UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL

Tesis

Análisis de la vulnerabilidad por sobrecarga estructural física de una vivienda autoconstruida en el sector de las Américas segunda etapa en la ciudad de Abancay 2021

Asesor:

Dr. Soto Palomino, Wilfredo

Autor:

Torvisco Zegarra, Thomily

Para optar el grado académico de: Ingeniero Civil

Abancay-Apurímac -Perú

2025

Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 027

En la ciudad de Abancay año 2025 en el mes de **febrero** día **jueves** del **27** siendo las **04:00 de la tarde,** se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral **N° 0186-2025- EPIC-FI-UTEA-SA** de fecha **16** de **febrero** del **2025,** de la Escuela Profesional de Facultad de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería:

Presidente :	MSc. Ing. Maldonado Mendivil, Angel
Dictaminante:	Ing. Acosta Valer, Hugo Virgilio
Replicante :	Dr. Alarcón Camacho, Erick

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

☒ Tesis ☐ Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Análisis de la vulnerabilidad por sobrecarga estructural física de una vivienda autoconstruida en el sector de las Américas segunda etapa en la ciudad de Abancay 2021

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br: Torvisco Zegarra, Thomily

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) APROBADO (S):

Por: Unanimidad

(Unanimidad o Mayoría) (*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Torvisco Zegarra, Thomily	Aprobado

Siendo **las 18:00 horas** concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: MSc. Ing. Maldonado Mendivil, Angel (.....)

Dictaminante: Ing. Acosta Valer, Hugo Virgilio (.....)

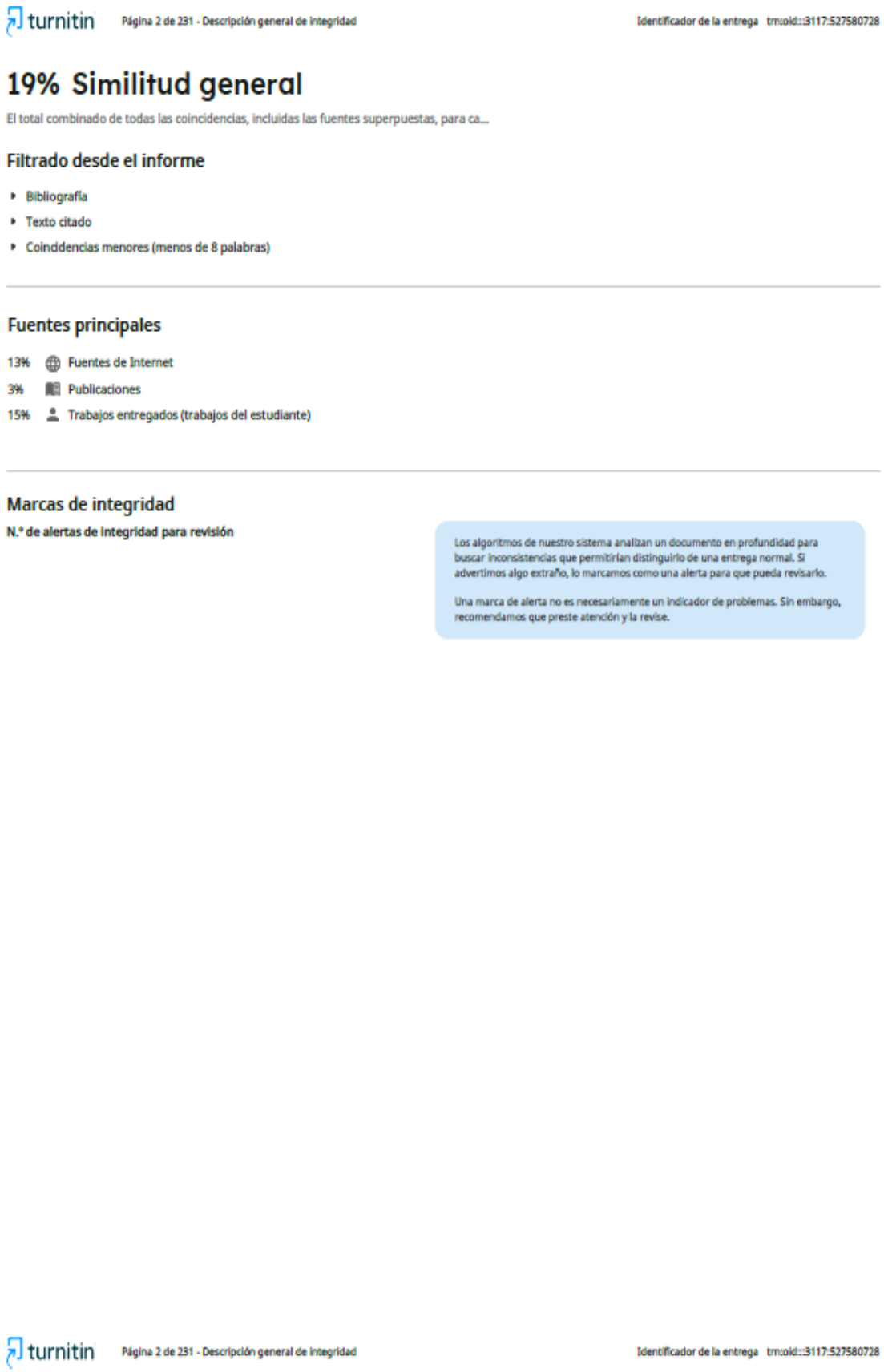
Replicante: Dr. Alarcón Camacho, Erick (.....)

Abancay 07 de marzo del 2025

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 321.

(*): Mayoría: Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; Unanimidad: Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban, Art. 18 RGGAT.
(**): 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a [illegible]

Reporte de Similitud



Metadatos

Datos del autor		
Apellidos y Nombres	**:**	Bach. Thomily Torvisco Zegarra
Tipo de documento de identidad	**:**	DNI
Numero de documento de identidad	**:**	70780523
URL ORCID	**:**	**https://orcid.org/ 0009-0001-5926-8077**
Datos del asesor		
Apellidos y Nombres	**:**	Dr. Wilfredo Soto Palomino
Tipo de documento de identidad	**:**	DNI
Numero de documento de identidad	**:**	41934951
URL ORCID	**:**	**https://orcid.org/ 0000-0001-5926-8077**
Datos de la Investigación		
Facultad	**:**	Ingeniería
Escuela Profesional	**:**	Ingeniería civil
Línea de Investigación	**:**	Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible
Rango de años en que se realizó la investigación	**:**	2023
Fuente de financiamiento	**:**	Autofinanciado
Porcentaje de similitud	**:**	**19%**
URL de OCDE	**:**	**https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01**

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación se lo dedico a mi familia por ser los pilares en mi educación, a mi abuelo Humberto por todas sus palabras de apoyo y por impulsarme a ser mejor cada día, y a mi abuela Martha y Pascuala que desde el cielo me guían y me cuidan todos los días. Lo estoy logrando Marthita.

Agradecimiento

Agradezco en primer lugar a la universidad tecnología de los Andes por acogerme en sus aulas y brindarme todos los conocimientos concernientes a la carrera profesional que elegí. agradezco también al centro de investigación de la UTEA por inculcar la investigación en los estudiantes de distintas carreras. Por último, agradezco la compañía de mis amigos por compartir conmigo años de estudio y sobre todo por ayudarnos mutuamente a salir adelante.

Resumen

Esta investigación buscó averiguar qué tan vulnerable es la estructura física de una vivienda autoconstruida en Abancay, Específicamente en el sector de Las Américas, durante el año 2021. Se emplearon metodologías cuantitativas, utilizando el método Benedetti-Petrini para evaluar la falta de capacidad de resistencia, la evaluación no invasiva de la estructura utilizando el esclerómetro para evaluar la resistencia del concreto armado y el programa ETABS para simular el comportamiento sísmico de la edificación al adicionar uno o dos niveles. Los resultados evidenciaron un nivel moderado de vulnerabilidad, condicionado por la heterogeneidad en la solidez inherente de la estructura principal y las características del suelo. Las columnas registraron valores mínimos de resistencia de 152.96 kg/cm² y un máximo de 205.22 kg/cm², lo que revela puntos críticos que requieren refuerzo, mientras que las vigas presentaron valores mínimos de resistencia de 221.15 kg/cm² y máximo de 242.18 kg/cm². El análisis sísmico mostró que la estructura no soporta más de tres niveles, ya que, al adicionar pisos, se exceden los alcances de deriva normativos estipulados en la E.030. En conclusión, se identificó que la vivienda presenta vulnerabilidad estructural debido a la calidad del concreto en las columnas y a su comportamiento inadecuado ante sobrecargas. Se recomienda el reforzamiento estructural de elementos críticos y evitar la ampliación sin intervenciones técnicas adecuadas para garantizar la estabilidad y seguridad estructural.

Palabras clave: vulnerabilidad estructural, sobrecarga física, resistencia del concreto, análisis sísmico.

Abstract

This research sought to determine the vulnerability of the physical structure of a self-built house in Abancay, specifically in the Las Américas sector, second phase, during 2021. Quantitative methodologies were employed, using the Benedetti-Petrini method to assess the lack of resistance capacity, non-invasive structural evaluation using a sclerometer to assess the strength of reinforced concrete, and the ETABS program to simulate the seismic behavior of the building with the addition of one or two levels. The results showed a moderate level of vulnerability, conditioned by the heterogeneity in the inherent solidity of the main structure and the soil characteristics of the soil. The columns registered minimum resistance values of 152.96 kg/cm² and a maximum of 205.22 kg/cm², revealing critical points requiring reinforcement, while the beams presented minimum strength values of 221.15 kg/cm² and a maximum of 242.18 kg/cm². The seismic analysis showed that the structure cannot support more than three levels, since adding floors exceeds the scope of the regulatory requirements stipulated in E.030. In conclusion, the house was identified as having structural vulnerability due to the quality of the concrete in the columns and its inadequate overload behavior. Structural reinforcement of critical elements is recommended, and expansion without appropriate technical interventions should be avoided to ensure structural stability and safety.

Keywords: structural vulnerability, physical overload, concrete resistance, seismic analysis.

Índice

Portada……i

Acta de Sustentación ii

Reporte de Similitud iii

Metadatos….iv

Dedicatoria….v

Agradecimiento vi

Resumen…… vii

Abstract…… viii

Índice…… ix

Índice de tablas xi

Índice de figuras xiii

Índice de anexos xv

I. Introducción 16

II. Planteamiento del Problema 16

2.1. Descripción y formulación del problema 18

2.2. Objetivo 23

2.2.1. Objetivo general 23

2.2.2. Objetivos específicos 23

2.3. Justificación e importancia 24

2.4. Hipótesis 25

2.5. Variables 26

III. Marco teórico 28

3.1. Antecedentes 28

3.2. Bases teóricas 35

2.3. Definición de términos 45

IV. Metodología 48

4.1. Tipo y nivel de investigación 48

4.2. Ámbito temporal y espacial 48
4.3. Población y muestra 49
4.4. Instrumentos 52
4.5. Procedimiento 52
4.6. Análisis de datos 55
4.7. Consideraciones éticas 55
V. Resultados y discusión 56
VI. Conclusiones 117
VII. Recomendaciones 119
VIII. Referencias 121
IX. Anexos…. 127

Índice de tablas

Tabla 1 Viviendas particulares y colectivas censadas y tasa de crecimiento promedio anual según el área residencial 1993 y2007 21

Tabla 2 Matriz de operacionalización 27

Tabla 3 Estratificación de la Vulnerabilidad 36

Tabla 4 Análisis estratigráfico Calicata 01 56

Tabla 5 Límites de Atterberg calicata 01 57

Tabla 6 Análisis estratigráfico Calicata 02 58

Tabla 7 Límites de Atterberg calicata 02 60

Tabla 8 Análisis estratigráfico Calicata 03 61

Tabla 9 Límites de Atterberg calicata 3 62

Tabla 10 Cuadro de coordenadas de calicatas 64

Tabla 11 Cuadro de coordenadas de calicatas principal 64

Tabla 12 Toma de muestras calicatas 64

Tabla 13 Toma de muestra principal 65

Tabla 14 Análisis granulométrico 66

Tabla 15 Análisis granulométrico principal 67

Tabla 16 Límites de Atterberg humedad y clasificación 68

Tabla 17 Límites de Atterberg humedad y clasificación principal 70

Tabla 18 Tipos de edificación 72

Tabla 19 Categoría y sistema estructurales de las edificaciones 72

Tabla 20 Calicata C - **1**: 74

Tabla 21 Calicata C - 2 74

Tabla 22 Calicata C - 3 75

Tabla 23 Capacidad de carga por corte general y corte local calicata principal 75

Tabla 24 Calicata C-1: 76

Tabla 25 Calicata C-2:..... 76
Tabla 26 Calicata C-3:..... 77
Tabla 27 Asentamiento calicata principal 77
Tabla 28 Calicata C-1:..... 78
Tabla 29 Calicata C-2:..... 78
Tabla 30 Calicata C-3:..... 78
Tabla 31 Suelos colapsables..... 79
Tabla 32 Potencial de expansión..... 80
Tabla 33 Potencial de expansión..... 81
Tabla 34 Coeficientes de empujes..... 82
Tabla 35 Cimentación 82
Tabla 36 Ubicación del ensayo de esclerometría 83
Tabla 37 Resistencia alcanzada con el esclerómetro..... 84
Tabla 38 Parámetros según la norma E-30..... 86
Tabla 39 Derivas de Entrepisos de Sismo en X para 3 niveles 102
Tabla 40 Derivas de entrepisos de Sismo en Y para 3 niveles..... 103
Tabla 41 Derivas para sismo en eje X para 4 niveles..... 106
Tabla 42 Derivas para sismo en eje Y para 4 niveles..... 107
Tabla 43 Derivas para sismo en eje X para 5 niveles..... 111
Tabla 44 Derivas para sismo en eje Y para 5 niveles..... 112

Índice de figuras

Figura 1 Mapa de ubicación del área de evaluada 49

Figura 2 Perfil estratigráfico calicata 01 58

Figura 3 Perfil estratigráfico calicata 02 60

Figura 4 Curva granulométrica calicata 03 62

Figura 5 Perfil estratigráfico calicata 03 63

Figura 6 Abaco para determinar los valores de los factores de capacidad de carga por corte general y corte local 71

Figura 7 La relación entre los colapsables y no colapsables y los parámetros de los suelos 79

Figura 8 Edit grid system data 86

Figura 9 Story Data 87

Figura 10 Material Property Data 88

Figura 11 Frame Section Property Data 89

Figura 12 Frame Section Property Data vigas 90

Figura 13 Frame Properties 91

Figura 14 Define Load Patterns 92

Figura 15 Seismicc Load Pattern - User Defined 92

Figura 16 Espectro sísmico 93

Figura 17 Response Spectrum Function- Peru Norma E.030 94

Figura 18 Load Case Data 95

Figura 19 Load Combination Data 96

Figura 20 Load Combinations 97

Figura 21 Envolvente 97

Figura 22 Mass Source Data 98

Figura 23 Joint assignement – Restraints 99

Figura 24 Dibujo 3D de la edificación. 100

Figura 25 Dibujo en planta de la edificación 101

Figura 26 Dibujo 3D de la edificación 104

Figura 27 Dibujo en planta de la edificación 105

Figura 28 Dibujo 3D de la edificación 109

Figura 29 Dibujo en planta de la edificación 110

Índice de anexos

Anexo 1 Matriz de consistencia 128

Anexo 2 Plano de ubicación 129

Anexo 3 Informe de laboratorio 130

Anexo 4 Panel fotográfico 209

I. Introducción

El presente estudio se titula "Análisis de la Vulnerabilidad por Sobrecarga Estructural Física de una Vivienda Autoconstruida en el Sector de las Américas Segunda Etapa en la Ciudad de Abancay 2021", y tiene como finalidad primordial determinar los riesgos derivados de la tensión excesiva en la estructura de una casa construida por sus propios habitantes en una zona de alta vulnerabilidad sísmica, como lo es la ciudad de Abancay, específicamente en el ámbito de las Américas II Etapa. Este trabajo surge del interés por identificar y comprender los factores que contribuyen a la deficiencia estructural de viviendas autoconstruidas, donde los procesos de edificación no siempre cumplen con las normas técnicas adecuadas, poniendo en peligro la seguridad de sus ocupantes.

La investigación se centra en determinar las causas de la sobrecarga estructural y cómo estas afectan la integridad de la vivienda, especialmente en un contexto geográfico propenso a eventos sísmicos. Para ejecutar esta indagación, se empleó una metodología de tipo cuantitativo y cualitativo. En primer lugar, se realizó un diagnóstico visual y físico de las edificaciones autoconstruidas en el área estudiada, recopilando datos sobre la construcción, materiales y condiciones de las estructuras. Posteriormente, se realizaron cálculos estructurales para estimar el umbral de soporte bajo condiciones de esfuerzo de las viviendas y se compararon estos resultados con los datos estipulados en la normativa de construcción vigentes. Además, se efectuaron entrevistas a los propietarios de las viviendas para conocer las condiciones en que fueron construidas y los factores socioeconómicos que influyen en su calidad estructural.

El trabajo tiene como finalidad proporcionar una evaluación detallada de las vulnerabilidades estructurales presentes en las residencias levantadas por iniciativa propia en el sector objeto de indagación, con la meta de presentar soluciones que optimicen la seguridad de los habitantes, a la par que se eduque sobre la relevancia de los procedimientos

constructivos idóneos. A través de este análisis, se pretende también aportar al diseño de políticas públicas orientadas a la mejora de las condiciones de habitabilidad en sectores vulnerables.

La estructura del trabajo se organiza en seis capítulos. El Capítulo I: Introducción establece el tema, la justificación del estudio, los objetivos y la metodología empleada. El Capítulo II: Planteamiento del Problema describe en detalle las problemáticas relacionadas con la sobrecarga estructural en viviendas autoconstruidas, analizando el contexto de la indagación. El Capítulo III: Marco Teórico aborda los fundamentos conceptuales y teorías relevantes sobre la seguridad estructural en la edificación. En el Capítulo IV: Metodología, se detallan los procedimientos utilizados para la recaudación y evaluación de data. El Capítulo V: Resultados presenta los hallazgos alcanzados del análisis estructural y las entrevistas realizadas. Finalmente, el Capítulo VI: Conclusiones sintetiza los resultados y propone recomendaciones basadas en los hallazgos del estudio.

II. Planteamiento del Problema

2.1. Descripción y formulación del problema

La edificación sin regulaciones constituye una de las prácticas más perjudiciales para la población mundial o viviendas autoconstruidas denominadas así por la ingeniería civil ya que estas no cuentan con la supervisión técnica o profesional, los deterioros, daños y deficiencias que emergen en los inmuebles con el paso del tiempo tienen múltiples orígenes y pueden manifestarse de manera individual o simultánea. La Patología de la Construcción es la disciplina científica dedicada al análisis, diagnóstico y resolución de estas anomalías, deficiencias. y problemas que afectan a las edificaciones. Gegdyszman (2012).

La nación chilena, caracterizada por implementar medidas rigurosas de supervisión y regulación en la construcción residencial, mantiene un índice de edificación informal por debajo del 10%. Este país implementó hace tiempo diversos procedimientos para anticipar y evitar el desarrollo de problemas estructurales en las viviendas de interés social, determinación estadística de que las causas ocurren durante el ciclo completo de desarrollo y gestión de la infraestructura (Muñoz, 2000).

Actualmente en el Perú cuenta con 33.035.30 habitantes según fuentes del INEI 2021, se encuentra en el “Cinturón del Fuego del Pacífico”, por lo que las obras de construcción requieren el cumplimiento de los códigos de edificación; Sin embargo, según los expertos, 75 de cada 100 viviendas en todo el país se construyen de manera informal, es decir, sin seguir los códigos de construcción, debido al boom inmobiliario del siglo XXI (Meyer, 2006).

Durante la década de 1980, el Perú experimentó un acelerado proceso de urbanización motivado por factores sociales, económicos y políticos, entre los que destacan el crecimiento demográfico, el desplazamiento forzado por la violencia interna y la búsqueda de oportunidades laborales en las ciudades. En este contexto, se

generó un boom de la autoconstrucción urbana, caracterizado por la edificación espontánea de viviendas sin planificación técnica ni supervisión profesional (Riofrío, 1990). Esta situación se reprodujo en múltiples ciudades intermedias del país, incluyendo Abancay, donde amplios sectores periféricos fueron ocupados progresivamente mediante procesos informales de urbanización.

En el Perú existen estudios que analizan y evalúan los defectos de las casas construidas sin tomar en cuenta las fallas en el proceso de construcción, es por eso que este estudio surge de la carencia de conocer y juzgar una vivienda autoconstruida, y al mismo tiempo determinar su vulnerabilidad estructural, identificando diversos factores de vital importancia para asegurar una buena construcción en el futuro. La ausencia de supervisión durante el vertido del concreto resulta en una disminución significativa de la resistencia estructural necesaria para su funcionamiento. Esta situación se presenta independientemente de las propiedades y atributos de los materiales utilizados, incluyendo el acero, cemento, agregados y agua. Como En consecuencia, la estructura requerirá reparaciones durante su período de uso o quedará expuesta a riesgos, lo que genera gastos no previstos.

En la provincia de Abancay con 110,520 habitantes (censo nacional 2017, INEI), de los cuales 85,095 radican en la ciudad de Abancay donde se aplica nuestro estudio, recientemente, las condiciones generales de existencia de pobladores han ido en aumento a raíz de eso empezaron a construir viviendas de material noble utilizando el concreto, y se suele utilizar aditivos como plastificantes y impermeabilizantes. entre otras cosas de forma desproporcionada. Se puede mencionar que actualmente en obras de construcción, si escogemos una vivienda al azar que haya sido autoconstruida podemos encontrar cangrejeras por mala vibración, exceso de material granular, inadecuado proporciona miento de los materiales y mínimos recubrimientos en los

aceros.

En el sector de las Américas según el proyecto de ley 6547 emito el 26 de octubre del 2020 indicando su creación como distrito indica que cuenta con 27,080 residentes que experimentan un índice de expansión poblacional del 0.7% con 4,646 viviendas registradas de las cuales 220 pertenecen al sector de las Américas 1ra y 2da etapa afectando a las cuales 1050 familias, de las viviendas registradas la mayoría son construidas sin la supervisión de al menos un técnico civil, siendo estas las causantes de que haya sobre carga y mala distribución de espacios en las viviendas provocando en estas el acortamiento de su vida útil, razón por la cual siendo este el motivo que impulso esta investigación.

Uno de los sectores emblemáticos de esta expansión en Abancay es la urbanización Las Américas, segunda etapa, donde desde inicios de los años 80 se asentaron numerosas familias mediante lotizaciones informales y progresiva consolidación urbana. Las viviendas levantadas en este periodo compartían características comunes: ausencia de diseño estructural, empleo de materiales insuficientes, desconocimiento de cargas admisibles y métodos empíricos de construcción, elementos que, con el paso del tiempo, han comprometido la seguridad estructural de las edificaciones (Torres y Gutiérrez, 2017).

A medida que estas viviendas se han consolidado, también han sido objeto de modificaciones estructurales improvisadas, como ampliaciones verticales o inclusión de entrepisos sin análisis de carga, lo que genera una sobrecarga estructural física que excede la capacidad resistente original del sistema constructivo. Dicha práctica, sumada a la ausencia de mantenimiento adecuado y a la degradación de materiales por exposición ambiental, ha incrementado la vulnerabilidad estructural ante solicitaciones sísmicas, muy relevantes en una zona de alta sismicidad como Abancay.

En consecuencia, la permanencia de viviendas construidas empíricamente, con

sobrecargas estructurales acumuladas y sin verificación técnica, constituye un riesgo latente para la integridad de sus ocupantes. Esta realidad exige una evaluación técnica rigurosa, basada en herramientas de diagnóstico como el ensayo esclerométrico, el modelamiento estructural mediante ETABS, y la puesta en práctica de protocolos de análisis de vulnerabilidad como la propuesta por Benedetti y Petrini (1984), para determinar el grado de amenaza estructural y orientar intervenciones seguras, sostenibles y normadas.

Tabla 1

Viviendas particulares y colectivas censadas y tasa de crecimiento promedio anual según el área residencial 1993 y2007

Área de residencia	1993 absoluto	1993 %	2007 absoluto	2007 %	Incremento intercensal Absoluto	Incremento intercensal %	Incremento anual	Tasa de crecimiento promedio anual (%)
Total	105,198	100.0	148,280	100.0	43,082	41.0	3,077	2.4
Vivienda particular	105,055	99.9	148,069	99.9	43,014	40.9	3,072	2.4
Vivienda colectiva 1/	143	0.1	211	0.1	68	47.6	5	2.8
Urbana	36,052	100.0	59,871	100.0	23,819	66.1	1,701	3.6
Vivienda particular (urbana)	35,925	99.6	59,687	99.7	23,762	66.1	1,697	3.6
Vivienda colectiva (urbana) 1/	127	0.4	184	0.3	57	44.9	4	2.6
Rural	69,146	100.0	88,409	100.0	19,263	27.9	1,376	1.7
Vivienda particular (rural)	69,130	100.0	88,382	100.0	19,252	27.8	1,375	1.7
Vivienda colectiva (rural) 1/	16	0.0	27	0.0	11	68.8	1	3.7

Nota. La tabla muestra la evolución del número de viviendas particulares y colectivas registradas entre los censos nacionales de 1993 y 2007. Fuente: INEI

En muchas ciudades andinas del Perú, como Abancay, el crecimiento urbano acelerado y desordenado ha conllevado a que la población se asiente en zonas de alto riesgo, especialmente en áreas colindantes a ríos, quebradas o zonas de escurrimiento

natural. Una de las prácticas más recurrentes ha sido la ocupación informal de las fajas marginales, que son franjas de terreno contiguas a cuerpos de agua y que, por su naturaleza, deben permanecer libres de edificaciones para garantizar la seguridad física y ambiental.

Según el Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, aprobado mediante Decreto Supremo N.º 001-2010-AG, se entiende por faja marginal a la franja de terreno colindante a las fuentes naturales o artificiales de agua, cuya anchura debe ser determinada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA), en función de factores geomorfológicos, registros hidrológicos y riesgos de inundación. Esta franja cumple funciones esenciales de protección del cauce, conservación del ecosistema ribereño y reducción del riesgo ante eventos hidrometeorológicos extremos (Ministerio de Agricultura, 2010).

En la ciudad de Abancay, el *Mapa de Peligros elaborado por INDECI* advierte que diversos sectores urbanos como Vallecito El Olivo, Villa Gloria, Mariño y Patibamba presentan riesgo alto de inundación y huaycos, precisamente por encontrarse dentro de áreas que funcionalmente corresponden a fajas marginales, aunque muchas veces no estén reconocidas oficialmente ni señalizadas (INDECI, 2007). Además, el informe técnico recomienda establecer zonas de seguridad de al menos 25 metros de ancho sin edificaciones entre las áreas urbanizadas y las zonas vegetales o cursos de agua, a fin de actuar como barrera de protección y facilitar la intervención ante desastres (INDECI, 2007).

La invasión de estas franjas marginales no solo incrementa la vulnerabilidad de la población frente a eventos extremos como desbordes o huaycos, sino que también deteriora el ecosistema fluvial, compromete la capacidad de drenaje natural y limita la implementación de obras de defensa ribereña. Por tanto, la falta de regulación, señalización y control efectivo sobre las fajas marginales constituye una brecha

estructural y ambiental crítico, que se tiene q manejar mediante el urbanismo preventivo y la preparación ante desastres naturales.

Problema general

¿Cuál es el nivel de vulnerabilidad por sobrecarga estructural física de una vivienda autoconstruida en el sector de las Américas segunda etapa en la ciudad de Abancay, 2021?

Problemas específicos

1) ¿Cuál será el nivel de vulnerabilidad por sobrecarga estructural física en una vivienda aplicando el método de Benedetti - Petrini en el sector de las Américas segunda etapa en la ciudad de Abancay,2021?
2) ¿Cuál es la resistencia de los elementos de concreto armado utilizando el método esclerométrico en una vivienda autoconstruida en el sector de las Américas segunda etapa en la ciudad de Abancay– 2021?
3) ¿Cuál es el comportamiento sísmico de la vivienda autoconstruida utilizando el software ETABS al adicionar de 1 a 2 pisos en el sector de las Américas segunda etapa en la ciudad de Abancay - 2021?
4) ¿Cuál es la capacidad portante del suelo presente en el sector de las Américas segunda etapa en la ciudad de Abancay, 2021?

2.2. Objetivo

2.2.1. Objetivo general

Establecer el nivel de vulnerabilidad por sobrecarga estructural física de una vivienda autoconstruida en el sector de las Américas segunda etapa en la ciudad de Abancay– 2021.

2.2.2. Objetivos específicos

1) Determinar el nivel de vulnerabilidad por sobrecarga estructural física en una

vivienda aplicando el método de Benedetti - Petrini en el sector de las Américas segunda etapa en la ciudad de Abancay– 2021.

2) Precisar resistencia de los elementos de concreto armado utilizando el método esclerométrico en una vivienda autoconstruida en el sector de las Américas segunda etapa en la ciudad de Abancay– 2021.

3) Analizar el comportamiento sísmico de la vivienda autoconstruida utilizando el software ETABS al adicionar de 1 a 2 pisos en el sector de las Américas segunda etapa en la ciudad de Abancay - 2021**.**

4) Determinar la capacidad portante del suelo en el sector de Las Américas Segunda Etapa, en la ciudad de Abancay, durante el año 2021.

2.3. Justificación e importancia

2.3.1. Justificación

Justificación Teórica:

Basada en la teoría de la ingeniería estructural y sísmica, el estudio busca profundizar en la comprensión de cómo las prácticas de autoconstrucción pueden influir en la probabilidad de colapso de las construcciones durante movimientos telúricos en la localidad de Abancay.

Justificación Práctica

Prácticamente, el análisis puede ofrecer datos concretos para la mejora de la seguridad estructural y guías para la construcción o refuerzo de viviendas en áreas de riesgo sísmico.

Justificación Metodológica

Metodológicamente, el estudio propone aplicar modelos de evaluación de vulnerabilidad y técnicas de ingeniería sísmica para obtener resultados aplicables a contextos similares.

Justificación Social

Se espera que esta iniciativa aporte un valor considerable al bienestar colectivo, ya que promueve una mayor comprensión sobre la necesidad de edificaciones resistentes y contribuye al desarrollo de normativas gubernamentales orientadas a salvar tanto la integridad física como los bienes de los habitantes en zonas sísmicas.

2.3.2. Importancia

Examinar los potenciales riesgos estructurales de construcciones realizadas por sus propios habitantes, tal como se hizo en las Américas Segunda Etapa de Abancay, es esencial para comprender y mitigar amenazas a la integridad de los residentes. La autoconstrucción prolifera en áreas desfavorecidas globalmente debido a barreras económicas y la falta de servicios profesionales de edificación. Sin embargo, las viviendas autoconstruidas suelen carecer de los estándares técnicos necesarios, lo que las hace susceptibles a riesgos estructurales significativos, especialmente en áreas con alta actividad sísmica, como Abancay.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El nivel de vulnerabilidad es alto por sobrecarga estructural física de una vivienda autoconstruida en el sector de las Américas segunda etapa en la ciudad de Abancay– 2021.

2.4.2. Hipótesis específica

1) El nivel de vulnerabilidad es alto por sobrecarga estructural física en una vivienda aplicando el método de Benedetti - Petrini en el sector de las Américas segunda etapa en la ciudad de Abancay – 2021**.**
2) Los elementos de concreto armado en la vivienda autoconstruida del sector de

las Américas Segunda Etapa, en Abancay, no alcanzan los valores de resistencia mínima requeridos por las normativas estructurales vigentes, usando el método del esclerómetro.

3) La adición de 1 a 2 pisos a una vivienda autoconstruida en el sector de las Américas Segunda Etapa en la ciudad de Abancay, generará una distribución de cargas desfavorable y reducirá la capacidad de la estructura para resistir cargas sísmicas
4) El suelo del sector de Las Américas Segunda Etapa en la ciudad de Abancay, presenta una capacidad portante menor a 1.50 kg/cm^2 suficiente para soportar edificaciones de una planta sin requerir cimentaciones profundas.

