

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



TESIS

**"EVALUACION ESTRUCTURAL SISMICO DE LA CAPILLA
PRINCIPAL DE LA IGLESIA NACIONAL EVANGELICA LOS
AMIGOS DEL PERU (INELA) DE LA MUNICIPALIDAD
DISTRITAL DE TACNA - TACNA, 2023"**

PARA OPTAR:

TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. ROY RONY CHINO CHATA

Bach. WINDER MEZA VELAZCO

TACNA – PERÚ

2023

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**"EVALUACION ESTRUCTURAL SISMICO DE LA
CAPILLA PRINCIPAL DE LA IGLESIA NACIONAL
EVANGELICA LOS AMIGOS DEL PERU (INELA) DE LA
MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE TACNA - TACNA,
2023"**

Tesis sustentada y aprobada el 14 de noviembre del 2024; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : Mtro. EDGAR HIPOLITO CHAPARRO QUISPE

SECRETARIO : Mtro. GIANCARLOS JAVIER MACHACA FRIAS

VOCAL : Mtra. MARIA ETELVINA DUARTE LIZARZABURO

ASESOR : Mtra. DINA MARLENE COTRADO FLORES

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

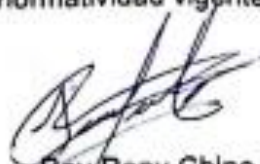
Nosotros, **Roy Rony Chino Chata** y **Winder Meza Velazco**, Bachillers de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 71506042 y 70078403 respectivamente, así como **Dina Marlene Cotrado Flores** con DNI 00795268; declaramos en calidad de autores y asesor que:

1. Somos los autores de la tesis/trabajo de investigación titulada: *"Evaluación estructural sísmico de la capilla principal de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA) de la municipalidad distrital de Tacna -Tacna - 2023"*, lo cual presentamos para optar el Título Profesional de Ingeniero de Ingeniería Civil
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicidad ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente de la normatividad vigente.

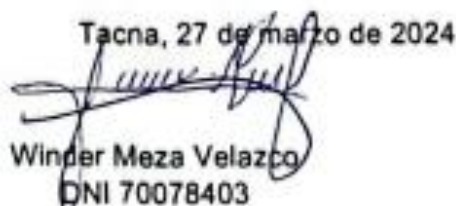


Roy Rony Chino Chata
DNI 71506042



Dina Marlene Cotrado Flores
DNI 00795268

Tacna, 27 de marzo de 2024



Winder Meza Velazco
DNI 70078403

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primer lugar a Dios y todos mis seres queridos que contribuyeron y me apoyaron a mi crecimiento personal y profesional, en especial a mi padre Rubén Chino Chino y mi Madre Lileana Chata Mamani, también a mis tíos Nancy Chata Mamani, Alan Chata Mamani, Gilberto Chata Mamani y Calixto Chata Mamani que me apoyaron de manera incondicional en este proceso de formación profesional.

Bach. Roy Rony Chino Chata

Dedico este trabajo a Dios por haberme dado las bendiciones, conocimiento y fuerzas para concretar de manera satisfactoria esta investigación que es un paso más de mi vida profesional.

A mi padre José Meza Cáceres por su respaldo y apoyo en todo momento, a mi madre Graciela Velazco Huarahuara por su preocupación y a mi hermano Bryan Meza Velazco por acompañarme en los peores y mejores momentos.

Bach. Winder Meza Velazco

AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primer lugar a Dios por guiarnos en este camino, a nuestra asesora Ingeniera Dina Cotrado Flores, por dedicarnos tiempo en el desarrollo de nuestro trabajo de investigación, por darnos fortaleza e incentivarnos a perseverar para lograr superar esta etapa de nuestras vidas.

A nuestros familiares, padres y hermanos, que siempre estuvieron a nuestro lado, brindándonos palabras de aliento y confianza para alcanzar nuestras metas.

A Nuestros docentes universitarios y catedráticos de la Facultad de Ingeniería de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de esta prestigiosa universidad, los cuales en nuestro tiempo de estudiantes universitarios nos brindaron y compartieron sus conocimientos y experiencias académicas y profesionales, y nos inculcaron a seguir el camino de la investigación y superación académica.

Bach. Roy Rony Chino Chata

Bach. Winder Meza Velazco

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DEL JURADO	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
1.1. Descripción del problema.....	3
1.2. Formulación del problema.....	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problemas específicos.....	4
1.3. Justificación e importancia de la investigación	4
1.3.1. Desde el punto de vista de Riesgo sísmico	4
1.3.2. Desde el punto de vista de la norma E-030, E-020, E-060	5
1.3.3. Desde el punto de vista social	5
1.4. Objetivos	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	5
1.5. Hipótesis	6
1.5.1. Hipótesis general.....	6
1.5.2. Hipótesis específicas	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes de la investigación	7
2.1.1. A nivel internacional.....	7
2.1.2. A nivel nacional	8
2.1.3. A nivel Local	10
2.2. Bases teóricas	12

2.2.1.	Sismicidad en el Perú.....	12
2.2.2.	Tipos de sismos.....	12
2.2.3.	Peligros sísmicos.....	13
2.2.4.	Distribución espacial de la sismicidad.....	13
2.2.5.	Sismicidad de Tacna	14
2.2.6.	Normativa Peruana E-030	16
2.2.7.	Sistemas estructurales	20
2.2.8.	Análisis dinámico modal espectral	22
2.2.9.	Periodo fundamental de vibración.....	23
2.2.10.	Patologías de elementos estructurales de concreto.....	23
2.2.11.	Características mecánicas.....	26
2.2.12.	Pruebas de laboratorio y de campo	27
2.2.13.	Ventajas y desventajas.....	28
2.3.	Definición de términos.....	29
2.3.1.	Elemento estructural.....	29
2.3.2.	Albañilería confinada	29
2.3.3.	Deriva	29
2.3.4.	Esclerometría	30
2.3.5.	Patologías	30
2.3.6.	Periodo fundamental de vibración.....	30
2.3.7.	Evaluación estructural	30
2.3.8.	Vulnerabilidad estructural	30
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO		31
3.1.	Tipo y nivel de la investigación.....	31
3.1.1.	Tipo de investigación	31
3.1.2.	Nivel de investigación	31
3.2.	Población y/o muestra de estudio	31
3.3.	Operacionalización de variables.....	31
3.4.	Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	33

3.4.1.	Recopilación de datos	33
3.4.2.	Técnicas usadas para la recolección de datos.....	33
3.4.3.	Instrumentos.....	39
4	CAPÍTULO IV: RESULTADOS	50
4.1.	Inspección de patologías y fallas en elementos estructurales	50
4.2.	Propiedades mecánicas de los elementos estructurales.	51
4.2.1.	Ensayos para determinar la resistencia del concreto	51
4.2.2.	Resistencia a compresión del concreto.....	52
4.2.3.	Resistencia a compresión axial de la albañilería.....	52
4.3.	Evaluación detallada de la capilla principal	52
4.3.1.	Características de elementos estructurales	52
4.3.2.	Datos de los materiales de los elementos estructurales	53
4.4.	Modelamiento	55
4.4.1.	Sistema estructural.....	56
4.4.2.	Cargas aplicadas.....	56
4.4.3.	Parámetros sísmicos	57
4.4.4.	Aceleración espectral	58
4.4.5.	Verificación de irregularidades estructurales en altura.....	60
4.4.6.	Verificación de irregularidades estructurales en planta.....	62
4.4.7.	Resumen de irregularidades.....	63
4.4.8.	Análisis dinámico modal espectral.....	64
4.4.9.	Control de derivas	66
	CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	69
	CONCLUSIONES.....	71
	RECOMENDACIONES.....	72
	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS	73
	ANEXOS	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	33
Tabla 2. Cuadro Resumen de patologías.....	50
Tabla 3. Resultados del ensayo no destructivo- esclerometría	51
Tabla 4. Dimensiones de las columnas.....	52
Tabla 5. Dimanaciones de vigas sin tarrajeo.....	53
Tabla 6. Propiedades de albañilería maciza (King Kong de concreto)	54
Tabla 7. Sobrecargas en oficinas según normar E 0.20.....	57
Tabla 8. Sumatoria de cargas muertas según peso de los materiales	57
Tabla 9. Cargas Distribuidas sobre el techo (parapeto)	57
Tabla 10. Resumen de parámetros sísmicos según norma E 0.30-2018	58
Tabla 11. Espectro de diseño según norma E 0.30-2018.....	58
Tabla 12. Verificación de Irregularidad de rigidez-piso blando en dirección X.....	61
Tabla 13. Verificación de Irregularidad de rigidez-piso blando en dirección Y.....	62
Tabla 14. irregularidad de masa o peso.....	62
Tabla 15. Verificación de irregularidad torsional en sentido X.....	63
Tabla 16. Verificación de irregularidad torsional en sentido Y.....	63
Tabla 17. Resumen de irregularidades estructurales en altura de la estructura	64
Tabla 18. Resumen de irregularidades estructurales en planta de la estructura	64
Tabla 19. Períodos y porcentaje de participación de masa modal.....	65
Tabla 20. Control de derivas en dirección X según norma E 0.30	68
Tabla 21. Control de derivas en dirección Y según norma E 0.30	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de las placas de nazca y sudamérica.....	13
Figura 2. Mapa sísmico del Perú para el periodo 1960 a 2019.....	14
Figura 3. Cantidad de sismos registrados durante el 2006	16
Figura 4. Mapa de zona sísmicas del Perú	17
Figura 5. Estructuras de pórticos	21
Figura 6. Sistema a porticado o muros estructurales	21
Figura 7. Sistema estructural de albañilería	22
Figura 8. Origen del agente causante de patologías en concreto	24
Figura 9. Ejemplo de agrietamiento	25
Figura 10. Ejemplo de descascaramiento	26
Figura 11. Ejemplo de eflorescencia en muros	26
Figura 12. Esclerómetro	28
Figura 13. Ubicación de la capilla principal de la iglesia los amigos del Perú.....	34
Figura 14. Vista exterior de la capilla principal de la iglesia los amigos del Perú.....	35
Figura 15. Vista interior de la capilla	35
Figura 16. Se observa patologías por humedad en las columnas y muros	36
Figura 17. Vista de las fisuras por el interior de la capilla.....	36
Figura 18. Vista de fisuras en el techo de la capilla	37
Figura 19. Zonificación superficial de suelos en el distrito de Tacna	38
Figura 20. Toma de medidas de la capilla principal.	39
Figura 21. Toma de medidas de elementos estructurales.....	39
Figura 22. Plano de distribución.....	40
Figura 23. Visualización de los elementos estructurales	41
Figura 24. Ficha de inspección de visual	42

Figura 25. Ubicación de puntos ensayados con esclerómetro del primer piso	43
Figura 26. Esclerómetro	43
Figura 27. Toma de datos del ensayo en columna	44
Figura 28. Toma del ensayo en vigas	44
Figura 29. Ficha de ensayo del esclerómetro	45
Figura 30. Abaco del esclerómetro	45
Figura 31. Ficha de inspección de patologías en muro	46
Figura 32. Ficha de inspección de patologías en losa.....	47
Figura 33. Ficha de inspección de patologías en columna.....	48
Figura 34. Modelamiento en el software etabs.....	49
Figura 35. Propiedades del concreto	53
Figura 36. Propiedades de albañilería maciza	54
Figura 37. Modelamiento 3d de la estructura	55
Figura 38. Modelado del primer piso de la estructura	55
Figura 39. Modelado del segundo piso de la estructura.....	56
Figura 40. Zonificación sísmica	57
Figura 41. Aceleración espectral en dirección x.....	60
Figura 42. Aceleración espectral en dirección y.....	60
Figura 43. Fuerzas cortantes de la estructura.....	61
Figura 44. Análisis modal.....	65
Figura 45. Derivas de ambos pisos en dirección x.....	67
Figura 46. Derivas de ambos pisos en dirección y.....	68

RESUMEN

El trabajo de investigación titulado "Evaluación estructural sísmica de la capilla principal de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA) de la Municipalidad Distrital de Tacna - Tacna - 2023" se enfocó en la capilla principal de la Iglesia "Los Amigos del Perú", una estructura que presenta múltiples patologías debido a su avanzada antigüedad. El objetivo primordial de este estudio fue evaluar el comportamiento estructural de la capilla principal. Durante la investigación, se llevaron a cabo evaluaciones exhaustivas de la estructura, revelando la presencia de fisuras en la losa y deterioro en las partes externas de las columnas. Se determinó que la estructura está conformada por un sistema estructural aporticado de concreto armado con muros de albañilería. Es importante destacar que esta edificación tiene 40 años de antigüedad y ha alcanzado su límite de vida útil. Además, se realizaron ensayos de endurecimiento y pruebas no destructivas para determinar las propiedades mecánicas de los elementos estructurales, revelando una resistencia del concreto de $127,4 \text{ kg-f/cm}^1$, la cual no cumple con el requisito especificado en la norma sísmica de 210 kg-f/cm^2 . En relación al comportamiento sísmico, se llevó a cabo un análisis de la capilla en Tacna, y se encontró que las distorsiones del eje "X" y "Y" cumplen con los límites establecidos, indicando que la estructura es rígida en ambas direcciones, lo que es favorable desde un punto de vista sísmico.

Palabras clave: Evaluación estructural; vulnerabilidad; Capilla principal; patologías.

ABSTRACT

The research work being presented called, "Seismic structural evaluation of the main chapel of the national evangelical church los amigos del Perú (INELA) of the distrital municipality of Tacna -Tacna - 2023" focused on the main chapel of the "Los Amigos del Perú" Church, a structure that exhibits multiple pathologies due to its advanced age. The primary objective of this study was to assess the structural behavior of the main chapel. Throughout the investigation, comprehensive assessments of the structure were conducted, revealing the presence of fissures in the slab and deterioration in the external parts of the columns. It was determined that the structure is comprised of a reinforced concrete frame structural system with masonry walls. It is essential to note that this building is 40 years old and has reached its limit of useful life. Furthermore, hardness tests and non-destructive testing were carried out to determine the mechanical properties of the structural elements, revealing a concrete strength of 127.4 kg-f/cm^2 , which does not meet the specified requirement in the seismic code of 210 kg-f/cm^2 . Regarding seismic behavior, an analysis of the chapel in Tacna was conducted, and it was found that the distortions along the "X" and "Y" axes comply with the established limits, indicating that the structure is rigid in both directions, which is favorable from a seismic standpoint.

Key words: Structural evaluation; vulnerability; church structure; pathologies.

INTRODUCCIÓN

Esta investigación tiene como objetivo llevar a cabo una evaluación estructural sísmica, determinando la resistencia promedio del concreto a través del ensayo de esclerometría en los elementos estructurales de la capilla principal de la Iglesia "Los Amigos" en la Municipalidad Distrital de Tacna. Esta evaluación se basa en las regulaciones y normativas de diseño sísmico, en particular la Norma Técnica Peruana E-030, que fue desarrollada con el propósito de prevenir el colapso de edificios en caso de desastres naturales, como el terremoto que ocurrió el 23 de junio de 2021. Este sismo afectó a numerosas edificaciones, lo que resaltó la importancia de reforzar la rigidez de las estructuras de construcción a través de investigaciones y la actualización de las normativas. Esto nos permite diseñar edificios resistentes a sismos, garantizando su durabilidad y su capacidad de resistencia ante futuros eventos sísmicos.

Tacna, al encontrarse en la costa de Perú, es una región con un alto riesgo de sufrir terremotos de gran magnitud, ya que está catalogada como una zona de alta sismicidad. Los colapsos de edificios durante eventos sísmicos suelen deberse al desconocimiento de las normativas de construcción y a la construcción de viviendas sin seguir criterios adecuados, incluyendo la elección de materiales inadecuados. Esto genera inestabilidad estructural e irregularidades que hacen que las edificaciones sean vulnerables ante los sismos.

Esta tesis está dividida en V capítulos. En el Capítulo I de este trabajo, se presentan las hipótesis, problemas y objetivos, centrándose en la estructura de una iglesia.

El Capítulo II aborda los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y la definición de términos clave.

El Capítulo III detalla el tipo de diseño, la población y la muestra del estudio, así como las técnicas de recolección de datos utilizadas.

El Capítulo IV presenta los resultados obtenidos.

El Capítulo V profundiza en el desarrollo y discusión de los resultados. Posteriormente se exponen las conclusiones y se ofrecen recomendaciones. Finalmente, el trabajo se cierra con la bibliografía y anexos pertinentes.

Esta investigación se lleva a cabo con el propósito de contribuir a la seguridad y resistencia de las estructuras en la región de Tacna, reconociendo la importancia de la preparación frente a sismos en una zona de alto riesgo sísmico como esta.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

El Perú, y en particular la región de Tacna, enfrenta una problemática grave en lo que respecta a la sismicidad, la informalidad en la construcción y la vulnerabilidad de las edificaciones. La zona se encuentra en una región de alta actividad sísmica, lo que aumenta el riesgo de daños significativos en las edificaciones. La informalidad en la construcción, con la falta de supervisión y cumplimiento de normativas, a menudo conlleva a estructuras poco resistentes a sismos.

Este problema se vuelve aún más crítico al considerar que muchas capillas en Tacna, además de su valor cultural y religioso, tienen el potencial de servir como refugios en caso de sismos, brindando protección a la comunidad. Sin embargo, la falta de evaluaciones estructurales adecuadas y la ausencia de medidas de reforzamiento las dejan vulnerables en situaciones de emergencia.

La necesidad de abordar esta problemática es imperativa, ya que la ocurrencia de un sismo significativo podría tener consecuencias devastadoras en la región. Se requieren esfuerzos coordinados para promover la evaluación estructural de capillas, garantizar su capacidad de funcionar como refugios seguros y promover la conciencia sobre la importancia de la construcción segura y regulada en una zona de alto riesgo sísmico como Tacna. La solución a esta problemática implica un enfoque interdisciplinario que involucre a autoridades locales, instituciones religiosas, profesionales de la construcción y la comunidad en su conjunto

Este trabajo de "Evaluación estructural sísmico de la capilla principal de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA) de la municipalidad distrital de Tacna - Tacna, 2023" se ha desarrollado con el propósito de abordar la problemática mencionada anteriormente. La evaluación se centra en la capilla principal de la Iglesia Nacional Evangélica Los Amigos del Perú, que es una estructura con un alto valor religioso, y que además podría funcionar como refugio en caso de sismos en la región de Tacna.

A través de este trabajo, se busca evaluar la resistencia sísmica de la capilla principal, identificar posibles deficiencias estructurales y proponer soluciones para fortalecer su capacidad de resistencia ante eventos sísmicos. Esto no solo implica garantizar la seguridad de la edificación y de quienes la utilizan, sino también promover la conciencia sobre la importancia de la construcción segura y la evaluación estructural en una zona de alto riesgo sísmico.

Los resultados y conclusiones de este trabajo no solo beneficiarán a la capilla en cuestión, sino que también pueden servir como ejemplo y guía para otras estructuras en Tacna y en áreas propensas a sismos en el Perú.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la resistencia estructural sísmica de la capilla principal de la iglesia Nacional Evangélica Los Amigos del Perú (INELA) en la Municipalidad Distrital de Tacna - Tacna, con el fin de garantizar su estabilidad y seguridad ante eventos sísmicos en el año 2023?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuáles serán las propiedades mecánicas de los elementos estructurales de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA)?
- b. ¿Cuál es el comportamiento sísmico de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA) evaluando según la norma E-030 de diseño sismorresistente?
- c. ¿Cuáles son las patologías de los principales elementos estructurales de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA)?

1.3. Justificación e importancia de la investigación

La justificación de este trabajo de "Evaluación estructural sísmico de la capilla principal de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA) de la municipalidad distrital de Tacna - Tacna, 2023" se basa en la necesidad imperante de abordar una serie de preocupaciones cruciales que afectan no solo a la capilla en cuestión, sino también a la comunidad y a la región de Tacna en su conjunto. Aquí se presenta la justificación:

1.3.1. Desde el punto de vista de Riesgo sísmico

Según la norma E.030 de Diseño Sismorresistente, Tacna se encuentra en una zona de alta actividad sísmica (Zona 4), lo que hace que la región sea especialmente vulnerable

a terremotos. La ocurrencia de un sismo significativo representa una amenaza constante para las edificaciones y la seguridad de la comunidad.

1.3.2. Desde el punto de vista de la norma E-030, E-020, E-060

La informalidad en la construcción, la falta de cumplimiento de normativas E-030, E-020, E-060 y la ausencia de evaluaciones estructurales adecuadas han dejado a muchas edificaciones en Tacna en un estado de vulnerabilidad ante sismos. Esto incluye estructuras con valor religioso, como la capilla principal de la Iglesia Nacional Evangélica Los Amigos del Perú.

