



Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil

Carrera de Ingeniería Civil

**Análisis de desempeño del Edificio de aulas Norte del
Campus Miguel de Cervantes de la Universidad
Internacional SEK, mediante la comprobación del
análisis estático lineal y no lineal.**

Autor: Juan Francisco Taco Almeida

Tutor: Ing. Luis Alberto Soria Núñez



Quito, agosto 2021.

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, JUAN FRANCISCO TACO ALMEIDA, con cédula de ciudadanía número 172295956-4, 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.

JUAN FRANCISCO TACO ALMEIDA

C.C. 172295956-4

DECLARATORIA

El presente Trabajo de Titulación titulado:

**“Análisis de desempeño del Edificio de aulas Norte del
Campus Miguel de Cervantes de la Universidad
Internacional SEK, mediante la comprobación del
análisis estático lineal y no lineal.”**

Realizado por:

JUAN FRANCISCO TACO ALMEIDA

Como requisito para la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Ha sido dirigido por el profesor

Ing. Luis Alberto Soria Núñez Msc. Mba.

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor.

Ing. Luis Alberto Soria Núñez Msc. Mba.

TUTOR

DECLARATORIA DE PROFESORES INFORMANTES

Los profesores informantes:

Ing. Luis Alberto Soria Núñez, Msc.

Ing. Hugo Marcelo Otáñez Gómez, Mag.

Después de revisar el trabajo presentado,
Lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal
examinador.

Luis Alberto Soria Núñez

Hugo Marcelo Otáñez Gómez

DEDICATORIA

Primero lo quiero dedicar a Dios, porque gracias a su ayuda he podido lograr este tan anhelado sueño. A los pilares más importantes en mi vida como son mis padres; a mi madre por ese apoyo incondicional, por nunca dudar de mí; porque cuando nadie más creía en mí, tú si lo hiciste. Mi padre por darme este amor a la construcción. Mi hermano por su apoyo y cariño. Mi novia por darle un motivo más a mi vida, Este trabajo se los dedico a ustedes y que Dios no tenga unidos muchos años más.

Juan Francisco Taco Almeida.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, dar gracias a Dios por permitirme culminar mis estudios y hacer realidad este sueño, por darme paciencia y perseverancia para llegar a esta etapa de mi vida. Luego agradezco a toda mi familia por el apoyo y por darme fuerzas cada día durante esta etapa de mi vida; a mis padres, Anita y Juan por sus consejos y enseñanzas, a mi hermano Felipe por siempre motivarme y por verme como modelo a seguir, a mis abuelitos Mercedes y Víctor que con su ejemplo y consejos he logrado forjar mi carrera, a mi novia María Belén por darme todo el amor del mundo, por estar siempre orgullosa de mí y nunca dejarme solo, a mi tía, María Eugenia por las enseñanzas, paciencia y malas noches durante el estudio. Después agradezco a mis amigos/compañeros en especial a Mike y Klever por su amistad brindada estos años, a mi tutor de tesis Ing. Luis Soria y a los profesores de esta excelente universidad por brindarme los conocimientos para llevar a cabo este trabajo. Por último, pero no menos importante un agradecimiento mirando al cielo por la gente que se fue durante este camino como son Diana, Eduardo, Rosario, Rene y Ligia.

Juan Francisco Taco Almeida

RESUMEN

Conociendo los diferentes sucesos sísmicos en el Ecuador, se puede evidenciar lo expuesto que se encuentra las diferentes estructuras a un escenario sísmico. El presente trabajo de titulación buscará la evaluación del análisis de desempeño de un bloque de aulas mediante un análisis estático no lineal empleando el software SAP 2000, en donde se realizará una comparación entre el Código Ecuatoriano de la construcción (CEC 2000) y la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015), se realizara un análisis estático lineal y un análisis estático no lineal obteniendo un modelamiento de la edificación, donde será evaluado por el espectro de la norma CEC 2000 y por el espectro de la NEC 2015 de tal manera que se pueda obtener dos criterios de desempeño de la estructura.

Como resultado se obtuvo los desplazamientos máximos de la estructura para cada modelo realizado y así comparar su similitud, verificando sus derivas dentro de lo establecido. Se concluye que el edificio no colapsara, pero no cumple con el nivel de desempeño esperado, siendo algo preocupante por el uso que tiene actualmente.

PALABRAS CLAVE

Análisis estático, desempeño sísmico, hormigón armado, SAP 2000.

ABSTRACT

Knowing the different seismic events in Ecuador, it can be seen how exposed the different structures are to a seismic scenario. The present degree paper will seek the evaluation of the performance analysis of a block of classrooms through a nonlinear static analysis using the SAP 2000 program, where a comparison will be made between the Ecuadorian Building Code (CEC 2000) and the Ecuadorian Standard of Construction (NEC 2015 will be carried out a linear static analysis and a nonlinear static analysis, obtaining a modeling of the building, obtaining First we will obtain a modeling of the building, where it will be assessed by the CEC 2000 spectrum and the NEN 2015 spectrum so that two structure performance criteria can be obtained.

As a result, the maximum displacements of the structure were obtained for each model manufactured to be able to compare its similarity, verifying its derivations within the established. It is concluded that the building will not collapse, but does not reach the expected level of performance, being somewhat worrisome due to its current use.

KEYWORDS (4)

Static analysis, seismic performance, reinforced concrete, SAP 2000.

INDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN JURAMENTADA.....	II
DECLARATORIA	III
DECLARATORIA DE PROFESORES INFORMANTES	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	XIII
INDICE DE TABLAS.....	XVII
Capítulo I.....	XX
Introducción.....	XX
1.1 Antecedente	XX
1.2 Título.....	24
1.3 Planteamiento Del Problema.....	24
1.4 Definición De Variables.....	25
1.4.1 Variable Dependiente.....	25
1.4.2 Variable Independiente.....	25
1.5 Relación De Variables.....	25
1.6 Limitaciones.....	26
1.7 Justificación.....	27
1.8 Hipótesis.....	28
1.9 Objetivos.....	28
1.9.1 Objetivo General.....	28
1.9.2 Objetivo Específico.....	28
1.9 Alcance.....	29
Capitulo II.....	29
2.1 Fundamentación Teórica.....	29
2.2 Estado Del Arte.....	30
2.3 Curvas Fuerza Deformación.....	32

2.4 Modelo De Mander.....	32
2.5 Rotula Plástica.....	33
2.6 Columna Fuerte Viga Débil.	36
2.7 Desempeño Sísmico.	37
2.7.1 Niveles de Desempeño propuestas por la ATC 40	37
2.7.2 Niveles para elementos no estructurales.	38
2.7.3 Niveles para elementos estructurales	39
2.7.4 Nivel de desempeño FEMA-356.....	40
2.7.4.1 Nivel de desempeño estructural	40
2.7.4.2 Nivel de desempeño no estructural	41
2.7.5 Seguridad De Vida.....	42
2.7.6 Prevención De Colapso.	42
2.7.7 Análisis Sísmico De Una Estructura NEC-SE-DS-2015.....	42
2.7.8 Zonificación Sísmica.	43
2.7.9 Factor De Importancia Z.	44
2.7.10 Geología Local.	45
2.7.11 Coeficiente De Perfil Del Sueño Fa, Fd, Fc.	46
2.7.12 Modelo Del Espectro Elástico De Aceleraciones.	48
2.7.13 Periodos Fundamentales De Vibración De La Estructura.....	49
2.7.10 Corte Basal De Diseño.....	50
2.8 coeficiente de importancia (I)	51
2.9 Configuración En Planta Y En Elevación.	51
2.9.1 Configuración En Planta $P\phi$.....	52
2.9.1 Configuración En Elevación ϕ_e.....	52
2.9.2 Factor De Reducción De Resistencia R.	53
2.9.3 Carga Sísmica.	53
2.10 Coeficiente Estático.....	54
2.11 Derivas De Piso.....	54
2.12 Código Ecuatoriano De Construcción (CEC 2000).....	55
2.13 Zonificaciones Sísmica CEC 2000.	55
2.14 Fuerza Sísmica Para Las Estructuras.....	56
2.15 Periodo De Vibración.....	57
2.16 Coeficiente De Importancia.....	57
2.17 Factor De Reducción Sísmica.....	58
2.18 Coeficiente De Planta ϕ_p.....	59

2.19 Coeficiente De Elevación ϕ_e	59
2.20 Carga De La Estructura.....	60
2.21 Espectro Elástico CEC 2000.....	60
2.22 Derivas De Piso.....	61
2.23 Caracterización Del Movimiento Sísmico Del Suelo.....	61
2.24 Opciones Para Análisis Inelásticos.....	62
2.25 Análisis Estático Lineal (AEL).....	63
2.26 Análisis No Lineal (PUSHOVER).....	63
2.27 Ensayo Del Esclerómetro.....	64
2.28 Módulo de elasticidad	65
Capítulo III.....	66
3.1 Metodología.....	66
3.2 Recolección de Datos.....	67
3.3 Análisis de la información.....	68
3.4 Recolección de la información de acuerdo.....	68
3.5 Condición de suelo.....	68
3.6 Configuración del edificio.....	68
3.7 Códigos o normas según el año de construcción.....	69
3.8 Ensayos de los materiales.....	69
3.9 Recolección de Datos.....	69
3.9.1 Planos Arquitectónicos.....	69
3.10 Ensayo esclerómetro.....	71
Capítulo IV	72
4.1 Análisis De Resultados.....	72
4.1.2 Descripción de los resultados.....	72
4.1.3 Modelo estructural.....	72
4.2 Materiales de la estructura.....	73
4.2.1 Resistencia a la Compresión.....	73
4.2.2 Módulo de elasticidad.....	73
4.2.3 Resistencia a la Fluencia del acero.....	74
4.2.4 Secciones Estructurales.....	74
4.2.5 Sección de Agrietamiento.....	76
4.3 Cálculo de Cargas.....	76
4.3.1 Datos de la edificación.....	76
4.3.2 Peso Propio de la estructura.....	77

4.3.2.1 Columnas.....	77
4.3.2.2 Vigas.....	78
4.3.3 Losas.....	78
4.3.4 Mamposterías.....	78
4.3.5 Cerámicas.....	80
4.3.6 Cielo raso.....	80
4.3.7 Cubierta.....	81
4.3.8 Resumen de pesos totales - Carga muerta.....	81
4.3.9 Carga viva.....	81
4.3.10 Análisis sísmico de acuerdo la ubicación geográfica.....	82
4.3.11 Zonificación sísmica factor Z.....	82
4.3.12 Zona geográfica.....	82
4.3.13 Perfil del suelo.....	83
4.3.14 Aceleración espectral.....	83
4.3.15 Calculo de periodo.....	83
4.3.16 Peso sísmico.....	84
4.3.17 Coeficiente estático.....	84
4.3.18 Factores de Diseño para CEC 2000.....	86
4.3.19 Periodo de vibración.....	87
4.3.20 Coeficiente del cortante CEC 2000.....	87
4.3.21 Comparación de espectros CEC 2000 Vs NEC 2015.....	88
4.4 Modelación.....	89
4.4.1 Método estático.....	90
4.4.2 PUSHOVER en X.....	110
4.4.2 PUSHOVER en Y.....	115
Capítulo V.....	122
5.1 Conclusiones.....	122
5.2 Recomendaciones.....	124
Bibliografía.....	125
Anexos.....	127

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Fotografía Universidad Internacional SEK. Fuente Google maps	XXI
FIGURA 2. Bloque de aulas norte UISEK. Fuente Google maps.....	23
FIGURA 3. Bloque de aulas UISEK. Fuente Google maps.....	29
FIGURA 4. <i>Modelo de curva esfuerzo deformación propuesto por cargas monotónica confinado y sin confinar. Fuente Mander et al. 1988</i>	32
FIGURA 5. Momento curvatura modelo de Park 1982. Fuente Aguiar 2003. ..	34
FIGURA 6 Modelo bilineal basándose en la definición de la rótula plástica. Fuente Aguiar 203	35
FIGURA 7 Diagrama de momentos de vigas de longitud L.....	35
FIGURA 8 Zonificación sísmica del Ecuador. Fuente NEC 2015.....	44
FIGURA 9. Espectro elástico de diseño. Fuente NEC-SE-DS 2015.....	48
FIGURA 10 Mapa microzonificación del Ecuador. Fuente CEC 2000.....	55
FIGURA 11 Espectro inelástico. Fuente CEC 2000	60
FIGURA 12 Análisis inelástico. Fuente. comité técnico mexicano.....	62
FIGURA 13 Diagrama no lineal. Fuente. Fema 440,2005.....	64
FIGURA 14 Curva esfuerzo deformación. Fuente. Steven H. Kosmatka,2004.	65
FIGURA 15 Vista en corte aulas UISEK. Fuente. Planos Universidad Internacional SEK.....	69
FIGURA 16. Elevación norte aulas UISEK. Fuente. Planos Universidad Internacional SEK.....	70
FIGURA 17 Elevación SUR aulas UISEK. Fuente. Planos Universidad Internacional SEK.....	70
FIGURA 18 Vista en planta aulas UISEK. Fuente. Planos Universidad Internacional SEK.....	71
FIGURA 19 Vista de cubierta aulas UISEK. Fuente. Planos Universidad Internacional SEK.....	71
FIGURA 20 Comparación espectro CEC 2000 vs NEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021	89
FIGURA 21 Creación de ejes. Fuente. Juan Taco,2021.....	90

FIGURA 22	Vista en 3D. Fuente. Juan Taco,2021	90
FIGURA 23	Vista en 3D. Fuente. Juan Taco,2021	91
FIGURA 24	Creando columnas. Fuente. Juan Taco,2021	91
FIGURA 25	Creando vigas. Fuente. Juan Taco,2021	92
FIGURA 26	<i>Creando losas para piso 1 – 3 - 4. Fuente. Juan Taco,2021..</i> ¡Error!	
	Marcador no definido.	
FIGURA 27	Creando losas para piso 2. Fuente. Juan Taco,202	¡Error!
	Marcador no definido.	
FIGURA 28	<i>Creando secciones de columnas. Fuente. Juan Taco,2021</i>	92
FIGURA 29	<i>Creando secciones de columnas. Fuente. Juan Taco,2021</i>	93
FIGURA 30	Creando secciones de columnas. Fuente. Juan Taco,2021	93
FIGURA 31	Creando secciones de vigas. Fuente. Juan Taco,2021	94
FIGURA 32	Creando secciones de losas. Fuente. Juan Taco,2021	94
FIGURA 33	Modelación de columnas en planta. Fuente. Juan Taco,2021	95
FIGURA 34	Modelación de columnas. Fuente. Juan Taco,2021	95
FIGURA 35	Modelación de vigas. Fuente. Juan Taco,2021	96
FIGURA 36	Asignación de restricciones. Fuente. Juan Taco,2021	96
FIGURA 37	Creación de losa. Fuente. Juan Taco,2021	97
FIGURA 38	Vista 3d de losas. Fuente. Juan Taco,2021	97
FIGURA 39	Definiendo patrones de carga. Fuente. Juan Taco,2021	98
FIGURA 40	Asignar peso sísmico. Fuente. Juan Taco,2021	98
FIGURA 41	Carga viva - cubierta. Fuente. Juan Taco,2021	99
FIGURA 42	Carga viva - oficinas. Fuente. Juan Taco,2021	99
FIGURA 43	Carga viva - corredores. Fuente. Juan Taco,2021	100
FIGURA 44.	Asignación de carga muerta. Fuente. Juan Taco,2021	100
FIGURA 45	<i>Asignación de diafragmas. Fuente. Juan Taco,2021.....</i>	101
FIGURA 46	Asignación de diafragmas. Fuente. Juan Taco,2021.....	101
FIGURA 47	Asignación de diafragmas. Fuente. Juan Taco,2021.....	102
FIGURA 48	Verificación de valores calculados manualmente con los valores obtenidos en SAP 2000. Fuente. Juan Taco,2021	102
FIGURA 49	Desplazamientos de la estructura. Fuente. Juan Taco,2021	103
FIGURA 50	Modales de la estructura. Fuente. Juan Taco,2021	103

FIGURA 51 Derivas de la estructura. Fuente. Juan Taco,2021	104
FIGURA 52 Derivas de la estructura. Fuente. Juan Taco,2021	104
FIGURA 53 Espectro para modelo CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021	105
FIGURA 54 Sismo en x para modelo CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021 ..	106
FIGURA 55 Sismo en y para modelo CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021 ...	106
FIGURA 56 Espectro en x para modelo CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021	107
FIGURA 57 Espectro en y para modelo CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021	107
FIGURA 58 Cortante para modelo CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021	107
FIGURA 59 Combinaciones para modelo CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021	108
FIGURA 60 Igualación de cortantes para modelo CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021	108
FIGURA 61 Modales para CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021 ¡Error! Marcador no definido.	
FIGURA 62 Derivas CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021	109
FIGURA 63 Pushover nivel I. Fuente. Juan Taco,2021	110
FIGURA 64 Pushover nivel II. Fuente. Juan Taco,2021	110
FIGURA 65 Pushover nivel III. Fuente. Juan Taco,2021	111
FIGURA 66 Pushover nivel IV. Fuente. Juan Taco,2021	111
FIGURA 67 Pushover nivel V. Fuente. Juan Taco,2021	112
FIGURA 68 Pushover nivel VI. Fuente. Juan Taco,2021	112
FIGURA 69 Pushover nivel VII. Fuente. Juan Taco,2021	113
0FIGURA 70 Pushover nivel VIII. Fuente. Juan Taco,2021	113
FIGURA 71 Pushover nivel IX. Fuente. Juan Taco,2021	114
FIGURA 72 Pushover nivel X. Fuente. Juan Taco,2021	114
FIGURA 73 Pushover en y nivel I. Fuente. Juan Taco,2021	115
FIGURA 74 Pushover en y nivel II. Fuente. Juan Taco,2021	115
FIGURA 75 Pushover en y nivel III. Fuente. Juan Taco,2021	116
FIGURA 76 Pushover en y nivel IV. Fuente. Juan Taco,2021	116
FIGURA 77 Pushover en y nivel V. Fuente. Juan Taco,2021	117

FIGURA 78	Pushover en y nivel VI. Fuente. Juan Taco,2021.....	117
FIGURA 79	Pushover en y nivel VII. Fuente. Juan Taco,2021.....	118
FIGURA 80	Pushover en y nivel VIII. Fuente. Juan Taco,2021.....	118
FIGURA 81	Pushover en y nivel IX. Fuente. Juan Taco,2021.....	119
FIGURA 82	Pushover en y nivel X. Fuente. Juan Taco,2021.....	119
FIGURA 83	Curva Pushover en X. Fuente. Juan Taco,2021.....	120
FIGURA 84	Curva Pushover en X. Fuente. Juan Taco,2021.....	120
FIGURA 85	ATC 40 Pushover en X. Fuente. Juan Taco,2021.....	121
FIGURA 86	ATC 40 Pushover en Y. Fuente. Juan Taco,2021.....	121
FIGURA 87	PLANO ARQUITECTONICO AULAS BLOQUE NORTE SUR CAMPUS MIGUEL DE CERVANTES.....	127
FIGURA 88	PLANO ARQUITECTONICO AULAS BLOQUE NORTE SUR CAMPUS MIGUEL DE CERVANTES.....	128
FIGURA 89	PLANO ARQUITECTONICO FACHADAS AULAS BLOQUE NORTE SUR CAMPUS MIGUEL DE CERVANTES.....	128
FIGURA 90	PLANO ARQUITECTONICO FACHADAS AULAS BLOQUE NORTE SUR CAMPUS MIGUEL DE CERVANTES.....	129
FIGURA 91	PLANO ARQUITECTONICO VISTA EN PLANTA AULAS BLOQUE NORTE SUR CAMPUS MIGUEL DE CERVANTES.....	129
FIGURA 92	PLANO ARQUITECTONICO VISTA CUBIERTA AULAS BLOQUE NORTE SUR CAMPUS MIGUEL DE CERVANTES.....	130
FIGURA 93	REMOVIENDO CIELO FALSO PARA UBICACIÓN DE VIGAS Y LOSA.....	130
FIGURA 94	TOMA DE DATOS CON ESCLEROMETRO.....	131

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de desempeño propuesto por ATC-40. Fuente ATC-40 1996	39
Tabla 2. Niveles de daño para elementos estructurales FEMA-356. Fuente FEMA-356 2000	40
Tabla 3 Niveles de daño para elementos no estructurales FEMA-356. Fuente FEMA-356 2000	41
Tabla 4. Factor I para tipo de uso, destino e importancia. Fuente NEC 2015 .	43
Tabla 5 categoría de diseño. Fuente ACI 318S 2014.....	43
Tabla 6 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada. Fuente NEC 2015	44
Tabla 7 Coeficiente de amplificación de suelo Fa. Fuente. NEC-SE-DS 2015	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 8 Coeficiente de amplificación de suelo Fa. Fuente. NEC-SE-DS 2015.	46
Tabla 9 Coeficiente de amplificación de suelo Fd. Fuente. NEC-SE-DS 2015.	47
Tabla 10. Coeficiente de amplificación de suelo Fs. Fuente. NEC-SE-DS 2015.	47
Tabla 11 Espectro sísmico elástico de aceleraciones. Fuente. NEC-SE-DS 2015.	48
Tabla 12. Factor según la ubicación geográfica del proyecto. Fuente. NEC-SE-DS 2015.	49
Tabla 13. <i>Crecientes para cálculo de periodo. Fuente. NEC-SE-DS 2015.</i>	50
Tabla 14. Coeficiente de uso, destino e importancia. Fuente NEC-SE-DS 2015.	51
Tabla 15 Coeficiente en planta. Fuente NEC-SE-DS 2015.....	52
Tabla 16 <i>Coeficiente en elevación. Fuente NEC-SE-DS 2015.....</i>	52
Tabla 17. Coeficiente de reducción. Fuente NEC-SE-DS 2015.	53
Tabla 18 Coeficiente derivas. Fuente NEC-SE-DS 2015	55
Tabla 19 Valores de z según zona sísmica. Fuente CEC 2000.	56
Tabla 20. Coeficiente de suelos. Fuente CEC 2000.....	56
Tabla 21. Coeficiente para tipo de pórticos. Fuente CEC 2000.....	57
Tabla 22 Coeficiente para tipo de uso. Fuente CEC 2000.	58
Tabla 23 Factor R, sistema constructivo. Fuente CEC 2000.....	58

Tabla 24. coeficiente de configuración en planta. Fuente CEC 2000.....	59
Tabla 25. coeficiente de elevación. Fuente CEC 2000.....	60
Tabla 26 coeficiente derivas de piso. Fuente CEC 2000.....	61
Tabla 27 Esquema sísmico - inelástico. Fuente FEMA 440.	62
Tabla 28. Resumen de hormigón en elementos ensayados. Fuente. Ensayo esclerómetro aulas norte UISEK Juan Taco,2021.....	72
Tabla 29. Resumen de hormigón en elementos ensayados. Fuente. Ensayo esclerómetro aulas norte UISEK Juan Taco,2021.....	73
Tabla 30 Módulo de elasticidad Fuente. Juan Taco,2021.	73
Tabla 31 Secciones de columnas y ubicación Fuente. Juan Taco,2021.	75
Tabla 32 <i>Secciones de vigas y ubicación Fuente. Juan Taco,2021.....</i>	75
Tabla 33 Secciones de losas Fuente. Juan Taco,2021.....	76
Tabla 34. Factor de agrietamiento. Fuente. Juan Taco,2021.....	76
Tabla 35 Datos de la edificación. Fuente. Juan Taco,2021.....	77
Tabla 36 Cálculo de peso de columnas. Fuente. Juan Taco,2021.....	77
Tabla 37 Cálculo de peso de vigas. Fuente. Juan Taco,2021.....	78
Tabla 38 Cálculo de peso de losas. Fuente. Juan Taco,2021.....	78
Tabla 39 Valores de mampuestos. Fuente. Estuardo Páez Espinosa, 2018...	79
Tabla 40 Cálculo de pesos de mamposterías. Fuente. Juan Taco, 2021.....	79
Tabla 41 Peso de contrapiso y recubrimientos. Fuente. NEC, 2015.	80
Tabla 42 <i>Cálculo de peso de cerámica. Fuente. Juan Taco, 2021.....</i>	80
Tabla 43 Cálculo de peso de cielo raso. Fuente. Juan Taco, 2021.....	80
Tabla 44 Cálculo de peso para cubierta. Fuente. Juan Taco, 2021.	81
Tabla 45 Peso total de la estructura. Fuente. Juan Taco, 2021.	81
Tabla 46 Peso total de la estructura. Fuente. Juan Taco, 2021.	82
Tabla 47 Sectores en microzonificación de Quito. Fuente. Aguiar,2017.	83
Tabla 48 Cálculo de periodo de vibración. Fuente. Juan Taco,2021.....	84
Tabla 49 Cálculo de Cortante basal según datos de la edificación. Fuente. Juan Taco,2021.	85
Tabla 50 Factores del sitio para CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021.	86
Tabla 51 Factores del sitio para NEC 2015. Fuente. Juan Taco,2021.	¡Error!
Marcador no definido.	
Tabla 52. Periodo de vibración CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021.....	87
Tabla 53 Cálculo del cortante CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021.....	88

Capítulo I

Introducción.

El desarrollo de un plan que evalúe movimientos sísmicos, es esencial para obtener estrategias que disminuyan el riesgo que corren ciertas estructuras que fueron realizadas en zonas sísmicas vulnerables. Lo que se busca, es obtener una edificación esencial, la cual es aquella que no cesa sus funciones luego de un movimiento sísmico; esto debe ser imprescindible, que de ser el caso al sufrir daño no cause efectos catastróficos como en hospitales, edificios de viviendas o escuelas, en este caso siendo lo más indispensable salvaguardar la vida de los usuarios.

1.1 Antecedente.

Ecuador siendo un país que presenta una alta amenaza sísmica debido a su ubicación geográfica, se ve propenso a los eventos que pueden suceder, debido a las fallas geológicas que se originan debido a la subducción de la placa de nazca ubicada en el océano Pacífico, cruzando con la placa sudamericana, el mismo que genera una alta sismicidad. Los eventos sísmicos debidos a la subducción tienen profundidades aproximadas de 200 km, además de la actividad sísmica asociada a fallas geológicas locales. Debido talvez a falta de conocimientos de un diseño sismorresistente o a la ausencia de estudios previos a la ejecución de una edificación, incluso a el uso de materiales de baja calidad, da como resultado el colapso de varias obras civiles; puede servir como un mal ejemplo lo sucedido en costa ecuatoriana en el 2016, en donde colapsaron más de 80% de edificaciones causando la muerte de alrededor de 670 personas (Fuerte 2016). Por este motivo es de importancia el estudio de edificaciones, como es el caso del presente trabajo de titulación, en donde se desarrollará un análisis de desempeño sísmico de una edificación echa para albergar aproximadamente 500 estudiantes al día. Por tal motivo, se evaluará el desempeño del edificio de la Universidad Internacional SEK, con la finalidad de analizar el funcionamiento adecuado de la edificación de tal manera que se pueda minimizar pérdidas

humanas, costos en reparaciones estructurales o reforzamientos en la estructura.



FIGURA 1. Fotografía Universidad Internacional SEK. Fuente Google maps

Actualmente en el Ecuador se encuentra vigente la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) del año 2015, donde podemos encontrar capítulos sobre el estudio de este fenómeno, riesgos sísmicos y normas para la construcción, así como requerimientos para la construcción de edificaciones. Aquí podemos encontrar una guía para la evaluación y reforzamiento de edificaciones teniendo como base principal la NEC-SE-RE 2015 donde se han realizado diversas evaluaciones a estructuras ubicadas en ciudad de Quito (Cabezas 2016) y la evaluación de estructuras normales para cuenca (Cabrera y Sánchez 2016).

Al momento de ejecutar una obra civil bajo la Norma Ecuatoriana de la Construcción con todos los parámetros de diseño sismo resistente se obtiene una estructura que trabajará adecuadamente ante una actividad sísmica en donde, los parámetros como: el periodo de vibración, la distribución de las masas en donde se determina el grado de rigidez, los desplazamientos, derivas y torsión en planta, Permitirá que se pueda analizar el correcto desempeño de la estructura. De tal manera y conociendo todos los antecedentes se necesidad de realizar un análisis de desempeño del edificio de aulas norte de la Universidad Internacional Sek campus Miguel de Cervantes con la finalidad de determinar

cómo se comportará esta estructura ante un evento sísmico, donde de ser el caso se planteará un reforzamiento con el fin de evitar un colapso.

Para lo cual, realizaremos un análisis estático el cual se basa de acciones sísmicas mediante la aplicación de fuerzas laterales en el alto del edificio y serán aplicadas en el centro de masas de cada piso. Estos análisis realizados se desarrollarán bajo las normas NEC 2015, CEC 2000, ATC-40 y FEMA 356.

La inquietud que genera el desempeño de una edificación, sin dejar de un lado el uso que se lo realice, ha generado distintos estudios no solo a nivel local, sino que por otro lado podemos observar distintas investigaciones en edificios de viviendas, edificios educativos o edificaciones patrimoniales, donde se pudo evidenciar, que no es necesario el registro de un sismo o que la edificación se encuentre en una zona sísmica alta para realizar dicho estudio.

Por ejemplo, existen varios trabajos de titulación en ciudades como Cuenca que, a pesar de no estar en una zona sísmica alta, se realizan dichas investigaciones. Según el registro del instituto geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, la provincia del Azuay, es donde menos registros sísmicos se tiene.

Según la investigación que se está realizando, no solo se busca conocer el desempeño sísmico de una edificación a su vez, es aplicar la norma vigente a la fecha, la Norma Ecuatoriana De La Construcción 2015 (NEC) y compararla con la norma utilizada en el año de su construcción, con el fin de obtener información que podría salvar vidas, que de ser el caso; se podría realizar un reforzamiento de la estructura a tiempo y así evitar pérdidas humanas y daños severos a la estructura.

La investigación previa nos lleva a revisar la norma vigente en el año de construcción del mismo, que se estima que fue realizado en el año 1998, para ello se obtuvo datos del predio con el que se pudo obtener varias características del mismo, como el COS y el CUS. Lo primero será realizar es un recorrido de obra para realizar el trazado de ejes y un breve levantamiento de ahí partiendo de esto vamos a realizar un modelamiento en el software SAP 2000 que es un programa computacional de análisis estructural.



FIGURA 2. Bloque de aulas norte UISEK. Fuente Google maps.

Después de desarrollar la estructura en el software, vamos a realizar un estudio comparativo entre la Norma Ecuatoriana De La Construcción 2015 (NEC) y el Código Ecuatoriano de la Construcción CEC 2000 con sus respectivos parámetros para cada norma.

En donde el Bloque De Aulas Norte De La Universidad Internacional Sek Campus Miguel Cervantes será centro de esta investigación, en donde realizaremos toma de datos, trazado de ejes y ensayos no destructivos como el esclerómetro.

Mediante el esclerómetro lo que buscamos es determinar la resistencia a compresión en columnas, losas y vigas. Dicho ensayo fue realizado en tres aulas diferentes por cada piso, de tal manera que se pueda obtener una serie de datos que se los procesara mediante normativas y cálculos dando como resultado un valor más exacto para cada elemento.

1.2 Título.

Análisis de desempeño del Edificio de aulas Norte del Campus Miguel de Cervantes de la Universidad Internacional SEK, mediante la comprobación del análisis estático lineal y no lineal.

1.3 Planteamiento Del Problema.

Después de los distintos sucesos ocurridos en el Ecuador, vale la pena el estudio de edificaciones importantes como son: edificios educativos, edificios administrativos, edificios de viviendas y hospitales. Siendo estos de interés social y mayor importancia en un país.

El desempeño de un edificio es medido según la probabilidad que tenga de sufrir un accidente, lo que esto conlleva a gastos de reparación, impactos ambientales, demolición, etc. Para lo cual se necesitará evaluaciones de desempeño sísmico donde se obtendrá datos básicos sobre la vulnerabilidad de los componentes estructurales y no estructurales, así como estimaciones de posibles muertes y costos de reparación.

En Ecuador las diferentes edificaciones son diseñadas mediante un análisis elástico a pesar de que la mayoría experimentan deformaciones inelásticas durante un periodo sísmico. Dichos diseños basados en este desempeño necesitan predecir el comportamiento real en dichas condiciones, los estudios lineales junto con el avance informático nos proporcionan elementos para poder calcular el comportamiento estructural más allá de un rango elástico, incluyendo el deterioro y la rigidez que se verán involucrados en el comportamiento inelástico de los materiales. Es por ello que el análisis no lineal juega un papel importante en los diseños de nuevas estructuras y verificación de las existentes (Gálvez, 2011).

En tal sentido, es importante reconocer que la seguridad ante un colapso debido a grandes sismos no implica necesariamente un comportamiento aceptable de la edificación durante sismos de pequeña o moderada intensidad, por lo que se requiere definir múltiples niveles de desempeño como una estrategia para disponer de nuevas alternativas aceptables (Safina,2002).

1.4 Definición De Variables.

Para evaluar el desempeño sísmico que posee la estructura se debe disponer de un amplio estudio de los elementos que van a trabajar y así poder calcular un daño probable que la estructura sufriría; la vulnerabilidad sísmica está influenciada por la incertidumbre durante el evento sísmicos, por este motivo se debe involucrar métodos del espectro de capacidad.

1.4.1 Variable Dependiente.

El desempeño sísmico de la estructura.

1.4.2 Variable Independiente.

Configuración estructural del edificio.

De acuerdo a la información recolectada, se pudo obtener la información del edificio siendo este de hormigón armado de 4 pisos con un área de 1148,92 m²

La cual se estima que fue construida en el año 1998 y alberga un número considerable de estudiantes al día, siendo una construcción con varios años y que fue construida con la norma vigente en dicho año, es necesario la evaluación del mismo, buscando conocer el desempeño de la estructura al momento de un escenario sísmico.

1.5 Relación De Variables.

Lo que se busca mediante el análisis de esta edificación es verificar el comportamiento frente a un evento sísmico, teniendo en cuenta la normativa con la que fue diseñada y construida. La evaluación de la edificación se los realizará mediante un estudio de las características principales del mismo, como la geometría, elementos y sistema constructivo. Mediante el estudio de la edificación en su estado actual se realizará un análisis lineal de acuerdo con los

parámetros indicados en la NEC 2015 y así evaluar su desempeño a través de un análisis no lineal.

Este análisis no lineal nos permitirá conocer el comportamiento de la estructura a través de una obtención de la cortante en la base y derivas inelásticas, para esto es necesario analizar al desempeño de la edificación a través de la curva de capacidad que se obtendrá a partir de un análisis lineal.

Las edificaciones deben ser diseñadas para resistir las aceleraciones máximas en dirección horizontal, ya que estas se producen en la base de la estructura, esta aceleración se la expresa en porcentaje de la aceleración de la gravedad.

Se debe tener en cuenta que la estructura necesita permitir grandes deformaciones y se requiere conocer como trabajarían los elementos que forman la edificación incluyendo los elementos no estructurales como mamposterías, la cual no posee una función estructural, pero si aporta cierto grado de rigidez.

Durante un evento sísmico las estructuras se ven influenciadas no solo por sus características estructurales como la altura y el sistema de construcción, sino también por los movimientos horizontales del terreno, por tal motivo los daños que sufre la estructura también van de acuerdo a las características del suelo sobre la que se encuentra la cimentación.

1.6 Limitaciones

Debido a las circunstancias en la que el mundo vive actualmente, con sus diferentes limitaciones para el uso de equipos o visitas técnicas. No se podrá realizar más ensayos no destructivos, de igual manera no se ejecutará ningún criterio para un reforzamiento, ya que para esto se debe realizar un estudio con más parámetros y otros objetivos. Para el presente trabajo de titulación se asumirá un código de la construcción más cercano a la fecha de ejecución, siendo la CEC 2000 la vigente para la ejecución del mismo.

1.7 Justificación.

Con el paso de los años el estudio a los movimientos sísmicos ha incrementado y la ingeniería estructural ha buscado desarrollar métodos que permita evaluar la fuerza que produce un sismo con el objetivo de proveer recursos, herramientas e hipótesis que ayuden a la prevención ante un evento sísmico, de tal manera que las estructuras resistan estas fuerzas y así salvaguardar la vida de los ocupantes o disminuir gastos considerables en pérdidas económicas. Lo que busca la ingeniería estructural es el de diseñar edificaciones menores que las elásticas; sin embargo, existen normas de construcción que no utilizan los espectros de diseño de manera correcta (Mario Rodríguez, 2015).

Todos los países desarrollan sus códigos o normativas para la construcción de acuerdo a sus estándares locales. Aquí es donde se crea el Código Ecuatoriano de la construcción (CEC 2000) con el fin de proporcionar una guía para la construcción de estructuras capaces de soportar eventos sísmicos teniendo en cuenta parámetros como el sistema estructural utilizado y la vibración del suelo donde este se encuentra.

Cada cierto tiempo los códigos se los actualizan o reestructuran con nuevos estudios, considerando nuevos requerimientos. Mediante la ayuda de sistemas informáticos que proporcionan datos cada vez más precisos y exigentes se pueda proveer la seguridad en todo tipo de estructuras ya sea en análisis de diseño, construcción o mantenimiento.

Actualmente muchas edificaciones se construyen bajo las normativas actuales que es La Norma Ecuatoriana De La Construcción 2015 (NEC-2015), por tal motivo es necesario que edificaciones antiguas sean evaluadas mediante una normativa más actual, realizando un análisis lineal y no lineal de tal manera que se pueda conocer la respuesta que tendrían durante un evento sísmico, como los acontecidos en el territorio nacional en los últimos años, donde los efectos de un mal diseño y malos materiales; conllevaron a pérdidas económicas y humanas, por tal motivo se busca obtener características de vulnerabilidad en todo tipo de edificación.

1.8 Hipótesis.

El bloque de aulas cumplirá con las normas establecidas por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015).

El bloque de aulas cumplirá con las normas establecidas por el Código Ecuatoriano de la construcción (CEC 2000).

1.9 Objetivos.

1.9.1 Objetivo General.

Analizar el desempeño sismorresistente del Bloque De Aulas Norte De La Universidad Internacional SEK Campus Miguel Cervantes, mediante un análisis comparativo de La Norma Ecuatoriana De La Construcción 2015 (NEC 2015) y el Código Ecuatoriano de la construcción (CEC 2000), donde se realizará un análisis mediante el programa computacional de análisis estructural SAP 2000 y así determinar los diferentes comportamientos del edificio.

1.9.2 Objetivo Específico.

- Verificar las diferencias entre la norma con la que se asume que se ejecutó la edificación CEC 2000 y por otro lado compararlo si cumpliría con los estándares que pide la NEC 2015.
- Mediante del modelado en el programa computacional de análisis estructural SAP 2000 verificar los diferentes comportamientos del edificio y así demostrar el sismo resistencia del mismo.

1.9 Alcance.

Se analizará el correcto desempeño del Bloque De Aulas Norte De La Universidad Internacional SEK Campus Migue De Cervantes, ante un sismo considerando los 4 pisos que posee, la norma con que asumirá basándose su año de ejecución es la CEC 2000 y se procederá a realizar un análisis comparativo con la NEC 2015. No se considerarán los efectos de torsión en planta ya que este trabajo presenta un indicador de respuesta del edificio, mas no un análisis exhaustivo del comportamiento sísmico. Además, se necesita disponer de la siguiente información: sitio de implantación (identificación de peligro sísmico, clasificación del tipo de suelo), geometría y parámetros para un edificio simétrico (Jiménez,2002).

Capítulo II

2.1 Fundamentación Teórica.

Se va a realizar de una manera corta los fundamentos básicos requeridos como: las propiedades de los elementos en los rangos no lineales, dichos fundamentos son importantes en el proceso del análisis no lineal, ya que muchos de ellos son resultados que reflejaran la realidad del comportamiento de la estructura durante un evento sísmico.



FIGURA 3. Bloque de aulas UISEK. Fuente Google maps.

Los análisis no lineales que nos dan la información de resistencias máximas a la compresión de la sección de un elemento de hormigón armado, para esto es necesario conocer las diferentes propiedades mecánicas de los elementos como: las deformaciones unitarias máximas y últimas.

Estas propiedades, así como el módulo de elasticidad se lo calcula mediante su curva de esfuerzo deformación, de esta manera se describirán las deformaciones unitarias del hormigón armado para diferentes niveles de daño, (Situación y Regi,2008).

2.2 Estado Del Arte.

Se debe verificar un buen desempeño sísmico en un rango inelástico para estructuras esenciales, cumpliendo los siguientes objetivos de La Norma Ecuatoriana De La Construcción 2015 (NEC 2015).

Para esto vamos a evaluar diferentes parámetros como: el nivel de seguridad de vida (Limitación de daño) ante un evento sísmico y el nivel de prevención de no colapso ante un evento sísmico.

Para el nivel de seguridad de vida, se verificará que la estructura no rebase ningún estado de límite de falla, es decir limitar los daños estructurales de tal manera que se pueda elevar la protección y así procurar que la estructura pueda mantenerse operativa después de un evento sísmico. La estructura se considerará estable cuando las solicitaciones estén por debajo del factor de resistencia, como la compresión, tracción, cortante, torsión y flexo-compresión. Los límites de deformación en el nivel de desempeño, es cuando la estructura podrá alcanzar los límites de deformación unitaria menores al permisible, para esto se debe utilizar fibras en la sección donde se espera la formación de rótulas plásticas.

$$\epsilon_M < \epsilon_M \text{ máxima}$$

EC. 1 Deformación unitaria.

Donde:

- ϵ_M : Deformación unitaria máxima inelástica.

- ϵ_M máxima: Limite permisible de deformación unitaria máxima para:
- Hormigón armado en compresión 0.02
- Acero de refuerzo en tensión 0.06

El límite de la deformación unitaria en el hormigón se basa en el modelo de Priestley donde se estima el incremento de la resistencia y capacidad de deformación por confinamiento causado por el acero transversal, que se mostrara en la siguiente ecuación:

$$\epsilon_M = 0.004 + 1.4$$

$$\frac{p_v f_y \epsilon_{su}}{f'_{cc}}$$

EC. 2 Limite de deformación unitaria.

Donde:

p_v : Cuantía volumétrica.

f_y : Esfuerzo de fluencia.

ϵ_{su} : Deformación unitaria del refuerzo de confinamiento.

f'_{cc} : Resistencia a la compresión del hormigón en el núcleo confinado.

El límite en la deformación unitaria máxima del acero de refuerzo según la NEC 2015 es igual a 0.06, por lo tanto, lo que se quiere evitar son fallas que no están consideradas por el método de diseño como, la falla por fatiga y pandeo longitudinal.

El desplazamiento de diseño, está en función al desempeño que requiere la estructura y esta proporcionara la resistencia lateral solicitada para así alcanzar el desempeño.

las cuatro curvas de Mander se las obtiene por las siguientes formulas.

$$F_c = \frac{F_c * x * r}{r - 1 + x^r}$$

EC. 3 Deformación de Mander.

$$X = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}}$$

EC. 4 Relación entre deformaciones

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}}$$

EC. 5 Reemplazo de valores en ecuación 4

$$\varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co} \left(1 + 5 \left(\frac{f_{cc}}{f_c} - 1 \right) \right) * 4$$

EC. 6 Deformación unitaria del concreto

Donde:

f_{cc} = resistencia máxima del concreto

f_c = resistencia máxima del concreto no confinado

ε_c = deformación máxima del concreto

ε_{co} = deformación asociada a la resistencia máxima del concreto

ε_{cc} = deformación unitaria del concreto simple asociada al esfuerzo máximo

ε_c = módulo de elasticidad del concreto no confinado

E_{sec} = módulo secante del concreto confinado asociado al esfuerzo máximo confinante

2.5 Rotula Plástica.

Se presentará un modelo de curva para hormigón desarrollado por Park en 1982 donde se define cuatro puntos.

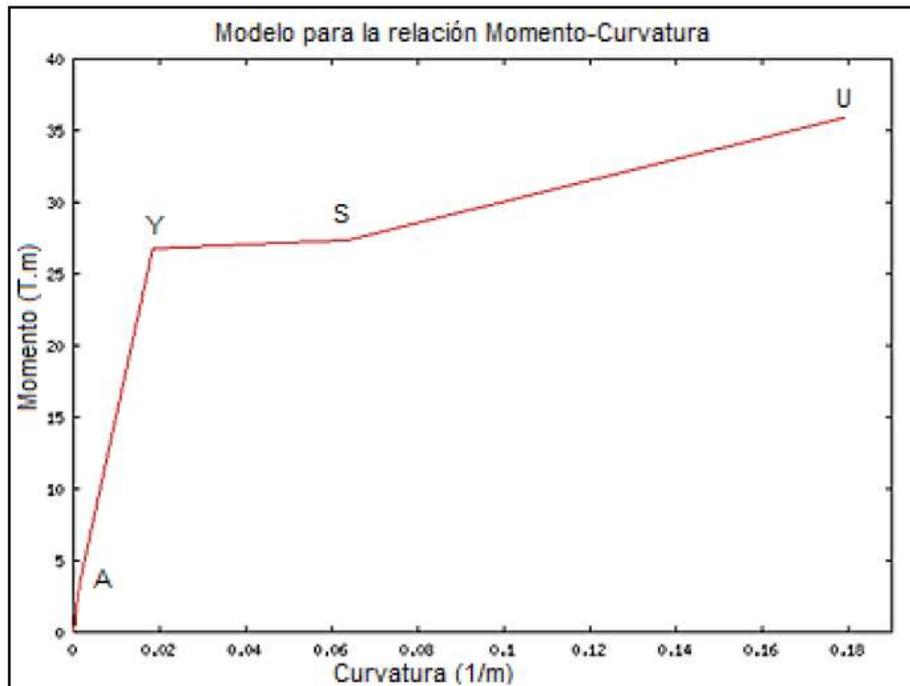


FIGURA 5. Momento curvatura modelo de Park 1982. Fuente Aguiar 2003.

- Punto A. el hormigón llega a su máximo esfuerzo a tracción como se observa en la figura 5, que la capacidad a flexión del punto A es baja, este sería el comienzo del rango elástico.
- Punto Y. el acero a tracción alcanza la fluencia y está definido por el esfuerzo F_y y una deformación, en algunos casos se considera el rango elástico a la recta desde el origen al punto y.
- Punto S. el acero a tracción se encuentra al final de la plataforma, al inicio del endurecimiento.
- Punto U. el hormigón llega a su máxima deformación útil, este no es un punto de falla de la sección.

Se lo define como un punto donde la sección no es capaz de absorber el mayor momento a flexión producido por las cargas externas (movimientos sísmicos), y solo empieza a rotar (Aguiar 2015).

La rótula plástica está conformada por cuatro puntos notables del $M-\phi$, en donde el inicio de la rótula plástica no es el punto Y (Figura 5), en la siguiente figura se representa las coordenadas del inicio de la rótula plástica.

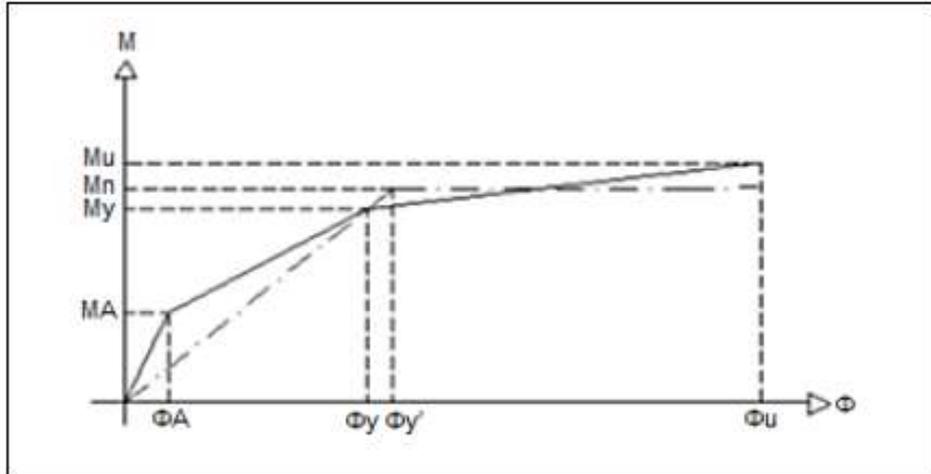


FIGURA 6 Modelo bilineal basándose en la definición de la rótula plástica. Fuente Aguiar 203

El área de este diagrama debe ser igual al área del modelo bilineal (Figura 6) en función del punto inicial de la rótula plástica, se dice que la rótula plástica no existe, pero es una conclusión hecha en el campo del estudio sísmico, porque permite encontrar la formulación que simplifica varios problemas (Aguiar 2015). Para obtener la longitud de la rótula plástica, se debe determinar los momentos máximos M_i , M_j y el momento de fluencia M_y en la viga de longitud L , suponiendo que el diagrama esta de forma lineal, se lo determina mediante la semejanza de triángulos y así obtener la ecuación de la longitud de la rótula plástica.

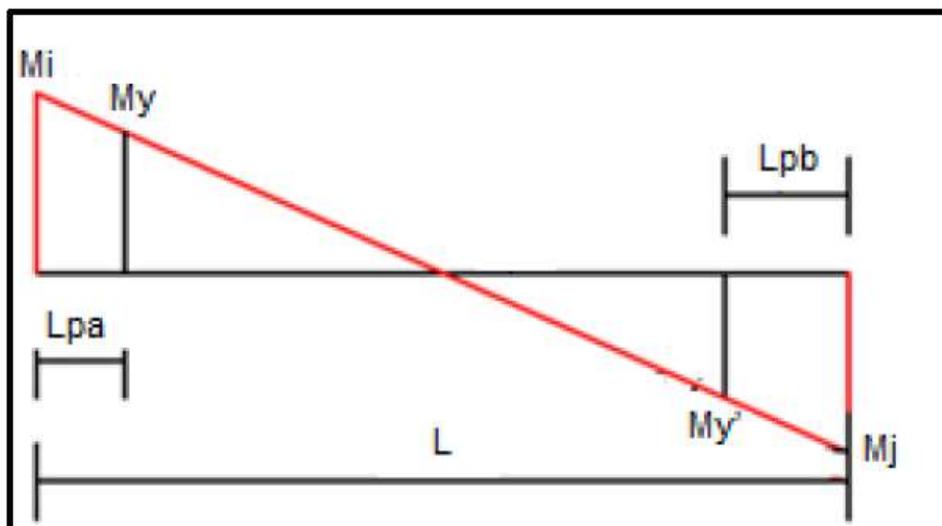


FIGURA 7 Diagrama de momentos de vigas de longitud L .

$$L_{pa} = \left| \frac{|M_i| - |M_j|}{M_i + M_j} \right| * L$$

EC. 7 Longitud de viga inferior.

$$L_{pb} = \left| \frac{|M_i| - |M_j^1|}{M_i + M_j} \right| * L$$

EC. 8 Longitud de viga superior.

La determinación más óptima para el presente trabajo es desarrollado por Priestley en 1996 donde, se define la longitud mínima y máxima para colocar la rótula en las siguientes expresiones:

$$L_{p_{min}} = 0.4044 \phi f_y$$

EC. 9 Longitud mínima.

$$L_p = 0.8L + 0.022 \phi f_y$$

EC. 10 Longitud máxima.

Donde:

L: Longitud del elemento en m.

ϕ : Diámetro mínimo de la armadura a flexión en m.

f_y : Esfuerzo de fluencia del acero en Mpa.

2.6 Columna Fuerte Viga Débil.

Para el análisis en desplazamientos que se realizan en el presente trabajo, se debe tener una seguridad de que las rótulas plásticas se originen primero en las vigas y después en columnas, para de esta manera si existiría una falla en una columna causarían el colapso de la estructura. Por otro lado, en estructuras sin aisladores sísmicos se esperaría que se disipe la energía generada por el sismo. La formación de rótulas plásticas en vigas daría como resultado un edificio más dúctil y así soportar algún desplazamiento que podría llevar a un colapso pese a tener una alta resistencia. (Castro 2010).

Para que esta situación no exista en el capítulo de la ACI 318RS-14 en el capítulo de diseño sísmico, se propone un criterio de diseño en el cual se lo conoce como

columna fuerte viga débil (CF-VD), la cual garantiza la correcta respuesta de la edificación ante un evento sísmico siempre y cuando se haya cumplido los parámetros establecidos en este reglamento. Para cumplir con dicho criterio, la resistencia a flexión de las columnas debe cumplir con el siguiente requerimiento.

$$\Sigma M_{nc} \geq \left(\frac{6}{5}\right) \Sigma M_{nb}$$

EC. 11 Relación CF-VD.

Donde:

M_{nc} : Momento en las columnas

M_{nb} : Momento en vigas

Para verificar el cumplimiento de este criterio se realiza un análisis no lineal para así observar la formación de las rótulas plásticas.

2.7 Desempeño Sísmico.

Después de ver como los sismos han afectado a ciertas estructuras, deja en evidencia ciertos enfoques del código NEC 2015, la evaluación del desempeño sísmico no se encuentra de manera explícita en el código, ya que estos nos llevan a un correcto control de daños.

Se verificará un correcto desempeño sísmico en un rango inelástico cumpliendo los objetivos de la NEC-SE-DS-2015.

- Nivel de seguridad de vida "Limitación de daño" ante una amenaza sísmica con un periodo de retorno de 475 años.
- Nivel de prevención de no colapso ante una amenaza sísmica con un periodo de retorno de 2500 años.

2.7.1 Niveles de Desempeño propuestas por la ATC 40

La norma ATC 40 hace una referencia para distintos niveles en edificaciones correspondientes a la combinación de elementos estructurales y no estructurales.

Se describe 6 tipos de niveles de desempeño.

- (SP-1) Ocupación inmediata. Con poca presencia de daños y soporte de cargas laterales y verticales sin daño alguno. Sin pérdidas de vida, daños materiales o necesidad de reforzar la estructura.
- (SP- 2) Daños controlado. Daño leve sin presencia de pérdidas humanas o lesiones a ningún habitante de las edificaciones.
- (SP-3) Seguridad de vida. A pesar de ser un movimiento sísmico considerable, no afecto por completo la estructura, pueden existir heridos, sin embargo, no pérdidas humanas. Posible reparación de la estructura.
- (SP-4) Seguridad limitada. Existe un daño en la estructura que afecta a la estabilidad de la misma, se requiere reforzamientos en algunas partes.
- (SP-5) Estabilidad estructural. Muy cerca de llegar a un colapso, se produce daños significativos en varios elementos de la estructura, si la estructura es antigua puede que sea derrocada.
- (SP-6) No considerado. No es un nivel de desempeño como tal, pero se lo utiliza para la evaluación de daño y considerar un reforzamiento.

2.7.2 Niveles para elementos no estructurales.

- Operacional. Elementos estructurales y maquinaria, continúan en su sitio funcionando normalmente.
- Ocupación inmediata. Necesitan un chequeo, a pesar de que el equipo sigue en su lugar y no afectan al funcionamiento del edificio.
- Seguridad de vida. Presencia de daños severos en elementos estructurales sin llegar al colapso, equipo y maquinaria del edificio, necesitan repararlo o reemplazarlo.
- Amenaza reducida. Daños severos en elementos no estructurales, sin llegar a un colapso.
- No considerado. No evalúa el desempeño como tal, pero puede indicar si un elemento necesita ser reparado o reemplazado.

2.7.3 Niveles para elementos estructurales

Niveles propuestos por la ATC-40 de 1996 donde, se describe niveles de desempeño para elementos estructurales y no estructurales.

Niveles de desempeño no estructural	Niveles de desempeño estructural					
	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5	SP6
NP-A	1-A Operacional	2-A	NR	NR	NR	NR
NP-B	1 - B Ocupación Inmediata	2-B	3-B	NR	NR	NR
NP-C	1-C	2-C	3-C Seguridad	4-C	5-C	6-C
NP-D	NR	2-D	3-D	4-D	5-D	6-D
NP-E	NR	NR	3-E	4-E	5-E Estabilidad estructural	No Aplicable

NR: combinación No Recomendada

Tabla 1. Niveles de desempeño propuesto por ATC-40. Fuente ATC-40 1996

- Operacional. Daños estructurales mínimos que no comprometen la estabilidad de la estructura. Estado del edificio. Funcional.
- Ocupación inmediata. Nivel ocupado en edificios institucionales, donde puede existir daños en la estructura, pero puede seguir funcionando.
- Seguridad de vida. Se observa daños limitados en elementos no estructurales y leves en elementos estructurales, el daño no presenta riesgo alguno a sus ocupantes.
- Estabilidad estructural. Riesgo de colapso muy elevado ante la posible llegada de una réplica, no se realiza evaluación de daños y se recomienda el derrocamiento.

2.7.4 Nivel de desempeño FEMA-356.

2.7.4.1 Nivel de desempeño estructural.

Elements	Type	Structural Performance Levels		
		Collapse Prevention S-5	Life Safety S-3	Immediate Occupancy S-1
Concrete Frames	Primary	Extensive cracking and hinge formation in ductile elements. Limited cracking and/or splice failure in some nonductile columns. Severe damage in short columns.	Extensive damage to beams. Spalling of cover and shear cracking (<1/8" width) for ductile columns. Minor spalling in nonductile columns. Joint cracks <1/8" wide.	Minor hairline cracking. Limited yielding possible at a few locations. No crushing (strains below 0.003).
	Secondary	Extensive spalling in columns (limited shortening) and beams. Severe joint damage. Some reinforcing buckled.	Extensive cracking and hinge formation in ductile elements. Limited cracking and/or splice failure in some nonductile columns. Severe damage in short columns.	Minor spalling in a few places in ductile columns and beams. Flexural cracking in beams and columns. Shear cracking in joints <1/16" width.
	Drift	4% transient or permanent	2% transient; 1% permanent	1% transient; negligible permanent

Tabla 2. Niveles de daño para elementos estructurales FEMA-356. Fuente FEMA-356 2000.

- Ocupación inmediata. - La estructura aún es segura y se la puede seguir utilizando, cumple con las normas de diseño conservando su rigidez.
- Control de daños. - Se requiere mantenimientos en equipos y maquinaria en el edificio.
- Seguridad de vida. - Daño considerable en la estructura a elementos estructurales, riesgo de colapso a criterios del diseño.
- Seguridad limitada. - Daño continuo, riesgo de colpas muy elevado.
- Prevención de colapso. - Estado de daño post sísmico, observando el daño de elementos estructurales que soportan cargas de gravedad.
- No considerada. - La edificación necesita un reforzamiento.

2.7.4.2 Nivel de desempeño no estructural.

Table C1-5 Nonstructural Performance Levels and Damage¹—Architectural Components

Component	Nonstructural Performance Levels			
	Hazards Reduced ² N-D	Life Safety N-C	Immediate Occupancy N-B	Operational N-A
Cladding	Severe distortion in connections. Distributed cracking, bending, crushing, and spalling of cladding elements. Some fracturing of cladding, but panels do not fall in areas of public assembly.	Severe distortion in connections. Distributed cracking, bending, crushing, and spalling of cladding elements. Some fracturing of cladding, but panels do not fall.	Connections yield, minor cracks (<1/16" width) or bending in cladding.	Connections yield, minor cracks (<1/16" width) or bending in cladding.
Glazing	General shattered glass and distorted frames in unoccupied areas. Extensive cracked glass; little broken glass in occupied areas.	Extensive cracked glass; little broken glass.	Some cracked panes; none broken.	Some cracked panes; none broken.
Partitions	Distributed damage; some severe cracking, crushing, and racking in some areas.	Distributed damage; some severe cracking, crushing, and racking in some areas.	Cracking to about 1/16" width at openings. Minor crushing and cracking at corners.	Cracking to about 1/16" width at openings. Minor crushing and cracking at corners.
Ceilings	Extensive damage. Dropped suspended ceiling tiles. Moderate cracking in hard ceilings.	Extensive damage. Dropped suspended ceiling tiles. Moderate cracking in hard ceilings.	Minor damage. Some suspended ceiling tiles disrupted. A few panels dropped. Minor cracking in hard ceilings.	Generally negligible damage. Isolated suspended panel dislocations, or cracks in hard ceilings.
Parapets & Ornamentation	Extensive damage; some falling in unoccupied areas.	Extensive damage; some falling in unoccupied areas.	Minor damage.	Minor damage.
Canopies & Marquees	Moderate damage.	Moderate damage.	Minor damage.	Minor damage.
Chimneys & Stacks	Extensive damage. No collapse.	Extensive damage. No collapse.	Minor cracking.	Negligible damage.
Stairs & Fire Escapes	Extensive racking. Loss of use.	Some racking and cracking of slabs. Usable.	Minor damage.	Negligible damage.
Doors	Distributed damage. Many racked and jammed doors.	Distributed damage. Some racked and jammed doors.	Minor damage. Doors operable.	Minor damage. Doors operable.

1. Damage states indicated in this table are provided to allow an understanding of the severity of damage that may be sustained by various nonstructural elements meeting the Nonstructural Performance Levels defined in this standard. These damage states are not intended for use in post-earthquake evaluation of damage or for judging the safety or required level of repair following an earthquake.

2. For the Hazards Reduced Performance Level, high hazard nonstructural components evaluated or rehabilitated to the Life Safety criteria will have Hazards Reduced performance identical to that expected for the Life Safety Performance Level.

Tabla 3 Niveles de daño para elementos no estructurales FEMA-356. Fuente FEMA-356 2000.

- Operativo. Daños casi nulos, no se requiere intervención y puede ser ocupado inmediatamente si no necesita la reparación de agua o luz.
- Ocupación inmediata. Existe un daño mínimo en los elementos no estructurales, se recomendaría esperar un mantenimiento de equipo o maquinarias y limpieza.
- Seguridad de vida. - Existen daños que se necesite la intervención en elementos no estructurales después de un evento sísmico.
- Prevención del colapso. - Existe riesgo en vidas humanas, con pérdidas económicas.

2.7.5 Seguridad De Vida.

Aquí se verificará que el edificio no rebase ningún estado de límite de falla y así limitar los daños estructurales, buscando elevar el nivel de protección y seguridad de que la estructura podrá mantenerse operacional aun después de un evento sísmico.

Una estructura se considera segura si satisface los criterios del último límite es decir que se encuentren por debajo del factor de resistencia, calculado para la tracción, torsión y corte.

2.7.6 Prevención De Colapso.

Para este paso se va a asumir que el edificio se encuentra al borde del colapso parcial o total, ya que se produjo daños considerables en la estructura, donde se incluye una disgregación a la rigidez y a la resistencia lateral (FEMA 356 2000). Se espera que a pesar de los daños recibidos la estructura pueda seguir soportando las cargas de gravedad, y así la edificación será insegura sin posibilidad de repararla la que causaría el colapso total de la misma.

2.7.7 Análisis Sísmico De Una Estructura NEC-SE-DS-2015.

El análisis sísmico es una aceleración que recibe el suelo y se la representa como una fracción de la aceleración de la gravedad y es obtenida mediante los datos que registran los acelerómetros (Mancheno, 2017).

Mediante el correcto uso de la norma, se obtendrá edificaciones que se encuentren con un correcto diseño basándose en el capítulo sísmico y de esta manera tener un bajo riesgo al momento de encontrarse en un evento sísmico. Para lo cual, el primer valor que debemos conocer es la aceleración sísmica; que es una medida de aceleración recibida mediante el suelo durante un evento sísmico, representada como una fracción de la aceleración de la gravedad, esta

representaría al movimiento de la tierra a partir de datos obtenidos en los acelerómetros ubicados en cierta localidad.

2.7.8 Zonificación Sísmica.

La edificación se la clasifica como de ocupación esencial, es decir que es una estructura que no puede cesar sus funciones luego de un evento sísmico.

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

Tabla 4. Factor I para tipo de uso, destino e importancia. Fuente NEC 2015

También se determinará una categoría de diseño de acuerdo al reglamento de la construcción competente, esta es dada por el código ACI 318S-14.

Categoría de diseño sísmico	Denominación	Debe cumplir en ACI 318 (capítulos)
A	Ordinario	1 a 17 y 19 a 26
B	Ordinario	1 a 17, 19 a 26 y 18.2.2
C	Intermedio	1 a 17, 19 a 26 y 18.2.3
D, E, F	Especial	1 a 17, 19 a 26, 18.2.2 a 18.2.8, 18,12 y 18.14

Tabla 5 categoría de diseño. Fuente ACI 318S 2014

2.7.9 Factor De Importancia Z.

La edificación se encuentra ubicada en el norte de Quito, esta consideración se realiza, ya que existen registros sísmicos fuertes en el sector.

Ecuador se encuentra dividido en 6 zonas según el peligro sísmico, cada zona tiene un factor Z, que se encuentra en el mapa de zonificación de la NEC-SE-DS.

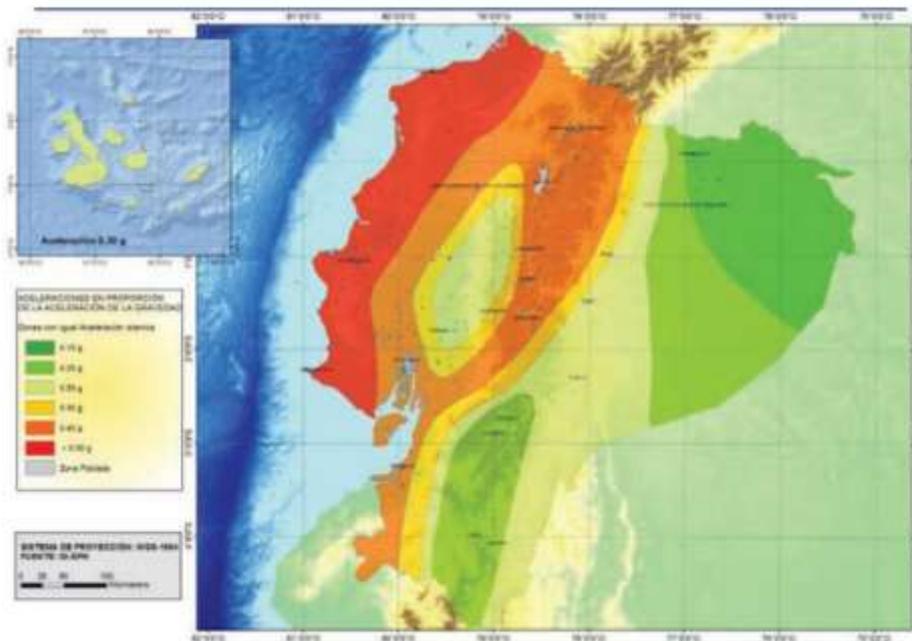


FIGURA 8 Zonificación sísmica del Ecuador. Fuente NEC 2015

El factor Z que define la aceleración máxima en la roca para el sismo de diseño, se la encuentra expresada como función de la aceleración. A cada zona se le asigna un valor Z siendo VI un valor de 0.4 g para el sector donde se encuentra la edificación.

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0,15	0,25	0,30	0,35	0,4	≥ 0,50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

Tabla 6 Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada. Fuente NEC 2015

2.7.10 Geología Local.

El tipo de suelo dependerá de la zona geográfica y del estudio geotécnico, donde se tiene posibles tipos de perfiles.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ kPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w_L \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H >3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H >7.5 m con índice de Plasticidad IP >75)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H >30m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia o ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Tabla 7 Tipos de perfiles de suelo. Fuente. NEC-SE-DS 2015.

2.7.11 Coeficiente De Perfil Del Sueño Fa, Fd, Fc.

Los siguientes valores son asignados en función del tipo de suelo y factor de zona sísmica, donde los suelos de tipo f no se encuentran valores, ya que se necesita de otro tipo de estudio. Y un tipo F donde se realizará otro tipo de estudio.

Para el factor Fa se va a utilizar la siguiente tabla, donde se tomará en cuenta los datos de estudio.

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
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4 de la NEC-SE-DS.					

Tabla 7 Coeficiente de amplificación de suelo Fa. Fuente. NEC-SE-DS 2015.

El coeficiente Fd amplifica las ordenadas del espectro de sismo de repuesta y se tomará los datos de estudio.

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
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4 de la NEC-SE-DS.					

Tabla 8 Coeficiente de amplificación de suelo Fd. Fuente. NEC-SE-DS 2015.

Para el coeficiente Fs, se tomará el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo, esta dependerá de la intensidad y frecuencia del evento sísmico.

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
F	Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4 de la NEC-SE-DS.					

Tabla 9. Coeficiente de amplificación de suelo Fs. Fuente. NEC-SE-DS 2015.

Para poblaciones que tienen más de 100.000 habitantes se tiene un estudio de microzonificación sísmica y sitios con tipo de suelo F, será aplicado con un espectro de respuesta elástico, dicho espectro se obtendrá para una fracción al

amortiguamiento crítico del 5% a menos de que se tenga que utilizar otros valores.

2.7.12 Modelo Del Espectro Elástico De Aceleraciones.

El espectro elástico de aceleraciones se encuentra en función de la aceleración de la gravedad, en obra este debe considerarse el factor de la zona sísmica Z y los diferentes coeficientes F_a , F_d y F_s .

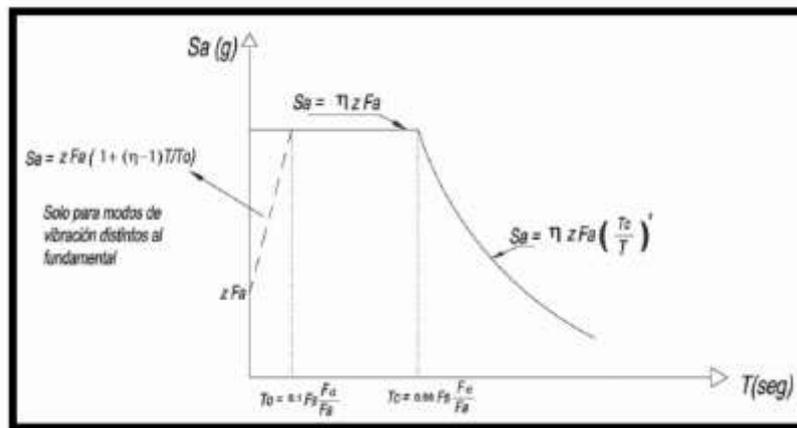


FIGURA 9. Espectro elástico de diseño. Fuente NEC-SE-DS 2015

Dónde:	
η	Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado.
F_a	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 periodo 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	Periodo limite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
T_c	Periodo limite 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

Tabla 10 Espectro sísmico elástico de aceleraciones. Fuente. NEC-SE-DS 2015.

El espectro se rige a una fracción de amortiguamiento, respecto al 5% crítico y se lo obtiene mediante las siguientes ecuaciones.

$$S_a = \eta * Z * F_a \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c$$

EC. 12 Fracción de amortiguamiento para $0 \leq T \leq T_c$

$$S_a = \eta * Z * F_a * \left(\frac{T_c}{T}\right)^r \quad \text{para } T > T_c$$

EC. 13 Fracción de amortiguamiento para $T > T_c$

Donde:

R: Es el factor usado en el espectro de diseño y sus valores depende de la ubicación de la edificación.

r = 1	Para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E.
r = 1.5	Para tipo de suelo E.

Tabla 11. Factor según la ubicación geográfica del proyecto. Fuente. NEC-SE-DS 2015.

2.7.13 Periodos Fundamentales De Vibración De La Estructura.

Basándonos en las NEC 2015 peligro sísmicos, se encuentran métodos y ecuaciones para obtener los periodos de vibración. El tipo de estructura correspondiente al de esta investigación es pórticos especiales de hormigón armado, sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras.

- Método 1.

$$T = C t h n^a$$

EC. 14 Periodo de vibración

Donde.

Ct = coeficiente que depende del tipo de edificio

Hn = altura máxima de la edificación

T = periodo de vibración

Tipo de estructura	C ₁	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 12. Crecientes para cálculo de periodo. Fuente. NEC-SE-DS 2015.

2.7.10 Corte Basal De Diseño.

En la NEC-SE-DC-2015 podemos encontrar una ecuación para obtener el cortante basal basándose en la función de los coeficientes que nos facilita la norma.

$$V = \frac{I * Sa}{R * \emptyset P * \emptyset E}$$

EC. 15 Cortante basal

Donde.

I = coeficiente de importancia

Sa = aceleración espectral

R = factor de reducción sísmica

∅P = coeficiente en planta

$\emptyset E$ = coeficiente en elevación

2.8 coeficiente de importancia (I).

La importancia de este coeficiente, ya que está en función de la importancia y uso de la edificación nos permitirá aumentar el esfuerzo sísmico al diseño para que así, estas estructuras puedan seguir operativas después de un evento sísmico. Donde se tomará el valor de la categoría en edificaciones especiales.

La NEC 2015, facilita una tabla, basándose en el uso o destino de la edificación.

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

Tabla 13. Coeficiente de uso, destino e importancia. Fuente NEC-SE-DS 2015.

2.9 Configuración En Planta Y En Elevación.

La configuración de la estructura será de mucha importancia para el comportamiento de la misma.

La NEC-SE-DS-2015 facilita coeficientes tanto para elevación como en planta.

2.9.1 Configuración En Planta ϕ_p .

Este coeficiente se lo toma de acuerdo a la geometría de la edificación.

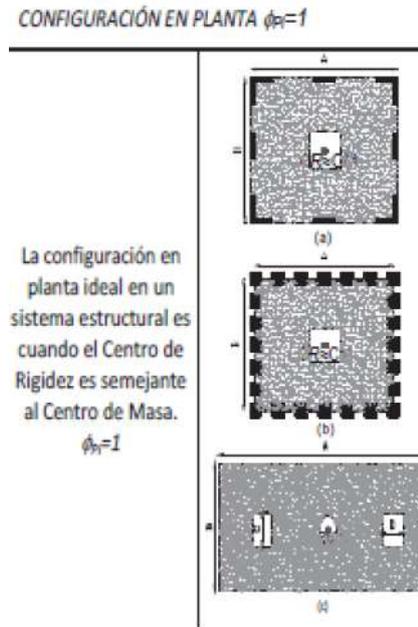


Tabla 14 Coeficiente en planta. Fuente NEC-SE-DS 2015.

2.9.1 Configuración En Elevación ϕ_e .

Para el cálculo del corte basal, se tomará el coeficiente que dependerá de la elevación de la edificación.

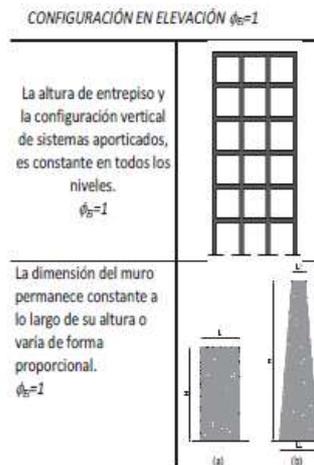


Tabla 15 Coeficiente en elevación. Fuente NEC-SE-DS 2015.

2.9.2 Factor De Reducción De Resistencia R.

Se utilizará el factor de importancia R que permitirá una reducción de resistencia el cual permitirá minimizar el espectro elástico e inelástico, este depende de parámetros como la ductilidad el periodo de vibración y el tipo de suelo.

En la NEC-SE-DS 2015 podemos encontrar los coeficientes a utilizar según el tipo de edificación.

Para nuestro caso utilizaremos los valores de la categoría de otros sistemas estructurales para edificaciones – pórticos especiales sismorresistentes de hormigón armado con vigas banda.

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

Tabla 16. Coeficiente de reducción. Fuente NEC-SE-DS 2015.

2.9.3 Carga Sísmica.

Se aplicará un peso de W que será igual a la carga muerta a cada piso.

$$w = \text{carga muerta}$$

EC. 16 Peso

2.10 Coeficiente Estático.

Se lo determina mediante la ecuación

$$COEFICIENTE\ ESTÁTICO = \frac{I * Sa}{R * \phi_p * \phi_E}$$

EC. 17 Coeficiente estático

El valor encontrado mediante esta ecuación dependerá del coeficiente de importancia, el espectro de aceleraciones, factor de reducción sísmica, coeficiente en elevación y planta.

2.11 Derivas De Piso.

Para obtener el valor de derivas de piso, se lo encontrará mediante la siguiente ecuación.

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

EC. 18 Desplazamiento de fuerzas laterales

Donde.

ΔM = Desplazamiento de fuerzas laterales

R = factor de reducción

ΔE = desplazamiento de fuerzas laterales

Este valor debe cumplir un requerimiento dado por la NEC-SE-DS 2015.

Estructuras de:	A_{ps} máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02
De mampostería	0.01

Tabla 17 Coeficiente derivas. Fuente NEC-SE-DS 2015

2.12 Código Ecuatoriano De Construcción (CEC 2000).

El objetivo principal del código ecuatoriano de la construcción es calcular y diseñar estructuras que puedan superar un evento sismo. Para esto han existido varias modificaciones en el espectro de respuesta y el cálculo del corte basal, ya que en la actualidad contamos con la microzonificación de suelos y así tener más precisión al momento de diseñar o evaluar una estructura.

2.13 Zonificaciones Sísmica CEC 2000.

Después de varios estudios y modificaciones del código ecuatoriano de la construcción, se obtuvo el mapa de microzonificaciones del Ecuador, donde se puede categorizar al Ecuador según su zona sísmica.

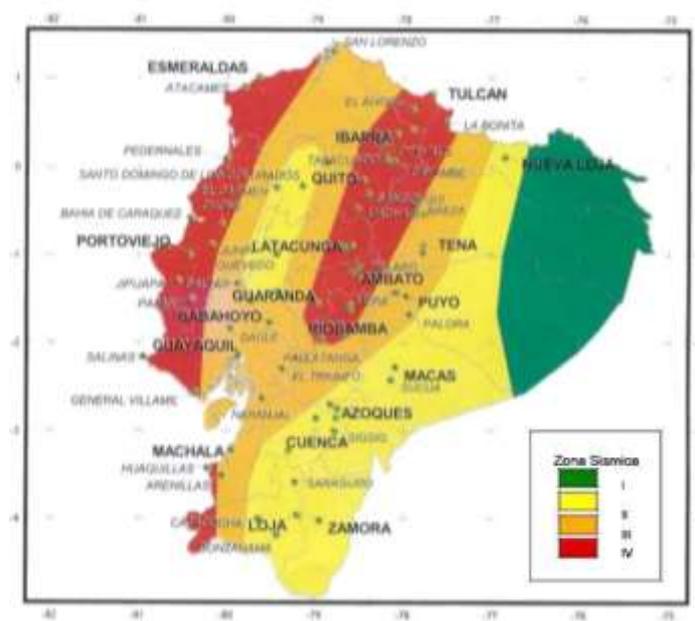


FIGURA 10 Mapa microzonificación del Ecuador. Fuente CEC 2000.

Zona sísmica	I	II	III	IV
Valor facto Z	0.15	0.3	0.35	0.4

Tabla 18 Valores de z según zona sísmica. Fuente CEC 2000.

2.14 Fuerza Sísmica Para Las Estructuras.

También conoció como corte basal, se lo obtiene mediante la siguiente ecuación.

$$V = \frac{Z I C}{R \emptyset p \emptyset E} * w$$

EC. 19 Cortante basal.

$$C = \frac{1,25 * S^s}{T}$$

EC. 20 Coeficiente según el tiempo.

Donde.

Z= tipo de suelo, valor obtenido de tabla 19.

C = valor no puede ser menor de 0.5 o superar el Cm.

R = factor de Reducción sísmica.

W= carga de estructura.

$\emptyset p$ =coeficiente de planta.

$\emptyset E$ =coeficiente de elevación.

S = tipo de suelo

Perfil tipo	Descripción	S	Cm
S1	Roca o suelo firme	1,0	2,5
S2	Suelos intermedios	1,2	3,0
S3	Suelos blandos y estrato profundo	1,5	2,8
S4	Condiciones especiales de suelo	2,0 *	2,5

Tabla 19. Coeficiente de suelos. Fuente CEC 2000

2.15 Periodo De Vibración.

Se lo obtiene con la siguiente ecuación.

$$T = C_t (H_n)^\alpha$$

EC. 21 Periodo de vibración.

Donde.

T = Periodo de vibración.

Hn = altura del edificio

Ct = tipo de pórtico.

$\alpha = 0.9$ por ser sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras

TIPO DE PORTICO	CT
HORMIGON	0,08
ACERO	0,09
HOMIGON CON MUROS	0,06

Tabla 20. Coeficiente para tipo de pórticos. Fuente CEC 2000.

2.16 Coeficiente De Importancia.

Este dependerá el tipo de uso de la edificación dada por el código ecuatoriano de la construcción (I).

Para nuestro caso, se ocupará la categoría de estructuras de ocupación especial en donde el tipo de uso es de museos, iglesias y centros de educación o deportivos que alberguen mas de treientos personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieras operar continuamente.

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Factor I
Edificaciones Esenciales y/o peligrosas	Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1,5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente.	1,3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación u otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores.	1,0

Tabla 21 Coeficiente para tipo de uso. Fuente CEC 2000.

2.17 Factor De Reducción Sísmica.

Dependerá del sistema constructivo de la edificación, y se obtiene mediante la tabla del código ecuatoriano de la construcción (R).

El valor a ocupar lo obtenemos de la categoría, sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes de hormigón armado con vigas banda.

Sistema estructural	R
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas o de acero laminado en caliente, con muros estructurales de hormigón armado (sistemas duales).	12
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas o de acero laminado en caliente.	10
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas banda y muros estructurales de hormigón armado (sistemas duales).	10
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas y diagonales rigidizadoras. *	10
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes, de hormigón armado con vigas banda y diagonales rigidizadoras. *	9
Sistemas de pórticos espaciales sismo-resistentes de hormigón armado con vigas banda.	8
Estructuras de acero con elementos armados de placas o con elementos de acero conformados en frío. Estructura de aluminio.	7
Estructuras de madera.	7
Estructura de mampostería reforzada o confinada.	5
Estructuras con muros portantes de tierra reforzada o confinada.	3

Tabla 22 Factor R, sistema constructivo. Fuente CEC 2000.

2.18 Coeficiente De Planta ϕ_p .

Se lo obtiene mediante la tabla del código ecuatoriano de la construcción, basándose en la geometría de la edificación.

El valor a ocupar sería de la categoría de irregularidad torsional.

Tipo	DESCRIPCIÓN DE LAS IRREGULARIDADES EN PLANTA	ϕ_{pi}
1	<p>Irregularidad torsional <i>Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de frecuencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</i></p>	0,9
2	<p>Entrantes excesivos en las esquinas <i>La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</i></p>	0,9
3	<p>Discontinuidad en el sistema de piso <i>La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</i></p>	0,9
4	<p>Desplazamiento del plano de acción de elementos verticales <i>Una estructura se considera irregular cuando existen discontinuidades en los ejes verticales, tales como desplazamientos del plano de acción de elementos verticales del sistema resistente.</i></p>	0,8
5	<p>Ejes estructurales no paralelos <i>La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</i></p>	0,9
6	<p>Sistema de piso flexible <i>Cuando la relación de aspecto en planta de la edificación es mayor que 4:1 o cuando el sistema de piso no sea rígido en su propio plano se debe revisar la condición de piso flexible en el modelo estructural.</i></p>	-

Tabla 23. Coeficiente de configuración en planta. Fuente CEC 2000.

2.19 Coeficiente De Elevación ϕ_e .

Se lo obtiene mediante la tabla del código ecuatoriano de la construcción, basándose en los pórticos y sistemas duales.

El valor a ocupar es de la categoría, irregularidad en la distribución de las masas.

Tipo	Descripción de las irregularidades en elevación	Pórticos espaciales y pórticos con vigas banda ΦE_i	Sistemas duales o con diagonales ΦE_i
1	Piso blando (irregularidad en rigidez) La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80% del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.	0,9	1,0
2	Irregularidad en la distribución de las masas La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.	0,9	1,0
3	Irregularidad geométrica La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.	0,9	1,0
4	Desalineamiento de ejes verticales La estructura se considera irregular cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales del sistema resistente, dentro del mismo plano en el que se encuentran, y estos desplazamientos son mayores que la dimensión horizontal del elemento. Se exceptúa la aplicabilidad de este requisito cuando los elementos desplazados solo sostienen la cubierta de la edificación sin otras cargas adicionales de tanques o equipos.	0,8	0,9
5	Piso débil-Discontinuidad en la resistencia La estructura se considera irregular cuando la resistencia del piso es menor que el 70% de la resistencia del piso inmediatamente superior, (entendiéndose por resistencia del piso la suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada).	0,8	1,0
6	Columnas cortas Se debe evitar la presencia de columnas cortas, tanto en el diseño como en la construcción de las estructuras.	-	-

Tabla 24. coeficiente de elevación. Fuente CEC 2000.

2.20 Carga De La Estructura.

Será considerada como W siendo este, un 25% más de la carga viva obtenida para cada piso. (CEC 2000).

2.21 Espectro Elástico CEC 2000.

Se encuentra en función de T.

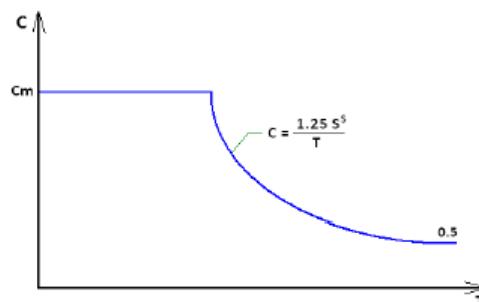


FIGURA 11 Espectro inelástico. Fuente CEC 2000.

$$T_i \leq T \quad c=c_m$$

EC. 22 Tiempos con valor de C

$$T_i > T$$

EC. 23 Condicional de T_i

$$T_i > T \quad c=0,5$$

EC. 24 Reemplazo de c en EC22

2.22 Derivas De Piso.

Para determinar las derivas de piso se aplica la siguiente ecuación.

$$\Delta_m = R \Delta_E$$

EC. 25 Derivas de piso

El valor encontrado no puede superar al coeficiente dado por la tabla del código ecuatoriano de la construcción.

Estructuras de	Δ_M máxima
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0,020
De mampostería	0,010

Tabla 25 coeficiente derivas de piso. Fuente CEC 2000.

2.23 Caracterización Del Movimiento Sísmico Del Suelo.

El análisis inelástico se lo obtiene para la evaluación de una estructura con la finalidad de tener una estimación en la estructura post sísmica.

Los espectros sísmicos nos ayudan para tener un registro de movimientos sísmicos los cuales se los puede analizar con el fin de obtener datos para una estructura óptima.

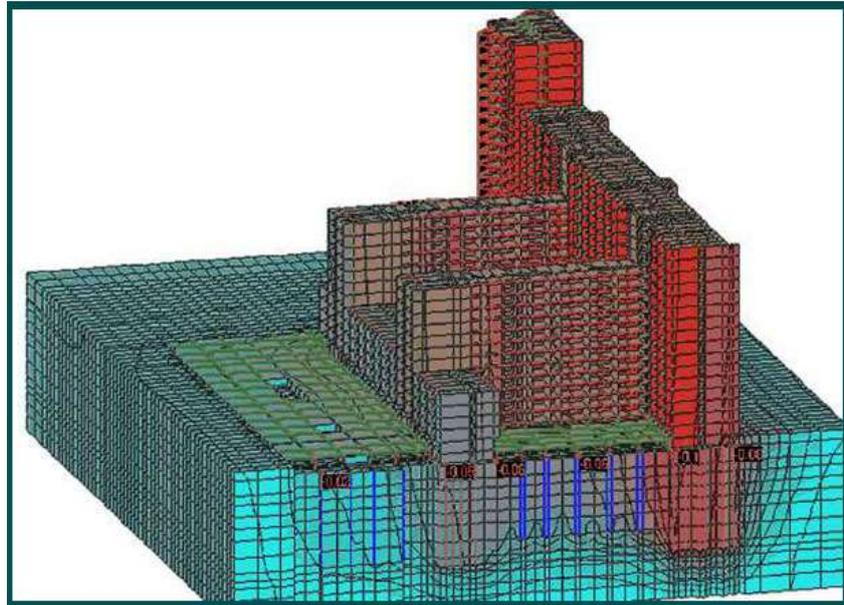


FIGURA 12 Análisis inelástico. Fuente. Comité técnico mexicano.

2.24 Opciones Para Análisis Inelásticos.

El análisis sísmico- inelástico dependerá del desempeño esperado.

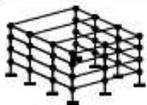
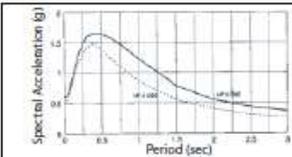
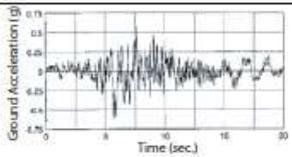
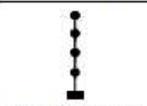
		GROUND MOTION	
		Corresponding response spectra	Multiple records
S T R U C T U R A L	 Detailed		
	 Equivalent MDOF	Multi-mode pushover analysis (MPA)	Dynamic analysis
M O D E L	 Equivalent SDOF	Nonlinear static procedures (NSP's)	Simplified SDOF dynamic analysis

Tabla 26 Esquema sísmico - inelástico. Fuente FEMA 440.

2.25 Análisis Estático Lineal (AEL).

También conocido como análisis equivalente, se lo utiliza para el cálculo de desplazamientos, tensiones y deformaciones aplicadas mediante una carga.

En análisis equivalente, cumple con las condiciones esperadas.

Se supondrá la linealidad, esto nos permitirá el aumento de cargas donde se observará un aumento de tensiones, deformaciones y desplazamientos. Esto será aplicable siempre y cuando los materiales cumplan la ley de Hooke.

Se lo modelará con un sistema de un grado de libertad y así obtener las fuerzas laterales con una rigidez lineal, para lograr obtener el rendimiento máximo.

2.26 Análisis No Lineal (PUSHOVER).

Consiste en el empuje de una carga lateral hasta que la edificación llegue al colapso, aquí se analizara la capacidad del edificio mediante una curva de capacidad llamada curva pushover que la define como la relación entre cargas de empuje lateral y el desplazamiento causado por las mismas. Estas cargas laterales serán distribuidas a lo largo de los pisos de la edificación a partir del corte basal, haciendo que estas crezcan conforme la altura del edificio similar a una distribución lineal triangular, estas fuerzas son de laterales aumentan constantemente de tomando como referencia la parte superior de la estructura y así poder reconocer y ubicar la sección que fallaría, así como los desplazamientos máximos en un rango inelástico.

Este análisis es muy simple y por lo tanto es muy utilizado al momento de realizar una evaluación de diseño, pero cabe recalcar que tiene ciertas limitaciones. Es idóneo para estructuras simétricas de poca altura, que es el caso de estudio. Para estructuras asimétricas se debería considerar un Pushover en 3D, ya que la estructura vibra predominantemente en el primer modo y esta suposición no se cumple para edificaciones asimétricas o de gran altura (Peralta, 2012).

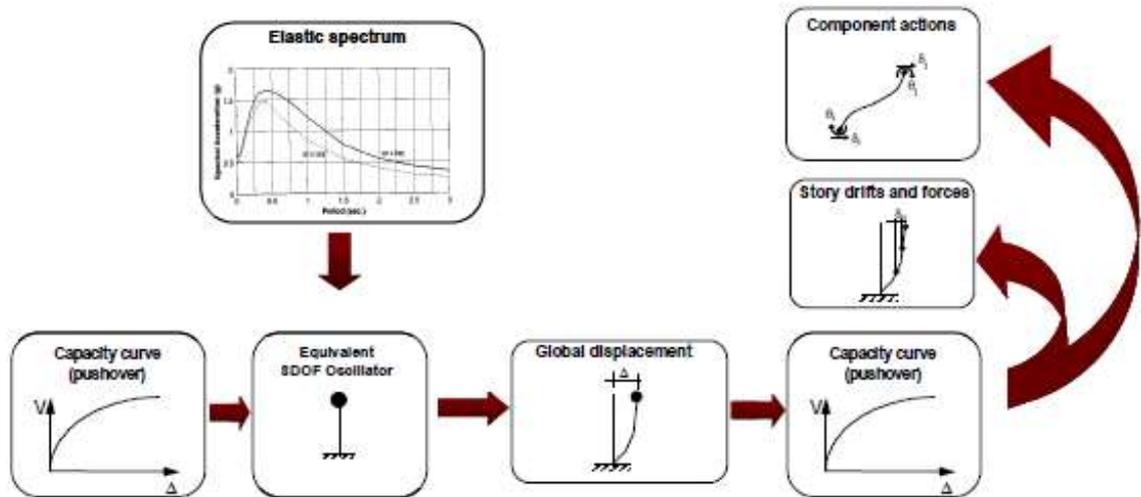


FIGURA 13 Diagrama no lineal. Fuente. Fema 440,2005.

2.27 Ensayo Del Esclerómetro.

El área de análisis debe ser aproximadamente de 300 mm x 300 mm. Las superficies con demasiada textura o pérdida de masilla se la igualarán con la piedra abrasiva, hasta que este se encuentre liso. Las superficies con encofrados lisos se las puede ensayar de manera directa.

Los elementos a ensayarse deben tener por lo menos un espesor de 100 mm y estar fijo a una estructura, se debe evitar elementos que presenten grietas o exceso de porosidad. Para la selección de la zona de ensayo, se tomará en cuenta los factores como la resistencia, la humedad, la carbonatación y la dirección del ensayo.

Se recomienda utilizar por lo menos 3 veces antes el esclerómetro y después se puede realizar en ensayo, se lo sujetará de manera firme en una posición donde se permita transmitir el impacto del vástago con el elemento, luego se anotará el valor del índice de rebote.

Se tomará al menos nueve datos para obtener una estimación confiable, se lo anotará tomando en cuenta la posición del esclerómetro.

El resultado será la mediana de los datos obtenidos, si más del 20% difieren se descartará en totalidad las lecturas.

2.28 Módulo de elasticidad

El módulo de elasticidad se lo define con la relación entre el esfuerzo y la deformación unitaria en un rango elástico de la curva esfuerzo – deformación en el hormigón.

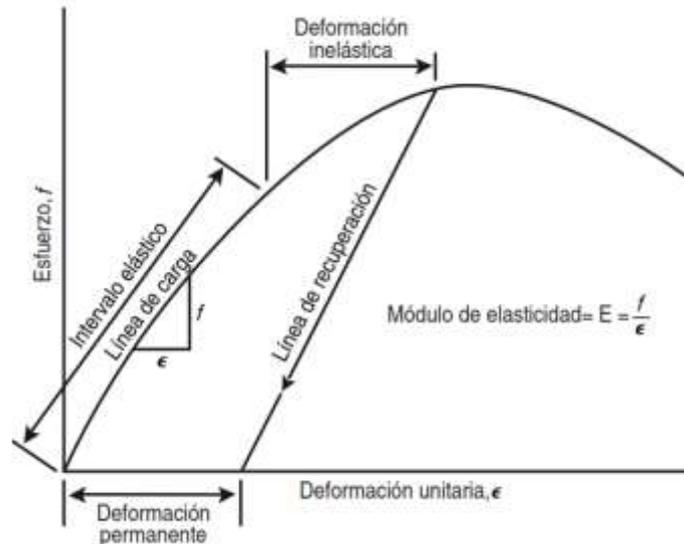


FIGURA 14 Curva esfuerzo deformación. Fuente. Steven H. Kosmatka,2004.

El módulo de elasticidad es una medida que define la rigidez del material donde su magnitud dependerá de la resistencia a la compresión del hormigón, tipo de agregados y cantidades de los mismos.

El hormigón es un material que carece de elasticidad, pero, por otro lado; al empezar el proceso de endurecimiento se obtiene una curva de esfuerzo de compresión – deformación, que por lo general es una recta dentro de los esfuerzos de trabajo (Quiroz Crespo & Salamanca Osuna,2006).

Se lo determina a partir de los ensayos a compresión realizados a cilindros de hormigón. Los valores obtenidos se los calcula a partir de una prueba que incluya el módulo tangente inicial, el módulo secante y el módulo cuerda.

Después de obtener la resistencia a la compresión, las muestras se las coloca en un compresometro que cuenta con sensores opuestos que marcaran la

deformación longitudinal, se lo repite tres veces realizando un proceso de carga y descarga a la prensa.

El proceso antes mencionado es para determinar el módulo de elasticidad en hormigones a ensayar, para nuestro caso que vamos a evaluar una estructura ya realizada hace más de 20 años, se tomara las ecuaciones proporcionadas por el comité A.C.I. 318 y la A.C.I. 363 para obtener el módulo de elasticidad la cual no es 100% real, ya que varían los materiales como cemento y pétreos.

El caso de que fue realizado con hormigón pre mezclado, se debe tener en consideración que las diferentes empresas que se dedican al abastecimiento de hormigón ocupan distintos materiales pétreos, cementos, agua y aditivos. Esto nos da como resultado diferentes módulos y resistencias.

Para el presente trabajo de titulación se utilizará un módulo de elasticidad de $F_c = 3875\sqrt{f'_c}$ Mpa o $12400 \sqrt{f'_c}$ kg/cm². Basándonos en una tesis realizada por la universidad Politécnica Nacional el módulo de elasticidad para el hormigón de peso normal es de $F_c: 21.24.28.35$ Mpa

Capítulo III

3.1 Metodología.

Para el presente trabajo se va a realizar un análisis estático no lineal (AENL-PUSHOVER) en 2D, debido a la simetría del edificio, luego se realizará un análisis dinámico no lineal, para luego realizar una comparación entre los métodos empleados.

1. Modelación del bloque de aulas norte.
2. Criterios de diseño.
3. Análisis estático no lineal mediante SAP 2000.
4. Realizar un análisis dinámico no lineal empleando un registro sísmico respecto al espectro de la NEC en el software SAP 2000.

5. Comparación de los desplazamientos obtenidos después de aplicar los análisis.
6. Obtener una comparación entre los criterios de La Norma Ecuatoriana De La Construcción 2015 (NEC) y el Código Ecuatoriano de la Construcción 2000 (CEC 2000).

3.2 Recolección de Datos.

Nos basaremos en la norma ASCE_SI 41-17 CAP 3.2 para el análisis de los datos obtenidos.

- Se analizará el tipo de suelo de manera visual para verificar el estado de la edificación.
- Se verificará la existencia de toda clase de documentos como planos, ensayos, ante proyectos, documentación municipal como el IRM, etc.
- Se necesita una investigación histórica de sismos recientes o de alguno producido durante la existencia de la edificación.
- Normas del año en que fue construida la edificación.
- Ensayos destructivos o no destructivos.
- Determinar la categoría de la edificación con su coeficiente de importancia, este valor se lo obtendrá tabla de 6 de la norma sísmica.
- Determinar las cargas gravitacionales de acuerdo al uso de la edificación.
- Determinar las cargas sísmicas según el nivel de desempeño, esto se lo obtendrá del mapa de microzonificaciones sísmica de Quito y así determinar el coeficiente según su zona.
- Determinar los coeficientes en planta mediante la NEC 2015 en el capítulo de sismo resistencia, donde también obtendremos el valor de irregularidad en elevación.
- Desarrollar el análisis estático lineal y estático no lineal de la estructural.

3.3 Análisis de la información.

- Para el desarrollo y análisis de la estructura se ocupará el programa computacional de análisis estructural SAP 2000.
- Para el modelado en la estructura se colocará: propiedades no lineales y lineales del acero y hormigón.
- Se analizará el desempeño de la estructura si cumple con los parámetros establecidos de las normas.

3.4 Recolección de la información.

El día 3 de junio del presente año, se realizó la visita a La Universidad Internacional SEK. Campus Miguel de Cervantes Ubicada en el sector de Carcelén. Con la supervisión del tutor de tesis Ing. Luis Alberto Soria Núñez, para el recorrido de la edificación que se va a intervenir. Con la ayuda de los planos otorgados por el tutor, se procedió a la toma de datos y verificación de los mismos.

Se comenzó con el trazado de ejes y medida de secciones, columnas, vigas y losas. Concluyendo con el ensayo del esclerómetro realizado en 3 aulas diferentes por cada piso.

3.5 Condición de suelo.

No se encontró estudios de suelos para la construcción del edificio, por lo tanto, se ocupará como referencia el mapa de microzonificaciones sísmica de la ciudad de Quito del Dr. Roberto Aguiar del 2017.

3.6 Configuración del edificio.

Después de realizar la toma de datos se determinó que la configuración del edificio en planta es regular.

3.7 Códigos o normas según el año de construcción.

El año aproximado que se llevó a cabo la construcción del edificio, se estima el año 1998. Por lo tanto, se tomará de referencia la norma ecuatoriana de la construcción CEC 77, por la falta de información de la norma CEC 77 se tomará de referencia la CEC 2000.

3.8 Ensayos de los materiales.

El día 6 de junio del presente año, se realizó el ensayo no destructivo con el esclerómetro en los elementos principales de la estructura que son: columnas, vigas y losas. Se realizó 3 columnas, 2 vigas y 1 losa en cada aula y se repitió el proceso para cada piso. En total se realizó 24 ensayos. Toda la información se la puede revisar en el apartado de anexos.

3.9 Recolección de Datos.

3.9.1 Planos Arquitectónicos.

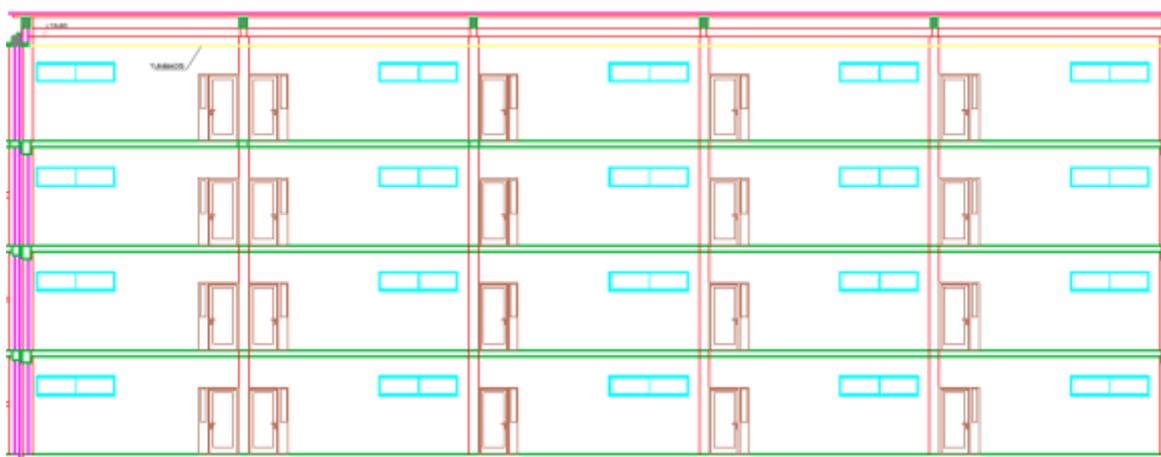


FIGURA 15 Vista en corte aulas UISEK. Fuente. Planos Universidad Internacional SEK.

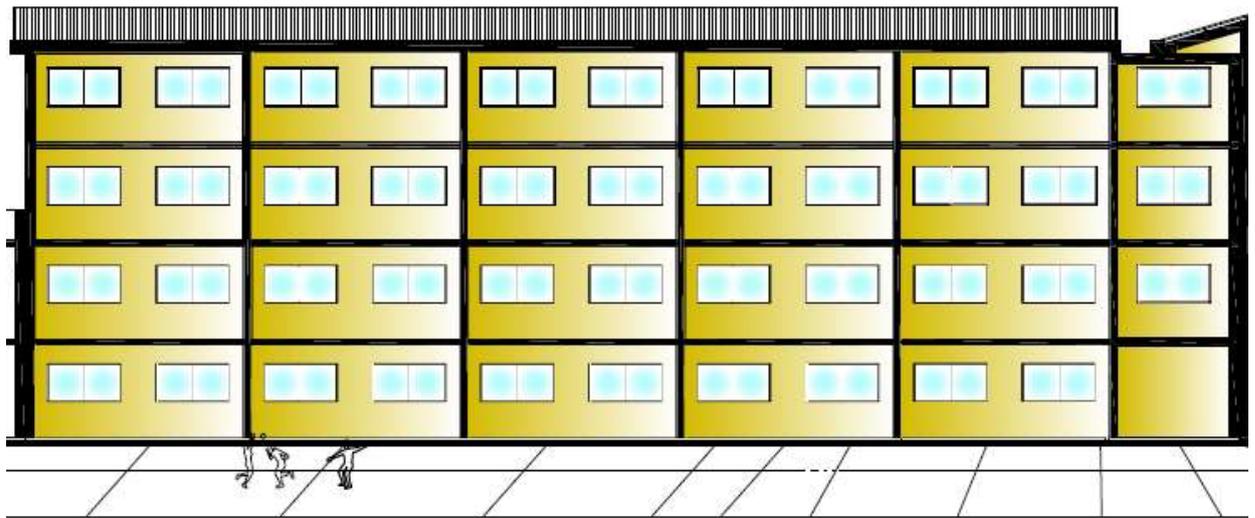


FIGURA 16. Elevación norte aulas UISEK. Fuente. Planos Universidad Internacional SEK.

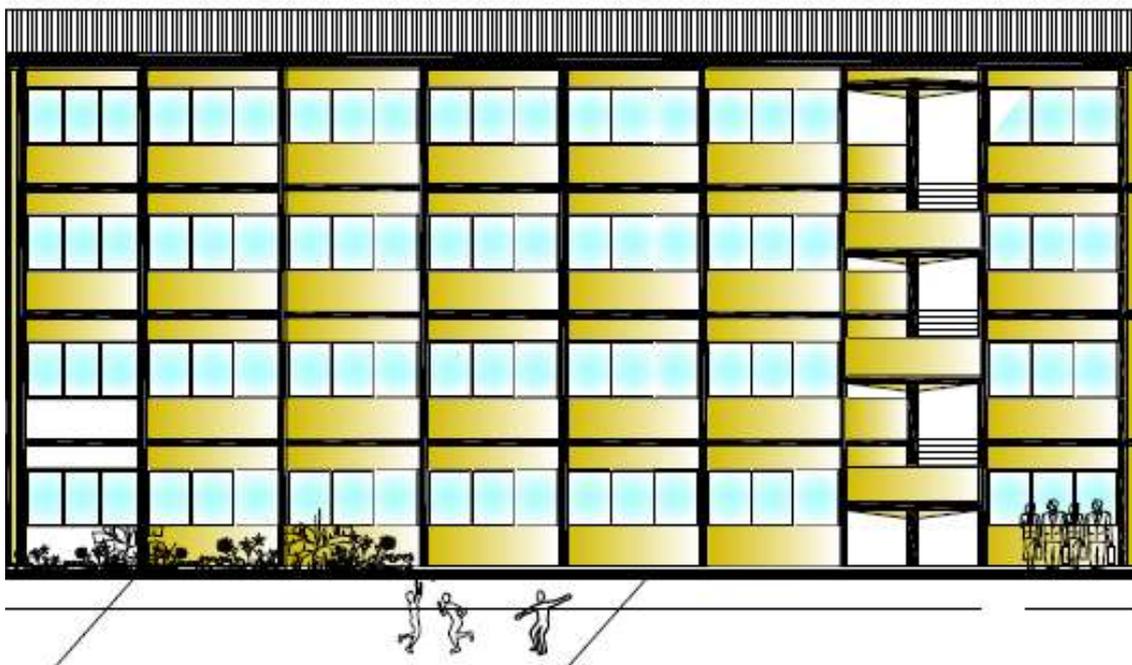


FIGURA 17 Elevación SUR aulas UISEK. Fuente. Planos Universidad Internacional SEK.



FIGURA 18 Vista en planta aulas UISEK. Fuente. Planos Universidad Internacional SEK.

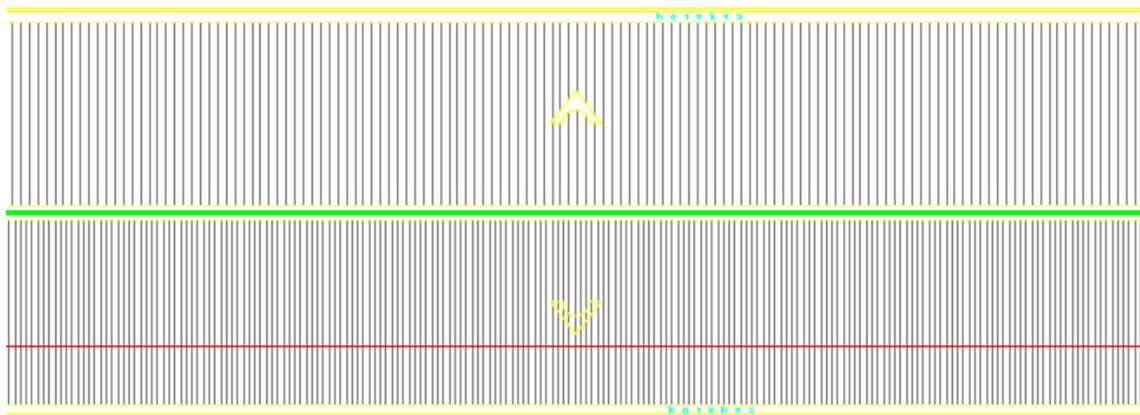


FIGURA 19 Vista de cubierta aulas UISEK. Fuente. Planos Universidad Internacional SEK.

3.10 Ensayo esclerómetro.

Se realizó en ensayo, con la corrección de desviación y de edad, utilizando la norma japonesa. Se presentará la tabla resumen del ensayo, donde se utilizó dos tipos de hormigones para los diferentes elementos ensayados. Una

ampliación mayor del ensayo se lo encontrará en la sección de anexos donde se encuentra el informe realizado.

RESUMEN DE HORMIGON						
PISOS	HORMIGON NORMA JAPONESA POR CORRECCION DE EDAD FC= KG/CM2			HORMIGON CON LA CURVATURA DEL INSTRUMENTO FC = KG/CM2		
	COLUMNAS	VIGAS	LOSAS	COLUMNAS	VIGAS	LOSAS
PLANTYA BAJA	149,01	300,76	300,76	202,47	369,78	104,44
PISO 1	155,36	264,21	264,21	223,86	351,22	140,63
PISO 2	149,25	263,41	263,41	201,33	387,47	112,47
PISO 3	151,32	265,22	265,22	219,84	354,03	106,25

Tabla 27. Resumen de hormigón en elementos ensayados. Fuente. Ensayo esclerómetro aulas norte UISEK Juan Taco,2021.

Capítulo IV

4.1 Análisis De Resultados.

4.1.2 Descripción de los resultados.

Después de recolectar toda la información y obtenida de las aulas norte campus Miguel de Cervantes de la Universidad Internacional SEK, se procese a realizar un estudio de la estructura.

4.1.3 Modelo estructural.

Para obtener el modelo estructural se representará las formas geométricas de cada elemento que compone la estructura, con sus respectivas alturas, secciones, longitudes y propiedades. De esta manera se obtendrá un modelado preciso e igual al construido.

4.2 Materiales de la estructura.

4.2.1 Resistencia a la Compresión.

Este valor lo obtenemos después de haber realizado el ensayo del esclerómetro, donde se obtuvo tres tipos de hormigón que son. Columnas, vigas y losas.

RESUMEN DE HORMIGON						
PISOS	HORMIGON NORMA JAPONESA POR CORRECCION DE EDAD FC= KG/CM2			HORMIGON CON LA CURVATURA DEL INSTRUMENTO FC = KG/CM2		
	COLUMNAS	VIGAS	LOSAS	COLUMNAS	VIGAS	LOSAS
PLANTYA BAJA	149,01	300,76	300,76	202,47	369,78	104,44
PISO 1	155,36	264,21	264,21	223,86	351,22	140,63
PISO 2	149,25	263,41	263,41	201,33	387,47	112,47
PISO 3	151,32	265,22	265,22	219,84	354,03	106,25

Tabla 28. Resumen de hormigón en elementos ensayados. Fuente. Ensayo esclerómetro aulas norte UISEK Juan Taco,2021.

$F_c = 151.235 \text{ Kg/cm}^2 \longrightarrow$ Columnas

$F_c = 275.415 \text{ Kg/cm}^2 \longrightarrow$ Losas y vigas

4.2.2 Módulo de elasticidad.

SECCION	FC HORMIGON	$\sqrt{f'_c}$	MODULO DE ELASTICIDAD
			$E=12400*\sqrt{f'_c}$
COLUMNAS	151,235	12,297764	152492,2739
VIGAS	275,415	16,595632	205785,8362
LOSAS 2-3	57,67	7,59407664	94166,55032
LOSA 1	151,12	12,2930875	152434,2849

Tabla 29 Módulo de elasticidad Fuente. Juan Taco,2021.

Peso por unidad de volumen 2400 kg/m³, referencia en el apartado 2.18 del capítulo II

Módulo de poisson $\nu = 0.2$

4.2.3 Resistencia a la Fluencia del acero.

Se ocupará la resistencia a la fluencia del acero de $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$, el módulo de Young del acero será $E_s = 200000 \text{ Mpa}$ y para los estribos de que será con varilla de 10 mm $F_y = 2800 \text{ Kg/cm}^2$.

4.2.4 Secciones Estructurales.

4.2.4.1 Columnas.

COLUMNAS (M)			
BASE	ALTURA	UBICACIÓN	ÁREA DE LA SECCION
0,3	0,4	A1	0,12
0,4	0,3	A2	0,12
0,3	0,4	A3	0,12
0,4	0,3	A4	0,12
0,3	0,4	A5	0,12
0,4	0,3	A6	0,12
0,3	0,4	A7	0,12
0,4	0,3	A8	0,12
0,3	0,4	A9	0,12
0,4	0,3	A10	0,12
0,3	0,4	A11	0,12
0,3	0,4	B1	0,12
0,4	0,3	B2	0,12
0,3	0,4	B3	0,12
0,4	0,3	B4	0,12
0,3	0,4	B5	0,12
0,4	0,3	B6	0,12
0,3	0,4	B7	0,12

0,4	0,3	B8	0,12
0,3	0,4	B9	0,12
0,4	0,3	B10	0,12
0,3	0,4	B11	0,12
0,2	0,4	C1	0,08
0,2	0,4	C2	0,08
0,2	0,4	C3	0,08
0,2	0,4	C4	0,08
0,2	0,4	C5	0,08
0,2	0,4	C6	0,08
0,2	0,4	C7	0,08
0,2	0,4	C8	0,08
0,2	0,4	C9	0,08
0,2	0,4	C10	0,08
0,2	0,4	D11	0,08
0,2	0,4	D10	0,08

Tabla 30 Secciones de columnas y ubicación Fuente. Juan Taco,2021.

4.2.4.2 Vigas.

VIGAS (M)			
BASE	ALTURA	UBICACIÓN	AREA
0,3	0,3	A	0,09
0,3	0,3	B	0,09
0,3	0,3	C	0,09
0,3	0,3	D	0,09
0,3	0,3	A1	0,09
0,3	0,3	A2	0,09
0,3	0,3	A3	0,09
0,3	0,3	A4	0,09
0,3	0,3	A5	0,09
0,3	0,3	A6	0,09
0,3	0,3	A7	0,09
0,3	0,3	A8	0,09
0,3	0,3	A9	0,09
0,3	0,3	A10	0,09
0,3	0,3	A11	0,09

Tabla 31 Secciones de vigas y ubicación Fuente. Juan Taco,2021.

4.2.4.3 Losas.

LOSA	e (M)
1	0,2
2	0,2
3	0,2
4	0,2

Tabla 32 Secciones de losas Fuente. Juan Taco,2021.

4.2.5 Sección de Agrietamiento.

Se basará para este trabajo de titulación la NEC 2015 donde nos dice que se debe considerar un porcentaje del 80% de agrietamiento, ya que desde su construcción se encontraban de esta manera.

PISO	ELEMENTO	BASE	ALTURA	AGRIETAMIENTO
1	COLUMNA	0,4	0,3	0,80
2	COLUMNA	0,3	0,4	0,80
3	COLUMNA	0,4	0,3	0,80
4	COLUMNA	0,3	0,4	0,80

Tabla 33. Factor de agrietamiento. Fuente. Juan Taco,2021.

4.3 Cálculo de Cargas.

4.3.1 Datos de la edificación.

DATOS DEL EDIFICIO	
GRAVEDAD	9,81 m/s
ALTURA ENTREPISO 1-3	3 m

ALTURA ENTREPISO 4	2,90 m
ALTURA TOTAL	12,80 m
MÓDULO DE ELASTICIDAD	12400 $\sqrt{f'c}$
PESO ESPECÍFICO DEL HORMIGON	2,4 T/m ²
ESPEJOR DE LOSA	0,2 m
ÁREA DE CADA PISO	304,6 m

Tabla 34 Datos de la edificación. Fuente. Juan Taco,2021.

4.3.2 Peso Propio de la estructura.

4.3.2.1 Columnas.

COLUMNAS PISO 1-2-3						
BASE	ALTURA	AREA	ALTURA DE ENTREPISO	N. DE COLUMNAS	PESO ESPECIFICO DEL HORMIGON	PESO TOTAL DE LAS COLUMNAS
0,3	0,4	0,12	3	12	2,4	10,368
0,4	0,3	0,12	3	10	2,4	8,64
0,2	0,4	0,12	3	12	2,4	10,368
PESO TOTAL COLUMAS PISO 1-2-3 T/m2						29,376
COLUMNAS PISO4						
BASE	ALTURA	AREA	ALTURA DE ENTREPISO	N. DE COLUMNAS	PESO ESPECIFICO DEL HORMIGON	PESO TOTAL DE LAS COLUMNAS
0,3	0,4	0,12	2,9	12	2,4	10,0224
0,4	0,3	0,12	2,9	10	2,4	8,352
0,2	0,4	0,12	2,9	12	2,4	10,0224
PESO TOTAL COLUMAS PISO 4 T/m2						28,3968

Tabla 35 Cálculo de peso de columnas. Fuente. Juan Taco,2021.

4.3.2 Vigas.

VIGAS							
B(m)	H(m)	AREA(m2)	DISTANCIA	HORIENTACION	PESO DEL HORMIGON T/m2	PESO T	PESO TOTAL DE VIGA POR PISO
0,3	0,1	0,03	84,35	V	2,4	6,0732	13,1148
0,3	0,1	0,03	97,8	H	2,4	7,0416	

Tabla 36 Cálculo de peso de vigas. Fuente. Juan Taco,2021.

4.3.3 Losas.

PESO DE LOSA POR METRO CUADRADO				
	BASE	ANCHO DE NERVIO	PESO DEL HORMIGON	
NERVIO	0,2	0,1	2,4	0,048
LOSA DE COMPRESION	0,05		2,4	0,12
	N. DE BLOQUES	PESO DE BLOQUE T/M2		
BLOQUES	8	0,012		0,096
LOSA T/m2				0,264

Tabla 37 Cálculo de peso de losas. Fuente. Juan Taco,2021.

4.3.4 Mamposterías.

Se asumirá bloque de 40 x 20 x 10 cm con un peso específico de 211.18 kg/cm² o 0.2118 T/m², este valor se lo obtuvo de estudio realizado por Páez Espinosa donde se encuentra las diferentes propiedades para los bloques prensado, alivianado y ladrillos.

			Bloque prensado			Bloque alivianado		Ladrillo
Ancho nominal (cm)			10	15	20	10	15	8
Número de mampuestos (por m ²)			11,34	11,34	11,34	12,79	12,79	30,36
Peso individual del mampuesto (kg)			8,44	10,94	14,12	4,65	6,30	6,23
Mortero de unión (m ³)			0,0246	0,0369	0,0492	0,0225	0,0367	0,0315
Mortero de enlucido (m ³)			0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400	0,0400
Espesor de pared (m)			0,140	0,190	0,240	0,125	0,179	0,199
Mortero	Dosificación	Densidad (kg/m ³)	Peso por m ² de pared de mampostería (kg/m ²)					
Arena de Guayllabamba	1:3	1827,03	211,18	261,93	320,44	171,13	218,28	317,29
	1:4	1764,28						
Arena fina	1:3	1778,00	206,62	256,77	314,68	166,68	213,13	312,39
	1:4	1680,46						
Polvo amarillo	1:3	1675,20	201,39	250,28	306,92	161,66	206,64	306,44
	1:4	1612,82						
Valor máximo de peso por m ² (kg/m ²)			211,18	261,93	320,44	171,13	218,28	317,29

Tabla 38 Valores de mampuestos. Fuente. Estuardo Páez Espinosa, 2018

MAMPOSTERIA piso 1-2-3					
PAREDES	ALTURA DE ENTREPISO	DISTANCIA	PESO DE MAMPOSTERIA T/M2		TOTAL
FRONTAL	1,45	31,4	0,21	9,5613	71,9292
DIVISIONES	3	83,82	0,21	52,8066	
EXTERIOR	1,45	31,4	0,21	9,5613	
MAMPOSTERIA piso 4					
PAREDES	ALTURA DE ENTREPISO	DISTANCIA	PESO DE MAMPOSTERIA T/M2		TOTAL
FRONTAL	1,45	31,4	0,21	9,5613	70,16898
DIVISIONES	2,9	83,82	0,21	51,04638	
EXTERIOR	1,45	31,4	0,21	9,5613	

Tabla 39 Cálculo de pesos de mamposterías. Fuente. Juan Taco, 2021.

4.3.5 Cerámicas.

Para el cálculo del peso en cerámica, se tomará el valor obtenido de la norma NEC 2015.

G. Contrapisos y recubrimientos	kN/m²
Baldosa de mármol reconstituido, con mortero de cemento: por cada cm, de espesor	0.22
Baldosa de cerámica, con mortero de cemento: por cada cm, de espesor	0.20
Contrapiso de hormigón ligero simple, por cada cm, de espesor	0.16
Contrapiso de hormigón simple, por cada cm, de espesor	0.22

H. Cielorrasos y Cubiertas	kN/m²
De yeso sobre listones de madera (incluidos los listones)	0.20
De mortero de cemento compuesto de cal y arena	0.55

Tabla 40 Peso de contrapiso y recubrimientos. Fuente. NEC, 2015.

CERAMICA		
AREA	PESO DE CERAMICA	TOTAL
291,34	0,02	5,8268

Tabla 41 Cálculo de peso de cerámica. Fuente. Juan Taco, 2021.

4.3.6 Cielo raso.

Para este caso vamos a tomar de referencia la misma tabla 40 proporcionada por la NEC para el cálculo de peso de cielo raso.

CIELO RASO		
AREA	PESO C. RASO	TOTAL
291,34	0,02	5,8268

Tabla 42 Cálculo de peso de cielo raso. Fuente. Juan Taco, 2021.

4.3.7 Cubierta.

CUBIERTA		
AREA	PESO CUBIERTA	TOTAL
302,09	0,014	4,22926

Tabla 43 Cálculo de peso para cubierta. Fuente. Juan Taco, 2021.

4.3.8 Resumen de pesos totales - Carga muerta.

PISOS	PESO TOTALES							T por piso
	VIGAS	COLUMNAS	LOSAS	MAMPOSTERIA	CERAMICA	CIELORASO	cubierta	
1	13,1148	29,376	77,44176	45,2046	5,8668	5,8668	0	176,87076
2	13,1148	29,376	77,44176	45,2046	5,8668	5,8668	0	176,87076
3	13,1148	29,376	77,44176	45,2046	5,8668	5,8668	0	176,87076
4	13,1148	29,376	77,44176	44,0916	5,8668	5,8668	4,22926	179,98702
peso total (T)								710,5993

Tabla 44 Peso total de la estructura. Fuente. Juan Taco, 2021.

4.3.9 Carga viva.

Se tomará como guía de igual manera la tabla proporcionada por la NEC 2015 de cargas no sísmicas.

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga concentrada (kN)
Soportes para luces cenitales y cielos rasos accesibles		0.90
Unidades educativas		
Aulas	2.00	4.50
Corredores segundo piso y superior	4.00	4.50
Corredores primer piso	4.80	4.50
Veredas, áreas de circulación vehicular y patios que puedan estar cargados por camiones	12.00	35.60*

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga concentrada (kN)
Soportes para luces cenitales y cielos rasos accesibles		0.90
Unidades educativas		
Aulas	2.00	4.50
Corredores segundo piso y superior	4.00	4.50
Corredores primer piso	4.80	4.50
Veredas, áreas de circulación vehicular y patios que puedan estar cargados por camiones	12.00	35.60*

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga concentrada (kN)
Cubiertas:		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.70	
Cubiertas destinadas para áreas de paseo	3.00	
Cubiertas destinadas en jardinería o patios de reunión	4.80	
Cubiertas destinadas para propósitos especiales		

Tabla 45 Peso total de la estructura. Fuente. Juan Taco, 2021.

4.3.10 Análisis sísmico de acuerdo la ubicación geográfica.

La edificación se encuentra en la Provincia de Pichincha ciudad de Quito parroquia de Carcelén, perteneciente a la administración zonal la delicia. La edificación es de unidades educativas con aulas en todos sus pisos.

4.3.11 Zonificación sísmica factor Z.

El valor z fue obtenido de acuerdo del mapa de microzonificación del distrito metropolitano de Quito, en la cual se encuentra la tabla 6 del capítulo 2.

$$Z = 0.40$$

4.3.12 Zona geográfica.

Para poder conocer el tipo de suelo vamos a remitirnos a la tabla 7 del presente trabajo, proporcionada de le NEC 2015 donde se puede observar los 6 tipos de suelo que encontramos en el país.

4.3.13 Perfil del suelo.

Según la tabla de factores de sitio se encuentran en el mapa de microzonificación del distrito metropolitano de Quito obtenemos los valores de f_a , f_s y f_d .

Carcelén	Sector 70	norte	0,850	0,775	1,100
La Josefina	Sector 70	norte	0,850	0,775	1,100

Tabla 46 Sectores en microzonificación de Quito. Fuente. Aguiar, 2017.

4.3.14 Aceleración espectral.

Podemos remitirnos a la información del capítulo II.

$$n = 2.48$$

4.3.15 Calculo de periodo para la NEC 2015.

Para calcular el periodo fundamental de la estructura nos basaremos en el primer método de la norma NEC 2015

$$T = C_t (H_n)^\alpha$$

EC. 26 Periodo de Vibración.

Donde.

T = Periodo de vibración.

H_n = altura del edificio

C_t = tipo de pórtico.

$$T = 0.56$$

Periodo de Vibración Fundamental	
Tipo de Estructura	Pórtico de Hormigón
Coefficiente Ct	0,055
Altura del edificio desde el punto o	12,80
Coefficiente α	0,90
Periodo de vibracion ta	0,546
Tc=	0,56
sa	0,8432

Tabla 47 Cálculo de periodo de vibración. Fuente. Juan Taco,2021

4.3.16 Peso sísmico.

Aquí se utilizará el valor obtenido del peso de la estructura de la tabla 45.

$$W = 710.5993 \text{ T}$$

4.3.17 Coeficiente estático.

El factor de importancia I es 1.30 ver la tabla 14 del capítulo II, Irregularidad en planta es 1.00 ver en la tabla 15 del capítulo II, Irregularidad en elevación de 1.00 por similitud de alturas.

Coefficiente de reducción sísmica 5, por motivo de es por ser un pórtico resistente a momentos .

$$COEFICIENTE \text{ ESTÁTICO} = \frac{I * Sa}{R * \phi_p * \phi_E}$$

EC. 27 Coeficiente estático.

$$COEFICIENTE\ ESTÁTICO = \frac{1.30 * 0.8432}{5 * 0.9 * 1.00}$$

EC. 28 Coeficiente estático.

$$COEFICIENTE\ ESTÁTICO = 0.24$$

EC. 29 Resultado EC.28

$$CORTANTE\ BASAL = \frac{I * Sa}{R * \Phi_p * \Phi_E} * W$$

EC. 30 Cortante basal.

$$CORTANTE\ BASAL = \frac{1.30 * 0.8432}{5 * 0.9 * 1.00} * 710.60$$

EC. 31 Reemplazo en Ec.30

$$CORTANTE\ BASAL = 173.10\ T$$

EC. 32 Resultado Ec. 31

$$CORTANTE\ MINIMO = 173.10 * 0.80$$

EC. 33 Cortante mínimo.

$$CORTANTE\ MINIMO = 138.48\ T$$

EC. 34 Resultado EC.33

Cortante de Diseño	
Factor de Importancia I	1,30
Irregularidad de la Planta Φ_p	0,90
Irregularidad en Elevación Φ_e	1,00
R	5,00

coeficiente cortante basal	0,24
Cortante	173,10
vmini	138,48
W	710,60
k	1,00
Wt	H _{piso} ^k

Tabla 48 Cálculo de Cortante basal según datos de la edificación. Fuente. Juan Taco,2021.

4.3.18 Factores de Diseño para CEC 2000.

El valor de $Z = 0.40$ remitido en a la tabla 19, por el sitio de estudio debido a la calidad del suelo, el coeficiente del suelo remitido en la tabla 20 en el capítulo II, El coeficiente de acuerdo al tipo de suelo se remite al apartado 2.14 del capítulo II.

El valor de Factor de comprobación se debe por la verificación del cm con el tiempo.

CEC 2000	
Valor del Factor Z	0,40
Característica de la Zona Sísmica	alta
Tipo de perfil del suelo	D
COEFICIENTE DE SUELO S	2,00
COEFICIENTED DE ACUERDO AL TIPO DE SUELO Cm	2,50
FACTOR DE COMPROBACION	9,24
C	2,50

Tabla 49 Factores del sitio para CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021.

4.3.19 Periodo de vibración.

Periodo de Vibración Fundamental	
Altura del edificio	12,80
coeficiente	0,08
tiempo	0,54
Periodo de vibración ta	2,00

Tabla 50. Periodo de vibración CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021.

Debido que el cm sobre paso el tiempo se volvió a calcular un nuevo tiempo.

4.3.20 Coeficiente del cortante CEC 2000.

$$COEFICIENTE ESTÁTICO = \frac{I * C * Z}{R * \emptyset p * \emptyset E}$$

EC. 35 Coeficiente estático.

$$COEFICIENTE ESTÁTICO = \frac{1.30 * 2.50 * 0.40}{8 * 0.90 * 1.00}$$

EC. 36 Coeficiente estático reemplazando en EC.35

$$COEFICIENTE ESTÁTICO = 0.181$$

EC. 37 Resultado EC.36

$$CORTANTE BASAL = \frac{I * C * Z}{R * \emptyset p * \emptyset E} * W$$

EC. 38 Cortante Basal

$$CORTANTE BASAL = \frac{1.30 * 2.50 * 0.40}{8 * 0.90 * 1.00} * 710.60$$

EC. 39 Coeficiente estático reemplazado en EC.38.

$$CORTANTE\ BASAL = 128.30$$

EC. 40 Resultado de EC.39

$$CORTANTE\ MINIMO = 128.30 * 0.80$$

EC. 41 Cortante Mínimo

$$CORTANTE\ MINIMO = 102.64 T$$

EC. 42 Resultado de EC. 41

Cortante de Diseno	
Factor de Importancia I	1,30
Irregularidad de la Planta Φ_p	0,90
Irregularidad en Elevación Φ_e	1,00
R	8,00
coeficiente cortante basal	0,181
Cortante	128,30
vmini	102,64
W	710,60
k	1,00
Wt	Hpiso^k

Tabla 51 Cálculo del cortante CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021.

4.3.21 Comparación de espectros CEC 2000 Vs NEC 2015

NORMA	PARAMETROS		FORMULAS	VALOR DEL COEFICIENTE	VALOR DEL CORTANTE	% DE DIFERENCIA
NEC 2015	SA	0,8432	$V=SA*I/\Phi_p*\Phi_e*R$	0,24	173,1	35%
	FACTOR DE IMPORTANCIA I	1,3				
	IRREGULARIDAD EN PLANTA Φ_p	0,9				
	IRREGULARIDAD EN ELEVACION Φ_e	1				
	R	5				
PESO	W	710,6				

CEC 2000	Z	0,4	$V=Z*C*C/\Phi_p*\Phi_e*R$	0,181	128,3
	C	2,5			
	FACTOR DE IMPORTANCIA I	1,3			
	IRREGULARIDAD EN PLANTA Φ_p	0,9			
	IRREGULARIDAD EN ELEVACION Φ_e	1			
	R	8			

Tabla 52 Comparación CEC 200 Vs NEC 2015

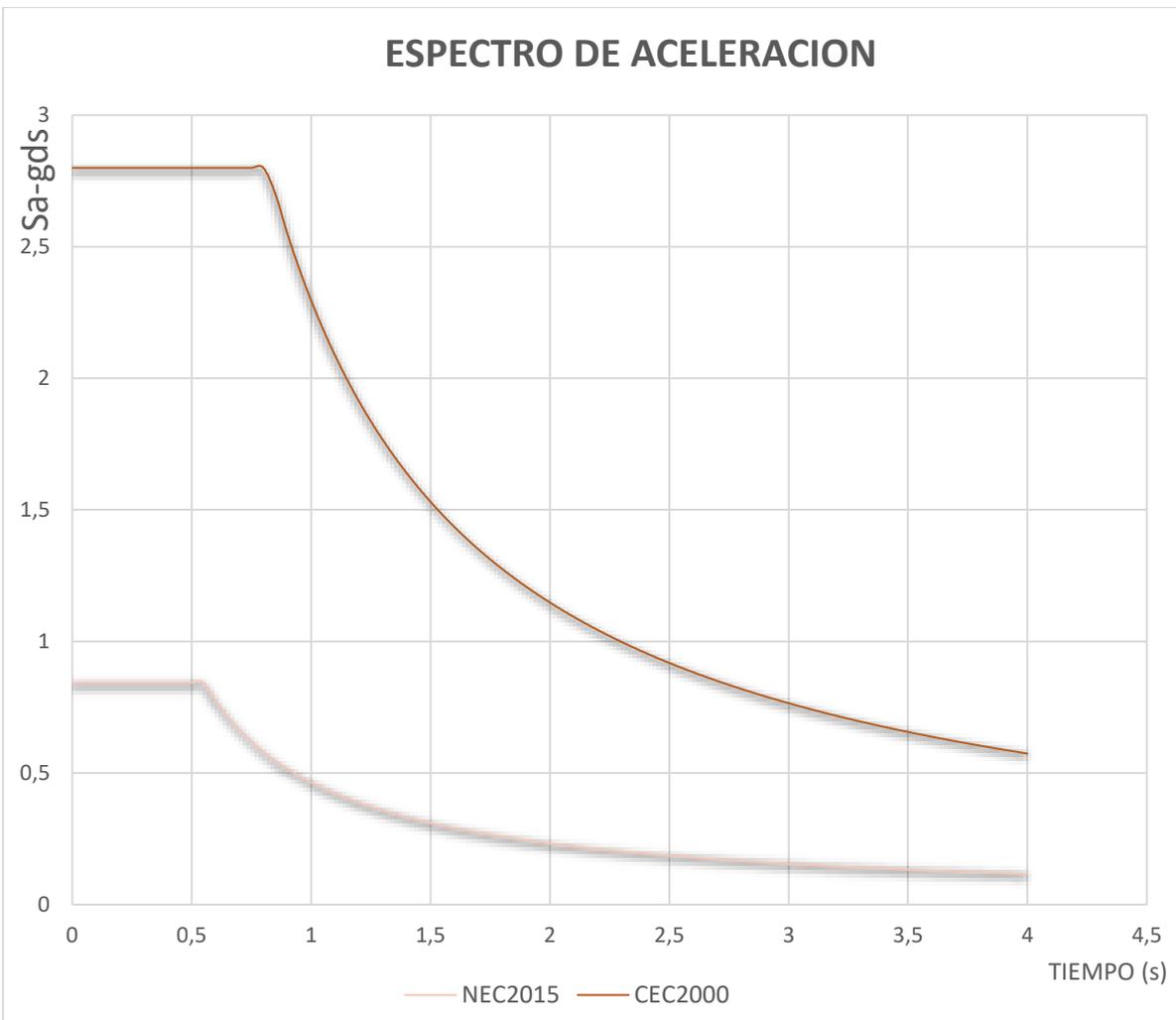


FIGURA 20 Comparación espectro CEC 2000 vs NEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021

4.4 Modelación.

4.4.1 Método estático.

- Creación de ejes.

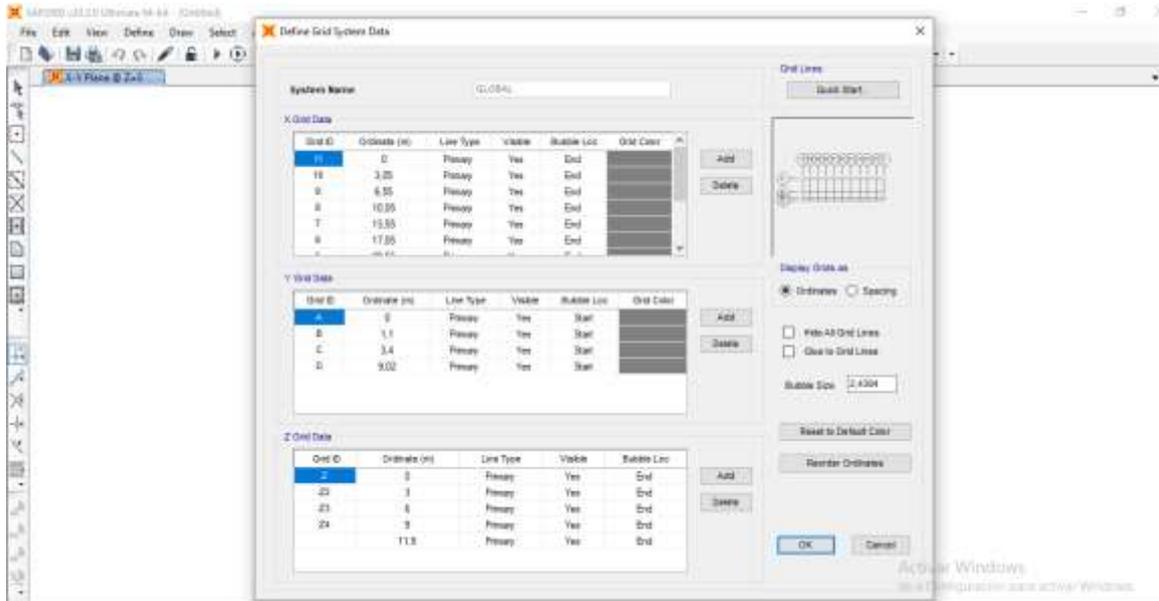


FIGURA 21 Creación de ejes. Fuente. Juan Taco,2021

- Vista en planta.

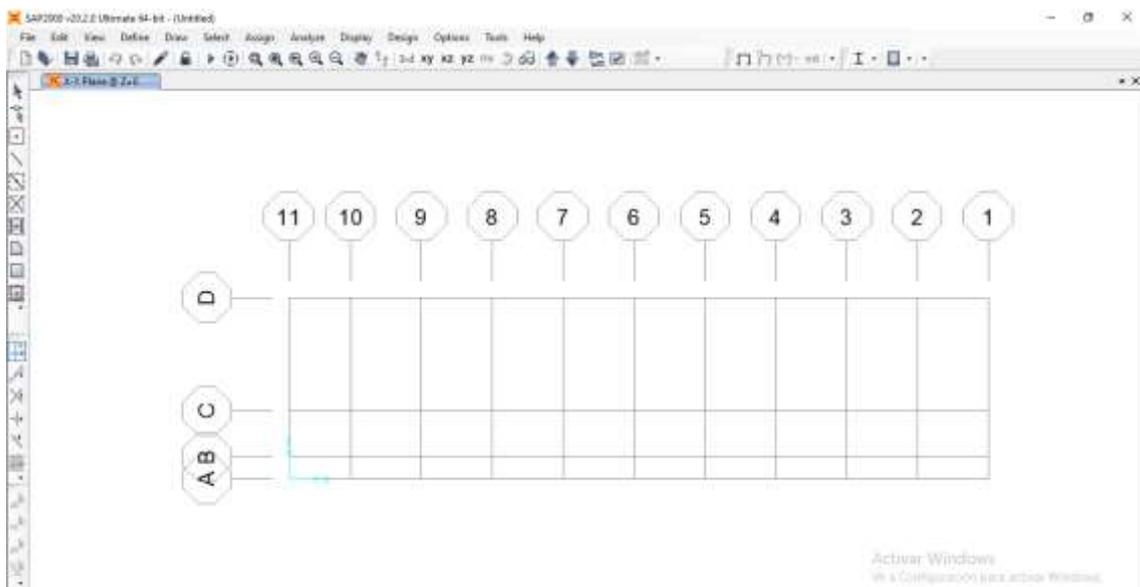


FIGURA 22 Vista en planta. Fuente. Juan Taco,2021

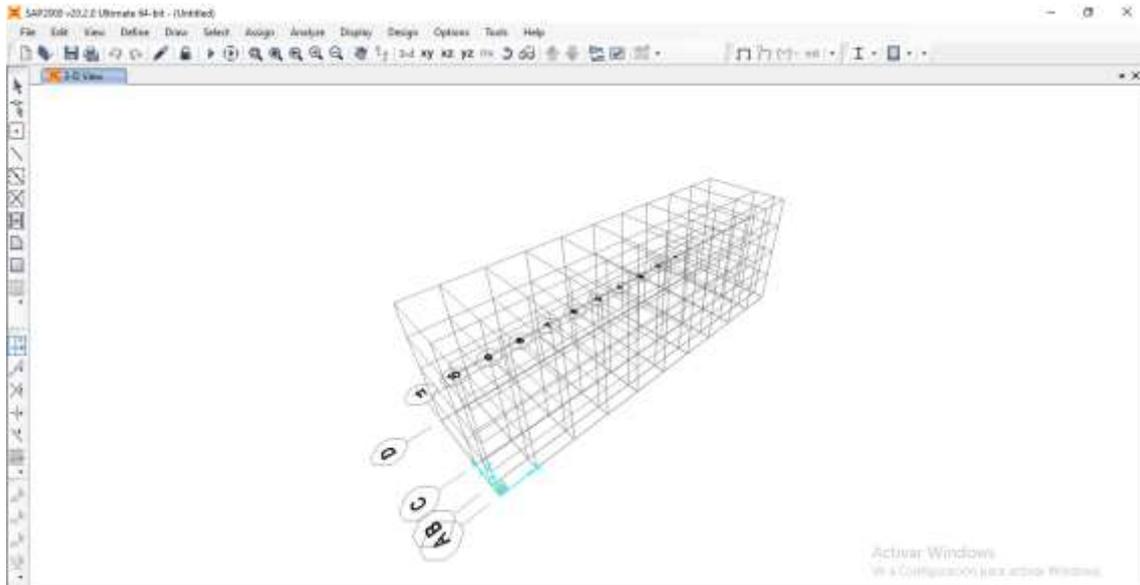


FIGURA 23 Vista en 3D. Fuente. Juan Taco,2021

- Creación del material - Columnas.

El módulo de elasticidad se obtiene de la tabla 30.

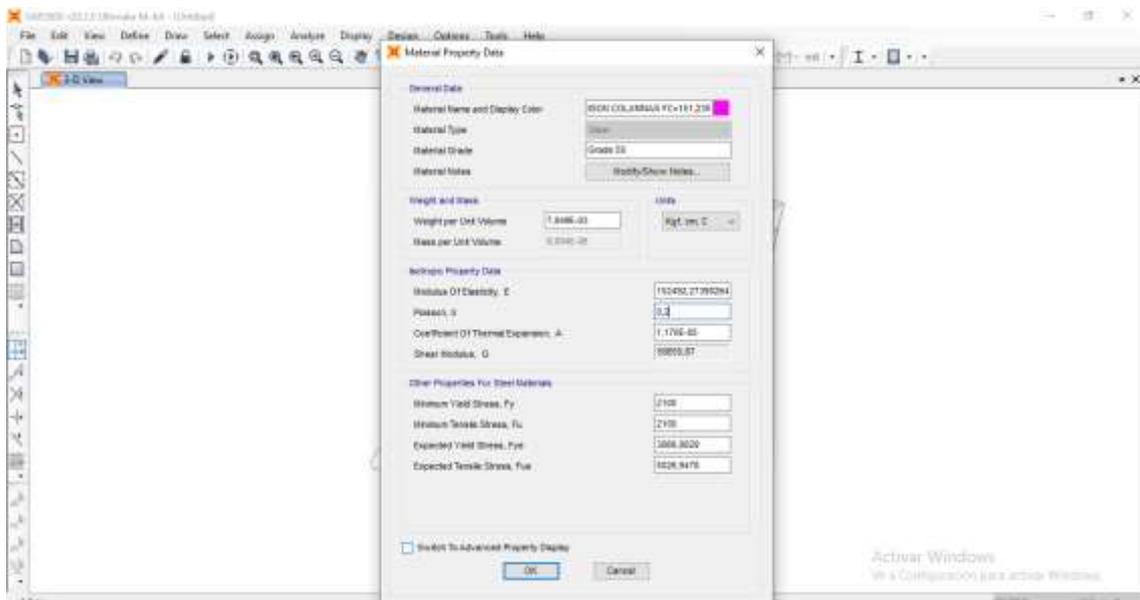


FIGURA 24 Creando columnas. Fuente. Juan Taco,2021

- **Creación del material - vigas.**

Se creó un solo material para vigas y losas de todos los pisos por el motivo de al momento del fundido se lo realiza al mismo tiempo.

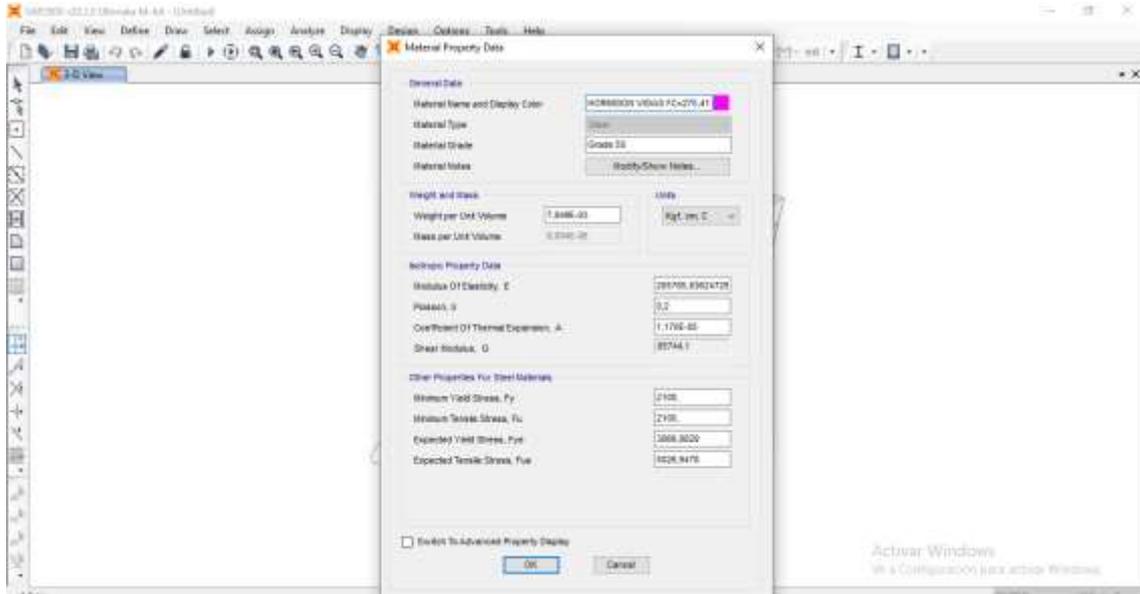


FIGURA 25 Creando vigas. Fuente. Juan Taco,2021

- **Creación de secciones - Columnas.**

Columnas de 40 x 30 cm remitidos de los planos arquitectónicos de la figura 18

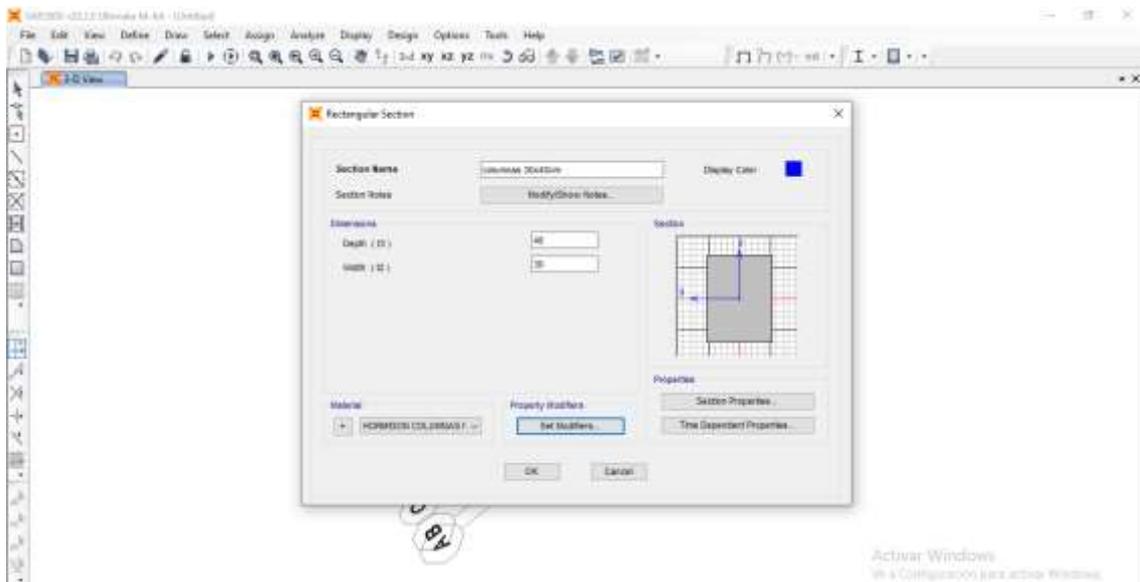


FIGURA 26 Creando secciones de columnas. Fuente. Juan Taco,2021

Columnas de 30 x 40 cm remitidos de los planos arquitectónicos de la figura 18

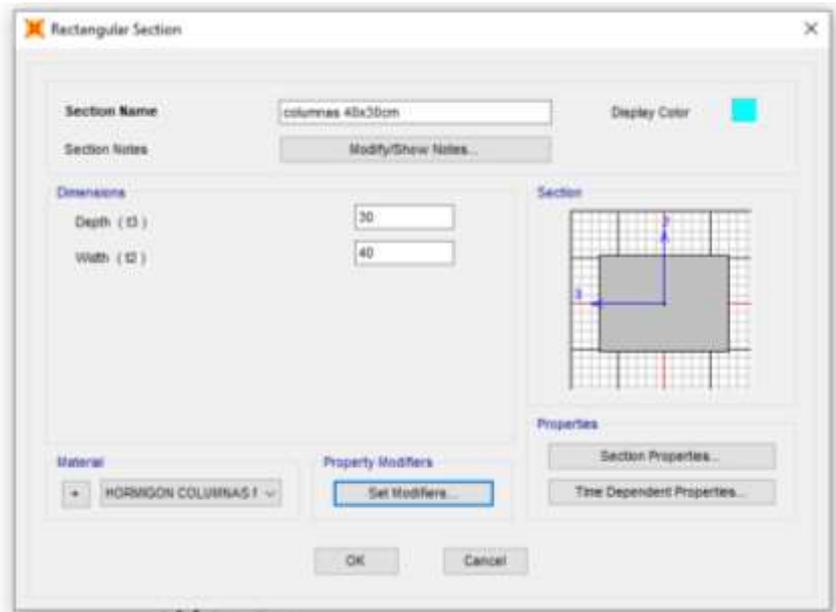


FIGURA 27 Creando secciones de columnas. Fuente. Juan Taco,2021

Columnas de 40 x 20 cm remitidos de los planos arquitectónicos de la figura 18

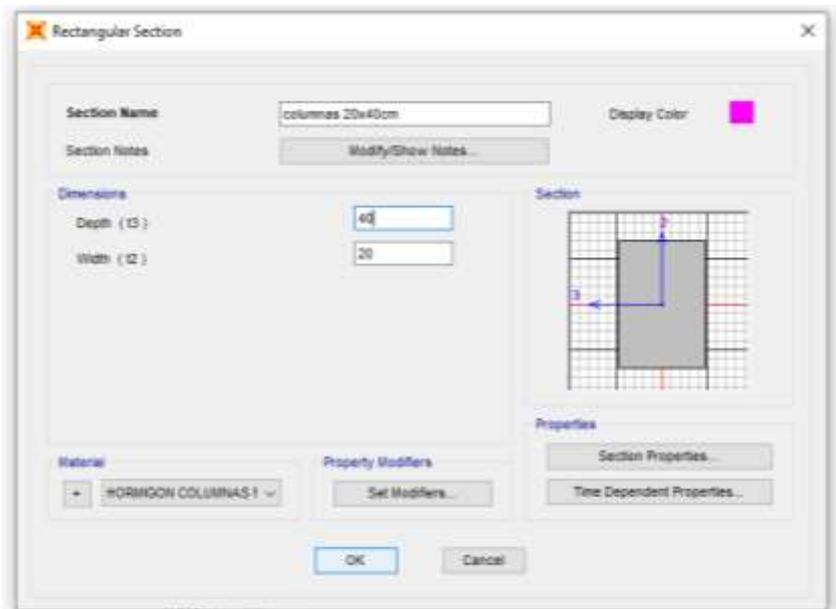


FIGURA 28 Creando secciones de columnas. Fuente. Juan Taco,2021

- **Creación de secciones - vigas.**

Vigas de 30 x 30 cm remitidos de los levantamientos realizados en el sitio.

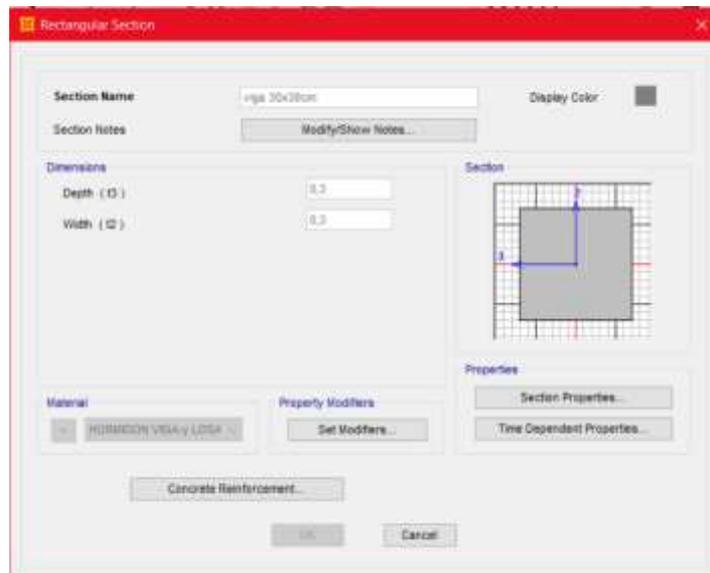


FIGURA 29 Creando secciones de vigas. Fuente. Juan Taco,2021

- **Creación de secciones - losas.**

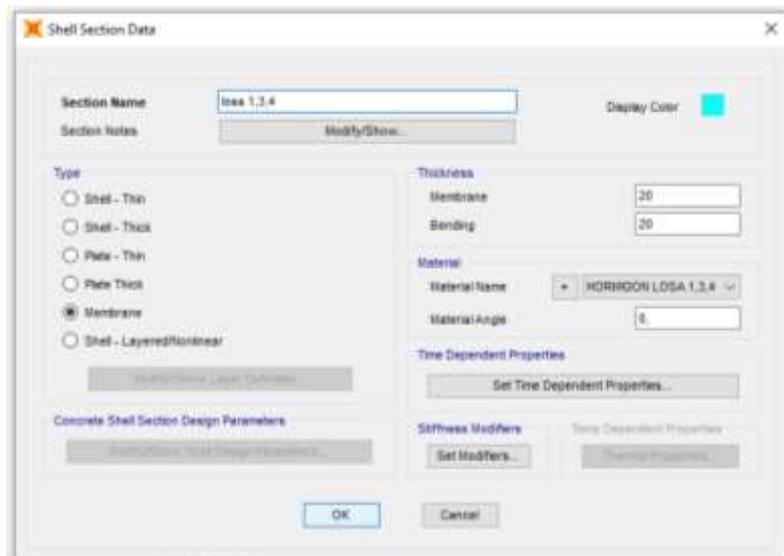


FIGURA 30 Creando secciones de losas. Fuente. Juan Taco,2021

- **Modelación de columnas.**

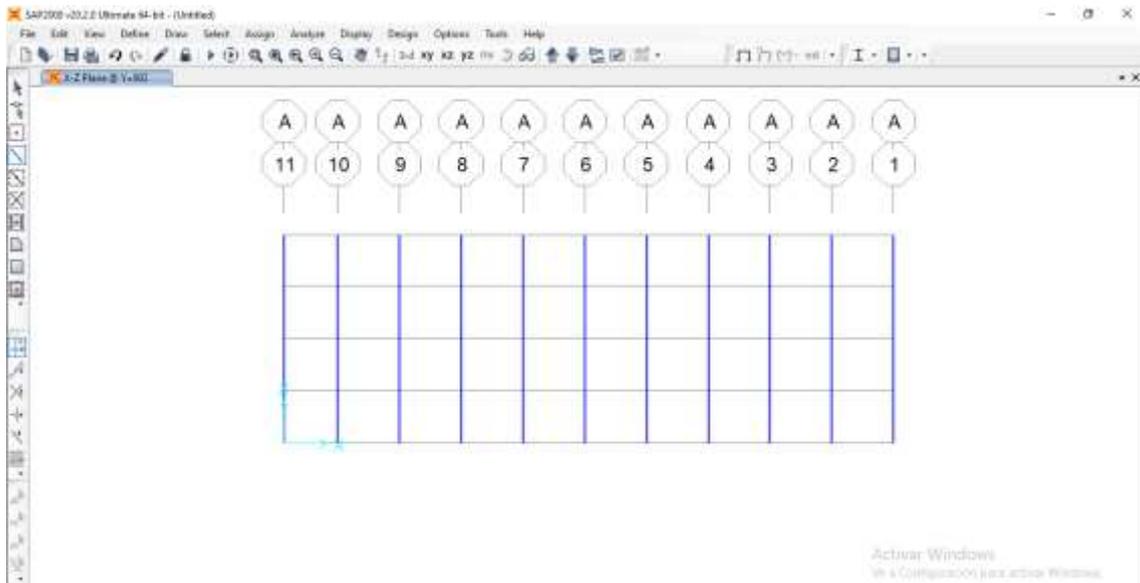


FIGURA 31 Modelación de columnas en planta. *Fuente.* Juan Taco,2021

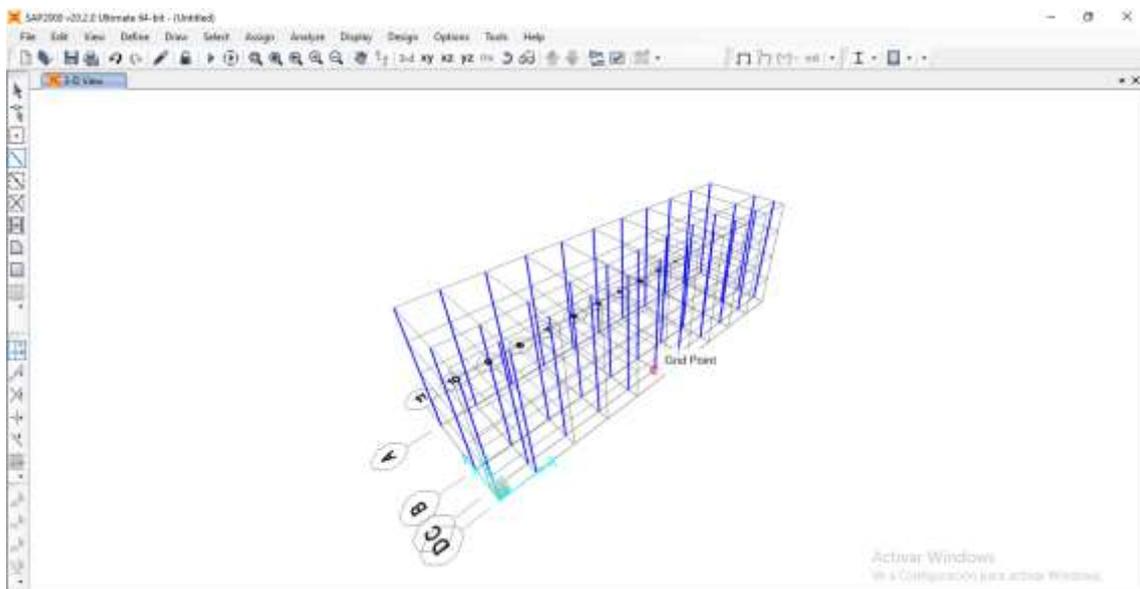


FIGURA 32 Modelación de columnas. *Fuente.* Juan Taco,2021

- **Modelación de vigas.**

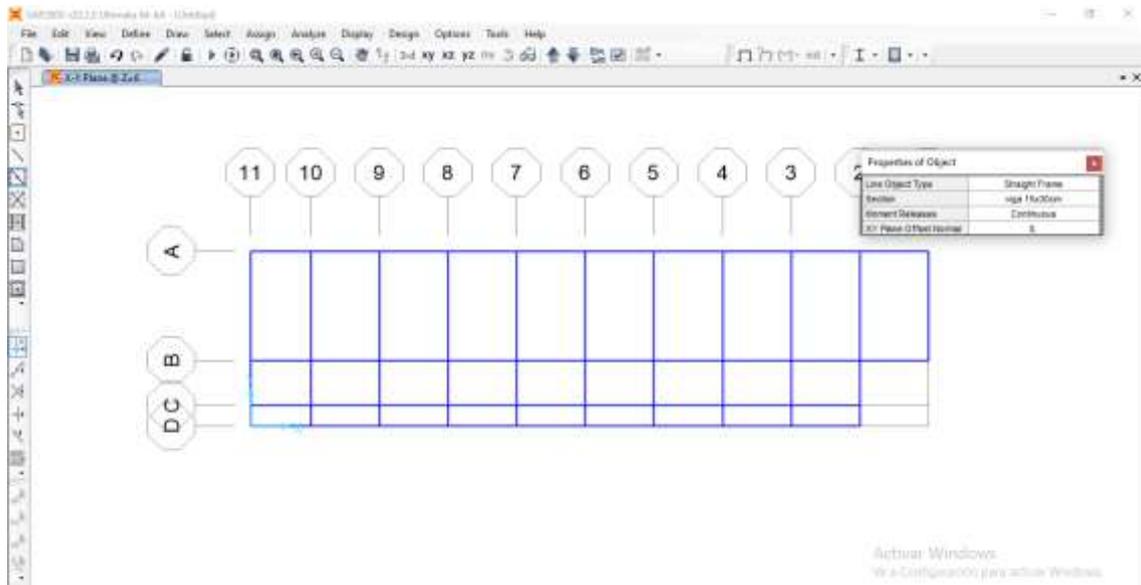


FIGURA 33 Modelación de vigas. Fuente. Juan Taco,2021

- **Asignación de restricciones.**

Se asigna estas restricciones para simular que la columna esta empotrada.

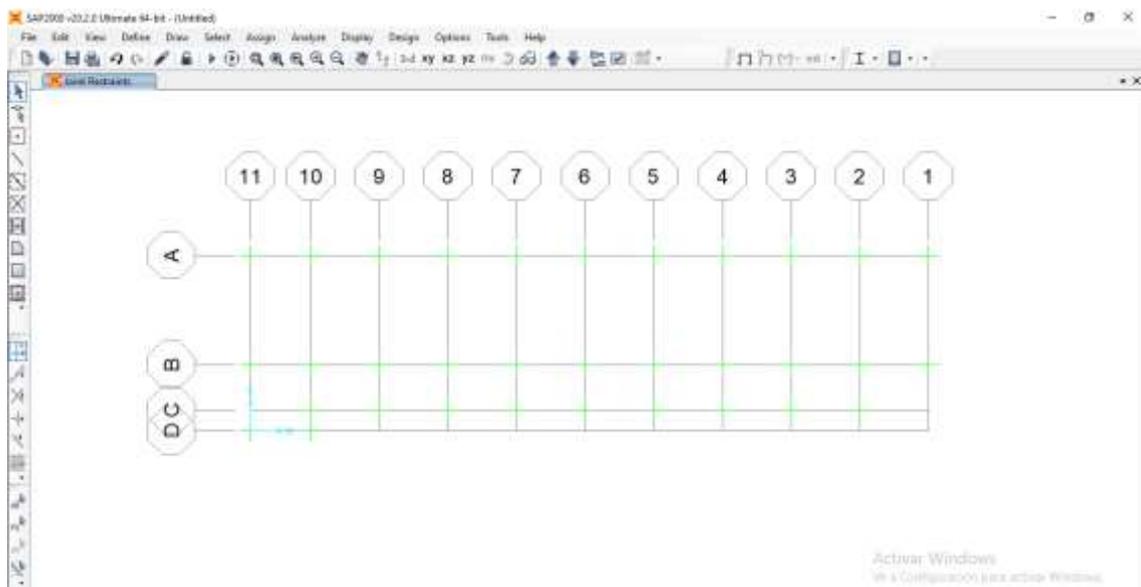


FIGURA 34 Asignación de restricciones. Fuente. Juan Taco,2021

- Creación de losa.

El área de losas es el mismo para los 4 pisos.

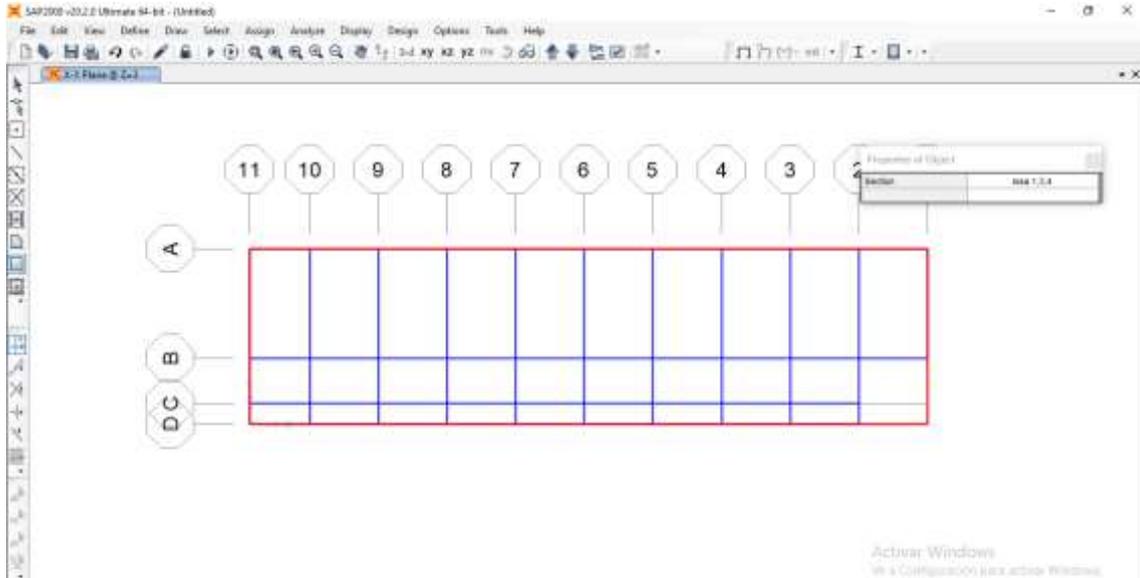


FIGURA 35 Creación de losa. Fuente. Juan Taco,2021

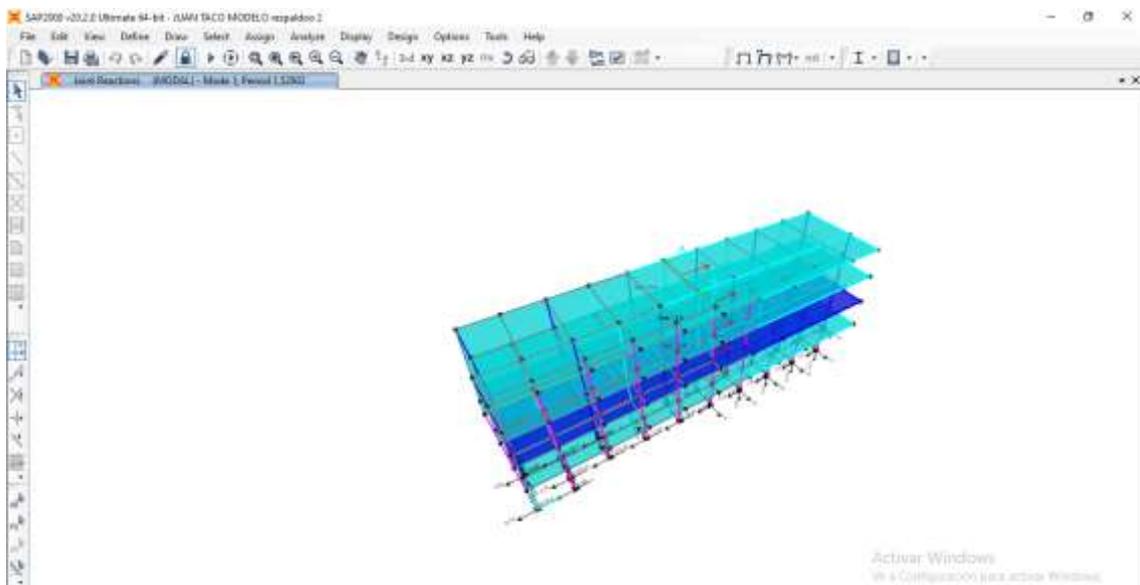


FIGURA 36 Vista 3d de losas. Fuente. Juan Taco,2021

- **Patrones de carga.**

Se crea los patrones de carga, como son carga viva y carga muerta.

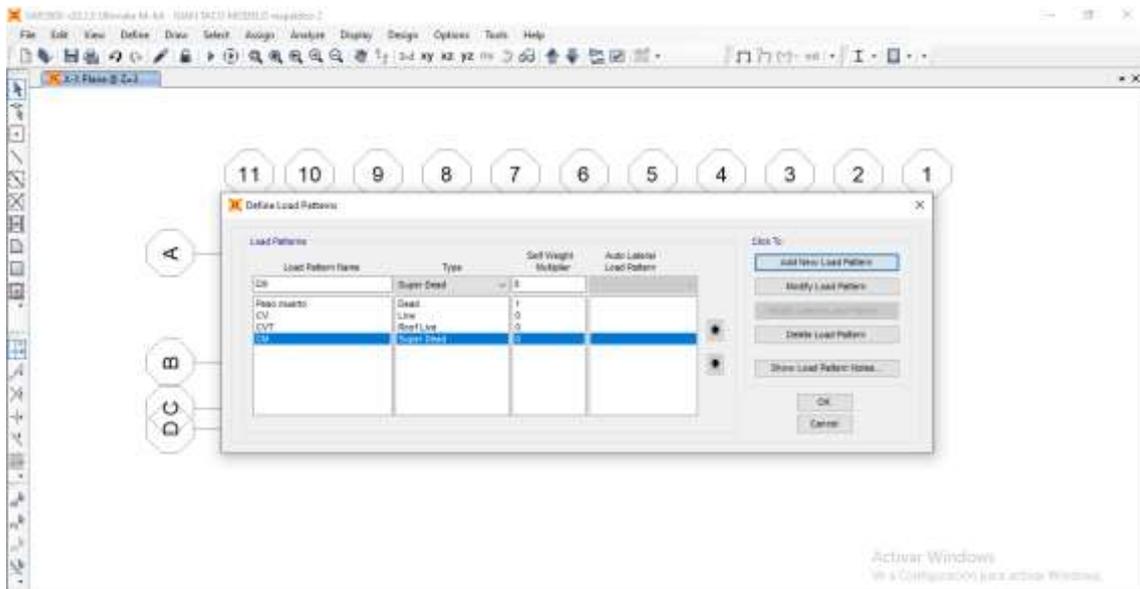


FIGURA 37 Definiendo patrones de carga. Fuente. Juan Taco,2021

- **Asignación de peso sísmico.**

La combinación para obtener el peso sísmico.

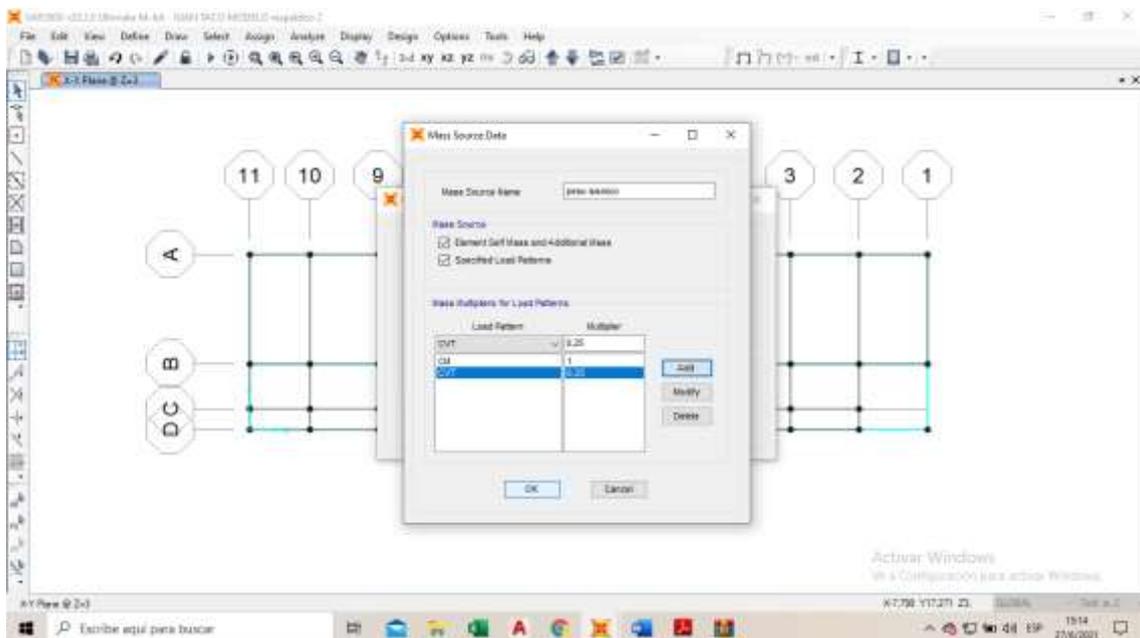


FIGURA 38 Asignar peso sísmico. Fuente. Juan Taco,2021

- **Carga viva de cubierta.**

Se asignó una carga de cubierta de 0.07 ton/m² según la norma de cargas no sísmicas.

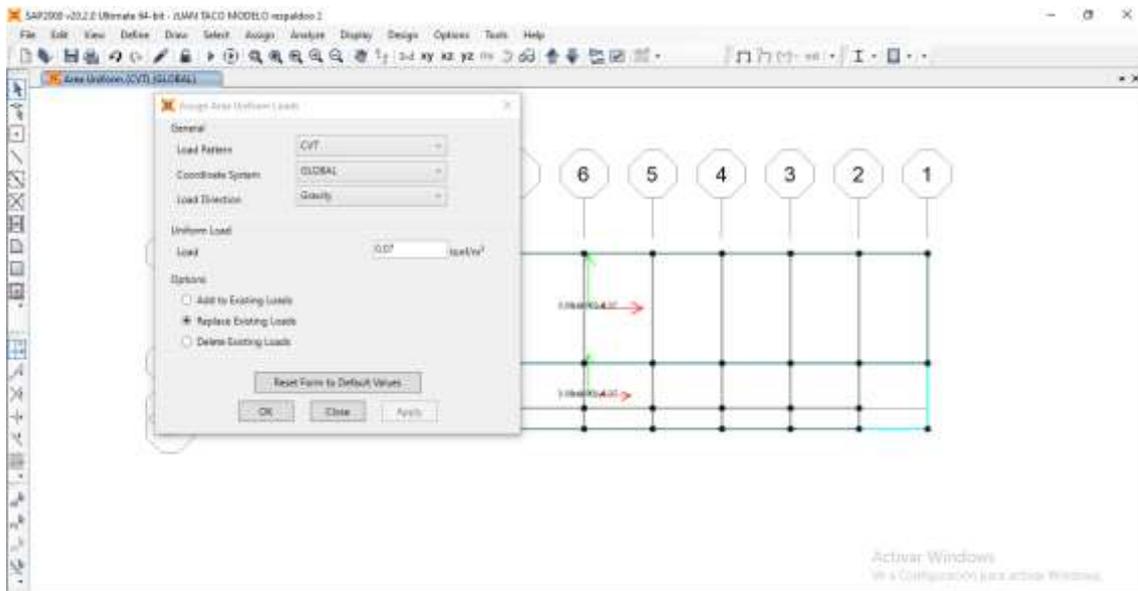


FIGURA 39 Carga viva - cubierta. Fuente. Juan Taco,2021

- **Carga viva para oficinas.**

Asignación de carga viva para oficinas de 0.20 ton/m² según la norma de cargas no sísmicas.

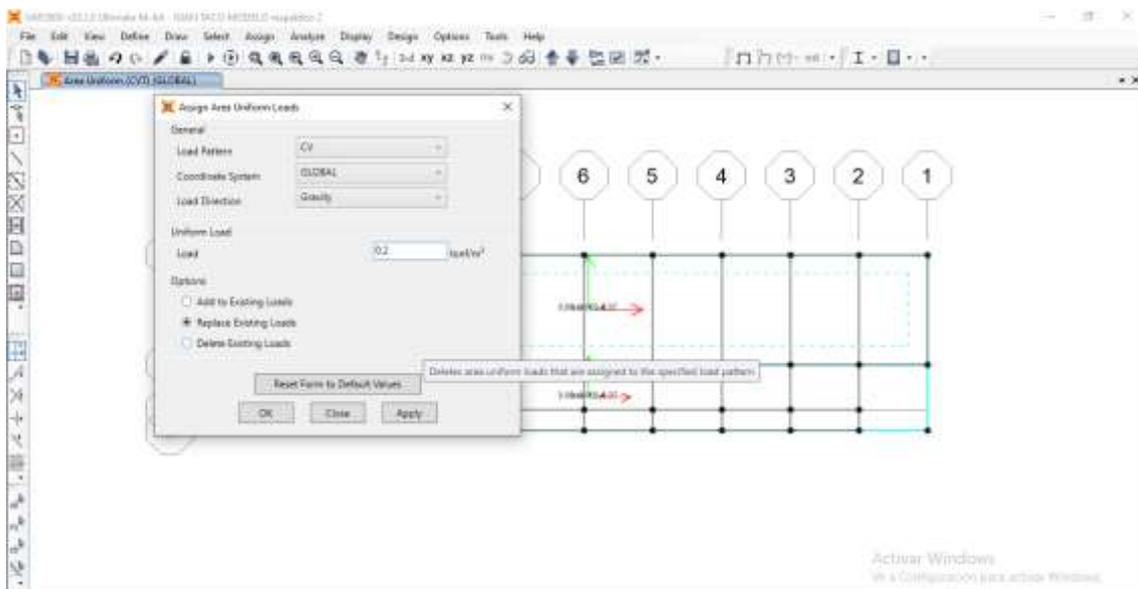


FIGURA 40 Carga viva - oficinas. Fuente. Juan Taco,2021.

- **Carga viva para corredores.**

Asignación de carga viva para corredores de 0.48 ton/m² según la norma de cargas no sísmicas.

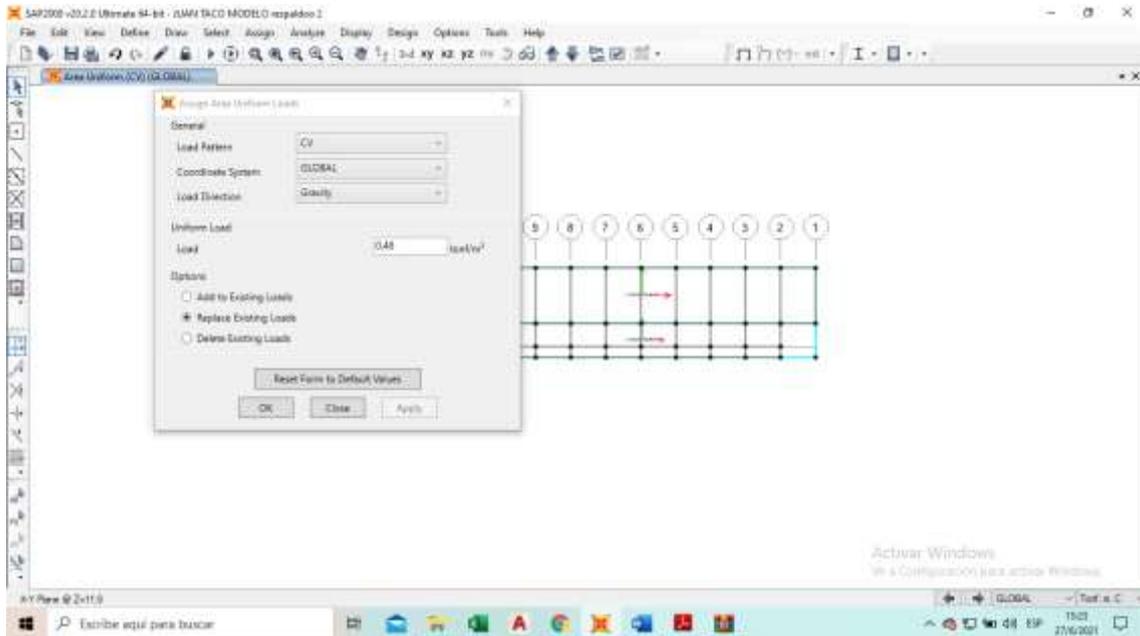


FIGURA 41 Carga viva - corredores. Fuente. Juan Taco,2021

- **Carga muerta.**

Asignación de carga muerta de 0.30 ton/m² según la norma de cargas no sísmicas.

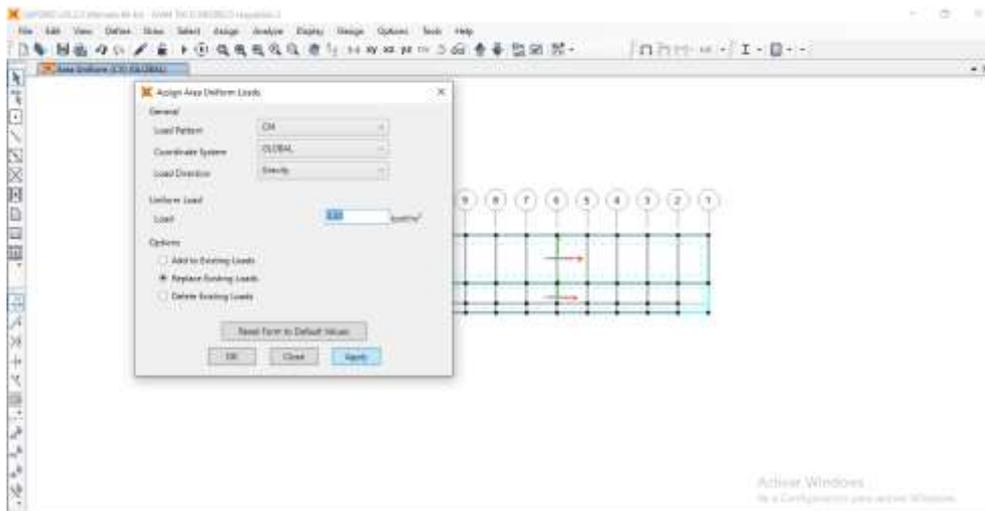


FIGURA 42. Asignación de carga muerta. Fuente. Juan Taco,2021

- Creación de diafragmas.

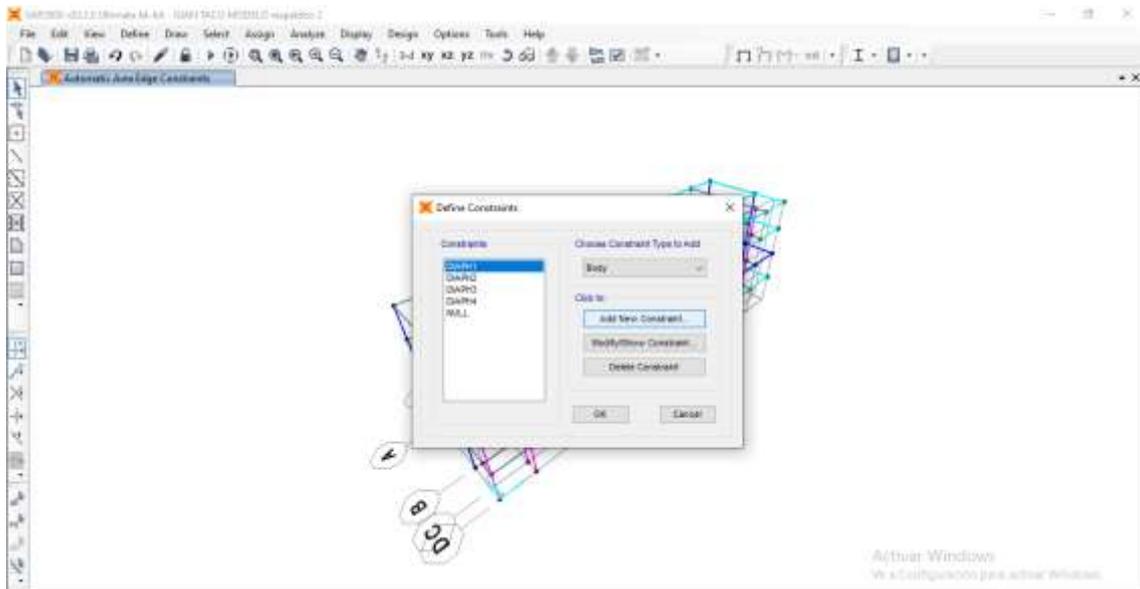


FIGURA 43 Asignación de diafragmas. Fuente. Juan Taco,2021

Se crearon 4 diafragmas y se asignó uno para cada piso.

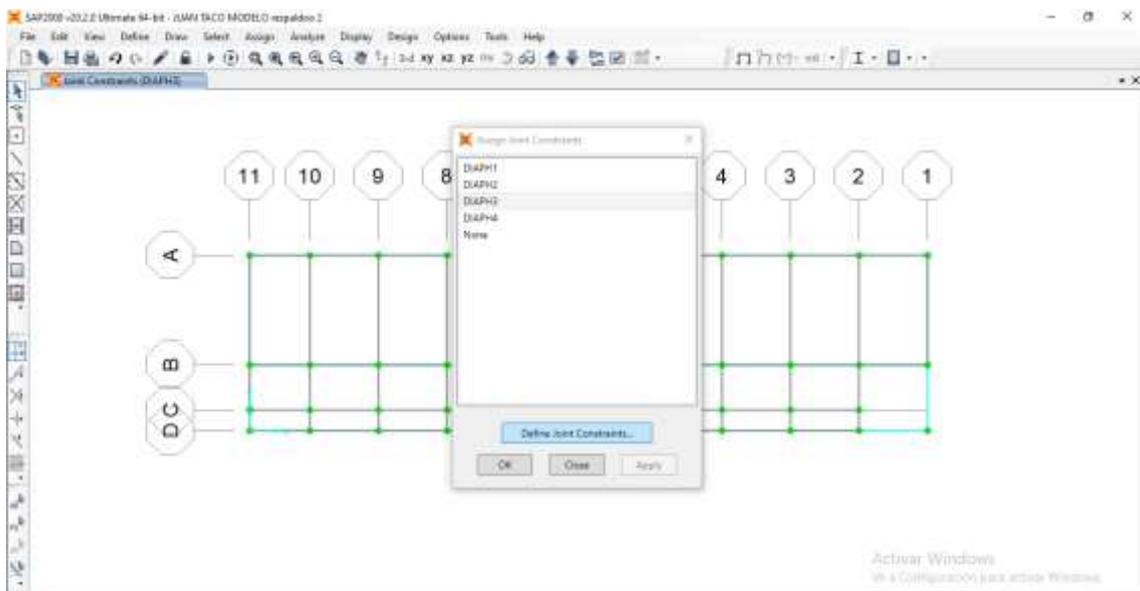


FIGURA 44 Asignación de diafragmas. Fuente. Juan Taco,2021

- **Análisis sísmico NEC 2015.**

Se coloca el coeficiente estático calculado por el método manual que se encuentra en la tabla de resultados 49.

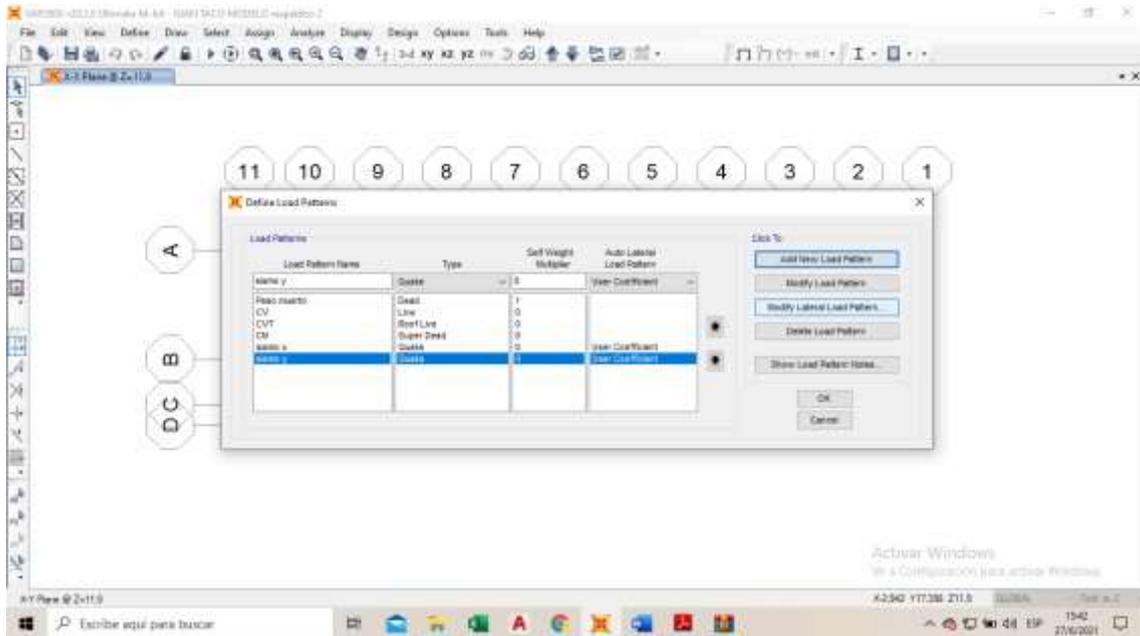


FIGURA 45 Asignación de diafragmas. Fuente. Juan Taco,2021

- **Verificación y comparación del peso de la estructura con el cálculo manual.**

LoadPat Text	Dir Text	PercentEcc Unitless	EccOverride	UserZ Yes/No	C Unitless	K Unitless	WeightUsed	BaseShear Tonf
same x	X	0.05	No	No	0.14	1	726.6647	101.7247
same y	Y	0.05	No	No	0.14	1	726.6647	101.7247

FIGURA 46 Verificación de valores calculados manualmente con los valores obtenidos en SAP 2000. Fuente. Juan Taco,2021

- Desplazamientos

Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
1	sismo x	LinStatic		0,012765	-0,00094	-0,00018	1,1E-05	0,004420	-5,3E-05
1	sismo y	LinStatic		0,001262	0,024892	0,000448	-0,002966	0,000614	0,000285
1	espectro x	LinRespSpec	Max	0,010203	0,013604	0,000277	0,001618	0,003531	0,00015
1	espectro y	LinRespSpec	Max	0,010203	0,013604	0,000277	0,001618	0,003531	0,00015
2	sismo x	LinStatic		0,029033	-0,002331	-0,000294	3,7E-05	0,003898	-0,000131
2	sismo y	LinStatic		0,00296	0,056167	0,000746	-0,003142	0,00061	0,000673
2	espectro x	LinRespSpec	Max	0,023019	0,031738	0,000459	0,001701	0,003069	0,000361
2	espectro y	LinRespSpec	Max	0,023019	0,031738	0,000459	0,001701	0,003069	0,000361
3	sismo x	LinStatic		0,041776	-0,003434	-0,000349	2,8E-05	0,002487	-0,000191
3	sismo y	LinStatic		0,004314	0,084942	0,000892	-0,002247	0,000433	0,000965
3	espectro x	LinRespSpec	Max	0,032779	0,045905	0,000549	0,001226	0,00194	0,000507
3	espectro y	LinRespSpec	Max	0,032779	0,045905	0,000549	0,001226	0,00194	0,000507
4	sismo x	LinStatic		0,047867	-0,003998	-0,000365	-3,292E-06	0,001069	-0,000222
4	sismo y	LinStatic		0,005014	0,096798	0,000933	-0,001011	0,000308	0,001149
4	espectro x	LinRespSpec	Max	0,037286	0,053111	0,000574	0,000556	0,000844	0,000586
4	espectro y	LinRespSpec	Max	0,037286	0,053111	0,000574	0,000556	0,000844	0,000586

FIGURA 47 Desplazamientos de la estructura. Fuente. Juan Taco,2021

- Modales.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios															
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumRY	SumRZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0,938068	9,111E-08	0,830979	0,000006273	9,111E-08	0,830979	0,000006273	0,089505	7,326E-07	0,017099	0,089505	7,326E-07	0,017099
MODAL	Mode	2	0,852027	0,000381	0,017123	1,684E-07	0,000382	0,848102	0,000006441	0,001654	0,00000335	0,833963	0,091159	0,000004082	0,851062
MODAL	Mode	3	0,743309	0,857258	0,000006797	4,773E-10	0,857639	0,848109	0,000006441	4,928E-07	0,015748	0,000333	0,09116	0,015752	0,851395
MODAL	Mode	4	0,289504	3,502E-08	0,10568	0,000031	0,857639	0,953789	0,000038	0,360184	0,000002134	0,002237	0,451343	0,015754	0,853631
MODAL	Mode	5	0,264962	0,000089	0,00215	7,801E-07	0,857729	0,955939	0,000038	0,007423	0,000039	0,103494	0,458766	0,015793	0,957125
MODAL	Mode	6	0,232326	0,102974	6,594E-07	8,683E-08	0,960702	0,95594	0,000038	0,000003298	0,07	0,000092	0,458769	0,085793	0,957217
MODAL	Mode	7	0,16248	2,088E-07	0,034283	0,000013	0,960702	0,990223	0,000052	0,032471	0,000001489	0,000669	0,49124	0,085795	0,957887
MODAL	Mode	8	0,150307	0,000054	0,000601	0,000000254	0,960757	0,990824	0,000052	0,000575	0,00002	0,033358	0,491814	0,085815	0,991244
MODAL	Mode	9	0,133552	0,032087	2,715E-07	1,207E-07	0,992843	0,990824	0,000052	0,00000027	0,005506	0,000074	0,491815	0,09132	0,991318
MODAL	Mode	10	0,119694	1,936E-08	0,00904	0,00007	0,992843	0,999864	0,000122	0,028269	0,000005031	0,000144	0,520084	0,091325	0,991462
MODAL	Mode	11	0,111664	0,000023	0,000115	0,000002252	0,992867	0,99998	0,000125	0,00032	3,537E-07	0,008472	0,520403	0,091326	0,999934
MODAL	Mode	12	0,100932	0,007123	7,423E-08	4,78E-09	0,999989	0,99998	0,000125	6,809E-07	0,004404	0,000048	0,520404	0,095729	0,999982

FIGURA 48 Modales de la estructura. Fuente. Juan Taco,2021

- Derivas.

Joint	Output Case	Case Type	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Node	Y	Y	mm	mm	mm	Radians	Radians	Radians
1	1	LinElastic	0.00000	0.00700	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000
130	1	LinElastic	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000
140	1	LinElastic	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000
280	1	LinElastic	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000
281	1	LinElastic	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000
282	1	LinElastic	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000
283	1	LinElastic	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000
284	1	LinElastic	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000
285	1	LinElastic	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000
286	1	LinElastic	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000
287	1	LinElastic	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000
3	1	LinElastic	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000
230	1	LinElastic	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000
230	1	LinElastic	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	0.00000	0.00000
243	1	LinElastic	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000
247	1	LinElastic	0.00000	0.00000	0.00000	-0.00000	-0.00000	0.00000

FIGURA 49 Derivas de la estructura. Fuente. Juan Taco,2021

Las derivas inelásticas como se puede observar unas pasan, pero basta que una sola deriva no cumpla para que este no sea aceptable se basó en la norma NEC 2015.

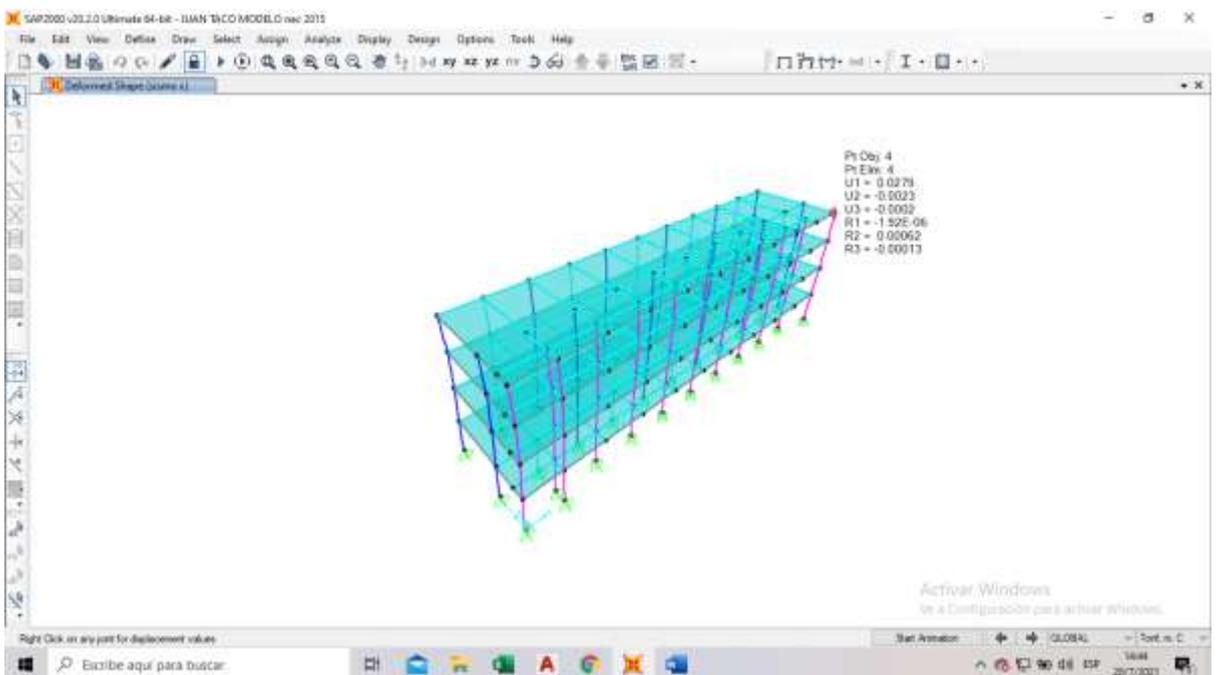


FIGURA 50 Derivas de la estructura. Fuente. Juan Taco,2021

Deriva								
piso	SOLICITACION	Ux (cm)	deriva elástica	H(cm)	R	Dmax	D limite	dm
4	Estático X	0,04	-0,00034483	2,9	5	-0,0012931	0,02	ok
3	Estático X	0,041	0,004	3	5	0,015	0,02	ok
2	Estático X	0,029	0,0054	3	5	0,02025	0,02	no
1	Estático X	0,0128	0,00426667	3	5	0,016	0,02	ok

Deriva								
piso	SOLICITACION	Uy (cm)	deriva elástica	H(cm)	R	Dmax	D limite	dm
4	Estático y	0,09	0,00344828	2,9	5	0,01293103	0,02	ok
3	Estático y	0,08	0,01	3	5	0,0375	0,02	no
2	Estático y	0,05	0,01	3	5	0,0375	0,02	no
1	Estático y	0,02	0,00666667	3	5	0,025	0,02	no

Tabla 53 Calculo y verificación de derivas para NEC 2015

- Método estático CEC 2000.

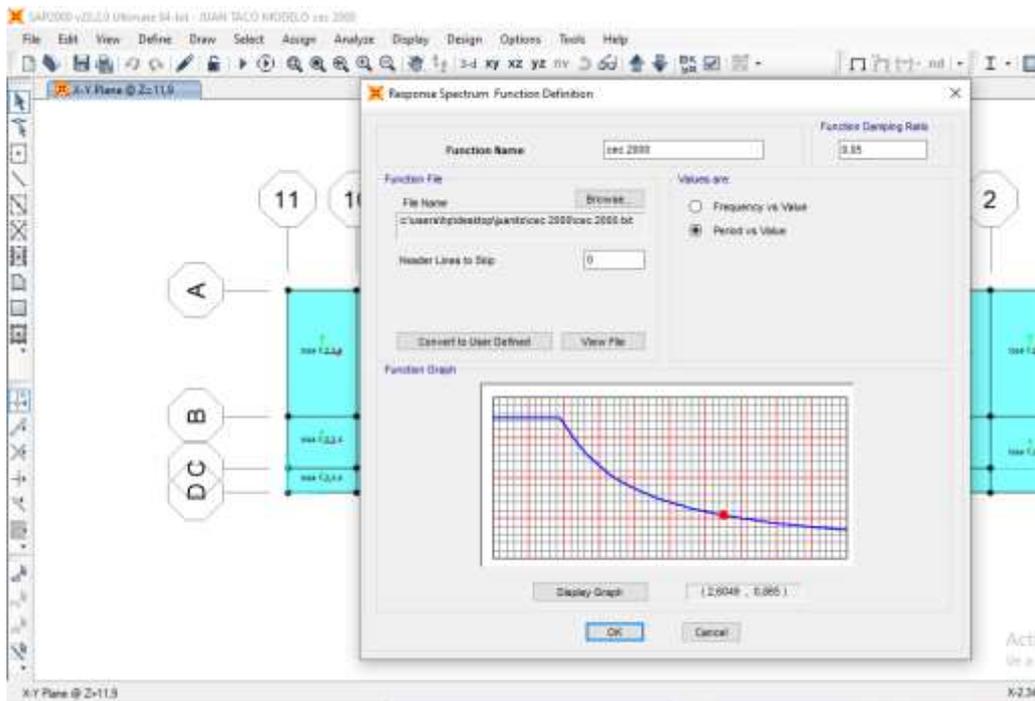


FIGURA 51 Espectro para modelo CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021

- **Sismo en X.**

Se coloca el coeficiente estático calculado por el método manual que se encuentra en la tabla de resultados 53.

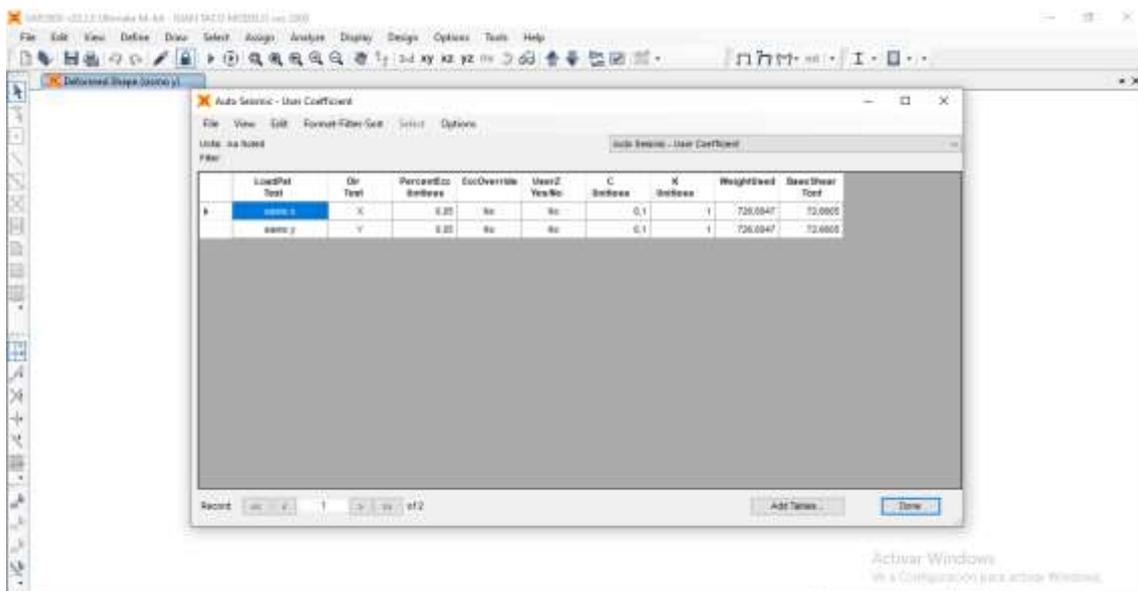


FIGURA 52 Sismo en x para modelo CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021

- **Sismo en Y.**

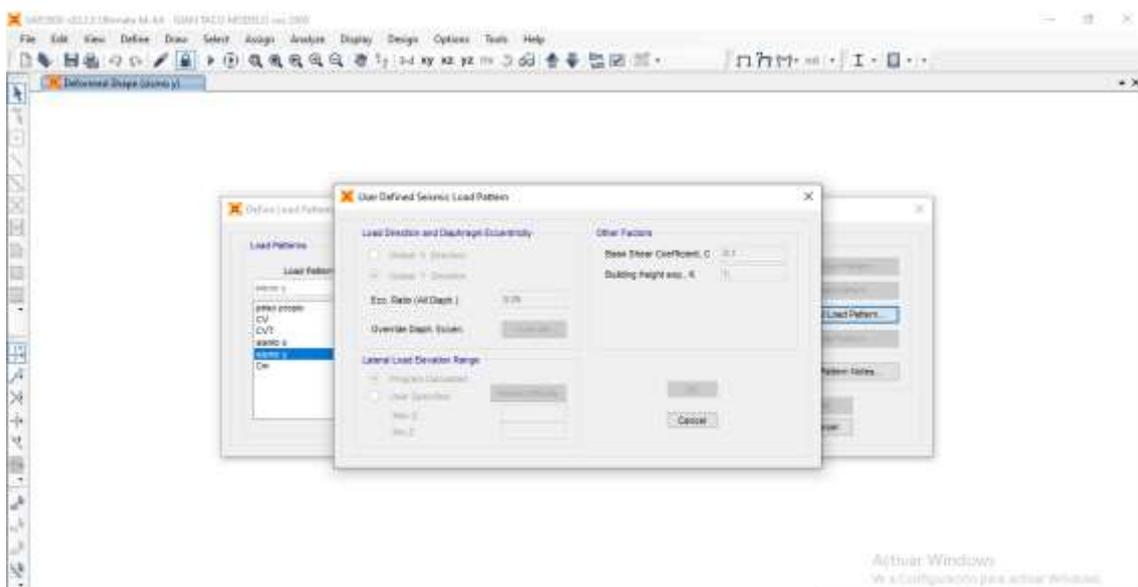


FIGURA 53 Sismo en y para modelo CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021.

- Espectro en x.

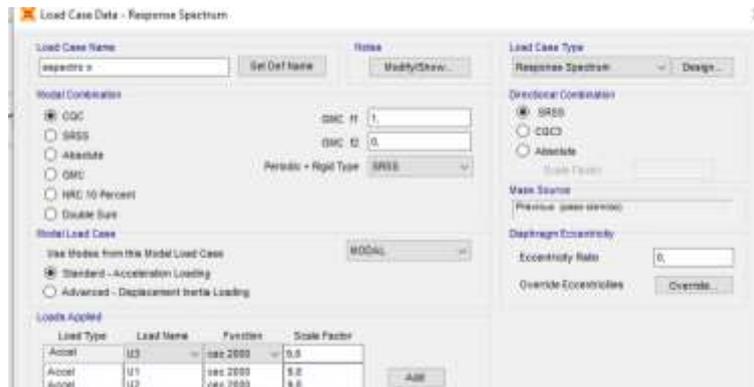


FIGURA 54 Espectro en x para modelo CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021.

- Espectro en y.

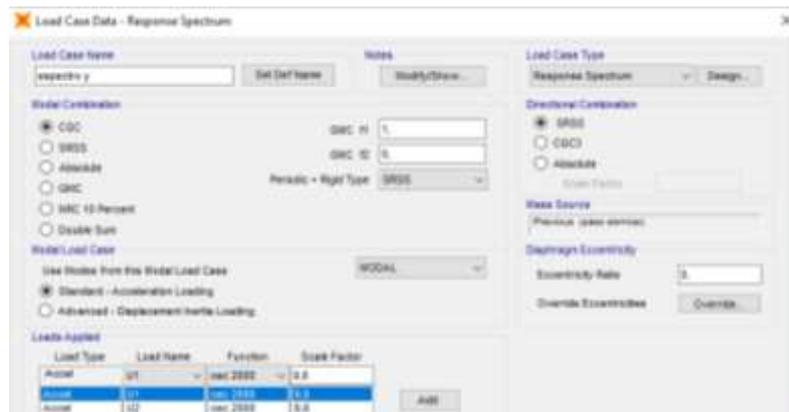


FIGURA 55 Espectro en y para modelo CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021

- Cortante.

LoadPat Text	Dir Text	PercentEcc Unitless	EccOverride	UserZ Yes/No	C Unitless	K Unitless	WeightUsed	BaseShear Tonf
slsm x	X	0.05	No	No	0.1	1	726,6047	72,6605
slsm y	Y	0.05	No	No	0.1	1	726,6047	72,6605

FIGURA 56 Cortante para modelo CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021.

- **Combinaciones.**

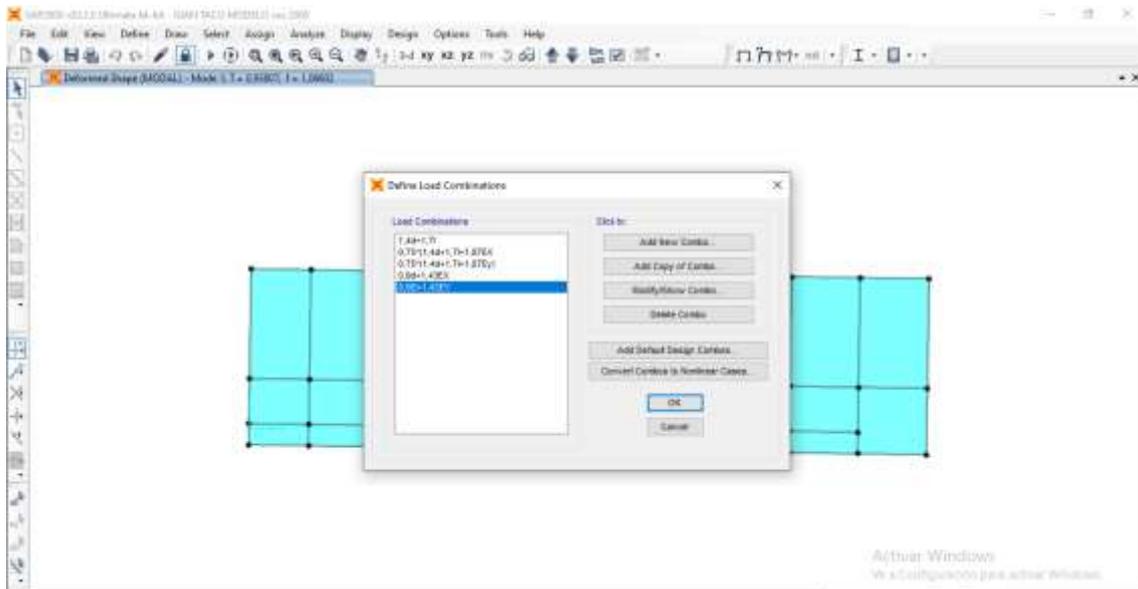


FIGURA 57 Combinaciones para modelo CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021.

- **Igualar el valor de los cortantes.**

	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	GlobalFX Tonf	GlobalFY Tonf	GlobalFZ Tonf	GlobalMX Tonf-m	GlobalMY Tonf-m	GlobalMZ Tonf-m	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m
▶	same x	LinStatic		-130,7888	5,762E-11	-2,043E-14	-4,979E-10	-1159,11755	630,07298	0	0	0
	same y	LinStatic		6,673E-11	-130,7888	-1,457E-13	1159,11755	7,555E-10	-2466,48604	0	0	0
	espectro x	LinRespSpec	Max	102,6336	100,6612	0,36	875,71486	888,00343	1858,21374	0	0	0
	espectro y	LinRespSpec	Max	102,6336	100,6612	0,36	875,71486	888,00343	1858,21374	0	0	0

FIGURA 58 Igualar el valor de los cortantes para modelo CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021

- Derivas CEC 2000.

Joint Text	OutputCase	CaseType Text	StepType Text	U1 m	U2 m	U3 m	R1 Radians	R2 Radians	R3 Radians
1	sismo x	LinStatic		0,009574	-0,000705	-0,000135	7,821E-06	0,003321	-4E-05
1	sismo y	LinStatic		0,000946	0,018519	0,000336	-0,002224	0,000461	0,000214
1	espectro x	LinRespSpec	Max	0,007629	0,012875	0,000253	0,001543	0,002649	0,000136
1	espectro y	LinRespSpec	Max	0,007629	0,012875	0,000253	0,001543	0,002649	0,000136
2	sismo x	LinStatic		0,021775	-0,001749	-0,000221	2,8E-05	0,002924	-9,8E-05
2	sismo y	LinStatic		0,00222	0,043625	0,000559	-0,002357	0,000458	0,000505
2	espectro x	LinRespSpec	Max	0,017269	0,030261	0,000419	0,001824	0,002306	0,00032
2	espectro y	LinRespSpec	Max	0,017269	0,030261	0,000419	0,001824	0,002306	0,00032
3	sismo x	LinStatic		0,031332	-0,002576	-0,000262	2,1E-05	0,001865	-0,000144
3	sismo y	LinStatic		0,003235	0,063798	0,000669	-0,001686	0,000326	0,000739
3	espectro x	LinRespSpec	Max	0,02462	0,043893	0,0005	0,001149	0,001443	0,000464
3	espectro y	LinRespSpec	Max	0,02462	0,043893	0,0005	0,001149	0,001443	0,000464
4	sismo x	LinStatic		0,0359	-0,002999	-0,000274	-2,469E-06	0,000802	-0,000166
4	sismo y	LinStatic		0,003761	0,074099	0,0007	-0,000758	0,000231	0,000862
4	espectro x	LinRespSpec	Max	0,027999	0,050747	0,000522	0,000516	0,000621	0,000536
4	espectro y	LinRespSpec	Max	0,027999	0,050747	0,000522	0,000516	0,000621	0,000536

FIGURA 59 Derivas CEC 2000. Fuente. Juan Taco,2021

Deriva								
piso	SOLICITACION	Ux (cm)	deriva elástica	H(cm)	R	Dmax	D limite	dm
4	Estático X	0,037	0,00206897	2,9	8	0,01241379	0,02	ok
3	Estático X	0,031	0,00366667	3	8	0,022	0,02	no
2	Estático X	0,02	0,00346667	3	8	0,0208	0,02	no
1	Estático X	0,0096	0,0032	3	8	0,0192	0,02	ok

Deriva								
piso	SOLICITACION	Uy (cm)	Deriva elástica	H(cm)	R	Dmax	D limite	dm
4	Estático y	0,07	0,00344828	2,9	8	0,02068966	0,02	no
3	Estático y	0,06	0,00666667	3	8	0,04	0,02	no
2	Estático y	0,04	0,00733333	3	8	0,044	0,02	no
1	Estático y	0,018	0,006	3	8	0,036	0,02	no

Tabla 54 Calculo y verificación de derivas para CEC 2000

4.4.2 PUSHOVER en X

- Nivel I.

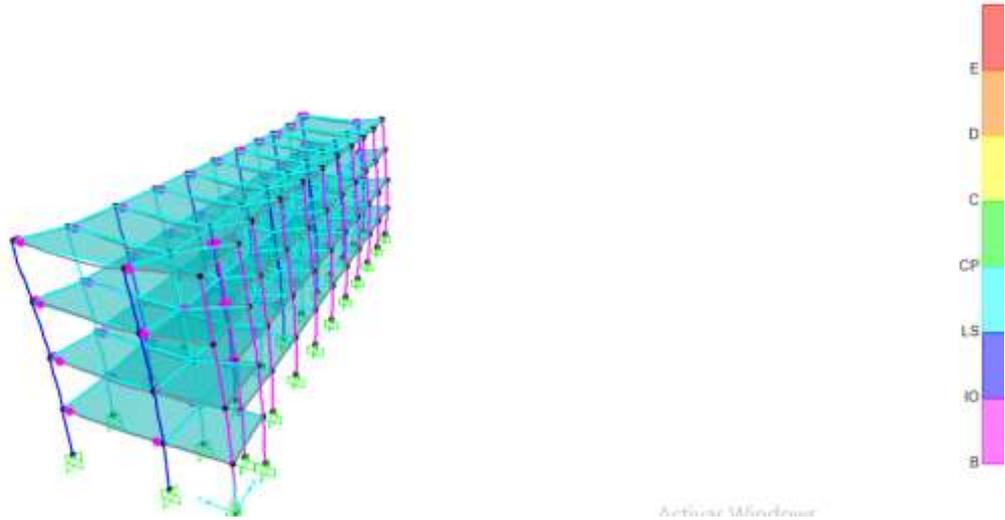


FIGURA 60 Pushover nivel I. Fuente. Juan Taco,2021

Presencia de rótulas plásticas en vigas, encontrándose dentro de un nivel de desempeño de ocupación inmediata.

- Nivel II.

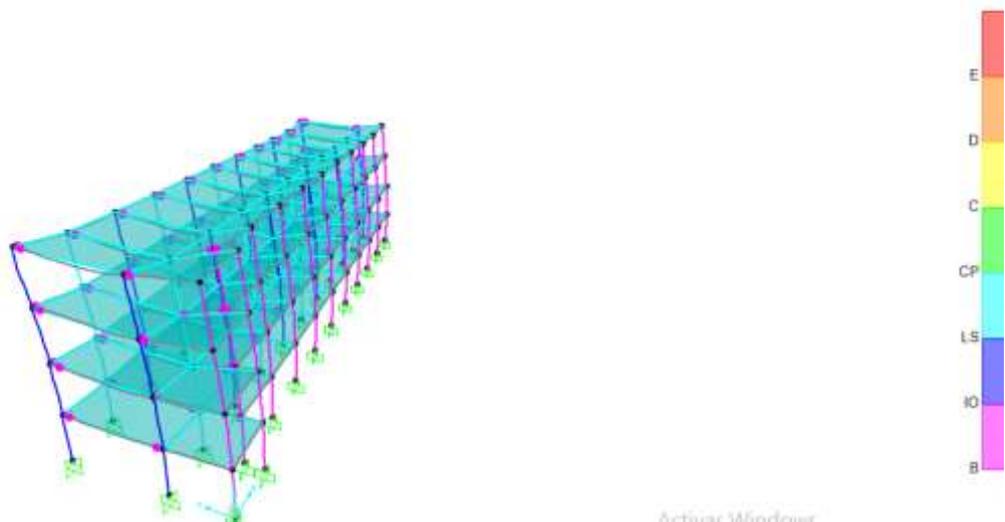


FIGURA 61 Pushover nivel II. Fuente. Juan Taco,2021

Presencia de rótulas plásticas, con la aparición de nuevas rótulas en otros elementos, sigue en el rango de ocupación inmediata.

- **Nivel III.**

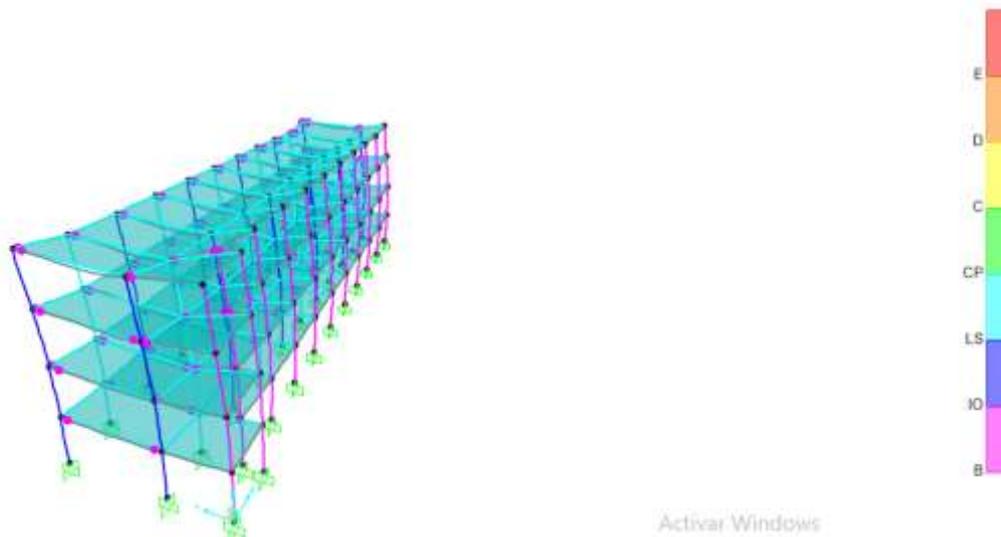


FIGURA 62 Pushover nivel III. Fuente. Juan Taco,2021

La estructura se encuentra trabajando con una buena ductilidad.

- **Nivel IV**

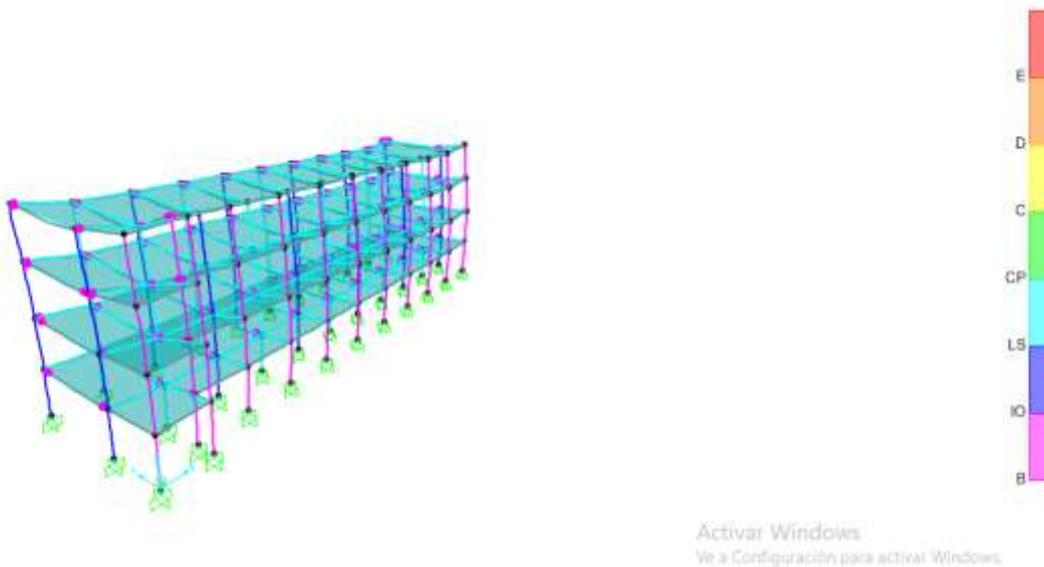


FIGURA 63 Pushover nivel IV. Fuente. Juan Taco,2021

En este nivel, la estructura sigue trabajando de manera dúctil sin presencia rótulas plásticas en columnas.

- **Nivel V**

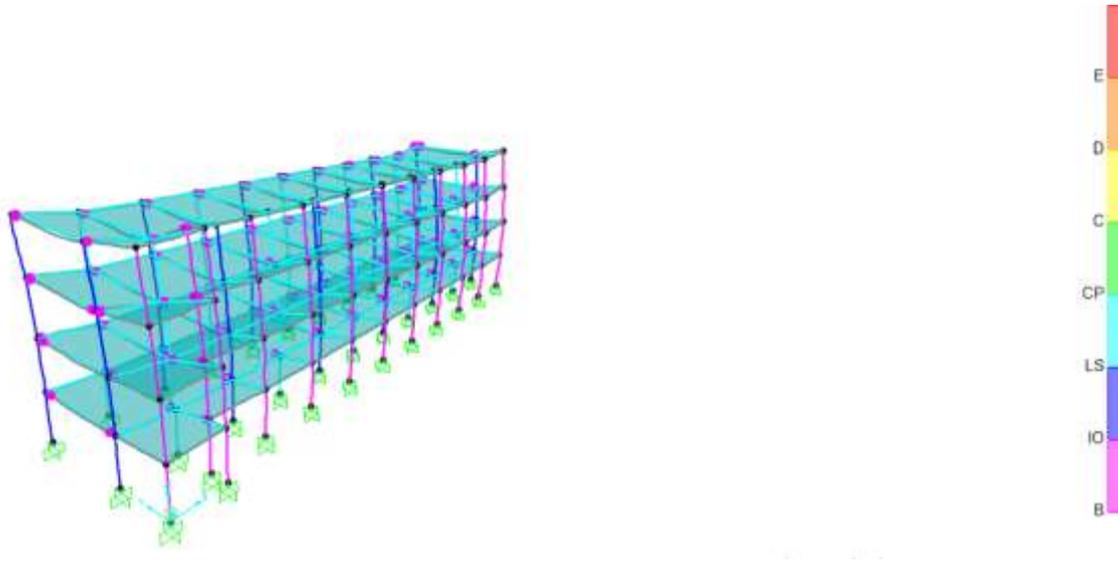


FIGURA 64 Pushover nivel V. Fuente. Juan Taco,2021

En este nivel, la estructura sigue trabajando de manera dúctil sin presencia rótulas plásticas en columnas.

- **Nivel VI**

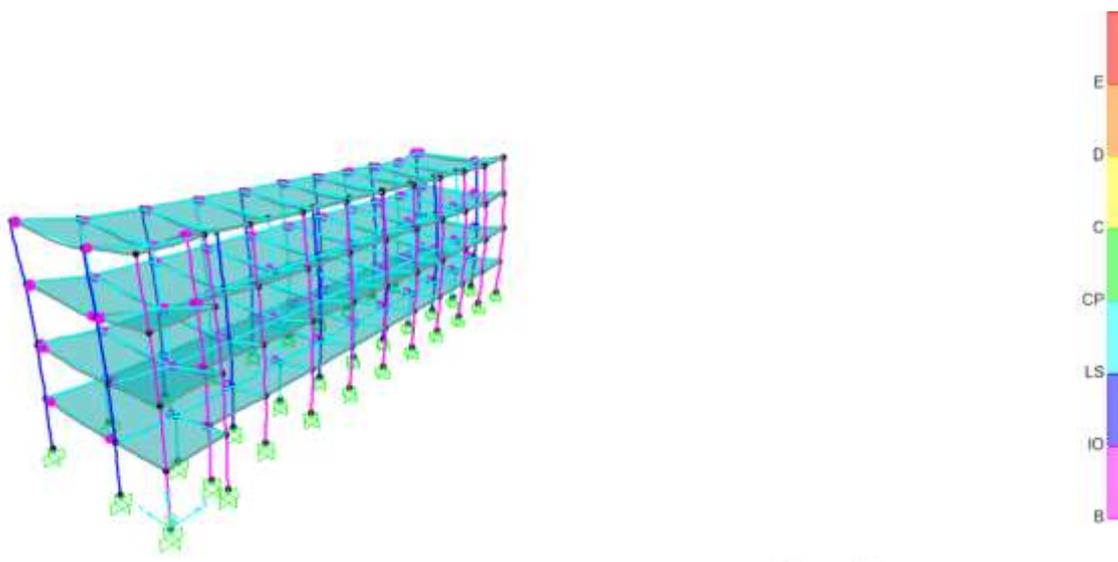


FIGURA 65 Pushover nivel VI. Fuente. Juan Taco,2021

- Nivel VII

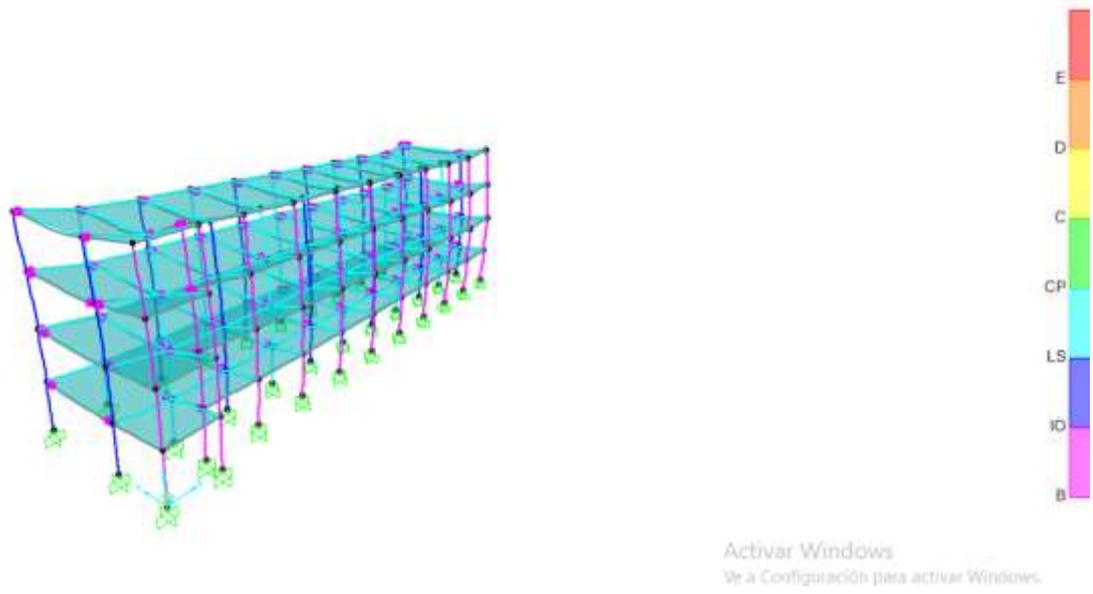


FIGURA 66 Pushover nivel VII. Fuente. Juan Taco,2021

- Nivel VIII

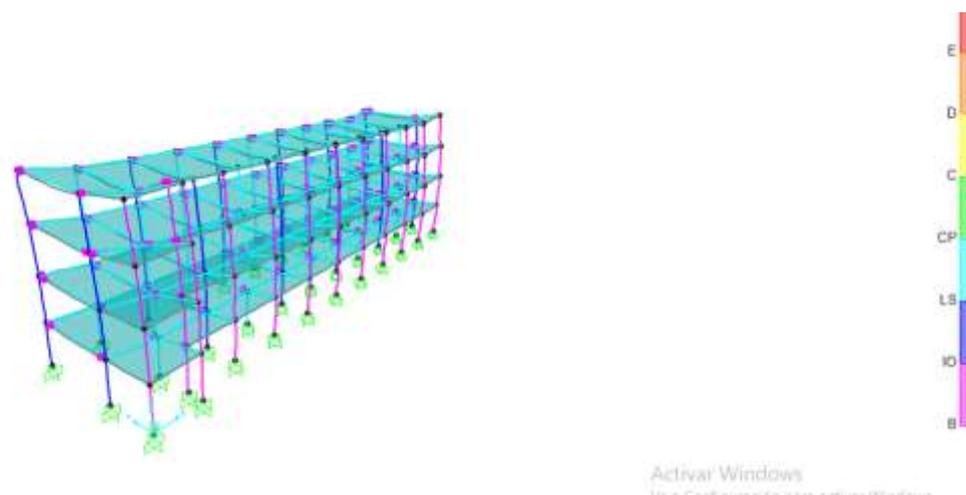


FIGURA 67 Pushover nivel VIII. Fuente. Juan Taco,2021

- Nivel IX

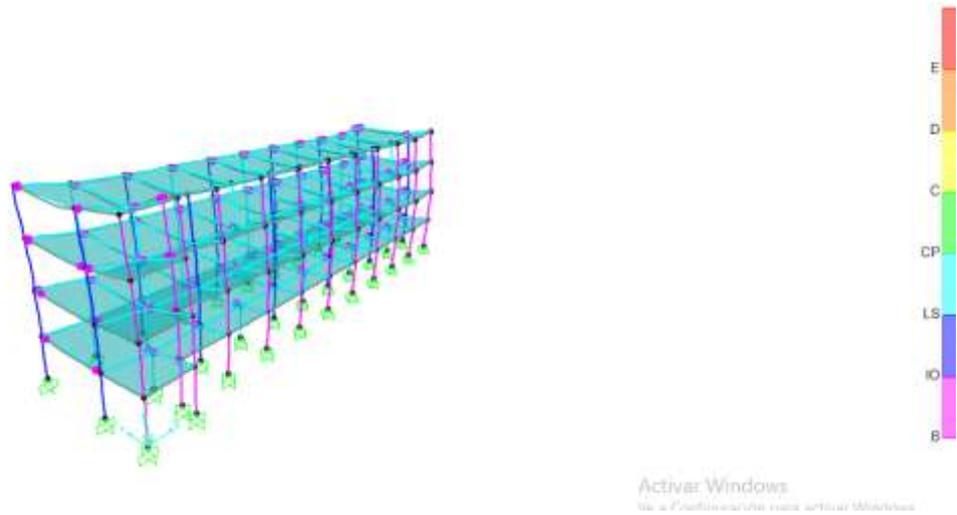


FIGURA 68 Pushover nivel IX. Fuente. Juan Taco,2021

- Nivel X

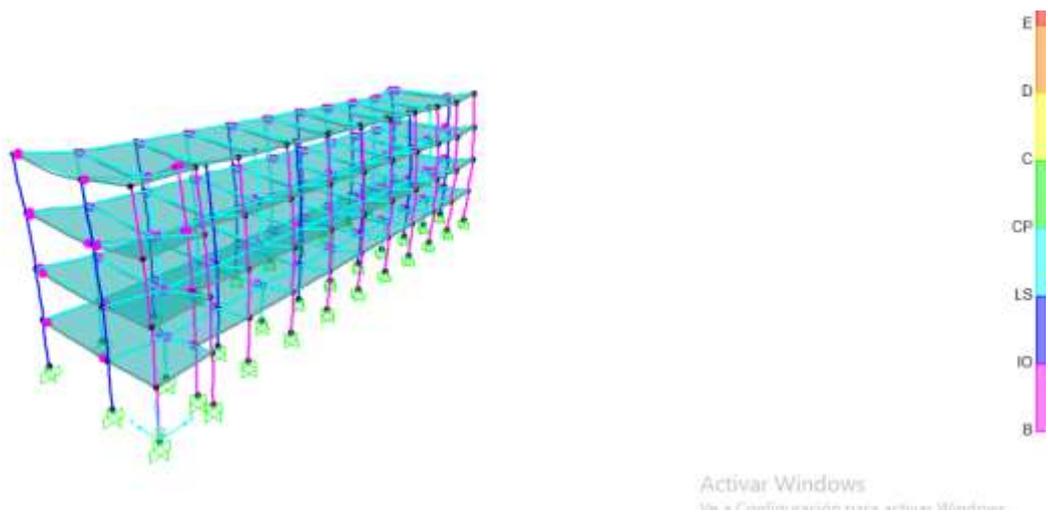


FIGURA 69 Pushover nivel X. Fuente. Juan Taco,2021

La estructura tiene un buen desempeño, no presenta rótulas plásticas en columnas y tiene una buena ductilidad la edificación.

4.4.2 PUSHOVER en Y

- Nivel I

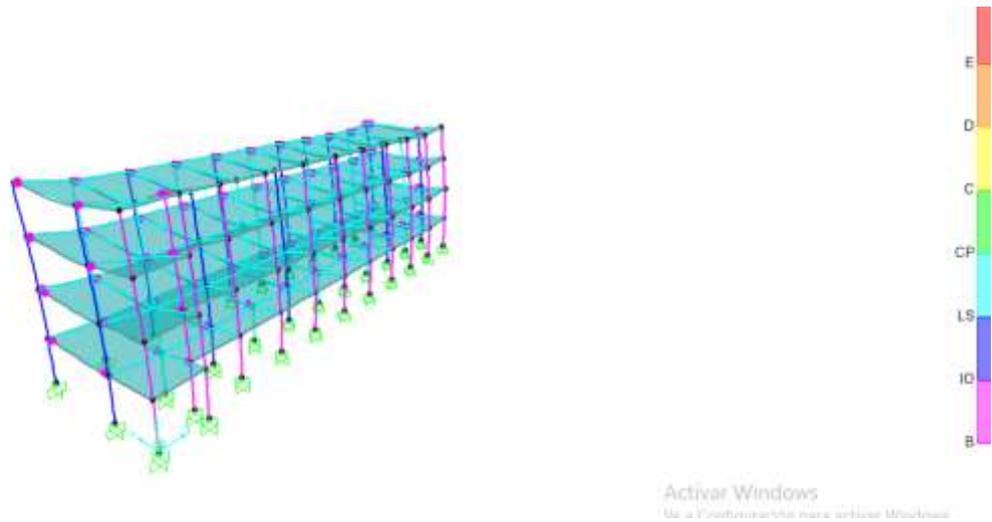


FIGURA 70 Pushover en y nivel I. Fuente. Juan Taco,2021

- Nivel II

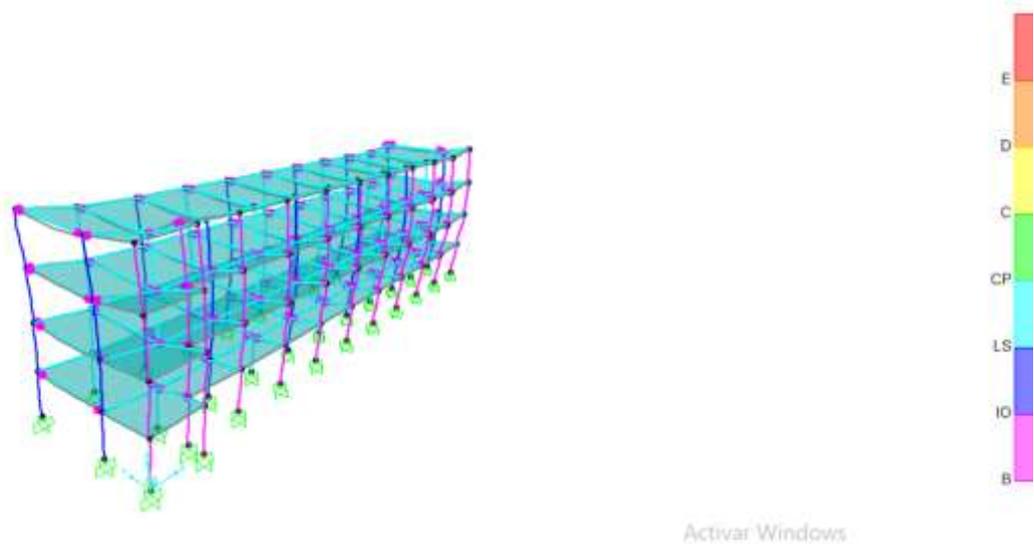


FIGURA 71 Pushover en y nivel II. Fuente. Juan Taco,2021

- Nivel III

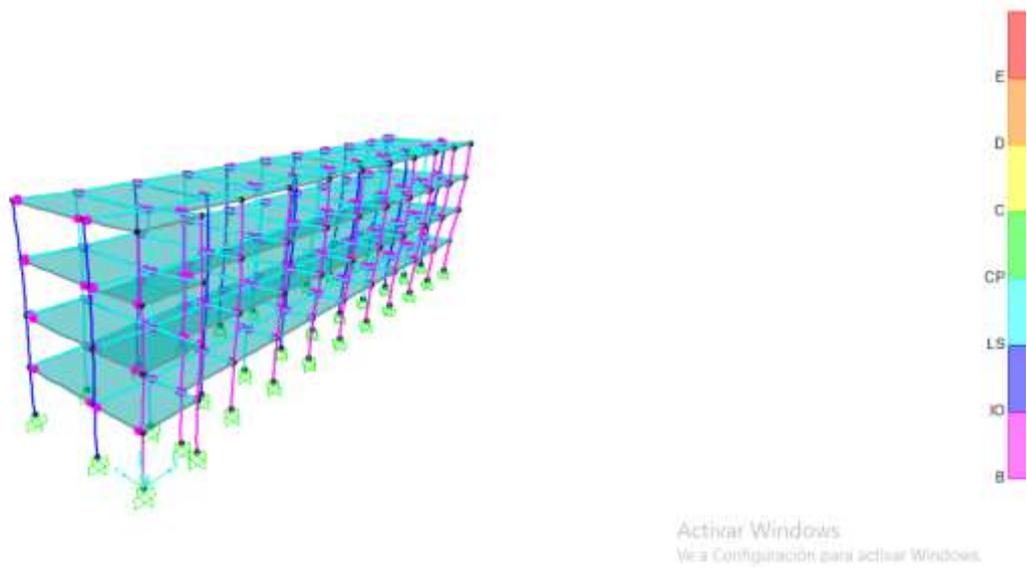


FIGURA 72 Pushover en y nivel III. Fuente. Juan Taco,2021

- Nivel IV

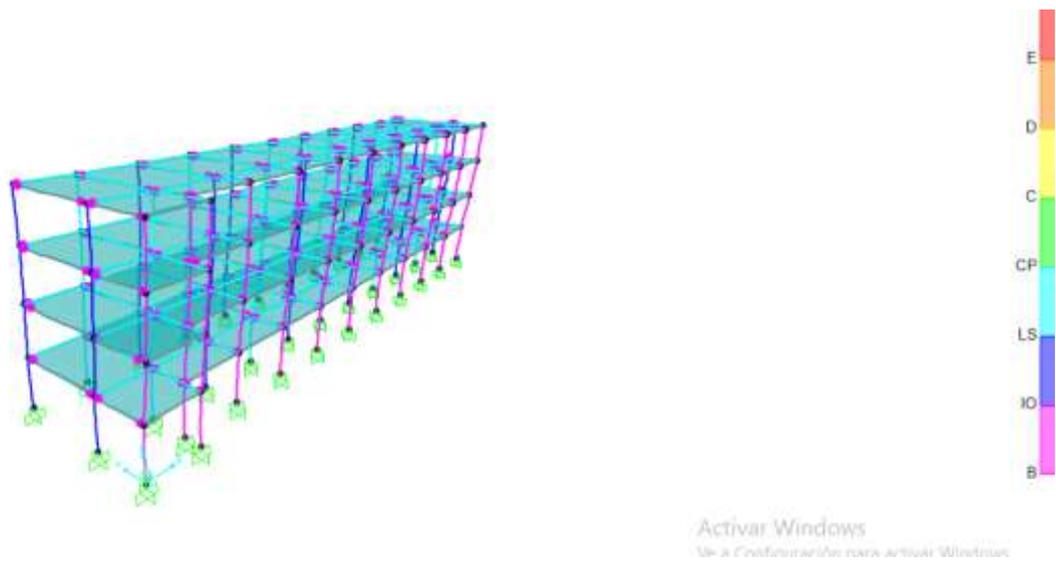


FIGURA 73 Pushover en y nivel IV. Fuente. Juan Taco,2021

- **Nivel V**

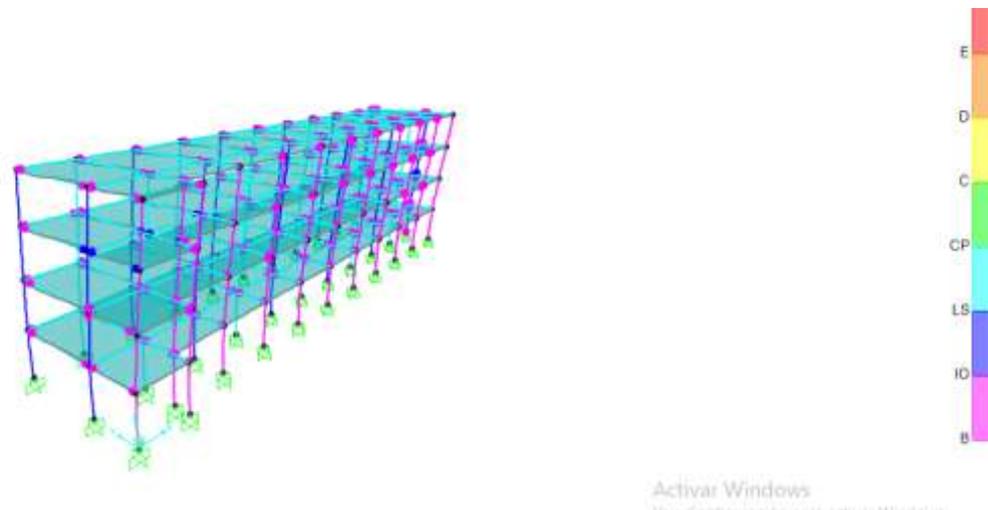


FIGURA 74 Pushover en y nivel V. Fuente. Juan Taco,2021

A partir de este nivel se observa que la edificación tiene rótulas plásticas en las cabezas de columnas, lo que esto provocara el colapso de la edificación.

- **Nivel VI**

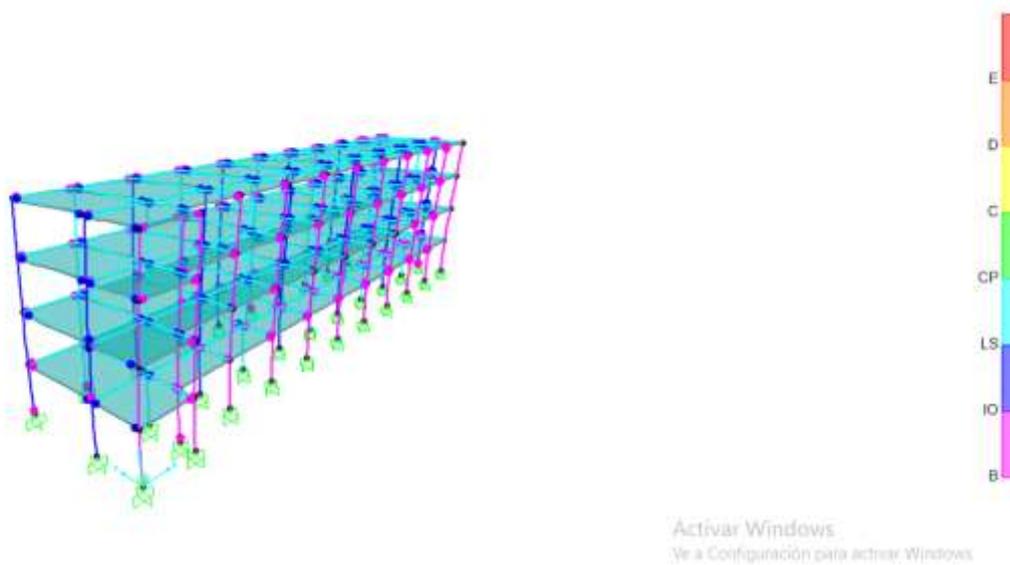


FIGURA 75 Pushover en y nivel VI. Fuente. Juan Taco,2021

- Nivel VII

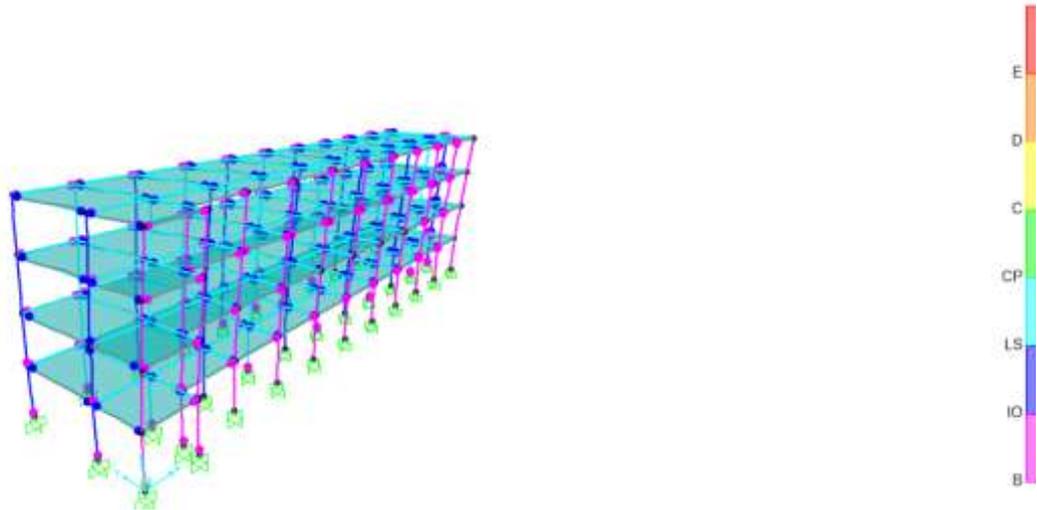


FIGURA 76 Pushover en y nivel VII. Fuente. Juan Taco,2021

- Nivel VIII

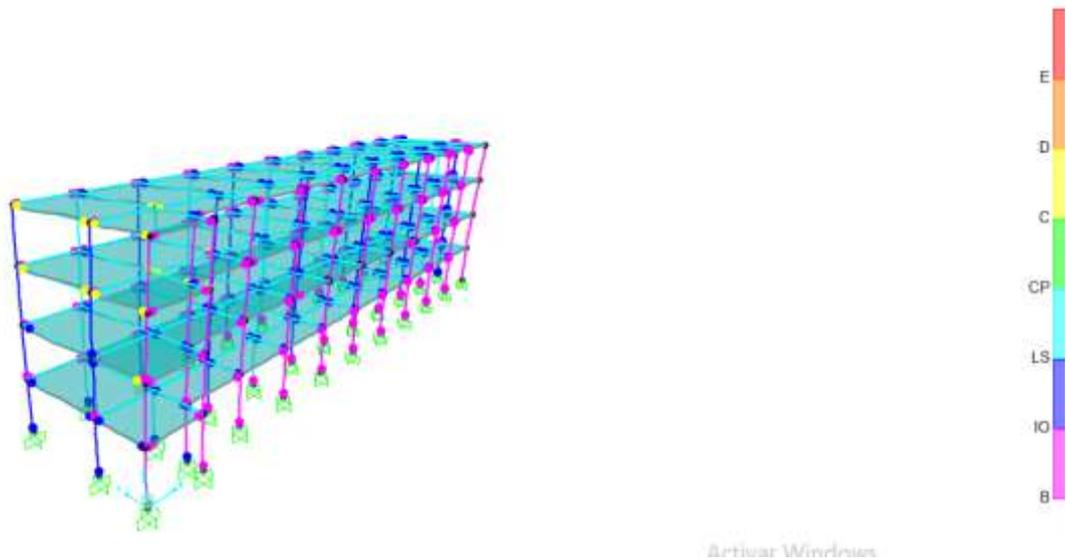


FIGURA 77 Pushover en y nivel VIII. Fuente. Juan Taco,2021

Aquí se puede observar la presencia de rótulas plásticas en columnas y en vigas que ya se encuentran en colapso.

- **Nivel IX**

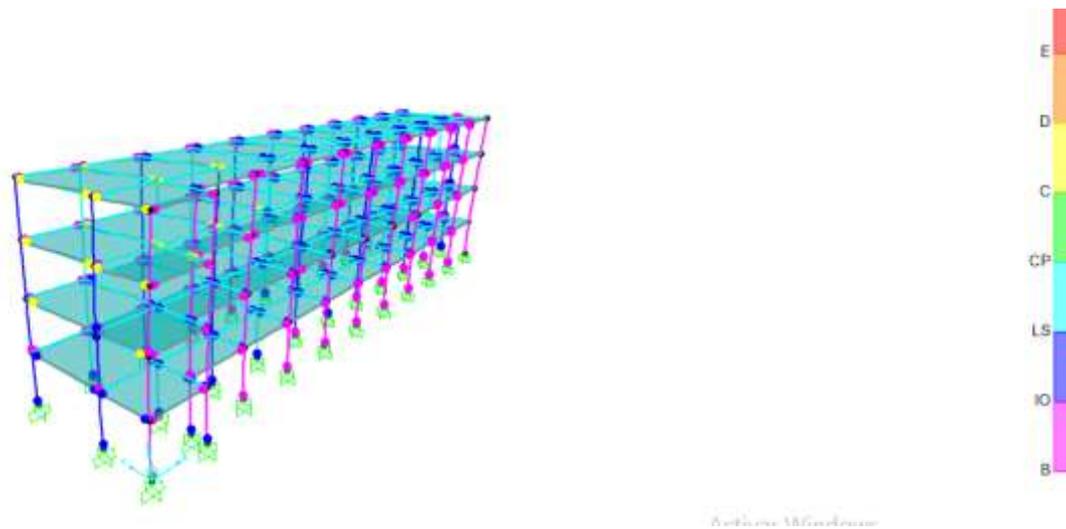


FIGURA 78 Pushover en y nivel IX. Fuente. Juan Taco,2021

- **Nivel X**

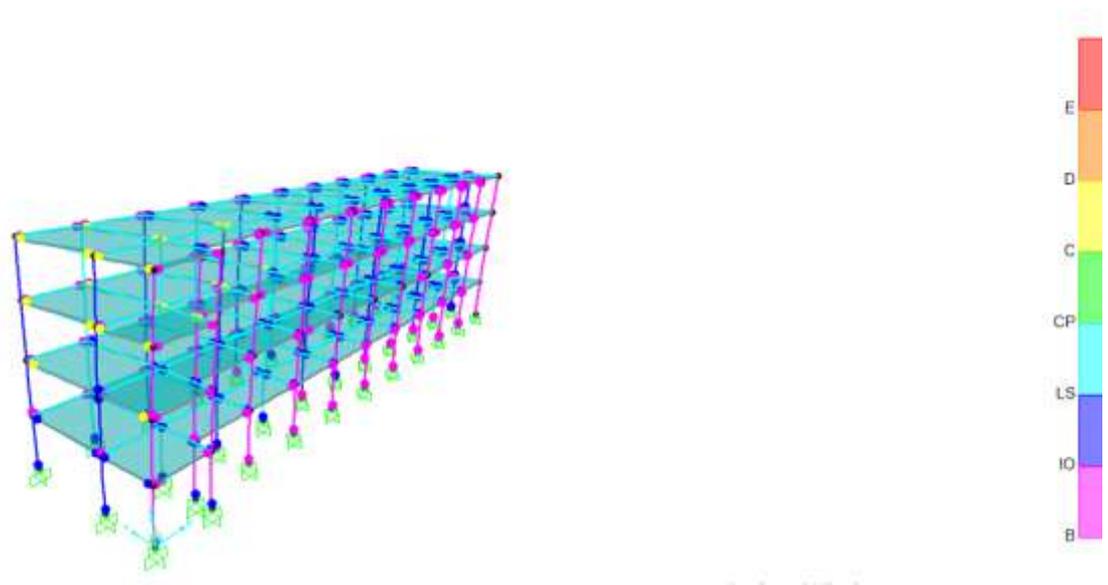


FIGURA 79 Pushover en y nivel X. Fuente. Juan Taco,2021

La estructura en este nivel colapsó, por lo cual no llegó a tener su nivel de desempeño.

- Curva de Pushover en X

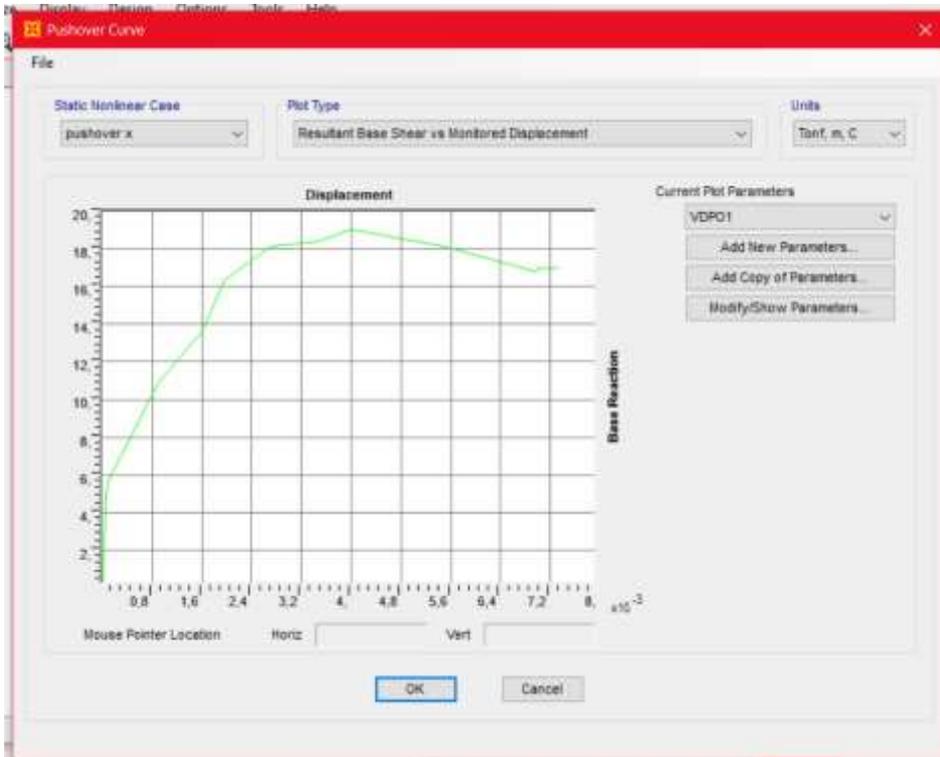


FIGURA 80 Curva Pushover en X. Fuente. Juan Taco,2021

- Curva de Pushover en Y

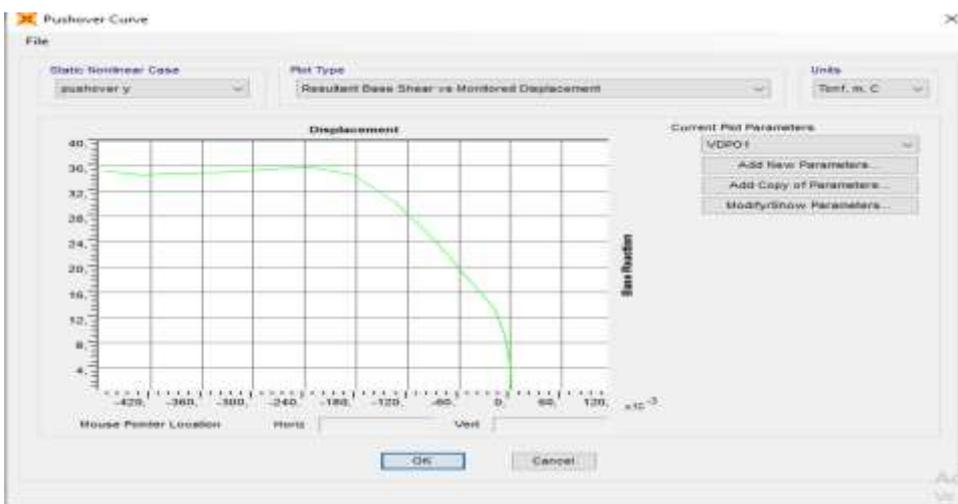


FIGURA 81 Curva Pushover en Y. Fuente. Juan Taco,2021

- **ATC 40 Pushover X**

FIGURA 82 ATC 40 Pushover en X. Fuente. Juan Taco,2021

Para obtener la curva de capacidad se coloca el método de capacidad ATC-40 ingresando el espectro con un factor de reducción $R = 1$, y se coloca el sismo de diseño que tiene un periodo de retorno de 475 años, dando un valor de desempeño de 0.21m

- **ATC 40 Pushover Y**

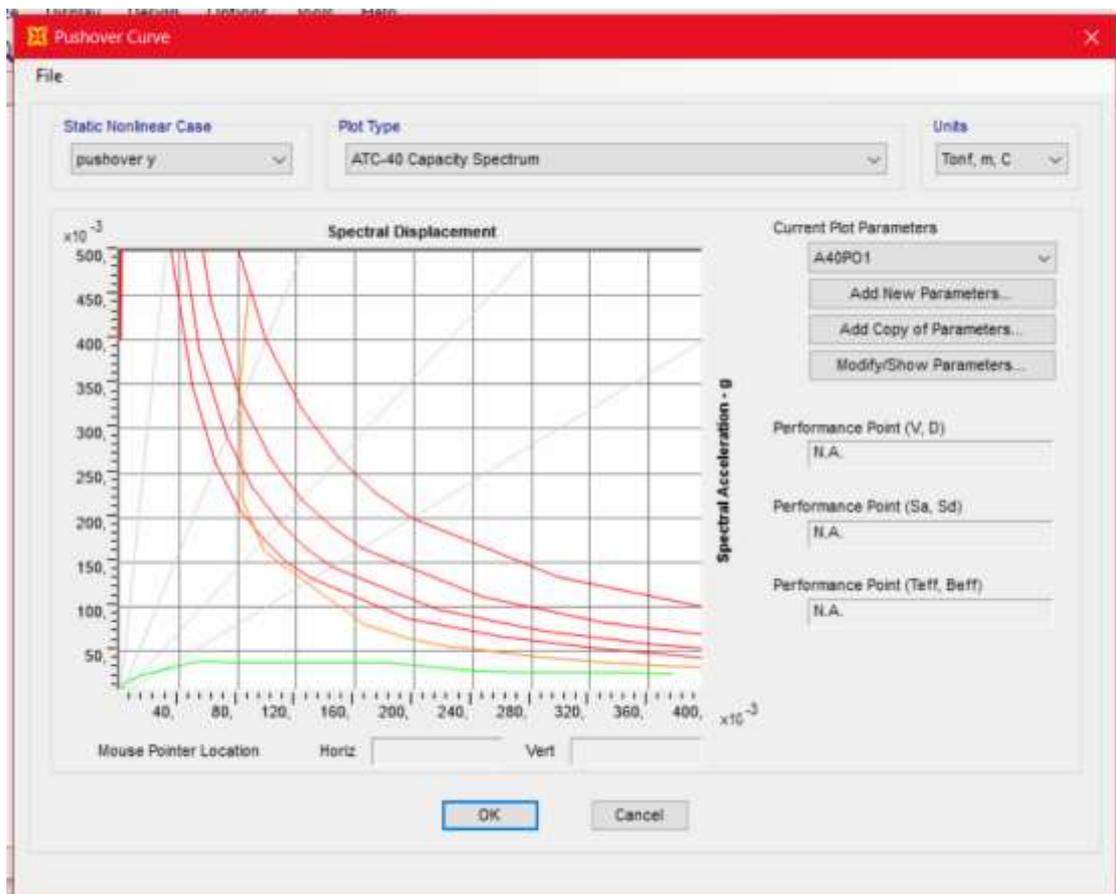


FIGURA 83 ATC 40 Pushover en Y. Fuente. Juan Taco,2021

Se obtiene un punto de desempeño para el pushover en y colocando un sismo de servicio de 75 años, porque si se trabaja con un sismo de diseño no cumpliría, ya que las secciones en sentido y son más cortas respecto a la del sentido x.

Capítulo V

5.1 Conclusiones

En el presente trabajo de titulación se realizó un análisis estático lineal y no lineal de acuerdo a la CEC 2000 y a la NEC 2015. A continuación, se presentará las conclusiones basándonos en dicho análisis.

- El análisis de la estructura demuestra que la disipación de energía de en el pushover en X las rótulas plásticas no se deformaron, pero por otra parte en el sentido Y colapsaron, esto nos demuestra que en el sentido Y la estructura fallaría.
- Después del Análisis en sentido y, se puede observar que en el nivel VIII empiezan a fallar en el pie de columna en la cimentación, pero por otro lado está dentro del rango de seguridad de vida, eso quiere decir que la estructura no colapsaría, pero sufría daños.
- Los elementos que colapsaron en la estructura son las vigas en el nivel VIII como se puede observar, ya que pasaron su rango elástico por la fuerza del sismo.
- A pesar de que en el presente trabajo no se ocupó la carga lateral que se encuentra en el FEMA 356, debido a que se debe regir a nuestros códigos y así poder realizar un análisis lineal, esto se debe a la topografía, propiedades del suelo, geología y esto debe a la ubicación respecto a la placa sudamericana con la placa de nazca, ya que esta genera varios sismos de magnitud considerable, para el caso de Ecuador que está en la cordillera de los Andes genera también una peligrosidad sísmica y esto hace que nuestro país sea muy distinto en riesgo sísmico a Estados Unidos.
- El costo de reparación de una estructura educativa es primordial ya que se determina con una comparación entre el costo de rehabilitación y la

suma de pérdidas económicas durante el tiempo, tomando como ejemplo las rehabilitaciones en edificaciones destinadas al comercio, donde se realiza varios análisis económicos que demuestran costos de reparación post sismo, dando pérdidas del 25 – 35% de pérdidas y esto más la pérdida económica por estar desocupados, por esta razón es mejor proveer de un correcto diseño en el cual la rehabilitación será mínima o nula.

- Para el cálculo del peso de la estructura se realizó un cálculo manual con una diferencia del 2%, encontrándose prácticamente similar al obtenido por el software.
- Para los factores de sitio se utilizó la microzonificación de Quito realizada por el Dr. Roberto Aguiar teniendo los valores $f_a=0,85$, $F_s = 1,10$ y un $F_d=0,775$, estos valores nos ayudaron para poder tener un valor más exacto al lugar donde está ubicada la edificación, ya que no se cuenta con estudios de suelos.
- Para la edificación, se realizó un análisis estático lineal utilizando los parámetros de las normativas NEC 2015 y CEC 2000, el coeficiente basal, para la NEC 2015 se obtuvo un valor 0,24 y para la CEC 2000 un valor 0,181, dándonos una diferencia del 3%, obteniendo el valor mayor con la NEC 2015.
- El cortante basal de la norma NEC 2015 se obtuvo un valor de 173,1 ton, y el valor del cortante por la normativa CEC 2000, tenemos un valor de 128,3 ton dándonos un porcentaje de diferencia del 35%, esta diferencia depende factor de reducción sísmica R debido a que la NEC 2015 se utilizó un R de 5 y para el CEC 2000 se utilizó un R de 8.
- Una vez calculadas las derivas de piso para la norma NEC 2015 y CEC 2000 se encontró que la edificación no cumple lo esperado.
- Mediante el análisis estático no lineal en el sentido X, la edificación está en nivel desempeño de seguridad vida en donde la edificación no llega al colapso.
- Se concluye que en el análisis de pushover del sentido X, las rótulas plásticas no llegan a un nivel de colapso. LLEGA AL COLPADO TANTO EN X y Y.

- Después de analizar los datos obtenidos en el pushover en el sentido Y, se puede observar que la estructura no llega a tener un punto de desempeño, las rotulas plásticas salen en pies de columnas y cabezas de columnas llegando a un nivel de colapso.
- La estructura tiene una participación de masa del 90% en el quinto modal, por lo tanto, la estructura no está trabajando de manera correcta.

5.2 Recomendaciones

- Realizar acelerogramas para más sectores de Quito para que de esta manera se pueda tener una mayor cantidad de registros y así cotejarlos con los diferentes tipos de suelos.
- Realizar análisis a más estructuras de tipo educativo y hospitalario, con el fin de obtener una mayor seguridad de las estructuras institucionales para que de esta manera se pueda evitar pérdidas humanas y económicas.
- Para obtener datos más exactos, se recomienda que se realicen otros ensayos no destructivos, ya que con el ensayo del esclerómetro no fue suficiente, mediante el uso de un pachometro se hubiera conocido los diámetros de acero colocados de manera vertical y longitudinal, de tal manera que se pueda conocer la separación entre los estribos y se pueda comparar con las tablas encontradas en el FEMA 356 y ATC-40.
- Debido a la reducción del modal que se obtiene, se recomienda que para el análisis estructural se incluya la mampostería, de tal manera que se pueda verificar si esto ayudaría con rigidez a la edificación, lo cual permitirá bajar el periodo puede ayudar cuando se realice en análisis según la norma ATC-40, no es una certeza de que mejore la estructura, por tal motivo se debe analizar el comportamiento.
- Se recomienda que se realice un estudio de suelos, de tal manera que esto ayude a obtener cálculos más precisos.
- Se recomendaría un análisis para el reforzamiento de la estructura, debido al tipo de uso de la misma.

Bibliografía.

- Paredes Azaña, M. Á. (2016). Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal pushover.
- Esteba Apaza, A. E. (2017). Análisis estático y dinámico no lineal en el desempeño de un edificio de concreto armado diseñado bajo la norma E-030 en Puno.
- Oliveira Fernández, L., Chebel Labaki, L., Matheus, C., & Lantelme, E. (2018). Procedimiento para análisis del desempeño termoenergético y económico de estrategias pasivas para la adaptación de un edificio en Brasil. *Revista ingeniería de construcción*, 33(3), 251-262.
- Supe Guillen, H. F. (2021). *Análisis del desempeño estructural de la tipología edificios públicos con el uso de amortiguadores viscoelásticos* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil).
- Bonett Díaz, R. L. (2003). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Borja Fernández, F. A. (2020). *Importancia del análisis por desempeño en el proceso de diseño de un edificio de hormigón armado para uso educativo, ubicado en la ciudad de Cuenca-Ecuador* (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).
- Quizhpilema Piray, A. E. (2017). *Evaluación de la 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-SE-RE, 2015)* (Bachelor's thesis, Quito: UCE).

- Vera Maldonado, J. C. (2015). Análisis dinámico espectral de un edificio de cuatro niveles según NEC 2015 y aplicando el Software SAP 2000 del CSI.
- Khoshnoudian, F., & Behmanesh, I. (2010). Evaluation of FEMA-440 for including soil-structure interaction. *Earthquake engineering and engineering vibration*, 9(3), 397-408.
- Aguiar Falconí, R. (2007). *Factor de reducción de las fuerzas sísmicas en edificios de hormigón armado sin muros de corte*. Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE).
- Pilatasig, J., Cagua, B., Aguiar, R., & Vaca, F. (2020). GENERACIÓN AUTOMÁTICA Y ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS PORTICADAS DE HORMIGÓN ARMADO CON CEINCI-LAB. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 25(3), 421-443.
- Indacochea, C. F. V. (2018). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de Edificios de Hormigón Armado: aplicación al área urbana del centro histórico de la ciudad de Portoviejo* (Doctoral dissertation).
- Peñaherrera Campaña, L. S. (2018). *Análisis sísmico y propuesta de reforzamiento de un edificio de hormigón armado afectado por el sismo del 19 de diciembre del 2016 ubicado en la parroquia Tonsupa perteneciente al cantón Atacames provincia de Esmeraldas* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil).
- Borja Fernández, F. A. (2020). *Importancia del análisis por desempeño en el proceso de diseño de un edificio de hormigón armado para uso educativo, ubicado en la ciudad de Cuenca-Ecuador* (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).
- Barzallo Asunción, L. W. (2015). Análisis sísmico dinámico espectral en SAP2000 de un edificio de Hormigón de cuatro plantas altas con normativas NEC 2015.
- Carrasco Ramos, P. A. (2016). *Análisis Del Comportamiento Y Diseño En Las Conexiones Viga–Columna De Una Estructura De Hormigón Armado*

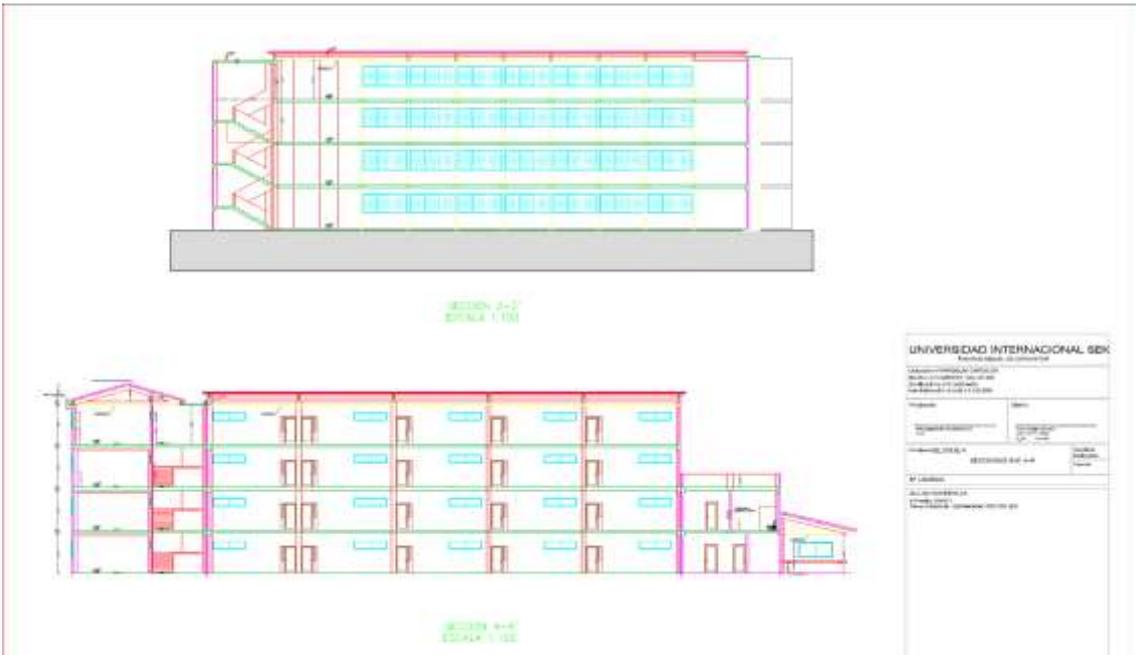
Modelada En SAP 2000, Según Las Recomendaciones Del ACI 352 R-02 (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil: Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería Civil).

- Cajas Gía, L. D. (2015). Análisis y Diseño Estructural dinámico de un edificio de 4 Plantas altas mediante el programa SAP2000.
- Campbell, J., Durán, M., Ceura, I., & Guendelman, T. ANÁLISIS SÍSMICO NO-LINEAL SIMPLIFICADO DE MUROS DE HORMIGÓN ARMADO UTILIZANDO ELEMENTOS FINITOS.

Anexos.



FIGURA 84 PLANO ARQUITECTONICO AULAS BLOQUE NORTE SUR CAMPUS MIGUEL DE CERVANTES



**FIGURA 85 PLANO ARQUITECTONICO AULAS BLOQUE NORTE SUR
CAMPUS MIGUEL DE CERVANTES**



**FIGURA 86 PLANO ARQUITECTONICO FACHADAS AULAS BLOQUE NORTE SUR
CAMPUS MIGUEL DE CERVANTES**



FIGURA 87 PLANO ARQUITECTONICO FACHADAS AULAS BLOQUE NORTE SUR CAMPUS MIGUEL DE CERVANTES

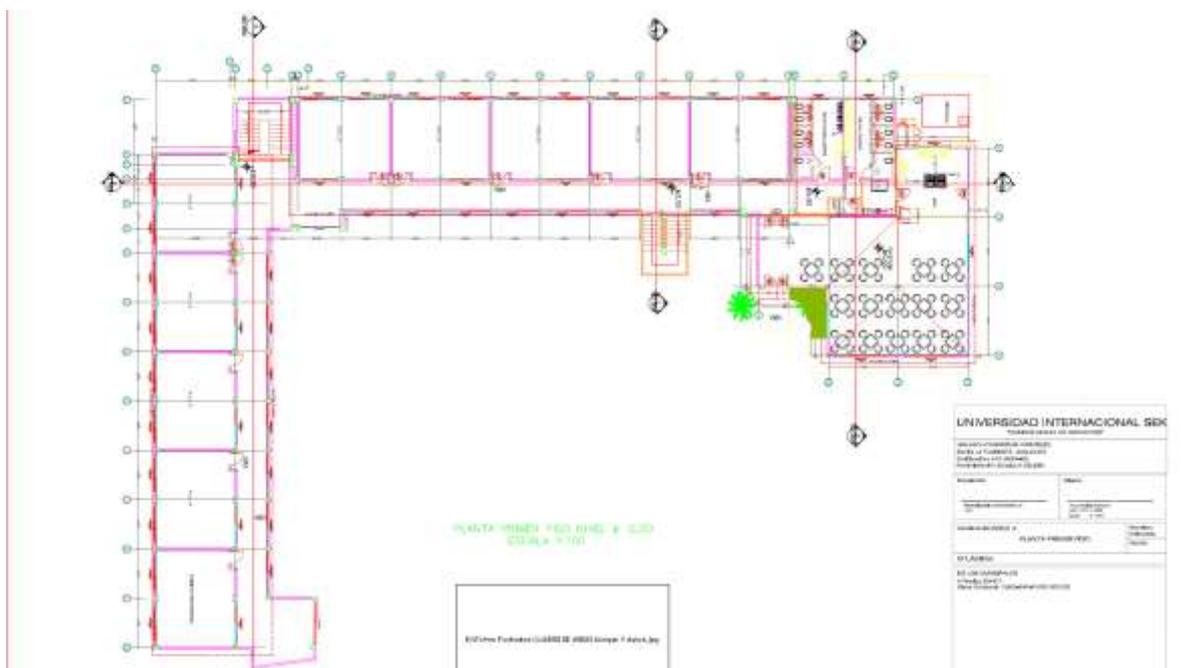


FIGURA 88 PLANO ARQUITECTONICO VISTA EN PLANTA AULAS BLOQUE NORTE SUR CAMPUS MIGUEL DE CERVANTES

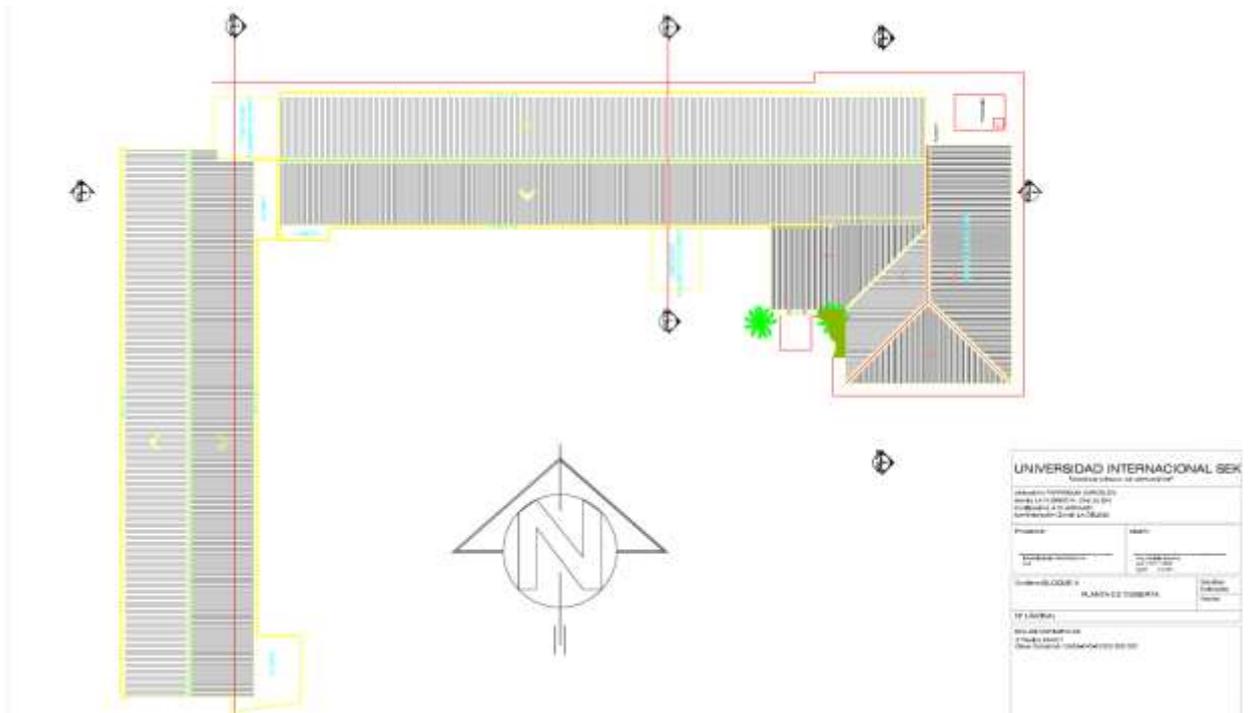


FIGURA 89 PLANO ARQUITECTONICO VISTA CUBIERTA AULAS BLOQUE NORTE SUR CAMPUS MIGUEL DE CERVANTES



FIGURA 90 REMOVIENDO CIELO FALSO PARA UBICACIÓN DE VIGAS Y LOSA



FIGURA 91 TOMA DE DATOS CON ESCLEROMETRO



ECUADOR UNIVERSIDAD
INTERNACIONAL
SEK

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ENSAYO - ESCLERÓMETRO

**PROFESOR GUIA
INGENIERO CIVL MSC. LUIS SORIA**

**AUTOR:
JUAN FRANCISCO TACO**

QUITO-ECUADOR

Ubicación

El ensayo se lo realizo en el día jueves 3 de junio, con la guía del tutor de tesis Ing. Luis Soria.

En el edificio de aulas norte del campus Miguel de Cervantes de la universidad internacional SEK, ubicado en la parroquia de Carcelén, administración zonal la delicia.

El ensayo se lo realizo con la finalidad de obtener la resistencia del hormigón en distintos elementos del edificio.



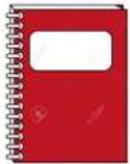
Objetivo general

- Realizar el ensayo no destructivo (Esclerómetro) de las diferentes secciones estructurales del Edificio de Aulas Sur del Campus Miguel de Cervantes de la Universidad Internacional SEK.

Objetivo específico

- Comprender el modo de operación del esclerómetro para la obtención de resultados.
- Evaluar la resistencia de hormigón del concreto con los datos obtenidos mediante el esclerómetro.

Materiales

<p>Esclerómetro</p> 	<p>Cuaderno</p> 
<p>Cinta</p> 	<p>Regla</p> 
<p>Nivel digital (en caso de contar utilizar el nivel del celular)</p> 	<p>Ropa cómoda</p> 
<p>Mascarilla KN95</p> 	<p>Casco</p> 

Procedimiento:

- Seleccionar la superficie de prueba, los elementos de hormigón que se van a evaluar debentener al menos 100 mm (4 pulg.) de espesor y estar fijado dentro de una estructura.
- El área de ensayo debe ser de por lo menos 150 mm de diámetro. Las superficies de textura gruesa, suave o con mortero suelto deben ser pulidas con una piedra abrasiva. Las superficies lisas no necesitan ser pulidas antes del ensayo. Remover el agua libre superficial presente antesde hacer el ensayo.
- Sujete el instrumento firmemente de modo que el émbolo quede perpendicular a la superficie de prueba. Empuje gradualmente el instrumento hacia la superficie de prueba hasta que impacte el martillo. Después del impacto, Mantenga la presión sobre el instrumento y, si es necesario, presione el botón en el costado del instrumento para bloquear el émbolo en su posición retraída. Estime el número de rebote en la báscula. Al número entero más cercano y registre el número derebote.
- Tome diez lecturas de cada área de prueba.
- Desechar lecturas que difieran del promedio de 10lecturas en más de 6 unidades y determinarel promedio de las lecturas restantes. Si más de 2 lecturas difieren del promedio de 6 unidades, descarte todo el conjunto de lecturas y determinar los números de rebote en 10 nuevas ubicaciones dentro de la prueba área.
- aplasta rompe un vacío de aire cercano a la superficie ignore la lectura y haz otra lectura.

- Para realizar este ensayo, se seleccionó las áreas de las secciones estructurales que fueron 3, columnas, vigas y la losa, basándose en la normativa del ASTM C805
- Se comenzó en la sección de las columnas, revisando que sea un área plana, lisa que se encuentre su sección seca y chequeado que se encuentren vacíos en las columnas para no tener errores al momento del ensayo.
- Al proceder realizar estos ensayos, por motivos que se lo realizó en las estaciones de la Universidad se procedió a colocar una hoja de papel bond en la cual se tubo impreso la cuadrícula con una separación de 2.5 cm.
- En la cuadrícula se marcó los puntos donde se va a impactar para sacar el número de rebote, siempre y cuando tomar en cuenta que tenga una forma simétrica.
- Una vez que se tuvo marcados los puntos se procedió a pegar la hoja de papel bond en las columnas, vigas, losas de cada piso.
- Una vez que se tuvo pegadas las hojas en cada sección se comenzó a realizar el ensayo con el esclerómetro sosteniendo el matillo y mediante la ayuda de un nivel. Se procedió a realizar un golpeo perpendicular a la superficie de en contacto, se debe ir aumentando la presión gradualmente hasta que se realice un golpe pulsando el botón para que se bloquee el vástago y marque su valor correspondiente.
- Como parte final se procedió a anotar la medición este paso se lo realizó 10 veces por cada sección.
- Estos pasos se lo repitieron en cada piso dando un total de ensayo de 24 ensayos.

Información general

Fecha de prueba : 6 de junio del 2021

Temperatura del aire libre 16 ° centígrados
Hora del ensayo 9 am hasta 4pm

Ubicación del área de prueba de la edificación: edificio de aulas Sur del campus Miguel de Cervantes de la UNIVERISDAD INTERNACIONAL SEK

Explicación del área de prueba

Por motivos de realizar el ensayo en las instalaciones de la universidad no se procedió a quitar el empaste que tenían las secciones estructurales para no dañarlas, también se pudo observar que la superficie estaba seca.

Información del martillo

Para la práctica se utilizó el siguiente modelo: *SCLEROMETRO PECALCESTRUZZO(ITALY)*



FUENTE: 1 Manual del esclerómetro

- Rango de medición 100 ... 600 kg / cm² (~ 9,81 ... 58,9 N / mm²)
- Precisión ± 18 kg / cm² (~ ± 1,8 N / mm²)
- Tabla de corrección del valor de medición en las instrucciones
- Espesor máximo del hormigón (del material) 70 cm
- Energía de Impacto: 2.207 Nm (0.225 Kg m)
- Indicador de medición en la escala frontal 0 ... 100 (sin dimensiones)
- Escala de resistencia a la presión en la parte trasera Para convertir los valores del indicador adimensional a kg / cm² (con introducción del ángulo)

Encargo de ensayo	JUAN TACO
Nombre de la obra	Edificio de Aulas norte de la Universidad Internacional Sek
fecha	3 de junio del 2021

Tabla 1 calculo del hormigón para la planta baja

PLANTA BAJA																									
elemento	tipo	Caracterización de la superficie	tipo de martillo	fecha de ensayo	hora	orientación	rebotes										promedio	X-X	desviación	corrección por desviación	factor de corrección por edad	corrección por edad norma	corrección por edad norma japonesa	Hormigón de la tabla del instrumento kg/Cm2	observación
columna 1	Hormigón Armado (40*30)cm	no se saco el empastado	SCLEROMETRO PER CALCESTRUZZO (ITALY)	3/6/2021	9:00 a. m.	H-curva A	30	33	36	34	31	35	30	35	33	35	34,2	43,60	2,20	31,00	0,63	25,26	155,83	217,95	
							3,2	0,2	2,8	0,8	2,2	1,8	3,2	1,8	0,2	1,8									
columna 2	Hormigón Armado (40*20)	no se saco el empastado	SCLEROMETRO PER CALCESTRUZZO (ITALY)	3/6/2021	9:00 a. m.	H-curva A	31	39	32	30	32	30	30	32	36	32	31,7	81,78	3,01	28,65	0,63	24,31	143,28	175,76	
							0,7	-7,3	-0,3	1,7	-0,3	1,7	1,7	-0,3	-4,3	-0,3									
columna 3	Hormigón Armado (40*20)	no se saco el empastado	SCLEROMETRO PER CALCESTRUZZO (ITALY)	3/6/2021	9:00 a. m.	H-curva A	30	36	34	31	35	30	33	32	35	30	32,6	48,40	2,32	30,28	0,63	23,50	150,92	210,92	
							2,6	-3,4	-1,4	1,6	-2,4	2,6	-0,4	0,6	-2,4	2,6									
viga H	Hormigón Armado (15*15)	no se saco el empastado	SCLEROMETRO PER CALCESTRUZZO (ITALY)	3/6/2021	9:00 a. m.	V-curva C	50	54	54	50	50	54	44	50	52	50	51,56	87,31	3,11	47,44	0,63	47,65	306,01	386,68	
							1,56	-2,4444	-2,444444	1,556	1,56	-2,44	7,5556	1,556	-0,44	1,5556									
viga V	Hormigón Armado (15*15)	no se saco el empastado	SCLEROMETRO PER CALCESTRUZZO (ITALY)	3/6/2021	9:00 a. m.	H-curva A	54	50	54	53	52	50	54	53	52	50	52,2	25,60	1,69	51,51	0,63	48,47	321,28	351,53	
							-1,8	2,2	-1,8	-0,8	0,2	2,2	-1,8	-0,8	0,2	2,2									
losa	alivianadas e=20cm	no se saco el empastado	SCLEROMETRO PER CALCESTRUZZO (ITALY)	3/6/2021	9:00 a. m.	V-curva C	22	23	18	23	22	22	18	22	22	23	21,5	32,50	1,90	19,60	0,63	9,36	63,10	105,46	
							-0,5	-1,5	3,5	-1,5	-0,5	-0,5	3,5	-0,5	-0,5	-1,5									

Tabla 3 tabla para cálculo de hormigón para el segundo piso

SEGUNDO PISO																									
elemento	tipo	caracterización de la superficie	tipo de martillo y serie	fecha de ensayo	hora	orientación	rebotes										promedio	X-X	desviación	corrección por desviación	factor de corrección por edad	corrección por edad norma japonesa N/mm2	corrección por edad norma japonesa kg/cm2	Hormigón de la tabla del instrumento kg/Cm2	observación
columna 1	Hormigón Armado (40*30)cm	no se saco el empastado	SCLEROMETRO PER CALCESTRUZZO (ITALY)	3/6/2021	2:00:p.m	H-curva A	35	36	34	36	36	35	33	35	35	33	34,8	11,60	1,14	33,66	0,63	26,30	168,92	236,65	
							-0,2	-1,2	-0,8	1,2	-1,2	0,2	1,8	0,2	-0,2	-1,8									
columna 2	Hormigón Armado (40*20)	no se saco el empastado	SCLEROMETRO PER CALCESTRUZZO (ITALY)	3/6/2021	2:00:p.m	H-curva A	31	32	30	31	30	31	32	30	31	30	31,7	5,78	0,80	29,87	0,63	21,04	135,10	182,79	
							-0,3	-1,3	0,7	-0,3	0,7	-0,3	-1,3	0,7	-0,3	0,7									
columna 3	Hormigón Armado (40*20)	no se saco el empastado	SCLEROMETRO PER CALCESTRUZZO (ITALY)	3/6/2021	2:00:p.m	H-curva A	32	31	32	34	32	31	30	31	30	30,5	12,50	1,18	30,32	0,63	22,10	141,92	182,7		
							-0,5	0,5	-0,5	-2,5	-0,5	-0,5	0,5	1,5	0,5										1,5
viga H	Hormigón Armado (15*15)	no se saco el empastado	SCLEROMETRO PER CALCESTRUZZO (ITALY)	3/6/2021	2:00:p.m	V-curva C	52	51	51	52	51	51	52	54	51	50	50,44	10,53	1,08	50,36	0,63	47,51	305,10	421,84	
							-0,56	0,44	0,44	-0,56	0,44	0,44	-0,56	-2,56	0,44	1,44									
viga V	Hormigón Armado (15*15)	no se saco el empastado	SCLEROMETRO PER CALCESTRUZZO (ITALY)	3/6/2021	2:00:p.m	H-curva A	41	40	41	42	42	41	40	40	42	40	41,9	6,90	0,88	40,02	0,63	34,07	218,83	351,53	
							-0,1	0,9	-0,1	-1,1	-1,1	-0,1	0,9	0,9	-1,1	0,9									
losa	alivianadas e=20cm	no se saco el empastado	SCLEROMETRO PER CALCESTRUZZO (ITALY)	3/6/2021	2:00:p.m	V-curva C	18	20	22	23	20	21	22	22	21	20	21,9	18,90	1,45	19,45	0,63	8,59	55,19	112,45	
							2,9	0,9	-1,1	-2,1	0,9	-0,1	-1,1	-1,1	-0,1	0,9									

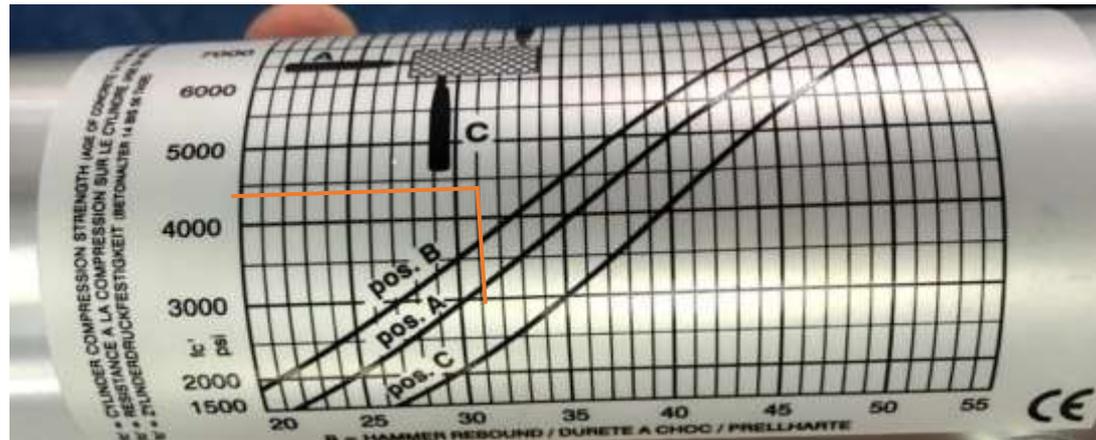
TERCER PISO

elemento	tipo	caracterización de la superficie	tipo de martillo y serie	fecha de ensayo	hora	orientación	rebotes										promedio	X-X	desviación	corrección por desviación	factor de corrección por edad	corrección por edad norma japonesa N/mm2	corrección por edad norma japonesa kg/cm2	Hormigón de la tabla del instrumento kg/Cm2	observación
columna 1	Hormigón Armado (40*30)cm	no se saco el empastado	SCLEROMETRO PER CALCESTRUZZO (ITALY)	3/6/2021	3:00 a. m.	H-curva A	35	34	35	35	34	33	36	36	35	36	34,9	8,90	0,99	33,91	0,63	26,43	169,74	238,41	
							-0,1	0,9	0,1	0,1	0,9	-1,9	-1,1	1,1	-0,1	1,1									
columna 2	Hormigón Armado (40*20)	no se saco el empastado	SCLEROMETRO PER CALCESTRUZZO (ITALY)	3/6/2021	3:00 a. m.	H-curva A	30	32	31	32	30	32	35	32	32	30	31,6	20,42	1,51	30,05	0,63	22,17	142,37	210,56	
							1,6	-0,4	0,6	-0,4	1,6	-0,4	-3,4	-0,4	-0,4	1,6									
columna 3	Hormigón Armado (40*20)	no se saco el empastado	SCLEROMETRO PER CALCESTRUZZO (ITALY)	3/6/2021	3:00 a. m.	H-curva A	32	32	30	34	31	32	32	34	34	30	32,1	20,90	1,52	30,58	0,63	22,86	146,83	210,92	
							0,1	0,1	2,1	-1,9	1,1	0,1	0,1	-1,9	-1,9	2,1									
viga H	Hormigón Armado (15*15)	no se saco el empastado	SCLEROMETRO PER CALCESTRUZZO (ITALY)	3/6/2021	3:00 a. m.	V-curva C	51	50	52	50	52	50	51	52	50	51	50,89	6,90	0,88	50,01	0,63	46,80	300,55	351,18	
							-0,11	0,89	-1,11	0,89	-1,11	0,89	-0,11	-1,11	0,89	-0,11									
viga V	Hormigón Armado (15*15)	no se saco el empastado	SCLEROMETRO PER CALCESTRUZZO (ITALY)	3/6/2021	3:00 a. m.	H-curva A	40	44	42	42	44	40	42	42	40	45	42,1	28,90	1,79	40,31	0,63	35,60	228,65	350,83	
							2,1	-1,9	0,1	0,1	-1,9	2,1	0,1	0,1	2,1	-2,9									
losa	aliviadas e=20cm	no se saco el empastado	SCLEROMETRO PER CALCESTRUZZO (ITALY)	3/6/2021	3:00 a. m.	V-curva C	20	23	20	22	23	20	22	20	22	22	21,4	14,40	1,26	20,14	0,63	9,23	59,29	106,16	
							1,4	-1,6	1,4	-0,6	-1,6	1,4	-0,6	1,4	-0,6	-0,6									

Tabla 5 tabla de Resúmenes

resumen de hormigón						
pisos	hormigón norma Japonesa por corrección de edad $f_c = \text{kg/cm}^2$			hormigón con la curvatura del instrumentos $f_c = \text{kg/cm}^2$		
	columnas	vigas	losa	columnas	vigas	losas
planta baja	149,01	308,76	61,01	202,47	369,78	104,44
piso 1	155,36	264,27	151,12	223,86	351,22	140,63
piso 2	149,25	263,41	54,89	201,33	387,47	112,47
piso 3	151,32	265,22	60,45	219,84	354,03	106,25

Figura 1 tabla del esclerómetro



Conclusiones

- El ensayo nos permitió verificar la resistencia de los diferentes elementos del edificio de aulas norte del campus miguel de Cervantes. Dando resultados muy confiables
- La diferencia de valores en las tablas nos llevan a la conclusión de que existe diferentes tipos de hormigón en cada piso y esto se debe a que el vaciado del hormigón no se realizo al mismo tiempo
- En los calculo al hacer la corrección por edad y comparar con la resistencia que nos da los instrumento, podemos darnos cuenta de que la corrección por edad mediante la norma japonesa disminuye en un 34 % de la resistencia que nos da el instrumento.
- Se realizó un promedio por piso para poder tener 3 tipos de hormigón tanto para columnas, vigas, y losas esto nos ayudara al momento de realizar el modelamiento.

Bibliografía

Norma Japonesa-Concrete Test Hammer, Modulo N-6500, N-7000, N-7500

ASTM C805. (1997). *Método de prueba estándar para Número de rebote de hormigón endurecido 1.*

Anexos

Figura 1 colocación del papel bond en las secciones

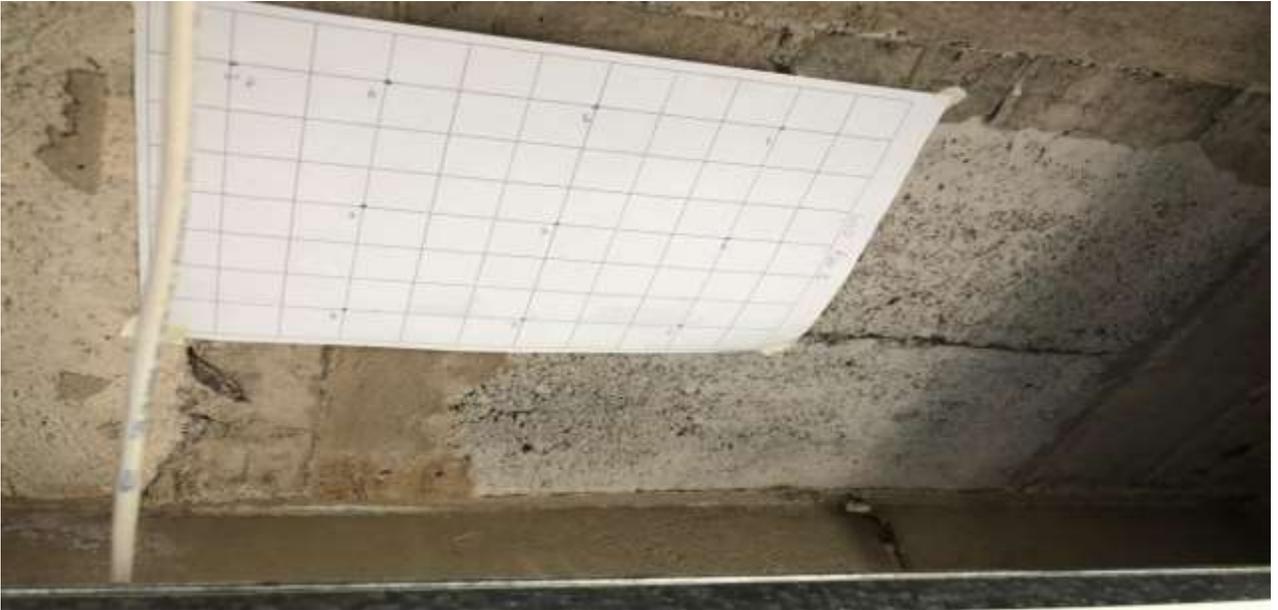


Figura 2 descubrimiento de las secciones para realizar el ensayo