2.5.Variables

Variable independiente: Sobrecarga estructural Física

Variable dependiente: Vulnerabilidad

Tabla 2

Matriz de operacionalización

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala
DEPENDIENTE **Vulnerabilidad**	Propensión de un sistema a experimentar degradación por causas ajenas a su composición interna, como la sobrecarga estructural o desastres naturales.	Esta se mide evaluando la capacidad de la vivienda para resistir las cargas externas sin presentar fallos significativos.	- Nivel de vulnerabilidad	Alta Media Alta Muy alta	Método de Benedetti Petrini	Ordinal
INDEPENDIENTE **Sobrecarga Estructural Física**	La sobrecarga estructural física se refiere al exceso de carga que una estructura no diseñada adecuadamente para ello puede soportar sin comprometer su estabilidad.	Se considera sobrecarga estructural física cuando los elementos de la vivienda experimentan tensiones superiores a las que pueden soportar según su diseño, debido a modificaciones o cargas adicionales no planificadas.	- Carga por adición de pisos - Calidad de los materiales de construcción	- Modificación de la carga total debido a la adición de pisos u otras modificaciones estructurales - Análisis de la calidad y resistencia de los materiales usados para la construcción de la vivienda, como concreto, acero y mampostería	Modelamiento Etabs Ensayo de esclerómetro	Ordinal De razón

Nota. matriz de operacionalización de variables, instrumento esencial dentro del diseño metodológico. Fuente: Elaboración propia

III. Marco teórico

3.1. Antecedentes

3.1.1. A nivel internacional

Otavalo (2017), en su tesis sobre problemas clave en la configuración de estructuras de edificación que las hacen vulnerables a terremotos, investigó las razones estructurales del colapso de edificios por estrés postraumático. que fue el resultado del movimiento sísmico en la ciudad de Cantón Manta (Ecuador) en abril del 2016. La indagación incorporó no solo la información técnica y datos sobre daños proporcionados por el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), sino también un estudio comparativo entre los terremotos ocurridos en Chile (febrero 2010) y Ecuador (abril 2016). Este análisis proporcionó insights fundamentales para enfrentar la situación ecuatoriana Las similitudes encontradas en las cartas espectrales de ambos eventos sísmicos permitieron a Otavalo establecer que la gravedad de los daños en Ecuador se debió principalmente a. edificaciones realizadas sin la supervisión de profesionales de ingeniería o personal técnico calificado, lo que revela la elevada susceptibilidad del país ante sismos de gran intensidad.

Rivera (2017), la finalidad de su indagación fue analizar la susceptibilidad estructural en zonas representativas del área lacustre de la Ciudad de México que presentan un período inicial bajo. Los hallazgos del estudio resultaron satisfactorios para los objetivos de la tesis, siendo documentados a través de tablas y gráficos detallados. Estas visualizaciones, basadas en las metodologías propuestas por el investigador, evidenciaron una vulnerabilidad significativa en el área de estudio. Al final de la indagación, llegaron a la siguiente conclusión que todos los casos estudiados en los que la estructura tenía un primer nivel bajo tenían un estrés mayor y por lo tanto, el daño esperado era mayor según el nivel de vulnerabilidad para la misma magnitud.

Barrera y Nieves (2015), en su análisis con la aplicación de un enfoque de

vulnerabilidad cuantitativa y una indagación ejecutada a cabo en el barrio de San Diego, concluyeron que el barrio anteriormente dicho solo tiene un recuento elevado de heridas de 0.33%, preeminente al 35%., aquel es el límite. Basado en dichos resultados, Barrera y Nieves enfatizan el valor del estudio cuantitativo para conocer exactamente cuán susceptibles son dichos inmuebles.

Tapia (2015) en su Investigación, que tuvo como objetivo identificar la planificación arquitectónica, la construcción, las políticas públicas normativas y transformadoras que han dominado la vivienda social como resultado del Impacto Chile. La indagación llegó a conclusiones muy importantes las cuales son: 1) Se notó que el alcalde de la alcaldía de la comunidad de Chaitén ubicada en el sur de Chile mostró cualidades de ingenio y rapidez En respuesta a un desastre sísmico / tsunami, logré Reducir el impacto del daño en la comunidad.

Los actores que han logrado esta enorme transformación para reducir el mal siguen siendo invisibles para la sociedad en su grupo. 2) En la comuna de Huechuraba, los individuos de esta metrópoli no fueron entrevistados ni mencionados a la comuna o al régimen central anteriormente del desastre del sismo / tsunami. Con el reconocimiento de que, en un rato, el estado urbanizó parcelas terrestres en monumentales superficies de la localidad, creando casas de 33 metros cuadrados. 3) El estado construye viviendas de diseño sofisticado que en enorme medida no se derrumban, y los inmuebles submodelo no se derrumban, excepto por ciertos males estructurales insignificantes. Se necesita continuar monitoreando dichos brotes según su comportamiento por medio de novedosas averiguaciones que se realizarán en el futuro.

De igual manera Barrera Ramos (2015), en su tesis, de la Universidad de Cartagena, pone como propósito primordial, analizar los riesgos estructurales de construcciones patrimoniales en el centro histórico de Cartagena, aplicando una

metodología técnica para proponer mejoras que protejan su valor histórico, para hacer recomendaciones que permitan contribuciones al análisis, diseño y ejecución de obras para la mejora del patrimonio construido de la ciudad indagada.

Los hallazgos del análisis mostraron un coeficiente de vulnerabilidad del 0.33%, valor que sobrepasa el límite protocolar del 35%, indicando una condición de alta vulnerabilidad. En base a estos hallazgos, se recomienda la implementación de metodologías cuantitativas que permitan una determinación más precisa de dichas operaciones.

Según Luis Mercado y Carlos Sabogal (2016), en su análisis de indagación para encomendarse como Ingeniero Civil, poniéndose como fin primordial decidir el tamaño de la vulnerabilidad sísmica de 2 inmuebles icónicos de la tipología reforzada siendo uno de estos el banco del estado. Por medio del estudio del comportamiento sísmico no lineal usando el alcance responsable de las construcciones y evaluándolas por los medios adecuados, para conocer su vulnerabilidad frente a un movimiento sísmico y su estado. Concluyo comparando los resultados de ambos procedimientos, se recibe que la construcción Concisa es decir reforzada muestra un mejor comportamiento respecto a la otra que no lo es, puesto que en las curvas de capacidades resultantes del estudio tiene un costo de cizallamiento más grande en el fondo y desplazamientos, lo cual supone que la amplitud de las fuerzas que ocasionan el punto de colapso es más grande ahí. La edificación presenta una aceleración espectral de 0,2 en su punto de comportamiento, valor que está en concordancia con el espectro de diseño establecido por la NSR10 para la ciudad de Cartagena. Por otro lado, en el caso del edificio, se observa que su comportamiento no coincide con dicho espectro, lo que podría sugerir un incumplimiento de los requisitos sísmicos locales, aunque también cabe la posibilidad de que esto se deba a un error en el proceso de modelamiento.

A nivel nacional

Pineda (2017). En su investigación, nos dice que es especialmente relevante analizar datos sobre los valores de los terremotos que ocurren en el sitio de su tesis. Además, ejecutó ensayos de en laboratorio, donde dispuso del programa ETABS en sus estructuras y diseños. Según el estudio realizado, las zonas planas de los edificios del Oval están constituidas mayoritariamente por material de relleno, encontrándose solo pequeñas proporciones de grava y arena húmica. Pineda concluyó que muchos edificios destinados a hogares no tienen una resistencia adecuada para resistir ante un evento natural como sismo, por lo que es necesario reconstruirlos para poder soportar un fuerte terremoto.

Ponte Gaudencio (2017) en su tesis centra toda la atención en examinar el diseño estructural de las casas para asegurar el tiempo de vida útil eficaz modelando un programa alternativo como el “Etabs” la composición de las casas seleccionadas para la exploración y sugiriendo reforzamientos alternos. Concluyendo que las construcciones padecen fallas al suceder un movimiento sísmico.

Rojas, Y. (2017). En su tesis presentada en la UPLA, Mencionó que las edificaciones de la zona son 100% informales ya que están ubicadas en la franja fronteriza del río Cunas. El propósito del estudio fue Valorar la susceptibilidad sísmica de edificaciones informales, por lo que se utilizó un método cuantitativo. Utilizó una encuesta en la cual evaluó todas las viviendas de la zona ubicadas a una longitud de 283,38m. Los hallazgos fueron posteriormente compartidos con la autoridad correspondiente para informar y guiar a los residentes locales, revelaron que las construcciones informales de la zona presentan una elevada exposición al riesgo sísmico. El análisis mediante encuestas evidencia que estas edificaciones muestran una vulnerabilidad estructural considerable, lo que las hace especialmente susceptibles ante

los posibles eventos sísmicos, los daños monetarios haciendo un estimado de las viviendas afectadas alcanzaría un promedio de s /. 2.116.069,86.

Poma Cossio (2017), en su tesis presentada a la Universidad César Vallejo, cuyo principal propósito era "identificar la vulnerabilidad por sismicidad de las edificaciones autoconstruidas durante la urbanización popular", Minas Buenaventura - Huacho ". Concluyó, que, de 100 hogares sometidos a estudio, 73 es el número de las casas en común de la urbanización en Minas Buenaventura que tienen riesgo sísmico moderada y 27 son las casas con una vulnerabilidad muy alta en casos de terremotos, pues el Umbral de soporte estructural del sustrato de la urbanización común en Minas Buenaventura es de 0.70 kg / cm^2, y el suelo está clasificado bajo SUCS como tipo SM.

Polo (2017), en su tesis, con el propósito principal de estimar la conexión entre la autoconstrucción y el daño causado a los ocupantes de los AA. H H. Señor de los Milagros La 2da Zona de Collique - Lima 2017, también identifica la conexión entre la autoconstrucción y la calidad aparente del edificio. La indagación presenta sus hallazgos mediante representaciones gráficas y tabulares que ilustran el impacto de la autoconstrucción y sus consecuencias para los habitantes, basándose en las metodologías desarrolladas por el investigador. Se concluye que existe un coeficiente de compensación de 0.559 entre la autoconstrucción y la calidad aparente de las edificaciones, lo que demuestra una relación significativa: cuanto mayor es el nivel de autoconstrucción, menor es la calidad aparente de las viviendas, y viceversa. Esta elevación explica la prevalencia de viviendas que no cumplen con las resistencias mínimas, comprometiendo tanto la integridad de sus ocupantes como la funcionalidad de las estructuras.

Kuroiwa, (2016) En su 'Manual para la Reducción de Peligro de Casas en el Perú', centra su investigación en los hogares autoconstruidas de concreto armado en

los asentamientos humanos de Lima Metropolitana. El estudio, que se apoya en análisis estadísticos, estudios de suelo y evaluaciones topográficas, tiene como principal propósito difundir las técnicas correctas de albañilería confinada y reducir la vulnerabilidad de la población peruana de bajos recursos. logrando disminuir la práctica de la autoconstrucción, al tiempo que se fortaleció la capacitación de los maestros de obra y se mejoró el asesoramiento técnico a los propietarios, permitiéndoles supervisar adecuadamente las obras y evitar prácticas constructivas inadecuadas.

Chávez y Taipe (2015) con el motivo principal que impulso la evaluación de Definir la escala de potencial de daño en las viviendas de Huaytara, Huancavelica; además de indagar la forma de reducción de riesgos en obras de construcción limitadas, ante posibles terremotos. Como resultado, los indagadores recopilaron datos de diagnóstico e informes del sitio, las entrevistas cubrieron cómo se construyeron las casas dentro de mampostería, la construcción se llevó a cabo sin consulta técnica técnica (edificación informal). Se concluye que solo en el quinto edificio, el nivel de daño sísmico es bajo; mientras que en el 88% es el promedio, mientras que el alto es el 8%. Además, el riesgo de terremotos es alto en 58 edificios; en 35 casos el riesgo es moderado y en el 7% es bajo. Lo anterior significa que, si ocurre un fuerte terremoto, las paredes de los edificios se dañarán; La principal razón se debe a la construcción por Operarios sin cualificación profesional y al uso de materiales (ladrillo) que no cumplen con la normativa.

Alva y Bendezu (2015), en el estudio que realizaron, se plantearon como meta fijar, en cuanto a vulnerabilidad sísmica, este grado se relaciona con obras de construcción limitada o autoconstruidas en la urbanización "La Libertad" (Chimbote). El diagnostico se fundamentó en información documental y testimonio (entrevista) que

proporcionaron datos clave sobre 8 factores de vulnerabilidad: la tecnica de construcción y la composición de los muros de carga. El comportamiento estructural de estas edificaciones es el núcleo del análisis. Las conclusiones principales indican que, las relacionadas con el Potencial de daño de las construcciones durante terremotos del sitio de estudio, ya que se observó que las viviendas presentaban moderada y baja vulnerabilidad, mientras que el 39% presentaban un alto grado de vulnerabilidad. Además, se observa que no existe una cultura de prevención ante eventos naturales entre los pobladore del sector; del mismo modo, que los edificios son antiguos y que todos los edificios se construyeron sin la participación de un experto técnico. Por tanto, se observan fisuras en las obras de construcción; además de desalineación, desgaste y desnivel.

A nivel regional y local

Espinoza (2016), en su estudio, desarrolló un análisis sobre el riesgo sísmico de construcciones realizadas por los propios habitantes utilizando hormigón armado, tomando como referencia tres áreas urbanas diferenciadas por sus condiciones geológicas. Los datos obtenidos son alentadores y útiles para el proyecto, presentando estos resultados como una representación gráfica que ilustra el nivel de riesgo estructural de 8 inmuebles analizados, evidenciando la conexión entre la construcción propia y su vulnerabilidad sismorresistente. Al final de la investigación, las conclusiones alcanzadas mostraron que las 100 casas estudiadas tenían una alta probabilidad de vulnerabilidad sísmica, la cual es función de los parámetros de control (distancia entre edificaciones, circunferencia de edificaciones, período de vibración básica, esfuerzo cortante mínimo y desplazamiento horizontal). (relativo al entresuelo) establecido por la especificación E.030.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Vulnerabilidad

(INDECI, 2006) Define a la vulnerabilidad, como "Estado de exposición y debilidad que presenta un sistema ante una amenaza determinada, evaluando su potencial de sufrir deterioro o destrucción. Comprende la probabilidad de que diversos componentes (desde construcciones hasta estructuras organizativas) sean afectados en sus dimensiones humanas y materiales".

vulnerabilidad estructural

Nivel de susceptibilidad al daño que presentan los elementos estructurales del edificio (incluyendo los cimientos, columnas, paredes portantes, vigas y diferentes tipos de losas), los cuales están diseñados para distribuir las cargas tanto horizontales como verticales. Estos componentes pueden sufrir deterioros graves Durante eventos sísmicos, lo que compromete la capacidad resistente y la estabilidad general de la edificación.

vulnerabilidad no estructural

Hace referencia a la susceptibilidad de los elementos no que no soportan cargas que, según su disposición en el edificio, podrían representar un riesgo para los ocupantes durante un sismo. Estos elementos se clasifican en tres grupos principales: componentes arquitectónicos (como divisiones interiores, ventanas, cubiertas, accesos y cerramientos), instalaciones (que incluyen redes hidráulicas, sistemas de climatización y conexiones eléctricas), y contenido (que abarca equipamiento médico, maquinaria y mobiliario.)

Tipos de vulnerabilidad ambiental y ecológica

Mide la tolerancia del medio ambiente natural y sus componentes biológicos ante las variaciones y desafíos impuestos por las condiciones climáticas. "os organismos poseen una fragilidad natural inherente, definida por los parámetros

ambientales que condicionan su supervivencia, como temperatura, humedad, densidad, condiciones atmosféricas y disponibilidad de nutrientes (..)" (INDECI, 2006).

Vulnerabilidad física

"Esta se vincula directamente con las características de los materiales y los sistemas constructivos empleados en diferentes tipos de edificaciones e infraestructuras, incluyendo viviendas, establecimientos comerciales e industriales, servicios públicos y elementos de infraestructura socioeconómica, evaluando su capacidad para resistir posibles amenazas" (INDECI, 2006).

Tabla 3

Estratificación de la Vulnerabilidad

Estrato/nivel	Descripción o característica	Valor
Vb (vulnerabilidad baja)	Hogares ubicados en zonas geográficamente estables, construidos con materiales resistentes y estructuralmente sólidos, mantenidos en óptimas condiciones. Los habitantes pertenecen a sectores socioeconómicos con ingresos medio-altos, cuentan con formación académica y mantienen una mentalidad proactiva hacia la prevención de riesgos. Además, exhiben una estructura social cohesionada y eficazmente organizada.	Menor a 25%
Vm (vulnerabilidad media)	Asentamientos residenciales ubicados en terrenos de calidad media, expuestos a movimientos sísmicos de intensidad moderada y susceptibles a inundaciones ocasionales. Las viviendas están construidas con materiales de construcción sólidos, presentando un estado de conservación que oscila entre regular y bueno. Los habitantes pertenecen a un estrato socioeconómico medio, con una conciencia emergente sobre prevención de riesgos. La zona cuenta con infraestructura que facilita el acceso para atender situaciones de emergencia, y la comunidad mantiene un nivel de organización significativa.	De 26% a 50%
Va (vulnerabilidad alta)	Asentamientos urbanos ubicados en zonas de alto riesgo sísmico, caracterizados por condiciones geotécnicas que favorecen movimientos telúricos intensos. Las edificaciones están construidas con materiales de baja calidad y presentan un estado de conservación deficiente, oscilando entre malo y apenas aceptable. Los residentes pertenecen a sectores socioeconómicos vulnerables, con	De 51% a 75%

	limitaciones económicas significativas. La comunidad carece de conocimientos sobre gestión de riesgos y prevención de desastres, y enfrenta serias restricciones de accesibilidad que dificultarían una respuesta efectiva ante emergencias.	
Vma (Vulnerabilidad Muy Alta)	Asentamientos residenciales establecidos en territorios geológicamente inestables, caracterizados por suelos con un riesgo extremadamente alto de licuefacción extensiva o colapso estructural masivo. Las viviendas están construidas con materiales de muy baja calidad, en condiciones edilicias críticas y deterioradas. Los habitantes pertenecen a sectores socioeconómicos de bajos recursos, careciendo completamente de conocimientos y prácticas de prevención de riesgos. El contexto representa un escenario de vulnerabilidad estructural y social con potencial de desastre ante eventos sísmicos o geológicos	De 76% A 100%

Nota. tabla de estratificación de la vulnerabilidad estructural, donde se definen los niveles o rangos de vulnerabilidad. Fuente: (INDECI, 2006).

Estas son cosas que afectan las particiones, la madera, la pintura, los pisos, el yeso y más. Estas patologías pueden provenir de la cimentación, estructura o muros, así como por causas inherentes a los materiales de acabado, como su mala colocación, por no conocer las especificaciones de los materiales, materiales, o por causas externas, como los efectos de los agentes climáticos.

Anomalías graves identificadas en la inspección estructural:

Compuesto por: fisura, fisura, deformación, desprendimiento, rotura por presión negativa, debilitamiento de las armaduras, colapso. En los últimos años, el uso de mano de obra no capacitada en el proceso constructivo de una estructura y obras públicas ha tenido lugar con fuerza sin el control de nadie. Esta información lleva a la conclusión de que las casas de enfermos que ahora son de gran importancia, especialmente cuando comienzan a vivir, son claramente incapaces de soportar las estructuras de las casas autoconstruidas. reconstruido para durar más de lo habitual.

Autoconstrucción

Flores, (2002) Describe a: “El proceso de autoconstrucción debería ser reconceptualizado como "construcción informal", ya que se caracteriza por una metodología desorganizada y por una manifiesta carencia de conocimientos técnicos relacionados con el diseño estructural antisísmico.” Estas edificaciones, al ser construidas sin orientación profesional, desarrollan un futuro problemas que se manifiestan en tres aspectos principales: diseño estructural inadecuado, uso de materiales de inferior calidad y defectos en el diseño arquitectónico.

Normatividad de defensa civil

Ley de sistema nacional de gestión del riesgo de desastres

El estado peruano, (2011) en la Ley 29644 describe “modelo de gestión integral que articula múltiples instituciones de manera coordinada y colaborativa, fundamentado en principios de descentralización, transversalidad y participación ciudadana. Su fundamental es prevenir, mitigar y gestionar los riesgos derivados de potenciales amenazas, mediante un enfoque proactivo que busca no solo reducir los peligros existentes, sino también prevenir la generación de nuevos riesgos. Este sistema establece un marco integral que incluye principios rectores, lineamientos estratégicos, componentes estructurales, procesos metodológicos e instrumentos específicos para una gestión integral y efectiva de desastres”. Se trata de una dinámica colectiva orientada principalmente a mitigar y gestionar los elementos que generan vulnerabilidad, con un enfoque integral que abarca la prevención, disminución y control de los factores potencialmente generadores de riesgos. Además, busca fortalecer la capacidad de respuesta y preparación de la comunidad ante eventuales escenarios de emergencia o desastres, promoviendo una intervención proactiva y estratégica.

Clasificación origen natural

Según (Villegas, 2014), Los fenómenos naturales abarcan todas las manifestaciones geofísicas que ocurren de forma natural en la Tierra, tanto en su

interior como en su superficie. Estas manifestaciones pueden tener consecuencias devastadoras o no para el entorno. Ejemplos de estos eventos incluyen los movimientos sísmicos y los tsunamis, los cuales tienen el potencial de impactar significativamente a las poblaciones que habitan en las zonas donde se presentan.

Configuración estructural de las viviendas de albañilería

Geometría

Lo indicado en la RNE E070 2016, se menciona que la estructura del edificio debe ser de elementos adaptables en ambos sentidos, rematados con diafragmas continuos y rígidos para poder hacer frente a fuerzas sísmicas. Debe tener una relación de ancho, largo y alto, no se recomiendan edificios muy delgados o muy largos. Las estructuras estructurales, tanto en planta como en alzado, deben ser regulares, evitando formas irregulares.

Resistencia

Según Cardona (1998), es imprescindible toda composición tiene que ser uniforme en materiales y construcciones. La construcción debería ser estable y conservar equilibrio una vez que es sometidos a fuerzas de sismos. (p. 8).

Rigidez

Los elementos estructurales de una vivienda deben funcionar de manera unificada y coordinada cuando se enfrentan a fuerzas externas, particularmente durante un evento sísmico. Es fundamental que la estructura sea capaz de adaptarse y deformarse ante estas fuerzas exteriores sin perder su integridad.

Continuidad

De acuerdo con la normativa técnica (E070, 2016), el diseño arquitectónico debe mantener simetría tanto en su distribución, altura y disposición de los elementos, evitando diseños irregulares que presenten cambios bruscos en su geometría. La construcción debe mantener la continuidad de sus muros, los cuales deben extenderse

por más de 1,00 m desde la base hasta el nivel superior. Respecto a los materiales empleados en la autoconstrucción, la norma (E060, 2009) establece especificaciones detalladas sobre los estándares de calidad que deben cumplir los materiales utilizados, asegurando su conformidad con las especificaciones técnicas establecidas. (pág.20)

Método de Benedetti y petrini

Para el análisis de la vulnerabilidad estructural de la vivienda autoconstruida objeto de estudio, se empleó el método propuesto por Benedetti y Petrini (1984), el cual es ampliamente utilizado para evaluar la vulnerabilidad sísmica de edificaciones mediante un enfoque cualitativo–cuantitativo. Este método se basa en una evaluación de once parámetros estructurales y constructivos, los cuales son valorados según su nivel de cumplimiento o deficiencia técnica, asignándoseles un puntaje específico dentro de una escala preestablecida.

Cada parámetro es ponderado según su incidencia relativa en el comportamiento estructural de la edificación ante una carga sísmica o de sobrecarga, asignándose un peso (wi). Posteriormente, se califica el nivel de cumplimiento de cada parámetro mediante una calificación (Ki) que varía entre 0 (condición óptima) y 45 (condición crítica o muy deficiente). El índice de vulnerabilidad sísmica (IV) de la edificación se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$IV=\sum(Ki\cdot wi)$$

Donde:

- Ki= calificación del parámetro *i*
- wi= peso del parámetro *i*

El resultado del índice de vulnerabilidad se interpreta según rangos establecidos que permiten clasificar la edificación en diferentes niveles de vulnerabilidad: baja, media o alta. En el caso de la vivienda evaluada, los parámetros considerados incluyen:

sistema estructural, calidad de materiales, configuración en planta, configuración en altura, tipo de techumbre, conexiones estructurales, cimentación, entre otros.

Este método permite identificar las deficiencias constructivas propias de las viviendas autoconstruidas, especialmente aquellas que no han sido diseñadas ni construidas bajo normativa técnica, como ocurre en el sector de Las Américas en Abancay. El análisis se complementa con la inspección visual, registro fotográfico, y mediciones en campo, a fin de sustentar técnicamente las calificaciones asignadas a cada parámetro. Finalmente, el índice obtenido es contrastado con los umbrales de vulnerabilidad establecidos, permitiendo emitir recomendaciones específicas para la intervención o refuerzo estructural.

3.2.2. Sobrecarga Estructural física

La sobrecarga estructural física se refiere a la cantidad de carga adicional que una estructura puede soportar sin comprometer su estabilidad o integridad. En el contexto de la construcción de viviendas, este concepto abarca tanto en pesos muertos (el propio de la estructura, materiales de construcción, techos, etc.) como las cargas vivas (personas, muebles, equipos), las cuales varían a lo largo del tiempo. La sobrecarga estructural es crucial para estimar la función de peso de una vivienda y para garantizar que el diseño de la estructura sea capaz de resistir los esfuerzos impuestos sin fallar.

El modelado estructural para cargas gravitacionales y accidentales requiere la medición exacta y la asignación de cargas a los distintos elementos. Se analiza la capacidad resistente de vigas, columnas y fundaciones para garantizar la seguridad ante cargas muertas, vivas y dinámicas, tales como las inducidas por sismos o vientos fuertes. De acuerdo con Vargas (2020), una correcta evaluación de la sobrecarga estructural, Constituye un factor fundamental para garantizar la integridad estructural

de las edificaciones habitacionales, asegurando su resistencia y longevidad, al tiempo que se cumple rigurosamente con las regulaciones técnicas y normativas vigentes en materia de construcción.

Para medir la sobrecarga estructural en la construcción de viviendas, se deben considerar las siguientes dimensiones e indicadores clave:

Dimensiones de la Sobrecarga Estructural:

- **Carga máxima soportada**: Se refiere al **valor máximo de carga** que una estructura puede soportar antes de que ocurra una falla estructural (carga crítica).
- **Distribución de la carga**: Analiza cómo se distribuyen las cargas a lo largo de la estructura, especialmente en elementos clave como vigas y columnas.
- **Durabilidad estructural**: Evalúa la **resistencia a largo plazo** de la estructura bajo cargas repetitivas y condiciones extremas, considerando factores como la fatiga de los materiales y el envejecimiento.

Indicadores de Medición:

- **Deformación**: La cantidad de **desplazamiento** de los elementos estructurales (por ejemplo, deflexión de vigas o columnas) bajo cargas, que es un indicador de la capacidad de la estructura para soportar cargas sin comprometer su estabilidad.
- **Desplazamiento vertical y horizontal**: Medición de los movimientos **verticales y horizontales** de la estructura, que indican si las cargas aplicadas están afectando la alineación o la estabilidad global de la vivienda.
- **Fuerzas internas**: Las **fuerzas internas** generadas en los componentes estructurales, como las columnas y las vigas, que son calculadas en función de las cargas aplicadas y el modelo de distribución de cargas.
- **Factor de seguridad**: El **margen de seguridad** que existe entre la carga máxima prevista y la capacidad real de la estructura, indicando la solidez de la

construcción ante cargas adicionales.

Modelamiento Etabs

El modelamiento estructural con ETABS constituye una técnica computacional avanzada utilizada para analizar el comportamiento de edificaciones ante diversas cargas estáticas y dinámicas. Como solución líder en ingeniería estructural, ETABS permite a los profesionales realizar análisis sofisticados y el diseño integral de edificios. La herramienta, basada en el método de elementos finitos, ofrece una representación fiel de la geometría y la rigidez de los elementos estructurales primarios

En el presente estudio, ETABS fue empleado para modelar tridimensionalmente la vivienda autoconstruida ubicada en el sector de Las Américas, segunda etapa, en la ciudad de Abancay. El objetivo principal fue simular su comportamiento estructural bajo condiciones de sobrecarga física, considerando las características reales de la construcción, tales como la geometría, calidad de materiales, disposición estructural y cargas impuestas. A partir del modelo generado, se realizó un análisis estático lineal y, en algunos casos, análisis pushover para evaluar la capacidad resistente y los puntos críticos de falla. Esta herramienta permite obtener resultados precisos sobre esfuerzos, deformaciones y desplazamientos, esenciales para diagnosticar el nivel de vulnerabilidad estructural (CSI, 2020).

Ensayo de esclerómetro

El ensayo esclerométrico, también conocido como ensayo de rebote o ensayo con esclerómetro de Schmidt, es una técnica no destructiva utilizada para estimar la resistencia a compresión del concreto in situ. Este método consiste en aplicar un impacto controlado sobre la superficie del concreto mediante un martillo de rebote (esclerómetro) y medir el índice de rebote, el cual se correlaciona con la resistencia mecánica del material.

En el contexto del presente estudio, el ensayo esclerométrico fue fundamental

para determinar la calidad real del concreto empleado en los elementos estructurales de la vivienda evaluada, sin necesidad de extraer testigos ni alterar la integridad de la construcción. Las mediciones fueron tomadas en diversos puntos representativos de columnas, vigas y muros portantes, siguiendo los lineamientos establecidos por la norma ASTM C805 (ASTM, 2018). Posteriormente, los valores de rebote fueron correlacionados con curvas de calibración para estimar la resistencia a compresión del concreto, lo cual permitió complementar el análisis de vulnerabilidad estructural con datos empíricos del estado del material.

Prueba de diamantina

La prueba de diamantina es un ensayo semi-destructivo empleado para determinar la resistencia a la compresión del concreto endurecido mediante la extracción de núcleos cilíndricos de una estructura existente. Se realiza utilizando una broca hueca con segmentos diamantados que permite perforar el concreto sin causar daños significativos al resto del elemento estructural. Este método es fundamental en la evaluación de edificaciones existentes, ya que proporciona una medición directa y confiable de la resistencia real del concreto, incluso años después de su construcción (Castañeda, 2018).

Una vez extraído el núcleo o testigo, este se somete a ensayo de compresión axial en laboratorio, conforme a normas técnicas como la ASTM C42/C42M o UNE-EN 12504-1, para determinar su resistencia. Los resultados obtenidos son considerados referenciales o de calibración para validar otros métodos no destructivos, como el ensayo esclerométrico. Esta prueba es especialmente útil cuando se requieren datos precisos para verificar la seguridad estructural o cuando existen discrepancias entre los planos de obra y la resistencia real del concreto.

No obstante, es importante considerar factores como la profundidad de

perforación, la presencia de acero de refuerzo, la orientación del núcleo y la corrección por relación altura-diámetro, para obtener valores representativos de la resistencia (Neville, 2012).

2.3. Definición de términos

Vulnerabilidad

Representa el grado de daño que pueden sufrir las edificaciones cuando se ven expuestas a un sismo de determinada intensidad. Este factor evalúa qué tan susceptibles son las estructuras ante las fuerzas generadas por un evento sísmico de magnitud específica. (Einer y Molina, 2001, pág. 71)

Evaluación

Se analizan todas las alternativas disponibles que puedan dar respuesta a los requerimientos establecidos. La selección final suele recaer en aquella opción que demuestre el mejor equilibrio entre viabilidad técnica y rentabilidad económica, asegurando el cumplimiento de todos los criterios requeridos. (Tenoux, 2011, pág. 29)

Unidad de albañilería sólida

Elemento constructivo caracterizado por tener una sección transversal compacta, donde el área de sus perforaciones no supera el 30% del área total en cualquier plano paralelo a su superficie de apoyo. En otras palabras, más del 70% de su sección es material sólido**.**

Unidad de albañilería tubular

Elemento de construcción distinguido por presentar perforaciones longitudinales dispuestas paralelamente a su plano de asentamiento, lo que le confiere una estructura con Múltiples conductos o cavidades internas.

Según el capítulo 8, de la norma E.070 (Albañilería) las definiciones son**:**

Sistema constructivo

Método integral que involucra la combinación sistemática de materiales de construcción, siguiendo lineamientos técnicos específicos y un proceso constructivo determinado, para materializar edificaciones o infraestructuras de ingeniería**.**

Uso del suelo

Definición que establece normativamente las actividades permitidas en cada parcela urbana, considerando su vocación específica y las necesidades de la población. Puede clasificarse en categorías como residencial, comercial, industrial o de servicios**.**

Vivienda

Espacio arquitectónico independiente o parte de una estructura multifamiliar, diseñado para albergar a uno o varios individuos. Comprende ambientes destinados a satisfacer necesidades básicas como descanso, alimentación, preparación de alimentos e higiene personal. Puede incluir espacios para estacionamiento vehicular**.**

Arquitectura

Disciplina que fusiona arte y técnica, enfocada en la conceptualización y materialización de edificios, siguiendo principios estéticos, normativos y técnicos establecidos**.**

Albañilería o mampostería

Ladrillos o bloques unidos mediante mortero o integrados con concreto líquido mediante apilamiento**.**

Albañilería confinada

Técnica constructiva que refuerza muros de albañilería mediante elementos de concreto armado perimetrales, los cuales se vacían después de construir la mampostería. La fundación de concreto armado aporta la rigidez horizontal necesaria en la base de los muros del primer piso, previniendo su desplazamiento lateral.