1.3.3. Desde el punto de vista social

La información que aporta la presente investigación es de interés distrital, regional y nacional, debido a que es importante para conocimiento de los miembros de la iglesia. Asimismo, la protección de la comunidad en situaciones de emergencia es de suma importancia. Reforzar estructuras como la capilla principal no solo garantiza su conservación, sino que también contribuye a la seguridad y el bienestar de quienes buscan refugio en ella.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

“Evaluar la resistencia estructural sísmica de la capilla principal de la iglesia Nacional Evangélica Los Amigos del Perú (INELA) en la Municipalidad Distrital de Tacna - Tacna, con el fin de garantizar su estabilidad y seguridad ante eventos sísmicos en el año 2023”

1.4.2. Objetivos específicos

- a. “Determinar la propiedad de las columnas y vigas contemplados en la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA).”
- b. “Determinar el comportamiento sísmico de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA) según la norma E-030 de diseño sismorresistente.”
- c. “Identificar las patologías de los principales elementos estructurales de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA).”

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

Se espera que la capilla principal de la Iglesia Nacional Evangélica Los Amigos del Perú (INELA) en la Municipalidad Distrital de Tacna - Tacna cumpla con los requisitos de resistencia estructural sísmica establecidos por las normativas y códigos de construcción vigentes, lo que garantizará su capacidad para soportar adecuadamente eventos sísmicos y salvaguardar la integridad de las personas y del edificio en el año 2023.

1.5.2. Hipótesis específicas

- a. “Mediante los ensayos de campo es posible determinar las propiedades mecánicas de los elementos estructurales de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA).”
- b. “Según el análisis sísmico de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA) no cumple con los parámetros mínimos establecidos según la norma E-030.”
- c. “Mediante las fichas de inspección es posible determinar los tipos de patologías en los distintos elementos donde se pueden mostrar fisuras, grietas, vigas con presencia de pandeo y estructuras construidas con material no estructural.”

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. A nivel internacional

Esta investigación aborda los estudios para la evaluación sísmica estructural del edificio vivienda El Marvy, de modo que se obtengan sus parámetros globales de control. Se realiza un inventario de las lesiones manifestadas a partir del impacto de un camión en una columna del primer nivel a finales de 2015. La hipótesis de cálculo de comportan como elementos infinitamente rígidos en su plano, comportamiento elástico lineal de la estructura, el modelo de cálculo de la estructura corresponde a un modelo mecánico espacial (6 grados de libertad) y un modelo inercial compuesto por una masa concentrada en cada uno de los nudos que componen la estructura, con dos grados de libertad (desplazamientos en el plano horizontal). Teniendo como conclusiones que el edificio tiene un sistema estructural de pórticos de hormigón armado fundido in situ con cubierta plana, con una planta en forma de L. Del análisis y evaluación de los parámetros de control global realizado se concluye que es de esperar que el inmueble desarrolle una respuesta estructural adecuada ante la ocurrencia de un evento sísmico correspondiente a los niveles de peligro que el código sísmico cubano establece para Santiago de Cuba. (Durand et al. , 2018)

El propósito del artículo es divulgar los progresos de una investigación en curso que busca dar a conocer, entender, analizar y aplicar el conocimiento actual acumulado sobre las técnicas de evaluación estructural según niveles de desempeño sísmico en edificios de concreto reforzado con marcos rígidos. Se examinaron documentos relevantes como ATC-40, FEMA 273, 356, VISION 2000, entre otros. La investigación adoptó un enfoque mixto con un diseño no experimental y transversal debido a la recopilación de datos en un momento específico. Aunque fue descriptiva en su alcance, incluyó un componente cuantitativo al consultar a ingenieros en formación sobre su conocimiento en esta área. El estudio se centra en revisar el estado actual de la evaluación estructural de desempeño sísmico en edificios de concreto. Se presentan los resultados de una encuesta para evaluar el nivel de conocimiento sobre las técnicas de evaluación sísmica por desempeño. En futuras etapas, se planea aplicar estas técnicas en un edificio específico utilizando programas computacionales especializados. (Joel Nuñez, 2023)

En esta tesis doctoral se presentan contribuciones innovadoras destinadas a mejorar la comprensión de la amenaza sísmica en la región centroamericana, especialmente en Costa Rica. El objetivo principal es evaluar de manera probabilística la capacidad y el daño sísmico anticipado en edificios, centrándose en dos tipos de construcciones ampliamente utilizadas en Costa Rica. Se emplea una extensa base de datos de acelerogramas que incluye más de 3000 registros de más de 1000 eventos sísmicos. Además de describir la base de datos y sus características relevantes para el análisis estructural, se proponen nuevas métricas de intensidad sísmica que consideran la independencia del registro con respecto a la orientación del acelerómetro, lo que permite identificar valores medios y máximos en la amenaza, definida mediante espectros de respuesta con un amortiguamiento del 5%. Se presenta también una nueva técnica para determinar la máxima amenaza sin depender de la orientación del sensor, lo que reduce considerablemente el tiempo de cálculo requerido y amplía las posibilidades de aplicación. La tesis se enfoca en el estudio de dos tipos de edificios típicos de Costa Rica, un país con una significativa peligrosidad sísmica que alcanza valores de PGA esperados para un periodo de retorno de 475 años de hasta 600 cm/s^2 (0.6 g) en la costa del Pacífico, siendo la aceleración básica de diseño en el lugar de los edificios estudiados (ciudad de San José) de 0.36 g según las directrices normativas (CFIA, 2011). Se concluye que estos edificios presentan un comportamiento sísmico adecuado según los criterios de diseño, mostrando un comportamiento dúctil y cumpliendo con los objetivos de desempeño establecidos en las normativas actuales. Además, este trabajo ofrece contribuciones significativas en el análisis de los efectos de la direccionalidad en las acciones sísmicas esperadas en Centroamérica, así como en otros aspectos metodológicos relacionados con el modelado de curvas y espectros de capacidad, modelos de daño, tanto desde perspectivas deterministas como probabilísticas, y utilizando análisis no lineales estáticos y dinámicos. (Hidalgo Leiva, 2017)

2.1.2. A nivel nacional

La investigación se llevó a cabo en la Institución Educativa Virgen del Carmen, situada en el distrito de Chimbote, provincia de Santa, en el departamento de Ancash. La metodología utilizada fue de tipo Descriptiva – Explicativa, enfocada en describir la evaluación de un elemento sin manipular intencionalmente los datos. El objetivo general planteado fue Determinar la Evaluación estructural con diseño sísmico de la I.E. Virgen del Carmen, Chimbote – Ancash – 2020, mientras que los objetivos específicos incluyeron determinar la clasificación del suelo a evaluar, la resistencia a la compresión

de los elementos de concreto en los pabellones, mediante la obtención y ensayo de testigos diamantinos y esclerometría, el análisis estático y dinámico de los pabellones estudiados, y proponer soluciones ante posibles fallos. Se llegó a la conclusión de que los desplazamientos en el pabellón A, en la dirección x-x, no cumplían con los parámetros normativos establecidos, aunque sí lo hacían en la dirección y-y. En cuanto al pabellón B, tanto en la dirección x-x como en la dirección y-y, cumplían con los parámetros normativos. Sin embargo, los ensayos realizados al pabellón B mostraron que no cumplía con la resistencia mínima requerida de 210 kg/cm², a diferencia del ensayo de esclerometría que sí cumplió con este requisito. (Izaguirre Velasquez & Polinario Melgarejo, 2020)

El proyecto de investigación titulado "Evaluación por desempeño sísmico y comportamiento estructural de un edificio, HUACHO-2020" tiene como objetivo principal determinar el rendimiento, nivel de desempeño, grado de daño y respuesta estructural de un edificio ante la demanda específica inducida por un sismo. Esto se logra mediante el análisis no lineal estático "Pushover", utilizando dos métodos de interacción: el método de espectro de capacidad - demanda y el método de coeficientes por desplazamiento, parametrizados según los códigos FEMA440, FEMA 356, ATC-40 y el ASCE/SEI 41-13. Antes de la evaluación, el edificio cumple con los parámetros de la norma sismorresistente E-030, concreto armado E-060 y de cargas E-020 del Reglamento Nacional de Edificaciones. La información proviene de los planos estructurales que detallan las características físicas, configuración estructural, distribución y materiales a utilizar.

Este estudio emplea métodos analíticos para crear un modelo estructural virtual en el software ETABS V.18, exclusivamente para el análisis "Pushover", considerando las características no lineales de los materiales. La evaluación por desempeño sísmico se divide en tres grupos: primero, se determina la respuesta o capacidad estructural del edificio; segundo, se evalúa la demanda sísmica utilizando el espectro de respuesta inelástico de la zona, formando tres niveles de demanda que representan las aceleraciones máximas esperadas en la zona del proyecto; tercero, se determina el punto de desempeño y se evalúa el nivel de desempeño, grado de daño y respuesta estructural mediante los métodos mencionados, utilizando puntos límite de objetivos.

Los resultados revelan que los puntos de desempeño obtenidos con los espectros de demanda sísmica propuestos por ATC-40 muestran fuerzas de cortante

superiores a las previstas en el diseño de la estructura. Se destaca una sobre resistencia en la zona no lineal de la estructura, influenciada principalmente por las placas en ambas direcciones evaluadas. La estructura logra un nivel de desempeño excelente en la dirección Y-Y para los tres niveles de sismo, según el espectro de capacidad-demanda, y presenta un grado de daño leve, moderado y severo, demostrando un buen desempeño esperado. Se concluye que el análisis no lineal estático "Pushover" es un método eficiente para el diseño y evaluación de estructuras, ofreciendo resultados precisos y cumpliendo con las demandas sísmicas de manera económica y eficiente. (Diego Hoces, 2020)

La investigación tuvo lugar en Laredo, específicamente en el centro educativo Corazón de Jesús N°1705, donde se realizó un análisis sísmico con disipadores. Se siguió una metodología descriptiva sencilla mediante análisis documental y observación directa, utilizando una ficha resumen y una guía de observación para los parámetros sísmicos. Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva. La motivación para este estudio proviene de la vulnerabilidad de Laredo a eventos sísmicos debido a su ubicación en una zona de alta actividad sísmica, especialmente considerando la importancia del centro educativo Corazón de Jesús. Se consideró la implementación de tecnología antisísmica como una medida preventiva. El análisis sísmico se realizó utilizando el programa Etabs y las aceleraciones del sismo de Loreto en 2019. Los resultados indicaron que las derivas de la edificación estaban muy cerca del límite permitido por la normativa E.030. Posteriormente, se llevó a cabo un análisis sísmico utilizando disipadores en la estructura, lo que permitió reducir significativamente las derivas y obtener una mejor comprensión de las deformaciones y desplazamientos de la estructura. (Reyes Azañero, 2021)

2.1.3. A nivel Local

La presente tesis de investigación se realizó en el Centro Educativo Inicial 225 Niños Héroes que presenta daños estructurales ocasionados por el sismo del 2001, La investigación tiene como objetivo principal evaluar el comportamiento estructural sísmico del Pabellón "C", el cual presenta mayores deficiencias en comparación con los demás pabellones. Primeramente, se realizó un análisis y evaluación de la estructura, encontrando varias deficiencias como el pandeo en vigas, filtraciones de agua en los techos, presencia de caliche en paredes, fisuras en paredes y columnas, además el C.E.I. está construido de material no estructural (bloqueta artesanal), cuenta con más de 30 años y otros. Luego, se realizó el ensayo de esclerómetro en los distintos elementos estructurales (ensayo no destructivo), el cual arrojó una resistencia promedio de $f'c=175$

kgf/cm². Se realizó el modelado en software ETABS, obteniéndose que el Pabellón “C” del C.E.I. 225 Niños Héroes, presenta un comportamiento estructural sísmico deficiente, de acuerdo con la norma E.030, ya que la deriva máxima en sentido X es 0.0117 el cual supera el límite permisible, además la estructura presenta deficiencias estructurales, como conclusión final se obtuvo que el Pabellón “C” del C.E.I. 225 Niños Héroes, presenta un comportamiento estructural sísmico deficiente, de acuerdo con la norma E.030, ya que la deriva máxima en sentido X es 0.008382 el cual supera el límite permisible, además la estructura presenta deficiencias estructurales, como pandeo de columnas, filtración de agua, y uso de material no estructural en el eje Y, por estar compuesto por mampostería de bloque artesanal de concreto, material que no cumple con los parámetros requeridos por la normativa vigente. (Yanqui Santos & Paniagua Luque, 2020)

La presente investigación fue el de realizar la evaluación estructural para determinar el comportamiento sísmico de un pabellón de la Institución Educativa Miguel Pro, obteniéndose que fue deficiente según los parámetros de la normativa vigente, se tubo como objetivos el realizar la evaluación estructural para determinar el comportamiento sísmico de un pabellón de la institución educativa, y como objetivos específicos fue determinar las características estructurales del pabellón evaluado, si el comportamiento sísmico del pabellón evaluado cumple con los parámetros estipulados en el reglamento nacional de edificaciones vigente, al determinar las características estructurales del pabellón evaluado se encontraron numerosas patologías por medio de la inspección visual, y al obtener las propiedades mecánicas de los elementos estructurales mediante el ensayo de esclerometría se encontró que la resistencia a la compresión del concreto en vigas no alcanzaba el valor mínimo de 21 Mpa o 210 kgf/cm² definido por la norma técnica E.060 Concreto Armado. Se realizó el análisis estructural de un modelo del pabellón evaluado existente elaborado en el software ETABS v19.1.0 y se encontró que las derivas de entrepiso sobrepasan el valor máximo de 0.007 para el sistema pórticos de concreto armado en dirección X y el valor máximo de 0.005 para el sistema de muros de albañilería confinada en dirección Y. Además, la estructura poseía irregularidades no permitidas por la Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente. (Cuchillo Choquesa & Serruto Salas , 2022)

En la presente tesis se determinó el comportamiento sísmico del pabellón “1” de la I.E. 42251 Simón Bolívar mediante una evaluación estructural; debido a que se encuentra ubicada en una zona de sismicidad muy alta, suelo blando y por tener una estructura de 24 años de antigüedad; con la finalidad de asegurar que las estructuras no colapsen, se mantengan operativas ante un evento sísmico y salvaguarden la vida

humana. Se evaluaron los tres (03) bloques que conforman el pabellón en base al reglamento nacional de edificaciones, se hizo un levantamiento perimétrico para la elaboración de los planos, se realizó el ensayo de esclerometría en los elementos estructurales, aplicando un coeficiente de confianza de 1,35 se calculó una resistencia a la compresión de $f'c= 207,27 \text{ kgf/cm}^2$ en el bloque 01; $f'c= 234,17 \text{ kgf/cm}^2$ en el bloque 02 y $f'c= 220,11 \text{ kgf/cm}^2$ en el bloque 03. Para finalizar se desarrolló el modelado en el programa ETABS v20, aplicando la norma E.030 Diseño sismorresistente se determinó que el pabellón "1" tiene un comportamiento sísmico eficiente en la dirección X donde predomina el sistema estructural de pórticos de concreto armado y en la dirección Y donde predomina el sistema estructural de albañilería; debido a que los máximos desplazamientos relativos de entrepiso del bloque 01 en la dirección X es de 0,001506 y 0,000894; en la dirección Y es de 0,001296 y 0,000942; mientras del bloque 02 en la dirección X es de 0,002298 y 0,002052; en la dirección Y es de 0,000383 y 0,000502; además en el bloque 03 en la dirección X es de 0,003786 y 0,002862; en la dirección Y es de 0,000396 y 0,000538; por lo tanto, no exceden del límite de distorsión establecidos por la norma E.030. (Mendoza Cachicatari & Condori Tuco, 2022).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Sismicidad en el Perú

El Perú se considera altamente sísmico debido a su ubicación dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico. Esta ubicación geográfica hace que se produzcan frecuentemente terremotos de diferentes magnitudes y en diversas profundidades. Estos sismos pueden ocurrir tanto en áreas urbanas como en ciudades, lo que puede resultar en daños estructurales y pérdida de vidas humanas de variada magnitud.

2.2.2. Tipos de sismos

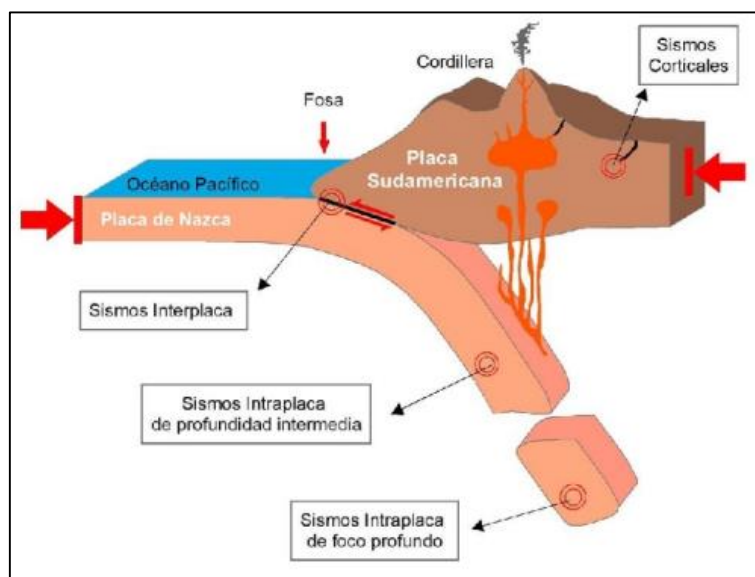
Sismos interplaca: Son terremotos superficiales resultantes de la convergencia y los procesos de fricción entre las placas de Nazca y Sudamericana (figura 1), fuerza que mueve las dos placas en direcciones opuestas. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018)

Sismos corticales: terremotos provocados por fallas geológicas repartidas por los Andes. Debido a la presencia de tensiones de compresión y tracción, la cordillera puede deformarse provocando terremotos de hasta magnitud 6,5. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018)

Sismos intraplaca: Se originan por la deformación interna de la Placa de Nazca, que se está subduciendo debajo de la corteza continental como parte del proceso de subducción. Las magnitudes de estos terremotos fueron tan altas como M8.0, (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018)

Figura 1

Esquema de las Placas de Nazca y Sudamérica



Nota: Adaptado del informe técnico (Tavera, 2020)

2.2.3. Peligros sísmicos

La zona sísmica se refiere a la distribución de diferentes áreas dentro de un país donde se puede observar una actividad sísmica específica. Esta actividad sísmica varía a través de los registros, y en el caso de Tacna, se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico. En distintas tablas se puede encontrar el valor del factor correspondiente a las zonas sísmicas de la ciudad de Tacna.

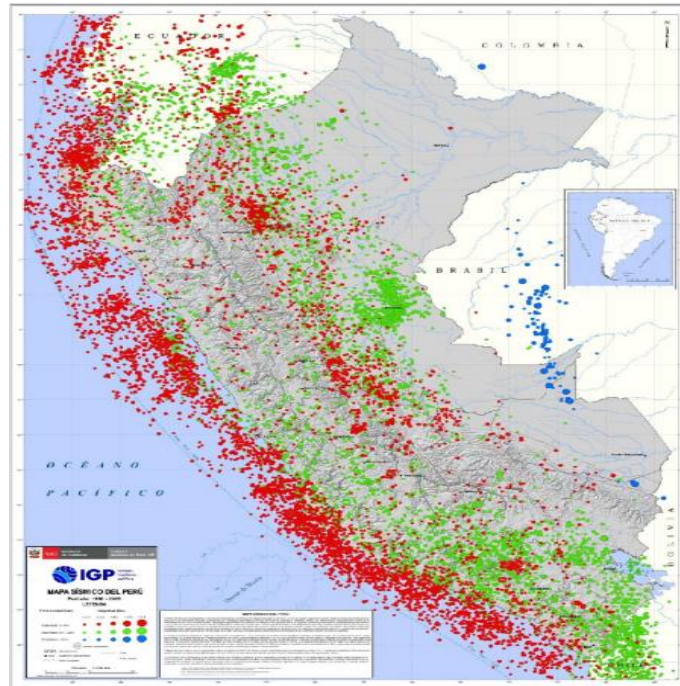
2.2.4. Distribución espacial de la sismicidad

A lo largo de la historia sísmica del Perú, se ha evidenciado que toda la población ha sido testigo de la frecuente ocurrencia de sismos de gran magnitud, resultando afectada en diversas medidas. La Figura 2 presenta el mapa de sismicidad del Perú desde el año 960 hasta 2019. En este mapa, los sismos de foco superficial (con profundidades menores a 60 km) se representan con círculos rojos, los sismos de foco intermedio (con profundidades entre 61 y 300 km) se representan con círculos verdes, y los sismos de

foco profundo (con profundidades mayores a 500 km) se representan con círculos azules (Tavera, 2020).

