



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCION
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL EDIFICIO RESIDENCIAL “LOS ARMIJOS”
UBICADO EN CANTON PASAJE – EL ORO.**

TUTOR

ING. JULY HERREA VALENCIA, MGTR.

AUTOR

ESPINOZA MORAN DAYANA MILENA

GUAYAQUIL

AÑO 2024

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO DE TESIS		
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Vulnerabilidad Sísmica Del Edificio Residencial “Los Armijos” Ubicado En Cantón Pasaje – El Oro.		
AUTOR/ES: Espinoza Moran Dayana Milena	TUTOR: Ing. July Herrera Valencia, Mgtr.	
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Ingeniero Civil.	
FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCION	CARRERA: INGENIERÍA CIVIL	
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2024	N. DE PÁGS: 76	
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y construcción.		
PALABRAS CLAVE: vulnerabilidad, sísmica, estructura, edificio.		
<p>RESUMEN: En Ecuador existe un gran número de edificios y demás construcciones que no cumplen con las Normas Ecuatoriana de construcción, por ello el esfuerzo por mejorar la calidad de edificaciones debería ser la prioridad. En el país ha sucedido varios sismos de gran magnitud que han dejado un sin número de pérdidas humanas y económicas. En el año 2023, se produjo un sismo que afecto a la ciudad de Pasaje donde la mayoría de construcción son antiguas y no han sido construidas sin criterios estructural, lo que provocó que la mayoría de estructuras se derrumben o tenga grietas. En base a los antecedentes de riesgos, se desarrolló el proceso investigativo con la finalidad de evaluar la vulnerabilidad sísmica del edificio residencial “Los Armijos”, se plasmó los planos físicos en el programa AutoCAD para tener los datos digitales. Adicional se hizo el uso de los programas SHELL y SAP 2000 para poder realizar el levantamiento y evaluación. La condición estructural del edificio “Los Armijos” presenta problemas en periodos altos que no cumplen con los limites mínimo ya normados en la NEC15 y tiene frecuencias bajas en los periodos altos por ende es una estructura flexible. Se desarrollaron 3 deformaciones modales del edificio.</p>		
N. DE REGISTRO:	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (Web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES: Espinoza Moran Dayana Milena	Teléfono: 0963868956	E-mail: despinozam@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	<p>PhD. Marcial Calero Amores (Decano de FIIC) Teléfono: (04) 2596500 Ext. 241 E-mail: mcaleroa@ulvr.edu.ec</p> <p>Mgtr. Eliana Contreras Jordan (Directora de Carrera de Ingeniería Civil) Teléfono:(04) 2596500 Ext. 242 E-mail: econtrerasi@ulvr.edu.ec</p>	

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Vulnerabilidad Sísmica Del Edificio Residencial "Los Armijos" Ubicado En Cantón Pasaje – El Oro

INFORME DE ORIGINALIDAD

6%	6%	1%	1%
INDICES DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	argentina.intedya.com Fuente de Internet	1%
2	bvpad.indeci.gob.pe Fuente de Internet	<1%
3	Submitted to KUMARAGURU COLLEGE OF TECHNOLOGY Trabajo del estudiante	<1%
4	investigaliacr.com Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.espe.edu.ec:8080 Fuente de Internet	<1%
6	www.periodicooficial.morelos.gob.mx Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Patricia Test Account Trabajo del estudiante	<1%
8	play.google.com Fuente de Internet	<1%

Publicación

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

La estudiante egresada DAYANA MILENA ESPINOZA MORAN, declara bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL EDIFICIO RESIDENCIAL “LOS ARMIJOS” UBICADO EN CANTON PASAJE – EL ORO, corresponde totalmente a el suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autora



Firma:

DAYANA MILENA ESPINOZA MORAN

C.I. 0704407527

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL EDIFICIO RESIDENCIAL “LOS ARMIJOS” UBICADO EN CANTON PASAJE – EL ORO., designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL EDIFICIO RESIDENCIAL “LOS ARMIJOS” UBICADO EN CANTON PASAJE – EL ORO. presentado por la estudiante DAYANA MILENA ESPINOZA MORAN como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:

Ing. July Herrera Valencia, Mgtr.

C.C. 0916201569

Agradecimiento

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi tutora de tesis por su orientación experta, apoyo constante y dedicación incansable durante todo el proceso de investigación y redacción de esta tesis. Su sabiduría y experiencia fueron fundamentales para dar forma a este trabajo.

Finalmente, quiero expresar mi gratitud a mi familia y amigos por su amor, apoyo y paciencia durante este arduo proceso. Su aliento y motivación fueron indispensables para llegar hasta este punto.

Dedicatoria

Esta tesis está dedicada a mi madre y hermana, cuyo amor incondicional y sacrificio han sido mi fuente de inspiración y fortaleza a lo largo de este viaje académico. A mis amigos, por su compañía y comprensión. Demas personas que han dejado una huella en mi vida, gracias por ser parte de este camino hacia la realización de mis sueños.

Resumen

En Ecuador existe un gran número de edificios y demás construcciones que no cumplen con las Normas Ecuatoriana de construcción, por ello el esfuerzo por mejorar la calidad de edificaciones debería ser la prioridad. En el país ha sucedido varios sismos de gran magnitud que han dejado un sin número de pérdidas humanas y económicas. En el año 2023, se produjo un sismo que afecto a la ciudad de Pasaje donde la mayoría de construcción son antiguas y no han sido construidas sin criterios estructural, lo que provocó que la mayoría de estructuras se derrumben o tenga grietas. En base a los antecedentes de riesgos, se desarrolló el proceso investigativo con la finalidad de evaluar la vulnerabilidad sísmica del edificio residencial “Los Armijos”, se plasmó los planos físicos en el programa AutoCAD para tener los datos digitales. Adicional se hizo el uso de los programas SHELL y SAP 2000 para poder realizar el levantamiento y evaluación. La condición estructural del edificio “Los Armijos” presenta problemas en periodos altos que no cumplen con los límites mínimo ya normados en la NEC15 y tiene frecuencias bajas en los periodos altos por ende es una estructura flexible. Se desarrollaron 3 deformaciones modales del edificio.

Palabras Claves: vulnerabilidad, sísmica, estructura, edificio.

Abstract

In Ecuador there are a large number of buildings and other constructions that do not meet Ecuadorian construction standards, therefore the effort to improve the quality of buildings should be the priority. Several large earthquakes have occurred in the country that have left countless human and economic losses. In 2023, an earthquake occurred that affected the city of Pasaje where most of the buildings are old and have not been built without structural criteria, which caused most of the structures to collapse or have cracks. Based on the risk history, the investigative process was developed with the purpose of evaluating the seismic vulnerability of the “Los Armijos” residential building; The physical plans were captured in the AutoCAD program to have the digital data. Additionally, the SHELL and SAP 2000 programs were used to carry out the survey and evaluation. The structural condition of the “Los Armijos” building presents problems in high periods that do not comply with the minimum limits already regulated in the NEC15 and has low frequencies in high periods, therefore it is a flexible structure. The 3 modal deformations of the building were developed.

Keywords: vulnerability, seismic, structure, building.

Índice general

Agradecimiento	vi
Dedicatoria	vi
Resumen	vii
Abstract	vii
Introducción	1
Capítulo I	2
Enfoque De La Propuesta.....	2
1.1 Tema.....	2
1.2 Planteamiento del Problema.....	2
1.3 Formulación del Problema:.....	3
1.4 Objetivo General.....	4
1.5 Objetivos Específicos	4
1.6 Idea a Defender	4
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.....	4
Capítulo II	5
Marco Referencial	5
2.1 Marco Teórico.....	5
2.1.1 Antecedentes	6
2.1.2. Placas tectónicas	7
2.1.3 Sismo	8
2.1.4 Riesgo sísmico.....	11
2.1.5 Vulnerabilidad sísmica	14
2.1.6 Curva de fragilidad.....	15
2.1.7 Métodos para cuantificar la vulnerabilidad sísmica.....	15

2.1.8 Métodos para evaluar la vulnerabilidad sísmica en edificios construidos.....	15
2.1.9 Edificios residenciales.....	17
2.1.10 Enfoque de Ingeniería Estructural y Evaluación de Riesgos Sísmicos.....	18
2.1.11 SAP 2000	20
2.2 <i>Marco Legal</i>	24
2.2.2 De las infracciones y sanciones	24
2.2.2 Norma ISO 22320. Protección y Seguridad de los ciudadanos. Gestión de emergencias. Requisitos para la respuesta ante incidentes (no mandatorio).....	24
Capítulo III	25
Marco Metodológico	25
3.1 <i>Enfoque de la investigación</i>	25
3.2 <i>Alcance de la investigación</i>	25
3.3 <i>Técnica e instrumentos para obtener los datos</i>	25
3.4 <i>Población y muestra</i>	25
Capítulo IV	26
Informe	26
4.1 <i>Presentación y análisis de resultados</i>	26
4.1.1 Preguntas de cuestionario y análisis	26
4.2 <i>Informe</i>	33
<i>Ficha Técnica</i>	33
4.3 <i>Informe de Vulnerabilidad sísmica</i>	34
4.3.1 Antecedente	34
4.3.2 Alcance	34
4.3.3 Descripción general de la estructura	34
4.3.4 Criterios Generales de diseño	37
4.3.5 Modelación del edificio – SAP 2000	37

4.3.6 Geometría de los elementos estructurales	38
4.3.7 Definición de la geometría	41
4.3.8 Estados de carga	43
4.3.9 Cargas sísmicas (S(X-X) y S(Y-Y))	44
<i>4.4 Análisis estructural</i>	<i>45</i>
4.4.1 Análisis estático-lineal.....	45
4.4.2 Comportamiento dinámico	40
Conclusión	44
Recomendaciones	45
Referencias Bibliográficas	46
Anexos	49

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1 Falla geológica.....	8
Tabla 2 Ondas sísmicas	9
Tabla 3 Relación entre intensidad y magnitud	11
Tabla 4 Niveles de vulnerabilidad sísmicas en las viviendas.....	14
Tabla 6 Normas Internacionales.....	24
Tabla 7 Respuesta de la pregunta 1	26
Tabla 8 Respuesta de la pregunta 2	27
Tabla 9 Respuesta de la pregunta 3	28
Tabla 10 Respuesta de la pregunta 4	29
Tabla 11 Respuesta de la pregunta 5	30
Tabla 12 Respuesta de la pregunta 6	31
Tabla 13 Respuestas de la pregunta 7	32
Tabla 14 Ficha técnica.....	33
Tabla 15 Distribución de áreas en planta – Total.....	34
Tabla 16 Espesor de la losa alivianada.....	39
Tabla 17 Carga muerta.....	43
Tabla 18 Carga viva.....	44
Tabla 19 Combinaciones de carga.....	45

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1 Placas tectónicas.....	7
Figura 2 Placas tectónicas y sus movimientos.....	8
Figura 3 Generación de las Ondas Internas y Superficiales, ilustrando los diferentes trayectos y tiempos de arribo al sismógrafo.....	9
Figura 4 Corte de la Tierra ilustrando el proceso de un sismo	10
Figura 5 Conceptualización del riesgo sísmico	12
Figura 6 Zonificación de riesgo sísmico en Ecuador	12
Figura 7 Subducción en Ecuador	13
Figura 8 Mapa sismos en Ecuador.....	13
Figura 9 Curvas de fragilidad para edificios	15
Figura 10 Principales componentes para el cálculo analítico	16
Figura 11 Diferencia construcción residencial y comercial	18
Figura 12 Coeficiente de Estructuras	19
Figura 13 Control de daño y niveles de desempeño para edificios	19
Figura 14 SAP 200 – Demostración.....	20
Figura 15 Configuraciones SAP 2000	20
Figura 16 Modelo analítico	22
Figura 17 Modelo Físico	22
Figura 18 Sistema de cuadrícula.....	23
Figura 19 Estructura Hormigón	23
Figura 20 Grafico de Pregunta 1	26
Figura 21 Grafico pregunta 2.....	27
Figura 22 Grafico pregunta 3.....	28
Figura 23 Grafico de la pregunta 4.....	29
Figura 24 Grafico de la pregunta 5.....	30
Figura 25 Grafico de la pregunta 6.....	31
Figura 26 Grafico de la pregunta 7.....	32
Figura 27 Cortes del edificio.....	35
Figura 28 Distribución del edificio.....	35
Figura 29 Fachada del edificio	36
Figura 30 Definición de unidades	37

Figura 31 Definición de materiales	37
Figura 32 Definición de materiales - acero de refuerzo	38
Figura 33 Seccionado de columnas - 25*25	38
Figura 34 Secciones de vigas - V30*25	39
Figura 35 Secciones de losa	40
<i>Figura 36 Secciones de losa alivianada - espesor 25 cm.....</i>	<i>40</i>
Figura 37 Geometría general - secciones de columnas	41
Figura 38 Geometría general - secciones de vigas de losa entrepiso.....	41
Figura 39 Geometría general - sesiones de columnas	42
Figura 40 Geometria general - vista latera.....	42
Figura 41 Geometría General - Vista en planta	43
Figura 42 Losa Entrepiso.....	44
Figura 43 Calculo del periodo.....	45
Figura 44 Cálculo aproximado periodo estructural.....	40
Figura 45 Modal.....	40
Figura 46 Deformación modal - modo 1 – traslacional	41
Figura 47 Deformación modal - modo 2 – traslacional	41
Figura 48 Deformación modal - modo 3 – rotación.....	42
Figura 49 Derivas de piso.....	42
Figura 50 Cálculos.....	43

Índice de anexos

	Pág.
Anexo 1 Foto de vivienda	49
Anexo 2 Formulario de detección visual rápida de vulnerabilidad sísmica....	50
Anexo 3 Colocación de cuantía según planos entregados	51
Anexo 4 Relación demanda capacidad	52
Anexo 5 Detalle de pilares – AutoCAD.....	53
Anexo 6 Detalle de riostra y vigas de losa – AutoCAD	54
Anexo 7 Losa tipo e=20cm	55
Anexo 8 Encuesta.....	56

Introducción

Ecuador es un país altamente sísmico. Esto quiere decir que diariamente ocurren sismos de magnitud leve, y existe la alta probabilidad de que se registren eventos de magnitudes mayores como los ya ocurridos en la historia. Ecuador sufrió el impacto del terremoto de magnitud superior 7 Mw con epicentro se produjo en las parroquias Pedernales y Cojimíes, provincia de Manabí, el cual afectó las estructuras de varias edificaciones de la ciudad de Pedernales y de ciudades cercanas al epicentro. El límite de las placas sobre las que se encuentra el Ecuador es del tipo convergente.

Los sismos se producen al tener una liberación brusca de energía acumulada que se transmite en forma de ondas causando movimientos en el terreno, se pueden originar como volcánico o tectónico. Debido a que la astenosfera se comporta como un fluido denso, existiendo corrientes responsables del movimiento de las placas tectónicas. Las placas tectónicas están divididas de algunas maneras: pueden acercarse, alejarse o moverse paralelamente entre sí. La magnitud e intensidad se miden en escalas distintas, y mientras que la Intensidad disminuye conforme la distancia a la fuente aumenta, la Magnitud es siempre la misma.

El edificio a evaluar no posee planos arquitectónicos ni estructurales, y estos son fundamentales porque poseen un adecuado conjunto de notas, detalles e información necesario para poder modelar la estructura y realizar previamente un levantamiento estructural. Estas instalaciones posiblemente no cumplan a cabalidad con lo establecido, situación que implica un riesgo a nivel estructural, humano y económico. En varios países se ha promovido diversos estudios sobre la vulnerabilidad sísmica, en la ciudad de Basilea (Suiza) se implementan estrategias y diferenciar el nivel de peligro que se encuentran expuestas sus edificaciones. En Costa Rica ejecutan estudios de vulnerabilidad en varios hospitales y en México se evaluó el primer Hospital en 1984.

El presente trabajo de investigación está distribuido en los siguientes capítulos:

Capítulo I Enfoque De La Propuesta

Capítulo II Marco Referencial

Capítulo III Marco Metodológico

Capítulo IV Propuesta O Informe

Capítulo I

Enfoque De La Propuesta

1.1 Tema

Vulnerabilidad Sísmica Del Edificio Residencial “Los Armijos” Ubicado En Cantón Pasaje – El Oro.

1.2 Planteamiento del Problema

En la actualidad, existen muchas edificaciones que no cumplen con las normativas técnicas de construcción para que se asegure su funcionamiento después de que ocurra un desastre natural; lo que significa, que su vulnerabilidad arroja resultados muy altos, el riesgo puede superar los niveles aceptados en estos tiempos. Por lo tanto, es necesario que se tomen las medidas de mitigación, con base a los requisitos ingeniería y así, reducir el riesgo. La evaluación edificios existentes es un tema que no ha dado del todo en los profesionales ecuatorianos involucrados. Los profesionales deben de enfocarse en el diseño, en el cálculo estructural y construcción de nuevos edificios. Varios edificios ya construidos están operativos y habilitados por una gran cantidad de personas sin conocer el estado en que se encuentran. Se deben de realizar estudios de las edificaciones existentes para no tener “problemas” si existiera alguna irregularidad.

Ecuador presento un sismo que ocurrido alrededor de las 12:12, el sábado 18 de marzo de 2023 que afectó el sur de Ecuador y el noroeste de Perú. Su epicentro se localizó frente a la costa del Cantón Balao, a unos 80 kilómetros (50 millas) al sur de Guayaquil y su hipocentro, a 65,9 km de profundidad. Tuvo una magnitud de 6,8 en la escala de magnitud del momento, y causó importantes y severos daños en las provincias ecuatorianas de Azuay, El Oro y Guayas, el cantón Pasaje fue uno de los más afectados. En Ecuador las placas no se mueven libremente: están bloqueadas, y cuando la resistencia de los materiales de la corteza se supera.

La vulnerabilidad sísmica se asocia a incertidumbres en el comportamiento estructural de las edificaciones en las que su metodología o forma de construcción pueda haber sido alterada, desde la correcta calidad de materiales y hasta la aplicación de procesos constructivos informales o por la falta de diseños técnicos según normas de construcción vigentes. Los terremotos han sido estudiados alcanzando grandes avances científicos obteniendo como resultado datos acerca del

origen, evaluación del tamaño y forma de propagación. Existe una gran incertidumbre cuando se realiza una evaluación del movimiento del terreno o lo que puede generar un terremoto específico en una localidad o sectores aledaños. Las incertidumbres implican la estimación de la peligrosidad sísmica de una localidad. Un terremoto poca magnitud ocurre a pocos kilómetros de la superficie, puede ser detectado sin necesidad de instrumentos y terremoto gran magnitud sucede a muchos kilómetros bajo la superficie, a veces solo puede detectarse con ellos.

Los análisis de vulnerabilidad sísmica de diversas estructuras ya construidas en nuestro medio como: edificios, estructuras esenciales y componentes de líneas vitales han desarrollado varias propuestas con el fin de evaluar la vulnerabilidad sísmica en los diferentes niveles. Mediante el proceso de evaluación de vulnerabilidad se debe definir su origen y trascendencia teniendo en consideración: el tipo de daño, los grados de amenaza que existen en la zona y los datos o detalles disponible sobre las estructuras.

La importancia de evaluar el riesgo sísmico es precisar el daño que resulta en la estructura luego de un terremoto. Los daños asociados a la vulnerabilidad de un edificio permiten conocer si la vulnerable, esto dependerá del daño que pueda sufrir el terremoto. La vulnerabilidad sísmica de las estructuras se ejecuta por un profesional con el fin de conocer la calidad estructural de los edificios, en base de los resultados determinar si se puede modificar utilizando algún método de refuerzo y cambio de uso del edificio.

La importancia de conocer el estado estructural en el que se encuentran las diferentes edificaciones de la ciudad es una labor de vital en el ámbito de la ingeniería civil. El edificio residencial “Los Armijos” fue construido hace 15 años, se tiene conocimiento de la calidad de los materiales utilizados y de los procesos constructivos, además, durante todo el tiempo que lleva esta edificación han ocurrido distintos eventos que pueden perjudicar las propiedades del mismo, como los sismos, los cambios de temperatura y la humedad. Es importancia conocer si la estructura a la fecha actual puede garantizar la seguridad para las personas que lo habitan y para personas ajenas a la misma, debido a que la edificación en la planta baja es una zona comercial.

1.3 Formulación del Problema:

¿Qué daños estructurales podría ocasionar un sismo al edificio residencial “Los Armijos”?

1.4 Objetivo General

Evaluar la vulnerabilidad Sísmica Del Edificio Residencial “Los Armijos” ubicado en el cantón Pasaje.

1.5 Objetivos Específicos

1. Clasificar los sistemas del edificio que resisten las cargas verticales y laterales revisando los documentos de construcción y las inspecciones visuales del edificio.
2. Analizar la capacidad de carga del Edificio” Los Armijos” mediante el uso del software SAP 2000 para representar un simulacro.
3. Elaborar un informe con índice de vulnerabilidad sísmica de la estructura analizada.

1.6 Idea a Defender

Una evaluación de vulnerabilidad sísmica permite que un profesional a cargo de una obra o remodelación de un edificio debe de determinar el método estructural de la edificación. Adicional teniendo una planificación y diseño adecuados, teniendo en cuenta las normativas de diseño sismo resistente, con el respectivo seguimiento y fiscalización en la ejecución de obra, los daños que se presentan frente a un sismo se reducen en comparación a aquellas que carecen de estas etapas. Es importante conocer si una edificación es vulnerable ante cualesquiera eventos sísmicos, para conocer si requerirán otro tipo de estudio más detallado. En este caso la finalidad corresponde a implementar programas de mitigación de riesgos para el edificio “Los López”. La evaluación de vulnerabilidad sísmica del edificio proporcionará ampliar y vigorizar los conocimientos especialmente en las competencias investigativas de formación en el área de análisis y diseño estructural.