Diseño

Campo disciplinar orientado a armonizar el entorno humano, a separar desde objetos de uso cotidiano hasta la planificación urbana**.**

Edificación

Edificación permanente con instalaciones integradas, apta para ocupación y actividades humanas.

Muro no portante

Elemento constructivo diseñado para soportar únicamente su propio peso y cargas transversales, sin responsabilidad estructural. Ejemplos incluyen parapetos y cercos**.**

Muro portante

Elemento estructural diseñado para transmitir cargas tanto horizontales como verticales, transfiriéndolas desde un nivel superior hacia niveles inferiores o directamente a la cimentación.

IV. Metodología

4.1. Tipo y nivel de investigación

El tipo es aplicado, Sampieri (2014) la investigación busco evaluar la vulnerabilidad estructural de una vivienda autoconstruida debido a la sobrecarga física, con el propósito de identificar riesgos y proponer soluciones aplicables en la realidad. No se trata solo de generar conocimiento teórico, sino de utilizarlo para resolver una problemática específica en una comunidad determinada.

El nivel de indagación fue el explicativo ya que describiremos el caso problemático, a grado de diagnóstico, después expresaremos la interacción causal en medio de las cambiantes relacionadas en este análisis y al final propondremos la viable solución a esta problemática.

El estudio puede enmarcarse en un diseño fue cuasiexperimental debido a que se analizarán variables estructurales en un entorno real sin manipularlas deliberadamente, pero sí midiendo su efecto bajo condiciones controladas y utilizando herramientas técnicas para la evaluación.

4.2. Ámbito temporal y espacial

Temporal

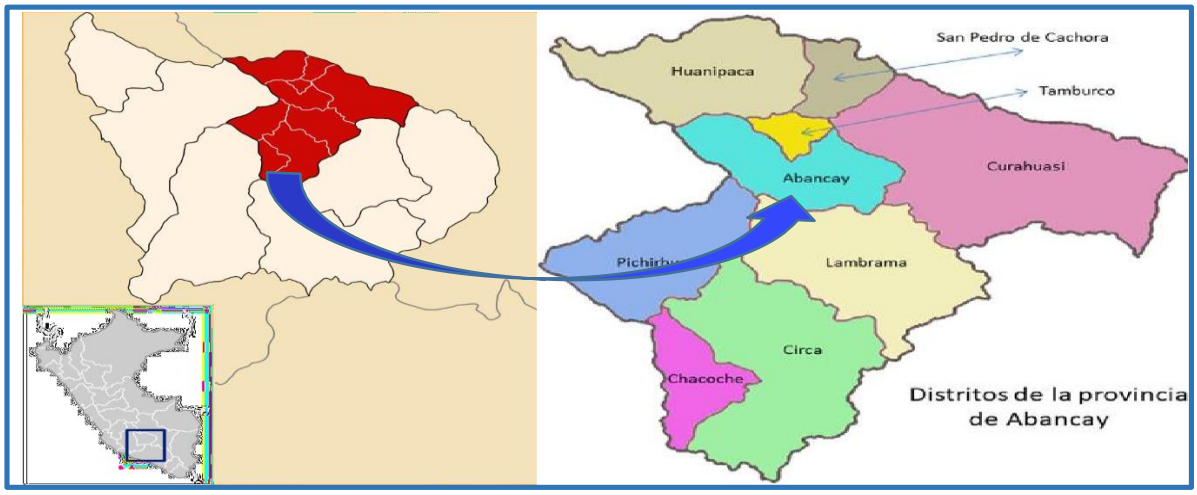
El presente trabajo de investigación se desarrollará de febrero a noviembre del año 2022.

Espacial

La presente investigación se desarrolló en el sector de las Américas segunda etapa en la ciudad de Abancay, provincia de Abancay departamento de Apurímac.

Figura 1

Mapa de ubicación del área de evaluada



Nota. La figura muestra la localización geográfica del área de estudio correspondiente a la provincia de Abancay. Fuente : Google.

4.3. Población y muestra

4.3.1. Población

La muestra objeto de investigación abarcará el conjunto de unidades habitacionales que reúnen determinados criterios específicos de selección:

- Sistema Estructural: albañilería confinada.
- Unidades de albañilería: Ladrillo de arcilla cocida.
- Viviendas producto de la autoconstrucción.

4.3.2. Muestra

El sector de José María Arguedas, comprensión de Las Américas de la ciudad de Abancay. Cuenta con alrededor de 100 edificaciones, cuyos estilos estructurales son diferentes (principalmente mampostería limitada), de las cuales se seleccionarán viviendas cuyas características sean de aquellas realizadas mediante la autoconstrucción. En primer lugar, se estudia el criterio de población., Y entonces las casas mencionadas se consideran representativas de la zona, en cuanto al número de pisos y el uso previsto que se brinda, además de los ya mencionados, y sus

resultados sirven de referencia para el resto de las edificaciones.

Calculo muestral

$$n=\frac{N Z^2 S^2}{d^2 (N-1) + Z^2 S^2}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

Z = valor de Z crítico, calculado en las tablas del área de la curva normal. Llamado también nivel de confianza.

S2 = varianza de la población en estudio (que es el cuadrado de la desviación estándar y puede obtenerse de estudios similares o pruebas piloto)

d = nivel de precisión absoluta. Referido a la amplitud del intervalo de confianza deseado en la determinación del valor promedio de la variable en estudio.

$$n = \frac{100.1.96^2 (0.50 * 0.50)}{0.05^2\ (100 - 1) + 1.96^2 . (0.50 * 0.50)}$$

$$n = 81$$

El análisis estructural de una única vivienda en el sector "Las Américas – Segunda Etapa", en la ciudad de Abancay, responde a una estrategia metodológica cualitativa técnica de caso específico, orientada a examinar con profundidad los factores que generan vulnerabilidad estructural por sobrecarga física en edificaciones autoconstruidas.

1. Enfoque exploratorio técnico

El estudio se enmarca en un enfoque exploratorio y diagnóstico, en el que se privilegia la evaluación técnica detallada de una vivienda representativa, para identificar patrones de carga, fallas estructurales, deficiencias constructivas y condiciones de riesgo que podrían estar presentes en otras viviendas similares del entorno.

2. Representatividad por similitud constructiva

Las viviendas del sector comparten características comunes, tales como:

- Proceso de autoconstrucción sin asesoría profesional,
- Uso de materiales similares (adobe, concreto sin dosificación estandarizada, techos de calamina),
- Ausencia de estudios de suelo y de cálculo estructural,
- Sobrecarga por ampliaciones no planificadas (segundo o tercer nivel).

Esto permite considerar la vivienda seleccionada como representativa de una tipología constructiva vulnerable, por lo que su análisis puede extrapolarse con fines preventivos, formativos y normativos.

3. Limitaciones logísticas y éticas

- El ingreso a múltiples viviendas requiere autorizaciones formales, lo cual muchas veces no es posible en zonas informales o autoconstruidas.
- Existen limitaciones de tiempo, recursos y accesibilidad, que hacen inviable evaluar estructuralmente todas las viviendas de la población.

4. Profundidad sobre cantidad

Evaluar una sola vivienda permite:

- Levantar datos estructurales precisos (carga distribuida, esfuerzo, deformación, asentamientos).
- Aplicar ensayos destructivos o semidestructivos (resistencia de materiales, análisis de cargas en columnas, viguetas o losas).
- Utilizar modelos estructurales detallados (en software tipo ETABS, SAP2000 o análisis manual).

Este nivel de detalle no sería viable en una muestra amplia, por lo que se opta por profundizar en un solo caso técnico, con proyección a estudios posteriores.

5. Soporte normativo y académico

La metodología de estudio de caso estructural está respaldada por normas como:

- Norma Técnica Peruana E.070 y E.030, que permiten realizar inspecciones y diagnósticos para edificaciones individuales.
- Estudios similares en la literatura científica han empleado el análisis de caso único en evaluaciones estructurales de viviendas informales en zonas vulnerables, como parte de estrategias de prevención del riesgo.

Conclusión:

El análisis estructural de una sola vivienda permite realizar un diagnóstico técnico profundo y representativo, dentro de los límites éticos, logísticos y metodológicos de una investigación aplicada. Aporta información útil para proponer lineamientos técnicos, reforzamientos o recomendaciones normativas aplicables a viviendas similares en contextos de autoconstrucción urbana.

4.4. Instrumentos

La metodología de investigación se basará en la observación directa como herramienta principal para obtener información. El proceso de evaluación facilita la captura de información sobre los componentes estructurales de las viviendas. Dicha información se integrará en el modelo de análisis de Benedetti Petrini, cuyo resultado será la cuantificación del riesgo.

Instrumentos:

- Ficha de observación
- Ficha del método Benedetti petrini

4.5. Procedimiento

Procedimientos del levantamiento de la información para el método Benedetti Petrini:

1. **Selección de la muestra de la edificación:**

- Identificación de la edificación a evaluar en la zona de estudio, que generalmente incluye edificaciones existentes en áreas urbanas.
- Selección de la muestra representativa de edificación, considerando su edad, tipo de construcción, y distribución urbana.

2. **Recopilación de datos básicos de la edificación:**
    - Localización geográfica: Ubicación de la edificación en el mapa, con datos sobre la sismicidad de la región.
    - Características de la estructura: Tipo de edificación, materiales de construcción, número de pisos, tipo de cimentación y fundaciones, y elementos estructurales principales.
    - Características de la ocupación: Uso del edificio residencial
3. **Inspección visual y diagnóstico estructural:**
    - Inspección visual de la estructura para identificar posibles deficiencias o signos de daños en las paredes, columnas, techos, y otros elementos estructurales.
    - Evaluación de fisuras, deformaciones, o agrietamientos en la estructura que puedan indicar debilidad o una falta de resistencia ante sismos.
    - Identificación de modificaciones estructurales que puedan haber comprometido la integridad sísmica original de la edificación.
4. **Recopilación de datos técnicos y constructivos:**
    - Planos de la edificación detalles de la distribución y diseño original de la estructura, incluyendo dimensiones y materiales.
    - Información sobre las técnicas de construcción empleadas y las características de los materiales utilizados, como el tipo de concreto, acero, y la calidad de los materiales de construcción.
5. **Clasificación de la tipología estructural:**

- Clasificación de la edificación según su tipología estructural
- Determinación de la distribución de la carga: Si la estructura está diseñada para resistir las cargas sísmicas de manera eficiente.

6. **Análisis de la respuesta sísmica:**
   - Modelado computacional: En algunos casos, se puede realizar un modelado numérico para determinar cómo la edificación reaccionaría ante un sismo.
   - Cálculo de factores de vulnerabilidad: Con los datos recopilados, se calcula un índice de vulnerabilidad sísmica para cada estructura, que se basa en la tipología estructural, la calidad de los materiales, las condiciones del terreno, y otros factores relevantes.
7. **Evaluación de la interacción suelo-estructura:**
   - Análisis del tipo de suelo en el que está cimentada la estructura, ya que esto influye directamente en la respuesta sísmica de la edificación.
   - Identificación de posibles efectos de amplificación sísmica si la edificación está en una zona de suelo susceptible.
8. **Elaboración de la base de datos:**
   - Toda la información recopilada se organiza en una base de datos estructurada, que incluye tanto datos cualitativos como cuantitativos, sobre cada una de la edificación evaluada.
9. **Clasificación según la vulnerabilidad sísmica:**
   - Con base en la información recopilada y los análisis realizados, se clasifica la edificación según su vulnerabilidad sísmica en una escala dependiendo de su capacidad para resistir terremotos.

- La clasificación tiene en cuenta factores como la tipología de la construcción, la condición de los materiales y la calidad estructural de la edificación.

4.6. Análisis de datos

Mencionó que, para el análisis de datos con métodos mixtos, además del análisis combinado, se utilizaron técnicas cualitativas y cuantitativas estandarizadas. (Hernández y Fernández y Baptista, 201, pp. 175) Cuantitativo: al realizar estudios y cálculos con hojas de prueba se obtendrán datos cuantitativos, analizando y evaluando así los datos obtenidos., Se utilizará el Etabs 2016 apoyado con hojas de cálculo creadas en MS Excel. Calificativo: se utilizará para interpretar los datos, de manera que se puedan identificar las propiedades y características encontradas en los resultados.

4.7. Consideraciones éticas

En el desarrollo de la indagación se garantizó la confiabilidad de los hallazgos, manteniendo un estricto respeto hacia las diversas perspectivas políticas, principios morales y aspectos sociales. Además, se tomó en cuenta consideraciones ambientales y se actuó bajo principios de responsabilidad social y ética profesional.

V. Resultados y discusión

5.1. Resultados

Tabla 4

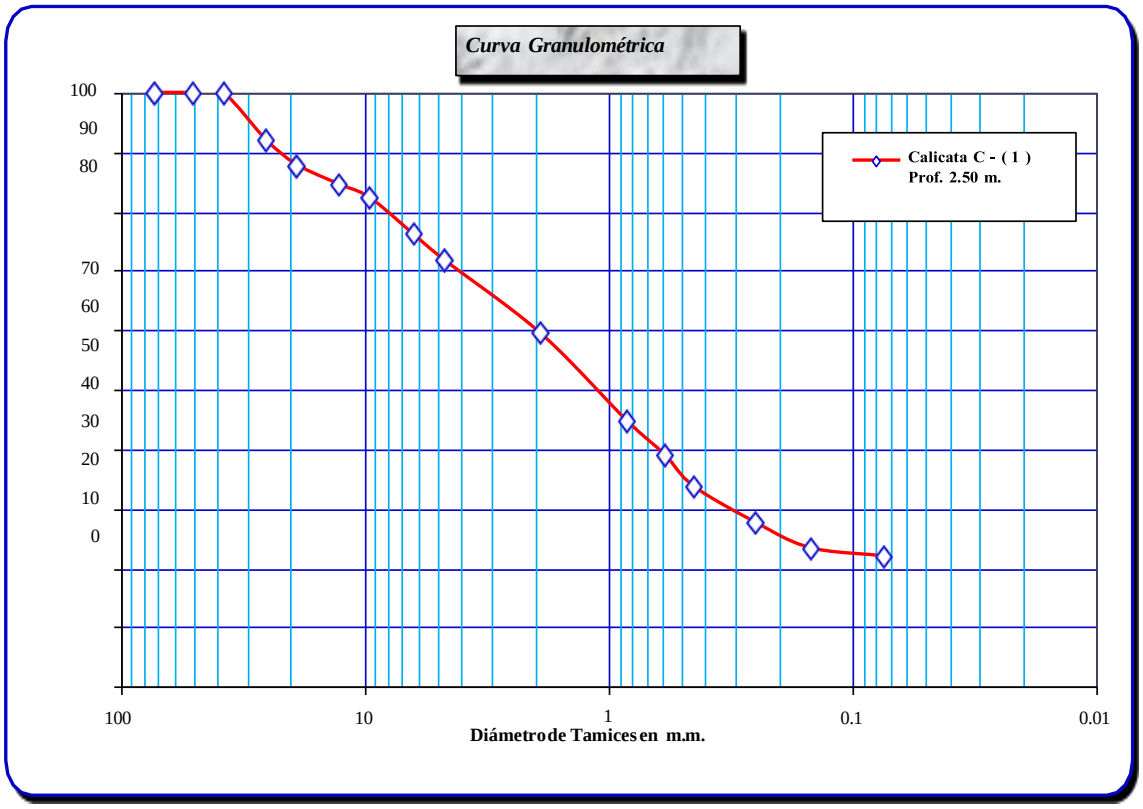
Análisis estratigráfico Calicata 01

Muestra seca		2184.0	gr			
Muestra lavada		1702.2	gr			
Tamiz		Diam(mm)	Peso Ret.	Peso Corr.	% Ret.	% Pasa
GRAVAS	3"	73.2	0.00	0.00	0.00	100.00
	2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
	1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
	1"	25.4	172.35	172.56	7.90	92.10
	3/4"	19.05	91.20	91.41	4.19	87.91
	1/2"	12.7	72.53	72.74	3.33	84.58
	3/8"	9.53	48.45	48.66	2.23	82.36
	1/4"	6.35	132.23	132.44	6.06	76.29
	4	4.75	94.64	94.85	4.34	71.95
ARENAS	10	1.9	270.99	271.20	12.42	59.53
	20	0.84	322.05	322.26	14.76	44.78
	30	0.59	122.46	122.67	5.62	39.16
	40	0.45	116.16	116.37	5.33	33.83
	60	0.25	133.19	133.40	6.11	27.72
	100	0.15	92.85	93.06	4.26	23.46
	200	0.075	30.18	30.39	1.39	22.07
F	CAZUELA	0	481.80	482.01	22.07	0.00
Material Perdido			2181.1	2184.0	100	
Porcentaje de Perdida			2.92 gr.			
			0.13 %			

Nota. Los resultados muestran una adecuada precisión en el proceso de tamizado, con una pérdida de material menor al 0.2%, dentro del rango aceptable. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Figura 2

Curva granulométrica calicata 01



Nota. La figura muestra la curva granulométrica obtenida a partir del ensayo de tamizado de la muestra correspondiente a la Calicata 01, representando la distribución de los tamaños de partículas en el suelo. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Tabla 5

Límites de Atterberg calicata 01

Límites de atterberg	
Limite liquido	28.74%
Limite plástico	27.71%
Índice de plasticidad	1.03%

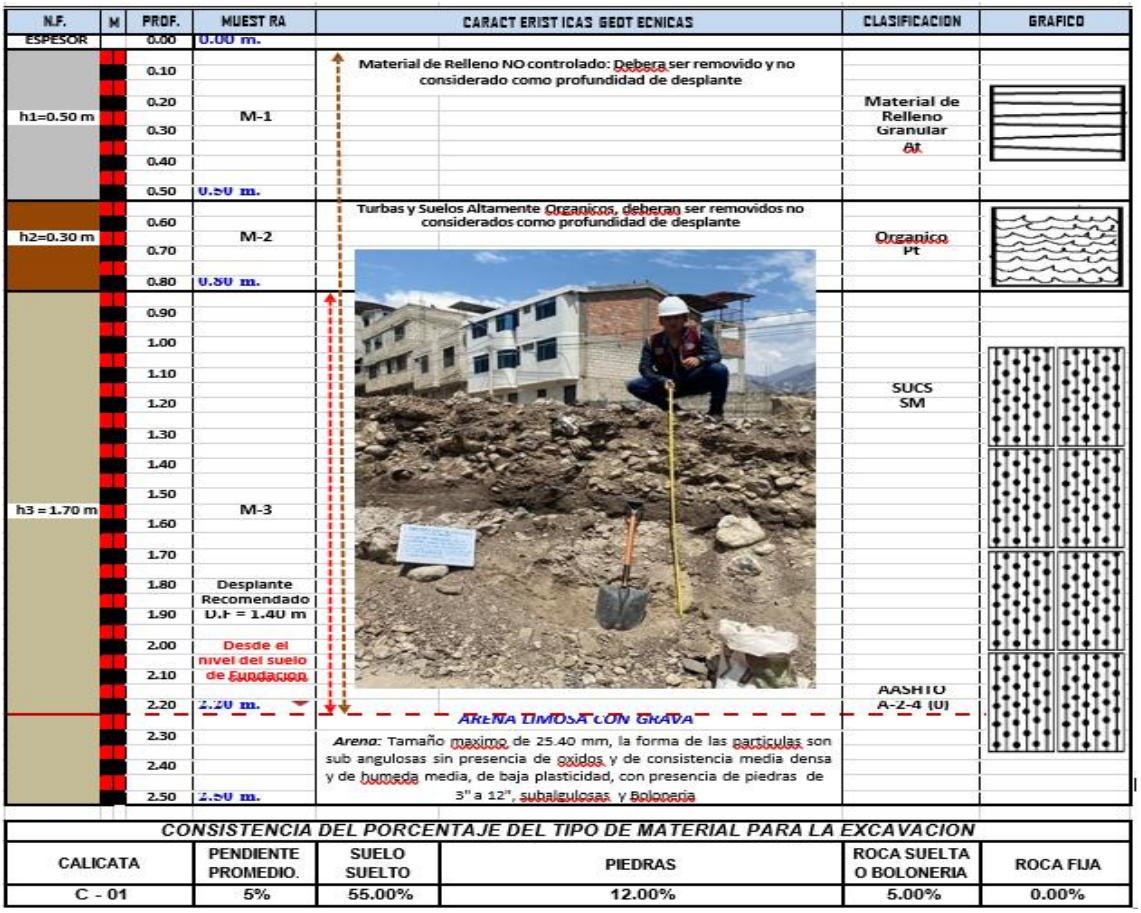
Nota. Los resultados de los límites de Atterberg obtenidos para la muestra de la Calicata 01. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

La muestra de suelo de la C-01 presenta valores de Límites de Atterberg (LL=28.74%, LP=27.71%) que resultan en un índice de plasticidad (IP) bajo (1.03%). Esto permite clasificar el material como no plástico o ligeramente plástico según estándares de ingeniería, lo cual simplifica las consideraciones de trabajabilidad y

sentamiento.

Figura 3

Perfil estratigráfico calicata 01



Nota. El perfil estratigráfico de la Calicata 01 muestra la distribución vertical de los diferentes estratos identificados durante la excavación, hasta una profundidad aproximada de 2.50 m. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Tabla 6

Análisis estratigráfico Calicata 02

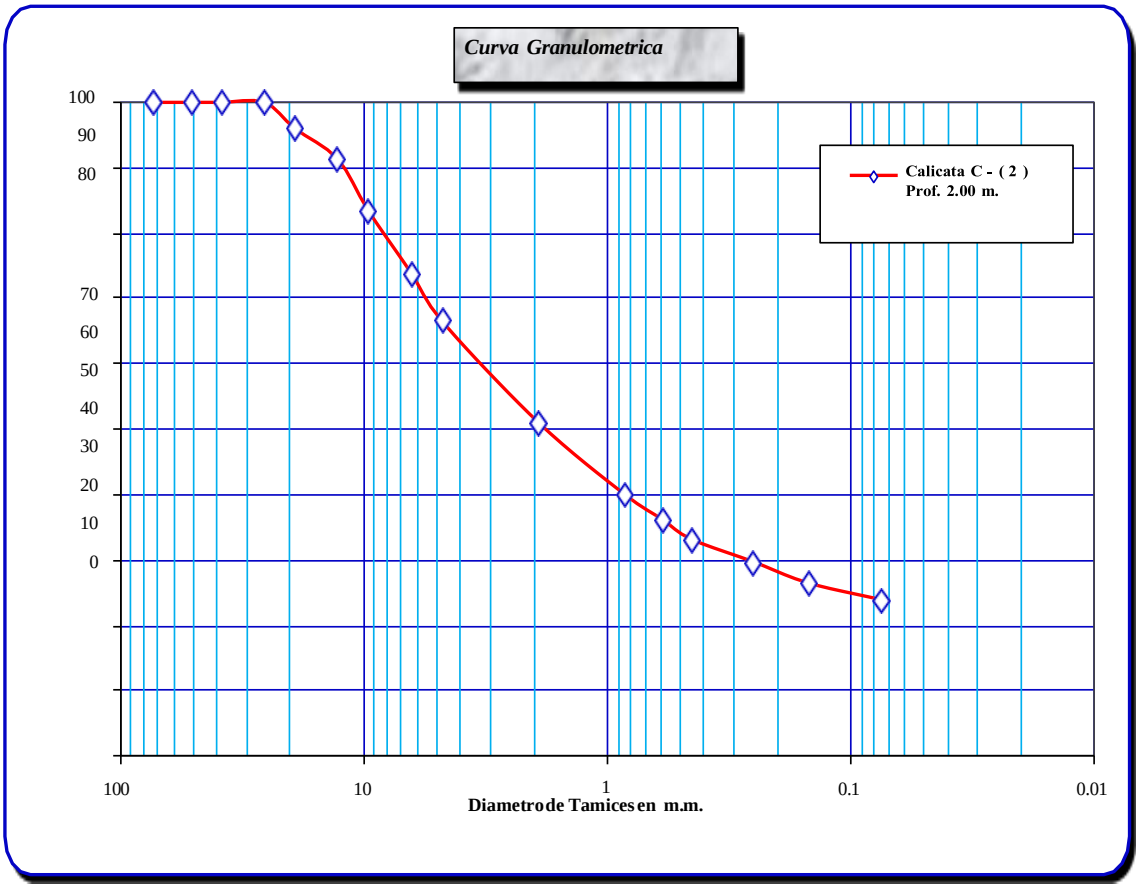
Muestra seca		2405.0	gr			
Muestra lavada		1834.0	gr			
Tamiz		Diam(mm)	Peso Ret.	Peso Corr.	% Ret.	% Pasa
GRAVAS	3"	73.2	0.00	0.00	0.00	100.00
	2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
	1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
	1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00
	3/4"	19.05	96.00	96.38	4.01	95.99
	1/2"	12.7	112.00	112.38	4.67	91.32
	3/8"	9.53	189.00	189.38	7.87	83.44
	1/4"	6.35	230.00	230.38	9.58	73.87

	4	4.75	177.00	177.38	7.38	66.49
	10	1.9	375.00	375.38	15.61	50.88
	20	0.84	265.00	265.38	11.03	39.85
	30	0.59	91.00	91.38	3.80	36.05
	40	0.45	72.00	72.38	3.01	33.04
F ARENAS	60	0.25	83.00	83.38	3.47	29.57
	100	0.15	77.00	77.38	3.22	26.35
	200	0.075	62.00	62.38	2.59	23.76
	CAZUELA	0	571.00	571.38	23.76	0.00
Material Perdido		Porcentaje de	2400.0	2405.0	100	
Perdida			5.00 gr.			
			0.21 %			

Nota. La tabla corresponde al análisis granulométrico de la Calicata 02, que forma parte del estudio geotécnico y permite determinar la distribución de tamaños de partículas del suelo. Fuente : Laboratorio GCO Consultora.

Figura 4

Curva granulométrica calicata 02



Nota. La figura muestra la distribución granulométrica del suelo correspondiente a la

Calicata 02, obtenida mediante el método de análisis por tamizado según la norma MTC E. 107 – Granulometría de suelos. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Tabla 7

Límites de Atterberg calicata 02

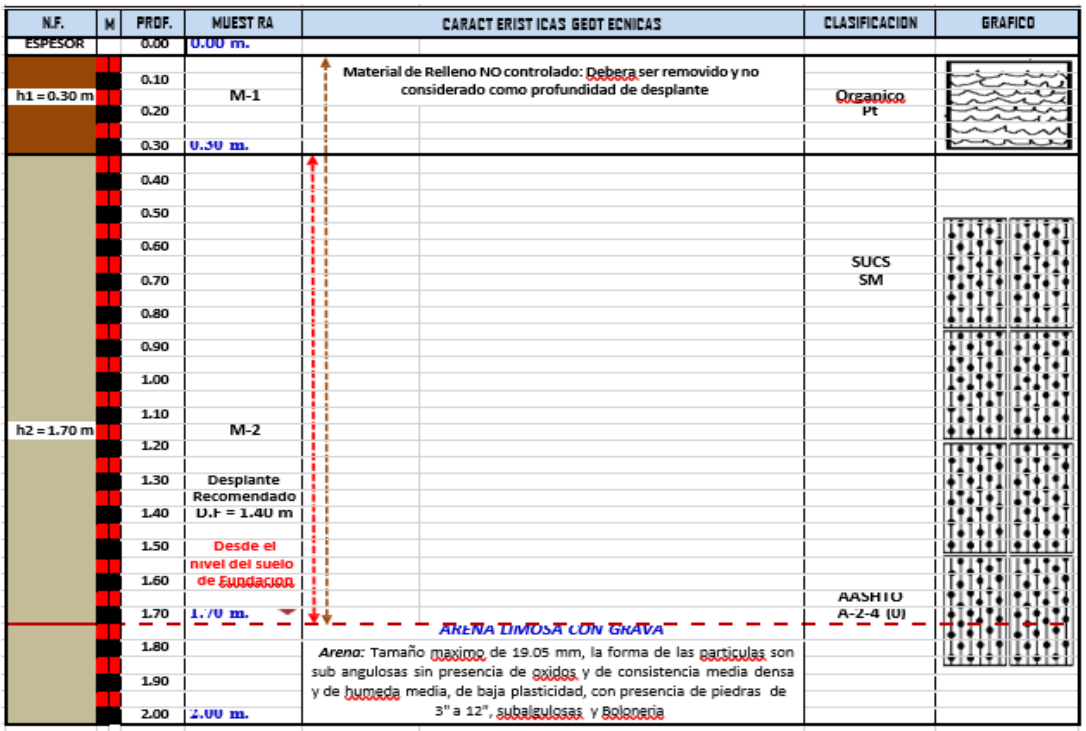
Límites de atterberg	
Limite liquido	24.57%
Limite plástico	22.37%
Índice de plasticidad	2.19%

Nota. Esta tabla corresponde al ensayo de límites de Atterberg de la Calicata 02, que permite evaluar la plasticidad y el comportamiento del suelo frente a variaciones de humedad. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

La tabla de resultados de la calicata 02 indica valores de LL (24.57%) y LP (22.37%), lo que permite calcular un índice de plasticidad (IP) bajo. Este IP, que define el rango de humedad en el que el suelo es plástico, es mínimo, clasificando el material como no plástico o ligeramente plástico según estándares de ingeniería

Figura 5

Perfil estratigráfico calicata 02



CONSISTENCIA DEL PORCENTAJE DEL TIPO DE MATERIAL PARA LA EXCAVACION					
CALICATA	PENDIENTE PROMEDIO.	SUELO SUELTO	PIEDRAS	ROCA SUELTA O BOLONERIA	ROCA FIJA
C - 02	6%	55.00%	10.00%	7.00%	0.00%

Nota. La imagen corresponde al perfil estratigráfico de la Calicata 02, un elemento fundamental del estudio geotécnico para describir las características del subsuelo en función de la profundidad. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Tabla 8

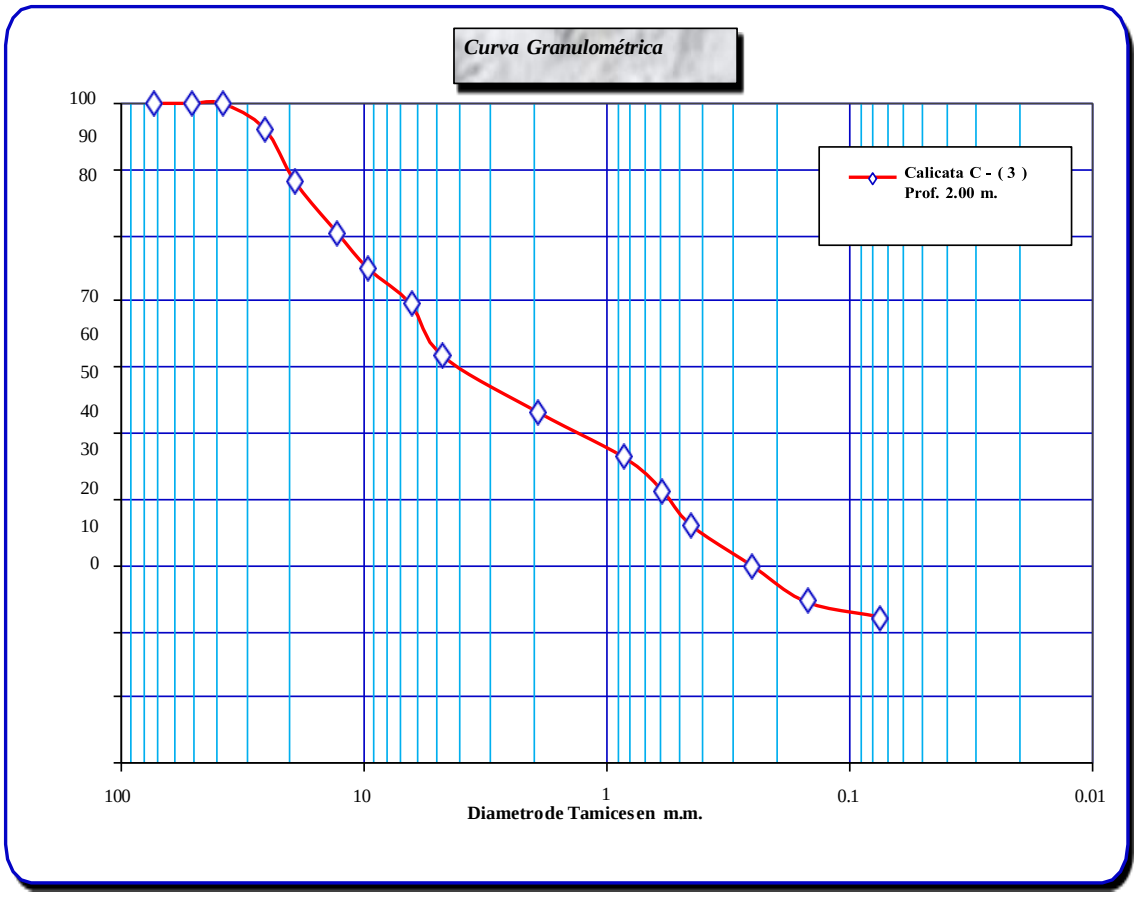
Análisis estratigráfico Calicata 03

Muestra seca		2456.0	gr			
Muestra lavada		1911.4	gr			
Tamiz		Diam(mm)	Peso Ret.	Peso Corr.	% Ret.	% Pasa
GRAVAS	3"	73.2	0.00	0.00	0.00	100.00
	2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
	1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
	1"	25.4	92.64	93.14	3.79	96.21
	3/4"	19.05	198.30	198.80	8.09	88.11
	1/2"	12.7	191.52	192.02	7.82	80.30
	3/8"	9.53	130.16	130.66	5.32	74.98
	1/4"	6.35	131.84	132.34	5.39	69.59
	4	4.75	191.36	191.86	7.81	61.78
ARENAS	10	1.9	210.94	211.44	8.61	53.17
	20	0.84	167.74	168.24	6.85	46.32
	30	0.59	118.90	119.40	4.86	41.46
	40	0.45	129.90	130.40	5.31	36.15
	60	0.25	152.70	153.20	6.24	29.91
	100	0.15	133.68	134.18	5.46	24.45
	200	0.075	54.74	55.24	2.25	22.20
F	CAZUELA	0	544.64	545.14	22.20	0.00
Material Perdido Porcentaje de Perdida			2449.1	2456.0	100	
			6.94 gr.			
			0.28 %			