Figura 2

Mapa sísmico del Perú para el periodo 1960 a 2019



Nota: Los colores y tamaños de los círculos indican los rangos de profundidad y magnitud de los sismos Adaptado del informe técnico (Tavera, 2020)

2.2.5. Sismicidad de Tacna

En 2006, el UNJBG realizó un estudio que identificó las áreas con mayor actividad sísmica. De marzo a julio se registró una actividad significativa, con 44 terremotos registrados en julio, lo que indica que la actividad sísmica en 2006 mostró en general un comportamiento que podría considerarse normal, con un promedio de menos de 1,5 terremotos por día (figura 3). El estudio concluye: En los primeros meses de 2006 se registró un comportamiento irregular de la actividad sísmica, pasando de 37 terremotos registrados en enero a 25 en febrero y 42 en marzo, 24 y 37 veces hasta abril. (Conrado Bedoya , 2006)

Objetivos:

- Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica del edificio.

- Describir la vulnerabilidad de la población.
- Determinar el peligro sísmico en el área.
- Determinación del riesgo sísmico en la región Tacna.

Conclusiones:

- Peligro sísmico en el área de Ciudad Nueva debido a las condiciones de ubicación en una zona de alta sismicidad, el tipo de subsuelo consistente en suelo volcánico arenoso, limoso con baja capacidad de carga que oscila entre 0.25 a 1.00 kg/cm² y la topografía del área determinó el terreno plano. en el centro de la ciudad y la topografía inclinada en las laderas del monte Intiorko tienen un alto nivel de riesgo sísmico.
- La vulnerabilidad sísmica de las viviendas de la zona de estudio es alta. En el sector 1, que está ubicado en el centro del distrito, el 94 % de las paredes de las casas están hechas de bloques hechos a mano, el 6 % de ladrillos, el 88 % con elementos de refuerzo de columnas y vigas y el 12 % sin refuerzo, generalmente materiales de construcción de calidad, 100 % autoconstruido, 70 % en buen estado, 30 % en mal estado, construido hace 18 años.
- En el sector 2, ubicado en la ladera del cerro Intiorko, los muros de las casas son 74 % de bloques hechos a mano, 13 % de ladrillos, 67 % con elementos de refuerzo de columnas y vigas y 33 % sin refuerzo. Materiales de construcción, 100 % autoconstrucción, 80 % moderadamente conservado, 20 % en mal estado
- Ciudad Nueva tiene un alto nivel de vulnerabilidad social, sociedad no organizada, débiles relaciones entre instituciones y habitantes, poca capacitación y educación sobre desastres, poca información en los medios de comunicación sobre desastres, poco conocimiento sobre planes de prevención y situaciones de emergencia, mínimo. participación ciudadana en las labores municipales, falta de herramientas y equipos para el registro de fenómenos sísmicos.
- Debido a la alta peligrosidad sísmica y los altos parámetros de vulnerabilidad que se encuentran en las edificaciones, el riesgo sísmico en la nueva ciudad se clasifica como riesgo alto.

Figura 3

Cantidad de sismos registrados durante el 2006



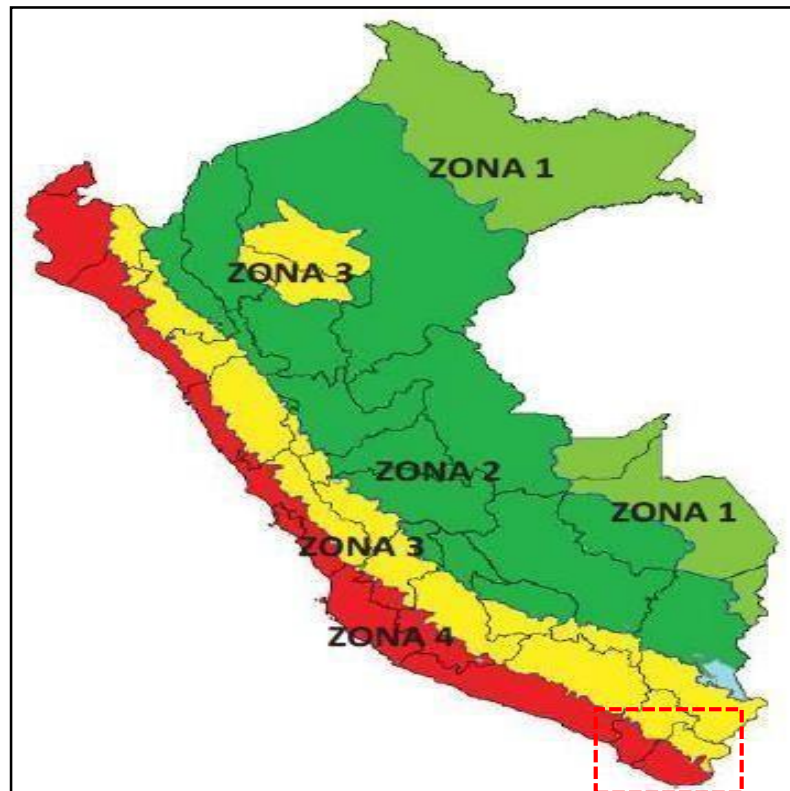
Nota: Adaptado del informe de estudio de sismicidad de Tacna (Conrado Bedoya , 2006)

2.2.6. Normativa Peruana E-030

a. Zonificación

La zonificación se refiere a la división de áreas geográficas dentro de un territorio nacional en función de ciertos criterios, como los tipos de edificios permitidos. El territorio del país está dividido en cuatro regiones como se muestra en la figura 4.

Esta clasificación se basa en la distribución espacial observada de la sismicidad y las características generales de los movimientos sísmicos. A cada zona se le asigna un factor Z que representa la aceleración horizontal máxima sobre una superficie de tierra sólida expresada como una fracción de la aceleración de la gravedad. (Conrado Bedoya , 2006)

Figura 4*Mapa de zona sísmicas del Perú*

Nota. Según la imagen la región de Tacna se encuentra en la zona 4.

Fuente: norma E030 Diseño sismorresistente. (NTP, 2018)

b. Microzonificación

La microzonificación sísmica se desarrolló basándose en la ocurrencia de eventos sísmicos y muestra la influencia de las condiciones locales del suelo en el comportamiento del terreno bajo la influencia de las vibraciones sísmicas y la distribución de los daños en lugares específicos. Esto ha generado la necesidad de identificar zonas con mayor o menor peligro ante la ocurrencia de terremotos (Conrado Bedoya , 2006).

- **Microzonificación sísmica de Tacna**

El concepto integral de microzonificación sísmica abarca diversos aspectos y pasa por varios enfoques que tienen en cuenta diversos fenómenos naturales que amenazan el área de estudio.

En este caso en particular, se ha tomado en cuenta los sismos, ya que son el fenómeno natural más importante que ha causado pérdidas de vidas humanas y materiales.

El método desarrollado se basa principalmente en delimitar el área de estudio alrededor de los centros urbanos, dividiendo el área en sectores con características similares en términos de fenómenos naturales violentos y definiendo cada sector utilizando criterios simples como propiedades del suelo, capacidad de carga, etc. Prefiera terreno plano a terreno inclinado y terreno rocoso a suelo blando y húmedo. Las zonas más peligrosas se utilizan para marcar las zonas más seguras y económicas para el desarrollo urbano. (Conrado Bedoya , 2006)

El resultado del proyecto se materializa en la elaboración de dos planos: un plano de zonificación de suelos y un plano de zonificación geotécnica.

La información básica utilizada para obtener estos resultados proviene de estudios anteriores y del trabajo de campo realizado por los miembros del proyecto.

El primer resultado tiene la finalidad de definir tres zonas, o tipos de suelo, con las características siguientes:

zona I

“correspondiente a suelos de clasificación arena limosa SM de origen cenizas volcánicas, presiones admisibles del suelo que varían de 2,54 Kg/cm² a 2,90 Kg/cm²; el potencial de colapso varía de 0,21 % a 0,50 %, presenta asentamientos mínimos de 1,50 cm y máximo de 1,52 cm. Esta zona comprende: toda la zona norte del distrito de Pocollay como la Asociación de Vivienda 8 de octubre, Asociación de Vivienda Jerusalén, Nueva Esperanza, AAPITAC, Asociación de Vivienda La Colina, Asociación de Vivienda Primavera – Takana; también presentes en el distrito de Alto de la Alianza, parcialmente en las Asoc. de Viv. Mariscal Miller, Esperanza y P.J. Alto de la Alianza. Por lo que es una zona sin mayores problemas” (Kuroiwa et al, 2004).

zona II

“Corresponde a suelos de clasificación SM arenas limosas de origen fluvial, que presenta valores de densidad natural variando desde 1,44 g/cm³ a 1,80 g/cm³ , períodos de vibración natural del suelo desde 0,2 Hz a 0,25 Hz, capacidades de carga variando desde 0,63 Kg/cm² a 0,76 Kg/cm² , valores de potencial de colapso de 0,78 % a 0,80 %. Los asentamientos que se pueden producir en este suelo varían de 1,57 cm a 3,32 cm. Estas zonas comprenden en su totalidad a los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva. En esta zona se tienen

problemas con los asentamientos de los suelos en especial en la zona denominada Terminal del Altiplano en el distrito de Alto de la Alianza, puesto que presenta valores de 3,32 cm, para una estructura de 5 pisos” (KUROIWA et al, 2004)

zona III

está conformada por suelos de clasificación SM arenas limosas de origen fluvial con periodos naturales de vibración del suelo promedio alrededor a 0,25 Hz, con valores de potencial de colapso de 1,72 % a 11,5 %, valores de presiones admisibles del suelo que varían de 0.58 Kg/cm² a 0.64Kg/cm² . Los asentamientos que se pueden producir en esta zona varían de 1,57 cm a 8,74 cm. Esta zona abarca los lugares conocidos como Asociación de Vivienda Vallecito, Asociación de Vivienda Los Ángeles, Urb. Villa Sol, Asociación de Vivienda Teodoro Rodríguez Pisco, Urb. Santa Fátima y el Paseo Cívico. La zona del Hospital General de Tacna del Ministerio de Salud, resulta ser una zona problemática puesto que presenta valores de asentamientos igual a 8,74 cm y potencial de colapso igual a 11,5 % y se considera como *problema severo* (KUROIWA et al, 2004)

ZONA IV

Conformada por suelos de clasificación GP compuestos por gravas pobremente graduadas esta zona se esperan asentamientos que varían de 1,47 cm a 1,62 cm. Esta zona abarca la Urb. Francisco Bolognesi y Urb. Villa Caplina en el distrito de Tacna, todo el resto del distrito de Pocollay, y toda la zona norte del distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa como ser los terrenos del cuartel Tarapacá, AA. HH. El Morro, Asociación de Vivienda 3 de diciembre, Asociación de Vivienda Alfonso Ugarte I, II y III, Asociación de Vivienda Las Begonias, Asociación de Vivienda San Francisco, Asociación de Vivienda Las Américas, AA.HH. Villa Héroes del Cenepa. En esta zona existe un caso particular acerca de las gravas porque están 112 fuertemente cementadas con sales, pero a su vez son colapsables en un rango moderado. Están expuestas en la zona Asociación de Vivienda Villa Héroes del Cenepa en la cual ha resultado con potencial de colapso 1,51 % que se considera como PROBLEMA MODERADO; con estas características se debe tener especial cuidado con los jardines, fugas de agua y desagüe. (KUROIWA et al, 2004)

c. Análisis modal

Podemos describir el comportamiento dinámico de cualquier estructura mecánica lineal con parámetros que caractericen su resonancia estructural. Estos parámetros modales son la frecuencia de resonancia, la amortiguación y el modo de vibración resonante (forma modal).

El modelo matemático basado en estos parámetros es un modelo lineal que proporciona una descripción completa del comportamiento lineal de la estructura. El análisis modal es un método experimental para determinar las características de un sistema dinámico y definir el modelo dinámico de una estructura.

El análisis modal en prototipos estructurales permite la optimización del diseño mediante la simulación de respuestas de prototipos y la realización de cambios en modelos dinámicos.

Los parámetros de moda también se pueden usar para monitorear las condiciones estructurales, como defectos o defectos como el desarrollo de grietas. Esto le permite ajustar el parámetro modular de la estructura (Norma E 0.30 Diseño sismorresistente, 2018)

2.2.7. Sistemas estructurales

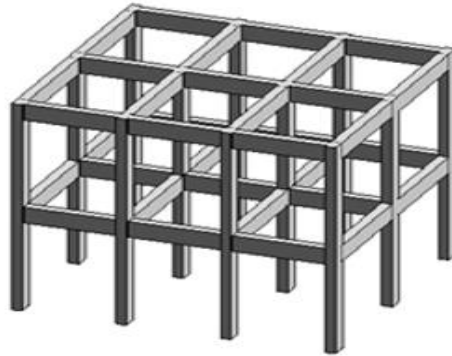
a. Sistema aporticado

El sistema descrito se conoce como sistema aporticado, el cual está compuesto por vigas y columnas. En este tipo de sistema estructural, al menos el 80 % de la fuerza cortante generada por un sismo se transmite a través de las columnas de los pórticos.

Un sistema a porticado se caracteriza por utilizar una serie de pórticos dispuestos en un mismo sentido, sobre los cuales se coloca un forjado. El soporte del sistema se puede lograr mediante barras transversales, pantallas u otros métodos como se muestra en la figura 5 (NTP E-060)

Figura 5

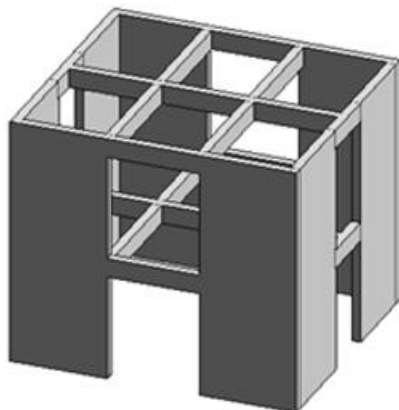
Estructuras de pórticos

**b. Muros estructurales**

El sistema descrito se conoce como sistema de muros estructurales, donde la resistencia sísmica se basa principalmente en la presencia de muros estructurales que soportan al menos el 70 % de la fuerza cortante proveniente de la base. En este tipo de sistema estructural, también puede haber pórticos, los cuales son diseñados con el objetivo de brindar mayor rigidez a las zonas consideradas más "débiles". La clasificación de un sistema como aporticado o de muros estructurales dependerá de la proporción de estos elementos en el diseño, como se muestra en la figura 6. (NTP E-060)

Figura 6.

Sistema a porticado o muros estructurales

**c. Sistema dual**

El sistema descrito es un sistema mixto que combina pórticos reforzados con muros de carga o diagonales de arriostamiento.

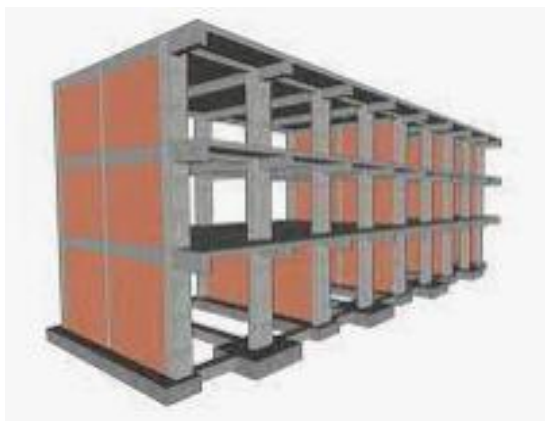
En este sistema, las fuerzas sísmicas son resistidas por la combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que los muros soportan se encuentra entre el 20 % y el 70 % del cortante en la base del edificio, como se muestra en la figura. (NTP E-060)

d. Estructuras de albañilería

La descripción se refiere a edificaciones donde los elementos sismorresistentes están compuestos por muros construidos con unidades de albañilería de arcilla o concreto, como se puede observar en la figura 7 (NTP E-060)

Figura 7.

Sistema estructural de albañilería



2.2.8. Análisis dinámico modal espectral

En el análisis modal de la Norma Sísmica Peruana E.030, existe el requisito de considerar un número mínimo de modos superiores al 90% de la masa involucrada. La masa involucrada se refiere a la masa que contribuye al movimiento sísmico. Además, la norma indica que se deben considerar al menos 3 modos. Además, se menciona que el centro de masa, que es el punto geométrico donde se induce el movimiento, genera tres tipos de movimiento: dos de traslación (en el eje Y y en el eje X) y uno de rotación (en el eje Z). (Norma E 0.30 Diseño sismorresistente, 2018)

a. Modos de vibración

Según las normas de 2018 del Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano y Rural, los modos de vibración se definen cuando la suma de las masas efectivas es al menos el 90

% de la masa total de la estructura. Por lo tanto, el análisis debe tener en cuenta los tres primeros modos principales de la dirección particular que se analiza. (Tavera H, 2020)

b. Aceleración espectral

Se utiliza el espectro inelástico de la pseudoaceleración para cada dirección analizada. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018)

$$S_a = \frac{Z \times U \times C \times S}{R} \times g \quad (1)$$

2.2.9. Periodo fundamental de vibración

La respuesta dinámica de un edificio durante un terremoto está determinada por la relación entre el período de vibración de la onda sísmica y el período de vibración del propio edificio. Cuando estos dos períodos están equilibrados y su relación está cerca de la unidad, el edificio resonará, lo que resultará en un aumento significativo en la estructura y los esfuerzos.

Para estructuras regulares, el desplazamiento lateral se calcula multiplicando el valor 0,75 por el factor de reacción R. Por otro lado, en el caso de estructuras irregulares, estos desplazamientos laterales se calculan multiplicando el valor de 0,85 por el coeficiente de reacción R. (Norma E 0.30 Diseño sismorresistente, 2018)

2.2.10. Patologías de elementos estructurales de concreto

La patología estructural es el estudio sistemático y organizado del comportamiento patológico de una estructura o de sus elementos cuando se produce algún tipo de falla o daño debido a factores internos o externos que amenazan su seguridad (enfermedad). El trabajo del patólogo incluye la realización de visitas técnicas detalladas y especializadas para analizar defectos o daños estructurales y determinar si la causa son defectos estructurales, materiales utilizados en la estructura, cambios estructurales sin consulta previa, cambio de uso, fuego, terremoto o viento, etc.

Con el acceso técnico a los patólogos estructurales, se necesitan pruebas y pruebas de laboratorio si es necesario para realizar tecnología geotécnica, detección, grietas y daños, extraer armas nucleares y usar tablas de endurecimiento y pruebas de ultrasonido para probar la calidad del concreto, la detección de acero y la corrosión. (Sanchez De Guzman, 1996)

a. Causas Físicas

Varios factores influyen en el daño potencial y el fallo del hormigón armado (figura 8). También depende de comprender los parámetros y criterios requeridos por el proyecto para seleccionar la cantidad y ubicación adecuada de los materiales involucrados. En el proceso constructivo, este conocimiento es fundamental para la selección de los componentes adecuados, su colocación y correcta instalación. Para las estructuras existentes, la posible causa o daño debe determinarse lo suficiente como para permitir un diagnóstico o evaluación apropiados según el tipo de investigación realizada en el edificio. Como ocurre con todos los materiales básicos de hormigón armado, existen causas físicas que pueden provocar algunos daños: humedad, erosión y procesos bioquímicos (Sanchez De Guzman, 1996)

b. Causas Mecánicas

La falla estructural ocurre cuando cualquier elemento del sistema estructural primario es sometido a esfuerzos o cargas distintas a aquellas para las que fue diseñado originalmente. Estas fuerzas o movimientos pueden provocar grietas o deformaciones en los elementos afectados porque los materiales que los componen no pueden soportarlas. Estos daños suponen un riesgo importante para la vida útil del sistema estructural, ya que pueden provocar la separación parcial o total del material y afectar así a la funcionalidad de la estructura. En casos extremos de daños, el edificio puede colapsar por completo (Sanchez De Guzman, 1996)

Figura 8

Origen del agente causante de patologías en concreto



Nota. Mapa conceptual de causas y efectos

c. Agrietamiento

El agrietamiento puede ocurrir de diferentes maneras, dependiendo del mecanismo que lo provoca. Puede aparecer como grietas únicas o grupos de grietas, uniformes o no, superficiales o profundas, como se muestra en la figura 9 (Sanchez De Guzman, 1996).

Figura 9

Ejemplo de agrietamiento



d. Descascaramiento

Las grietas en un material hacen que el material se separe de la superficie, lo que a menudo se denomina agrietamiento. Este fenómeno se produce principalmente en materiales sensibles como hormigón, arcilla cocida, material de soldadura, hierro fundido, etc. La exfoliación implica la separación de porciones que son relativamente grandes en comparación con el tamaño de los granos o partículas que componen el material. (Sanchez De Guzman, 1996)

Figura 10

Ejemplo de descascara miento



e. Eflorescencia

La descripción que diste se refiere a un fenómeno llamado floración. La eflorescencia es el proceso por el cual las sales solubles en un mortero pulverizan, blanquean o recubren una superficie al entrar en contacto con el agua y se acumulan sobre ella como se observa en la figura 11 (Sanchez De Guzman, 1996).