1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.

Línea institucional: Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.

Líneas de facultad de Ingeniería Industria y Construcción: Mediante la revisión de documentos de construcción y las inspecciones visuales del edificio.

Sublínea de facultad: Determinar el nivel desempeño sísmico de la estructura, incluyendo la verificación de si el edificio puede permanecer estable durante y luego de ocurrido un sismo.

Capítulo II

Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

En el proyecto de Julissa Malavé y Vianna Pinargote (2023) “Análisis de vulnerabilidad sísmica en estructuras de la Parroquia Manglaralto del Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena” se determinó el índice de vulnerabilidad sísmica de 81 edificaciones situadas en las comunas de Manglaralto, bajo análisis metodológico cualitativo y cuantitativo. En el análisis de edificación se llevó a cabo con mayor número de irregularidades y el puntaje mas bajo. Cada estructura no cumple con ningún requerimiento de las normativas establecidas dando como resultado una alta vulnerabilidad sísmica y sistema estructural no adecuado para los edificios analizados.

En el proyecto de Edison Bonilla y Cristhian Castillo (2022) denominado “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de 2 edificios de concreto armado en la zona de sismicidad v del Ecuador usando el asce-41 y su propuesta de Intervención estructural” se basó el estudio de 2 construcciones de hormigón armado (Clínica de 6 niveles ubicada en Guayaquil y Edificio residencial de 5 niveles ubicada en Machala). Inspecciono el comportamiento sísmico en base a la NEC-2015 y Código ASCE 41 -13.

En el proyecto de Jonatan Noel (2019) “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica aplicando el método italiano para determinar el riesgo sísmico en las viviendas de adobe de la quinta los virreyes del Rímac”(pág. 1). Se realizó una evaluación de vulnerabilidad según el metodo italiano basado en 11 parámetros considerando la calificación de cualquier estructura para determinar los riesgos sísmicos. Dando como resultado que la Quinta tiene nivel de vulnerabilidad medio y un riesgo sísmico medio.

En el proyecto de Pablo Mazón y Juan Reinoso (2020) denominado “Análisis de vulnerabilidad sísmica y propuesta de reforzamiento para el edificio central del colegio militar Eloy Alfaro en Quito” el trabajo se enfocó en presentar una tipología de construccion bajo los acuerdos de las normas existentes. Se realizo modelamiento estructural a través de un software especializado. Adicional metodo de elementos finitos obteniendo datos detallados del comportamiento estructural basado en NEC-2015.

En el proyecto de Freddy Pimbo (2021) denominado “Análisis estructural del desempeño sísmico del edificio de la Facultad de Ingeniería civil” se realizó una investigación que tuvo como datos primarios mediante una evaluación visual e inspección basándose en el uso de formatos y matrices de Normas Internacionales FEMA154 y NEC 2015, utilizado con una gran frecuencia. Se obtuvo como resultado un grado medio de vulnerabilidad. El objetivo es analizar las medidas relevantes como irregularidades de la planta y altura, tipo de suelo y sistema estructural. (pág. 45)

2.1.1 Antecedentes

Ecuador y en algunos de los países del mundo existen una tendencia donde las construcciones se han realizado de manera informal, sin una previa planificación por parte de un Ingeniero Civil o Arquitecto teniendo como resultado estructuras mal diseñadas y construidas. Cuando existe un proceso de planificación de una construcción bajo normas y parámetros que dispongan las autoridades se obtendrá una edificación eficiente.

Los países como Ecuador, Colombia, Perú y Chile se encuentran en la placa de Nazca y al colisionar con la placa Sudamericana genera numerosos sismos. Ecuador es un país altamente sísmico. Esto quiere decir que diariamente ocurren sismos de magnitud leve, y existe la alta probabilidad de que se registren eventos de magnitudes mayores como los ya ocurridos en la historia. Ecuador sufrió el impacto del terremoto de magnitud superior 7 Mw con epicentro entre las parroquias Pedernales y Cojimíes, provincia de Manabí, el cual afectó las estructuras de varias edificaciones de la ciudad de Pedernales y de ciudades cercanas al epicentro. El límite de las placas sobre las que se encuentra el Ecuador es del tipo convergente debido a que la corteza oceánica y continental se desplazan una con otra.

Estados Unidos cuenta con una agencia federal conocida como FEMA. En la tercera edición de su FEMA P-154 se detalla la metodología recomendada con mayor eficiencia mediante la evaluación visual rápida de edificios con el fin de detectar posibles riesgos sísmicos. La metodología antes mencionada se ha creado para observar, cuantificar, señalar e identificar los edificios que puedan presentar peligro sísmico muy alto. Todas las estructuras deben de ser evaluadas por profesionales con el fin de conocer si son potencialmente peligrosas. Los profesionales mediante su experiencia pueden elaborar diseños sísmicos pueden determinar si la estructura tiene vulnerabilidad.

2.1.2. Placas tectónicas

Según Universidad de costa Rica (2019) "Son guijos de la litosfera, compuesta por la parte superior del manto superior y la corteza terrestre, que se comportan como una capa fuerte, relativamente fría y rígida". Teniendo en consideración las placas de la litosfera suelen ser más delgadas en los océanos, su espesor varía de unos cuantos km en las dorsales oceánicas hasta 100 km en las cuencas oceánicas profundas.(pág. 10)

Las placas tectónicas con capa rígida y fuerte manto superior están divididas en 7 principales, que son: norteamericana, Sudamericana, Del Pacifico, africana, Euroasiática, australiana Y Antártica. Las placas tectónicas de tamaño mediano: La Caribeña, De Nazca, La Filipina, La Arabog, De Coco, De Scotia Y De Juan De Fuca.

Figura 1

Placas tectónicas



Fuente: EIRD (2019)

Teniendo en consideración que las placas tectónicas realizan un desplazamiento entre ellas e interactúan generando deformación en sus bordes, lo que puede producir:

- **Bordes divergentes o constructivos:** se genera con los movimientos opuestos de las placas tectónicas con el ascenso de estructuras provocando un nuevo suelo oceánico.
- **Bordes convergentes o destructivos:** se genera con la colisión de las placas tectónicas, donde la placa oceánica se desliza debajo de la placa continental produciendo un gran sismo.
- **Límites de transformación o deslizamientos horizontales:** se genera con el movimiento de las placas en dirección lateral, sin construir o destruir la litosfera. (Ayala y Almazan, 2015, pág. 15)

2.1.2.1 Falla Geológica.

“Se genera al desplazarse bloques rocosos de forma vertical, horizontal o de ambas formas se generan fisuras en la corteza terrestre. También se origina debido a la frecuencia de los movimientos de las placas tectónicas y la energía que libera en forma de ondas sísmicas”. (Vizconde y Delgado, 2018)

Tabla 1

Falla geológica

Falla	Descripción
Inversa	Movimiento ascendente del bloque superior con el bloque inferior con ángulo de buzamiento de 45°, están asociados a esfuerzos compresivos que se produce en la corteza.
Normal	Movimiento descendente del bloque superior con el bloque inferior con ángulo de buzamiento promedio de 60°, están asociados a esfuerzos de tensión en la corteza terrestre.
Transcurrente	Movimiento de manera horizontal de los bloques con ángulo de buzamiento de 90°.

Fuente: IngeOexper (2022)

2.1.3 Sismo

Considerado como un fenómeno natural producto de un movimiento pasajero dentro de corteza terrestre, se genera como una independencia de energía durante el movimiento de las placas tectónicas en forma de ondas o fricción de borde la placas. También se puede producir con un impacto de asteroides, erupción volcánica o pruebas nucleares. (Arroyo, Vizconde y Vargas, 2019)

Figura 2

Placas tectónicas y sus movimientos



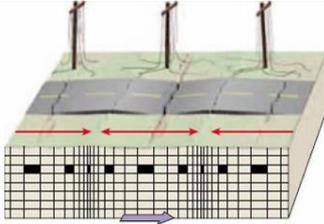
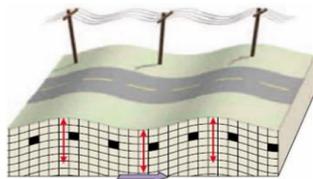
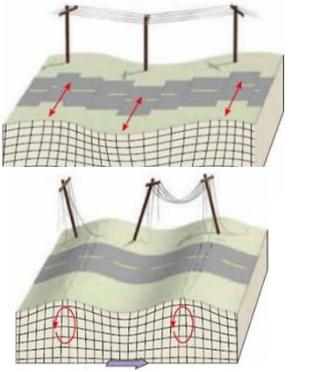
Fig.1: Placas tectónicas y sus movimientos [1]

Fuente: Mazon y Reinoso, (2020)

2.1.3.1 Ondas sísmicas.

Tabla 2

Ondas sísmicas

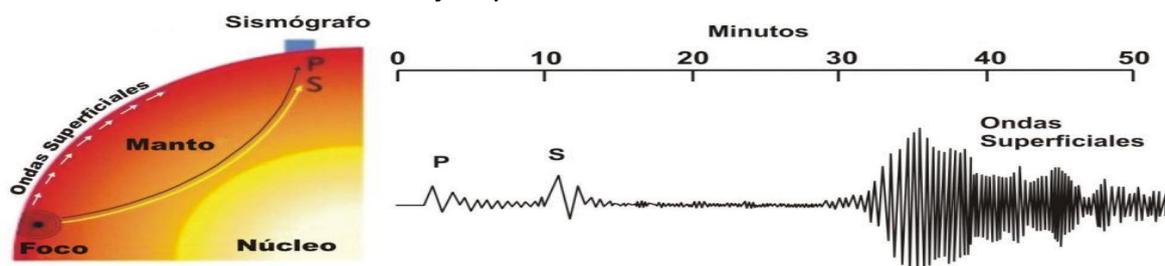
Ondas Sísmicas	Descripción	Imagen
Primarias	Son longitudinales que viajan a través de cualquier tipo de material sólidos, líquidos o gases. Las ondas P se alternan en compresión y expansión.	
Secundarias	Son transversales que viajan por materiales sólidos, pero no por líquidos o gases. Las ondas S viajan perpendicularmente a la dirección del sismo.	
Superficiales	Tipo 1.- Sacude el terreno de un lado a otro. Tipo 2 .- Viajan por suelo en forma elíptica (olas oceánicas)	

Fuente: (Bonilla y Castillo, 2022, pág. 24)

“Las ondas sísmicas consisten en vibraciones que se desplazan en el interior de la tierra, se produce a partir de un hipocentro y dependen de los periodos de acuerdo al material que atraviesan”. (Saavedra & Mahecha, 2019)

Figura 3

Generación de las Ondas Internas y Superficiales,



Fuente: Pimbo (2021)

2.1.3.2 Epicentro e Hipocentro.

“El epicentro es la zona de la superficie terrestre donde se proyecta el hipocentro de forma vertical”

“El hipocentro o también considerado como fuente o foco es el punto de origen de un sismo, fuente o foco se encuentra a cierta profundidad a la superficie de la tierra”.

Figura 4

Corte de la Tierra ilustrando el proceso de un sismo



Fuente: Pimbo (2021)

2.1.3.3 Medidas de los sismos.

Un sismo puede ser medido de manera, según (Barbat, 2008)

- Cualitativa: depende del nivel de destrucción que genera un sismo.
- Cuantitativa: depende de la cantidad de energía que libera. (pág. 14)

Existen 2 parámetros para la medición de sismo:

1. **Intensidad sísmica:** se basa en la perspectiva en la cual se siente un movimiento sísmico, la medición de manera cualitativa en base a la escala de Mercalli, donde, se designa valor de números romano desde I al XII, según los daños de las edificaciones.
2. **Magnitud sísmica:** la medición de manera cuantitativa en base a la escala de Richter, donde, se calcula según la energía liberada durante el sismo y el registro sísmico. Es importante tener en cuenta que la magnitud de algún movimiento sísmico puede generar diferentes intensidades, dependerá de la distancia en que se encuentra la zona del epicentro del sismo. (García, 2020, pág. 40)

Tabla 3*Relación entre intensidad y magnitud*

Intensidad	Magnitud Richter	Características
I	Hasta 2.5	Instrumental
II	De 2.5 a 3.1	Muy débil
III	De 3.1 a 3.7	Ligero
IV	De 3.7 a 4.3	Moderado
V	De 4.3 a 4.9	Algo Fuerte
VI	De 4.9 a 5.5	Fuerte
VII	De 5.5 a 6.1	Muy fuerte
VIII	De 6.1 a 6.7	Destruyivo
IX	De 6.7 a 7.3	Ruidoso
X	De 7.3 a 7.9	Desastroso
XI	De 7.9 a 8.4	Muy Desastroso
XII	De 8.4 a 9	Catastrófico

Fuente: Noel (2019)**2.1.4 Riesgo sísmico**

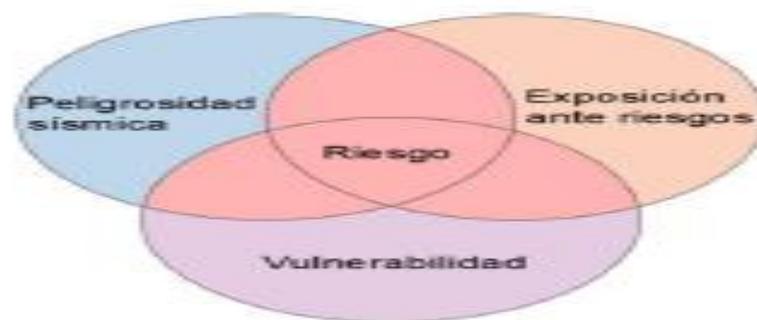
Según (CNE, 2020) “Un sismo consiste en súbitas liberaciones de energía que se pueden acumular debajo de la corteza terrestre como resulta de fuertes tensiones y presiones que ocurren en el interior”. Los sismos generan grandes desastres, principalmente en lugares que no tomado medidas preventivas conexas a la resistencia sísmica de los edificios. (CNE, 2020, pág. 13)

Según (EIRD, 2019) “El origen de la mayoría de los sismos es explicado satisfactoriamente por la hipótesis geológica de placas. Se genera idea básica es que la corteza terrestre, la litosfera, está compuesta por un mosaico de doce o más bloques grandes y rígidos llamados placas, que se mueven uno respecto de otro. La corteza terrestre se encuentra dividida en seis placas continentales (África, América, Antártida, Australia, Europa y la placa del Pacífico), y cerca de catorce placas subcontinentales (placa de Nazca, del Caribe, etc.)” (pág. 26)

Los elementos principales de la concepción del riesgo sísmico son, según (García, 2020)

- La peligrosidad sísmica (H) considera la posibilidad que ocurra un evento sísmico en algún lugar determinado, con severidad en su magnitud o nivel.
- La vulnerabilidad sísmica (V) considera la predisposición propia de la estructura, grupo de estructuras o zona urbana a sufrir daño antes el evento sísmico con magnitud o severidad determinada.
- Nivel de exposición (E) son los elementos en riesgo como población, edificaciones, actividades económicas e infraestructura expuesta ante el evento sísmico. (pág. 40)

Figura 5
Conceptualización del riesgo sísmico

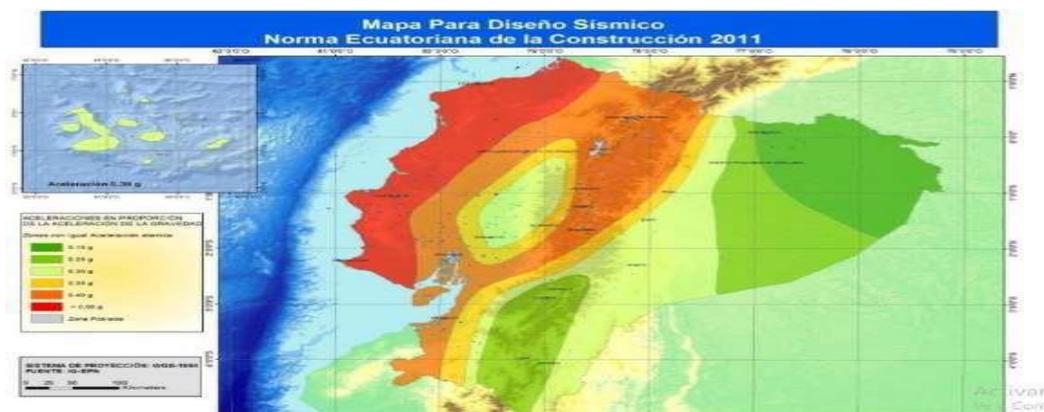


Fuente: (Reinoso y Mazon, 2020, pág. 41)

2.1.4.1 Zonificación de riesgo sísmico en Ecuador

El Instituto Geofísico diseñó un mapa de zonas peligrosas sísmicas del Ecuador.

Figura 6
Zonificación de riesgo sísmico en Ecuador



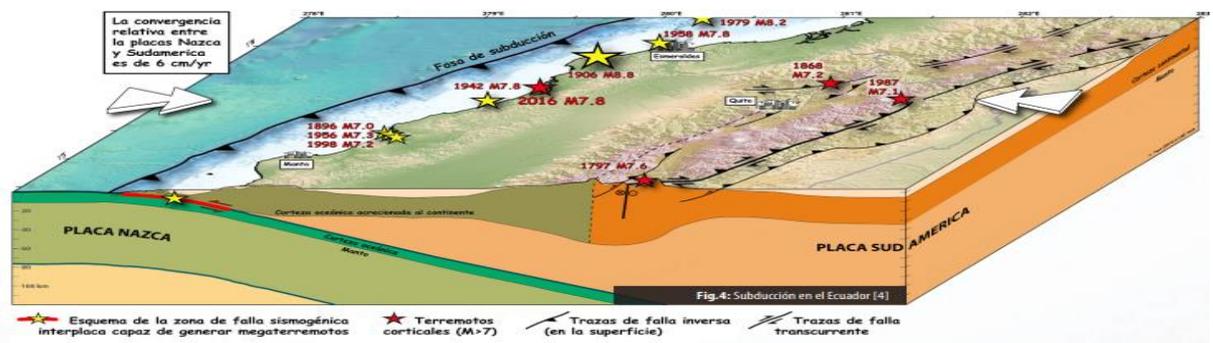
Fuente: Instituto Geofísico - Escuela Politécnica Nacional (2022)

2.1.4.2 Eventos en Ecuador.

Ecuador presento un sismo que ocurrido alrededor de las 12:12, el sábado 18 de marzo de 2023 que afectó el sur de Ecuador y el noroeste de Perú. Su epicentro se localizó frente a la costa del Cantón Balao, a unos 80 kilómetros (50 millas) al sur de Guayaquil y su hipocentro, a 65,9 km de profundidad. Tuvo una magnitud de 6,8 en la escala de magnitud del momento, y causó importantes y severos daños en las provincias ecuatorianas de Azuay, El Oro y Guayas, el cantón Pasaje fue uno de los más afectados. En Ecuador las placas no se mueven libremente: están bloqueadas, y cuando la resistencia de los materiales de la corteza se supera.

Figura 7

Subducción en Ecuador



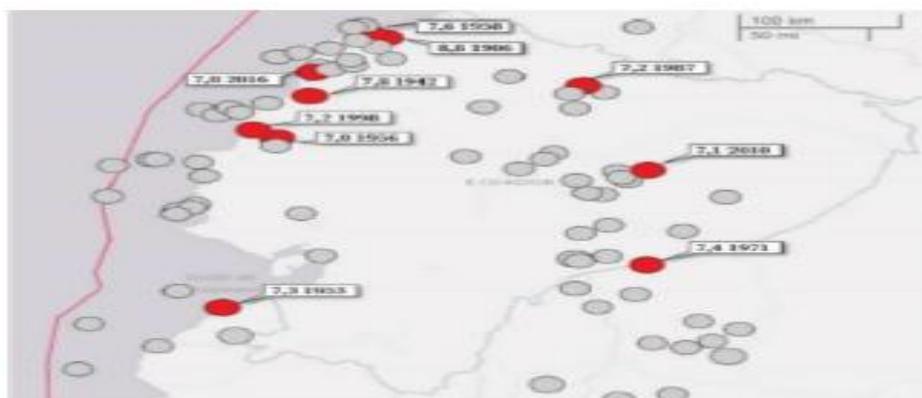
Fuente: Instituto Geofísico - Escuela Politécnica Nacional (2022)

2.1.4.3 Enfoque sistémico a los desastres originados por terremotos.

Ludwig Von Bertalanffy desarrollo la teoría general sobre los sistemas en 1937, con el paso del tiempo se han publicado diversas obras literarias relacionada a la teoría de los sistemas y el pensamiento sistémico, como; Forrester (1961); Emery (1981); Checkland & Scholes (1990); Flood (2001); Ackoff (2010); entre otros.