Nota. Esta tabla corresponde al análisis granulométrico de la Calicata 03, realizado mediante el método de tamizado mecánico según la norma MTC E.107 – Granulometría de suelos. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Figura 6

Curva granulométrica calicata 03



Nota. La gráfica corresponde a la curva granulométrica de la Calicata 03, que representa la distribución porcentual de los tamaños de partículas del suelo, expresada en función del diámetro de los tamices (mm) y el porcentaje que pasa (%).Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Tabla 9

Límites de Atterberg calicata 3

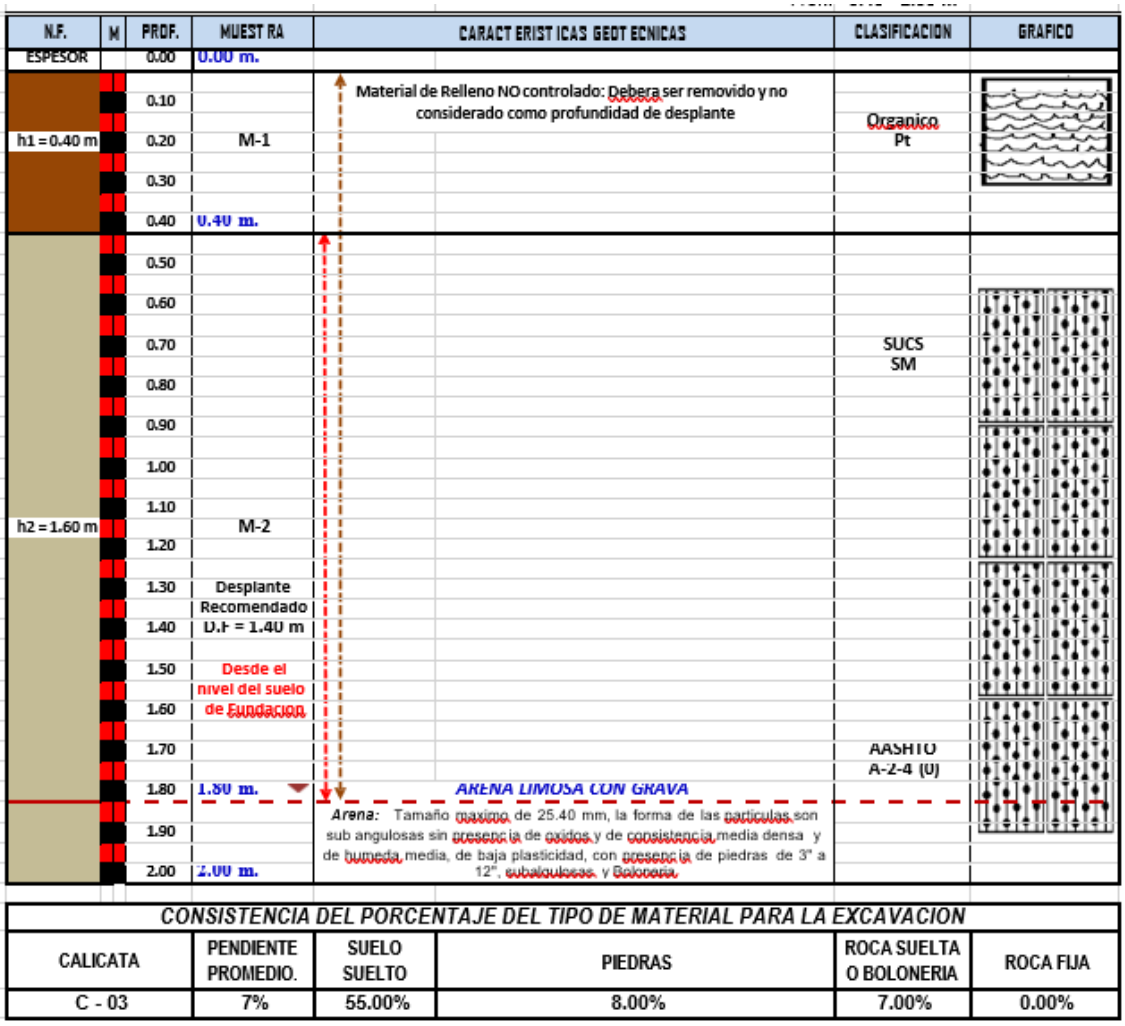
Límites de atterberg	
Limite liquido	25.11%
Limite plástico	22.37%
Índice de plasticidad	2.74%

Nota. La tabla presenta los resultados de los límites de Atterberg para la Calicata 03, ensayos que permiten determinar el comportamiento plástico y la consistencia del suelo fino. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Los resultados obtenidos en la Tabla 9, correspondientes a la calicata 3, revelan las características plásticas del suelo a través de los Límites de Atterberg, herramientas fundamentales para entender su comportamiento mecánico ante variaciones de humedad. El límite líquido fue determinado en 25.11%, lo que indica que el suelo comienza a comportarse como un líquido a partir de ese contenido de humedad. Asimismo, el límite plástico fue de 22.37%, valor que representa el contenido de humedad por debajo del cual el suelo deja de ser plástico y se vuelve quebradizo.

Figura 7

Perfil estratigráfico calicata 03



Nota. Esta imagen corresponde al **perfil estratigráfico de la Calicata 03**, que sintetiza la caracterización geotécnica del suelo por estratos, su clasificación SUCS y AASHTO, así como las condiciones de excavación. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Mecánica de suelos con fines de cimentación (consolidados de laboratorio)

Tabla 10

Cuadro de coordenadas de calicatas

Cuadro de coordenadas de calicatas				
N° Calicata	**Prof. (m)**	**Sur**	**Oeste**	**Altitud**
C – 01	2.00	13°38’13.37”	72°53’20.12	2,342
C – 02	2.00	13°38´13.36”	72°53´24.08”	2,338
C – 03	2.00	13°38´15.89”	72°53´22.41”	2,330

Nota. El cuadro de coordenadas de calicatas que presentas resume la localización geográfica y altitudinal de los puntos de muestreo empleados en el estudio geotécnico. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Tabla 11

Cuadro de coordenadas de calicatas principal

N° Exploración	Profundidad (m)	Este	Norte	Altitud
N - 01	3.00	728276	8491422	2506

Nota. El cuadro de coordenadas de calicata principal corresponde al punto de exploración N–01, que sirve como referencia geotécnica central en el estudio. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Para tener una mejor inspección directa y registro fotográfico de los suelos existente se realizó la investigación mediante calicatas, el proceso de realización de calicatas fue manual con personal calificado, las excavaciones fueron realizadas el día 11/11/2022, teniendo en cuenta el número de puntos de investigación descrito en la memoria de cálculo, en total se ejecutaron un total de dos (01) calicata ubicada estratégicamente donde se plantearán las estructuras (Zapatas). El resumen de la ubicación de los puntos de investigación se muestra a continuación:

Tabla 12

Toma de muestras calicatas

N° Calicata	Profundidad (M)	Nº de muestras	Denominación
C – 01	2.00	3	M – 03
C – 02	2.00	3	M – 02
C – 03	2.00	3	M – 02

Nota. El cuadro de toma de muestras de calicatas resume la profundidad, cantidad y denominación de las muestras obtenidas en campo, las cuales sirven de base para los ensayos de laboratorio. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Tabla 13

Toma de muestra principal

N° CALICATA	PROFUNDIDAD (M)	Nº DE MUESTRAS	DENOMINACIÓN
C – 01	3.00	01	E – 02

Hoja de resumen de las condiciones de cimentación para la calicata c - 01	
Solicitante	
Sr. Leocadio v. Torvisco Miranda y Sra. Sarita Zegarra Cancho	
Estudio de mecánica de suelos para diseño de la cimentación	
"Construcción de la vivienda en el pasaje la florida e-3, las américas II etapa;distrito de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac"	
Lugar – distrito – provincia - departamento	
Pasaje la florida e-3 las américas- Abancay – Abancay - Apurímac	
Profesional responsable	
Profesional responsable (pr) Ing. Saul j. Chipa cahuana	Ing. Civil cip. 193001
Parámetros de diseño de la cimentación	
Profundidad de cimentación	2.00 m
Ancho de cimentación (mínimo)	1.50 m
Factor de seguridad por corte (estático, dinámico)	3.00 (más conservador)
Método de calculo	Norma e.050 (suelos y cimentaciones)
Presión admisible	1.47 kg/cm2 (norma e.050 – corte local)
Asentamiento producido por lapresión admisibles del terreno	• En el centro : 0.18 cm • En las esquinas: 0.09 cm
Resumen de las condiciones de cimentación	
Tipo de cimentación	Zapatas aisladas con vigas de conexión
Estratos de apoyo de lacimentación	• de bolonerias (gc-gm)-2.00 m: grava limosa con arena y presencia
Profundidad de la napa freática	**No** presenta nivel freático a fecha de **julio del2022**
Parámetros sísmicos del suelo (norma e.030)	
Zona sísmica	Zona 2
Factor de zona	0.25
Perfil de suelo	S2 (suelos intermedios)
Factor de suelo	1.20
Periodo T_P (s)	0.60
Periodo T_L (s)	2.00
Agresividad del suelo a la cimentación	
El tipo de suelo no presenta agresividad al concreto y acero según los análisis realizados enlaboratorio. Se deberá de emplear cemento portland tipo i.	
Problemas especiales de cimentación	
Licuación	No presenta
Colapso	No presenta
Expansión	No presenta
Fecha	Julio del 2022

Nota. La hoja de resumen de las condiciones de cimentación que muestras para la calicata C–01 sintetiza los parámetros geotécnicos fundamentales que sustentan el diseño estructural de la cimentación de la vivienda. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

En caso de rellenar los cortes realizados estos deberán de ser densificados con material de préstamo, el cual deberá de contar con una adecuada gradación, no presentar expansión desuelos y agresividad a la cimentación. En caso de no rellenarse los cortes realizados la profundidad de desplante se deberá de medir a partir de la nueva cota alcanzada.

Con la finalidad de determinar la composición y características estratigráficas de los sedimentos destinados a soportar las cargas estructurales del proyecto, se procedió a la recolección de muestras de suelo bajo dos modalidades: alteradas y conservadas (mediante moldes cúbicos). Cada estrato fue identificado y caracterizado visualmente siguiendo los protocolos establecidos en la norma técnica peruana NTP 339.150, para posteriormente ser trasladado con máximo cuidado a un laboratorio geotécnico especializado.

Tabla 14

Análisis granulométrico

Identificación		**Análisis granulométrico**						**Contenido**	
Calicata	**Estrato**	**% que pasa la malla n°**					**Grava**	**Arena**	**Finos**
N°	**N°**	**N°4**	**N°10**	**N°40**	**N°100**	**N°200**		**%**	
C – 01	M – 03	71.95	59.53	33.83	23.46	22.07	28.05	49.88	22.07
C – 02	M – 02	66.49	50.88	33.04	26.35	23.76	33.51	42.73	23.76
C – 03	M – 02	61.78	53.17	36.15	24.45	22.20	38.22	39.58	22.20

Nota. La tabla análisis granulométrico presenta los resultados comparativos de la composición por tamaños de partículas de las tres calicatas evaluadas (C–01, C–02 y C–03). Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

La Tabla 14: Análisis granulométrico detalla el estudio de las características físicas del suelo proveniente de tres calicatas, identificadas como C–01, C–02 y C–03. Cada calicata corresponde a diferentes estratos: M–03 para la primera y M–02 para las dos restantes. El análisis se centra en evaluar la distribución de tamaños de partículas a través de mallas estándar, así como la proporción de grava, arena y finos presentes en cada muestra.

En la calicata C–01, que corresponde al estrato M–03, el porcentaje de material

que pasa por la malla disminuye progresivamente a medida que el tamaño de la malla se reduce. Así, el 71.95% de las partículas atraviesan la malla Nº 4 (mayor tamaño), mientras que apenas un 22.07% pasa por la malla más fina, la Nº 200. El contenido en esta muestra se compone mayormente de arena, con un 49.88%, seguido de grava con 28.05%, y finalmente, finos en un 22.07%.

Por su parte, la calicata C–02, del estrato M–02, presenta un comportamiento similar, aunque con una ligera variación en la distribución de tamaños. El 66.49% del material pasa por la malla Nº 4, y este porcentaje disminuye hasta 23.76% en la malla Nº 200. En cuanto al contenido, se observa una mayor presencia de grava, que representa el 33.51%, mientras que la arena constituye el 42.73%, y los finos alcanzan el 23.76%.

En la calicata C–03, también perteneciente al estrato M–02, la distribución muestra una tendencia similar, aunque con una mayor retención de partículas gruesas. El 61.78% del material atraviesa la malla Nº 4, y solo el 22.20% logra pasar la malla más fina, la Nº 200. Aquí, la composición destaca por un predominio de grava, con un 38.22%, mientras que la arena constituye el 39.58%, y los finos se mantienen en un 22.20%.

En general, el análisis granulométrico revela que las muestras de suelo tienen una composición mixta, con proporciones variables de grava y arena, y una cantidad constante de finos, cercana al 22% en las tres calicatas. Mientras que C–01 presenta mayor presencia de arena, las calicatas C–02 y C–03 evidencian un incremento en la proporción de grava, lo que indica una textura algo más gruesa en estos estratos.

Tabla 15

Análisis granulométrico principal

Identificación		**Análisis granulométrico**					**Contenido**		
Calicata	**Estrato**	**% Que pasa la malla N°**					**Fino**	**Arena**	**Grava**
N°	N°	N°4	N°10	N°40	N°100	N°200		%	
C – 01	E – 02	63.29	51.63	36.66	30.65	29.07	29.07	34.22	36.71

Nota. La tabla de análisis granulométrico principal sintetiza los resultados obtenidos en el estrato representativo E–02 de la calicata C–01, correspondiente al nivel de cimentación del estudio principal. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

La Tabla 15: Análisis granulométrico principal presenta los resultados del estudio de la distribución de tamaños de partículas del suelo en la calicata C–01, perteneciente al estrato E–02. El análisis se centra en determinar el porcentaje de material que pasa a través de una serie de mallas estándar y en cuantificar los contenidos de fino, arena y grava.

El estudio revela que el 63.29% de las partículas pasa a través de la malla Nº 4, que retiene las fracciones más gruesas, y a medida que se reduce el tamaño de las aberturas en las mallas, el porcentaje disminuye progresivamente. Así, el 51.63% de las partículas pasa por la malla Nº 10, el 36.66% lo hace por la Nº 40, y en las mallas más finas, el porcentaje es de 30.65% en la Nº 100 y 29.07% en la Nº 200. Esto indica una distribución continua con predominio de partículas de tamaño medio a fino.

En cuanto al contenido del suelo, se observa que la mayor proporción corresponde a la grava, con un 36.71%, seguida de la arena, que representa un 34.22%, y finalmente los finos, que constituyen el 29.07% del total. La combinación de estos resultados sugiere que el suelo presenta características mixtas, con predominio de materiales gruesos.

En conclusión, la calicata C–01 del estrato E–02 exhibe una textura balanceada, con una mayor presencia de grava y arena, y una menor proporción de finos. Este análisis es relevante para determinar la idoneidad del suelo en aplicaciones específicas de construcción o ingeniería.

Tabla 16

Límites de Atterberg humedad y clasificación

Identificación		Límites de Atterberg			%humedad	Clasificación	
Calicata	Muestra					SUCS	AASHTO
N°	N°	LL	LP	IP	W %		
C – 01	M – 03	28.74	27.71	1.03	8.97	SM	A-2-4 (0)
C – 02	M – 02	24.57	22.37	2.19	8.73	SM	A-2-4 (0)
C – 03	M – 02	25.11	22.37	2.74	7.33	SM	A-2-4 (0)

Nota. La tabla de Límites de Atterberg, humedad y clasificación permite identificar el comportamiento plástico y la naturaleza del suelo de las tres calicatas evaluadas (C–01, C–02 y C–03). Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

La Tabla 16: Límites de Atterberg, humedad y clasificación presenta un análisis de las propiedades físicas del suelo de tres calicatas, identificadas como C–01, C–02 y C–03, y describe sus características en términos de límites de Atterberg, contenido de humedad y clasificación según estándares internacionales.

En primer lugar, los límites de Atterberg permiten evaluar la plasticidad del suelo mediante tres parámetros: el límite líquido (LL), el límite plástico (LP) y el índice de plasticidad (IP). La calicata C–01, correspondiente a la muestra M–03, presenta un LL de 28.74%, un LP de 27.71% y un IP de 1.03. Este valor extremadamente bajo del IP sugiere que el suelo tiene una plasticidad prácticamente nula, característica típica de materiales arenosos con poca fracción de finos.

En la calicata C–02, perteneciente a la muestra M–02, los valores son similares, con un LL de 24.57%, un LP de 22.37% y un IP de 2.19. Aunque el índice de plasticidad aumenta ligeramente en comparación con C–01, el suelo continúa mostrando una plasticidad baja, lo que indica una predominancia de arena con muy pocos componentes cohesivos, como limo o arcilla.

La calicata C–03, que también pertenece a la muestra M–02, presenta un comportamiento similar. El LL es de 25.11%, el LP alcanza 22.37% y el IP de 2.74, lo que reafirma la baja plasticidad del suelo y su naturaleza arenosa, aunque con ligeros incrementos en el contenido de finos respecto a las otras muestras.

En cuanto al contenido de humedad (W %), se observa que la calicata C–01 presenta un valor de 8.97%, seguida de C–02 con 8.73% y, finalmente, C–03 con 7.33%. Estos resultados muestran un contenido moderado de humedad en todas las muestras, siendo la calicata C–03 la que presenta la menor cantidad de agua retenida.

La clasificación del suelo confirma la naturaleza granular de las muestras. Según el SUCS, los suelos de las tres calicatas se identifican como SM, que corresponde a arenas limosas. Este tipo de suelo se caracteriza por su bajo contenido de finos y su limitada

plasticidad, lo que lo hace adecuado para trabajos donde se requiere estabilidad estructural y baja cohesión. Por otro lado, el sistema AASHTO clasifica las muestras como A–2–4 (0), una categoría que también corresponde a suelos granulares, donde predominan las arenas con pequeñas cantidades de finos. Esta clasificación los posiciona como materiales apropiados para la construcción de subbases y bases de carreteras, debido a su buen comportamiento frente a cargas y su capacidad para compactarse de manera eficiente.

Tabla 17

Límites de Atterberg humedad y clasificación principal

Límites de Atterberg, humedad y clasificación						
Identificación		**Límites de plasticidad, %**			**Humedad Natural**	**Clasificación SUCS**
Calicata	**Muestra**					
N°	N°	LL	LP	IP	W n %	
C – 01	E – 02	33.8	27.40	6.40	5.27	Grava limosa con arena GM

Nota. La tabla de Límites de Atterberg, humedad y clasificación principal muestra los resultados del análisis del estrato representativo E–02 correspondiente a la calicata C–01, identificando su comportamiento plástico y su tipo de suelo. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

La Tabla 17: Límites de Atterberg, humedad y clasificación principal presenta el análisis físico del suelo correspondiente a la calicata C–01, identificada con la muestra del estrato E–02. Este análisis incluye los límites de plasticidad, el contenido de humedad natural y la clasificación del suelo de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

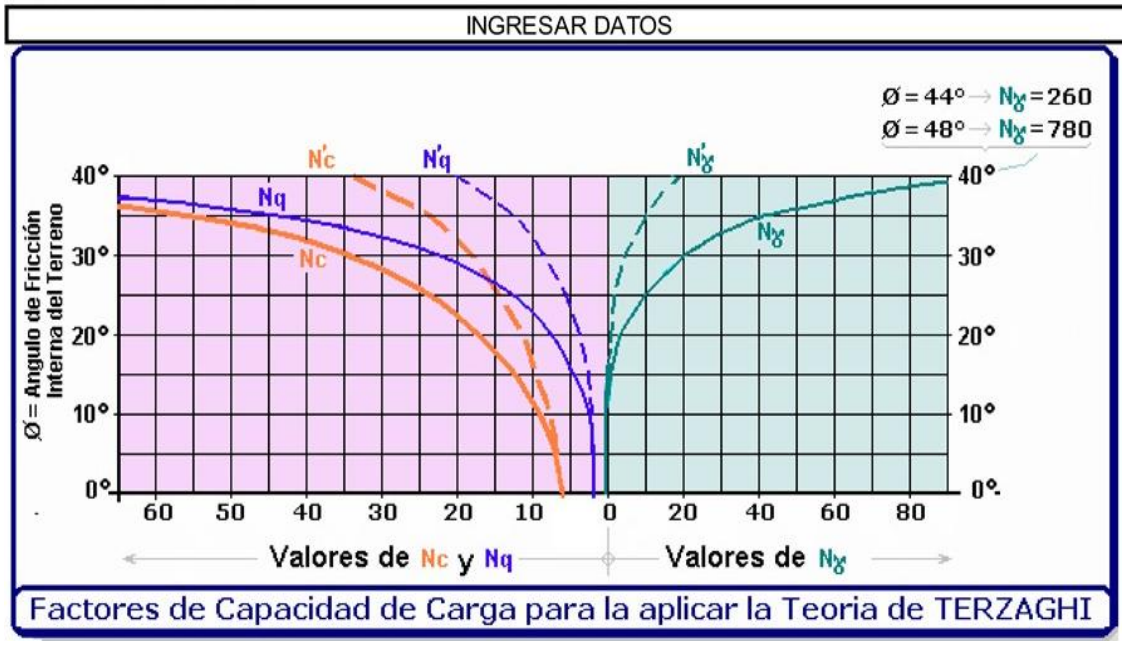
En primer lugar, los límites de Atterberg permiten evaluar el comportamiento plástico del suelo a diferentes contenidos de humedad. La muestra presenta un LL de 33.8%, lo que indica el contenido de humedad en el cual el suelo pasa de un estado plástico a uno líquido. El LP es de 27.40%, definiendo el umbral donde el suelo transita de un estado semisólido a plástico. La diferencia entre ambos valores proporciona el IP, que en este caso es de 6.40%. Este índice indica una baja plasticidad, característica de

suelos con una proporción significativa de partículas gruesas y una limitada presencia de finos cohesivos como limos o arcillas.

Por otro lado, el análisis también presenta el contenido de humedad natural (W n %), que corresponde al 5.27%. Este valor refleja la cantidad de agua presente en el suelo en su estado natural al momento de la toma de muestras. El contenido reducido de humedad sugiere un suelo con una capacidad limitada de retención de agua, característico de materiales arenosos y gravosos.

Figura 8

Abaco para determinar los valores de los factores de capacidad de carga por corte general y corte local



Nota. La imagen que compartes corresponde al ábaco de Terzaghi para determinar los factores de capacidad de carga (Nc, Nq y Nγ), utilizados en el cálculo de la capacidad portante última de cimentaciones superficiales, tanto para corte general como corte local. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Tabla 18

Tipos de edificación

Clase de estructura	Distancia mayor entre apoyos	Número de pisos			
		≤ 3	**4 a 8**	**9 a 12**	**> 12**
A porticada de acero	< 12	III	III	III	II
Pórticos y/o muros de concreto	**< 10**	**III**	III	II	I
Muros portantes de albañilería	< 12	II	I	---	---
Bases de máquina y similares	Cualquiera	I	---	---	---
Estructuras especiales	Cualquiera	I	I	I	I
Otras estructuras	Cualquiera	II	I	I	I
* Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasifica en el tipo de edificación inmediato superior					
Tanques elevados y similares	≤ 9 m de altura		>9 m de altura		

Nota. La tabla que compartes corresponde a la clasificación de tipos de edificación según la clase estructural, distancia entre apoyos y número de pisos, tal como lo establece la Norma Técnica E.030 (RNE, Perú) Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Para los fines de la determinación del Programa De Investigación Mínimo (PIM) del EMS (Artículo 15.3 de la Norma E-050 vigente), la edificación será calificada según la tabla N°1, donde I, II, III y IV designan la importancia relativa de la estructura desde el punto de vista de la investigación de suelos necesaria para cada tipo de edificación, siendo I más exigente que el II, este que el III y este que el IV.

Para el presente proyecto se pretende plantear una estructura de concreto armado del tipo Aporticada en ambas direcciones y con un tipo de Vivienda Familia, por lo que para el presente EMS se ha determinado que la Estructura es del Tipo III.

Tabla 19

Categoría y sistema estructurales de las edificaciones

Categoría y sistema estructurales de las edificaciones		
Categoría de la edificación	Zona	Sistema estructural
A1	4y3	Aislamiento sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y1	Estructura de acero tipo SCBF y EBF.

		Estructuras de concreto: sistema dual, muros de concreto armado.
		Estructura de acero tipo SCBF y EBF.
A2(**)	4,3 y2	Estructuras de concreto: sistema dual, muros de concreto armado.
	1	Cualquier sistema.
B	4,3 y 2	Estructura de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF
	1	Cualquier sistema.
C	4,3,2 y 1	Cualquier sistema.

Nota. La tabla que compartes corresponde a la clasificación por categoría y sistema estructural de las edificaciones, establecida en la Norma Técnica E.030 – Diseño Sismorresistente (RNE, Perú). Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

La inspección visual macroscópica del entorno inmediato corrobora la inexistencia de anomalías topográficas o geológicas (afloramientos rocosos, fallas, cavidades). Las edificaciones aledañas, que se rigen bajo los lineamientos de la NTE E.050 para tipologías constructivas comparables, no evidencian inestabilidad derivada de fenómenos de asentamiento.

Si bien el número de pisos del edificio a cimentar es mayor a las edificaciones situadas a menos de 100m, la distribución arquitectónica, la distribución de cargas y la importancia del tipo de edificación vienen a ser diferentes, ya que las edificaciones cercanas tienden a ser en su mayoría viviendas unifamiliares o locales comerciales u oficinas.

Pese a la ausencia de datos del EMS en el entorno inmediato, las estructuras vecinas de concreto armado (hasta 6 pisos) sugieren el uso de cimentaciones directas convencionales. En concordancia con los estudios realizados, se propone un nivel de desplante de 1.40 metros para la cimentación del nuevo edificio, asegurando la

interacción suelo-estructura adecuada.

La estructura del proyecto que se propone será con un sistema constructivo tradicional, en su proceso constructivo se usará concreto armado y acero en las zapatas.

Tabla 20

*Calicata C - **1:***

Capacidad de carga para diferentes profundidades y anchos (kg/cm²)					
Df. (m) Desplante del Cimiento	Ancho (m)				
	0.60	**1.00**	**1.20**	**1.50**	**1.80**
0.80	0.75	0.87	0.93	1.02	1.11
1.00	0.87	0.99	1.05	1.14	1.23
1.20	0.99	1.11	1.17	1.26	1.35
1.40	1.11	1.23	1.29	1.38	1.47
1.60	1.23	1.35	1.41	1.50	1.59
1.80	1.35	1.47	1.53	1.62	1.71
2.00	1.47	1.59	1.65	1.74	1.83

Nota. La tabla muestra la capacidad de carga admisible (q_{adm}) del suelo en la Calicata C–1, expresada en kg/cm², obtenida a partir de la variación de la profundidad de desplante (Df) y el ancho de cimentación (B). Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Para el cálculo de la capacidad portante de la calicata C — 01, se haempleado las ecuaciones anteriormente mencionadas determinándose los resultados siguientes:

Tabla 21

Calicata C - 2

Capacidad de carga para diferentes profundidades y anchos (kg/cm²)					
Df. (m) Desplantedel Cimiento	**Ancho (m)**				
	0.60	**1.00**	**1.20**	**1.50**	**1.80**
0.80	0.77	0.90	0.96	1.05	1.15
1.00	0.90	1.02	1.08	1.18	1.27
1.20	1.02	1.15	1.21	1.30	1.39
1.40	1.14	1.27	1.33	1.43	1.52
1.60	1.27	1.39	1.46	1.55	1.64
1.80	1.39	1.52	1.58	1.67	1.77
2.00	1.52	1.64	1.70	1.80	1.89

Nota. La tabla muestra los valores de capacidad de carga admisible(q_{adm}) obtenidos para la Calicata C–2, expresados en kg/cm², en función de la profundidad de desplante (Df) y del ancho del cimiento (B). Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Para el cálculo de la capacidad portante de la calicata C — 02, se ha empleado las ecuaciones anteriormente mencionadas determinándose los resultados siguientes:

Tabla 22

Calicata C - 3

Capacidad de carga para diferentes profundidades y anchos (kg/cm²)					
Df. (m)		**Ancho (m)**			
Desplante del Cimiento	**0.60**	**1.00**	**1.20**	**1.50**	**1.80**
0.80	0.78	0.91	0.97	1.07	1.16
1.00	0.91	1.03	1.10	1.19	1.29
1.20	1.03	1.16	1.22	1.32	1.41
1.40	1.16	1.28	1.35	1.44	1.54
1.60	1.28	1.41	1.47	1.57	1.66
1.80	1.41	1.54	1.60	1.69	1.79
2.00	1.53	1.66	1.72	1.82	1.91

Nota. La tabla presentada corresponde a los valores de capacidad de carga admisible (q_{adm}) del suelo obtenidos para la Calicata C–3, expresados en kg/cm², considerando la variación de la profundidad de desplante (Df) y el ancho del cimiento (B) Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Para el cálculo de la capacidad portante de la calicata C — 03, se haempleado las ecuaciones anteriormente mencionadas determinándose los resultados siguientes:

Tabla 23

Capacidad de carga por corte general y corte local calicata principal

Capacidad de carga para diferentes profundidades y anchos (kg/cm²)					
Prof. (m)			**Ancho (m)**		
	1.50	1.80	2.00	2.20	2.40
0.80	1.01	1.05	1.08	1.09	1.12
1.50	1.28	1.31	1.35	1.36	1.38
1.80	1.39	1.43	1.46	1.47	1.50
2.00	1.47	1.50	1.54	1.55	1.57
2.50	1.66	1.69	1.73	1.74	1.76
3.00	1.85	1.88	1.91	1.93	1.95

Nota. La tabla muestra los valores de capacidad de carga admisible (q_{adm}) expresados en kg/cm², obtenidos para la calicata principal, considerando diferentes profundidades de desplante (Df) y anchos de cimentación (B). Fuente: Laboratorio GCO Consultora

Para los suelos evaluados donde se construirán los cimientos de las edificaciones, es conveniente considerar un módulo de elasticidad de E (Tn/m^2) y un coeficiente de Poisson U, los cuales se asumieron según el cuadro adjunto del informe para cada una de las calicatas indicadas para poderdeterminar el asentamiento.

Tabla 24

Calicata C-1:

Asentamientos en cm										
Df. (m) Desplante del Cimiento	**Ancho B (m)**									
	0.60		**1.00**		**1.20**		**1.50**		**1.80**	
	Centro	**Esquina**	**Centro**	**Esquina**	**Centro**	**Esquina**	**Centro**	**Esquina**	**Centro**	**Esquina**
0.80	0.17	0.04	0.66	0.17	0.84	0.21	1.16	0.29	1.51	0.38
1.00	0.20	0.05	0.56	0.14	0.95	0.24	0.00	0.32	1.67	0.42
1.20	0.22	0.06	0.42	0.11	0.79	0.20	1.43	0.36	1.83	0.46
1.40	0.25	0.06	0.46	0.12	0.58	0.15	1.56	0.39	2.00	0.50
1.60	0.28	0.07	0.51	0.13	0.64	0.16	0.85	0.21	2.16	0.54
1.80	0.31	0.08	0.55	0.14	0.69	0.17	0.92	0.23	1.74	0.44
2.00	0.33	0.08	0.60	0.15	0.75	0.19	0.99	0.25	1.24	0.31

Nota. La tabla presenta los valores estimados de asentamientos expresados en centímetros (cm) para la Calicata C–1, en función de la profundidad de desplante (Df) y del ancho del cimiento (B), considerando tanto el centro como la esquina de la zapata. Fuente: Laboratorio GCO Consultora

Tabla 25

Calicata C-2:

Asentamientos en cm										
Df. (m) Desplante del Cimiento	**Ancho B (m)**									
	0.60		**1.00**		**1.20**		**1.50**		**1.80**	
	Centro	**Esquina**	**Centro**	**Esquina**	**Centro**	**Esquina**	**Centro**	**Esquina**	**Centro**	**Esquina**
0.80	0.17	0.04	0.65	0.16	0.83	0.21	1.13	0.28	1.48	0.37
1.00	0.19	0.05	0.55	0.14	0.93	0.23	0.00	0.32	1.64	0.41
1.20	0.22	0.06	0.41	0.10	0.78	0.20	1.40	0.35	1.79	0.45
1.40	0.25	0.06	0.46	0.11	0.57	0.14	1.54	0.39	1.96	0.49
1.60	0.27	0.07	0.50	0.13	0.63	0.16	0.83	0.21	2.12	0.53
1.80	0.30	0.08	0.55	0.14	0.68	0.17	0.90	0.23	1.71	0.43
2.00	0.33	0.08	0.59	0.15	0.73	0.18	0.97	0.24	1.22	0.31

Nota. La tabla presenta los valores estimados de asentamientos expresados en centímetros (cm) para la Calicata C–2, en función de la profundidad de desplante (Df) y del ancho del cimiento (B), considerando tanto el centro como la esquina de la zapata. Fuente: Laboratorio GCO Consultora

Tabla 26

Calicata C-3:

Asentamientos en cm										
Df. (m) Desplante del Cimiento	**Ancho B (m)**									
	0.60		**1.00**		**1.20**		**1.50**		**1.80**	
	Centro	**Esquina**	**Centro**	**Esquina**	**Centro**	**Esquina**	**Centro**	**Esquina**	**Centro**	**Esquina**
0.80	0.16	0.04	0.62	0.16	0.80	0.20	1.10	0.28	1.43	0.36
1.00	0.19	0.05	0.53	0.13	0.90	0.23	0.00	0.31	1.59	0.40
1.20	0.21	0.05	0.40	0.10	0.75	0.19	1.35	0.34	1.73	0.44
1.40	0.24	0.06	0.44	0.11	0.55	0.14	1.48	0.37	1.89	0.48
1.60	0.26	0.07	0.48	0.12	0.60	0.15	0.80	0.20	2.04	0.51
1.80	0.29	0.07	0.53	0.13	0.66	0.17	0.87	0.22	1.65	0.42
2.00	0.31	0.08	0.57	0.14	0.70	0.18	0.93	0.23	1.17	0.30

Nota. La tabla presenta los valores estimados de asentamientos expresados en centímetros (cm) para la Calicata C–3, en función de la profundidad de desplante (Df) y del ancho del cimiento (B), considerando tanto el centro como la esquina de la zapata. Fuente: Laboratorio GCO Consultora

Tabla 27

Asentamiento calicata principal

Asentamientos en cm										
Prof. (m)	**Ancho (m)**									
	1.50		**1.80**		**2.00**		**2.20**		**2.40**	
	Cen.	**Esquina**	**Cen.**	**Esquina**	**Cen.**	**Esquina**	**Cen.**	**Esquina**	**Cen.**	**Esquina**
0.80	0.25	0.12	0.31	0.15	0.35	0.18	0.39	0.20	0.44	0.22
1.50	0.24	0.12	0.39	0.19	0.44	0.22	0.49	0.25	0.54	0.27
1.80	0.17	0.09	0.32	0.16	0.48	0.24	0.53	0.26	0.59	0.29
2.00	0.18	0.09	0.22	0.11	0.38	0.19	0.56	0.28	0.62	0.31
2.50	0.20	0.10	0.25	0.12	0.28	0.14	0.31	0.16	0.35	0.17
3.00	0.23	0.11	0.28	0.14	0.31	0.16	0.35	0.17	0.38	0.19

Nota. La tabla presenta los valores de asentamientos totales expresados en centímetros (cm) para la calicata principal, en función de la profundidad de desplante (Df) y del ancho del cimiento (B), diferenciando los valores obtenidos en el centro y en la esquina de la zapata. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Coeficiente de balastro

El coeficiente de balastro es un parámetro utilizado en la ingeniería geotécnica y en la mecánica de suelos para representar la rigidez de un suelo o material de soporte ante la aplicación de cargas. Este coeficiente, también conocido como módulo de reacción del

suelo o coeficiente de subrasante.

Tabla 28

Calicata C-1:

Coeficiente de Balasto (Ks) para diferentes profundidades según Terzaghi"Kg/cm³"						
Df. (m)del Desplante	**Ancho B (m) = 1.20**			**Ancho B (m) = 1.50**		
	q_{adm}(kg/c²)	**q_{adm}(KPa)**	**Ks**	**q_{adm}(kg/cm²)**	**q_{adm}(KPa)**	**Ks**
0.80	0.93	91.20	1.12	1.02	100.03	1.22
1.00	1.05	102.97	1.26	1.14	111.80	1.37
1.20	1.17	114.74	1.40	1.26	123.56	1.51
1.40	1.29	126.51	1.55	1.38	135.33	1.66
1.60	1.41	138.27	1.69	1.50	147.10	1.80
1.80	1.53	150.04	1.84	1.62	158.87	1.94
2.00	1.65	161.81	1.98	1.74	170.64	2.09

Nota. La tabla presenta los valores del coeficiente de balasto (Ks) expresados en kg/cm³, obtenidos para la Calicata C–1, en función de la profundidad de desplante (Df) y del ancho de cimentación (B). Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Tabla 29

Calicata C-2:

Coeficiente de Balasto (Ks) para diferentes profundidades según Terzaghi "Kg/cm³"						
Df.(m) del Desplante	**Ancho B (m) = 1.20**			**Ancho B (m) = 1.50**		
	q_{adm}(kg/c²)	**q_{adm}(KPa)**	**Ks**	**q_{adm}(kg/cm²)**	**q_{adm}(Ka)**	**Ks**
0.80	0.96	94.14	1.15	1.05	102.97	1.26
1.00	1.08	105.91	1.30	1.18	115.72	1.42
1.20	1.21	118.66	1.45	1.30	127.49	1.56
1.40	1.33	130.43	1.60	1.43	140.24	1.72
1.60	1.46	143.18	1.75	1.55	152.00	1.86
1.80	1.58	154.95	1.90	1.67	163.77	2.00
2.00	1.70	166.71	2.04	1.80	176.52	2.16

Nota. La tabla presenta los valores del coeficiente de balasto (Ks) expresados en kg/cm³, obtenidos para la Calicata C–2, en función de la profundidad de desplante (Df) y del ancho de cimentación (B). Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Tabla 30

Calicata C-3:

Coeficiente de Balasto (Ks) para diferentes profundidades según Terzaghi "Kg/cm³"						
Df. (m)del Desplante	**Ancho B (m) = 1.50**			**Ancho B (m) = 1.80**		
	q_{adm}(kg/c²)	**q_{adm}(KPa)**	**Ks**	**q_{adm}(kg/cm²)**	**q_{adm}(KPa)**	**Ks**
0.80	1.07	104.93	1.28	1.16	113.76	**1.39**
1.00	1.19	116.70	1.43	1.29	126.51	**1.55**
1.20	1.32	129.45	1.58	1.41	138.27	**1.69**
1.40	1.44	141.22	1.73	1.54	151.02	**1.85**
1.60	1.57	153.96	1.88	1.66	162.79	**1.99**
1.80	1.69	165.73	2.03	1.79	175.54	**2.15**
2.00	1.82	178.48	2.18	1.91	187.31	**2.29**

Nota. La tabla presenta los valores del coeficiente de balasto (Ks) expresados en kg/cm³, obtenidos para la Calicata C–3, en función de la profundidad de desplante (Df) y del ancho de cimentación (B). Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Tabla 31

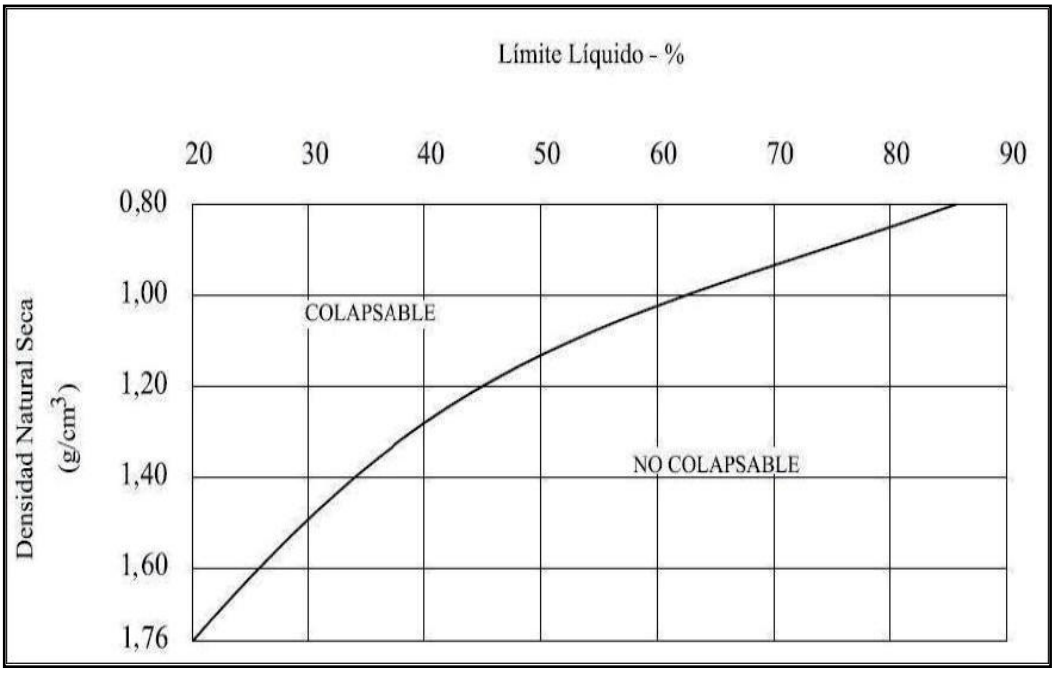
Suelos colapsables

Calicata	Estrato	Densidad natural seca	Limite liquido	Suelo colapsable
		Kg/cm^3	**%**	
C – 01	M – 3	1.790	28.74	NO
C – 01	M – 2	1.815	24.57	NO
C – 01	M – 2	1.820	25.11	NO

Nota. La tabla presenta la evaluación del potencial de colapsabilidad del suelo para los diferentes estratos analizados en la Calicata C–01, considerando los parámetros de densidad natural seca (γ_d) y límite líquido (LL). Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Figura 9

La relación entre los colapsables y no colapsables y los parámetros de los suelos



Nota. La figura representa la relación entre el límite líquido (%) y la densidad natural seca (g/cm³), empleada para determinar la tendencia colapsable o no colapsable de los suelos, conforme a la NTP E.050 – Suelos y Cimentaciones

(RNE, 2023). Fuente: Laboratorio GCO Consultora**.**

Tabla 32

Potencial de expansión

Clasificación de suelos expansivos			
Potencial de expansión (Ep)	Expansión en consolidómetro,bajo presión vertical de 7 kPa (0.07 kgf/cm2)	Índice de plasticidad (IP)	Porcentaje de partículas menores qe dos micras
%	%	%	%
Muy alto	> 30	> 32	> 37
Alto	20 – 30	23 – 45	18 - 37
Medio	10 – 20	12 - 34	12 – 27
Bajo	< 10	< 20	< 17

Nota. La tabla presentada clasifica el potencial de expansión de los suelos según tres parámetros fundamentales. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

La Tabla 32: Potencial de expansión proporciona una clasificación detallada de los suelos expansivos, basándose en tres criterios fundamentales: la expansión bajo carga vertical, el índice de plasticidad (IP) y el porcentaje de partículas menores a dos micras. Estos parámetros permiten identificar la magnitud del potencial expansivo de un suelo, un factor crítico en proyectos de ingeniería civil, ya que los suelos expansivos pueden sufrir cambios volumétricos significativos con la humedad, afectando la estabilidad de las estructuras.

En primer lugar, la clasificación establece cuatro categorías de potencial de expansión: muy alto, alto, medio y bajo.

Cuando el potencial de expansión es muy alto, la expansión del suelo bajo una presión vertical de 7 kPa (0.07 kgf/cm²) supera el 30%, lo cual indica una alta capacidad del suelo para aumentar su volumen al absorber agua. En esta categoría, el índice de plasticidad (IP) también es elevado, con valores superiores a 32, lo que refleja un suelo con una gran capacidad de deformarse en estado plástico. Además, el contenido de partículas menores a dos micras, es decir, limos y arcillas, excede el 37%, confirmando la predominancia de materiales finos altamente susceptibles a la expansión.

En suelos con un potencial de expansión alto, la expansión se sitúa entre el 20%

y 30%, mientras que el índice de plasticidad varía entre 23 y 45, mostrando aún una plasticidad considerable. El porcentaje de partículas menores a dos micras se encuentra en el rango de 18% a 37%, lo que indica una presencia moderada a alta de materiales finos expansivos.

Los suelos con potencial de expansión medio exhiben una expansión más moderada, entre el 10% y el 20%, con un índice de plasticidad que fluctúa entre 12 y 34. Este comportamiento señala una menor susceptibilidad a la expansión comparada con las categorías anteriores, aunque aún representa riesgos en determinadas condiciones. El contenido de partículas menores a dos micras se ubica entre el 12% y el 27%, mostrando una menor cantidad de materiales finos en comparación con suelos de expansión alta.

Finalmente, los suelos con potencial de expansión bajo presentan una expansión inferior al 10%, con un índice de plasticidad menor a 20. Esto indica que son suelos menos cohesivos y con menor capacidad de retención de humedad, lo cual minimiza el riesgo de movimientos volumétricos. El contenido de partículas menores a dos micras es reducido, con valores por debajo del 17%, lo que confirma la predominancia de materiales gruesos menos susceptibles a la expansión.

Tabla 33

Potencial de expansión

Calicata	Estrato	Indice plástico %	Potencial de expansión
C – 01	M – 02	1.03	Bajo
C – 02	M – 02	2.19	Bajo
C – 03	M – 02	2.74	Bajo

Nota. La tabla muestra los resultados del índice plástico (IP) y la clasificación del potencial de expansión obtenidos para los estratos representativos de las calicatas C–01, C–02 y C–03. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

La Tabla 33, titulada *Potencial de expansión*, presenta la evaluación del índice plástico y su relación con el potencial de expansión del suelo, analizado en tres calicatas distintas. A continuación, se describe de manera detallada:

- En la Calicata C-01, perteneciente al estrato *M–02*, se obtuvo un índice plástico

de 1.03%, lo que sugiere un potencial de expansión bajo.

- La Calicata C-02, del mismo estrato *M–02*, muestra un índice plástico de 2.19%, manteniendo igualmente un potencial de expansión bajo.
- Por último, la Calicata C-03, también en el estrato *M–02*, registra un índice plástico de 2.74%, confirmando nuevamente un potencial de expansión bajo.

Tabla 34

Coeficientes de empujes

CALICATA	Coulomb		Ranking		Reposo
	ka	kp	ka	kp	Ko
C – 01	0.258	5.421	0.279	3.582	0.436
C – 02	0.256	5.494	0.277	3.613	0.434
C – 03	0.255	5.530	0.276	3.628	0.432

Nota. La tabla muestra los coeficientes de empuje activo (Ka), pasivo (Kp) y en reposo (K_o) determinados para las calicatas C–01, C–02 y C–03, calculados según las teorías clásicas de Coulomb (1776) y Rankine (1857). Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

La evaluación In Situ en conjunto se realiza con la información disponible y los ensayos correspondientes, por lo que se considera la evaluación de la estabilidad de zonas de corte, la cual debe estar plasmada en los cálculos correspondientes y tomar las medidas pertinentes de manera oportuna por parte de los involucrados a fin de estabilizar toda el área donde se realizaran las zanjas y o excavaciones donde se desplantaran las estructuras de cimentación.

Tabla 35

Cimentación

Nº Calicata	Elemento	ɣd Densidad seca	ϕ´	Ancho de Cimiento (B)	Prof. de desplante (Df)	Qadm (kg/cm2)	Prof. de desplante (Df)	Qadm (kg/cm^2)
C-1	Cimiento	1.790	24.45	1.20 m	1.40 m	1.29	2.00 m	1.65
C-2	Cimiento	1.815	24.62	1.20 m	1.40 m	1.33	2.00 m	1.70
C-3	Cimiento	1.820	24.70	1.20 m	1.40 m	1.35	2.00 m	1.72

Nota. La tabla presenta los principales parámetros geotécnicos para el diseño de cimentaciones en función de los ensayos de campo y laboratorio realizados en las calicatas C–01, C–02 y C–03. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Se deberá de cimentar sobre el suelo firme, en caso de encontrarse el estrato de

relleno a la altura recomendada se deberá de profundidad la cimentación. La profundidad de desplante se contará a partir del nivel de terreno nivelado (En caso de realizarse corte al terreno). Los anchos y profundidades deberán de ser evaluadas según las solicitudes de carga, de ser necesario se podrán modificar según las capacidades de carga brindados para diferentes profundidades y anchos.

Resultados de esclerometría

Muestreo y toma de datos del elemento resistente de la estructura

Rm : Numero de rebotes promedio corregido por el software

Fcu : Resistencia a compresión en MPa

F´c : Resistencia a compresión alcanzado en kg/cm^2

Tabla 36

Ubicación del ensayo de esclerometría

Ubicación	Estructura	Columna	Vigas	N°. De puntos
Las Américas segunda etapa	Vivienda multifamiliar	5	5	10
			Total	10

Nota. La tabla presentada corresponde a la ubicación y número de puntos evaluados mediante el ensayo de esclerometría o martillo de rebote (Schmidt), técnica no destructiva empleada para estimar la resistencia superficial del concreto en estructuras ya construidas. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

Los especímenes de concreto destinados a evaluación deben presentar un espesor mínimo de 100 mm, encontrándose integrados de manera fija en la estructura. En caso de contar con dimensiones más reducidas, requerirán un soporte rígido. Durante la selección de las áreas de prueba, es fundamental evitar zonas que exhiban discontinuidades como vacíos entre el agregado grueso, superficies irregulares o alta porosidad. Idealmente, las instalaciones utilizadas como base para el ensayo deben carecer de acabados superficiales específicos. Además, el área de evaluación debe alcanzar un diámetro mínimo de 150 mm.

Tabla 37
Resistencia alcanzada con el esclerómetro

Ubicación	Edad del Concreto	Parámetro	Estructura	N° ensayo	Resistencia alcanzada	Condición de ensayo	
						Angulo de disparo	Dirección de disparo
vivienda en las Américas segunda etapa	5 años	f'c (Resistencia)	Columna	1	184.19	0°	Horizontal
			Columna	2	166.98	0°	Horizontal
			Viga	3	239.63	0°	Horizontal
			Viga	4	242.18	0°	Horizontal
			Viga	5	221.15	0°	Horizontal
			Columna	6	152.96	0°	Horizontal
			Columna	7	161.24	0°	Horizontal
			Columna	8	205.22	0°	Horizontal
			Viga	9	230.71	0°	Horizontal
			Viga	10	231.35	0°	Horizontal

Nota. La tabla muestra los resultados obtenidos del ensayo de esclerometría o martillo de rebote, aplicado sobre una vivienda multifamiliar ubicada en Las Américas – segunda etapa, con una edad del concreto de 5 años. Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

La Tabla 37, titulada *Resistencia alcanzada con el esclerómetro*, presenta los resultados obtenidos en la evaluación de la resistencia del concreto en una vivienda con una antigüedad de 5 años, ubicada en la segunda etapa de las Américas. El estudio se enfocó en medir el parámetro f'c (resistencia del concreto) en distintas estructuras, específicamente columnas y vigas, a través de ensayos realizados con un esclerómetro. Las condiciones del ensayo fueron controladas, utilizando un ángulo de disparo de 0° y una dirección horizontal.

En primer lugar, se evaluaron las columnas, obteniéndose variaciones en los valores de resistencia alcanzada. La Columna 1 mostró un valor de 184.19 kg/cm², mientras que la Columna 2 registró 166.98 kg/cm², evidenciando una ligera disminución. La Columna 6, por su parte, presentó el valor más bajo entre todas las columnas, alcanzando únicamente 152.96 kg/cm², lo que podría indicar un desgaste localizado o menor calidad del concreto en esa zona específica. En contraste, la Columna 8 mostró el mejor comportamiento estructural dentro del grupo, con una resistencia de 205.22 kg/cm²,

lo que refleja un concreto más resistente en esa estructura. Por último, la Columna 7 registró 161.24 kg/cm², manteniéndose dentro de un rango moderado.

En cuanto a las vigas, los resultados reflejaron valores más consistentes y, en general, superiores a los obtenidos en las columnas. La Viga 3 alcanzó una resistencia de 239.63 kg/cm², mientras que la Viga 4 registró 242.18 kg/cm², lo que indica una buena uniformidad en las propiedades del concreto en estas estructuras. La Viga 5, aunque con un valor ligeramente menor, mostró una resistencia de 221.15 kg/cm², manteniéndose dentro de un rango aceptable. De manera similar, las Vigas 9 y 10 presentaron resistencias de 230.71 kg/cm² y 231.35 kg/cm², respectivamente, lo que refleja una notable homogeneidad en su desempeño estructural.

Al comparar los resultados generales, se observa que las vigas presentan valores de resistencia más altos y consistentes en comparación con las columnas, lo cual podría estar relacionado con diferencias en el proceso constructivo, calidad del concreto o condiciones de carga aplicadas a las estructuras. Las columnas, particularmente las Columnas 6 y 2, requieren atención adicional debido a sus valores más bajos, los cuales podrían sugerir la necesidad de realizar una evaluación más detallada o incluso aplicar estrategias de mantenimiento preventivo o refuerzo estructural.

Modelamiento con el ETABS

Análisis sísmico Edificación 3 niveles

Parámetros sísmicos

Los parámetros sísmicos son tomados en cuenta en base a lo establecido en la norma peruana de diseño sismo resistente E.030, tal como se detalló con anterioridad en el informe de geología y sismicidad del área, los parámetros sísmicos son tal como se muestra a continuación:

Tabla 38

Parámetros según la norma E-30

Z	U	C	S	R	T	Tp	Ct
0.25	1	2.5	1.2	8	0.1886	0.6	35
CORTANTE BASAL	0.094	Ton					

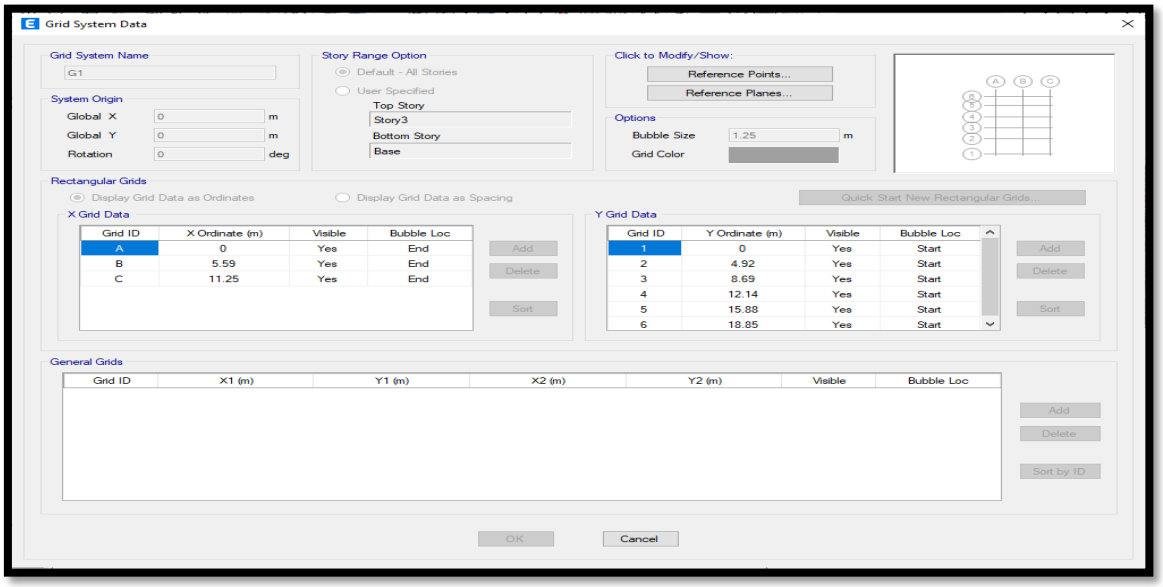
Nota. La tabla presentada resume los parámetros sísmicos fundamentales utilizados para el cálculo del cortante basal de una estructura, conforme a los criterios establecidos en la Norma Técnica Peruana E.030 – Diseño Sismorresistente (RNE 2018). Fuente: Laboratorio GCO Consultora.

a) Grillas en Etabs

El Etabs ofrece dos alternativas para establecer las grillas: pueden ser importadas directamente o generadas dentro del mismo software. Para ambos casos, las medidas entre las grillas se obtienen desde AutoCAD, donde previamente se trazan sobre el plano arquitectónico siguiendo los ejes de los elementos estructurales proyectados (vigas y columnas).

Figura 10

Edit grid system data



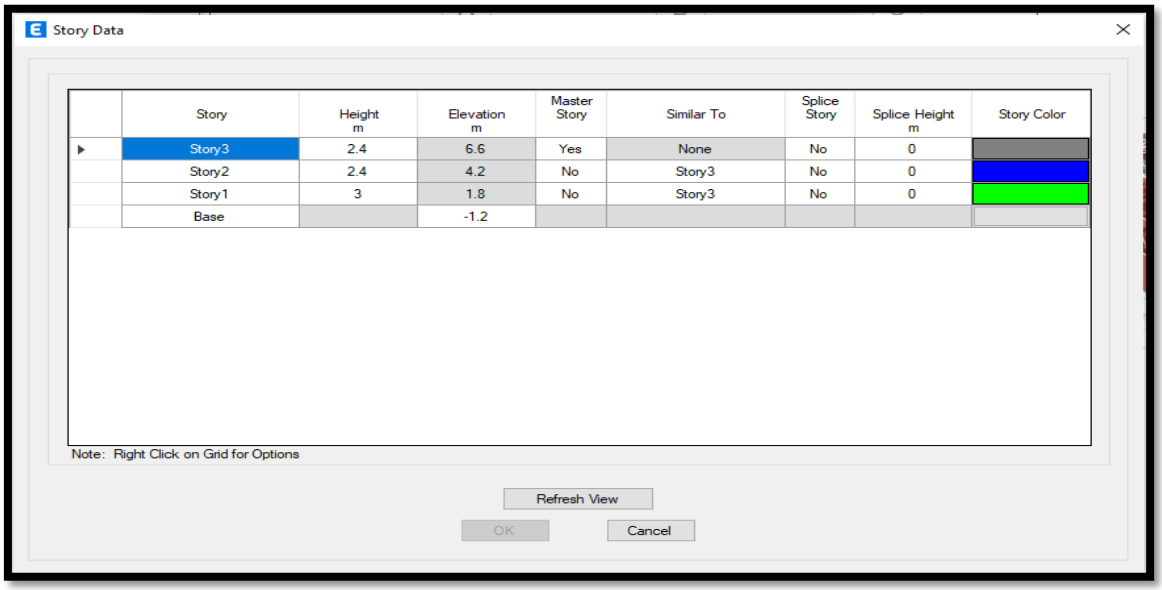
Nota. La imagen corresponde a la interfaz del módulo “Edit Grid System Data” del software ETABS, utilizada para la definición del sistema de ejes estructurales que sirve como referencia geométrica en el modelado tridimensional de edificaciones. Fuente: Diseño con software ETABS

En el Etabs, se comenzó trazando una cuadrícula con espaciado uniforme. Posteriormente, estas dimensiones se ajustaron mediante la función Edit Grid System, donde se ingresaron las medidas exactas obtenidas del Autocad utilizando la herramienta Measure, tanto para la dirección horizontal (eje X) como vertical (eje Y). El sistema también permite personalizar la nomenclatura de los ejes y ajustar sus dimensiones.

Las alturas específicas de cada nivel del edificio se configuran accediendo a la ventana Specify Custom Story Data, donde es posible definir la elevación exacta para cada piso, como se ilustra en la imagen adjunta.

Figura 11

Story Data



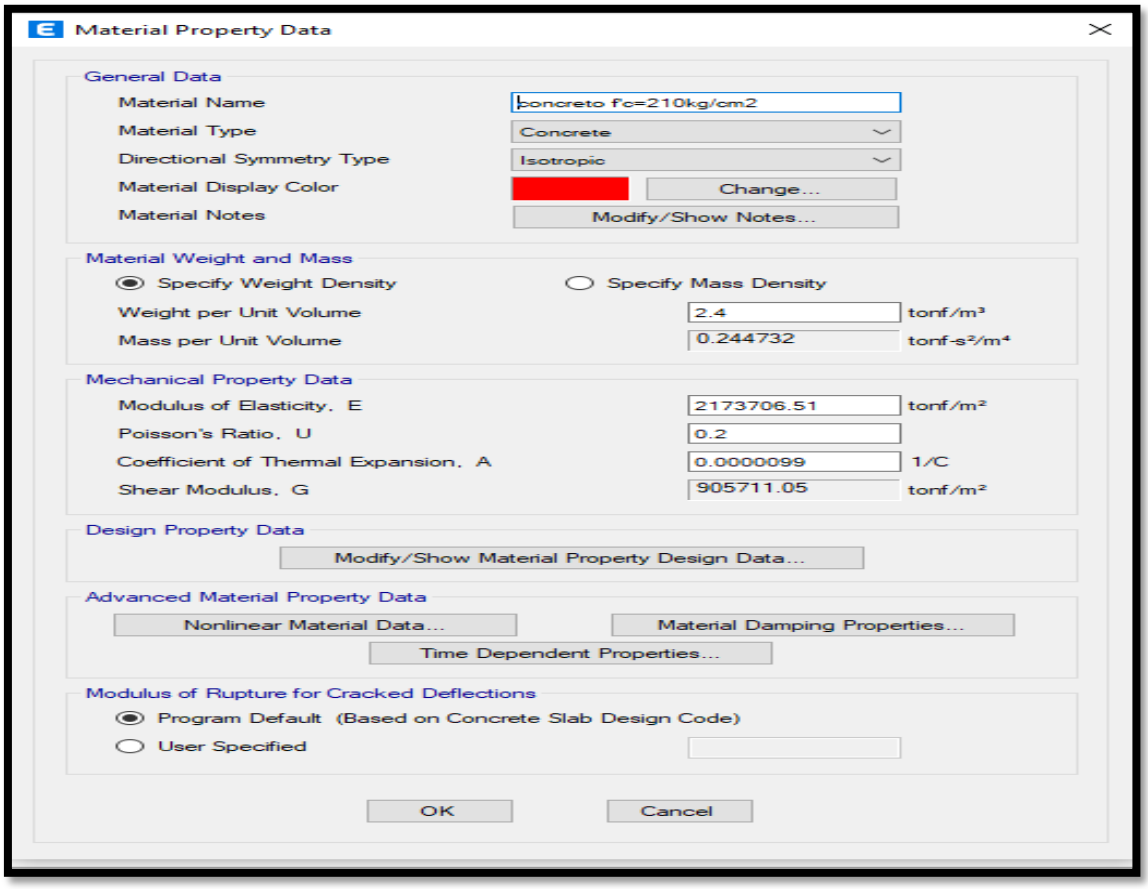
Nota. La figura corresponde a la ventana “Story Data” del software ETABS, empleada para definir los niveles o pisos del modelo estructural. Esta etapa es fundamental para establecer la geometría vertical de la edificación, permitiendo el análisis tridimensional del comportamiento estructural frente a cargas gravitacionales y sísmicas. Fuente: Fuente: Diseño con software ETABS

Definición de los materiales

La entrada de datos en el software ETABS se normalizó utilizando las especificaciones técnicas y códigos de diseño aplicables. Para la estructura de concreto, se ingresó una resistencia nominal de \(210\text{\ kg/cm}^{2}\). Los módulos elásticos y el coeficiente de expansión térmica se asignaron automáticamente desde la base de datos del programa, al ser un material reconocido.

Figura 12

Material Property Data



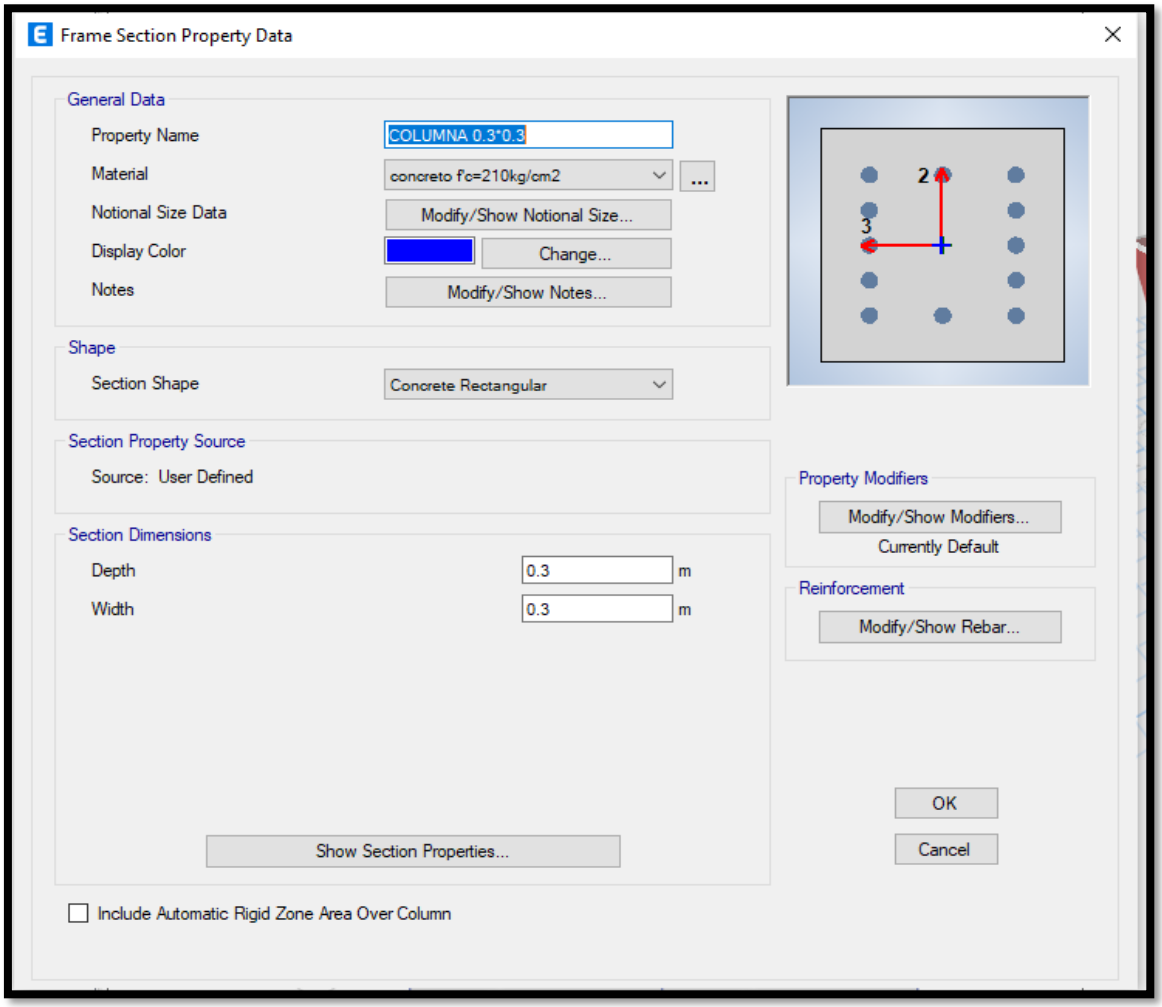
Nota. La figura muestra la ventana de configuración de propiedades del material en ETABS, donde se establecen los parámetros físicos y mecánicos correspondientes al concreto estructural con una resistencia a la compresión f'c = 210 kg/cm². Fuente: Diseño con software ETABS

Definir Secciones

En el programa ETABS, se procede a la creación de las secciones para los elementos verticales (columnas) y horizontales (vigas principales y secundarias). Se utilizan los datos de levantamiento arquitectónico y estructural de campo para ingresar las dimensiones exactas, la nomenclatura y el material de cada elemento, asegurando la fidelidad del modelo

Figura 13

Frame Section Property Data

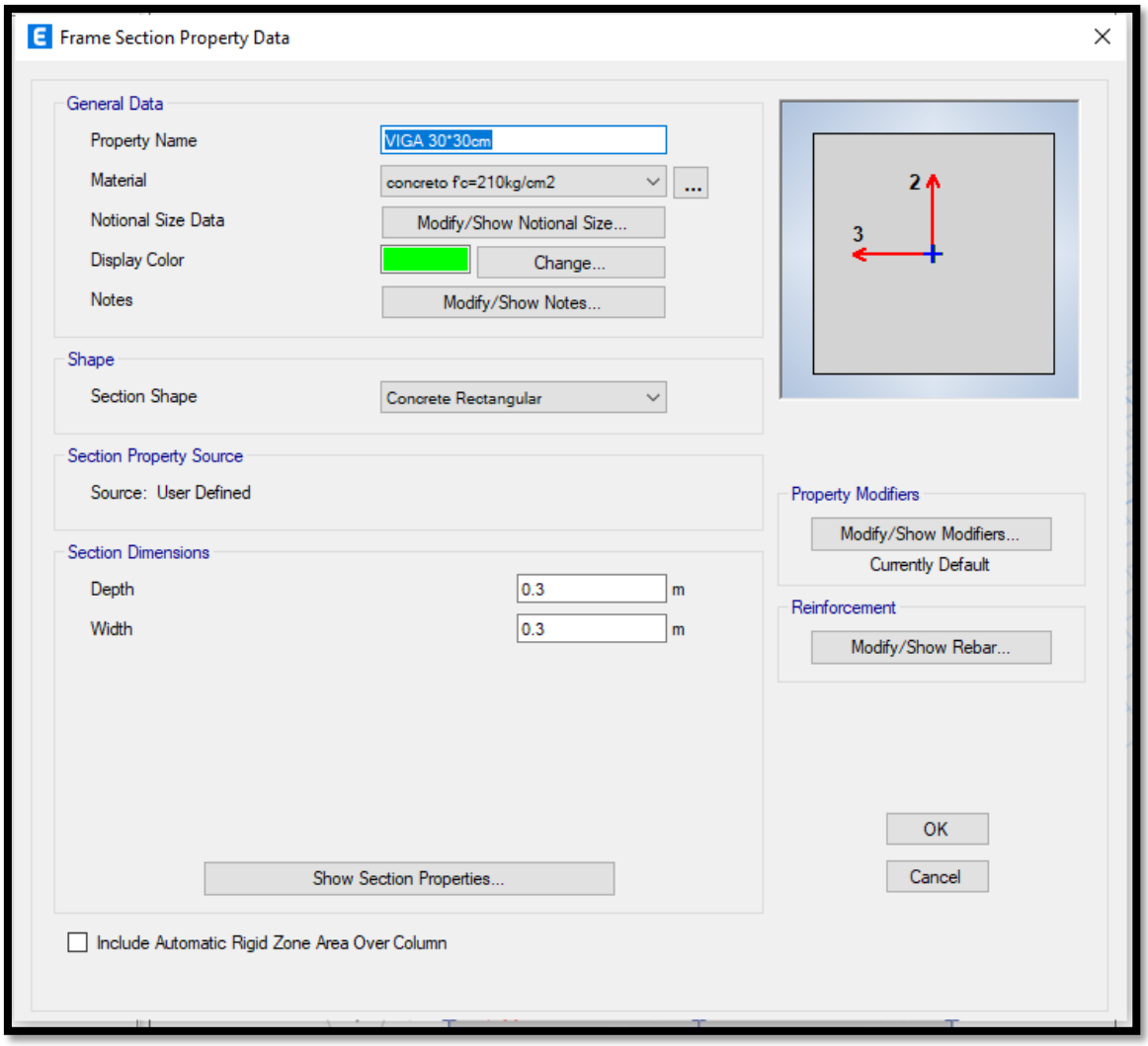


Nota. La figura muestra la configuración de la sección estructural en el módulo "Frame Section Property Data" del software ETABS, donde se definen las propiedades geométricas y materiales de los elementos lineales del modelo, en este caso, una columna de concreto armado. Fuente: Diseño con software ETABS

De la misma forma para el caso de las vigas tanto principales como secundarias cuya resistencia promedio alcanzada fue de f'c=210kg/cm^2.

Figura 14

Frame Section Property Data vigas

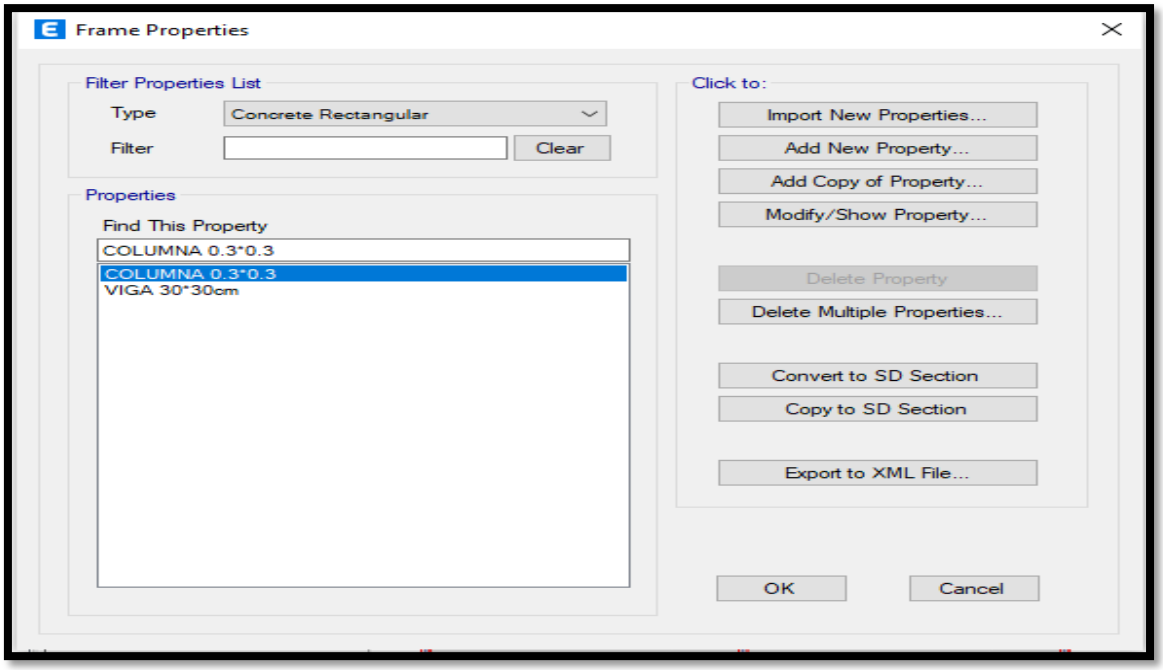


Nota. La figura muestra la configuración de las propiedades de la viga de concreto armado dentro del entorno de modelado del software ETABS, en el módulo denominado "Frame Section Property Data". Fuente: Diseño con software ETABS

La interfaz del programa muestra, en la ventana Frame Properties, el listado de las propiedades de sección transversales de todos los elementos lineales (vigas y columnas) que han sido creados, lo cual verifica la precisión de la entrada de datos, como se aprecia en la figura

Figura 15

Frame Properties



Nota. La figura muestra la ventana de configuración de "Frame Properties" en el software ETABS, donde se gestionan las propiedades geométricas y materiales de los elementos estructurales lineales. Fuente: Diseño con software ETABS

Elementos estructurales

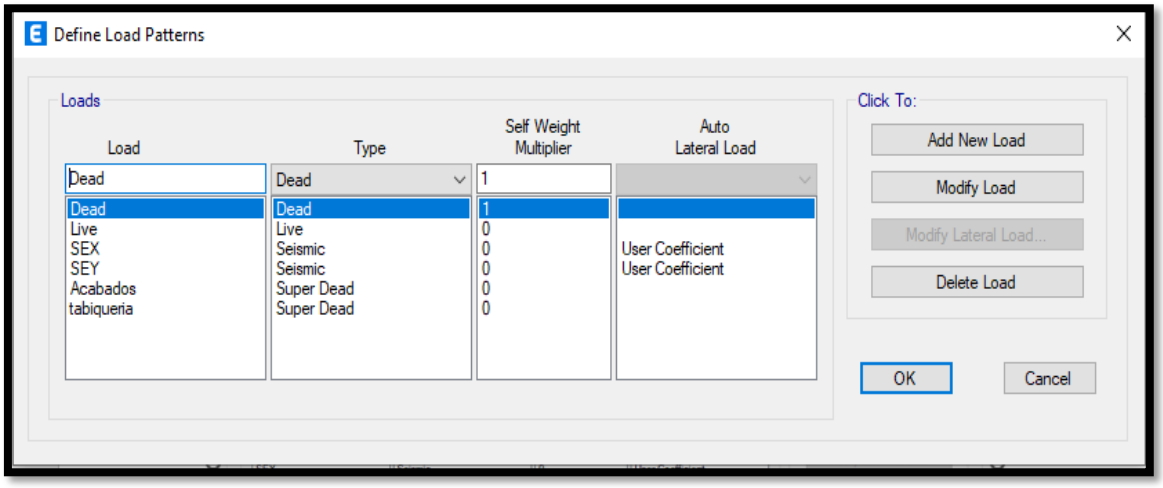
Se procedió con el dibujo y modelado de la estructura, basándose fielmente en los datos y planos del levantamiento in situ. La fidelidad del modelo respecto a la realidad se valida visualmente en la figura correspondiente.

Casos de carga y combinaciones de Diseño

El proceso de definición de cargas incluyó las acciones gravitacionales (cargas muertas y vivas) predefinidas por el software. Además, se especificaron las fuerzas laterales correspondientes al análisis sísmico en los ejes X e Y, y se modelaron las cargas superpuestas por elementos divisorios (tabiquería) y acabados de piso.

Figura 16

Define Load Patterns



Nota. La figura muestra la ventana “Define Load Patterns” del software ETABS, donde se configuran los patrones de carga que actuarán sobre la estructura. Fuente: Diseño con software ETABS

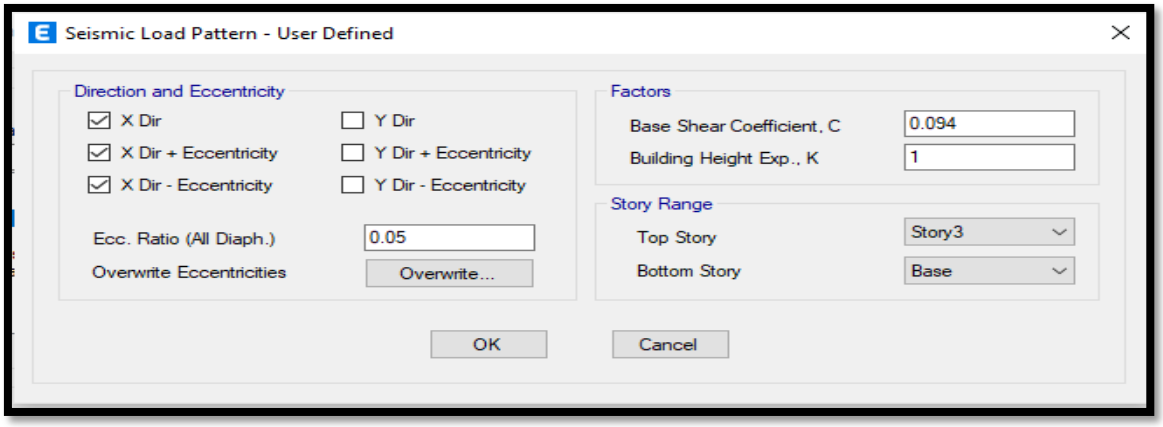
La discretización de la acción sísmica se realizó para ambas direcciones ortogonales mediante el método de coeficiente estático. Los parámetros de entrada, incluyendo el coeficiente basal \(C\) (\(0.094\)) y el factor \(K\) (\(1.0\)), fueron obtenidos de la formulación especificada en la NTE E.030. La isotropía del sistema estructural garantiza la aplicabilidad de los mismos valores en X e Y

$$C = \frac{Z * U * C * S}{R}$$

Los datos serán los mismos en ambas direcciones tanto en X como en Y puesto que el sistema estructural es el mismo en ambos sentidos.

Figura 17

Seismicc Load Pattern - User Defined



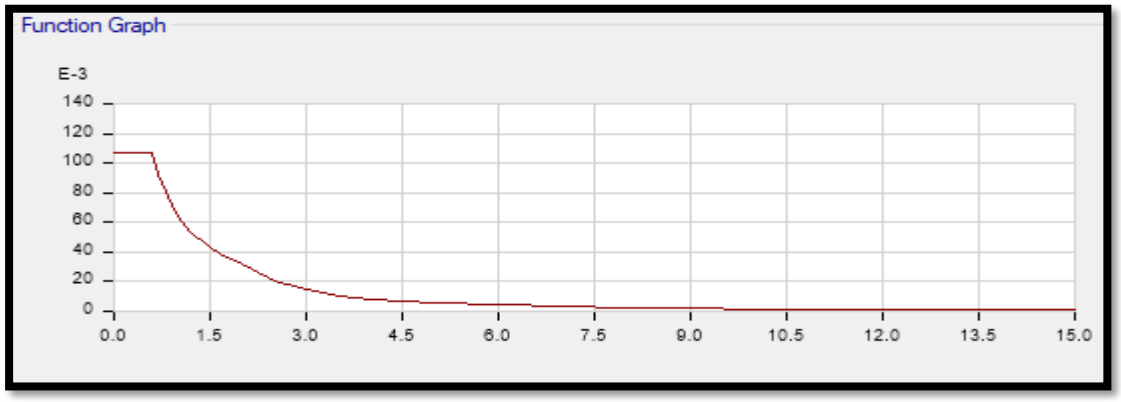
Nota. La figura muestra la ventana "Define Load Patterns" del software ETABS, donde se configuran los patrones de carga que actuarán sobre la estructura. Fuente: Diseño con software ETABS

Espectro de diseño

La interfaz del programa permite la parametrización directa del espectro de diseño, vinculando la Norma E.030 con los datos del proyecto. Se ingresaron los valores necesarios para que ETABS calcule la curva espectral con precisión, como se visualiza en la figura adjunta

Figura 18

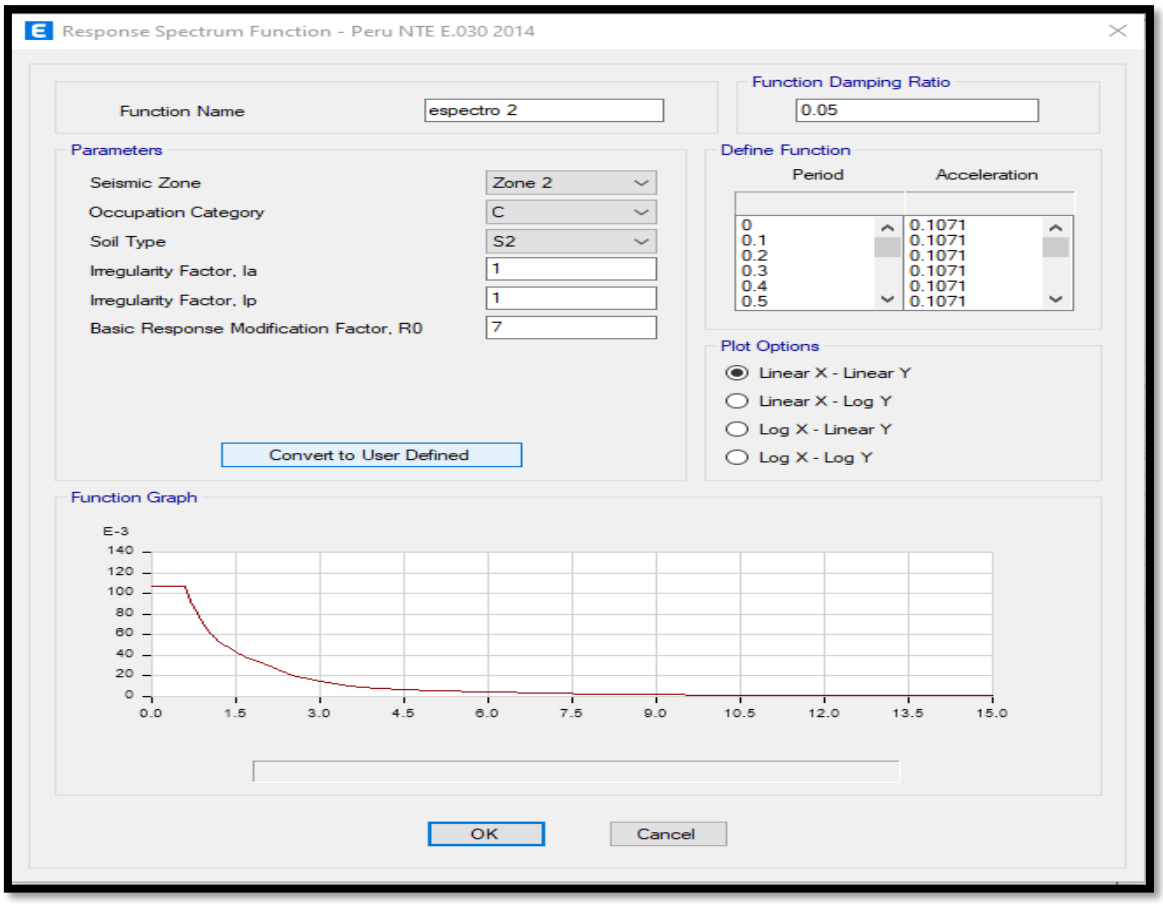
Espectro sísmico



Nota. La figura muestra la ventana "espectro sísmico " del software ETABS, donde se configuran los patrones de carga que actuarán sobre la estructura. Fuente: Diseño con software ETABS

Figura 19

Response Spectrum Function- Peru Norma E.030



Nota. La figura muestra la ventana "Response Spectrum Function" del software ETABS, donde se configuran los patrones de carga que actuarán sobre la estructura. Fuente: Diseño con software ETABS

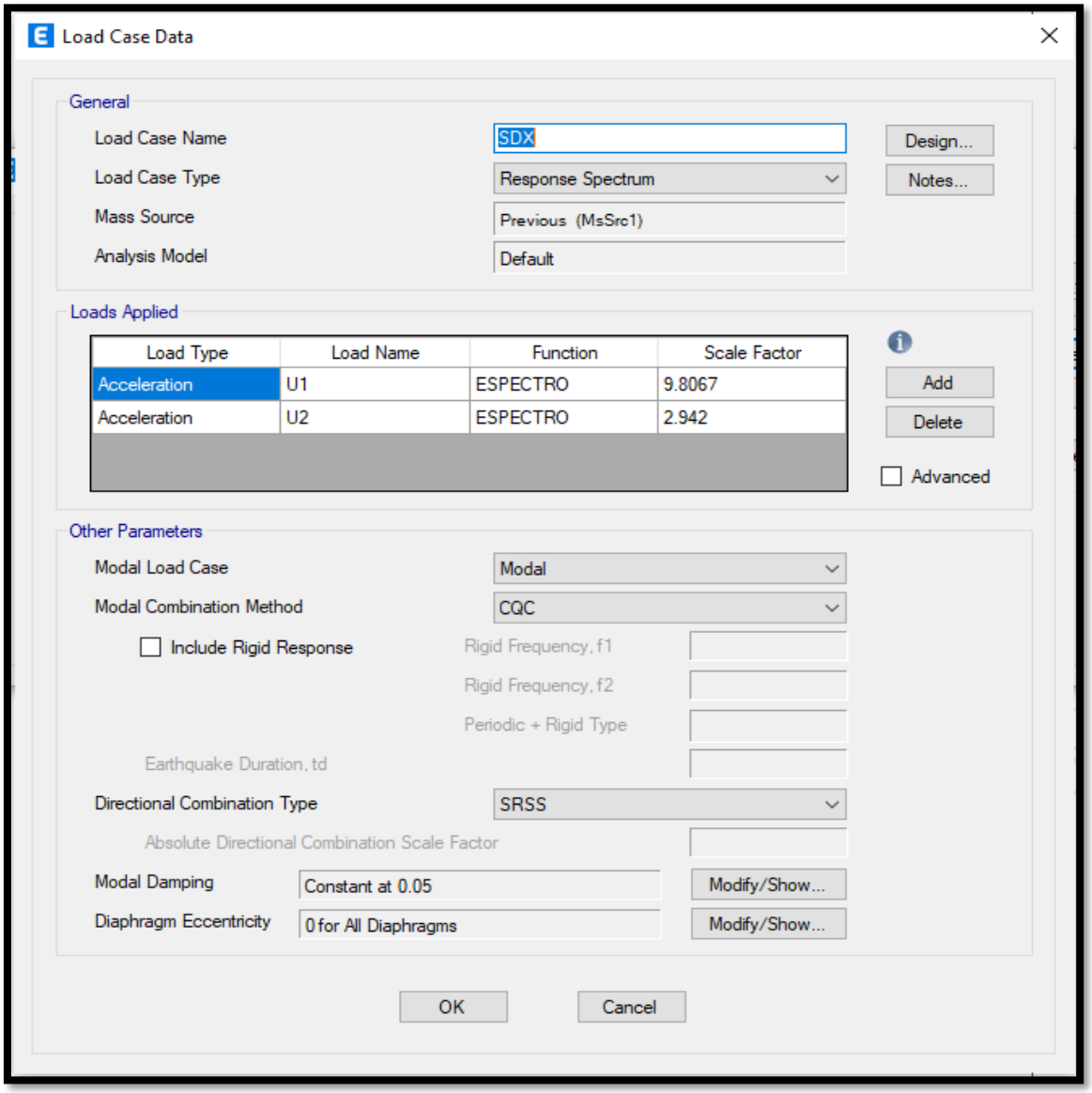
Load Cases

La configuración del análisis dinámico incluyó la especificación de las acciones sísmicas en las direcciones ortogonales. Se definieron las cargas como aceleraciones asociadas a la función de espectro de respuesta y un factor de amplificación (escala). La implementación de estos parámetros se presenta en la figura.

}

Figura 20

Load Case Data



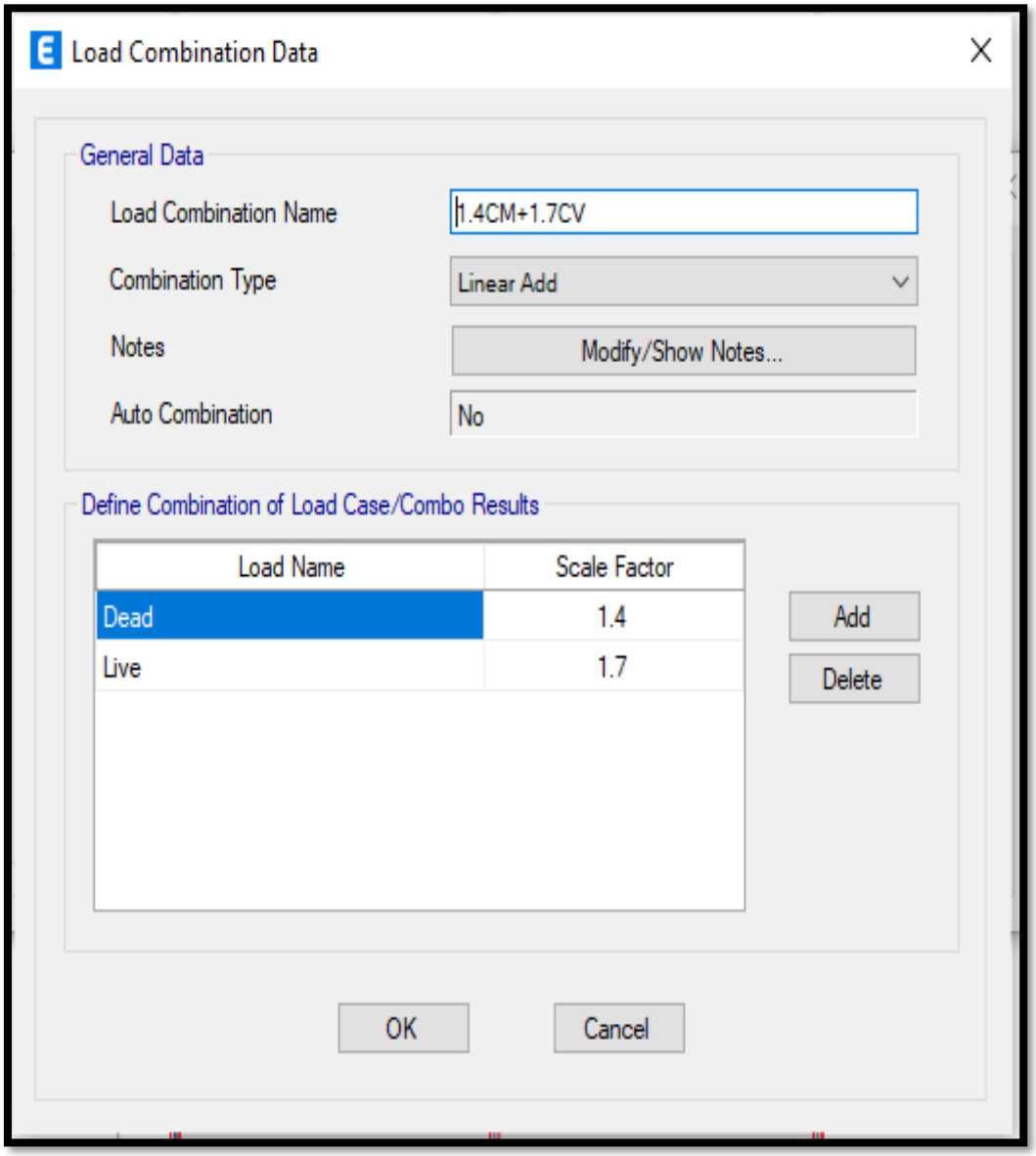
Nota. La figura muestra la ventana “Load Case Data” del software ETABS, donde se configuran los patrones de carga que actuarán sobre la estructura. Fuente: Diseño con software ETABS

Load Combination Data

Se definieron las combinaciones de diseño por resistencia conforme a los lineamientos de la Norma E.060. El modelo considera las nueve combinaciones de carga especificadas para el chequeo de los elementos de concreto, las cuales se detallan a continuación

Figura 21

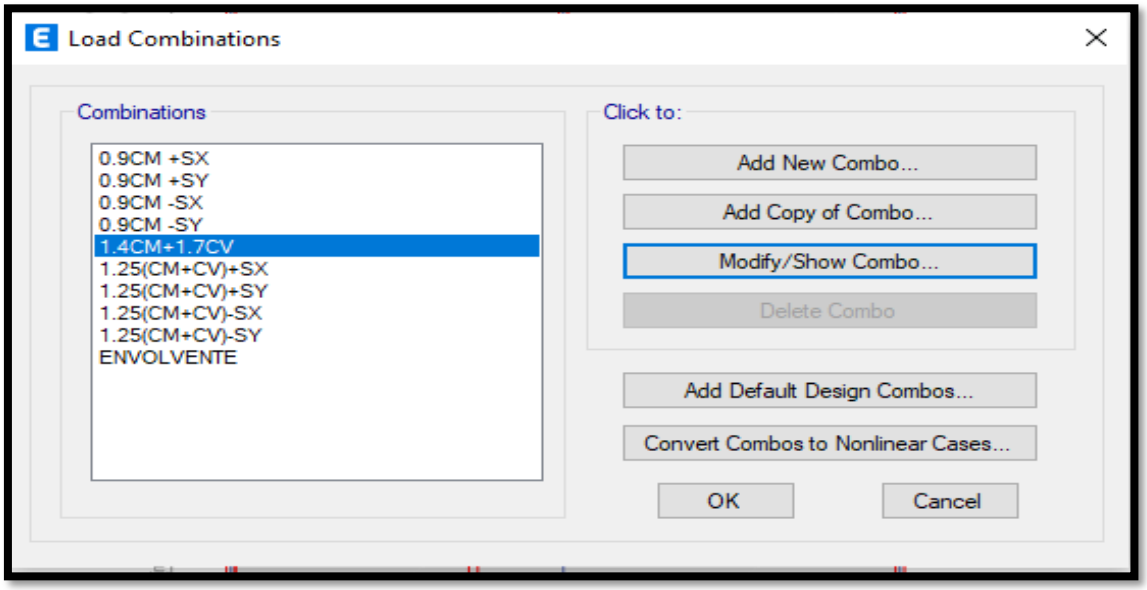
Load Combination Data



Nota. La figura muestra la ventana de configuración “Load Combination Data” del software ETABS, donde se definen las combinaciones de carga necesarias para el diseño estructural. Fuente: Diseño con software ETABS