Figura 11

Ejemplo de eflorescencia en muros



2.2.11. Características mecánicas

a. Concreto

El hormigón es una mezcla compuesta de cemento, grava, arena, aditivos y agua. En estado líquido es maleable y puede adoptar diferentes formas, y en estado sólido tiene

una alta resistencia a la compresión. El hormigón se obtiene combinando una pasta similar al cemento con áridos finos y gruesos.

La norma E060 establece la ecuación (2) para determinar el módulo de elasticidad del hormigón de masa unitaria normal. Sin embargo, se pueden utilizar otros valores si están respaldados por pruebas de laboratorio, como confirmó el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento en 2009.

$$E_c = 15000 \times \sqrt{f'_c} \quad (2)$$

b. Albañilería

La mampostería se compone de piezas estructurales construidas con ladrillos, que le dan rigidez a la estructura. Estos elementos pueden estar fabricados con materiales como adobe, muros, ladrillos y bloques de cemento. Los humanos desarrollaron este sistema principalmente para satisfacer sus necesidades de vivienda.

$$E_m = 500 \times f'_m \quad (3)$$

2.2.12. Pruebas de laboratorio y de campo

Las pruebas de laboratorio y de campo pueden ser necesarias para evaluar la resistencia de los materiales utilizados en la construcción y determinar propiedades como la rigidez y la ductilidad.

a. Ensayo No Destructivo

Las pruebas no destructivas se refieren a pruebas que no causan cambios en la forma o propiedades del objeto. Estas pruebas no causan daños perceptibles al objeto o el daño es casi imperceptible. Este tipo de prueba se utiliza para estudiar las propiedades físicas, químicas o mecánicas de diversos materiales.

b. Martillo de rebote o esclerómetro

La prueba esclerometría, también conocida como esclerómetro de índice de rebote, es una prueba no destructiva que se utiliza para evaluar la resistencia del hormigón. Fue diseñado y desarrollado por el ingeniero suizo Ernest Schmidt en 1940. Esta prueba se realiza mediante la NTP 339181 esclerometría 2013, con un martillo SCHMIDT, un

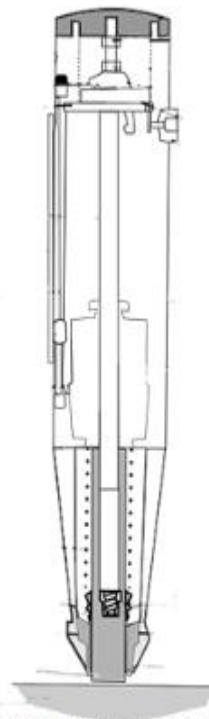
instrumento totalmente manual que utiliza un pistón para aplicar energía de impacto continua.

Durante la prueba, el pistón se presiona contra la superficie del hormigón y cuando llega a cierto punto, el resorte lo suelta y golpea el hormigón. El pistón rebota dependiendo de la dureza de la superficie. La retroalimentación mueve los 10 a 100 controles escalados que se encuentran en la pantalla, lo que permite realizar la medición.

Se puede utilizar un botón de bloqueo para facilitar el bloqueo. El valor obtenido en el experimento es adimensional y arbitrario porque depende de la energía almacenada en la fuente y de la masa utilizada, como se muestra en la figura.

Figura 12

Esclerómetro



Sección de un esclerómetro

Nota. Método para la determinación de la dureza del concreto

2.2.13. Ventajas y desventajas

a) Ventajas

- Esta es una prueba no residencial que le permite detectar mucho sin cambiar estructuras, estética y resistencia a las funciones.

- Ensayo muy económico.
- Puede operarse horizontal o verticalmente.
- Permite probar muchos elementos en poco tiempo con pocas ayudas.

b) Desventajas

- Los resultados alcanzados dependen de demasiados factores, como veremos a continuación.
- Se necesita una superficie perfectamente lisa para realizar el ensayo por lo que no es útil en elementos no encofrados.
- Requiere de una calibración (hemos de exigir siempre al laboratorio una muestra in situ de calibración antes de la ejecución del ensayo)
- Solo afecta a los primeros centímetros de la pieza (2-3 cm)
- Esto puede variar dependiendo de la habilidad del operador.
- Existe pérdida de energía por la deformación elástica del hormigón en el interior de la pieza.

2.3. Definición de términos

2.3.1. Elemento estructural

Una parte fundamental de una estructura de construcción es aquella que proporciona rigidez y resistencia. Su principal propósito es soportar tanto la carga viva como la carga muerta de la construcción, además de resistir las fuerzas sísmicas y las fuerzas del viento (Tavera H, 2020)

2.3.2. Albañilería confinada

La técnica utilizada en la construcción consiste en emplear materiales como el ladrillo de arcilla cocida, los cuales se colocan junto a las columnas y vigas para brindar rigidez a una vivienda. En esta técnica, se comienza por construir el muro y luego se procede a verter el hormigón en las columnas y vigas (Tavera H, 2020)

2.3.3. Deriva

Se refiere a la condición en la que un elemento o entrepiso experimenta un desplazamiento mínimo o distorsiones mínimas cuando se somete a fuerzas sísmicas o fuerzas de viento (Tavera H, 2020)

2.3.4. Esclerometría

Se trata de un ensayo que utiliza un instrumento para medir la resistencia a la compresión de elementos de concreto al hacer rebotar un objeto en la superficie de cada elemento, y luego se convierte ese rebote en una medida de resistencia (Tavera H, 2020)

2.3.5. Patologías

Estos son los problemas y deterioros que un elemento estructural puede experimentar cuando está expuesto a diferentes superficies o ambientes. Estos problemas incluyen la carbonatación, las grietas en el hormigón y la erosión (Tavera H, 2020)

2.3.6. Periodo fundamental de vibración

Parámetro para un diseño sísmico de una estructura, es un valor que nos ayuda a determinar las condiciones de seguridad actuales (Tavera H, 2020)

2.3.7. Evaluación estructural

Consiste en realizar un cálculo matemático a la estructura existente ante cargas gravitacionales y cargas sísmicas para determinar la situación actual de la estructura (Tavera H, 2020)

2.3.8. Vulnerabilidad estructural

Consiste en la susceptibilidad que una estructura presenta frente a posibles daños, en distintos elementos estructurales como pueden ser, cimientos, columnas, muros y vigas y losas (Tavera H, 2020)

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de la investigación

La investigación se realizó bajo el método aplicativo ya que se aplica los conocimientos adquiridos a la vez se adquieren otros al analizar el comportamiento sísmico de una edificación en el distrito de Tacna

3.1.1. Tipo de investigación

La presente investigación se realizó bajo el método cuantitativo porque se está evaluando una estructura de acuerdo con la norma E-030 de diseño sismo resistente

3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es integrativo porque lo que se busca es analizar, comparar y evaluar el comportamiento sísmico de una edificación en el distrito de Tacna utilizando distintas estrategias como el análisis visual toma de datos y análisis en software para la obtención de resultados.

3.2. Población y/o muestra de estudio

La investigación se realizó en la capilla principal de la Iglesia evangélica los amigos del Perú de la municipalidad Distrital de Tacna evaluando su estado actual empleando la norma E-030 de diseño sismorresistente y a la vez se ha obtenido los permisos del encargado para realizar dicho estudio

La población que se tomó para realizar la investigación serán las estructuras del de la capilla principal de la iglesia evangélica los amigos del Perú de la municipalidad Distrital de Tacna

La muestra que se estudió fue la capilla principal de la iglesia evangélica los amigos del Perú de la municipalidad Distrital de Tacna.

3.3. Operacionalización de variables

La operacionalización se muestra en la tabla 1.

Tabla 1*Operacionalización de variables*

Variables	Indicadores	Definición conceptual	Dimensión
Variable dependiente: Estructuración de la iglesia los amigos del Perú.	Sistema estructural	conjunto de elementos que conforman una determinada estructura	adimensional
	Anomalías en los elementos estructurales	Aquellas fallas o anomalías ocasionadas por agentes externos	adimensional
	propiedades mecánicas del concreto	comportamiento del concreto cuando se aplica un determinado esfuerzo	kg/cm ²
Variable Independiente: Comportamiento sísmico de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú	periodo fundamental de vibración	tiempo que dura una onda sísmica para completar un ciclo sísmico	S (segundos)
	Desplazamientos de entresijos y derivas	máximo desplazamiento de entresijo de una edificación	Adimensional
	esfuerzo de elementos estructurales	fuerzas internas que experimenta cada elemento estructural al aplicar una determinada fuerza	esfuerzo a la compresión (F'C)

3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.4.1. Recopilación de datos

- Análisis visual.

Se realizará una rigurosa inspección de las estructuras dentro y fuera de la capilla principal para obtener su ubicación, deficiencias, dimensionamiento y características

- Registro de información:

Se obtuvo el dimensionamiento mediante la medición con wincha para plantear un plano arquitectónico de la edificación.

Mediante el ensayo de esclerometría se obtuvo la resistencia del concreto para posteriormente realizar el análisis sísmico dinámico.

3.4.1.1. Ubicación

La capilla principal de la iglesia nacional los amigos se encuentran ubicada en la calle Miguel Grau (referencia más arriba del mercadillo Bolognesi) distrito de Tacna, provincia Tacna -región de Tacna (figura 13 al 18).

Región : Tacna
Provincia : Tacna
Distrito : Tacna
Dirección : Calle Miguel Grau, (referencia más arriba del mercadillo Bolognesi)

3.4.2. Técnicas usadas para la recolección de datos

Se realizó la visita a la capilla para obtener información utilizando el método cualitativo y cuantitativo.

3.4.2.1. Mediante el método cuantitativo

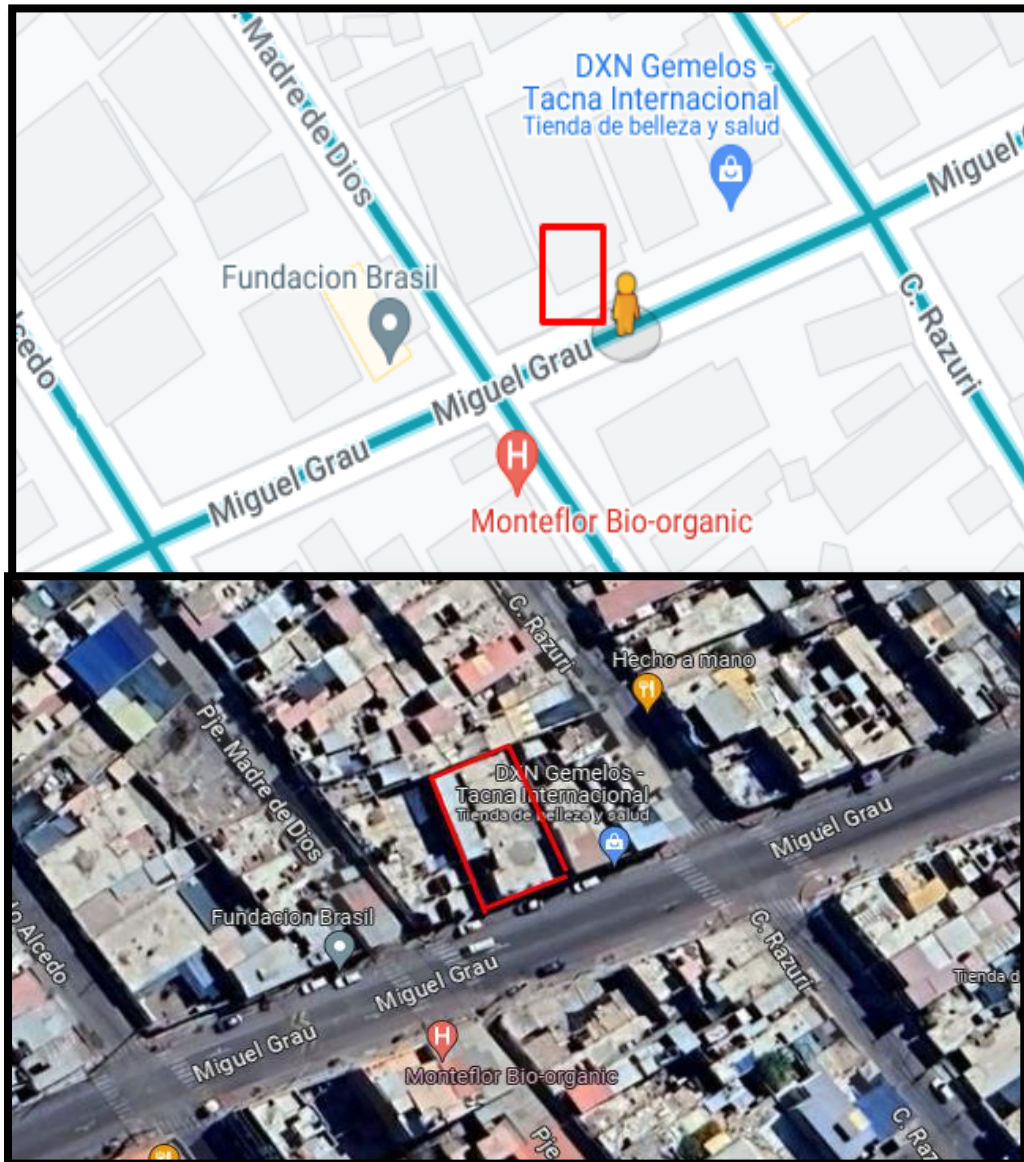
a. Inspección de patologías y fallas estructurales

Mediante el método de inspección visual se realizó un análisis de los elementos estructurales observando así algunas deficiencias y estados de los elementos

que portan rigidez como fisuras de diferentes tamaños y por la parte exterior descascaramiento del concreto debido a la humedad.

Figura 13

Ubicación de la Capilla Principal de la iglesia los amigos del Perú



Nota. En esta figura apreciamos la ubicación de la capilla principal de la iglesia los amigos del Perú

Figura 14

Vista exterior de la capilla principal de la iglesia los amigos del Perú.



Nota. En esta figura observamos la parte exterior de la capilla

Figura 15

Vista interior de la capilla



Nota. Se observa patología por humedad

Figura 16

Se observa patologías por humedad en las columnas y muros



Nota. Se percibe patologías en los distintos ambientes de la capilla.

Figura 17

vista de las fisuras por el interior de la capilla



Nota. se observa fisuras de 1mm en los muros

Figura18

Vista de fisuras en el techo de la capilla



Nota. Se percibe fisuras en distintas zonas del techo

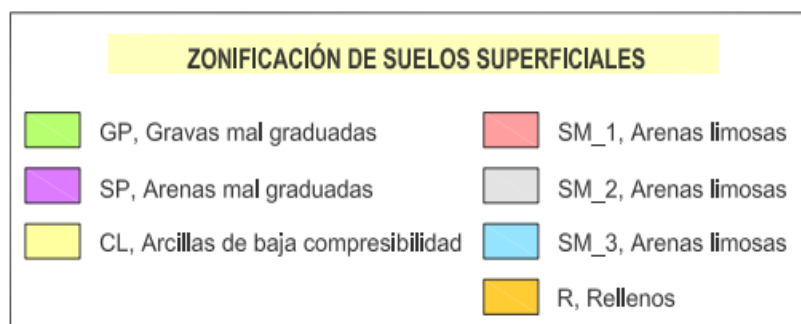
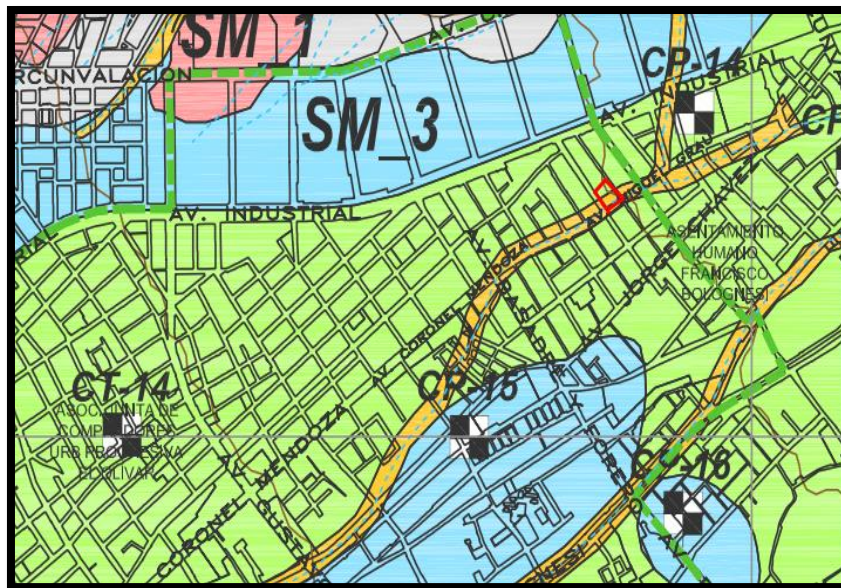
b. Clasificación de suelo en distrito de Tacna

La capilla principal de la iglesia evangélica está ubicada en el distrito de Tacna donde presenta 4 tipos de suelos diferentes como Arena Limosa (SM 3), arcilla de baja compresibilidad (CL) grava pobremente graduada (GP) y depósitos antropogénicos o rellenos, los suelos de arena limosa se encuentran delimitada por la avenida Bolognesi y Leguía hasta la avenida Basadre y Forero, la otra zona está delimitada por la avenida Circunvalación e industrial desde el terminal terrestre hasta el final del Parque Industrial de Tacna (figura 19).

Las gravas pobremente graduadas (GP) se encuentran delimitadas por las avenidas industrial y avenida Leguía cubriendo gran parte de toda la extensión del distrito de Tacna

Figura 19

Zonificación superficial de suelos en el Distrito de Tacna



Nota. Se tomo referencia del mapa de zonificación superficial de suelos del instituto nacional de defensa civil.

3.4.2.2. Registro de información

Se obtuvo las dimensiones de la capilla y elementos estructurales mediante el método de medición con wincha (figura 20 y 21,) para poder plantear un plano de arquitectura para posteriormente insertar en el programa ETABS.

Figura 20

Toma de medidas de la capilla principal.

**Figura 21**

Toma de medidas de elementos estructurales



3.4.3. Instrumentos

c. Planos

Se tomaron las medidas con wincha con la finalidad de elaborar planos de arquitectura (figura 22, 23 y 24), tanto planta como elevación y poder realizar el modelado en el software ETABS.

Figura 23

Visualización de los elementos estructurales

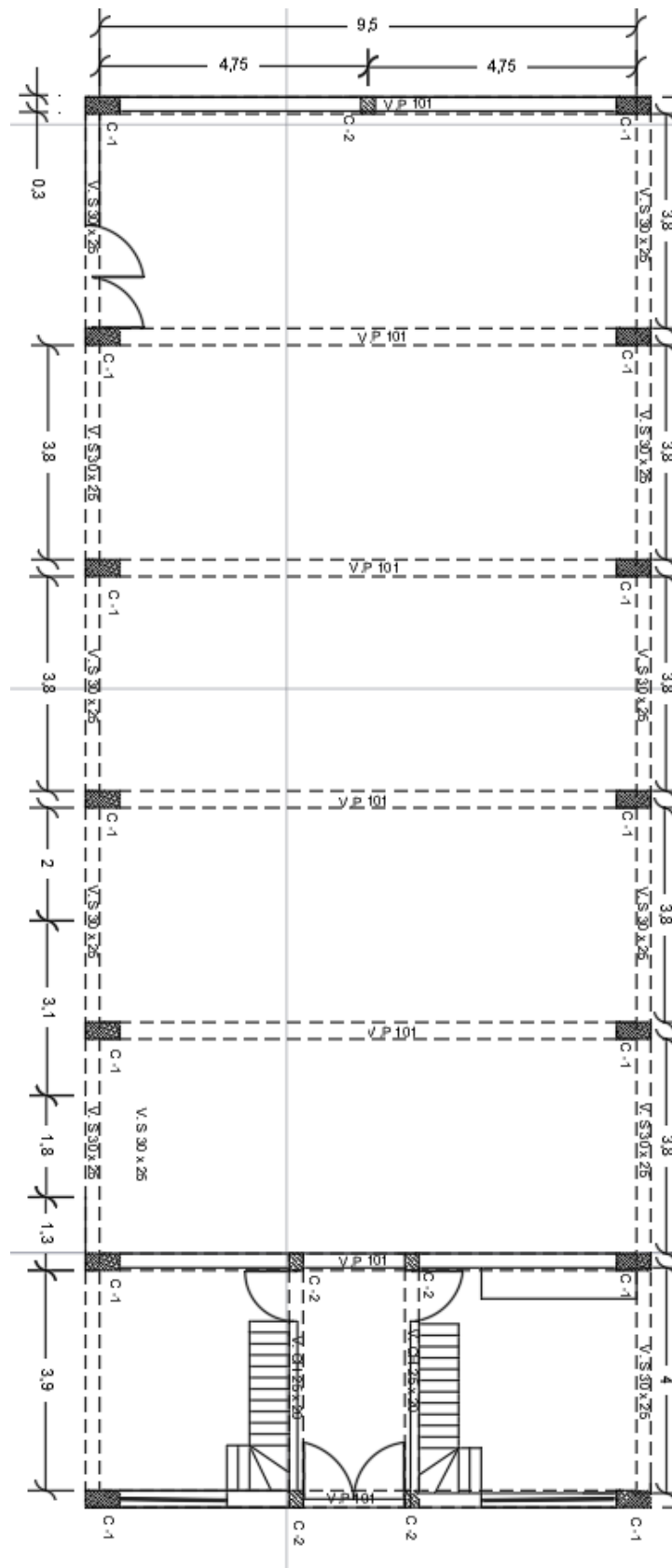


Figura 24*Ficha de inspección de visual*

FICHA DE INSPECCION DE PATOLOGIAS Y FALLAS ESTRUCTURALES								
TESIS								
LOCALIZACION								
ELEMENTO					ESTRUCTURA			
AREA AFECTADA					NIVEL			
MATERIAL					FECHA			
SISTEMA CONSTRUCTIVO					N° DE FICHA			
INFORMACION DE PATOLOGIA								
PATOLOGIA								
FISICA			MECANICA			QUIMICA		
	HUMEDAD			DEFORMACIONES			EFLORESCENCIA	
	SUCIEDAD			GRIETAS			CORROSION	
	EROSION			FISURAS			ORGANISMOS	
				DESPRENDIMIENTOS			EROSIONES	
LOCALIZACION ESPECIFICA				FOTOGRAFIA DE LA INSPECCION				

Nota. Se realizo una ficha para la evaluación visual

a. Ensayo para determinar la resistencia del concreto

Para conocer la resistencia del concreto se hizo practica de uno de los métodos no destructivos como el ensayo de esclerometría (figura 25 al 30), este procedimiento determina los números de rebote del concreto el cual se aplica para determinar la uniformidad de dicho material o estimar la resistencia del elemento.