Figura 8

Mapa sismos en Ecuador



Fuente: Moreno y Bairan (2019)

2.1.5 Vulnerabilidad sísmica

Según (Barbat, 1998) “La vulnerabilidad sísmica de una edificación o construcciones se define como su predisposición intrínseca a soportar daño ante un movimiento sísmico y puede asociarse directamente con sus tipologías físicas y estructurales”. (pág. 45)

El daño que puede sufrir una edificación ante la ocurrencia de eventos de diferente intensidad se presenta en términos de probabilidades mediante funciones de fragilidad (de las que se generan las curvas de fragilidad) o mediante arreglos denominados matrices de probabilidad de daño. (Barbat, 2008, pág. 60)

2.1.5.1 Vulnerabilidad estructural.

Se considera nivel de vulnerabilidad en base de elementos estructurales como vigas, columnas, cimientos, losas macizas, muros y aligeradas, diseñados para transmitir fuerzas verticales y horizontales. Durante un sismo puede resultar gravemente daños los elementos estructurales, adicional debilitando la resistencia y estabilidad de la edificación. (Mazon y Reinoso, 2020)

2.1.5.2 Vulnerabilidad no estructural.

Se considera el nivel de vulnerabilidad de los elementos no estructurales como arquitectónicos (ventanas, cerramientos, cielos rasos, techos, puertas, etc.), instalaciones (plomaría, aire acondicionado, conexiones eléctricas, etc.) o equipos (equipos mecánicos, equipos médicos, equipos de computación, etc.). (Mazon y Reinoso, 2020, pág. 60)

Tabla 4

Niveles de vulnerabilidad sísmicas en las viviendas

Vulnerabilidad	Descripción
Muy alta	Colapso de edificaciones y destrucción de líneas vitales, serios daños a la integridad física de las personas, gran numero de damnificados y numerosas perdidas humanas.
Alta	Perdidas y daños ocasionados a las persona e infraestructura generando pérdidas humanas y económicas.
Media	Ligeros daños en las edificaciones generando pérdidas económicas mínimas.
Baja	Edificios con gran resistencia estructural no generaría perdidas de ningún tipo.

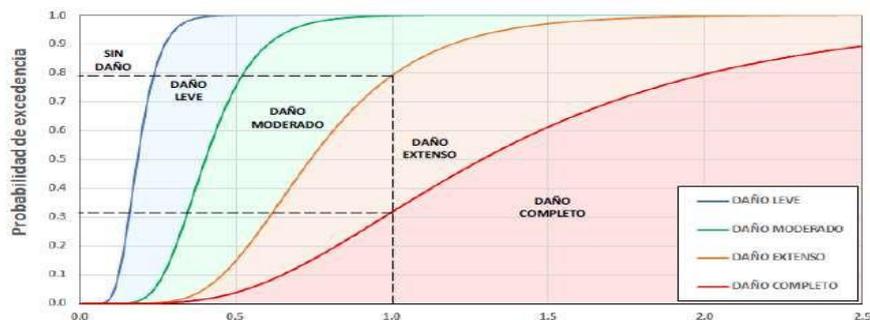
Fuente: Mazon y Reinoso (2020)

2.1.6 Curva de fragilidad

Según FEMA (2009) “Las curvas de fragilidad se definen como la representación gráfica de la función de distribución acumulada de la posibilidad de conseguir o excederse un momento de daño límite específico, dada una respuesta estructural, ante una acción sísmica determinada”. Así, las curvas son un recurso gráfico relacionando a la posibilidad de daño como función de una medida de intensidad asociada a la demanda sísmica. (pág. 20)

Figura 9

Curvas de fragilidad para edificios



Fuente: Moreno y Bairan (2019)

2.1.7 Métodos para cuantificar la vulnerabilidad sísmica

Las curvas de fragilidad son una herramienta probabilística que constituye la base para la estimación del riesgo sísmico. Los métodos para generar estas curvas son diversos y entre ellos destacan los métodos basados en observaciones de campo, los métodos experimentales y los métodos analíticos. Los métodos pueden ser: basado en observacion de campo, experimentales y analíticos. (UDET, 2019, pág. 80)

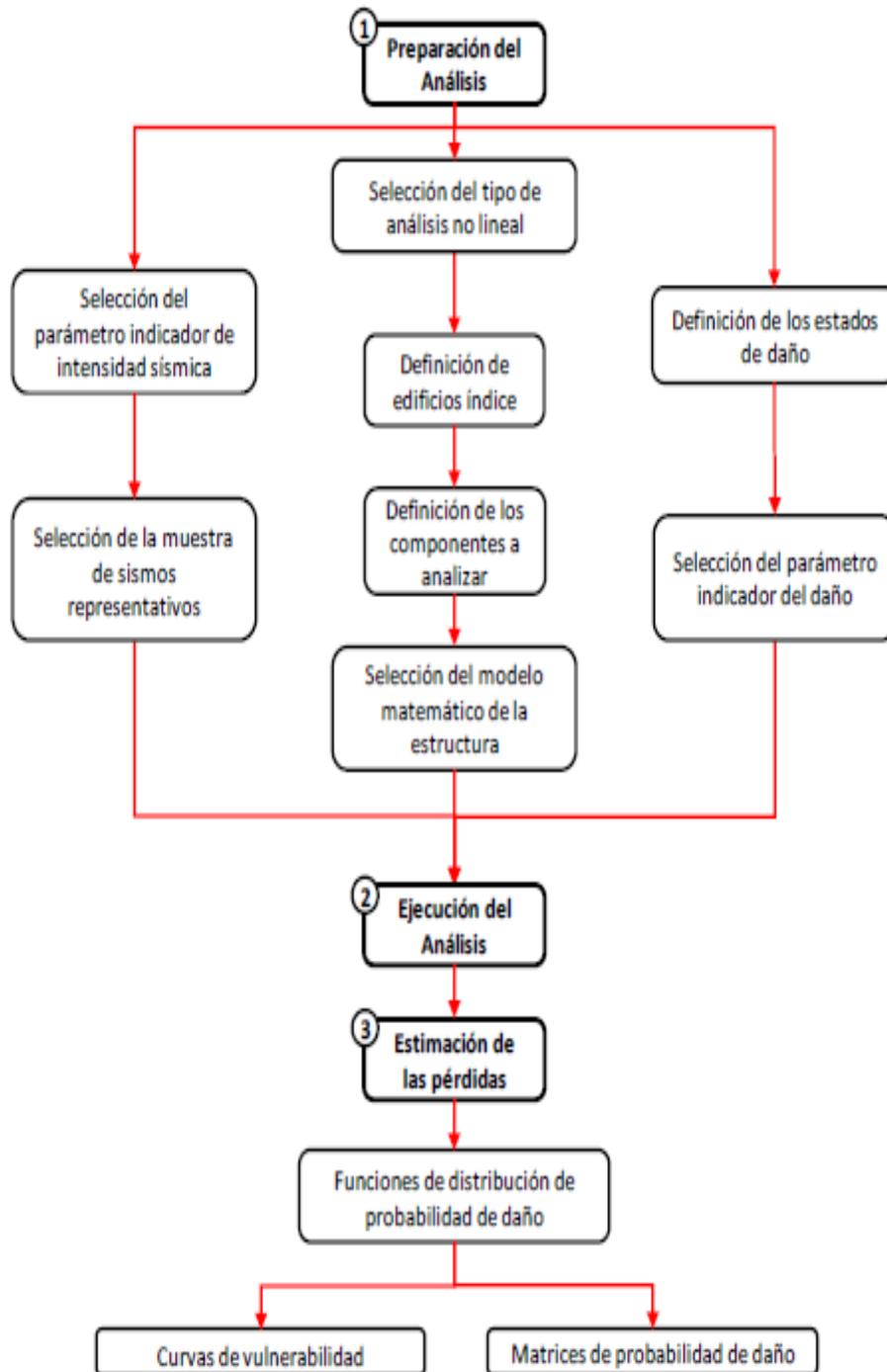
2.1.8 Métodos para evaluar la vulnerabilidad sísmica en edificios construidos

En base al autor García (2020) “La vulnerabilidad estructural consiste en la susceptibilidad en la cual una edificación tenga daños en sus elementos. Los elementos estructurales tienen como función resistir y transmitir a la cimentación posterior al suelo, también permiten que se mantenga sostenida una estructura. Los elementos son las columnas, vigas, mampostería, entre otros”. (pág. 17)

Los diseños estructurales sismorresistente son las claves para mantener una integridad del edificio ante algún desastre natural severos. La principal causa de daños estructurales son los esquemas estructurales lejanos a formas y simples. Aplicar varias metodologías en una misma edificación puede tener discrepancias en los

resultados difícil de interpretar y dar conclusiones erradas. El método cuantitativo y cualitativo se deben de realizar juntos, de esta manera eleva la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Figura 10
Principales componentes para el cálculo analítico



Fuente: UDET (2019)

2.1.8.1 Métodos cualitativos.

Se utiliza para otorgar una calificación o puntajes sobre las características estructurales del edificio como estado de conservación, irregularidad en planta y vertical tipo de suelo donde se ubica, entre otros. Las valoraciones están agrupadas a un índice global que han sido calibrados a través de experiencia adquirida por los efectos provocados por sismos ya presentados, permite identificar la vulnerabilidad en términos generales y nivel de daño. Es considerada como una evolución rápida y sencilla un grupo de edificaciones. (Bonilla y Castillo, 2022, pág. 45)

2.1.8.2 Métodos cuantitativos.

Se utilizan para un análisis más riguroso. Los métodos cuantitativos también son conocidos como analíticos, consiste en instrucciones de análisis y diseño propuestos por las normas modernas. Este método sirve para profundizar el método cualitativo. Para desarrollar el método cuantitativo se requiere diversa información puntual como tipologías de los materiales manejados en la edificación, tipologías del suelo y los planos estructurales. (Bonilla y Castillo, 2022, pág. 46)

2.1.8.3 Métodos experimentales.

Se realizan ensayos dinámicos con el fin de determinar las propiedades de las estructuras y sus componentes. Mediante este método se determina las propiedades dinámicas y otras características esenciales de la estructura, involucrando la interacción suelo estructura. Los resultados pueden dar a conocer el estado de la edificación y los efectos que un sismo ha tenido sobre ella. (Bonilla y Castillo, 2022)

2.1.8.4 Método FEMA 154 (ATC – 21).

El método FEMA 154 es el más utilizado en los Estados Unidos por el Federal Emergency Management Agency (FEMA), también llamado como FEMA-154, se basa en un método cualitativo que ejecuta la determinación de reforzamiento de una edificación mediante el uso de un índice, teniendo en consideración los resultados de la evaluación. Puede ser menor o igual que dos (≤ 2). (Bonilla y Castillo, 2022)

2.1.9 Edificios residenciales

Consisten en un proceso de implementar una gran amplitud, renovación o construcción de una vivienda donde el destino sea ocupaciones residenciales. La construcción de viviendas se puede realizar mediante un proceso complejo con muchas fases y partes interesantes. (Safety Culture, 2023)

2.1.9.1 Diferencia entre construcción residencial y comercial.

Figura 11

Diferencia construcción residencial y comercial

¿Qué se considera construcción residencial?	¿Qué se considera construcción comercial?
<ul style="list-style-type: none">• Edificios como apartamentos, casas adosadas o condominios utilizados para alojar a familias o individuos.• Los materiales de construcción pueden ser un poco más baratos, como la madera.• Puede tener un tiempo de finalización más corto dependiendo del tamaño.	<ul style="list-style-type: none">• Edificios destinados a usos comerciales como oficinas, centros comerciales, etc.• Requiere materiales relativamente más resistentes, como marcos de acero y hormigón.• El tiempo de finalización puede ser mayor teniendo en cuenta el tamaño de la construcción comercial.

Fuente: Safety Culture (2023)

2.1.9.2 Categoría de Edificios.

De acuerdo con la NEC-SE-DS, (2015) las edificaciones tienen distinta categoría según su funcionalidad las cuales abarcan distinto coeficiente de importancia, el cual tiene por objetivo medir los niveles de seguridad y así mismo elevar la demanda sísmica de diseño. En sí, son factores de mayoración para el sismo mediante el cual se observa el comportamiento de una estructura ante diversas intensidades de sismos.

2.1.10 Enfoque de Ingeniería Estructural y Evaluación de Riesgos Sísmicos

Este enfoque se centra en aplicar principios de ingeniería estructural y metodologías de evaluación de riesgos sísmicos para comprender cómo el edificio residencial "Los Armijos" responde a eventos sísmicos y cómo su estructura y sistemas de resistencia influyen en su vulnerabilidad. Tu investigación se basa en el uso de herramientas de modelado, simulación y análisis para obtener información detallada sobre la capacidad del edificio para soportar terremotos. Según Bonilla y Castillo (2022) esto implica la recopilación de datos, la clasificación de sistemas estructurales, el cálculo de índices de vulnerabilidad y la elaboración de informes con recomendaciones. (pág. 18).

Figura 12

Coefficiente de Estructuras

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coefficiente I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica.	1.5
Estructura de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente.	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Fuente: NEC(2015)

El control de daño y los niveles de desempeños de los edificios se detallan en la siguiente figura:

Figura 13

Control de daño y niveles de desempeño para edificios

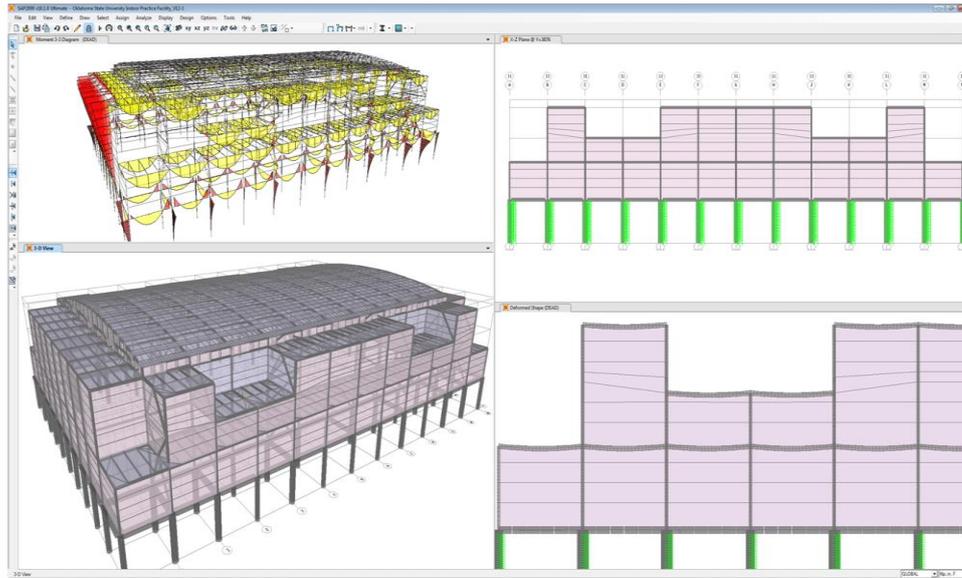
	Nivel de Prevención al Colapso (5-E)	Nivel de Seguridad de Vida (5-E)	Nivel de Ocupación Inmediata (1-B)	Nivel Operacional (1-A)
Daño Global	Severo	Moderado	Ligero	Muy Ligero
General	Pequeña resistencia y rigidez residual, pero columnas y muros cargadores funcionando. Grandes derivas permanentes. Algunas salidas bloqueadas. Parapetos no asegurados que han fallado o tienen alguna falla incipiente. El edificio está cerca del colapso	Algo de resistencia y rigidez residual ha quedado en todos los pisos. Elementos que soportan cargas gravitacionales aún funcionando. Fallas en muros dentro de su plano o parapetos inclinados. Algo de deriva permanente. Daño en paredes divisorias. El Edificio se mantiene económicamente reparable	No hay deriva permanente. La estructura aún mantiene resistencia y rigidez originales. Fisuras menores en fachadas, paredes divisorias, cielos razos así como en elementos estructurales. Los ascensores aún pueden ser encendidos. Sistema contra incendios aún operable	No hay deriva permanente. La estructura aún mantiene la resistencia y rigidez originales. Fisuras menores en fachadas, paredes divisorias, y cielos razos así como en elementos estructurales. Todos los sistemas importantes para una operación normal están en funcionamiento
Componentes No Estructurales	Daño severo	Peligro de caída de objetos mitigado pero bastante daño en sistemas: arquitectónico, mecánico y eléctrico	Equipos y contenido están seguros de manera general., pero algunos no operan debido a fallas mecánicas o falta de utilidad	Ocurre daño insignificante. La energía eléctrica y otros servicios están disponibles, posiblemente por servicios de reserva

Fuente: NEC(2015)

2.1.11 SAP 2000

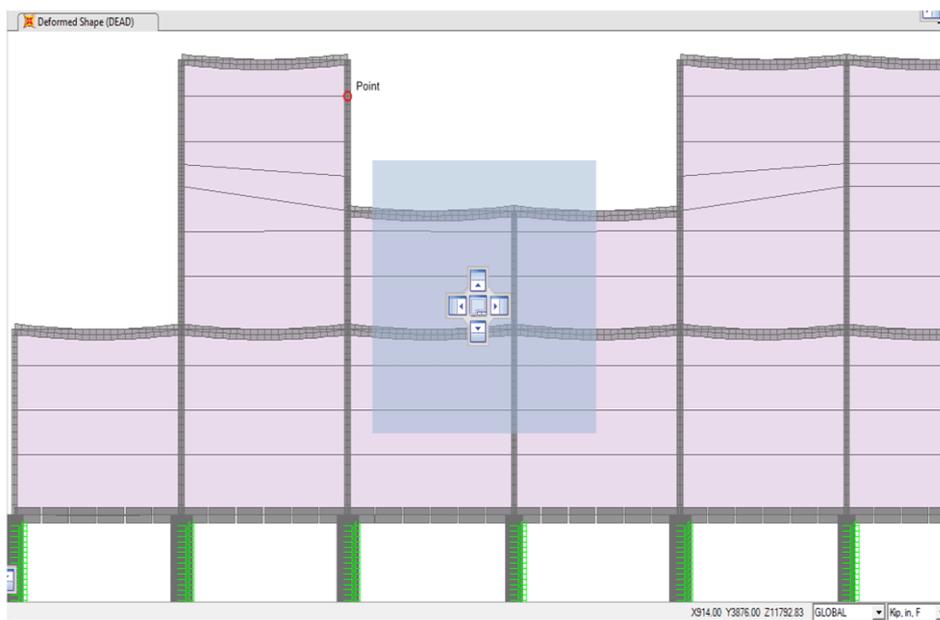
Según Universidades Santander(2021)“Es un programa de elementos finitos, con interfaz gráfico 3D orientado a objetos, preparado para realizar, de forma totalmente integrada, la modelación, análisis y dimensionamiento de lo más amplio conjunto de problemas de ingeniería de estructuras”. (pág. 12)

Figura 14
SAP 200 – Demostración



Fuente: Safety Culture (2023)

Figura 15
Configuraciones SAP 2000



Fuente: Safety Culture (2023)

El programa SAP 2000 es ampliamente reconocido por su potencia de cálculo y confiabilidad de resultados. Según CSIESPANA (2020) “Es una herramienta versátil para el dimensionamiento de puentes, edificios, estadios, estructuras marítimas, entre otras infraestructuras. Se basa en diferentes normativas de diferentes países como americanas, turcas, chinas europeas entre otras” (pág. 15). Brinda a sus usuarios una experiencia de trabajo cómodo y eficiente, adaptada a las necesidades de cada proyecto y usuario

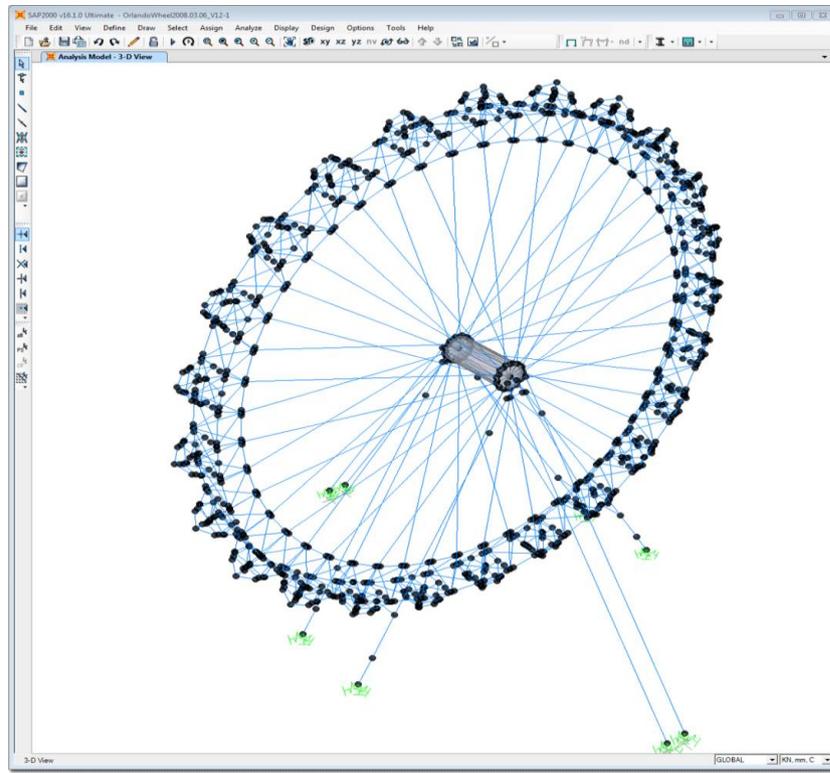
El SAP 2000 soporta las siguientes normativas de sismo:

- AS 1170-2007
- ASCE 7-16
- IBC 2003
- IBC 2006
- IBC 2009
- IBC 2012
- Eurocode 8-2004
- KBC 2009, 2016
- Chinese 2010
- TCVN 9386-2012
- IS 1893 2002, 2016
- Italian NTC 2008, 2018
- NBCC 2010
- NBCC 95
- NBCC 2005
- NBCC 2015g
- Turkish Seismic Code 2007, 2018
- NZS 1170 2004
- BOCA 96
- NEHRP 97
- UBC 94
- UBC 97
- UBC 97 Isolated
- Dominican Republic R-001

2.1.11.1 Visualización del modelo.

Figura 16

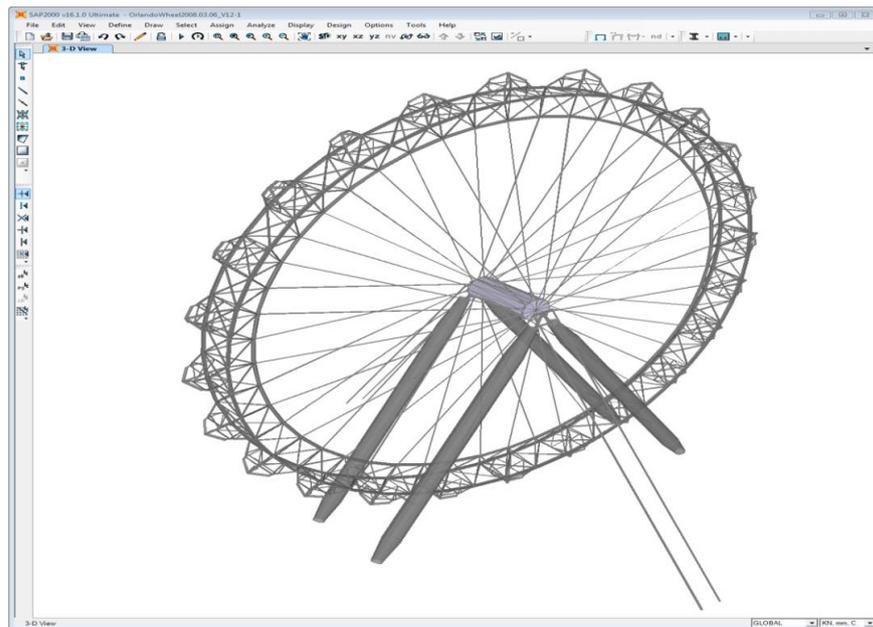
Modelo analítico



Fuente: Safety Culture (2023)

Figura 17

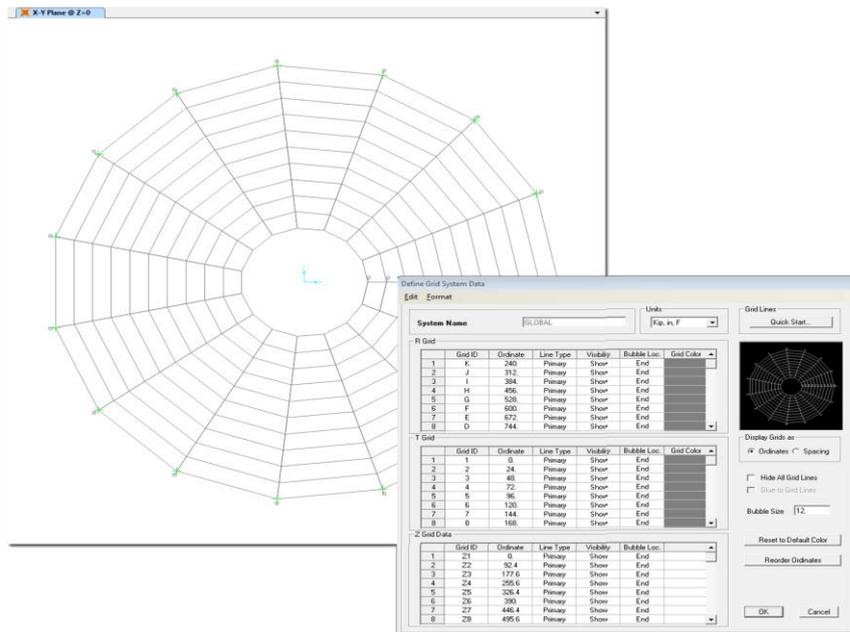
Modelo Físico



Fuente: Safety Culture (2023)

2.1.11.2 Sistemas.

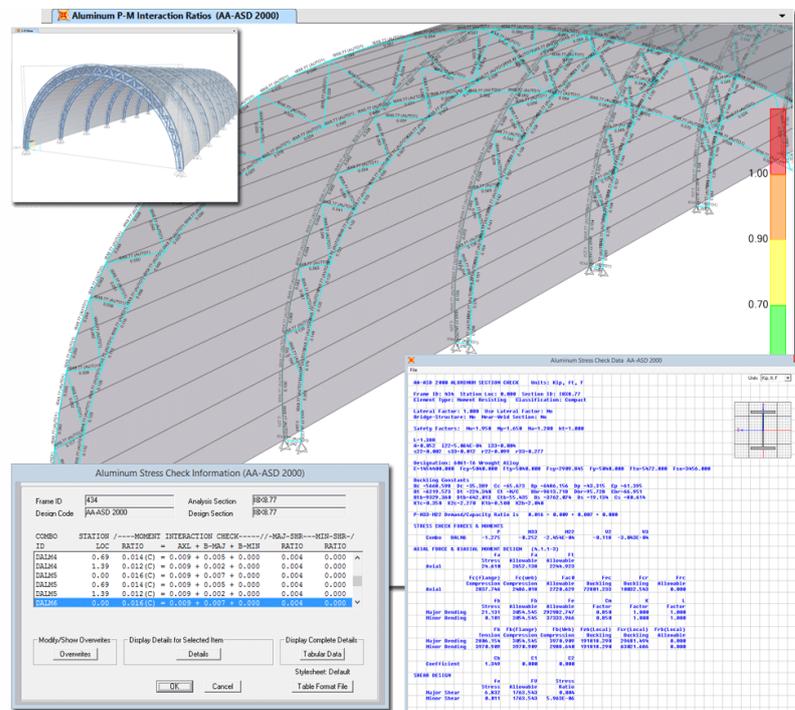
Figura 18
Sistema de cuadrícula



Fuente: Safety Culture (2023)

2.1.11.3 Dimensionamiento.

Figura 19
Estructura Hormigón



Fuente: Safety Culture (2023)

2.2 Marco Legal

Las Normas Ecuatorianas de Construcción, se presentan:

- NEC-SE-CG: Cargas no Sísmicas
- NEC-SE-CM: Geotécnica y Cimentaciones.
- NEC-SE-HM: Estructuras de Hormigón Armado.
- NEC – SE – DS: Peligro Sísmico Diseño sismo resistente. (NEC, 2015)

Tabla 5

Normas Internacionales usadas para la norma NEC-SE-RE de las NECs

SIGLAS	DETALLE
ACI 318 - 19	American Concrete Institute
FEMA 154	Federal Emergency Management Agency

Fuente: NEC (2015)

2.2.2 De las infracciones y sanciones

Según (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2015)

ARTÍCULO 8.- DE LAS INFRACCIONES.- Se considera infracción a toda acción u omisión que contravenga las disposiciones contenidas en la presente Ordenanza, y particularmente el uso de los espacios de parqueo con parquímetro en Puerto Santa Ana, sin pagar la tarifa correspondiente, así como sobrepasar el tiempo límite ininterrumpido de parqueo; poner obstáculos que impidan, dificulten o retarden su utilización; sobrepasar los límites de cada espacio individual de parqueo; atentar contra los parquímetros; afectar su normal funcionamiento o inutilizarlos; todo sin perjuicio de las infracciones señaladas en la Ley de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial y su desarrollo complementario en el reglamento de la materia, relativas al estacionamiento vehicular, y demás normas de naturaleza penal.

2.2.2 Norma ISO 22320. Protección y Seguridad de los ciudadanos. Gestión de emergencias. Requisitos para la respuesta ante incidentes (no mandatorio).

Se basa en la adecuada detección y activación de avisos, en la gestión a través de un estructurado mando y control, una gestión de la información operativa clara y una coordinación, cooperación con los agentes implicados en la respuesta, que permita dar una respuesta eficaz con el fin de paliar los efectos negativos y salvar vidas. (Plan nacional de respuesta ante desastres, 2019)

Capitulo III

Marco Metodológico

3.1 Enfoque de la investigación

En el actual trabajo se utiliza el enfoque mixto integrando la utilización de la combinación de la investigación cualitativa y cuantitativa permitiendo tener una estructura y resultados completos en este estudio. Se obtendrá como resultado la combinación y análisis de los datos estadísticos con conocimientos contextualizados y permite la verificación de los resultados.

En la evolución de vulnerabilidad sísmica del Edificio Residencial “Los Armijos” ubicado en cantón pasaje se utilizó los planos arquitectónicos en físico que tenía la dueña del edificio, se realizó encuestas a los moradores de la Ciudadela del Chofer, se realizó una investigación contextual sobre la vulnerabilidad sísmica y se usó el software o programa SAP 2000.

3.2 Alcance de la investigación

El alcance descriptivo según el portal de Universidad de Guanajuato (2021) “Explora las especificaciones de las propiedades, las características e indaga los perfiles de personas, grupos, procesos, objetos o algún fenómeno que se someta a un análisis”. Se comprende como el alcance que establece las características y propiedades del objeto que se está analizando.

Mediante este alcance descriptivo el presente trabajo se ha desarrollado con las bases de conocimientos bibliográficos y fenómeno de estudio del riesgo sísmico que pueden afectar al edificio en estudio como daños estructural y no estructural.

3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos

Se empleó la técnica de encuesta con el uso de instrumento de un cuestionario enfocado en el conocimiento que tiene los habitantes de la Ciudadela el Chofer de la Ciudad de Pasaje sobre la vulnerabilidad sísmica y los daños que puede ocasionar un sismo en sus viviendas.

3.4 Población y muestra

La población está constituida por las viviendas que se encuentran en la Ciudadela Chofer que son 36. La muestra se basó en el muestreo de grupo de caso, donde se seleccionó el Edificio Residencial Los Armijos para realizar la evolución de vulnerabilidad sísmica por presentar las características y estructura de un edificio.

Capitulo IV

Informe

4.1 Presentacion y analisis de resultados

Mediante la aplicación de encuesta a los propietarios de las 36 viviendas que conforman el Ciudadela el Chofer del Cantón Pasaje.

4.1.1 Preguntas de cuestionario y analisis

4.1.1.1Pregunta 1.

¿Cree usted que la calidad de los materiales utilizados en una construcción en una vivienda interfiere de algún modo con la resistencia que este llegue a tener?

Tabla 6

Respuesta de la pregunta 1

Respuesta	Total	
	Cantidad	%
Si	25	69%
No	11	31%
Total	36	100%

Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Figura 20

Gráfico de Pregunta 1



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Interpretación: De los 36 encuestados el 69% indico que la eficiencia de los materiales utilizados de una construccion de una vivienda si interfieren en la resistencia mientras que el 31% indico que no.

Análisis: La mayoría de encuestado esta de acuerdo que el material a utilizar al momento de construir una casa si repercute al momento de medir la resistencia de la estructura.

4.1.1.2 Pregunta 2.

¿Cree usted necesario un estudio de suelo antes de realizar una construcción?

Tabla 7

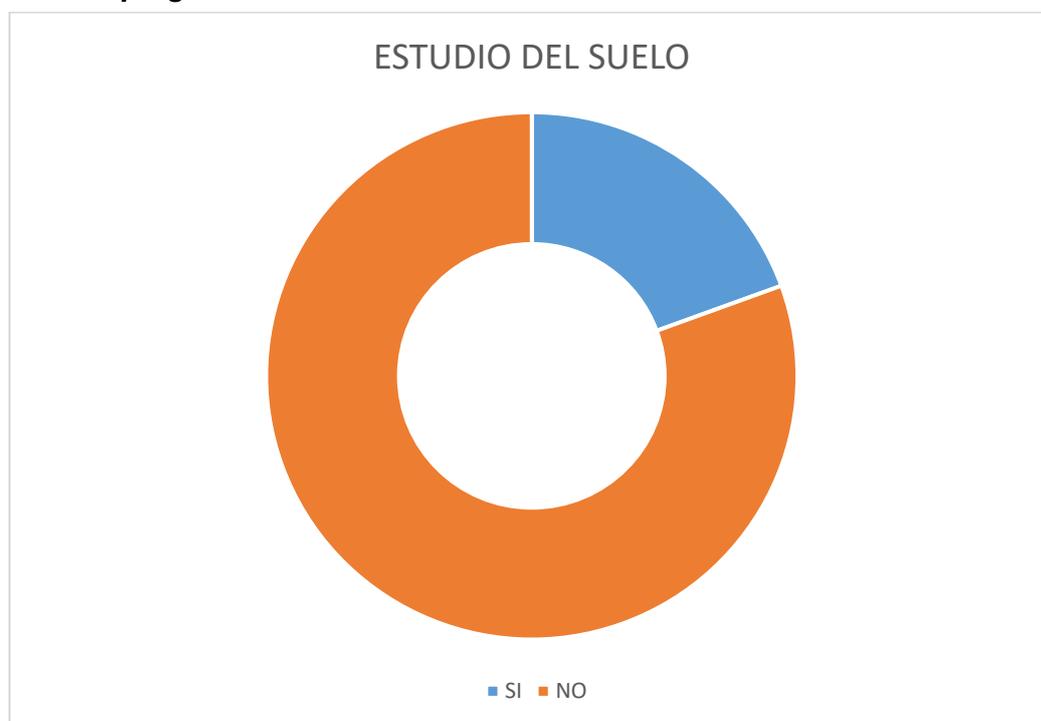
Respuesta de la pregunta 2

Respuesta	Total	
	Cantidad	%
Si	7	19%
No	29	81%
Total	36	100%

Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Figura 21

Gráfico pregunta 2



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Interpretación: De los 36 encuestados el 81% indico que es necesario realizar un estudio de suelo mientras que el 19% indico que no.

Análisis: Una alta cifra de encuestados indica que si se debería realizar un estudio de suelo antes de realizar una construcción, porque permitirá tener conocimientos si se puede ocasionar un asentamiento de las viviendas.

4.1.1.3 Pregunta 3.

¿En la construcción de su vivienda se utilizaron planos arquitectónicos?

Tabla 8

Respuesta de la pregunta 3

Respuesta	Total	
	Cantidad	%
Si	3	8%
No	33	92%
Total	36	100%

Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Figura 22

Gráfico pregunta 3



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Interpretación: De los 36 encuestados el 8% indico que si usaron planos arquitectónicos al momento de construir sus viviendas mientras que el 92% indico que no.

Análisis: La minoría de encuestado indicaron que antes de construir sus viviendas realizaron un plano arquitectónico. Existe una problemática porque eso indica que la mayoría de viviendas que esta construidas en la Ciudadela el chofer no ha sido construida con plano arquitectónico.

4.1.1.4 Pregunta 4.

¿Su vivienda cuenta con los permisos de funcionamiento y cumple con las NEC (Normas Ecuatoriana de Construcción)?

Tabla 9 Respuesta de la pregunta 4

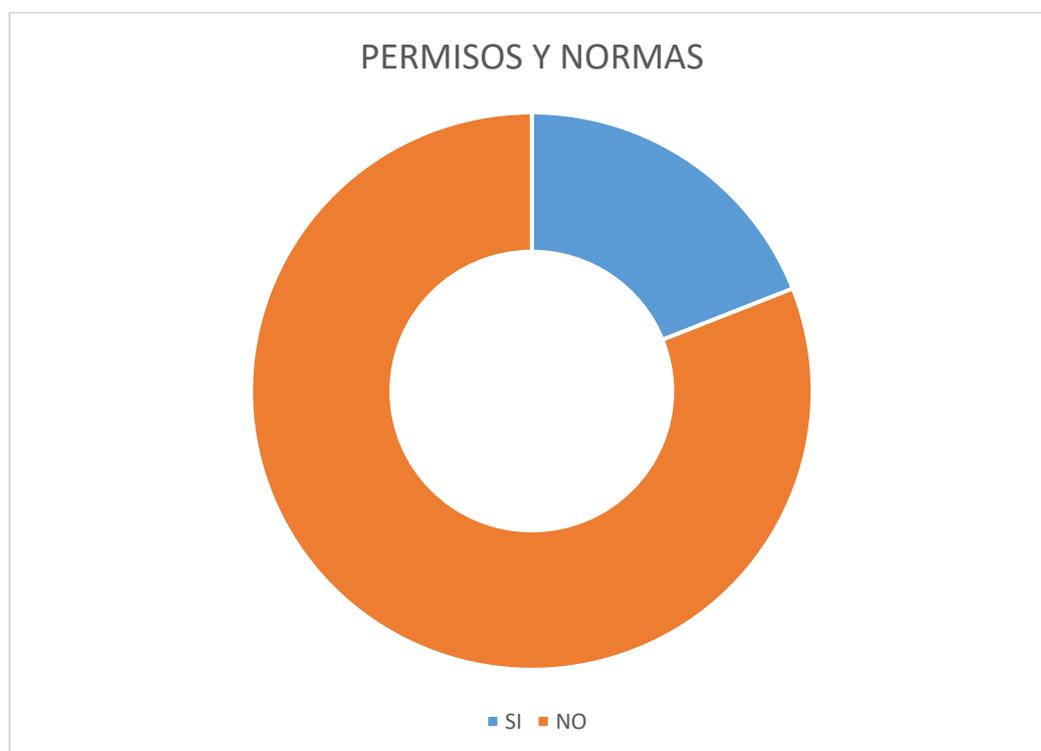
Respuesta de la pregunta 4

Respuesta	Total	
	Cantidad	%
Si	7	19%
No	29	81%
Total	36	100%

Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Figura 23

Gráfico de la pregunta 4



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Interpretación: De los 36 encuestados el 81% indico que no tiene permisos de funcionamiento y el 19%indico que si tiene.

Análisis: La mayoría de encuestado indico que no tiene permisos de funcionamiento y no sus viviendas no cumplen con las NEC, se puede entender que no todas las viviendas tienen una infraestructura basada en las normas y leyes que dicta la constitución del Ecuador.

4.1.1.5 Pregunta 5.

¿Considera usted que construyendo edificaciones con características capaces de disminuir la vulnerabilidad sísmica, se evitaría muchas pérdidas económicas, humanas y estructurales?

Tabla 10

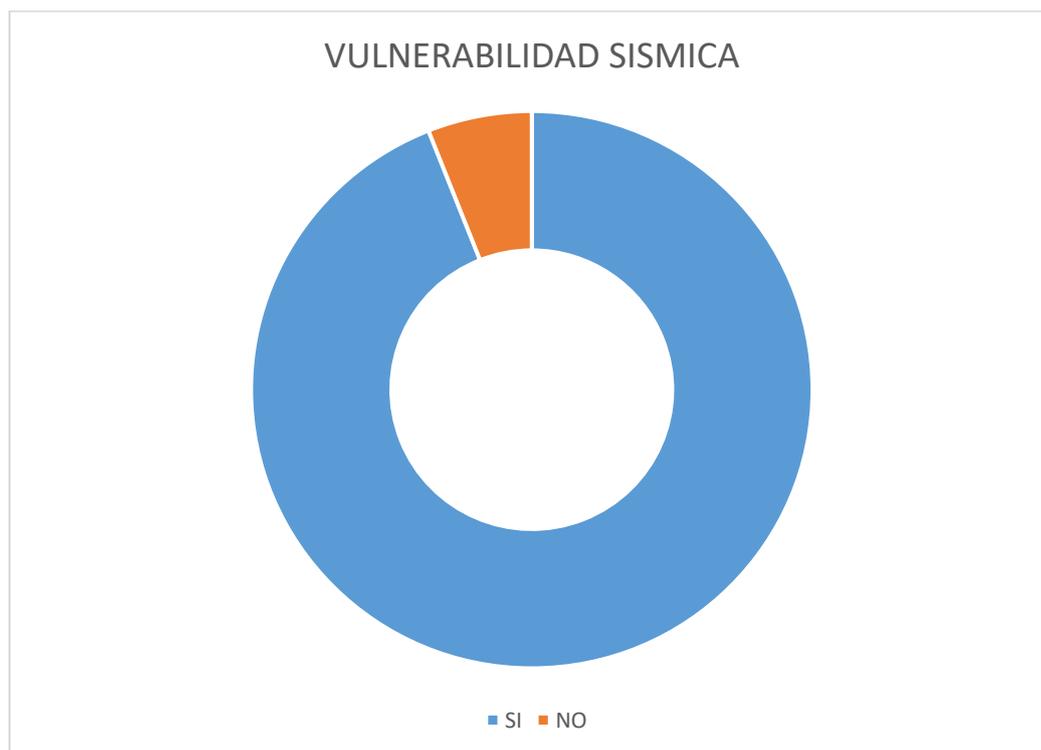
Vulnerabilidad sísmica

Respuesta	Total	
	Cantidad	%
Si	34	94%
No	2	6%
Total	36	100%

Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Figura 24

Gráfico de la pregunta 5



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Interpretación: De los 36 encuestados el 94% considera que si se debería construir edificaciones usando las características de disminución la vulnerabilidad sísmica mientras que el 6% indico que no.

Análisis: La mayoría de encuestado afirma que las viviendas deberían ser construidas con las características de vulnerabilidad sísmica.

4.1.1.6 Pregunta 6.

¿Considera usted que si se desarrolla un sismo de gran magnitud su vivienda sufriría daños?

Tabla 11

Respuestas de la pregunta 6

Respuesta	Total	
	Cantidad	%
Poco	18	50%
Mucho	15	42%
Ninguno	3	8%
Total	36	100%

Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Figura 25

Gráfico de la pregunta 6



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Interpretación: De los 36 encuestados el 50% indicaron que su vivienda tendría pocos daños si se llegara a producir un sismo de alta magnitud, el 42% indicó que mucho daño causaría el sismo y el 8% indicó que su vivienda no tendría ningún daño.

Análisis: Los encuestados en su mayoría mencionan que tendrían pocos daños en sus viviendas si se llega a producir un sismo de alta magnitud.

4.1.1.7 Pregunta 7.

¿Alguna vez ha realizado una evaluación de vulnerabilidad sísmica a su vivienda?

Tabla 12

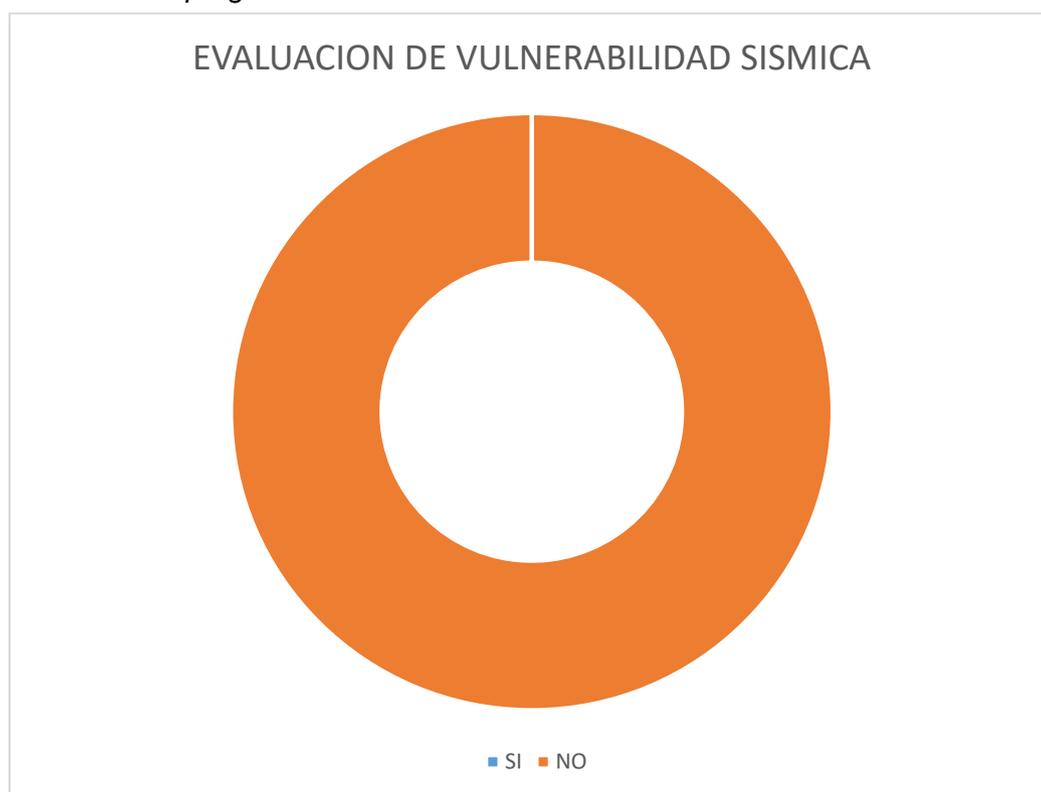
Respuestas de la pregunta 7

Respuesta	Total	
	Cantidad	%
Si	0	0%
No	36	100%
Total	36	100%

Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Figura 26

Gráfico de la pregunta 7



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Interpretación: De los 36 encuestados el 100% indica que ha su vivienda no le han realizado una evaluación de vulnerabilidad sísmica.

Análisis: Todos los encuestados indican que no le han realizado una evaluación de vulnerabilidad sísmica a sus viviendas.

4.2 Informe

Ficha Técnica

Tabla 13

Ficha técnica del edificio residencial “Los Armijos”

Nombre Del Proyecto:	Vulnerabilidad Sismica Del Edificio Residencial “Los Armijos”
Ubicación:	Ciudadela Del Chofer
Cantón:	Pasaje
Provincia:	El Oro
Calles:	Nestor Nieto Y Carlos Falquez Batalla
Coordenadas:	3°19'49.1"S 79°47'31.0"W
Propietario:	Ing. Gissella Armijos
Responsable del Informe:	Dayana Espinoza
Diseño estructural – planos físicos	Ing. Juan Armijos
Número De Pisos:	3 pisos
Número de habitaciones:	10 habitaciones
Ocupación	Residencial
Antigüedad de edificio	40 años
Materiales:	Adobe reforzado
Núcleo de comunicación vertical	Escaleras
Area De Calculo	116.57m ²

Elaborado: Espinoza, D. (2024)

4.3 Informe de Vulnerabilidad sísmica

Contiene la memoria técnica de análisis estructural del proyecto del edificio residencial “Los Armijos”, ubicado en el cantón Pasaje, provincia de El Oro, país Ecuador. Los detalles y dimensiones generales se muestran en los planos.

4.3.1 Antecedente

Se proyecta la construcción del edificio de tres pisos de hormigón armado. Para este propósito se hace necesario realizar un estudio de una vivienda con un área total 137.56 m². En función de la información entregada y los planos arquitectónicos del proyecto se realiza el diseño estructural en base a la tipología estructural del sistema a porticado de hormigón armado en sentido X-X y Y-Y. El sistema de piso es mediante losas alivianadas de hormigón armado, tanto para la losa entrepiso como para la losa de cubierta.

4.3.2 Alcance

Se detalla el procedimiento de análisis y diseño de los elementos estructurales del Edificio residencial “Los Armijos”, a fin de que cumplan con todas las especificaciones de las normativas aplicables en Ecuador, como son la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC -15 y ACI 318-14.

4.3.3 Descripción general de la estructura

El edificio proyectado consta de una estructura de hormigón armado distribuido en 2 plantas con un tapagrada de acuerdo a los planos arquitectónicos respectivos. La estructura utiliza el sistema de losa alivianada con viga banda y columnas distribuidas de forma aporticada de acuerdo a como se muestra en los planos estructurales.

Tabla 14

Distribución de áreas en planta – Total

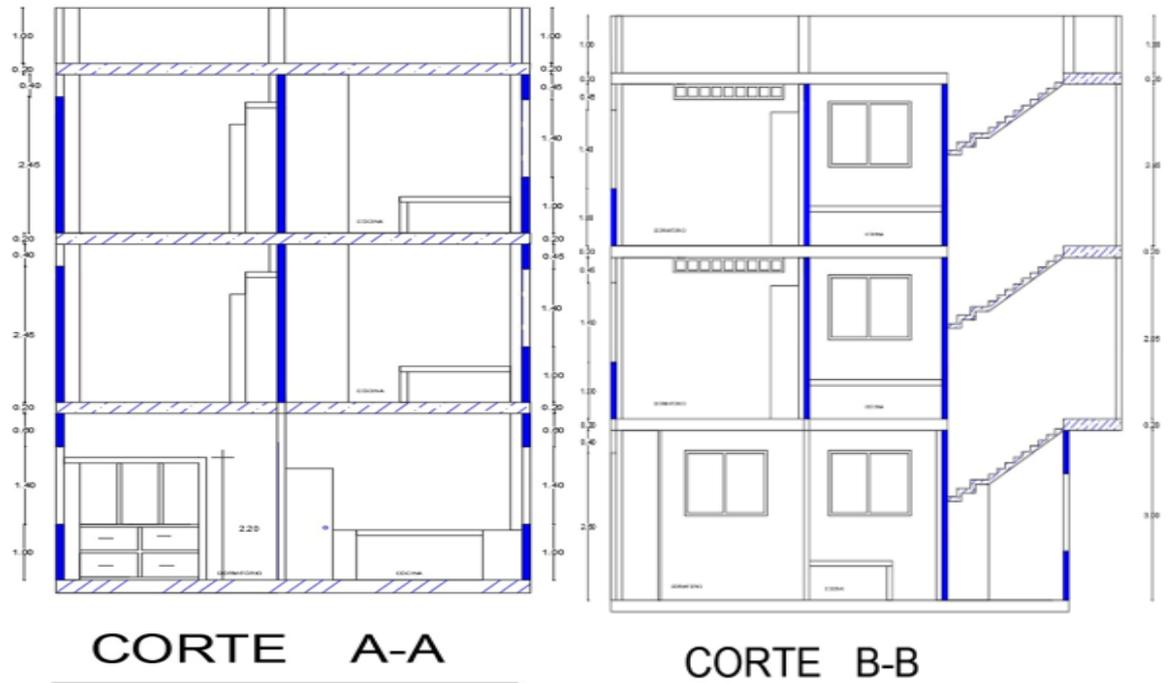
DISTRIBUCION DE AREAS EN PLANTA - TOTAL			
Descripción	Nivel	Área	Unidad
Primera Planta	N+3.00	40.87	m ²
Segunda Planta	N+5.80	37.85	m ²
Tercera Planta	N+8.60	37.85	m ²
	TOTAL	116.57	m ²

Elaborado: Espinoza, D. (2024)

4.3.3.1 Planos arquitectónicos.

Figura 27

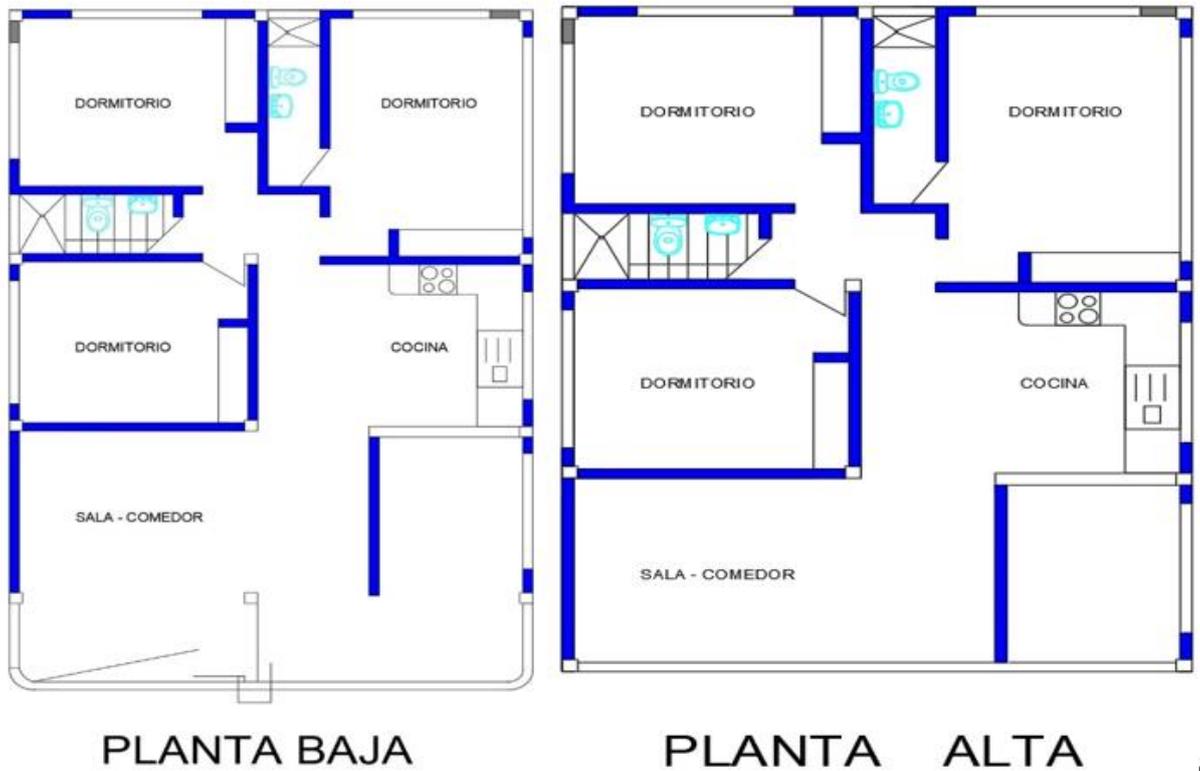
Cortes del edificio



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Figura 28

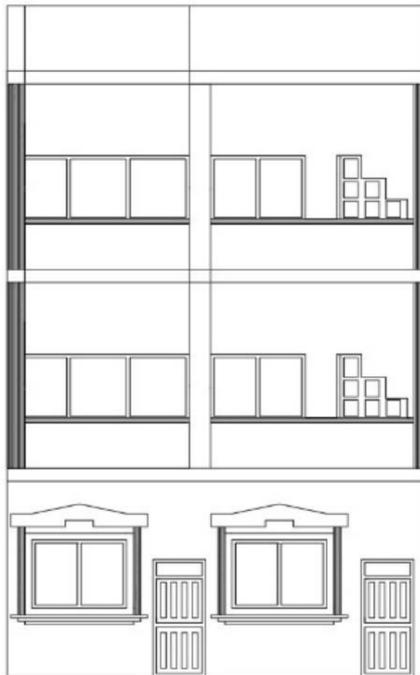
Distribución del edificio



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Figura 29

Fachada del edificio



FACHADA

Elaborado: Espinoza, D. (2024)

4.3.3.2 Componentes de la estructura.

*Zapatatas aisladas de hormigón armado, de sección tipo cuadrangular y que están apoyadas en un suelo mejorado y compactado.

*El contrapiso que conforma la estructura es de hormigón armado de espesor 20 cm, asentado directamente sobre el suelo debidamente compactado.

*Cadenas de amarre y columnas de hormigón.

*Vigas banda de hormigón.

*Losa alivianada en 2 direcciones de hormigón armado de espesor 20 cm.

5.2.3.3 Materiales a intervenir

*El hormigón utilizado para la conformación de los elementos estructurales, tiene una resistencia característica a la compresión simple de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, a los 28 días de ser fundado en sitio.

*El acero de refuerzo utilizado tiene una firmeza a la fluencia de $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$, en varillas corrugadas de diámetros variables, distribuidas en todo el desarrollo de los elementos estructurales, tanto para el refuerzo longitudinal como para el refuerzo transversal en forma de estribos.

*Malla electrosoldada como elemento controlador de retracción y temperatura, cuya firmeza a la fluencia es de $f_y=5000 \text{ kg/cm}^2$.

4.3.4 Criterios Generales de diseño

Para el estudio del Edificio residencial “Los Armijos” se uso la NEC y sus apartados correspondientes:

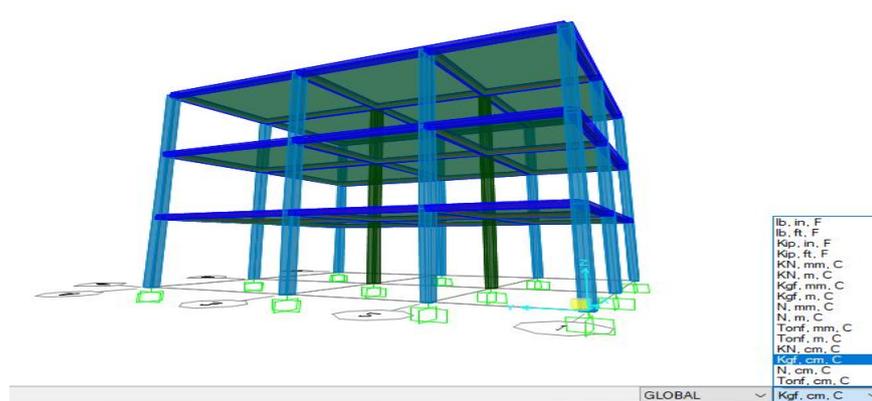
- NEC-SE-CG: Cargas no Sísmicas
- NEC-SE-CM: Geotécnica y Cimentaciones.
- NEC-SE-HM: Estructuras de Hormigón Armado.
- NEC-SE-DS: Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente

Adicional la norma americana complementaria American Concrete Institute - ACI 318-19.

4.3.5 Modelación del edificio – SAP 2000

Figura 30

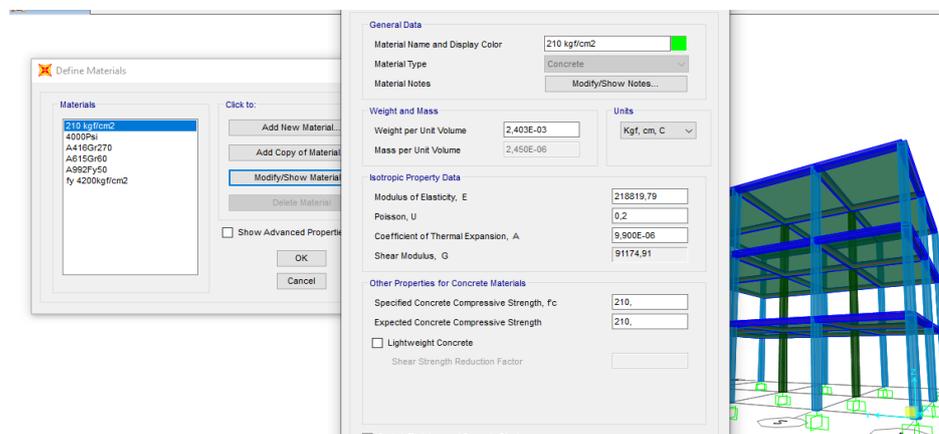
Definición de unidades



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Figura 31

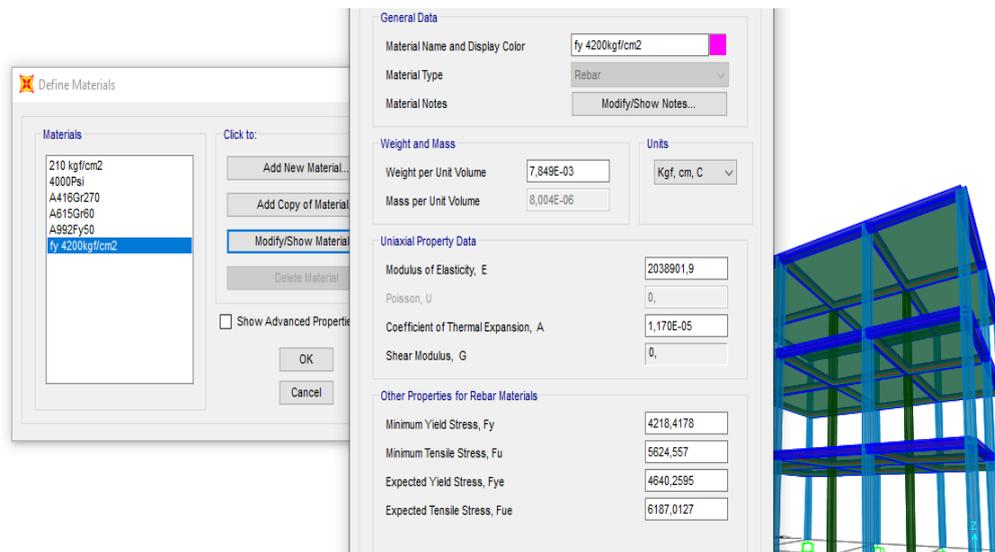
Definición de materiales – hormigón armado



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Figura 32

Definición de materiales - acero de refuerzo



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

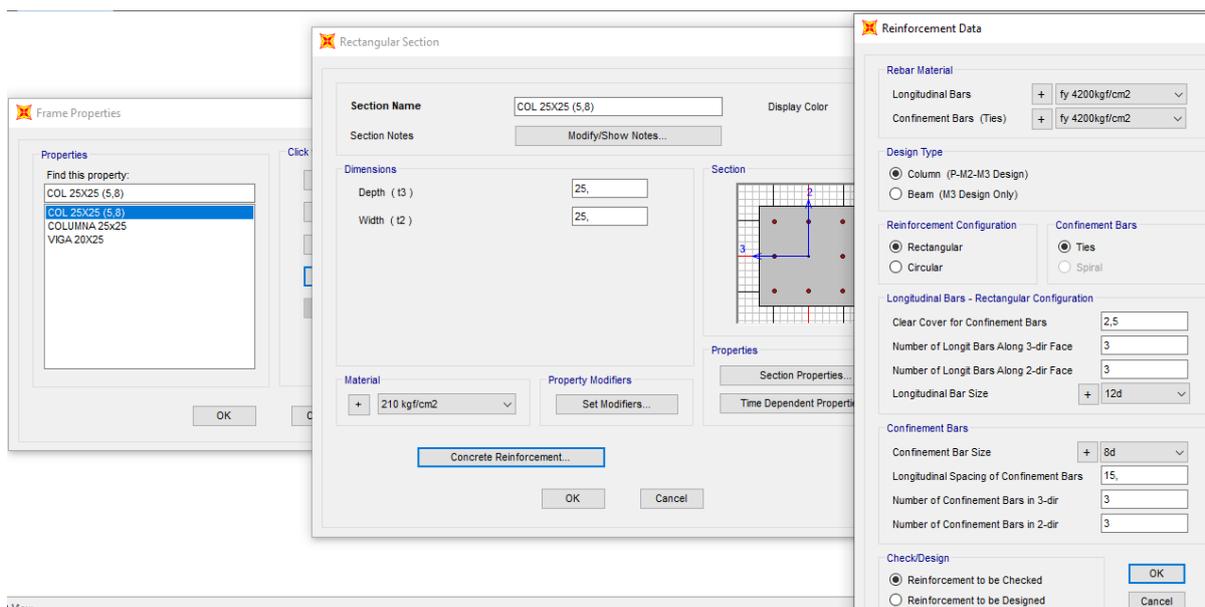
4.3.6 Geometría de los elementos estructurales

4.3.6.1 Columnas.

La estructura proyectada se trata de un sistema aporticada de hormigón armado, que emplea el sistema de losa aliviada con viga de banda. Además, se toma en cuenta los modificadores para inercias agrietadas de acuerdo a lo dispuesto en el capítulo 6.1.6 de NEC-SE-DS.

Figura 33

*Seccionado de columnas - 25*25*

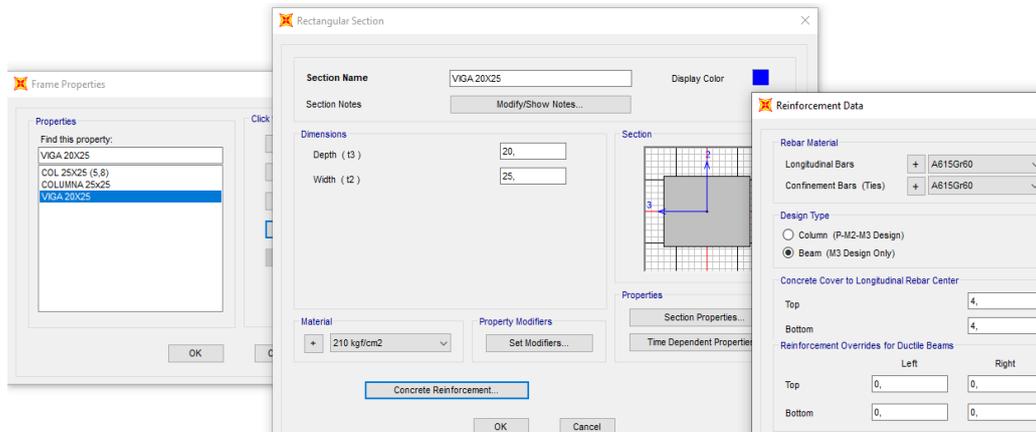


Elaborado: Espinoza, D. (2024)

4.3.6.2 Vigas.

Figura 34

Secciones de vigas - V30*25



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

4.3.6.3 Losa.

El sistema de losa, corresponde a una losa alivianada con viga banda, el mismo que fue verificado en obra y chequeado con las dimensiones mínimas requeridas de acuerdo al ACI-318-08. Se realiza el cálculo de losa equivalente para representarla como elemento SHELL en el modelo.

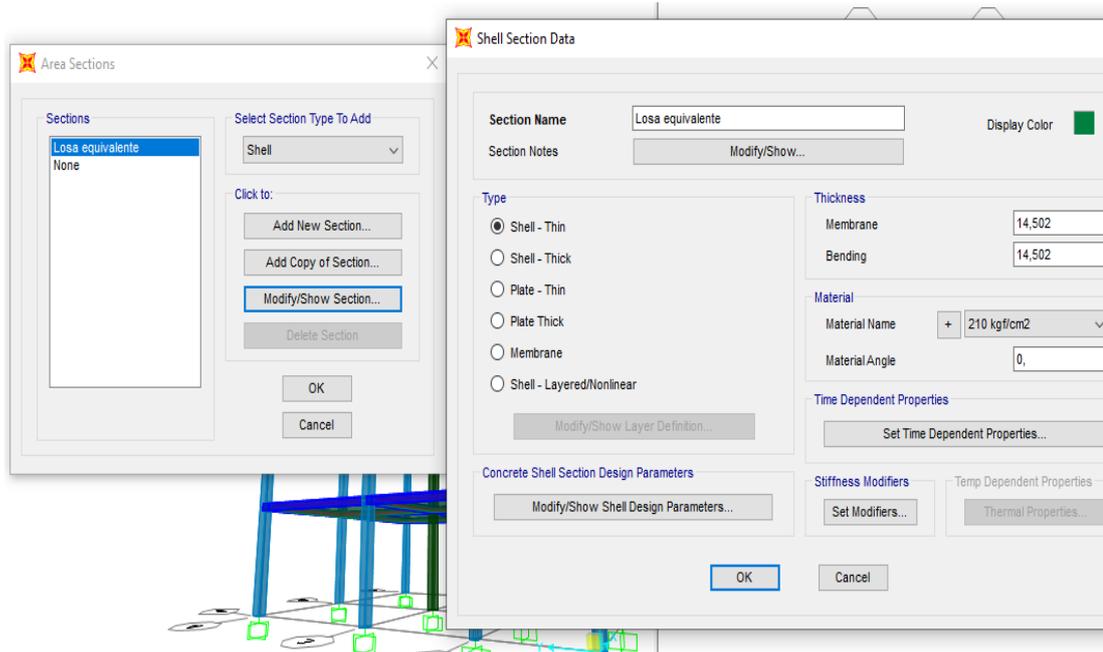
Tabla 15

Espesor de la losa alivianada

MATERIALES			
Esfuerzo compresión horm.	f_c	210.00	kg/cm ²
Esfuerzo fluencia ref.	f_y	4200.00	kg/cm ³
Peso específico del hormigón	γ_{hor}	2.40	t/m ³
Peso específico del acero	γ_{liv}	0.85	t/m ³
GEOMETRIA DE PANEL LOSA			
Longitud de panel mayor	L_{may}	4.75	m
Longitud de panel menor	L_{men}	3.75	m
ESPESOR MINIMO DE LOSA MACIZA			
Relación de inercia viga/losa	α_{fm}	0.20	s. u
	β	1.24	s. u
	h_1	5.00	cm
	h_2	15.00	h
	$h_{min req.}$	14.502	cm
GEOMETRIA DE LOSA NERVADA			
Ancho unitario de loseta	b_l	50.00	cm
Ancho de nervio	b_n	10.00	cm
Altura de loseta	h_l	5.00	cm
Altura de nervio	h_n	15.00	cm
Altura total	h	25.00	cm

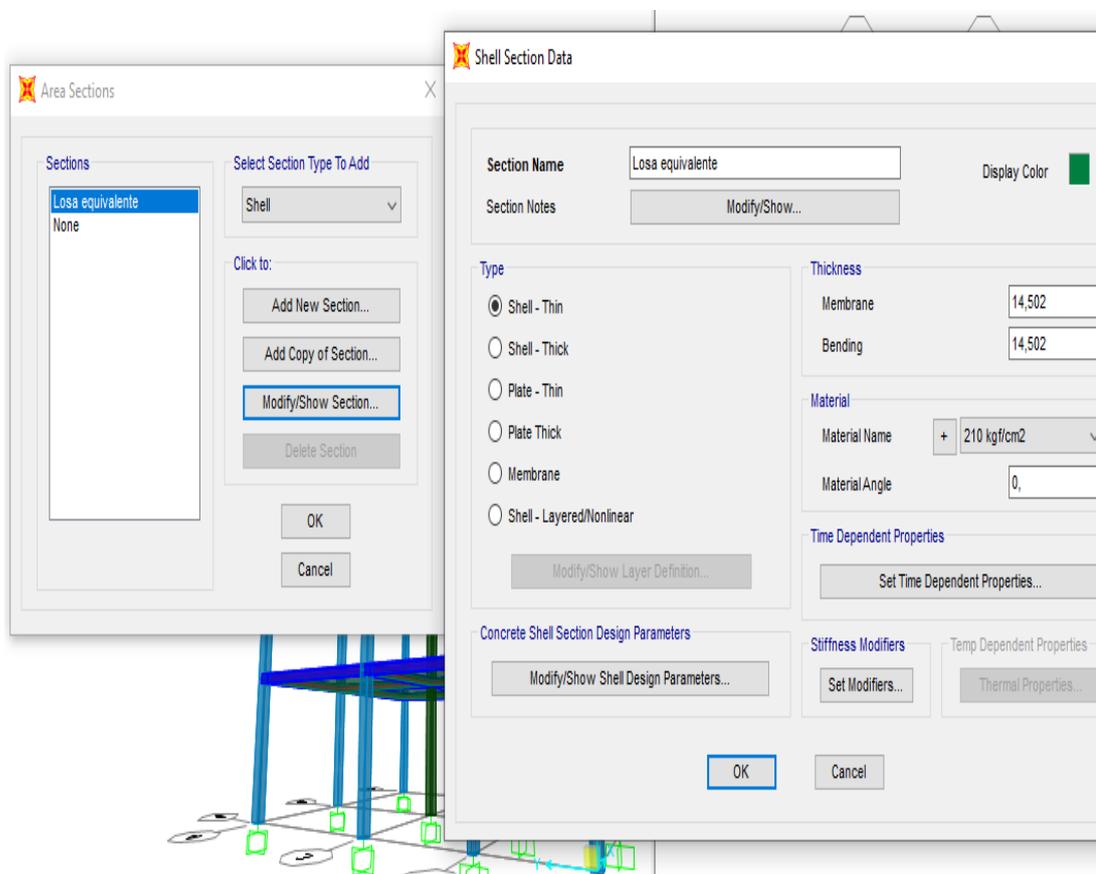
Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Figura 35
Secciones de losa alivianada



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Figura 36
Secciones de losa alivianada - espesor 25 cm

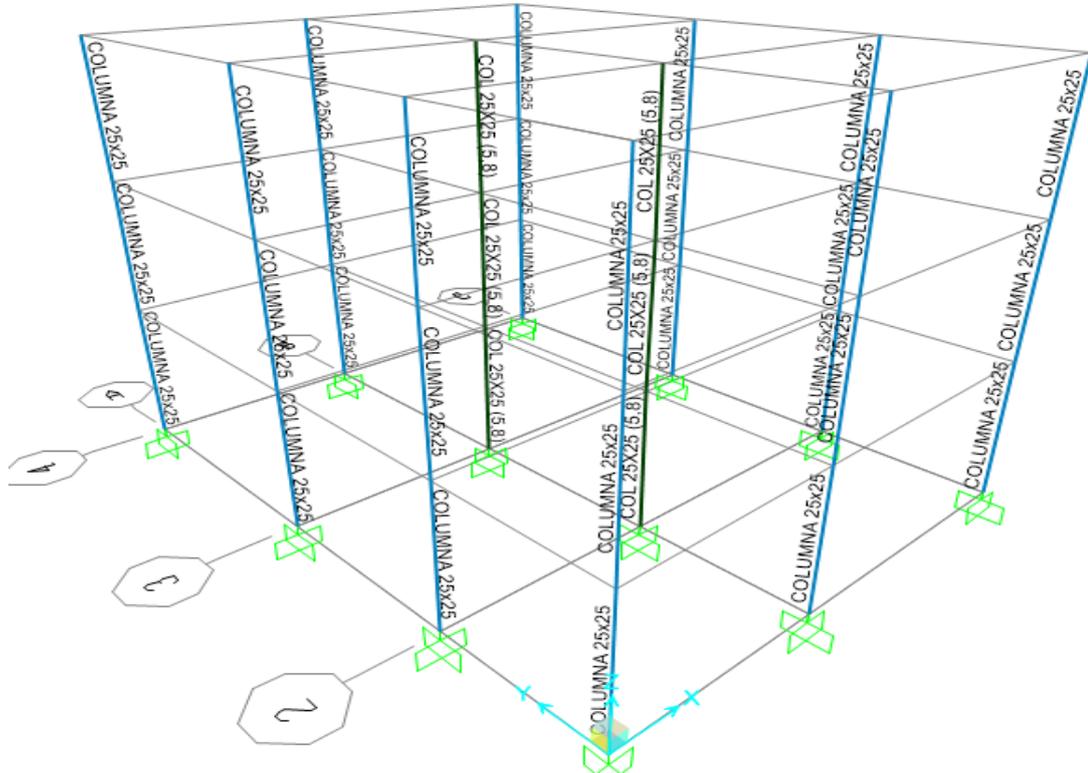


Elaborado: Espinoza, D. (2024)

4.3.7 Definición de la geometría

Figura 37

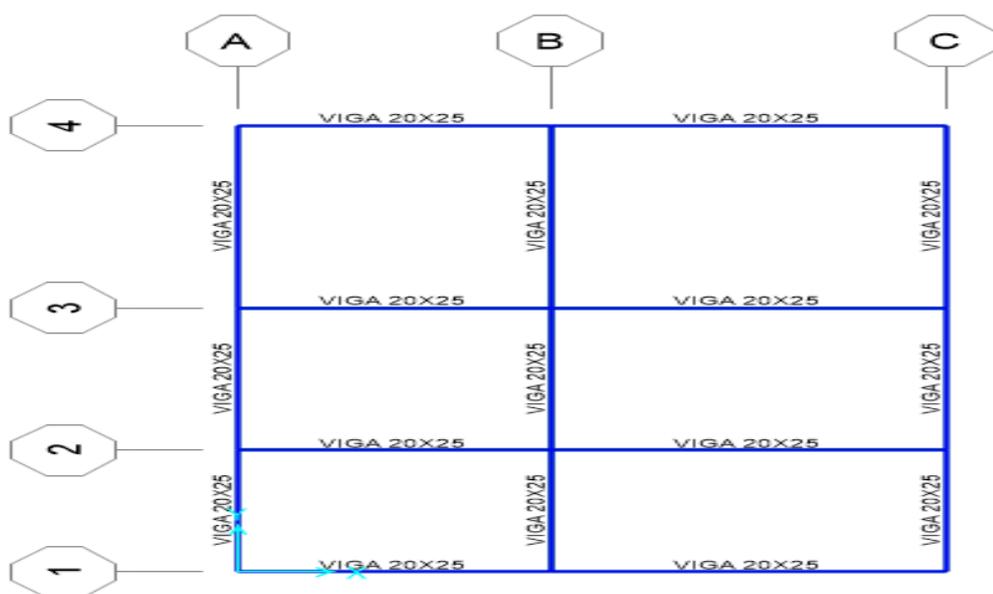
Geometría general - secciones de columnas



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Figura 38

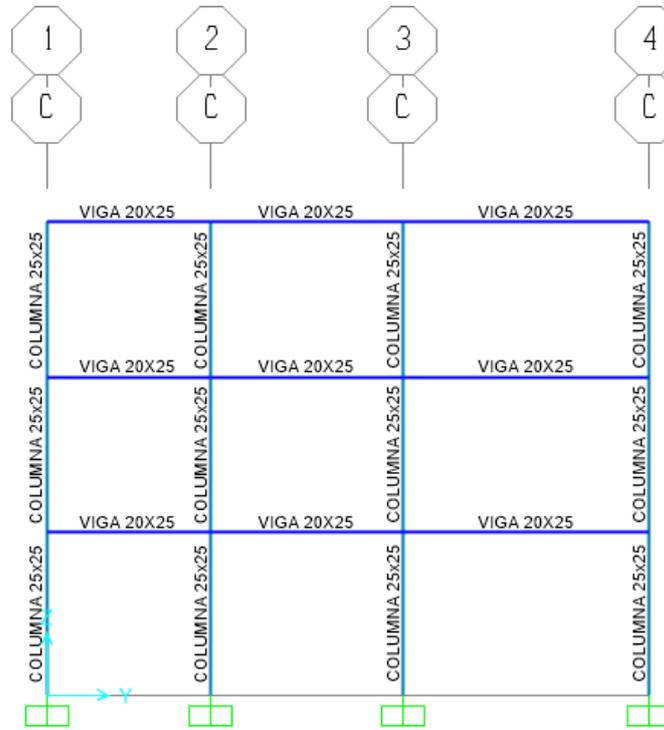
Geometría general - secciones de vigas de losa entrepiso



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Figura 39

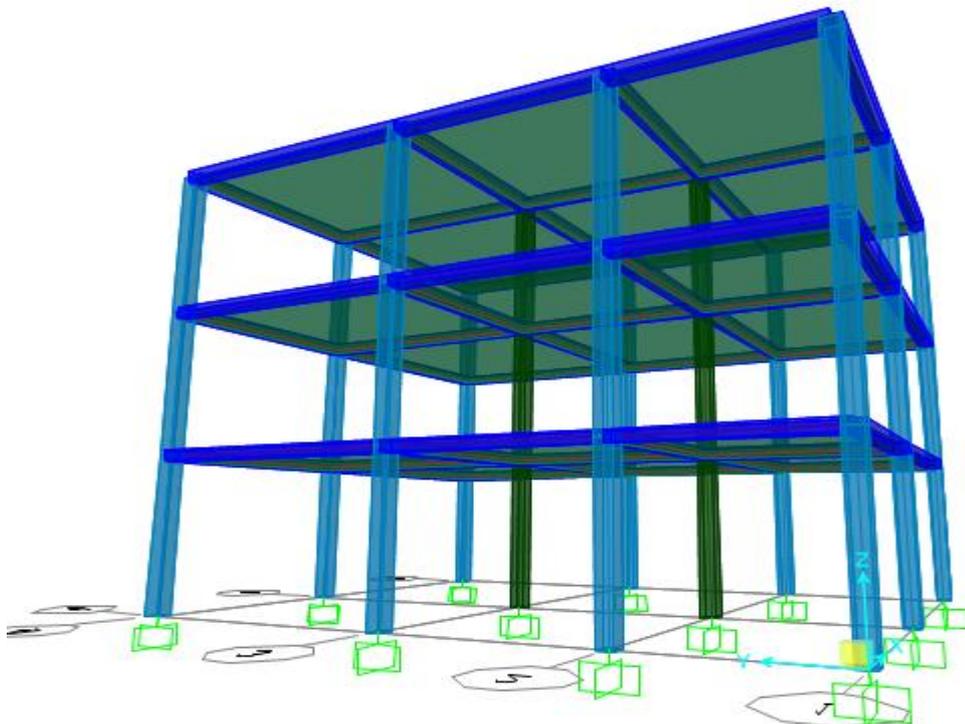
Geometría general - sesiones de columnas



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Figura 40

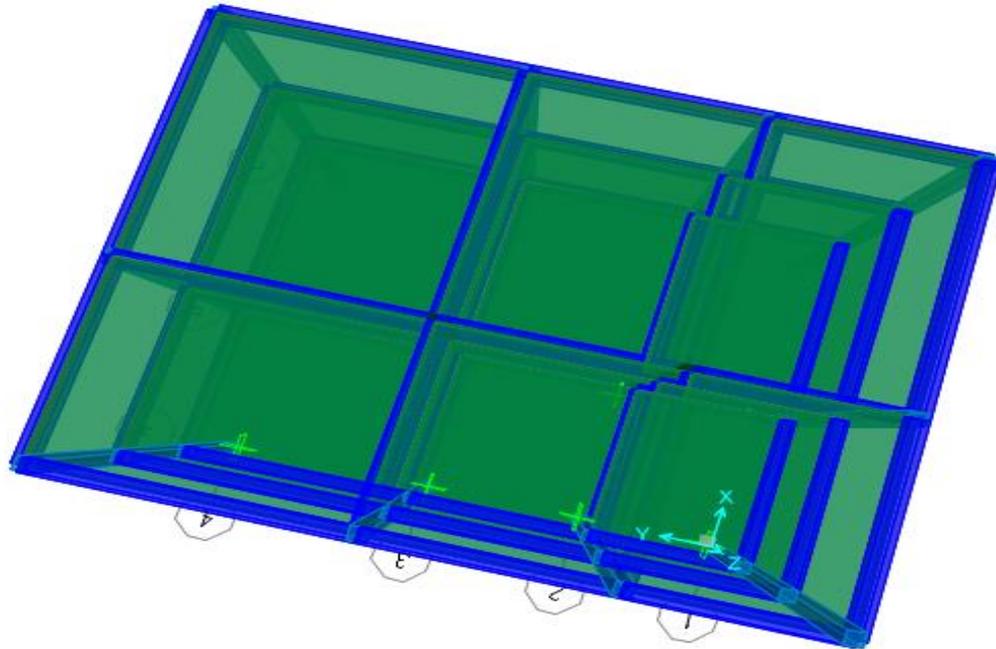
Geometría general - vista lateral



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Figura 41

Geometría General - Vista en planta



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

4.3.8 Estados de carga

4.3.8.1 Peso Propio (PP)

El peso específico del hormigón armado es de 2.4028 t/m³, para el acero de refuerzo el peso volumétrico es 7.849 t/m³. El valor de peso propio es de 188.413.

4.3.8.2 Carga muerta (D).

Tabla 16

Carga muerta

CARGA MUERTA (D)		
Entrepiso		
Masillado	0.050	t/m ²
Piso	0.010	t/m ²
Mampostería	0.100	t/m ²
Enlucido	0.060	t/m ²
Instalaciones	0.030	t/m ²
D	0.25	t/m²
Terraza		
Masillado	0.044	t/m ²
D	0.044	t/m²

Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Para losas de entrepiso, se considera una sobrecarga de masillados, acabados, mamposterías, enlucidos, instalaciones eléctricas, sanitarias y otros dispositivos que se instalen, un total de 250,00 kg/m².

Figura 42

Losa Entrepiso



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

4.3.8.3 Cargas vivas.

Conforme el NEC-SE-CG se ha tomado la carga para áreas de residencia de 200 kg/m² en todas las losas de entrepiso, y para la terraza inaccesible la carga para cubiertas de 70 kg/cm².

Tabla 17

Carga viva

CARGA VIVA			
Segunda Planta	N+5.80	0.20	t/m ²
Tercera Planta	N+8.60	0.20	t/m ²

Elaborado: Espinoza, D. (2024)

4.3.9 Cargas sísmicas (S(X-X) y S(Y-Y))

Para la determinación de las cargas por sismo se realizó un análisis modal espectral y la aplicación del espectro elástico. Un espectro elástico se estableció sobre la base de la NEC-2015 en su capítulo NEC-SE-DS-2015 Peligro Sísmico. Para ello es necesario establecer los valores Fa, Fd y Fs, en función del tipo de suelo.

4.3.9.1 Combinaciones de carga.

Para la edificación se consideran 8 combinaciones de carga:

- | | |
|------------------|------------------------|
| 1. D+L | 5. $1.2*D+1.6*L+0.5W$ |
| 2. D+L+E | 6. $1.2D+1.0W+L$ |
| 3. $1.4*D$ | 7. $1.2*D+1.0*E+1.0*L$ |
| 4. $1.2*D+1.6*L$ | 8. $0.9*D+1.0*E$ |

Tabla 18

Combinaciones de carga

CARGAS	COMBINACIONES							
	COMB 1	COMB 2	COMB 3	COMB 4	COMB 5	COMB 6	COMB 7	COMB 8
Peso propio	1.00	1.00	1.40	1.20	1.20	1.20	1.20	0.90
Sobrecarga	1.00	1.00	1.40	1.20	1.20	1.20	1.20	0.90
Viva	1.00	1.00		1.60	1.60	1.00	1.00	
Sismo X		1.00					1.00	1.00
Sismo y		1.00					1.00	1.00

Elaborado: Espinoza, D. (2024)

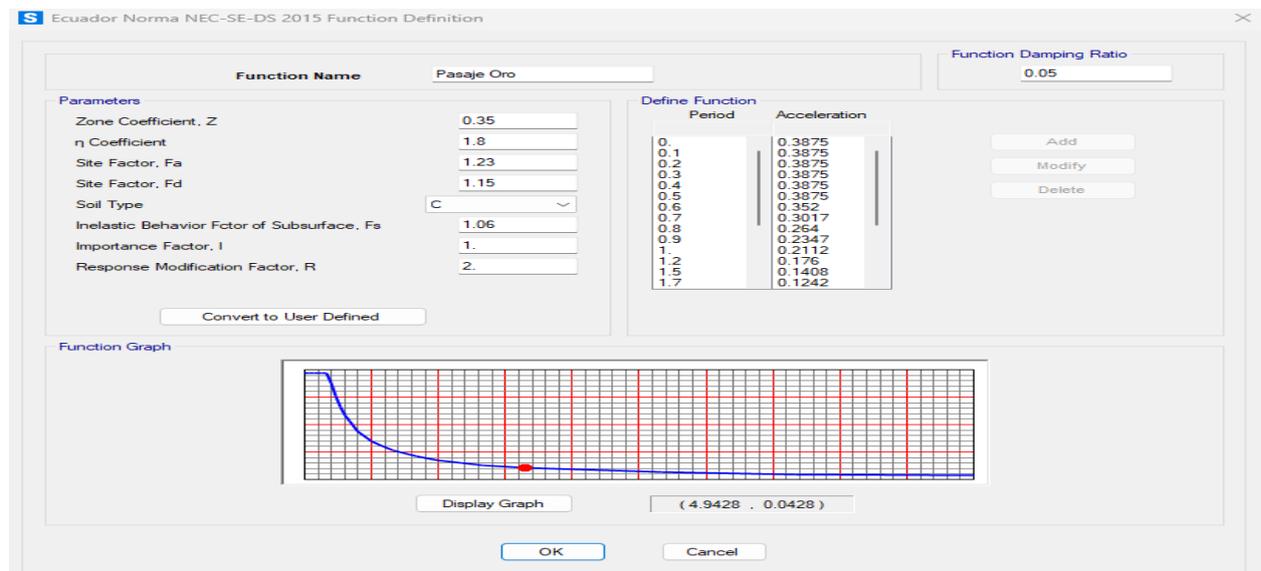
4.4 Análisis estructural

4.4.1 Análisis estático-lineal

4.3.1.2 Cálculo del periodo.

Figura 43

Cálculo del periodo



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Los resultados generados luego del análisis estructural, para cada elemento, puede ser visualizados en la figura 32, debido a que el programa ofrece resultados de cualquier ubicación.

4.4.1.3 Comprobación del periodo y el periodo del modelo matemático.

La NEC-2015, permite que el periodo de vibración de la estructura evaluado mediante sistemas computacionales, o de forma manual sea menor que 1.30 veces del periodo calculado mediante las recomendaciones esta norma. En este caso la relación es de 1,037, por lo que la estructura tiene la suficiente rigidez para soportar las acciones externas laterales. Por lo tanto, se concluye que los elementos estructurales colocados, como secciones de columnas y vigas, cumplen su propósito que es dar rigidez global a la edificación.

4.4.2 Comportamiento dinámico

Según la NEC15 menciona que no debe de diferir en más de 30% del periodo aproximado con el periodo calculado por el método 2. En este caso podemos observar que el comportamiento es incorrecto por la inadecuada elección de la geometría y armado de refuerzo.

Figura 44

Cálculo aproximado periodo estructural

$T = C_t h_n^s$		
T aprox=	0.410	[seg]
T max=	0.5326	[seg]
T Sap=	0.7488	[seg]

Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Figura 45

Modal

The screenshot shows a software window titled "Modal Participating Mass Ratios". It contains a table with the following columns: OutputCase, StepType Text, StepNum Unitless, Period Sec, UX Unitless, UY Unitless, UZ Unitless, SumUX Unitless, SumUY Unitless, SumUZ Unitless, and Un. The first row is highlighted in blue, and the values for Period Sec, SumUX, and SumUY are highlighted in yellow.

OutputCase	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	Un
MODAL	Mode	1	0.748814	0.862164	0.002049	3.904E-07	0.862164	0.002049	3.904E-07	
MODAL	Mode	2	0.718187	0.00567	0.883795	6.726E-07	0.867833	0.885845	1.063E-06	
MODAL	Mode	3	0.680482	0.035533	0.023329	2.22E-11	0.903367	0.909174	1.063E-06	
MODAL	Mode	4	0.252943	0.078296	0.000408	2.703E-06	0.981663	0.909582	3.766E-06	
MODAL	Mode	5	0.245083	0.000799	0.07695	5.168E-06	0.982461	0.986532	8.935E-06	
MODAL	Mode	6	0.226455	0.003587	0.001301	7.954E-09	0.986048	0.987833	8.943E-06	
MODAL	Mode	7	0.163509	0.012753	0.000352	3.609E-07	0.998801	0.988185	9.303E-06	
MODAL	Mode	8	0.160805	0.000513	0.011667	9.881E-07	0.999314	0.999853	1E-05	
MODAL	Mode	9	0.142971	0.000684	0.000145	4.228E-09	0.999998	0.999998	1E-05	

Elaborado: Espinoza, D. (2024)

4.4.2.1 Verificación de la torsión en los 3 primeros modos.

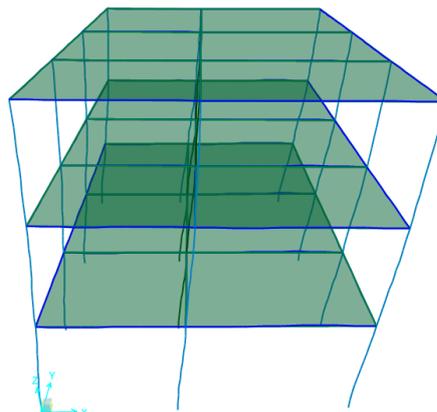
Del resumen los 3 primeros modos, se puede concluir:

- El comportamiento Modal 1 es de traslación con un pequeño porcentaje de rotación.
- El comportamiento Modal 2 es de traslación con un pequeño porcentaje de rotación.
- El comportamiento Modal 3 es de rotación.

Del análisis se puede concluir que el comportamiento estructural de la edificación es el adecuado, ya que los 2 primeros modos de vibración son de traslación y el tercer modo es de rotación, para la edificación analizada, tal cual se muestran en las figuras.

Figura 46

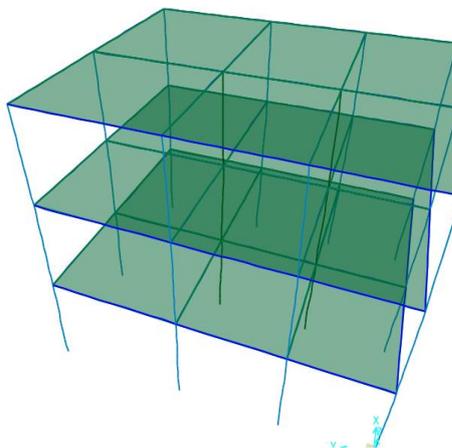
Deformación modal - modo 1 – traslacional



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

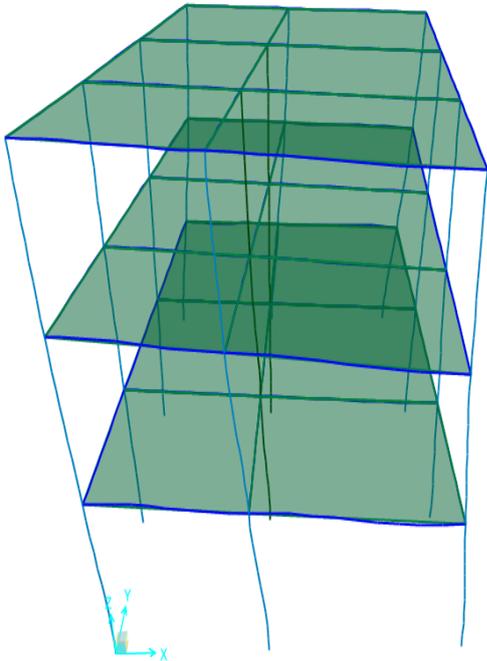
Figura 47

Deformación modal - modo 2 – traslacional



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Figura 48
Deformación modal - modo 3 – rotación



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

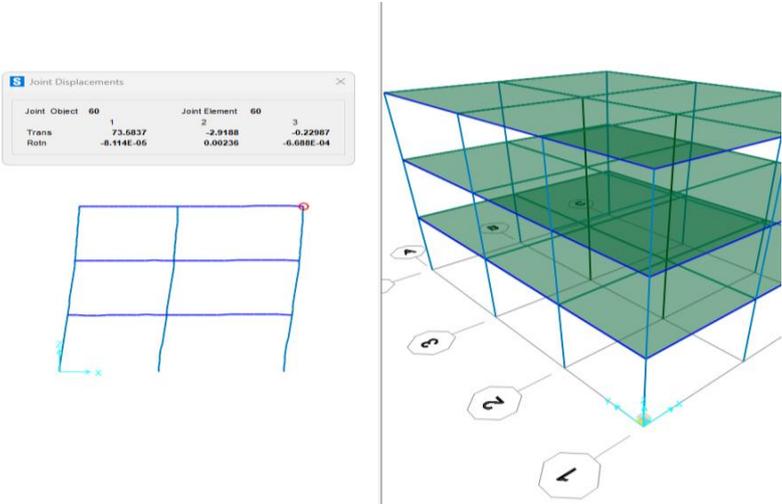
4.4.2.2 Derivas de piso.

Las derivas de piso inelásticas se calculan con la siguiente expresión:

$$\Delta i = 0.75 * R * \Delta e \leq \Delta M = 0.02$$

Como se observa, las derivas de piso de la estructura para los diferentes análisis no exceden del 2.00%, recomendado por la NEC2015.

Figura 49
Derivas de piso



Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Figura 50

Cálculos

DERIVA DE PISO Sey							
NODO	Desplazamiento	Desplazamiento relativo	Altura de piso	Deriva Elastica	Deriva Inelastica	Limite Normativo	Revision
	Ux	[mm]	[mm]	[mm]	%		
A2	80.94	16.20	2850	0.0057	0.85263	2%	Ok
A1	64.74	30.47	2850	0.0107	1.60368	2%	Ok
A1	34.27	34.27	3000	0.0114	1.71350	2%	Ok
A0	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00000	2%	Ok
R =				2			

DERIVA DE PISO Sex							
NODO	Desplazamiento	Desplazamiento relativo	Altura de piso	Deriva Elastica	Deriva Inelastica	Limite Normativo	Revision
	Ux	[mm]	[mm]	[mm]	%		
A2	73.58	15.26	2850	0.0054	0.80316	2%	Ok
A1	58.32	28.23	2850	0.0099	1.48579	2%	Ok
A1	30.09	30.09	3000	0.0100	1.50450	2%	Ok
A0	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00000	2%	Ok
R =				2			

DERIVA DE PISO SDy							
NODO	Desplazamiento	Desplazamiento relativo	Altura de piso	Deriva Elastica	Deriva Inelastica	Limite Normativo	Revision
	Ux	[mm]	[mm]	[mm]	%		
A2	60.45	11.11	2850	0.0039	0.58474	2%	Ok
A1	49.34	22.49	2850	0.0079	1.18368	2%	Ok
A1	26.85	26.85	3000	0.0090	1.34250	2%	Ok
A0	0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00000	2%	Ok
R =				2			

Elaborado: Espinoza, D. (2024)

Conclusión

El edificio residencial “Los Armijos” fue evaluada su estructura presenta problemas en periodos altos que no cumplen con los límites mínimo ya normados en la NEC15, al tener la estructura frecuencias bajas presenta periodos altos por ende es una estructura flexible. Con una vulnerabilidad sísmica alta.

Las secciones indicadas en los planos son menores a las mínimas que nos dice la norma NEC 15, puntualmente hablando de las columnas que el área es menor a la normada. Al ser un elemento estructural principal nos deja una estructura con baja capacidad de soportar cargas sísmicas y estáticas. Dándonos un comportamiento estructural general inapropiado.

En el modelo matemático tridimensional analizado simulando un sismo mediante un espectro de diseño. Observamos la nula capacidad de resistir fuerzas laterales provenientes de los cortantes basales estáticos y dinámicos. Las columnas en los anexos podemos observar los valores de la relación demanda capacidad.

La evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras hace alusión al FEMA 154 donde mediante el formulario para una inspección visual rápida poder calificar a una estructura como vulnerable y proceder con el analizar estructural mediante ensayos y modelos matemáticos tridimensionales.

Recomendaciones

- Reforzar o re construir la estructura para que cumpla con las medidas establecidas por la Norma Ecuatoriana de Construcción.
- Realizar juntas de construcción entre la estructura de dos pisos y la estructura principal del edificio residencial “Los Armijos” para que tengan un sistema estructural independiente entre ellas.
- Considerar los aspectos ambientales que se puedan presentar como cambios climáticos o sismos en la zona, para realizar el debido refuerzo o reconstrucción del edificio residencial.
- Realizar estudio de suelo y cumplir con todas las normas y estatutos de construcción con el fin de tener una vivienda segura, que disminuya la probabilidad de tener pérdidas humanas y económicas cuando se suscite un sismo de alta o baja magnitud.

- Moreno, R., & Bairan, J. (2019). Curvas de fragilidad para evaluar el daño sísmico en edificios de concreto armado con losas reticulares. *Scielo*, 30. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652010000400007
- Noel, J. (2019). *EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO*. Lima: USMP.
- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (Diciembre de 2015). Obtenido de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/2023/03/2.-NEC-SE-DS-Peligro-Sismico-parte-1.pdf>
- Pimbo, F. (2021). *ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA MECÁNICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MEDIANTE LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES*". Ambato: UTA.
- Pina, L. (11 de Julio de 2023). *El enfoque cualitativo: Una alternativa compleja dentro del mundo de la investigación*. Obtenido de Scielo: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2542-30882023000100001
- Pinargote, V., & Malave, J. (2023). Análisis de vulnerabilidad sísmica en estructuras de la Parroquia. *Digitak Publisher*, 143.
- Plan nacional de respuesta ante desastres. (Diciembre de 2019). Obtenido de <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/08/Plan-Nacional-de-Respuesta-SGR-RespondeEC.pdf>
- Reinoso, J., & Mazon, P. (2020). *EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA APLICANDO*. Sangolpi: ESPE.
- Relmcs. (2019). Uso de cuestionarios en investigaciones sobre universidad: análisis de experiencias. *Relmcs*, 15.
- Saavedra, J., & Mahecha, C. (2019). *Repositorio*. Obtenido de <https://repositorio.unibague.edu.co/server/api/core/bitstreams/7ee5feb1-c0e6-4549-9e45-0f3ad4029db1/content>
- Safety Culture*. (9 de Febrero de 2023). Obtenido de <https://safetyculture.com/es/temas/construccion-residencial/>
- UDC. (15 de Julio de 2019). Obtenido de https://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC/Investigacion/Terremotos/QUE_ES.htm#:~:text=Magnitud%20de%20Escala%20Richter&text=3.5%20%2D%205.4%20A%20menudo%20se,7.0%20%2D%207.9%20Terremoto%20mayor.
- UDET. (15 de Agosto de 2019). Obtenido de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6226/14CAPITULO5.pdf?sequence>

Universidad de costa Rica. (23 de Enero de 2019). Obtenido de

<https://rsn.ucr.ac.cr/documentos/educativos/geologia/3412-placas-tectonicas>

Universidad de Guanajuato. (13 de Diciembre de 2021). <https://blogs.ugto.mx/>. Obtenido de

<https://blogs.ugto.mx/rea/clase-digital-4-definicion-del-alcance-de-la-investigacion-que-se-realizara-exploratorio-descriptivo-correlacional-o-explicativo/>

Universidades Santader. (12 de Diciembre de 2021). *Santanderopenacademy*. Obtenido de

<https://www.santanderopenacademy.com/es/blog/cualitativa-y-cuantitativa.html>

Vizconde, A., & Delgado, R. (2018). Evaluación del riesgo sísmico de edificaciones

existentes en la Isla Isabela, Galápagos. *Dialnet*, 109.

Anexos

Anexo 1

Foto de vivienda



Anexo 2

Formulario de detección visual rápida de vulnerabilidad sísmica

Anexo 1. FORMULARIO DE DETECCIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA PARA EDIFICACIONES **Nivel 1**

Formulario de recopilación de datos con base al FEMA P-154 **Muy alta sismicidad**

ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACIÓN

101 DATOS EDIFICACION								
102 Nombre de la Edificación:	Armijs							
103 Dirección:	Cdla. Chofer Pasaje							
104 Sitio de referencia:	105 Código Postal: 593							
106 Tipo de uso: Residencial								
107 Latitud:	108 Longitud: 10000							
107A Zona: 107B (Norte):	108A Este: 5000							
109 S:	110 SI: 100							
111 DATOS DEL PROFESIONAL								
112 Nombre del evaluador:	Dayana Espinoza							
113 Cédula del evaluador	115 Fecha: 2024							
114 Registro SENESCYT	116 Hora: 10:00am							
117 DATOS CONSTRUCCION								
118 Numero de Pisos:	3							
119 Sobre el Suelo	120 Bajo el Suelo							
121 Año de construcción: 40	122 Área de Construcción							
123 Código Año:	124 Año(s) Remodelación:							
124 Adiciones: Ninguna <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/>	125 Numero de Predio: 2500							
	126 Clave Catastral: 1E-05							
200 OCUPACION:								
201 Asambleas	Comercial	Servicio de Emergencia						
202 Industria	Oficina	Educación						
203 Usidad	Almacén	Residencial # 3						
203A Histórico	Abergue	Público						
204 TIPO DE SUELO:								
204A	A	B	x	C	D	E	F	DNK
204B	Roca Dura	Roca Débil	Suelo Densó	Suelo Duro	Suelo Blando	Suelo Pobre	SI DNK FS Sum tipo D	
205 RIESGOS GEOLOGICOS								
206 Licuefacción:	Deslizamiento:	Ruptura de Superficie:						
206A SI	SI	SI						
206B NO	NO	NO						
206C DNK	DNK	DNK						
207 Adyacencia								
207A	Colpes	207B	Peligro de caída del Edificio Adyacente					
208 Irregularidades:								
208A	Elevación (Tipo/severidad)	No tiene irregularidad en elevación						
208B	Planta (Tipo)	No tiene irregularidad en planta						
209 Peligro de Caída Exteriores								
209A	Chimeneas sin soporte lateral	209D	Apéndices					
209B	Reves. Pesado o de chapa de madera pesada	209E	Parapetos					
209C	Otros							
210 COMENTARIOS								
Dibujos o comentarios en una página aparte								

300 TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL																
301 Porticos de Madera Livianos viviendas multifamiliares de uno a 2 pisos	W1 309 Pórtico Hormigón Armado C1 x															
302 Porticos de madera Livianos múltiples unidades, multiples pisos para edificios residenciales con áreas en planta en cada piso de más de 300m2	W1A 310 Pórtico H. Armado con muros de corte C2															
303 Porticos de madera para edificios comerciales e industriales con un area de piso mayor a 500m2	W2 311 Pórtico H. Armado con mampostería de relleno sin refuerzo C3															
304 Pórtico Acero Laminado (Pórtico Resistente a Momento)	S1 312 Losas Prefabricada de Hormigón (Tilt-up) PC1															
305 Pórtico Acero Laminado con diagonales	S2 313 Pórtico de H. Armado prefabricados PC2															
306 Pórtico Acero Liviano o Conformado en frío	S3 314 Edificios de mampostería reforzada con diafragmas flexibles RM1															
307 Pórtico Acero Laminado con muros estructurales hormigón	S4 315 Edificios de mampostería reforzada con diafragmas rígidos RM2															
308 Pórtico Acero con paredes de mampostería de bloque	S5 316 Edificios de Mampostería no reforzada URM															
	317 Vivienda prefabricada MH															
400 PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL NIVEL 1, SL1																
401 PARÁMETROS CALIFICATIVOS DE LA ESTRUCTURA (TIPO DE EDIFICIO FEMA)																
W1	W1A	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	MH
2.1	1.9	1.8	1.5	1.40	1.6	1.4	1.2	1	1.2	0.9	1.1	1	1.1	1.1	0.9	1.1
402 PUNTAJE BÁSICO																
403 IRREGULARIDADES																
403A Irregularidad vertical Grave, VL1	-0.9 -0.9 -0.9 -0.8 -0.7 -0.8 -0.7 -0.7 -0.7 -0.8 -0.6 -0.7 -0.7 -0.7 -0.7 -0.6 NA															
403B Irregularidad vertical Moderada, VL1	-0.6 -0.5 -0.5 -0.4 -0.4 -0.5 -0.4 -0.3 -0.4 -0.4 -0.3 -0.4 -0.4 -0.4 -0.4 -0.3 NA															
403C Irregularidad en planta, PL1	-0.7 -0.7 -0.6 -0.5 -0.5 -0.6 -0.4 -0.4 -0.4 -0.4 -0.5 -0.3 -0.5 -0.4 -0.4 -0.3 NA															
405 CODIGO DE LA CONSTRUCCIÓN																
405A Pre-código moderno (construido antes de 2001) o auto construcción	-0.3 -0.3 -0.3 -0.3 -0.2 -0.3 -0.2 -0.1 -0.1 -0.2 0 -0.2 -0.1 -0.2 -0.2 0 0															
405B Construido en etapa de transición (desde 2001 pero antes de 2015)	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0															
405C Post código moderno (construido a partir de 2015)	1.9 1.9 2 1 1.1 1.1 1.5 NA 1.4 1.7 NA 1.5 1.7 1.6 1.6 NA 0.5															
406 SUELO																
406A Suelo Tipo A o B	0.5 0.5 0.4 0.3 0.3 0.4 0.3 0.2 0.2 0.3 0.1 0.3 0.2 0.3 0.3 0.1 0.1															
406B Suelo Tipo D	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0															
406C Suelo Tipo E (1-3Pisos)	0 -0.2 -0.4 -0.3 -0.2 -0.2 -0.2 -0.1 -0.1 -0.2 0 -0.2 -0.1 -0.2 -0.2 0 -0.1															
406D Tipo de suelo E (>3 Pisos)	-0.4 -0.4 -0.4 -0.3 -0.3 NA -0.3 -0.1 -0.1 -0.3 -0.1 NA -0.1 -0.2 -0.2 0 NA															
407 Puntaje Mínimo	0.7 0.7 0.7 0.5 0.5 0.5 0.5 0.5 0.3 0.3 0.3 0.2 0.2 0.3 0.3 0.2 1															
408 PUNTAJE FINAL NIVEL 1, SL1 > SMIN																
0.1																

500 GRADO DE REVISIÓN

501 Exterior: Parcial Todos los Lados Aereo

502 Interior: Ninguno Visible Completo

503 Planos revisados: SI No

504 Fuente del Tipo de suelo: TESIS

505 Fuente del Peligro Geológico: NEC 15

506 Personas de Contacto: _____
Celular: _____
Correo: _____

600 OTROS RIESGOS:

Hay peligro que ameriten una evaluación estructural detallada?

601 Golpeo Potencial (a menor que SL2-límite, si es necesario)

602 Riesgo de caída de edificios adyacentes más altos

603 Riesgo geológico o tipo de Suelo F

604 Daño significativo/deterioro del sistema estructural

700 ACCIÓN REQUERIDA:

Requiere evaluación estructural detallada?

701 SI, tipo de edificación FEMA desconocido u otro edificio

702 SI, puntaje menor que el límite

703 SI, otros peligros presentes

704 NO

Evaluación no estructural detallada recomendada? (marque con una x)

705 SI, peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados

706 No, existen peligros no estructurales que requieren mitigación, pero no necesita una evaluación detallada

707 No, no se identifican peligros no estructurales

708 DNK= no conoce

Cuando los datos no pueden ser verificados, el Inspector deberá anotar lo siguiente: EST=Estimado o dato no fiable O DNK= No conoce

800 OBSERVACIONES:

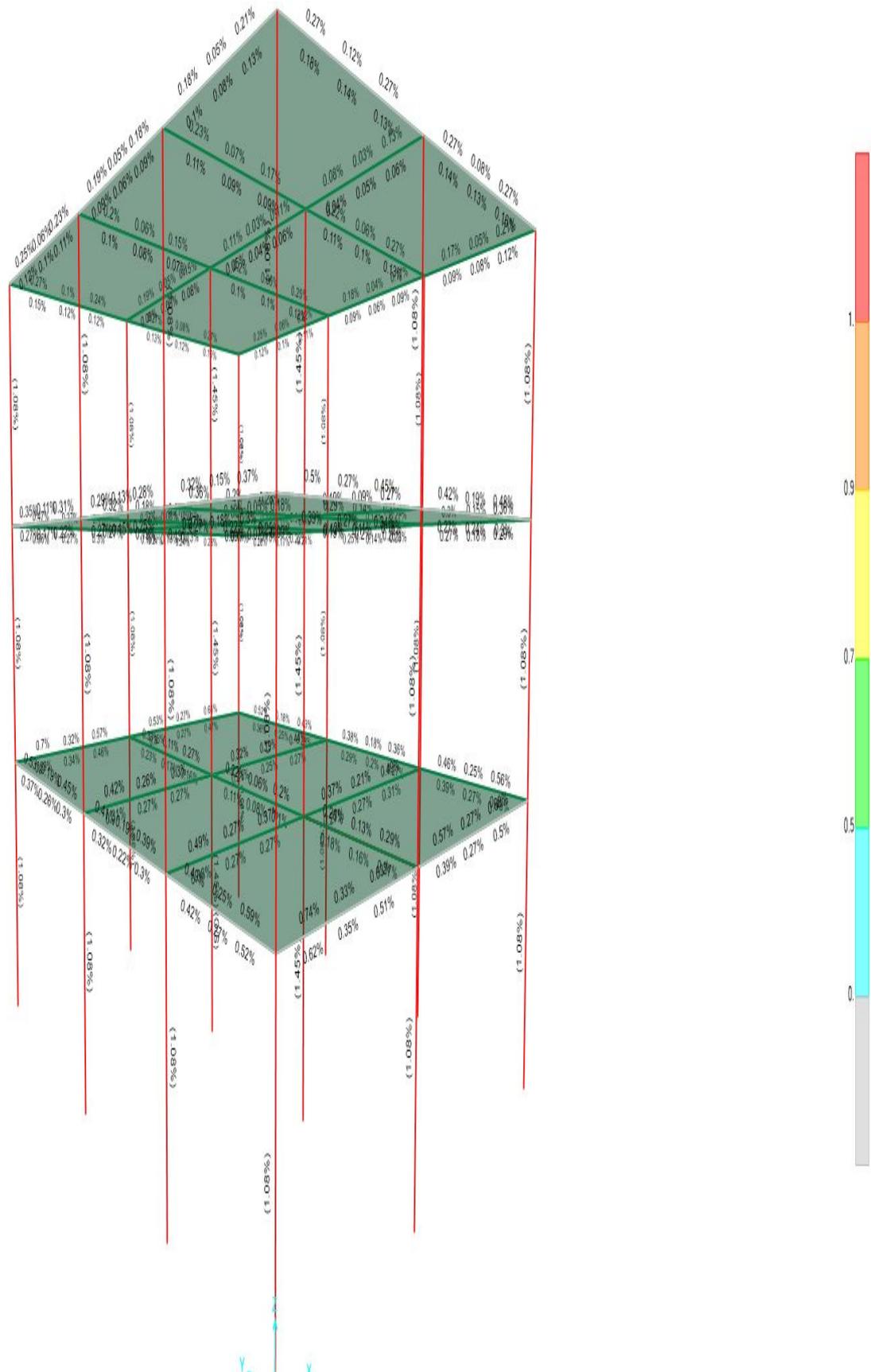
La falta de resistencia y rigidez adecuadas en los componentes estructurales compromete la capacidad de la edificación para resistir y absorber las fuerzas generadas durante un evento sísmico. Esta debilidad estructural incrementa significativamente el riesgo de daños severos o incluso colapso en caso de un sismo. Este método propuesto por el MIDUVI y Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015 nos indica un valor mínimo que debe tener un cierto tipo de estructura para evaluar su vulnerabilidad sísmica, en este caso el valor está por debajo del mínimo, lo que nos indica que debemos realizar un modelo matemático tridimensional para evaluar su comportamiento frente a un espectro de diseño.

FIRMA RESPONSABLE EVALUACIÓN

Referencia del formulario: FEMA P 154 (2015). Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards – A Handbook. 3th edition. FEMA & NEHRP report, ATC, California Modificado: Diciembre, 2021 SHEP-MIDUVI

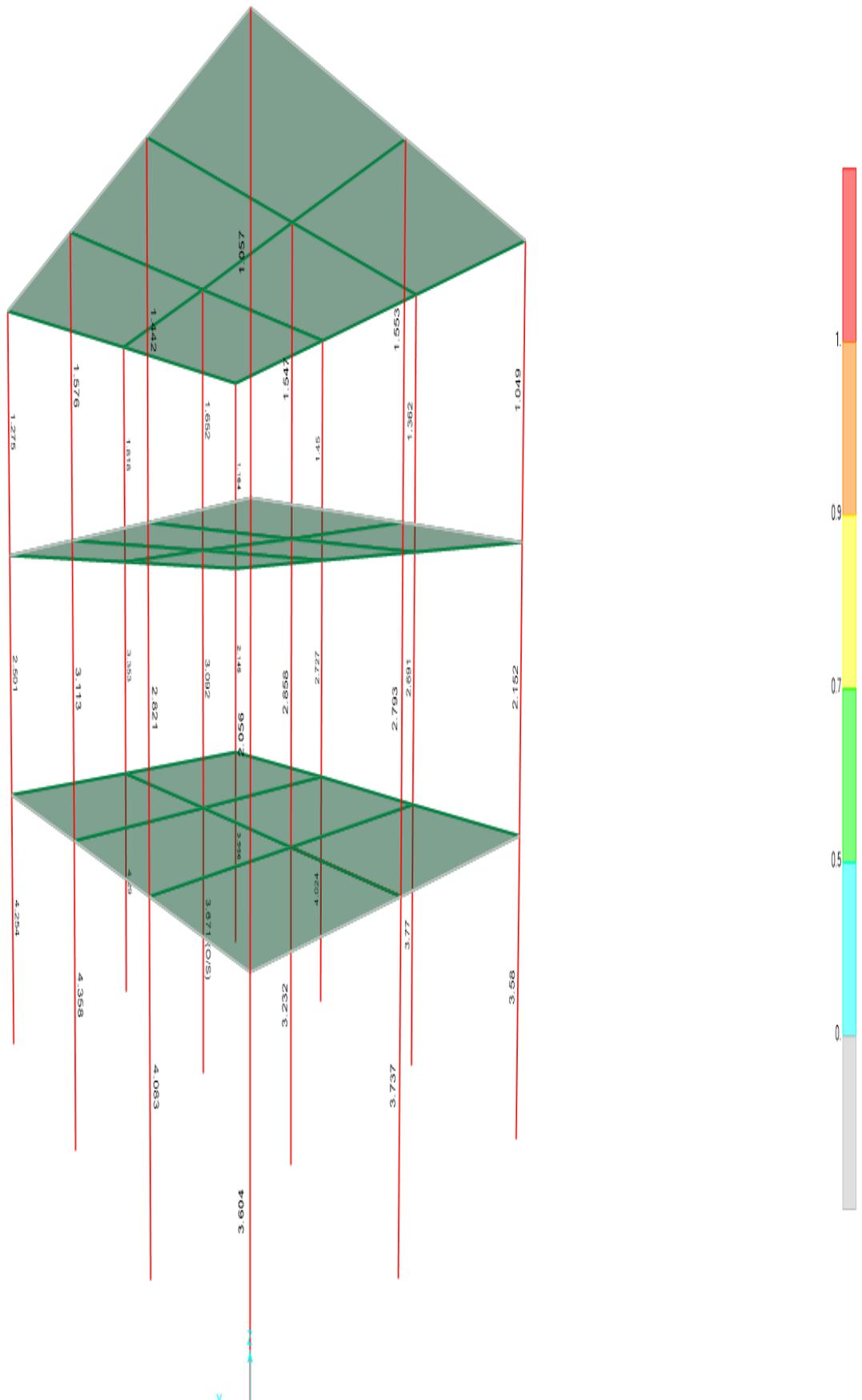
Anexo 3

Colocación de cuantía según planos entregados



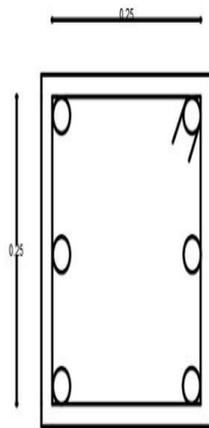
Anexo 4

Relación demanda capacidad



Anexo 5 Detalle de pilares – AutoCAD

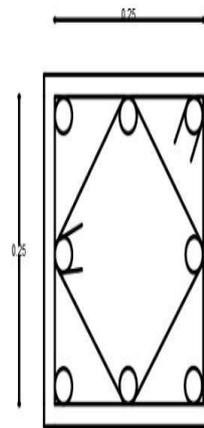
Detalle de pilares – AutoCAD



6 Ø 12 mm
EST Ø 8mm c/10-20-10cm

1 2 3 4 5 6

7 8 9 10 11 12

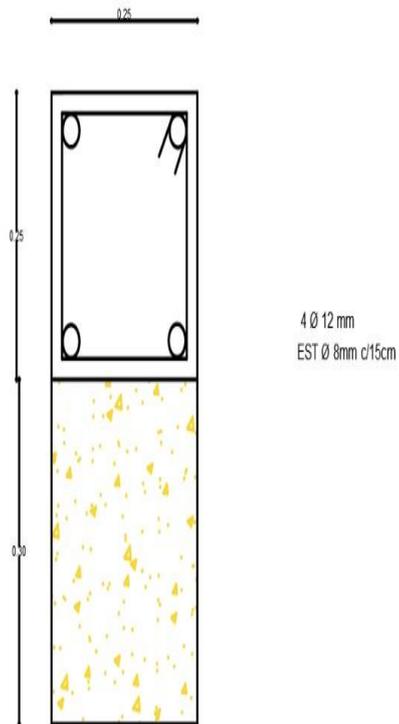


8 Ø 12 mm
EST Ø 8mm c/10-20-10cm

5 - 8

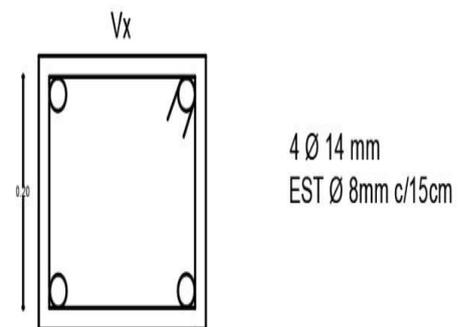
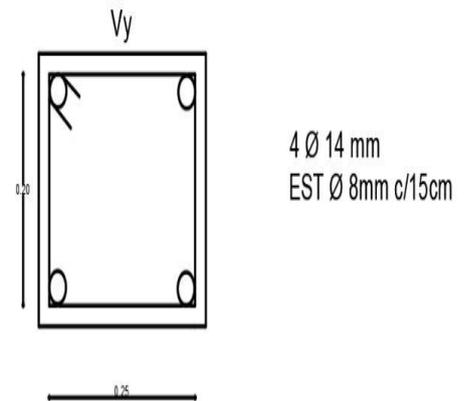
Anexo 6

Detalle de riostra y vigas de losa – AutoCAD



DETALLE DE RIOSTRA

ESC. 1:10

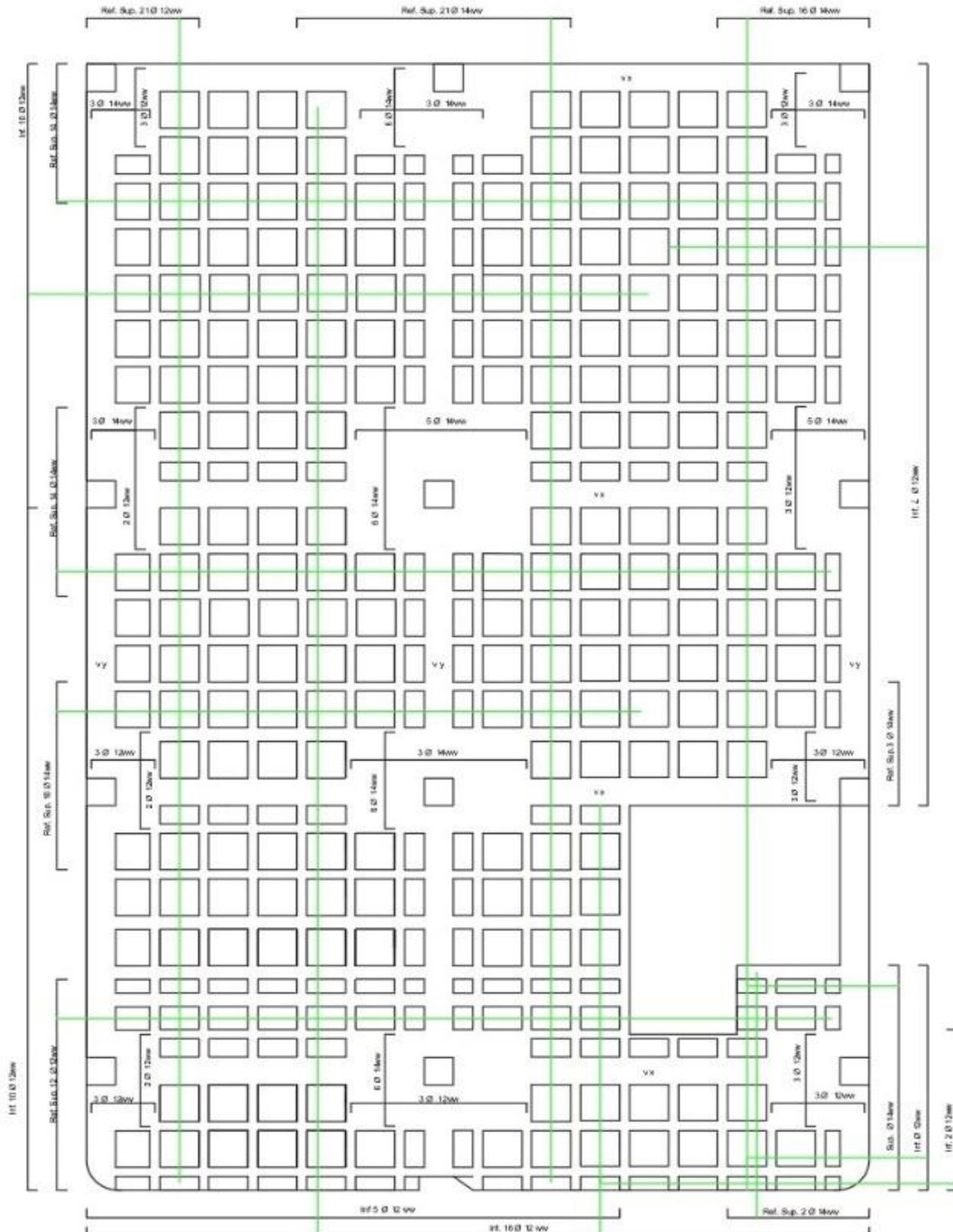


DETALLE DE VIGAS DE LOSA

ESC. 1:10

Anexo 7

Losa tipo e=20cm



LOSA TIPO e = 20cm

Anexo 8

Encuesta

Nombre: _____
Tipo de vivienda: _____
Número de pisos: _____
Años de construcción: _____

ENCUESTA A PROPIETARIOS DE VIVIENDA DE LA CIUDADELA EL CHOFER

Instrucción: El usuario debe de marcar con una X, según la descripción y conocimiento de su vivienda.

Pregunta 1

¿Cree usted que la calidad de los materiales utilizados durante la construcción de una vivienda interfiera de algún modo con la resistencia que este llegue a tener la estructura?

SI NO

Pregunta 2

¿Cree usted necesario un estudio de suelo antes de realizar una construcción?

SI NO

Pregunta 3

¿En la construcción de su vivienda se utilizaron planos arquitectónicos?

SI NO

Pregunta 4

¿Su vivienda cuenta con los permisos de funcionamiento y cumple con las NEC (Normas Ecuatoriana de Construcción)?

SI NO

Pregunta 5

¿Considera usted que construyendo edificaciones con características capaces de disminuir la vulnerabilidad sísmica, se evitaría muchas pérdidas económicas, humanas y estructurales?

SI NO

Pregunta 6

¿Considera usted que si se desarrolla un sismo de gran magnitud su vivienda sufriría daños?

Poco Muchos Ninguno

Pregunta 7

¿Alguna vez ha realizado una evaluación de vulnerabilidad sísmica a su vivienda?

SI NO
