con horizontales y verticales varillas de unión).

Fuente: GNDT, 2003.

Anexo 6.4 Fotos de las iglesias

Anexo 6.4.1 Belén



Figura 37. Iglesia Belén Actual - Fachada con presencia de elevadas torres, pináculos y otros elementos no estructurales mal conectados.



Figura 38. Iglesia Belén Actual - Cúpula de gran altura con presencia de grietas externas e internas.

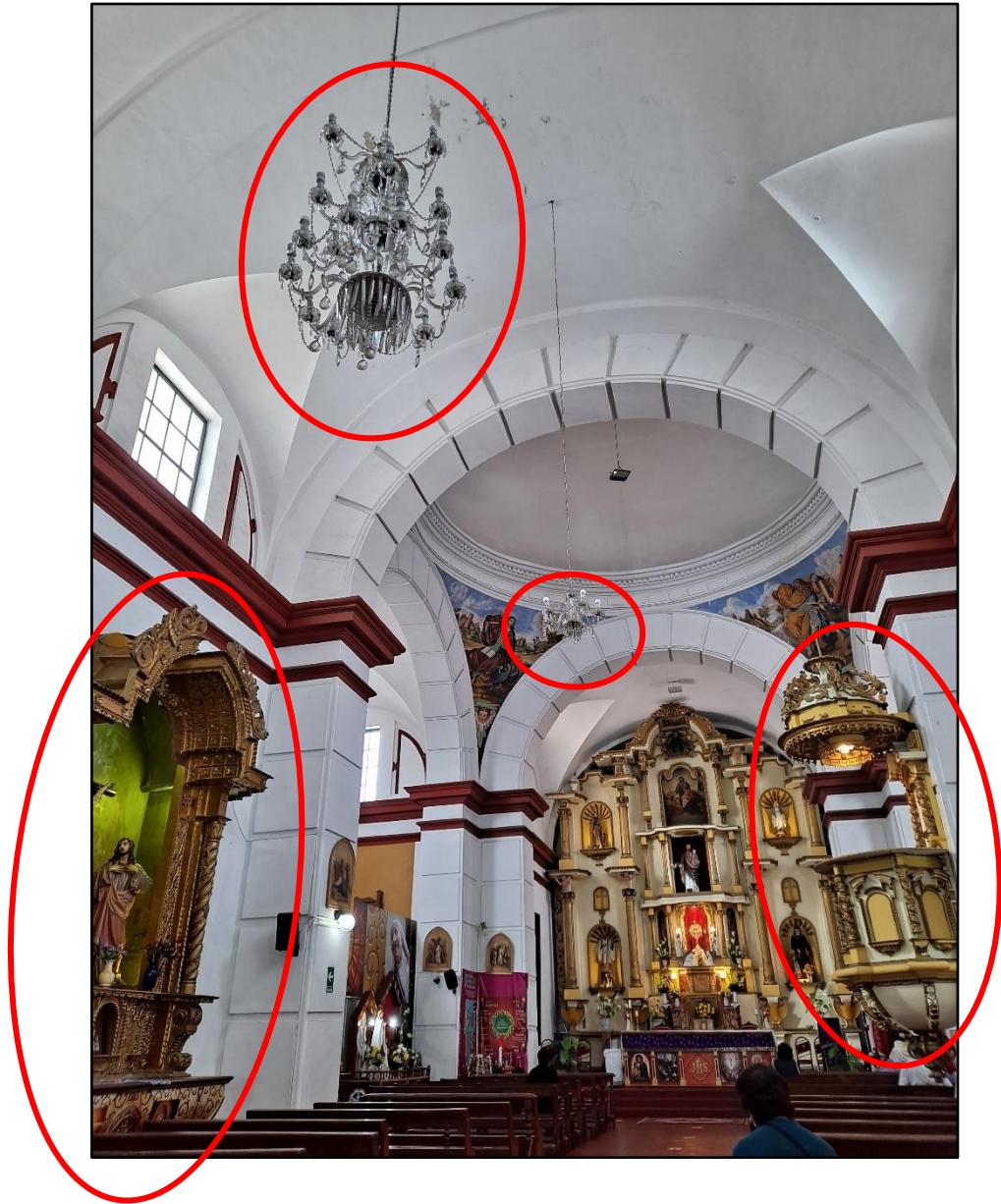


Figura 39. Iglesia Belén Actual - Elementos no estructurales mal conectados de gran peso y en altura.

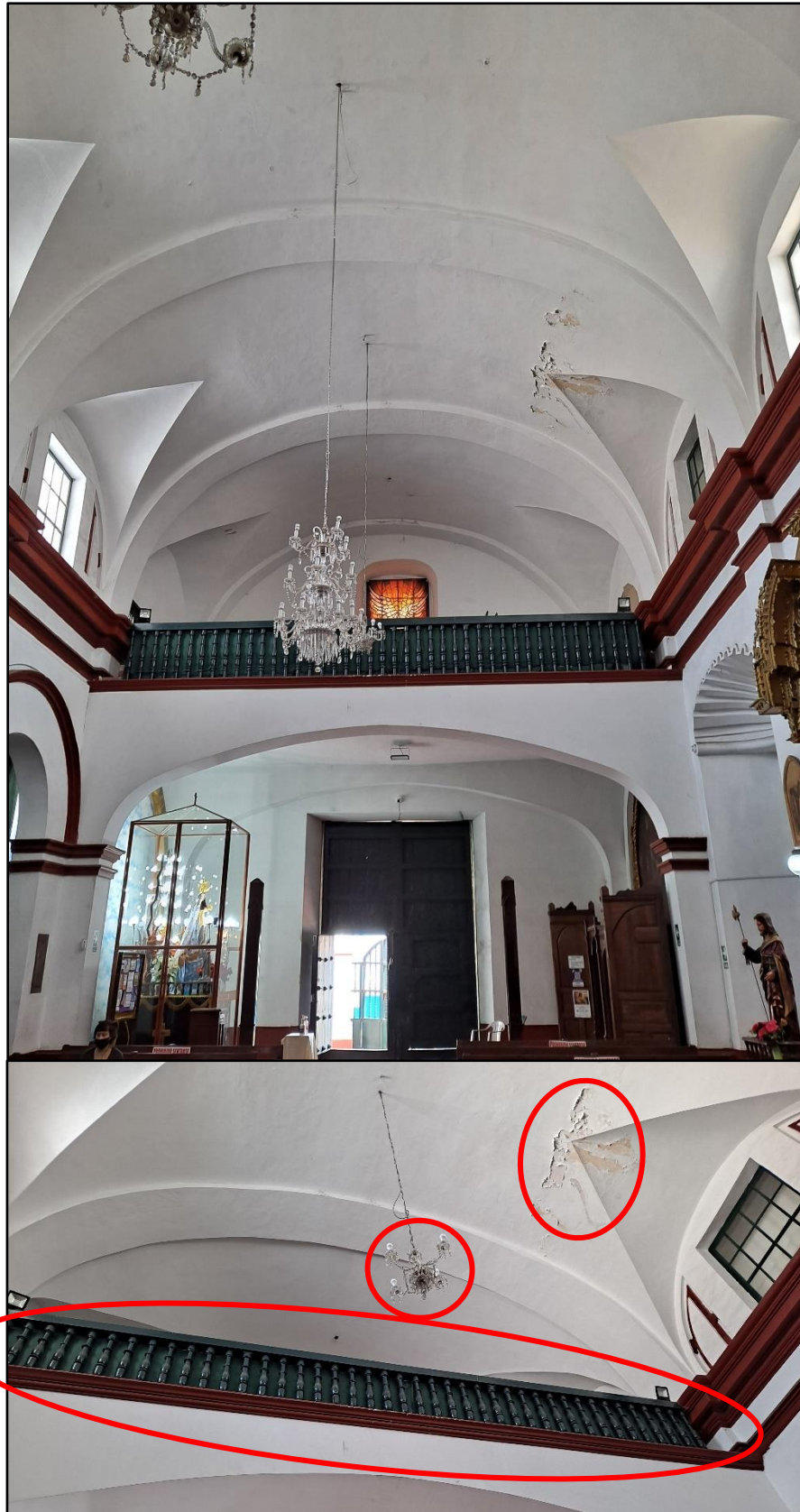


Figura 40. Iglesia Belén Actual – Presencia de barandas, elementos no estructurales mal conectados en altura y mal estado de la bóveda.

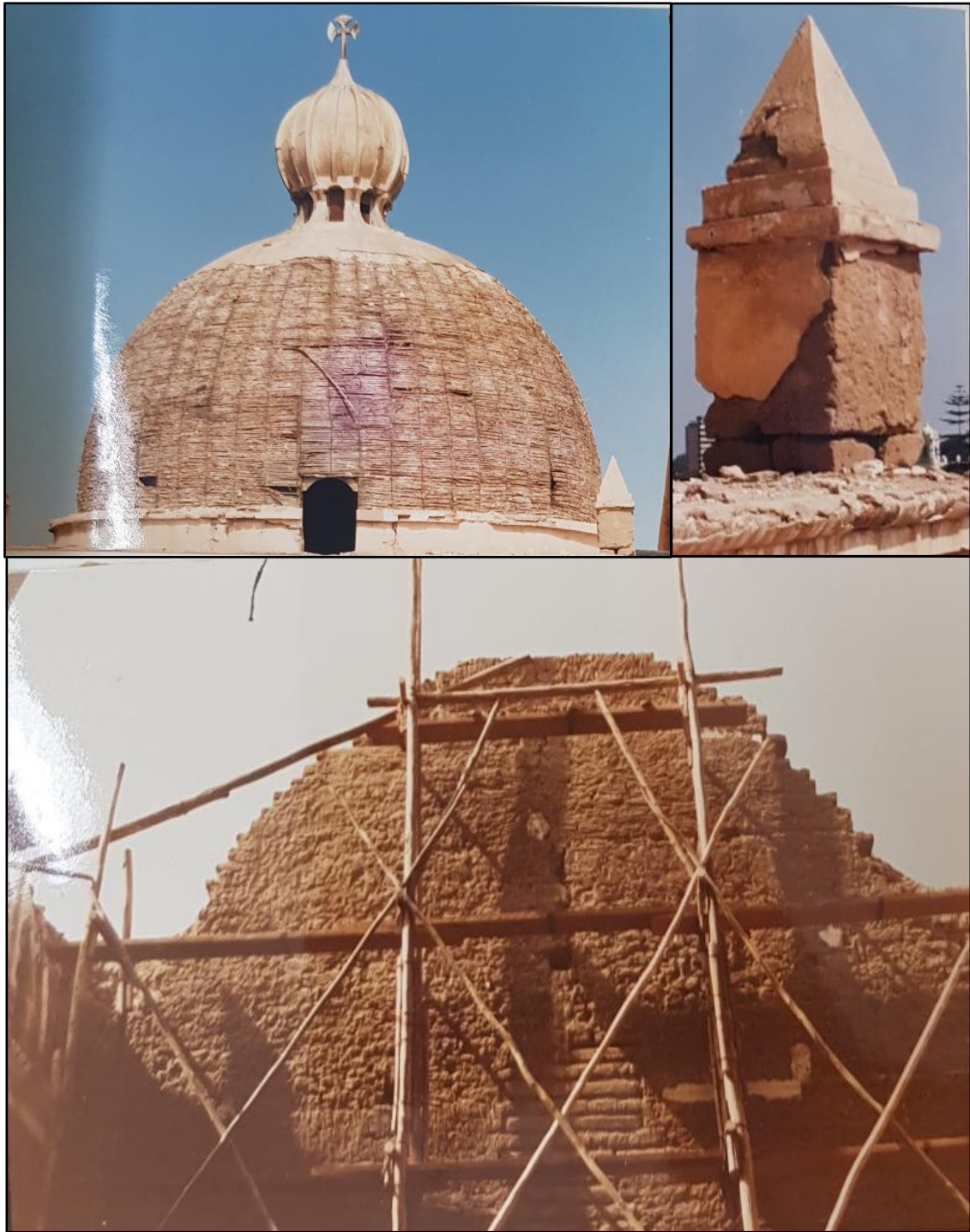


Figura 41. Iglesia Belén – Evidencia de muros compuestos con unidades de adobe y mortero de barro, y de cúpula a base de quincha.

Fuente: Instituto nacional de cultura.



Figura 42. Iglesia Belén – Evidencia de fachadas y bases de arcos compuestos con unidades de ladrillo.

Fuente: Instituto nacional de cultura.



Figura 43. Iglesia Belén – Evidencia de arcos compuestos con unidades de ladrillo.

Fuente: Instituto nacional de cultura.

Anexo 6.4.2 San Francisco



Figura 44. Iglesia San Francisco - Fachada principal y lateral con presencia de gran torre campanario, cúpula y parapetos.



Figura 45. Iglesia San Francisco – Elementos estructurales mal conectados en altura, pequeños y también pesados de gran dimensión.



Figura 46. Iglesia San Francisco – Presencia de grietas de gran longitud en muros internos y base de pilares.



Figura 47. Iglesia San Francisco – Presencia de grietas de gran longitud en muros internos.



Figura 48. Iglesia San Francisco – Presencia de grietas de gran longitud en cubierta de quincha de las bóvedas.



Figura 49. Iglesia San Francisco – Estado de bóvedas y presencia de balcón.

Anexo 6.4.3 Santa Ana



Figura 50. Iglesia Santa Ana - Fachada principal con presencia de elevadas torres, elementos estructurales en altura mal conectados y cornisas.



Figura 51. Iglesia Santa Ana - Presencia de estado de cubiertas aceptable con minúsculas grietas.



Figura 52. Iglesia Santa Ana - Grietas de corta extensión.

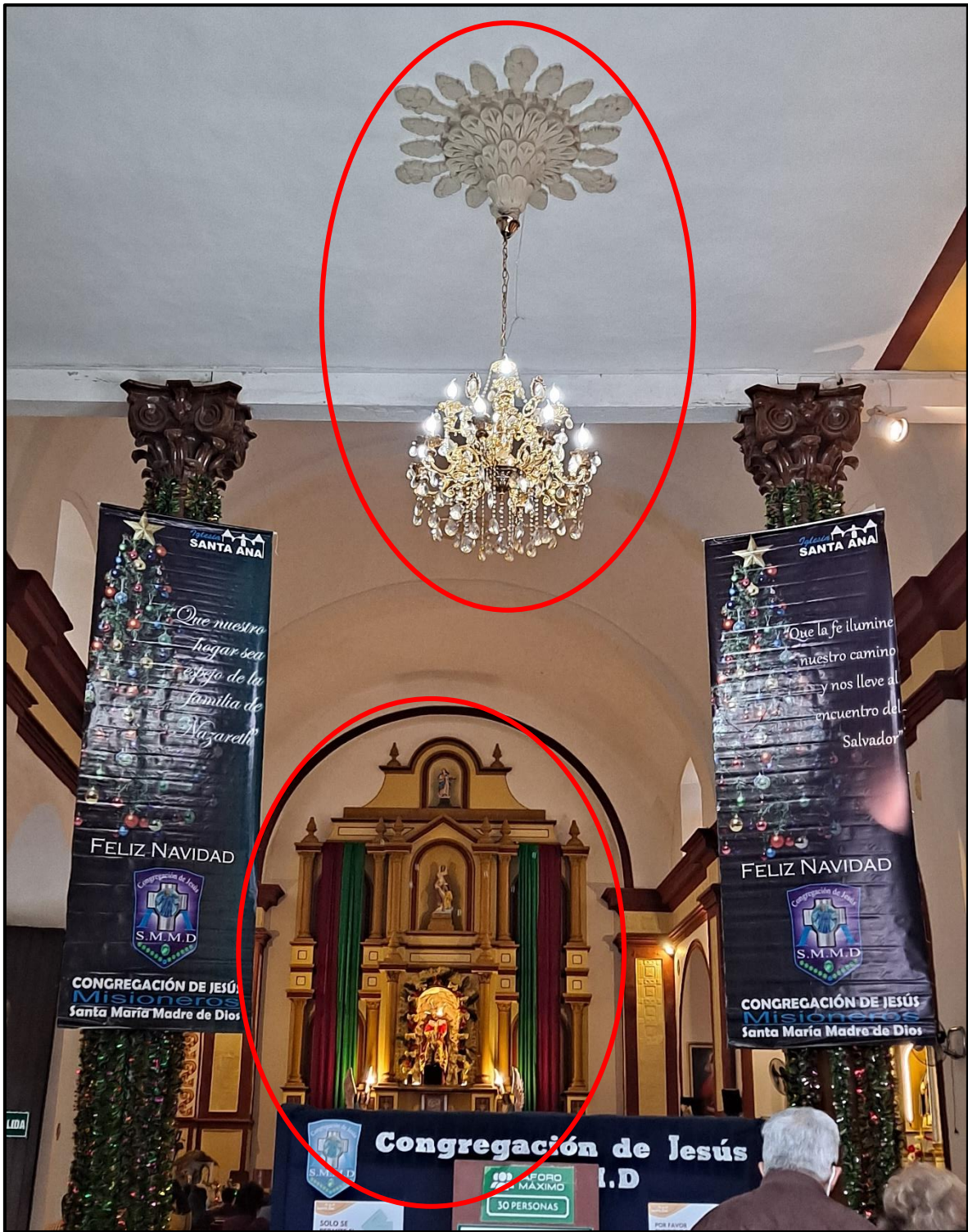


Figura 53. Iglesia Santa Ana - Presencia de elementos estructurales al conectados de gran peso y en altura.



Figura 54. Iglesia Santa Ana - Evidencia de muros compuestos por ladrillo.

Fuente: Instituto nacional de cultura.

Anexo 6.4.4 Iglesia La Merced



Figura 55. Iglesia La Merced - Fachada principal con presencia de altas espadañas y parte baja del muro en deterioro.



Figura 56. Iglesia La Merced - Muros en estado mediocre con largas y gruesas rajaduras.



Figura 57. Iglesia La Merced - Cornisas, muros y cúpulas en estado mediocre, evidencia de composición de adobe y ladrillo.



Figura 58. Iglesia La Merced - Elementos no estructurales en altura mal conectados.