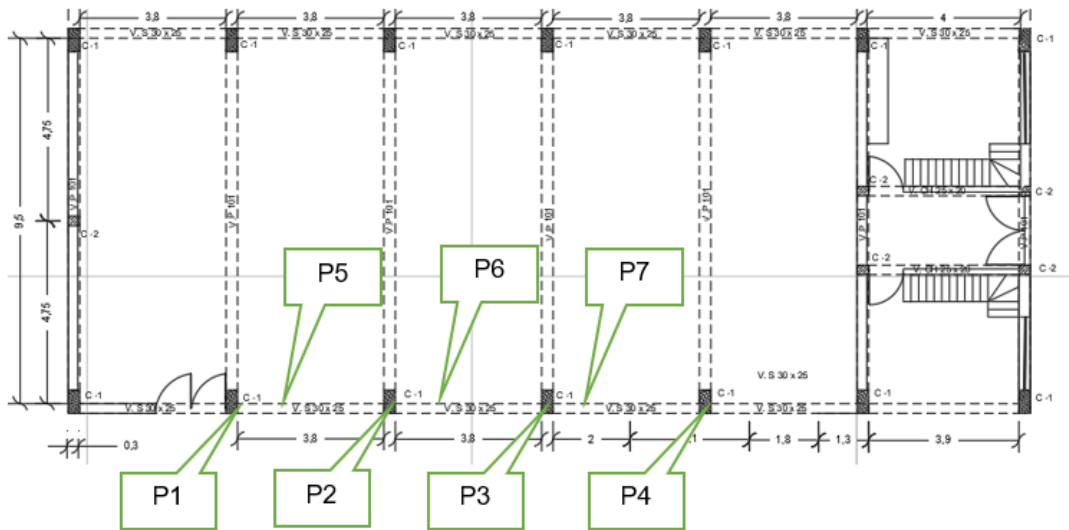
Este tipo de ensayos deben evitar las áreas con vacíos, rugosidades o elementos con alta porosidad de ser posible los elementos a prueba deben evitar tener superficies con acabados.

Tampoco debe realizarse los elementos congelados ni sobre los recubrimientos

Ya que estos pueden evitar darnos valores precisos.

Figura 25

Ubicación de puntos ensayados con esclerómetro del primer piso



Nota. La Figura muestra la ubicación de los puntos para realizar el ensayo de esclerometría

Figura 26

Esclerómetro



Nota. Equipo de esclerometría

Figura 27

Toma de datos del ensayo en columna



Nota. En cada punto se delimito un área donde se realizó 12 golpes con el instrumento

Figura 28

Toma del ensayo en vigas



Nota. En la figura se muestra la aplicación del esclerómetro en la viga.

Figura 29

Ficha de ensayo del esclerómetro

Nº	DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	LECTURAS TOMADAS										Resist. kg./cm ²	
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10		PROM.
1	COLUMNA P 1												
2	COLUMNA P 2												
3	COLUMNA P 3												
4	COLUMNA P 4												
6	VIGA P 1												
7	VIGA P 2												
8	VIGA P 3												


Nota. Para la correcta obtención de resultados, consideramos tomar las 12 lecturas dadas por el esclerómetro en los diferentes puntos (P1 al P12), así también se realizó el promedio aritmético de estas y se consideró la desviación estándar.

Figura 30

Abaco del esclerómetro

IMPACT ANGLE α					
R	$\alpha - 90^\circ$	$\alpha - 45^\circ$	0°	$\alpha + 45^\circ$	$\alpha + 90^\circ$
20	125	115			
21	135	125			
22	145	135	110		
23	160	145	120		
24	170	160	130		
25	180	170	140	100	
26	198	185	158	115	
27	210	200	165	130	105
28	220	210	180	140	120
29	238	220	190	150	138
30	250	238	210	170	145
31	260	250	220	180	160
32	280	265	238	190	170
33	290	280	250	210	190
34	310	290	260	220	200
35	320	310	280	238	218
36	340	320	290	250	230
37	350	340	310	265	245
38	370	350	320	280	260
39	380	370	340	300	280
40	400	380	350	310	295
41	410	400	370	330	310
42	425	415	380	345	325
43	440	430	400	360	340
44	460	450	420	380	360
45	470	460	430	395	375
46	490	480	450	410	390
47	500	495	465	430	410
48	520	510	480	445	430
49	540	525	500	460	445
50	550	540	515	480	460
51	570	560	530	500	480
52	580	570	550	515	500
53	600	590	565	530	520
54	OVER 600	OVER 600	580	550	530
55	OVER 600	OVER 600	600	570	550

REBOUND VALUE R



Nota. El ábaco utilizado es el que está pegado en mismo instrumento

Figura 31

Ficha de inspección de patologías en muro

FICHA DE INSPECCION DE PATOLOGIAS Y FALLAS ESTRUCTURALES											
TESIS		"EVALUACION ESTRUCTURAL SISMICO DE LA CAPILLA PRNCIPAL DE LA IGLESIA NACIONAL EVANGELICA LOS AMIGOS DEL PERU (INELA) DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE TACNA - TANA, 2023"									
LOCALIZACION		CALLE MIGUEL GRAU (ARRIBA DEL MERCADILLO BOLOGNESI)									
ELEMENTO			MURO			ESTRUCTURA		SUPERFICIALES			
AREA AFECTADA			TARRAJEO			NIVEL		MEDIO			
MATERIAL			LADRILLOS KINKONG DE CONCRETO			FECHA		10/08/2023			
SISTEMA CONSTRUCTIVO			CONSTRUCCION TRADICIONAL			N° DE FICHA		1			
INFORMACION DE PATOLOGIAS											
PATOLOGIAS											
FISICA			MECANICA	DEFORMACIONES		QUIMICA	EFLORESCENCIA		X		
	SUCIEDAD			X	GRIETAS		CORROCION				
	HUMEDAD			X	FISURAS		X	ORGANISMOS			
					DESPRENDIMIENTOS		X	EROSIONES			
LOCALIZACION ESPECIFICA					FOTOGRAFIA DE LA INSPECCION						
											

MURO CONFINADO

Figura 32

Ficha de inspección de patologías en losa

FICHA DE INSPECCION DE PATOLOGIAS Y FALLAS ESTRUCTURALES										
TESIS		"EVALUACION ESTRUCTURAL SISMICO DE LA CAPILLA PRNCIPAL DE LA IGLESIA NACIONAL EVANGELICA LOS AMIGOS DEL PERU								
LOCALIZACION		CALLE MIGUEL GRAU (ARRIBA DEL MERCADILLO BOLOGNESI)								
ELEMENTO			LOSA			ESTRUCTURA		SUPERFICIALES		
AREA AFECTADA			TARRAJEO			NIVEL		MEDIO		
MATERIAL			LADRILLO DE TECHO			FECHA		10/08/2023		
SISTEMA CONSTRUCTIVO			CONSTRUCCION TRADICIONAL MURO CONFINADO			N° DE FICHA		2		
INFORMACION DE PATOLOGIAS										
PATOLOGIAS										
FISICA			MECANICA			QUIMICA				
	SUCIEDAD	X		DEFORMACIONES			EFLORESCENCIA	X		
	HUMEDAD	X		GRIETAS	X		CORROSION			
				FISURAS	X		ORGANISMOS			
			DESPRENDIMIENTOS		EROSIONES	X				
LOCALIZACION ESPECIFICA					FOTOGRAFIA DE LA INSPECCION					

Figura 33

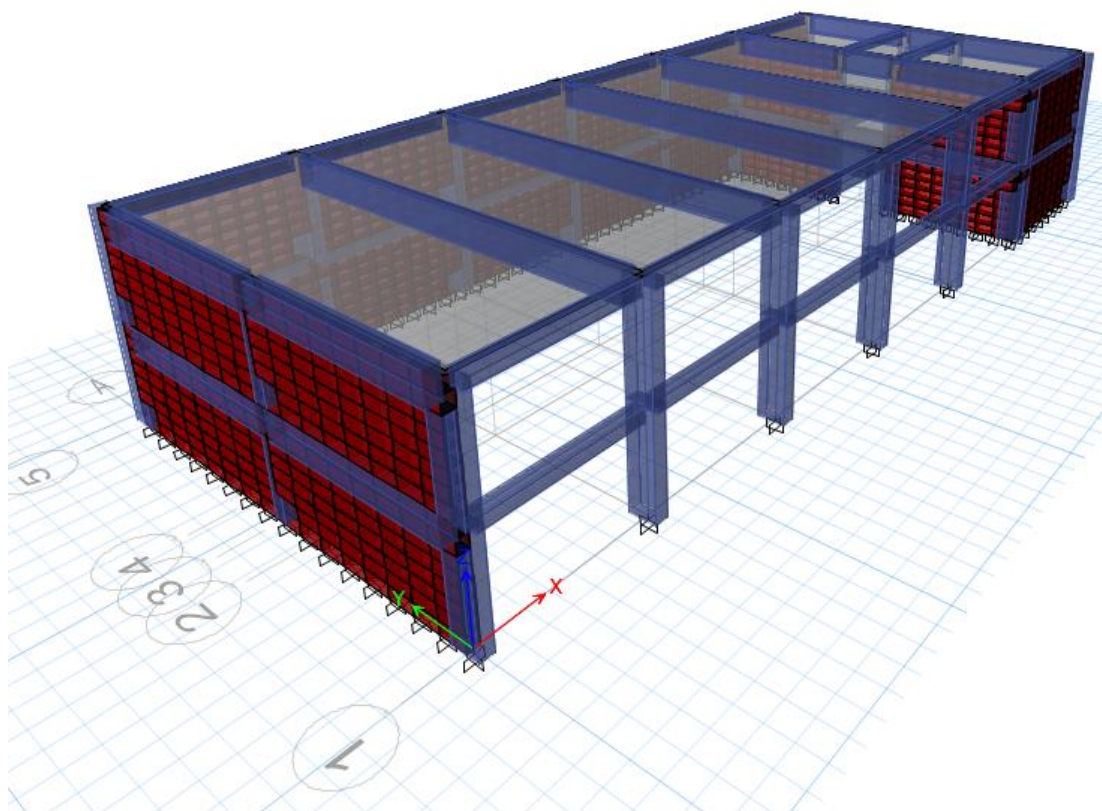
Ficha de inspección de patologías en columna

FICHA DE INSPECCION DE PATOLOGIAS Y FALLAS ESTRUCTURALES								
TESIS	"EVALUACION ESTRUCTURAL SISMICO DE LA CAPILLA PRNCIPAL DE LA IGLESIA NACIONAL EVANGELICA LOS AMIGOS DEL PERU							
LOCALIZACION	CALLE MIGUEL GRAU (ARRIBA DEL MERCADILLO BOLOGNESI)							
ELEMENTO	COLUMNA			ESTRUCTURA	SUPERFICIALES			
AREA AFECTADA	PINTURA Y TARRAJEO			NIVEL	MEDIO			
MATERIAL	CONCRETO ARMADO			FECHA	10/08/2023			
SISTEMA CONSTRUCTIVO	CONSTRUCCION TRADICIONAL			N° DE FICHA	3			
INFORMACION DE PATOLOGIAS								
PATOLOGIAS								
FISICA			MECANICA	DEFORMACIONES		QUIMICA	EFLORESCENCIA	X
	SUCIEDAD	X		GRIETAS			CORROCION	X
	HUMEDAD	X		FISURAS	X		ORGANISMOS	
				DESPRENDIMIENTOS	X		EROSIONES	X
LOCALIZACION ESPECIFICA				FOTOGRAFIA DE LA INSPECCION				
								

Para obtener los resultados de la evaluación estructural se utilizó el software Etabs V19.1, basándonos en los parámetros dictados por la norma E.030, para ello se inició con el modelamiento como se muestra en la figura 34.

Figura 34

Modelamiento en el software Etabs



Nota. Para poder realizar el modelamiento para el análisis de la estructura se usó el software ETABS v19.1.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

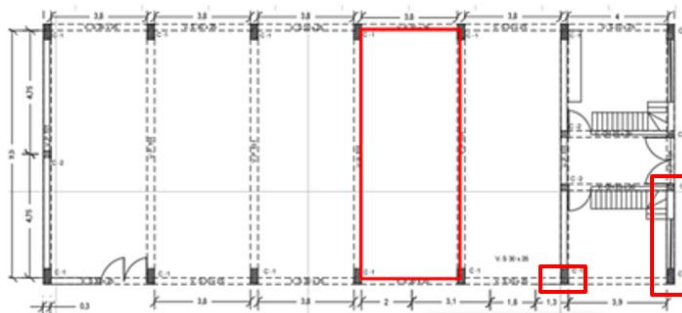
4.1. Inspección de patologías y fallas en elementos estructurales

Durante la inspección, se encontraron varias patologías destacadas en losa, columna de concreto y los muros de albañilería. Estas incluyen presencia de caliche, que es un fenómeno donde aparecen manchas blancas en la superficie de los elementos estructurales. Aunque se encontraron algunas patologías en la estructura, estas no representan un riesgo significativo para la integridad de la estructura (tabla 2).

Tabla 2

Cuadro Resumen de patologías

Nº	Ubicación	Elemento	Tipo de Patología	Descripción
1	Parte delantera de la fachada	Muro de albañilería	Física Química Mecánica	-Presencia de caliche -Desprendimiento de pintura y tarrajeo
2	En medio de la estructura	Losa	Física Química Mecánica	-Presencia de humedad
3	Esquina derecha	Columna	Física Química Mecánica	-Presencia de caliche -Desprendimiento de pintura y tarrajeo



Nota. El resumen fue confeccionado utilizando las fichas de inspección de patologías y fallas en los componentes estructurales del nivel inferior.

4.2. Propiedades mecánicas de los elementos estructurales.

4.2.1. Ensayos para determinar la resistencia del concreto

Debido a la antigüedad de la estructura, no fue posible obtener todos los planos especializados. Por lo tanto, se crearon los planos utilizando la representación general del local, como se muestra en las figuras 23 y 24. Posteriormente, se llevaron a cabo pruebas con un esclerómetro para determinar la resistencia del concreto existente.

a. Ensayo no destructivo – ensayo de esclerometría

Una vez concluido el ensayo se ingresaron los valores que nos dio el esclerómetro a una hoja de cálculo donde junto con el ábaco del instrumento se tabulan la resistencia del concreto. Para los resultados se hace un promedio de la resistencia del concreto obtenidas y nos permite conocer la uniformidad de éste. Los resultados del ensayo de esclerómetro se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3

Resultados del ensayo no destructivo- esclerometría

Nº	DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	LECTURAS TOMADAS												PROM.	Resist. kg./cm ²
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10				
1	COLUMNA P 1	26	12	10	12	22	14	14	16	14	12	12	15	14.9	93.13
2	COLUMNA P 2	24	18	20	20	20	20	22	18	16	18	16	22	19.5	121.88
3	COLUMNA P 3	16	12	18	22	18	24	20	20	22	18	22	20	19.3	120.63
4	COLUMNA P 4	24	22	18	18	20	18	16	28	18	16	22	18	19.8	123.75
6	VIGA P 1	22	20	18	18	24	28	20	18	20	20	20	26	21.2	136.29
7	VIGA P 2	24	24	20	20	26	22	28	20	22	24	26	22	23.2	161.39
8	VIGA P 3	26	22	22	20	20	20	18	20	22	20	20	22	21.0	135.00

Nota. De la toma de lecturas con el equipo esclerómetro junto con el ábaco del instrumento nos dieron unas resistencias de los elementos de concreto según se muestra la tabla y se realizó un promedió de estas lecturas teniendo una resistencia de $f'c=127.4$ kg/cm².

Según la norma técnica de edificaciones E.060 – Concreto Armado, se establece como mínimo el valor de 210 kg/cm² para la compresión del concreto. Por ende, decimos que el valor que obtuvimos mediante los ensayos, no cumple con el mínimo permitido.

4.2.2. Resistencia a compresión del concreto

Para la resistencia de compresión del concreto se usó un promedio de la resistencia obtenida del ensayo con el esclerómetro obteniendo un valor de $f'c = 127.4 \text{ kg/cm}^2$.

4.2.3. Resistencia a compresión axial de la albañilería

La resistencia a la compresión de unidad de albañilería maciza (King Kong de concreto): $f'm$ es de 38.83 kg-f/cm^2 , tomada de un ensayo de la tesis "Determinación de la resistencia a compresión axial y resistencia al corte puro de la albañilería de ladrillos king kong de concretos fabricados artesanalmente en la ciudad de Cajabamba".

4.3. Evaluación detallada de la capilla principal

Se tomaron aspectos cruciales para el posterior análisis sísmico con el programa ETABS.

4.3.1. Características de elementos estructurales

a. Columnas

Las columnas presentes en la capilla principal son de dos diferentes secciones, estas las detallamos en la tabla 4, se hace una deducción del tarrajeo de 1,5 cm.

Tabla 4

Dimensiones de las columnas

	Ítem	Dimensión (cm)
Columnas	CP	30 x 60
	CS	25 x 30

Nota. Se presentan dos tipos de dimensiones en columnas

b. Vigas

Las vigas en la estructura son de 3 tipos, la V-P se presenta en dirección Y, la V-S y VCH en dirección X las diferentes secciones de las vigas se presentan en la tabla 5, para el modelamiento en el programa se le resto anteriormente el tarrajeo de 1,5 cm que se encontró.

Tabla 5*Dimanaciones de vigas sin tarrajeo*

	Ítem	Dimensión (cm)
Vigas	VP	30 x 60
	VS	25 x 30
	VCh	25 x 20

Nota. Se presentan tres tipos de dimensiones en vigas.

c. Muros de albañilería

En la estructura se encontró muros de albañilería con unidades de albañilería solida (King Kong de Concreto) con asentamiento de cabeza de 25 cm de ancho.

d. Aligerado

En la estructura se encontró una losa aligerada de espesor de 20cm.

4.3.2. Datos de los materiales de los elementos estructurales

Se establecieron valores para las características de los materiales a usar como se muestran en las figura 35.

Figura 35*Propiedades del concreto*

Material Property Data

General Data

Material Name: F'C 127.4

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color Selection] Change...

Material Notes: [Notes Field] Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2.4028 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.245014 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 1704361.29 tonf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 710150.54 tonf/m²

Tabla 6

Propiedades de albañilería maciza (King Kong de concreto)

Especímen	Dimensiones			Esbeltéz	P. Max	Área	fm	FC	fm corregida
	L (cm)	t (cm)	H (cm)						
PLCR-01	22.00	12.05	55.55	4.61	10020.00	265.07	37.80	1.193	45.09
PLCR-02	22.05	12.03	55.20	4.59	9430.00	265.21	35.56	1.191	42.36
PLCR-03	22.17	12.03	55.10	4.58	9120.00	266.59	34.21	1.191	40.73
PLCR-04	22.02	12.10	55.05	4.55	9000.00	266.27	33.80	1.189	40.17
PLCR-05	22.17	12.04	55.10	4.58	9840.00	266.80	36.88	1.190	43.90
PLCR-06	22.05	12.05	54.75	4.54	8550.00	265.71	32.18	1.188	38.23
PLCR-07	22.03	12.05	55.00	4.57	9650.00	265.31	36.37	1.190	43.27
PLCR-08	22.15	12.03	55.40	4.61	9250.00	266.44	34.72	1.192	41.40
PLCR-09	22.02	12.06	55.00	4.56	9000.00	265.55	33.89	1.189	40.31
PLCR-10	22.00	12.03	55.05	4.57	8300.00	264.73	31.35	1.190	37.32
fm promedio Kg/cm ²									41.28
Desviación estándar Kg/cm ²									2.45
Resistencia característica fm									38.83
Coeficiente de variación %									5.93%

Nota. La resistencia a la compresión de unidad de albañilería maciza (King Kong de concreto F'm es de 38.83 kg/cm², tomada de un ensayo de una tesis (Arbildo y Rojas, 2017)

Figura 36

Propiedades de albañilería maciza

Nota. Para la resistencia axial de los muros de albañilería maciza (King Kong de concreto) se consideró de 38,83 kg-f/cm², tomada de un ensayo de una tesis (Arbildo y Rojas, 2017)

4.4. Modelamiento

En la estructura los sistemas estructurales que encontramos son pórticos de concreto armado y muros de albañilería confinada. Según los planos de arquitectura, para la estructura tenemos una altura de entrepiso de metros. En las figuras 37, 38 y 39 se muestran las plantas estructurales y el modelamiento final de la edificación.

Figura 37

Modelamiento 3D de la estructura

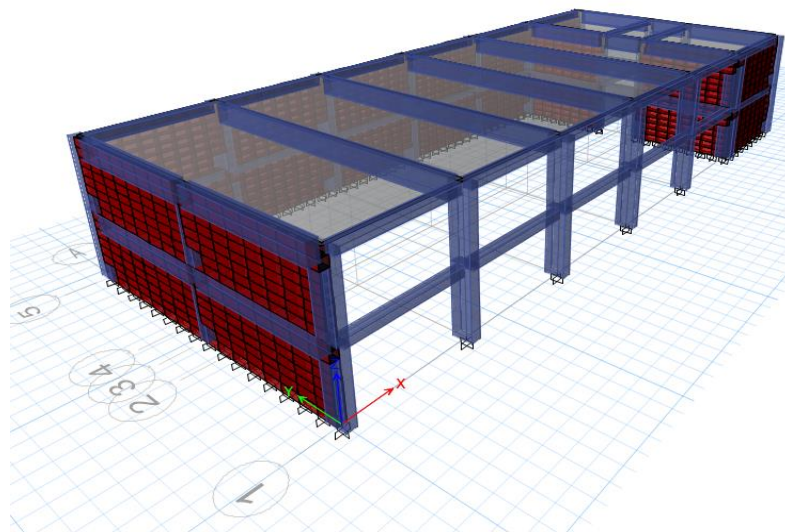
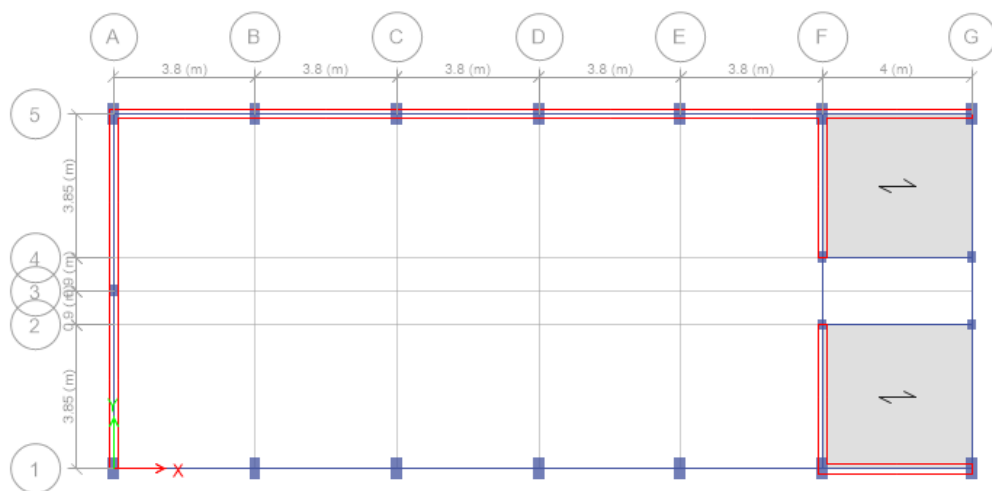


Figura 38

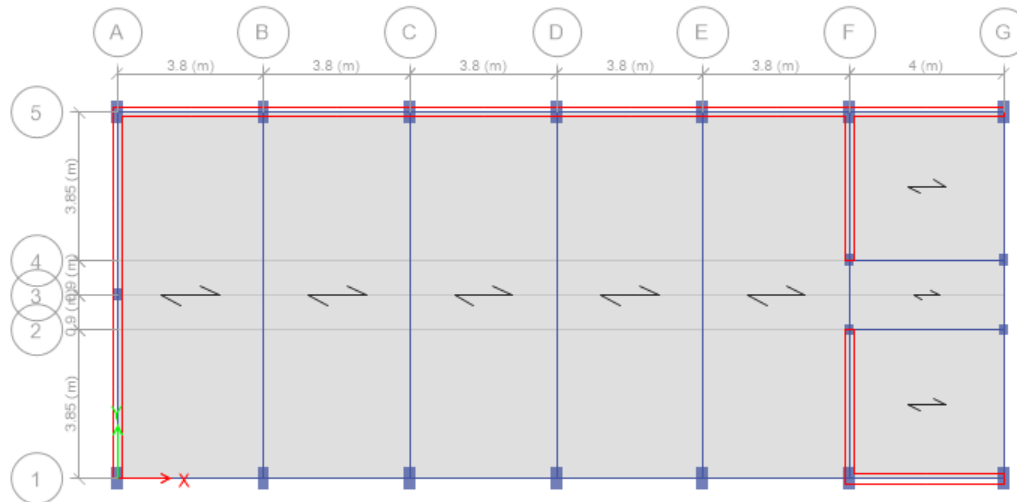
Modela del primer piso de la estructura



Nota. Primera planta de la estructura modelada en el software Etabs v.19.1.

Figura 39

Modelado del segundo piso de la estructura



Nota. estructuración de la segunda planta para el modelamiento en el software Etabs v.19.1.

4.4.1. Sistema estructural

Tanto en el eje Y y X se trata de un sistema estructural mixto compuesto de sistema estructural de Pórticos y sistema estructural de albañilería. Para criterios de análisis la norma nos indica usar el sistema estructural más crítico que es de albañilería.

4.4.2. Cargas aplicadas

Para la estimación de cargas nos guiamos de la norma de cargas E-020, teniendo en cuenta el uso de los ambientes de la estructura y para la evaluación de las masas se tomó en cuenta según los lineamientos de la norma E-030. En cargas distribuidas encontramos los parapetos, los cuales están comprendidos por unidades huecas de arcilla, tomando una altura de 1,10 m y de espesor de 15 cm. Las cargas distribuidas se aplicaron linealmente sobre las vigas, es así que podemos encontrar las cargas usadas en las tablas 7, 8 y 9.

Tabla 7*Sobrecargas en oficinas según normar E 0.20*

Sobrecarga	
Oficina	= 0,250 tnf/m ²
Azotea	= 0,100 tnf/m ²

Tabla 8*Sumatoria de cargas muertas según peso de los materiales*

Cargas Muertas	
Peso Piso terminado	=0,150 tnf/m ²
Peso de Ladrillo	= 0,075 tnf/m ²
Peso Total de Carga Muerta	= 0,225 tnf/m ²

Tabla 9*Cargas Distribuidas sobre el techo (parapeto)*

Cargas Viva (Tn)	
1.10m*1.35tnf/m ³ *0.15m	
Parapeto	=0,223 tnf/m

4.4.3. Parámetros sísmicos

El análisis sísmico de la estructura de la capilla mayor de la Congregación de los Amigos Evangélicos del Perú aplica los requisitos establecidos en la norma E-030, tomando en cuenta el uso de la edificación, tipo de suelo, ubicación, etc. Resumido en la figura 40.

Figura 40*Zonificación sísmica*

FACTOR DE ZONA "Z"	ZONA	Z			
	ZONA 4 ▼	0.45			
FACTOR DE SUELO "S"	TIPO	DESCRIPCION	S	Tp	Tl
	S3 ▼	Suelos Blandos	1.10	1.00	1.60
FACTOR DE USO "U"	CATEGORIA	U	OBSERVACIONES		
	"B" Edificaciones Importantes ▼	1.30	Revisar tabla N°6 E030-2014		
FACTOR DE SISTEMA ESTRUCTURAL "R"	DIRECCION	SISTEMA ESTRUCTURAL			Ro
	DIR X-X	Albañilería Armada o Confinada ▼			3
	DIR Y-Y	Albañilería Armada o Confinada ▼			3

4.4.4. Aceleración espectral

Para la dirección de evaluación correspondiente se utilizó un espectro inelástico de pseudo-aceleración definido por la siguiente ecuación:

$$Sa = \frac{Z.U.C.S}{R} \cdot g \quad (4)$$

El resumen se muestra en la tabla 10 y los espectros en la tabla 11.

Tabla 10

Resumen de parámetros sísmicos según norma E 0.30-2018

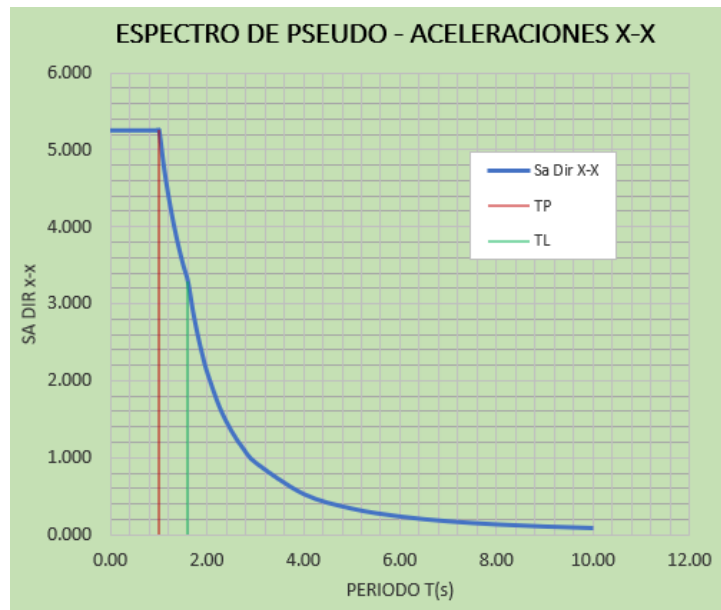
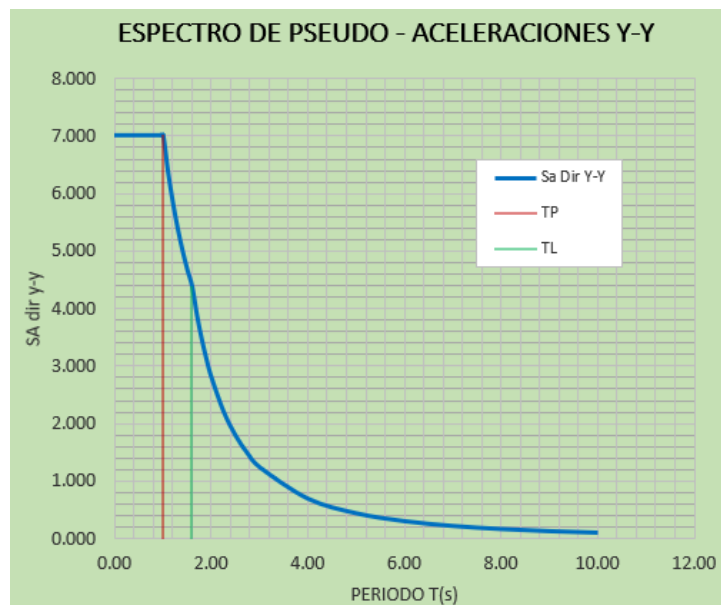
Datos	Factores	Datos	DIR X-X	DIR Y-Y
Z	0,45	R ₀	3	3
U	1,30	I _a	1,00	1,00
S	1,10	I _p	1,00	0,75
T _P	1,00	R	3	2,25
T _L	1,60	G	9.81 m/s ²	

Tabla 11

Espectro de diseño según norma E 0.30-2018

C	T	Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y
2.50	0.00	5.261	7.014
2.50	0.02	5.261	7.014
2.50	0.04	5.261	7.014
2.50	0.06	5.261	7.014
2.50	0.08	5.261	7.014
2.50	0.10	5.261	7.014
2.50	0.12	5.261	7.014
2.50	0.14	5.261	7.014
2.50	0.16	5.261	7.014
2.50	0.18	5.261	7.014
2.50	0.20	5.261	7.014
2.50	0.25	5.261	7.014
2.50	0.30	5.261	7.014
2.50	0.35	5.261	7.014
2.50	0.40	5.261	7.014
2.50	0.45	5.261	7.014
2.50	0.50	5.261	7.014

C	T	Sa Dir X-X	Sa Dir Y-Y
2.50	0.55	5.261	7.014
2.50	0.60	5.261	7.014
2.50	0.65	5.261	7.014
2.50	0.70	5.261	7.014
2.50	0.75	5.261	7.014
2.50	0.80	5.261	7.014
2.50	0.85	5.261	7.014
2.50	0.90	5.261	7.014
2.50	0.95	5.261	7.014
2.50	1.00	5.261	7.014
2.27	1.10	4.782	6.377
2.08	1.20	4.384	5.845
1.92	1.30	4.047	5.396
1.79	1.40	3.758	5.010
1.67	1.50	3.507	4.676
1.56	1.60	3.288	4.384
1.38	1.70	2.912	3.883
1.23	1.80	2.598	3.464
1.11	1.90	2.332	3.109
1.00	2.00	2.104	2.806
0.79	2.25	1.663	2.217
0.64	2.50	1.347	1.796
0.53	2.75	1.113	1.484
0.44	3.00	0.935	1.247
0.25	4.00	0.526	0.701
0.16	5.00	0.337	0.449
0.11	6.00	0.234	0.312
0.08	7.00	0.172	0.229
0.06	8.00	0.132	0.175
0.05	9.00	0.104	0.139
0.04	10.00	0.084	0.112

Figura 41*aceleración espectral en dirección X***Figura 42***Aceleración espectral en dirección Y*

4.4.5. Verificación de irregularidades estructurales en altura

Para la verificación de irregularidades comparamos los resultados estructurales mediante la norma técnica E-030 del 2018.

a. Irregularidad de rigidez – piso blando

La rigidez lateral de cada nivel no es mayor al 70 %, por lo cual en ambas direcciones no se presenta irregularidad de rigidez, esto lo vemos en las tablas 43 y tabla 12 y 13.

Figura 43.

Fuerzas Cortantes de la Estructura

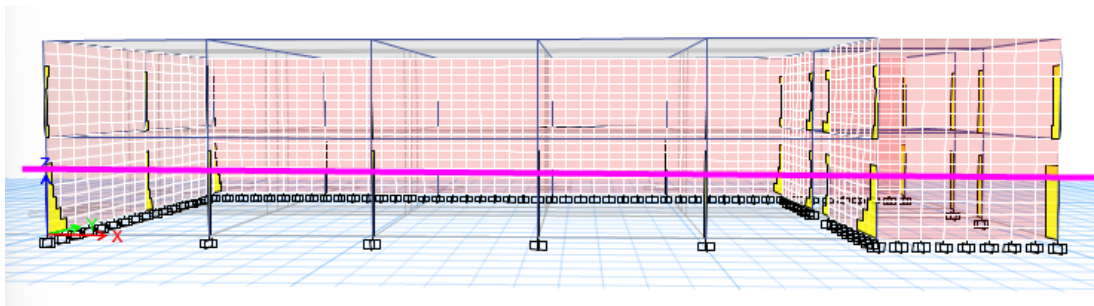


Tabla 12

Verificación de Irregularidad de rigidez-piso blando en dirección X

Piso	Sismo	Dirección	Fuerzas Cortantes (VX) Tonf	Despl. absoluto (UX) m	Despl. absoluto (Urel X) m	Rigidez Lateral (KL) Tonf / m	Condición Piso blando $\frac{k_i}{k_{i+1}} < 0.7$	
Piso 2	Sismo Din X	X	36.3145	0.000094	0.000047	772648.93 6	-	-
Piso 1	Sismo Din X	X	46.7662	0.000047	0.000047	995025.53 2	129%	Regular

Tabla 13

Verificación de Irregularidad de rigidez-piso blando en dirección Y

Piso	Sismo	Dirección	Fuerzas Cortantes (VY) Tonf	Despl. absoluto (UY) m	Despl. absoluto (Urel Y) m	Rigidez Lateral (KL) Tonf / m	Condición Piso blando $\frac{k_i}{k_{i+1}} < 0.7$	
Piso 2	Sismo Din Y	Y	39.7809	0.000183	0.000077	16635.065	-	-
Piso 1	Sismo Din Y	Y	50.5134	0.000106	0.000106	476541.509	92%	Regular

b. Irregularidad de resistencia – piso débil

No existe una irregularidad de resistencia-piso débil porque de un piso a otro no disminuye su sección en dirección X

No existe una irregularidad de resistencia-piso débil porque de un piso a otro no disminuye su sección en dirección Y.

c. Irregularidad extrema de rigidez

Al no con cumplir la irregularidad de rigidez, no se analizó la irregularidad extrema de rigidez.

d. Irregularidad extrema de resistencia

Al no con cumplir la irregularidad de resistencia, no se analizó la irregularidad extrema de resistencia.

e. Irregularidad de masa o peso

No se encontró irregularidad en masa (tabla 14)

Tabla 14

irregularidad de masa o peso

Piso	Masa Ton-f s/m	Condición $M_i/M_{i+1} > 1,5$	
Piso 2	5,90838	-	-
Piso 1	16,92533	0.3491	REGULAR

f. Irregularidades geometría vertical

No se encontró irregularidad ya que en la norma específica que este criterio no se aplica en azoteas que en este caso sería el segundo piso.

4.4.6. Verificación de irregularidades estructurales en planta**a. Irregularidad torsional**

No se encontró irregularidad torsional (tabla 15 y 16).

Tabla 15*Verificación de irregularidad torsional en sentido X*

Piso	Caso de Carga	Dirección	Max Drift M	Avg Drift m	Ratio	Condicion >1.3
Piso 2	Sismo Din X	X	0.000128	0.000101	1.269	Regular
Piso 1	Sismo Din Y	X	0.000062	0.000051	1.223	Regular

Tabla 16*Verificación de irregularidad torsional en sentido Y*

Piso	Caso de Carga	Dirección	Max Drift M	Avg Drift m	Ratio	Condicion >1.3
Piso 2	Sismo Din Y	Y	0.000177	0.000112	1.575	Irregular
Piso 1	Sismo Din Y	Y	0.000155	0.000104	1.484	Irregular

b. Irregularidad de esquinas entrantes

La estructura no muestra esquinas entrantes.

c. Irregularidad del diafragma

Por el plano nos muestra el área de la zona hueca en la estructura no representa al mayor al 50 del área total.

d. Irregularidad por sistemas no paralelos

La estructura no presenta ejes inclinados por lo tanto no presenta irregularidad por sistemas no paralelos.

4.4.7. Resumen de irregularidades

Tras realizar el análisis de las tablas de irregularidades de la norma E 0.30, la estructura no presenta irregularidad estructural en altura ni de planta, por lo cual el factor de "I_p" e "I_a" es 1,00 en ambas direcciones (tabla 17 y 18).

Tabla 17*Resumen de irregularidades estructurales en altura de la estructura*

Irregularidades estructurales en altura	La Dir. X	La Dir. Y
No presenta irregularidades	1,00	1,00
Factor de Irregularidad $I_a=$	1,00	1,00

Nota. no se presentan irregularidades estructurales en altura en ambas direcciones.

Tabla 18*Resumen de irregularidades estructurales en planta de la estructura*

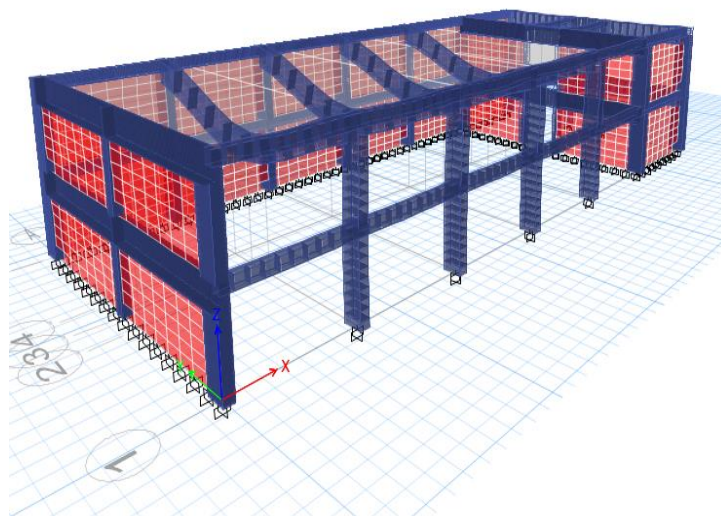
Irregularidades Estructurales En Planta	La Dir. X	La Dir. Y
Presenta Irregularidades	1,00	0.75
Factor de Irregularidad $I_p=$	1,00	0.75

Nota. Según la tabla de la norma E 0.30 restricciones en la estructura, para la categoría de la edificación B no se permiten irregularidades en planta y altura.

4.4.8. Análisis dinámico modal espectral

Para el análisis modal se consideró los 12 modos ya que teniendo en cuenta la norma sismorresistente E.030 indica, que se debe considerar un mínimo de modos donde superen el 90% de la masa participativa y al mismo tiempo tomar en cuenta los tres primeros modos predominantes en las direcciones de análisis como se muestra sombreado en la tabla 19. Se puede observar en la figura 44 que el primer modo de la estructura modelada es en X, por tener menor rigidez en esa dirección. El primer periodo es de 0,067s en dirección "X" y el segundo periodo es de 0,045 s en dirección "Y" por lo que la estructura cumple con tener sus dos primeros modos en traslación.

Figura 44
Análisis modal



Nota. El primer modo es en dirección del eje X.

Tabla 19

Períodos y porcentaje de participación de masa modal

Caso	Modo	Períodos (s)	UX	UY	U Z	SumUX	SumU Y	Sum UZ	RX	RY	RZ
Modal	1	0.063	0.1277	0.5353	0	0.1277	0.5353	0	0.1672	0.0537	0.2509
Modal	2	0.045	0.4279	0.3463	0	0.5556	0.8816	0	0.1371	0.1523	0.1599
Modal	3	0.032	0.3788	0.0369	0	0.9344	0.9185	0	0.0306	0.0941	0.5129
Modal	4	0.023	0.001	0.0003	0	0.9354	0.9188	0	0.0007	0.01	0.001
Modal	5	0.023	0.002	0.0003	0	0.9373	0.9191	0	0.0041	0.0823	0.0029
Modal	6	0.021	0.0005	0.0246	0	0.9378	0.9437	0	0.2212	0.0002	0.0029
Modal	7	0.021	0.0002	0.006	0	0.938	0.9497	0	0.0527	0.0002	0.001
Modal	8	0.02	0.0001	0.0008	0	0.9381	0.9505	0	0.0102	0.0001	0.0001
Modal	9	0.02	0.0002	0.0001	0	0.9383	0.9506	0	0.0003	0.0004	0.0006
Modal	10	0.02	0.0011	0.0006	0	0.9394	0.9513	0	0.016	0.0006	0.0028
Modal	11	0.017	0.0091	0.023	0	0.9486	0.9743	0	0.1488	0.0459	0.0303
Modal	12	0.012	0.0413	0.0143	0	0.9899	0.9886	0	0.1114	0.4367	0.0007

Nota. Según norma NTE 0.30 se toma los tres primeros modos de cada dirección, en nuestro caso solo tomamos hasta el modal 11

Según norma NTP E0.30 solo en caso de diseño se aplica el factor escala por lo que no se calcula tal factor

4.4.9. Control de derivas

La estructura presenta un sistema estructural mixto de pórticos y muros de albañilería. Para criterios de análisis como indica la norma, se tomó el sistema estructural más crítico de albañilería. La deriva permisible según la norma E 0,30 para albañilería es de 0,005. Apreciando el resultado mostrado en la tabla 20 de la deriva del segundo piso en dirección X de 0,00023175, la estructura capilla principal de la iglesia evangélica los Amigos del Perú de la Municipalidad Distrital de Tacna no cumpliría con los parámetros de la norma E 0,30. Podemos apreciar las derivas de los pisos en las figuras 45 y 46.

Figura 45

Derivas de ambos pisos en dirección X

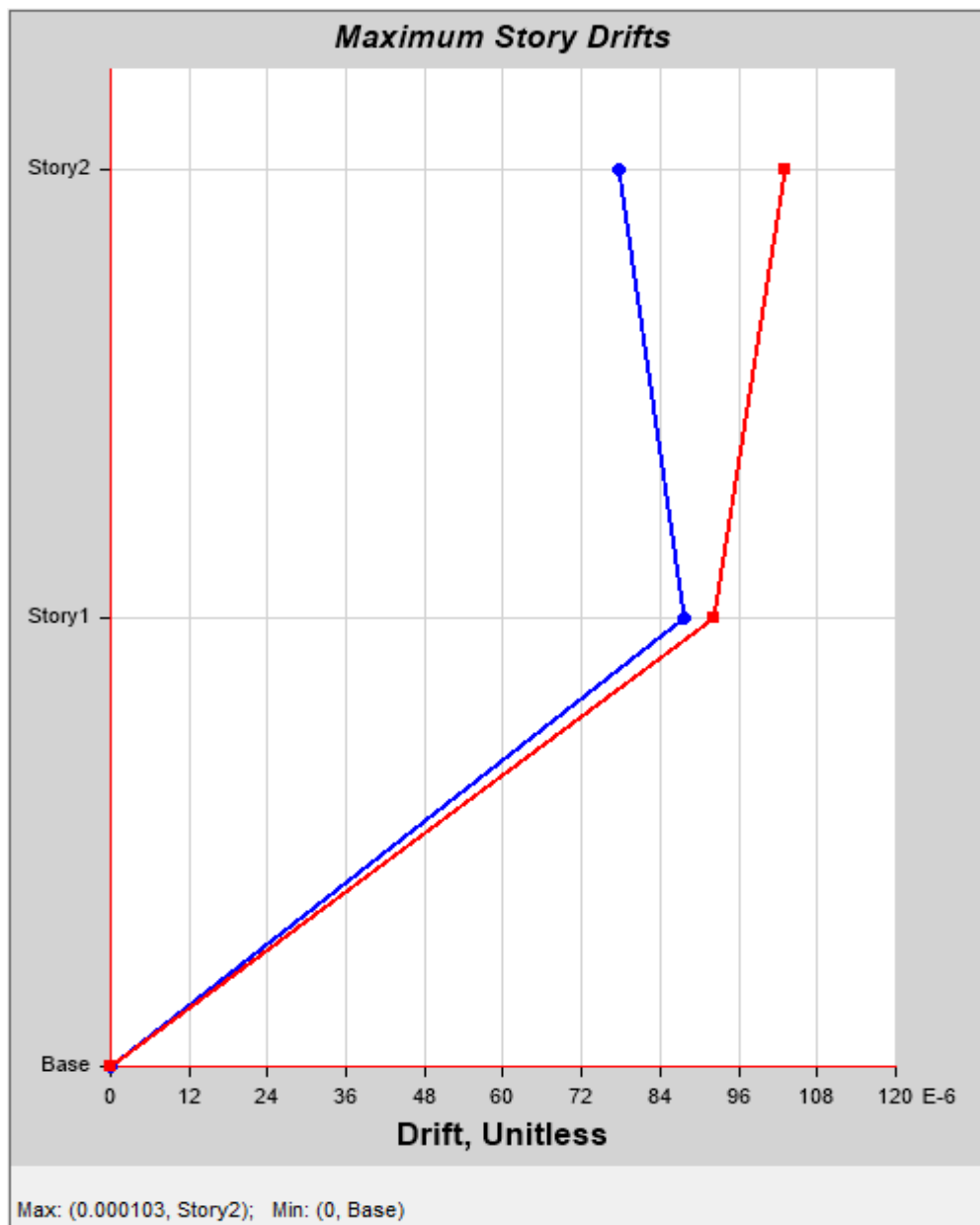


Tabla 20.

Control de derivas en dirección X según norma E 0.30

Piso	Caso de salida	Dirección	C Drift	0.75*R*C REAL	E030-2018	Condición
Piso 2	Dinámico XX Max	X	0.000103	0.00023175	0,005	Cumple
Piso 1	Dinámico XX Max	X	0.000092	0.000207	0,005	Cumple

Nota: La deriva permisible según la norma E 0,30 para albañilería es de 0,005.

Figura 46

Derivas de ambos pisos en dirección Y

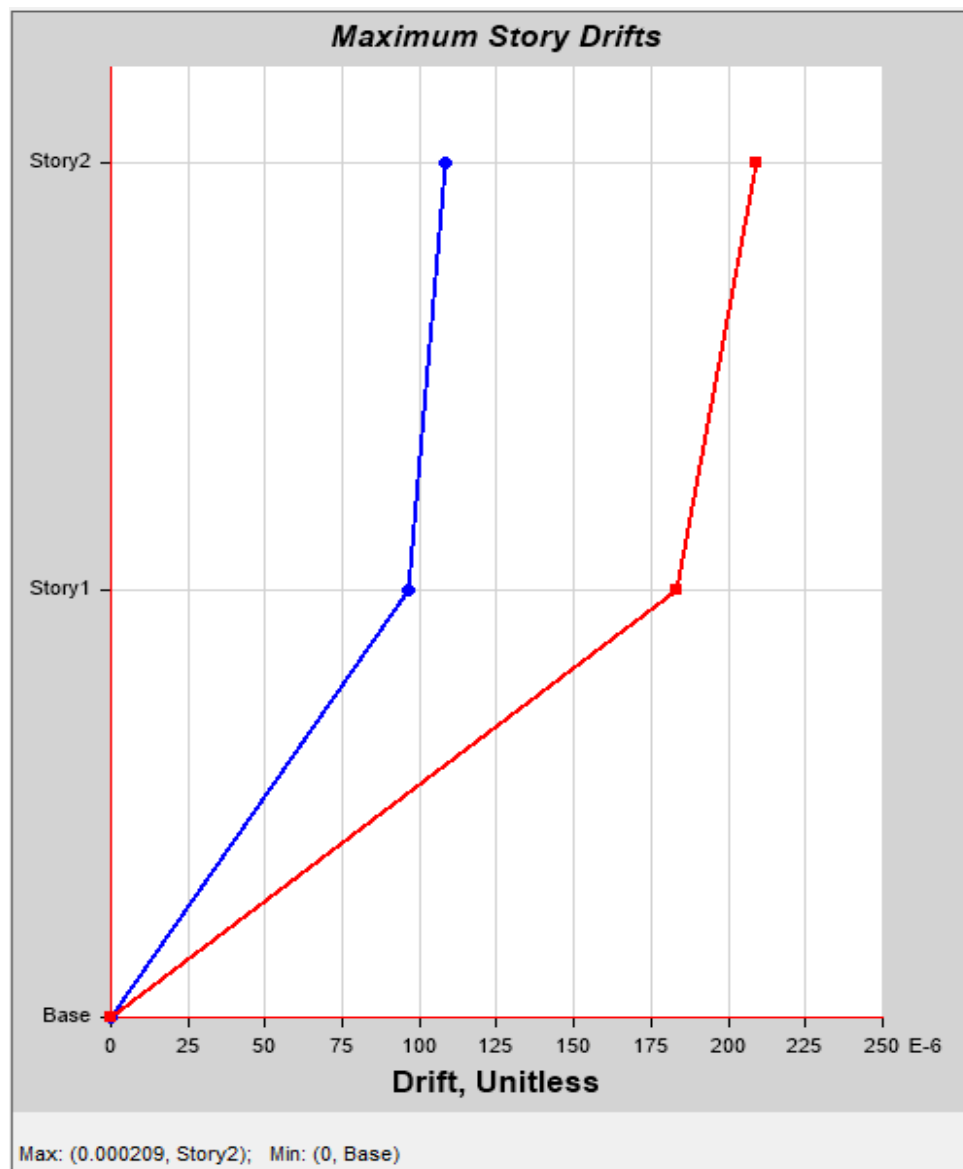


Tabla 21*Control de derivas en dirección Y según norma E 0.30*

Piso	Caso de salida	Dirección	C Drift	0.85*R*C REAL	E030- 2018	Condición
Piso 2	Dinámico YY Max	Y	0.000209	0. 0005329	0,005	Cumple
Piso 1	Dinámico YY Max	Y	0.000183	0. 0004666	0,005	Cumple

Nota. La deriva permisible según la norma E 0,30 para albañilería es de 0,005.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

La primera hipótesis específica indica que “Mediante los ensayos de campo es posible determinar las propiedades mecánicas de los elementos estructurales de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA).” Según la norma NTP E.060 la resistencia a la compresión del concreto no puede ser menor a 21 MPa (210 kg-f/cm²), por lo que los resultados de la prueba de medición de endurecimiento indican que estos requisitos no se cumplen, puedo decir que. El requisito estándar de diseño sísmico es un promedio de 127,4 kg-f/cm². Este resultado se debe a que el edificio tiene 50 años. Este resultado es similar al estudio. (Yanqui Santos & Paniagua Luque, 2020) en donde realizaron ensayos no destructivos con el esclerómetro dando como resultado una resistencia promedio de $f'_c=175$ kgf/cm² que es menor a lo que indica la NTP E.060

La segunda hipótesis específica indica que: “Según el análisis sísmico de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA) no cumple con los parámetros mínimos establecidos según la norma E-030.” Entonces podemos afirmar que a pesar de la antigüedad de la estructura cumple con los parámetros mínimos que regula la norma E.030 esta misma manera que en la investigación de (Mendoza Cachicatari & Condori Tuco, 2022) en donde sus resultados de sus derivas no exceden del límite de distorsión establecidos por la norma E.030.”

La tercera hipótesis específica afirma que: “Fisuras, grietas, vigas con presencia de pandeo y estructuras construidas con material no estructural.” A esto decimos que según realizando la ficha de patologías se llegó a la conclusión que las fisuras y grietas encontradas no representan un daño estructural a la edificación, así como en la investigación de (Yanqui Santos & Paniagua Luque, 2020) en donde se realizó una evaluación de la estructural encontrando varias deficiencias como presencia de caliche en paredes, fisuras en paredes, columnas y como resultado de la evaluación la edificación presento un comportamiento estructural sísmico deficiente

De lo anterior mencionado, las distorsiones del eje “X” de la edificación, podemos decir que en el primer y segundo nivel si cumplen los límites establecidos (0,005 como máximo) con resultados son 0.00023 y 0.00021 para el primer y segundo nivel así también las distorsiones del eje “Y” de la edificación cumplen con los límites establecidos con resultados de 0.00053 y 0.00047 entonces se compruebaparcialmente la hipótesis planteada inicialmente, estos resultados son semejantes a los obtenidos por (Mendoza Cachicatari & Condori Tuco, 2022) para su investigación en la I.E. Simon Bolivar cuya estructura tiene un comportamiento sísmico eficiente en la dirección Y donde predomina

el sistema estructural de albañilería; debido a que los máximos desplazamientos relativos de entrepiso no exceden del límite de distorsión establecidos por la norma E.030.”

CONCLUSIONES

Las propiedades mecánicas de los elementos estructurales dispuestos en la Iglesia Nacional Evangélica Amigos del Perú (INELA) se determinaron mediante ensayo de endurecimiento y ensayos no destructivos con una resistencia de 127,4 kg-f/cm². Para elementos estructurales inducidos por fuerzas sísmicas, el requisito para el valor especificado del criterio E 0,60 que establece que la resistencia a la compresión del hormigón debe ser no inferior a 210 kg-f/cm².

El comportamiento sísmico de la Iglesia Nacional Evangélica Amigos del Perú (INELA) se determinó según la norma E-030 de diseño sísmico. Para esta norma se iniciaron inspecciones visuales y se recolectó información en diversos ambientes de la estructura. Una de las patologías asociadas con mayor incidencia fue provocada por los dos niveles de humedad que componen el concreto, la estructura en cuestión. De manera similar, se encontró que los resultados de las pruebas de resistencia del concreto obtenidos a través de las pruebas realizadas no corresponden a la resistencia mínima especificada en la norma de concreto E 0.60. De manera similar, el modelado en el programa Etabs v19 teniendo en cuenta la norma E 0.30 dio como resultado un comportamiento estructural apropiado.

Se identificó la patología de los principales elementos estructurales de la organización Amigos de la Iglesia Evangélica Peruana (INELA). Se encontraron eflorescencias en paredes como descamaciones por humedad y grietas en cerámicas y paredes.

Se realizó el análisis sísmico de la capilla principal de la iglesia Nacional Evangélica Los Amigos del Perú (INELA) en la Municipalidad Distrital de Tacna – Tacna con el fin de garantizar su estabilidad y seguridad ante eventos sísmicos en el año 2023 las distorsiones del eje “X” de la edificación, podemos decir que en el primer y segundo nivel si cumplen los límites establecidos (0,005 como máximo) con resultados son 0.00023 y 0.00021 para el primer y segundo nivel así también las distorsiones del eje “Y” de la edificación cumplen con los límites establecidos con resultados de 0.00053 y 0.00047. Se identifico que la estructura es muy rigida tanto en sentido X y en sentido Y

RECOMENDACIONES

Se recomienda a la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA), desarrollar un plan de mantenimiento en la estructura en general debido a su antigüedad para mejorar la seguridad.

Se recomienda a la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA), realizar un mantenimiento a las áreas donde se encontró fisuras y grietas en la estructura.

Se recomienda a futuros evaluadores realizar ensayos no destructivos en edificaciones antiguas para no efectuar futuros daños (un ensayo recomendable es del esclerómetro).

Se recomienda a las empresas privadas, organizaciones gubernamentales y profesionales que trabajan en la industria de la construcción deben seguir la norma E 0.30 al implementar modificaciones estructurales.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Adnan, A. (2009). Método sugerido para la determinación de la dureza de rebote del martillo Schmidt. Estados Unidos: Springer International Publishing.
- Andrade, L. (2004). Control de la Deriva en la Norma de Diseño Sismorresistente. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Arias Carolina y Gustavo Castañeda. (2019). Evaluación Estructural del Reservorio R-15 de la Ciudad de Tacna Para Determinar su Vulnerabilidad Sísmica. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Brayam Arbildo y Melany Rojas. (2017). "Ensayo de Compresión Axial y Compresión Diagonal de especímenes de albañilería de ladrillos de arcilla (Hércules I) fabricados en la ciudad de Tacna". Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Chura e. (2012). Evaluación y propuesta de un plan de gestión del riesgo de origen sísmico en el distrito de ciudad nueva - Tacna. Tacna.
- Conrado Bedoya, J. (2006). Sismicidad de Tacna. Tacna.
- Cristian c. (2020). Entendiendo a las fisuras y grietas en las estructuras de concreto. Ica: consultorito.
- Cuchillo Choquesa, P., & Serruto Salas, A. R. (2022). Evaluación estructural para determinar el comportamiento sísmico de un pabellón de la Institución Educativa Miguel Pro. Tacna.
- Diego Hoces, R. (2020). Evaluación por desempeño sísmico y comportamiento estructural de un edificio. Huacho.
- Durand Martinez, R., Gonzáles Fernández, M. M., & Ruiz Ruiz, J. M. (2018). Evaluación del comportamiento estructural del edificio el. Santiago de Cuba.
- Flores, Y. Y Puma, Y. (2021). Evaluación estructural sísmica del pabellón "A" de la Institución Educativa 42218 Mariscal Cáceres, Tacna 2021. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Guzmán J. (2016). Metodología para la alerta de eventos tsunamigénicos locales a partir del análisis frecuencial de señales sísmicas y su aplicación al borde occidental del Perú. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa UNSA.
- Jiménez M. (2016). Determinación y evaluación de las patologías del concreto en columnas, vigas, sobrecimiento y muros de albañilería confinada del cerco

- perimétrico de la institución educativa maría reina de la paz, distrito de Pariñas, región Piura, agosto – 2016. Piura: Universidad Católica Los Ángeles Chimbote.
- Joel Nuñez, A. (2023). Metodologías de evaluación estructural por desempeño sísmico en edificaciones de concreto reforzado: Estado del Arte. Honduras.
- Kenny Colque y Alexander Oquendo. (2017). “Elaboración de curvas de fragilidad y consecuencia de muros de albañilería confinada construidos con blocker ii”. Tacna: universidad privada de Tacna.
- KUROIWA horiuchi, j., perez galleno, a., & zerga ocaña, a. (2004). Proyecto indeci – pnud per/02/051. Tacna.
- Ledemas y Martínez. (2018). Evaluación por desempeño del diseño estructural de viviendas en estado de vulnerabilidad alta en la ciudad de Bogotá–caso de estudio localidades de: Bosa, Ciudad Bolívar, San Cristobal y Usme. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- López ,X. Y Silva, R. (2021). Evaluación estructural sísmica del pabellón “A” de la Institución Educativa 42218 Mariscal Cáceres, Tacna 2021. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Marino D. (2021). Evaluación Estructural del pabellón C de la Institución Educativa 42241 Hermógenes Arenas Yañez, Tacna 2021. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Mendoza Cachicatari, A. S., & Condori Tuco, Y. D. (2022). Evaluación Estructural Para Determinar El Comportamiento Sísmico Del Pabellón “1” De La Institución Educativa 42251 Simón Bolívar. Tacna.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Norma Técnica de Cargas. Lima: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO).
- Norma E 0.30 Diseño sismorresistente. (2018). Diseño Sismorresistente. Recuperado el 2021,
- Novoa, J. (2020). Evaluación estructural para determinar la vulnerabilidad sísmica de una vivienda de cinco niveles en el AA. HH. Ciudadela Chalaca- Callao 2020. Callao: Universidad Cesar Vallejo.
- Pari A. Y Salas A. (2021). Evaluación estructural para determinar el riesgo sísmico en la estación de bomberos Puno N.º 42 – 2021. Puno: Universidad Cesar Vallejo.
- Peralta Gálvez, Sánchez Tizapa y Arroyo Matus. (2014). Incertidumbre en la

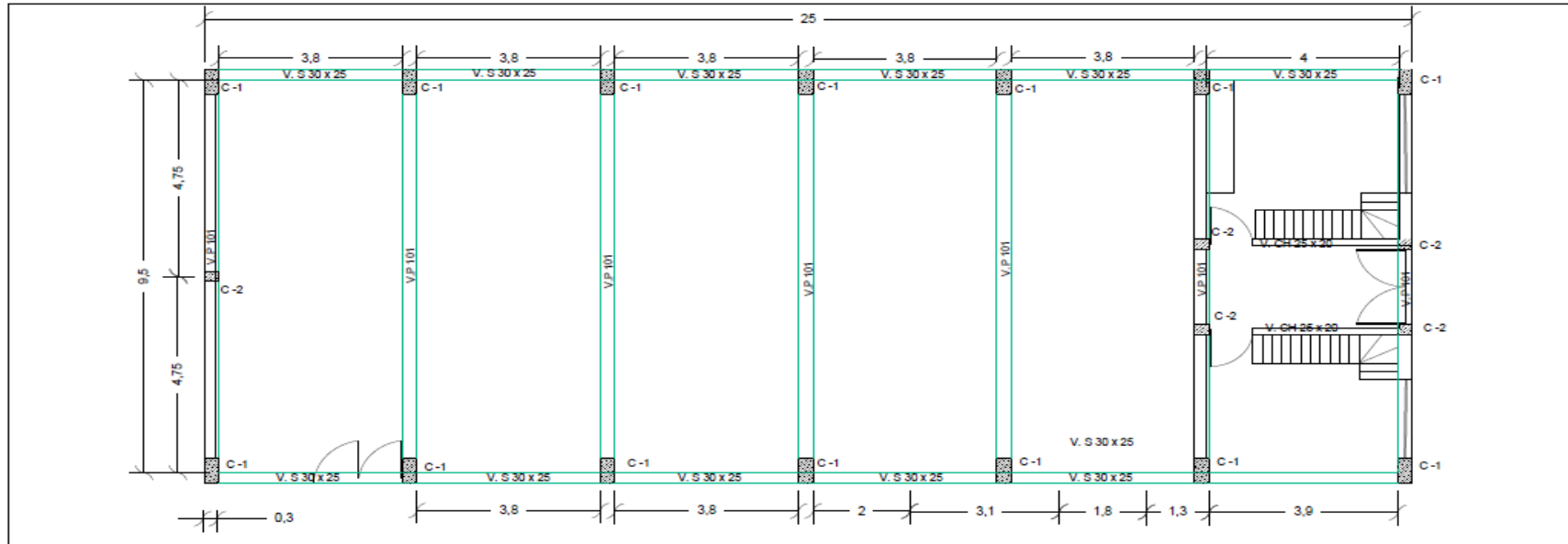
- Quevedo H, Barreto R y Ñaupari A. (2020). Procedimiento para una evaluación estructural en una vivienda de concreto. Lima: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ.
- Reyes Azañero, Y. J. (2021). Análisis Sísmico Del Centro Educativo Corazón De Jesús N°1705 Con Disipadores Sísmicos En Laredo. Trujillo.
- S.A, D. T. (2014). Rehabilitación Fisuras en el Concreto Reforzado. Sika Colombia S.A.S., 7.
- Salazar R. (2016). Evaluación estructural de los bloques de aulas y del coliseo de Unidad Educativa Daniel Reyes ubicado en San Antonio de Ibarra. Quito - Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- San Bartolome et al. (2018). Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes de Albañilería. Lima: Universidad Católica del Perú.
- Sanchez De Guzman. (1996). Tecnología del concreto y del mortero. Bhandar editores, 349.
- Tavera H. (2020). Análisis y evaluación de los patrones de sismicidad y escenarios sísmicos en el borde occidental del Perú. Lima: instituto Geofísico del Perú.
- Tavera H. (2018). Archivo de Noticias Institucionales. Lima: Instituto Geofísico del Perú.
- Tavera H. (2020).
- Tavera, H. (2020). Análisis y evaluación de los patrones de sismicidad y escenarios sísmicos en el borde. Lima - Perú.
- VARCARCEL, P. A. (2016). Análisis comparativo: uso de bambú vs. Perfiles de acero para cobertura liviana. Arequipa.
- VÉLEZ G. (2019). Determinación de la resistencia a la compresión del concreto mediante el método de la esclerometría. Lima.
- Yanqui Santos, A. E., & Paniagua Luque, G. B. (2020). Evaluación estructural sísmico del pabellón "C" del C.E.I. 225 Niños Héroes. Tacna.
- Yndigoyen, D. Y Almirón, T. (2019). Evaluación Estructural y Propuesta de Reforzamiento en el Centro de Salud Leoncio Prado, de la Ciudad de Tacna. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- Yonnathan, Q. T. (2017). "Evaluación y propuesta de reforzamiento estructural de la capilla Cristo Pobre de la Beneficencia de Puno". Puno: Universidad Nacional Del Altiplano.

ANEXOS

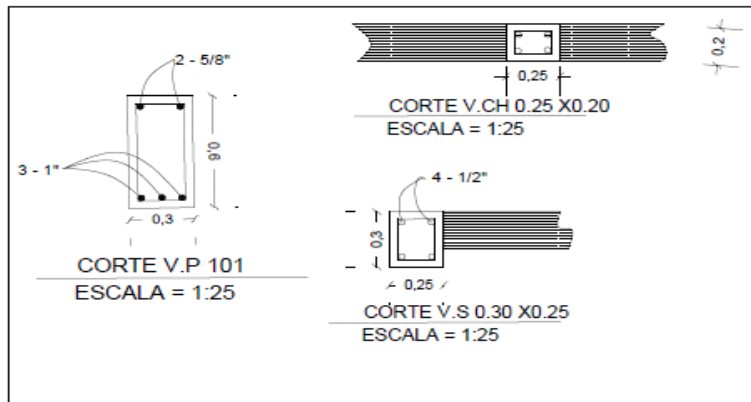
Anexo 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

INTERROGANTE DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDIADORES	METODOLOGIA	
interrogante general	objetivo general	hipotesis general	variable independiente	Indicador independiente	tipo de investigacion	
¿Cuál es la resistencia estructural sísmica de la capilla principal de la iglesia Nacional Evangelica Los Amigos del Perú (INELA) en la Municipalidad Distrital de Tacna - Tacna, con el fin de garantizar su estabilidad y seguridad ante eventos sísmicos en el año 2023?	Evaluar la resistencia estructural sísmica de la capilla principal de la iglesia Nacional Evangélica Los Amigos del Perú (INELA) en la Municipalidad Distrital de Tacna - Tacna, con el fin de garantizar su estabilidad y seguridad ante eventos sísmicos en el año 2023	Se espera que la capilla principal de la Iglesia Nacional Evangélica Los Amigos del Perú (INELA) en la Municipalidad Distrital de Tacna - Tacna cumpla con los requisitos de resistencia estructural sísmica establecidos por las normativas y códigos de construcción vigentes, lo que garantizará su capacidad para soportar adecuadamente eventos sísmicos y salvaguardar la integridad de las personas y del edificio en el año 2023.	Estructuración de la iglesia los amigos del Perú.	Sistema estructural. Propiedades mecánicas del concreto. Procedimientos constructivos.	Método aplicativo	
interrogantes específicas	objetivos específicos	hipotesis específicas	variable dependiente	Indicador dependiente	nivel de investigacion	
¿Cuáles serán las propiedades mecánicas de los elementos estructurales de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA)?	Determinar las propiedades mecánicas de los elementos estructurales contemplados en la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA).	mediante los ensayos de campo es posible determinar las propiedades mecánicas de los elementos estructurales de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA).	Comportamiento sísmico de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú	Periodo fundamental de vibración. Desplazamientos de entrepisos y derivas. Esfuerzos de elementos estructurales.	Nivel integrativo	
¿Cuál es el comportamiento sísmico de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA) evaluando según la norma E-030 de diseño sismorresistente?	Determinar el comportamiento sísmico de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA) según la norma E-030 de diseño sismorresistente.	Según el análisis sísmico de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA) no cumple con los parámetros mínimos establecidos según la norma E-030.			Ámbito de estudio: de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA) Población muestra: infraestructura de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú	Técnica de recolección de datos: observación directa, ensayos de laboratorio.
¿Cuáles son las patologías de los principales elementos estructurales de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA)?	Identificar las patologías de los principales elementos estructurales de la iglesia nacional evangélica los amigos del Perú (INELA).	Fisuras, grietas, vigas con presencia de pandeo y estructuras construidas con material no estructural.			instrumentos: ficha de recolección de datos, planos, fotos.	

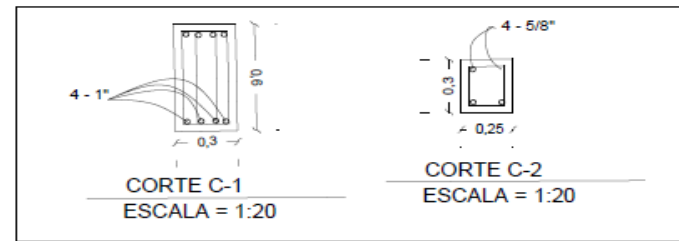
Anexo 2. PLANOS



PLANO EN PLANTA ESC: 1/75

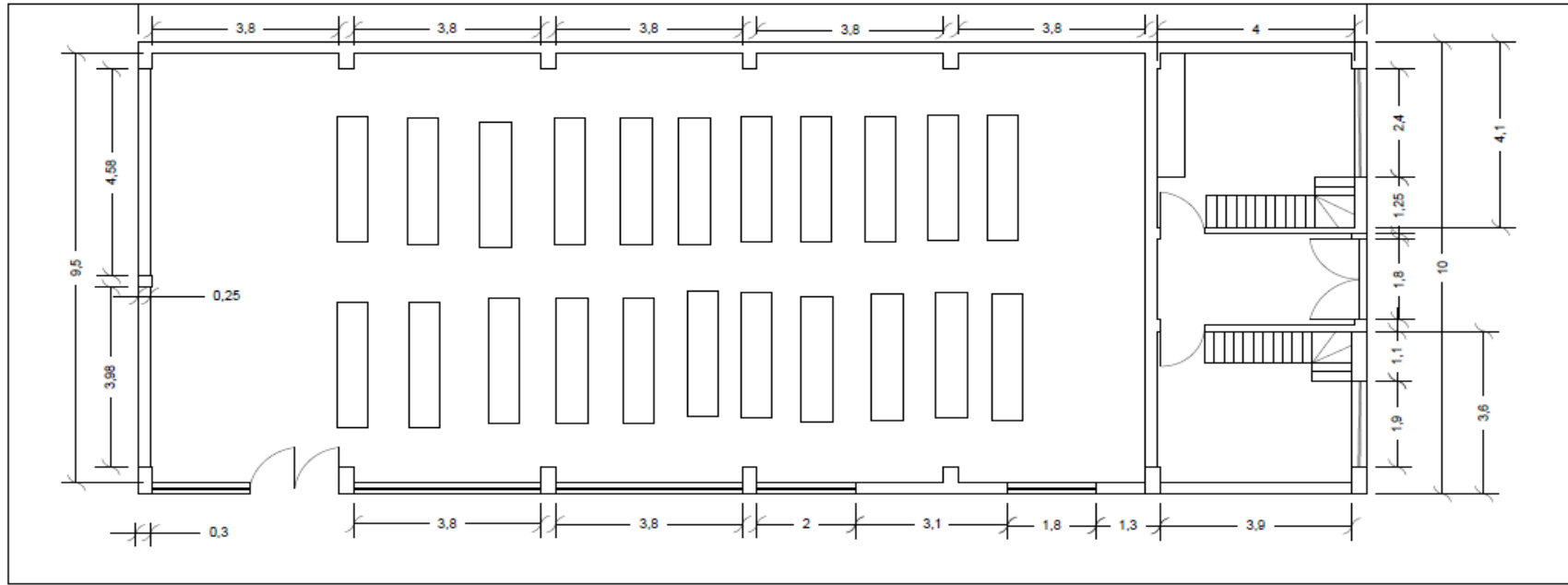


DETALLE DE VIGAS ESC: 1/75

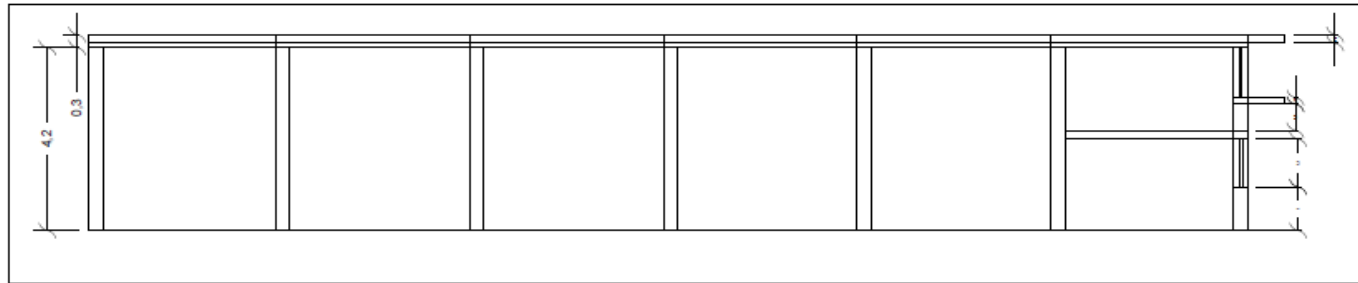


DETALLE DE COLUMNAS ESC: 1/75

TESIS: EVALUACION ESTRUCTURAL SISMICO DE LA CAPILLA PRINCIPAL DE LA IGLESIA NACIONAL LOS AMIGOS DEL PERU (INELA) DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE TACNA -TACNA		PLANO: ESTRUCTURA	LAMINA: P-01
FECHA: JULIO 2023			ESCALA: 1/75
DIBUJANTES: BACH: WINDER MEZA VELAZCO BACH: ROY RONY CHINO CHATA	UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA		

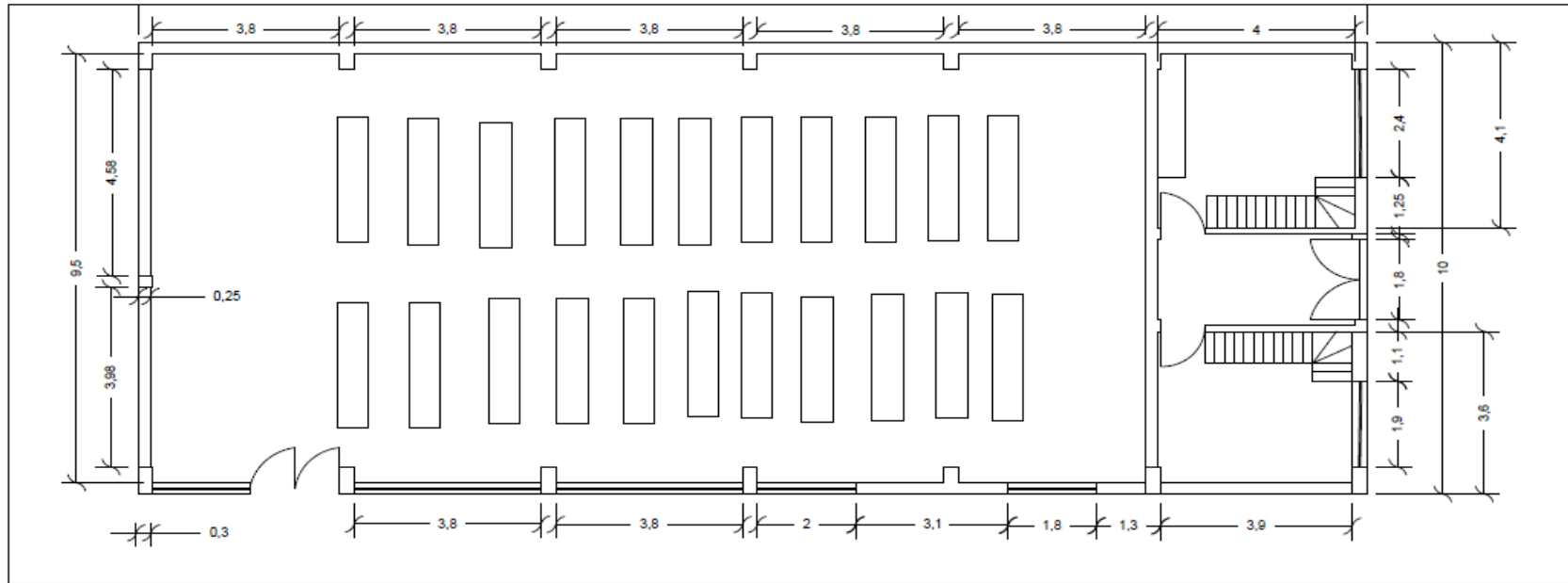


PLANO EN PLANTA ESC: 1/75

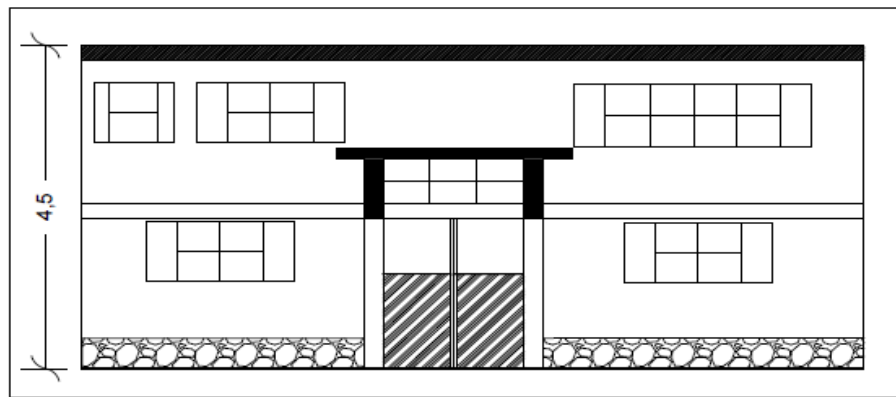


PLANO DE ELEVACION LATERAL ESC: 1/75

TESIS: EVALUACION ESTRUCTURAL SISMICO DE LA CAPILLA PRINCIPAL DE LA IGLESIA NACIONAL LOS AMIGOS DEL PERU (INELA) DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE TACNA -TACNA		PLANO: ARQUITECTURA	LAMINA: P-01
FECHA: JULIO 2023			ESCALA: 1/75
DIBUJANTES: BACH: WINDER MEZA VELAZCO BACH: ROY RONY CHINO CHATA	UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA		



PLANO EN PLANTA ESC: 1/75



PLANO DE ELEVACION FRONTAL ESC: 1/75

TEMA: EVALUACION ESTRUCTURAL SISMICO DE LA CAPILLA PRINCIPAL DE LA IGLESIA NACIONAL LOS AMIGOS DEL PERU (INELA) DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE TACNA, TACNA		PLANO: ARQUITECTURA	LAMINA: P-01
FECHA: JULIO 2023			ESCALA: 1/75
DIBUJANTES: BACH: WINDER MEZA VELAZCO BACH: ROY RONY CHINO CHATA	UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA		