



Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil

Ingeniería Civil

Vulnerabilidad Sísmica De Las Edificaciones De Concreto Armado Del Barrio “El Triunfo” Norte De Quito, Parroquia De Cochapamba, Cantón Quito – Ecuador.

Autor: Analuca Avila Ricardo Patricio

Tutor: Ing. Mg. Luis Alberto Soria Nuñez

Quito, septiembre 2021.



DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, ANALUCA AVILA RICARDO PATRICIO, con cédula de ciudadanía número 171920923-9, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

ANALUCA AVILA RICARDO PATRICIO

C.C. 171920923-9

DECLARATORIA

El presente Trabajo de Titulación titulado:

Vulnerabilidad Sísmica De Las Edificaciones De Concreto Armado Del Barrio “El Triunfo” Norte De Quito, Parroquia De Cochapamba, Cantón Quito – Ecuador.

Realizado por:

ANALUCA AVILA RICARDO PATRICIO

Como requisito para la obtención del Título de:

INGENIERIO CIVIL

Ha sido dirigido por el profesor

ING. MG. LUIS ALBERTO SORIA NUÑEZ

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor.

ING. MG. LUIS ALBERTO SORIA NUÑEZ

TUTOR

DECLARATORIA DE PROFESORES INFORMANTES

Los profesores informantes:

ING. MG. LUIS ALBERTO SORIA NUÑEZ

ING. ALBERTO BOIX BORNAY

Después de revisar el trabajo presentado,

Lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal
examinador

ING. MG. HUGO MARCELO OTAÑEZ GÓMEZ

ING. MSC. MBA. DIEGO XAVIER JARA ALMEIDA

DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente a DIOS y mis padres Pablo Analuca y María Elena Avila quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir mi meta, gracias por inculcarme el ejemplo de esfuerzo y dedicación.

A mi hermano Paul Analuca por siempre estar presente acompañándome con su apoyo moral durante toda mi vida.

A mi prometida Nicole Guerrero quién ha sido mi pilar y guía en todo este proceso, por ser mi ejemplo por seguir, gracias a ella porque en todo momento me ha apoyado incondicionalmente.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo debe ser reconocido como una labor asociada con mi tutor el Ing. Mg. Luis Soria, a quien le agradezco por esfuerzos para obtener este aprendizaje y mi gusto a la investigación, y mis compañeros de estudio.

Agradezco también a mi familia por estar siempre a mi lado y ayudándome durante todo mi proceso profesional a pesar de la distancia.

RESUMEN

Quito es una zona de alto grado de vulnerabilidad sísmica, por el crecimiento paulatino de la población. Por esta causa la mayoría de las construcciones de la zona son de carácter informal, por cual el presente proyecto se basa en la Vulnerabilidad Sísmica De Las Edificaciones De Concreto Armado Del Barrio “El Triunfo” Norte De Quito, Parroquia De Cochapamba, Cantón Quito – Ecuador. Por esa circunstancia se ha realizado varios estudios de índole de vulnerabilidad sísmica y así denotar las características que presenta. Sin embargo, se estudia utilizando ensayos no destructivos, encuestas NEC de visualización rápida, el método estático lineal, estático no lineal, para justificar dichas variables.

Para alcanzar los objetivos pautados en el primer capítulo se estipula la problemática, justificación del trabajo y así reconocer los límites y alcances de dicha investigación, además en el siguiente se describe las bases teóricas del mismo e identificar los parámetros que se realizaron, en la actividad de campo se realizó en el sector “El Triunfo”, aplicando las encuestas necesarias y ensayo no destructivo, para modelar en el software SAP2000 y analizar mediante el método estático lineal y estático no lineal, después de dichos procedimientos se efectuaron los análisis y estos destacan por ser vulnerables. Razón por la cual se quiere generar posibles soluciones para mitigar las vulnerabilidad y riesgo de la zona por un posible sismo.

PALABRAS CLAVE: Vulnerabilidad, modelo SAP2000, método estático lineal, método estático no lineal

ABSTRACT

Quito is an area with a high degree of seismic vulnerability, due to the gradual growth of the population. For this reason, most of the constructions in the area are of an informal nature, for which the present project is based on the seismic vulnerability of the reinforced concrete buildings in the neighborhood "El Triunfo" North of Quito, Cochapamba Parish, Canton Quito - Ecuador. For this reason, several studies of seismic vulnerability have been carried out in order to denote the characteristics that it presents. However, it is studied using non-destructive tests, quick visualization NEC surveys, the linear static method, non-linear static method, to justify these variables.

To achieve the objectives set out in the first chapter stipulates the problem, justification of the work and thus recognize the limits and scope of this research, also in the next chapter describes the theoretical basis of the same and identify the parameters that were performed in the field activity was conducted in the sector "El Triunfo", applying the necessary surveys and non-destructive testing, to model in SAP2000 software and analyze using the linear static method and non-linear static, after such procedures were performed and these stand out for being vulnerable. For this reason, we want to generate possible solutions to mitigate the vulnerability and risk of the area by a possible earthquake.

KEYWORDS: Vulnerability, SAP2000 model, nonlinear static linear static method

INDICE

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT	VII
INDICE	VIII
INDICE DE TABLAS.....	XIII
INDICE DE FIGURAS	XVI
INDICE ILUSTRACIONES.....	XXVI
CAPÍTULO 1.....	1
1.1.INTRODUCCIÓN.....	1
1.2.JUSTIFICACIÓN	1
1.3.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.4.OBJETIVO.....	5
1.4.1.OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2.OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
1.5.ALCANCE.....	5
1.6.LIMITACIONES	6
1.7.HIPÓTESIS	6
1.8.DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	6
1.3.1 VARIABLE DEPENDIENTE:.....	6
1.3.2. VARIABLE INDEPENDIENTE:	6
1.9.RELACIÓN ENTRE VARIABLES	6
1.10.ANTECEDENTES	7
1.11.DESARROLLO DE PROPUESTA	8

1.12.METODOLOGÍA.....	11
1.12.1. DEFINICIONES:	11
CAPÍTULO 2.....	12
2.1. MARCO TEÓRICO.....	12
2.1.1. PELIGRO SÍSMICO.....	12
2.1.1.1. Análisis determinístico.....	12
2.1.1.2. Análisis Probabilístico.....	12
2.1.2. ORIGEN DE UN SÍSMO.....	13
2.1.3. PELIGRO SÍSMICO EN EL ECUADOR	14
2.1.4. PELIGRO SÍSMICO DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.....	15
2.2. RIESGO SÍSMICO	15
2.2.1. MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA	16
2.2.2. CURVAS DE PELIGRO SISMICO.....	17
2.2.3. NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION – NEC 2015	18
2.2.3.1. CARGAS NO SÍSMICAS	18
2.2.4. FACTOR DE ZONA Z.....	19
2.2.5. COEFICIENTES DEL PERFIL DE SUELO.....	20
2.2.5.1. Factor Fa - Amplificación de suelo en la zona de periodo corto	20
2.2.4.2. Factor Fd - Coeficiente de desplazamiento para el diseño en rocas	20
2.2.4.3. Factor Fs – Coeficiente de comportamiento no lineal de los suelos.....	21
2.3. ESPECTRO DE DISEÑO	21
2.3.1. ESPECTRO ELÁSTICO HORIZONTAL DE DISEÑO EN ACELERACIONES	22
2.3.2. ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO EN DESPLAMIENTO.....	23
2.3.3. FACTOR DE REDUCCIÓN R.....	24
2.3.4. CORTANTE BASAL ϕ	25

2.4. CONCEPTO GENERAL DE DISEÑO SÍSMORESISTENTE.....	26
2.4.1. REQUISITOS MINIMOS – DISEÑO SISMO RESITENTE.....	26
2.4.2. MAXIMOS DESPLAZAMIENTOS DE DERIVAS DE PISO.....	26
2.4.3. CONTROL DE DERIVAS INELÁSTICAS	26
2.5. SISTEMA DE FALLAS GEOLOGICAS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO	27
2.6. VULNERABILIDAD SÍSMICA	28
2.6.1. VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL.....	29
2.6.2. VULNERABILIDAD NO ESTRUCTURAL	29
2.7. ANÁLISIS ESTRUCTURAL	29
2.7.1. ANÁLISIS ESTÁTICO LINEAL	30
2.7.2. ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER.....	30
2.7.2.1. Rótulas Plásticas	32
2.7.2.2. Brazo Rígido	32
2.7.2.3. No Linealidad de los Materiales.....	33
2.7.2.4. Efecto P- Δ	33
2.7.2.5. Curva de Capacidad	33
2.7.2.6. Coeficientes de Desplazamiento	34
2.7.2.7. Desempeño Estructural	34
2.7.2.8. Punto de Desempeño	35
2.8. MÓDULO DE ELASTICIDAD	36
2.8.1. EL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL HORMIGÓN	36
CAPÍTULO 3.....	38
3.1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN Y RESULTADOS	38
3.2. ANTECEDENTES	39

3.2.1 AREA DE ESTUDIO DEL PROYECTO	39
3.3. PARAMETROS DE MODELACIÓN	41
3.4.RECOPIACIÓN DE DATOS	43
3.4.1.ENCUESTA	43
3.4.2.FORMULARIO NEC	45
3.4.2.1.Generalidades NEC peligro sísmico	46
3.4.2.2.Planificación de la evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones.46	
3.4.2.3. Recopilación de datos	48
3.4.3.ENSAYO ESCLEÓMETRO	50
3.4.3.1.Generalidades ensayo esclerómetro - número de rebote o martillo Schmidt norma ASTM C 805- NTE INEN 3121	50
3.4.3.2.Factores que afectan la lectura del índice de rebote	51
3.4.3.3.Procedimiento para ensayo esclerómetro	52
3.5.TABULACIÓN Y RESULTADOS	55
3.5.1.ENCUESTA	55
3.5.1.1.Datos de la encuesta	55
3.5.1.2.Resultados de la encuesta	57
3.5.1.3.Análisis de encuesta.....	59
3.5.2.FORMULARIO NEC	60
3.5.2.1.Datos del formulario de la NEC	60
3.5.2.2.Resultados del formulario NEC	62
3.5.2.3.Análisis del formulario NEC	64
3.5.3.ENSAYO ESCLERÓMETRO.....	64
3.5.3.1.Datos ensayo esclerómetro	64
3.5.3.2.Resultados del ensayo esclerómetro.....	67

3.5.3.3. Análisis del ensayo esclerómetro	69
CAPÍTULO 4.....	69
4.1. MODELAMIENTO SAP 2000	69
4.1.1. DATOS GENERALES PARA MODELACIÓN.....	69
4.1.1.1. Implantación y dimensiones	69
4.1.1.2. Dimensiones de vigas y columnas.....	69
4.1.1.3. Carga Muerta.....	70
4.1.1.4. Carga Viva.....	71
4.1.1.5. Sobrecarga de Cubierta.....	72
4.1.1.6. Definición de Elementos	72
4.1.1.6. Materiales	73
4.1.1.6. Componentes Sísmicos.....	74
4.1.2. MÉTODO ESTÁTICO LINEAL.....	78
4.1.2.1. Procedimiento de modelamiento en SAP 2000 con capturas de pantalla	78
4.1.2.2. Análisis y resultados del modelo estático lineal.....	93
4.1.3. MÉTODO ESTÁTICO NO LINEAL	100
4.1.3.1. Procedimiento con capturas de pantalla.....	100
4.1.3.2. Análisis y resultados del modelo estático no lineal.....	121
4.1.4. DIFERENCIAS ENTRE PERIODO ESTÁTICO LINEAL Y ESTÁTICO NO LINEAL	128
CAPÍTULO 5.....	129
5.1. CONCLUSIONES.....	129
5.2. RECOMENDACIONES.....	131
5.3. BIBLIOGRAFIA.....	132
5.4. ANEXOS.....	139

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores del factor Z en función de las zonas sísmicas adoptadas. Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).....	20
Tabla 2: Control de daño y niveles de desempeño para edificios. Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	35
Tabla 3 : Coordenadas del proyecto de estudio	40
Tabla 4: Encuesta. Fuente: (Analuca R, 2021).....	56
Tabla 5: Encuesta. Fuente: (Analuca R, 2021).....	56
Tabla 6: Encuesta. Fuente: (Analuca R, 2021).....	57
Tabla 7: FORMULARIO DE EVALUACIÓN VISUAL RAPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015). FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	60
Tabla 8: FORMULARIO DE EVALUACIÓN VISUAL RAPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015). FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	61
Tabla 9: FORMULARIO DE EVALUACIÓN VISUAL RAPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015). FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	61
Tabla 10: FORMULARIO DE EVALUACIÓN VISUAL RAPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015). FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	62
Tabla 11: ENSAYO ESCLEROMETRO. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	64
Tabla 12: ENSAYO ESCLEROMETRO. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	65
Tabla 13: ENSAYO ESCLEROMETRO. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	66
Tabla 14: RESULTADOS DE LAS RESIDENCIA EN ESTUDIO F'C POR COLUMNAS Y VIGAS PISO POR PISO.....	67

Tabla 15: Dimensiones de columnas y vigas. Fuente: (Analuca R, 2021).....	70
Tabla 16: Cargas Muertas. Fuente: (Analuca R, 2021).	71
Tabla 17: Carga Viva. Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	71
Tabla 18: Sobrecarga cubierta. Fuente: (Analuca R, 2021).	72
Tabla 19: Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada. Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	74
Tabla 20: Caracterización del suelo. Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	74
Tabla 21: Periodo. Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	75
Tabla 22: Tipo de estructura. Fuente: (MIDUVI-CAMICON, 2015).....	75
Tabla 23: Valores k. Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	76
Tabla 24: Coeficiente de Reducción R. Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	76
Tabla 25: Cortante Basal. Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).....	76
Tabla 26: Cortante Basal Corregido. Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	76
Tabla 27: f_x y f_y 80%. Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	93
Tabla 28: Ajustes Cortante. Fuente: (Analuca R, 2021).	94
Tabla 29: Participación de carga modal. Fuente: (Analuca R, 2021).....	94
Tabla 30: Modos de vibración del modelo. Fuente: (Analuca R, 2021).	95

Tabla 31: Deriva Limitante. Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).....	95
Tabla 32: Control de derivas en “X”. Fuente: (Analuca R, 2021).....	97
Tabla 33: Control de derivas sismo en “X”. Fuente: (Analuca R, 2021).....	97
Tabla 34: Control de derivas en “Y”. Fuente: (Analuca R, 2021).....	98
Tabla 35: Control de derivas sismo en Y. Fuente: (Analuca R, 2021).	98
Tabla 36: Participación modos de vibración. Fuente: (Analuca R, 2021).	121
Tabla 37: Modos de vibración del modelo. Fuente: (Analuca R, 2021).	121
Tabla 38: Control de daño y niveles de desempeño para edificios. Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	125
Tabla 39: Objetivos de Rehabilitación. Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	126
Tabla 40: Datos de curva de capacidad. Fuente: (Analuca R, 2021).	127
Tabla 41: Diferencia de periodos estático lineal y estático no lineal. Fuente: (Analuca R, 2021).	128

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: TERREMOTO 7.8; 16 DE ABRIL DEL 2016, MANABÍ. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	2
FIGURA 2: EN EL SECTOR DE SANTA ROSA DE POMASQUÍ SE REGISTRÓ UN DESLIZAMIENTO DE TIERRA. FUENTE: (El Comercio, 2014).....	3
FIGURA 3: INFORME DE INFORMALIDAD EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, 2010. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	3
FIGURA 4: SISTEMA DE FALLAS GEOLOGICAS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. FUENTE: (Ojeda, 2020).	4
FIGURA 5: BARRIO EL TRIUNFO – PARROQUIA COCHAPAMBA – DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. FUENTE: (Google Earth, 2021).....	8
FIGURA 6: BARRIO EL TRIUNFO – PARROQUIA COCHAPAMBA – DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. FUENTE: (GOOGLE MAPS, 2021).	9
FIGURA 7: BARRIO EL TRIUNFO – PARROQUIA COCHAPAMBA – DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. COTAS CADA 5 METROS – VISTA ISOMETRICA FUENTE: (ANALUCA R,2021).	10
FIGURA 8: BARRIO EL TRIUNFO – PARROQUIA COCHAPAMBA – DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. AREA DE LA MUESTRA PARA EL ESTUDIO FUENTE: (Google Earth, 2021).	10
FIGURA 9: PANGEA. FUENTE: (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2016).	13
FIGURA 10: FALLA SISMO FUENTE: (UNIVERSIDAD NACIONAL DE COSTA RICA , 2021).	14
FIGURA 11: ZONA DE SUBDUCCIÓN EN ECUADOR. FUENTE: (Rivadeneira, y otros, 2007).	17
FIGURA 12: CURVA DE PELIGRO SÍSMICO. FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015)	18

FIGURA 13: COMBINACIONES DE CARGAS. FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	19
FIGURA 14: MAPA DE ZONA SISMICA Y FACTOR Z. FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	19
FIGURA 15: FACTOR F_a . FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	20
FIGURA 16: FACTOR F_d FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	21
FIGURA 17: FACTOR F_s . FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	21
FIGURA 18: ESPECTRO ELÁSTICO FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	22
FIGURA 19: SIGLAS DE ESPECTRO DE DISEÑO. FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	22
FIGURA 20: ECUACIONES. FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	23
FIGURA 21: ECUACIONES PARA DISEÑO EN DESPLAZAMIENTO. FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	23
FIGURA 22: ESPECTRO SÍSMICO ELÁSTICO DE DESPLAZAMIENTO PARA EL DISEÑO. FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	24
FIGURA 23: FACTOR R – SISTEMAS DUCTILES. FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	24
FIGURA 24: FACTOR R – SISTEMAS DÚCTILES. FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	24
FIGURA 25: FACTOR R – SISTEMAS DÚCTILES. FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	25

FIGURA 26: CORTANTE BASAL – FUERZAS LATERALES. FUENTE: (Ruiz Hurtado, 2019).	25
FIGURA 27: MÁXIMOS DESPLAZAMIENTOS. FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	26
FIGURA 28: SISTEMA DE FALLAS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. FUENTE: (Rivadeneira, y otros, 2007).	28
FIGURA 29: SECUENCIA DEL ANALISIS PUSHOVER. FUENTE: (Aguiar, Cagua, & Pilatasig, 2020).....	31
FIGURA 30: CURVA DE CAPACIDAD DE NIVELES DE DESEMPEÑO. FUENTE: (Cruz & Huayaney, 2016).	31
FIGURA 31: BRAZO RIGIDO. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	32
FIGURA 32: PUNTOS DESTACADOS EN LA CURVA DE CAPACIDAD DE ACUERDO CON EL MODELO MATEMÁTICO. FUENTE: (Alemán Garcia & Naranjo Quimbiulco, 2011).	33
FIGURA 33: CURVA DE MOMENTO ROTACIÓN PARA RÓTULAS PLÁSTICAS FEMA 356. FUENTE: (Bhandarl, 2020).	34
FIGURA 34: MÓDULO DE ELASTICIDAD. FUENTE: (Osorio, 2018).	36
FIGURA 35: MÓDULO DEL HORMIGÓN. FUENTE: (Chele, 2019).	37
FIGURA 36: BARRIO EL TRIUNFO – PARROQUIA COCHAPAMBA – DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. AREA DE LA MUESTRA PARA EL ESTUDIO FUENTE: (Google Earth, 2021).	39
FIGURA 37: BARRIO EL TRIUNFO – PARROQUIA COCHAPAMBA – DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO. COORDENADAS DE LA MUESTRA PARA EL ESTUDIO FUENTE: (Google Earth, 2021).	40
FIGURA 38: ENCUESTA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	44
FIGURA 39: ENCUESTA REALIZADA EN CAMPO. FUENTE: (ANALUCA R, 2021)...	45

FIGURA 40: FORMULARIO DE EVALUACIÓN VISUAL RAPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES. FUENTE: (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).	47
FIGURA 41: ENCUESTA EVALUACIÓN RAPIDA NEC_2015 – POR RICARDO ANALUCA – BARRIO EL TRIUNFO. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	48
FIGURA 42: ENCUESTA EVALUACIÓN RAPIDA NEC_2015 –BARRIO EL TRIUNFO. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	49
FIGURA 43: ENCUESTA EVALUACIÓN RAPIDA NEC_2015– BARRIO EL TRIUNFO. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	49
FIGURA 44: ENCUESTA EVALUACIÓN RAPIDA NEC_2015– BARRIO EL TRIUNFO. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	50
FIGURA 45: ESCLEROMETRO. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	51
FIGURA 46: ENSAYO ESCLEROMETRO– BARRIO EL TRIUNFO FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	52
FIGURA 47: ENSAYO ESCLEROMETRO – PREPARACIÓN DE AREA A ENSAYAR. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	53
FIGURA 48: ENSAYO ESCLEROMETRO – NIVELACION PERPENDICULAR A LA SECCIÓN. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	53
FIGURA 49: ENSAYO ESCLEROMETRO – MALLA DE 25 25mm FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	54
FIGURA 50: ENSAYO ESCLEROMETRO – FORMATO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	54
FIGURA 51: ENSAYO ESCLEROMETRO F’C DE LA RESIDENCIA EN ESTUDIO. Fuente: (ANALUCA R, 2021).....	55
FIGURA 52: ENCUESTA - CUENTA CON PLANOS ESTRUCTURALES. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	58

FIGURA 53: ENCUESTA - CUENTA CON PLANOS ARQUITECTÓNICOS. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	58
FIGURA 54: ENCUESTA – CONSTRUCCIONES ESTABAN A CARGO DE MAESTRO MAYOR O PROFESIONAL. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	59
FIGURA 55: ENCUESTA – CONOCIMIENTO SOBRE SU CIMENTACIÓN. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	59
FIGURA 56: GRADO DE VULNERABILIDAD SISMICA DEL BARRIO EL TRIUNFO POR TIPOLOGIA SEGÚN LA NEC 2015. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	62
FIGURA 57: GRADO DE VULNERABILIDAD. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	63
FIGURA 58: GRADO DE VULNERABILIDAD EL BARRIO EL TRIUNFO POR EDIFICACIÓN FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	63
FIGURA 59: GRAFICA DE F’C – ENSAYO ESCLEROMETRO. FUENTE: (NÚMERO DE REBOTE O MARTILLO SCHMIDT (ASTM C 805 – NTE INEN 3121)).	65
FIGURA 60: FACTOR CORRECCIÓN POR EDAD – ENSAYO ESCLEROMETRO. FUENTE: (NÚMERO DE REBOTE O MARTILLO SCHMIDT (ASTM C 805 – NTE INEN 3121)).	66
FIGURA 61: RESULTADOS DE LA RESIDENCIA EN ESTUDIO F’C DE COLUMAS POR PISO. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	68
FIGURA 62: RESULTADOS DE LA RESIDENCIA EN ESTUDIO F’C DE VIGAS PISO POR PISO. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	68
FIGURA 63: RESULTADOS DE LAS RESIDENCIA EN ESTUDIO F’C POR COLUMAS Y VIGAS PISO POR PISO. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	68
FIGURA 64: GRID. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	69
FIGURA 65: LOSETA BIDIMENSIONAL – CORTE EN ELEVACIÓN Y EN PLANTA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	70
FIGURA 66: LOSA EQUIVALENTE. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	72

FIGURA 67 : ESPECTRO DE DISEÑO- CURVA INELÁSTICA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	77
FIGURA 68: ESPECTRO DE DISEÑO- CURVA ELÁSTICA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	77
FIGURA 69: GRID ONLY. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	78
FIGURA 70: DEFINIR EJES. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	79
FIGURA 71: EJES. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	79
FIGURA 72: ASIGNACIÓN DE APOYOS. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	80
FIGURA 73: DEFINICIÓN DE MATERIALES. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	80
FIGURA 74: MATERIAL HORMIGÓN. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	81
FIGURA 75: MATERIAL ACERO. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	82
FIGURA 76: SECCIONES. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	82
FIGURA 77: SECCIONES EN ELEVACIÓN Y 3D. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	83
FIGURA 78: SECCIÓN COLUMNA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	83
FIGURA 79: REFUERZO COLUMNA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	84
FIGURA 80: AGRIETAMIENTO COLUMNA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	85
FIGURA 81: SECCIÓN VIGA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	85
FIGURA 82: REFUERZO VIGA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	86
FIGURA 83: AGRIETAMIENTO VIGA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	86
FIGURA 84: LOSAS. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	87
FIGURA 85: SECCIÓN LOSA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	87
FIGURA 86: ASIGNACIÓN DE CARGA PARA LA LOSA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	88

FIGURA 87: ASIGNACIÓN CARGA PARA LA CUBIERTA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	88
FIGURA 88: DEFINICIÓN DE LA MASA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	89
FIGURA 89: PATRONES DE CARGA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	89
FIGURA 90: PATRÓN DE CARGA SÍSMICA DEFINIDO POR EL USUARIO. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	90
FIGURA 91: CASOS DE CARGA. Fuente: (ANALUCA R, 2021).....	90
FIGURA 92: CASOS DE CARGA – SISMO DE RESPUESTA EN X. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	91
FIGURA 93: COMBINACIONES BASICAS PARA EL DISEÑO. FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).	91
FIGURA 94: CASOS DE CARGA – NEC 2015. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	92
FIGURA 95: ASIGNACIÓN ESPECTRO DE RESPUESTA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	92
FIGURA 96: ESPECTRO DE RESPUESTA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	93
FIGURA 97: CONTROL DE DERIVAS – COLUMNA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021). 96	
FIGURA 98: CONTROL DE DERIVAS SISMO EN “X”. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	97
FIGURA 99: CONTROL DE DERIVAS EN X. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	98
FIGURA 100: CONTROL DE DERIVAS SISMO EN “Y”. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	99
FIGURA 101: CONTROL DE DERIVAS EN “Y”. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	99
FIGURA 102: GRID ONLY. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	100
FIGURA 103: DEFINIR EJES. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	101
FIGURA 104: EJES. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	101

FIGURA 105: ASIGNACIÓN DE APOYOS. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	102
FIGURA 106: DEFINICIÓN DE MATERIALES. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	102
FIGURA 107: MATERIAL HORMIGÓN. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	103
FIGURA 108: MATERIAL HORMIGON PROPIEDADES. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	103
FIGURA 109: MATERIAL NO LINEAL HORMIGÓN PROPIEDADES. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	104
FIGURA 110: CURVA DE ESFUERZO Y DEFORMACIÓN. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	104
FIGURA 111: MATERIAL ACERO. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	105
FIGURA 112: MATERIAL ACERO PROPIEDADES. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	105
FIGURA 113: MATERIAL NO LINEAL ACERO PROPIEDADES. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	106
FIGURA 114: CURVA DE ESFUERZO DEFORMACIÓN. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	106
FIGURA 115: SECCIONES. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	107
FIGURA 116: SECCIONES EN ELEVACIÓN Y 3D. FUENTE: (ANALUCA R, 2021)..	107
FIGURA 117: SECCIÓN COLUMNA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	108
FIGURA 118: REFUERZO COLUMNA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	109
FIGURA 119: SECCIÓN VIGA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	110
FIGURA 120: REFUERZO VIGA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	110
FIGURA 121: LOSAS. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	111
FIGURA 122: SECCIÓN LOSA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	111

FIGURA 123: ASIGNACIÓN DE CARGA PARA LA LOSA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	112
FIGURA 124: ASIGNACIÓN DE CARGA PARA LA CUBIERTA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	112
FIGURA 125: PATRONES DE CARGA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	113
FIGURA 126: DEFINICIÓN DE LA MASA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	113
FIGURA 127: CARGAS GRAVITACIONALES. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	114
FIGURA 128: CARGA GRAVITACIONAL NO LINEAL. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	114
FIGURA 129: PUSHOVER X. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	115
FIGURA 130: CONTROL DE ANALISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN X. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	115
FIGURA 131: PUSHOVER Y. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	116
FIGURA 132: CONTROL DE ANALISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN Y. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	116
FIGURA 133: ASIGNACIÓN ESPECTRO DE RESPUESTA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	117
FIGURA 134: ESPECTRO DE RESPUESTA. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	117
FIGURA 135: ASIGNACIÓN DE ROTULAS PLÁSTICAS EN COLUMNAS. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	118
FIGURA 136: HINGE COLUMNAS. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).	119
FIGURA 137: ASIGNACIÓN DE ROTULAS PLÁSTICAS EN COLUMNAS. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	119
FIGURA 138: ASIGNACIÓN DE ROTULAS PLÁSTICAS EN VIGAS. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	120

FIGURA 139: ASIGNACIÓN DE ROTULAS PLÁSTICAS EN COLUMNAS Y VIGAS – VISTA 3D. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	120
FIGURA 140: REPRESENTACIÓN BILINEAL DE LA CURVA DE CAPACIDAD X. FUENTE: (ANALUCAR, 2021).	122
FIGURA 141: PUSHOVER EN X – PASO 1. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	123
FIGURA 142: PUSHOVER EN X – PASO 2. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	123
FIGURA 144: PUSHOVER EN X – PASO 6. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	124
FIGURA 145: ESCALA DE DAÑO PARA INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS. FUENTE: (Quizhpilema, 2017).....	124
FIGURA 148: FEMA 440. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	126
FIGURA 149: COMPARACIÓN DE CURVAS CAPACIDAD Y ESPECTRO. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).....	127

INDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Factores de Riesgo Sísmico. Fuente: (Analuca R, 2021).....	16
Ilustración 2: Niveles de desempeño de elementos estructurales ATC-40. Fuente: (Bach, 2015).	35
Ilustración 3: Niveles de desempeño de elementos estructurales y no estructurales FEMA-273. Fuente: (Ramírez, 2016).	36
Ilustración 4: Detallamiento de proceso. Fuente: (Analuca R, 2021).....	38
Ilustración 5: Parámetros de la encuesta. Fuente: (Analuca R, 2021).....	41
Ilustración 6: Parámetros de la NEC. Fuente: (Analuca R, 2021).....	42
Ilustración 7: Ensayo de Esclerómetro. Fuente: (Analuca R, 2021).	42
Ilustración 8: Modelación SAP2000. Fuente: (Analuca R, 2021).	43

CAPÍTULO 1

1.1. INTRODUCCIÓN

La informalidad de las construcciones en Quito es la principal problemática existente, debido al alto riesgo sísmico de la zona, aumentando daños estructurales y perdiendo resistencia de los materiales, por lo cual se requiere información sobre la resistencia estructural de las edificaciones para su estudio.

Por otro lado, se debe identificar el tipo de construcción para ser cuantificados mediante la aplicación de la guía práctica de evaluación sísmica. Estas se clasifican en función del grado de vulnerabilidad que muestran. La resistencia del hormigón se determina mediante el ensayo de esclerometría.

El presente trabajo de titulación tiene como finalidad obtener una fuente de información actualizada, sobre Vulnerabilidad Sísmica De Las Edificaciones De Concreto Armado Del Barrio “El Triunfo” Norte De Quito, Parroquia De Cochapamba, Cantón Quito – Ecuador. Mediante la cual se identificará la residencia más vulnerable.

Para lo cual se va a analizar mediante el método estático lineal y método estático no lineal la residencia más vulnerable del sector en estudio. Esto con el objetivo de identificar el comportamiento y desempeño estructural para establecer un diagnóstico.

1.2. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación se desarrolla a partir de la necesidad de tener un control sobre los riesgos que se presentan en Quito, siendo uno de estos con mayor amenaza la vulnerabilidad sísmica, este caso nuestro estudio, se trata de minimizar el resultado e identificar variables que afectan las construcciones con el fin de mitigar estos problemas e informa el índice de riesgo. Tomando en cuenta que la existencia de factores que contribuyen a la construcción informal entre ellos son la economía, incumplimiento o desconocimiento de la Norma de Construcción Ecuatoriana, etc. Debido a esto a aumentado el porcentaje de las construcciones informales hasta en un 70% dentro del área metropolitana. Por esta razón se desconoce la realidad sísmica que presenta la ciudad de Quito ante un movimiento telúrico.

Por consiguiente, la motivación para la ejecución de este proyecto de titulación se sustenta en dar a conocer el estado de vulnerabilidad que corre el barrio “El Triunfo” en la actualidad y este como afecta ante un evento sísmico, se toma en cuenta que las edificaciones en la mayoría son informales el cual aumenta la vulnerabilidad y riesgos de pérdidas humanas. Por ello este estudio se enfoca en la guía de evaluación rápida de inspección visual, detectando daños estructurales que pongan en riesgo vidas humanas, este estudio tiene como fin valorar e informar la vulnerabilidad sísmica de la zona en estudio. El beneficio de estos resultados de este trabajo lo tendrán las autoridades del barrio “El Triunfo” sobre quienes cae la responsabilidad de informar a sus moradores, es decir, con los resultados de grado de vulnerabilidad crear planes de mitigación sobre las edificaciones corren más peligro.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En vista que en Ecuador se identifica que el peligro sísmico es alto, mediante cual resume datos históricos de los sismos de más relevantes, se requiere una información catastral constante actualizada, así como estudios sobre el riesgo sísmico con la finalidad de evitar pérdidas económicas y sociales ante un evento telúrico.

Entre estos la catástrofe más actual que impacto al Ecuador, causando mayor perdidas tanto humanas y económicas para el Ecuador sucedió el 16 de abril de 2016, teniendo una magnitud de 7.8 Mw, las poblaciones que fueron directamente afectadas con severidad son Manabí y Esmeraldas, causando perdida de 671 vidas y daños estructurales muy graves (Moncayo, Vargas, Moncayo, & Barzola, 2017).



FIGURA 1: TERREMOTO 7.8; 16 DE ABRIL DEL 2016, MANABÍ.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

En Quito, ciudad que se ubica en una zona sísmica rodeada de volcanes y con varias fallas tectónicas que atraviesa el sector urbano y rural, (Vásquez, 2015). A pesar de esto uno de los sismos que sacudió la capital del Ecuador, ocurrió el 12 de agosto del 2014 con una magnitud de 5,1 Mw. El sismo causó gran dificultad entre los pobladores de los barrios norteños del Distrito Metropolitano de Quito, provocando daños menores en varias viviendas, como grietas y asentamientos. (Vásquez, 2015) (El Comercio, 2014).



FIGURA 2: EN EL SECTOR DE SANTA ROSA DE POMASQUÍ SE REGISTRÓ UN DESLIZAMIENTO DE TIERRA.
FUENTE: (El Comercio, 2014).

Por otro lado, un estudio que se realizó a 145.000 casas en construcción en la capital desde el 2010, solo 43.500 tienen permisos municipales, lo que significa que el 70% estos edificios pueden no poseen un diseño estructural. Al entrar en vigor la NEC 2015 ha suscitado varias preocupaciones en el sector de la construcción, las mismas que se repiten desde el proceso socialización de la Norma. Las principales preocupaciones giran aproximadamente en la geometría de elementos estructurales que tendrán los principios estructurales con nuevos parámetros y el importe de las edificaciones aumentará el costo (Veléz, 2016) (Vásquez, 2015).

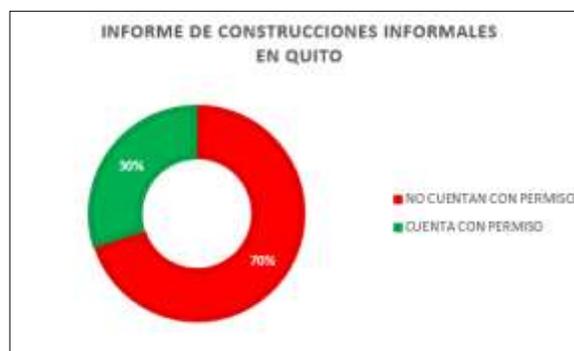


FIGURA 3: INFORME DE INFORMALIDAD EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, 2010.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Las preocupaciones también se centran en los edificios que se construyeron de acuerdo con los parámetros de la construcción del código anterior y las desventajas en comparación con los nuevos edificios que cumplirán con las regulaciones aplicables. En entrevistas con expertos encontraron que los costos podrían crecer hasta en un 20% y en elementos estructurales, columnas, vigas y cimientos deberían crecer un 10% la geometría habitual. Sin embargo, aún no se ha realizado un estudio sobre estas presunciones (Veléz, 2016) (Vásquez, 2015).

Por ende en el proyecto identificar la vulnerabilidad sísmica actual que existe en el Barrio “El Triunfo”, está situado el noroccidente de Quito, este mismo se encuentra sobre las faldas del volcán Ruco Pichincha, la misma cuenta con: lotes de 13, áreas verdes y de equipamiento, una bloque comunal y una iglesia; también se puede comprobar que la falla tectónica más cercana es la rotura del Inca y la Ofelia, estas son las fallas más cercanas que han atacado el barrio poniendo en riesgo las vidas humanas y daños estructurales importantes, es importante saber que la mayor parte de las edificaciones que conforman el barrio son informales y no cumplen especificaciones o normativas técnicas actuales aumentando la vulnerabilidad (Ojeda, 2020).

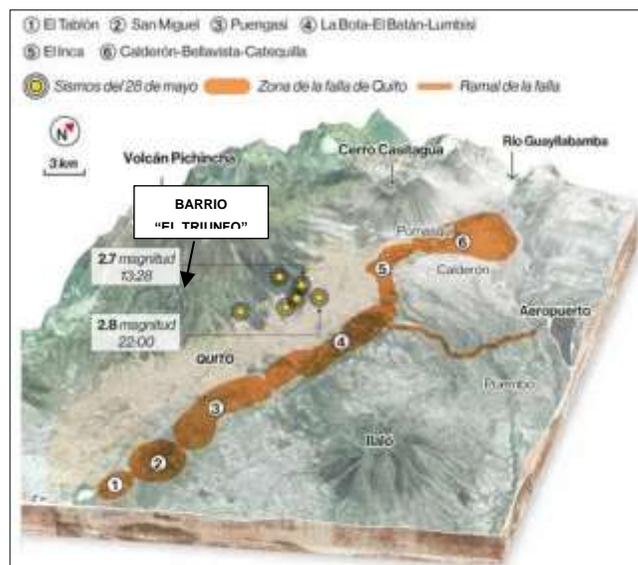


FIGURA 4: SISTEMA DE FALLAS GEOLOGICAS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.

FUENTE: (Ojeda, 2020).

1.4. OBJETIVO

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones de concreto armado de Barrio “El Triunfo” - Parroquia Cochapamba - Cantón Quito - Ecuador, utilizando la Norma Ecuatoriana de la Construcción (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015), mediante una inspección visual rápida y encuestas, con la finalidad de conocer desempeño estructural ante un sismo.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Aplicación de la guía de evaluación visual rápida para edificaciones, mediante la utilización de formularios, para detectar el grado de vulnerabilidad de las edificaciones en estudio.
- Realizar el ensayo de esclerómetro en la edificación más vulnerable, con el fin de determinar la resistencia a la compresión del hormigón de cada elemento estructural.
- Analizar mediante un software el método estático lineal y estático no lineal, para determinar el comportamiento y desempeño estructural.

1.5. ALCANCE

En el proyecto de titulación contiene la evaluación del grado de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones del Barrio “El Triunfo” - Parroquia Cochapamba - Cantón Quito - Ecuador, utilizando la Norma Ecuatoriana de la Construcción evaluación sísmica visual rápida (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015), este se realizará mediante un análisis cualitativo, donde se tomara como muestra representativa un área de estudio de 4550.16 m², se realizará una tabulación de la zona de estudio y se tomara como muestra la edificación más comprometida, se realizará ensayos no destructivos utilizando el esclerómetro que muestra el dato de resistencia del hormigón (f_c) en las columnas y vigas, esta información se tabulará y posterior mente se realizará modelamiento estructural utilizando el método estático lineal y método estático no lineal a través del Software SAP2000.

1.6. LIMITACIONES

En el presente proyecto no se realizará los siguientes análisis como: estudio de suelo, estudio de cimentación, plano arquitecto, plano estructural, método dinámico lineal y método dinámico no lineal, estudios de sistema eléctrico, estudio hidrosanitario; todo esto debido al tiempo de entrega de la tesis.

Además, por la situación actual de restricciones de movilidad y bioseguridad de la Pandemia, dificultad recopilación de información.

1.7. HIPÓTESIS

Se comprueba la alta vulnerabilidad sísmica que existe en el barrio “el Triunfo”, mediante la aplicación de la norma evaluación visual de vulnerabilidad sísmica de edificaciones (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015), con esta se detallará el peligro actual en cada una de las edificaciones en estudio.

1.8. DEFINICIÓN DE VARIABLES

Las variables que interviene en el proyecto de titulación que abarca nuestro estudio son las siguientes:

1.3.1 VARIABLE DEPENDIENTE:

- Vulnerabilidad Sísmica de la Edificaciones.

1.3.2. VARIABLE INDEPENDIENTE:

- Informalidad al momento de la construcción, tipos de materiales usados, daños estructurales, análisis estático lineal y análisis estático no lineal.

1.9. RELACIÓN ENTRE VARIABLES

La variable dependiente es la guía fundamental que permite identificar y valorar la vulnerabilidad sísmica de la zona de estudio, mediante el cual la integración de las variables independientes ayuda a identificar las falencias, patologías de las edificaciones en estudio complementado así la valoración actual. Se puede describir que la relación entre las variables de cada una de ellas permite el proceso de estudio, de este modo alcanzar el objetivo del proyecto.

1.10. ANTECEDENTES

Para el estudio de la vulnerabilidad sísmica se debe analizar y comprender el origen de los movimientos telúricos, ya que estos son el factor endógeno principal para producir daños estructurales.

El Ecuador se encuentra dentro del Cinturón de Fuego del Pacífico, donde los movimientos sísmicos son ilimitados recurrentes ya que las placas tectónicas están en constante movimiento, como es en el caso de la placa Sudamericana y Nazca. Los movimientos telúricos son causados por deformación interna denominada subducción entre la placa de Nazca y la Sudamericana donde el peso de ambas cortezas al colisionar genera deformaciones, causando convergencia entre las mismas. Esta placa se encuentra ubicada a lo largo de las costas sudamericanas, este fenómeno tiene actividad endógena muy activa, por ello los países de la región Sudamérica han formado parámetros fundamentales para el diseño, construcción y evaluación sísmo resistente de diversas estructuras en el área de ingeniería civil como edificios, centros comerciales, estadios y carreteras (Rivadeneira, y otros, 2007).

En Ecuador en la provincia de Quito una zona sísmica conformada por muchos ciclos montañosos y volcanes, que además, presentan múltiples fallas tectónicas que atraviesan todas las áreas urbanas y rurales del área metropolitana, por estos motivos se ha estudiado la actividad tectónica para conocer mejor las fallas estructurales en las edificaciones y así analizar las posibles vulnerabilidades, cabe destacar que el crecimiento poblacional, ha originado el aumento de edificaciones informales y a la vez no cumplen con las normas establecidas para la construcción, la geografía de capital Quiteña es un factor en contra en la mayoría de construcciones ya que estas se localizan en las zonas periféricas de la misma, y se observan cerca de las quebradas, arroyos, zonas de derrumbe o de crecida de algunos ríos, así aumentando la vulnerabilidad y el riesgo humano ante una catástrofe (Vásquez, 2015). En la actualidad para la construcción de una edificación el diseño estructural respeta los parámetros sísmicos mínimos y normas actualizadas.

En Quito la mayor informalidad de construcciones se encuentra en zonas periféricas, estas son habitadas por familias de medianos y bajos recursos (Mora, 2017). Por esta

razón, el proyecto realizó una evaluación de vulnerabilidad sísmica en los edificios del barrio "El Triunfo" de la Parroquia Cochapamba, Quito, Ecuador, utilizando los estándares NEC 2015. Las personas que habitan en la edificación brindarán información sobre el estado de esta.

Para ello, se realizó una encuesta que toma datos generales de la edificación, una inspección visual muy detallada y una evaluación rápida de la estructura y se recopila información para la tabulación de la vulnerabilidad sísmica del área en general. De ello se tomó la muestra más vulnerable y se procedió a realizar el ensayo de inspección no destructiva, se tabularon los datos obtenidos en campo y se procedió a la ejecución de modelo tipo SAP-2000 está indica la actuación de la estructura ante un posible sismo a futuro. Para ello se utilizará el método lineal y no lineal.

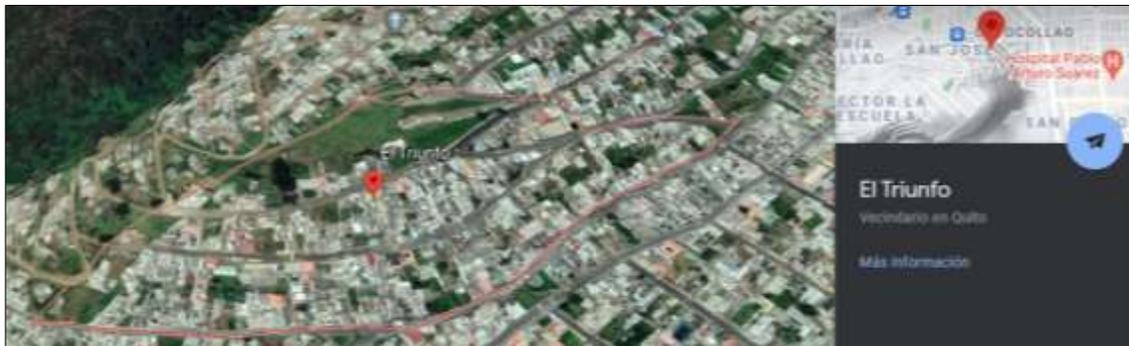


FIGURA 5: BARRIO EL TRIUNFO – PARROQUIA COCHAPAMBA – DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.
FUENTE: (Google Earth, 2021)

1.11. DESARROLLO DE PROPUESTA

Ecuador se caracteriza por ser un país con múltiples amenazas ante los desastres naturales, por lo que el esfuerzo por mejorar la calidad de las edificaciones debe ser una prioridad. De los trágicos hechos ocurridos en Manabí en abril de 2016 (Moncayo, Vargas, Moncayo, & Barzola, 2017), se han extraído datos importantes de edificaciones que se han derrumbado o presentan un alto grado de deterioro, en las que se evidencian tres características comunes: Edificios sin criterios estructurales regulados; falta de control profesional durante la construcción; y falta de anticipación de posibles daños estructurales en caso de un fuerte terremoto.

En el proyecto se ha considerado el riesgo latente que enfrenta la ciudad de Quito no solo por estar ubicada en una zona de alto riesgo sísmico sino también en el incremento de construcciones informales (Veléz, 2016), para este proyecto se presentará una encuesta donde se evalúa la vulnerabilidad sísmica en cuanto a la configuración estructural de edificaciones en la Zona 9 perteneciente a la Parroquia de Cochapamba en el Barrio “El Triunfo”, ubicada en el sector occidental del Distrito Metropolitano de Quito.

El barrio en estudio está conformado principalmente por construcciones informales, con base en el estudio y evaluación de dichas construcciones, se tabulará las edificaciones de muestra para ello se aplica la guía práctica para la evaluación sísmica y la rehabilitación de estructuras según (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015); la cual determina el porcentaje de vulnerabilidad y de ese estudio se tomará una muestra representativa de la zona o edificación más vulnerable para realizar ensayos no destructivos, evaluando el comportamiento de la edificación ante un evento sísmico.

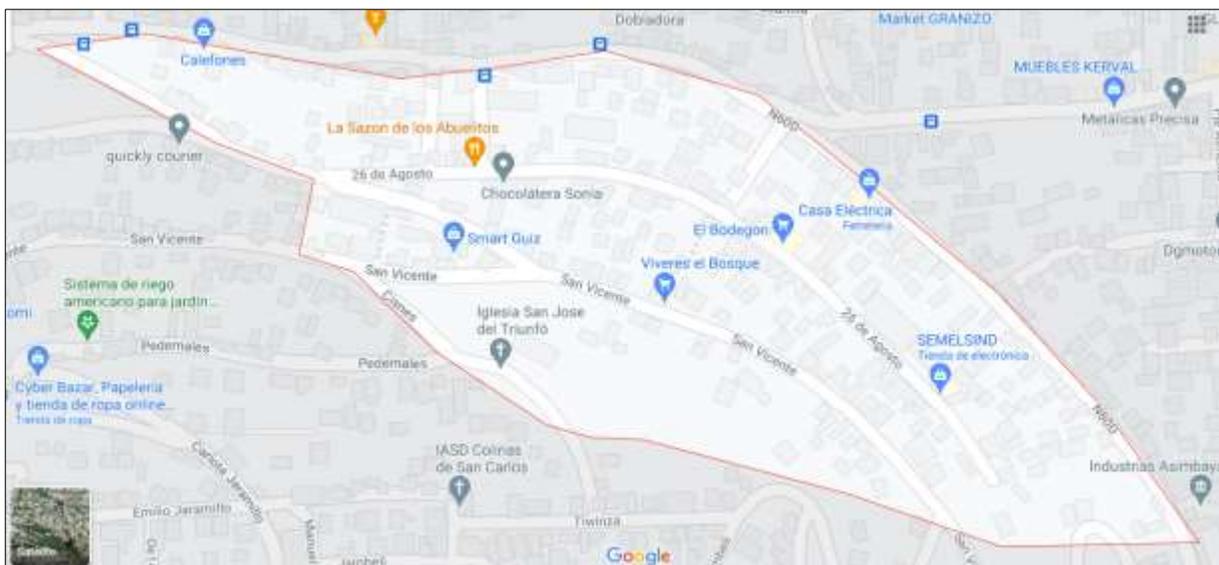


FIGURA 6: BARRIO EL TRIUNFO – PARROQUIA COCHAPAMBA – DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.
FUENTE: (GOOGLE MAPS, 2021).



FIGURA 7: BARRIO EL TRIUNFO – PARROQUIA COCHAPAMBA – DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.
 COTAS CADA 5 METROS – VISTA ISOMETRICA
 FUENTE: (ANALUCA R,2021).



FIGURA 8: BARRIO EL TRIUNFO – PARROQUIA COCHAPAMBA – DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.
 AREA DE LA MUESTRA PARA EL ESTUDIO
 FUENTE: (Google Earth, 2021).

1.12. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del siguiente proyecto de titulación trabajaremos con la NEC-2015 esta es una metodología similar al de ASCE-SE 41-17 y FEMA 154. Dentro del marco teórico se detallará el levantamiento de toda la información que se necesita para el análisis estructural de la vivienda escogida una vez con los datos se utilizara los métodos ya escogidos, en nuestro caso son el método estático no lineal y método estático lineal. Por consiguiente, se realizarán ensayos no destructivos, así como la verificación previa de los planos por la Universidad para la correcta distribución estructural.

Una vez tabulados los resultados se procederá al modelamiento de la vivienda a través del programa SAP 2000 para la obtención y verificación de los mismo y así analizar el posible desempeño estructural que tiene la vivienda en estudio.

1.12.1. DEFINICIONES:

- Amenaza Sísmica: Es la probabilidad de que ocurra un evento sísmico en un sitio en un período de tiempo de una magnitud dada (Funvisis, 2017).
- Vulnerabilidad Sísmica: Es la cuantificación del buen o mal comportamiento de las construcciones durante un terremoto (Funvisis, 2017).
- Riesgo Sísmico: Es un factor de peligro que expresa el movimiento sísmico esperado del suelo de futuros terremotos, un factor de fragilidad que indica la capacidad de resistencia de una estructura contra el movimiento sísmico, causando pérdidas humanas y materiales por las frecuencias del sismo en un mismo sitio y tiempo (Funvisis, 2017).
- Falla Geológica: Una falla geológica es una fractura en la corteza terrestre por la que se mueven los cantos rodados que se separan de ella (Duque & Velez, 2019).
- Edificación: Es designada a toda construcción que contenga materiales resistentes y esta mismo este destinado uso de actividades humanas (Rey, 2020)

CAPÍTULO 2

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. PELIGRO SÍSMICO

La amenaza sísmica es la probabilidad de superar, en un período de tiempo dado y una zona determinada, movimientos del suelo cuyos parámetros de aceleración, velocidad, desplazamiento, magnitud o intensidad se cuantifican (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

La amenaza sísmica se puede cuantificar por los valores máximos del movimiento del suelo, la intensidad del movimiento y finalmente por un parámetro global de la respuesta estructural. Hay dos tipos de análisis que se utilizan para representar el peligro sísmico: análisis determinista y análisis probabilístico (Monserrat, Gómez, & Juárez, 2021)

2.1.1.1. Análisis determinístico

El enfoque determinista es el más antiguo. El peligro se evalúa de acuerdo con el evento más importante que puede ocurrir en el área de estudio. Luego de identificar el terremoto de mayor magnitud, el peligro del sitio se define de acuerdo con el movimiento del suelo o la respuesta estructural que este terremoto puede generar (Monserrat, Gómez, & Juárez, 2021).

Un análisis determinista de la amenaza sísmica tiene la ventaja de ser muy simple y claro, porque el valor de la amenaza en el sitio puede determinarse directamente y actualizarse a medida que se obtiene la información. Informes recientes sobre el terremoto máximo. Una dificultad particular en la cuantificación determinista del peligro sísmico radica en la naturaleza subjetiva de la elección del terremoto más grande para representar el potencial sísmico del área (Monserrat, Gómez, & Juárez, 2021).

2.1.1.2. Análisis Probabilístico

Debido a la aleatoriedad de los eventos sísmicos, el análisis determinista suele ser de poca utilidad en la toma de decisiones porque no toma en cuenta la gran variabilidad observada la acción del suelo sobre una estructura cuál sería su presupuesta. Durante los últimos 20 a 30 años, los conceptos de probabilidad han permitido que las

incertidumbres en la magnitud, ubicación, variación del movimiento del suelo y respuesta estructural se consideren explícitamente en la evaluación del peligro sísmico (Monserrat, Gómez, & Juárez, 2021).

Se desarrolla un análisis probabilístico de la peligrosidad sísmica mediante la representación adecuada de la actividad sísmica del área en estudio y la elección de una relación entre la amplitud del movimiento del terreno o la respuesta estructural (Monserrat, Gómez, & Juárez, 2021). La relación entre la amplitud del movimiento, el tamaño del terremoto y la distancia se gestiona mediante regresiones estadísticas, y las incertidumbres sobre la ocurrencia, la ubicación y el nivel de respuesta sísmica esperada se consideran mediante funciones de densidad de probabilidad (Monserrat, Gómez, & Juárez, 2021).

2.1.2. ORIGEN DE UN SÍSMO

Hasta la década de 1960, las preguntas quedaron sin respuesta. En 1912, afirmó que, en sus inicios, hace unos 200 millones de años, los continentes formaron una gran masa única llamada Pangea, que luego dividió en Laurasia y Gondwana, durante muchos años esas dos masas siguieron dividiéndose y formaron los 5 continentes. Wegener basó la teoría en la continuidad biológica del pasado lejano, porque los restos fósiles encontrados en continentes muy distantes y hoy con climas muy diferentes sugieren que la vida animal y vegetal eran muy similares en ese momento. Resultados posteriores confirmaron la propuesta de Wegener, ya que se encontró una continuidad geológica entre África y América del Sur (Gómez & Loayza, 2014).



FIGURA 9: PANGEA.
FUENTE: (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2016).

2.1.3. PELIGRO SÍSMICO EN EL ECUADOR

En cuanto al peligro sísmico, primero hay que saber qué es un terremoto, y este se define como movimientos bruscos de la masa de la corteza terrestre, que generan la liberación de energía cinética transformada de la energía térmica en forma de ondas sísmicas (Morocho & Sarmiento, 2021), que viajan sobre la tierra en varias direcciones en forma de onda. El lugar donde se genera el terremoto se conoce como hipocentro, el mismo que se ubica en la corteza terrestre; y el epicentro es el lugar de la superficie terrestre donde repercute la onda. (Velásquez, 2012).

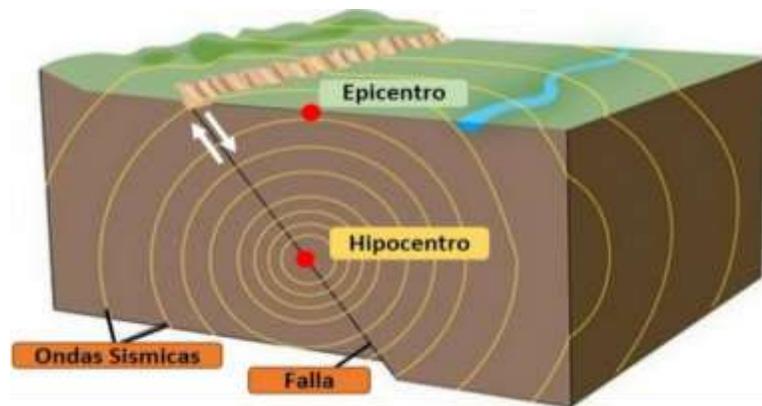


FIGURA 10: FALLA SISMO

FUENTE: (UNIVERSIDAD NACIONAL DE COSTA RICA , 2021).

Ecuador es un país de Sudamérica, ubicado cerca del Cinturón de Fuego del Pacífico, el cual presenta la subducción de las diversas placas sobre las que descansa el Océano Pacífico, es por esta razón científica que en el Ecuador haya gran cantidad de movimientos sísmicos, debido a la interacción de las placas de Nazca, Pacífico y Sudamericana (Rivadeneira, y otros, 2007).

En Ecuador se ha detectado una gran cantidad de terremotos de considerable magnitud en los últimos 460 años, entre los más importantes se encuentran los 7 ocurridos en la ciudad de Riobamba, en 1982 con una magnitud de 6,8 grados en la escala de Richter; y, en la ciudad de Ibarra en 1986 con una magnitud de 7,2 grados en la escala de Richter, en la que la destrucción total de estas dos ciudades resultó en la muerte de más de 60.000 personas, en la actualidad ocurrió en la ciudad Manta en 2014 con una magnitud

de 7,8 grados en la escala de Richter este suceso fue el más fuerte registrado con 671 pérdidas humanas y causando pérdidas económicas (Moncayo, Vargas, Moncayo, & Barzola, 2017).

2.1.4. PELIGRO SÍSMICO DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

La ciudad de Quito capital del Ecuador, se encuentra a una altitud de 2850 m.s.n.m.m. la cual pertenece a la región interandina del país. Tiene una población de 2,2 millones de personas, distribuidas en 33 parroquias rurales y 32 parroquias urbanas. Los estudios sísmicos muestran que cada 50 años, se producen terremotos con eventos sísmicos ubicados a diferentes distancias de la ciudad, causando daños importantes a la ciudad. Entre ellos, cabe destacar que las batallas ocurrieron en 1587, 1797, 1859 y 1868, siendo los valores estimados de intensidad de par Mw 6,4, 7,6, 7,2 y 7,3. El escenario de un evento probable que afecte a Quito se vuelve aún más importante cuando se considera además que en las últimas décadas la población de la ciudad ha crecido significativamente, al igual que la oferta de inmuebles (Rivadeneira, y otros, 2007), (Parra, 2016).

Siguiendo las secuencias históricas sobre terremotos que han afectado a Quito ocurrido en marzo de 1859, al noroeste de la capital, que mató a 30 personas y provocó importantes daños físicos en las edificaciones (Parra, 2016). Otro terremoto histórico importante es el ocurrido en agosto de 1868, cerca de la ciudad de Ibarra, al norte de Quito. Otro terremoto se registró en Quito ocurrió en 1990 con una magnitud de 4.9 grados en la escala de Richter este estuvo vinculado a la falla de Quito (Rivadeneira, y otros, 2007).

En la última década se registró el 12 de agosto de 2014 con una magnitud de 5.1 en la escala de Richter al Norte de la capital y el terremoto de 2016 que ocurrió en Manabí no causó daños en la capital (Moncayo, Vargas, Moncayo, & Barzola, 2017).

2.2. RIESGO SÍSMICO

Una vez considerados los conceptos de Riesgo Sísmico y Vulnerabilidad Sísmica, se puede observar que existe una relación directa entre ellos, es decir, para un riesgo sísmico real en un lugar, ambos conceptos que deben crearse y existir respectivamente.

El riesgo evalúa y cuantifica las posibles consecuencias económicas y sociales de los terremotos debido a la falla de las estructuras resistentes y perduran más allá de la tolerancia (Gómez & Loayza, 2014). Esta está compuesta de los siguientes factores: Vulnerabilidad, Riesgo o Amenaza y Elementos expuestos.

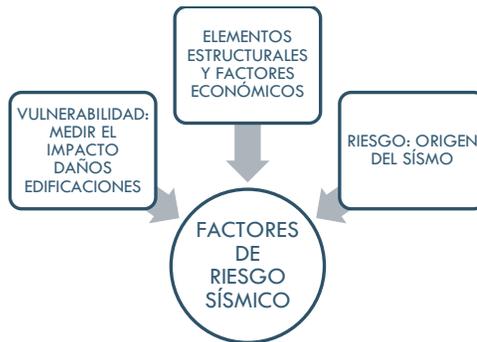


Ilustración 1: Factores de Riesgo Sísmico.
Fuente: (Analuca R, 2021).

2.2.1. MICROZONIFICACIÓN SÍSMICA

La zonificación microsísmica se puede definir como estudios multidisciplinarios que estudian los efectos de los terremotos y fenómenos relacionados como licuefacción de suelos, deslizamientos de tierra, tsunamis y otros sobre un área. Esto lleva a brindar información sobre la posibilidad de cambios en las acciones sísmicas provocadas por las condiciones locales y otros fenómenos naturales, además apunta a limitaciones y requisitos como uno de los objetivos del estudio y será utilizado para el diseño y construcción de edificaciones y otros proyectos. Para ello se recolectan, procesan y comparan datos de geología, sísmica, evaluación de daños sísmicos pasados, topografía, geingeniería, medición de parámetros dinámicos del suelo, entre otros parámetros medibles. Donde la dinámica del suelo bajo la acción de un terremoto genera la necesidad de realizar estos estudios está asociada a la ordenación territorial en áreas urbanas, con la determinación de los coeficientes de diseño de resistencia sísmica de las edificaciones, que son factores para asegurar la vida y propiedad del ser humano; así como una evaluación de posibles daños económicos causados por futuros eventos sísmicos debido a la vulnerabilidad de edificaciones y estructuras de ingeniería (Gómez & Loayza, 2014).

Debido a la ubicación estratégica de Ecuador, el área es una zona altamente sísmica debido a la acumulación de energía que genera un terremoto cuando se libera debido a la interacción entre la placa de Nazca y la placa continental sudamericana, donde la subducción de la placa oceánica al ser más pesada y delgada se desplaza (Nazca) se hunde por debajo de un plato sudamericano (rocoso). Estos movimientos ocurren alrededor de las costas del Pacífico de América, las islas de Asia y Oceanía, que forman el llamado Círculo de Fuego del Pacífico, donde se registra una alta actividad sísmica y volcánica (Rivadeneira, y otros, 2007).

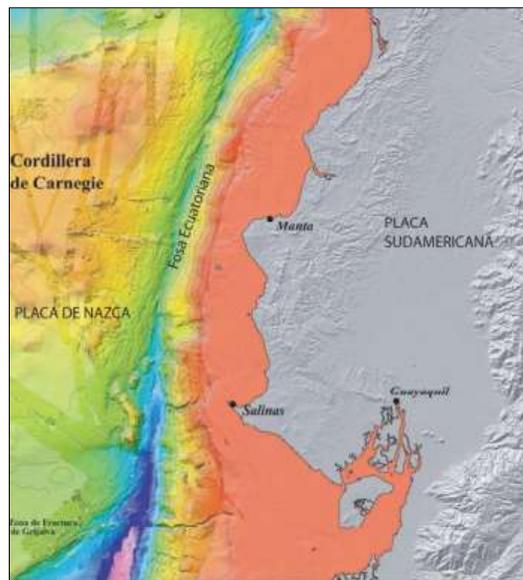


FIGURA 11: ZONA DE SUBDUCCIÓN EN ECUADOR.
FUENTE: (Rivadeneira, y otros, 2007).

2.2.2. CURVAS DE PELIGRO SISMICO

La existencia de diferentes curvas tiene base en que se aplica para diferentes ocupaciones que se van a desempeñar, como por ejemplo estructuras especiales, obras puertearías, puentes, etc.; esto ayuda a verificar diferentes peligros sísmicos y evalúa el desempeño como tal. Estas curvas están dadas de acuerdo con el nivel de aceleración sísmica del terreno (PGA) vs tasa anual de excedencia (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

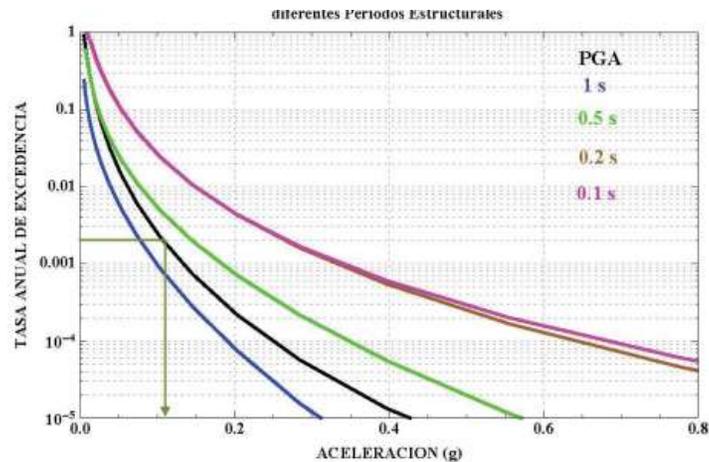


FIGURA 12: CURVA DE PELIGRO SÍSMICO.
FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015)

2.2.3. NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION – NEC 2015

La Norma Ecuatoriana de la Construcción, tiene como objetivo fundamental el regular los procesos para cumplir los parámetros básicos de seguridad y calidad en todo tipo de construcciones como efecto las características del proyecto como su construcción, uso y mantenimiento de esta. Tomando en cuenta criterios fundamentales como: establecer parámetros mínimos de seguridad y salud; mejorar mecanismos de control y mantenimiento, reducir consumo energético y cumplimiento de principios básicos de habitabilidad (MIDUVI-CAMICON, 2015).

2.2.3.1. CARGAS NO SÍSMICAS

Es importante mencionar que la Norma Ecuatoriana de la Construcción actual 2015, toma en consideración las cargas de granizo, viento y sobrecarga de cubierta; las cuales las estructuras deberán ser diseñadas para que soporten dichas cargas, por lo tanto, tenemos las siguientes combinaciones (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Combinación 1
1.4 D
Combinación 2
1.2 D + 1.6 L + 0.5 max[L _x ; S ; R]
Combinación 3*
1.2 D + 1.6 max[L _x ; S ; R] + max[L ; 0.5W]
Combinación 4*
1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 max[L _x ; S ; R]
Combinación 5*
1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S
Combinación 6
0.9 D + 1.0 W
Combinación 7
0.9 D + 1.0 E

FIGURA 13: COMBINACIONES DE CARGAS.
FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

2.2.4. FACTOR DE ZONA Z

El valor Z de cada zona sísmica representa la máxima aceleración en la roca predicha para el sismo de diseño, expresada como una fracción de la aceleración debida a la grave (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015). El factor Z en Ecuador se divide en 6 zonas y el valor se asigna en función al sitio donde se ubica o donde se construirá la estructura, como se puede identificar en el mapa (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015). (Véase figura 14)

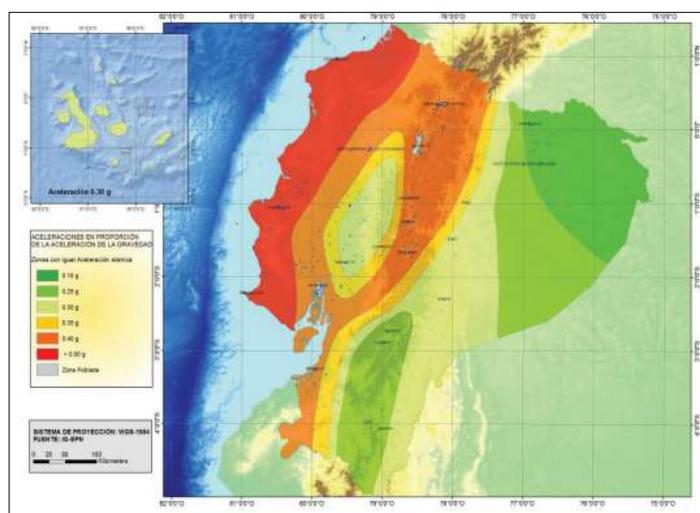


FIGURA 14: MAPA DE ZONA SISMICA Y FACTOR Z.
FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Este mapa es el resultado de un estudio de amenaza sísmica, en el cual se utilizó un sismo de diseño que tiene una superación del 10% en 50 años, con la zona VI. Este mapa de amenaza sísmica se representa cualitativamente sobre la base de una tabla que se expresa a continuación (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Tabla 1: Valores del factor Z en función de las zonas sísmicas adoptadas.
Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

2.2.5. COEFICIENTES DEL PERFIL DE SUELO

2.2.5.1. Factor Fa - Amplificación de suelo en la zona de periodo corto

Este se encarga de amplificar las ordenadas de espectro de respuesta de las aceleraciones para el diseño en rocas, se debe tomar en cuenta en que sitio se va a trabajar para tomar los valores (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85

FIGURA 15: FACTOR Fa.
FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

2.2.4.2. Factor Fd - Coeficiente de desplazamiento para el diseño en rocas

Se aplica en las coordenadas del espectro elástico, se debe tomar en cuenta el sitio donde se va a trabajar (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5

FIGURA 16: FACTOR F_d
FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

2.2.4.3. Factor F_s – Coeficiente de comportamiento no lineal de los suelos

Este factor es la degradación del periodo del sitio esta depende de la intensidad y contenido de la frecuencia del sismo y desplazamientos relativos del suelo (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2

FIGURA 17: FACTOR F_s.
FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

2.3. ESPECTRO DE DISEÑO

Este demuestra la respuesta máxima que tiene el espectro de diseño, y se observa según la función de periodo vs aceleración, según la NEC el espectro es la representación de las características geográficas tectónicas el cual genera la respuesta un espectro elástico (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

2.3.1. ESPECTRO ELÁSTICO HORIZONTAL DE DISEÑO EN ACELERACIONES

Se tiene como respuesta las aceleraciones máximas en función de la gravedad (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

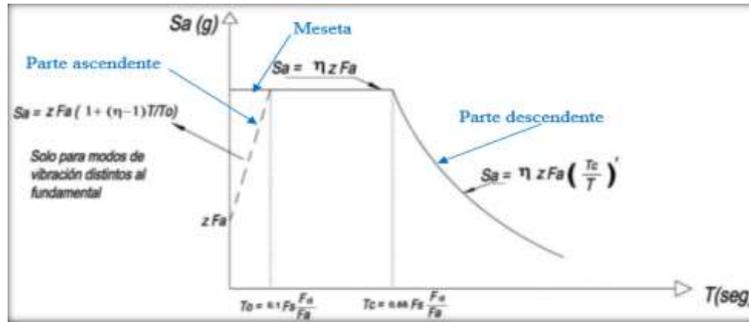


FIGURA 18: ESPECTRO ELÁSTICO
FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Dónde:	
η	Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado.
F_z	Coefficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo corto. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
F_d	Coefficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
F_s	Coefficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos
S_a	Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del periodo o modo de vibración de la estructura
T	Periodo fundamental de vibración de la estructura
T_0	Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
T_c	Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
Z	Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g

FIGURA 19: SIGLAS DE ESPECTRO DE DISEÑO.
FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Ecuaciones para determinar el amortiguamiento al 5% del espectro de diseño (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

$S_a = \eta Z F_a$	para $0 \leq T \leq T_c$
$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T}\right)^r$	para $T > T_c$
Dónde:	
η	Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.
r	Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto
$r = 1$	para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E
$r = 1.5$	para tipo de suelo E.
S_a	Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g). Depende del período o modo de vibración de la estructura
T	Período fundamental de vibración de la estructura
T_c	Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
Z	Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad g

FIGURA 20: ECUACIONES.
FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

2.3.2. ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO EN DESPLAZAMIENTO

Para este se utilizará las siguientes formulas:

$S_d = S_a(g) \cdot (T/2\pi)^2$	para	$0 \leq T \leq T_L$
$S_d = S_a(g) \cdot (T_L/2\pi)^2$	para	$T > T_L$
Dónde:		
g	Aceleración de la gravedad	
S_d	Es el espectro elástico de diseño de desplazamientos (definido para una fracción del amortiguamiento respecto al crítico igual a 5%). Depende del período o modo de vibración de la estructura	

FIGURA 21: ECUACIONES PARA DISEÑO EN DESPLAZAMIENTO.
FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

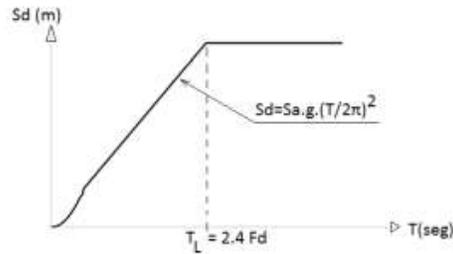


FIGURA 22: ESPECTRO SÍSMICO ELÁSTICO DE DESPLAZAMIENTO PARA EL DISEÑO.
FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

2.3.3. FACTOR DE REDUCCIÓN R

Con la integración de este factor se reduce la fuerza de diseño sísmico, este factor se encarga de reducir momentáneamente la ordenada elástica espectral que debe disponer el comportamiento inelástico, este depende de variables como tipo de estructura, tipo de suelo y periodo de vibración (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015), en la NEC establece los siguientes valores a seguir en sistemas dúctiles:

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras (sistemas duales).	8
Pórticos especiales sismo resistentes de acero laminado en caliente, sea con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	8

FIGURA 23: FACTOR R – SISTEMAS DUCTILES.
FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Sistemas Estructurales Dúctiles	R
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

FIGURA 24: FACTOR R – SISTEMAS DÚCTILES.
FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Sistemas Estructurales de Ductilidad Limitada		R
Pórticos resistentes a momento		
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM limitados a viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 metros.		3
Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM con armadura electrosoldada de alta resistencia		2.5
Estructuras de acero conformado en frío, aluminio, madera, limitados a 2 pisos.		2.5
Muros estructurales portantes		
Mampostería no reforzada, limitada a un piso.		1
Mampostería reforzada, limitada a 2 pisos.		3
Mampostería confinada, limitada a 2 pisos.		3
Muros de hormigón armado, limitados a 4 pisos.		3

FIGURA 25: FACTOR R – SISTEMAS DÚCTILES.
FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

2.3.4. CORTANTE BASAL ϕ

Este refiere la acumulación gradual de las fuerzas laterales cortantes de cada piso, misma que se debe distribuir por cada nivel del edificio.

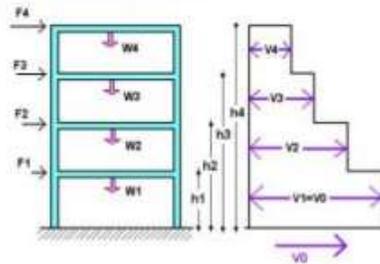


FIGURA 26: CORTANTE BASAL – FUERZAS LATERALES.
FUENTE: (Ruiz Hurtado, 2019).

$$V = \frac{Z * I * C}{\phi_p * \phi_E * R} * W$$

ECUACIÓN 1: CORTANTE BASAL V.

$$S_a = n * Z * F_a$$

ECUACIÓN 2: COEFICIENTE BASAL V.

$$T_1 = C_t * h_n^{\frac{2}{3}}$$

ECUACIÓN 3: PERIODO DE VIBRACIÓN.

2.4. CONCEPTO GENERAL DE DISEÑO SÍSMORESISTENTE

El diseño sismo resisten ayuda a comprobar el nivel de seguridad que tiene una estructura, este calcula la probabilidad del 10%; utilizando un parámetro de 50 años como mínimo de vida útil de la estructura, esto equivale a un periodo de retorno de 475 años (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015). Para la evaluación se modela efectos dinámicos con el espectro de respuesta.

2.4.1. REQUISITOS MINIMOS – DISEÑO SISMO RESITENTE

- Evitar colapso ante terremotos.
- Si es necesario utilizar disipadores de energía.
- Cumplimiento de la norma NEC y soportar cargas específicas (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

2.4.2. MAXIMOS DESPLAZAMIENTOS DE DERIVAS DE PISO

Es nada más que la acción de la fuerza horizontal que se hace presente en la estructura presentando deformaciones relativas a lo cual se denomina derivas de piso, esta misma se expresa como un porcentaje de altura de piso, con los máximos desplazamiento de deriva. Este parámetro se obtiene en la NEC (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Estructuras de:	Δ_M máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

FIGURA 27: MÁXIMOS DESPLAZAMIENTOS.
FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

2.4.3. CONTROL DE DERIVAS INELÁSTICAS

Este comprende en determinar las deformaciones inelásticas controlables donde se considera las secciones agrietadas y se verifica la máxima respuesta de inelástica causado por el sismo, para la revisión se utiliza las deflexiones causadas por la torción y traslaciones del movimiento (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

$$\Delta M = 0,75 R \Delta E$$

ECUACIÓN 4: MÁXIMOS DESPLAZAMIENTOS.

FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Formula a utilizar donde:

- ΔM = definición de máxima deriva inelástica.
- ΔE = desplazamientos laterales obtenidos.
- R = factor de reducción de resistencia.

2.5. SISTEMA DE FALLAS GEOLOGICAS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO

El sistema de fallas de Quito comienza en la ciudad de Tambillo en el sur y avanza hacia el norte hasta San Antonio de Pichincha, definido como una línea de 47 a 50 km de longitud. Los cerros que se encuentra involucrados con la falla son El Batán, La Bota, loma Puengasí, Bellavista y Catequilla (Secretaria de Seguridad , 2015). Estos cerros son el resultado de fallas inversas en la superficie de la estructura que no se observan en la superficie, estas fallas doblan las capas para formar estas estructuras (Secretaria de Seguridad , 2015). Esta característica es un rasgo que a menudo exhiben los defectos inversos. Para la falla de Quito, la manzana en la que se ubica la ciudad se eleva sobre el nivel del valle Interandino esta se denomina falla oculta en este caso (Rivadeneira, y otros, 2007).

El movimiento telúrico registrado por el monitoreo instrumental en la región del Distrito Metropolitano de Quito, donde la falla de Quito estuvo presente, ocurrió el 10 de agosto de 1990 a las 22:00 hora local y alcanzó una magnitud de 4.9 Mw. Este terremoto tuvo al menos 50 réplicas con magnitudes superiores a tres. Este hecho produjo derrumbes y grietas en la mampostería de algunas edificaciones de los sectores de Pomasqui y San Antonio de Pichincha y se sintió también en toda la ciudad, provocando la caída de objetos en los pisos superiores de las edificaciones. El epicentro se ubicó en 78° 25'39.36"W y 0 ° 1'58.44"S, a 3 kilómetros del norte de la localidad de Pomasqui. Se calculó que el hipocentro tenía 4,1 kilómetros de profundidad (Rivadeneira, y otros, 2007).

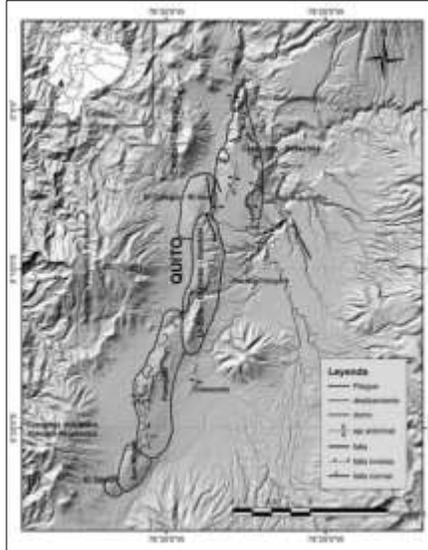


FIGURA 28: SISTEMA DE FALLAS DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.

FUENTE: (Rivadeneira, y otros, 2007).

Durante el período colonial, varios terremotos afectaron la capital de la República, como lo demuestran los grabados de las iglesias de Quito. A partir de estos informes gráficos se observa cómo han cambiado las cúpulas de las iglesias, debido a las reconstrucciones que siguieron derrumbándose por un fenómeno telúrico. De estos estudios se deduce que al menos 50 terremotos azotaron la ciudad con base en informes en los que se evaluó la intensidad en todo el Callejón Interandino, al menos 5 provinieron de una falla cercana a la capital, si no de la misma falla. Fuertes terremotos ocurrieron en los años 1587, 1755, 1797, 1868 y 1859 (Rivadeneira, y otros, 2007) y en la última década los sismos más fuertes registrados fue el 12 de agosto de 2015 al norte de la capital con una magnitud de 5.1 en la escala de Richter (El Comercio, 2014) y el terremoto que sacudió a todo Ecuador fue el que ocurrió el 16 de abril de 2016 con una magnitud 7.8 Mw ocurrido en Manabí, sin embargo, en la capital quiteña las repercusiones fueron leves sin causar daños mayores (Bravo, 2017).

2.6. VULNERABILIDAD SÍSMICA

Otra parte importante de la evaluación del riesgo de un área es la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de las estructuras. Terremotos pasados han enseñado que existen estructuras del mismo tipo que, aunque ubicadas en el mismo lugar, pueden sufrir más daños por el terremoto, porque hay estructuras de mejor calidad estructural que las

demás, otras son menos frágiles. Este paso es importante porque la vulnerabilidad sísmica se puede evaluar de una manera muy general, como a nivel urbano, mediante la realización de un estudio muy detallado de la estructura. El comportamiento de la estructura suele ser complejo y depende de varios parámetros que a menudo son difíciles de obtener (Gómez & Loayza, 2014).

2.6.1. VULNERABILIDAD ESTRUCTURAL

Se ha descubierto a través de estudios que las estructuras más sensibles son aquellas que presentan irregularidades geométricas tanto en planta como en fachada, por lo que los cálculos por parte de un profesional en la materia para este tipo de diseño son absolutamente imprescindibles para reducir vulnerabilidades. Para este tipo de rehabilitación estructural, se utilizan varios métodos de fortalecimiento, como muros estructurales, contrafuertes, entre otros (Cárdenas, 2008).

2.6.2. VULNERABILIDAD NO ESTRUCTURAL

Conocidos por ser los más comunes como mampostería, ventanas, persianas, equipos eléctricos, equipos mecánicos que, debido a daños, pueden detener el funcionamiento normal. La mampostería no reforzada, aunque no es un elemento estructural, se menciona que también ayuda a endurecer el edificio hasta que se produzca un daño o colapso, de ahí la correcta terminación de las juntas en la corrección del diseño de la mampostería y los revestimientos (Cárdenas, 2008).

2.7. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

El análisis estático es adecuado cuando se existen efectos insignificantes en el modo superior, este método es más utilizado para edificaciones de baja altura y regulares. Mientras que el análisis dinámico se utilizar para edificaciones de grande altura y para edificios con irregularidades torsionales; tanto el método estático y dinámico deben analizarse juntos, pero si la participación de masa en el primer modo es baja debe emplear el análisis estático lineal y estático no lineal.

2.7.1. ANÁLISIS ESTÁTICO LINEAL

El análisis estático lineal permite determinar factores importantes como: factor de seguridad, tensión efectiva, momento y área de influencia para toda edificación definida. Estos factores nos permiten delimitar rangos de acción para evaluar las condiciones que se encuentran las estructuras.

El análisis estático lineal sigue la ley de Hooke porque supone que la estructura y los materiales que la componen están en movimiento lineal, es decir, la fuerza es proporcional a la deformación, esta relación comprende como una proporción entre deformación y tasa de deformación y, entre tasa de deformación la tensión. La relación entre las dos variables es lineal si el cambio en la rigidez de la estructura bajo carga es insignificante.

El análisis lineal se ocupa de la relación entre la carga y el desplazamiento resultante. Es el principio de superposición, que es lineal. Cuando la amplitud de la carga se duplica, la respuesta del modelo se duplica. Basado en el supuesto de un comportamiento elástico lineal del material, y teniendo en cuenta la estructura sin equilibrio ni deformación (Villamil & Tarquino, 2018). Dando como resultados de este método edificaciones que sean capaces de responder ante un evento sísmico de manera prácticamente elástica.

2.7.2. ANÁLISIS NO LINEAL PUSHOVER

El Pushover o más conocido como análisis estático no lineal se utiliza para verificar la capacidad de resistencia y deformación de una estructura, el cual ayuda a comprender y optimizar la estructura ante un colapso (Duarte, Martínez, & Santamaria, 2017); se debe considerar la degradación de la rigidez de los elementos estructurales esto provocara una formación de rotulas plásticas como medida de disipar la energía (Cruz & Huayaney, 2016).

- Las principales características de este método es determinar:
- Valorar que elementos estructurales fallan primero
- Determinar la ductilidad de cada elemento estructural
- Determinar la degradación de cada elemento estructural
- Analizar resultado de desplazamientos inelásticos

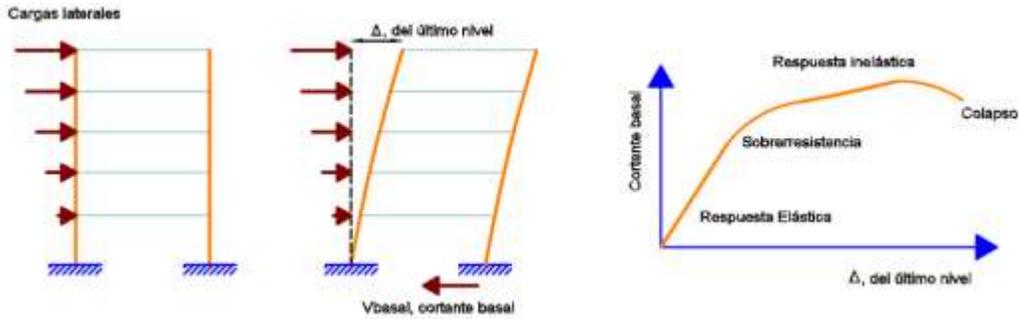


FIGURA 29: SECUENCIA DEL ANALISIS PUSHOVER.
FUENTE: (Aguiar, Cagua, & Pilatasig, 2020)

El análisis fundamental de este método se basa en conocer el comportamiento de los elementos estructurales y teniendo en cuenta el material de cada uno de ellos, debido a que se encuentra ante acciones grandes de fuerzas sísmicas, para ello se debe conocer los diagramas de momento de curvatura de cada sección transversal esto nos ayudara a determinar la ductilidad por curvatura y se compara con la curva de demanda que esta sometía la estructura. Estas se encuentran en los nudos de las vigas y columnas, donde se obtiene una longitud plástica del momento de demanda supere al momento de fluencia y los elementos comienza a trabajar en un rango no lineal, este elemento comienza a trabajar como disipadores de energía y se obtiene la curva de capacidad de la estructura con el fin de encontrar su desempeño (Cruz & Huayaney, 2016).



FIGURA 30: CURVA DE CAPACIDAD DE NIVELES DE DESEMPEÑO.
FUENTE: (Cruz & Huayaney, 2016).

El Pushover tiene como fin analizar la curva de capacidad (desplazamiento vs cortante basal), para evaluar las deformaciones estructurales sísmicas.

2.7.2.1. Rótulas Plásticas

Una rótula plástica es un punto de conexión que permite el amortiguamiento de energía, estas se distribuyen por medio de las secciones a lo largo de la longitud, debido que, las deformaciones inelásticas se forman en las rotulas de base de columnas y flexión en vigas.

2.7.2.2. Brazo Rígido

El brazo rígido representa el porcentaje de la longitud total de un elemento el cual se considera que es infinitamente rígido dentro del nodo o una longitud explícita (Arqhys Arquitectura, 2012). Muchos autores recomiendan que para estructuras de concreto armado se debe usar un factor de 0.5, en ninguno de los casos se debe usar factor 1.

A manera ejemplo, supongamos que tenemos una viga de 5m de luz y le asignamos los siguientes parámetros:

-End offset = 0,6 en ambos extremos y Rigid zone factor = 0,50.

Lo que le indica al programa es que en cada extremo tenemos un brazo rígido de $0,50 \times 0,60 = 0,30\text{m}$ de longitud. En consecuencia, el programa para su análisis calculara la rigidez de la viga considerando la longitud de $5\text{m} - 0,30\text{m} \times 2 = 4,4\text{m}$. por otra parte para efectos de diseño el programa tomara los momentos a 0,6m desde cada extremo.

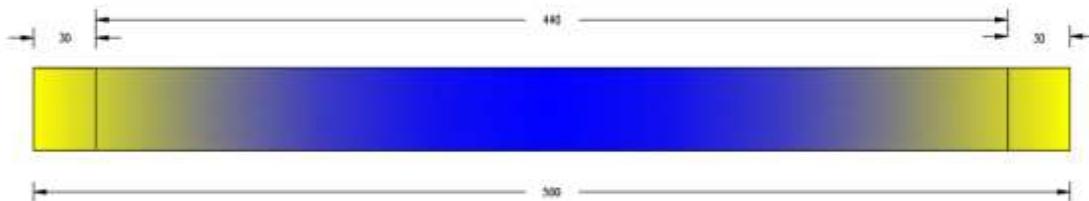


FIGURA 31: BRAZO RIGIDO.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

En conclusión, la rigidez de corte se puede modelar modificando la rigidez de flexión mediante este factor, por lo cual permite que los elemento estén conectados entre sí. Por otro lado, cuando es 1 la rigidez significa que el 100% longitud es infinitamente rígida tomado en cuenta que el nodo está dentro del elemento (0,6 en nuestro ejemplo), y

cuando es 0 implica que el programa calcula la rigidez en los ejes (5m en nuestro ejemplo).

2.7.2.3. No Linealidad de los Materiales

El comportamiento del no lineal de los materiales cambia en función a la deformación, debió a las cargas externas, como efecto provoca una fluctuación de rigidez en los elementos estructurales. Para el análisis de método no lineal las deformaciones deben ser mayores al cincuenta por ciento de su valor unitario, mientras que, la linealidad geométrica son los cambios de la geometría a medida que la estructura se deforma (Ortega & Romero, 2006).

2.7.2.4. Efecto P- Δ

Este factor es analizado entre los extremos de los elementos estructurales, se asocia con las derivas de cada piso de la edificación. Cuando existen deformaciones laterales grandes, este aumenta la fuerza y momentos internos, provocando así una reducción de la rigidez lateral efectiva.

2.7.2.5. Curva de Capacidad

Es el resultado de la estructura tiene durante el primer modo de vibración, este se basa en el primer modo fundamental de vibración de la estructura ante una sollicitación sísmica, este debe ser con los periodos de vibración menores a un segundo (Alemán Garcia & Naranjo Quimbiulco, 2011).

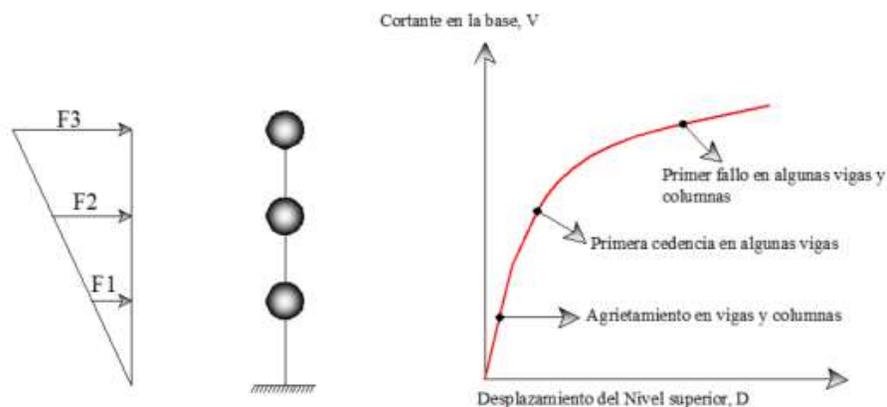


FIGURA 32: PUNTOS DESTACADOS EN LA CURVA DE CAPACIDAD DE ACUERDO CON EL MODELO MATEMÁTICO. FUENTE: (Alemán Garcia & Naranjo Quimbiulco, 2011).

2.7.2.6. Coeficientes de Desplazamiento

Para la aplicación de la evaluación y rehabilitación de estructuras existente se debe tomar en cuenta para el diseño del sismo el método de coeficiente de desplazamiento de la FEMA-273 y el método del espectro de capacidad ATC-40 que son para procedimientos estáticos no lineales.

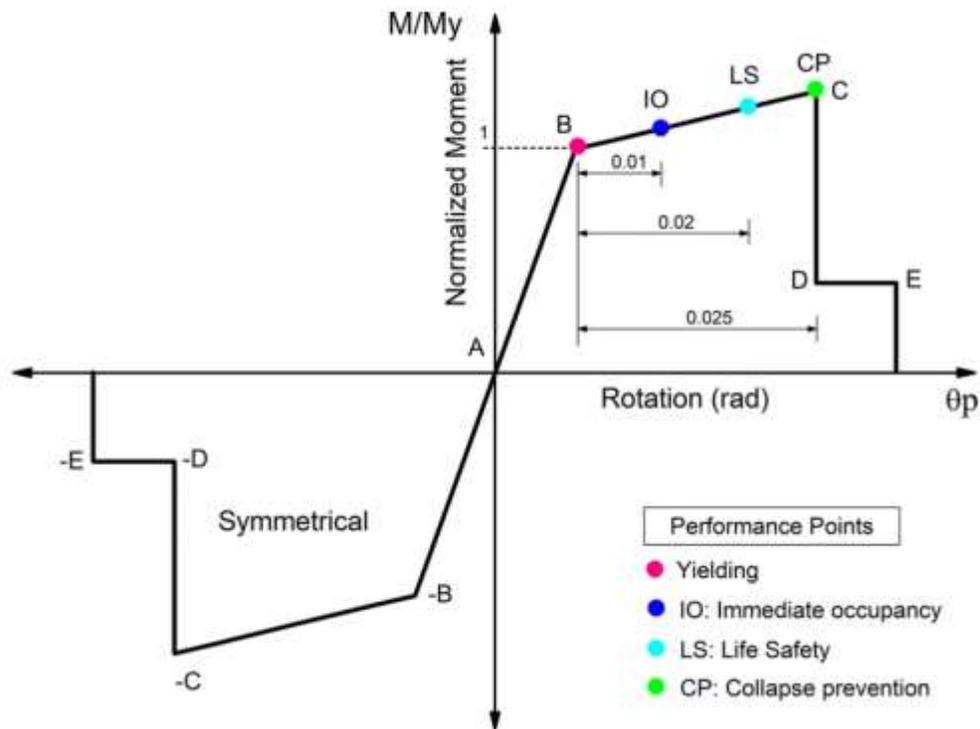


FIGURA 33: CURVA DE MOMENTO ROTACIÓN PARA RÓTULAS PLÁSTICAS FEMA 356.
FUENTE: (Bhandarl, 2020).

2.7.2.7. Desempeño Estructural

Las estructuras al estar expuestas a cargas finales menores a las del diseño, esta no sufre deformaciones irreversibles, de esta manera se previene resista cargas superpuestas que al 90% de cargas de diseño finales. El objetivo principal del diseño sismo resistente es que cuando exista un evento sisimico de gran magnitud esta disipe la energía y el edificio absorba las cargas laterales median los elementos estructurales dentro del rango elástico, con el fin no perder resistencia en los materiales.

Existen diferentes niveles de desempeño que depende del control de daño (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

	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

Tabla 2: Control de daño y niveles de desempeño para edificios.
Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

2.7.2.8. Punto de Desempeño

De acuerdo con la ACT-40, el método del espectro de capacidad en donde la demanda sísmica cruza (S_a vs S_d) del espectro inelástico, esta respuesta se forma del amortiguamiento hiperestático equivalente. De esta manera se obtiene los diferentes niveles de desempeño, los cuales son:

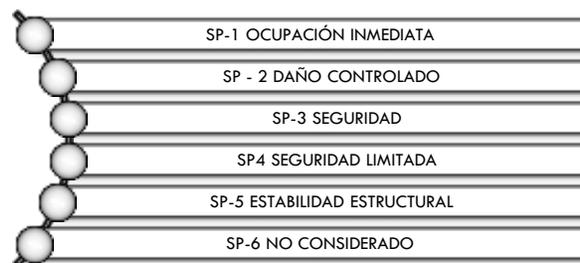


Ilustración 2: Niveles de desempeño de elementos estructurales ATC-40.
Fuente: (Bach, 2015).

Mientras que en la FEMA-276 los niveles de desempeño son:

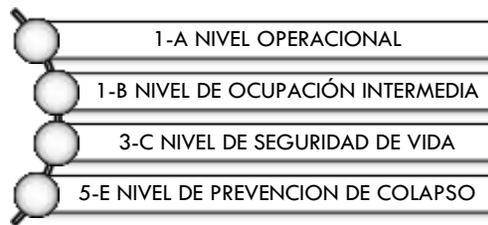


Ilustración 3: Niveles de desempeño de elementos estructurales y no estructurales FEMA-273.
Fuente: (Ramírez, 2016).

2.8. MÓDULO DE ELASTICIDAD

Es la relación de esfuerzo vs deformación, esta se genera a través de someter al material a una carga constante lineal e indicara el límite que alcanza la misma, cada material cumple con un comportamiento elástico que debe cumplir con la ley de Hooke (Osorio, 2018).



FIGURA 34: MÓDULO DE ELASTICIDAD.
FUENTE: (Osorio, 2018).

2.8.1. EL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL HORMIGÓN

Es un parámetro fundamental para el análisis de la rigidez del material, los desplazamientos en el diseño estructural y cómo se comporta en función a la resistencia del hormigón (Chele, 2019). Ese define también que el hormigón no presenta elasticidad y la curva de deformación no presenta un comportamiento lineal (Vargas & Carro, 2013).

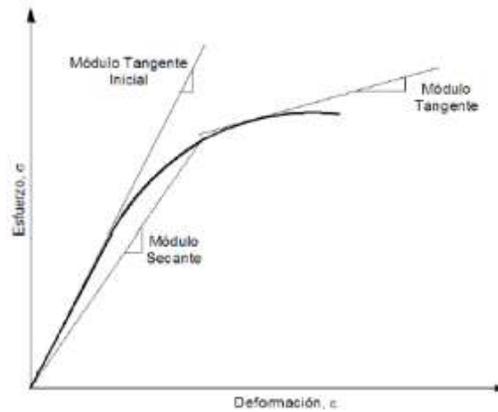


FIGURA 35: MÓDULO DEL HORMIGÓN.
FUENTE: (Chele, 2019).

Las consideraciones para el módulo de elasticidad se tomaron de acuerdo con resultados de investigaciones en tesis de la UCE Y ESPE, la misma que cuenta con resultados de laboratorio y características de los materiales (Criollo, 2012):

- Cemento selva alegre – Pintag y Guayllabamba.
- Hormigonera de Quito y Equinoccial, agregados que usan son de Pifo y San Antonio y cemento selva alegre.
- Hormigonera Metform, agregados que usa son de Pifo y San Antonio y cemento selva alegre.

CAPÍTULO 3

3.1. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN Y RESULTADOS

El presente informe detalla la obtención de los datos para el proyecto y este constara de varios parámetros, tales como la metodología y los resultados obtenidos en campo.

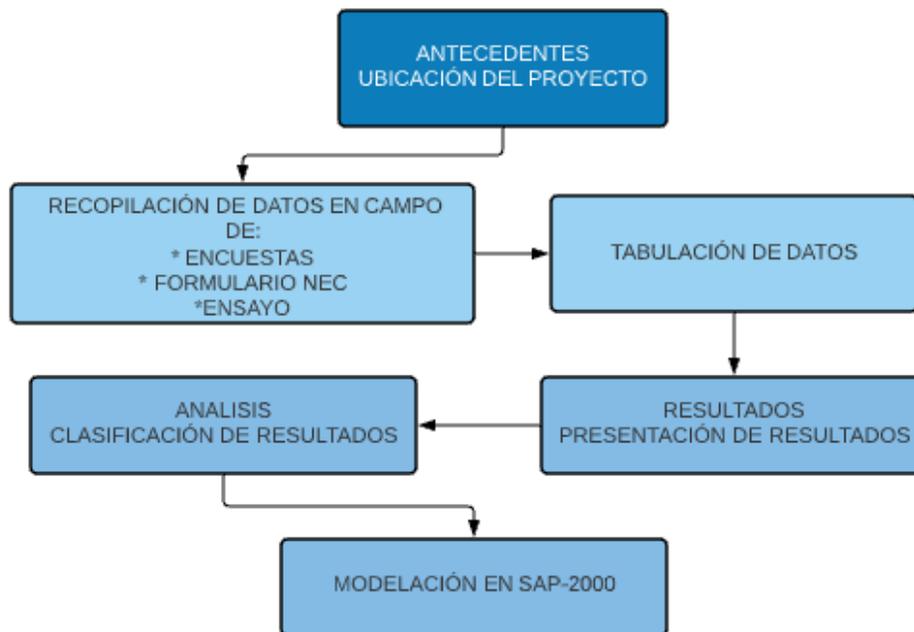


Ilustración 4: Detallamiento de proceso.
Fuente: (Analuca R, 2021).

3.2. ANTECEDENTES

3.2.1 AREA DE ESTUDIO DEL PROYECTO



FIGURA 36: BARRIO EL TRIUNFO – PARROQUIA COCHAPAMBA – DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.
AREA DE LA MUESTRA PARA EL ESTUDIO
FUENTE: (Google Earth, 2021).

La zona de estudio de este presente proyecto se encuentra ubicada en el “Barrio El Triunfo”, está pertenece a la parroquia de Cochapamba, Cantón Quito, Provincia Pichincha. Los límites son al norte, calle “26 de agosto” y al sur con la calle” San Vicente”; al este se limita por las escalinatas principales y al oeste la intersección entre las calles “26 de agosto y San Vicente”. El área total de estudio es 4550 m².



FIGURA 37: BARRIO EL TRIUNFO – PARROQUIA COCHAPAMBA – DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.
 COORDENADAS DE LA MUESTRA PARA EL ESTUDIO
 FUENTE: (Google Earth, 2021).

Las siguientes coordenadas fueron tomadas por el Google Earth Pro-2020, están ayudando a la ubicación exacta del punto de estudio del proyecto.

PUNTOS	LATITUD	LONGITUD
P1	0° 0,7' 29" S	78° 30' 29" W
P2	0° 0,7' 27" S	78° 30' 29" W
P3	0° 0,7' 28" S	78° 30' 27" W
P4	0° 0,7' 28" S	78° 30' 26" W
P5	0° 0,7' 30" S	78° 30' 27" W

Tabla 3 : Coordenadas del proyecto de estudio

3.3. PARAMETROS DE MODELACIÓN

Los parámetros que se van a utilizar en la modelación van a ser los siguientes:

- Encuesta

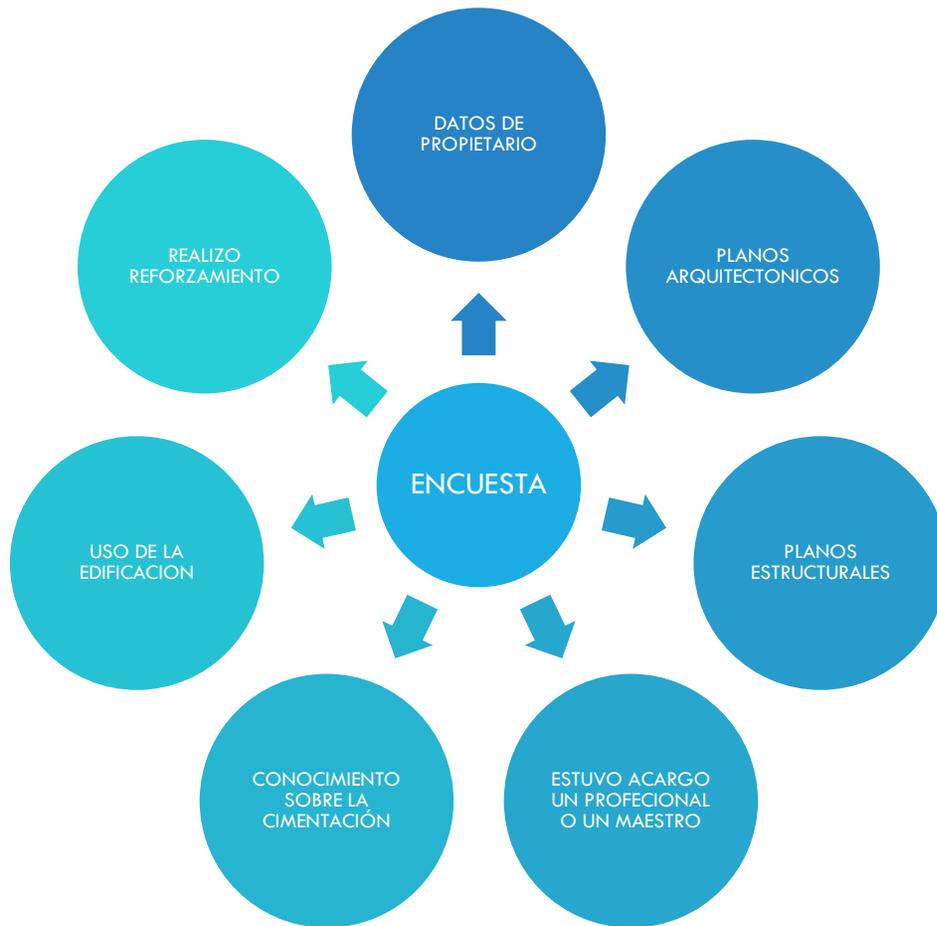


Ilustración 5: Parámetros de la encuesta.
Fuente: (Analuca R, 2021).

○ Formulario – NEC

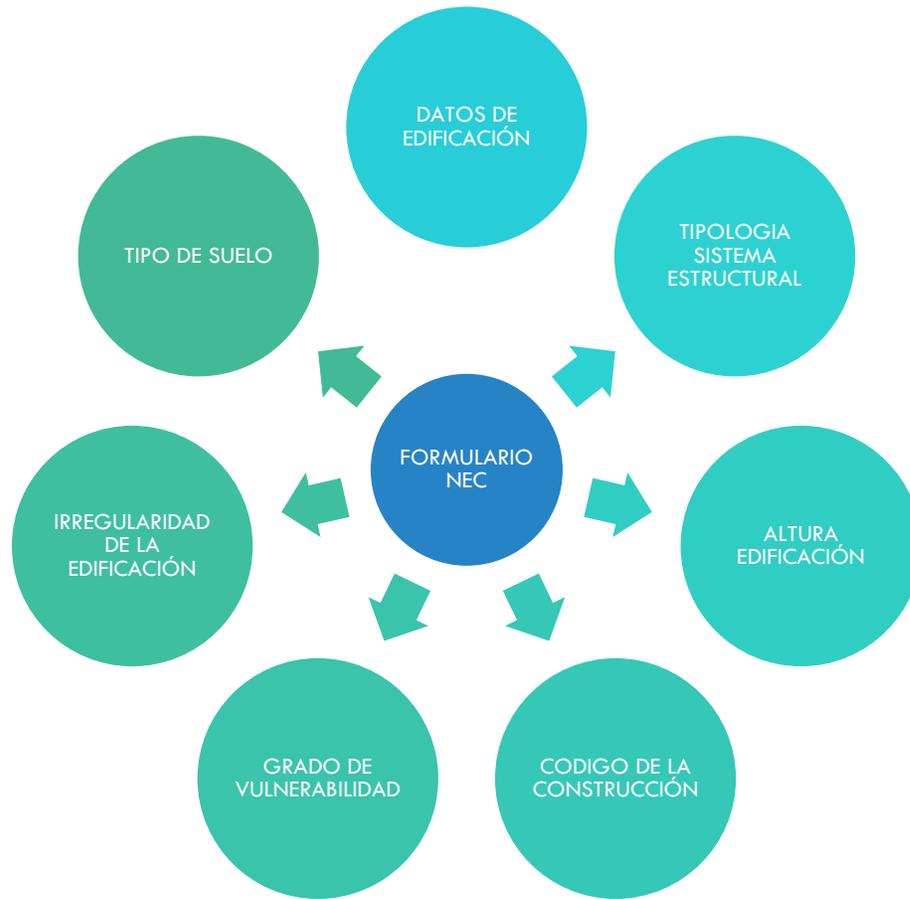


Ilustración 6: Parámetros de la NEC.
Fuente: (Analuca R, 2021).

○ Esclerómetro



Ilustración 7: Ensayo de Esclerómetro.
Fuente: (Analuca R, 2021).

a) Modelación

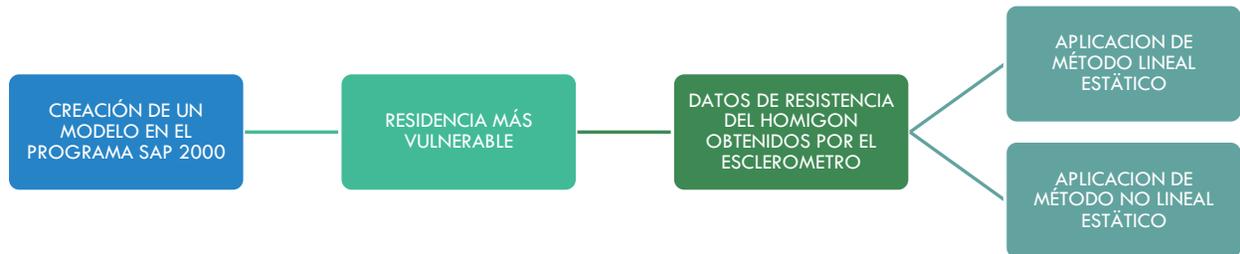


Ilustración 8: Modelación SAP2000.
Fuente: (Analuca R, 2021).

3.4. RECOPIACIÓN DE DATOS

3.4.1. ENCUESTA

En la siguiente encuesta será una guía práctica para saber datos básicos que se encuentra dentro de la edificación e información básica que debe conocer, esta se realizará a cada una de las edificaciones que se encuentran dentro del área de estudio.

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK	
ENCUESTA DE VULNERABILIDAD SISMICA	
Datos Personales	
Nombre del propietario:	
N.-Piso :	
N.- Casa:	
Antigüedad de construcción:	
Referencia basica visual de la edificación:	
Realizado por:	
Marque con una X según la respuesta obtenida.	
1. Su vivienda tiene planos arquitectonicos?	
SI	<input type="checkbox"/>
NO	<input type="checkbox"/>
2. Su vivienda tiene planos estructurales?	
SI	<input type="checkbox"/>
NO	<input type="checkbox"/>
3. La construcción estuvo a cargo de un Profesional o un Maestro constructor?	
Profesional	<input type="checkbox"/>
Maestro Constructor	<input type="checkbox"/>
4. Tiene conocimiento sobre la cimentación de su casa?	
SI	<input type="checkbox"/>
NO	<input type="checkbox"/>
Dimensión:_____	
Profundidad:_____	
5. Uso de la edificación:_____	
6. Ha realizado una reforzamiento en la estructura.	
SI	<input type="checkbox"/>
NO	<input type="checkbox"/>
Especifique:_____	
7. Que tipo de patologia (problemas) ha encontrado en su vivienda.	
Especifique_____	

FIGURA 38: ENCUESTA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK	
ENCUESTA DE VULNERABILIDAD SISMICA	
Datos Personales	
Nombre del propietario:	RODRIGO LUIS ANALUCA GUACHAMUO
N.-Piso :	4
N.- Casa:	DE11-61
Antigüedad de construcción:	7 AÑOS
Referencia básica visual de la edificación:	MEDAFECO PERIADO
Realizado por:	RICARDO ANALUCA
Marque con una X según la respuesta obtenida.	
1. Su vivienda tiene planos arquitectónicos?	
SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>
2. Su vivienda tiene planos estructurales?	
SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>
3. La construcción estuvo a cargo de un Profesional o un Maestro constructor?	
Profesional <input type="checkbox"/>	Maestro Constructor <input checked="" type="checkbox"/>
4. Tiene conocimiento sobre la cimentación de su casa?	
SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>
Dimensión:	N/A
Profundidad:	N/A
5. Uso de la edificación: RESIDENCIAL.	
6. Ha realizado una reforzamiento en la estructura.	
SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>
Especifique:	N/A
7. Que tipo de patología (problemas) ha encontrado en su vivienda.	
Especifique	N/A

FIGURA 39: ENCUESTA REALIZADA EN CAMPO.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

3.4.2. FORMULARIO NEC

Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).

3.4.2.1. Generalidades NEC peligro sísmico

La evaluación visual rápida del peligro de los sismos para los edificios se basa en FEMA 154, que se desarrolló para que los profesionales de la construcción evalúen los edificios existentes y los clasifiquen en tres categorías: edificios de baja vulnerabilidad en términos de daños y seguridad de los ocupantes opuestos, terremotos, aquellos con una vulnerabilidad promedio, que estarían dentro de parámetros aceptables y aquellos con una alta vulnerabilidad, que requieren un estudio más detallado, realizado por un ingeniero experto en diseño estructural, la mayor parte del territorio ecuatoriano se ubica en áreas de alta tensión sísmica, por lo que los edificios en la mayoría de las ciudades tienen una gran posibilidad de sufrir daños ante un evento telúricos (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).

Los probables escenarios sísmicos realizados en Quito y Guayaquil revelan la necesidad de tomar medidas para reducir el riesgo de las edificaciones. Como su nombre indica, se trata de una valoración rápida, en la que el profesional que la realiza solo tiene que visitar el edificio y completar un formulario que se detallará más adelante. La visita tendrá una duración de entre 15 y 30 minutos por edificio y si es posible llegar al interior de este entre 30 y 60 minutos (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).

El principal objetivo de esta evaluación es identificar las edificaciones más vulnerables a eventos sísmicos, que requieren otro tipo de estudio más detallado. En el cual el profesional que lo realiza solo tiene que visitar el edificio y completar un formulario que se detallará más adelante (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).

3.4.2.2. Planificación de la evaluación rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones.

Una vez que se decide que este proceso de evaluación está en marcha, las autoridades, los profesionales y los propietarios de los edificios deben ser plenamente conscientes del propósito y cómo se llevará a cabo. Además, se debe tener en cuenta el costo de capacitar al personal para realizar la evaluación. Otro aspecto importante es la interacción con profesionales en la web, donde se puede discutir el tipo, diseño, antigüedad de los edificios, etc. También puede visitar las diferentes comunidades donde se está realizando el estudio y buscar información adicional. Si el presupuesto del estudio no es suficiente

para obtener una vista previa, puede utilizar diferentes aplicaciones de navegación (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).

El formulario proporciona espacio para el registro: información de identificación del edificio, croquis de la planta y altura del edificio, fotografía, tipología del sistema estructural, tipo de suelo donde se cimientan, etc. Una puntuación de la estructura que indique si necesita un estudio más detallado o no (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).

NEC
NORMA ECUATORIANA
DE LA CONSTRUCCIÓN

EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES													
DATOS DE LA EDIFICACIÓN:													
Dirección:													
Nombre de la edificación:													
Dirección referencial:													
Tipo de suelo:					Fecha de evaluación:								
Nivel de construcción:					Año de construcción:								
Área construida (m ²):					Número de pisos:								
DATOS DEL PROFESIONAL:													
Nombre del evaluador:													
C.I.:													
Registro SENSICYT:													
ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACIÓN DE LA EDIFICACIÓN					FOTOGRAFÍA								
TIPOLOGÍA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL													
Modelo:	W1	Pórtico hormigón armado	C1	Pórtico Acero laminado	51								
Momento inercial reforzado	URM	Pórtico de momento inercial reforzado	C2	Pórtico Acero laminado con diagonales	52								
Momento inercial	MU	Pórtico Acero laminado con losa empotrada	C3	Pórtico Acero laminado en frío	53								
Modelo acero laminado a media losa con hormigón	ML	Pórtico Acero laminado con losa prefabricada	54	Pórtico Acero laminado con muro estructural de hormigón armado	55								
Modelo hormigón	MH	Muro prefabricado	56	Pórtico Acero con paredes mampostera	56								
PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL													
Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Partaje Básico	4,4	1,8	2,8	1,8	2,5	2,8	1,6	2,4	2,6	1	2	2,8	2
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN													
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (de 4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,4	N/A	0,4	0,4	0,4
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0,3	0,0	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	N/A	0,8	0,8
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN													
Irregularidad vertical	-2,5	-1	-1	-1,0	-1,0	-1	-1	-1	-1	-0,5	-1,0	-1	-1
Irregularidad en planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN													
Pre-código construido antes de 1977 o auto-censal	0	-0,2	-1	-1,2	-1,2	-1	-0,3	-0,2	1	-0,8	-0,8	-0,8	-0,2
Construido en etapa de transición (entre 1977 y 2005)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post-código modernización (desde 2005)	1	N/A	2,8	1	1,4	2,8	1,4	1,4	1,4	1	1,6	1	1
TIPO DE SUELO													
Tipo de suelo C	0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
Tipo de suelo D	0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
Tipo de suelo E	0	-0,8	-0,8	-1,2	-1,2	-0,8	-0,8	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-0,8
PUNTAJE FINAL													
GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA													
3-0,0	Muy vulnerable (alto riesgo sísmico en general)												
3-0,4-0,5	Medio vulnerable (bajo)												
3-1,5	Baja vulnerabilidad												
Puntuación máxima de evaluación													
OBSERVACIONES:													

FIGURA 40: FORMULARIO DE EVALUACIÓN VISUAL RÁPIDA DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES.

FUENTE: (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).

Se seleccionará y preparará al personal que sea el encargado de realizar esta evaluación, mediante charlas y/o cursos que puedan asegurar un conocimiento y calidad en los datos recogidos mediante las visitas. Esta capacitación por lo menos debe contar con los siguientes temas: Tipos de sistemas estructurales usados en el país, tipos de suelos, comportamiento de estructuras frente a sismos, se aplica el formulario en busca de datos en campo que tallen fallas que se encuentren visibles, se evaluará y se dará un tratamiento, por ejemplo. Mientras sea posible, antes de la visita, se solicitará un plano arquitectónico de la edificación que se evaluará, lo cual facilitará la inspección de campo, verificando la información prevista con anterioridad que puede ser edad, tamaño, tipo de sistema estructural e irregularidades (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).

3.4.2.3. Recopilación de datos

Para la utilización desde formulario se debe ir a cada edificación del área de estudio preguntando a los propietarios los datos de las edificaciones. También se realiza una inspección visual para identificar la tipología que tienen las construcciones.

EVALUACION VISUAL RAPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES	
<p>ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACION DE LA EDIFICACIÓN</p>	DATOS DE LA EDIFICACIÓN: Dirección: 26 DE AGOSTO OE11-61 Y FLAVIO ALFARO Nombre de la edificación: ----- Sitio de referencia: FRENTE A LAS CANCHAS Tipo de uso: RESIDENCIAL Año de construcción: 2014 Área Construida (m2): 253,69
	Fecha de evaluación: 2/06/2021 Año de Remodelación: N/A Número pisos: 4
	DATOS DEL PROFESIONAL: Nombre del evaluador: RICARDO ANALUCA C.I. 1719209239 Registro SENESCYT
	<p>FOTOGRAFIA</p>

FIGURA 41: ENCUESTA EVALUACIÓN RAPIDA NEC_2015 – POR RICARDO ANALUCA – BARRIO EL TRIUNFO.
 FUENTE: (ANALUCA R, 2021).



FIGURA 42: ENCUESTA EVALUACIÓN RAPIDA NEC_2015 –BARRIO EL TRIUNFO.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

La siguiente parte del formulario consiste en la obtención de la tipología del sistema estructural donde se identificará visualmente, el cual dará un código de construcción; algunos dueños cuentan con esta formación otros, sin embargo; no contarán con esta información y se evalúa visualmente.

PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL 5													
Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	SS3	S4	S5
Puntaje Básico	4,4	1,8	2,8	1,8	2,5	2,8	1,6	2,4	2,6	3	2	2,8	2
ALTURA DE LA EDIFICACIÓN													
Baja altura (menor a 4 pisos)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0,4	0,2	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	N/A	0,4	0,4
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0,3	0,6	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	N/A	0,8	0,8
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACIÓN													
Irregularidad vertical	-2,5	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1	-1	-1	-1,5	-1,5	-1	-1
Irregularidad en planta	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
CÓDIGO DE LA CONSTRUCCIÓN													
Pre-código(construido antes de 1977) o auto constr	0	-0,2	-1	-1,2	-1,2	-1	-0,2	-0,2	-1	-0,8	-0,8	-0,8	-0,2
Construido en etapa de transición(entre 1977 y 200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post código moderno(construido a partir de 2001)	1	N/A	2,8	1	1,4	2,4	1,4	1	1,4	1,4	1	1,6	1
TIPO DE SUELO													
Tipo de suelo C	0	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4	-0,4
Tipo de suelo D	0	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,4
Tipo de suelo E	0	-0,8	-0,4	-1,2	-1,2	-0,8	-0,8	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-1,2	-0,8
PUNTAJE FINAL, S					0,8								

FIGURA 43: ENCUESTA EVALUACIÓN RAPIDA NEC_2015– BARRIO EL TRIUNFO.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Con este resultado obtenido se verifica el grado de vulnerabilidad que tenga la vivienda en estudio y posteriormente al análisis que se realizara.

GRADO DE VULNERABILIDAD SÍSMICA		
S<2.0	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial	X
2.0>S>2.5	Media vulnerabilidad	
S>2.5	Baja vulnerabilidad	

		Firma responsable de evaluación

FIGURA 44: ENCUESTA EVALUACIÓN RAPIDA NEC_2015– BARRIO EL TRIUNFO.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

NOTA: En la zona de estudio muchos propietarios no contaban con las dimensiones de las viviendas, el cual se recurre a tomar dimensiones con el flexómetro de cada residencia, de esta manera ayuda la verificación de las irregularidades de la edificación.

3.4.3. ENSAYO ESCLEÓMETRO

3.4.3.1. Generalidades ensayo esclerómetro - número de rebote o martillo Schmidt norma ASTM C 805- NTE INEN 3121

Esta prueba permite estimar la resistencia del hormigón in situ, determinar la uniformidad del hormigón y delimitar áreas de mala calidad o falla en la estructura. Sin embargo, este método no debe considerarse como la base para aceptar o rechazar el hormigón. El durómetro mide la dureza superficial del hormigón, es decir, evalúa la capacidad para absorber energía cuando se deforma elásticamente y para liberar dicha energía después de la descarga (Saif, 2019).

El valor producido por el dispositivo como valor R o Q se denomina índice de rebote, que depende del ángulo que forma el punzón con la superficie de contacto, ya que la gravedad afecta la fuerza de rebote. La energía potencial del martillo es recibida por el resorte calibrado y el mismo se desplaza a lo largo de la barra hasta cuando entra en contacto con el hormigón, el rebote es la que proporciona el dato de la dureza del hormigón (Saif, 2019).

Estadística de recuperación "Q"; el hormigón de baja resistencia y dureza absorberá una mayor cantidad de energía que el hormigón de alta resistencia y baja dureza, lo que dará como resultado una tasa de rebote más baja. Cuando el golpe está en un compuesto fuerte, se obtiene una estadística de recuperación alta, mientras que cuando el golpe está en un hueco o en un compuesto débil, se obtiene una estadística de recuperación baja (Saif, 2019).



FIGURA 45: ESCLEROMETRO.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

3.4.3.2. Factores que afectan la lectura del índice de rebote

Tipo de cemento: El cemento con el que se fabrica el cilindro de hormigón nos da una dureza característica la cual dependerá totalmente del contenido de puzolana en el cemento y de su calidad, el índice de esclerómetro se vería afectado ya que mide la dureza del área del cemento (Vázquez, 2011).

Contenido, tipo y tamaño máximo de agregado: Se ha observado que cuando existe un mayor contenido de agregados por volumen de concreto, el índice de martillo tiene valores más altos, también se observa un aumento cuando hay tamaños máximos de agregados pequeños que en grandes Tamaños (Vázquez, 2011).

Forma y textura de la superficie: La forma y textura de la superficie que deja el molde cilíndrico da una variación en el índice del esclerómetro, en superficies planas esto da un pequeño aumento en comparación con las superficies curvas (Vázquez, 2011).

Posición del equipo: Está claro que, dependiendo de la masa, el índice de rebote medido se verá afectado por la posición del dispositivo, ya sea horizontal, inclinado hacia arriba o inclinado hacia abajo. Porque el componente de la gravedad actuará a favor o no sobre el rebote de dicha masa. En el esclerómetro suelen enviar una ilustración de curvatura que muestra los ángulos y los respectivos valores de resistencia para cada una de estas direcciones (Vázquez, 2011).

Carbonatación superficial del hormigón: Normalmente esta carbonatación ocurre en hormigones que tienen una edad avanzada, afecta la resistencia de su superficie, pero no la resistencia mecánica de la muestra a ensayar (Vázquez, 2011).

Diferentes capas de hormigón: En el caso de que existan dos o más capas de hormigón, se crea una discontinuidad en la superficie de contacto afectando el índice del martillo, tomando mayor importancia si las capas tienen valores muy diferentes, se debe tener en cuenta que cuando Hay una capa de mortero de yeso que se debe quitar para realizar la prueba (Vázquez, 2011).

Condición de humedad: La presencia de agua en la superficie de la muestra de hormigón desarrolla un efecto amortiguador sobre el impacto ejercido por la masa. Mostrándonos que en superficies mojadas hay una disminución del índice de esclerómetro que en superficies secas (Vázquez, 2011).

Destreza del operador: Se ha comprobado que la destreza del operador en el momento en que se ejerce la presión sobre el resorte de manera suave y gradual evita los impulsos por lo que este proceso también incide en el valor del índice del esclerómetro (Vázquez, 2011).

3.4.3.3. Procedimiento para ensayo esclerómetro

Para el ensayo de esclerómetro se asigna la vivienda más vulnerable donde permita realizar los ensayos.



FIGURA 46: ENSAYO ESCLEROMETRO– BARRIO EL TRIUNFO
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Lo que se puede destacar de esta edificación que es típica del lugar y cumple también con características típicas de la zona como es la construcción de tipo informal, uso residencial, hormigón armado. Para la presente se realizará el ensayo en columnas y vigas. Antes de realizar el ensayo, la superficie debe estar lisa esto significa que no debe tener ningún recubrimiento de pintura o empastado, recomendado trabajar en obra gris, en nuestro caso se utiliza la piedra porosa para preparar el área a ensayar.



FIGURA 47: ENSAYO ESCLEROMETRO – PREPARACIÓN DE AREA A ENSAYAR.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

El esclerómetro se sujeta firmemente de modo que el émbolo quede perpendicular a la superficie de prueba en este caso la ayuda de un nivel digital, se empuja detenidamente hacia la superficie hasta que el martillo golpea la superficie de hormigón. Después del impacto, se mantiene la presión sobre el instrumento y si es necesario, se presiona un botón en el costado del instrumento para bloquear el pistón en su posición contraída.



FIGURA 48: ENSAYO ESCLEROMETRO – NIVELACION PERPENDICULAR A LA SECCIÓN.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

El número de rebote se resta de la escala al número entero más cercano y se registra. Los ensayos se realizarán al menos a 25 mm entre los puntos en este caso se usa una malla. Se tomará 10 datos por cada sección en estudio.

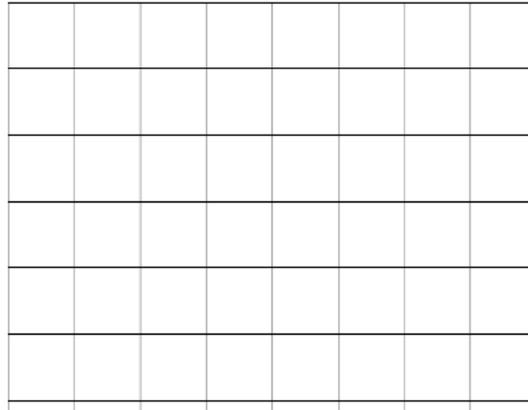
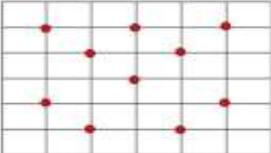


FIGURA 49: ENSAYO ESCLEROMETRO – MALLA DE 25 25mm
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).



Ensayo Esclerómetro
Realizar como mínimo 10 lecturas.



Registrar el número de rebote con por lo menos 2 cifras significativas.

Sección			
Piso			
Lecturas del área de prueba	Posición del área de prueba		
	Elemento 1	Diferencia	Comentarios
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
Promedio de lecturas Ro			

- Finalmente se calcula el valor promedio (este valor es el número de rebote) de las mediciones realizadas, se eliminan las mediciones que tengan una diferencia de 6 unidades con respecto al valor promedio.
- Si se desviaron más del 20% de las mediciones del valor promedio se repite el ensayo.

FIGURA 50: ENSAYO ESCLEROMETRO – FORMATO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

NOTA: Después se examina la superficie de contacto ensayada, y si el impacto se aplasta o agrieta, significa que el área de ensayo tiene un espacio de aire, por lo que es necesario leer el valor medido y hacer otro.

A continuación, se procede a tabular los datos en una hoja de Excel elaborada, la cual facilitara la identificación de los factores de resistencia del hormigón $f'c$ por cada sección en estudio.

Número de mediciones en área de prueba	ELEMENTO			COLUMNA													
	Lectura del Esclerómetro	Promedio de Lecturas	Diferencia	E. Malla	Sección	Eje	Piso	Temperatura	Inclinación	$f'c$ kg/cm ² (Gráfica 1)	Corrección por Desviación (+) - $f'c$ (kg/cm ²)	Corrección por Desviación (-) - $f'c$ (kg/cm ²)	$f'c$ (Japón)(kg/cm ²)	Factor por Edad (días)	an	Corrección por Edad $f'c$ (kg/cm ²)	
1	32	32,6	-0,6	Esp. Libre mediciones 25 mm.	Columna lateral	A-2	Planta Baja	18°C	0° grados (Gráfica 1)	300	365	235	239,64	3000	0,63	150,97	
2	34		1,4														
3	32		-0,6														
4	32		-0,6														
5	32		-0,6														
6	32		-0,6														
7	34		1,4														
8	32		-0,6														
9	32		-0,6														
10	34		1,4														

FIGURA 51: ENSAYO ESCLEROMETRO $f'c$ DE LA RESIDENCIA EN ESTUDIO.

Fuente: (ANALUCA R, 2021).

Así se encuentra la resistencia del hormigón por cada elemento, luego se promedian entre todos los elementos para saber el valor de $f'c$ de cada piso, esto ayuda con los datos para realizar la modelación en SAP2000.

3.5. TABULACIÓN Y RESULTADOS

3.5.1. ENCUESTA

3.5.1.1. Datos de la encuesta

Para los resultados se realizó las siguientes plantillas de Excel donde esta indica los parámetros de evaluación de las encuestas.

En la primera plantilla se indica la información básica de cada edificación como: el nombre y número de casa, identificando cada una de ellas si estas contaban con planos arquitectónicos y estructurales.

N.-	NOMBRE DE LA EDIFICACION	N.- CASA	TIENE PLANOS ARQUITECTONICOS	TIENE PLANOS ESTRUCTURALES
1	Familia Analuca- Bloque A	Oe11-61	NO	NO
2	Familia Analuca- Bloque B	Oe11-61	NO	NO
3	Familia Gualpa	Oe11-71	NO	NO
4	Familia Sulca	Oe11-83	NO	NO
5	Familia Taipe	Oe11-93	NO	NO
6	Familia Pallo T.	Oe12-13	SI	SI
7	Familia Guerra	Oe12-02	SI	NO
8	Familia Aro	Oe12-14	NO	NO
9	Familia Mantilla R.	Oe12-36	NO	NO
11	Familia Paez	Oe11-88	NO	NO
12	Familia Chavez	Oe11-78	NO	NO
13	Familia Goyas	Oe11-66	NO	NO
14	Familia Mantilla A.	Oe11-56	NO	NO
15	Familia Calispa	Oe11-46	NO	NO
16	Familia Quinoliza	Oe11-36	SI	NO
17	Familia Galeas	N60-41	NO	NO
18	Familia Jimenez	Oe11-21	NO	NO
19	Familia Pallo P.	Oe11-31	SI	NO
20	Familia Gonzalez	Oe11-45	SI	NO

Tabla 4: Encuesta.
Fuente: (Analuca R, 2021).

En la siguiente plantilla se coloca la información básica de igual manera, pero esta vez indicando quien estuvo a cargo de la obra en la construcción y si tiene conocimiento de la cimentación.

N.-	NOMBRE DE LA EDIFICACION	N.- CASA	CONSTRUCCION ESTUVO A CARGO DE	CONOCIMIENTO SOBRE LA CIMENTACIÓN
1	Familia Analuca- Bloque A	Oe11-61	Maestro Constructor	SI
2	Familia Analuca- Bloque B	Oe11-61	Maestro Constructor	NO
3	Familia Gualpa	Oe11-71	Maestro Constructor	SI
4	Familia Sulca	Oe11-83	Maestro Constructor	SI
5	Familia Taipe	Oe11-93	Maestro Constructor	SI
6	Familia Pallo T.	Oe12-13	Profesional	SI
7	Familia Guerra	Oe12-02	Maestro Constructor	SI
8	Familia Aro	Oe12-14	Maestro Constructor	NO
9	Familia Mantilla R.	Oe12-36	Maestro Constructor	SI
11	Familia Paez	Oe11-88	Maestro Constructor	NO
12	Familia Chavez	Oe11-78	Maestro Constructor	SI
13	Familia Goyas	Oe11-66	Maestro Constructor	SI
14	Familia Mantilla A.	Oe11-56	Maestro Constructor	NO
15	Familia Calispa	Oe11-46	Maestro Constructor	SI
16	Familia Quinoliza	Oe11-36	Maestro Constructor	SI
17	Familia Galeas	N60-41	Maestro Constructor	NO
18	Familia Jimenez	Oe11-21	Maestro Constructor	NO
19	Familia Pallo P.	Oe11-31	Maestro Constructor	SI
20	Familia Gonzalez	Oe11-45	Maestro Constructor	SI

Tabla 5: Encuesta.
Fuente: (Analuca R, 2021).

De igual manera se indicará la información básica de la edificación en estudio, en esta plantilla se denota el uso y si se realizó algún reforzamiento.

N.-	NOMBRE DE LA EDIFICACION	N.- CASA	USO DE LA EDIFICACIÓN	HA REALIZADO REFORZAMIENTO
1	Familia Analuca- Bloque A	Oe11-61	Residencia	NO
2	Familia Analuca- Bloque B	Oe11-61	Residencia	NO
3	Familia Gualpa	Oe11-71	Residencia	NO
4	Familia Sulca	Oe11-83	Residencia	NO
5	Familia Taipe	Oe11-93	Residencia	NO
6	Familia Pallo T.	Oe12-13	Residencia	NO
7	Familia Guerra	Oe12-02	Residencia	NO
8	Familia Aro	Oe12-14	Residencia	NO
9	Familia Mantilla R.	Oe12-36	Residencia	NO
11	Familia Paez	Oe11-88	Residencia	NO
12	Familia Chavez	Oe11-78	Residencia	NO
13	Familia Goyas	Oe11-66	Residencia	NO
14	Familia Mantilla A.	Oe11-56	Residencia	NO
15	Familia Calispa	Oe11-46	Residencia	NO
16	Familia Quinoliza	Oe11-36	Residencia	NO
17	Familia Galeas	N60-41	Residencia	NO
18	Familia Jimenez	Oe11-21	Residencia	NO
19	Familia Pallo P.	Oe11-31	Residencia	NO
20	Familia Gonzalez	Oe11-45	Residencia	NO

Tabla 6: Encuesta.
Fuente: (Analuca R, 2021).

3.5.1.2. Resultados de la encuesta

Como resultados de la encuesta realizada, se observa que en la zona de estudio hay 20 edificaciones en común todos estos son de uso residencial y no han realizado reforzamiento. Se encuentra también que del total de edificaciones el 5,26% contaban con planos estructurales y el 94,74% no contaban, esto se identifica en la siguiente gráfica por nombre de edificación.



FIGURA 52: ENCUESTA - CUENTA CON PLANOS ESTRUCTURALES.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Se identifica en la siguiente gráfica cuales son las edificaciones que contaban con planos arquitectónicos, el cual del total de edificaciones un 26.32% si tenían planos arquitectónicos y 73.68% no contaban con la misma.

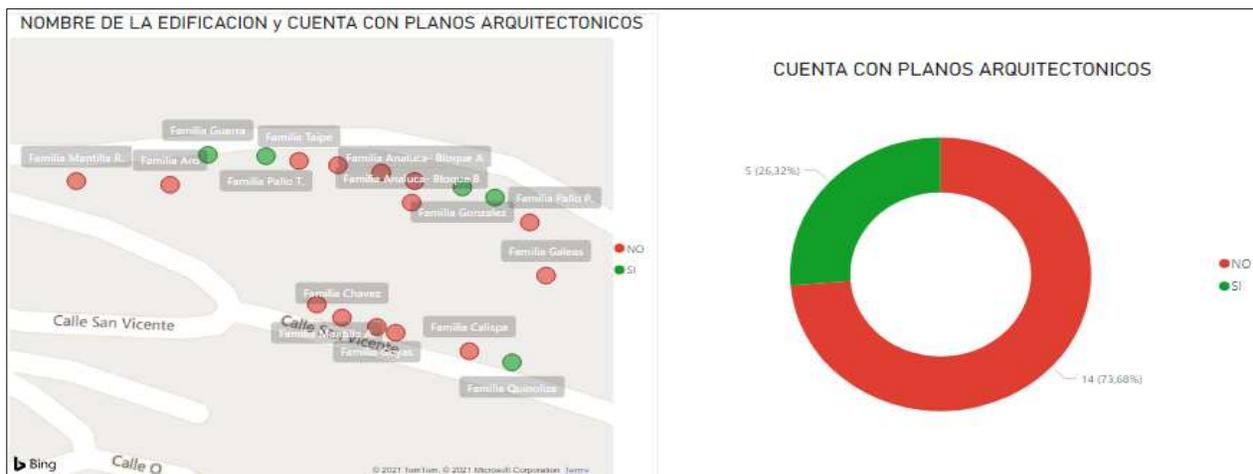


FIGURA 53: ENCUESTA - CUENTA CON PLANOS ARQUITECTÓNICOS.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Concluyo que más del 94.74% de las construcciones estuvieron supervisadas en toda la construcción por un maestro mayor y un 5.26% por un profesional.



FIGURA 54: ENCUESTA – CONSTRUCCIONES ESTABAN A CARGO DE MAESTRO MAYOR O PROFESIONAL.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Concluyo sobre el conocimiento de la cimentación que tiene cada propietario donde el 68.42% si tiene conocimiento tanto de las dimensiones y la profundidad, un 31.58% no tiene conocimiento.

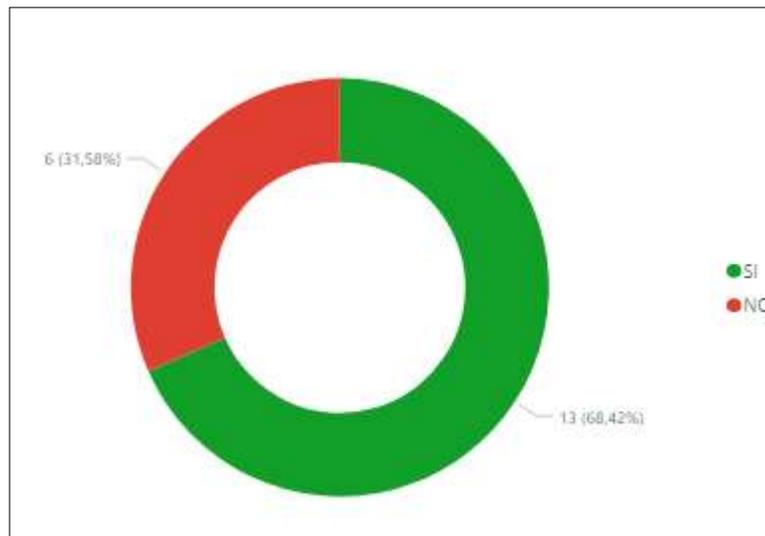


FIGURA 55: ENCUESTA – CONOCIMIENTO SOBRE SU CIMENTACIÓN.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

3.5.1.3. Análisis de encuesta

De esta encuesta realiza en 20 edificaciones de la zona de estudio todas son de uso residencial y no cuentan con ningún reforzamiento.

La informalidad al momento de construcción tiene mayor porcentaje esto aumenta la vulnerabilidad de la zona en estudio.

No contar con planos tanto arquitectónicos como estructurales no ayuda al propietario a saber del estado de la edificación, esto también identifica que el encargado de la construcción en este caso maestros mayores solo construían empíricamente si dar garantías de la estabilidad de la edificación.

3.5.2. FORMULARIO NEC

3.5.2.1. Datos del formulario de la NEC

Para los resultados se realizó las siguientes plantillas de Excel, se colocarán los parámetros de evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).

En primera instancia se identifica datos de cada edificación en estudio esta constara del nombre de la edificación, numero de casa, latitud, latitud, ciudad, parroquia y barrio.

	NOMBRE DE LA EDIFICACION	N.- CASA	UBICACIÓN		CIUDAD	PARROQUIA	BARRIO
			LATITUD	LONGITUD			
1	Familia Analuca- Bloque A	Oe11-61	-0,124552	-78,507889	Quito	Cochapamba	El Triunfo
2	Familia Analuca- Bloque B	Oe11-61	-0,124616	-78,507897	Quito	Cochapamba	El Triunfo
3	Familia Gualpa	Oe11-71	-0,124526	-78,507979	Quito	Cochapamba	El Triunfo
4	Familia Sulca	Oe11-83	-0,124505	-78,508096	Quito	Cochapamba	El Triunfo
5	Familia Taipe	Oe11-93	-0,124492	-78,508201	Quito	Cochapamba	El Triunfo
6	Familia Pallo T.	Oe12-13	-0,124478	-78,50829	Quito	Cochapamba	El Triunfo
7	Familia Guerra	Oe12-02	-0,124474	-78,508447	Quito	Cochapamba	El Triunfo
8	Familia Aro	Oe12-14	-0,124563	-78,508549	Quito	Cochapamba	El Triunfo
9	Familia Mantilla R.	Oe12-36	-0,124552	-78,508802	Quito	Cochapamba	El Triunfo
11	Familia Paez	Oe11-88	-0,124919	-78,508153	Quito	Cochapamba	El Triunfo
12	Familia Chavez	Oe11-78	-0,124958	-78,508085	Quito	Cochapamba	El Triunfo
13	Familia Goyas	Oe11-66	-0,124986	-78,507991	Quito	Cochapamba	El Triunfo
14	Familia Mantilla A.	Oe11-56	-0,125003	-78,50794	Quito	Cochapamba	El Triunfo
15	Familia Calispa	Oe11-46	-0,125058	-78,507741	Quito	Cochapamba	El Triunfo
16	Familia Quinoliza	Oe11-36	-0,125091	-78,507626	Quito	Cochapamba	El Triunfo
17	Familia Galeas	N60-41	-0,124833	-78,507534	Quito	Cochapamba	El Triunfo
18	Familia Jimenez	Oe11-21	-0,124675	-78,507578	Quito	Cochapamba	El Triunfo
19	Familia Pallo P.	Oe11-31	-0,124601	-78,507672	Quito	Cochapamba	El Triunfo
20	Familia Gonzalez	Oe11-45	-0,124571	-78,50776	Quito	Cochapamba	El Triunfo

Tabla 7: FORMULARIO DE EVALUACIÓN VISUAL RAPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Se identifica el año de construcción y el área de construcción.

NOMBRE DE LA EDIFICACION	AÑO DE CONSTRUCCION	AREA DE CONSTRUCCION
Familia Analuca- Bloque A	1976	280
Familia Analuca- Bloque B	2014	253,69
Familia Gualpa	1981	540
Familia Sulca	1981	810
Familia Taipe	1981	162
Familia Pallo T.	2014	300
Familia Guerra	2016	1200
Familia Aro	1979	335
Familia Mantilla R.	1985	290
Familia Paez	1981	300
Familia Chavez	2001	200
Familia Goyas	1979	1104
Familia Mantilla A.	2018	280
Familia Calispa	1981	600
Familia Quinoliza	1979	1080
Familia Galeas	1978	230
Familia Jimenez	1979	160
Familia Pallo P.	1981	450
Familia Gonzalez	2011	600

Tabla 8: FORMULARIO DE EVALUACIÓN VISUAL RAPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Se tabulan, y además, se coloca la tipología esta ayuda a encontrar el tipo de sistema estructural, la altura de la edificación, la cual contara los siguientes parámetros cuantos pisos tiene la edificación e irregularidad en planta.

NOMBRE DE LA EDIFICACION	TIPOLOGIA		ALTURA EDIFICACION		IRREGULARIDAD	
	SISTEMA ESTRUCTURAL	VALOR	N. - PISO	VALOR	VERTICAL	PLANTA
Familia Analuca- Bloque A	C1	2,5	4	0,4	0	0
Familia Analuca- Bloque B	C1	2,5	4	0,4	-1,5	0
Familia Gualpa	C1	2,5	3	0	-1,5	0
Familia Sulca	C1	2,5	3	0	-1,5	0
Familia Taipe	C1	2,5	2	0	0	0
Familia Pallo T.	C2	2,8	2	0	0	0
Familia Guerra	C2	2,8	4	0,4	0	0
Familia Aro	C2	2,8	3	0	-1	0
Familia Mantilla R.	C1	2,5	2	0	0	0
Familia Paez	C1	2,5	2	0	0	0
Familia Chavez	C1	2,5	2	0	0	0
Familia Goyas	C1	2,5	4	0,4	0	0
Familia Mantilla A.	C1	2,5	2	0	0	0
Familia Calispa	C2	2,8	4	0,4	-1	0
Familia Quinoliza	C2	2,8	6	0,4	-1	-0,5
Familia Galeas	URM	1,8	3	0	-1	-0,5
Familia Jimenez	C1	2,5	2	0	-1,5	0
Familia Pallo P.	C1	2,5	3	0	-1,5	0
Familia Gonzalez	C2	2,8	3	0	0	0

Tabla 9: FORMULARIO DE EVALUACIÓN VISUAL RAPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Constará también la tabulación de código de construcción, tipo de suelo; se finalizará con una sumatoria de las puntuaciones de cada condición se denominará S final, este valor indica el grado de vulnerabilidad de la edificación.

NOMBRE DE LA EDIFICACION	COGIDO DE LA CONSTRUCCION	SUELO	PUNTAJE FINAL (S)	GRADO DE VULNERABILIDAD
		VALOR		
Familia Analuca- Bloque A	0	-1,2	1,7	ALTA VULNERABILIDAD
Familia Analuca- Bloque B	0	-0,6	0,8	ALTA VULNERABILIDAD
Familia Gualpa	0	-1,2	-0,2	ALTA VULNERABILIDAD
Familia Sulca	0	-1,2	-0,2	ALTA VULNERABILIDAD
Familia Taipe	0	-1,2	1,3	ALTA VULNERABILIDAD
Familia Pallo T.	2,4	-0,8	4,4	BAJA VULNERABILIDAD
Familia Guerra	2,4	-0,8	4,8	BAJA VULNERABILIDAD
Familia Aro	0	-0,8	1	ALTA VULNERABILIDAD
Familia Mantilla R.	0	-1,2	1,3	ALTA VULNERABILIDAD
Familia Paez	0	-1,2	1,3	ALTA VULNERABILIDAD
Familia Chavez	0	-1,2	1,3	ALTA VULNERABILIDAD
Familia Goyas	0	-1,2	1,7	ALTA VULNERABILIDAD
Familia Mantilla A.	0	-1,2	1,3	ALTA VULNERABILIDAD
Familia Calispa	0	-0,8	1,4	ALTA VULNERABILIDAD
Familia Quinoliza	0	-0,8	0,9	ALTA VULNERABILIDAD
Familia Galeas	0	-0,8	-0,5	ALTA VULNERABILIDAD
Familia Jimenez	-1,2	-1,2	-1,4	ALTA VULNERABILIDAD
Familia Pallo P.	0	-1,2	-0,2	ALTA VULNERABILIDAD
Familia Gonzalez	2,4	-0,8	4,4	BAJA VULNERABILIDAD

Tabla 10: FORMULARIO DE EVALUACIÓN VISUAL RAPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

3.5.2.2. Resultados del formulario NEC

Como resultado se identificó 3 tipos de tipologías en la zona de estudio las cuales son pórticos de hormigón (C1) con un valor de 61.73%, pórticos de hormigón armado con muros estructurales (C2) con un valor de 34.57% y mampostería sin refuerzo (URM) con un valor de 3.71% (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).



FIGURA 56: GRADO DE VULNERABILIDAD SISMICA DEL BARRIO EL TRIUNFO POR TIPOLOGIA SEGÚN LA NEC 2015.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

De las 20 edificaciones en estudio el 84.21% son edificaciones vulnerables y solo un 18.79% están en condiciones ante un evento sísmico, aumentado la vulnerabilidad y el riesgo de las vidas humanas.



FIGURA 57: GRADO DE VULNERABILIDAD.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Se etiqueta a cada edificación con valor final del resultado de la evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica en edificaciones (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).

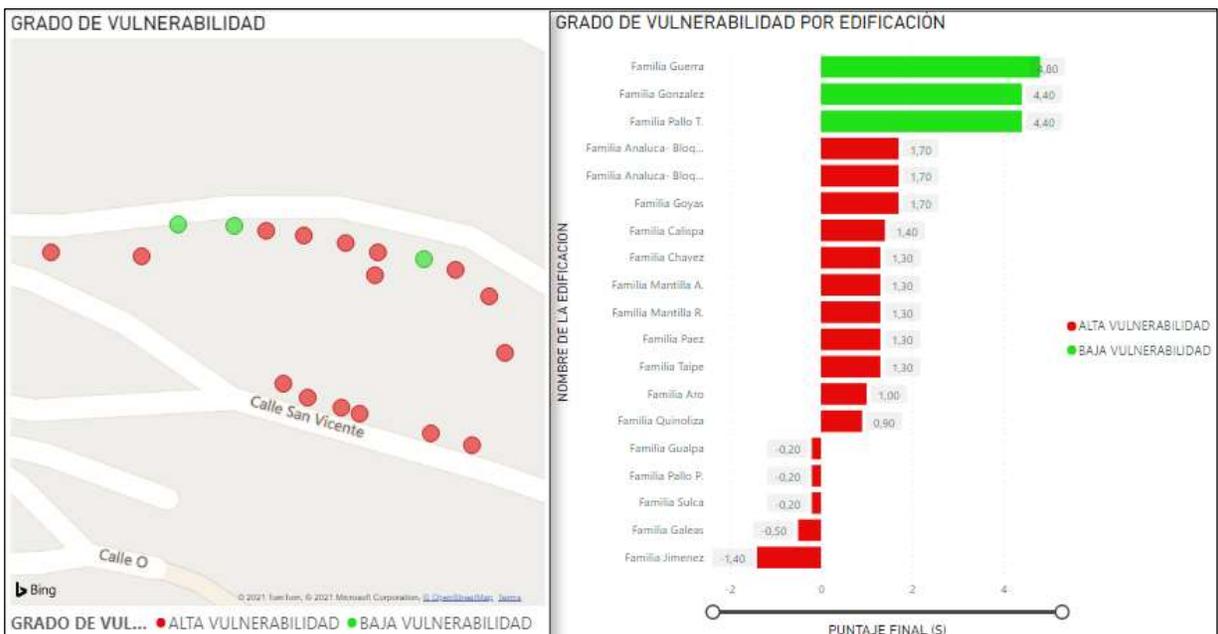


FIGURA 58: GRADO DE VULNERABILIDAD EL BARRIO EL TRIUNFO POR EDIFICACIÓN
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

3.5.2.3. Análisis del formulario NEC

Para el análisis de estos resultados se encuentra en común el uso de las edificaciones es residencial en la totalidad, el grado de vulnerabilidad en la zona es muy alto esto como contribuye mucho en el código de la construcción no fue aplicado en la mayoría de las estructuras; las tipologías típicas de la zona de estudio son pórticos de hormigón (C1) pórticos de hormigón armado con muros estructurales (C2) y mampostería sin refuerzo (URM) (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2015).

El resultado de las áreas en general de cada edificación en estudio, se tomó medidas de manera manual con ayuda del flexómetro; este método facilitó la identificación de las irregularidades de cada edificación dando como resultado datos más exactos del estado de esta.

3.5.3. ENSAYO ESCLERÓMETRO

3.5.3.1. Datos ensayo esclerómetro

Para los resultados se realizó las siguientes plantillas de Excel, donde se indican los parámetros del ensayo del esclerómetro.

En primera instancia se identifica los datos de cada elemento en estudio; este mismo constará de 10 lecturas, el cual se promedia y la diferencia debe estar dentro del 20% si no se descarta el dato y se deberá tomar una nueva lectura.

Número de mediciones en área de prueba	COLUMNA		
	Lectura del Esclerómetro	ELEMENTO	
		Promedio de Lecturas	Diferencia
1	32	32,6	-0,6
2	34		1,4
3	32		-0,6
4	32		-0,6
5	32		-0,6
6	32		-0,6
7	34		1,4
8	32		-0,6
9	32		-0,6
10	34		1,4

Tabla 11: ENSAYO ESCLEROMETRO.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Consta de datos importantes como el espacio libre de la malla 25 mm, tipo de sección en estudio, eje, piso, temperatura (C°), inclinación 90°.

COLUMNA					
CALCULO					
E. Malla	Sección	Eje	Piso	Temperatura	Inclinación
Esp. Libre mediciones 25 mm.	Columna lateral	A-2	Planta Baja	18°C	0° grados (Gráfica 1)

Tabla 12: ENSAYO ESCLEROMETRO.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Para el cálculo de $f'c$ se tomará el dato de la gráfica siguiente donde el promedio de valor de rebote R se busca en la gráfica tomando en cuenta el ángulo al cual se ensayó en nuestro caso es 90°, se ubica su factor de $f'c$ y las dispersiones.

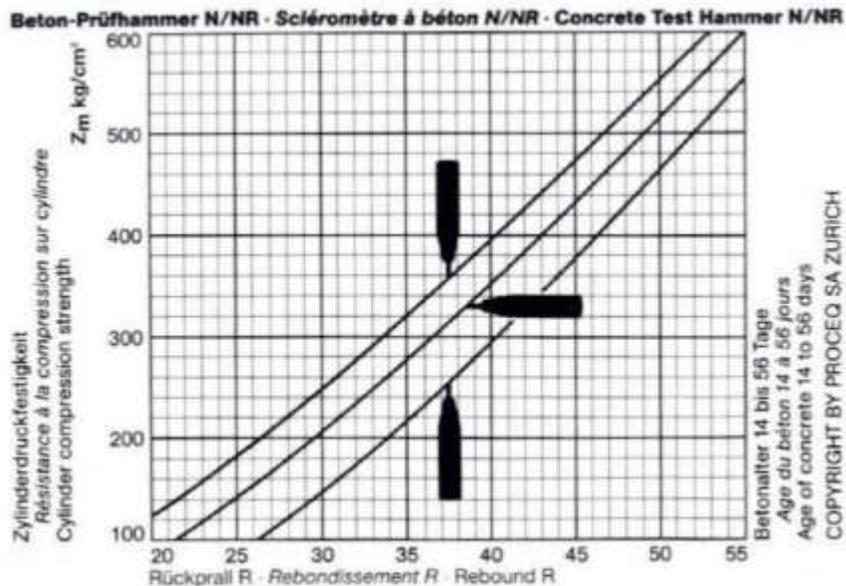


FIGURA 59: GRAFICA DE F'c – ENSAYO ESCLEROMETRO.
FUENTE: (NÚMERO DE REBOTE O MARTILLO SCHMIDT (ASTM C 805 – NTE INEN 3121)).

Para encontrar el factor de edad multiplicamos el número de años de la residencia en estudio por $f'c$, en nuestro caso es:

$$\text{factor por edad} = \text{numero de años residencia} \times f'c$$

$$\text{factor por edad} = 7 \text{ (años)} \times 300 \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}\right)$$

$$\text{factor por edad} = 2100$$

Este factor se usa para la corrección por edad del hormigón el siguiente valor se encuentra en la siguiente tabla:

Quotation from DIN 4240

Ages n (days)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	3000
α_n	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63

α_n = correcting factor of ages

FIGURA 60: FACTOR CORRECCIÓN POR EDAD – ENSAYO ESCLEROMETRO.
FUENTE: (NÚMERO DE REBOTE O MARTILLO SCHMIDT (ASTM C 805 – NTE INEN 3121)).

$$f'c \left(\frac{N}{\text{mm}^2}\right) = F \times \alpha_n$$

FORMULA: CORRECCIÓN POR EDAD F'C

FUENTE: (NÚMERO DE REBOTE O MARTILLO SCHMIDT (ASTM C 805 – NTE INEN 3121)).

Para el cálculo de todos los elementos se toma un factor por edad de 3000 y un α_n 0.63; de esta manera se tabula.

COLUMNA					
CALCULO					
f'c kg/cm2 (Grafica 1)	Corrección por Desviación (+) - f'c (kg/cm2)	Corrección por Desviación (-)) - f'c (kg/cm2)	Factor por Edad (días)	α_n	Corrección por Edad Fc (kg/cm2)
300	365	235	3000	0,63	150,97

Tabla 13: ENSAYO ESCLEROMETRO.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Este proceso se realizó para cada sección en estudio, en este caso es una residencia de 4 pisos la se va a ensayar 12 columnas y 8 vigas en total.

3.5.3.2. Resultados del ensayo esclerómetro

Los siguientes resultados se ha realizado por un promedio por elementos, esto facilita los sectores a identificar la columna fuerte(matriz) viga débil.

A continuación, se realiza un promedio general por cada piso.

		SECCIÓN	EJE	Corr. Edad f'c (kg/cm ²)	PROMEDIO	f'c PROMEDIO FINAL
PLAN. BAJA	COL.	lateral	A-2	150,97	146	146
		central	B-2	139,51		
		esquinera	C-1	146,06		
	VIG.	lateral	4 A-B	142,79	146,88	
		central	B 2-3	150,97		

		SECCIÓN	EJE	Corr. Edad f'c (kg/cm ²)	PROMEDIO	f'c PROMEDIO FINAL
PRIM. PISO	COL.	lateral	A-2	154,25	145	146
		central	B-2	141,15		
		esquinera	C-1	139,51		
	VIG.	lateral	4 A-B	123,14	147	
		central	B 2-3	150,97		

		SECCIÓN	EJE	Corr. Edad f'c (kg/cm ²)	PROMEDIO	f'c PROMEDIO FINAL
SEGU. PISO	COL.	lateral	A-2	147,7	166	154
		central	B-2	208,26		
		esquinera	C-1	142,79		
	VIG.	lateral	4 A-B	132,97	142	
		central	B 2-3	150,97		

		SECCIÓN	EJE	Corr. Edad f'c (kg/cm ²)	PROMEDIO	f'c PROMEDIO FINAL
TERC. PISO	COL.	lateral	A-2	139,51	143	142
		central	B-2	149,34		
		esquinera	C-1	141,15		
	VIG.	lateral	4 A-B	129,64	141	
		central	B 2-3	152,61		

Tabla 14: RESULTADOS DE LAS RESIDENCIA EN ESTUDIO F'c POR COLUMNAS Y VIGAS PISO POR PISO.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

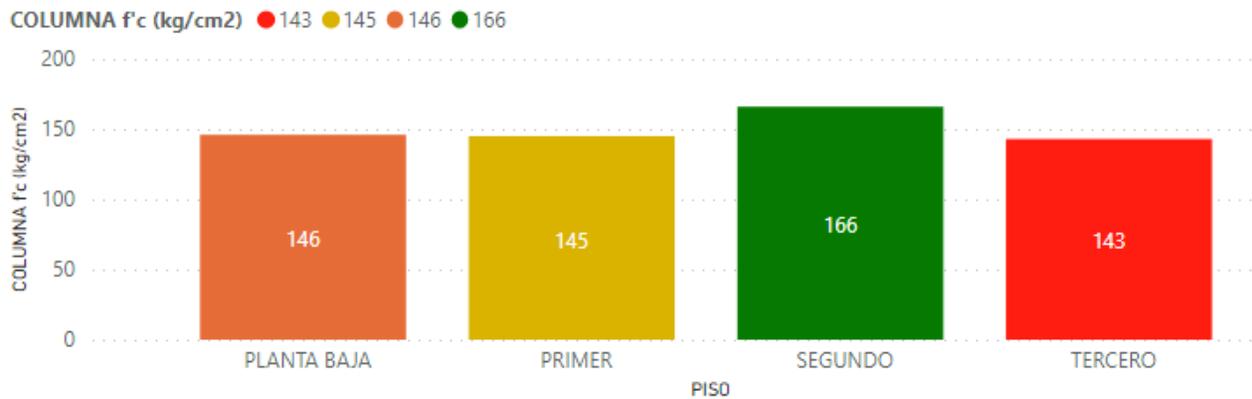


FIGURA 61: RESULTADOS DE LA RESIDENCIA EN ESTUDIO F'c DE COLUMNAS POR PISO. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

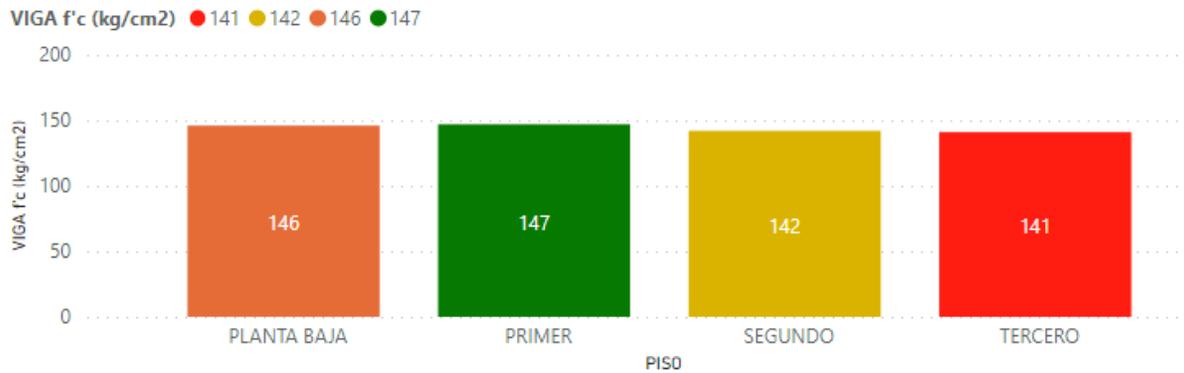


FIGURA 62: RESULTADOS DE LA RESIDENCIA EN ESTUDIO F'c DE VIGAS PISO POR PISO. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

PLANTA BAJA	146 VIGA f'c (kg/cm ²)	146 COLUMNA f'c (kg/cm ²)
PRIMER	147 VIGA f'c (kg/cm ²)	145 COLUMNA f'c (kg/cm ²)
SEGUNDO	142 VIGA f'c (kg/cm ²)	166 COLUMNA f'c (kg/cm ²)
TERCERO	141 VIGA f'c (kg/cm ²)	143 COLUMNA f'c (kg/cm ²)

FIGURA 63: RESULTADOS DE LAS RESIDENCIA EN ESTUDIO F'c POR COLUMNAS Y VIGAS PISO POR PISO. FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Se usa el f'c de vigas también para las losas que se modelan en la f'c para columnas.

3.5.3.3. Análisis del ensayo esclerómetro

Dentro del análisis de resultados se identifican que el f_c (resistencia del hormigón) es menor que 210 (kg/cm²), estos valores que identifican cada elemento estructural se utilizar en la modelación.

CAPÍTULO 4

4.1. MODELAMIENTO SAP 2000

4.1.1. DATOS GENERALES PARA MODELACIÓN

4.1.1.1. Implantación y dimensiones

Empezamos con un nuevo proyecto, se define sus ejes y alturas entre pisos con datos obtenidos en campo con ayuda del flexómetro.

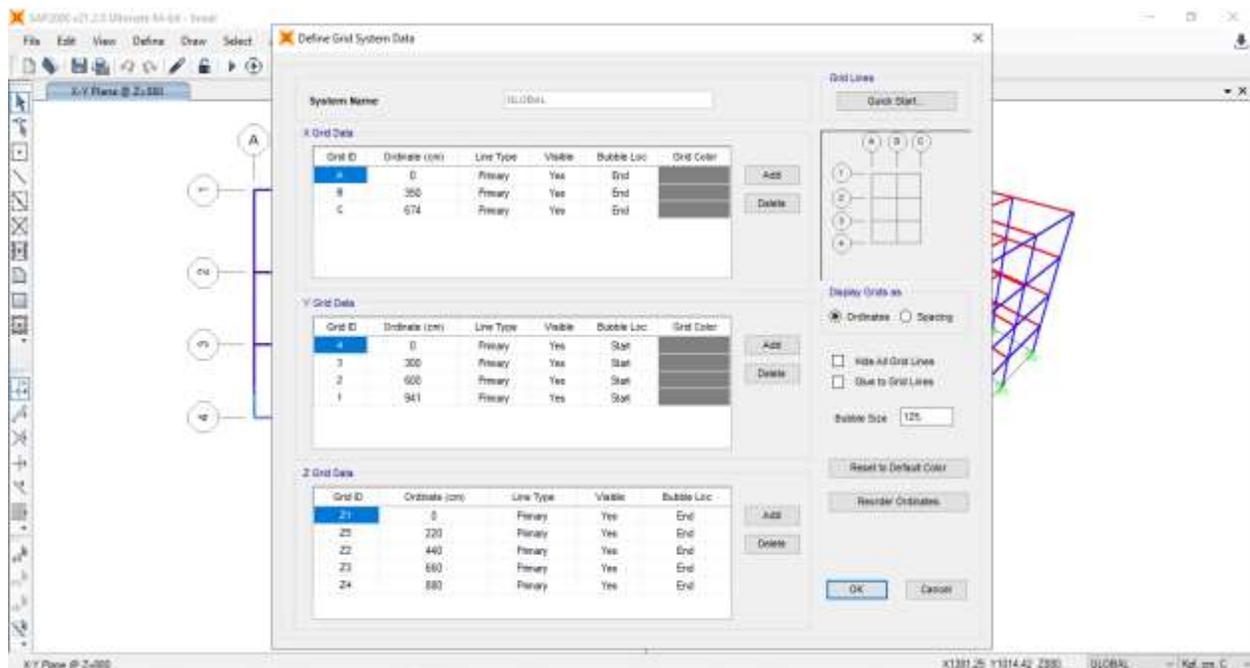


FIGURA 64: GRID.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Es importante tomar en cuenta el sistema de unidades el cual se va a trabajar.

4.1.1.2. Dimensiones de vigas y columnas

La obtención de las dimensiones de columnas y vigas son directamente tomadas en campo, se debe tomar en cuenta que esta edificación se realizó de forma informal por lo

cual se desconoce las dimensiones del acero, la edificación cuenta con 12 columnas y 17 vigas en total por cada piso.

Elemento	Dimensiones		Área (cm ²)
	a (cm)	b(cm)	
Columnas	30	30	900
Viga	30	20	600

Tabla 15: Dimensiones de columnas y vigas.

Fuente: (Analuca R, 2021).

4.1.1.3. Carga Muerta

$$Losta = 1 \times 1 \times 0,05 \times \gamma_{concreto} = 120 \frac{kg}{m^2}$$

$$Nervios = 4nervios \times 1 \times 0,1 \times 0,15 \times \gamma_{concreto} = 144 \frac{kg}{m^2}$$

$$Alivianamiento = 8bloques \times 0,15m \times 0,2 \times 0,4 = 0,096 \frac{ton}{m^2} = 96 \frac{kg}{m^2}$$

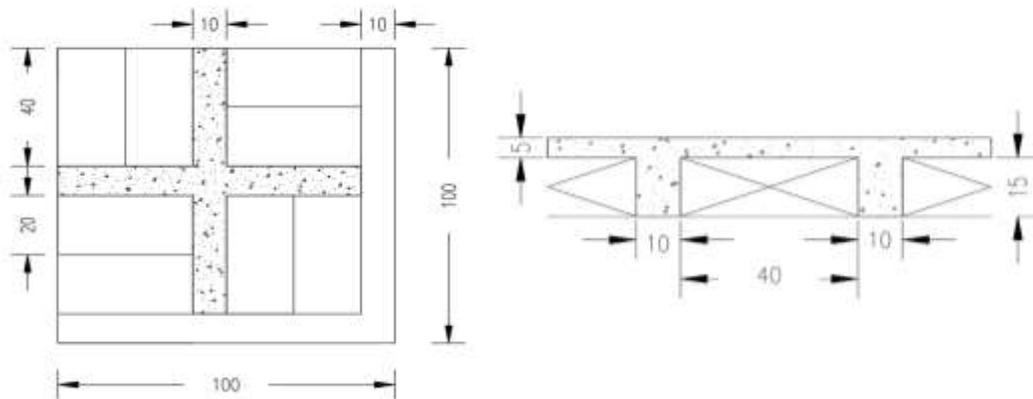


FIGURA 65: LOSETA BIDIMENSIONAL – CORTE EN ELEVACIÓN Y EN PLANTA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

CARGA MUERTA					
Peso específico del hormigón				2400	kg/m ³
Peso de la loseta de compresión.					
1	1	0,05		120	kg/m ²
Peso de los nervios					
1	0,1	0,15		144	kg/m ²
Alivianamientos(2bloq. Por recuadro)					
8	12			96	kg/m ²
Peso propio de la losa					
Enlucido y masillado					
1	1	0,04		88	kg/m ²
Recubrimiento del piso					
1	1	0,02		44	kg/m ²
Mampostería					
				200	kg/m ²
Carga permanente				692	kg/m ²

Tabla 16: Cargas Muertas.
Fuente: (Analuca R, 2021).

Carga Muerta = 692 kg/m².

4.1.1.4. Carga Viva

Este dato se tomará de la NEC-2015 (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

NEC-2015		
Oficina	250	kg/m ²
Vivienda	200	kg/m ²

Tabla 17: Carga Viva.
Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Para la modelación se toma en cuenta que es la edificación de uso residencial, por lo tanto, **Carga viva = 200 kg/m².**

4.1.1.5. Sobrecarga de Cubierta

Alivianamientos(2bloq. Por recuadro)	8	12		96	kg/m ²
Enlucido y masillado	1	1	0,04	88	kg/m ²
Recubrimiento del piso	1	1	0,02	44	kg/m ²
Mampostería (asumido)				26	kg/m ²
Carga permanente				254	kg/m²

Tabla 18: Sobrecarga cubierta.
Fuente: (Analuca R, 2021).

Sobrecarga Cubierta = 254 kg/cm²

4.1.1.6. Definición de Elementos

4.1.1.6.1. Losa Equivalente

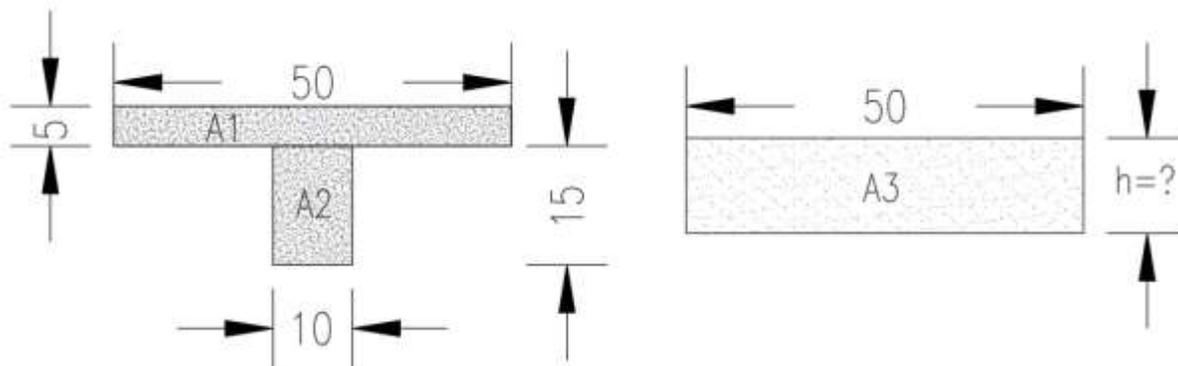


FIGURA 66: LOSA EQUIVALENTE.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

$$A_T = A_1 + A_2 = (50 \times 5) + (10 \times 5) = 400 \text{ cm}^2$$

$$M = [(50 \times 5) \times 7,5] + [(10 \times 5) \times 17,5] = 5500 \text{ cm}^3$$

$$y_G = \frac{M}{A_T} = \frac{5500 \text{ cm}^3}{400 \text{ cm}^2} = 13,75 \text{ cm}$$

$$I_1 = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{50 \times 5^3}{12} = 520,833 \text{ cm}^4$$

$$I_2 = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{10 \times 15^3}{12} = 2812,5 \text{ cm}^4$$

$$I = I_1 + I_2 + A_1 y^2 + A_2 y^2 \rightarrow y^2 = (y_i - y_G)^2$$

$$I = 520,833 \text{ cm}^4 + 2812,5 \text{ cm}^4 + [250 \text{ cm}^2 \times (17,5 \text{ cm} - 13,75 \text{ cm})^2] \\ + [150 \text{ cm}^2 \times (7,5 \text{ cm} - 13,75 \text{ cm})^2]$$

$$I = 12708,3 \text{ cm}^4$$

$$I = \frac{b \times h^3}{12} \text{ Donde } b = 50 \text{ cm} \rightarrow h = \sqrt[3]{\frac{12 \times I}{50}}$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{12 \times 12708,3 \text{ cm}^4}{50 \text{ cm}}} = 14,5 \text{ cm}$$

Por lo tanto, la losa maciza que se modela es de 14,5 cm es equivalente a una losa alivianada de 20cm.

4.1.1.6. Materiales

4.1.1.5.1. Hormigón

En el caso que se presenta, los tipos de hormigones diferenciales son en las columnas, vigas y losas. Esto se realizará por cada piso. Para el cálculo del módulo de elasticidad el hormigón se utilizará:

$$12400 \times \sqrt{f'c} \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

Ecuación 1: Modulo de elástica de del hormigón

Este módulo de hormigón se consideró de acuerdo con tesis de la UCE y ESPE, donde considera los siguientes materiales como cemento selva alegre, agregados de San Antonio y Pifo, datos obtenidos de la hormigonera Quito.

4.1.1.5.2. Acero

Para el acero se utiliza el acero convencional, el más común en Ecuador.

$$f_y = 4200 \frac{kgf}{cm^2}$$

Ecuación 2: Fluencia del Acero

4.1.1.6. Componentes Sísmicos

Guiándose del mapa de zonas sísmicas; estos valores tendrán respaldo en la norma NEC-2015 (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

QUITO	POMASQUI	QUITO	PICHINCHA	0.40
-------	----------	-------	-----------	------

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Tabla 19: Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.
Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Zona Sísmica	V
Valor de factor Z	0,40
Características de la amenaza sísmica	alta
Tipo de perfil de Suelo	D
Factor de sitio Fa	1,2
Factor de comportamiento Fs	1,28
Factor de sitio Fd	1,19
Region	Sierra
N	2,48

Tabla 20:Caracterización del suelo.
Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

4.1.1.6.1. Cortante basal V.

El cortante basal es la fuerza generada por las cargas laterales, las cuales se aplican en la base estructural, esta es el resultado de la acción del sismo (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015). Modelo matemático del cortante basal V.

$$V = \frac{I S a (T a)}{R \varphi_p \varphi_e} W$$

Ecuación 3: Cortante Basal

Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

$$T_o = 0.1F_s \frac{F_d}{F_a}; T_c = 0.55F_s \frac{F_d}{F_a}; T_L = 2.4F_d$$

Ecuación 4: Periodo límite de vibración.

Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Datos que se utilizaran para el cálculo del cortante basal.

Periodo de vibracion fundamental	
Coeficiente C _t	0,055
Altura maxima del Edificio	8,8
Coeficiente α	0,9
Perido de vibracion T _f	0,127
Periodo limite de vibracion T _c	0,698

Tabla 21: Periodo.

Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

$$T = C_t \times h_n^a$$

Ecuación 5: Periodo de vibración.

Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Tipo de estructura	C _t	α
Estructuras de acero		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
Pórticos especiales de hormigón armado		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

Tabla 22: Tipo de estructura.

Fuente: (MIDUVI-CAMICON, 2015).

Valores de T (s)	k
≤ 0.5	1
$0.5 < T \leq 2.5$	$0.75 + 0.50 T$
> 2.5	2

Tabla 23: Valores k.
Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Coeficiente de reducción de respuesta estructural

Según a las características que nos define la edificación asumimos que es un sistema de pórtico especial sismo resistente con vigas banda (del mismo espesor de la losa), tal que resisten cargas verticales y de origen sísmico, por lo tanto, las conexiones del pórtico con la losa – columnas son capaces de resistir fuerzas laterales para presentar un comportamiento lateral dúctil.

Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

Tabla 24: Coeficiente de Reducción R.
Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Corte Basal de Diseño	
Factor de importancia I	1
Irregularidad en planta Φ_p	1
Irregularidad en elevación Φ_e	1
Coeficiente de reducción sísmica R	5

Tabla 25: Cortante Basal.
Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Cortante basal corregido para modelación en SAP-2000.

Período	S_a Elástico	Coeficiente basal %
0,70	1,19	0,238

Tabla 26: Cortante Basal Corregido.
Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Para la modelación se contará con dos espectros de diseño:

- A. Para este modelo estático lineal se contará con un coeficiente de reducción sísmica de $R=5$, para obtener la curva inelástica.

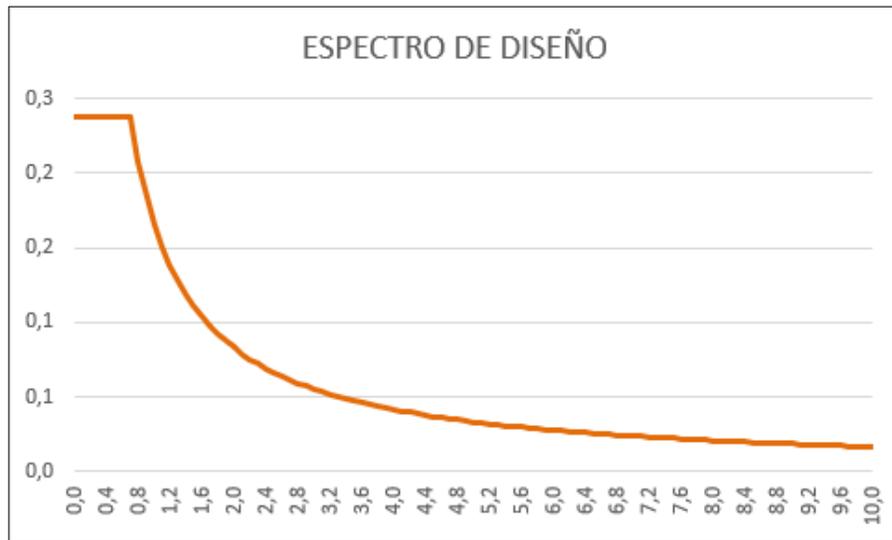


FIGURA 67 : ESPECTRO DE DISEÑO- CURVA INELÁSTICA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- B. Para este modelo estático no lineal se contará con un coeficiente de reducción sísmica de $R=1$, para la obtener una curva elástica.

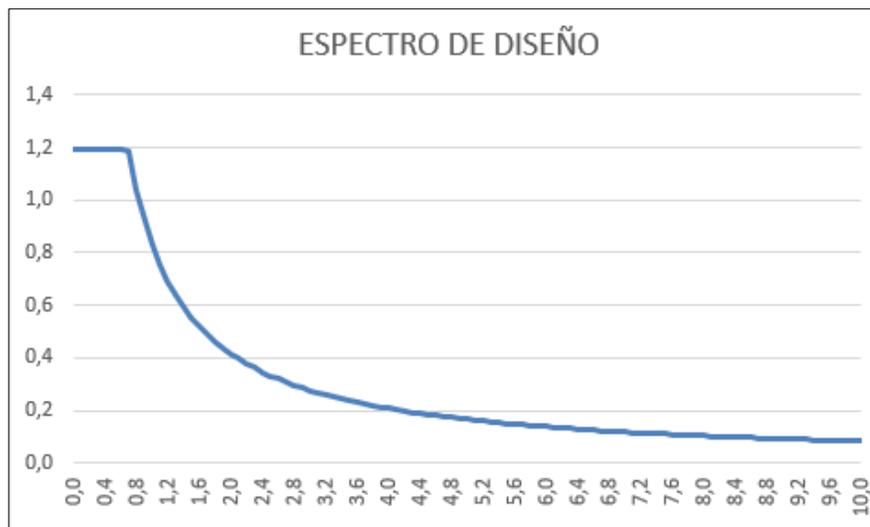


FIGURA 68: ESPECTRO DE DISEÑO- CURVA ELÁSTICA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

4.1.2. MÉTODO ESTÁTICO LINEAL

En el estudio del análisis estático lineal se definen los estados de fuerzas laterales estáticas y procedimientos elásticos para determinar la relación demanda capacidad de los elementos, proporcionando una buena aproximación de la capacidad elástica y dando a conocer una predicción de falla, cabe mencionar que este modelo se lo realiza nuevamente con el fin de la obtención de los desplazamientos máximos esperados durante el diseño. Para este caso no se puede realizar un ajuste en los desplazamientos ya que la existencia de la estructura ya se encuentra realizada.

4.1.2.1. Procedimiento de modelamiento en SAP 2000 con capturas de pantalla

a) Asignación de ejes

- Se comienza con el modelamiento tridimensional, se toma en cuenta las unidades que realiza el modelo y comienza con la Grid Only, este permite ajustar distancias de entre ejes y altura.

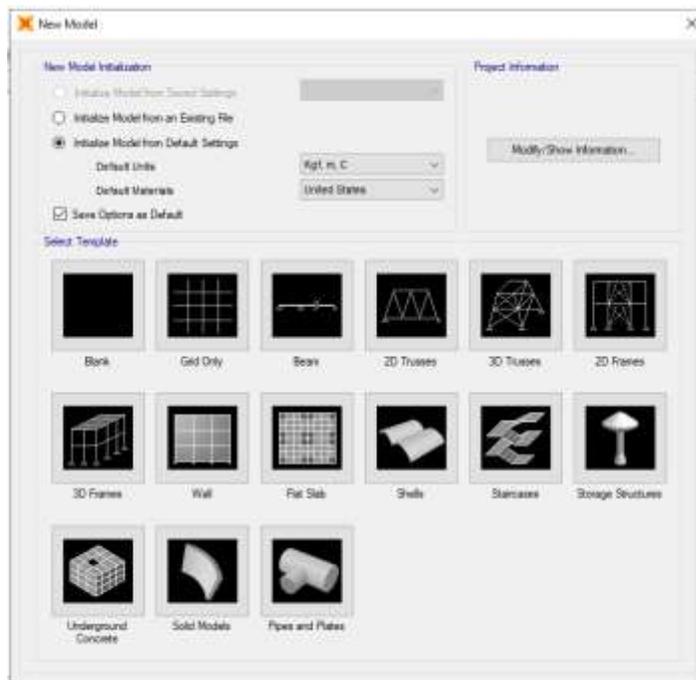


FIGURA 69: GRID ONLY.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- Definir distancias entre ejes considerando previamente datos obtenidos en campo.

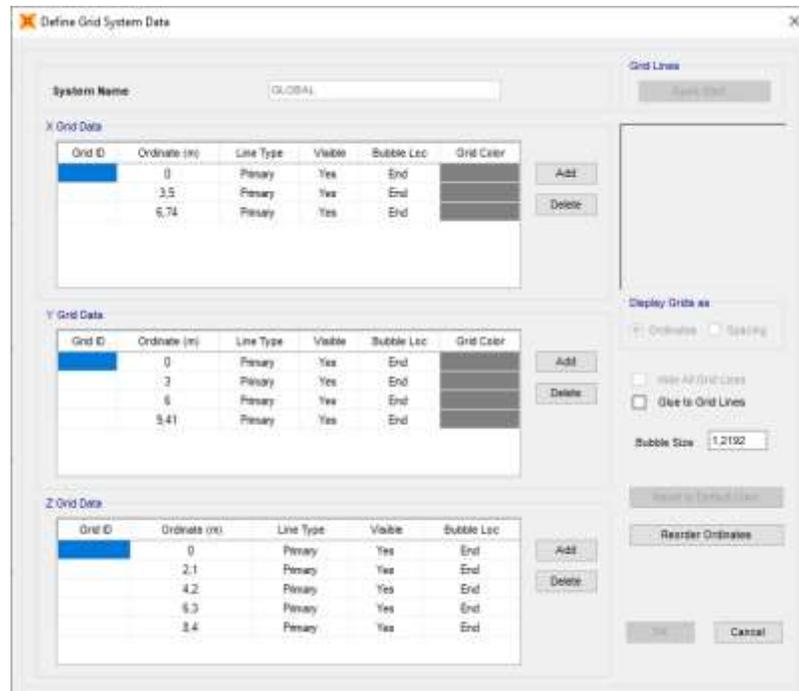


FIGURA 70: DEFINIR EJES.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- Modelo de ejes con la respectiva altura en nuestro caso son 4 pisos en total.

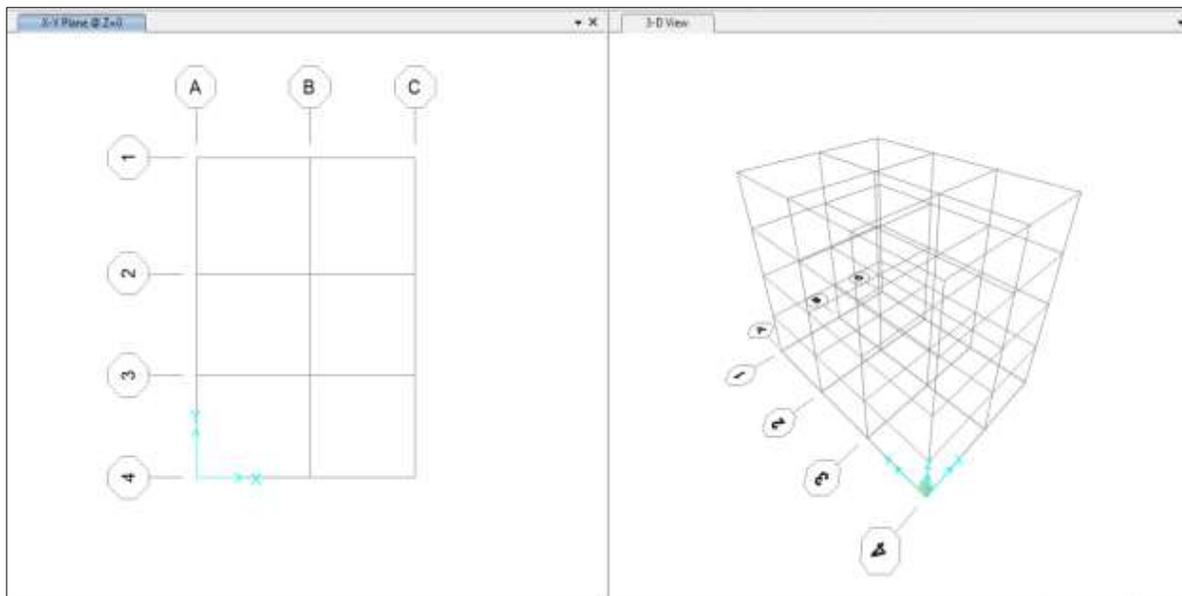


FIGURA 71: EJES.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- Asignación de restricciones en apoyos, se utilizará en los apoyos de cada columna.

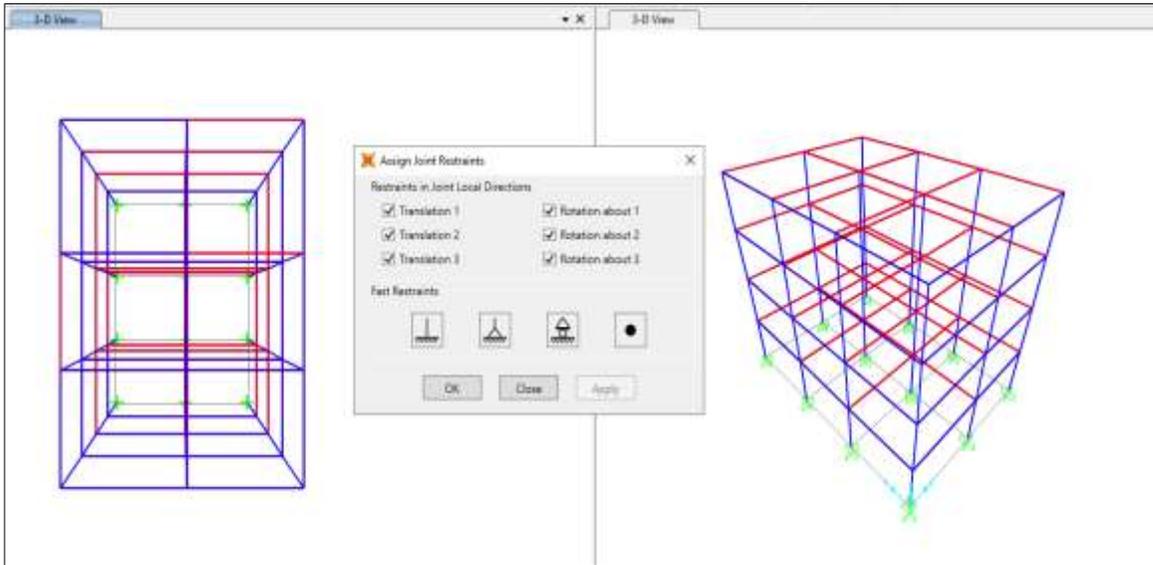


FIGURA 72: ASIGNACIÓN DE APOYOS.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

b) Asignación de Materiales – Resistencia del Hormigón

- Definición de materiales en SAP2000, se define de la siguiente manera con los datos obtenidos en campo y tomando en cuenta el módulo de elasticidad del hormigón y acero que se utiliza en Ecuador.

Para la determinación del modelamiento se creará resistencia de hormigón para cada columna y viga de cada piso tomando en cuenta que estos datos son obtenidos del ensayo no destructivo.

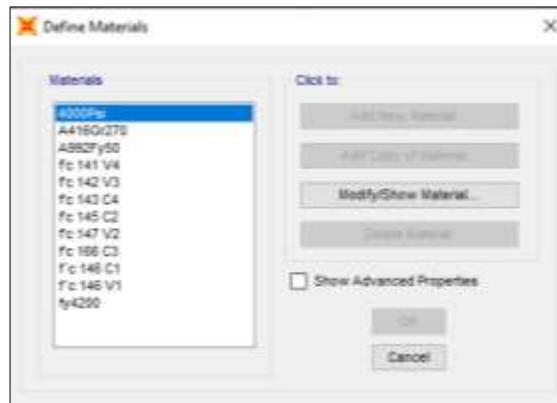


FIGURA 73: DEFINICIÓN DE MATERIALES.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- Se define el tipo de hormigón ($f'c$) por cada elemento estructural, en este caso columnas y vigas.

FIGURA 74: MATERIAL HORMIGÓN.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

c) Asignación de Materiales – Fluencia del Acero

- Determinación del acero que se utilizara para el modelamiento, modulo es el más utilizado en Ecuador.



FIGURA 75: MATERIAL ACERO.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

d) Asignación de Secciones

- Se define una sección por cada piso ya que cuenta con varias resistencias de hormigón esto facilita la minuciosidad acerca de los resultados.

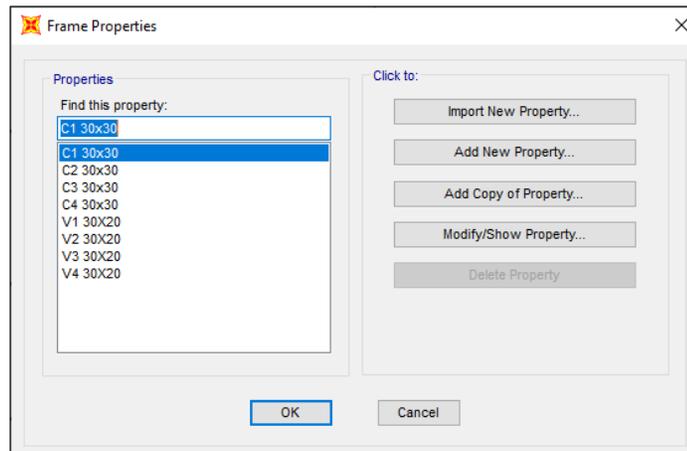


FIGURA 76: SECCIONES.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

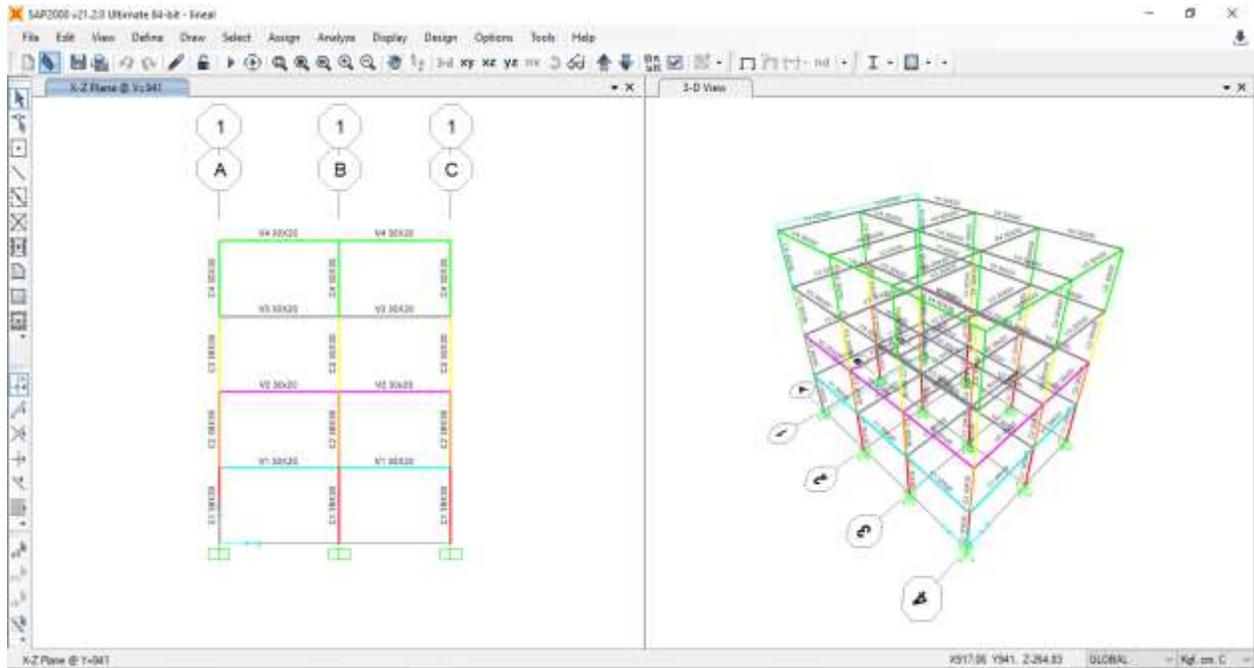


FIGURA 77: SECCIONES EN ELEVACIÓN Y 3D.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Columna

- Para la sección de columnas las dimensiones van a hacer las mismas para todas en este caso son de 30 x 30 cm, cada una, teniendo la resistencia del hormigón de cada piso.

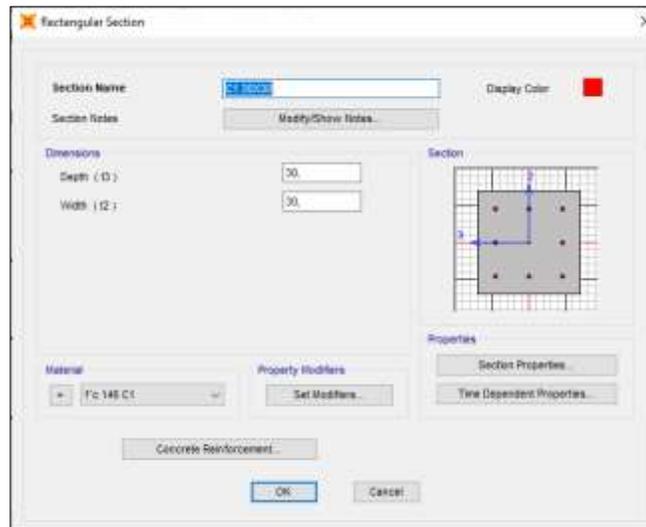


FIGURA 78: SECCIÓN COLUMNA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

$$A_g = 30 \times 30 = 900 \text{ cm}^2$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,01$$

$$\rho = \frac{A_s}{A_g} \rightarrow A_s = A_g \times \rho$$

$$A_{s1} = 900 \text{ cm}^2 \times 0,01 = 9 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = \frac{(1,2 \text{ cm})^2 \times \pi}{4} = 1,13 \text{ cm}^2 \times 8 \text{ varillas} = 9,04 \text{ cm}^2$$

- En este caso para el acero y el reforzamiento se asumirá datos: 8 varillas de 12 mm (8Φ12mm) y con respecto al acero de refuerzo se definirá lo mínimo, es decir, estribos de 8mm. Con espaciamiento cada 15cm.
- Fy acero es 4200 kg/cm2.



FIGURA 79: REFUERZO COLUMNA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- Agrietamiento que se utilizar en columnas será de 0.8; según las NEC (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

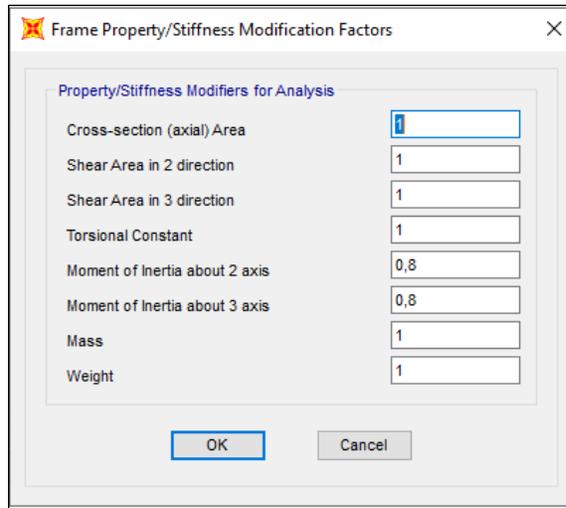


FIGURA 80: AGRIETAMIENTO COLUMNA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Viga

- Para la sección de vigas las dimensiones van a hacer las mismas para todas en este caso son de 30 x 20 cm, cada una, teniendo la resistencia del hormigón de cada piso.

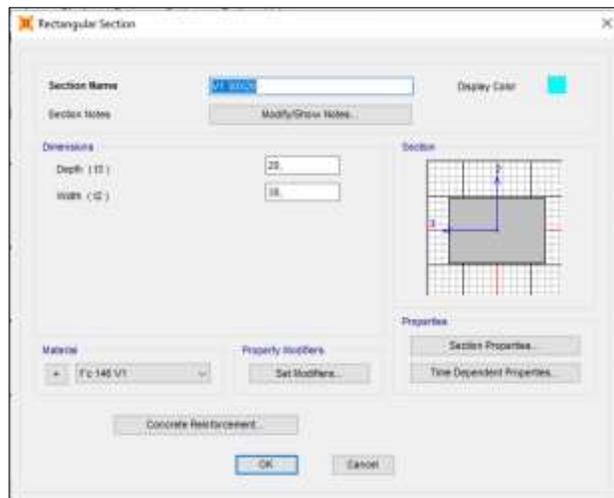


FIGURA 81: SECCIÓN VIGA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- Para el reforzamiento en vigas se utilizará un F_y de 4200 kg/cm².

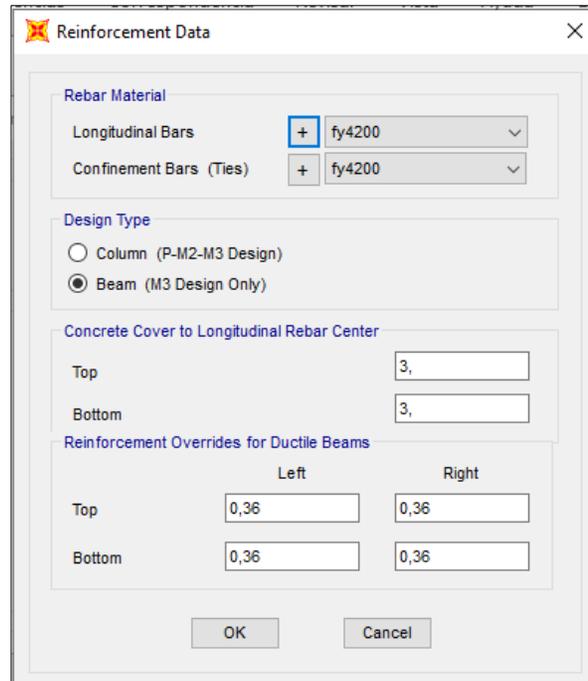


FIGURA 82: REFUERZO VIGA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- Agrietamiento que se utilizar en vigas será de 1, esta trabajará conjunto con los nervios de la losa.

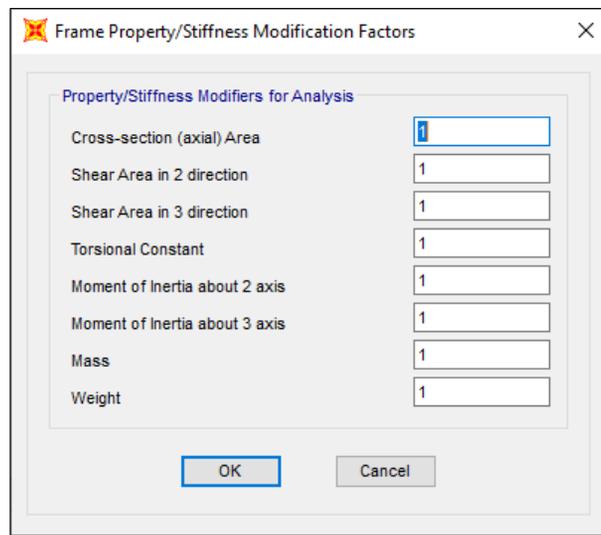


FIGURA 83: AGRIETAMIENTO VIGA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- En el modelamiento de la losa se define a cada piso, la resistencia del hormigón que se tomará será de cada viga de cada piso para su modelamiento.

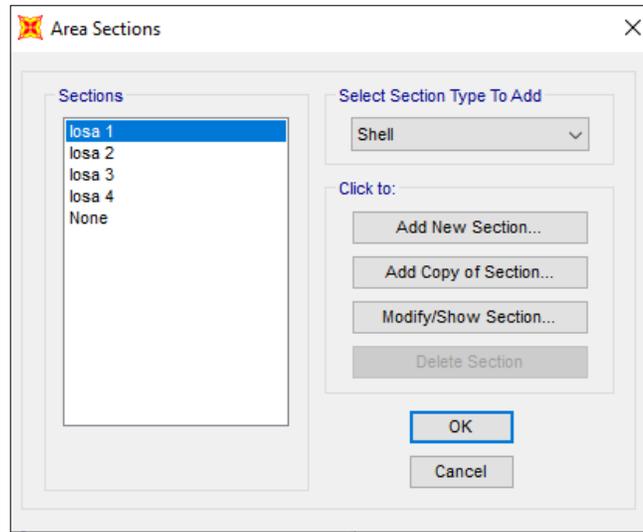


FIGURA 84: LOSAS.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Losa

- Se utiliza el parámetro de la membrana y el espesor de la losa equivalente previamente ya calculada.

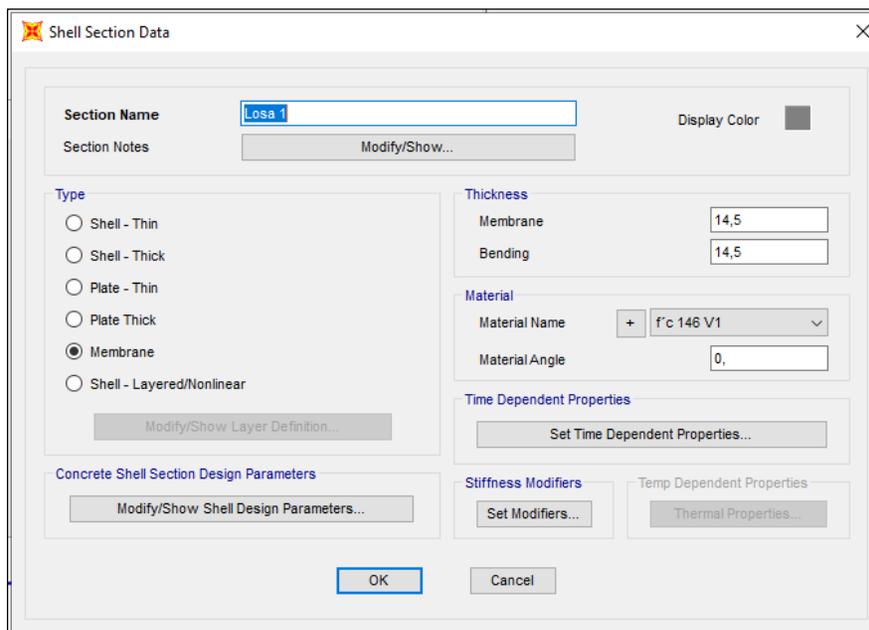


FIGURA 85: SECCIÓN LOSA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

e) Asignación de carga para la losa

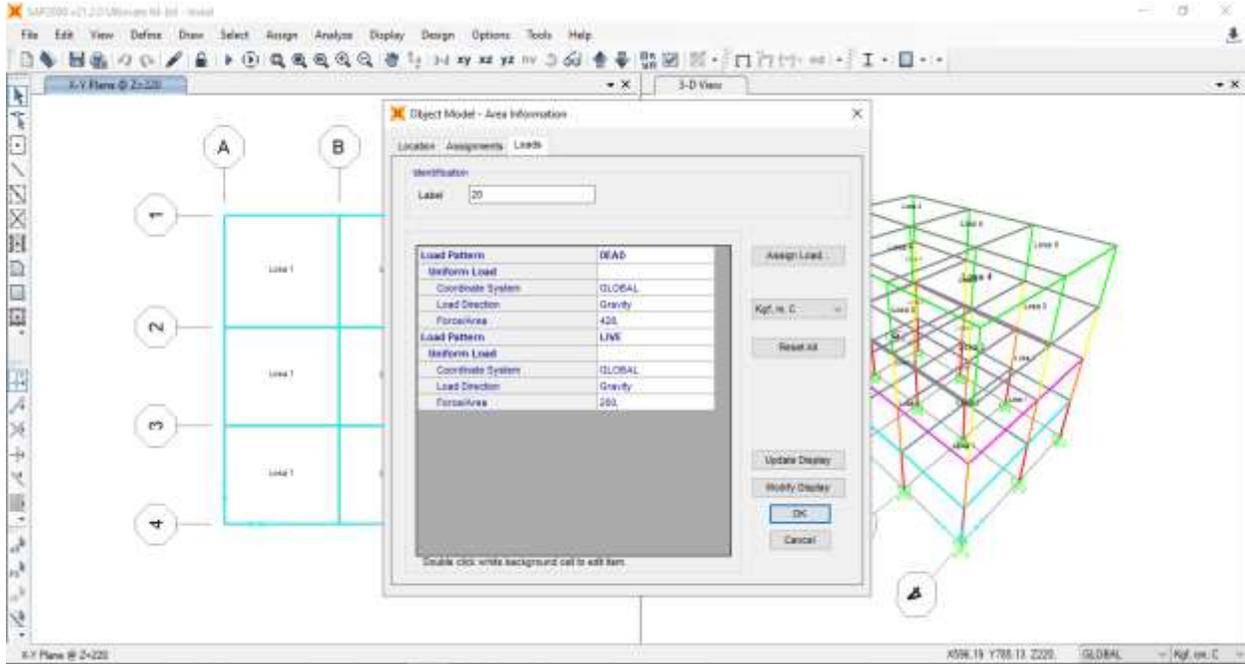


FIGURA 86: ASIGNACIÓN DE CARGA PARA LA LOSA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

f) Asignación de carga para la cubierta

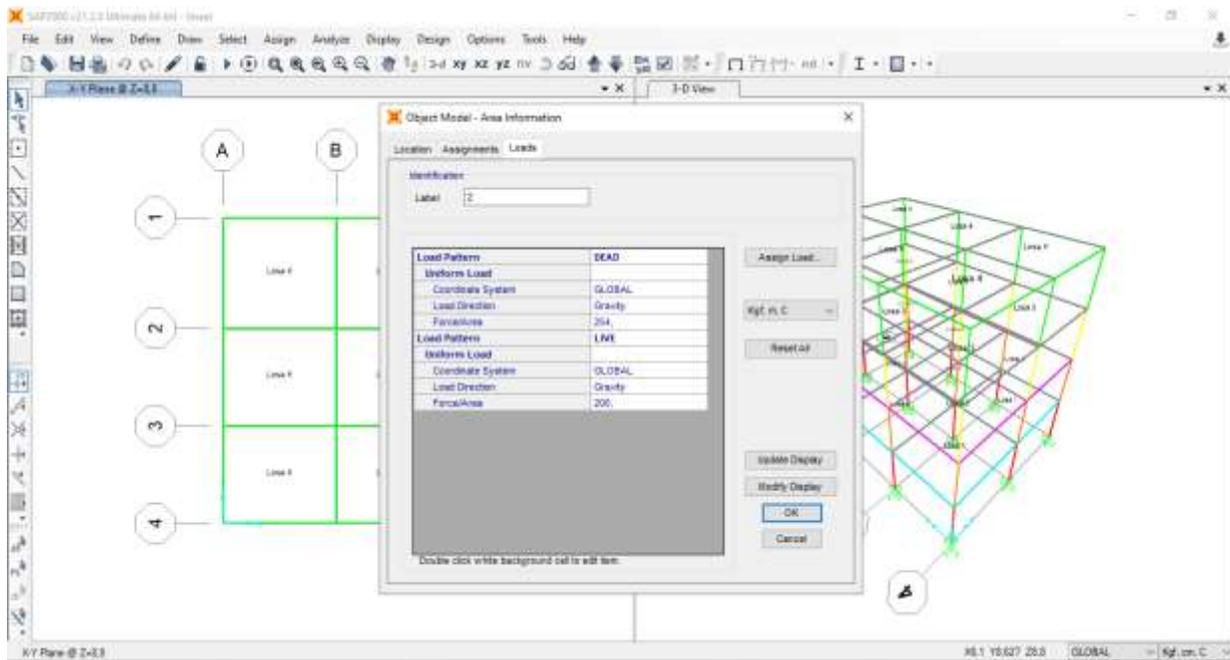


FIGURA 87: ASIGNACIÓN CARGA PARA LA CUBIERTA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

g) Definición de la Masa

- Definición de la masa se determina la sobre carga =1 y la carga viva al 0,25

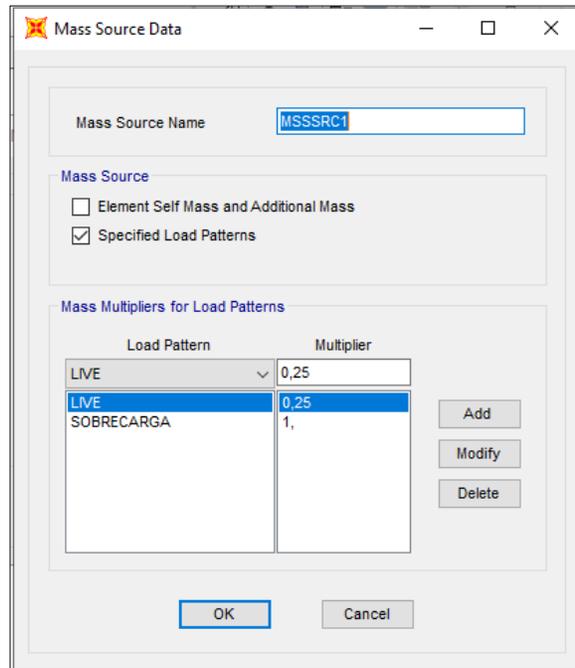


FIGURA 88: DEFINICIÓN DE LA MASA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

h) Patrones de Carga

- Definición de patrones de cargas se determina la carga muerta (DEAD), carga viva (Live), estático en X, estático en Y

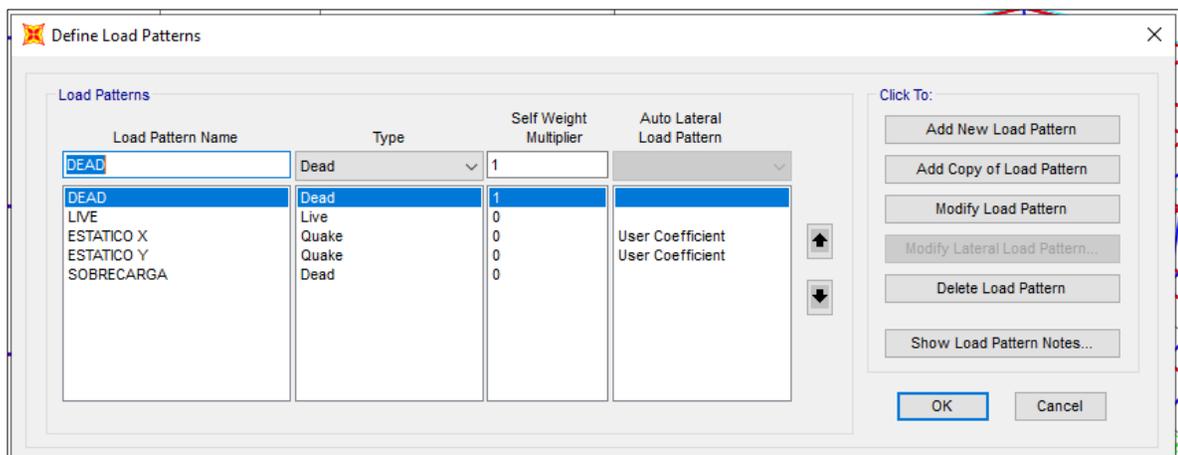


FIGURA 89: PATRONES DE CARGA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- En el espectro de diseño se hará la respectiva corrección y a la vez se agrega los datos en el modelamiento en este caso será un $C=0.238$ y un $K=1$. La norma NEC2015 recomienda una excentricidad al 10%.

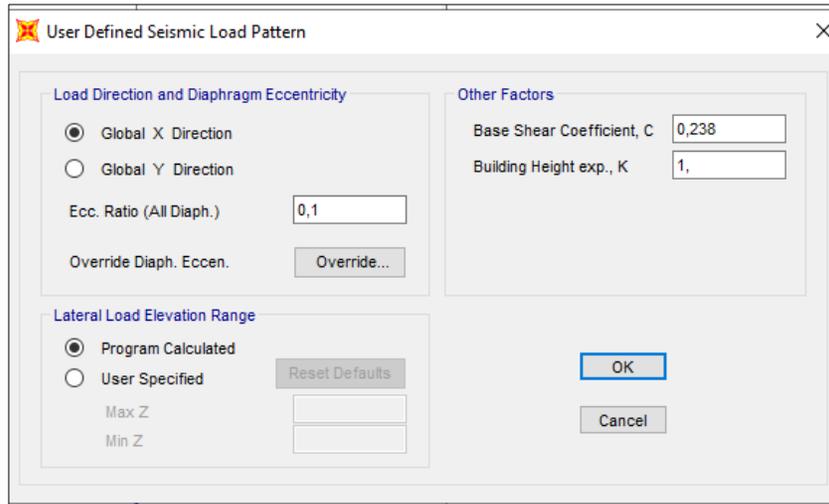


FIGURA 90: PATRÓN DE CARGA SÍSMICA DEFINIDO POR EL USUARIO.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

i) Casos de Carga

- Se determina los Load Cases este contara de DEAD, MODAL, Live, estático en X, estático en Y, espectro en X y espectro en Y, sobrecarga.

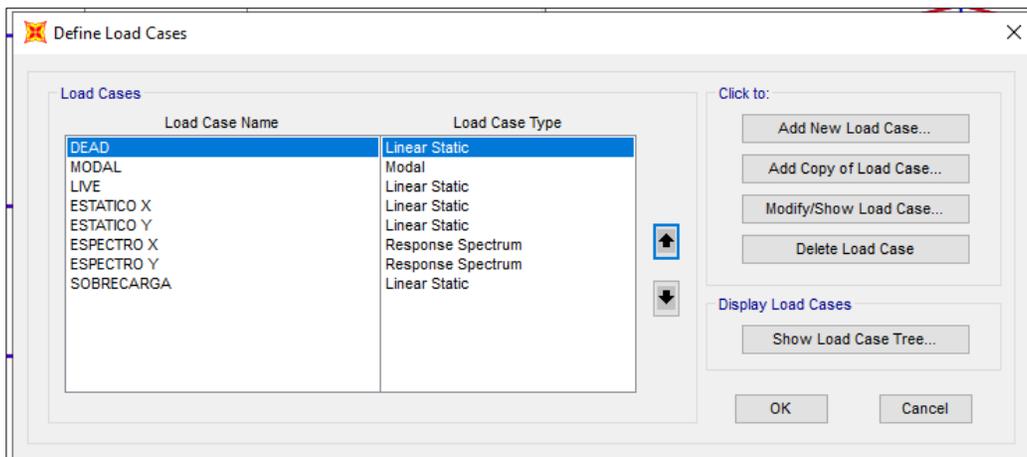


FIGURA 91: CASOS DE CARGA.
Fuente: (ANALUCA R, 2021).

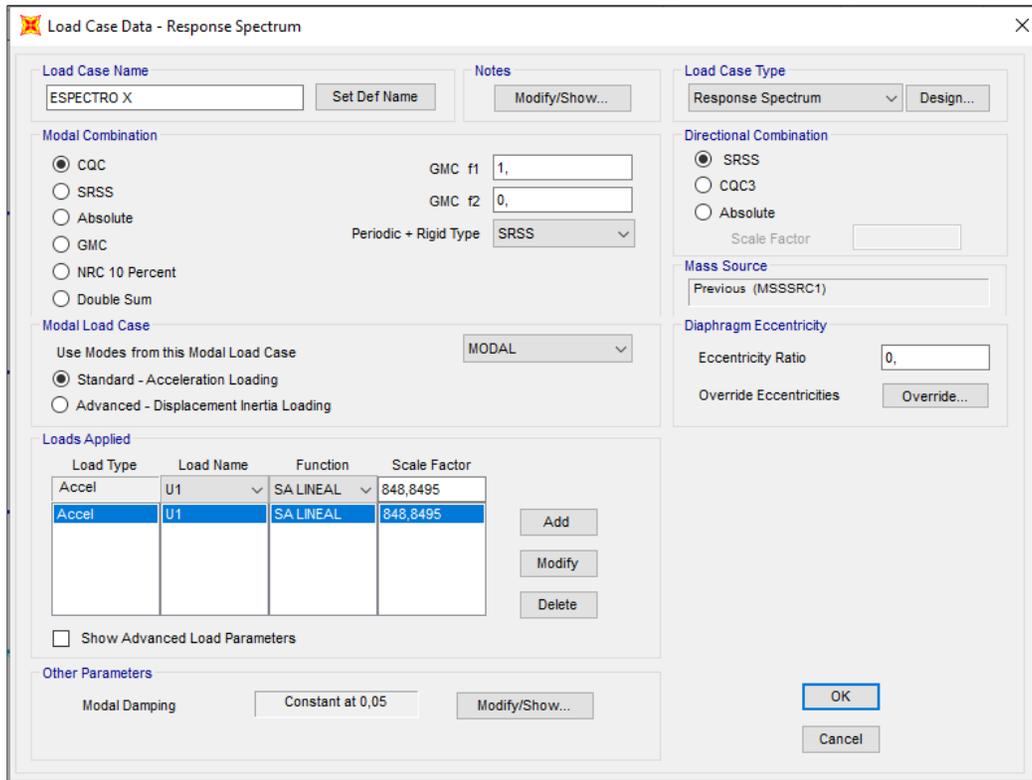


FIGURA 92: CASOS DE CARGA – SISMO DE RESPUESTA EN X.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

j) Combinaciones de Cargas

- Se determina las combinaciones básicas de carga, estas se emplearán de la NEC-2015 (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Combinación 1	$1.4 D$
Combinación 2	$1.2 D + 1.6 L + 0.5 \max[L_s ; S ; R]$
Combinación 3*	$1.2 D + 1.6 \max[L_s ; S ; R] + \max[L ; 0.5 W]$
Combinación 4*	$1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 \max[L_s ; S ; R]$
Combinación 5*	$1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S$
Combinación 6	$0.9 D + 1.0 W$
Combinación 7	$0.9 D + 1.0 E$

FIGURA 93: COMBINACIONES BASICAS PARA EL DISEÑO.
FUENTE: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

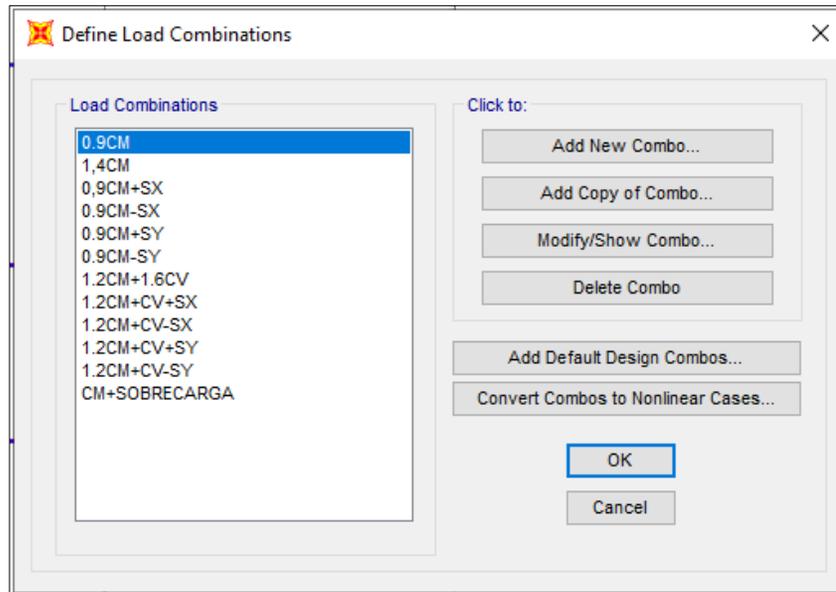


FIGURA 94: CASOS DE CARGA – NEC 2015.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

k) Espectro de Respuesta

- Asignación de espectro de respuesta, este cálculo se obtenido previamente ya que cuenta con las correcciones de espectro y de la zona de estudio.
- Espectro de respuesta es S_a inelástico.

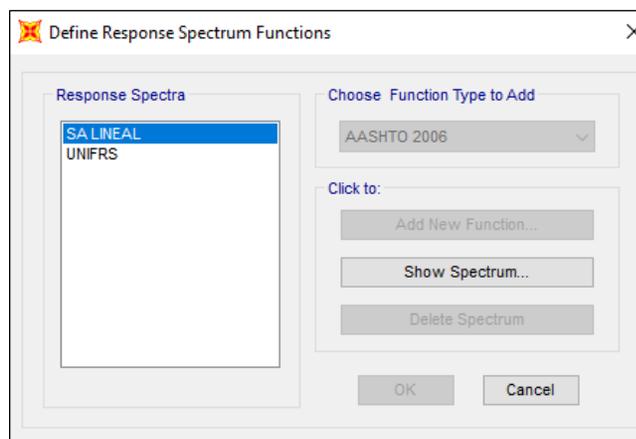


FIGURA 95: ASIGNACIÓN ESPECTRO DE RESPUESTA.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- a) En este caso al colocar el espectro con la nomenclatura de SA LINEAL.

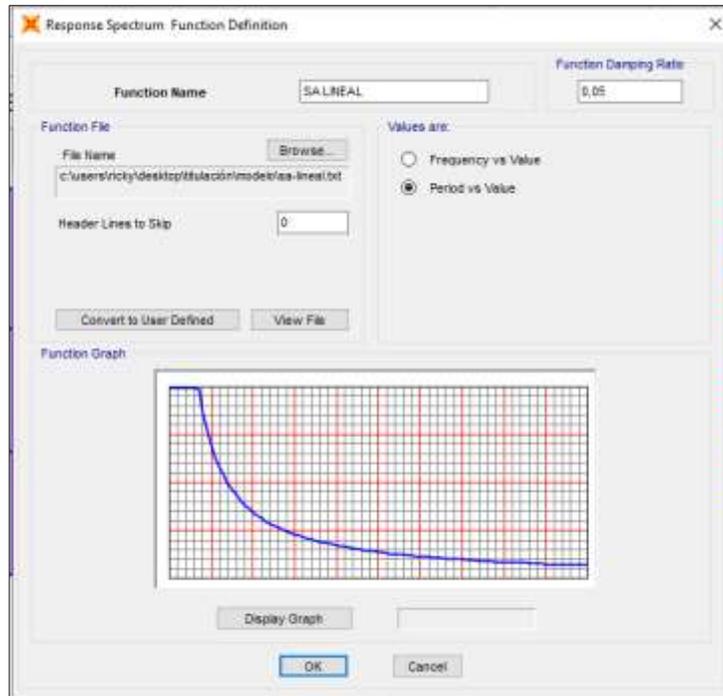


FIGURA 96: ESPECTRO DE RESPUESTA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

4.1.2.2. Análisis y resultados del modelo estático lineal

Corrección del cortante basal.

Para analizar el corte basal se necesita el 80% de la rigidez, ya que esta es una estructura regular, aplicando la norma NEC2015, y así respetar el cumplimiento está en cuanto a la rigidez mínima.

Se toma también en cuenta en la corrección que tiene diferentes luces las coordenadas tanto en el eje abscisas y las ordenadas.

	ESPECTRO	ESTÁTICO	80%
fx	2,7912	3,019	0,86529
fy	2,6622	3,019	0,90722

Tabla 27: fx y fy 80%.
Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Se realiza los ajustes del cortante.

TABLE: Base Reactions					
OutputCase	CaseType	StepType	GlobalFX	GlobalFY	
Text	Text	Text	Tonf	Tonf	
ESTATICO X	LinStatic		-3,019	6,082E-15	
ESTATICO Y	LinStatic		2,327E-15	-3,019	
ESPECTRO X	LinRespSpec	Max	2,4152	0,4092	OK
ESPECTRO Y	LinRespSpec	Max	0,429	2,4152	OK

Tabla 28: Ajustes Cortante.
Fuente: (Analuca R, 2021).

Después de conocer los resultados obtenidos por el Sap2000, se puede comprobar que dicha estructura cumple con el 80% de rigidez mínima.

Participaciones de carga modal

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	100	100
MODAL	Acceleration	UY	100	100
MODAL	Acceleration	UZ	62,126	40,187

Tabla 29: Participación de carga modal.
Fuente: (Analuca R, 2021).

Después de utilizar el programa Sap2000 en el proceso de participación modal ella establece un valor de 100% en las coordenadas (Ux) y (Uy). El cual viendo tabla 23 se denota que no hay problemas en el modelo efectuado.

Los periodos y modos de vibración obtenidos en SAP2000.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,119526	0,6469	0,2359	0,0746
MODAL	Mode	2	0,116254	0,287	0,6341	0,0325
MODAL	Mode	3	0,097155	0,0156	0,0842	0,8496
MODAL	Mode	4	0,032302	0,0427	0,0011	2,743E-07
MODAL	Mode	5	0,031576	0,002	0,0372	0,0003615
MODAL	Mode	6	0,026817	0,000651	0,0028	0,0383
MODAL	Mode	7	0,022179	0,005	0,00001871	0,0004362
MODAL	Mode	8	0,021914	0,00004566	0,0044	0,0003094
MODAL	Mode	9	0,018755	0,00006903	0,000232	0,0039
MODAL	Mode	10	0,01685	2,838E-08	3,238E-08	9,134E-10
MODAL	Mode	11	0,016184	1,009E-07	4,049E-09	0,000000037
MODAL	Mode	12	0,012372	4,322E-09	1,729E-07	1,528E-08

Tabla 30: Modos de vibración del modelo.
Fuente: (Analuca R, 2021).

Analizando los modos de vibración en la tabla 30, columna 4 se denota que los 12 casos modales no superan el rango (1) en cuanto al periodo, por lo tanto, la estructura es rígida. Además, al interpretar la estructura de forma regular para casos modales encontramos que la participación de masa se obtiene (Ux 0,646) y (Uy 0,6341) (Rz 0,8496), estos son adecuados y los valores son bajos para traslación, desplazamiento y torsión.

Control de derivas

Se calcula el desplazamiento máximo que debe tener la edificación, con la fórmula que se encuentra especificada en la norma NEC limitante máximo de deriva (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Estructuras de:	Δ_M máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Tabla 31: Deriva Limitante.
Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

$$h_{max} = \frac{2 * h}{100}$$

$$h_{max} = \frac{2 * 8.8m}{100}$$

$$h_{max} = 0.176m$$

Para el control de derivas el limitante se encuentra en 0.176m como desplazamiento máximo.

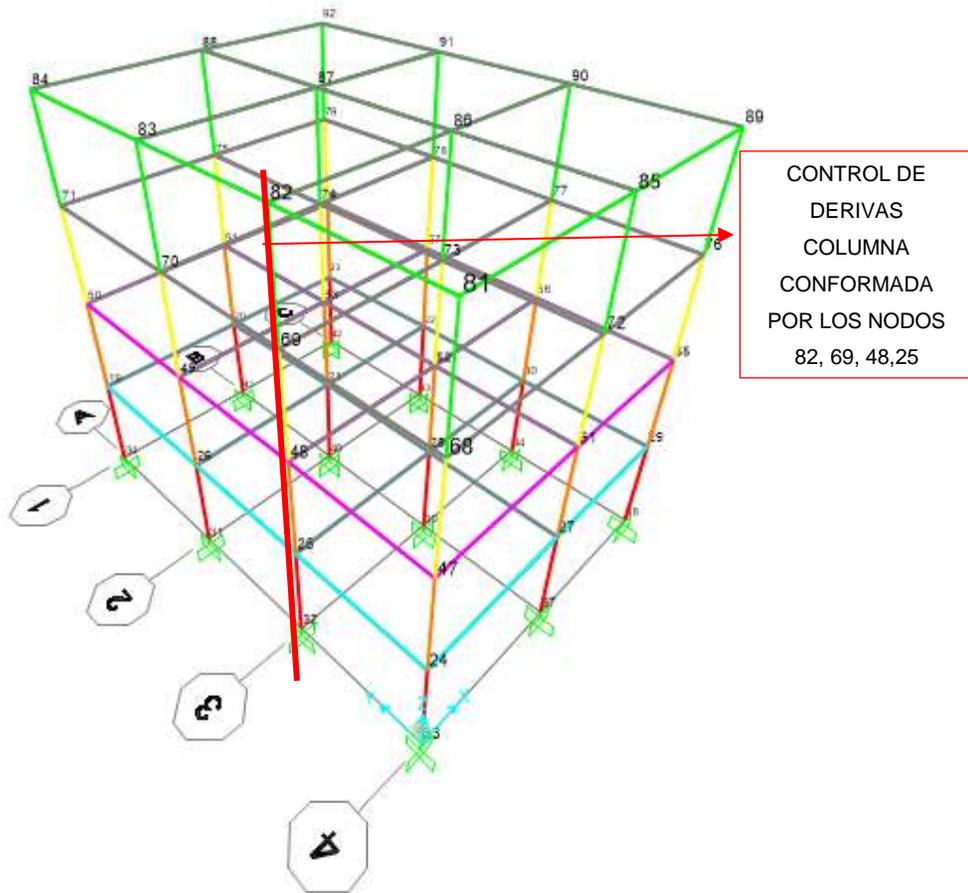


FIGURA 97: CONTROL DE DERIVAS – COLUMNA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Control de derivas en "X"

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	cm	cm	cm
25	ESTATICO X	LinStatic	0,057825	0,00663	0,000033
48	ESTATICO X	LinStatic	0,090624	0,012245	-0,000031
69	ESTATICO X	LinStatic	0,086474	0,011471	-0,000119
82	ESTATICO X	LinStatic	0,057825	0,00663	-0,000172

Tabla 32: Control de derivas en "X".
Fuente: (Analuca R, 2021).

RESUMEN DE RESULTADO								CONDICIONAL
CONTROL DE DERIVAS (INERCIAS AGRIETADAS)								
PISO	SOLICITACION	Ux(cm)	Uy(cm)	Utotal	H(cm)	Δe	Δm	
3er Piso	Sismo X	0,058	0,007	0,058	880	-0,0001	-0,0005	OK
2do Piso	Sismo X	0,086	0,011	0,087	660	0,0000	-0,0001	OK
1er Piso	Sismo X	0,091	0,012	0,091	440	0,0002	0,0006	OK
Planta Baja	Sismo X	0,058	0,007	0,058	220	0,0003	0,0010	OK

Tabla 33: Control de derivas sismo en "X".
Fuente: (Analuca R, 2021).

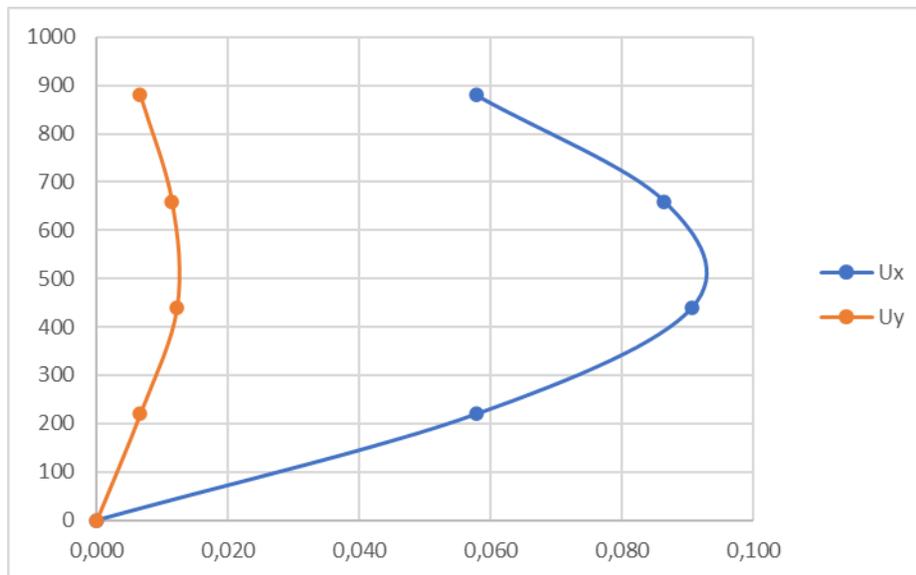


FIGURA 98: CONTROL DE DERIVAS SISMO EN "X".
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

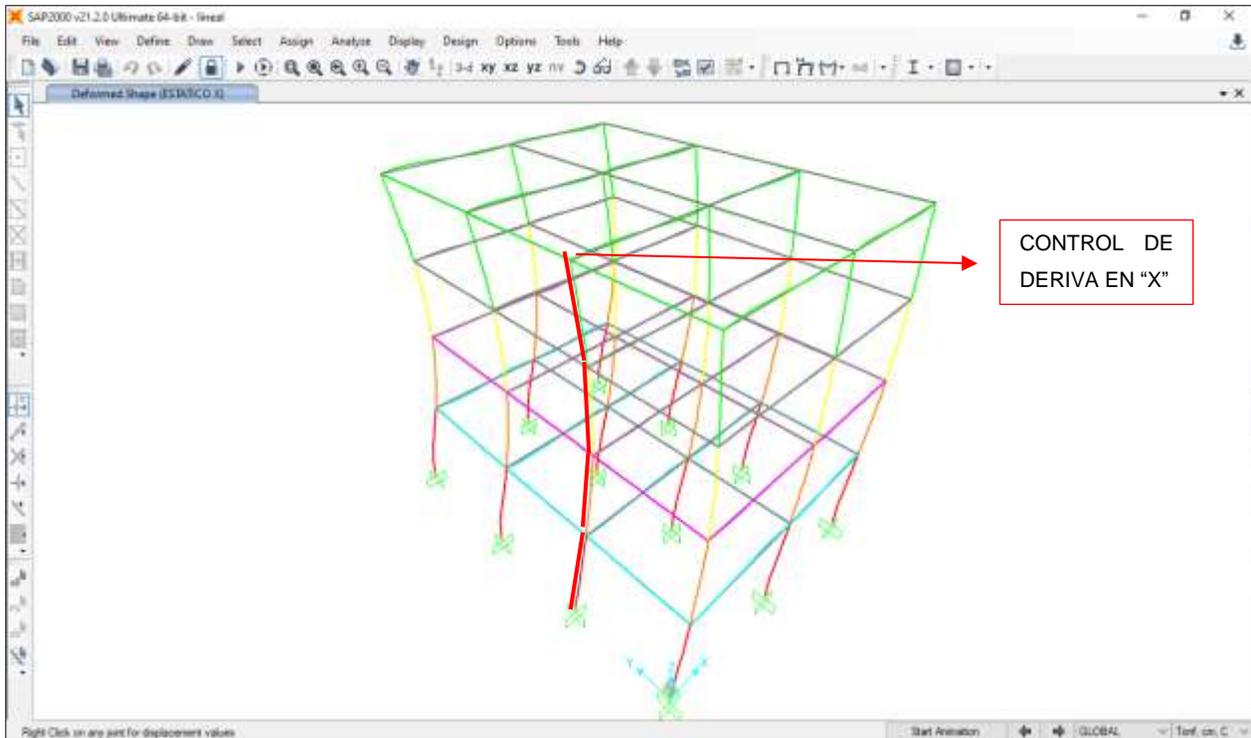


FIGURA 99: CONTROL DE DERIVAS EN X.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Control de derivas en “Y”

TABLE: Joint Displacements					
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3
Text	Text	Text	cm	cm	cm
25	ESTATICO Y	LinStatic	0,000099	0,058501	0,000031
48	ESTATICO Y	LinStatic	0,001604	0,087473	0,000028
69	ESTATICO Y	LinStatic	0,001434	0,08354	0,000034
82	ESTATICO Y	LinStatic	0,000099	0,058501	0,000039

Tabla 34: Control de derivas en “Y”.
Fuente: (Analuca R, 2021).

CONTROL DE DERIVAS (INERCIAS AGRIETADAS)								CONDICIONAL
PISO	SOLICITACION	Ux(cm)	Uy(cm)	Utotal	H(cm)	Δe	Δm	
3er Piso	Sismo Y	0,0001	0,0585	0,0585	880	-0,0001	-0,0004	OK
2do Piso	Sismo Y	0,0014	0,0835	0,0836	660	0,0000	-0,0001	OK
1er Piso	Sismo Y	0,0016	0,0875	0,0875	440	0,0001	0,0005	OK
Planta Baja	Sismo Y	0,0001	0,0585	0,0585	220	0,0003	0,0010	OK

Tabla 35: Control de derivas sismo en Y.
Fuente: (Analuca R, 2021).

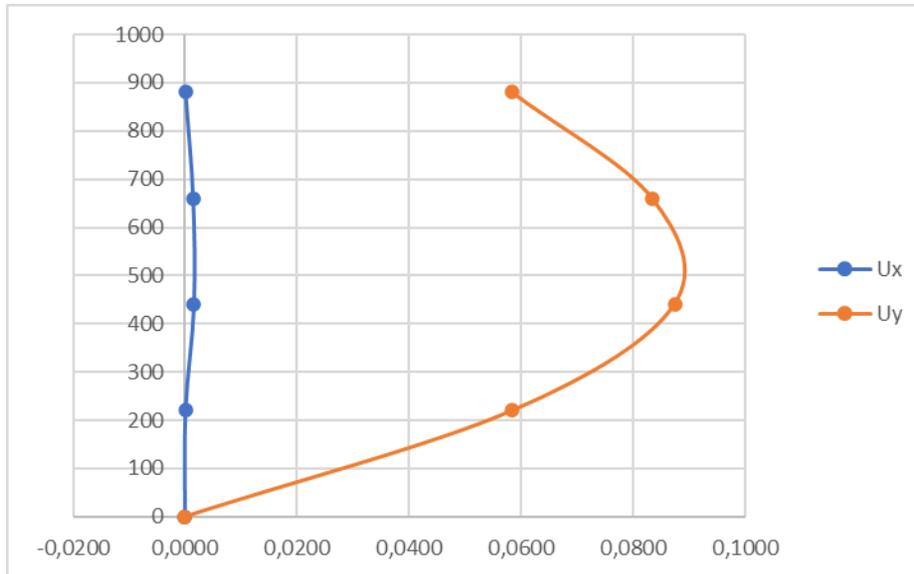


FIGURA 100: CONTROL DE DERIVAS SISMO EN "Y".
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

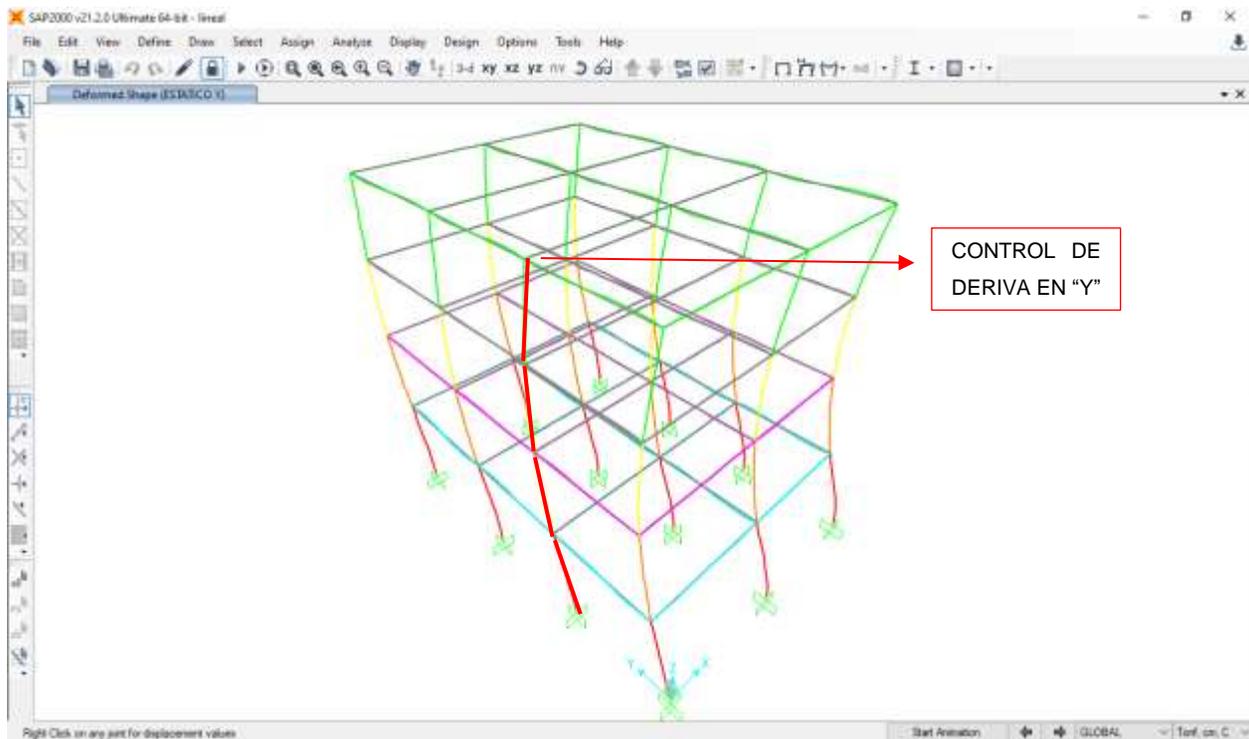


FIGURA 101: CONTROL DE DERIVAS EN "Y".
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Se interpreta que los resultados de derivas tanto en "X" y "Y"; no superan la deriva limitante máxima, por lo tanto, la edificación en estudio no requiere un reforzamiento de algún tipo.

4.1.3. MÉTODO ESTÁTICO NO LINEAL

El Pushover o más conocido como análisis estático no lineal se utiliza para verificar la capacidad de resistencia y deformación de una estructura, esto ayuda a comprender y optimizar la estructura ante un colapso (Duarte, Martínez, & Santamaria, 2017).

Este método también permite conocer la curva de capacidad que debe enfrentar la estructura frente a diferentes fenómenos sísmicos con el fin de determinar el límite elasticidad. En este caso se considera que los elementos no se encuentran con agrietamientos (Duarte, Martínez, & Santamaria, 2017).

4.1.3.1. Procedimiento con capturas de pantalla

a) Asignación de Ejes

- Se comienza con el modelamiento tridimensional, en el cual se toma la cuenta de las unidades que se realizar el modelo y comienza con la Grid Only, este permite ajustar distancias de entre ejes y altura.

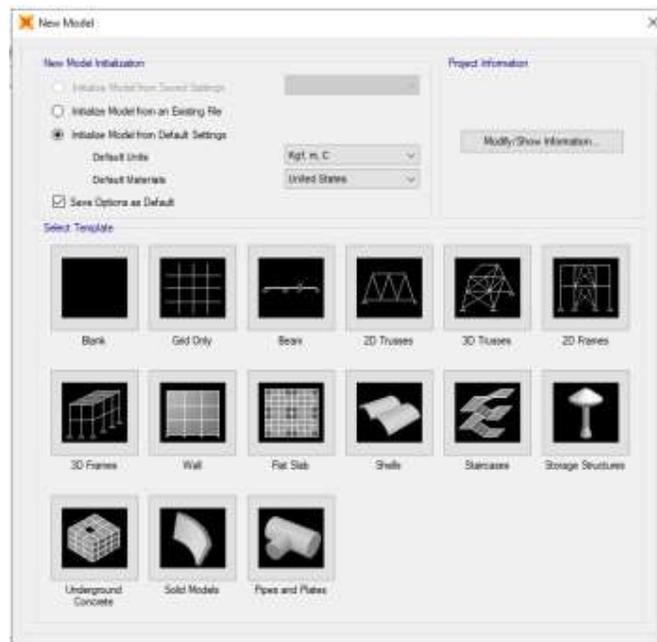


FIGURA 102: GRID ONLY.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- Definir distancias entre ejes considerando previamente datos obtenidos en campo.

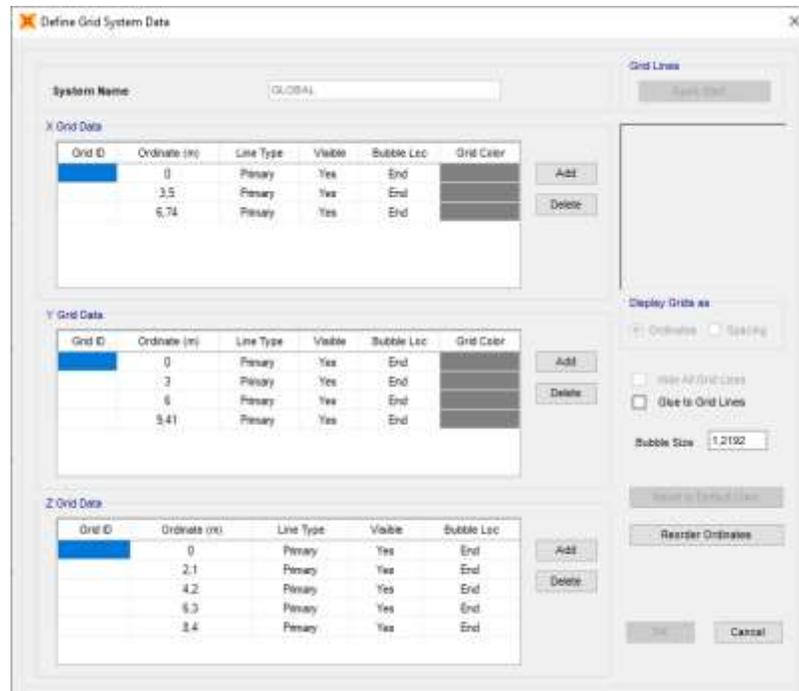


FIGURA 103: DEFINIR EJES.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- Vista en planta y 3D de los ejes.

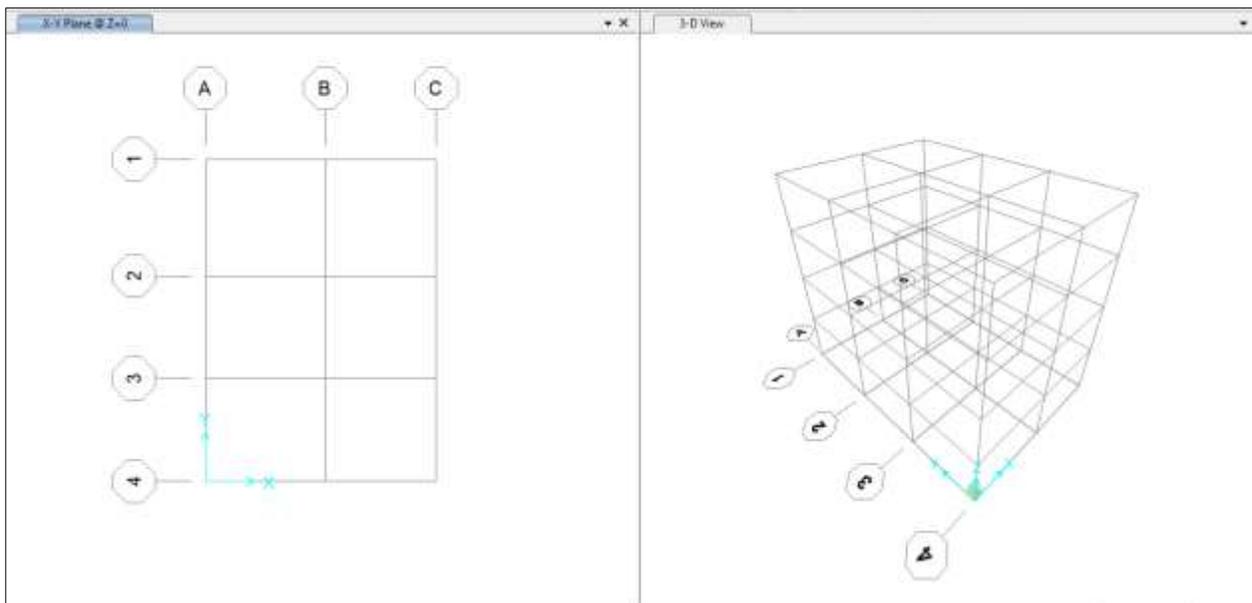


FIGURA 104: EJES.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- Asignación de restricciones en apoyos, permitirá que se restrinja en las direcciones x, y, z, esto se colocara en la base de cada eje de cada columna.

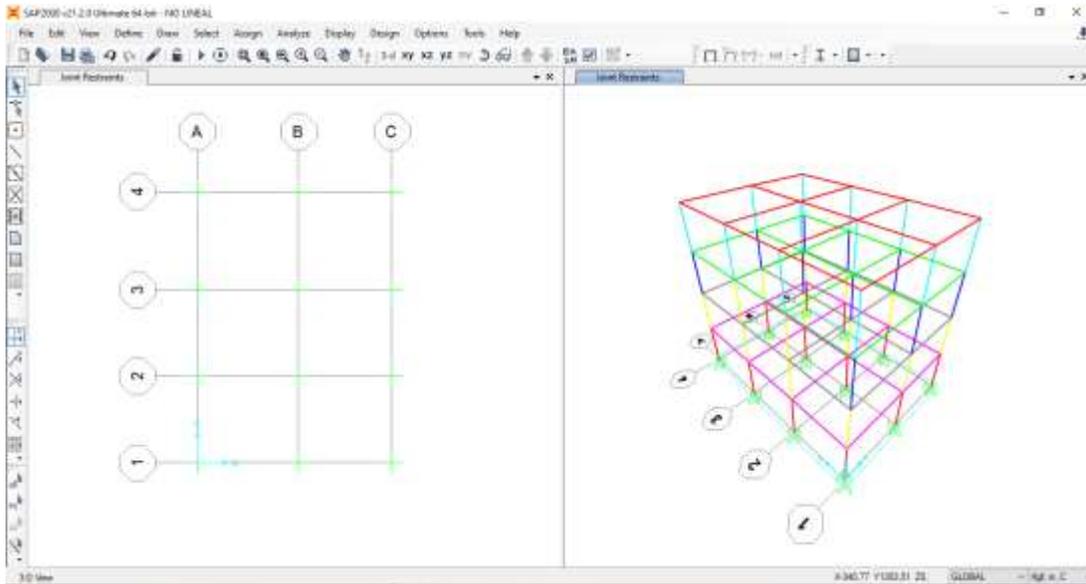


FIGURA 105: ASIGNACIÓN DE APOYOS.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

b) Asignación de Material – Resistencia de Hormigón

- Definición de materiales en SAP2000, se define de la siguiente manera con los datos obtenidos en campo y tomando en cuenta el módulo de elasticidad del hormigón y acero que se utiliza en Ecuador.

Para la determinación del modelamiento se creará resistencia de hormigón para cada columna y viga de cada piso tomando en cuenta que estos datos son obtenidos del ensayo no destructivo.

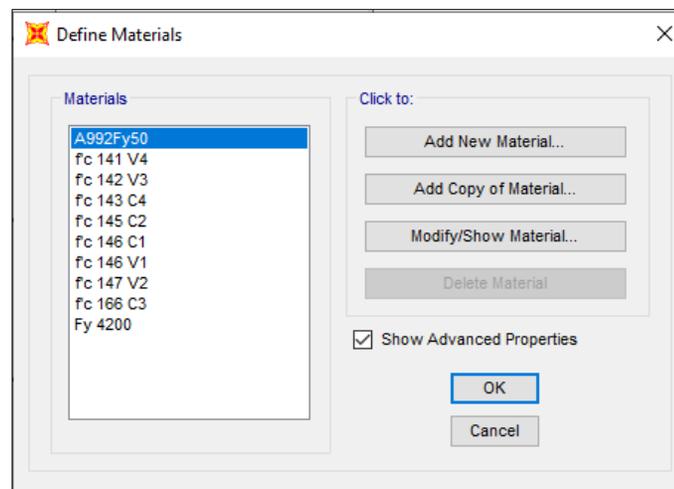


FIGURA 106: DEFINICIÓN DE MATERIALES.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- Se define el tipo de hormigón (f'_c) por cada elemento estructural, en este caso columnas y vigas.

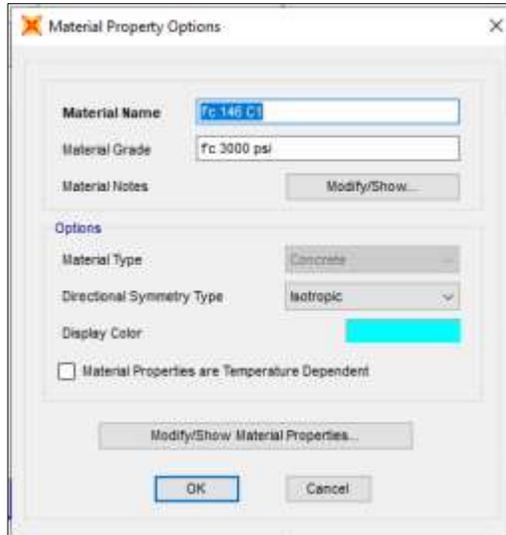


FIGURA 107: MATERIAL HORMIGÓN.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

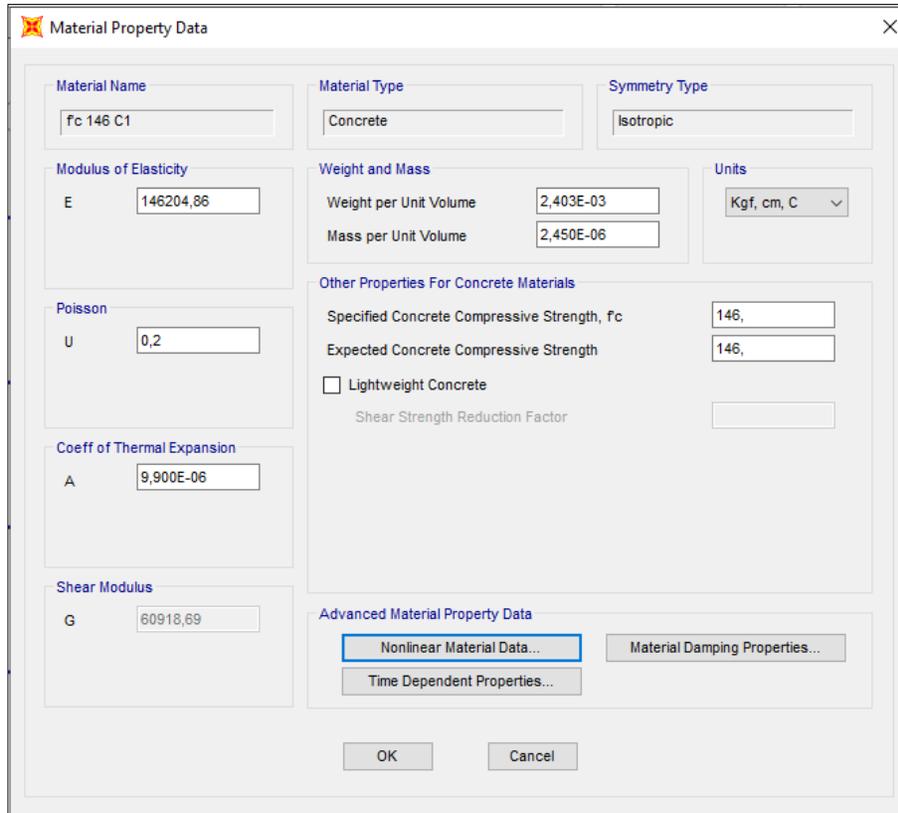


FIGURA 108: MATERIAL HORMIGON PROPIEDADES.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

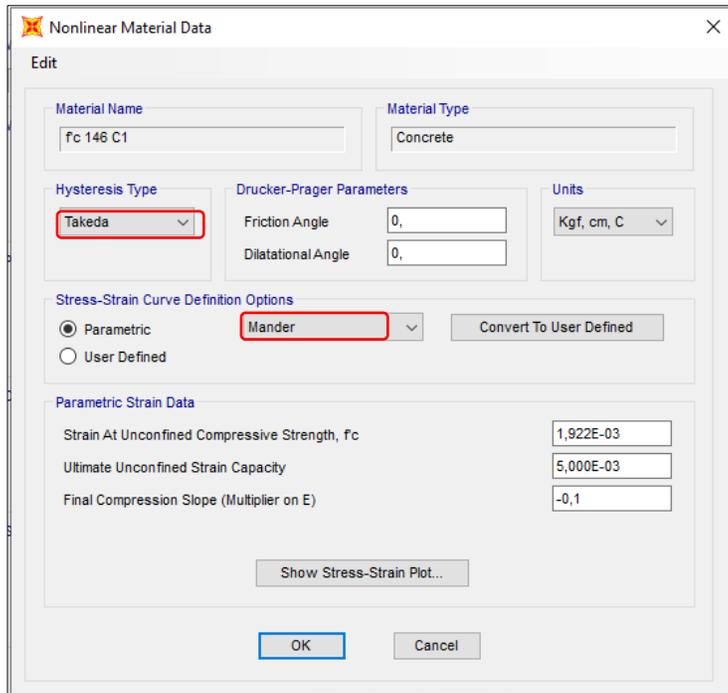


FIGURA 109: MATERIAL NO LINEAL HORMIGÓN PROPIEDADES.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

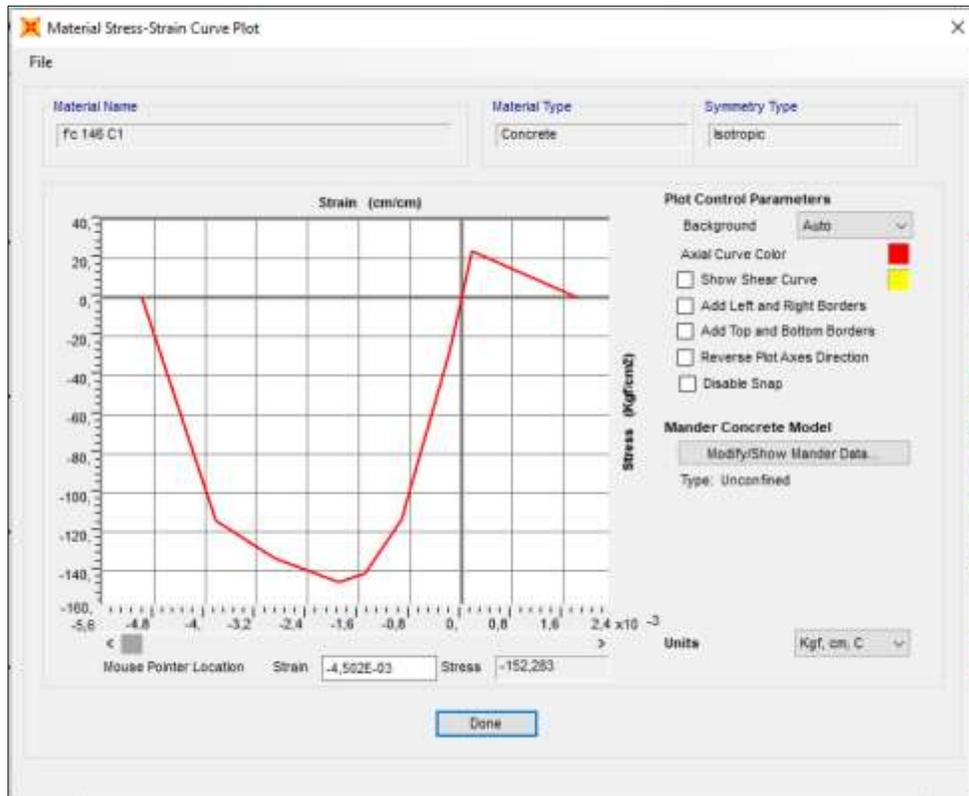


FIGURA 110: CURVA DE ESFUERZO Y DEFORMACIÓN.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

c) Asignación Material - Fluencia del Acero

- Determinación del acero que se utilizara para el modelamiento, modulo en este caso es $F_y=4200\text{kg/cm}^2$.

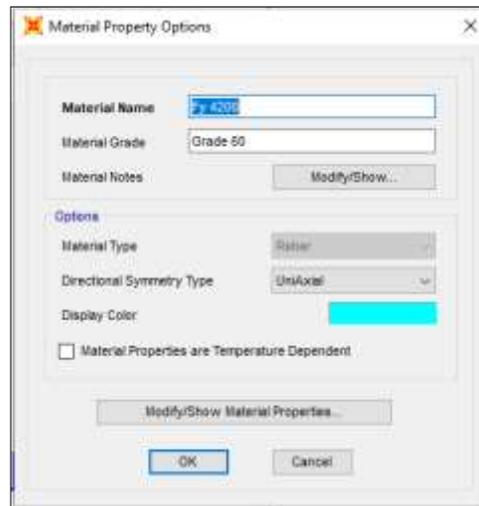


FIGURA 111: MATERIAL ACERO.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

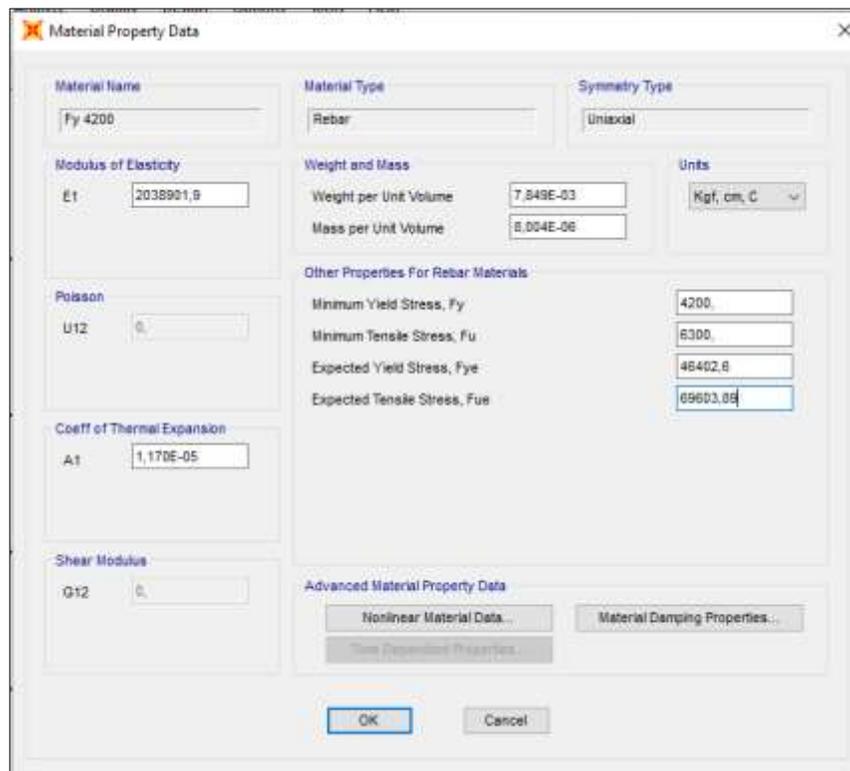


FIGURA 112: MATERIAL ACERO PROPIEDADES.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

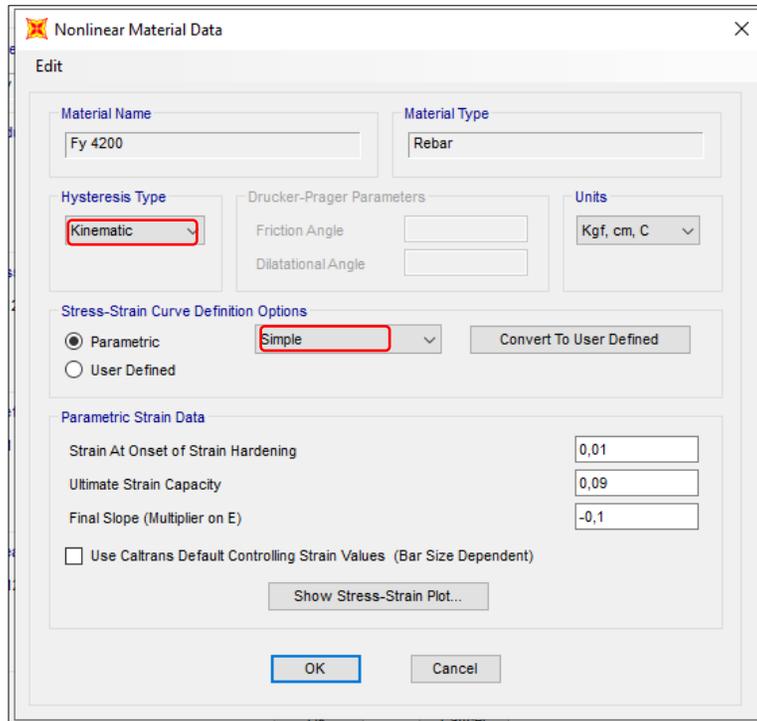


FIGURA 113: MATERIAL NO LINEAL ACERO PROPIEDADES.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

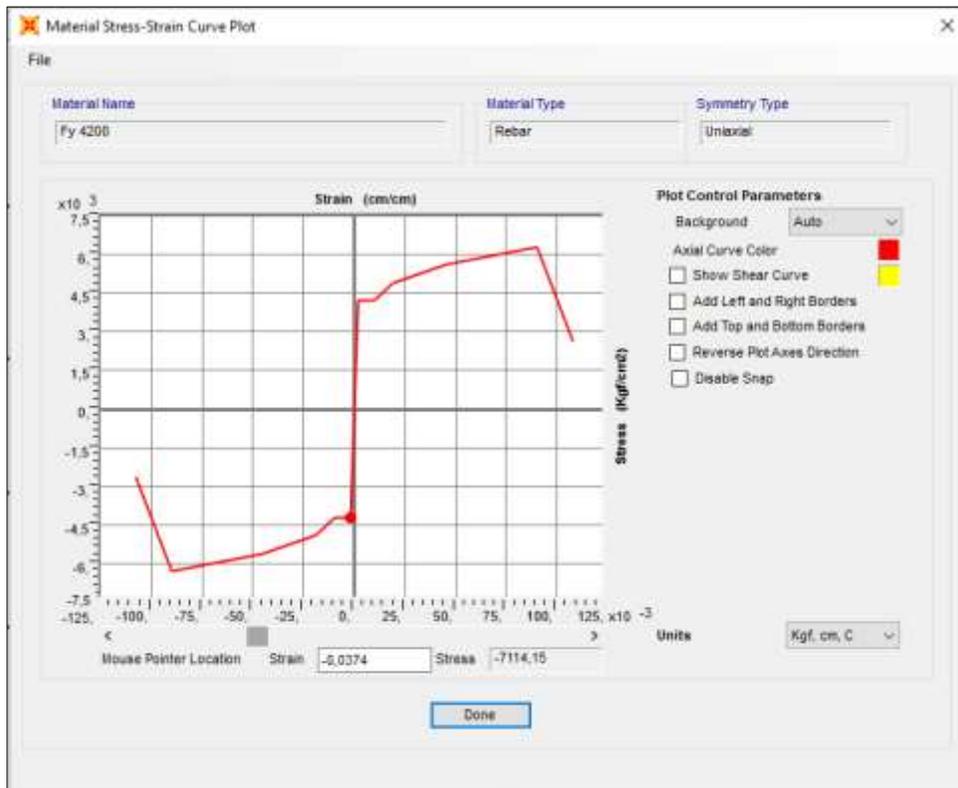


FIGURA 114: CURVA DE ESFUERZO DEFORMACIÓN.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

d) Asignación de Secciones

- Asignación de secciones se tiene definida por cada piso ya que cuenta con varias resistencias de hormigón esto ayudara a ser más minuciosos acerca de los resultados.

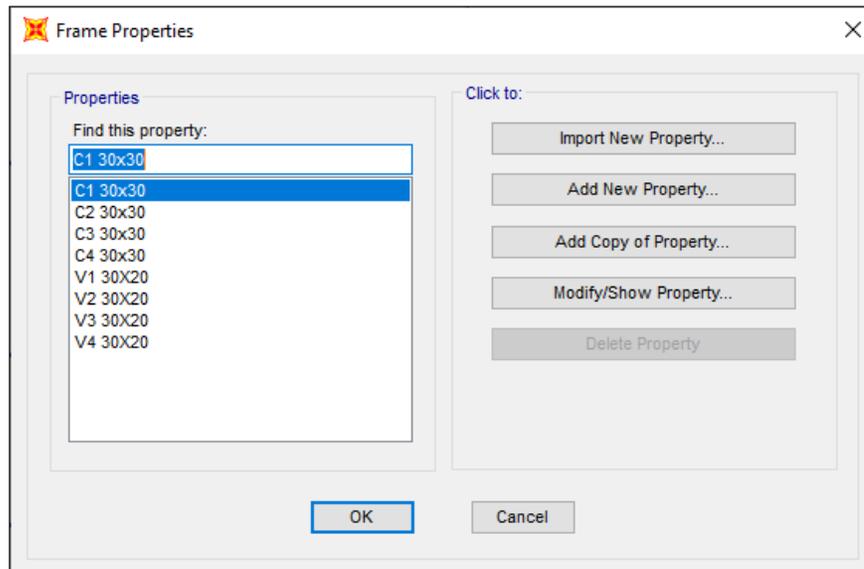


FIGURA 115: SECCIONES.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

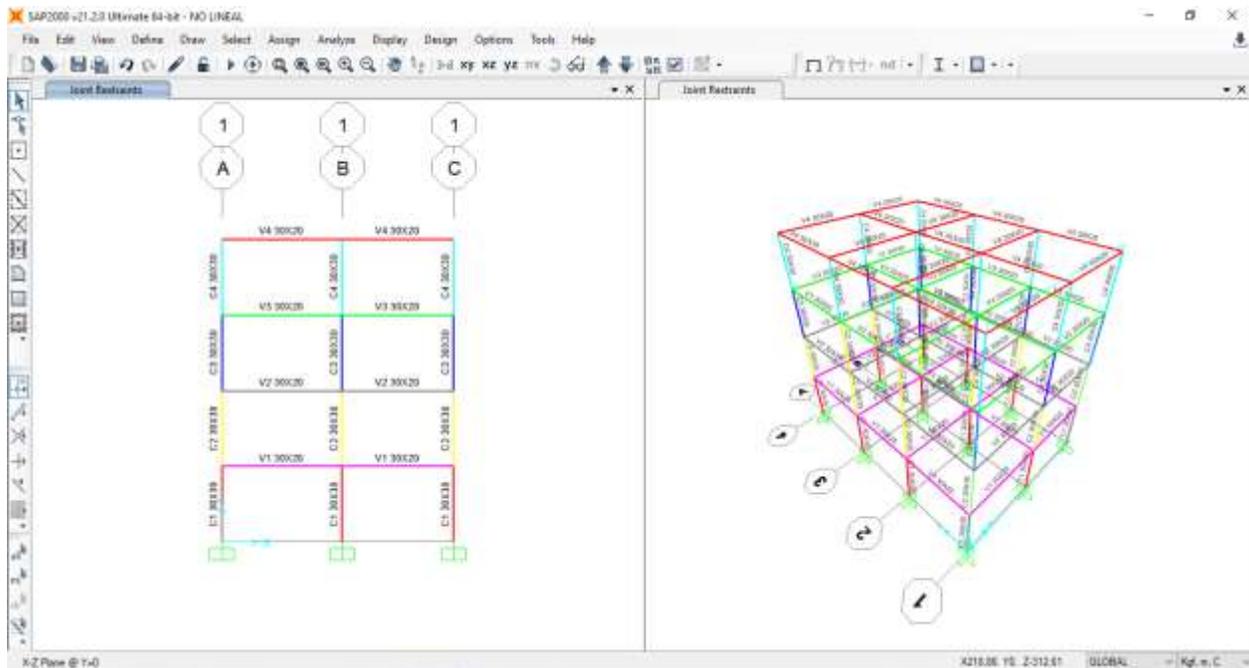


FIGURA 116: SECCIONES EN ELEVACIÓN Y 3D.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Columna

- Para la sección de columnas las dimensiones van a hacer las mismas para todas en este caso son de 30 x 30 cm, cada una, teniendo la resistencia del hormigón de cada piso.

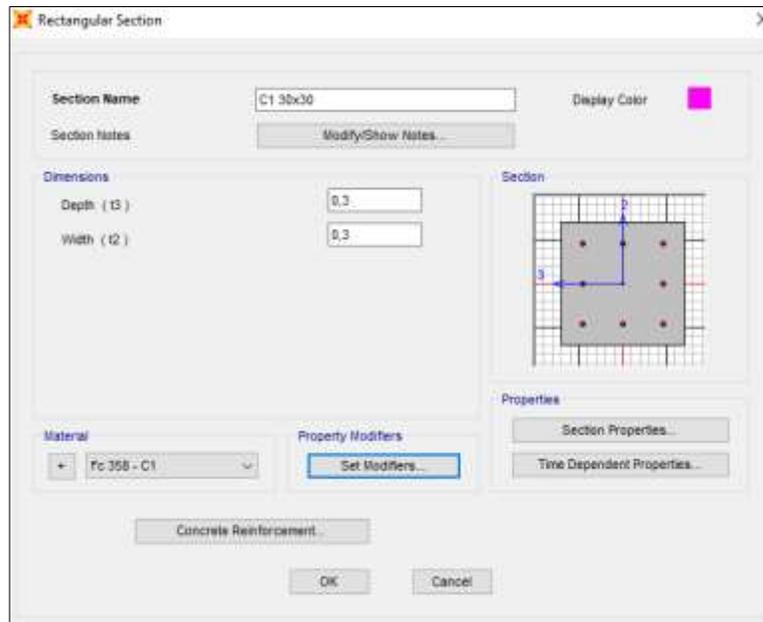


FIGURA 117: SECCIÓN COLUMNA.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- En este caso para el acero y el reforzamiento se asumirá datos: 8 varillas de 12 mm ($8\Phi 12\text{mm}$) y con respecto al acero de refuerzo se definirá lo mínimo, es decir, estribos de 8mm. Con espaciamiento cada 15cm.
- F_y acero es 4200 kg/cm².

Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars + Fy 4200

Confinement Bars (Ties) + Fy 4200

Design Type

Column (P-M2-M3 Design)

Beam (M3 Design Only)

Reinforcement Configuration

Rectangular

Circular

Confinement Bars

Ties

Spiral

Longitudinal Bars - Rectangular Configuration

Clear Cover for Confinement Bars 3,

Number of Longit Bars Along 3-dir Face 3

Number of Longit Bars Along 2-dir Face 3

Longitudinal Bar Size + 12d

Confinement Bars

Confinement Bar Size + 8d

Longitudinal Spacing of Confinement Bars 15,

Number of Confinement Bars in 3-dir 3

Number of Confinement Bars in 2-dir 3

Check/Design

Reinforcement to be Checked

Reinforcement to be Designed

OK

Cancel

FIGURA 118: REFUERZO COLUMNA.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Viga

- Para la sección de vigas las dimensiones van a hacer las mismas para todas en este caso son de 30 x 20 cm, cada una, teniendo la resistencia del hormigón de cada piso.

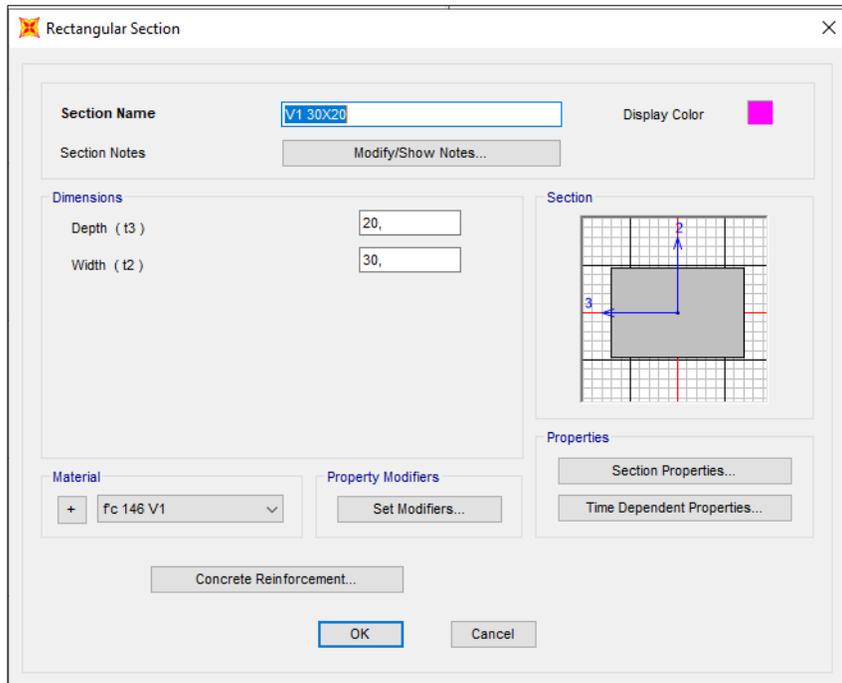


FIGURA 119: SECCIÓN VIGA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- Para el reforzamiento en vigas se utilizará un F_y de 4200 kg/cm².

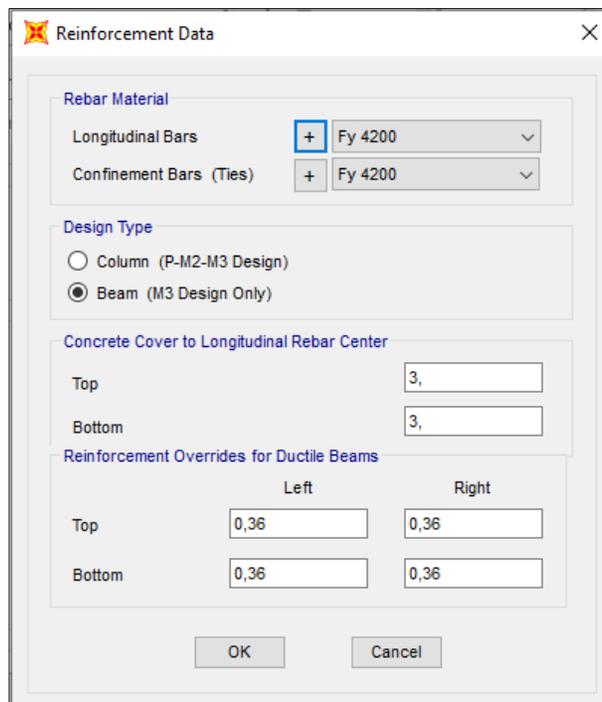


FIGURA 120: REFUERZO VIGA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Losa

- En el modelamiento de la losa se define a cada piso, la resistencia del hormigón que se tomará será de cada viga de cada piso para el modelamiento.

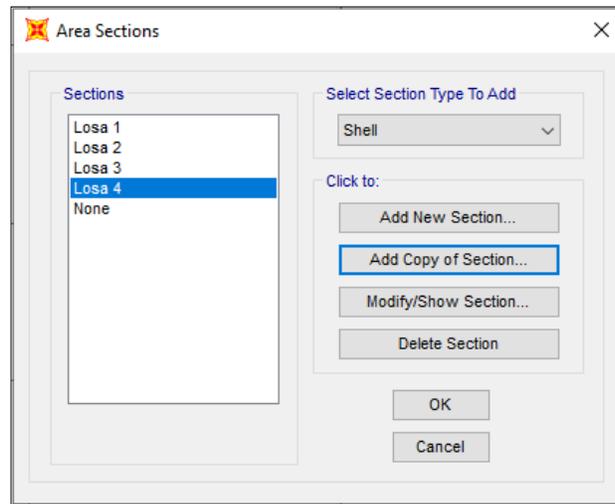


FIGURA 121: LOSAS.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- Se define que actúan como membrana, esta losa cuenta con un espesor de 15,5 cm de cálculo de losa equivalente.

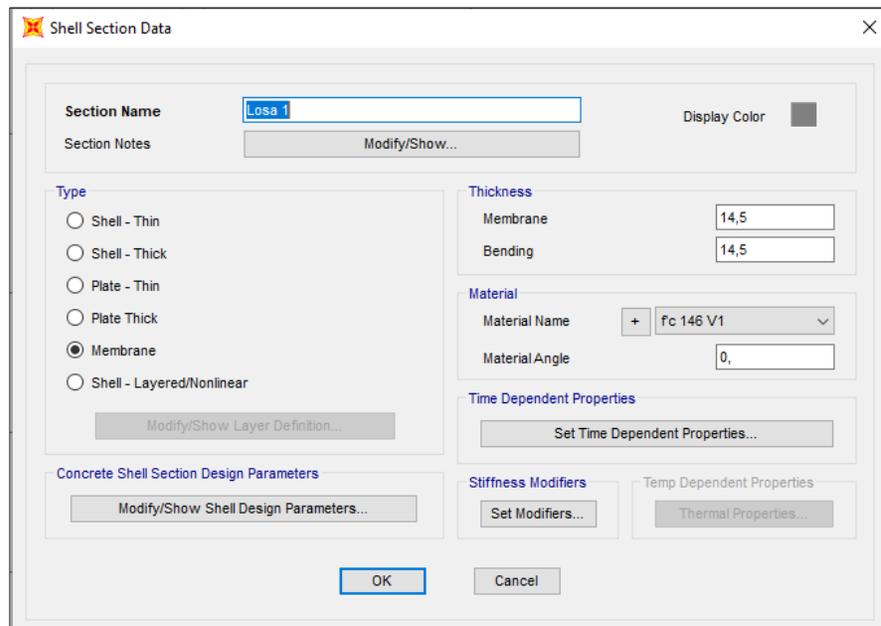


FIGURA 122: SECCIÓN LOSA.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

I) Asignación de carga para la losa

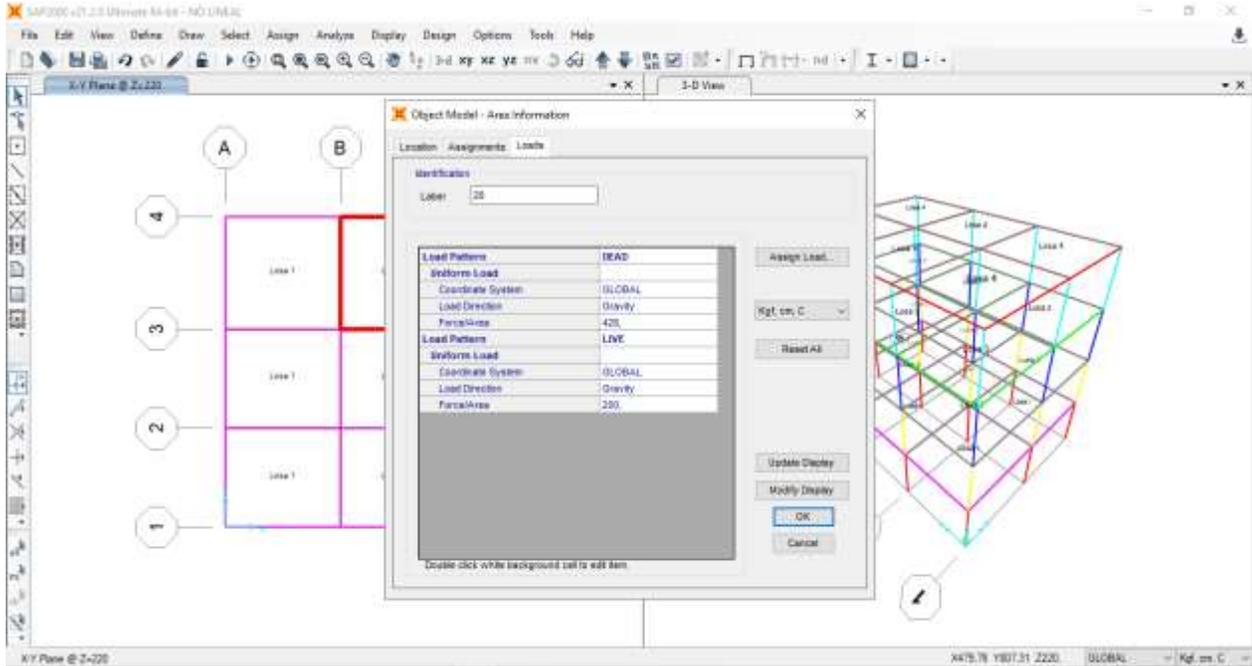


FIGURA 123: ASIGNACIÓN DE CARGA PARA LA LOSA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

m) Asignación de carga para la cubierta

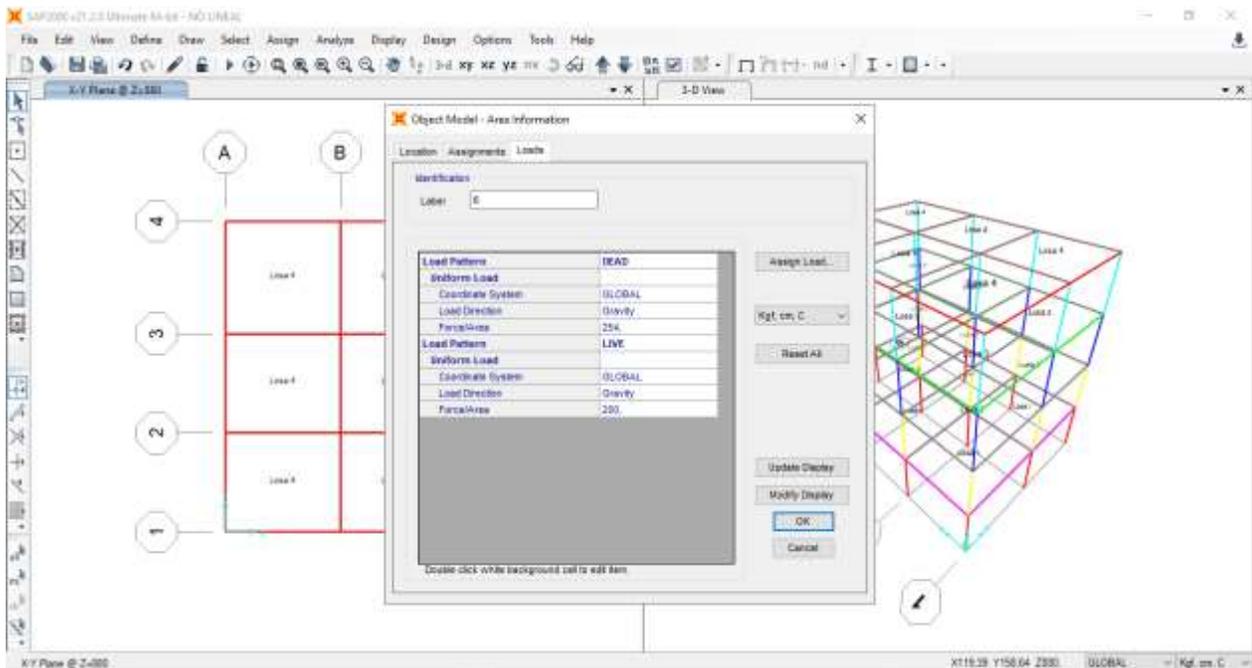


FIGURA 124: ASIGNACIÓN DE CARGA PARA LA CUBIERTA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

e) Patrones de Carga

- Definición de patrones de cargas se determina la carga muerta (DEAD), carga viva (Live).

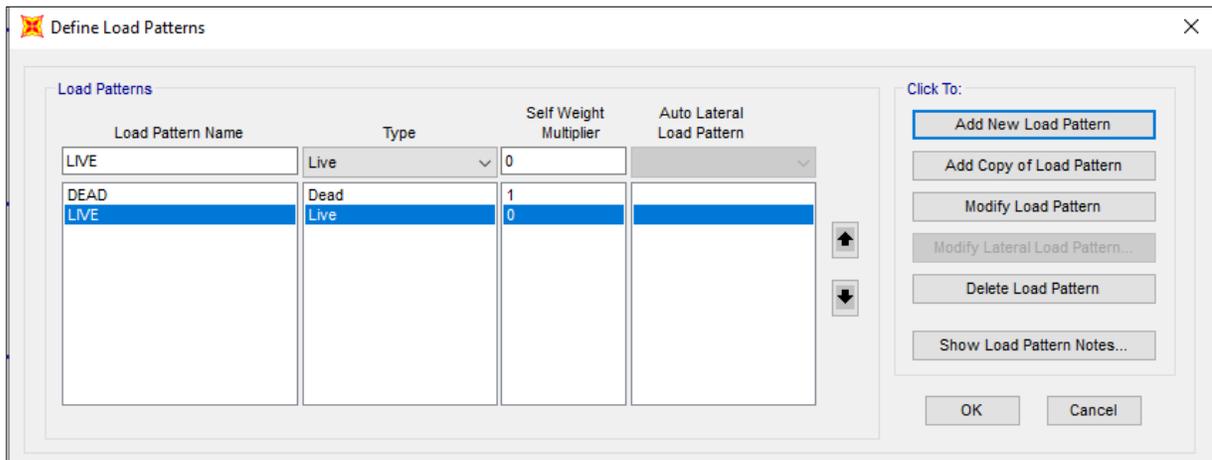


FIGURA 125: PATRONES DE CARGA.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

f) Definición de la Masa

- Definición de la masa DEAD 100%=1.

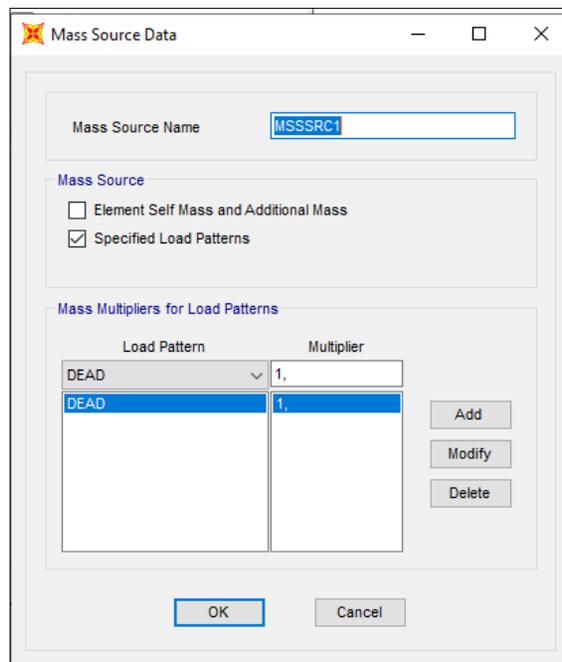


FIGURA 126: DEFINICIÓN DE LA MASA.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

n) Casos de Carga

- Se determina los Load Cases este contara de DEAD, MODAL, Live, carga gravitacional no lineal (CGNL), Pushover X y Pushover Y.

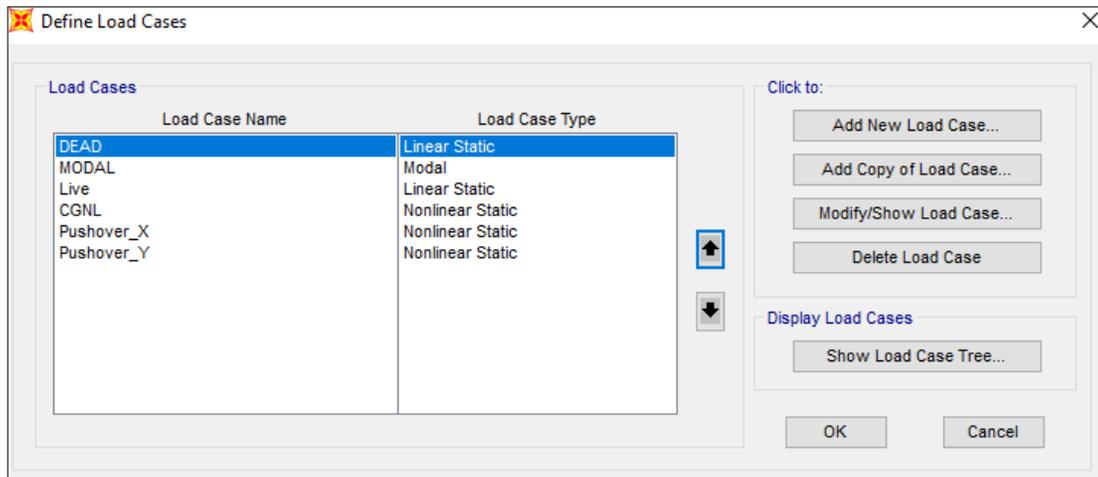


FIGURA 127: CARGAS GRAVITACIONALES.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- Para la determinación de la carga gravitacional no lineal.

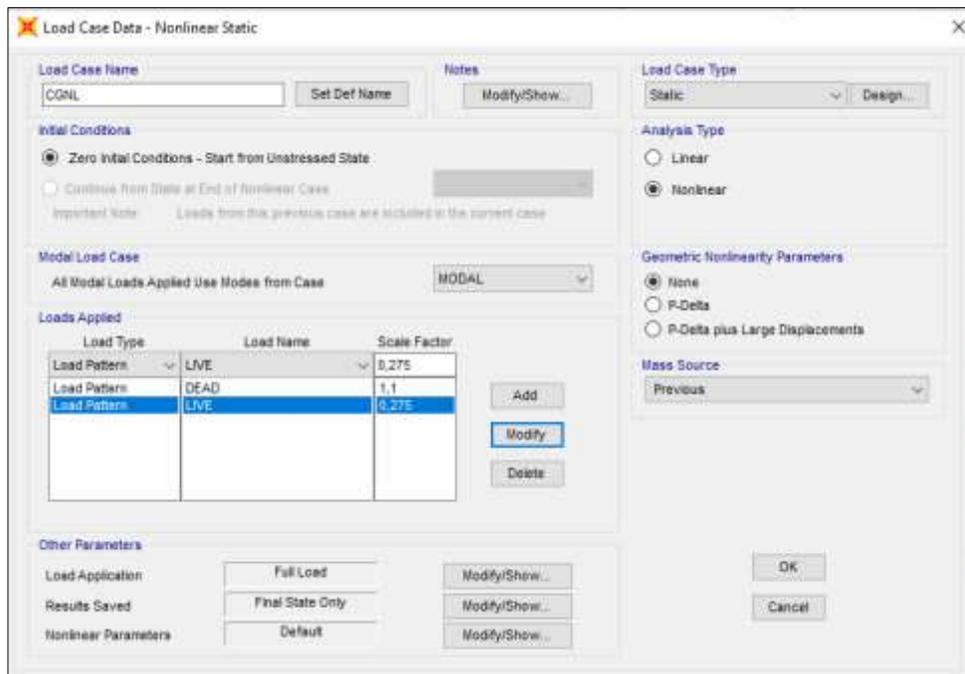


FIGURA 128: CARGA GRAVITACIONAL NO LINEAL.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- Para la determinación del Pushover en X.

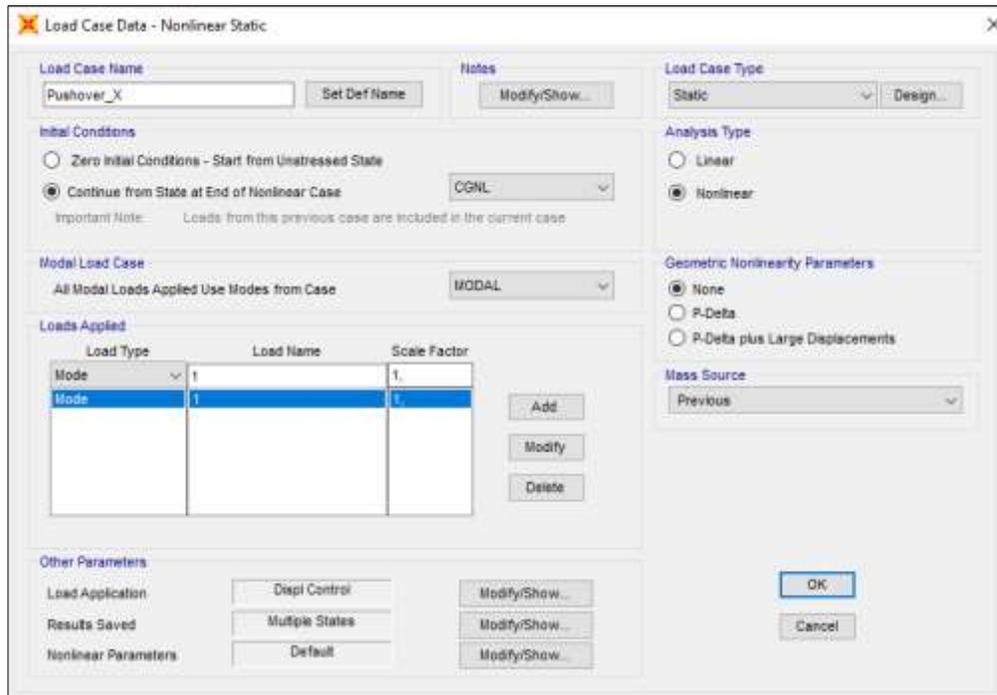


FIGURA 129: PUSHOVER X.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

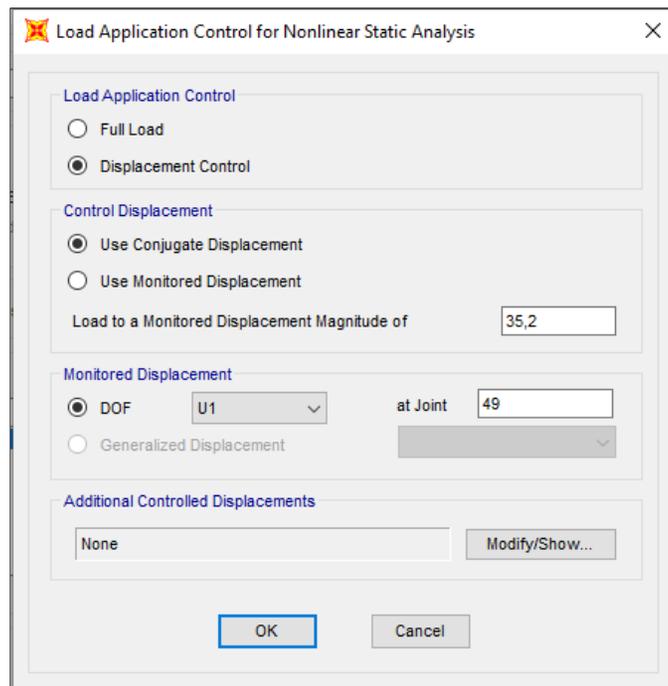


FIGURA 130: CONTROL DE ANALISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN X.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- Para la determinación del Pushover en Y.

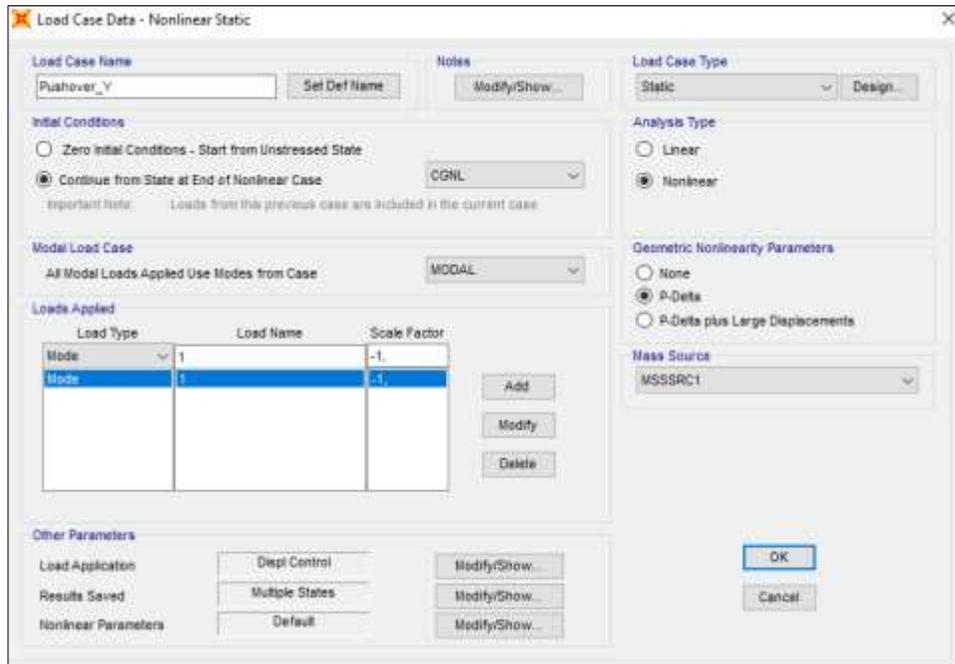


FIGURA 131: PUSHOVER Y.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

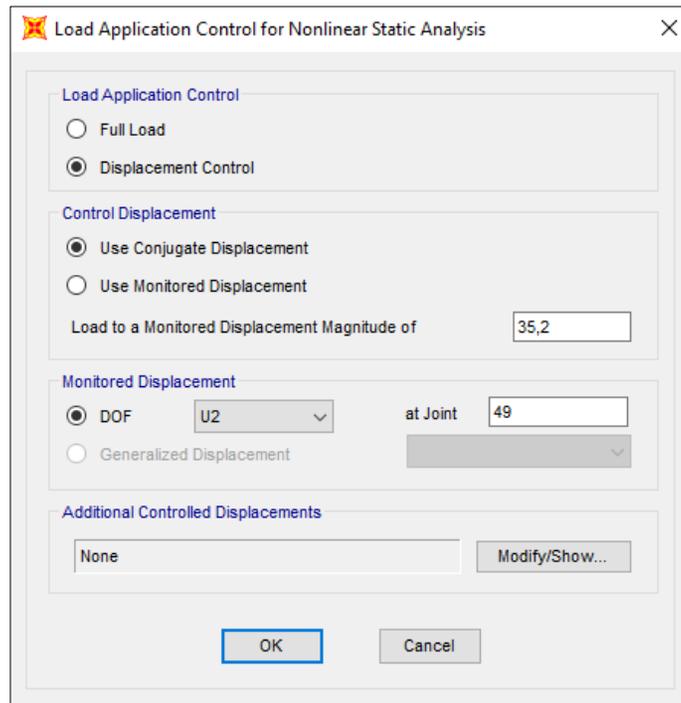


FIGURA 132: CONTROL DE ANALISIS ESTÁTICO NO LINEAL EN Y.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

o) Espectro de Respuesta

- Asignación de espectro de respuesta, este cálculo se obtenido previamente ya que cuenta con las correcciones de espectro y de la zona de estudio.
- Espectro de respuesta es Sa elástico.

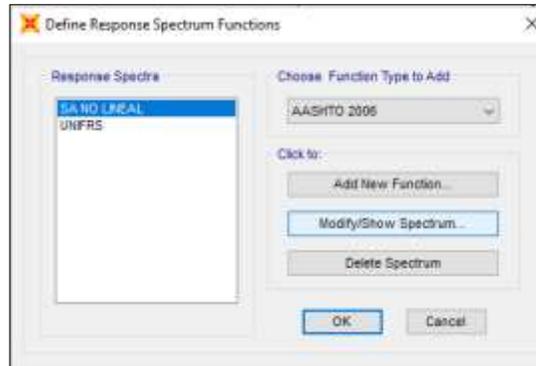


FIGURA 133: ASIGNACIÓN ESPECTRO DE RESPUESTA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

En este caso se ingresa el espectro con la nomenclatura de No Lineal.

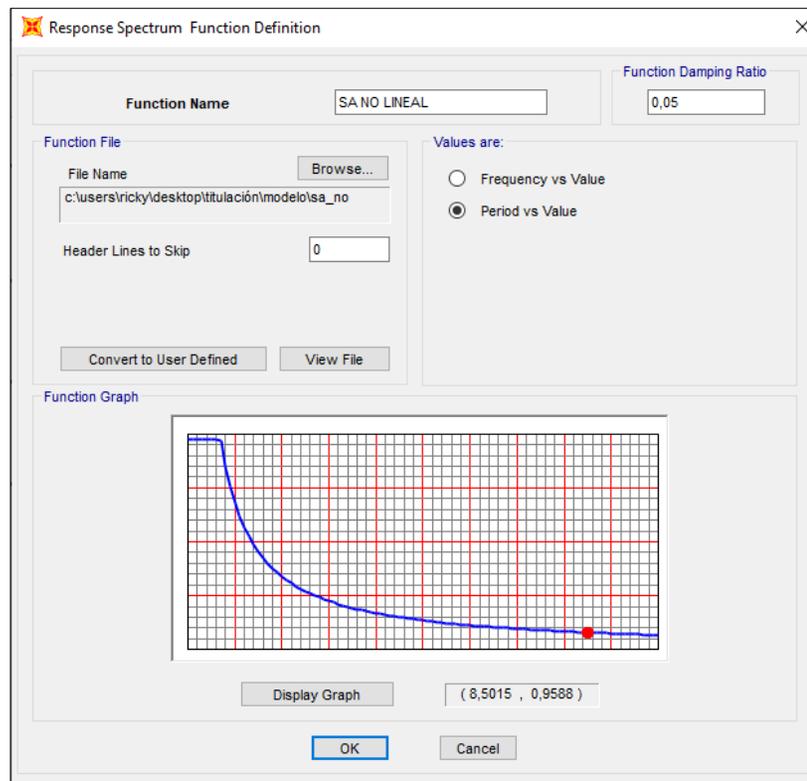


FIGURA 134: ESPECTRO DE RESPUESTA.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

p) Asignación de Rotulas Plásticas

- Asignación de rotulas plásticas para columnas y vigas, se debe aplicar valores de 0.05 y 0.95 de la luz tanto en vigas como en columnas, que establecer de la norma ASCE 41-17.

Columnas

- Asignación en columnas se emplea en momentos PM3.

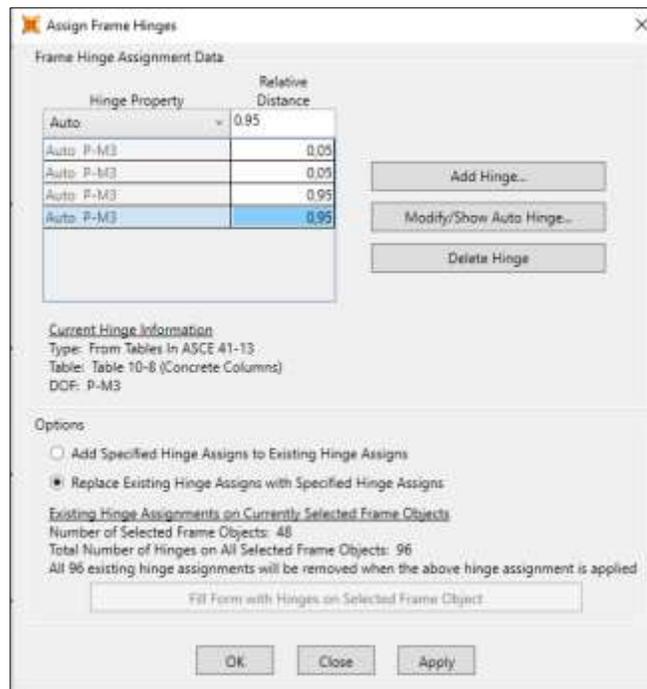


FIGURA 135: ASIGNACIÓN DE ROTULAS PLÁSTICAS EN COLUMNAS.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- Para asignar las rotulas plásticas tanto con Pushover en X y en Y.

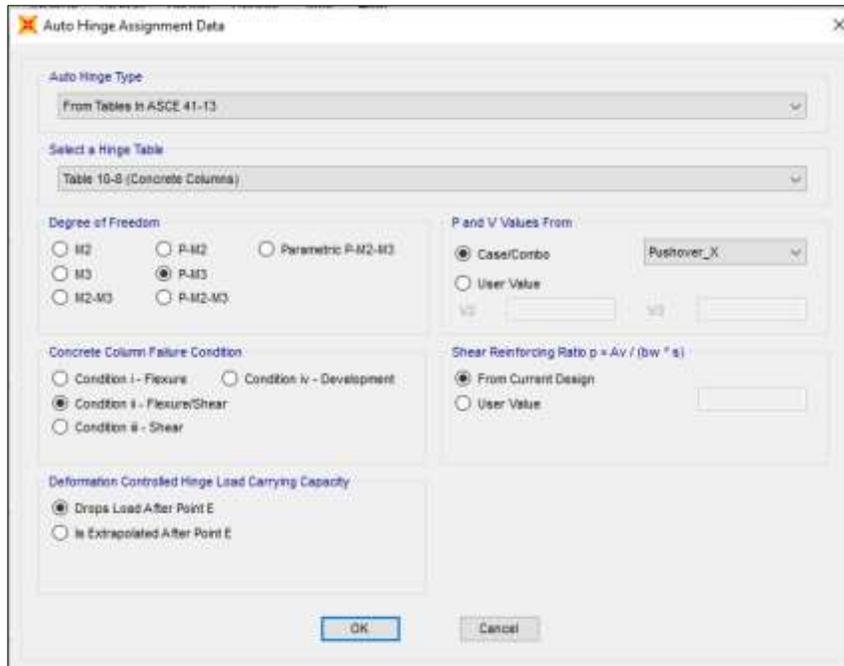


FIGURA 136: HINGE COLUMNAS.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Vigas

- Asignación en las vigas se emplea en momentos P-M2-M3.

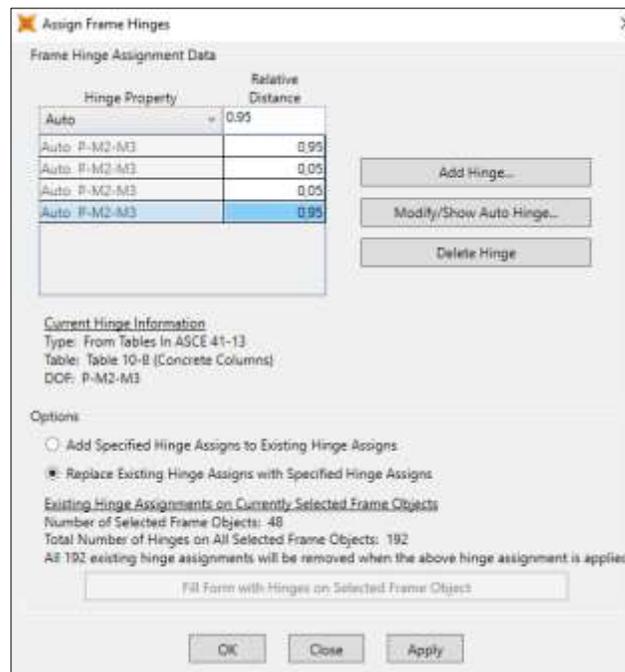


FIGURA 137: ASIGNACIÓN DE ROTULAS PLÁSTICAS EN COLUMNAS.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- Para asignar las rotulas plásticas tanto con Pushover en X y en Y.

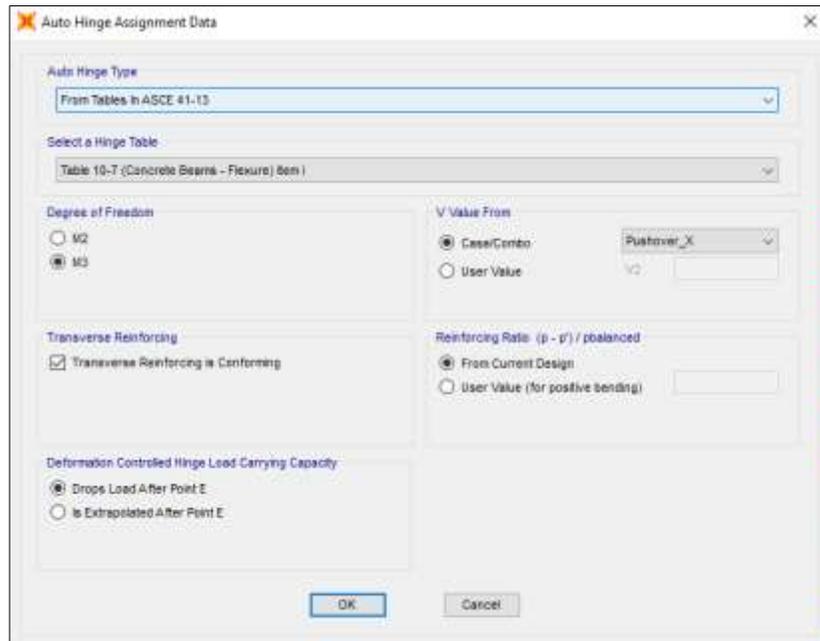


FIGURA 138: ASIGNACIÓN DE ROTULAS PLÁSTICAS EN VIGAS.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- Vista en 3D de asignación de rotulas plásticas

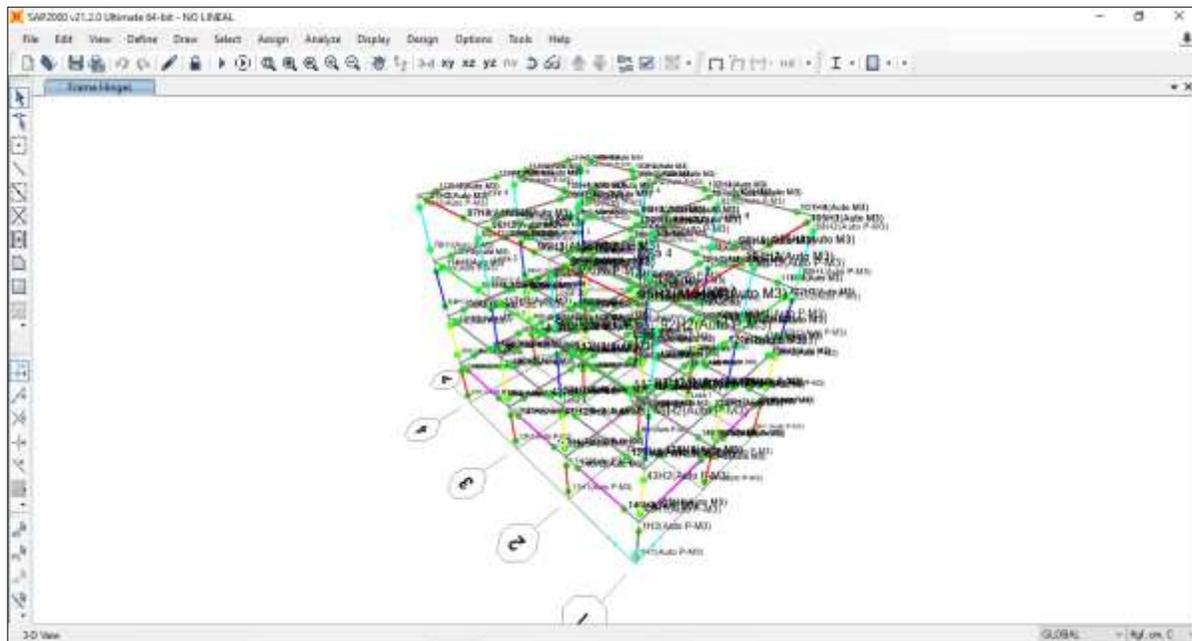


FIGURA 139: ASIGNACIÓN DE ROTULAS PLÁSTICAS EN COLUMNAS Y VIGAS – VISTA 3D.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

4.1.3.2. Análisis y resultados del modelo estático no lineal

Participación de carga modal

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	100	100
MODAL	Acceleration	UY	100	100
MODAL	Acceleration	UZ	32,0799	18,6737

Tabla 36: Participación modos de vibración.
Fuente: (Analuca R, 2021).

Al observar los resultados obtenidos en participación modal se verifica que ellos cumplen con el valor (Ux100) y (Uy100), dando a conocer que no hay ningún problema en el modelamiento.

Los periodos y modos de vibración obtenidos en SAP2000.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios						
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1,021003	0,787	0,000001859	0,00079
MODAL	Mode	2	0,919807	0,000004065	0,787	0,0004547
MODAL	Mode	3	0,779181	0,0007553	0,0004435	0,798
MODAL	Mode	4	0,276128	0,138	4,611E-07	0,0001791
MODAL	Mode	5	0,248338	0,000001282	0,139	0,0001372
MODAL	Mode	6	0,219352	0,0001929	0,0001484	0,13
MODAL	Mode	7	0,124587	0,055	2,676E-07	0,0001108
MODAL	Mode	8	0,111946	0,000001079	0,056	0,0001239
MODAL	Mode	9	0,10271	0,0001159	0,0001307	0,053
MODAL	Mode	10	0,075163	0,018	1,076E-07	0,00004422
MODAL	Mode	11	0,067588	5,599E-07	0,018	0,0000637
MODAL	Mode	12	0,065421	7,225E-09	3,643E-07	5,156E-08

Tabla 37: Modos de vibración del modelo.
Fuente: (Analuca R, 2021).

Cabe destacar en la tabla anterior 37 se puede interpretar que el periodo es mayor a 1, lo que indica que la estructura sobre pasa el límite de flexibilidad, el cual presenta un inconveniente por ese caso, generando una estructura muy flexible. Además, las participaciones de masa (Ux 0,787); (Uy 0,787) y el (Rz 0,798) son adecuados, para el proceso traslación, desplazamiento y torción.

Curvas de Capacidad

Curva de Capacidad Pushover en X

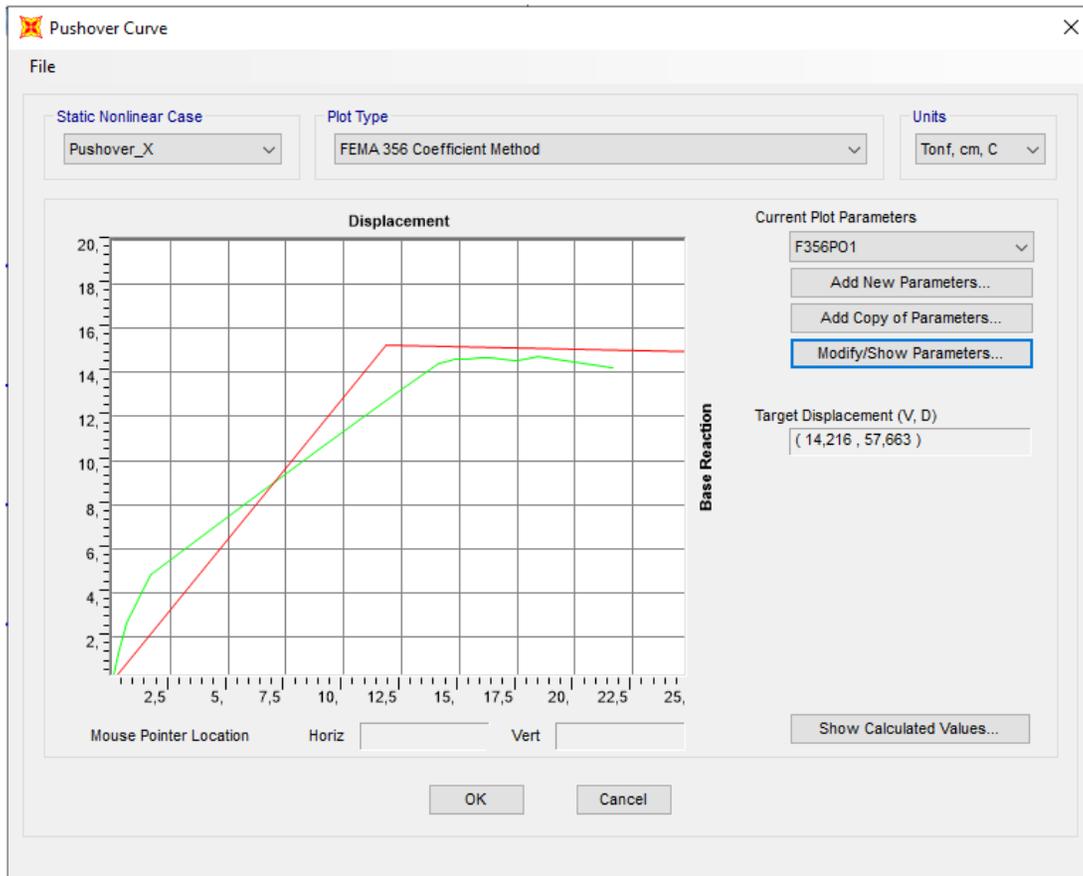


FIGURA 140: REPRESENTACIÓN BILINEAL DE LA CURVA DE CAPACIDAD X.
FUENTE: (ANALUCAR, 2021).

Desplazamiento máximo de 14,216 cm y cortante máximo de 57,663Ton.

Paso a paso de deformación de rotulas plásticas – Pushover X.

Paso 1

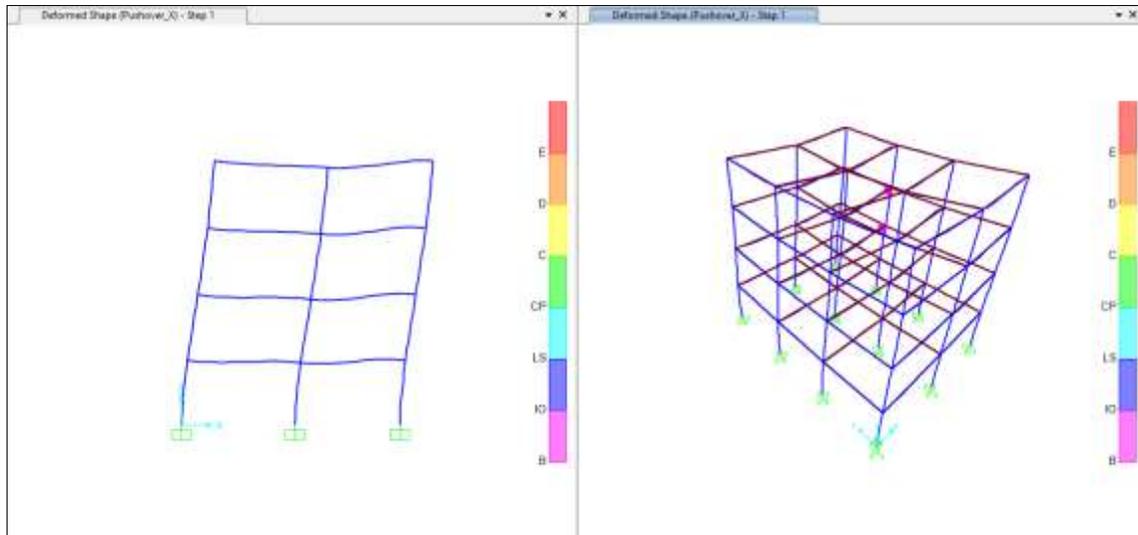


FIGURA 141: PUSHOVER EN X – PASO 1.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Paso 2

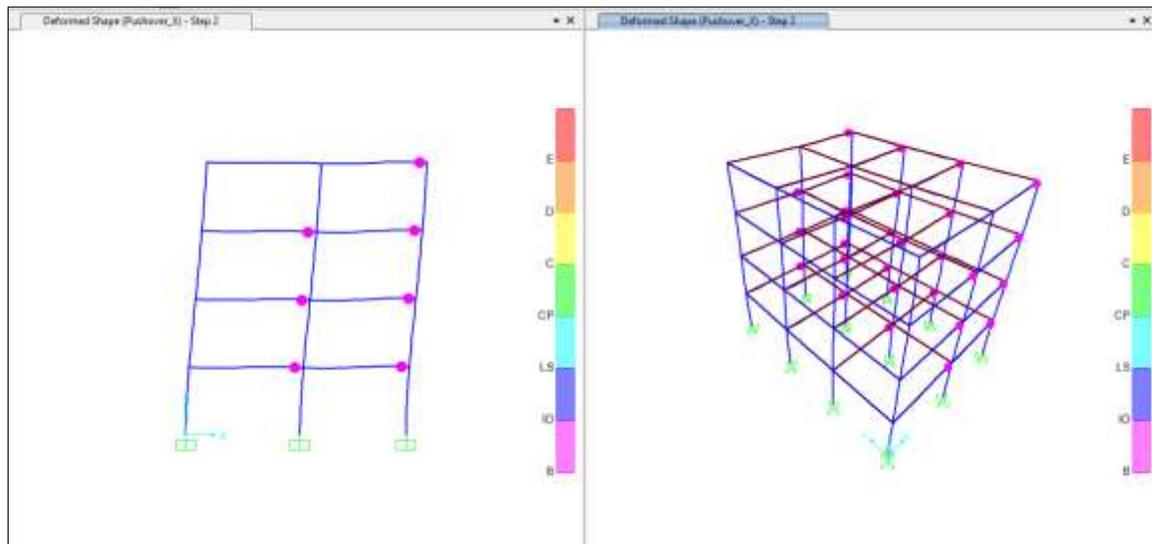


FIGURA 142: PUSHOVER EN X – PASO 2.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

- En los dos primeros pasos de carga se puede visualizar la formación de las rotulas en las vigas.

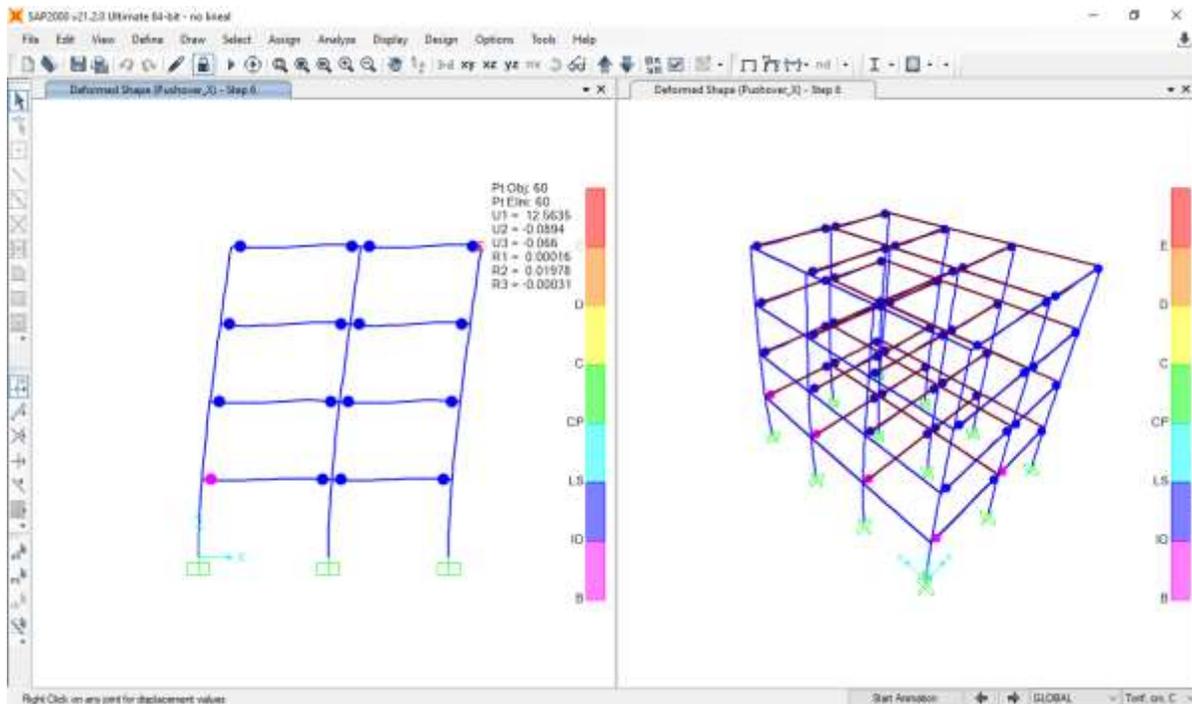


FIGURA 143: PUSHOVER EN X – PASO 6.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

En la Figura 144, se observa la formación de rotulas plásticas en las vigas en el paso número 6, este nos indica que tendremos un desplazamiento de 12,56 cm generando rotulas plásticas de seguridad de vida, el cual este valor es menor al desplazamiento objetivo que es 14,21 cm.

Estado de daño	Nivel de Desempeño	Descripción de los daños
CP	Prevención de Colapso	Daños severos en elementos estructurales. Fallo de elementos no estructurales, puede llegar a ser necesario demoler el edificio.
LS	Seguridad de Vida	Daños moderados en algunos elementos. Pérdida de resistencia y rigidez del sistema resistente ante cargas laterales. El sistema permanece funcional. Algunos elementos no estructurales pueden dañarse.
IO	Ocupación Inmediata	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Los sistemas de evacuación y todas las instalaciones continúan prestando sus servicios.

FIGURA 144: ESCALA DE DAÑO PARA INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.
FUENTE: (Quizpilema, 2017).

Nivel de Desempeño Estructural

Basándose principalmente que las rotulas plásticas se forman en las vigas, estos elementos estructurales que soportan grandes cargas durante el desempeño de un sismo se lo valoran de la siguiente forma:

	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

Tabla 38: Control de daño y niveles de desempeño para edificios.
Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

		Niveles de Desempeño Esperados en el Edificio			
		Nivel Operacional (1-A)	Nivel de Ocupación Inmediata (1-B)	Nivel de Seguridad de Vida (3-C)	Nivel de Prevención al Colapso (5-E)
NIVEL DE TERREMOTO	50% / 50 años	a	b	c	d
	20% / 50 años	e	f	g	h
	BSE-1 (10% / 50 años)	i	j	k	l
	BSE-2 (2% / 50 años)	m	n	o	p

Tabla 39: Objetivos de Rehabilitación.
Fuente: (NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC, 2015).

Generación de curvas Pushover tanto en X - FEMA 440

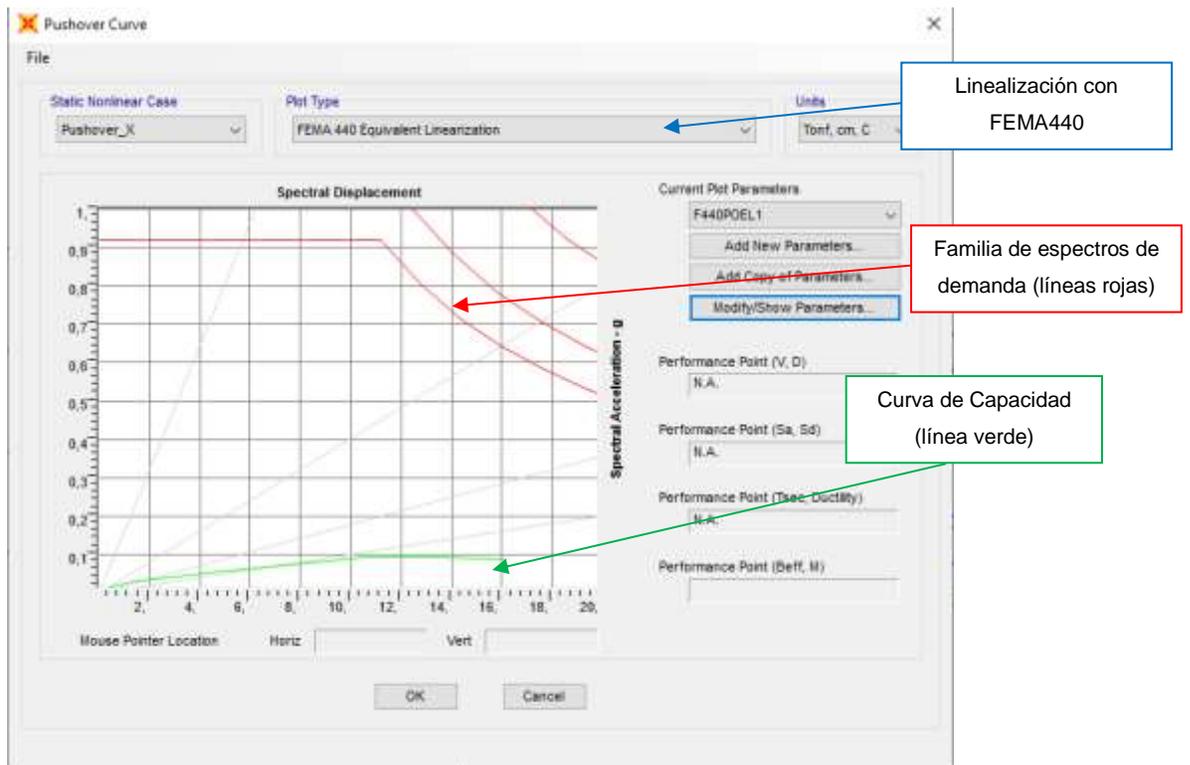


FIGURA 145: FEMA 440.
FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

TABLE: Pushover Curve Demand Capacity - FEMA440 EL											
LoadCase	Step	SdCapacity	SaCapacity	SdDemand	SaDemand	Teff	Tsecant	Beff	Ductility	Alpha	ModFact
Text	Unitless	cm	Unitless	cm	Unitless	Sec	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
Pushover_X	0	0	0	21,135	0,815	1,022	1,022	0,05	1	0	1
Pushover_X	1	0,189	0,007	21,135	0,815	1,022	1,022	0,050	1	0	1
Pushover_X	2	0,489	0,016	26,963	0,871	1,380	1,116	0,129	2,583	0,736	1,528
Pushover_X	3	1,286	0,029	33,772	0,771	1,809	1,328	0,194	3,980	0,455	1,855
Pushover_X	4	4,179	0,051	33,557	0,409	2,133	1,818	0,206	7,227	0,206	1,377
Pushover_X	5	6,672	0,068	41,469	0,423	2,468	1,987	0,201	10,596	0,188	1,543
Pushover_X	6	9,165	0,085	48,504	0,450	2,706	2,083	0,191	14,025	0,182	1,688
Pushover_X	7	10,534	0,094	50,558	0,449	2,782	2,130	0,186	15,380	0,177	1,706
Pushover_X	8	10,882	0,094	48,837	0,423	2,754	2,155	0,188	14,874	0,169	1,634
Pushover_X	9	11,028	0,094	47,840	0,410	2,737	2,168	0,189	14,563	0,165	1,594
Pushover_X	10	11,412	0,094	44,311	0,364	2,671	2,213	0,193	13,450	0,150	1,457
Pushover_X	11	11,866	0,094	42,151	0,334	2,635	2,255	0,194	12,882	0,138	1,365
Pushover_X	12	12,031	0,094	41,113	0,320	2,616	2,274	0,195	12,595	0,133	1,323
Pushover_X	13	12,212	0,094	40,446	0,310	2,606	2,291	0,196	12,446	0,129	1,294
Pushover_X	14	13,036	0,092	36,266	0,255	2,529	2,391	0,199	11,374	0,104	1,119
Pushover_X	15	13,502	0,092	35,771	0,244	2,531	2,428	0,199	11,394	0,098	1,087
Pushover_X	16	13,715	0,092	35,458	0,239	2,529	2,446	0,199	11,373	0,095	1,069
Pushover_X	17	16,120	0,088	30,329	0,165	2,470	2,719	0,201	10,614	0,052	0,825

Tabla 40: Datos de curva de capacidad.

Fuente: (Analuca R, 2021).

- Interpretación de resultados

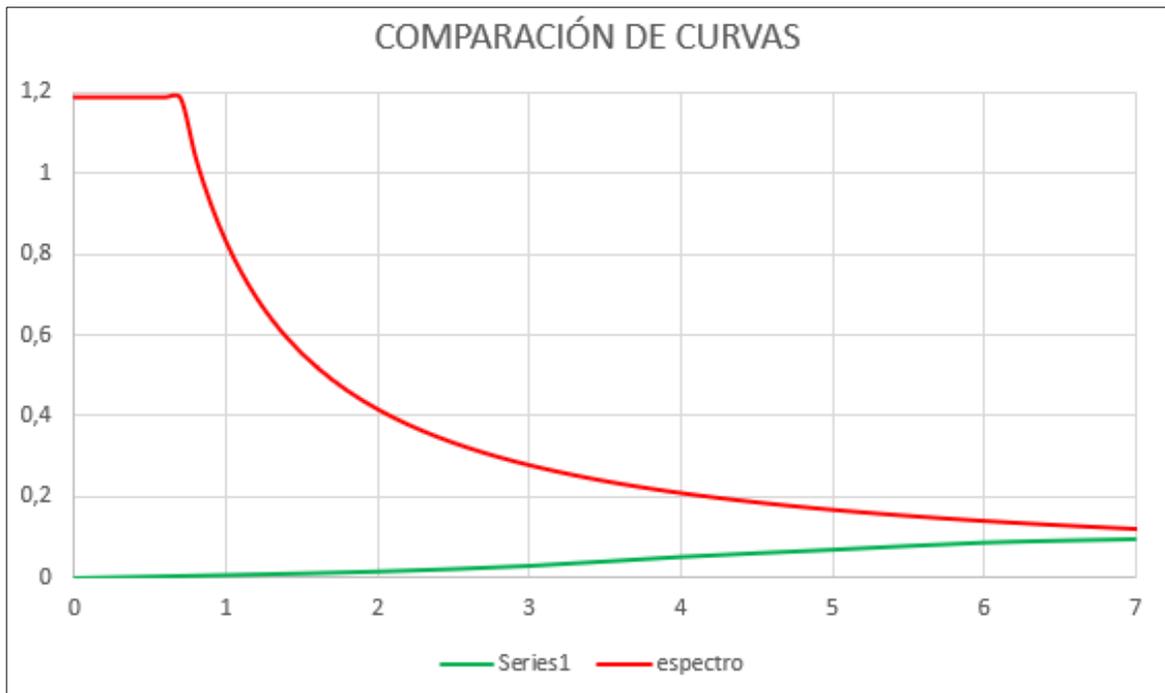


FIGURA 146: COMPARACIÓN DE CURVAS CAPACIDAD Y ESPECTRO.

FUENTE: (ANALUCA R, 2021).

Analizando el diagrama anterior se visualiza que no existe una intercepción en la curva de capacidad y de espectro, esto no genera un punto de control y desempeño. Por lo tanto, no se conoce cuando comienza el proceso de degradación el cual produce fallas estructurales o la edificación entrara en colapso ante una eventualidad sísmica.

La metodología de Pushover demuestra el comportamiento que tiene la estructura después de sobrepasar el rango elástico provocando una falla estructural, sin embargo, la estructura no cumple con lo expuesto.

4.1.4. DIFERENCIAS ENTRE PERIODO ESTÁTICO LINEAL Y ESTÁTICO NO LINEAL

TABLE: Modal Participating Mass Ratios			LINEAL	NO LINEAL
OutputCase	StepType	StepNum	Period	Period
Text	Text	Unitless	Sec	Sec
MODAL	Mode	1	0,119526	1,021003
MODAL	Mode	2	0,116254	0,919807
MODAL	Mode	3	0,097155	0,779181
MODAL	Mode	4	0,032302	0,276128
MODAL	Mode	5	0,031576	0,248338
MODAL	Mode	6	0,026817	0,219352
MODAL	Mode	7	0,022179	0,124587
MODAL	Mode	8	0,021914	0,111946
MODAL	Mode	9	0,018755	0,10271
MODAL	Mode	10	0,01685	0,075163
MODAL	Mode	11	0,016184	0,067588
MODAL	Mode	12	0,012372	0,065421

Tabla 41: Diferencia de periodos estático lineal y estático no lineal.
Fuente: (Analuca R, 2021).

En el método estático lineal, con un coeficiente de reducción ($R=3$) y una curva inelástica de un espectro de diseño dio un periodo de 0.1195 el cual es un valor estándar para el análisis; mientras que en el método estático no lineal se utilizó un coeficiente de reducción ($R=1$) y la curva elástica de un espectro de diseño presento un periodo de 1.021, generando un coeficiente de diferencia de 0,90 demostrando que el método estático lineal es rígido y el método estático no lineal es flexible.

CAPÍTULO 5

5.1. CONCLUSIONES

- De los procedimientos realizados in situ se analiza: que los ensayos efectuados por esclerómetro determinan que la resistencia a la compresión del concreto, estos valores eran menor a 210 kg/cm², como estipula en la norma como resistencia mínima, por lo tanto, aumenta su vulnerabilidad ante un evento sísmico.
- Al implementar las encuestas NEC 2015 se observa que los procedimientos visuales rápidos la mayoría de las edificaciones presentan alta vulnerabilidad superando el 80% y el otro porcentaje presenta planos estructurales, arquitectónicos y tipología del suelo el cual indican que la vulnerabilidad es baja.
- En la evaluación visual rápida de vulnerabilidad para edificaciones NEC 2015, utilizando el parámetro de FEMA 154; esta es una herramienta necesaria para la medición del grado de vulnerabilidad. Sin embargo, existen parámetros que afectan a la puntuación esta debido a las irregularidades, falta de conocimiento de cimiento y falta de datos en general; siendo el principal problema la construcción informal de viviendas debido a la práctica empírica de los propietarios aumentado así su vulnerabilidad ante eventos sísmicos.
- El acero mínimo que se utilizo en vigas y columnas es del 1%, este valor es asumido para cumplir la normal NEC2015, pero al realizar ensayo no destructivo “Pachómetro” se puede conocer el acero real utilizado en los elementos estructurales, con el fin de conocer el comportamiento real de la estructural.
- Analizando los modos de vibración en la tabla 30, columna 4 se denota que los 12 casos modales no superan el rango (1) en cuanto al periodo, por lo tanto, la estructura es rígida. Además, al interpretar la estructura de forma regular para casos modales encontramos que la participación de masa se obtiene (Ux 0,646) y (Uy 0,6341) (Rz 0,8496), estos son adecuados y los valores son bajos para traslación, desplazamiento y torsión.
- Mediante la aplicación del método estático lineal realizado en el software SAP2000, se analizó la respuesta sísmica de la zona, el comportamiento y desplazamiento. El modelo evaluado dio como resultado que los modales tuvieron

derivadas que no sobrepasaron el 2% y se concluye que según la norma vigente no puede ocasionar ningún tipo de colapso.

- Analizando en estudio estático no lineal se demuestra que la estructura es muy flexible. Pero al observar las coordenadas presenta unos valores (U_x 0,787); (U_y 0,787) y el (R_z 0,798) el cual cumplen con los procesos de traslación, desplazamiento y torsión.
- En el método estático lineal, con un coeficiente de reducción ($R=3$) y una curva inelástica de un espectro de diseño dio un periodo de 0.1195 el cual es un valor estándar para el análisis; mientras que en el método estático no lineal se utilizó un coeficiente de reducción ($R=1$) y la curva elástica de un espectro de diseño presento un periodo de 1.021, generando un coeficiente de diferencia de 0,90 demostrando que el método estático lineal es rígido y el método estático no lineal es flexible.
- El método Pushover ayuda a identificar los miembros más críticos dentro de la edificación, así como la importancia el comportamiento torsional que puede poseer.
- En la Figura 144, se observa la formación de rotulas plásticas en las vigas en el paso número 6, este nos indica que tendremos un desplazamiento de 12,56 cm generando rotulas plásticas de seguridad de vida, el cual este valor es menor al desplazamiento objetivo que es 14,21 cm.
- Los resultados de nivel de desempeño estructural se identifica que la edificación se encuentra en nivel de seguridad de vida moderado, como resultado los elementos estructurales soportan cargas gravitacionales y el edificio se mantiene económicamente reparable, donde existe peligro de caída de objetos mitigando daños en sistemas arquitectónicos, mecánicos y eléctricos.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar ensayo del Pachómetro y pruebas nucleares en concreto para obtener datos mas reales con respecto a los materiales actuales.
- Se recomienda realizar una inspección visual sobre posibles patologías existentes estas pueden ser grietas, fisuras, etc. Estas requieran posible restauración o mantenimiento.
- Realizar el mismo estudio con el esclerómetro en las otras edificaciones para manejar el estado actual de las edificaciones y promediar los posibles casos, de este modo evitar situaciones de desastre. Disminuir la vulnerabilidad de la zona.
- Efectuar evaluaciones periódicas y rehabilitaciones a las estructuras más vulnerables o aquellas que se elaboraron de forma informal, para evitar daños o pérdidas humanas a la hora de una eventualidad sísmica.
- Se recomienda tener un estudio promedio de 3 muestras como mínimo Para tener un valor aproximado más real de vulnerabilidad de la zona.
- La aplicación de la guía de evaluación rápida de la Norma Ecuatoriana de construcción 2015, es un tema fundamental de socialización con la comunidad antes de una previa evaluación, ayudando a la toma de datos de las edificaciones a evaluar; se recomienda informara a las autoridades para crear planes de mitigación ante un evento sísmico.

5.3. BIBLIOGRAFIA

- Aguiar, R., Cagua, B., & Pilatasig, J. (2020). *Pushover con Acoplamiento de CEINCI-LAB y OpenSees*. Quito: Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería.
- Alemán García, L. X., & Naranjo Quimbiulco, L. F. (2011). DISEÑO POR DESEMPEÑO DE ELEMENTOS. En L. X. Alemán García, & L. F. Naranjo Quimbiulco, *DISEÑO POR DESEMPEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE HORMIGÓN ARMADO MEDIANTE LOS CÓDIGOS FEMA, UTILIZANDO ETABS* (pág. 57). QUITO: ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO.
- Arqhys Arquitectura. (12 de 2012). *Portal de arquitectura Arqhys.com*. Obtenido de Rotulas plasticas: <https://www.arqhys.com/arquitectura/rotulas-plasticas.html>.
- Bach, R. (Junio de 2015). *ATC-40 Cap8 Procedimiento de análisis estático*. Obtenido de ATC-40 Cap8 Procedimiento de análisis estático : <https://es.slideshare.net/ronaldpurca3/anlisis-esttico-no-lineal-segn-atc40>
- Barrientos, S. (2010). Terremoto (M=8.8) del 27 de febrero de 2010 en Chile. *Revista De La Asociación Geológica Argentina*, 67(3), 412-420. Recuperado el 30 de Junio de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/262434324_Terremoto_M88_del_27_de_febrero_de_2010_en_Chile
- Benjamín Hernández, José Daniel; Lockhart Castro, Sidney Antonio. (Abril-Junio de 2011). *FEMA 154 - METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD*. Santo Domingo: Ciencia y Sociedad.
- Bhandarl, M. (2020). *Prediction of inelastic response of base-isolated building frame*. Obtenido de Prediction of inelastic response of base-isolated building frame : https://www.researchgate.net/publication/342108753_Prediction_of_inelastic_r
- Bravo, E. (2017). El sismo del 16 de abril en Manabí visto desde la ecología política del desastre. *Ciencias Sociales y Humanas*, 1(26), 235-252. Recuperado el 3 de Julio de 2021, de <https://www.redalyc.org/journal/4761/476151860010/html/>

- Cárdenas, L. (2008). *Análisis de Vulnerabilidad Estructural del Hotel Comercio*. Palma: UNIVERSIDAD RICARDO PALMA. Recuperado el 5 de Julio de 2021, de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/123>
- CERESIS. (2018). *¿Qué es Ceresis*. Recuperado el 30 de Junio de 2021, de <http://www.ceresis.org/>: <http://www.ceresis.org/articulo.php?id=46>
- Chele, E. (2019). *Determinación del módulo de elasticidad en hormigones estructurales de 21 y 28 MPa utilizando agregados de la cantera agresiva*. Manabí: Jipijapa- Manabí. Recuperado el 3 de Julio de 2021, de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2011/1/UNESUM-ECUADOR-ING.CIVIL-2019-94.pdf>
- Criollo, E. (2012). *MÓDULO ESTÁTICO DE ELASTICIDAD DEL HORMIGÓN*. Quito.
- Cruz, D. I., & Huayaney. (2016). *Análisis estático no lineal "pushover" según el asce/sei41-13 y su incidencia en la seguridad de edificios de concreto armado*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería Federico Villareal. Recuperado el 3 de Julio de 2021, de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNF_9930e7252f49a39045aa66815b9ab8e4
- Díez, R. (2019). Zonas de sutura: relictos de antiguos océanos y preludio de continentes en colisión. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 27(3), 257-266. Recuperado el 1 de Julio de 2021, de <file:///C:/Users/LA%20PRO/Downloads/372907-Text%20de%20'article-537438-1-10-20200803.pdf>
- Duarte, C., Martínez, M., & Santamaria, J. (2017). *Análisis estático no lineal (pushover) del cuerpo central del edificio de la facultad de medicina de la universidad de El Salvador*. Ciudad Universitaria: Universidad del Salvador. Recuperado el 23 de julio de 2021, de [http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/13405/1/An%C3%A1lisis%20est%C3%A1tico%20no%20lineal%20\(Pushover\)%20del%20cuerpo%20central%20del%20edificio%20de%20la%20Facultad%20de%20Medicina%20de%20la%20Universidad%20de%20El%20Salvador.pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/13405/1/An%C3%A1lisis%20est%C3%A1tico%20no%20lineal%20(Pushover)%20del%20cuerpo%20central%20del%20edificio%20de%20la%20Facultad%20de%20Medicina%20de%20la%20Universidad%20de%20El%20Salvador.pdf)

Duque, J., & Velez, T. (2019). Aguas termales asociadas a fallas geológicas en la costa ecuatoriana. *Geolatitud*, 3(2), 14-22. Recuperado el 30 de Junio de 2021, de <http://geolatitud.geoinvestigacion.gob.ec/ojs/ojs/index.php/GeoLatitud/article/view/42/72>

El Comercio. (12 de Agosto de 2014). En el sector de Santa Rosa de Pomasquí se registró un deslizamiento de tierra. *Cuatro temblores sacudieron a Quito*. Recuperado el 1 de Julio de 2021, de <https://www.elcomercio.com:https://www.elcomercio.com/actualidad/temblor-sacudio-quito.html>

FEMA 356. (2000). ANALISIS ESTÁTICO NO LINEAL.

Funvisis. (Junio de 2017). *Fundación venezolana de investigaciones sísmológicas*. Recuperado el 30 de Junio de 2021, de <http://www.funvisis.gob.ve: http://www.funvisis.gob.ve/old/amenaza.php>

Gómez, W., & Loayza, A. (2014). *Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Centros de Salud del Distrito de Ayacucho*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica. Recuperado el 30 de Junio de 2021, de <https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/241/TP%20-%20UNH%20CIVIL%200025.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

González, M. C. (2015). *Representaciones religiosas en Quito ante los terremotos y erupciones volcánicas (siglos XVI-XVIII)*. Recuperado el 27 de 5 de 2021, de http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/summa_humanitatis/article/download/13416/14044

Google Earth, 2. (2021). *Google Earth, 2021*. Obtenido de Google Earth, 2021

GOOGLE MAPS. (2021). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com.ec/maps/place/El+Triunfo,+Quito+170103/@-0.1249785,-78.5086032,17.25z/data=!4m5!3m4!1s0x91d585176cb1ee4d:0x866d8e10faab245f!8m2!3d-0.1250057!4d-78.5075126?hl=es>

GUIA DE EVALUACIÓN RAPIDA NEC . (2015). Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras. *Secretaría de Gestión de Riesgos* . Ecuador, Ecuador: MIDUVI.

MIDUVI-CAMICON. (2015). Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-15). *Peligro Sísmico-Diseño Sismo Resistente*. Quito. Ecuador, Ecuador: Dirección de Comunicación Social, MIDUVI.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (10 de Enero de 2015). *Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la norma ecuatoriana de la construcción NEC 2015*. Recuperado el 30 de Junio de 2021, de <https://www.habitatyvivienda.gob.ec>: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/GUIA-5-EVALUACION-Y-REHABILITACION1.pdf>

Moncayo, M., Vargas, J., Moncayo, G., & Barzola, I. (2017). Análisis sobre la recurrencia de terremotos severos en Ecuador. *Prisma Tecnológico*, 8(1), 12-17. Recuperado el 1 de Julio de 2021, de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/prisma/article/view/1526>

Monserat, A., Gómez, A., & Juárez, H. (2021). Seismic Hazard analysis and site effects for Guadalajara metropolitan area. *Ingeniería de estructuras*, 26(1), 89-123. Recuperado el 30 de Junio de 2021, de <file:///C:/Users/LA%20PRO/Downloads/1960-7664-2-PB.pdf>

Mora, T. (2017). *Vulnerabilidad social frente amenazas sísmicas en la Parroquia de Calderón*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Recuperado el 30 de Junio de 2021, de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13235/VULNERABILIDAD%20SOCIAL%20FRENTE%20AMENAZAS%20S%c3%8dSMICAS%20EN%20LA%20PARROQUIA%20CALDER%c3%93N.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Morocho, S., & Sarmiento, M. (2021). *La vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mediana altura y la identificación de zonas seguras mediante análisis modal: caso centro de documentacion Juan Bautista*. Cuenca: Universidad de Cuenca.

Recuperado el 30 de Junio de 2021, de
file:///C:/Users/LA%20PRO/Downloads/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf

NATIONAL GEOGRAPHIC. (14 de Octubre de 2016). *NATIONAL GEOGRAPHIC ESPAÑA*. Obtenido de PANGEA:
https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/todo-empezo-en-pangea_8812

NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION-NEC. (10 de Enero de 2015). *Cargas sísmicas diseño sismo resistente*. Recuperado el 30 de Junio de 2021, de
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec>: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/08/NEC-SE-DS.pdf>

Ojeda, A. (Junio de 2020). *Geología de Quito: fallas y sismicidad*. Recuperado el 30 de junio de 29, de <https://geotecniafacil.com>: <https://geotecniafacil.com/geologia-fallas-quito/>

Ortega, M. A., & Romero, J. L. (2006). Un estudio del comportamiento de pilares incluyendo el régimen no lineal de los materiales. *Armaduras para Hormigón*.

Osorio, J. (2018). *¿Qué es el módulo de elasticidad en el concreto?* Recuperado el 30 de Junio de 2021, de <https://www.360enconcreto.com>:
<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/elasticidad-del-concreto>

Parra, H. (2016). *Desarrollos metodológicos y aplicaciones hacia el cálculo de la peligrosidad sísmica en el Ecuador continental y estudio de riesgo sísmico en la actualidad*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado el 30 de Junio de 2021, de http://oa.upm.es/39353/1/HUMBERTO_PARRA_CARDENAS_V-2.pdf

Quizhpilema, A. (2017). *Evaluación de vulnerabilidad sísmica del edificio de aulas de la facultad de ingeniería de la Universidad Central del Ecuador utilizando la norma Ecuatoriana de la construcción NEC.SR.RE,2015*. Quito: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR.

Ramírez, E. (2016). *El punto de desempeño en pórticos resistentes a momentos*. Universidad del Valle. Escuela de Ingeniería Civil.

- Rey, J. (2020). La dimensión temporal de la responsabilidad por defectos en la edificación. *Dialnet*, 1(44), 119-142. Recuperado el 30 de Junio de 2021, de <http://geolatitud.geoinvestigacion.gob.ec/ojs/ojs/index.php/GeoLatitud/article/view/42/72>
- Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., & Yepez, H. (2007). *Breves Fundamentos sobre los Terremotos en el Ecuador*. Quito-Ecuador: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. Recuperado el 16 de Junio de 2021, de <https://www.igepn.edu.ec/publicaciones-para-la-comunidad/comunidad-espanol/35-breves-fundamentos-sobre-los-terremotos-en-el-ecuador/file>
- Ruiz Hurtado, K. L. (2019). *Reducción de la cortante basal cuando se aplican losas con viguetas*. Lima: ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL.
- Saif, I. (2019). *Análisis comparativo entre ensayos destructivos y no destructivos de la resistencia del Hormigón con diferentes métodos de dosificación*. Quito: pontificia Universidad católica del Ecuador. Recuperado el 03 de Julio de 2021, de <file:///C:/Users/LA%20PRO/Downloads/Tesis%20Issam%20Saif.pdf>
- Salvatierra, A., & Villavicencio, J. (2017). Sistemas constructivos ventajas y desventajas. *Observatorio de la Economía Latinoamericana, Ecuador*, <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/sistemas-constructivos-ecuador>.
- Secretaria de Seguridad . (2015). *Altas de Amenazas Naturales y Exposición de Infraestructura del Distrito Metropolitano se Quito* (Segunda ed.). Quito: Quito Alcaldía. Recuperado el 30 de Junio de 2021, de https://es.scribd.com/document/275208334/Atlas-Amenazas-Naturales-DMQ#download&from_embed
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COSTA RICA . (2021). *UNA*. Obtenido de SISMOLOGÍA: <http://www.ovsicori.una.ac.cr/index.php/faqs/sismologia>
- Vargas, C., & Carro, A. (2013). MÓDULO DE ELASTICIDAD EN CONCRETOS DE ALTO DESEMPEÑO. *Ingeniería*, 22(2), 75-92. Recuperado el 11 de 8 de 2021, de <http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/view/8248>

- Vásquez, C. (2015). *Análisis del desempeño sísmico del edificio Peña, aplicando la normativa ecuatoriana de la construcción 2011 vigente en el Distrito metropolitano de Quito en el año 2015*. Quito: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR. Recuperado el 20 de Junio de 2021, de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2202/1/T-UIDE-1251.pdf>
- Vázquez, p. (17 de 10 de 2011). *Estudio de patologías y diagnóstico para la rehabilitación y restauración de la casa-palacio "casa de las columnas" Puerto Real Cadiz*. Catalunya: Universidad Politécnica de Catalunya. Recuperado el 3 de Julio de 2021, de <https://core.ac.uk/download/pdf/41794965.pdf>
- Velásquez, C. (2012). Subdivisión de la Placa de Nazca en tres nuevas placas tectónicas y su incidencia con la sismicidad peruana actual. *Instituto de investigaciones FIGMMG*, 12(23), 77-87. Recuperado el 27 de Mayo de 2021, de <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/423/363>
- Veléz, M. (2016). *Impacto de las Políticas Públicas sobre la Regularización de los Asentamientos Informales en el Distrito Metropolitano de Quito: periodo 2000-2014*. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Recuperado el 30 de Junio de 2021, de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/11355/ANALISIS%20DE%20LAS%20POL%20TICAS%20PUBLICAS%20SOBRE%20LA%20REGULARIZACION%20DE%20ASENTAMIENTOS%20INFORMALES%20EN%20EL%20DIST.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villamil, K., & Tarquino, D. (2018). *Comparación del método lineal elástico estático y método lineal dinámico en estructuras aporricadas en concreto reforzado*. Bogotá: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA. Recuperado el 6 de Julio de 2021, de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22894/1/COMPARACION%20DEL%20METODO%20LINEAL%20ELASTICO%20ESTATICO%20Y%20METODO%20LINEAL%20DINAMICO%20EN%20ESTRUCTURAS%20APORRICADAS%20EN%20CONCRETO%20REFORZADO.pdf>

5.4. ANEXOS



NEC
NORMA COSTARRICENSE
DE LA CONSTRUCCIÓN

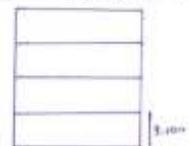
EVALUACION VISUAL RAPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES

DATOS DE LA EDIFICACION:

Dirección: Carretera de San Antonio de Belén y Zona de Aménos
 Nombre de la edificación: Centro de Atención a la Vejez N.º 4
 Tipo de edificación: Edificio de vivienda
 Tipo de uso: Residencial Fecha de construcción: 1977
 Año de construcción: 1977 Año de remodelación: N/A
 Área construida (m²): 300 Número de pisos: 2

DATOS DEL PROPIETARIO:
 Nombre del propietario: Asociación de Vecinos
 C.I.: 101011111

10m



10m



ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACION DE LA EDIFICACION




TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Modelo	MI	Marco Estructura Armado	CI	Marco Arco Continuo	SI
Armadura de columna	CMR	Armadura Armada con corcheteo	CR	Marco Arco Continuo con Alambres	CR
Armadura de viga	RM	Marco H. Armado con traspasos de perfilado en viga	CR	Marco Arco Continuo con Alambres	CR
Tabla acero laminado o acero laminado	LS	Marco Arco Continuo con mesa	CR	Marco Arco Continuo con mesa	CR
		Marco Arco Continuo con perfilado	CR	Marco Arco Continuo con perfilado	CR

PUNTAJES BASES, MODIFICACIONES Y PUNTAJE FINAL

Tipología del sistema estructural	MI	CMR	RM	MC	CI	CR									
Puntaje Base	4.4	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8

ALTIMETRIA DE LA EDIFICACION

	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Alto desde el nivel 0 (m)	N/A	N/A	0.4	0.2	0.3	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Alto desde el nivel 0 (m)	N/A	N/A	N/A	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

REGULARIDAD DE LA EDIFICACION

	-0.5	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1	-1
Regularidad vertical	-0.5	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1	-1	-1	-1.5	-1.5	-1	-1	-1
Regularidad horizontal	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5

MODOS DE LA CONSTRUCCION

	0	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Proyectada construida antes de 1977 y en su época	0	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Construida en época de transición (1977 y 2000)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Proyectada construida después de 2000	0	N/A	0.2	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

TIPO DE CIMENTACION

	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Tipos de cimiento C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Tipos de cimiento D	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Tipos de cimiento E	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4

PUNTAJE FINAL S

	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Puntaje Final S	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

GRADO DE VULNERABILIDAD SISMICA

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Grado de vulnerabilidad	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

REMARKS:



UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK
ENCUESTA DE VULNERABILIDAD SISMICA

Datos Personales

Nombre del propietario: INSTITUTO VECINAL DE SAN ANTONIO DE BELÉN
 N.º Piso: 4
 N.º Casa: 0511-61
 Antigüedad de construcción: 45 años
 Referencia externa visual de la edificación: HUBERSON ABRAZO
 Realizado por: RICARDO GONZALEZ

Marque con una X según la respuesta obtenida.

1. Su vivienda tiene planos arquitectónicos?
 SI NO

2. Su vivienda tiene planos estructurales?
 SI NO

3. La construcción estuvo a cargo de un Profesional o un Maestro constructor?
 Profesional Maestro Constructor

4. Tiene conocimiento sobre la cimentación de su casa?
 SI NO

Dimension: 10 x 10 m
 Profundidad: 2.00 m

5. Uso de la edificación: Residencial

6. Ha realizado una reforzamiento en la estructura.
 SI NO
 Especifique: N/A

7. Que tipo de patologia (problemas) ha encontrado en su vivienda.
 Especifique: Traslapo de los pisos

IMAGEN VISUAL BARRA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES

DATOS DE LA EDIFICACION:

Ubicación: Av. de Nariño, Cota - 11 y Edificio mixto

Nombre de la edificación: Edificio A - 2020 T

Edificio referencial: Edificio A - 2020 T

Tipo de uso: Residencial Fecha de construcción: 1/1/2011

Área construida (m²): 1150 Área de construcción: 1274

Área construida (m²): 1150 Número de pisos: 3

DATOS DEL PROPIETARIO:

Nombre del propietario: Guillermo Rodríguez

C.I.: 174420334

ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACION DE LA EDIFICACION

ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA

ESQUEMA ESTRUCTURAL EN ELEVACION

FOTOGRAFIA

TOPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Módulo	MS	Planta Resaltada, Arco	CS	Planta Arco Luminoso	18
Módulo de la columna	MSA	Planta Resaltada, Arco	CS	Planta Arco Luminoso con Alapiedra	10
Módulo de la columna	MS	Planta Resaltada, Arco con mamparas	CS	Planta Arco Luminoso de Piso	12
Módulo de la columna o arco	MS	Planta Resaltada, Arco con mamparas	CS	Planta Arco Luminoso con mamparas	18
Módulo de la columna	MS	Planta Resaltada, Arco con mamparas	CS	Planta Arco Luminoso con mamparas	18

PUNTAJES BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL

Tipología del sistema estructural	W1	IRM	RM	MR	C1	C2	C3	PC	S1	S2	SS1	SS2
Puntaje Básico	4.4	1.8	1.8	1.8	0.5	1.8	1.8	2.4	2	2	2.8	2

VALORES DE LA EDIFICACION

Mediana (Arco) (E a 7 pisos)	MS											
Mediana (Arco) (E a 7 pisos)	MS											

DETERMINACIÓN DE LA EDIFICACION

Irregularidad vertical	-0.5	-1	-1	-1.5	-2	-2	-2	-2	-2	-2.5	-3	-3
Irregularidad en planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5

CONDICIÓN DE LA CONSTRUCCION

Una edificación construida antes de 1977 o antes de 1977	0	-0.2	-1	-1.5	-2	-2	-2	-2	-2	-2.5	-3	-3
Construida en etapas de transición (entre 1977 y 2001)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Post-código moderno construido a partir de 2001	1	N/A	1.8	1	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4

TIPO DE SUELO

Tipo de suelo E	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Tipo de suelo B	0	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
Tipo de suelo F	0	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2

PUNTAJE FINAL

Puntaje Final	MS											
---------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

GRADO DE VULNERABILIDAD SISMICA

Suficiente	MS											
Medio vulnerabilidad	MS											
Baja vulnerabilidad	MS											

OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

ENCUESTA DE VULNERABILIDAD SISMICA

Datos Personales

Nombre del propietario: DRS A. GARCIA T.

N. Piso: 3

N. Casa: DE 11-71

Antigüedad de construcción: 40 años

Referencia básica visual de la edificación: Historias Ateridas

Realizada por: Roberto Quintero

Marque con una X según la respuesta obtenida.

1. Su vivienda tiene planos arquitectónicos?
SI NO

2. Su vivienda tiene planos estructurales?
SI NO

3. La construcción estuvo a cargo de un Profesional o un Maestro constructor?
Profesional Maestro Constructor

4. Tiene conocimiento sobre la cimentación de su casa?
SI NO

Dimensión: 17.5 m
Profundidad: 1.50 m

5. Uso de la edificación: Residencial

6. Ha realizado una reforzamiento en la estructura.
SI NO

Especifique: N/D

7. Que tipo de patologia (problemas) ha encontrado en su vivienda.
Especifique: N/D

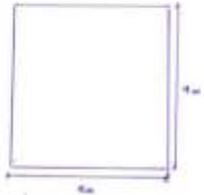
EVALUACION VISUAL RAPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICIOS EXISTENTES

DATOS DE LA EDIFICACION:

Nombre: LA DE LOS NIÑOS DEL 93 Y FINCA PASTOR
 Numero de la edificación: 10001011001
 Año de construcción: 1993 Tipo de estructura: CONCRETO
 Tipo de uso: EDUCACIONAL Fecha de inspección: 11/6/2010
 Año de construcción: 1993 Año de inspección: 2010
 Área construida (m²): 156 Número de pisos: 2

PLANTAS DE REFERENCIA:

Nombre del arquitecto: FRANCISCA BARRAL
 No.: 11010011001



ESQUEMA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACION DE LA EDIFICACION



TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL:

Módulo	01	Edificio con vigas de concreto	02	Edificio de acero laminado	03
Módulo de construcción	100	Edificio de concreto armado	04	Edificio de acero laminado con diaphragma	05
Módulo de refuerzo	00	Edificio de concreto armado con refuerzo	06	Edificio de acero laminado con FRP	08
Módulo de tecnología de construcción	100	Edificio de concreto armado con refuerzo	09	Edificio de acero laminado con FRP	10
Módulo de tecnología de construcción	100	Edificio de concreto armado con refuerzo	11	Edificio de acero laminado con FRP	12

PARÁMETROS BÁSICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL

Tipología del sistema estructural	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
Puntaje básico	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0

ALTIMETRIA DE LA EDIFICACION:

Alto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Puntaje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACION:

Irregularidad vertical	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Puntaje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CÓDIGO DE LA CONSTRUCCION:

Código	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Puntaje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

PUNTAJE FINAL:

Puntaje	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Puntaje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

GRADO DE VULNERABILIDAD SISMICA:

Grado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Grado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK
ENCUESTA DE VULNERABILIDAD SISMICA

Datos Personales

Nombre del propietario: TAMPE SOLDA FELICITO
 N.º Pro: 9
 N.º Casa: Av. B5 OFF II - 93
 Antigüedad de construcción: 40 años
 Referencia visual de la edificación: Hojas de cemento
 Realizado por: OSCARO AMORIN

Marque con una X según la respuesta obtenida.

1. Su vivienda tiene planos arquitectónicos?
 SI NO

2. Su vivienda tiene planos estructurales?
 SI NO

3. La construcción estuvo a cargo de un Profesional o un Maestro constructor?
 Profesional Maestro Constructor

4. Tiene conocimiento sobre la cimentación de su casa?
 SI NO

Dimensiones: 4.0 x 4.0 m
 Profundidad: 1.5 m

5. Uso de la edificación: EDUCACIONAL

6. Ha realizado una reforzamiento en la estructura.
 SI NO

Especifique: NA

7. Que tipo de patologia (problemas) ha encontrado en su vivienda.
 Especifique: NA

ENCUESTA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES

DATOS DE LA EDIFICACION

Denominación: SE de MAQUINA DE 12-02 y 13-02 de 1967

Ubicación de la edificación: Ciudad de Guayaquil - Guayaquil

Edo de referencia: Mañana y las Cuchumatanes

Tipo de suelo: DE 3 (MUY BUENO) Clase de construcción: 5 (A) (B) (C)

Año de construcción: 1967 Año de rehabilitación: N/A

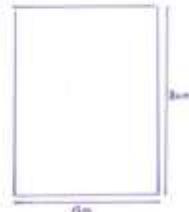
Área construida (m²): 1540 Nivelación: 0

AUTORES DEL PROYECTO

Nombre del autor: Sección Análisis

C.I.: 1313 64333

FECHA DE ELABORACIÓN: _____



FECHA DE ELABORACIÓN EN PLANTA Y ELEVACIÓN DE LA EDIFICACION



TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

Materia	01	Práctica de acero laminado	02	Práctica de concreto armado	03
Materiales de acero	04	Práctica de concreto armado reforzado	05	Práctica de concreto armado con alambres	06
Materiales de acero	07	Práctica de concreto armado reforzado con alambres	08	Práctica de concreto armado con alambres	09
Materiales de acero	10	Práctica de concreto armado reforzado con alambres	11	Práctica de concreto armado con alambres	12

PUNTAJES BASES, NOMBRACIONES Y PUNTAJES FINALES

Tipología del sistema estructural	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
Puntaje Base	4.4	3.8	3.8	3.8	2.5	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8

ACTURA DE LA EDIFICACION

Actura de acero laminado y concreto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Actura de concreto armado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Actura de concreto reforzado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Actura de concreto con alambres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

REBILITACION DE LA EDIFICACION

Rehabilitación de concreto	-0.1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Rehabilitación de acero	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1

CARGO DE LA CONSTRUCCION

Por el profesional antes de 1979 o auto cargo	0	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
Construido en etapa de transición entre 1977 y 2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Por código, normativa construido a partir de 2002	1	N/A	1.8	1	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4

TIPO DE SUELO

Tipo de suelo C	0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Tipo de suelo D	0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
Tipo de suelo E	0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8

PUNTAJE FINAL S

Act 0	Act 1	Act 2	Act 3
Act 0	Act 1	Act 2	Act 3
Act 0	Act 1	Act 2	Act 3

GRANDE DE VULNERABILIDAD SISMICA

Act 0	Act 1	Act 2	Act 3
Act 0	Act 1	Act 2	Act 3
Act 0	Act 1	Act 2	Act 3

OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK
ENCUESTA DE VULNERABILIDAD SISMICA

Datos Personales

Nombre del propietario: Jorge Escobar

N. Piso: 4

N. Casa: 02 12 - 02

Antigüedad de construcción: 5 años

Referencia técnica visual de la edificación: Historia reciente

Realizado por: Sección Análisis

Marquee con una X según la respuesta obtenida.

1. Su vivienda tiene planos arquitectónicos?
SI NO

2. Su vivienda tiene planos estructurales?
SI NO

3. La construcción estuvo a cargo de un Profesional o un Maestro constructor?
Profesional Maestro Constructor

4. Tiene conocimiento sobre la cimentación de su casa?
SI NO

Dimensión: 5.00 x 5.00 m
Profundidad: 4.00 m

5. Uso de la edificación: Residencia

6. Ha realizado una reforzamiento en la estructura.
SI NO

Especifique: N/A

7. Que tipo de patologia (problemas) ha encontrado en su vivienda.
Especifique: N/A

ENCUESTA VISUAL BÁSICA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES

DATOS DE LA EDIFICACIÓN:
 Nombre de la edificación: Dr. X. Aguilar Ochoa y Familia Niños
 Dirección de la edificación: Heredia, 200
 Tipo de edificación: Planta A, 2-3 plantas
 Año de construcción: 1978 Fecha de evaluación: 3/04/2014
 Área construida (m²): 135 Número pisos: 3

DATOS DEL PROFESIONAL:
 Nombre del evaluador: OSWALDO BUSTAMANTE
 C.I.: 177534117



TIPOLOGÍA ESTRUCTURAL EN PLANTA Y ELEVACION DE LA EDIFICACIÓN

TIPOLOGÍA DEL MATERIAL ESTRUCTURAL			
Módulo	MS	Plástico Paralelo Arcoado	11
Módulo de pórtico reforzado	MR	Plástico Arcoado con nervios verticales	25
Módulo de pórtico	MP	Plástico Arcoado con nervios horizontales	26
Módulo de pórtico reforzado con nervios	MR	Plástico Arcoado con nervios horizontales y verticales	27
Módulo de pórtico reforzado con nervios horizontales	MR	Plástico Arcoado con nervios horizontales	28
Módulo de pórtico reforzado con nervios verticales	MR	Plástico Arcoado con nervios verticales	29

PUNTAJE BÁSICO, MODIFICACIONES Y PUNTAJE FINAL													
Tipología del sistema estructural	M1	URM	RM	MR	L1	CP	C2	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Puntaje Básico	4.4	1.0	2.8	3.8	3.5	2.0	1.6	3.4	2.0	3	2	2.8	2

ALTURA DE LA EDIFICACIÓN

Medida altura (E a 2 pisos)	MS	URM	RM	MR	L1	CP	C2	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Medida altura (E a 2 pisos)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

IRREGULARIDADES DE LA EDIFICACIÓN

Irregularidad vertical	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
Irregularidad vertical	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6

ESTADO DE LA CONSTRUCCIÓN

Estado de la construcción	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
Estado de la construcción	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6

TIPO DE SUELO

Tipo de suelo	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
Tipo de suelo	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6

PUNTAJE FINAL, S

Puntaje Final, S	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
Puntaje Final, S	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6

GRADO DE VULNERABILIDAD SISMICA

Grado de vulnerabilidad	0	1	2	3	4	5	6
Grado de vulnerabilidad	0	1	2	3	4	5	6

OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK
ENCUESTA DE VULNERABILIDAD SISMICA

Datos Personales

Nombre del propietario: OSWALDO BAO
 N. Piso: 3
 N. Casa: C/5 12-14
 Antigüedad de construcción: 45 años
 Referencia básica visual de la edificación: Referencia ANEXO
 Realizado por: Oswaldo Bustamante

Marcaque con una X según la respuesta obtenida.

1. Su vivienda tiene planos arquitectónicos?
 SI NO

2. Su vivienda tiene planos estructurales?
 SI NO

3. La construcción estuvo a cargo de un Profesional o un Maestro constructor?
 Profesional Maestro Constructor

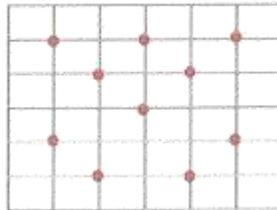
4. Tiene conocimiento sobre la cimentación de su caso?
 SI NO
 Dimensión: 3.0m
 Profundidad: 2.0m

5. Uso de la edificación: Oficina de trabajo

6. Ha realizado una reforzamiento en la estructura.
 SI NO
 Especifique: n/a

7. Que tipo de patologia (problemas) ha encontrado en su vivienda.
 Especifique: n/a

Ensayo Esclerómetro
Realizar como mínimo 10 lecturas.

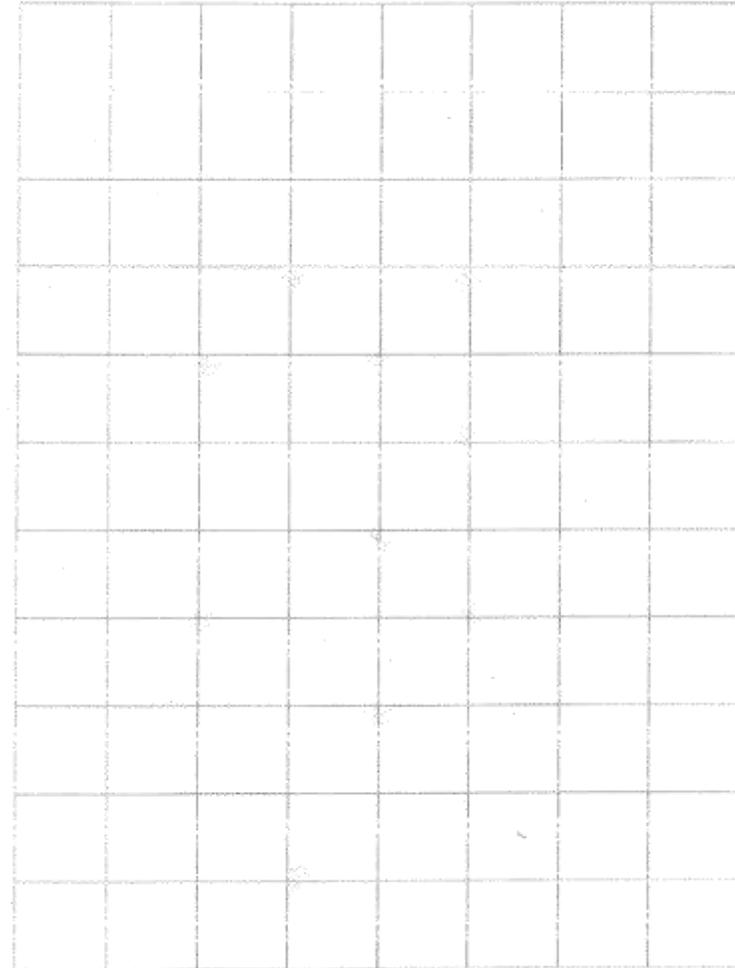


Registrar el número de rebote con por lo menos 2 cifras significativas.

Sección	Columna Central
Piso	Segundo

Lecturas del área de prueba	Posición del área de prueba		Comentarios
	Elemento 1	Diferencia	
1	40	0,4	→ T 18°C → no se realizó corrección por uso de nivel orbital → ste. R-2 → método añadido.
2	38	-1,6	
3	38	-1,6	
4	40	0,4	
5	42	2,4	
6	42	2,4	
7	40	0,4	
8	38	-1,6	
9	38	-1,6	
10	40	0,4	
Promedio de lecturas Ro	39,6		

- Finalmente se calcula el valor promedio (este valor es el número de rebote) de las mediciones realizadas, se eliminan las mediciones que tengan una diferencia de 6 unidades con respecto al valor promedio.
- Si se desvían más del 20% de las mediciones del valor promedio se repite el ensayo



Piso: 2do

Sección: Columna Central.

