



FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Programa Académico de Ingeniería Civil

Tesis:

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO
MÉTODOS ESTÁTICOS NO LINEALES EN
PABELLONES DE USO ESENCIAL EN LA I. E. N° 41026
“MARÍA MURILLO DE BERNAL”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR (es):

Bach. KEVIN ANDRE MALARIN ZAVALETA

Bach. ORLANDO GERMAN MACEDO ORTIZ

Asesor:

ING. ULISES OCTAVIO IRIGOIN CABRERA MSC

Co-Asesor:

ING. DANIEL MARIO GONZALES ARCE

Iquitos - Perú

2023

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to Kevin Andre Malarin Zavaleta.

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to Daniel Mario Gonzales Arce.
ING. DANIEL M. GONZALES ARCE
Co Asesor tesis de investigación
Universidad Científica del Perú



UNIVERSIDAD
CIENTÍFICA
DEL PERÚ

FACULTAD DE
CIENCIAS E
INGENIERÍA

"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N°1059-2022-UCP-FCEI de fecha 11 de Noviembre de 2022, La FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- Ing. Juan Jesús Ocaña Aponte, M. Sc.
- Ing. Félix Wong Ramírez, M.Sc.
- Ing. Keuson Saldaña Ferreyra, Mg.

Presidente
Miembro
Miembro

Como Asesor: Ing. Ulises Octavio Irigoín Cabrera, M. Sc.

En la ciudad de Iquitos, siendo las 19:30 horas del día Jueves 25 de enero del 2024, de manera presencial supervisado por el secretario académico del programa académico de Ingeniería civil de la facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **"EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO MÉTODOS ESTÁTICOS NO LINEALES EN PABELLONES DE USO ESENCIAL EN LA I. E. N° 41026 "MARÍA MURILLO DE BERNAL"**.

Presentado por los Sustentantes:

**KEVIN ANDRE MALARIN ZAVALA Y
ORLANDO GERMAN MACEDO ORTIZ**

Como requisito para optar el título profesional de: **INGENIERO CIVIL**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR UNANIMIDAD**

En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.

Presidente

Miembro

Miembro



"Año de la Unidad, la paz y el desarrollo"

**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP**

El Presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

La Tesis titulada:

**"EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO
MÉTODOS ESTÁTICOS NO LINEALES EN PABELLONES DE USO
ESENCIAL EN LA I. E. N° 41026 MARÍA MURILLO DE BERNAL"**

De los alumnos: **KEVIN ANDRE MALARIN ZAVALA Y ORLANDO GERMAN MACEDO ORTIZ**, de la Facultad de Ciencias e Ingeniería, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **14% de similitud**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 27 de diciembre del 2023.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Jorge L. Tapullima Flores', is written over a light blue circular stamp. The signature is positioned above a dashed horizontal line.

Mgr. Arq. Jorge L. Tapullima Flores
Presidente del Comité de ética - UCP

Resultados_UCP_Civil_2023_TESIS_KEVINMALARIN_ORLAND...

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

tesis.pucp.edu.pe

Fuente de Internet

3%

2

repositorio.ucp.edu.pe

Fuente de Internet

2%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

4

portal.amelica.org

Fuente de Internet

1%

5

Lovera Martinez, Luis Guillermo. "El refuerzo de las estructuras de concreto armado con aceros de grado 75 en el Peru.", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2021

Publicación

<1%

6

Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

<1%

7

repositorio.utesup.edu.pe

Fuente de Internet

<1%



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Kevin André Malarín Zavaleta
Título del ejercicio:	Quick Submit
Título de la entrega:	Resultados_UCP_Civil_2023_TESIS_KEVINMALARIN_ORLANDO...
Nombre del archivo:	TESISs_KEVINMALARIN_ORLANDOMACEDO.pdf
Tamaño del archivo:	9.22M
Total páginas:	96
Total de palabras:	16,099
Total de caracteres:	78,931
Fecha de entrega:	26-dic.-2023 09:54a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	2264914103

RESUMEN

Este proyecto de investigación, hace una "Evaluación del desempeño sísmico aplicando métodos estáticos no lineales en pabellones de uso escolar en la I. E. N° 41026 "María Murillo de Bernal", en el departamento de Arequipa, basándose en la estructuración de elementos estructurales, aplicando la Norma Técnica Peruana E.030 de Diseño Sísmorresistente.

Es preciso mencionar que dicha norma, aunque se basa en fuerzas y resistencias, "no tiene un método para evaluar el desempeño estructural de una edificación, lo que significa, que no prevé el comportamiento estructural durante un evento sísmico" (Colos & Tunque, 2020).

El estudio de enfoque cualitativo, aplicó el método estático no lineal y el método de coeficiente de desplazamiento (para analizar el punto de desempeño), en dos pabellones de la edificación. Los resultados mostraron que estos pabellones 101 A y 101 B, en la dirección "X", eran operacionales y de ocupación inmediata, y en la dirección "Y", no cumplían con el requerimiento de desempeño "Performance Based Seismic Engineering of Buildings" de 1995 del comité vision 2000, concluyendo que, ante un evento sísmico raro, la estructura de estudio, se encontraría dentro del límite del colapso.

Por otro lado, la estructura del bloque 101 A, alcanzó una ductilidad de 5.97, es decir de que presentaría una ductilidad media para la dirección de análisis X. Con respecto a la estructura del bloque 101 B, alcanzó una ductilidad de 6.45, es decir de que presentaría una ductilidad alta para la dirección de análisis X y con respecto a la dirección de análisis Y, esta última presentaría una ductilidad frágil, alcanzando un valor estático de 3.54.

Palabras Clave: Desempeño, pushover, demanda, sismo raro, colapso.

HOJA DE APROBACIÓN

Tesis sustentada en acto publico el día Jueves 25 de Enero del 2024, a las 19:30 Horas, en las instalaciones de la UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ.



PRESIDENTE DEL JURADO

Ing. Juan Jesús Ocaña Aponte, M. Sc.



MIEMBRO DEL JURADO

I Ing. Félix Wong Ramírez, M.Sc.



MIEMBRO DEL JURADO

Ing. Keuson Saldaña Ferreyra, Mg.



ASESOR

Ing. Ulises Octavio Irigoin Cabrera, M. Sc.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi querida familia, quien ha sido mi fuente de apoyo incondicional en todo momento y han estado presente en cada uno de los logros que he alcanzado en mi vida. Agradezco su amor, paciencia y comprensión durante todo el proceso de investigación y redacción de este trabajo. También quiero dedicar esta tesis a mis mascotas Chester y Chetoos, quienes han sido miembros muy importantes de mi familia y han brindado su amor incondicional en todo momento. Gracias por ser mis compañeros fieles y por llenar de alegría y amor cada uno de mis días.

K. A. M. Z.

En esta oportunidad quiero dedicárselo a Dios y la vida que me permitió llegar hasta aquí y que me bendijo con mi maravillosa familia en especial al amor de mi vida mi querida madre y hermanas.

O. G. M. O.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, que siempre me han apoyado en todo momento y que han sido mi mayor fuente de inspiración y motivación. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia y por confiar en mí en todo momento. A todas las personas que, de una u otra manera, han contribuido a la realización de mi tesis, aportando sus conocimientos y su tiempo, gracias por su colaboración y por hacer posible este proyecto. Por último, quiero agradecer a Dios por todas las bendiciones recibidas en mi vida y por darme la fuerza y la capacidad para terminar esta tesis.

Kevin André Malarin Zavaleta

Agradezco la oportunidad a mi compañero Kevin Malarin por darme la confianza y permitirme sustentar esta obra juntos.

Orlando G

NDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS	V
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP	IV
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes del estudio.....	1
1.1.1 Antecedentes Internacionales.....	2
1.1.2 Antecedentes Nacionales	3
1.2 Bases teóricas.	5
1.2.1 Métodos Estáticos	5
1.2.1.1 Características de métodos estáticos.....	5
1.2.2 Desempeño sísmico	7
1.2.2.1 Demanda Sísmica.....	7
1.2.2.2 Niveles de Amenaza Sísmica.....	8
1.2.3 Nivel de desempeño estructural.....	9
1.2.3.1 Propuesta del Comité VISION 2000	9
1.2.3.2 Propuesta del Comité ATC-40.....	10
1.2.4 Punto de desempeño	12
1.2.5 Modelo de análisis.....	13
1.3 Definición de términos básicos.	14
CAPÍTULO II.....	15
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
2.1 Descripción del problema.....	15
2.2 Formulación del problema.....	15
2.2.1 Problema General	17
2.2.2 Problemas Específicos	17
2.3 Objetivo de esta tesis	18

2.3.1	Objetivos generales	18
2.3.2	Objetivos específicos	18
2.4	Justificación del proyecto	18
2.4.1	Justificación teórica	18
2.4.2	Justificación practica.....	20
2.4.3	Justificación metodológica	21
2.5	Hipótesis	21
2.5.1	Hipótesis generales	21
2.6	Variables.....	21
2.6.1	Identificación de las variables	21
2.6.2	Definición conceptual y operacional de las variables.....	21
2.6.3	Operacionalización de las variables	23
CAPÍTULO III.....		24
METODOLOGIA		24
3.1	Tipo y Diseño de la investigación	24
3.1.1	Tipo de investigación	24
3.1.2	Diseño de la investigación no experimental- transversal	24
3.2	Población y muestra.....	24
3.2.1	Población	24
3.2.2	Muestra	24
3.2.3	Muestreo: No probabilístico	25
3.3	Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	25
3.3.1.1	Validez.....	26
3.3.1.2	Confiability de instrumentos de investigación	27
CAPÍTULO IV.....		34
RESULTADOS.....		34
4.1	Procedimiento	34
4.1.1	Análisis sísmico no lineal	34
4.1.1.1	Leyes constitutivas.....	40
4.1.1.2	El Comportamiento no lineal del concreto	41
4.1.1.3	El acero y su comportamiento no lineal	45
4.1.1.4	Asignación de Rotulas Plásticas, en función del ACI 318-19	47
4.1.1.5	Punto de control.....	51
4.1.1.6	Creación de carga de gravedad	52
4.1.1.7	Modelo no lineal en X-X.....	57
4.1.1.7.1	Curva de Capacidad en “X”	58

4.1.1.7.2	Curva de representación bilineal en “x” bloque 101A.....	59
4.1.1.7.3	Curva de representación bilineal en “x” bloque 101B.....	60
4.1.1.7.4	Punto de desempeño sísmico.	61
4.1.1.7.5	Método de espectro de capacidad - Fema 440 en X.....	63
4.1.1.7.6	Verificación del desempeño estructural	66
4.1.1.7.7	Desempeño por Derivas.....	68
4.1.1.8	Modelo no lineal en la dirección Y-Y.....	68
4.1.1.8.1	Calibración del muro de albañilería confinada del ensayo 1.	69
4.1.1.8.2	Calibración del muro de albañilería confinada - ensayo 2.....	71
4.1.1.8.3	Modelo de muro de albañilería confinada aplicado a colegio 780 Pre.....	72
4.1.1.8.4	Curva de Capacidad dirección “y”	73
4.1.1.8.5	Curva de representación bilineal en “y” bloque 101A.....	74
4.1.1.8.6	Curva de representación bilineal en “y” bloque 101B.....	74
4.1.1.8.7	Punto de desempeño sísmico- Método del coeficiente de desplazamiento (M.C.D), modelo de ASCE/SEI 41-13 en “Y”	75
4.1.1.8.8	Método de espectro de capacidad (M.C.E), por Fema 440 dirección “Y”	77
4.1.1.8.9	Verificación del desempeño estructural “Y”.....	79
4.1.1.8.10	Verificación del desempeño por derivas	80
4.2	Nivel de desempeño – Sismo Raro - método del espectro de capacidad MEC.	81
4.3	Nivel de desempeño – Sismo raro - método del coeficiente de desplazamiento (MCD)	82
4.4	Ductilidad de los pabellones de la edificación esencial I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal”	83
4.5	Desempeño sísmico por métodos simplificados estáticos no lineales.....	83
DISCUSIÓN		85
CONCLUSIONES		86
Recomendaciones.....		87
BIBLIOGRAFÍA		88
ANEXOS.....		93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de amenaza sísmica, según el Comité VISION 2000	8
Tabla 2. Daño y nivel de desempeño	10
Tabla 3. El desempeño, según niveles	10
Tabla 4. Estado de daño y niveles de desempeño.....	11
Tabla 5. Valores de Nivel de desempeño estructural	12
Tabla 6 Operacionalización de variables	23
Tabla 7. Técnicas de recolección de datos.....	25
<i>Tabla 8. Ficha de reporte para Índice de Rebote.....</i>	<i>26</i>
Tabla 9. Validez de investigación	26
Tabla 10. Relación de profesionales de Juicio de Expertos (J.E.).....	27
Tabla 11. Validez de instrumento esclerómetro-F. Reporte	27
Tabla 12. Confiabilidad de investigación.....	27
Tabla 13. Columnas de concreto Armado -bloque 101A	28
Tabla 14. Alfa de Cronbach columnas bloque 101A	28
Tabla 15. Estadística de elementos columnas bloque 101A	29
Tabla 16. Viga del bloque 101A.....	29
Tabla 17. Alfa de Cronbach vigas bloque 101A	29
Tabla 18. Estadística de elementos viga bloque 101A.....	30
Tabla 19. Viga del bloque 101B.....	30
Tabla 20. Alfa de Cronbach columnas bloque 101B	30
Tabla 21. Estadística de elementos columnas bloque 101B	31
Tabla 22. Resumen de procesamiento vigas bloque 101B	31
Tabla 23. Alfa de Cronbach vigas bloque 101B	31
Tabla 24. Estadística de elementos viga bloque 101B.....	32
Tabla 25. Datos de Sismo Frecuente -para Muestras de estudio.....	34
Tabla 26. Datos de Sismo Ocasional -para Muestras de estudio	35
Tabla 27. Datos de Sismo Raro -para Muestras de estudio.....	35
Tabla 28. Datos de Sismo Muy Raro - para Muestras de estudio	35
Tabla 29. Espectros elásticos de la estructura de muestra	35
Tabla 30 . Valores entre aceleraciones espectrales.....	37
Tabla 31. Niveles sísmicos por VISION 2000	37
Tabla 32. Demanda de Niveles Sísmicos	38
<i>Tabla 33. Interpretación de la Figura 44.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 34. Interpretación de la Figura 45.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabla 35. Interpretación de la Figura 46.....</i>	<i>56</i>

Tabla 36. Interpretación Criterio FEMA 440-Sismo Raro, Figura 60.....	63
Tabla 37. Interpretación Criterio FEMA 440-Sismo Muy Raro, Figura 61.....	64
Tabla 38. Interpretación Criterio FEMA 440-Sismo Raro.....	65
Tabla 39. Interpretación Criterio FEMA 440-Sismo Muy Raro	65
Tabla 40. Parámetros utilizados para el seccionamiento del E. C. en X.....	66
Tabla 41 Desplazamientos Límites de Desempeño bloque 101A y 101B, en X.	68
Tabla 42 . Deriva Tope por SEAOC Vision 2000	68
<i>Tabla 43 Derivas del tope, que corresponden a los P.D en X – 101A.....</i>	<i>68</i>
Tabla 44 Derivas del tope, que corresponden a los P.D en X – 101B.....	68
Tabla 45. Propiedades geom. y mec. de E. Estructurales -M. Albañilería- ensayo 1....	70
Tabla 46 Propiedades geom. y mec. de E.E. de Albañilería - ensayo 2.....	71
Tabla 47. Propiedades geom. y mec. -M. Albañilería confinada.....	73
Tabla 48 Propiedades elemento tipo “Link”	73
Tabla 49. Resultados de método FEMA 356 para Bloque 101B	74
Tabla 50. Resultado de desempeño para sismo frecuente del espectro sísmico-101B77	
<i>Tabla 51 Seccionamiento del desempeño estructural en Y.....</i>	<i>79</i>
Tabla 52. Límites de Desempeño en B.101A y B.101B, en “Y”	80
Tabla 53 Nivel de desempeño -Deriva del Tope según N.D.....	81
<i>Tabla 54. Derivas del tope correspondientes P.D, en “Y” – 101B</i>	<i>81</i>
Tabla 55 Nivel de desempeño MEC-sismo raro en “X”	81
Tabla 56 Nivel de desempeño MEC - sismo raro, en “Y”	81
Tabla 57 Nivel de desempeño MCD - sismo raro, en “X”	82
Tabla 58 Nivel de desempeño MCD para sismo raro, en “Y”	82
Tabla 59 Clasificación de la ductilidad estática	83
Tabla 60 Comparativo entre métodos simplificados, dirección Y, bloque 101 B.....	83
Tabla 61 Comparativo entre métodos simplificados, dirección X, bloque 101 A.....	83
Tabla 62 Comparativo entre métodos simplificados, dirección X, bloque 101 B.....	84
Tabla 63 Matriz de consistencia	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Análisis Pushover.....	7
Figura 2. Modelo de espectro Elástico.....	8
Figura 3. Curva de capacidad y espectro inelástico- Nivel de desempeño	13
Figura 4. Modelo de cálculo, por ETABS V.19.....	13
Figura 5. Vista exterior IE: 41026 María Murillo De Bernal	16
Figura 6. Vista exterior de pabellón 101 A y B.....	17
<i>Figura 7. Elevación frontal Pabellón 101 A y 101 B I.E. N°41026</i>	<i>32</i>
<i>Figura 8 Corte de Pabellón 101 A y 101 B- I.E. N°41026.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 9 Planta del 2do Piso, Pabellón 101 A y 101 B I.E. N°41026.....</i>	<i>33</i>
Figura 10 Planta de Primer Piso, Pabellón 101 A y 101 B I.E. N°41026	33
<i>Figura 11. Espectro Elástico y sus movimientos sísmicos</i>	<i>35</i>
Figura 12 Espectros de Demanda por Vision 2000, 1995	40
Figura 13. Definición de materiales Bloque 101A- Etabs V.19	41
Figura 14 Asignación Puntos para curva deformación - concreto confinado $f'c=187$ kg/cm ²	42
<i>Figura 15. Puntos para curva deformación: concreto sin confinar $f'c=186$ kg/cm².</i>	<i>42</i>
Figura 16. No linealidad del concreto confinado $f'c=187$ kg/cm ²	43
Figura 17. Asignación de materiales Bloque 101B.....	43
Figura 18. Asignación de Puntos para curva deformación - concreto confinado $f'c=201$ kg/cm ²	44
Figura 19. Asignación Puntos para curva deformación: concreto sin confinar $f'c=196$ kg/cm ²	44
Figura 20. No linealidad del concreto confinado $f'c=201$ kg/cm ²	45
<i>Figura 21. Valores de acero $f_y=4200$kg/cm²</i>	<i>45</i>
<i>Figura 22 Valores de modelo Park - acero $f_y=4200$Kg/cm²</i>	<i>46</i>
<i>Figura 23. No linealidad de Acero E.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 24. Asignación de rótulas para vigas del 101A</i>	<i>47</i>
<i>Figura 25. Asignación de rótulas para vigas del 101B</i>	<i>47</i>
<i>Figura 26. Elección de Hinges para las asignar las rotulas plásticas en vigas 101A ...</i>	<i>48</i>
<i>Figura 27. Elección de Hinges para las asignar las rotulas plásticas en vigas 101A</i>	<i>48</i>
<i>Figura 28. Valores de rotulas plásticas para vigas- Según ASCE41-17.....</i>	<i>49</i>
Figura 29 Elección de columnas, rotulas 101A	49
Figura 30 Selección de columnas, rotulas 101B	49
Figura 31 Frame Hinge conforme ASCE41-17 – 101A	50
Figura 32. Frame Hinge por ASCE41-17 – 101B.....	50

Figura 33 . Designación de rotulas plásticas en columnas 101A.....	50
<i>Figura 34 Designación de rotulas plásticas - columnas 101B</i>	<i>51</i>
<i>Figura 35 Designación de rango inelástico - columnas.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 36. P.C monitoreo de desplazamiento 101A.....</i>	<i>51</i>
Figura 37. Monitoreo de desplazamiento del Bloque 101A	52
Figura 38. Asignación de carga Gravitacional.....	52
Figura 39. Valores de carga Monotónica ANLE “x”	53
Figura 40, Valores de carga Monotónica ANLE “y”	53
<i>Figura 41. Rótulas, eje “x”, Step 39 Bloque 101A.....</i>	<i>54</i>
Figura 42. Rótulas, eje “x”, Step 62 Bloque 101A.....	55
Figura 43. Reporte grafico de rotulas, eje “x”, Step 128 Bloque 101A	55
Figura 44. Reporte grafico de rotulas, eje “x”, Step 85 Bloque 101B.....	55
<i>Figura 45. Reporte grafico de rotulas, eje “x”, Step 151 Bloque 101B</i>	<i>56</i>
<i>Figura 46. Reporte grafico de rotulas, eje “x”, Step 220 Bloque 101B</i>	<i>56</i>
<i>Figura 47 Modelo ANLE bloque 101A en el Eje X</i>	<i>57</i>
<i>Figura 48 Modelo ANLE bloque 101B en el Eje X</i>	<i>57</i>
Figura 49. Sistema Aporticado del Bloque 101A y sus valores de curva de C. en X-X 58	
Figura 50. Sistema Aporticado del Bloque 101B y sus valores de curva de C. en X-X 58	
Figura 51. Bilinealidad de curva capacidad en “x”- bloque 101A.....	59
Figura 52 Bilinealidad de curva capacidad en “x”- bloque 101B.....	60
Figura 53. P. D. sísmico - sismo ocasional en “x”- 101A.....	61
Figura 54. P. D. sísmico - sismo raro en “x”- 101A	61
Figura 55. P. D. sísmico - sismo muy raro en “x”- 101A.....	62
Figura 56. P. D. sísmico - sismo frecuente en “x”- 101B	62
Figura 57 P.D sismo ocasional en “x” - 101B.....	62
Figura 58. P. D. sísmico - sismo raro en “x”- 101B	63
Figura 59 P. D. sísmico - sismo muy raro en “x”- 101B.....	63
Figura 60. P.D por Mét. Esp. para un sismo raro, en “x-bloque 101 A	64
Figura 61 P.D por Mét. Esp. para un sismo muy raro, en “x-bloque 101 A.....	64
Figura 62. P.D por Mét. Esp. para un sismo frecuente, en “x-bloque 101 B.....	65
Figura 63. P.D por Mét. Esp. para un sismo ocasional, en “x-bloque 101 B.....	65
Figura 64 P.D por Mét. Esp. para un sismo raro, en “x-bloque 101 B	66
<i>Figura 65. P.D por Mét. Esp. para un sismo muy raro, en “x-bloque 101 B.....</i>	<i>66</i>
Figura 66 Sectorización de la C.C.	67
Figura 67. Sectorización de la Curva de Capacidad dirección “x”, bloque 101 A	67
Figura 68 Sectorización de la Curva de Capacidad dirección “x”, bloque 101 B	67
Figura 69. Niveles de daño para muros de albañilería, Curva trilineal.....	69

Figura 70. Muro de laboratorio con peralte 20cm.....	70
Figura 71. Datos de calibración de albañilería confinada -ensayo 1.....	70
Figura 72. Modelo de Calibración	70
Figura 73. Medidas de M.A- ensayo 2.....	71
Figura 74. Datos de calibración de albañilería confinada -ensayo 2.....	72
<i>Figura 75. Curva de Capacidad en Y-Y –Bloque 101A</i>	<i>73</i>
<i>Figura 76. Curva de Capacidad en Y-Y –101B.....</i>	<i>73</i>
Figura 77. Representación bilineal de la curva de capacidad en “x” bloque 101B.....	75
Figura 78. P.D. Sísmico -sismo frecuente, en “Y” (M.C.D) -101B.....	76
Figura 79. P.D. Sísmico -sismo ocasional, en “Y” (M.C.D) -101B.....	76
Figura 80. P.D. Sísmico -sismo raro, en “Y” (M.C.D) -101B	76
Figura 81. P.D. Sísmico -sismo muy raro, en “Y” (M.C.D) -101B	77
Figura 82. P. D por Mét. Esp. Sismo frecuente en “Y” (M.E.C) - 101 B.....	78
Figura 83. P. D por Mét. Esp. Sismo Ocasional en “Y” (M.E.C) - 101 B.....	78
<i>Figura 84. P. D por Mét. Esp. Sismo raro en “Y” (M.E.C) - 101 B</i>	<i>78</i>
<i>Figura 85. P. D por Mét. Esp. Sismo muy raro en “Y” (M.E.C) - 101 B.....</i>	<i>79</i>
Figura 86 Curva de capacidad sectorizada.....	80
Figura 87. Curva de Capacidad sectorizada en “y” - 101B.....	80

RESUMEN

Este proyecto de investigación, hace una “Evaluación del desempeño sísmico aplicando métodos estáticos no lineales en pabellones de uso esencial en la I. E. N° 41026 “María Murillo de Bernal””, en el departamento de Arequipa, basándose en la estructuración de elementos estructurales, aplicando la Norma Técnica Peruana E.030 de Diseño Sismorresistente.

Es preciso mencionar que dicha norma, aunque se basa en fuerzas y resistencias, *“no tiene un método para evaluar el desempeño estructural de una edificación, lo que significa, que no prevé el comportamiento estructural durante un evento sísmico”* (Colos & Tunque, 2020).

El estudio de enfoque cualitativo, aplicó el método estático no lineal y el método de coeficiente de desplazamiento (para analizar el punto de desempeño), en dos pabellones de la edificación. Los resultados mostraron que estos pabellones 101 A y 101 B, en la dirección “X”, eran operacionales y de ocupación inmediata, y en la dirección “Y”, no cumplían con el requerimiento de desempeño "Performance Based Seismic Engineering of Buildings" de 1995 del comité vision 2000”, concluyendo que, ante un evento sísmico raro, la estructura de estudio, se encontraría dentro del límite del colapso.

Por otro lado, la estructura del bloque 101 A, alcanzó una ductilidad de 5.97, es decir de que presentaría una ductilidad media para la dirección de análisis X. Con respecto a la estructura del bloque 101 B, alcanzó una ductilidad de 6.45, es decir de que presentaría una ductilidad alta para la dirección de análisis X y con respecto a la dirección de análisis Y, esta última presentaría una ductilidad frágil, alcanzando un valor estático de 3.54.

Palabras Clave: Desempeño, pushover, demanda, sismo raro, colapso.

ABSTRACT

This research project, performs an “Evaluation of seismic performance by applying nonlinear static methods in essential pavilions in the I.E. No. 41026 “María Murillo de Bernal””, in the department of Arequipa, based on the structure of structural elements, applying the Peruvian Technical Standard E.030 of Seismic Resistant Design.

It is worth mentioning that this standard, although it is based on forces and resistance, “has no method for evaluating the structural performance of a building, which means that it does not predict structural behavior during a seismic event.” (Colos & Tunque, 2020).

The qualitative approach study applied the nonlinear static method and the displacement coefficient method (to analyze the performance point) to two building pavilions. The results showed that these pavilions 101 A and 101 B, in the “X” direction, were operational and of immediate occupation, and in “Y” direction did not meet the performance requirement “Performance Based Seismic Engineering of Buildings” of 1995 of the vision 2000 committee, concluding that in the event of a rare seismic event, the study structure would be within the boundary of collapse.

On the other hand, the structure of the block 101 A, achieved a ductility of 5.97, that is to say that it would present an average ductibility for the direction of analysis X. With regard to the structure of block 101 B, it achieved a ductility of 6.45, that is to say that it would present a high ductibility for the analysis direction X and with regard to analysis direction Y, the latter would show a fragile ductility, reaching a static value of 3.54.

Keywords: *Performance, pushover, demand, strange earthquake, collapse.*

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes del estudio.

Hoy en día es un momento de mayor interés en el análisis estructural de cualquier edificación de gran tamaño, ya que esta investigación nos permite conocer el desempeño de ciertos requerimientos sísmicos y también es importante mencionar que los sismos provocan pérdidas económicas cada vez mayores a la sociedad, razón por la cual este análisis es crucial.

Por lo tanto, es importante señalar que los sismos de alta intensidad causan daños de manera diferente a los sismos moderados y de baja intensidad, por lo que es necesario definir el comportamiento en múltiples niveles. La secuencia presentada aquí nos ayuda a mejorar nuestra investigación sobre la estimación de daños, teniendo en cuenta los diferentes grados de daño que pueden ocurrir en los componentes de la construcción.

Si bien la Norma Técnica E.0.30 (2018), no propone una técnica específica para poder “verificar los principios de diseño” (Colos & Tunque, 2020), por lo que no se puede conocer si la estructura será capaz de satisfacer los niveles de desempeño y ductilidad producidas por las fuerzas del sismo.

Con fines de cumplimiento de los objetivos propuestos, en el capítulo II, Planteamiento del Problema, ítem 2.3, esta investigación se sostiene en las “*normativas y propuestas técnicas de la Agencia Federal de Manejo de Emergencias FEMA 440 y el Consejo de Tecnología Aplicada ATC-40*” (Cumpa & Mendoza, 2019) (ATC-40, 1996).

1.1.1 Antecedentes Internacionales

Flores (2021), en su artículo de investigación titulado “Evaluación del desempeño sismorresistente de una edificación mediante Análisis Estático No lineal Pushover: Estudio de caso”, explica el procedimiento para la evaluación de edificaciones, las cuales no cuentan con calculo estructural, empleando el método AENL Pushover; donde el investigador requirió de las dimensiones de los elementos estructurales, materiales empleados , cargas aplicadas , planos As-Buil de los aceros y también realizo un estudio de suelos para posteriormente replicar el modelo con el softwares SAP2000, ETABS para poder encontrar el comportamiento y nivel de desempeño de la estructura en ambos ejes X y Y (Flores, 2021)

Los resultados obtenidos aportaron a la base de datos de la zona de estudio y justificar el comportamiento empleado en la guía bolivariana de Diseño sísmico (Flores, 2021).

Viera et al. (2020), en su artículo de investigación titulado “Análisis estático no lineal de edificios aporticados de hormigón armado aplicando normativa ecuatoriana, colombiana y peruana”, analizó 18 modelos de edificios de hormigón armado, bajo las normas (NEC2015), el Reglamento Colombiano de Construcción (NSR-10) y el Reglamento Nacional de Edificaciones de Perú(NORMA E.0.30., 2018).

Tras un análisis estático no lineal, y el método del espectro de capacidad, evaluaron la vulnerabilidad de estas estructuras. Como resultado, encontraron que la aplicación de la NSR-10 reflejo un grado de vulnerabilidad menor que los edificios diseñados con NORMA E.0.30., 2018, los cuales son más rígidos. Resultado obtuvieron la deriva inelástica para la NEC2015, de 2%; respecto al 1% obtenido por la NSR-10, y el 0.7% de la E-030. Sin embargo, los autores advierten que los resultados pueden variar, si se incluyen variables estructurales en un futuro trabajo futuro (Viera et al., 2020).

Medina & Music (2018), en su artículo científico: “Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena”, analizaron y

evaluaron estructuralmente una edificación, aplicando espectro capacidad, como método; posteriormente realizaron el análisis sísmico mediante el software ETABS. Como resultado el espectro de capacidad, espectro de demanda sísmica, los cuales se construyeron a partir de un AENL- pushover; arrojó que los puntos de desempeño encontrados no superan los límites establecidos por el comité visión 2000. Donde finalmente se concluye que el desempeño alcanzado por el edificio estudiado para distintos niveles de demanda sísmica sometidos a sismos frecuentes posee un comportamiento totalmente operacional (Medina & Music, 2018).

Orellana & Parra (2017), en su tesis “Evaluación de desempeño sísmico de un edificio esencial aporticado de hormigón armado según la norma ecuatoriana de construcción (NEC-Se-Re, 2015)”, aplicaron el método de análisis “Pushover”, así como análisis dinámico tiempo historia para evaluar el comportamiento de estructuras básicas de concreto armado, bajo el código de edificación ecuatoriano. Utilizaron espectroscopia de capacidad y realizaron el modelado mediante el programa dedicado Sap2000. Como resultado, se encontró que puntos de desempeño presentan coherencia mínima entre AENL y ADNL, la estructura falla antes que el comportamiento general sea inaceptable. Concluyendo que existen construcciones que no cumplieron con los parámetros establecidos para la construcción básica.

1.1.2. Antecedentes Nacionales

Paredes (2020), en su tesis de pregrado “*Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de muros estructurales de 14 niveles mediante análisis estático no lineal “pushover”, Trujillo 2020*”, determinó el desempeño sísmico de una estructura de 14 pisos con muros estructurales diseñados según el reglamento de la norma técnica peruana E-030 y E-0.60, utilizando el método del AENL (Pushover). Se descubrió que la estructura presenta irregularidades torsionales y que las derivas de entrepiso máximas en X y Y son de 0.007 y 0.005, respectivamente. En cuanto al desempeño de la estructura en relación al desplazamiento en

X-X de 485.40mm para una cortante de 1604.05 ton en Y-Y de 322.73 mm ante una cortante 1452.05 ton, concluyó que la estructura colapsa en las direcciones X-Y, y que, además, para cumplir con las normas FEMA - 440 y ASCE 41-13, se requiere una mayor ductilidad de la demanda.

De acuerdo con Vega & Pérez (2019), en su investigación titulada "Evaluación del desempeño sísmico mediante el AENL vivienda/comercio Miura Grill-Chiclayo", su objetivo general fue evaluar el desempeño sísmico de las viviendas utilizando el método del AENL utilizando el software Etabs y siguiendo la norma ATC-40. Tras los resultados del análisis estático no lineal (pushover), que evidenciaron que la estructura se encuentra en el nivel de colapso en dirección X con un desplazamiento de 63.318mm y una fuerza cortante 777.83, concluyeron que, ante un sismo raro, la edificación se encontraría en prevención al colapso, en cual no cumple con los objetivos de la norma ATC-40.

Por su parte, Mamani Roque (2018), en su tesis de pregrado denominado : "Determinación Del Nivel De Desempeño Sísmico de un edificio de 8 niveles en la ciudad de Juliaca, 2018", mediante el método de espectro capacidad FEMA 440, analizó la estructura en dirección X – Y, para los sismos de servicio, diseño y máximo. Sus resultados arrojaron que la estructura presenta nivel de colapso para sismos de diseño y sismos máximos. Concluyendo, finalmente, que la estructura evaluada no cumple con los lineamiento básicos de desempeño sísmico del ATC 40.

Canales (2017), en su tesis de Maestría, "Evaluación del desempeño sísmico de 3 opciones de reforzamiento incremental en edificaciones educativas típicas construidas antes de 1997", afirma que los colegios tipo 780 PRE son los más representativos del Perú, con alrededor de 12000 edificaciones, representando casi un 25% del total de colegios del país. Además, presentan una variedad de daños en las estructuras causadas por terremotos, el más conocido de los cuales es la columna corta, que son columnas parcialmente restringidas por paredes de relleno y que se

rompen al moverse. Esta investigación presenta tres alternativas de reforzamiento utilizando técnicas de análisis no lineal de la estructura. Estas alternativas son de bajo costo y no requieren la interrupción del funcionamiento adecuado de la institución para que sea fácil de ejecutar.

1.2 Bases teóricas.

1.2.1 Métodos Estáticos

Según Zárate et al. (2003), *“...el método sísmico estático (ME), es una alternativa simplificada para analizar edificios que se ajustan a determinadas hipótesis de comportamiento y tipos de estructuración, cuya altura no rebasa los 60 m según las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo (NTCDS)”*.

Siendo así parte de los códigos actuales y el diseño sismorresistente, que están bien documentados en la ingeniería sísmica (Moreno, 2006).

“Las propiedades estructurales, como la rigidez y el amortiguamiento, permanecen constantes y no cambian con el tiempo. Todos los desplazamientos, tensiones y fuerzas de reacción son proporcionales a la magnitud de la carga aplicada” (Moreno, 2006).

“En un análisis no lineal, las propiedades estructurales varían con el tiempo, la deformación y la carga. La respuesta no suele ser proporcional a la carga porque las propiedades estructurales cambian con frecuencia” (Moreno, 2006, p.47).

1.2.1.1 Características de métodos estáticos.

“La calificación de desempeño sísmico es el estado o condición de daño final descrito en términos de daño físico dentro del edificio, amenaza a la seguridad de la vida de los ocupantes del edificio y capacidad de servicio después de un terremoto” (ATC, 1996).

a) Análisis estático lineal

Este método representa la sollicitación sísmica mediante un conjunto de fuerzas actuando como un sistema equivalente de uno o varios grados de libertad. La acción sísmica es modelada por una fuerza lateral equivalente, la cual es distribuida en altura del edificio con el objetivo de producir esfuerzos y deformaciones que se presentan en un terremoto (Moreno, 2006).

b) Análisis dinámico no lineal

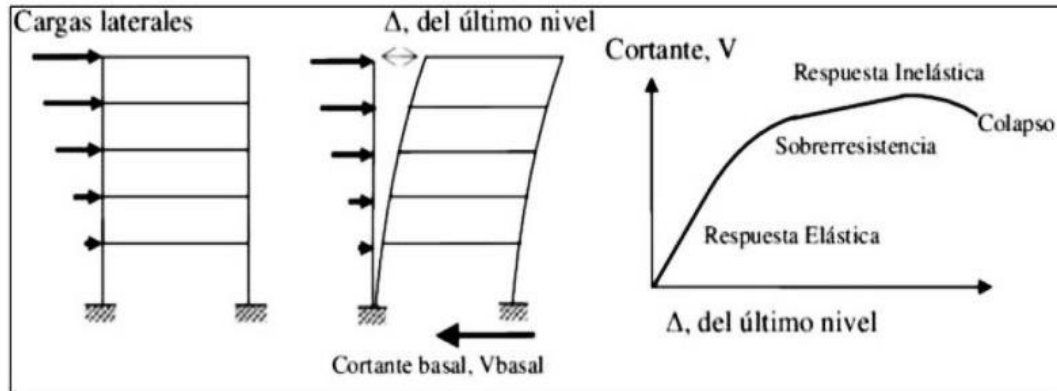
En este tipo de análisis se utiliza un modelo matemático con una matriz de rigidez elástica lineal y una matriz de amortiguamiento viscoso equivalente de la estructura, donde la acción producida por el sismo es modelada usando un análisis modal o un análisis de historias en el tiempo, el cual implica una evaluación paso de respuesta del edificio usando registros reales o acelerogramas artificiales (Moreno, 2006, p.21). Según los análisis dinámicos, algunas áreas críticas experimentan un aumento significativo en las demandas generadas por los esfuerzos, lo que las convierte en puntos vulnerables en caso de que actúen fuerzas sísmicas de gran intensidad.(Calcina Peña, 2017).

c) Análisis Pushover (Estático no lineal).

El método Pushover o método del empujón es un análisis estático no lineal cuyo propósito es evaluar el desempeño de un sistema estructural, estimado a partir del conocimiento de la deformación y resistencia de los elementos estructurales bajo ciertos requisitos de diseño sísmico.

La evaluación del análisis estático no lineal se basa en las necesidades de deformación previstas y las fuerzas sísmicas; esto demuestra aproximadamente la redistribución de las fuerzas internas que surgen cuando la estructura se somete a fuerzas de inercia que ya no se pueden resistir en el rango elástico y, a partir de ese momento, elementos estructurales como columnas, vigas, mampostería) requiere deformaciones inelásticas de muros y losas, identificando las zonas más críticas en el sistema estructural (Bonett, 2003).

Figura 1. Análisis Pushover



Fuente: reproducido de (Bonett, 2003).

1.2.2 Desempeño sísmico

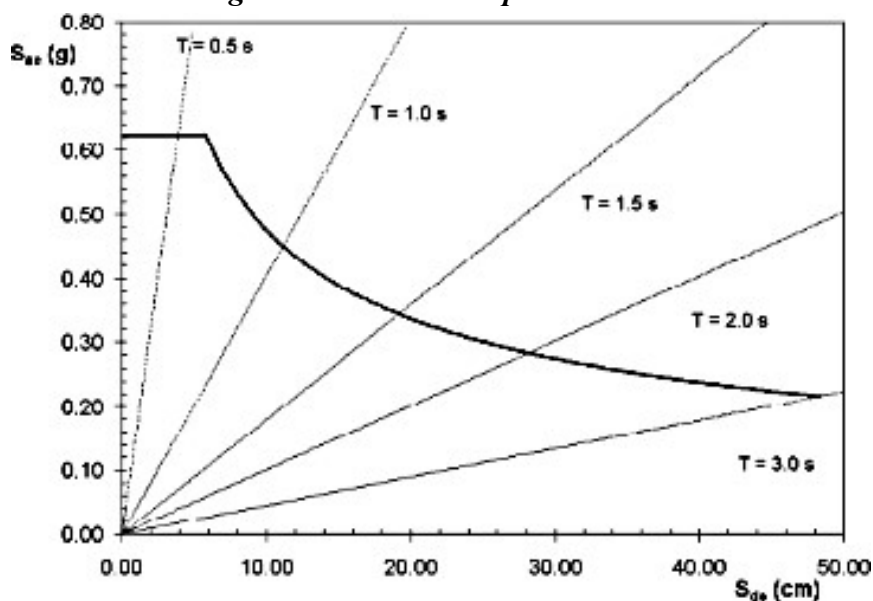
La ATC-40 Seismic. Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Vol.1, California, indica que *“La calificación de desempeño sísmico es el estado o condición de daño final descrito en términos de daño físico dentro del edificio, la amenaza a la seguridad de la vida de los ocupantes del edificio y la amenaza a la capacidad de servicio después de un terremoto”* (ATC, 1996).

1.2.2.1 Demanda Sísmica

“La demanda sísmica está representada por una gráfica de espectro de respuesta elástica de alto amortiguamiento, utilizada para el análisis de riesgo sísmico, caracterizará la acción sísmica a la que será sometida la edificación, de manera que se pueda entender la máxima respuesta de aceleración y desplazamiento de la estructura” (ATC, 1996).

Para este proceso se usa una serie de análisis estáticos secuencialmente donde es representada por diagramas espectrales que sirve para poder superponer capacidad de la estructura con la demanda sísmica ambas representadas mediante una curva para poder obtener el punto de desempeño (Medina & Music, 2018).

Figura 2. Modelo de espectro Elástico



Fuente: Reproducido (SEAOC, 1995).

1.2.2.2 Niveles de Amenaza Sísmica

Díaz & Santos (2013) asumen: “La clasificación considerada por el comité VISION 2000 [SEAOC, 1995] en cuanto a los movimientos de terreno ocasionados por sismos, es por medio de eventos sísmicos con la particularidad de presentar un período de retorno o una probabilidad de excedencia en un tiempo de exposición de 50 años, generalmente”. (Díaz y Santos, 2013).

En la siguiente tabla se muestran los periodos de retorno y excedencia en 50 años, según VISION 2000, según Díaz & Santos (2013) se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 1. Niveles de amenaza sísmica, según el Comité VISION 2000

Sismo	Probabilidad de excedencia en 50 años	Periodo de retorno
Frecuente	69%	43 años
Ocasional.	50%	72 años
Raro	10%	475 años
Muy Raro	5%	970 años

Fuente: Comité Vision 2000 (1995) en (Díaz y Santos, 2013).

1.2.3 Nivel de desempeño estructural

El nivel de desempeño marca los límites o tolerancias los cuales están basados en los siguientes criterios:

- Eventuales daños físicos en elementos estructurales y no estructurales,
- Cuando se compromete la seguridad de los ocupantes de la edificación, producto de estos daños y;
- La operatividad de la edificación luego del evento sísmico (ATC, 1996; SEAOC, 1995).

Así también, el nivel de desempeño, se mide en términos de la extensión del daño a la estructura después del movimiento sísmico y el efecto de ese daño a lo largo del tiempo. Este concepto se aplica a todo tipo de estructuras.

Cada paso es importante e indispensable para el éxito del diseño. Además, existen diferentes niveles de rendimiento o desempeño, que describen el estado de daño y representan condiciones tolerables o limitantes a continuación, se describe y se detalla los niveles establecidos por (ATC, 1996) y el comité (Vision 2000, 1995) (Bonett, 2003)g

La **Tabla 2**, resume las principales características de los diferentes niveles de desempeño propuestos por el Comité VISION 2000 y su relación con los estados de daño general.

1.2.3.1 Propuesta del Comité VISION 2000

El Comité Visión 2000 propuso cinco niveles de desempeño (SEAOC, 1995). Sus características y su relación con los estados de daño general se describen en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Daño y nivel de desempeño

Nivel de desempeño	Descripción de los daños	Estado de daño
Operacional	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Estructura en respuesta elástica o hasta el punto de fluencia. Los sistemas de evacuación y todas las instalaciones continúan prestando sus servicios.	Despreciable
Funcional	Agrietamiento en elementos estructurales. Daño menor o moderado en contenidos y elementos arquitectónicos. Se esperan reparaciones. Los sistemas de seguridad y evacuación funcionan con normalidad	Leve
Resguardo de la vida	Daños moderados a mayor en algunos elementos. Pérdida de resistencia y rigidez del sistema resistente de cargas laterales. Respuesta inelástica asociada al terremoto de diseño. El sistema permanece funcional. Algunos elementos no estructurales y contenidos pueden dañarse. Puede ser necesario cerrar el edificio temporalmente.	Moderado
Cerca del colapso	Daños severos en elementos estructurales. Fallo de elementos secundarios, no estructurales y contenidos. Puede llegar a ser necesario demoler el edificio.	Severo
Colapso	Colapso parcial inminente o ya ha ocurrido. No es posible la reparación.	Completo

Fuente: Comité Vision 2000 (1995) en Díaz & Santos (2013)

1.2.3.2 Propuesta del Comité ATC-40

El comité ATC-40 precisa que el nivel de desempeño de las estructuras, que corresponden a una combinación de los niveles de elementos estructurales y no estructurales de la de la edificación ambos definidos de forma independiente de modo que la combinación conduce a la definición de desempeño estructural (Bonett, 2003).

Tabla 3. El desempeño, según niveles

Estado de daño	Nivel de Desempeño	Características
Despreciable	Totalmente operacional	Daño estructural insignificante o nulo. La instalación continúa brindando servicios y funcionan después del sismo
Ligero	operacional	Daño ligero. Las instalaciones de uso esencial permanecen en servicio
Moderado	seguridad	Daño moderado. La estructura presenta daños, pero continua estable, seguridad del ocupante.
Severo	Pre-Colapso	Daño severo. La estructura esta próxima al colapso, existe fallas en elementos estructurales, encontrándose comprometida la seguridad de sus ocupantes.
Completo	Colapso	Existe un colapso estructural.

Fuente: Reproducido (SEAOC, 1995).

A. Niveles para los elementos estructurales

Define en tres niveles de estado de daño discreto o límites: inmediata ocupación, seguridad y estabilidad estructural y dos rangos intermedios controlados y seguridad limitada los cuales se asigna una abreviatura SP-n.

Tabla 4. Estado de daño y niveles de desempeño

Nivel de desempeño	Descripción	Límite de desplazamiento	IDDR %
SP-1 Operacional	Daño estructural muy limitado, insignificante. No hay pérdida significativa en la rigidez y resistencia de la estructura.	Δ_{FE}	$\cong 0.0\%$
SP-2 Funcional	El daño es de pequeño a moderado. Algunos elementos tienen grietas menores que pueden requerir reparación en algunos casos. La estructura conserva su resistencia y rigidez iniciales casi por completo.	$\Delta_{FE} + 0.3\Delta_P$	$< 30\%$
P-3 Resguardo de la Vida	Las lesiones varían de moderadas a graves. Son necesarias múltiples reparaciones. La estructura mantiene cierto margen antes de colapsar total o parcialmente.	$\Delta_{FE} + 0.6\Delta_P$	$< 60\%$
SP-4 Cerca al Colapso	Daño severo al edificio. Hay poco margen para llegar al colapso. Los elementos portantes aún pueden soportar el peso. La estructura requeriría reparaciones importantes, que en muchos casos no serían económicamente viables. Espere que se reduzca la rigidez y la resistencia del sistema	$\Delta_{FE} + 0.8\Delta_P$	$< 80\%$
SP-5 Colapso	Daño inminente. El elemento estructural ha perdido total o parcialmente su capacidad portante. Un colapso parcial es inminente o ya ha ocurrido.	$\Delta_{FE} + \Delta_{FE}$	$\cong 100\%$

Fuente: Reproducido de (ATC-40, 1996)

B. Niveles para elementos no estructurales.

Se consideran 4 niveles de desempeño correspondientes a estados discretos de daño para los elementos no estructurales:

1. Operacional
2. Ocupación inmediata
3. Seguridad y;
4. Amenaza reducida.

Estos niveles se representan con la abreviación NP-n. (NP son las siglas de "Nonstructural Performance" y n es una letra que toma valores entre A y E) (ATC-40, 1996).

Tabla 5. Valores de Nivel de desempeño estructural

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						

Fuente: reproducido de (ATC, 1996).

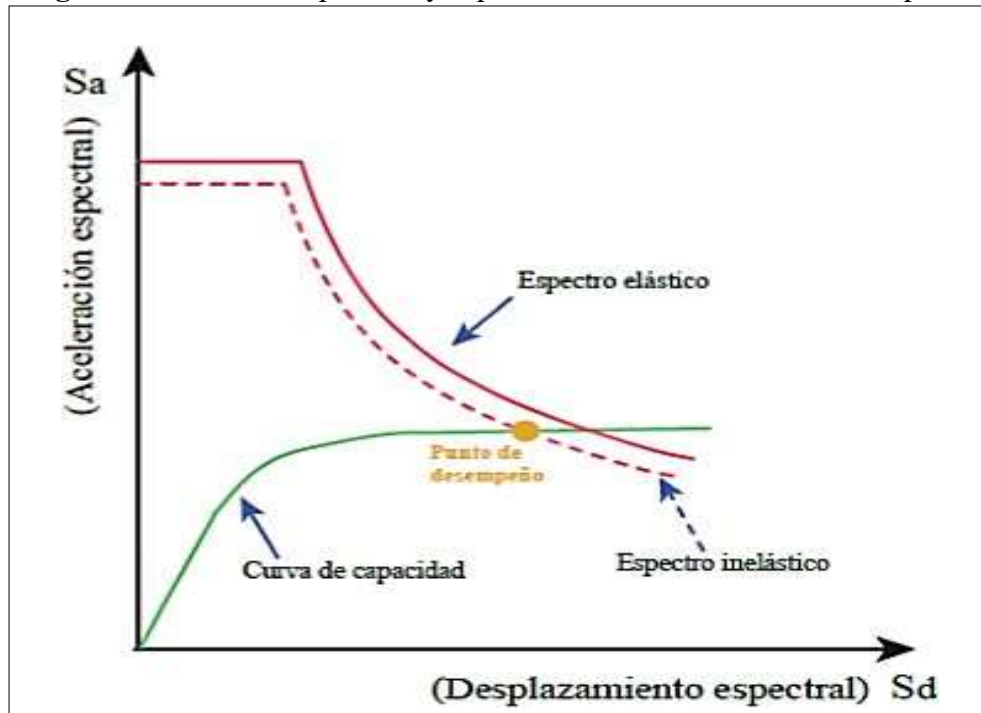
1.2.4 Punto de desempeño

Como resultado, la intersección del espectro de demanda y capacidad nos proporciona la mayor respuesta de la edificación, y en efecto el máximo desplazamiento del edificio esperado del sismo.

Esta intersección entre los espectros se denomina Performance Point (PD). Según FEMA-440, para determinar el desempeño de una estructura, es que se deberá transformar la curva de capacidad en una curva de "espectro de capacidad".

La intersección de la capacidad espectral del nivel sísmico a verificar y la curva de demanda espectral elástica nos dará el punto en que la estructura cumple con los requisitos sísmicos del apoyo, pero no considera el daño reflejado como mayor amortiguamiento, al considerar el aumento de la amortiguación, se obtiene el verdadero punto de rendimiento o desempeño de la estructura (Aguiar, 2004), tal y como se visualiza en la **Figura 3**.

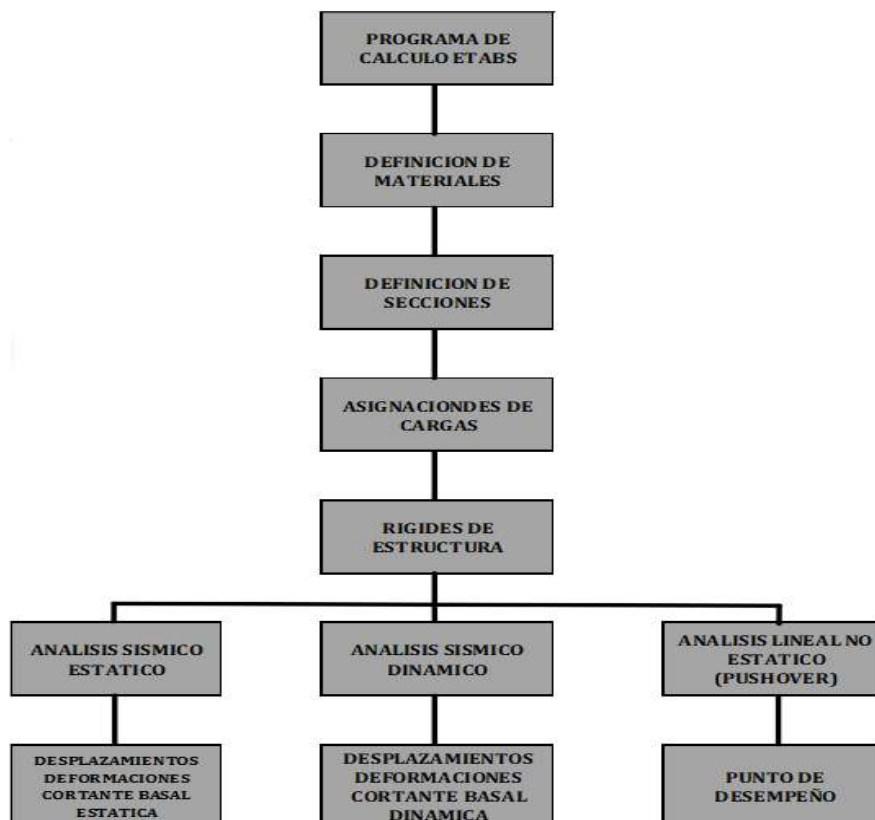
Figura 3. Curva de capacidad y espectro inelástico- Nivel de desempeño



Fuente: reproducido de(Aguiar, 2004).

1.2.5 Modelo de análisis

Figura 4. Modelo de cálculo, por ETABS V.19



1.3 Definición de términos básicos.

Análisis estático no lineal Pushover: método con el que se analiza estructuras sometidas bajo cargas gravitatorias de valor constante y cargas horizontales que simulan acción sísmica (Gonzales, 2020).

Sismo: proceso de generación y liberación de energía que se propaga en forma de ondas por el interior de la corteza terrestre, de forma posterior (IGP, 2012). Esta energía se transmite a la superficie en forma de ondas sísmicas que se propagan en todas las direcciones (Kuroiwa et al., 2010).

Elementos estructurales: componentes que soportan elementos estructurales de concreto armado.

Elementos no estructurales: Elemento que aportan únicamente su peso propio a la estructura.

Pórtico: Marco de concreto armado, de funciones exclusivamente estructurales; diseñado para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.

Riesgo sísmico: el daño que podría presentar una obra determinada como consecuencia del peligro y de su propia vulnerabilidad. Es la expresión simbólica del peligro y la vulnerabilidad.

Vulnerabilidad sísmica: Es el nivel de daño que pueden sufrir las edificaciones durante un sismo y depende de las características del diseño de la edificación, de la calidad de materiales y de la técnica de construcción (Kuroiwa et al., 2010).

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Descripción del problema.

La conceptualización de esta investigación, nació después de ver tangible los temores de un creciente *“desempeño sísmico, insatisfactorio de algunas estructuras diseñadas conforme a reglamentos modernos, por lo que ha preocupado al medio de la ingeniería estructural”* (Terán, 2010).

La necesidad de diseñar con metodologías innovadoras que permitan controlar y prevenir el daño que sufren los elementos estructurales, así también una determinada estructura, frente a eventos sísmicos de magnitud considerable, cobran importancia, toda vez que, con la implementación de nuevas tecnologías y el uso eficiente de recursos *“...hoy en día deben ser capaces de controlar su daño con niveles de eficiencia sin precedente, y exhibir vidas útiles mucho mayores que las actualmente contempladas”* (Terán, 2010).

2.2 Formulación del problema

El territorio peruano se caracteriza por formar parte de una de las regiones sísmicas más importantes, *“...asociada al proceso de subducción de la placa oceánica bajo la placa continental, generando terremotos de magnitud elevada con relativa frecuencia”* (Tavera & Buforn, 1998).

Catalogado como un país vulnerable (Ocola, 2005), el análisis y diseño de edificios deben considerarse como los factores principales para tener un buen comportamiento sísmico antes de que ocurran eventos naturales (Aquino & Rodríguez, 2015).

En ese sentido, en un país con estos antecedentes, existen edificaciones como los colegios que deben ser construidos dentro de los parámetros normativos de la Norma E-030. Considerando que las primeras edificaciones de concreto armado del siglo XX en el Perú, (aproximadamente 1920), fueron los colegios, los cuales estaban estructuralmente conformados de pórticos de

concreto en una dirección, muros de albañilería y losas de concreto, sean aligeradas o macizas (Blanco, 2017).

Como los conocimientos sísmicos de esa época, eran limitados por su particularidad, así también, la norma de diseño sismorresistente era propia de los tiempos, a la actualidad, existen edificaciones como el colegio I.E. N° 41026 María Murillo De Bernal, que fue diseñada y construida con la norma de diseño sismorresistente, vigente al año 1995 y reforzada el año 2001, tras el sismo del mismo año, con la normativa vigente al 2001.

Por lo que, a la actualidad, su evaluación, será de gran aporte a la ingeniería estructural peruana, puesto que, dentro de la perspectiva de un diseñador, tratamos de explicar que la problemática principal que dio pase a esta investigación, es la modernización y uso de metodologías sísmicas que impliquen el logro de un nivel de confiabilidad estructural en la construcción y análisis y/o evaluación de una estructura, así como su desempeño estructural.

Es por esto, que la infraestructura IE: 41026 María Murillo De Bernal, ubicada en el Distrito Cerro Colorado, Provincia de Arequipa, es la población objetivo de evaluación de este proyecto, que como muestra representativa tiene a dos pabellones 101A y 101B, como muestra de esta investigación, puesto que cumple con los parámetros suficientes para demostrar la aplicación de métodos estáticos no lineales que revelen su desempeño sísmico.

Figura 5. Vista exterior IE: 41026 María Murillo De Bernal



Fuente: imagen tomada de la página del colegio IE: 41026 María Murillo De Bernal.

Figura 6. Vista exterior de pabellón 101 A y B



Fuente: imagen tomada de la página del colegio IE: 41026 María Murillo De Bernal.

2.2.1 Problema General

¿Cuál es el desempeño sísmico de los pabellones de la I.E. N°41026 “María Murillo de Bernal”, aplicando métodos estáticos para estimar el punto de desempeño basado en un análisis estático no lineal?

2.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál es el nivel de desempeño de los pabellones de la edificación esencial I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal”, distrito de Cerro Colorado – Arequipa, ante un sismo raro según el Comité VISION 2000 (SEAOC, 1995) y analizado mediante el método del espectro de capacidad MEC?
- ¿Cuál es el nivel de desempeño de los pabellones de la edificación esencial I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal”, distrito de Cerro Colorado – Arequipa, ante un sismo raro según el Comité VISION

2000 (SEAOC, 1995) y analizado mediante el método del coeficiente de desplazamiento (MCD)?.

- ¿Cuál es la ductilidad de los pabellones de la edificación esencial I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal”, distrito de Cerro Colorado - Arequipa?.

2.3 Objetivo de esta tesis

2.3.1 Objetivos generales

Determinar el desempeño sísmico aplicando métodos simplificados estáticos no lineales en dos pabellones de la edificación esencial I.E. N.º 41026 “María Murillo de Bernal”, distrito de Cerro Colorado – Arequipa.

2.3.2 Objetivos específicos

- Determinar el nivel de desempeño de los pabellones de la edificación esencial I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal”, distrito de Cerro Colorado – Arequipa, considerando los efectos de un sismo raro según el Comité VISION 2000 (SEAOC, 1995) y analizado mediante el método del espectro de capacidad MEC.
- Determinar el nivel de desempeño de los pabellones de la edificación esencial I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal”, distrito de Cerro Colorado – Arequipa, considerando los efectos de un sismo raro según el Comité VISION 2000 (SEAOC, 1995) y analizado mediante el método del coeficiente de desplazamiento (MCD).
- Determinar la ductilidad de los pabellones de la edificación esencial I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal”, distrito de Cerro Colorado – Arequipa.

2.4 Justificación del proyecto

2.4.1 Justificación teórica

Con el propósito de poder obtener el nivel de desempeño sísmico de los Pabellones de la I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal”, se evaluará una serie de criterios técnicos proporcionados por el RNE código E.030, que detalla la siguiente consideración:

- Reducir los daños de las edificaciones.
- Generar un estado de continuidad de los servicios.

- Garantizar de que no se produzcan “pérdidas humanas”.

Y en concordancia con esta filosofía se establece ciertos criterios y principios técnicos para su diseño:

- La edificación por ningún motivo debería colapsar, ni causar daños a los habitantes debido a la actividad por sismo severo que puedan generarse en la zona.
- La edificación tiene la responsabilidad de resistir los movimientos sísmicos frecuentes, que puedan presentarse en el lugar durante su vida de servicio, no presentando daños estructurales y si las hubiera que estas puedan ser reparables.
- Distribución idónea con respecto a la simetría, para obtener masas y rigideces aproximadas.
- Considerar el menor Peso posible en los pisos superiores.
- Seleccionar materiales de construcción adecuados al proyecto (en duración y calidad).
- Adecuada resistencia y rigidez para las edificaciones.
- Regularidad de la edificación es decir deberá presentar continuidad en sus elementos estructurales desde la base.
- Edificaciones con característica dúctil.
- Que las deformaciones de cada elemento estructural sean limitadas.

Los pabellones de la I.E. N.º 41026 “María Murillo de Bernal” está clasificada como esencial según la Norma técnica peruana NORMA E.0.30 (2018), por lo tanto, se debe garantizar buen desempeño estructural bajo distintas solicitaciones sísmicas, por consiguiente, se deberá conocer con precisión la respuesta estructural el daño que sufrirá la estructura y las posibles consecuencias.

Actualmente la norma técnica peruana vigente NORMA E.0.30 (2018), no proporciona un procedimiento básico para conocer el desempeño de los edificios después del daño. En otras palabras, no prevé el correcto comportamiento estructural del edificio bajo solicitaciones sísmicas. En ese sentido, debido que el diseño basado en la resistencia última es incierto al respecto, estamos en la situación de verificar si el diseño estructural cumple

efectivamente con los lineamientos que rigen la filosofía de diseño sismorresistente.

“El AENL (análisis estático no lineal Pushover) es una herramienta muy útil porque su propósito es estimar el comportamiento de un sistema estructural ante sismos de diferentes magnitudes, y este análisis también expone debilidades en el diseño que pueden estar ocultas en el análisis. Debido a que puede mostrar las demandas de deformación y las fuerzas sísmicas, se aproxima a la redistribución de las fuerzas internas causadas cuando una estructura está sujeta a cargas y fuerzas, donde elementos tales como columnas y conexiones estructurales no pueden soportarlas dentro de los límites elásticos”. (Moncayo Belevan, y otros, 2021)

“Es por ello que esta investigación juega un papel importante en la determinación del estado estructural actual de la edificación, lo que ayudará a encontrar y proponer alternativas de refuerzo para los elementos estructurales vulnerables, reduciendo así el riesgo de colapso estructural donde la estructura se encuentra expuesta”. (Moncayo Belevan, y otros, 2021)

El propósito principal de este estudio fue evaluar los Pabellones de la I.E. N.º 41026 “María Murillo Bernal” y comprender su desempeño sísmico a través del análisis estático no lineal para comprender la curva de capacidad de la estructura y clasificar los daños. Lo que logrará el edificio en función del estado del nivel de rendimiento. Este estudio puede servir como referencia para futuras investigaciones, ya que desde 2017 se han construido diferentes pabellones manteniendo el mismo diseño estructural, forma y distribución.

2.4.2 Justificación practica

Los Pabellones de la I.E. N.º 41026 “María Murillo de Bernal fueron edificadas en la zona sísmica 3, de alta sismicidad, teniendo una antigüedad de 5 años.

Esto significa que es probable que sufra daños estructurales considerables durante un evento sísmico grave que se considera de 7,5 en la magnitud del

terremoto (Richter), resultando en deterioro y daños materiales, así como posibles pérdidas humanas.

2.4.3 Justificación metodológica

Para esta investigación se diseñará un instrumento de evaluación de estructuras referenciado de los métodos ATC 21, AIS y el de demanda – resistencia, el cual nos permitirá mediante métodos matemáticos obtener el nivel de desempeño sísmico; además de los registros del ensayo de esclerometría, y escáner de acero, el cual permitirá determinar la resistencia de un elemento de concreto a partir del índice de rebote del esclerómetro en el concreto endurecido, estos instrumento será un aporte más a los otros instrumentos comúnmente usados en las investigaciones.

2.5 Hipótesis

2.5.1 Hipótesis generales

La evaluación del desempeño estructural de los pabellones de la edificación esencial I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal, aplicando métodos para estimar el punto de desempeño basado en un análisis estático no lineal, no cumplen con el nivel de desempeño deseado, encontrándose dentro del límite de colapso, bajo las solicitaciones de sismicidad que se presentan en la zona, especialmente en Arequipa y para este caso en el distrito de Cerro Colorado.

2.6 Variables

2.6.1 Identificación de las variables

Variable dependiente: Desempeño sísmico

Variable independiente: Métodos estáticos no lineales

2.6.2 Definición conceptual y operacional de las variables.

Desempeño sísmico: Según (Aguilar Falconi, 2015), el desempeño sísmico será designado como calificación para lineamientos de diseño, sistemas estructurales y análisis de desempeño idóneo, con un estudio profundo de

sus elementos estructurales y no estructurales, así como aseguramiento y control de calidad. Construye y protege con el tiempo. (página 5)

Métodos estáticos no lineales: El punto de desempeño de las estructuras se determina mediante la aplicación de dos métodos: el Método del Espectro de Capacidad (ATC-40, FEMA 440); y el Método de Coeficientes (FEMA 440, ASCE/SEI 41-13).

2.6.3 Operacionalización de las variables

Tabla 6 Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
V1: Métodos para punto de desempeño	El punto de desempeño de una estructura es útil para prever acciones en otras estructuras. Se aplicarán los métodos de coeficiente de desplazamiento ASCE/SEI-41-13 y el método del espectro capacidad FEMA 440 (Arias Gonzales, 2020) El método de espectro de capacidad – demanda. El método del coeficiente del desplazamiento. Y Nivel de desempeño.	Se operacionalizará a través de las dimensiones dadas como el método de espectro de capacidad y el método de coeficiente de desplazamiento. La variable Desempeño Sísmico se operacionalizará mediante las siguientes dimensiones	D1: Método del coeficiente de desplazamiento ASCE/SEI-41-13)	I1: Espectro de capacidad I2: Espectro elástico I3: Curva bilineal I4: Punto de desempeño	Planos estructurales de La Edificación Formatos de Recolección de Datos	Razon
			D2: Método del espectro capacidad FEMA 440	I1: Espectro de demanda I2: Espectro de capacidad I3: Espectro demanda reducida I4: Punto de desempeño	Planos estructurales de La Edificación Formatos de Recolección de Datos	Razon
V2: Desempeño Sísmico			D1: Nivel de desempeño de estructura	I1: Completamente Operacional I2: Ocupación inmediata I2: Seguridad de Vida I4: prevención de Colapso	Formato para clasificación	Razon

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1 Tipo y Diseño de la investigación

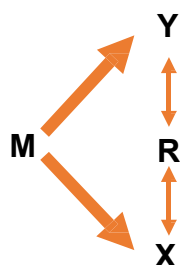
3.1.1 Tipo de investigación:

El tipo de investigación es descriptivo, puesto que la investigación describirá las condiciones de la I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal”, muestra de estudio, según el análisis de la realidad estructural que presenta.

3.1.2 Diseño de la investigación no experimental- transversal:

Se utilizará el diseño no experimental- transversal.

El estudio se realizó con el mismo conjunto de variables durante un periodo de tiempo. Se consideró las dos variables de estudio, como una constante y con un solo foco de estudio.



Donde:

M: I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal

Y: Observación de Variable dependiente

X: Observación de Variable independiente

R: Correlación entre variables

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población es la institución educativa N° 41026 “María Murillo de Bernal”

3.2.2 Muestra

La muestra se determinó por muestreo no probabilístico y por conveniencia (escogida por motivos de costo, tiempo y accesibilidad a los planos de estructuras), dicha muestra estará conformada por los pabellones 101A y 101B de la I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal”

3.2.3 Muestreo: No probabilístico

Según (Ñaupas Paitan, et al., 2018), da a conocer la selección efectuada de acuerdo al criterio del investigador, empleando el punto de vista técnico de representación.

Teniendo en cuenta esta definición es que se aplicará muestreo no probabilístico en la presente investigación

3.3 Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

Tabla 7. Técnicas de recolección de datos.

Técnica	Instrumento	Procedimiento
Observación	Guía de Observación	Se observó in situ, las muestras de estudio. Para observación no destructiva, el Esclerómetro.
Análisis de contenido	Cuadro de registros Normativas	Usado para obtener los parámetros, propiedades y cargas dinámicas de la muestra en función de la Norma E-030 (hoja de cálculo en Microsoft Excel) y para análisis de estructura, así como contenidos referenciales, AutoCAD 2018. Para el modelamiento (análisis modal - verificación de estructuración) y determinación de esfuerzos se realizará con el apoyo del software de ingeniería ETABS V20. -Código Norteamericano American Concrete Institute – (ACI 318-18) -Reglamento Peruano E030 – 2019. -Reglamento Peruano E070 – 2018. -Reglamento Peruano E 020 Reglamento Peruano E050. Software de Ingeniería Estructural E tabs 2016. Software de dibujo técnico

- Formato Ensayo no destructivo (esclerómetro):

Tabla 8. Ficha de reporte para Índice de Rebote

RESISTENCIA DEL HORMIGÓN IN SITU (ASTM C805)																												
ESCLEROMETRO (MARTILLO DE SHMITH)																												
EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO APLICANDO MÉTODOS ESTÁTICOS NO LINEALES EN DOS PABELLONES DE LA EDIFICACIÓN ESENCIAL I.E. N° 41028 "MARIA MURILLO DE BERNAL", DISTRITO DE CERRO COLORADO – AREQUIPA																												
Ubicación: Cerro Colorado - Arequipa																												
Técnico: Kevin Andre Malarin Zavaleta																												
VRS: Ingeniero: Ing. Mco. Daniel M. Gonzalez Arce																												
Fecha de Ensayo:																												
DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL																												
INFRAESTRUCTURA		UBICACIÓN: Piso 2																										
Descripción Estructural:		N° Punto:																										
MIEMBRO ESTRUCTURAL:																												
N°	LECTURA ESCLEROMETRO	RESISTENCIA ASOCIADA N/mm ²	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS																									
1			<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td></td> <td>2</td> <td></td> <td>3</td> </tr> <tr> <td></td> <td>4</td> <td></td> <td>5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td>7</td> <td></td> <td>8</td> </tr> <tr> <td></td> <td>9</td> <td></td> <td>10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>11</td> <td></td> <td>12</td> <td></td> <td>13</td> </tr> </table>	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13
1		2			3																							
	4			5																								
6		7			8																							
	9			10																								
11		12			13																							
2																												
3																												
4																												
5																												
6																												
7																												
8																												
9																												
10																												
11																												
12																												
13																												
Promedio			Resistencia Estimada (Mpa)																									
FACTOR DE CONVERSIÓN 1Mpa=10.2 Kg/cm ²																												
RESISTENCIA ESTIMADA A COMPRESIÓN DEL ELEMENTO																												
f'c=		kg/cm ²																										

3.3.1.1 Validez

La validez de un instrumento se da de dos formas: mediante validez de criterio y la validez de constructo (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2020). La validez se mide en grados, no de manera excluyente, sino en términos de alta, media o baja validez y debe de ser demostrada y comprobada (Hernández, 1995).

Tabla 9. Validez de investigación

Rangos	Magnitud
1.00	Validez perfecta
0.72 a 0.99	Alta
0.66 a 0.71	Moderada
0.60 a 0.65	Baja
0.54 a 0.59	Muy Baja
0.53 a menos	Validez nula

Fuente: Herrera 1998 citada por Oseda (2009).

Tabla 10. Relación de profesionales de Juicio de Expertos (J.E.)

N° EXPERTO	NOMBRE DE EXPERTOS	PERFIL PROFESIONAL	CARGO	CIP
1	Msc. Ing. Daniel M. Gonzales Arce	Ingeniero Civil	Gerente DGA EIRL	N° CIP 256786
2	Ing. Luis Alberto Quispe Calloapaza	Ingeniero Civil	Gerente proyectos B13 SAC	N° CIP 77301
3	Ing. Ronald L. Castillo Montenegro	Ingeniero Civil	Independiente	N° CIP 266189

Tabla 11. Validez de instrumento esclerómetro-F. Reporte.

Ítem	EXPERTOS			SUMA DE ACUERDOS	Promedio	DESCRIPCIÓN
	1	2	3			
01	2	2	2	6	0.67	Moderada
02	2	2	2	6	0.67	Moderada
03	2	3	2	7	0.78	Alta
04	2	2	2	6	0.67	Moderada
05	2	2	2	6	0.67	Moderada
06	2	2	2	6	0.67	Moderada
07	2	2	2	6	0.67	Moderada
08	2	2	2	6	0.67	Moderada
09	3	3	2	8	0.89	Alta
10	2	2	2	6	0.67	Moderada
					0.703	Alta

Cada instrumento de investigación, fue validado mediante juicio de expertos según *Tabla 11*, el promedio aceptable es de 0.703 (moderado) según la *Tabla 12*.

3.3.1.2 Confiabilidad de instrumentos de investigación

Es el grado de consistencia entre los puntajes que arroja un determinado instrumento de medida, puede producir los mismos resultados cuando se usa repetidamente en las mismas condiciones” (Martínez, 2011).

Tabla 12. Confiabilidad de investigación

Rango	Confiabilidad (dimensión)
0.90 – 1	Excelente
0.80 – 0.90	Bueno
0.70 – 0.80	Aceptable
0.60 – 0.70	Débil
0.50 – 0.60	Pobre
0 – 0.50	Inaceptable

Fuente: Cronbach

La importación de los datos del esclerómetro (para columnas y vigas), fue importante para determinar la confiabilidad del instrumento, de esta manera poder establecer la fiabilidad del equipo y el porcentaje de error que pueda presentarse.

Posteriormente en el programa IBM SPSS, se ingresaron los datos para calcular el Alfa de Cronbach, determinando la confiabilidad del instrumento o la corrección necesaria. Este método es utilizado en opciones de respuesta polinómicas.

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left(1 - \frac{\sum Si^2}{\sum St^2} \right) \quad (3.1)$$

Donde:

α : Coeficiente alfa de Cronbach

K: Numero de ítems

$\sum Si^2$: Sumatoria de las varianzas de los ítems

$\sum St^2$: Varianza de la suma de ítems

Columnas de concreto armado bloque 101A:

Tabla 13. Columnas de concreto Asrmado -bloque 101A

		N	%
Casos	Válido	8	100,0
	Excluido	0	,0
	Total	8	100,0

Fuente: Extracción de SPSS Statistics

Tabla 14. Alfa de Cronbach columnas bloque 101A

Alfa de Cronbach	N de elementos
0,864	13

Fuente: Extracción de SPSS Statistics

Tabla 15. Estadística de elementos columnas bloque 101A

	Media	Desv. Desviación	N
VAR0001	30.5000	1.30931	8
VAR0002	31.5000	1.19523	8
VAR0003	30.7500	1.58114	8
VAR0004	30.0000	1.51186	8
VAR0005	30.5000	1.41421	8
VAR0006	30.0000	1.06904	8
VAR0007	30.7500	0.70711	8
VAR0008	31.2500	1.16496	8
VAR0009	32.0000	1.19523	8
VAR00010	30.6250	1.30247	8
VAR00011	30.3750	0.51755	8
VAR00012	30.6250	1.18773	8
VAR00013	30.2500	1.16496	8

Fuente: Extracción de SPSS Statistics

Con respecto al resultado se basó a la confiabilidad del instrumento denominado ficha de índice de rebote para columnas del piso 1 y 2 correspondiente al bloque 101A, el cual se obtuvo una confiabilidad del 86.40%

Vigas de concreto armado bloque 101A:

Tabla 16. Viga del bloque 101A

		N	%
Casos	Válido	4	100,0
	Excluido	0	,0
	Total	4	100,0

Fuente: Extracción de SPSS Statistics

Tabla 17. Alfa de Cronbach vigas bloque 101A

Alfa de Cronbach	N de elementos
0,885	13

Fuente: Extracción de SPSS Statistics

Tabla 18. Estadística de elementos viga bloque 101A

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
VAR00001	416.2500	95.583	0.797	0.864
VAR00002	415.5000	129.667	-0.088	0.902
VAR00003	417.7500	90.250	0.872	0.858
VAR00004	415.7500	108.250	0.979	0.863
VAR00005	416.5000	124.333	0.311	0.888
VAR00006	415.5000	124.333	0.311	0.888
VAR00007	416.7500	84.917	0.950	0.852
VAR00008	416.5000	117.667	0.461	0.882
VAR00009	415.7500	122.917	0.496	0.885
VAR00010	417.0000	128.667	0.000	0.892
VAR00011	415.7500	108.250	0.979	0.863
VAR00012	416.5000	85.667	0.847	0.864
VAR00013	416.5000	118.333	0.796	0.877

Fuente: Extracción de SPSS Statistics

Con respecto al resultado se basó a la confiabilidad del instrumento denominado ficha de índice de rebote para vigas del piso 1 y 2 correspondiente al bloque 101A, el cual se obtuvo una confiabilidad del 88.50%

Columnas de concreto armado bloque 101B:**Tabla 19.** Viga del bloque 101B.

		N	%
Casos	Válido	8	100,0
	Excluido	0	,0
	Total	8	100,0

Fuente: SPSS Statistics

Tabla 20. Alfa de Cronbach columnas bloque 101B

Alfa de Cronbach	N de elementos	
0,898	13	

Fuente: SPSS Statistics

Tabla 21. Estadística de elementos columnas bloque 101B

Estadísticas de total de elemento				
	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
VAR00001	374.6250	183.411	0.286	0.904
VAR00002	374.2500	175.929	0.454	0.897
VAR00003	374.7500	170.214	0.488	0.897
VAR00004	374.1250	185.268	0.360	0.899
VAR00005	373.7500	152.500	0.851	0.877
VAR00006	374.1250	155.839	0.891	0.875
VAR00007	374.1250	162.696	0.867	0.879
VAR00008	373.3750	177.125	0.734	0.888
VAR00009	373.1250	175.268	0.777	0.887
VAR00010	374.0000	199.143	-0.067	0.915
VAR00011	373.7500	152.500	0.729	0.885
VAR00012	373.5000	172.286	0.793	0.885
VAR00013	374.0000	154.286	0.866	0.876

Fuente: SPSS Statistics

Con respecto al resultado se basó a la confiabilidad del instrumento denominado ficha de índice de rebote para columnas del piso 1 y 2 correspondiente al bloque 101B, el cual se obtuvo una confiabilidad del 89.80%

Vigas de concreto armado bloque 101B:**Tabla 22.** Resumen de procesamiento vigas bloque 101B

		N	%
Casos	Válido	4	100,0
	Excluido	0	,0
	Total	4	100,0

Fuente: SPSS Statistics

Tabla 23. Alfa de Cronbach vigas bloque 101B

Alfa de Cronbach	N de elementos
0,885	13

Fuente: SPSS Statistics

Tabla 24. Estadística de elementos viga bloque 101B

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
VAR00001	426.0000	88.000	0.995	0.855
VAR00002	425.0000	102.000	0.457	0.881
VAR00003	426.7500	85.583	0.881	0.856
VAR00004	426.0000	88.667	0.713	0.865
VAR00005	426.2500	90.250	0.662	0.868
VAR00006	426.2500	92.250	0.788	0.865
VAR00007	426.2500	103.583	0.377	0.883
VAR00008	425.7500	85.583	0.468	0.890
VAR00009	426.5000	107.667	0.000	0.888
VAR00010	426.2500	92.250	0.457	0.881
VAR00011	425.2500	92.917	0.543	0.875
VAR00012	425.7500	96.917	0.522	0.876
VAR00013	426.0000	78.667	0.746	0.864

Fuente: SPSS Statistics

Con respecto al resultado se basó a la confiabilidad del instrumento denominado ficha de índice de rebote para vigas del piso 1 y 2 correspondiente al bloque 101B, el cual se obtuvo una confiabilidad del 88.20%.

I.E. N.º 41026 “María Murillo de Bernal”, distrito de Cerro Colorado – Arequipa. está compuesta de siete pabellones, de los cuales el Bloque 101 A y 101 B fueron construidos en el año 1996 y corresponden al modelo arquitectónico tipo INFES 780 pre, esos pabellones fueron analizado y sometido a un análisis estático no lineal Pushover. A continuación, se puede observar el plano de la distribución arquitectónica de la institución educativa.

Figura 7. Elevación frontal Pabellón 101 A y 101 B I.E. N°41026

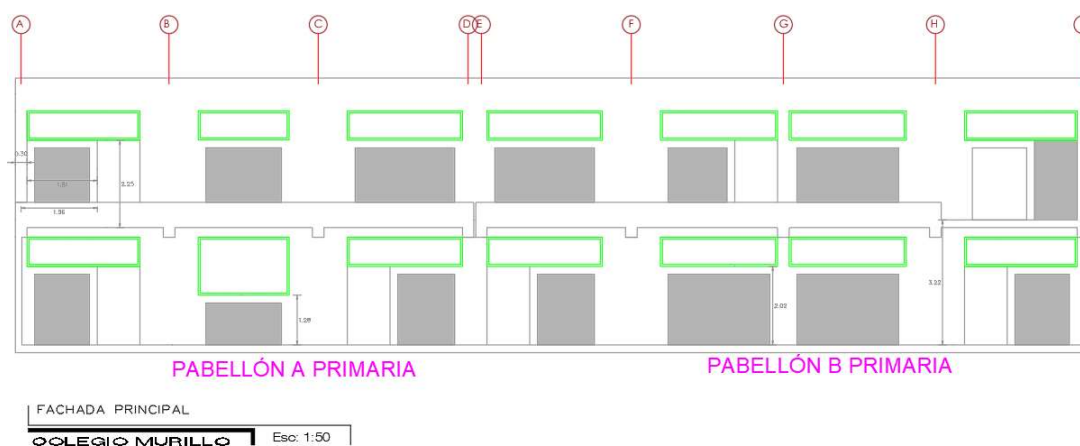


Figura 8 Corte de Pabellón 101 A y 101 B- I.E. N°41026

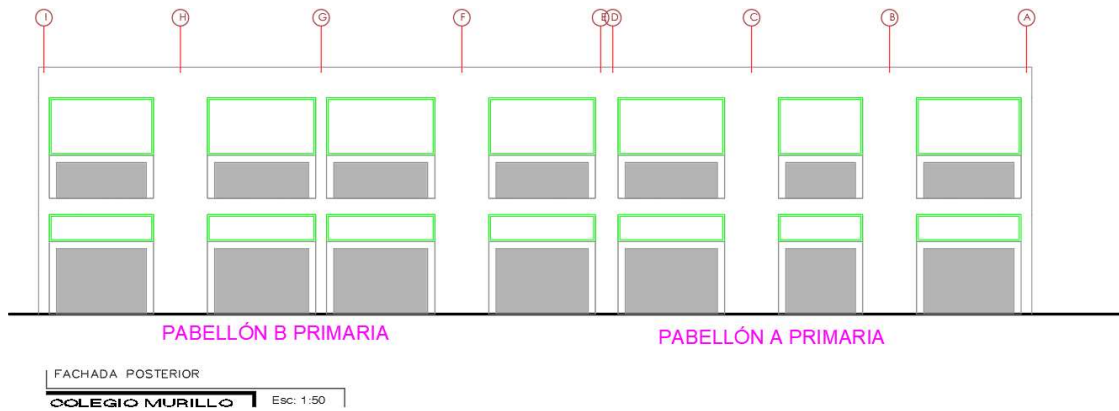


Figura 9 Planta del 2do Piso, Pabellón 101 A y 101 B I.E. N°41026

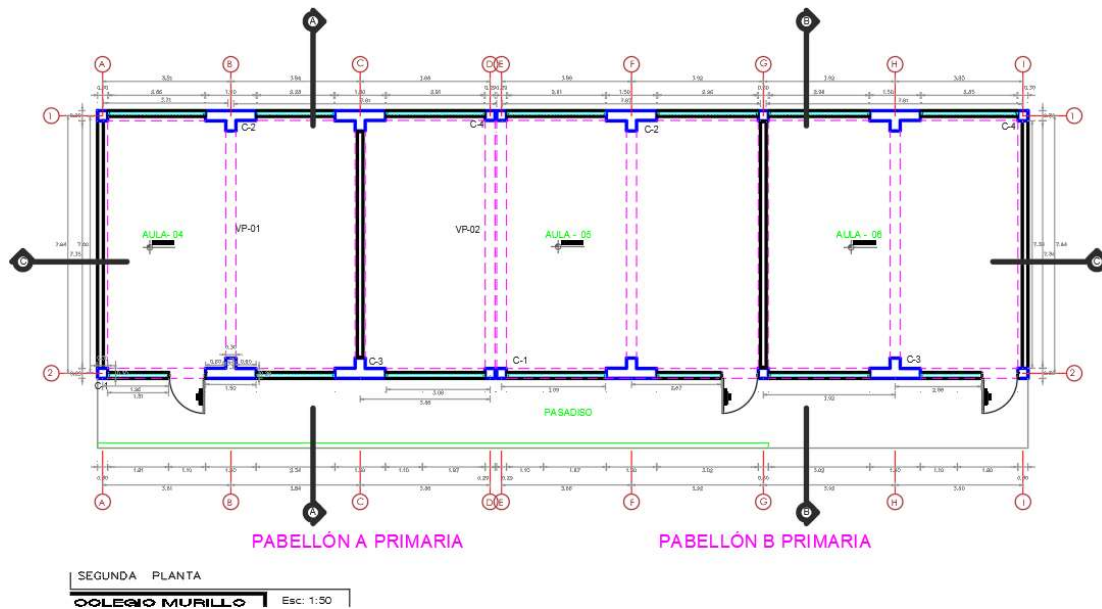
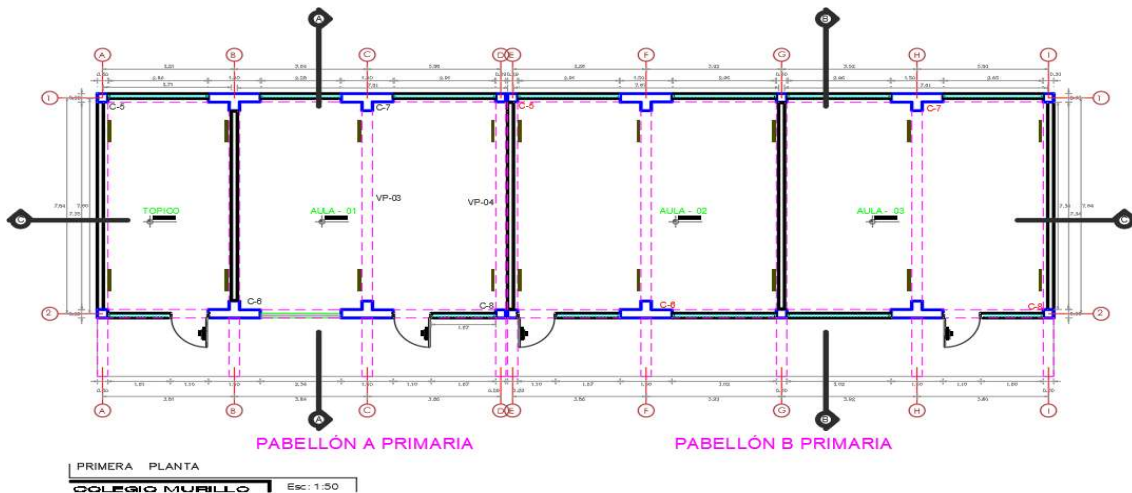


Figura 10 Planta de Primer Piso, Pabellón 101 A y 101 B I.E. N°41026



CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Procedimiento

4.1.1 Análisis sísmico no lineal

Para la interpretación de resultados, es preciso advertir, que la aceleración espectral del sismo de diseño en la norma peruana, NORMA E.0.30.(2018), será un sismo raro, según el SEAOC (1995).

Para el cumplimiento de objetivos, se encontró todas las aceleraciones para los niveles sísmicos (frecuente, ocasional, raro y muy raro), de la siguiente estructura:

1. Aceleración espectral: se usó el criterio de la NORMA E.0.30.(2018). Se advierte que no se aplicó el factor de reducción R, considerado en el sistema lineal y elástico.

$$Sa(g) = ZUCS \quad (ecu. 4.1)$$

- 1.1. Desempeño de pabellones 101A y 101B de la I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal”

Para lograr el lugar de desempeño del 101A y 101B, se empleó cuatro tipos de espectros de demanda

1. Sismo frecuente:

Tabla 25. Datos de Sismo Frecuente -para Muestras de estudio

Nivel de movimiento de terreno	Años	Periodo de retorno
50% de probabilidad de excedencia	30	T= 43 años

Nota*: Sismo que tiene probabilidad de ocurrencia una vez durante la vida útil de la estructura.

2. Sismo ocasional:

Nivel de movimiento de terreno	Años	Periodo de retorno
50% de probabilidad de excedencia.	50	T= 72 años

Tabla 26. Datos de Sismo Ocasional -para Muestras de estudio

Nivel de movimiento de terreno	Años	Periodo de retorno
50% de probabilidad de excedencia.	50	T= 72 años

Nota*: Sismo con probabilidad de ocurrencia, más de una vez durante la VUE.

3. Sísmico raro:

Tabla 27. Datos de Sísmo Raro -para Muestras de estudio

Amortiguamiento (Según E-030)	Años	Periodo de retorno
5%	50 (probabilidad de ocurrencia 10%)	T= 475 años (sismo de diseño).

4. Sismo muy raro:

Tabla 28. Datos de Sismo Muy Raro - para Muestras de estudio

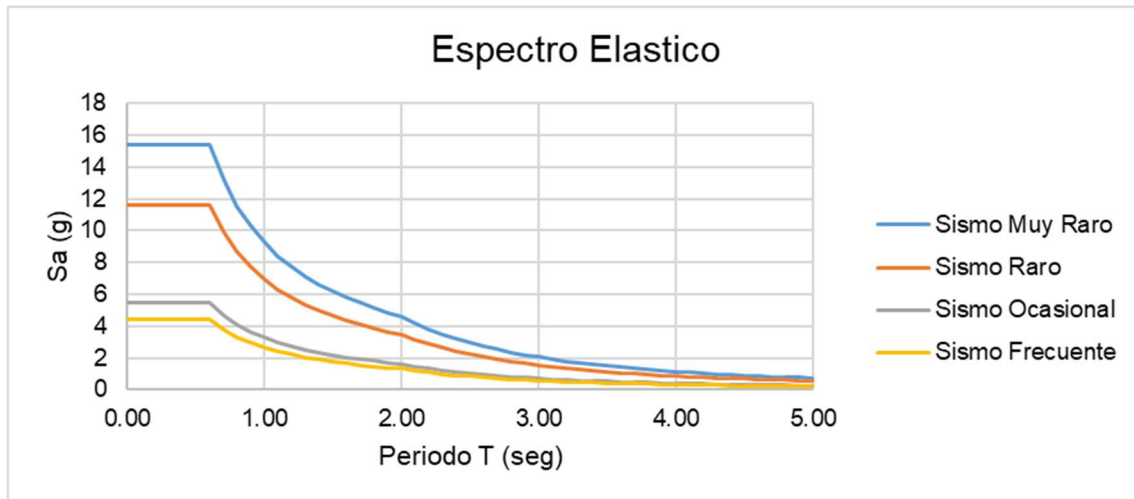
Nivel de movimiento	Años	Periodo de retorno
1.25 a 1.50 asociado al sismo raro especificado en los códigos.	100 (probabilidad de ocurrencia 10%)	T= 970 años (sismo de diseño).

La **Tabla 29**, detalla los parámetros sísmicos que muestra los cuatro (04) espectros elásticos en la estructura de muestra.

Tabla 29. Espectros elásticos de la estructura de muestra

Parámetros Sísmicos	Espectro elástico (Sismo Frecuente)	Espectro Elástico (Sismo ocasional)	Espectro Elástico (Sismo raro)	Espectro Elástico (Sismo muy raro)
Factor de uso (U)	0.38	0.47	1.00	1.33
Factor de zona (Z4)	0.45	0.45	0.45	0.45
Perfil del Suelo	S ₂			
Factor de suelo	1.05	1.05	1.05	1.05
Aceleración de la gravedad	9.81	9.81	9.81	9.81
Periodos T_p	0.6	0.6	0.6	0.6
T_l	2.0	2.0	2.0	2.0
Factor X	1.77	2.18	4.64	6.17
Factor Y	1.77	2.18	4.64	6.17

Figura 11. Espectro Elástico y sus movimientos sísmicos



a) Probabilidad de ocurrencia “p” VS Periodo de retorno “T”

Se tiene la fórmula

$$T = \frac{1}{1 - (1 - p)^n} \quad (\text{ecu. 4.2})$$

Donde:

Periodo de años= “n”

Probabilidad de ocurrencia “p”

Periodo de retorno “T”

b) Relación: aceleración del suelo y periodo de retorno

Este se determina tras conocer los valores de “a1”, “T1” y “T2”, se evalúa (a2) mediante la siguiente ecuación:

Donde k es igual a 0.4

$$\frac{a_2}{a_1} = \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^k \quad (\text{ecu. 4.3})$$

Para calcular el periodo de retorno “T”, se tomó en cuenta el criterio del Eurocódigo – 8. Finalmente, se calculó la aceleración del suelo “a2” a partir de la aceleración del suelo, en relación al sismo de diseño: $a_1 = 0.30$ (9.81) m/s².

En la **Tabla 30**, se detalla los valores que se puede obtener entre aceleraciones

espectrales.

Tabla 30 . Valores entre aceleraciones espectrales

Sismo	Nivel de demanda
Frecuente	$S_{a1} = 0.38 S_{ae}$
Ocasional	$S_{a2} = 0.47 S_{ae}$
Raro	$S_{a3} = S_{ae}$
Muy Raro	$S_{a4} = 1.33 S_{ae}$

La NORMA E.0.30 (2018), indica que el factor 1.5, es utilizado para edificaciones esenciales, "cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después de que ocurra un sismo severo". Por otro lado, el factor para un sismo muy raro es 1.33.

Tabla 31. Niveles sísmicos por VISION 2000

T	C	Sa (Sismo Frecuente)	Sa (Sismo ocasional)	Sa (Sismo Raro)	Sa (Sismo Muy raro)
0.00	2.500	4.4332	5.4484	11.5881	15.4185
0.10	2.500	4.4332	5.4484	11.5881	15.4185
0.20	2.500	4.4332	5.4484	11.5881	15.4185
0.30	2.500	4.4332	5.4484	11.5881	15.4185
0.40	2.500	4.4332	5.4484	11.5881	15.4185
0.50	2.500	4.4332	5.4484	11.5881	15.4185
0.60	2.500	4.4332	5.4484	11.5881	15.4185
0.70	2.143	3.7999	4.6700	9.9326	13.2159
0.80	1.875	3.3249	4.0863	8.6910	11.5639
0.90	1.667	2.9555	3.6322	7.7254	10.2790
1.00	1.500	2.6599	3.2690	6.9528	9.2511
1.10	1.364	2.4181	2.9718	6.3208	8.4101
1.20	1.250	2.2166	2.7242	5.7940	7.7092
1.30	1.154	2.0461	2.5146	5.3483	7.1162
1.40	1.071	1.9000	2.3350	4.9663	6.6079
1.50	1.000	1.7733	2.1793	4.6352	6.1674
1.60	0.938	1.6625	2.0431	4.3455	5.7819
1.70	0.882	1.5647	1.9230	4.0899	5.4418
1.80	0.833	1.4777	1.8161	3.8627	5.1395
1.90	0.789	1.4000	1.7205	3.6594	4.8690
2.00	0.750	1.3300	1.6345	3.4764	4.6255
2.10	0.680	1.2063	1.4825	3.1532	4.1955
2.20	0.620	1.0991	1.3508	2.8731	3.8228
2.30	0.567	1.0056	1.2359	2.6287	3.4976
2.40	0.521	0.9236	1.1351	2.4142	3.2122
2.50	0.480	0.8512	1.0461	2.2249	2.9604
2.60	0.444	0.7870	0.9672	2.0571	2.7370
2.70	0.412	0.7298	0.8969	1.9075	2.5380
2.80	0.383	0.6786	0.8339	1.7737	2.3600
2.90	0.357	0.6326	0.7774	1.6535	2.2000
3.00	0.333	0.5911	0.7264	1.5451	2.0558
3.10	0.312	0.5536	0.6803	1.4470	1.9253

3.20	0.293	0.5195	0.6385	1.3580	1.8069
3.30	0.275	0.4885	0.6004	1.2769	1.6990
3.40	0.260	0.4602	0.5656	1.2029	1.6005
3.50	0.245	0.4343	0.5337	1.1352	1.5104
3.60	0.231	0.4105	0.5045	1.0730	1.4276
3.70	0.219	0.3886	0.4776	1.0158	1.3515
3.80	0.208	0.3684	0.4528	0.9630	1.2813
3.90	0.197	0.3498	0.4299	0.9142	1.2164
4.00	0.188	0.3325	0.4086	0.8691	1.1564
4.10	0.178	0.3165	0.3889	0.8272	1.1007
4.20	0.170	0.3016	0.3706	0.7883	1.0489
4.30	0.162	0.2877	0.3536	0.7521	1.0007
4.40	0.155	0.2748	0.3377	0.7183	0.9557
4.50	0.148	0.2627	0.3229	0.6867	0.9137
4.60	0.142	0.2514	0.3090	0.6572	0.8744
4.70	0.136	0.2408	0.2960	0.6295	0.8376
4.80	0.130	0.2309	0.2838	0.6035	0.8030
4.90	0.125	0.2216	0.2723	0.5792	0.7706
5.00	0.120	0.2128	0.2615	0.5562	0.7401

En conjunto con la aceleración espectral, es posible encontrar el desplazamiento espectral, mediante la fórmula:

$$S_{di} = \frac{T^2}{4\pi^2} * S_a * g \quad (\text{ecu. 4.4}) \dots\dots\dots \text{conversión propuesta por el código FEMA.}$$

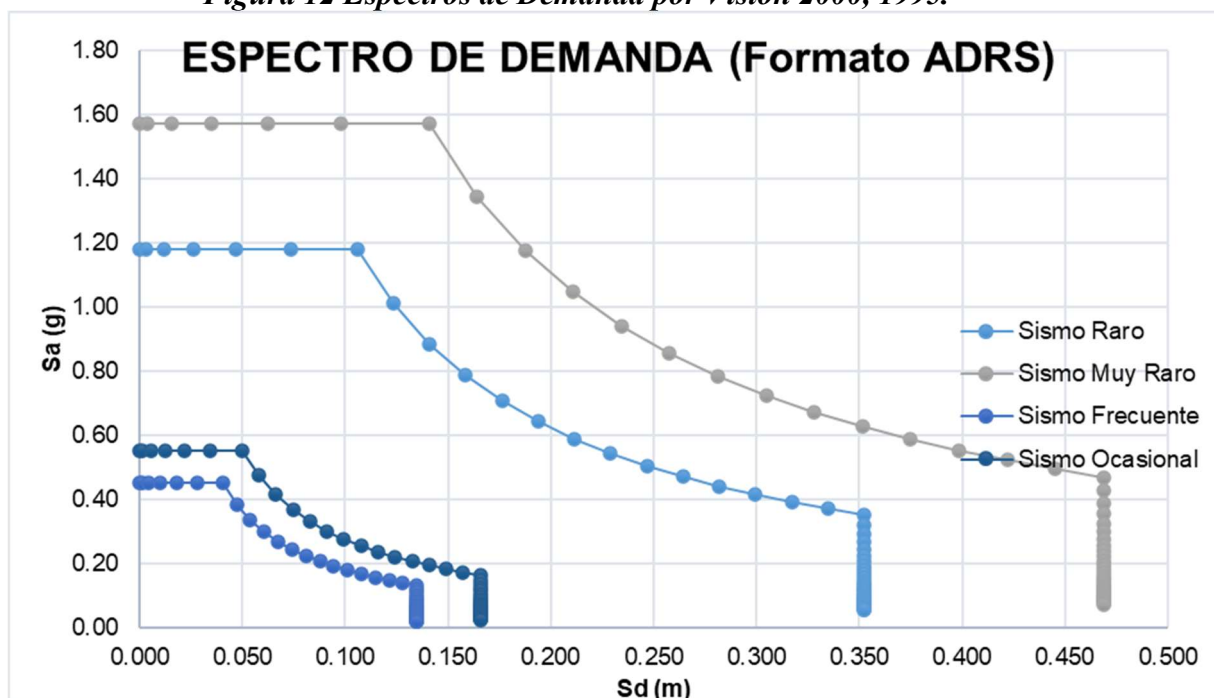
Tabla 32. Demanda de Niveles Sísmicos

Sismo Frecuente		Sismo Ocasional		Sismo Raro		Sismo Muy Raro	
Sa1	Sd1	Sa2	Sd2	Sa3	Sd3	Sa4	Sd4
0.452	0.000	0.555	0.000	1.181	0.000	1.572	0.000
0.452	0.000	0.555	0.000	1.181	0.000	1.572	0.000
0.452	0.000	0.555	0.001	1.181	0.001	1.572	0.002
0.452	0.001	0.555	0.001	1.181	0.003	1.572	0.004
0.452	0.002	0.555	0.002	1.181	0.005	1.572	0.006
0.452	0.003	0.555	0.004	1.181	0.007	1.572	0.010
0.452	0.004	0.555	0.005	1.181	0.011	1.572	0.014
0.387	0.005	0.476	0.006	1.013	0.013	1.347	0.017
0.339	0.005	0.417	0.007	0.886	0.014	1.179	0.019
0.301	0.006	0.370	0.008	0.788	0.016	1.048	0.021
0.271	0.007	0.333	0.008	0.709	0.018	0.943	0.024
0.246	0.008	0.303	0.009	0.644	0.020	0.857	0.026
0.226	0.008	0.278	0.010	0.591	0.022	0.786	0.029
0.209	0.009	0.256	0.011	0.545	0.023	0.725	0.031
0.194	0.010	0.238	0.012	0.506	0.025	0.674	0.033
0.181	0.010	0.222	0.013	0.473	0.027	0.629	0.036
0.169	0.011	0.208	0.014	0.443	0.029	0.589	0.038
0.159	0.012	0.196	0.014	0.417	0.031	0.555	0.041
0.151	0.012	0.185	0.015	0.394	0.032	0.524	0.043

0.143	0.013	0.175	0.016	0.373	0.034	0.496	0.045
0.136	0.014	0.167	0.017	0.354	0.036	0.472	0.048
0.123	0.014	0.151	0.017	0.321	0.036	0.428	0.048
0.112	0.014	0.138	0.017	0.293	0.036	0.390	0.048
0.103	0.014	0.126	0.017	0.268	0.036	0.357	0.048
0.094	0.014	0.116	0.017	0.246	0.036	0.327	0.048
0.087	0.014	0.107	0.017	0.227	0.036	0.302	0.048
0.080	0.014	0.099	0.017	0.210	0.036	0.279	0.048
0.074	0.014	0.091	0.017	0.194	0.036	0.259	0.048
0.069	0.014	0.085	0.017	0.181	0.036	0.241	0.048
0.064	0.014	0.079	0.017	0.169	0.036	0.224	0.048
0.060	0.014	0.074	0.017	0.158	0.036	0.210	0.048
0.056	0.014	0.069	0.017	0.148	0.036	0.196	0.048
0.053	0.014	0.065	0.017	0.138	0.036	0.184	0.048
0.050	0.014	0.061	0.017	0.130	0.036	0.173	0.048
0.047	0.014	0.058	0.017	0.123	0.036	0.163	0.048
0.044	0.014	0.054	0.017	0.116	0.036	0.154	0.048
0.042	0.014	0.051	0.017	0.109	0.036	0.146	0.048
0.040	0.014	0.049	0.017	0.104	0.036	0.138	0.048
0.038	0.014	0.046	0.017	0.098	0.036	0.131	0.048
0.036	0.014	0.044	0.017	0.093	0.036	0.124	0.048
0.034	0.014	0.042	0.017	0.089	0.036	0.118	0.048
0.032	0.014	0.040	0.017	0.084	0.036	0.112	0.048
0.031	0.014	0.038	0.017	0.080	0.036	0.107	0.048
0.029	0.014	0.036	0.017	0.077	0.036	0.102	0.048
0.028	0.014	0.034	0.017	0.073	0.036	0.097	0.048
0.027	0.014	0.033	0.017	0.070	0.036	0.093	0.048
0.026	0.014	0.031	0.017	0.067	0.036	0.089	0.048
0.025	0.014	0.030	0.017	0.064	0.036	0.085	0.048
0.024	0.014	0.029	0.017	0.062	0.036	0.082	0.048
0.023	0.014	0.028	0.017	0.059	0.036	0.079	0.048
0.022	0.014	0.027	0.017	0.057	0.036	0.075	0.048

Vision 2000, (1995), indica que los puntos de rendimiento deben ser obtenidos después que el espectro elástico se convierta en patrón ADRS (Acceleration Displacement Response Spectrum). El objetivo es que esta obtenga la capacidad de cruzarse con el espectro de capacidad resultante de la estructura en un análisis pushover estático no lineal. En la **Figura 12**, se aprecia el espectro elástico en formato ADRS.

Figura 12 Espectros de Demanda por Vision 2000, 1995.



Se realizó la verificación con los niveles de sismo dados por Vision 2000 (1995) (SEAO, 1995) para realizar cálculos posteriores.

Se debe considerarse lo siguiente:

Sismo raro	→	Sismo de diseño
Sismo muy raro	→	Sismo máximo

4.1.1.1 Leyes constitutivas

Para García et al. (2013), “las propiedades estructurales de los elementos de albañilería, están relacionadas con las propiedades mecánicas de sus materiales constituyentes de forma directa”.

Por tanto, su resistencia a la compresión, controla el comportamiento de su sistema por ser el parámetro más importante. En este sentido, para el modelo numérico de la mampostería, el modelo lineal elástico simplificado, es el más recomendado.

Si bien este modelo no establece un adecuado comportamiento para la mampostería, lo que genera un alto grado de incertidumbre en su desplazamiento. El control del desplazamiento, es la base principal para

realizar el análisis de diseños modernos. Para lograrlo, es esencial conocer las leyes fundamentales de los componentes principales de la estructura (Huarca, 2022).

Huarca (2022), menciona que las leyes constitutivas, corresponden a las curvas constitutivas del concreto y del acero.

4.1.1.2 El Comportamiento no lineal del concreto

La no linealidad de los materiales es necesaria para realizar el análisis estático no lineal. con los datos de resistencia del concreto obtenidos por un ensayo de esclerometría no destructivo.

La **Figura 13**, muestra a definición de las características de no linealidad de los materiales de concreto del Bloque 101A, en el Etabs V.19, las cuales fueron para las columnas, utilizando el modelo de Mander para determinar la curva de deformación.

Figura 13. Definición de materiales Bloque 101A- Etabs V.19

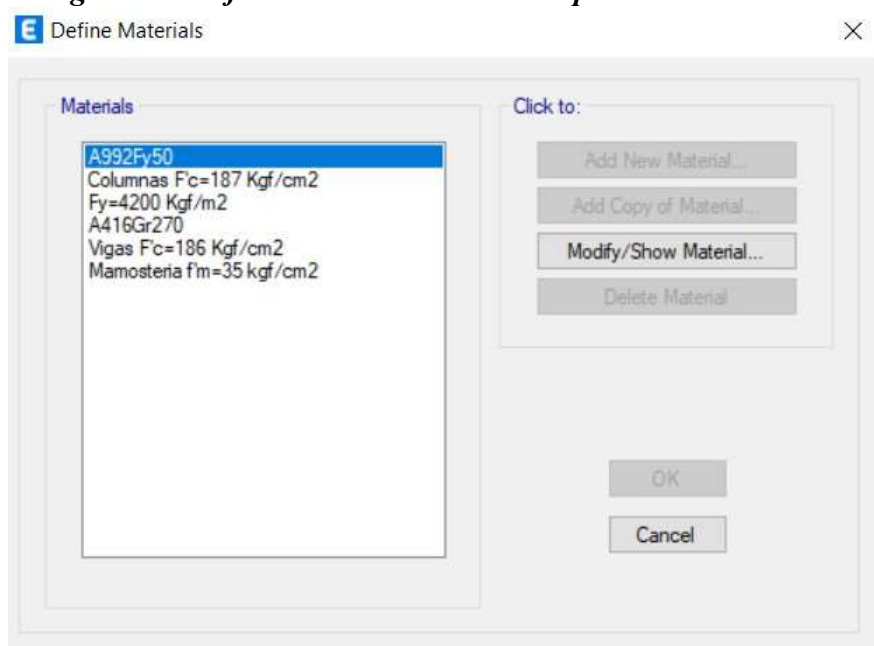


Figura 14 Asignación Puntos para curva deformación - concreto confinado $f'_c=187$ kg/cm2.

Nonlinear Material Data

Material Name and Type
Material Name: Columnas Fc=187 Kgf/cm2
Material Type: Concrete, Isotropic

Miscellaneous Parameters
Hysteresis Type: Concrete
Modify/Show Hysteresis Parameters...
Drucker-Prager Parameters
Friction Angle: 0 deg
Dilatational Angle: 0 deg

Acceptance Criteria Strains
Tension: IO 0.01, LS 0.02, CP 0.05
Compression: -0.003, -0.006, -0.015 m/m
☒ Ignore Tension Acceptance Criteria

Stress Strain Curve Definition Options
☐ Parametric
☒ User Defined
Convert to User Defined

User Stress-Strain Curve Data
Number of Points in Stress-Strain Curve: 14

Point Number	Strain	Stress (tonf/m2)	Point ID
1	-0.061773	-142.25	
2	-0.051477	-2268.16	-E
3	-0.045632	-2322.51	
4	-0.038027	-2406.31	
5	-0.030421	-2507.8	
6	-0.022816	-2633.43	
7	-0.015211	-2788.17	
8	-0.007605	-2918.2	
9	-0.00507	-2858.33	

OK Cancel

Figura 15. Puntos para curva deformación: concreto sin confinar $f'_c=186$ kg/cm2.

Nonlinear Material Data

Material Name and Type
Material Name: Vigas Fc=186 Kgf/cm2
Material Type: Concrete, Isotropic

Miscellaneous Parameters
Hysteresis Type: Concrete
Modify/Show Hysteresis Parameters...
Drucker-Prager Parameters
Friction Angle: 0 deg
Dilatational Angle: 0 deg

Acceptance Criteria Strains
Tension: IO 0.01, LS 0.02, CP 0.05
Compression: -0.003, -0.006, -0.015 m/m
☒ Ignore Tension Acceptance Criteria

Stress Strain Curve Definition Options
☐ Parametric
☒ User Defined
Convert to User Defined

User Stress-Strain Curve Data
Number of Points in Stress-Strain Curve: 10

Point Number	Strain	Stress (tonf/m2)	Point ID
1	-0.0048	-1390.06	
2	-0.004	-1554.81	-E
3	-0.003	-1743.45	
4	-0.002	-1860	-B
5	-0.001394	-1762.36	
6	-0.000787	-1326.73	
7	-0.000181	-372	
8	0	0	A
9	0.000132	271.22	

OK Cancel

Figura 16. No linealidad del concreto confinado $f'_c=187 \text{ kg/cm}^2$.

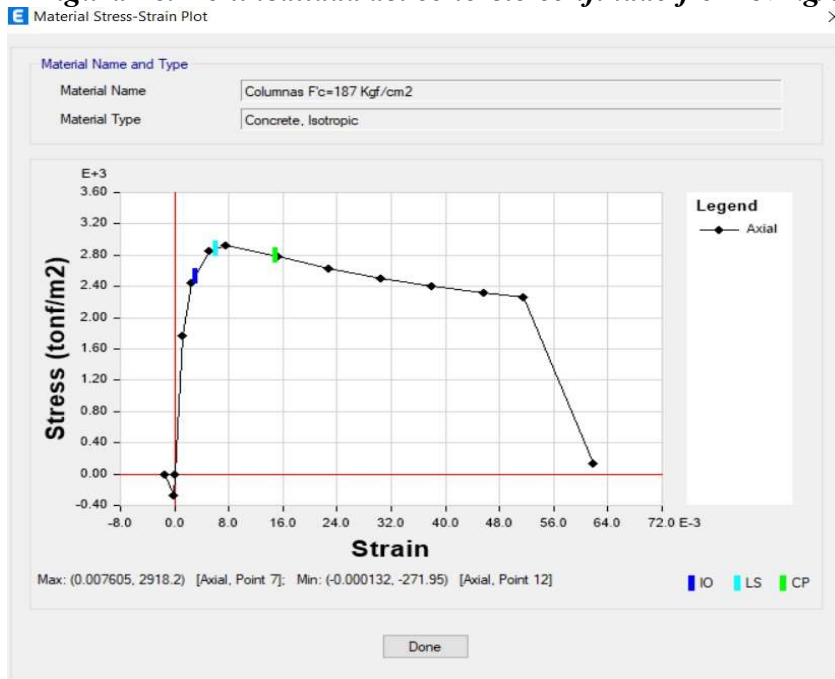


Figura 17. Asignación de materiales Bloque 101B

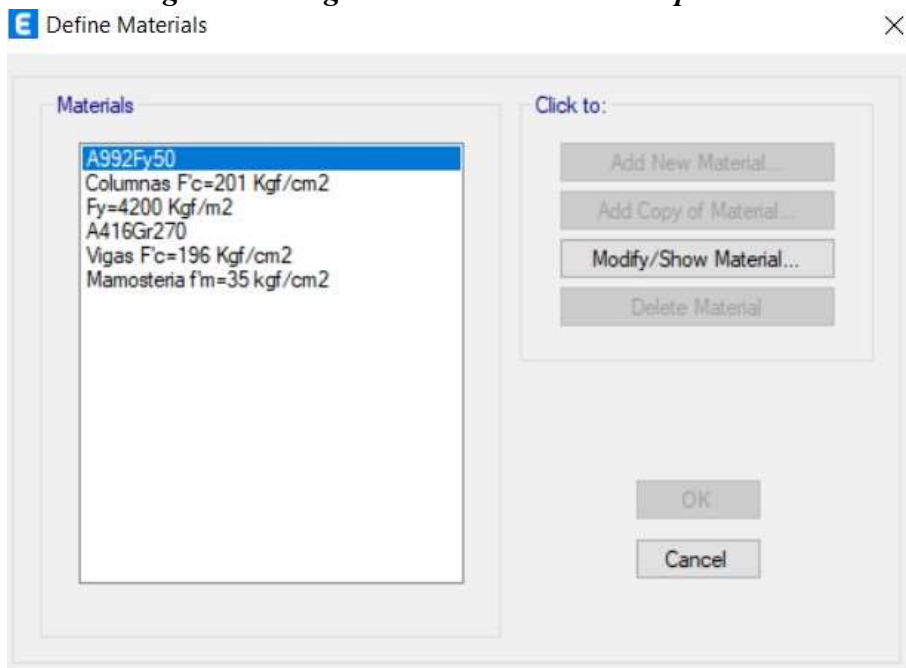


Figura 18. Asignación de Puntos para curva deformación - concreto confinado
 $f'_c=201 \text{ kg/cm}^2$.

Nonlinear Material Data

Material Name and Type
Material Name: Columnas Fc=201 Kgf/cm2
Material Type: Concrete, Isotropic

Miscellaneous Parameters
Hysteresis Type: Concrete
Modify/Show Hysteresis Parameters...
Drucker-Prager Parameters
Friction Angle: 0 deg
Dilatational Angle: 0 deg

Acceptance Criteria Strains

	Tension	Compression	
IO	0.01	-0.003	m/m
LS	0.02	-0.006	m/m
CP	0.05	-0.015	m/m

☒ Ignore Tension Acceptance Criteria

Stress Strain Curve Definition Options
☐ Parametric
☒ User Defined
Convert to User Defined

User Stress-Strain Curve Data
Number of Points in Stress-Strain Curve: 15

Point Number	Strain	Stress (tonf/m2)	Point ID
1	-0.060376	-136.45	
2	-0.050313	-2290.65	-E
3	-0.050019	-2293.43	
4	-0.042873	-2372.18	
5	-0.035728	-2465.82	
6	-0.028582	-2579.67	
7	-0.021437	-2721.23	
8	-0.014291	-2896.46	
9	-0.007146	-3044.26	-B

Graph showing the stress-strain curve for confined concrete. The curve starts at point 1, rises to point 2, then descends through points 3 to 9, ending at point B. The graph includes a grid and a red line indicating the peak stress.

Buttons: Add Row, Delete Rows, Order Rows, Show Plot...

OK Cancel

Figura 19. Asignación Puntos para curva deformación: concreto sin confinar
 $f'_c=196 \text{ kg/cm}^2$.

Nonlinear Material Data

Material Name and Type
Material Name: Vigas Fc=196 Kgf/cm2
Material Type: Concrete, Isotropic

Miscellaneous Parameters
Hysteresis Type: Concrete
Modify/Show Hysteresis Parameters...
Drucker-Prager Parameters
Friction Angle: 0 deg
Dilatational Angle: 0 deg

Acceptance Criteria Strains

	Tension	Compression	
IO	0.01	-0.003	m/m
LS	0.02	-0.006	m/m
CP	0.05	-0.015	m/m

☒ Ignore Tension Acceptance Criteria

Stress Strain Curve Definition Options
☐ Parametric
☒ User Defined
Convert to User Defined

User Stress-Strain Curve Data
Number of Points in Stress-Strain Curve: 10

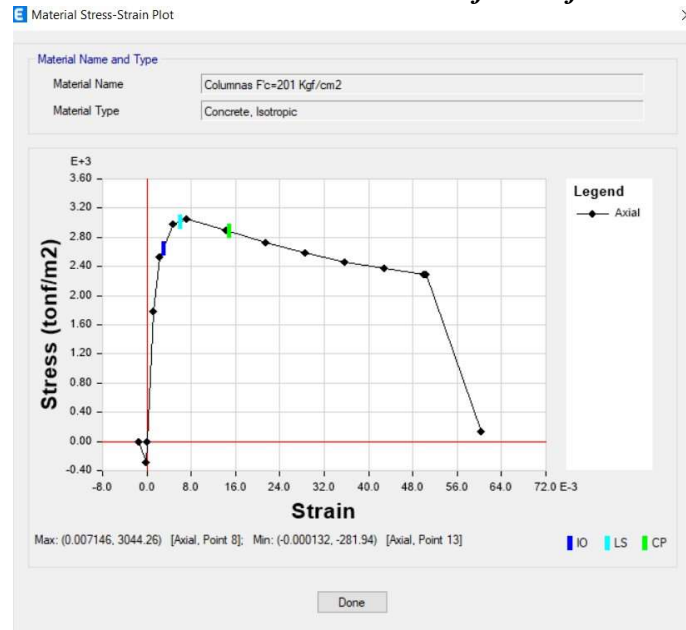
Point Number	Strain	Stress (tonf/m2)	Point ID
1	-0.0048	-1453.05	
2	-0.004	-1622.17	-E
3	-0.003	-1830.79	
4	-0.002	-1960	-B
5	-0.001395	-1853.41	
6	-0.00079	-1386.5	
7	-0.000185	-392	
8	0	0	A
9	0.000122	278.41	

Graph showing the stress-strain curve for unconfined concrete. The curve starts at point 1, rises to point 2, then descends through points 3 to 7, reaches point A at the origin, and then rises to point 9. The graph includes a grid and a red line indicating the peak stress.

Buttons: Add Row, Delete Rows, Order Rows, Show Plot...

OK Cancel

Figura 20. No linealidad del concreto confinado $f'_c=201 \text{ kg/cm}^2$.



4.1.1.3 El acero y su comportamiento no lineal

Para su evaluación, se tomó en cuenta:

- Los detalles de los planos de estructura.
- El modelo histéresis de Park, para lograr la no linealidad del acero.

Figura 21. Valores de acero $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$

Figura 22 Valores de modelo Park - acero $f_y=4200\text{Kg/cm}^2$

Nonlinear Material Data

Material Name and Type
Material Name:
Material Type:

Miscellaneous Parameters
Hysteresis Type:

Acceptance Criteria Strains

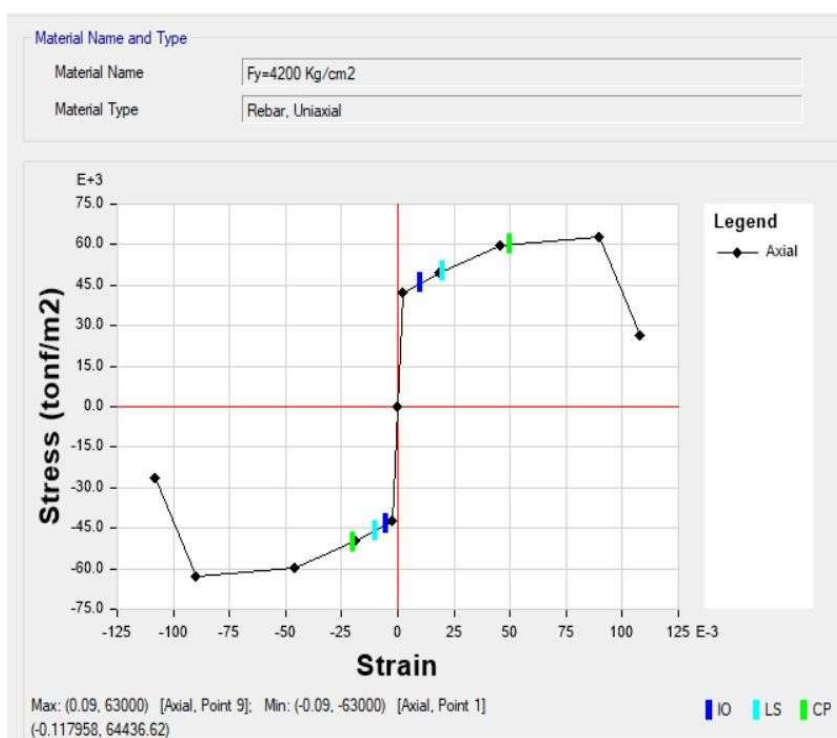
	Tension	Compression	
IO	0.01	-0.005	m/m
LS	0.02	-0.01	m/m
CP	0.05	-0.02	m/m

Stress Strain Curve Definition Options
☒ Parametric

☐ User Defined

Parametric Strain Data
Strain at Onset of Strain Hardening:
Ultimate Strain Capacity:
Final Slope (Multiplier on E):

Figura 23. No linealidad de Acero E.



4.1.1.4 Asignación de Rotulas Plásticas, en función del ACI 318-19.

La asignación de rótulas plásticas, se realizó en Etabs V.19, de forma automática como se visualiza en la **Figura 24**, con fines de obtener el análisis lineal no estático.

Figura 24. Asignación de rótulas para vigas del 101A.

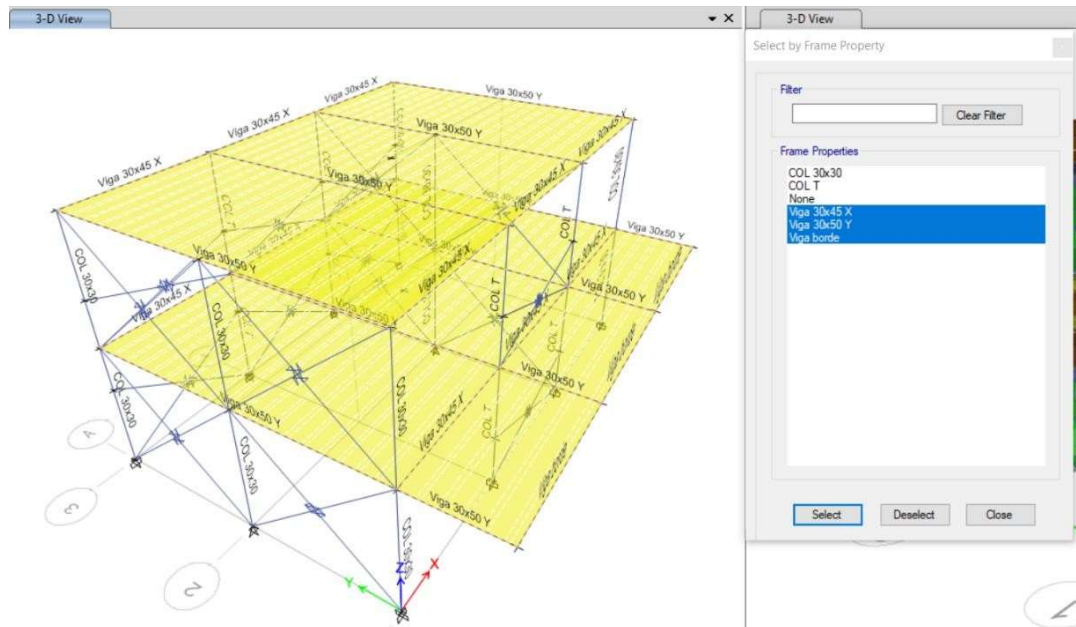


Figura 25. Asignación de rótulas para vigas del 101B.

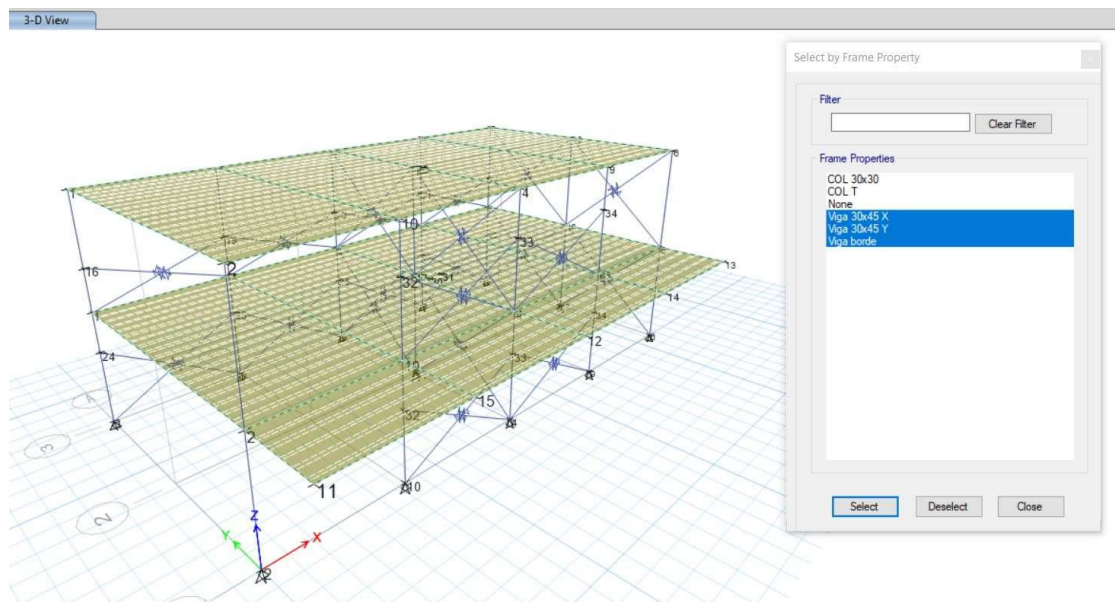


Figura 26. Elección de Hinges para las asignar las rotulas plásticas en vigas

101A

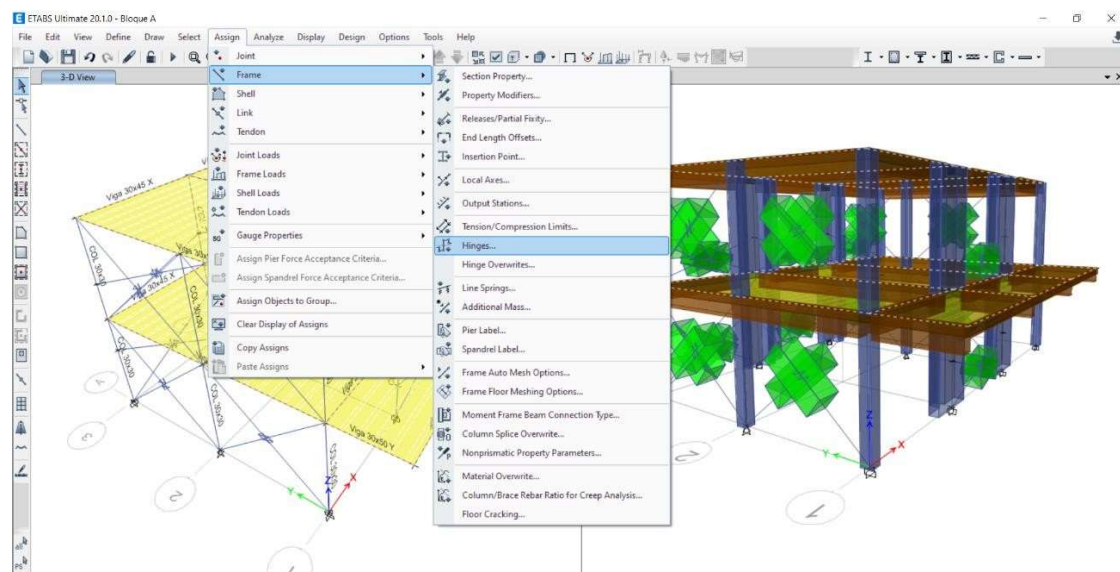


Figura 27. Elección de Hinges para las asignar las rotulas plásticas en vigas

101A

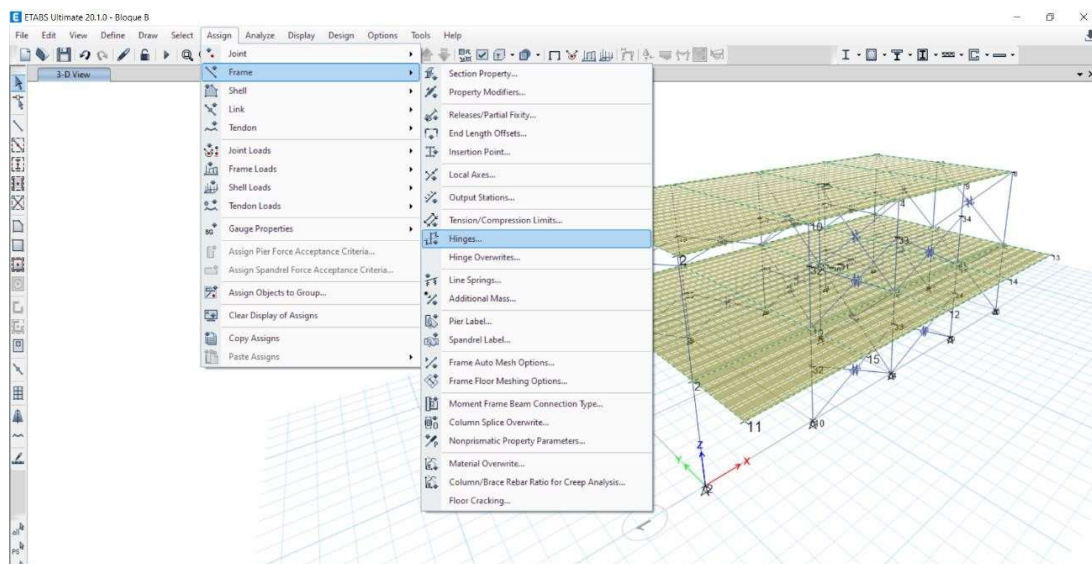


Figura 28. Valores de rotulas plásticas para vigas- Según ASCE41-17

Auto Hinge Assignment Data

Auto Hinge Type
From Tables In ASCE 41-17

Select a Hinge Table
Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure) Item I

Degree of Freedom
☐ M2
☒ M3

Hysteresis Type
Isotropic

Transverse Reinforcing
☒ Transverse Reinforcing is Conforming

Reinforcing Ratio $(p - p') / p_{balanced}$
☒ From Current Design
☐ User Value (for positive bending)

Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity
☒ Drops Load After Point E
☐ Is Extrapolated After Point E

V Value From
☐ Case/Combo
☒ User Value
 V2 10 tonf

OK Cancel

Figura 29 Elección de columnas, rotulas 101A

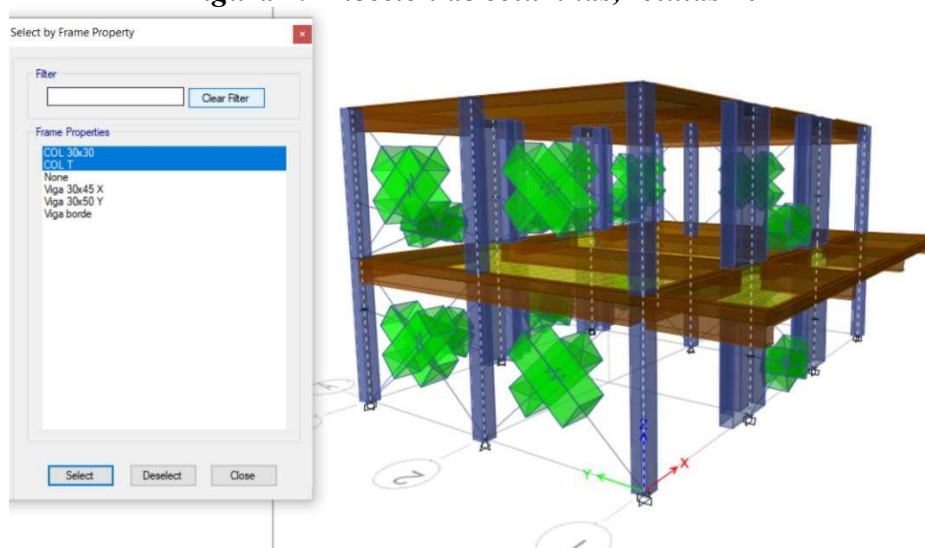


Figura 30 Selección de columnas, rotulas 101B

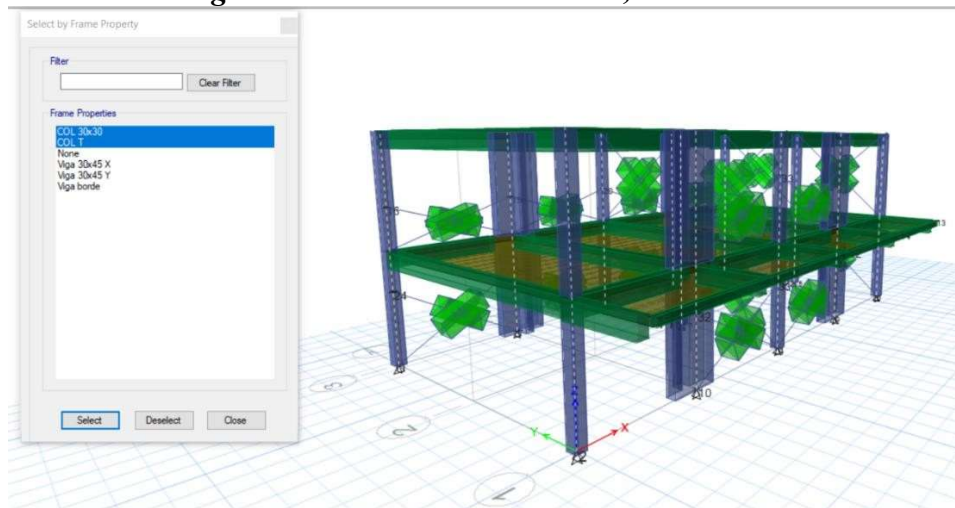
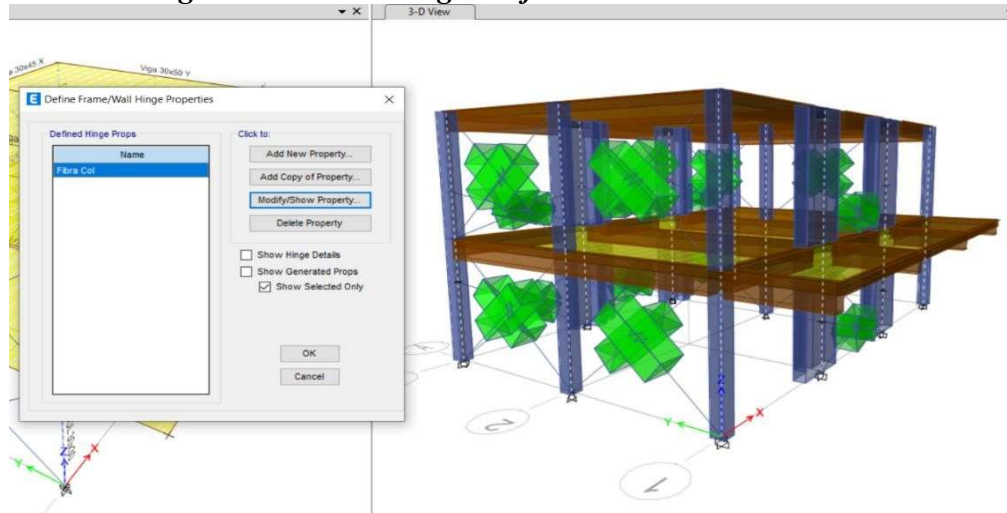


Figura 31 Frame Hinge conforme ASCE41-17 – 101A



La Figura 32, muestra la asignación de “hinges” para las columnas.

Figura 32. Frame Hinge por ASCE41-17 – 101B

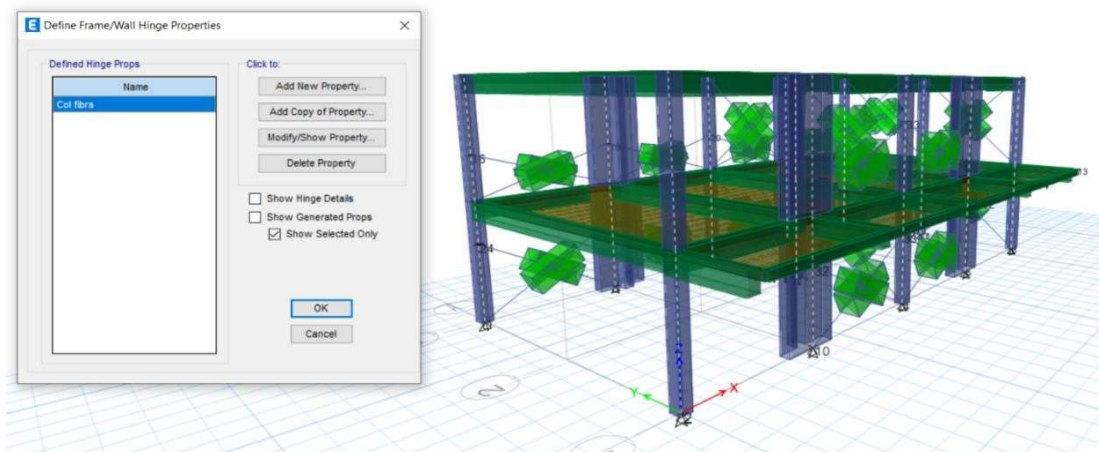


Figura 33 . Designación de rotulas plásticas en columnas 101A

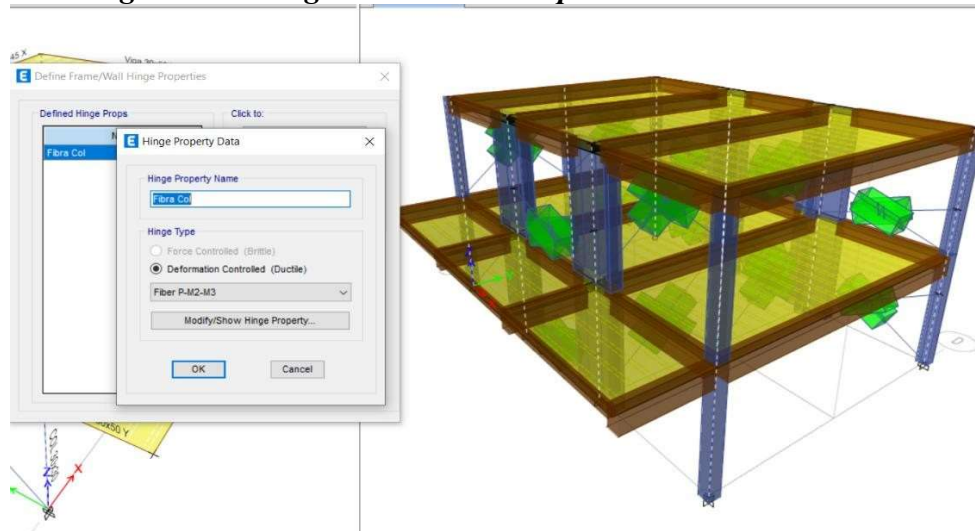


Figura 34 Designación de rotulas plásticas - columnas 101B

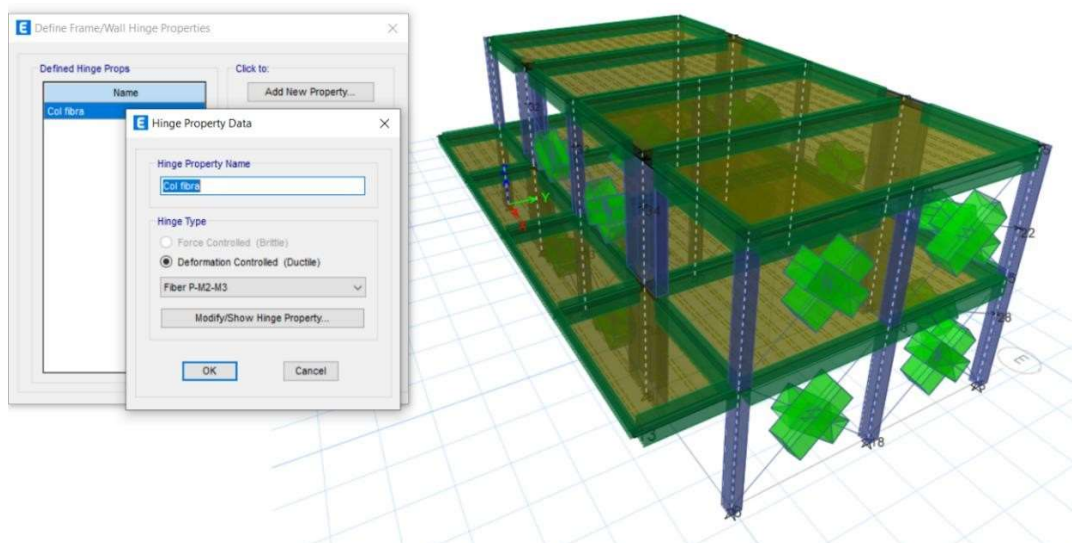
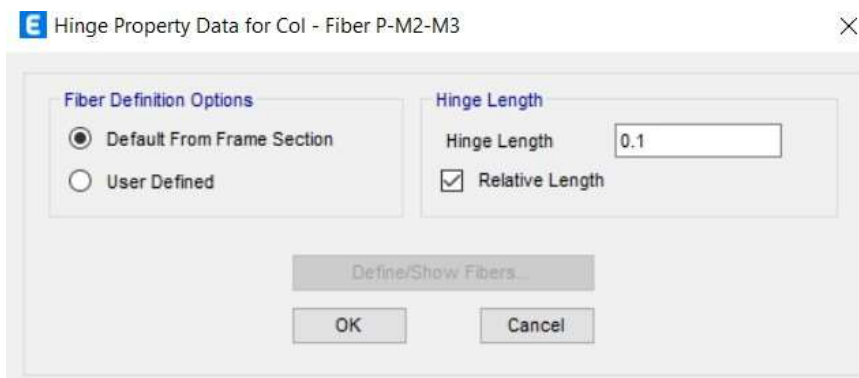


Figura 35 Designación de rango inelástico - columnas



4.1.1.5 Punto de control

Figura 36. P.C monitoreo de desplazamiento 101A

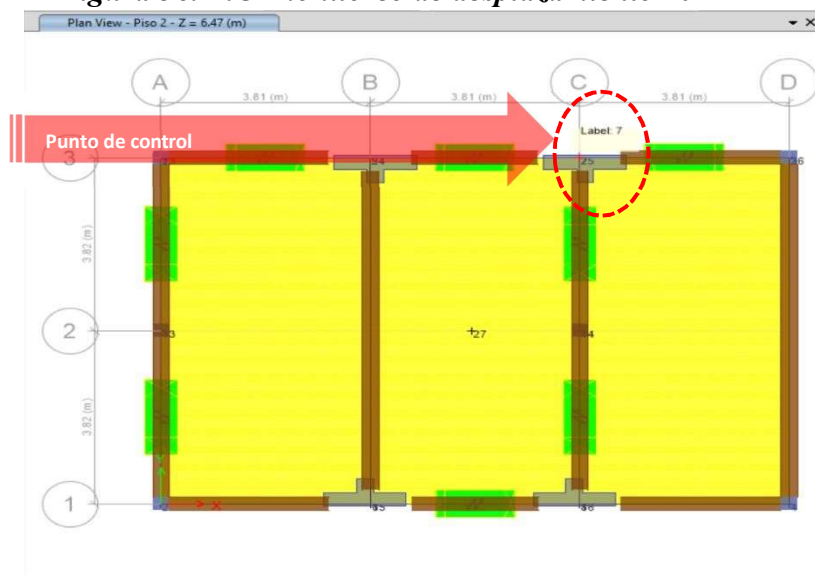


Figura 37. Monitoreo de desplazamiento del Bloque 101A



4.1.1.6 Creación de carga de gravedad

En la **Figura 38**, se muestra el caso de “Gravedad”, no lineal (Nonlinear Static), desde la posición sin deformación.

Figura 38. Asignación de carga Gravitacional

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	Peso Propio	1
Load Pattern	CM	1
Load Pattern	CV	0.5
Load Pattern	CV	0.5

Figura 39. Valores de carga Monotónica ANLE “x”

Load Case Data

General

Load Case Name: Design...

Load Case Type: Nonlinear Static Notes...

Mass Source: Previous

Analysis Model: Default

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: Gravedad

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Mode	3	1

Add Delete

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Displacement Control Modify/Show...

Results Saved: Multiple States Modify/Show...

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis Modify/Show...

Nonlinear Parameters: User Defined - Event-to-Event Only Modify/Show...

OK Cancel

Descripción: Creación de carga monotónica denominada PUSH “x” y PUSH “y”.

Figura 40. Valores de carga Monotónica ANLE “y”

Load Case Data

General

Load Case Name: Design...

Load Case Type: Nonlinear Static Notes...

Mass Source: Categoria A

Analysis Model: Default

Initial Conditions

☐ Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

☒ Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: Gravedad

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Mode	1	-1

Add Delete

Other Parameters

Modal Load Case: Modal

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Displacement Control Modify/Show...

Results Saved: Multiple States Modify/Show...

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis Modify/Show...

Nonlinear Parameters: User Defined - Event-to-Event Only Modify/Show...

OK Cancel

Se muestra el resultado del análisis estático no lineal “ANLE”; en la Figura 41, El bloque 101A, tiene un comportamiento en el step 39, presenta una rotula plástica, que alcanzó la deformación de cedencia, sin embargo; se encuentra dentro del rango de seguridad de vida. No cuenta con rotula plástica próximo al colapso.

Por otro lado, se tiene:

Step N°	Deformación	Rango	Observación
62 del Pushover: 128	Cedencia	Seguridad de vida	Con rótula próximo al colapso Con rótula próximo al colapso

Figura 41. Rótulas, eje “x”, Step 39 Bloque 101A

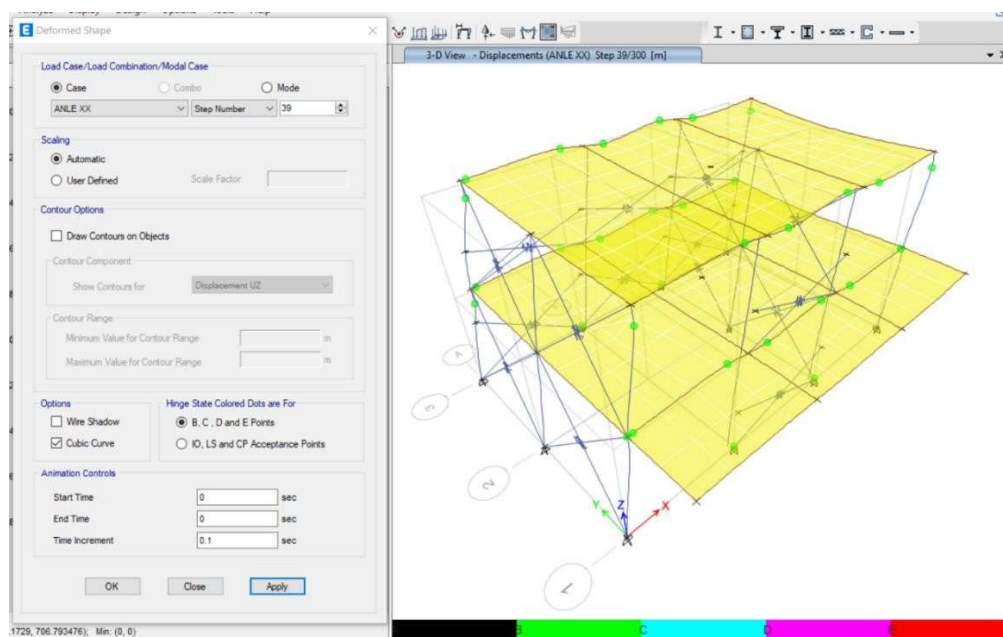


Figura 42. Rótulas, eje “x”, Step 62 Bloque 101A

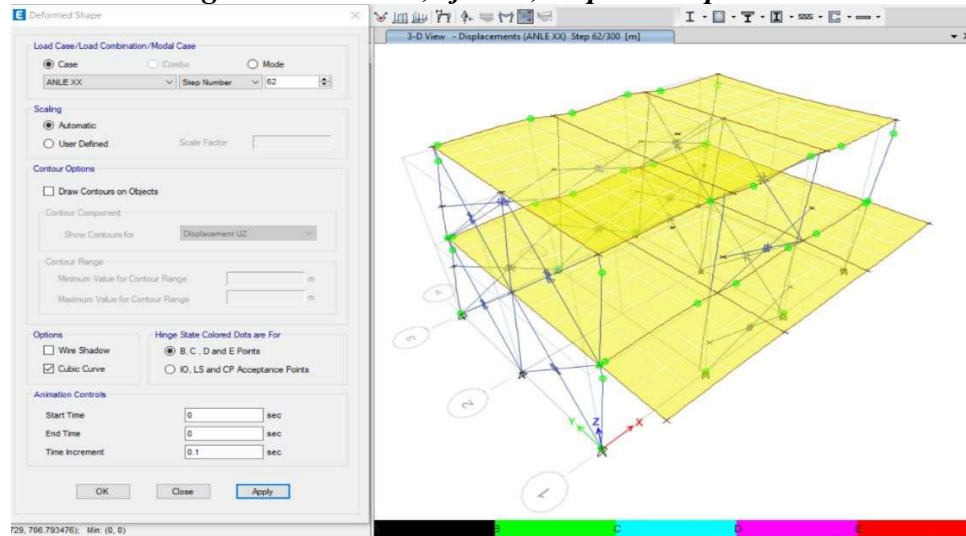


Figura 43. Reporte grafico de rotulas, eje “x”, Step 128 Bloque 101A

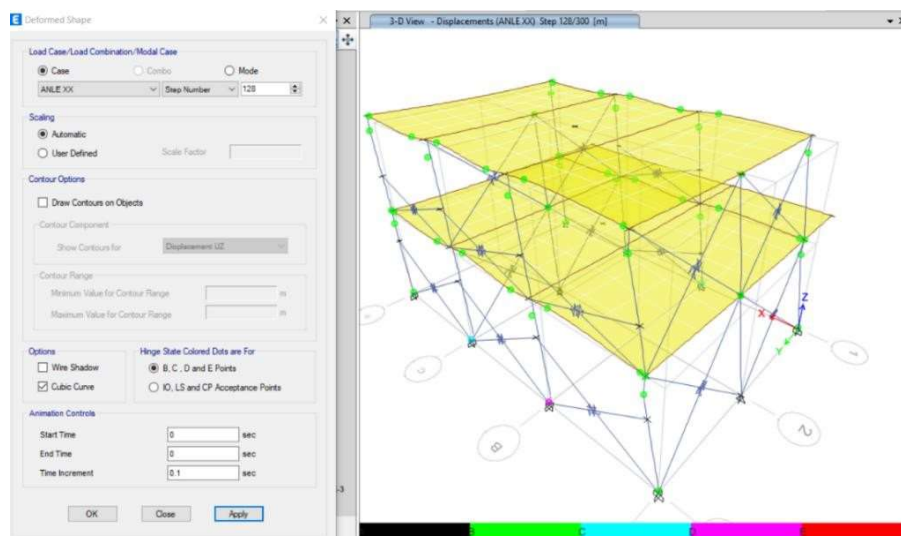
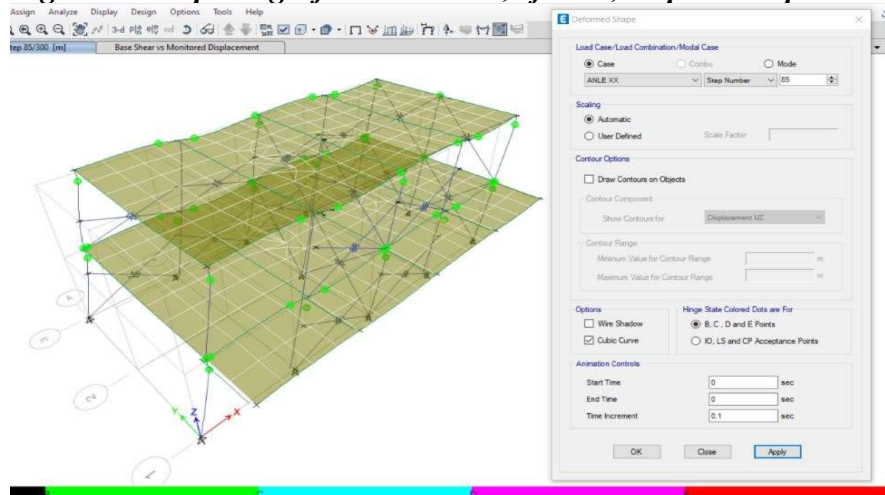


Figura 44. Reporte grafico de rotulas, eje “x”, Step 85 Bloque 101B



En la Figura 44, se muestra la estructura del bloque 101B, ver descripción en la siguiente tabla.

Tabla 33. Interpretación de la Figura 44.

Step N°	Deformación	Rango	Observación
62 del Pushover:	Cedencia	Seguridad de vida	Con rótula próximo al colapso
128			Con rótula próximo al colapso

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestra el Step 151 Bloque 101B, con los datos obtenidos, según la siguiente tabla:

Tabla 34. Interpretación de la Figura 45

Análisis Estático	Rótulas	Deformación	Rango	Observación
no lineal “ANLE” .:	3 rótulas plásticas	Cedencia	Seguridad de vida	rótula próximo al colapso

Figura 45. Reporte grafico de rotulas, eje “x”, Step 151 Bloque 101B

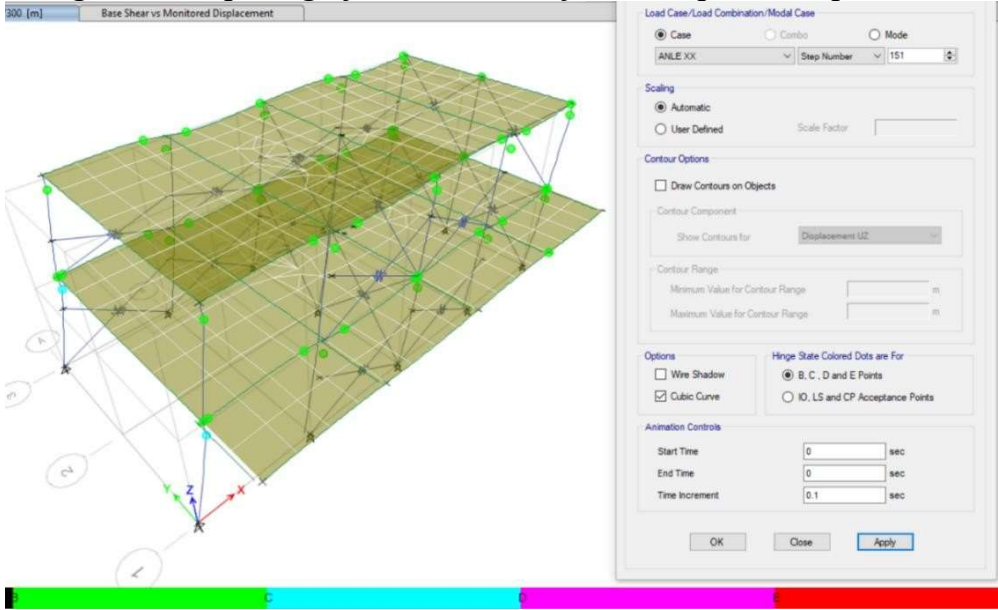
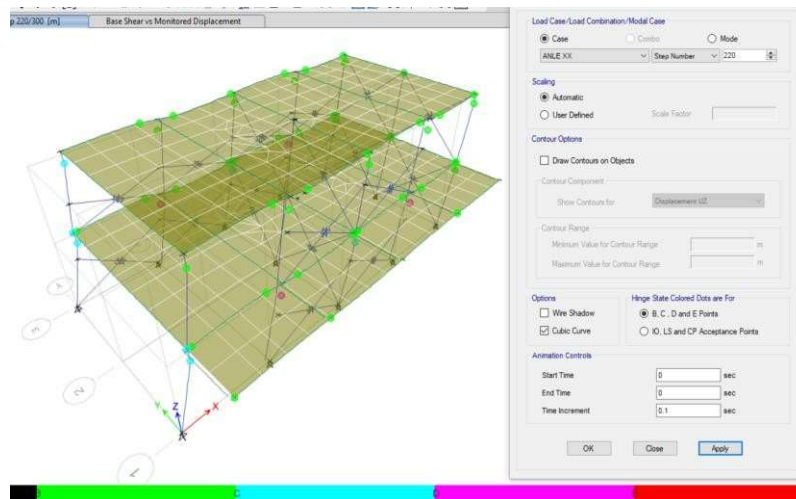


Tabla 35. Interpretación de la Figura 46

Figura 46. Reporte grafico de rotulas, eje “x”, Step 220 Bloque 101B



4.1.1.7 Modelo no lineal en X-X

El modo no lineal en la dirección x-x, fue simulado en el sentido X, tanto para el Bloque 101A y el 101B, tal como se muestra en la Figura 47. Para lograrlo se definió el tipo de refuerzo a utilizar para cada elemento estructural, según el plano de detalle de vigas y columnas. Configurándose un escenario estructural que en el sentido X-X es de pórticos resistentes a momentos de concreto armado. Para este análisis se consideraron únicamente las vigas y las columnas, a fin de modelar las no linealidades del tipo de fibra. En la Figura 47 y Figura 48 se muestra las representaciones extraídas de etabs.

Figura 47 Modelo ANLE bloque 101A en el Eje X

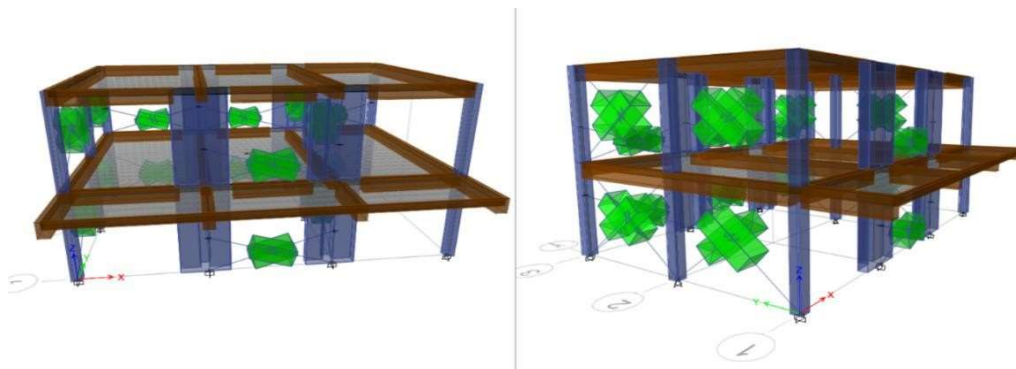
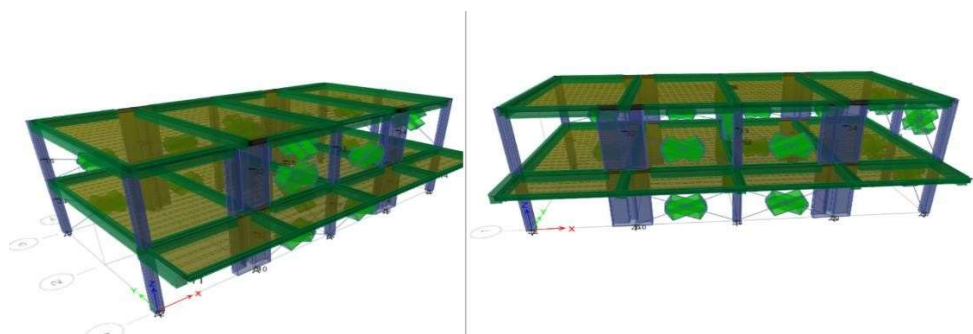


Figura 48 Modelo ANLE bloque 101B en el Eje X



4.1.1.7.1 Curva de Capacidad en “x”

En la Figura 49 y Figura 50, se muestra la curva de capacidad en dirección “X”, arrojadas por Etabs V.19.

“El resultado del análisis Pushover, está representado mediante la curva de Capacidad, esta a su vez muestra la representación de la respuesta de un sistema equivalente de 1 Grado de Libertad (GDL) del edificio.

Es preciso mencionar, que esta curva es necesaria para determinar el punto de desempeño para un determinado nivel de sismo (Huarca, 2022).

Figura 49. Sistema Aporticado del Bloque 101A y sus valores de curva de C. en X-X



Figura 50. Sistema Aporticado del Bloque 101B y sus valores de curva de C. en X-X



4.1.1.7.2 Curva de representación bilineal en “x” bloque 101A

La Curva de representación bilineal dirección “x” bloque 101A, se obtuvo por el método propuesto por FEMA 356.

La Figura 51, muestra la bilineal de la curva de capacidad, donde se obtuvo el punto de fluencia con una cortante basal de $V=417.25$ Tnf y desplazamiento de 0.0276 m. en el último nivel (Huarca, 2022).

Esto indica que la estructura ingresó a la zona plástica, con su capacidad última, alcanzando el desplazamiento máximo de 0.165 m y una cortante basal máxima de 704.14 Tnf. Estos desplazamientos dan pase al cálculo de la ductilidad de la estructura en la dirección X:

$$\mu = \frac{\Delta_{max}}{\Delta_x}$$

$$\mu = 5.97$$

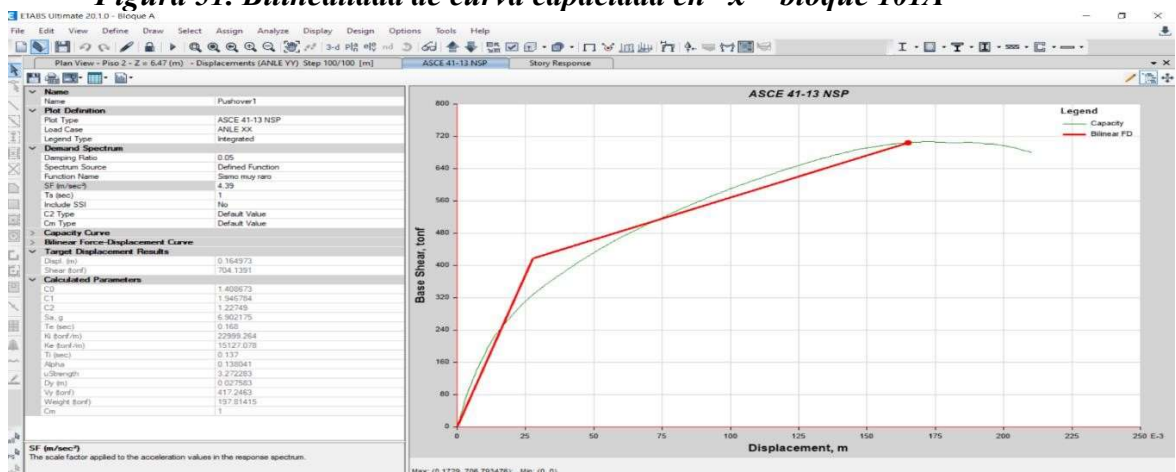
Dirección x

Desplazamiento ultimo: (Du,Vu) = (0.165m, 704.14 tonf)

Punto de fluencia efectiva (Dx, Vx) = (0.0276m, 417.25 tonf)

Rigidez lateral efectiva:

Figura 51. Bilinealidad de curva capacidad en “x”- bloque 101A



Mediante la fórmula (*), se calculó la rigidez efectiva k_e , y la inclinación principal de la curva en la dirección “x”

$$K_e = \frac{417.25}{0.0276} = 15,117.75 \text{ tonf/m} \dots\dots\dots (*)$$

4.1.1.7.3 Curva de representación bilineal en “x” bloque 101B

La Curva de representación bilineal dirección “x” bloque 101B, se obtuvo por el método propuesto por FEMA 356.

Como muestra, se realizó la representación bilineal de la curva de capacidad, obteniendo el punto de fluencia con cortante basal de $V=183.29$ Tnf y un desplazamiento de 0.022 m. en el último nivel (Huarca, 2022).

Esto muestra que la estructura ha ingresado a la zona plástica, con su capacidad última, desplazamiento máximo de 0.142m y cortante basal máxima de 362.38 Tnf, con desplazamientos que dan pase al cálculo de la ductilidad de la estructura en la dirección X:

$$\mu = \frac{\Delta_{max}}{\Delta_x}$$

$$\mu = 6.45$$

Dirección x

Desplazamiento ultimo: $(D_u, V_u) = (0.142\text{m}, 362.38 \text{ tonf})$

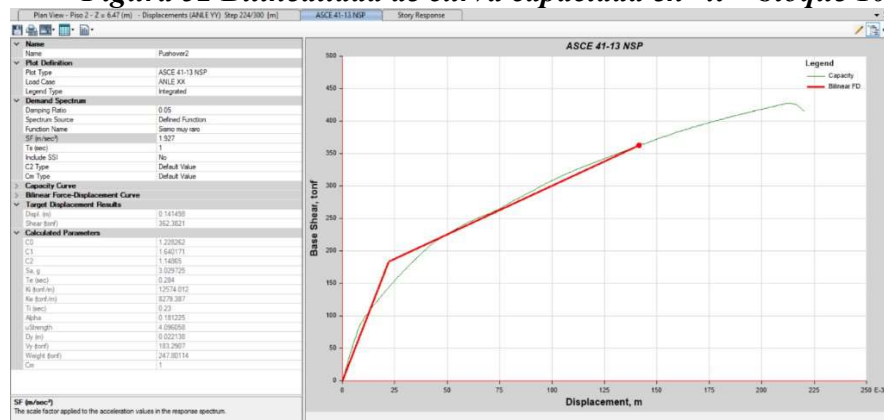
Punto de fluencia efectiva $(D_x, V_x) = (0.022\text{m}, 183.29 \text{ tonf})$

Rigidez lateral efectiva:

Mediante la fórmula (*), se calculó la rigidez efectiva k_e , y la inclinación principal de la curva en la dirección “x

$$K_e = \frac{183.29}{0.022} = 8,331.36 \text{ tonf/m.....(*)}$$

Figura 52 Bilinealidad de curva capacidad en “x”- bloque 101B



4.1.1.7.4 Punto de desempeño sísmico.

Realizado por el método del coeficiente de desplazamiento según ASCE/SEI 41-13, en la dirección X.

En la Figura 53 y Figura 54, se muestra la curva bilineal propuesta por FEMA 356. Se identificaron puntos de desempeño según los cuatro niveles de sismo propuesto por el comité VISION 2000 (Huarca, 2022), en la dirección “X”.

Figura 53. P. D. sísmico - sismo ocasional en “x”- 101A

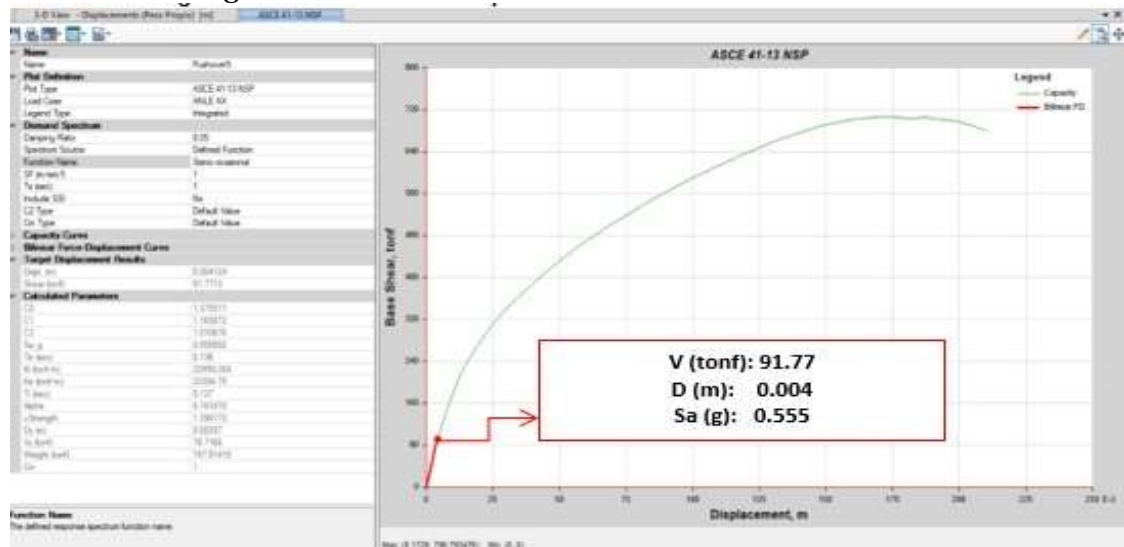


Figura 54. P. D. sísmico - sismo raro en “x”- 101A

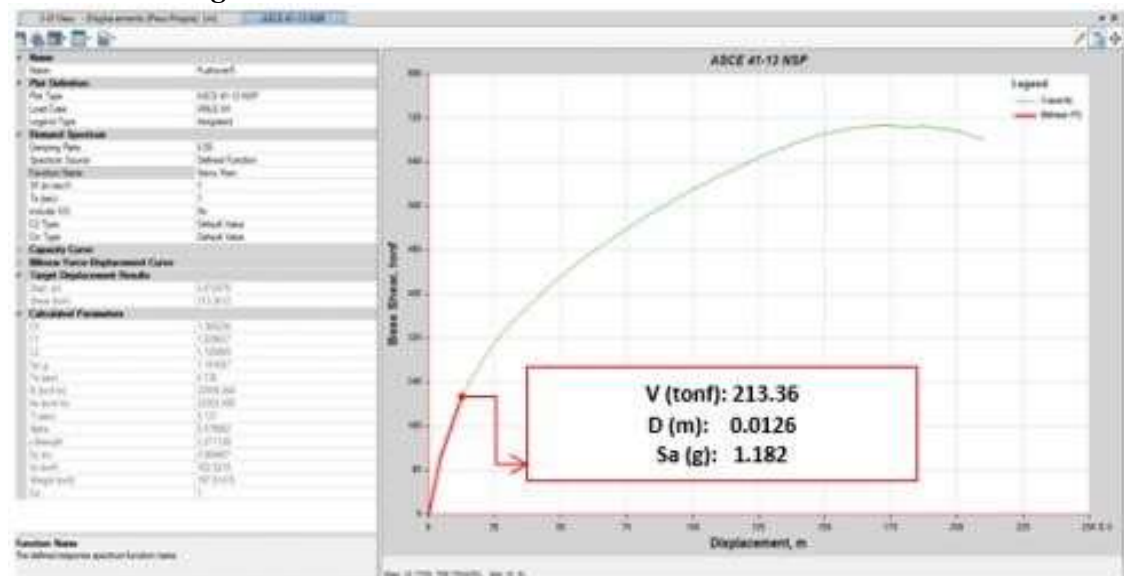


Figura 55. P. D. sísmico - sismo muy raro en “x”- 101A

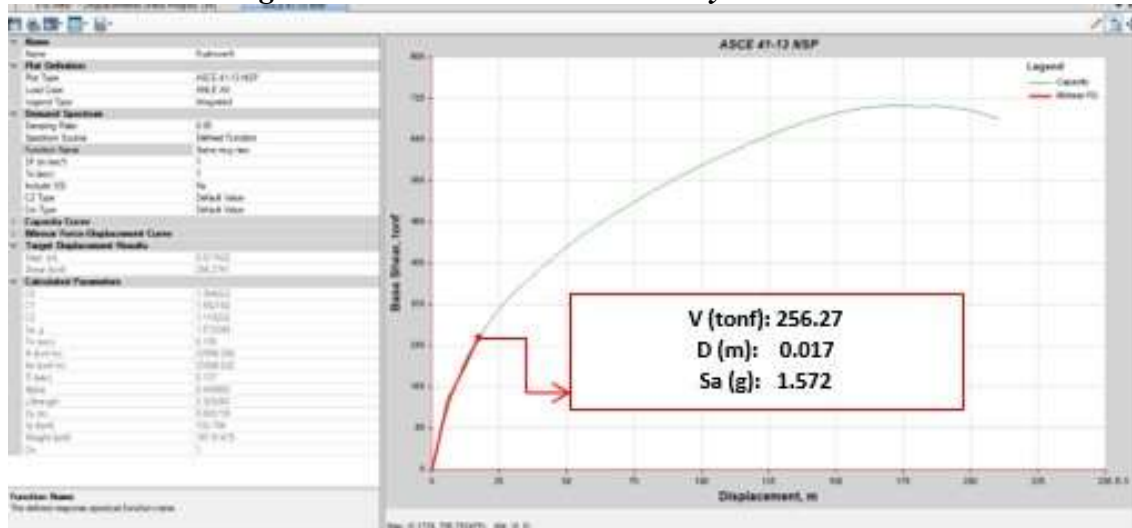


Figura 56. P. D. sísmico - sismo frecuente en “x”- 101B

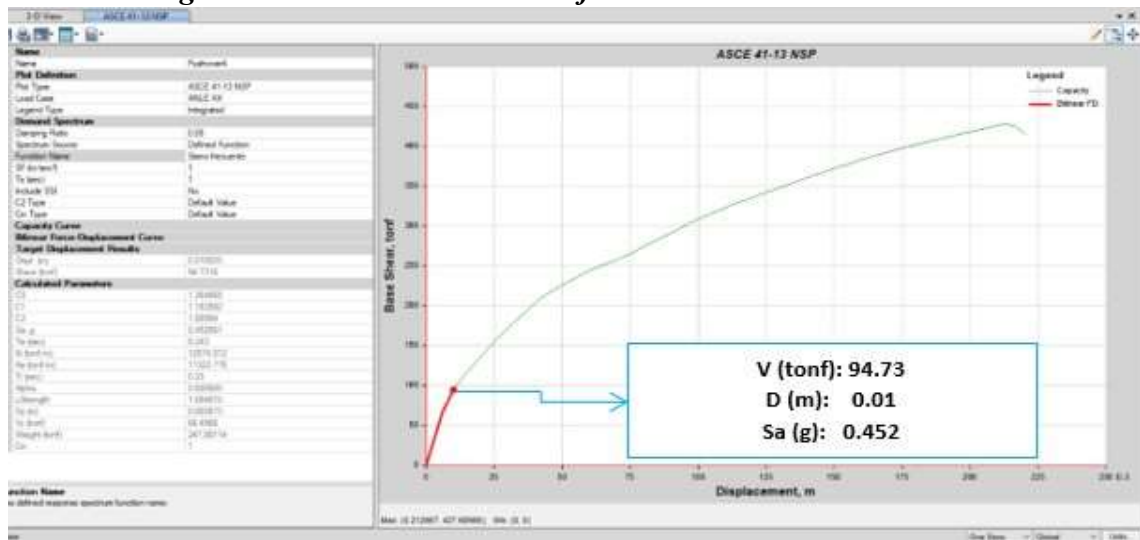


Figura 57 P.D sismo ocasional en “x” - 101B

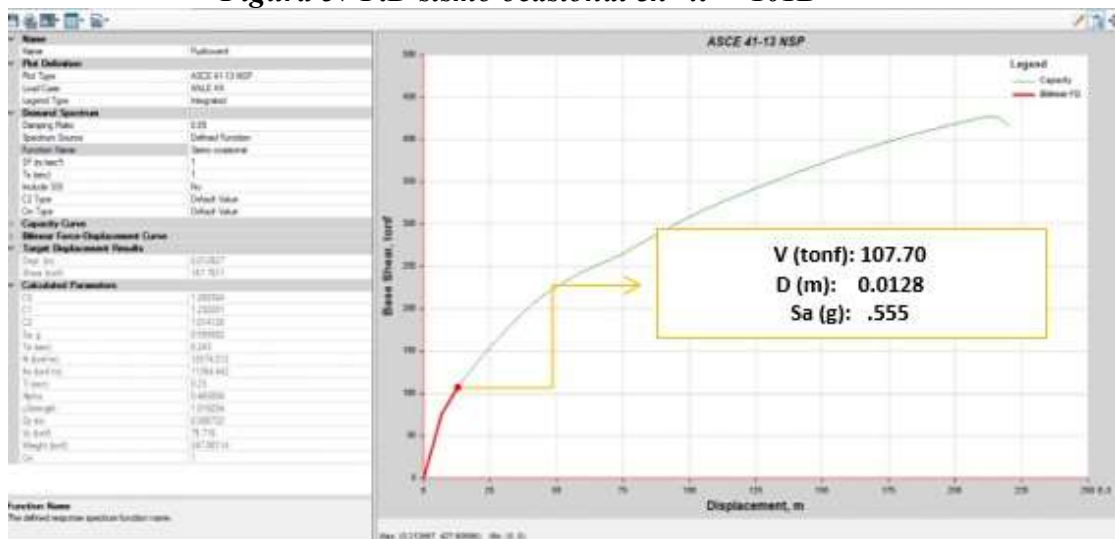


Figura 58. P. D. sísmico - sismo raro en “x”- 101B

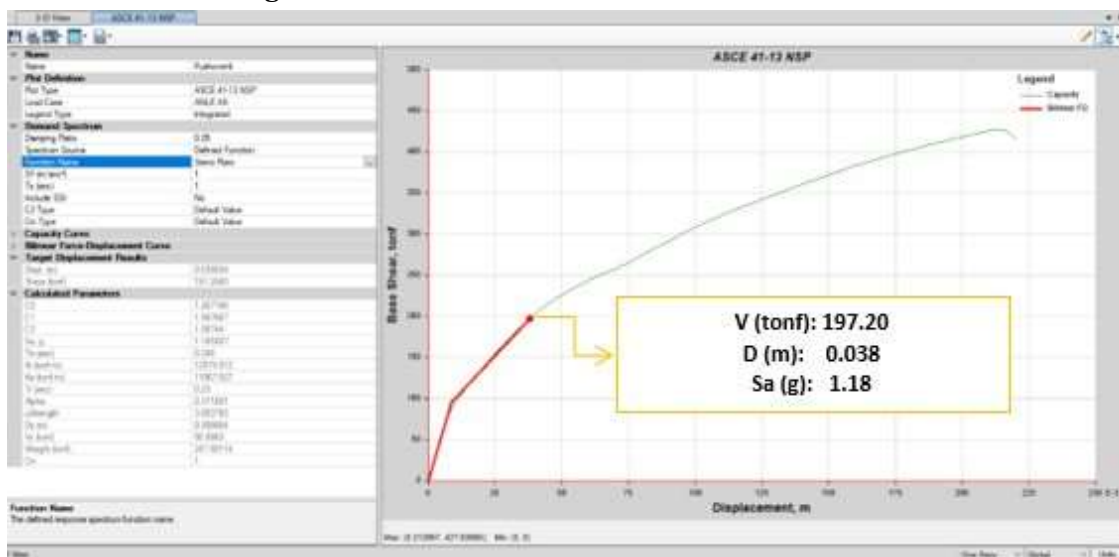
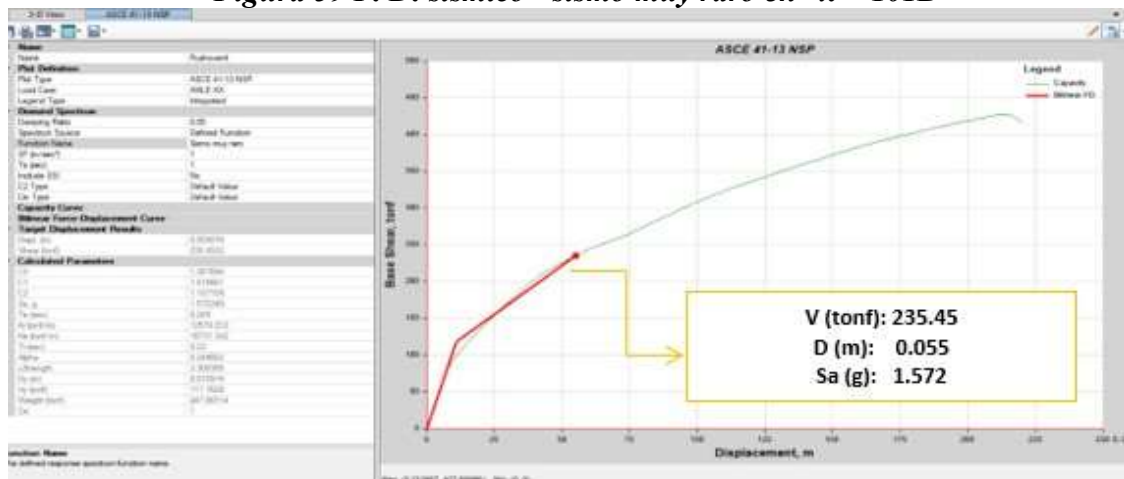


Figura 59 P. D. sísmico - sismo muy raro en “x”- 101B



4.1.1.7.5 Método de espectro de capacidad - Fema 440 en X

Se determinó el punto de desempeño de un sismo raro y muy raro, para cuatro niveles de demanda sísmica. En la Figura 60 y Figura 61, se visualizarán estos puntos en la dirección “X”, según carga respectiva.

Tabla 36. Interpretación Criterio FEMA 440-Sismo Raro, Figura 60

BLOQUE	PSEUDO-DESPLAZAMIENTO	PSEUDO-ACELERACIÓN
101A	0,0068m Eje de Abscisas	1.165g Eje de ordenadas con intersección

Figura 60. P.D por Mét. Esp. para un sismo raro, en “x-bloque 101 A.

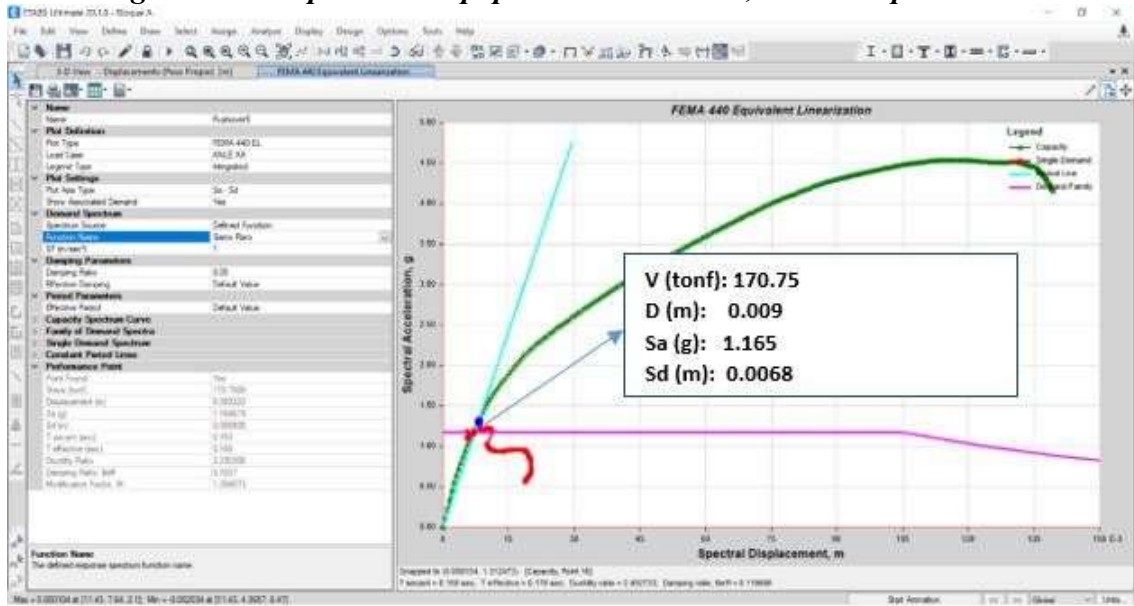
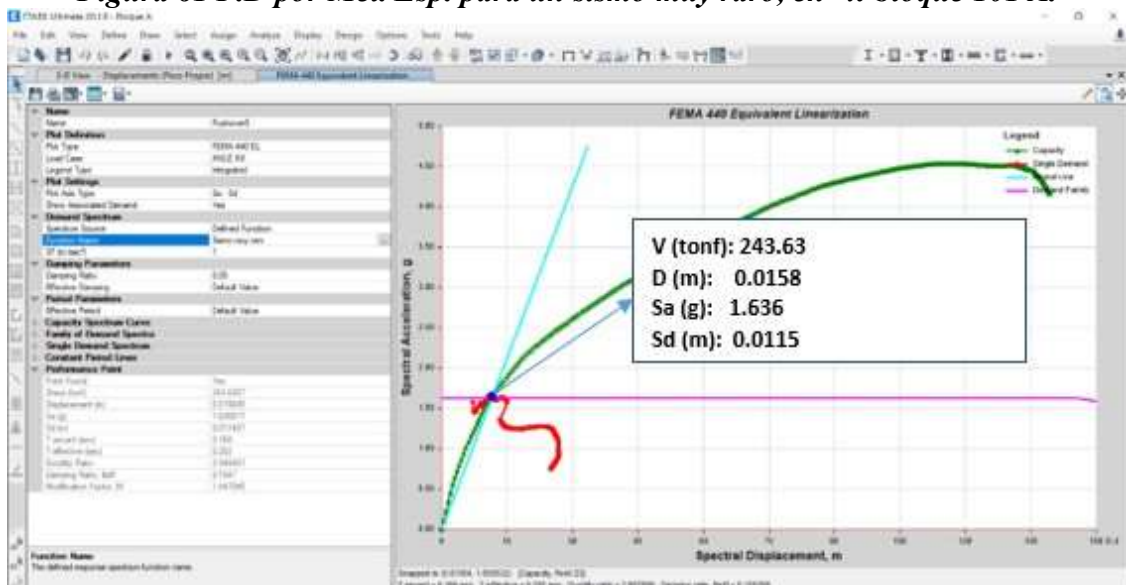


Tabla 37. Interpretación Criterio FEMA 440-Sirno Muy Raro, Figura 61

BLOQUE	PSEUDO- DESPLAZAMIENTO	PSEUDO- ACELERACIÓN
101A	0,0115m Eje de Abscisas	1.636g Eje de ordenadas como intersección

Figura 61 P.D por Mét. Esp. para un sismo muy raro, en “x-bloque 101 A.



Así mismo, para el bloque 101B, tal como se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y Figura 64, se encontraron dos puntos de rendimiento, estos a su vez son distintos en la dirección del análisis X',

toda vez que como valores propuestos se utilizaron el espectro elástico raro y el espectro elástico (Huarca, 2022).

Tabla 38. Interpretación Criterio FEMA 440-Sirmo Raro.

BLOQUE	MÉTODO	PSEUDO-DESPLAZAMIENTO	PSEUDO-ACELERACIÓN
101B	Espectro	0,037m Eje de Abscisas	1,019g Eje de ordenadas como intersección

Figura 62. P.D por Mét. Esp. para un sismo frecuente, en “x-bloque 101 B.

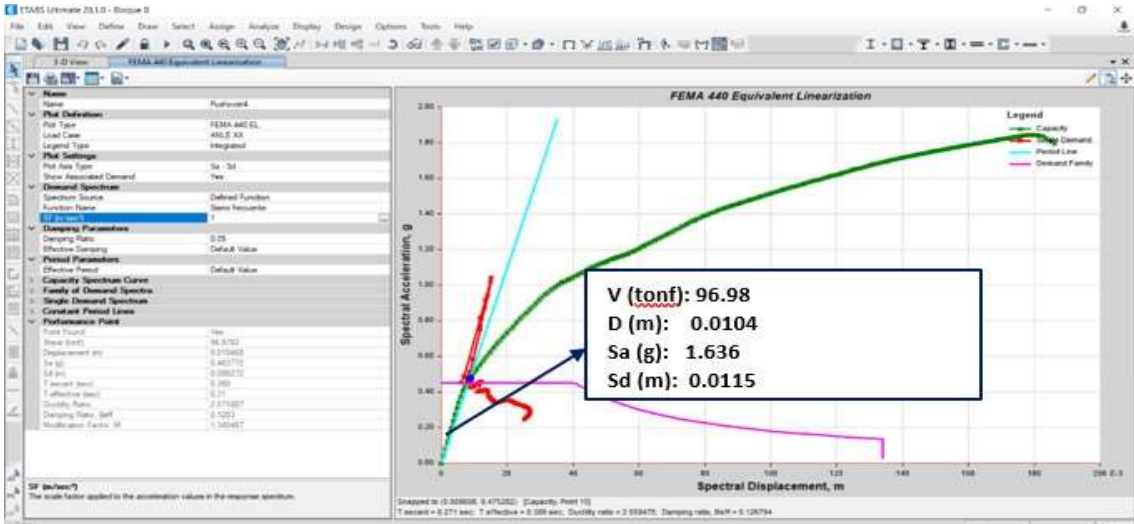


Tabla 39. Interpretación Criterio FEMA 440-Sirmo Muy Raro

BLOQUE	MÉTODO	PSEUDO-DESPLAZAMIENTO	PSEUDO-ACELERACIÓN
101B	Espectro	0.056 Eje de Abscisas	1.176g Eje de ordenadas como intersección

Figura 63. P.D por Mét. Esp. para un sismo ocasional, en “x-bloque 101 B.

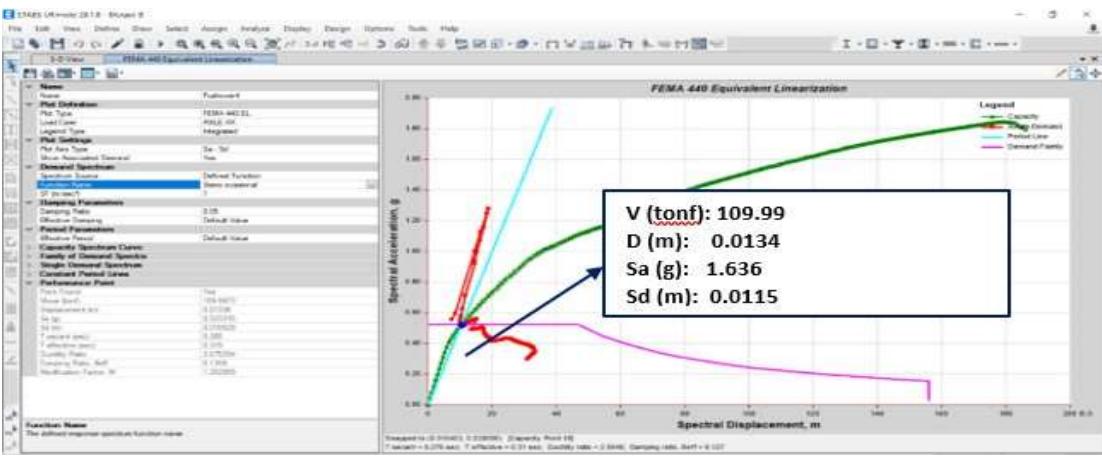


Figura 64 P.D por Mét. Esp. para un sismo raro, en “x-bloque 101 B

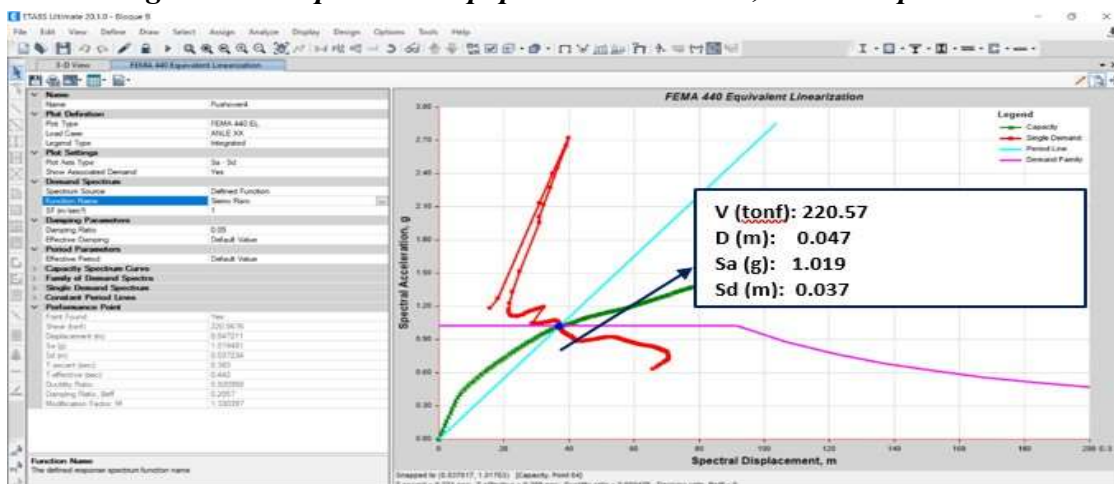
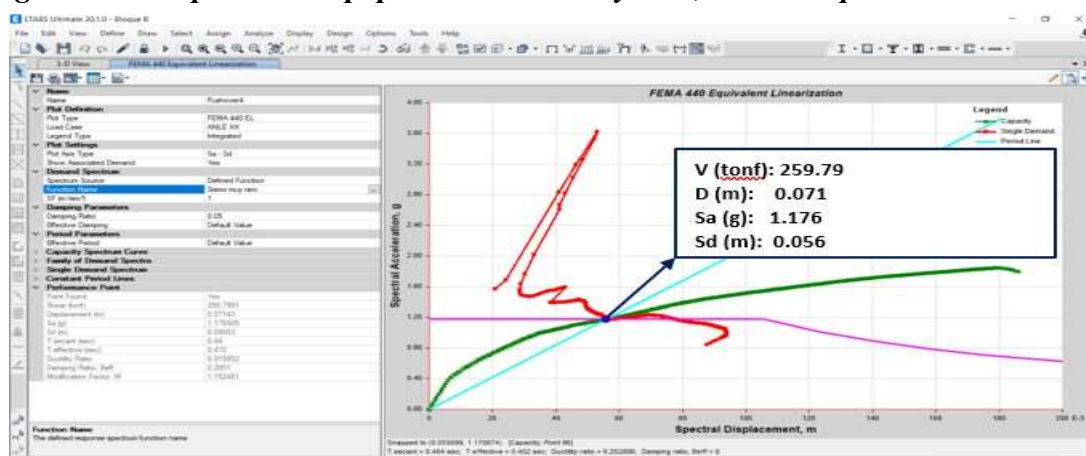


Figura 65. P.D por Mét. Esp. para un sismo muy raro, en “x-bloque 101 B



4.1.1.7.6 Verificación del desempeño estructural

Sectorización de la curva de capacidad.

Se realizó el seccionamiento de la curva Espectro de Capacidad (E.C), por criterio de SEAOC.

Tabla 40. Parámetros utilizados para el seccionamiento del E. C. en X.

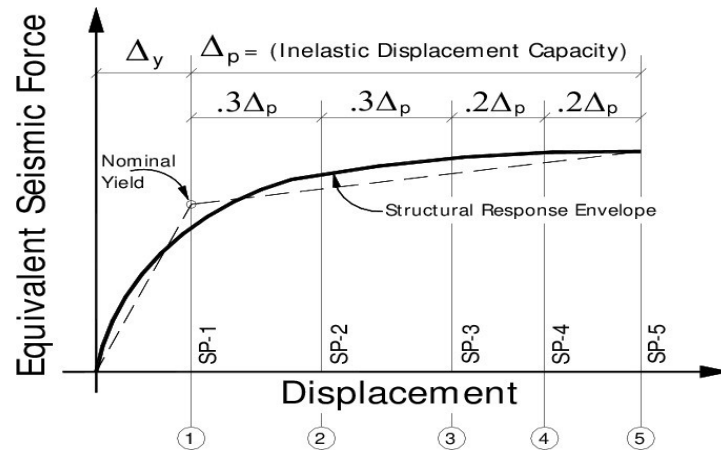
Niveles de Desempeño Estructural	Descripción	Límites de Desplazamiento
SP 1	Operacional	Δx
SP 2	Ocupación Inmediata	$\Delta x + 0.3\Delta p$
SP 3	Protección de vida	$\Delta x + 0.6\Delta p$
SP 4	Cerca al Colapso	$\Delta x + 0.8\Delta p$
SP 5	Colapso	$\Delta x + 1.0\Delta p$

Fuente: SEAOC (1995).

En la Tabla 40, se muestra Δy y Δp , donde Δy =desplazamiento de fluencia

Δp =desplazamiento inelástico y C.C=Curva de capacidad.

Figura 66 Sectorización de la C.C.



Fuente: SEAOC (1995).

Figura 67. Sectorización de la Curva de Capacidad dirección "x", bloque 101 A

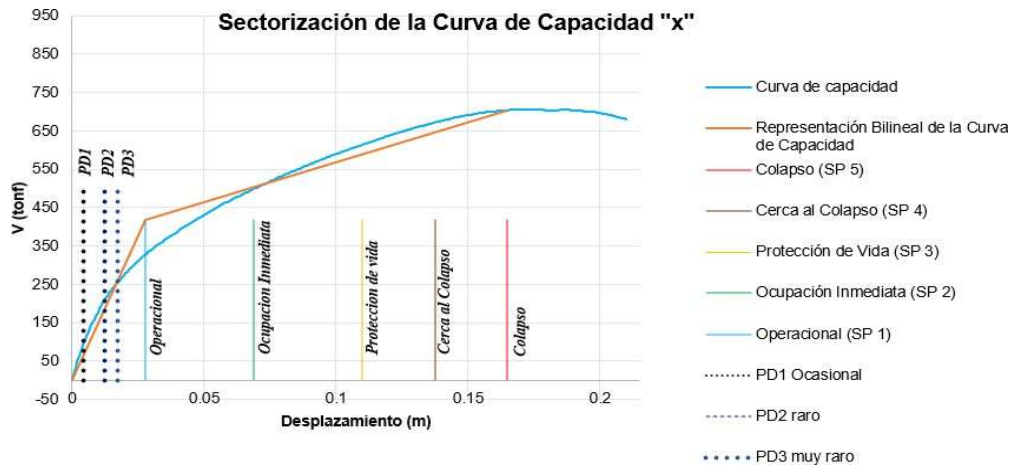
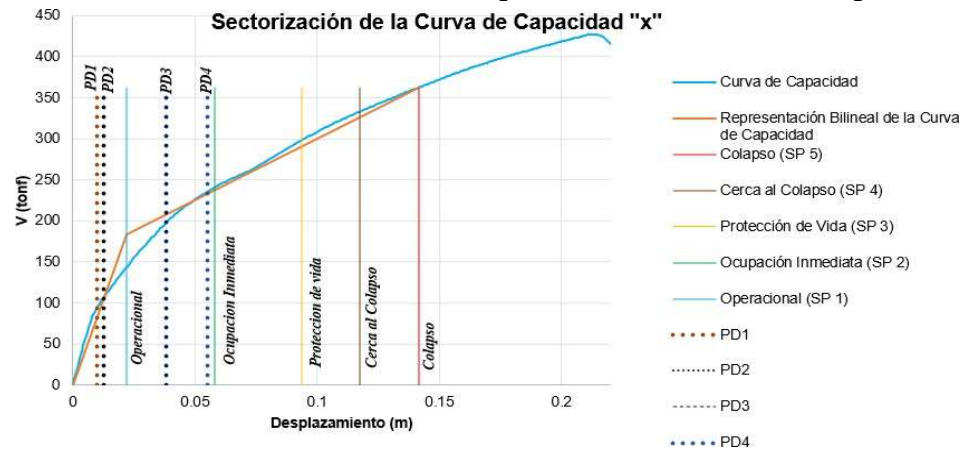


Figura 68 Sectorización de la Curva de Capacidad dirección "x", bloque 101 B



Los límites mostrados en la Tabla 41, estas reflejan el nivel de desempeño alcanzado.

Tabla 41 Desplazamientos Límites de Desempeño bloque 101A y 101B, en X.

Nivel de Desempeño	Desplazamientos Límites	
	BLOQUE 101A	BLOQUE 101B
Operacional (SP 1)	2.76 cm.	2.20 cm.
Ocupación Inmediata (SP 2)	6.88 cm.	5.78 cm.
Protección de Vida (SP 3)	10.99 cm.	9.37 cm.
Cerca al Colapso (SP 4)	13.74 cm.	11.76 cm.
Colapso (SP 5)	16.49 cm.	14.15 cm.

4.1.1.7.7 Desempeño por Derivas.

En las tablas

Tabla 43 y *Tabla 44*, se muestran las derivas máximas de entrepiso permisibles para cada uno de los niveles de desempeño propuestos en el SEAOC Vision 2000.

Tabla 42 . Deriva Tope por SEAOC Vision 2000.

Nivel de Desempeño	Deriva del tope
Totalmente operacional	< 0.2 %
Operacional	< 0.5 %
Protección de vida	< 1.50 %
Cercano al Colapso	< 2.50 %
Colapso	> 2.50 %

Tabla 43 Derivas del tope, que corresponden a los P.D en X – 101A

Desplazamiento (Δ techo)	Deriva del tope	Nivel de Desempeño
-	-	No incursiona en rango elástico
0.41 cm.	0.063 %	Totalmente Operacional
1.26 cm.	0.194 %	Totalmente Operacional
1.74 cm.	0.269 %	Operacional

Tabla 44 Derivas del tope, que corresponden a los P.D en X – 101B

Desplazamiento (Δ techo)	Deriva del tope	Nivel de Desempeño
1.00 cm	0.155 %	Totalmente Operacional
1.28 cm.	0.198 %	Totalmente Operacional
3.80 cm.	0.587 %	Protección de vida
5.55 cm.	0.850 %	Protección de vida

4.1.1.8 Modelo no lineal en la dirección Y-Y

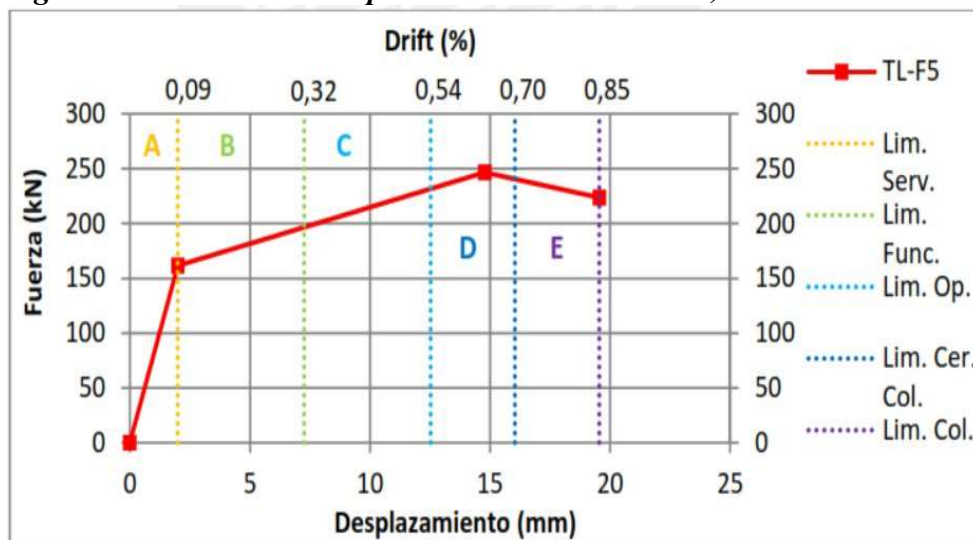
Se encontró que la estructura de los bloques 101A y 101B, en Y-Y presenta muros de albañilería confinada.

Para lograr conocer el modelo estático no lineal Pushover, se realizó un artificio en Etabs V.19, en el que se simula el comportamiento de los muros,

utilizando los elementos tipo “link”, trabajando a compresión. Así también para el pórtico (columnas y vigas) se utilizaron los elementos tipo “frame” (Huarca, 2022).

El modelado del sistema estructural se realizó de acuerdo a la fuerza y deriva mostrados en la **Figura 69**, Su desempeño estructural se representó bajo un análisis no lineal, basándose en la tesis de pregrado de Coral Alva (2017)., como se observa en la Figura 69.

Figura 69. Niveles de daño para muros de albañilería, Curva trilineal.

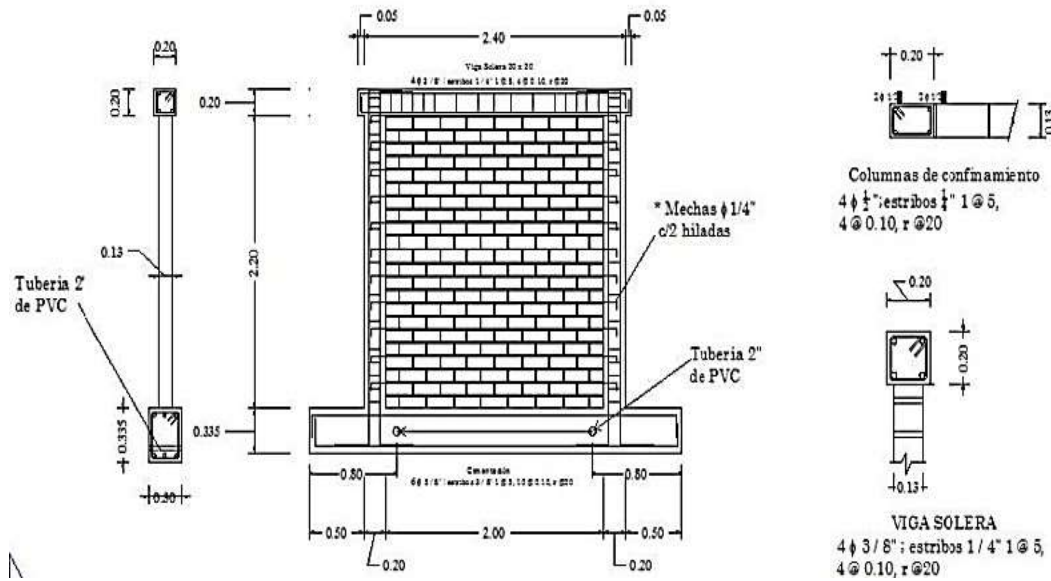


La validación de los resultados obtenidos con elementos tipo “links”, se comparó con dos ensayos de muros de albañilería confinada en laboratorio, como menciona (Angles Pari, 2008; Bernardo & Peña de la Cuba, 2009), para que las curvas de capacidad trilineal del Etabs, se asemejen a los del laboratorio de la tesis de pregrado que realizó una calibración la cual consta en amplificar las fuerzas obtenidas en el modelo numérico (Huarca, 2022).

4.1.1.8.1 Calibración del muro de albañilería confinada del ensayo 1.

Para el desarrollo de este ítem, se tomó en cuenta el “Primer modelo realizado con los elementos tipo “links””, ver Figura 70. Los resultados se muestran en la Tabla 45.

Figura 70. Muro de laboratorio con peralte 20cm



Fuente: (Bernardo Acuña & Peña de la Cuba, 2009)

Tabla 45. Propiedades geom. y mec. de E. Estructurales -M. Albañilería- ensayo 1

Ensayo 1	Fm (kg/cm ²)	v'm(kg/cm ²)	L(m)	H(m)	t (m)
Albañilería	102	10.10	2.40	2.40	0.13
Columna	175	20.00	0.13	4φ1/2"	0.000284
Viga	175	20.00	0.20	4φ3/8"	0.000516

Fuente: (Bernardo Acuña & Peña de la Cuba, 2009)

La Figura 71, muestra la comparación de dos curvas de capacidad, encontradas en ensayos de laboratorio y numéricos. Su comportamiento trilineal, se acomoda bastante bien a la curva de capacidad del muro, (Bernardo & Peña (2009)).

Figura 71. Datos de calibración de albañilería confinada -ensayo 1

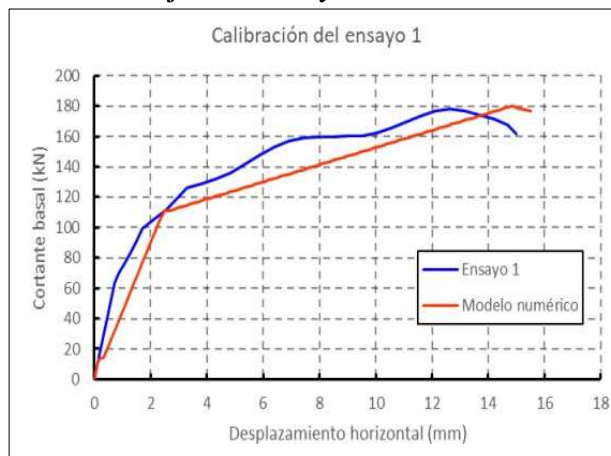
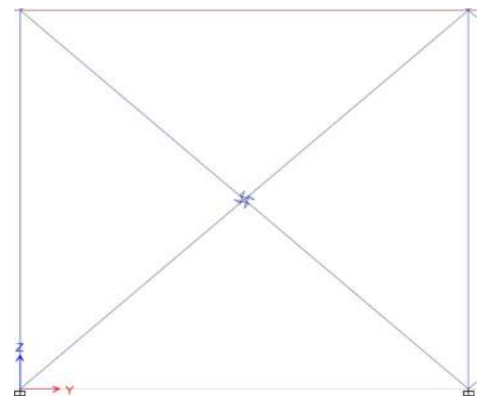


Figura 72. Modelo de Calibración.



4.1.1.8.2 Calibración del muro de albañilería confinada - ensayo 2.

La validación del comportamiento de la curva de capacidad encontrada en el modelo numérico del ensayo 1, se hizo tras el análisis de elementos tipo “links”, como se señala en la Figura 70

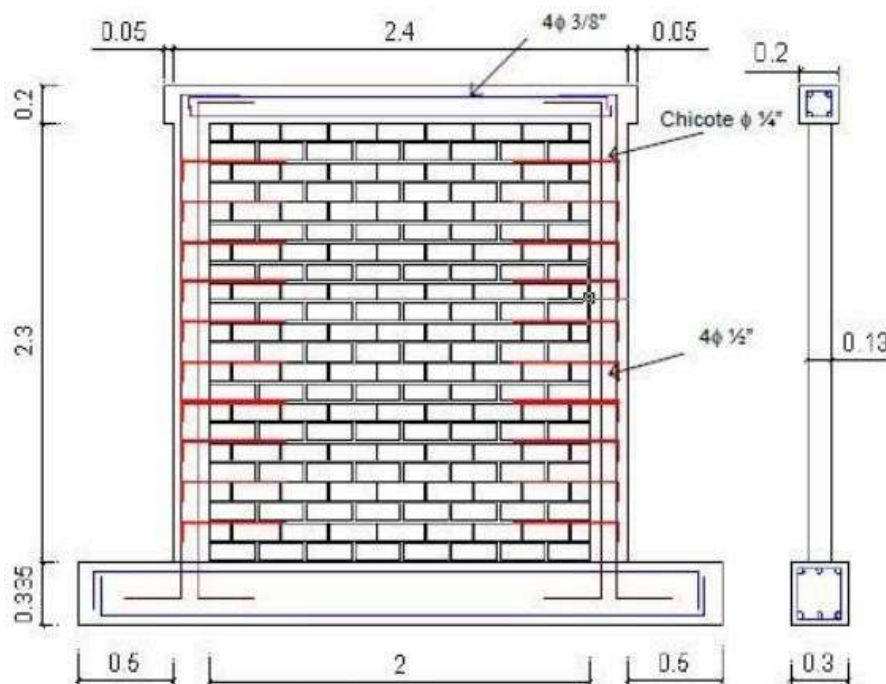
Es preciso mencionar que en esta investigación solo se consideró resultados de la curva de capacidad del ensayo realizado para un muro de albañilería confinada convencional, en la **Figura 73**, se muestra el tipo de acero utilizado y sus dimensiones, en el caso de las propiedades mecánicas y geométricas, extraídas de la tesis de pregrado, se puede observar en la **Tabla 46**.

Tabla 46 Propiedades geom. y mec. de E.E. de Albañilería - ensayo 2

Ensayo 1	F_m (kg/cm ²)	v'_m (kg/cm ²)	L(cm)	H(cm)	t (cm)
Albañilería	141	11.8743421	240	250	13
Ensayo 1	f'_c (kg/cm ²)	b(cm)	h(cm)	Acero	A_s (cm ²)
Columna	175	20	20	4 ϕ 3/8"	2.84
Viga	175	20	20	4 ϕ 1/2"	5.16

Fuente: (Bernardo & Peña, 2009)

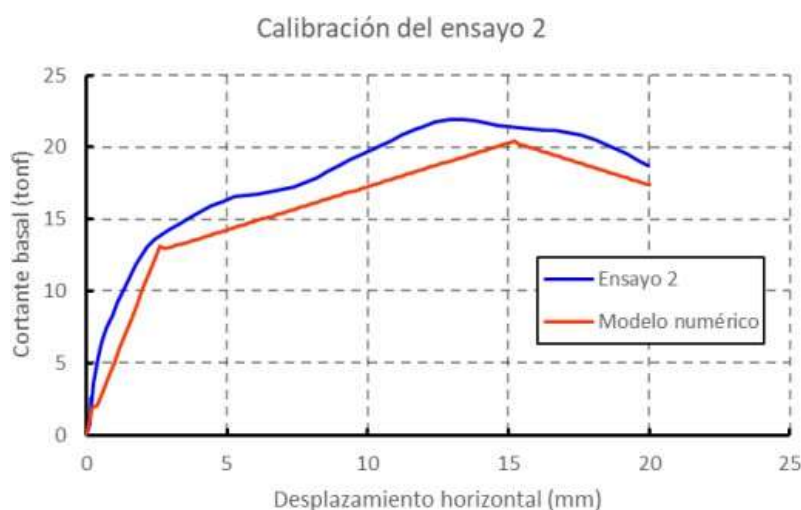
Figura 73. Medidas de M.A- ensayo 2.



Fuente: (Bernardo & Peña, 2009).

Como se puede visualizar en la Figura 74, el resultado obtenido de ensayo 2, es similar al método “link”.

Figura 74. Datos de calibración de albañilería confinada -ensayo 2



4.1.1.8.3 Modelo de muro de albañilería confinada aplicado a colegio 780

Pre.

Como indica Urcia & Moncayo (2021), según la cantidad de calibraciones que se realiza para los modelos, se aplica el mismo formato en el análisis no lineal para la dirección Y-Y de los bloques 101A y 101B del colegio tipo 780 Pre, para ambos ensayos 1 y 2.

Las propiedades geométricas y mecánicas se muestran en la

Tabla 47, y se encuentran los detalles de los muros de albañilería confinada.

Es importante resaltar que al no contar con ensayos de pilas ni de muretes, se asume para f'_m un valor de 35 kg/cm². y para v'_m un valor de 5.92 kg/cm² respectivamente, de acuerdo a la tabla 7 planteada por la norma E0.70 según Huarca (2022).

Respecto a las cargas de servicio (P_g), las cargas lineales, se obtuvieron del análisis lineal, según lo que recibe cada muro de albañilería, siendo un valor promedio 32.38 Tnf.

El valor de la resistencia a corte del muro de albañilería (V_m) (según norma E0.70), obtuvo como resultado un valor de 22.14 Tnf. (Huarca, 2022). Ver valores en

Tabla 47 y Tabla 48.

Tabla 47. Propiedades geom. y mec. -M. Albañilería confinada

Muro de albañilería confinada- Colegio			
L(cm)	382.00	H(cm)	325.00
D(cm)	501.55	$\alpha(^{\circ})$	40.39
f_m	35	t(cm)	13
α	1	v_m	5.92
$V_m(\text{tonf})$	22.14	$P_g(\text{tonf})$	32.38

Tabla 48 Propiedades elemento tipo “Link”

Link	Zona elástica	Zona máxima	Zona residual
Axial (tonf)	14.84	18.55	11.13
Deformación(cm)	0.223	1.485	2.104

4.1.1.8.4 Curva de Capacidad dirección “y”

La **Figura 75** muestra la curva de capacidad en “y” obtenida por Etabs v.19, definido por muros de albañilería confinada, (Huarca, 2022).

Figura 75. Curva de Capacidad en Y-Y –Bloque 101A



Figura 76. Curva de Capacidad en Y-Y –101B



4.1.1.8.5 Curva de representación bilineal en “y” bloque 101A

Se observa que para la muestra 101A, la curva de capacidad se encuentra por debajo de la demanda, la cual se interpreta como falta de ductilidad en la estructura.

4.1.1.8.6 Curva de representación bilineal en “y” bloque 101B

Se realizó esta representación con el método propuesto por FEMA 356. Se tiene los resultados:

Tabla 49. Resultados de método FEMA 356 para Bloque 101B

BLOQUE	PUNTO DE FLUENCIA CON UNA CORTANTE BASAL	DESPLAZAMIENTO	REPRESNETACIÓN	DESPLAZAMIENTO MÁXIMO	CORTANTE BASAL MÁXIMA
101B	V=89.66 Tnf	0.0127 m	zona plástica de la estructura	0.045 m	114.04 Tnf.

Con ambos desplazamientos se calcula la ductilidad de la estructura en la dirección Y:

$$\mu = \frac{\Delta_{max}}{\Delta_x}$$

$$\mu = 3.54$$

Dirección x

Desplazamiento ultimo: (Du,Vu) = (0.045m, 114.04 tonf)

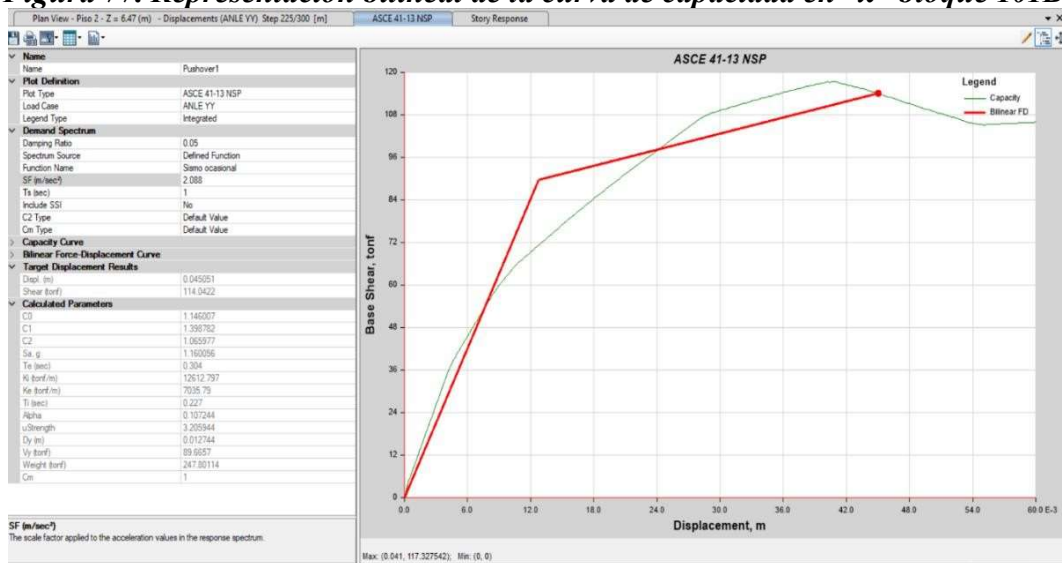
Punto de fluencia efectiva (Dx,Vx) = (0.0127m, 89.66 tonf)

Rigidez lateral efectiva:

Para el cálculo del valor de rigidez efectiva k_e , y la inclinación principal de la curva en la dirección “x”, con la siguiente fórmula.

$$K_e = \frac{89.66}{0.0127} = 7,059.84 \text{ tonf/m}$$

Figura 77. Representación bilineal de la curva de capacidad en “x” bloque 101B



4.1.1.8.7 Punto de desempeño sísmico- Método del coeficiente de desplazamiento (M.C.D), modelo de ASCE/SEI 41-13 en “Y”.

Los resultados se visualizan en la Tras obtener la curva bilineal propuesto por FEMA 356, se realizó la identificación de los puntos de desempeño, según los 04 (cuatro) niveles de sismo propuesto por el comité VISION 2000 (Huarca, 2022), para la dirección de análisis “y”, visualizándose en las siguientes figuras que a continuación se detalla:

Figura 78. P.D. Sísmico -sismo frecuente, en “Y” (M.C.D) -101B

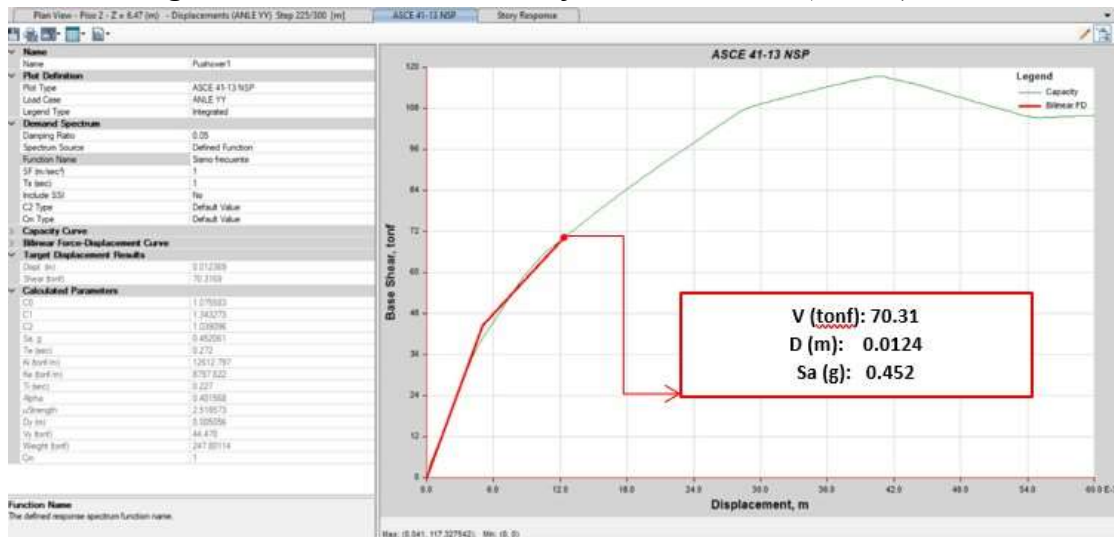


Figura 79. P.D. Sísmico -sismo ocasional, en “Y” (M.C.D) -101B

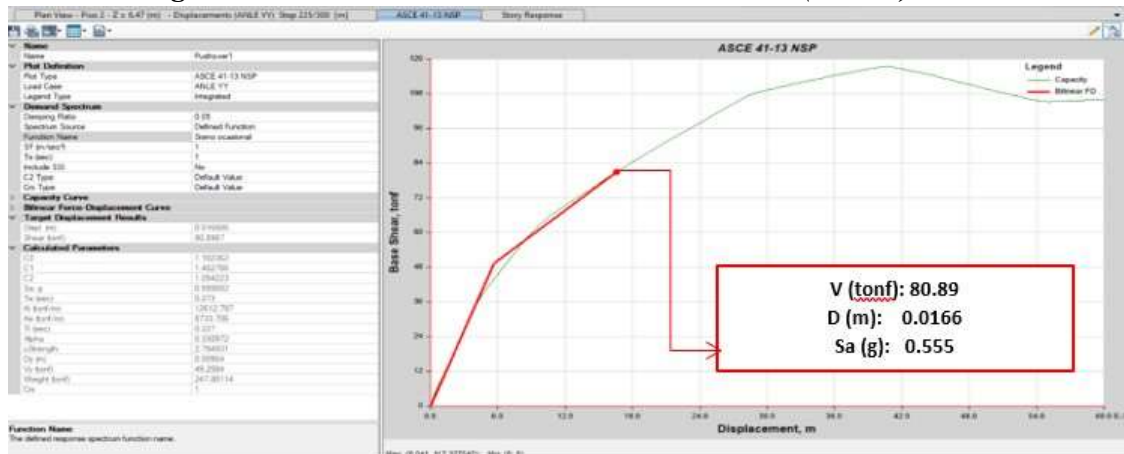


Figura 80. P.D. Sísmico -sismo raro, en “Y” (M.C.D) -101B

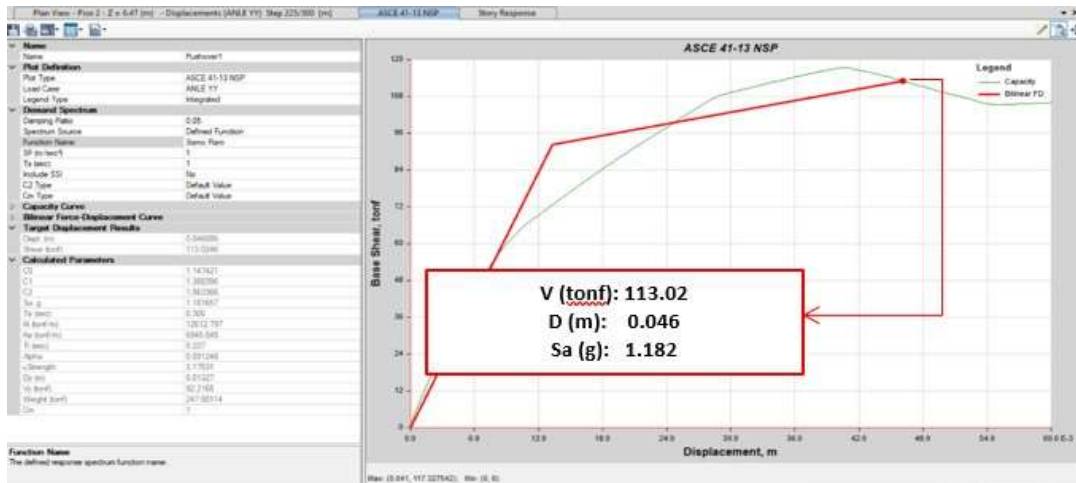
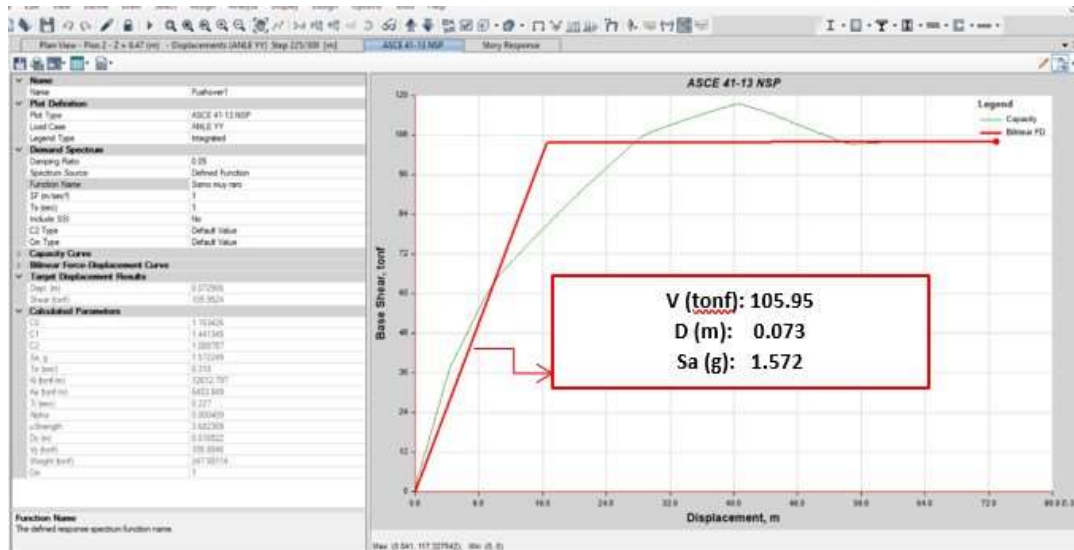


Figura 81. P.D. Sísmico -sismo muy raro, en “Y” (M.C.D) -101B



4.1.1.8.8 Método de espectro de capacidad (M.C.E), por Fema 440 dirección “Y”

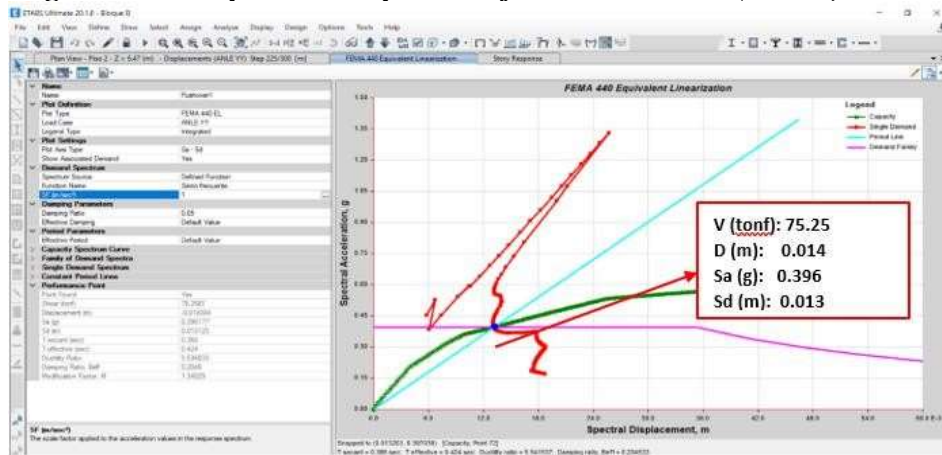
El punto de desempeño fue realizado tras el análisis para (04) cuatro niveles de demanda sísmica. Los datos previamente fueron insertados en el programa EtabsV19.

La Figura 81, muestra los puntos de actuación para sismo frecuente, teniendo en cuenta que para sismo muy raro se tiene valores de pseudo-desplazamiento de 0.045 m y valores de pseudo-aceleración de 0.487 g. (Huarca, 2022).

Tabla 50. Resultado de desempeño para sismo frecuente del espectro sísmico-101B

BLOQUE	PSEUDO-DESPLAZAMIENTO	PSEUDO-ACELERACIÓN
101B	0,013 m Eje de Abscisas	0,396 g Eje de ordenadas como intersección

Figura 82. P. D por Mét. Esp. Sismo frecuente en “Y” (M.E.C) - 101 B



La Figura 83, muestra los puntos de actuación para sismo Ocasional en “Y” (M.E.C) del Bloque 101B.

Figura 83. P. D por Mét. Esp. Sismo Ocasional en “Y” (M.E.C) - 101 B.

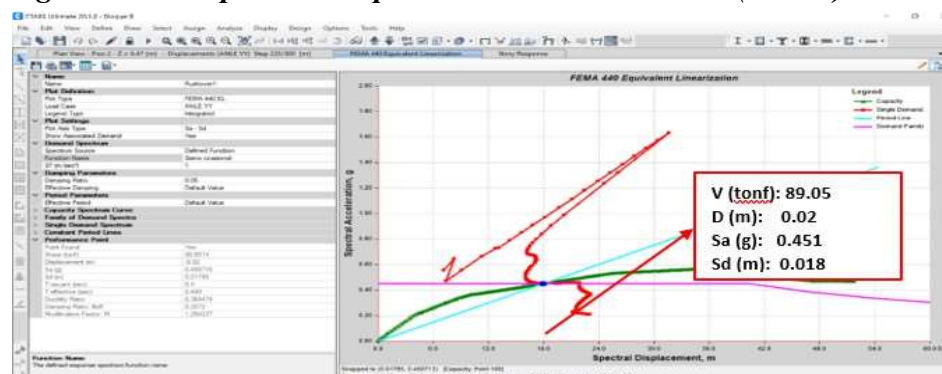
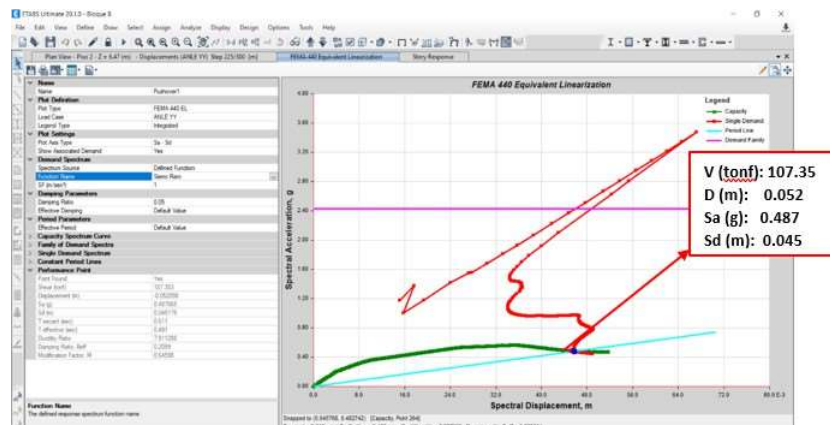
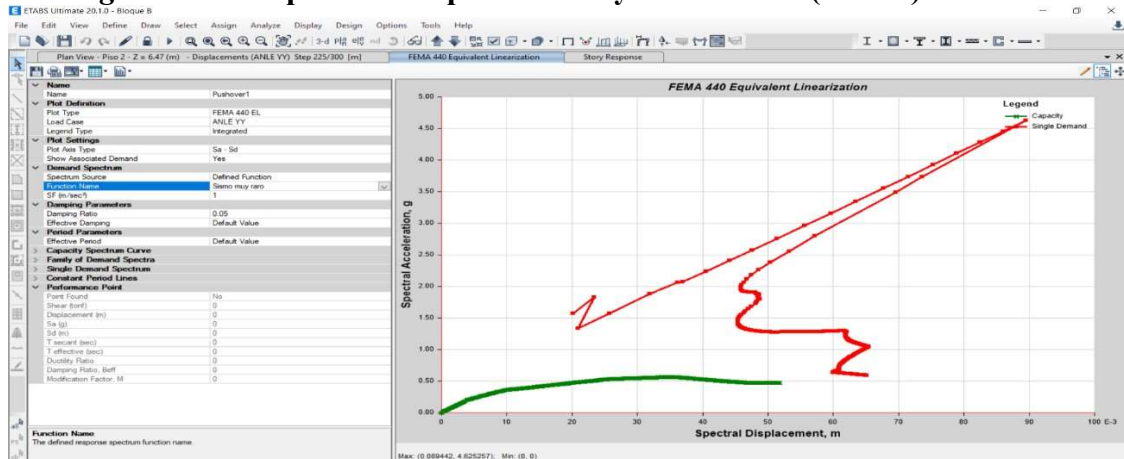


Figura 84. P. D por Mét. Esp. Sismo raro en “Y” (M.E.C) - 101 B



Como indica (Condori & Vilca, 2022), con respecto al bloque 101B, según la Figura 85, es evidente que su curva de capacidad se encuentra muy por debajo de la demanda.

Figura 85. P. D por Mét. Esp. Sismo muy raro en “Y” (M.E.C) - 101 B



Este resultado se interpreta, como falta de ductilidad y resistencia en la estructura, debiéndose reforzarse con fines de incrementar la resistencia del edificio, para que la curva de capacidad pueda interceptarse con la curva de demanda. Concluyendo finalmente, según el análisis estático no lineal pushover en la dirección Y, presenta un comportamiento deficiente ante sismo muy raro, conllevándolo al colapso (No se encuentra el punto de desempeño).

4.1.1.8.9 Verificación del desempeño estructural “Y”

Se sectorizó la curva de capacidad, según el SEAOC, tal como se muestra la siguiente tabla:

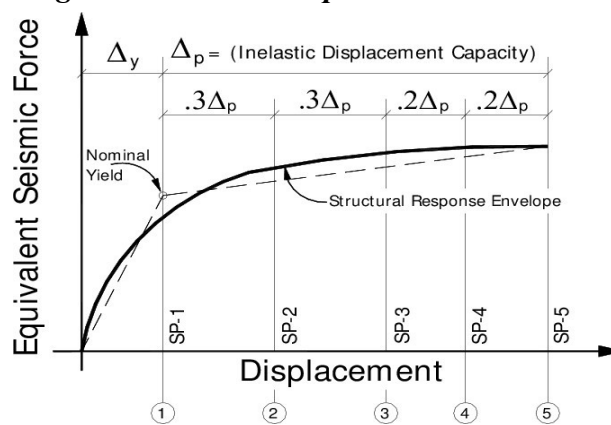
Tabla 51 Seccionamiento del desempeño estructural en Y.

Niveles de Desempeño Estructural	Descripción	Límites de Desplazamiento
SP 1	Operacional	Δy
SP 2	Ocupación Inmediata	$\Delta y + 0.3\Delta p$
SP 3	Protección de vida	$\Delta y + 0.6\Delta p$
SP 4	Cerca al Colapso	$\Delta y + 0.8\Delta p$
SP 5	Colapso	$\Delta y + 1.0\Delta p$

Fuente: (SEAOC, 1995)

En la tabla **Tabla 51**, se tiene la representación de Δy (desplazamiento de fluencia), y Δp (desplazamiento inelástico), encontrados en la **Figura 85**.

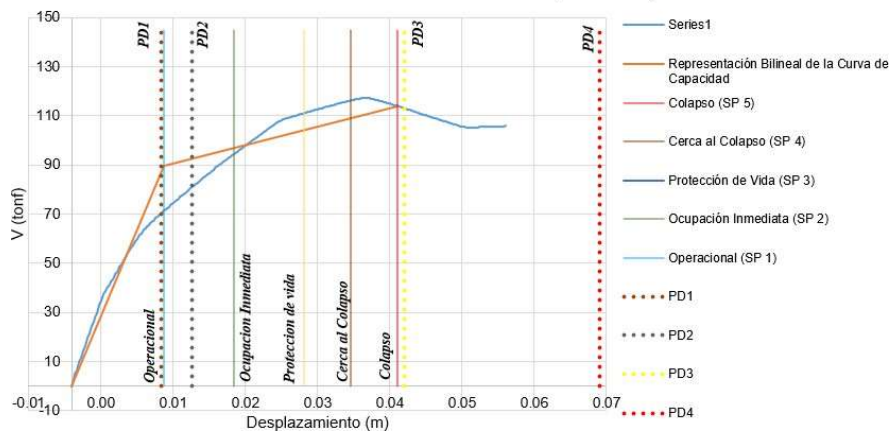
Figura 86 Curva de capacidad sectorizada.



Fuente: (SEAOC, 1995)

Figura 87. Curva de Capacidad sectorizada en “y” - 101B

Sectorización de la Curva de capacidad “y”



Por lo tanto, según las distancias halladas, estás están relacionadas a los límites según cada nivel de desempeño alcanzado.

Tabla 52. Límites de Desempeño en B.101A y B.101B, en “Y”

Nivel de Desempeño	Desplazamientos Límites	
	BLOQUE 101A	BLOQUE 101B
Operacional (SP 1)	-.	1.27 cm.
Ocupación Inmediata (SP 2)	-.	2.24 cm.
Protección de Vida (SP 3)	-.	3.21 cm.
Cerca al Colapso (SP 4)	-.	3.85 cm.
Colapso (SP 5)	-.	4.50 cm.

4.1.1.8.10 Verificación del desempeño por derivas.

La Tabla 53, muestra las derivas máximas de entrepiso permisibles para cada uno de los niveles de desempeño propuestos en el (SEAOC, 1995; Vision 2000, 1995).

Tabla 53 Nivel de desempeño -Deriva del Tope según N.D

Nivel de Desempeño	Deriva del tope
Totalmente operacional	< 0.2 %
Operacional	< 0.5 %
Protección de vida	< 1.50 %
Cercano al Colapso	< 2.50 %
Colapso	> 2.50 %

La deriva del tope, se define como el valor de desplazamiento correspondiente al punto de desempeño entre la altura total del edificio.

Tabla 54. Derivas del tope correspondientes P.D, en “Y” – 101B

Desplazamiento (Δ techo)	Deriva del tope	Nivel de Desempeño
1.24 cm	0.192 %	Totalmente Operacional
1.66 cm.	0.257 %	Totalmente Operacional
4.60 cm.	0.711 %	Protección de vida
7.30 cm.	1.128 %	Protección de vida

4.2 Nivel de desempeño – Sismo Raro - método del espectro de capacidad MEC.

Tabla 55 Nivel de desempeño MEC-sismo raro en “X”.

Dirección	Nivel	D_p (cm)	Bloque	Desempeño sectorizado	Desempeño VISION 2000
X-X	Sismo raro	1.26	101 A	Operacional	Si Cumple
X-X	Sismo raro	3.80	101 B	Ocupación inmediata	Si Cumple

Tabla 56 Nivel de desempeño MEC - sismo raro, en “Y”

Dirección	Nivel	D_p (cm)	Bloque	Desempeño sectorizado	Desempeño VISION 2000
Y-Y	Sismo raro	-	-	Colapso	No Cumple
Y-Y	Sismo raro	4.60	101 B	Cerca al colapso	No Cumple

Interpretación:

El pabellón 101 A fue analizado en la dirección de análisis X, considerando un nivel de sismo raro, basado en el método del espectro de capacidad, encontrándose dentro del límite “Operacional”.

El pabellón 101 B fue analizado en la dirección de análisis X, considerando un nivel de sismo raro, basado en el método del espectro de capacidad, encontrándose dentro del límite “Ocupación inmediata”.

El pabellón 101 A fue analizado en la dirección de análisis Y, considerando un nivel de sismo raro, basado en el método del espectro de capacidad, encontrándose de que la estructura colapsaría, esto debido a que adolece de ductilidad y resistencia.

El pabellón 101 A fue analizado en la dirección de análisis Y, considerando un nivel de sismo raro, basado en el método del espectro de capacidad, encontrándose dentro del límite de cercano al colapso, esto debido a que adolece de ductilidad y resistencia.

4.3 Nivel de desempeño – Sismo raro - método del coeficiente de desplazamiento (MCD).

Tabla 57 Nivel de desempeño MCD - sismo raro, en “X”

Dirección	Nivel	D_p (cm)	Bloque	Desempeño sectorizado	Desempeño VISION 2000
X-X	Sismo raro	0.90	101 A	Operacional	Si Cumple
X-X	Sismo raro	4.70	101 B	Ocupación inmediata	Si Cumple

Tabla 58 Nivel de desempeño MCD para sismo raro, en “Y”

Dirección	Nivel	D_p (cm)	Bloque	Desempeño sectorizado	Desempeño VISION 2000
Y-Y	Sismo raro	-	101 A	Colapso	No Cumple
Y-Y	Sismo raro	5.20	101 B	Cerca al colapso	No Cumple

Interpretación:

El pabellón 101 A fue analizado en la dirección de análisis X, considerando un nivel de sismo raro, basado en el método del coeficiente de desplazamiento, encontrándose dentro del límite “Operacional”.

El pabellón 101 B fue analizado en la dirección de análisis X, considerando un nivel de sismo raro, basado en el método del coeficiente de desplazamiento, encontrándose dentro del límite “Ocupación inmediata”.

El pabellón 101 A fue analizado en la dirección de análisis Y, considerando un nivel de sismo raro, basado en el método del coeficiente de desplazamiento, encontrándose de que la estructura colapsaría, esto debido a que adolece de ductilidad y resistencia.

El pabellón 101 A fue analizado en la dirección de análisis Y, considerando un nivel de sismo raro, basado en el método del coeficiente de desplazamiento, encontrándose dentro del límite de cercano al colapso, esto debido a que adolece de ductilidad y resistencia.

4.4 Ductilidad de los pabellones de la edificación esencial I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal”

Para la clasificación de la ductilidad de los pabellones evaluados se tuvo en consideración los criterios de Kuhlmann, por lo que se estaría detallando en la tabla 28 se considerando la siguiente clasificación de ductilidad estática:

Tabla 59 Clasificación de la ductilidad estática

Dirección	Pabellón	Ductilidad	rigidez efectiva tonf/m	Clasificación
Y-Y	101 B-	3.54	7,059.84	Frágil
X-X	101 B	6.45	8,331.36	Ductilidad alta
X-X	101 A	5.97	15,117.75	Ductilidad media

4.5 Desempeño sísmico por métodos simplificados estáticos no lineales

Tabla 60 Comparativo entre métodos simplificados, dirección Y, bloque 101 B

Niveles de sismo	MEC	MCD	MEC	MCD
	V(tonf)	V(tonf)	D (m)	D (m)
Frecuente	70.31	75.25	0.0124	0.014
Ocasional	80.89	89.05	0.0166	0.02
Raro	113.02	107.35	0.046	0.052
Muy raro	105.95	N/P	0.073	N/P

Tabla 61 Comparativo entre métodos simplificados, dirección X, bloque 101 A

Niveles de sismo	MEC	MCD	MEC	MCD
	V(tonf)	V(tonf)	D (m)	D (m)
Frecuente	-	-	-	-
Ocasional	91.77	-	0.004	0.020
Raro	213.36	170.75	0.0126	0.009
Muy raro	256.27	243.63	0.017	0.0158

Tabla 62 Comparativo entre métodos simplificados, dirección X, bloque 101 B

Niveles de sismo	MEC	MCD	MEC	MCD
	V(tonf)	V(tonf)	D (m)	D (m)
Frecuente	94.73	96.98	0.0100	0.104
Ocasional	107.70	109.99	0.0128	0.013
Raro	197.20	220.57	0.0380	0.047
Muy raro	235.45	259.79	0.055	0.071

La estructura 101A y 101B se encuentran dentro del límite de colapso, esto debido a que adolece de ductilidad y resistencia, siendo el sistema estructural en albañilería para la dirección de análisis Y la que se encuentra generando un alto grado de vulnerabilidad a las estructuras.

DISCUSIÓN

Este capítulo abarca la relación de los resultados de nuestra investigación, con la teoría utilizada para su elaboración, el estado de otras investigaciones y sobre nuestra propia investigación.

Discusión 1

El bloque 101 A evaluado alcanza un nivel de desempeño sísmico “operacional” para un sismo raro, esto después de evaluar en la dirección de análisis “x”, con respecto al bloque 101 B, alcanzaría un nivel de desempeño de “ocupación inmediata”, todo ello teniendo en cuenta los criterios del comité Vision 2000 (1995).

Al respecto (Urcia & Moncayo, 2021), en su oportunidad mencionó que aquellos puntos de desempeño obtenidos para el espectro de demanda del mayor sismo en el eje X-X son considerados un pseudodesplazamiento de 0.1004 m y una pseudoaceleración de 0.288 g espectro de demanda en el eje Y-Y, su pseudodesplazamiento es de 0,0074 m, y la pseudoaceleración es de 0,878 g. Esto nos dice que, para terremotos muy raros o más grandes, el eje “x” de la estructura está en la zona de protección de vida y el eje “y” está en la zona funcional.

Discusión 2

El pabellón evaluado 101 A y 101 B alcanzan un desempeño sísmico de colapso y cercano al colapso respectivamente, ello teniendo en consideración los métodos de coeficientes y espectro de capacidad, esto debido a que los muros portantes adolecen de rigidez y ductilidad, teniendo como espesor 15cm y que según la norma vigente E070, estas deberían presentar un espesor mínimo de 25cm.

Al respecto Choque & Luque (2019), citada como antecedente nacional, obtiene un reporte similar para ambas metodologías de análisis, es decir que, considerando el método de coeficientes, la estructura se encuentra dentro del límite de seguridad de vida, de la misma manera el edificio alcanza una respuesta sísmica traducido en nivel de desempeño sísmico de seguridad de vida LS, para ambas direcciones de análisis.

CONCLUSIONES

Conclusión 1

Según el método de espectro de capacidad para determinar el punto de desempeño de los pabellones 101 A y 101 B, estas únicamente se encontrarían cumpliendo en la dirección de análisis X, siendo esta Operacional y de ocupación inmediata, sin embargo, para la dirección de análisis Y, estas no se encontrarían cumpliendo con los requerimientos de desempeño del comité Vision 2000 (1995), por lo que la estructura se encontraría dentro del límite de colapso inminente frente a un sismo raro.

Conclusión 2

Según el método de coeficiente de desplazamiento para determinar el punto de desempeño de los pabellones 101 A y 101 B, estas únicamente se encontrarían cumpliendo en la dirección de análisis X, siendo esta Operacional y de ocupación inmediata, sin embargo, para la dirección de análisis Y, estas no se encontrarían cumpliendo con los requerimientos de desempeño del comité Vision 2000 (1995), por lo que la estructura se encontraría dentro del colapso inminente de la estructura frente a un sismo raro.

Conclusión 3

La estructura del bloque 101 A alcanza una ductilidad de 5.97, es decir de que presentaría una ductilidad media para la dirección de análisis X, con respecto a La estructura del bloque 101 B alcanza una ductilidad de 6.45, es decir de que presentaría una ductilidad alta para la dirección de análisis X y con respecto a la dirección de análisis Y, esta última presentaría una ductilidad frágil, alcanzando un valor estático de 3.54.

Recomendaciones

R-1

Se recomiendan realizar un diseño sísmico por desempeño para edificios de tipo dual, con consideraciones de la normativa vigente.

R-2

Se recomienda evaluar el impacto en el desempeño sísmico de las edificaciones, a causa de la interacción suelo-estructura.

R-3

Se recomienda realizar un reforzamiento a los bloques 101 A y 101 B, en los muros de albañilería de la muestra estudiada, a fin de incrementar la resistencia del edificio.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar Falconí, R. (2004). Espectros sísmicos de riesgo uniforme para verificar desempeño estructural en países sudamericanos. *Boletín Técnico*, 42(1), 29-49.
- Angles Pari, P. D. (2008). *Comparación del comportamiento a carga lateral cíclica de un muro confinado con ladrillos de concreto y otro con ladrillos de arcilla*.
- Aquino Carmona, C. M., & Rodríguez Cortez, M. T. (2015). *Comparación de la respuesta estructural de los módulos B y C de la IE Julio Ramón Ribeyro considerando y sin considerar la interacción suelo-estructura*.
- ATC, A. T. C. (1996). *ATC-40 Seismic. Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Vol.1, California*.
- Bernardo Acuña, J. D., & Peña de la Cuba, M. F. (2009). *Efectos del peralte de las columnas en el comportamiento sísmico de los muros de albañilería confinada*.
- Blanco Blasco, J. A. (2017). *Las estructuras de los centros educativos (colegios) en el siglo XX en el Perú. Diversos proyectos de reforzamiento y ejemplos de estructuración de edificaciones de la Universidad Católica del Perú*.
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7628>
- 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.
- Calcina Peña, R. M. (2017). *Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de once pisos utilizando análisis estático y dinámico no-lineal*.

- Canales, G. J. F. L. (2017). *Evaluación del desempeño sísmico de tres opciones de reforzamiento incremental en edificaciones educativas típicas construidas antes de 1997* [PhD Thesis]. Pontificia Universidad Católica del Perú (Peru).
- Colos Ccallme, E., & Tunque Arias, J. O. (2020). *Evaluación del desempeño sísmico del pabellón de Geología—UNSA*. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/11294>
- Condori Mayta, R. W., & Vilca Cayllahua, A. J. (2022). Evaluación del desempeño estructural aplicando un análisis estático no lineal (pushover) en la I. E. N.º 40230 San Antonio del Pedregal—Majes—Caylloma—Arequipa. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11785>
- Coral Alva, M. O. (2017). *Ensayos cíclicos en muros de albañilería confinada contruidos con ladrillos king kong de fabricación industrial*.
- Cumpa Amanca, J., & Quispe Mendoza, B. H. (2019). Evaluación del desempeño sismorresistente de la Institución Educativa N°50217 de la comunidad Umachurco -San Salvador, aplicando el método de análisis estático no lineal de cedencia sucesiva (pushover). *Universidad Andina del Cusco*. <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/2885>
- Díaz López, L. A., & Santos Cavalho, D. J. (2013). *Desempeño sísmico de un edificio aporticado de cuatro pisos diseñado con el Reglamento Nacional de Edificaciones y aceptando una deriva máxima de 1%*.
- Flores Vega, E. M. (2021). Evaluación del desempeño sismorresistente de una edificación mediante Análisis Estático No lineal Pushover: Estudio de caso. *Journal Boliviano de Ciencias*, 17(50), 56-90.

- García Giraldo, J. M., Bonett Díaz, R. L., & Ledezma Araya, C. (2013). Modelo analítico del comportamiento a compresión de bloques huecos de concreto. *Revista de la Construcción*, 12(3), 76-82.
- Gonzales Castro, R. F. (2020). *Diseño y protección frente al sismo movilizand una respuesta dúctil de un puente losa en hormigón pretensado* [Master's Thesis]. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Hernández Vega, R. (1995). *Notas sobre la creatividad científica*.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2020). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-hill.
- Huarca Quillille, B. (2022). *Análisis del desempeño sísmico no lineal estático (Pushover) en la IE N° 40092 Jose Domingo Zuzunaga, Uchumayo–Arequipa*.
- IGP, I. G. del P. (2012). *Conceptos Basicos*.
<https://www.gob.pe/institucion/igp/noticias/76090-conceptos-basicos>
- Kuroiwa Horiuchi, J., Pando Pacheco, E., & Pando Merino, E. (2010). *¡Alto a los Desastres!: Viviendas seguras y saludables para los peruanos con menores recursos*. Umbral Ediciones.
- Mamani Roque, E. R. (2018). *Determinación del nivel de desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles en la ciudad de Juliaca, 2018*.
- Martínez Lanz, P. (2011). *Manual Básico de Investigacion Cientifica*. Editorial El Manual Moderno, S.A.
- Medina, R., & Music, J. (2018). Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena. *Obras y proyectos*, 23, 63-77.
<https://doi.org/10.4067/s0718-28132018000100063>

- Moreno González, R. (2006). *Evaluación del riesgo sísmico en edificios mediante análisis estático no lineal: Aplicación a diversos escenarios sísmicos de Barcelona*. Universitat Politècnica de Catalunya.
- NORMA E.0.30. (2018). DISEÑO SISMORRESISTENTE. En *REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES*.
- Ocola, L. (2005). Peligro, vulnerabilidad, riesgo y la posibilidad de desastres sísmicos en el Perú. *Revista Geofísica*, 61, 81-125.
- Orellana Román, G. A., & Parra Mora, J. L. (2017). *Evaluación de desempeño sísmico de un edificio esencial aporticado de hormigón armado según la norma ecuatoriana de construcción (nec-se-re, 2015)* [bachelorThesis]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28524>
- Paredes Calderon, E. S. (2020). *Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de muros estructurales de 14 niveles mediante análisis estático no lineal "pushover", Trujillo 2020*.
- SEAOC. (1995). *SEAOC Vision 2000—Performance based seismic engineering of buildings: Conceptual framework*. SEAOC Sacramento.
- Tavera, H., & Buforn, E. (1998). *Sismicidad y sismotectónica de Perú*. <https://repositorio.igp.gob.pe/handle/20.500.12816/822>
- Terán Gilmore, A. (2010). El futuro del diseño sismorresistente de las edificaciones de concreto reforzado: Una visión basada en la sustentabilidad. *Concreto y cemento. Investigación y desarrollo*, 2(1), 2-16. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-30112010000100001&lng=es&nrm=iso&tlng=es

- Urcia Osorio, M. A., & Moncayo Belevan, V. P. (2021). *Evaluación del desempeño sísmico y propuesta de reforzamiento del colegio 780-Pre IE N° 1172 Ciro Alegría mediante el análisis estático no lineal*.
- Vega Fernández, G., & Muñoz Pérez, S. P. (2019). *EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO MEDIANTE EL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL, VIVIENDA-COMERCIO MIURA GRILL, CHICLAYO*.
- Viera Arroba, L. P., Quizanga Martínez, D. M., & Andino Carranco, J. L. (2020). Análisis estático no lineal de edificios aporticados de hormigón armado aplicando normativa ecuatoriana, colombiana y peruana. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 9(1), 72-78.
<https://doi.org/10.29166/revfig.v1i1.2186>
- Vision 2000. (1995). *Conceptual Framework for Performance Based Seismic Engineering of Buildings*. Structural Engineers Association of Sacramento California, CA, USA.
- Zárate, G., Ayala, G., & García, O. (2003). MÉTODO SÍSMICO ESTÁTICO PARA EDIFICIOS ASIMÉTRICOS: REVISIÓN DE ENFOQUES. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 69, Article 69. <https://doi.org/10.18867/ris.69.217>

ANEXOS

Tabla 63 Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL ¿Cuál es el desempeño sísmico de edificaciones esenciales aplicando métodos simplificados estáticos no lineal en pabellones de la I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal”, distrito de Cerro Colorado - Arequipa? PROBLEMAS ESPECÍFICOS ¿Qué valores alcanzan las derivas de piso en edificaciones esenciales, analizados mediante métodos simplificados estáticos no lineal en pabellones de la I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal”? ¿Cómo es el nivel de desempeño sísmico de edificaciones esenciales ante un sismo raro según el Comité VISION 2000 (SEAOC, 1995) analizados mediante métodos simplificados estáticos no lineales, en pabellones de la I.E. N° “María Murillo de Bernal”? ¿Cuál es la ductilidad en edificaciones esenciales analizados mediante métodos simplificados estáticos no lineales, en pabellones de la I.E. N° “María Murillo de Bernal”?	OBJETIVOS GENERAL Determinar el desempeño sísmico de edificaciones esenciales aplicando métodos simplificados estáticos no lineal en pabellones de la I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal”, distrito de Cerro Colorado – Arequipa. OBJETIVOS ESPECÍFICOS Estimar las derivas de piso en edificaciones esenciales, analizados mediante métodos simplificados estáticos no lineal en pabellones de la I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal”. Determinar el nivel de desempeño sísmico de edificaciones esenciales ante un sismo raro según el Comité VISION 2000 (SEAOC, 1995) analizados mediante métodos simplificados estáticos no lineales, en pabellones de la I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal”. Evaluar la ductilidad en edificaciones esenciales analizados mediante métodos simplificados estáticos no lineales, en pabellones de la I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal”.	HIPOTESIS GENERAL El desempeño sísmico de edificaciones esenciales aplicando métodos estáticos no lineales es adecuado, en los pabellones de I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal” HIPOTESIS ESPECÍFICOS Las derivas de piso en edificaciones esenciales, analizados mediante métodos estáticos no lineales, es aceptable en los pabellones de I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal” El punto de desempeño sísmico de edificaciones esenciales analizados mediante métodos estáticos no lineales, en los pabellones de I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal” es aceptable La ductilidad en edificaciones esenciales es aceptable analizados mediante métodos simplificados estáticos no lineales, en los pabellones de I.E. N° 41026 “María Murillo de Bernal”	Variable Independiente: métodos estáticos no lineales Variable dependiente: Desempeño sísmico	D1: Método del espectro de capacidad D2 Método del coeficiente del desplazamiento D1: Derivas de piso D2: Punto de desempeño sísmico D3: Ductilidad	I1: Sismo ocasional I2: Sismo frecuente I2: Sismo raro I4: Sismo muy raro I1: Sismo de servicio I2: Sismo de diseño I3: Sismo Máximo I1: Altura de entrepiso I2: Desplazamientos absolutos I3: Desplazamientos relativos I1: Curva capacidad I2: Curva de demanda I3: Intersección CP y CD I1: Desplazamiento máximo I2: Rigidez efectiva	Tipo: Aplicada Nivel: Descriptivo Diseño: Explicativo M: Muestra O: Información de muestra X: Variables Población: Pabellones de la I.E. N°41026 El tipo de muestreo es no probabilístico - Muestra Espontánea Pabellón: Bloque 1 Pabellón: Bloque 2