Figura 22

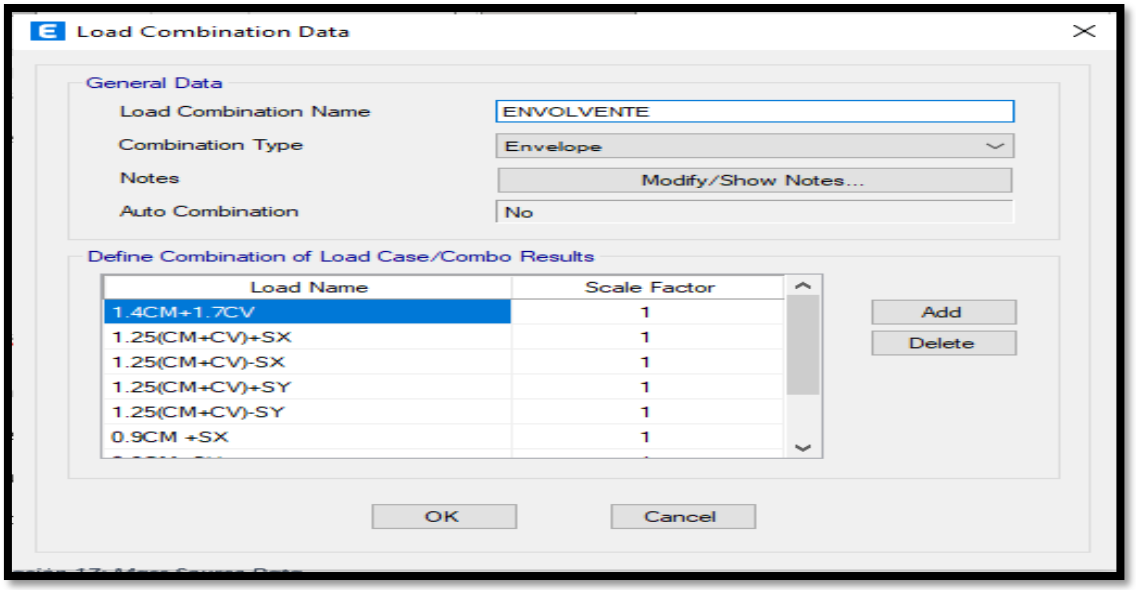
Load Combinations



Nota. La figura muestra la ventana "Load Combinations" del software ETABS, donde se gestionan las combinaciones de carga aplicables al análisis y diseño estructural de edificaciones. Fuente: Diseño con software ETABS

Figura 23

Envolvente



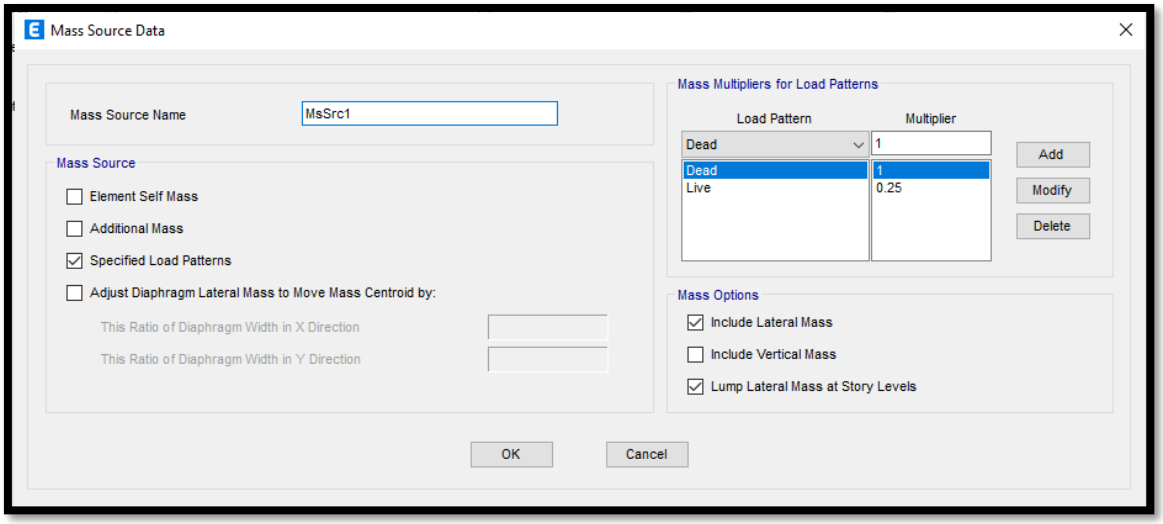
Nota. La figura muestra la ventana "Load Combinations Data" del software ETABS, donde se gestionan las combinaciones de carga aplicables al análisis y diseño estructural de edificaciones. Fuente: Diseño con software ETABS.

Mass Source Data

El proceso de cálculo de la masa para el análisis sísmico se realizó en la opción Mass Source Data. Se aplicaron los factores establecidos en la NTE E.030, utilizando 1.0 para la carga muerta (CM) y 0.25 para la carga viva (CV). La configuración se muestra en la imagen adjunta

Figura 24

Mass Source Data



Nota. La figura muestra la ventana “Mass Source Data” del software ETABS, donde se gestionan las combinaciones de carga aplicables al análisis y diseño estructural de edificaciones. Fuente: Diseño con software ETABS.

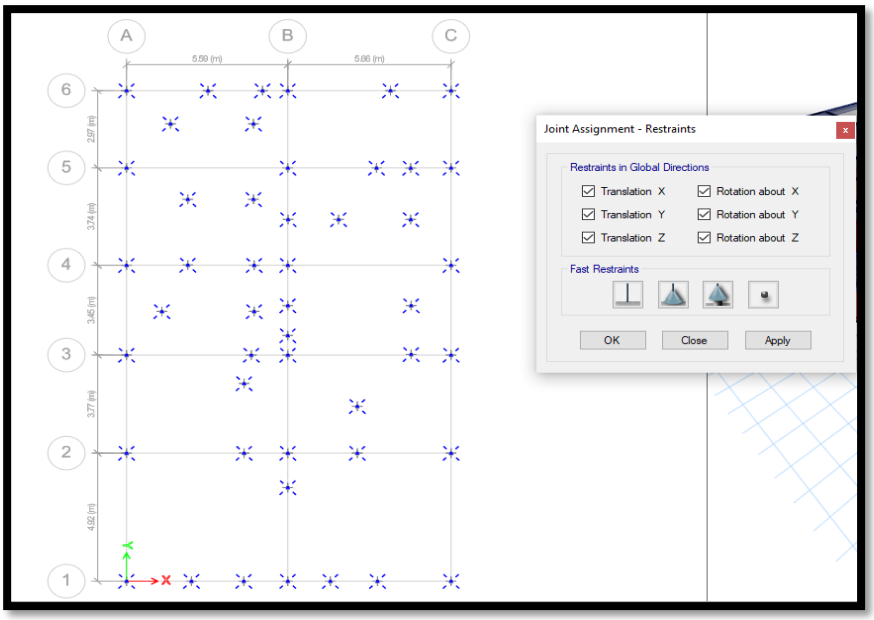
Asignación y distribución de cargas

Restricciones

Una vez terminado de dibujar la estructura se procedió a asignar las restricciones en la base de la edificación siendo esta de tipo empotrado.

Figura 25

Joint assignement – Restraints



Nota. La figura muestra la ventana "Joint assignement – Restraints" del software ETABS, donde se gestionan las combinaciones de carga aplicables al análisis y diseño estructural de edificaciones. Fuente: Diseño con software ETABS.

RESULTADOS

Control de Desplazamientos Laterales

Según la normativa, para calcular los desplazamientos laterales, se debe aplicar un factor multiplicador a los resultados del análisis. En el caso de estructuras regulares, este factor es 0.75 multiplicado por el valor de R, mientras que, para estructuras irregulares, el factor es 0,85 multiplicado por R.

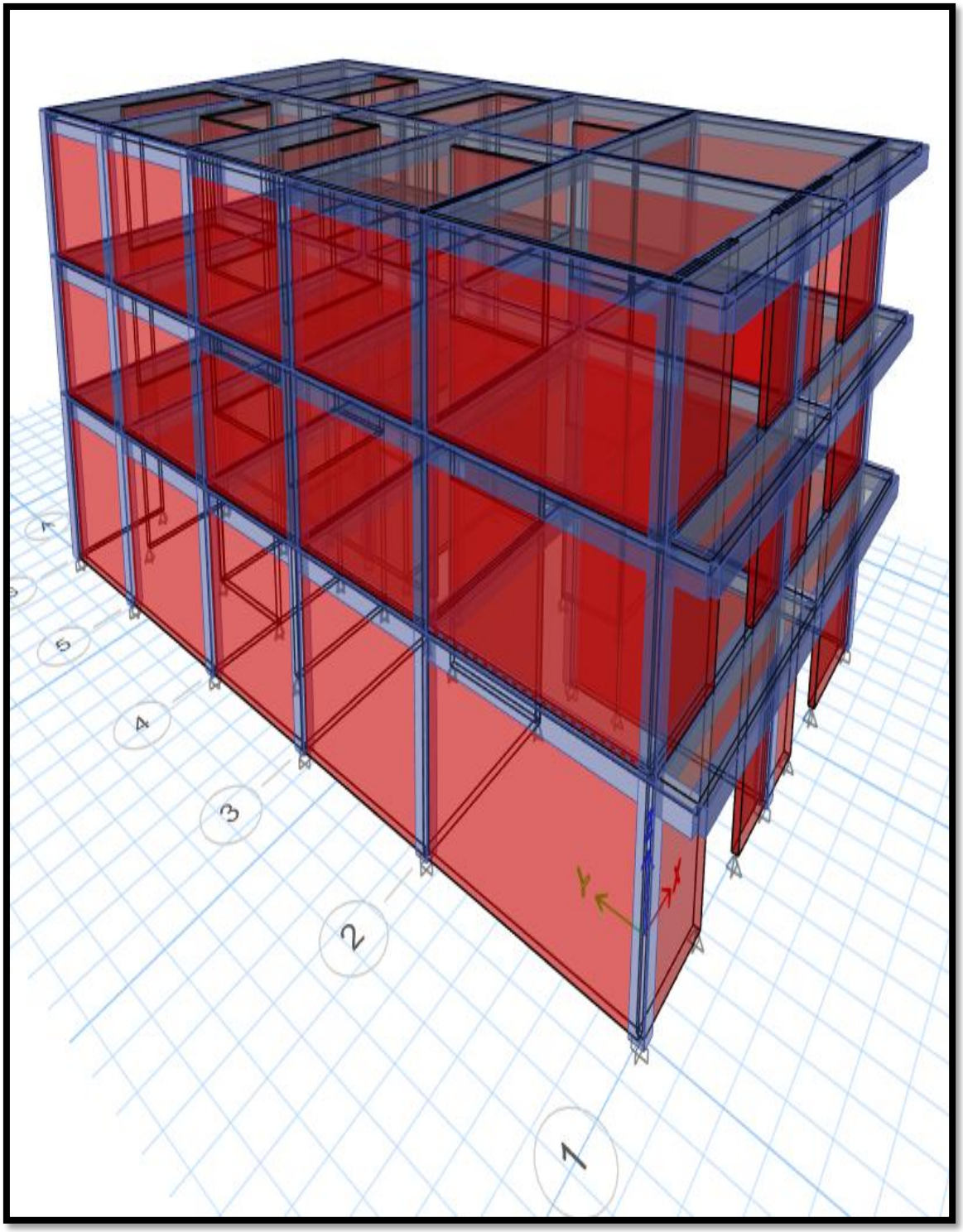
Además, la norma E.030 establece límites para el desplazamiento entre pisos consecutivos (derivados). Específicamente para construcciones de armado concreto, la deriva no debe superar el 0.007 de la altura del entrepiso.

Es bajo esta premisa que para la investigación se multiplicaran por 0.75 veces el valor de R puesto que la edificación es regular.

Análisis sísmico Edificación 3 niveles

Figura 26

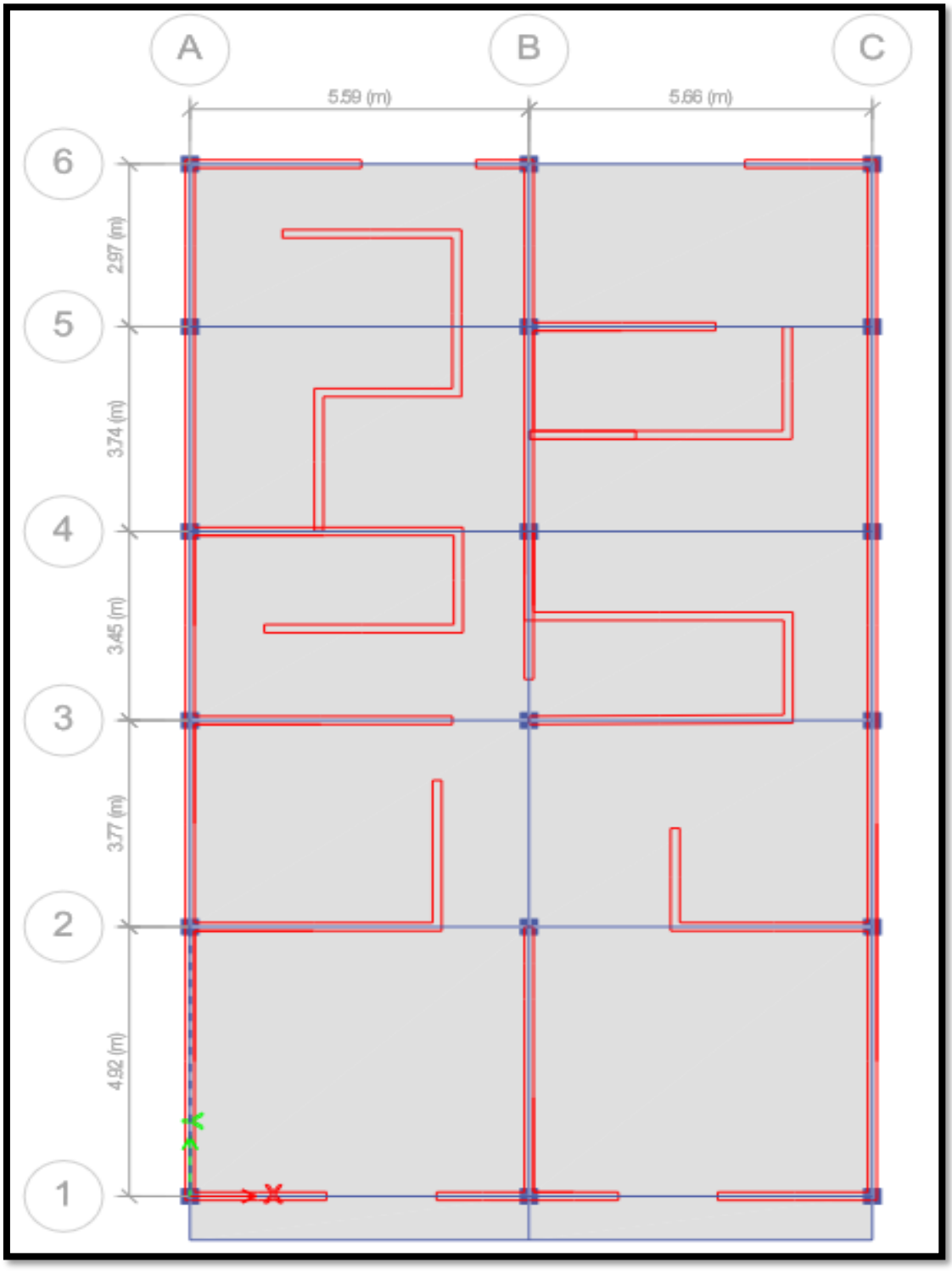
Dibujo 3D de la edificación.



Nota. La figura muestra el modelo tridimensional (3D) de una edificación de concreto armado, elaborado en el software ETABS (Extended Three-Dimensional Analysis of Building Systems). Fuente: Diseño con software ETABS.

Figura 27

Dibujo en planta de la edificación



Nota. La figura representa el dibujo en planta de la edificación modelada en el software ETABS, correspondiente al nivel típico estructural del proyecto. Fuente: Diseño con software ETABS.

Tabla 39

Derivas de Entrepisos de Sismo en X para 3 niveles

Nivel	Elevación	Deriva UX	Deriva Máxima	Cumple Normativa
Nivel 03	7.8	0.003087	0.007	Si cumple
Nivel 02	5.4	0.002758	0.007	Si cumple
Nivel 01	3	0.001506	0.007	Si cumple

Nota. La tabla muestra los resultados del análisis dinámico lateral realizado para una edificación de tres niveles, considerando la acción sísmica en la dirección X. Fuente: Diseño con software ETABS.

La Tabla 39, titulada *Derivas de Entrepisos de Sismo en X para 3 niveles*, presenta los resultados obtenidos del análisis de las derivas de entrepiso de una estructura sometida a cargas sísmicas en la dirección X. Esta evaluación se realizó en tres niveles con el objetivo de verificar si la estructura cumple con los límites establecidos por la normativa vigente.

En el Nivel 03, correspondiente a una elevación de 7.8 metros, se obtuvo una deriva UX de 0.003087, un valor considerablemente menor a la deriva máxima permitida de 0.007. Esto indica que el desplazamiento relativo en este nivel se encuentra dentro de los límites normativos, por lo que sí cumple con los requisitos establecidos.

En el Nivel 02, con una elevación de 5.4 metros, se registró una deriva UX de 0.002758, también inferior a la deriva máxima de 0.007. Al igual que en el nivel superior, el resultado confirma el cumplimiento de la normativa, garantizando que la deformación relativa en este nivel no compromete la estabilidad de la estructura.

Por último, en el Nivel 01, correspondiente a una elevación de 3 metros, se obtuvo una deriva UX de 0.001506, el valor más bajo de los tres niveles evaluados. Este resultado, al igual que los anteriores, se encuentra muy por debajo del límite permitido, asegurando así el cumplimiento normativo en este nivel.

En términos generales, la tabla refleja que los tres niveles cumplen con los límites

de deriva establecidos por la normativa vigente, dado que los valores obtenidos son considerablemente menores a la deriva máxima de 0.007. Este comportamiento estructural es adecuado y esperado, ya que la deriva disminuye a medida que se desciende en altura, debido a las menores deformaciones relativas en niveles inferiores.

La evaluación confirma que la estructura presenta un buen desempeño frente a cargas sísmicas en la dirección X, lo que garantiza su estabilidad y seguridad. Estos resultados son clave para certificar que la edificación puede soportar de manera adecuada las acciones sísmicas sin presentar riesgos estructurales.

Tabla 40

Derivas de entrepisos de Sismo en Y para 3 niveles

Nivel	Elevación	Deriva UX	Deriva Máxima	Cumple Normativa
Nivel 03	7.8	0.002630	0.007	Si cumple
Nivel 02	5.4	0.002102	0.007	Si cumple
Nivel 01	3	0.001088	0.007	Si cumple

Nota. La tabla muestra los resultados del análisis dinámico lateral realizado para una edificación de tres niveles, considerando la acción sísmica en la dirección Y. Fuente: Diseño con software ETABS.

La Tabla 40, titulada *Derivas de entrepisos de Sismo en Y para 3 niveles*, presenta los resultados de la evaluación de las derivas de entrepiso en una estructura sometida a cargas sísmicas en la dirección Y. Los datos se obtuvieron para tres niveles de elevación, con el objetivo de verificar el cumplimiento de los límites normativos establecidos.

En el Nivel 03, correspondiente a una elevación de 7.8 metros, se registró una deriva UX de 0.002630, un valor considerablemente inferior a la deriva máxima permitida de 0.007. Esto indica que la deformación relativa en este nivel está dentro de los límites normativos y, por lo tanto, sí cumple con los requerimientos de seguridad estructural.

En el Nivel 02, con una elevación de 5.4 metros, se obtuvo una deriva UX de 0.002102, también por debajo de la deriva máxima permitida de 0.007. El valor refleja un

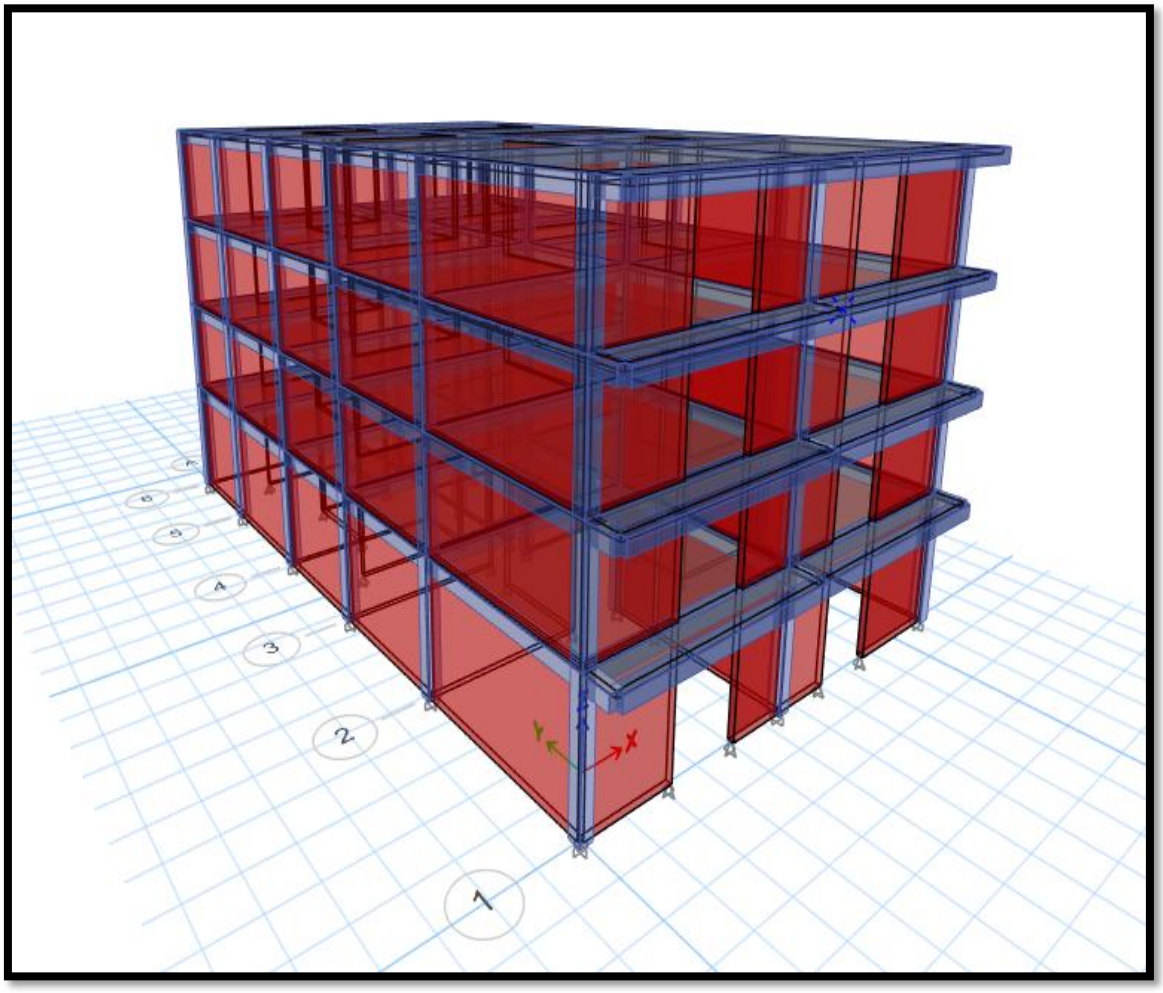
adecuado comportamiento estructural, cumpliendo con la normativa vigente para cargas sísmicas en la dirección Y. Finalmente, en el Nivel 01, correspondiente a una elevación de 3 metros, se registró una deriva UX de 0.001088, el valor más bajo entre los niveles evaluados. Al igual que en los niveles superiores, esta deriva está muy por debajo del límite permitido, lo que garantiza el cumplimiento normativo en este nivel.

Análisis sísmico Edificación 4 niveles

Siguiendo el mismo procedimiento que en el análisis sísmico de la edificación con 3 niveles, se obtuvo el siguiente modelado:

Figura 28

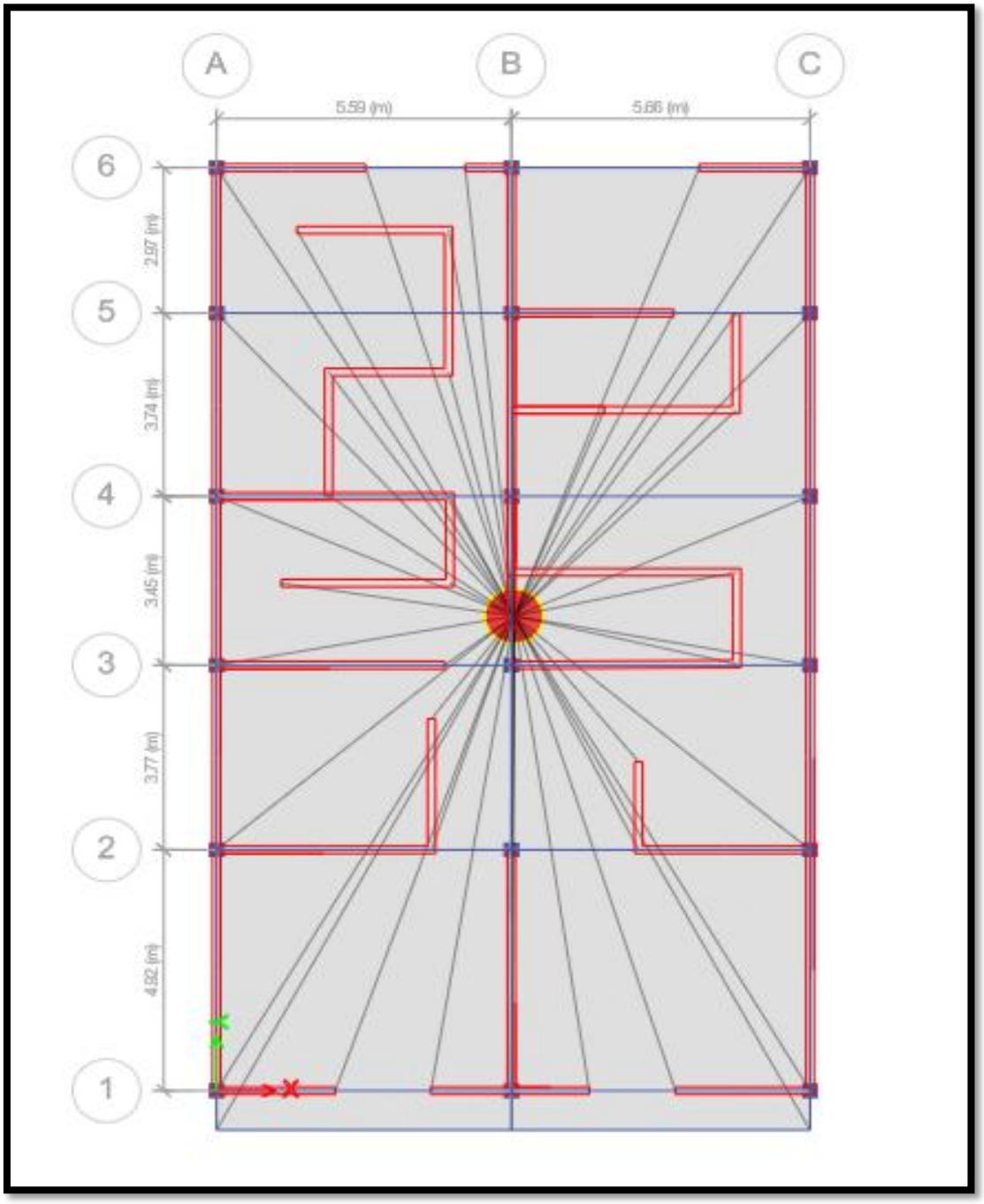
Dibujo 3D de la edificación



Nota. La figura muestra el modelo tridimensional (3D) de una edificación de concreto armado, elaborado en el software ETABS (Extended Three-Dimensional Analysis of Building Systems). Fuente: Diseño con software ETABS.

Figura 29

Dibujo en planta de la edificación



Nota. La figura representa el dibujo en planta de la edificación modelada en el software ETABS, correspondiente al nivel típico estructural del proyecto. Fuente: Diseño con software ETABS.

Control de Desplazamientos Laterales

Tal como se mencionó en el análisis de la edificación con el caso de 3 niveles, los desplazamientos laterales se multiplicarán por 0.75 veces el valor de R, como también se menciona que los desplazamientos no deben superar el valor de 0.007; de donde obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 41

Derivas para sismo en eje X para 4 niveles

Nivel	Elevación	Deriva UX	Deriva Máxima	Cumple Normativa
Nivel 04	10.2	0.009213	0.007	No
Nivel 03	7.8	0.009124	0.007	No
Nivel 02	5.4	0.00804	0.007	No
Nivel 01	3	0.00795	0.007	No

Nota. La tabla muestra los resultados del análisis dinámico lateral realizado para una edificación de cuatro niveles, considerando la acción sísmica en la dirección X. Fuente: Diseño con software ETABS.

La Tabla 41, titulada *Derivas para sismo en eje X para 4 niveles*, presenta los resultados obtenidos del análisis de derivas de entrepiso en una estructura sometida a cargas sísmicas en la dirección X. La tabla evalúa cuatro niveles de elevación, comparando los valores de deriva UX con la deriva máxima permitida de 0.007, y verificando si cada nivel cumple o no con la normativa vigente.

En el Nivel 04, correspondiente a una elevación de 10.2 metros, se obtuvo una deriva UX de 0.009213, la cual excede el límite máximo permitido de 0.007. Esto significa que este nivel no cumple con la normativa, ya que su deformación relativa supera los valores admisibles.

En el Nivel 03, con una elevación de 7.8 metros, se registró una deriva UX de 0.009124, nuevamente por encima del límite normativo de 0.007. Al igual que en el nivel

superior, se concluye que este nivel no cumple con los requisitos de seguridad establecidos.

Por su parte, en el Nivel 02, correspondiente a una elevación de 5.4 metros, la deriva UX alcanzada fue de 0.008004, lo cual también excede la deriva máxima permitida de 0.007. Este resultado confirma que el nivel no cumple con la normativa, mostrando un comportamiento similar al de los niveles superiores.

Finalmente, en el Nivel 01, a una elevación de 3 metros, la deriva UX registrada fue de 0.00795, un valor que igualmente supera ligeramente el límite de 0.007. Por este motivo, el nivel más bajo de la estructura tampoco cumple con la normativa.

Tabla 42

Derivas para sismo en eje Y para 4 niveles

Nivel	Elevación	Deriva UY	Deriva Máxima	Cumple Normativa
Nivel 04	10.2	0.008733	0.007	No
Nivel 03	7.8	0.008545	0.007	No
Nivel 02	5.4	0.008075	0.007	No
Nivel 01	3	0.007986	0.007	No

Nota. La tabla muestra los resultados del análisis dinámico lateral realizado para una edificación de tres niveles, considerando la acción sísmica en la dirección Y. Fuente: Diseño con software ETABS.

La Tabla 42, titulada *Derivas para sismo en eje Y para 4 niveles*, presenta los resultados del análisis de las derivas de entrepiso de una estructura sometida a cargas sísmicas en la dirección Y. La evaluación fue realizada en cuatro niveles de elevación, comparando los valores de deriva UY con la deriva máxima permitida de 0.007 para determinar si cada nivel cumple con la normativa vigente.

En el Nivel 04, con una elevación de 10.2 metros, se obtuvo una deriva UY de 0.008733, valor que supera el límite permitido de 0.007. Por lo tanto, este nivel no cumple con los requisitos normativos, evidenciando una deformación excesiva.

En el Nivel 03, correspondiente a una elevación de 7.8 metros, se registró una deriva UY de 0.008545, también por encima del valor máximo permitido. Esto confirma que este nivel no cumple con la normativa, presentando un comportamiento similar al nivel superior.

En el Nivel 02, con una elevación de 5.4 metros, la deriva UY alcanzada fue de 0.008075, lo que nuevamente excede el límite de 0.007. El incumplimiento en este nivel refleja la misma tendencia observada en los niveles superiores.

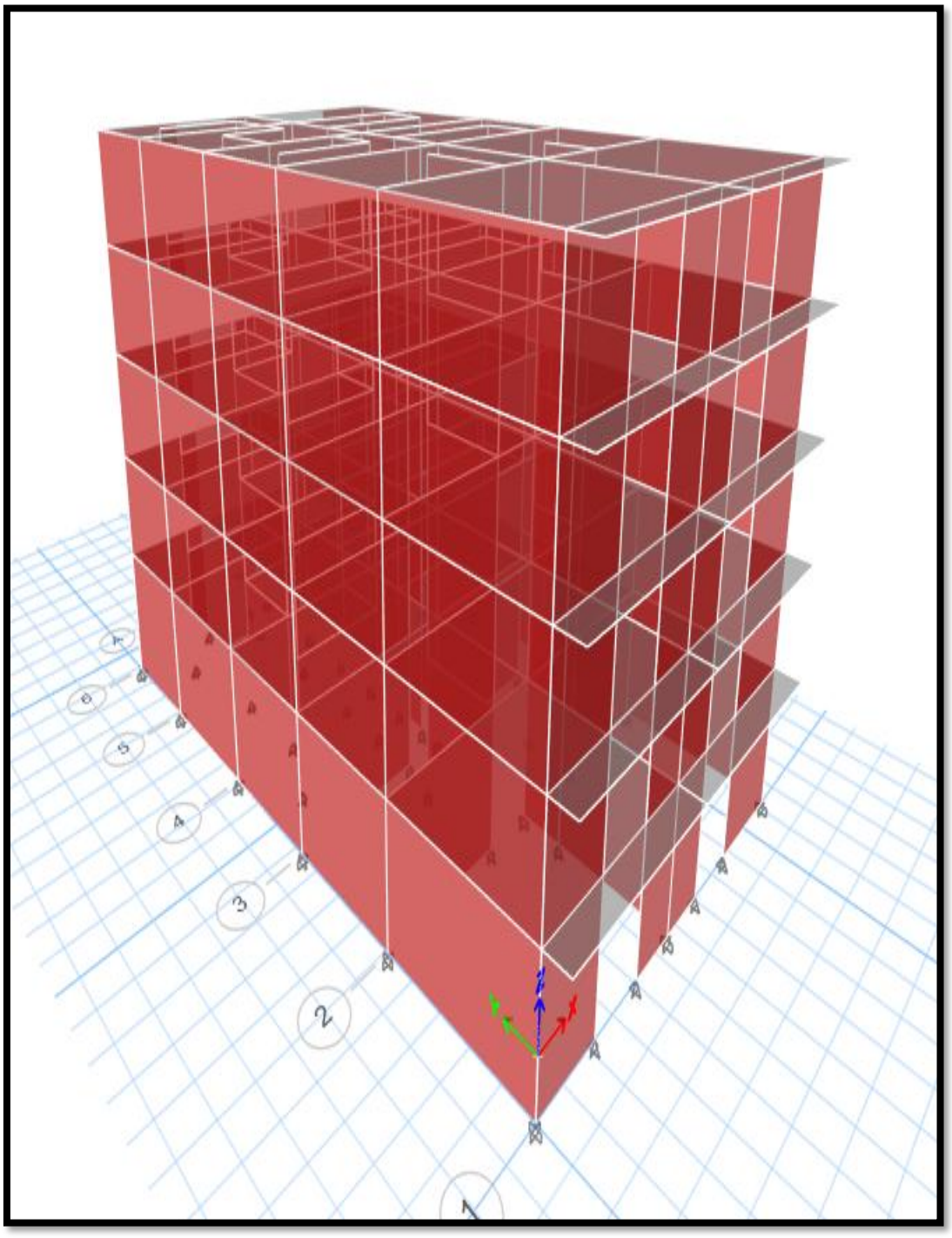
Finalmente, en el Nivel 01, correspondiente a una elevación de 3 metros, se registró una deriva UY de 0.007986, un valor que también supera ligeramente el límite normativo. A pesar de ser el nivel más bajo, tampoco cumple con los requisitos establecidos para deformaciones permitidas.

Análisis sísmico Edificación 5 niveles

Bajo el mismo criterio que en los análisis anteriores se obtiene:

Figura 30

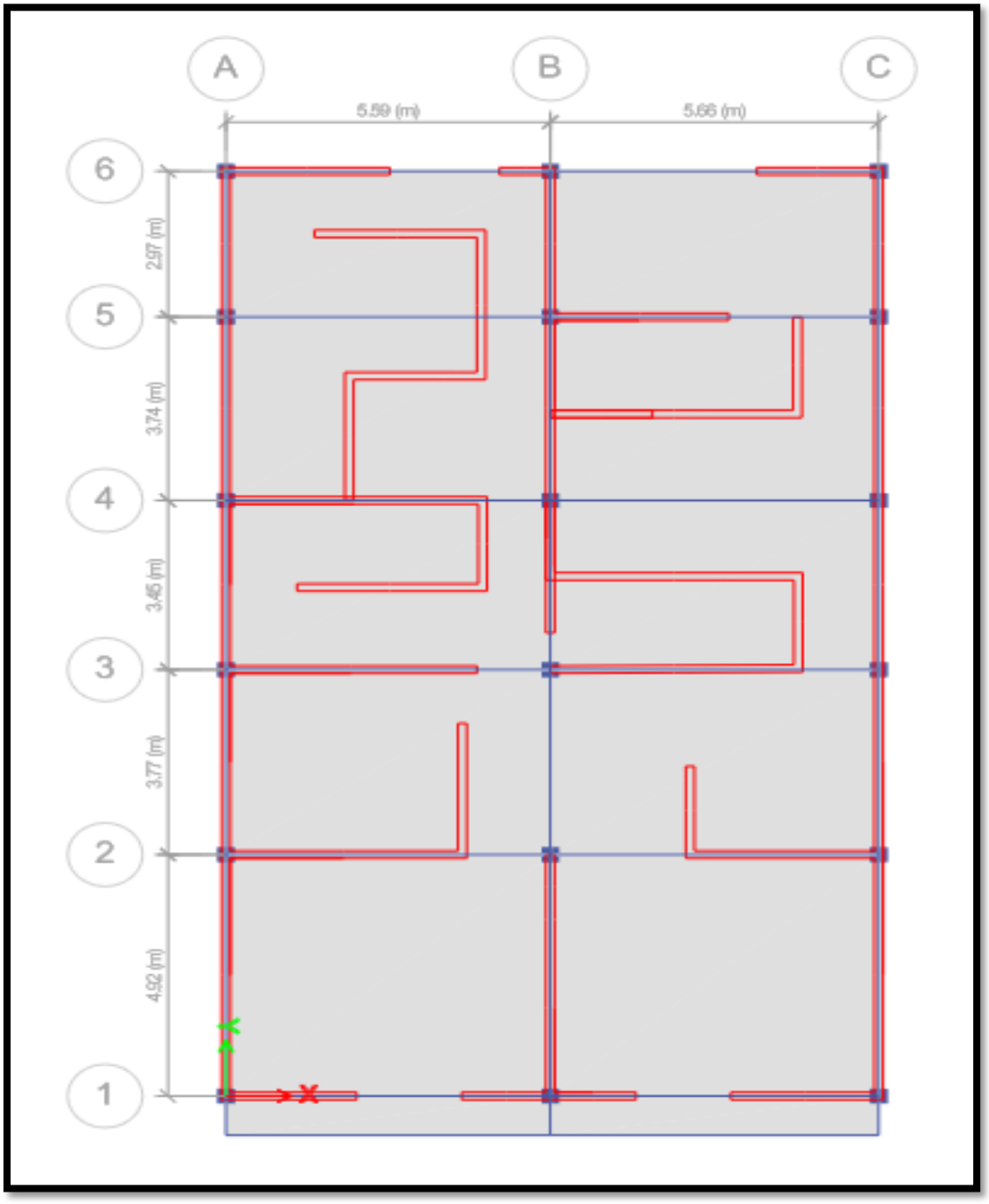
Dibujo 3D de la edificación



Nota .La figura muestra el modelo tridimensional (3D) de una edificación de concreto armado, elaborado en el software ETABS (Extended Three-Dimensional Analysis of Building Systems). Fuente: Diseño con software ETABS.

Figura 31

Dibujo en planta de la edificación



Nota. La figura representa el dibujo en planta de la edificación modelada en el software ETABS, correspondiente al nivel típico estructural del proyecto**.** Fuente: Diseño con software ETABS.

Control de Desplazamientos Laterales

Tal como se mencionó en el análisis de la edificación con el caso de 3 y 4 niveles, los desplazamientos laterales se multiplicarán por 0.75 veces el valor de R, como también se menciona que los desplazamientos no deben superar el valor de 0.007; de donde obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 43

Derivas para sismo en eje X para 5 niveles

Nivel	Elevación	Deriva UX	Deriva Máxima	Cumple Normativa
Nivel 05	12.6	0.009923	0.007	No
Nivel 04	10.2	0.009518	0.007	No
Nivel 03	7.8	0.009356	0.007	No
Nivel 02	5.4	0.009178	0.007	No
Nivel 01	3	0.009108	0.007	No

Nota. La tabla muestra los resultados del análisis dinámico lateral realizado para una edificación de cinco niveles, considerando la acción sísmica en la dirección X. Fuente: Diseño con software ETABS.

La Tabla 43, titulada *Derivas para sismo en eje X para 5 niveles*, presenta los resultados obtenidos del análisis de las derivas de entrepiso de una estructura cuando es sometida a cargas sísmicas en la dirección X. El estudio incluye cinco niveles, en los cuales se comparan los valores de deriva UX obtenidos con la deriva máxima permitida de 0.007, verificando si cada nivel cumple con la normativa vigente.

En el Nivel 05, con una elevación de 12.6 metros, se registró una deriva UX de 0.009923, valor que supera el límite normativo de 0.007, lo que indica que este nivel no cumple con los requisitos establecidos.

En el Nivel 04, correspondiente a una elevación de 10.2 metros, se obtuvo una deriva UX de 0.009518, también superior al valor máximo permitido. Este incumplimiento refleja que el nivel presenta deformaciones significativas.

En el Nivel 03, a una elevación de 7.8 metros, la deriva UX registrada fue de 0.009356, nuevamente por encima del límite normativo. Este resultado confirma que el nivel no cumple con las exigencias de la normativa sísmica vigente.

Por su parte, en el Nivel 02, con una elevación de 5.4 metros, se obtuvo una deriva UX de 0.009178, superando el límite máximo de 0.007. Esto refuerza la tendencia observada en los niveles superiores.

Finalmente, en el Nivel 01, correspondiente a una elevación de 3 metros, la deriva UX fue de 0.009108, valor que igualmente excede el límite permitido, lo que significa que este nivel tampoco cumple con la normativa.

Tabla 44

Derivas para sismo en eje Y para 5 niveles

Nivel	Elevación	Deriva UY	Deriva Máxima	Cumple Normativa
Nivel 05	12.6	0.01286	0.007	No
Nivel 04	10.2	0.01225	0.007	No
Nivel 03	7.8	0.01061	0.007	No
Nivel 02	5.4	0.00985	0.007	No
Nivel 01	3	0.00980	0.007	No

Nota. La tabla muestra los resultados del análisis dinámico lateral realizado para una edificación de cinco niveles, considerando la acción sísmica en la dirección Y. Fuente: Diseño con software ETABS.

La Tabla 44, titulada *Derivas para sismo en eje Y para 5 niveles*, presenta los resultados del análisis de las derivas de entrepiso en una estructura sometida a cargas sísmicas en la dirección Y. La evaluación considera cinco niveles, en los cuales se comparan los valores de deriva UY obtenidos con la deriva máxima permitida de 0.007, para verificar si cumplen o no con la normativa vigente.

En el Nivel 05, con una elevación de 12.6 metros, se obtuvo una deriva UY de 0.01286, un valor significativamente superior al límite máximo permitido de 0.007. Este resultado indica que dicho nivel no cumple con la normativa, evidenciando una deformación considerable.

En el Nivel 04, correspondiente a una elevación de 10.2 metros, se registró una deriva UY de 0.01225, también superior al límite permitido. Este resultado refleja que la estructura en este nivel no cumple con los requisitos de seguridad establecidos.

En el Nivel 03, a una elevación de 7.8 metros, se obtuvo una deriva UY de 0.01061, valor que continúa por encima del límite de 0.007, confirmando que este nivel tampoco cumple con la normativa vigente.

Por su parte, en el Nivel 02, con una elevación de 5.4 metros, se observó una deriva UY de 0.00985, lo cual excede el límite máximo permitido. El incumplimiento en este nivel refuerza la tendencia de las deformaciones excesivas en la estructura.

Finalmente, en el Nivel 01, correspondiente a una elevación de 3 metros, se obtuvo una deriva UY de 0.00980, valor ligeramente menor al nivel superior, pero aún superior al límite de 0.007, lo que también indica que no cumple con la normativa.

5.2. Discusión de resultados

En primer lugar, Otavalo (2017) investigó las razones estructurales que provocaron el colapso de edificaciones tras el terremoto de Manta en Ecuador (2016). Mediante la comparación de movimientos sísmicos entre Chile (2010) y Ecuador (2016), y con herramientas del Servicio Geológico de EE. UU., concluyó que la construcción sin participación de ingenieros y personal técnico aumentó la vulnerabilidad. El estudio actual comparte con Otavalo la identificación de prácticas deficientes como causa de la vulnerabilidad estructural; sin embargo, mientras Otavalo analiza el impacto en edificaciones urbanas post-sismo, la presente investigación se enfoca en parámetros preventivos, como la capacidad portante del suelo. Ambas investigaciones destacan la necesidad de intervención técnica, aunque Otavalo adopta un enfoque más global.

Por otro lado, Rivera (2017) estimó la vulnerabilidad estructural en la zona lacustre de la Ciudad de México, relacionando el bajo período inicial de las estructuras con su susceptibilidad a daños. Utilizó gráficos y análisis cuantitativos, concluyendo que

los edificios con primeros niveles bajos presentan mayores riesgos. Aunque Rivera y la presente investigación coinciden en el uso de metodologías cuantitativas, sus enfoques difieren: Rivera prioriza factores estructurales, mientras que el estudio actual evalúa directamente la estabilidad del terreno. Ambas investigaciones concluyen en la necesidad de reforzar estructuras para garantizar la seguridad en zonas sísmicas.

En tercer lugar, Barrera y Nieves (2015) aplicaron un enfoque cuantitativo para evaluar la vulnerabilidad del barrio San Diego, encontrando un índice del 0.33%, superior al umbral permitido. La conclusión señala que estudios detallados permiten identificar áreas críticas y recomendar intervenciones. Este antecedente comparte con la investigación actual el uso de datos cuantitativos para evaluar riesgos, aunque Barrera se enfoca en edificaciones históricas, mientras el presente estudio aborda la estabilidad del suelo y su capacidad de carga. Ambos coinciden en la necesidad de estudios técnicos para mitigar daños, aunque con énfasis en aspectos diferentes.

De manera similar, Tapia (2015) examinó la planificación arquitectónica y las políticas públicas en Chile tras desastres sísmicos, evidenciando que el accionar gubernamental oportuno en algunas zonas redujo los daños. Sin embargo, detectó deficiencias en la planificación comunitaria y habitacional. A diferencia del análisis de Tapia, enfocado en normativas y respuestas post-sismo, la presente investigación tiene un carácter preventivo basado en el estudio de suelos. Ambas coinciden en que la falta de planificación técnica aumenta la vulnerabilidad, pero la investigación actual ofrece un enfoque más local y centrado en la capacidad portante de los cimientos.

Por su parte, Barrera Ramos (2015) evaluó la vulnerabilidad estructural de edificios históricos en Cartagena mediante un índice cuantitativo, identificando riesgos superiores al límite permitido. Este estudio comparte con la presente investigación la rigurosidad cuantitativa; no obstante, Barrera se centra en edificaciones históricas, mientras que el trabajo actual analiza las propiedades del suelo como medida preventiva.

Ambas investigaciones concluyen que intervenciones técnicas son esenciales para garantizar la estabilidad estructural.

En el ámbito nacional, Pineda (2017) evaluó edificios en terrenos compuestos por relleno de baja resistencia en el Oval, empleando ensayos de mecánica de suelos y modelado ETABS. Los resultados mostraron que muchas edificaciones no cumplen con los requisitos sísmicos. Tanto Pineda como el presente estudio utilizan análisis de suelos; sin embargo, mientras Pineda evalúa edificaciones existentes, la investigación actual determina factores de carga en terrenos proyectados para construcción. Ambas coinciden en que la falta de análisis técnico adecuado incrementa la vulnerabilidad.

Seguidamente, Ponte Gaudencio (2017) analizó el diseño estructural de viviendas en Perú y propuso reforzamientos mediante ETABS. El estudio determinó que las viviendas presentan fallas estructurales significativas ante movimientos sísmicos. Aunque Ponte Gaudencio utiliza herramientas similares, como ETABS, su enfoque se centra en la evaluación de viviendas existentes, mientras que el presente estudio aborda las propiedades del terreno. Ambas investigaciones concluyen en la importancia de intervenciones técnicas para garantizar la seguridad estructural.

Asimismo, Rojas (2017) evaluó el riesgo sísmico en edificaciones informales en Chupaca, identificando materiales deficientes y un alto riesgo estructural. Si bien Rojas analiza edificaciones informales mediante encuestas, la presente investigación se enfoca en determinar la capacidad portante de suelos. Ambos estudios coinciden en que la falta de asistencia técnica y materiales adecuados incrementa la vulnerabilidad estructural, subrayando la importancia de implementar medidas preventivas y correctivas.

Por otro lado, Poma Cossio (2017) identificó la vulnerabilidad sísmica en viviendas autoconstruidas en Minas Buenaventura, evaluando la capacidad de carga del suelo y clasificando el 73% de viviendas con vulnerabilidad moderada y el 27% con vulnerabilidad alta. Tanto Poma como la presente investigación destacan la importancia

del análisis del suelo, aunque Poma se enfoca en edificaciones existentes. Ambas coinciden en que una evaluación adecuada del terreno y su capacidad portante es fundamental para reducir la vulnerabilidad sísmica.

Finalmente, Chávez y Taipe (2015) analizaron la vulnerabilidad en viviendas de Huaytará, concluyendo que la construcción informal y la mano de obra no calificada incrementan significativamente el riesgo estructural. Mientras Chávez estudia edificaciones construidas, la presente investigación examina las propiedades del suelo como medida preventiva. Ambas investigaciones coinciden en señalar que la falta de asistencia técnica y prácticas constructivas deficientes son las principales causas de vulnerabilidad.

VI. Conclusiones

- El estudio determinó que la vivienda autoconstruida en Las Américas, segunda etapa, presenta un nivel moderado de vulnerabilidad estructural física. El análisis del suelo mediante calicatas reveló una composición arenosa-limosa con baja cohesión y plasticidad, clasificada como SM según SUCS. La presión admisible del terreno es de 1.47 kg/cm², y los asentamientos son mínimos, no superando 0.18 cm en el centro. Los ensayos de esclerometría evidenciaron resistencias variables en columnas, con un valor mínimo de 152.96 kg/cm², lo que indica una posible vulnerabilidad localizada. En contraste, las vigas mostraron mayor resistencia y homogeneidad, superando los 230 kg/cm². aunque el suelo soporta las cargas admisibles y los asentamientos son bajos, la heterogeneidad en la calidad del concreto en columnas representa un factor de riesgo.

- El estudio evaluó la vulnerabilidad estructural de la vivienda autoconstruida aplicando el método de Benedetti-Petrini. Los resultados arrojaron que la estructura presenta un nivel moderado de vulnerabilidad, condicionado por las propiedades físicas del suelo y las características constructivas de los elementos estructurales. El análisis evidenció heterogeneidad en la resistencia de los componentes y la sobrecarga que estos soportan, sugiriendo la necesidad de reforzamientos puntuales. El método aplicado permitió identificar de manera sistemática las zonas críticas, demostrando que la edificación presenta riesgos potenciales bajo condiciones de carga incrementada.

- La evaluación de la resistencia de los elementos de concreto armado, realizada mediante el método esclerométrico, determinó valores variables. Las vigas exhibieron un comportamiento homogéneo con resistencias superiores a 230 kg/cm², mientras que las columnas mostraron mayor variabilidad, con valores mínimos de 152.96 kg/cm². Esta diferencia indica posibles deficiencias en el proceso constructivo o desgaste localizado. Los resultados reflejan que las columnas, al ser elementos críticos, requieren

intervenciones de refuerzo estructural, mientras que las vigas presentan una resistencia aceptable.

- El análisis sísmico de la vivienda modelada en ETABS, al adicionar de 1 a 2 pisos, reveló incumplimientos normativos en las derivas de entrepiso. Para tres niveles, la estructura mostró un desempeño adecuado, cumpliendo con los límites de deriva establecidos en la normativa E.030. Sin embargo, al incrementar a cuatro niveles, las derivas en las direcciones X y Y superaron el límite de 0.007, evidenciando deformaciones significativas. Con cinco niveles, los valores aumentaron aún más, confirmando que la edificación no es capaz de soportar cargas adicionales sin comprometer su estabilidad. Se concluye que agregar pisos adicionales requiere refuerzos estructurales y reconfiguración del diseño para garantizar el cumplimiento de la normativa sísmica.

- El análisis geotécnico realizado en el sector de Las Américas Segunda Etapa, mediante la apertura de tres calicatas con una profundidad de hasta 2.00 metros, permitió determinar que la capacidad portante del suelo varía entre 0.75 y 1.91 kg/cm², con valores promedio estimados de 1.29, 1.33 y 1.35 kg/cm², respectivamente. Estos resultados evidencian una capacidad portante moderada, adecuada para el soporte de edificaciones de baja carga, como viviendas de uno o dos niveles, siempre que se respeten las condiciones técnicas de diseño. Sin embargo, los valores más bajos observados (0.75–0.78 kg/cm²)

- Se recomienda no construir sin la participación de profesionales y la realización de estudios bien detallados (geotecnia e hidráulica), en zona con presencia de depósitos aluviales recientes.

VII. Recomendaciones

- Se recomienda realizar un reforzamiento estructural focalizado en las columnas de la vivienda autoconstruida ubicada en Las Américas, segunda etapa, con el fin de mitigar la vulnerabilidad localizada identificada. Este proceso debe contemplar la aplicación de técnicas de encamisado con concreto reforzado o el uso de fibras de carbono, priorizando aquellas columnas que presentaron valores mínimos de resistencia de 152.96 kg/cm² según los ensayos de esclerometría.

- Se recomienda implementar un reforzamiento estructural focalizado en las zonas críticas identificadas mediante el método de Benedetti-Petrini, priorizando aquellos elementos que soportan mayores cargas y presentan deficiencias estructurales. Este refuerzo debe ejecutarse con materiales y técnicas que cumplan con las normativas vigentes, tales como el encamisado de concreto armado o el uso de fibras de refuerzo, para garantizar la estabilidad y seguridad de la estructura ante posibles sobrecargas incrementales.

- Es necesario realizar un reforzamiento inmediato de las columnas de la vivienda, dado que los ensayos esclerométricos evidenciaron valores mínimos de resistencia de 152.96 kg/cm², lo que representa una vulnerabilidad significativa. Se sugiere aplicar métodos de recubrimiento o encamisado estructural, además de verificar la calidad de los materiales existentes y evaluar el proceso constructivo en intervenciones previas. Las vigas, por su comportamiento homogéneo y valores superiores a 230 kg/cm², no requieren intervenciones adicionales en esta etapa.

- Se recomienda restringir la ampliación vertical de la vivienda a más de tres niveles en tanto no se realice un diseño estructural integral, acorde con las disposiciones de la Norma Técnica de Edificación E.030 – Diseño Sismorresistente, y en cumplimiento de las políticas públicas orientadas a la reducción del riesgo de desastres y a la construcción segura en zonas urbanas vulnerables.

- Se recomienda que, para edificaciones similares en el sector de Las Américas Segunda Etapa, se adopte un valor conservador de capacidad portante no mayor a 1.47 kg/cm² como presión admisible de diseño, evitando así comprometer la seguridad estructural de futuras construcciones. En zonas donde se hayan identificado valores mínimos (≤ 0.80 kg/cm²), se sugiere implementar mejoramiento del suelo, tales como compactación adicional, sustitución de estratos blandos o uso de geotextiles estabilizadores, según la recomendación del especialista geotécnico.

VIII. Referencias

Alva, G. y , Bendezu, R. (2015). *Diagnóstico de vulnerabilidad sísmica en viviendas de albañilería confinada de la zona de PPJJ La Libertad – Chimbote*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Del Santa, Nuevo Chimbote, Perú]. Repositorio de la Universidad Nacional Del Santa file:///C:/Users/USER/Downloads/42985%20(1).pdf

Barrera, R. (2015). *Determinación de la vulnerabilidad de las casas coloniales ubicadas en el barrio de san diego de la ciudad de Cartagena*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional De Cartagena, Colombia]. Repositorio de la Universidad Nacional de Cartagena https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/30867/Arce%20Diaz%2C%20Paul%20Aaron.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Barrera, O. y Nieves, O. (2015). *Determinación de la vulnerabilidad en las casas coloniales ubicadas en el barrio de San Miguel de la ciudad de Cartagena.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional De Cartagena, Colombia]. Repositorio de la Universidad Nacional de Cartagena. https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/2069/TESIS%20DE%20GRADO.pdf;jsessionid=22083365CABBF5A6104F017B5E99D2D7?se quence=1

Becerra, R. (2015). *Riesgo sísmico de las edificaciones en la urbanización Horacio Zevallos de Cajamarca.* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte, Lima]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. http://www.mediafire.com/file/7n8p2lj3ucs2r3r/Metodolog%C3%Ada

Brito, L. y Sabogal, C. (2016). *Análisis de vulnerabilidad sísmica a porticadas de concreto reforzada en la ciudad de Cartagena*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional De Cartagena, Colombia]. Repositorio de la Universidad Nacional de Cartagena. https://repositorio.unicartagena.edu.co/server/api/core/bitstreams/78447617-e0fb-4dd3-bc74-1fe12c4cf644/content

Castro, D. (2020) *Vulnerabilidad Sísmica del Centro Histórico de la Ciudad de Jauja – Junín*.

[Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería, Perú]. Respositorio de la Universidad Nacional de Ingeniería. https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/2597/T037_40674021_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CENEPRED (2015),” Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales”, https://www.gob.pe/cenepred

Chávez, R. y Taipe, R. (2015). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las viviendas de albañilería confinada construidas informalmente en el distrito de Huaytará, Provincia de Huaytará, Región Huancavelica*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú]. Repositorio de la Universidad Nacional de Huancavelica. file:///C:/Users/USER/Downloads/TP%20-%20UNH%20CIVIL%200062.pdf de la ciudad de Huancayo, Vol. I, Huancayo, 2011. del distrito de Samegua. (Tesis de pregrado).

Díaz, A. (2021) *Determinación de la Vulnerabilidad Sísmica de la Casona Espinach – Ex Palacio Municipal de la Ciudad de Cajamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad privada del norte Perú]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/6651?locale-attribute=es

Espinoza, E. (2016). *Influencia de la autoconstrucción en la vulnerabilidad sísmica de las viviendas familiares de concreto armado en la ciudad de Abancay*. [Tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas, Perú]. Repositorio de la Universidad Alas Peruanas. :http://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/uap/5503/1/Espinoza_ChipaNA-

Estado Peruano. (2011). Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD). Lima, Perú. https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-29664.pdf

Fernández, A., Párraga, C. (2013) *Vulnerabilidad Sísmica de Centros Educativos de Centros Educativos de Huancayo Metropolitano*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del

centro del Perú]. Repositorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú. https://repositorio.uncp.edu.pe/items/99a41925-efb4-4a53-8713-d254f7dcaa1c

Ghaith, A. (2013). *Seismic Risk Assessment of Buildings in Dubai.* [Thesis for degree in master). American university of Sharjah. United Arab Emirates, Sharjah]. Repositorio de la American University of Sharjah. https://dspace.aus.edu/xmlui/bitstream/handle/11073/5899/35.232-2013.26%20

Herrera, I. Vielma, J. Pujades L. *Metodologías de Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica de Edificios*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Cataluña]. Repositorio de la Universidad Politécnica de Cataluña. .http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/7329/Becerra%20V%C3%A1squez%2c%20Richard%20Michael.pdf?sequence=1&isAllowed=y

INDECI. (2006). Manual básico para la estimación de riesgo. Lima. Perú. https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/Amb-106.pdf

INDECI. Mapa de Peligros, Plan de Usos del Suelo ante desastres y medidas de mitigación https://www.indeci.gob.pe/contenido.php?item=MQ

Kuroiwa, J. (2016). *Manual sobre Reducción de Riesgo de Viviendas en Perú.* https://www.undp.org/es/peru/publicaciones/manual-para-la-reparacion-y-reforzamiento-de-viviendas

Laucata, J. *Análisis de la Vulnerabilidad Sísmica de las Viviendas Informales en la Ciudad de Trujillo*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú. https://tesis.pucp.edu.pe/items/38903b61-9152-4437-8ce4-f4c1068f254a

Martínez, C.(2014). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica urbana basada en tipologías constructivas y disposición urbana de la edificación. Madrid - España: s.n, 2014. https://tesis.biblioteca.upm.es/tesis/7457

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). Norma Técnica de

EdificacionesE0.70, Albañilería. Lima, Perú. Recuperado de http://www3.vivienda.gob.pe/ejes/vivienda-y urbanismo/documentos/Reglamento%20

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). Normas Técnicas de Edificaciones E0.60, Concreto Armado. Lima, Perú. Recuperado de http://www.urbanistasperu.org/rne/pdf/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). Normas Técnicas de Edificaciones E0.10, Madera. Lima, Perú. Recuperado de http://ww3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/49%20E.010%20madera%20DS%20N%C2%B0%20005-2014.pdf

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). Normas Técnicas de Edificaciones E0.30, Diseño sismorresistente. Lima, Perú. Recuperado de http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/DS-003-2016-vivienda.pdfRojas, S. (2017).

Ministerio De Vivienda, Construcción Y Saneamiento. 2016. Norma E.030, Diseño Sismorresistente. Reglamento Nacional de Edificaciones. https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne

Otavalo, J. (2017). *Determinación de los principales problemas de configuración estructural en edificaciones, que aumentan la vulnerabilidad sísmica en el Ecuador*. (Tesis de pregrado). [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio de la Universidad Central del Ecuador. http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/11856/1/T-UCE0011-293.pdf

Pineda, E. (2017). *Diseño Estructural de viviendas Sismo Resistente en la ribera del río Rímac y en las laderas del cerro en El Agustino, Lima 2017*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar

Vallejo, Lima, Perú]. Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo. http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/11893/Pineda_ME

Polo, J. (2017). *La auto construcción y su incidencia sobre los perjuicios ocasionados a los ocupantes del Asentamiento Humano Señor de los Milagros 2da zona Collique -Lima 2017*. [Tesis de Grado de Maestro, Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú]. Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo. http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/14388/Polo_TJ.pdf

Poma, C., Cecilia J. (2017). *Vulnerabilidad sísmica de las viviendas de autoconstrucción en la urbanización popular minas buenaventura – Huacho*. [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú]. Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/1489

Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.080 Diseño y Construcción con tierra reforzada. Capítulo II: Perú 2016. https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/E_080.pdf

Rojas, Y. *Análisis del Riesgo Sísmico en las Edificaciones Informales en el Sector 5 Lado Este de Chupaca.* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de los Andes, Huancayo, Perú]. Repositorio de la Universidad Peruana de los Andes. https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/284

Ruiz, C. (2008). *Propuesta de un plan de seguridad y salud para obras de construcción.* [Tesis de pregrado, Pontifica Universidad Católica del Perú]. Repositorio de la Pontifica Universidad Católica del Perú. https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/bf3c11ca-9522-4377-a994-93ebfc1363b5/content

Sampieri, R. (2003). Metodología de la Investigación. México. https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

Shakya, M. (2014). *Seismic vulnerability assessment of slender masonry structures* [Tesis de Doctorado, Universidad de Aveiro, Portugal]. Repositorio de la Universidad de Aveiro. https://www.researchgate.net/profile/Manjip_Shakya/publication/274077467_Seismic_vulnerability_assessment_of_slender_masonry_structures/links/5515260

Shaquihuanga, D. (2014) *Evaluación Del Estado Actual De Los Muros De Albañilería Confinada En Las Viviendas Del Sector Fila Alta – Jaén*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú]. Repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/379

Villegas, J. (2014). *Análisis de la vulnerabilidad y riesgo de las edificaciones en el sector morro solar bajo, Ciudad de Jaén - Cajamarca. Jaén - Cajamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú]. Repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/548

.

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes