

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE **Ingeniería Civil**

"IMPACTO DE CARGAS MONOTÓNICAS EN EL
DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE
CONCRETO ARMADO DE 10 NIVELES EN EL
DISTRITO DE MIRAFLORES, LIMA - 2023"

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autores:

Hebert Pillaca Cisneros
Christian Orlando Vivanco Salvatierra

Asesor:

Mg. Lic. Gonzalo Hugo Diaz García
<https://orcid.org/0000-0002-3441-8005>

Lima - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	German Sagastegui Vásquez	45373822
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	José Alexander Ordoñez Guevara	40501603
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Gerson Elías Vega Rivera	10390118
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD

T

INFORME DE ORIGINALIDAD

11 %	11 %	1 %	1 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5 %
2	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	5 %
3	repositorio.udec.cl Fuente de Internet	1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

DEDICATORIA

Dedico a todos aquellos que han dejado una marca duradera en mi vida y han sido un componente esencial en mi camino hacia el conocimiento y el crecimiento personal. A mis maestros y maestros, por su dedicación y por compartir su pasión por el aprendizaje conmigo. Su influencia ha tenido un impacto significativo en mi formación y ha servido como un faro de sabiduría en mi camino.

Hebert Pillaca Cisneros.

Gracias a mis padres por apoyarme en aquellos momentos difíciles de mi vida y por haberme formado, gracias a ellos, puedo completar esta investigación. Sin embargo, también a mis tres hermanos, quienes me inspiraron a completar la carrera.

Christian **Vivanco**
Salvatierra

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a todos los individuos, organizaciones e instituciones mencionadas anteriormente. El logro de este importante hito académico en mi vida fue posible gracias a su apoyo y colaboración.

Hebert Pillaca Cisneros

Familia, amigos, ingenieros y profesores que nos formaron durante todo el tiempo de preparación fueron la razón de esta investigación. Por otro lado, debemos agradecer a la empresa donde realizamos nuestras prácticas profesionales porque nos brindó toda la información y enseñanza que necesitamos para llevar a cabo esta investigación. A mi querida Madre que me acompaña desde el cielo y a mi familia por haberme forjado lo que soy en la actualidad, muchos de mis logros, incluida esta investigación, se lo debo a ellos. Me dieron reglas y algunas libertades, pero en última instancia, siempre me inspiraron a perseguir mis metas.

Christian Vivanco Salvatierra

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ECUACIONES	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	15
1.1 Realidad problemática.	15
1.2 Formulación de problema	71
1.3. Objetivos	72
1.4. Hipótesis	73
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	74
2.1. Tipo de Investigación:	74
2.2. Población y muestra:	74
2.3. Técnica e instrumentos de recopilación y análisis de datos:	79
2.4. Procedimiento:	81
2.5. Aspectos éticos:	82
CAPÍTULO III. RESULTADOS	84
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	170
4.1. Limitaciones.	170
4.2. Interpretación comparativa	171
4.3. Implicancias	173
4.4. Conclusiones	175
REFERENCIAS	178
ANEXOS	181

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro de materiales en concreto y acero.....	84
Tabla 2: Cuadro elaborado para el metrado de cargas vivas y muertas.	84
Tabla 3: Dimensiones de elementos estructurales.....	84
Tabla 4: Periodo fundamental.....	85
Tabla 5: Centro de rigidez y centro de masa.	85
Tabla 6: Peso sísmico.	86
Tabla 7: Fuerzas estáticas en dirección X.	87
Tabla 8: Fuerzas estáticas en dirección Y.	88
Tabla 9: Análisis del Sistema Estructural.....	89
Tabla 10: Comprobación en dirección X desviación de Rigidez.	90
Tabla 11: Comprobación en dirección Y desviación de Rigidez.	90
Tabla 12: Comprobación en dirección X desviación de Resistencia.....	91
Tabla 13: Comprobación en dirección Y desviación de Resistencia.....	91
Tabla 14: Comprobación de desviación de masa o peso.	92
Tabla 15: Comprobación en dirección X desviación torsional.....	92
Tabla 16: Comprobación en dirección X desviación torsional.....	93
Tabla 17: Recopilación de todas las irregularidades.	93
Tabla 18: Derivas en dirección X-Y.....	94
Tabla 19: Desplazamiento máximo inelásticos por nivel.....	95
Tabla 20: Distribución de Fuerzas laterales mediante el modo fundamental.....	95
Tabla 21: Distribución de Cargas laterales mediante el Patrón Especial.	96
Tabla 22: Curva de Capacidad en dirección X mediante modos fundamentales.	98
Tabla 23: Curva de Capacidad en dirección Y mediante modos fundamentales.	99
Tabla 24: Curva de Capacidad en dirección X mediante Patrón Especial.	100
Tabla 25: Curva de Capacidad en dirección Y mediante Patrón Especial	101
Tabla 26: Desempeño efectiva mediante aplicación de modos fundamentales.....	106
Tabla 27: Desempeño efectiva mediante aplicación de patrón especial.	106
Tabla 28: Coeficiente de R.	106
Tabla 29: Resumen de Desempeño sísmico de la curva de capacidad formada por modos fundamentales.....	139
Tabla 30: Resumen de Desempeño sísmico de la curva de capacidad formada por Patrón Especial.....	139
Tabla 31: Sectorizada de la curva de capacidad formada por modos fundamentales según SEAOC.....	140
Tabla 32: Objetivos aceptados por el SEAOC según ASCE 41-17.	140
Tabla 33: Objetivos aceptados por el SEAOC según FEMA 440.....	141
Tabla 34: Sectorizada de la curva de capacidad formada por Patrón especial según SEAOC.	146
Tabla 35: Objetivos aceptados por el SEAOC según ASCE 41-17.	146
Tabla 36: Objetivos aceptados por el SEAOC según FEMA 440.....	147
Tabla 37: Sectorizada de la curva de capacidad formada por modos fundamentales según ATC-40.	152
Tabla 38: Objetivos aceptados por el ATC-40 según ASCE 41-17.	152
Tabla 39: Objetivos aceptados por el ATC-40 según FEMA 440.....	153
Tabla 40: Sectorizada de la curva de capacidad formada por patrón especial según ATC- 40.	158
Tabla 41: Objetivos aceptados por el ATC-40 según ASCE 41-17.	158

Tabla 42: Objetivos aceptados por el ATC-40 según FEMA 440.....	159
Tabla 43: Prueba de Normalidad Shapiro Wilk Test hipótesis 2.	164
Tabla 44: Estadística de muestra relacionadas Test hipótesis 2.	165
Tabla 45: Prueba T student Test hipótesis 2.....	165
Tabla 46: Prueba de Normalidad Shapiro Wilk Test hipótesis 3.	166
Tabla 47: Estadísticos de muestras relacionadas Test hipótesis 3.....	167
Tabla 48: Prueba T student Test hipótesis 3.....	167
Tabla 49: Prueba de Normalidad Shapiro Wilk Test hipótesis 4.	168
Tabla 50: Estadística de muestra relacionadas Test hipótesis 4.	169
Tabla 51: Prueba T student Test hipótesis 4.....	169

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Secuencia del proceso del pushover.....	21
Figura 2: Factor de zona	23
Figura 3: Factor de Suelo "S".....	23
Figura 4: Periodos T_p y T_l	24
Figura 5: Factor U y Categoría de edificación.....	25
Figura 6: Sistema Estructural.....	26
Figura 7: Irregularidades estructurales de Altura (L_a).....	27
Figura 8: Irregularidades estructurales en Planta (I_p).....	28
Figura 9: Espectro de Pseudoaceleraciones.....	29
Figura 10: Curva de esfuerzo-deformación de acero estructural simple.....	31
Figura 11: Modelo para concreto no confinado.....	33
Figura 12: Modelo para concreto no confinado.....	34
Figura 13: Comparación de los modelos esfuerzo deformación para un concreto simple y uno confinado.....	35
Figura 14: Modelo para concreto confinado.....	36
Figura 15: <i>Curvas idealizadas de fuerza-desplazamiento</i>	37
Figura 16: Comportamiento del acero y el concreto en situaciones de cedencia.....	38
Figura 17: Comportamiento del acero y concreto en condición de fluencia.....	38
Figura 18: Diagrama Momento-Curvatura.....	39
Figura 19: Diagrama Fuerza axial - Curvatura y Ductilidad de sección en Flexo - Compresión.....	40
Figura 20: Curvatura y Rotación de un elemento.....	41
Figura 21: Diagrama Momento-Rotación simplificado.....	41
Figura 22: Formación de Rótulas plásticas en vigas.....	42
Figura 23: Momento Curvatura en vigas.....	43
Figura 24: Momento Curvatura en columnas.....	43
Figura 25: Clasificación de falla en muros de corte.....	44
Figura 26: Niveles de desempeño para las estructuras.....	46
Figura 27: Estados de daño esperado posterior a un sismo.....	50
Figura 28: Nivel de desempeño de la estructura por el SEAOC.....	53
Figura 29: Desempeño relacionado con los parámetros de demanda.....	54
Figura 30: Características del nivel de desempeño.....	54
Figura 31: Objetivos de desempeño de seguridad básica para estructuras convencionales.....	55
Figura 32: Espectro de Capacidad-Demanda.....	56
Figura 33: Conversión de la Curva de Capacidad a formato ADRS.....	57
Figura 34: Representación bilineal del espectro de capacidad.....	58
Figura 35: Espectro de demanda reducido.....	59
Figura 36: Cada familia de espectro representado su nivel diferente de amortiguamiento mediante un formato tradicional.....	59
Figura 37: Familias de espectros representado su nivel diferente de amortiguamiento mediante un formato ADRS.....	60
Figura 38: Determinación del punto de desempeño de prueba.....	59
Figura 39: Espectro de respuesta modificado MARDS para uso con T_{eff}	61
Figura 40: El espectro de respuesta MARDS modificado para T_{sec}	62
Figura 41: Modelos inelásticos de componentes estructurales.....	63
Figura 42: Desarrollo y empalmes de refuerzo.....	64
Figura 43: Valores de C_o	66
Figura 44: <i>Valores de C_m</i>	67
Figura 45: Valores de C_1 C_2	68
Figura 46: Curva Sectorizada por el ATC-40.....	69

Figura 47: Curva Sectorizada por la SEAOC.....	71
Figura 48: Planos arquitectónicos.	77
Figura 49: Corte A-A de la Edificación.	78
Figura 50: Ubicación y localización de la Edificación.....	79
Figura 51: Cortante basal en Dirección X.	86
Figura 52: Distribución de Fuerzas Laterales por Piso en Dirección X.	87
Figura 53: Análisis Sísmico Estático en Dirección Y.....	88
Figura 54: Distribución de Fuerzas Laterales por Piso en Dirección Y.	89
Figura 55: Derivas en Dirección X y Y.....	94
Figura 56: Desempeño efectiva para ANLE X+.	102
Figura 57: Desempeño efectiva para ANLE X-.	102
Figura 58: Desempeño efectiva para ANLE Y+.	103
Figura 59: Desempeño efectiva para ANLE Y-.	103
Figura 60: Desempeño efectiva para ANLE X+.	104
Figura 61: Desempeño efectiva para ANLE X-.	104
Figura 62: Desempeño efectiva para ANLE Y+	105
Figura 63: Desempeño efectiva para ANLE Y-.	105
Figura 64: Desempeño sismo frecuente X+ según ASCE 41-17.	107
Figura 65: Desempeño sismo frecuente X- según ASCE 41-17.	107
Figura 66: Desempeño sismo frecuente Y+ según ASCE 41-17.	108
Figura 67: Desempeño sismo frecuente Y- según ASCE 41-17.	108
Figura 68: Desempeño sismo ocasional X+ según ASCE 41-17.	109
Figura 69: Desempeño sismo ocasional X- según ASCE 41-17.	109
Figura 70: Desempeño sismo ocasional Y+ según ASCE 41-17.	110
Figura 71: Desempeño sismo ocasional Y- según ASCE 41-17.	110
Figura 72: Desempeño sismo raro X+ según ASCE 41-17.....	111
Figura 73: Desempeño sismo raro X- según ASCE 41-17.....	111
Figura 74: Desempeño sismo raro Y+ según ASCE 41-17.....	112
Figura 75: Desempeño sismo raro Y- según ASCE 41-17.....	112
Figura 76: Desempeño sismo muy raro X+ según ASCE 41-17.....	113
Figura 77: Desempeño sismo muy raro X- según ASCE 41-17.....	113
Figura 78: Desempeño sismo muy raro Y+ según ASCE 41-17.....	114
Figura 79: Desempeño sismo muy raro Y- según ASCE 41-17.....	114
Figura 80: Desempeño sismo frecuente X+ según ASCE 41-17.	115
Figura 81: Desempeño sismo frecuente X- según ASCE 41-17.	115
Figura 82: Desempeño sismo frecuente Y+ según ASCE 41-17.	116
Figura 83: Desempeño sismo frecuente Y- según ASCE 41-17.	116
Figura 84: Desempeño sismo ocasional X+ según ASCE 41-17.	117
Figura 85: Desempeño sismo ocasional X- según ASCE 41-17.	117
Figura 86: Desempeño sismo ocasional Y+ según ASCE 41-17.	118
Figura 87: Desempeño sismo ocasional Y- según ASCE 41-17.	118
Figura 88: Desempeño sismo raro X+ según ASCE 41-17.....	119
Figura 89: Desempeño sismo raro X- según ASCE 41-17.....	119
Figura 90: Desempeño sismo raro Y+ según ASCE 41-17.....	120
Figura 91: Desempeño sismo raro Y- según ASCE 41-17.....	120
Figura 92: Desempeño sismo muy raro X+ según ASCE 41-17.....	121
Figura 93: Desempeño sismo muy raro X- según ASCE 41-17.....	121
Figura 94: Desempeño sismo muy raro Y+ según ASCE 41-17.....	122
Figura 95: Desempeño sismo muy raro Y- según ASCE 41-17.....	122
Figura 96: Desempeño sismo ocasional X+ según FEMA 440.....	123
Figura 97: Desempeño sismo ocasional X- según FEMA 440.....	123
Figura 98: Desempeño sismo ocasional Y+ según FEMA 440.....	124
Figura 99: Desempeño sismo ocasional Y- según FEMA 440.....	124

Figura 100: Desempeño sismo frecuente X+ según FEMA 440.....	125
Figura 101: Desempeño sismo frecuente X- según FEMA 440.....	125
Figura 102: Desempeño sismo frecuente Y+ según FEMA 440.....	126
Figura 103: Desempeño sismo frecuente Y- según FEMA 440.....	126
Figura 104: Desempeño sismo raro X+ según FEMA 440.....	127
Figura 105: Desempeño sismo raro X- según FEMA 440.....	127
Figura 106: Desempeño sismo raro Y+ según FEMA 440.....	128
Figura 107: Desempeño sismo raro Y- según FEMA 440.....	128
Figura 108: Desempeño sismo muy raro X+ según FEMA 440.....	129
Figura 109: Desempeño sismo muy raro X- según FEMA 440.....	129
Figura 110: Desempeño sismo muy raro Y+ según FEMA 440.....	130
Figura 111: Desempeño sismo muy raro Y- según FEMA 440.....	130
Figura 112: Desempeño sismo ocasional X+ según FEMA 440.....	131
Figura 113: Desempeño sismo ocasional X- según FEMA 440.....	131
Figura 114: Desempeño sismo ocasional Y- según FEMA 440.....	132
Figura 115: Desempeño sismo ocasional Y- según FEMA 440.....	132
Figura 116: Desempeño sismo frecuente X+ según FEMA 440.....	133
Figura 117: Desempeño sismo frecuente X- según FEMA 440.....	133
Figura 118: Desempeño sismo frecuente Y+ según FEMA 440.....	134
Figura 119: Desempeño sismo frecuente Y- según FEMA 440.....	134
Figura 120: Desempeño sismo raro X+ según FEMA 440.....	135
Figura 121: Desempeño sismo raro X- según FEMA 440.....	135
Figura 122: Desempeño sismo raro Y+ según FEMA 440.....	136
Figura 123: Desempeño sismo raro Y- según FEMA 440.....	136
Figura 124: Desempeño sismo muy raro X+ según FEMA 440.....	137
Figura 125: Desempeño sismo muy raro X- según FEMA 440.....	137
Figura 126: Desempeño sismo muy raro Y+ según FEMA 440.....	138
Figura 127: Desempeño sismo muy raro Y- según FEMA 440.....	138
Figura 128: Sectores propuesto por SEAOC en dirección X+.....	142
Figura 129: Sectores propuesto por SEAOC en dirección X-.....	143
Figura 130: Sectores propuesto por SEAOC en dirección Y+.....	144
Figura 131: Sectores propuesto por SEAOC en dirección Y-.....	145
Figura 132: Sectores propuesto por SEAOC en dirección X+.....	148
Figura 133: Sectores propuesto por SEAOC en dirección X-.....	149
Figura 134: Sectores propuesto por SEAOC en dirección Y+.....	150
Figura 135: Sectores propuesto por SEAOC en dirección Y-.....	151
Figura 136: Sectores propuesto por ATC-40 en dirección X+.....	154
Figura 137: Sectores propuesto por ATC-40 en dirección X-.....	155
Figura 138: Sectores propuesto por ATC-40 en dirección Y+.....	156
Figura 139: Sectores propuesto por ATC-40 en dirección Y-.....	157
Figura 140: Sectores propuesto por ATC-40 en dirección X+.....	160
Figura 141: Sectores propuesto por ATC-40 en dirección X-.....	161
Figura 142: Sectores propuesto por ATC-40 en dirección Y+.....	162
Figura 143: Sectores propuesto por ATC-40 en dirección Y-.....	163

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Periodo fundamental de vibración.....	22
Ecuación 2. Cálculo de la variación del factor C.	24
Ecuación 3. Coeficiente reductor R.....	26
Ecuación 4. Cálculo para la cortante estático.....	28
Ecuación 5. Cálculo para las fuerzas sísmicas.	29
Ecuación 6. Calculo el análisis dinámico espectral modal.....	29
Ecuación 7. Cálculo para decretar el desplazamiento absoluto inelástico	30
Ecuación 8. Cálculo para determinar las derivas.	30
Ecuación 9. Cálculo para determinar la torsión en planta	30
Ecuación 10. Área de endurecimiento.....	32
Ecuación 11. Cálculo de aceleración espectral.	56
Ecuación 12. Desplazamiento espectral.	56
Ecuación 13. Cálculo del Periodo.	58
Ecuación 14. El cálculo del factor de modificación se realiza con:	62
Ecuación 15. El factor de modificación.	62
Ecuación 16. Reducción Espectral para Amortiguamiento Efectivo.	63
Ecuación 17. Cálculo para determinar la carga de gravedad no lineal.....	64
Ecuación 18. Cálculo del periodo fundamental efectivo.....	65
Ecuación 19. Cálculo para determinar el desplazamiento.....	65
Ecuación 20. Cálculo del factor de modificación.....	66
Ecuación 21. Cálculo factor a relación de resistencia	67
Ecuación 22. Cálculo la relación de resistencia.	68
Ecuación 23. Cálculo de relación de pendiente.....	68

RESUMEN

El propósito de esta investigación es analizar el impacto de las cargas monotónicas en el desempeño sísmico de un edificio de concreto armado de 10 niveles situado en Miraflores. El enfoque es cuantitativo, tipo aplicado, nivel explicativo y un diseño cuasi experimental, la muestra no probabilística, para la recolección de datos se utiliza observación experimental mediante las fichas de recopilación de datos de normativas que están validadas que son instrumento, la prueba estadística se obtuvo para analizar los datos. El análisis sísmico (E.030), curva de capacidad (ASCE 41-17), desempeño sísmico (ASCE 41-17 y FEMA 440) y sectorización de la curva de capacidad (SEOACE y ATC-40), se procesa utilizando el software ETABS 19.0.0. Como resultado la estructura cumple con los requisitos de seguridad y estabilidad establecidos en la norma N.P.T E.030, luego al aplicar cargas monotónicas de un patrón especial en comparación con las cargas monotónicas de los modos fundamentales, se produce una variación no tan significativa en el punto de colapso, punto de rendimiento y en la sectorización. En conclusión, las cargas monotónicas analizadas por un patrón especial representativos del comportamiento dinámico en comparación a cargas monotónicas del modo fundamental tienen un impacto significativo en el desempeño sísmico del edificio.

PALABRAS CLAVES: Cargas Monotónicas, Pushover, Desempeño Sísmico y Concreto Armado.

ABSTRACT

The purpose of this research is to analyze the impact of monotonic loads on the seismic performance of a 10-story reinforced concrete building located in Miraflores. The approach is quantitative, applied type, explanatory level and a quasi-experimental design, the non-probabilistic sample, experimental observation is used for data collection through normative data collection sheets that are validated as an instrument, the statistical test is obtained to analyze the data. The seismic analysis (E.030), capacity curve (ASCE 41-17), seismic performance (ASCE 41-17 and FEMA 440) and sectorization of the capacity curve (SEOACE and ATC-40), are processed using the software ETABS 19.0.0. As a result, the structure meets the safety and stability requirements established in the N.P.T E.030 standard, then when applying monotonic loads of a special pattern compared to the monotonic loads of the fundamental modes, a not so significant variation is produced in the collapse point, performance point and in sectorization. In conclusion, the monotonic loads analyzed by a special pattern representative of the dynamic behavior in comparison to monotonic loads of the fundamental mode have a significant impact on the seismic performance of the building.

KEYWORDS: Monotonic Loads, Pushover, Seismic Performance and Reinforced Concrete.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática.

En áreas sísmicamente activas como el distrito de Miraflores, el comportamiento sísmico de los edificios es crucial. Existen preocupaciones acerca de la capacidad de los edificios de 10 niveles para resistir eventos sísmicos de magnitudes significativas y asegurar la seguridad de los ocupantes.

Estudios realizados en otros continentes como el europeo, asiático y americano han dejado notar visualmente unas deficiencias a diferencia del sistema habitual de diseño estructural que se exhiben. Aun así, ante la presencia de un sismo de gran magnitud siempre será prioridad tener una cultura de diseño para cuidar la vida de millones de personas. Hoy en día gracias al avance tecnológico se hace posible analizar todo tipo de estructuras mediante los softwares ETABS y el SAP 2000. Estas herramientas son muy útiles porque permiten optimizar los diseños, realizar una variedad de combinaciones de cargas para análisis estáticos no lineales y evaluar el funcionamiento de la edificación. (Sarrazín, 2012).

Tanto en Perú como en todo el mundo, los sismos han causado pérdidas importantes en términos de personas y propiedades. Los movimientos violentos de la superficie provocados por la actividad sísmica en la litosfera causan ondas en el suelo, que destruyen las estructuras civiles directa e indirectamente. La posición del epicentro, los tipos de fallas y las características geológicas de la falla juegan un papel en esto. Es fundamental contar con los más recientes desarrollos tecnológicos en ingeniería sísmica ya que el Perú tiene un riesgo sísmico importante, garantizando nuestra seguridad y vida. (Calcina, 2017).

Hoy en día en las oficinas de los ingenieros estructurales se diseña tomando un

criterio descriptivo muy común realizando el diseño pegado a la normativa peruana E-030 y E-060, pero existe el problema que no lleguemos a conocer realmente la conducta del armazón cuando haya una actividad sísmica de gran magnitud. Como resultado, nuestra investigación propone realizar un análisis no lineal estático y dinámico con el sistema pushover para detectar el comportamiento sísmico (Ojeda y López, 2021).

La necesidad de investigar y comprender cómo aplicar de manera efectiva este análisis con el objetivo de asegurar la seguridad y la capacidad de resistencia estructural ante eventos sísmicos, considerando los parámetros y criterios de diseño sísmico establecido, radica en la realidad problemática del tema del impacto de las cargas monotónicas en el desempeño sísmico de una estructura de hormigón armado de 10 niveles en el distrito de Miraflores, Lima - 2023.

La evaluación del rendimiento sísmico del armado de concreto debe ser priorizada a nivel mundial en las investigaciones posteriores.

Duarte, Martínez y Santamaria (2018), el objetivo es determinar el desempeño y la vulnerabilidad del inmueble de la escuela de medicina de la universidad de El Salvador. Se adquirió el software Sap2000 para llevar a cabo la evaluación. Comenzó con el escenario de la estructura utilizando cargas monótonas y creando materiales en no linealidad para los elementos de la estructura. También se tomó en cuenta la rotulación plástica en vigas y columnas utilizando el sistema de normas FEMA 356, ATC 40 y ASCE 41-13. Se obtuvo un desplazamiento de 15,89 cm, el cual cumplió con el nivel de seguridad establecido para el desempeño estructural.

Salcedo (2017), el objetivo es analizar el rendimiento sísmico de una estructura situada en Barranquilla, siguiendo las especificaciones del código NSR-10. Se implementaron conexiones de tipo rótula plástica en los componentes estructurales y se

adoptó la metodología propuesta por las normas FEMA 273 y ATC 40, para modelar el edificio en la categoría inelástica utilizando el software ETABS. En total, 39 rótulas plásticas alcanzaron los dos sentidos, lo que ocasionó un evento sísmico de gran magnitud con una deriva esperada del 2,59% y un nivel de comportamiento consecuente que resultó en una ocupación inmediata.

Fajardo (2020), el análisis estático lineal y no lineal del edificio Ícaro de la ciudad de Manizales su objetivo, utilizando el programa Estabs para modelar. Se aplicó cargas por gravedad no lineal y cargas horizontales mediante la relación de a las cargas estática en ambos sentidos. Se descarta que el edificio estaba en riesgo de colapsar con una capacidad máximo de 65 cm. Por lo tanto, se determina que el edificio es apropiado ya que el punto de desempeño de un sismo de diseño se encuentra en ocupación inmediata.

Se tiene como precedente a nivel nacional la evaluación del comportamiento sísmico de hormigón armado en las siguientes investigaciones.

Calcina (2017), el propósito es aprender sobre el comportamiento sísmico de una estructura compuesta por diez plantas. El software ETABS 2016, se logró realizar un estudio detallado de una edificación de concreto armado. Se empleó el método sugerido por las normas FEMA y ATC-40, que consistía en examinar primero los edificios dentro del rango elástico antes de pasar al rango inelástico. El análisis pushover encontró una capacidad mayor de 26,84 cm entre los ejes X y Y. Concluyendo, el edificio genera una categoría de ocupación inmediata con un daño posterior menor en los componentes no estructurales.

Samillán (2019), el propósito es obtener información sobre el desempeño sísmico de una edificación de 8 niveles en Chiclayo-Lambayeque. Se completó el modelado y análisis estructural del edificio de acuerdo con los requisitos E-020, E-0.30 y E-060

utilizando el programa ETABS. Después de una evaluación en el rango elástico, se realizó el pushover siguiendo los consejos de ASCE/SEI 41-13 y el enfoque de espectro de capacidad (ATC-40, FEMA). El resultado fue una capacidad máxima de 18,8 cm en los ejes X e Y. Por último, pero no menos importante, la estructura está en condiciones de uso y cumple con la norma ATC-40.

Fuentes (2018), el propósito es determinar el comportamiento sísmico de una edificación de 5 pisos construida en hormigón armado. El modelamiento se realizó utilizando la aplicación de Etabs. Primero se evalúa la categoría elástica utilizando la norma peruana y luego se analizó la categoría inelástica utilizando el ATC-40. Se arroja que, si la edificación supera los 15,62 cm de desplazamiento, alcanza su capacidad máxima. Concluyendo, el edificio sobresale un buen desempeño en términos de seguridad de vida y estabilidad estructural, cumpliendo con los requisitos de la norma ATC-40 (1996), protegiendo la supervivencia humana.

A nivel local, se toman en cuenta las siguientes investigaciones que han evaluado el desempeño sísmico de estructuras de concreto armado como precedente.

Valle (2019), el propósito es analizar el desempeño sismorresistente de una edificación de hormigón armado de ocho plantas en comas. Para determinar el comportamiento frente a la demanda, se ejecutó el modelado utilizando el software ETABS 2017. La capacidad de la curva se convirtió en un espectro de capacidad. Como resultado, se produjo una capacidad máxima de 46,36 cm en la dirección X con una fuerza cortante de 1132,04 tn, mientras que en la dirección Y se produjo un desplazamiento máximo de 17,62 cm con una fuerza cortante de 970,07 tn. Luego se llegó a la conclusión de que el análisis de la dirección X satisface con la capacidad propuesta por FEMA, que afirma que las estructuras típicas de eventos sísmicos ocasionales tienen un nivel de

desempeño estructural operacional, ocupación inmediata, seguridad de vida y prevención de colapso de la estructura. Sin embargo, el eje Y no cumple con los requisitos de la norma ATC-40.

Ojeda y López (2021), la finalidad es analizar el rendimiento sísmico de una edificación construida de concreto armado. Una estructura dentro del rango de prevención de colapso en los ejes X y Y, que protege la supervivencia de los habitantes, se obtiene mediante modelamiento y análisis lineal con el código E0.30 y no lineal mediante la metodología de pushover ATC-40. Con un desplazamiento lineal mayor con rigidez efectiva de 15,90 cm y sin considerar la rigidez efectiva de 9,80 cm. Concluyendo que la conducta de la edificación pertenece a una zona de resguardo de vida, la prevención del colapso se aplica al eje "X" y al eje "Y".

Chavetas (2019), evaluó el desempeño sísmico de la estructura aporticada de 5 niveles mediante el análisis no lineal estático de ciudad de Lima, usando el software ETABS, SAP 2000 y PERFORM-3D, Se aplicó cargas por gravedad no lineal y patrón de cargas estático tipo triangular en horizontales en su centro de masa en ambos sentidos, se realizaron la aplicación de las diferentes magnitudes de sismos sugeridos por Visión 2000 y mediante FEMA 440 se obtuvieron los puntos de desempeño. Resultados: la curva de capacidad mediante el programa Etabs llega 21 cm, mientras con SAP 2000 llega 23 cm y con PERFORM-3D llega 22 cm. Se concluyó que la estructura mediante ambos programas el punto de desempeño para un sismo raro se encuentra en seguridad de vida.

DEFINICIONES CONCEPTUALES:

Análisis Sísmico

La metodología de análisis utilizada evalúa las fuerzas en el epicentro de masas de cada planta del inmueble. Además, permite calcular los desplazamientos y derivas en

ambas direcciones de la edificación, así como las fuerzas de reacción. Estos cálculos se realizan según los requerimientos de cargas establecidos en las Normas Técnicas Peruanas (E0.30, 2020).

Cargas Monotónicas

La "carga monotónica" se refiere a una carga gradual y constante aplicada a una estructura o componentes sin cambios abruptos o fluctuaciones significativas. Esta carga se aplica de forma continua, sin ciclos de carga y descarga repetitivos, y se utiliza para evaluar y diseñar estructuras existentes ante acciones sísmicas. Permite simular condiciones de carga estática, en contraste con las cargas cíclicas que implican ciclos de carga y descarga repetitivos. La aplicación de cargas monotónicas evalúa la capacidad y el comportamiento de estructuras bajo condiciones estáticas, determinando si cumplen con los criterios de seguridad y rendimiento establecidos en el código. Es información esencial para el diseño sísmico adecuado de estructuras existentes (ASCE 41-17, 2017).

Norma ASCE-41-17

El código americano mencionado es una guía que se utiliza para evaluar y acondicionar edificios existentes, a fin de hacerlos más resistentes a los efectos de los terremotos. Este código aborda temas como la cimentación y el riesgo geológico asociado con la ubicación del edificio y establece reglas y procedimientos para el análisis y la aceptación. Publicado por la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles en 2017, este código proporciona especificaciones detalladas para fortalecer la infraestructura y mejorar su capacidad de resistencia ante eventos sísmicos. Su aplicación contribuye a garantizar la seguridad y la durabilidad de los edificios existentes en áreas propensas a los terremotos. (Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles, 2017).

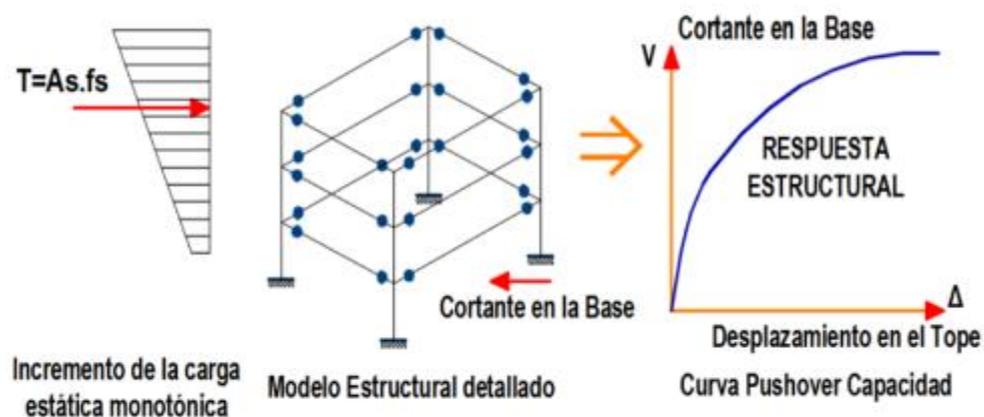
Norma FEMA 440

La Norma Americana FEMA 440 es una guía que evalúa procedimientos estáticos no lineales y realiza análisis sísmicos en estructuras existentes. Esta norma no solo cumple con su propósito de evaluar estructuras, sino que también ofrece sugerencias sobre cómo mejorar su diseño. Es importante mencionar que el trabajo realizado en el marco de esta norma ha sido evaluado y probado por especialistas, lo que permite mejorar el diseño en el futuro. El objetivo de esta norma es la optimización para realizar el pushover, para mejorar la seguridad y la resistencia sísmica de las estructuras existentes (FEMA 440, 2005).

Desempeño sísmico

El grado de capacidad se refiere al límite de daño que un inmueble puede experimentar durante y después de un sismo. Este concepto establece los niveles de daño físico tolerables en el edificio y evalúa el riesgo para la seguridad de sus habitantes debido a los posibles daños inducidos por el sismo. Además, considera la funcionalidad de la edificación en términos de su capacidad para cumplir con su propósito después del evento sísmico. (ATC-40, 1996).

Figura 1
Secuencia del proceso del pushover



Nota: Recopilado de la norma ASCE/SEI 41-17, 2017.

1.1.2. BASES TEÓRICAS:

1.1.2.1. Análisis Lineal.

La N.T.E.030 SENCICO (2020) establece porcentajes específicos para la carga viva en diferentes categorías de edificaciones, a saber:

- Se permite el 50% de carga viva para edificios "tipo A" y "tipo B".
- Se permite un 25 % de carga viva para edificios "tipo C".
- Con respecto al peso global que se puede acumular en depósitos, se
- considera el 80% del peso total.
- Se permite un 25 % de carga viva para techos y azoteas.
- En estructuras como silos y tanques, se utiliza el 25 % de la carga viva.

Periodo fundamental de vibración.

La N.T.P E.030 SENCICO (2020) enfatiza la importancia de determinar el modo de fundamental de un edificio, tanto en dirección horizontal como en vertical. Para llevar a cabo este cálculo, se utiliza la siguiente ecuación, que permite determinar el periodo fundamental.

Ecuación 1. Periodo fundamental de vibración.

$$T = 2\pi * \sqrt{M/K}$$

Donde:

M = Masa total de la estructura

K = Rigidez estructural

Modos de vibración y masas participativas.

De acuerdo con la Norma E.030 SENCICO (2020), se establece que por cada piso del edificio considerando tres grados de libertad. Esta normativa también exige que los modos fundamentales de masa alcancen al menos un 90% de participación. Sin embargo,

es importante destacar que los tres primeros modos fundamentales son los más predominantes.

Análisis sísmico según la Norma E.030.

Según la N.T.P E.030 SENCICO (2020), el Perú está dividido en cuatro áreas según cómo han reaccionado estas áreas durante varios sismos, como se muestra en la Figura 2.

Estas áreas tienen un factor "Z" distinto.

Figura 2

Categoría de zona

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Nota: Recopilado de la NTP E.030, 2020.

Según la Norma E.030 SENCICO (2020), hay cinco perfiles de suelo diferentes para las condiciones del suelo, y su distribución depende de las características y el tipo de suelo.

Figura 3

Factor de Suelo "S"

ZONA	SUELO			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Nota: Recopilado de la N.T.P E.030, 2020.

Figura 4
Periodos T_p y T_l

	Perfil de suelo			
	S0	S1	S2	S3
T_p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T_l (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Nota: Recopilado de la N.T.P E.030, 2020.

Según la N.T.P E.030 SENCICO (2020), la variedad de prolongación sísmica que amplía la energía del sismo depende de las propiedades del sitio, por lo que este factor da forma el espectro, el factor tiene una variación “C” en función del periodo.

Ecuación 2. Cálculo de la variación del factor C.

$$C = 2.5 \quad T < T_p$$

$$C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right) \quad T_p < T < T_l$$

$$C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T_l} \right) \quad T^2 > T_l$$

Según N.T.P E.030 SENCICO (2020), define que para diferentes estructuras tienen un distinto desempeño ante un sismo, por ello, que las estructuras se clasifican dependiendo del tipo de uso de la siguiente manera categoría A, B, C y D, como muestra la Figura 5.

Figura 5
Factor U y categoría de edificación

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
A Edificaciones Esenciales	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Nota: Recopilado de la NTP E.030, 2020.

Según la Norma E.030 SENCICO (2020), los tipos de estructuras se agrupan de acuerdo con el material que se va a utilizar y también en su configuración estructural y redimensionamiento, definiendo un coeficiente de disminución de fuerza sísmica “Ro”, define la ductilidad del sistema estructural, incluyendo los diferentes amortiguamientos y la deformación del edificio en el rango observar en la Figura 6.

Figura 6
Sistema Estructural

Sistema Estructural	Coficiente Básico de Reducción R_0 (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

Nota: Recuperado de la NTP E.030, 2020.

Según la Norma E.030 SENCICO (2020), Considere que es muy posible que existan irregularidades en la planta y en la altura, lo que dificulta predecir el comportamiento ante un sismo. Por lo tanto, las estructuras pueden presentar varios tipos de irregularidades que deben ser identificadas mediante análisis sísmico para usar sus coeficientes que incrementan la cortante de diseño. El coeficiente de reducción "R" se calcula utilizando la ecuación 3 a continuación.

Ecuación 3. Coeficiente reductor R.

$$R = R_0 \times I_a \times I_p$$

R_0 : Sistema estructural

I_a : Irregularidad en altura

I_p : Irregularidad en planta.

Figura 7
Irregularidades estructurales de Altura (La)

<p>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p>	0,75
<p>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	
<p>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p>	0,50
<p>Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	
<p>Irregularidad de Masa o Peso Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0,90
<p>Irregularidad Geométrica Vertical La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0,90
<p>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento.</p>	0,80
<p>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10) Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total.</p>	0,60

Nota: Recuperado de la NTP E.030, 2020.

Figura 8

Irregularidades estructurales en Planta (Ip)

<p>Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ_{max}) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}).</p> <p>Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.</p>	0,60
<p>Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.</p>	0,90
<p>Discontinuidad del Diafragma La estructura se califica como irregular cuando los diafragmas tienen discontinuidades abruptas o variaciones importantes en rigidez, incluyendo aberturas mayores que 50% del área bruta del diafragma. También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.</p>	0,85
<p>Sistemas no Paralelos Se considera que existe irregularidad cuando en cualquiera de las direcciones de análisis los elementos resistentes a fuerzas laterales no son paralelos. No se aplica si los ejes de los pórticos o muros forman ángulos menores que 30° ni cuando los elementos no paralelos resisten menos que 10% de la fuerza cortante del piso.</p>	0,90

Nota: Recuperado de la NTP E.030, 2020.

Según el Código E.030 SENCICO (2020), se procede al Análisis Estático Lineal.

La ecuación 4 se utiliza para calcular el cortante estático "V".

Ecuación 4. Cálculo para la cortante estático.

$$V = \left(\frac{Z * U * C * S}{R} \right) * P$$

Donde:

Z = Zonificación.

U = Categoría del edificio.

C = Factor que amplifica el sísmico.

S = Categoría de Suelo.

R = Factor para la disminución de carga.

P = Masa del edificio.

Además, deberá cumplir con los siguientes requisitos:

$$C/R \geq 0.11.$$

Para hallar las fuerzas sísmicas por piso, se realiza mediante la siguiente fórmula.

Ecuación 5. Cálculo para las fuerzas sísmicas.

$$F_i = \alpha_i * V$$

$$\alpha_i = P_i(h_i)^k / \sum P_j(h_j)$$

El coeficiente "k" depende del intervalo:

$$T \leq 0.5s, k = 1.0$$

$$T > 0.5s, k = (0.75 + 0.5T)$$

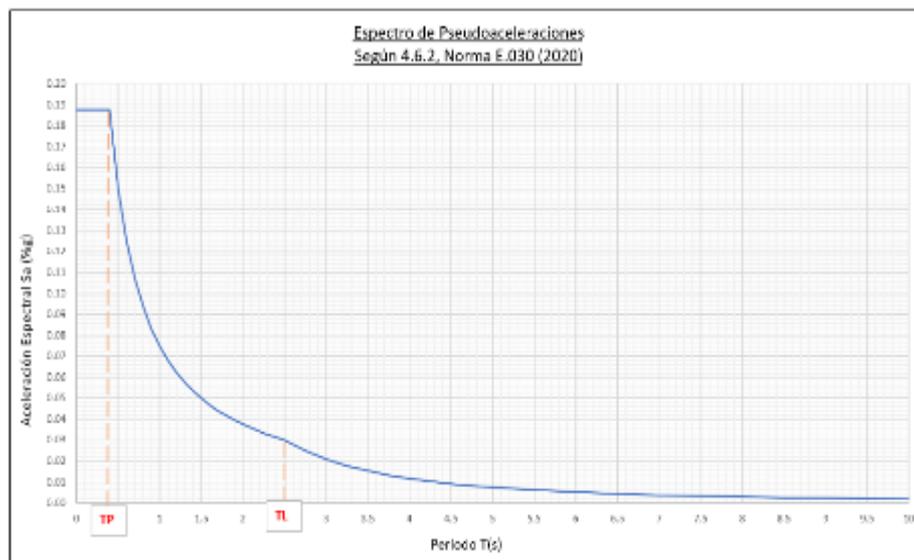
Según el código peruano E.030 SENCICO (2020), Para realizar el Análisis Dinámico, primero se establece el espectro de pseudoaceleración, que se muestra en la ecuación 6.

Ecuación 6. Cálculo el análisis dinámico espectral modal.

$$S_a = \left(\frac{Z * U * C * S}{R} \right) * g$$

Figura 9

Espectro de Pseudoaceleraciones.



La N.T.P E.030 SENCICO (2020), establece que los resultados de los desplazamientos de análisis lineal-elástico se multiplicarán por $0.75R$ para edificaciones regulares y por $0.85R$ para estructuras irregulares para pasar de un desplazamiento absoluto elástico y un desplazamiento absoluto inelástico. Esto se representa en la ecuación 7, que muestra los resultados de estos análisis.

Ecuación 7. Cálculo para decretar el desplazamiento absoluto inelástico

$$\Delta_{inelastico} = \Delta_{elastico} * 0.75 * R$$

De acuerdo con el código peruano E.030 SENCICO (2020), la ecuación 8 calcula las derivaciones de entrepiso y establece que el desplazamiento máximo de referencia de entrepiso no debe superar la fracción de la altura de nivel. El máximo desplazamiento también depende del material utilizado en la estructura.

Ecuación 8. Cálculo para determinar las derivas.

$$\text{Deriva} - \text{entrepiso 1} = \Delta_1 / h_1$$

$$\text{Deriva} - \text{entrepiso 2} = \Delta_2 - \Delta_1 / h_2$$

De acuerdo con el código peruano E.030 SENCICO (2020), para verificar el sistema estructural tienen parámetros sísmicos definidos para los muros deben prevalecer como elementos de resistencia sísmica y llevándose al menos el 70% de la cortante basal.

De acuerdo con el código peruano E.030 SENCICO (2020), el efecto de irregularidad en planta que debe ser verificada por la ecuación 9.

Ecuación 9. Cálculo para determinar la torsión en planta.

$$\Delta_{max} > 1.3 * \Delta_{promedio}$$

Nota: Si el mayor desplazamiento relativo entre pisos Δ máximo es mayor que 1.3 veces el desplazamiento relativo promedio entre los extremos de un solo piso, habrá torsión en la estructura, según la ecuación: La ratio es igual al máximo/al promedio.

1.1.2.2. Análisis Pushover

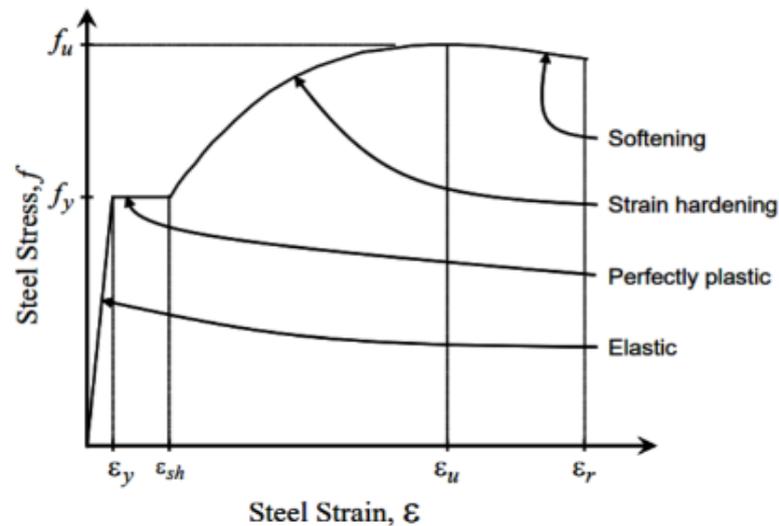
Modelos Esfuerzo-Deformación para el Acero de Refuerzo.

Modelo de curva completa.

Según Holzer et al. (1975), esta muestra proporciona una descripción más realista del comportamiento real del acero. La figura 10 ilustra las cuatro zonas separadas que componen la representación gráfica de la conexión entre tensión y deformación: una zona elástica, de plasticidad perfecta, de endurecimiento por deformación y de ablandamiento.

Figura 10

Curva de esfuerzo-deformación de acero estructural simple



Nota: Recuperado de Holzer et al, 1975.

Como lo sugirieron Richart et al. (1929), Se supone que la resistencia ilimitada del hormigón y la deformación asociada son iguales a f'_{co} y ϵ_{co} , y se considera que ($z_{co} = 0,002$).

Donde:

ϵ = Distorsión del acero.

f = Tensión en el acero.

E = Módulo elástico.

f_y = Límite elástico de acero.

f_u = Carga máxima del acero.

ϵ_{sh} = Distorsión al inicio del endurecimiento por deformación.

ϵ_u = deformación asociada con la tensión máxima del acero.

ϵ_r = Distorsión a la rotura del acero.

La distorsión elástica del acero se puede calcular calculando $\epsilon_y = f_y / E$.

Las siguientes ecuaciones definen la curva de tensión-deformación paramétrica simple del acero estructural:

Para $\epsilon \leq \epsilon_y$ y (área elástica),

$$f = E\epsilon$$

Para $\epsilon_y < \epsilon \leq \epsilon_{sh}$ (área admirablemente plástica),

$$f = f_y$$

Según Holzer et al. (1975). Para $\epsilon_{sh} < \epsilon \leq$

ϵ_r (área de endurecimiento y ablandamiento por *deformación*).

Ecuación 10. Área de endurecimiento.

$$f = f_y \left(1 + r \left(\frac{f_u}{f_y} - 1 \right) e^{(1-r)} \right)$$

Donde,

$$r = \frac{\epsilon - \epsilon_{sh}}{\epsilon_u - \epsilon_{sh}}$$

Modelo de esfuerzo y deformación del concreto

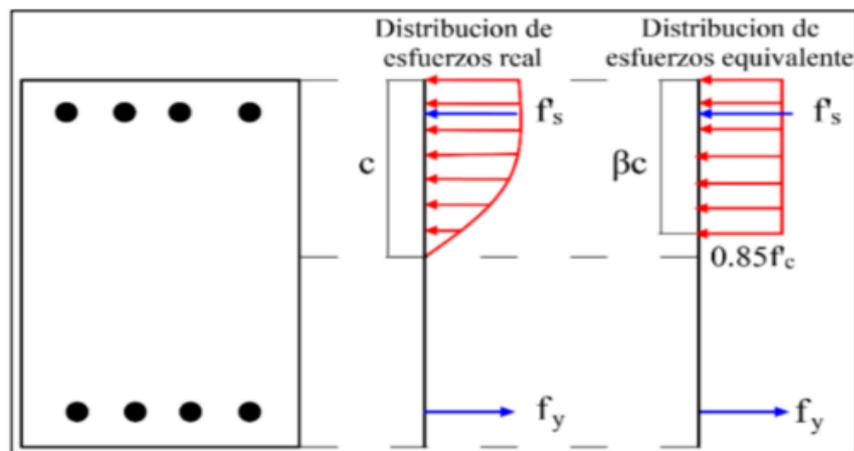
Esquemas para concreto no confinado – Confinado.

- **Modelo de Whitne**

La sugerencia de (S.C. Whitney, 1987) implica sustituir la forma rectangular del bloque de tensión original por una más simple en concreto que ha sido sometido a compresión (Ottazzi, 2003), ha mencionado anteriormente esta simplificación

Figura 11

Modelo para concreto no confinado.



Nota: Recuperado de Whitney, 1987.

Nota: β es 0.85 de concreto cuyo $f'c$ es menor a 280 kg/cm².

En donde:

f_c : Esfuerzo del concreto.

f'_c : Resistencia del concreto.

ϵ_c : Distorsión unitaria del concreto.

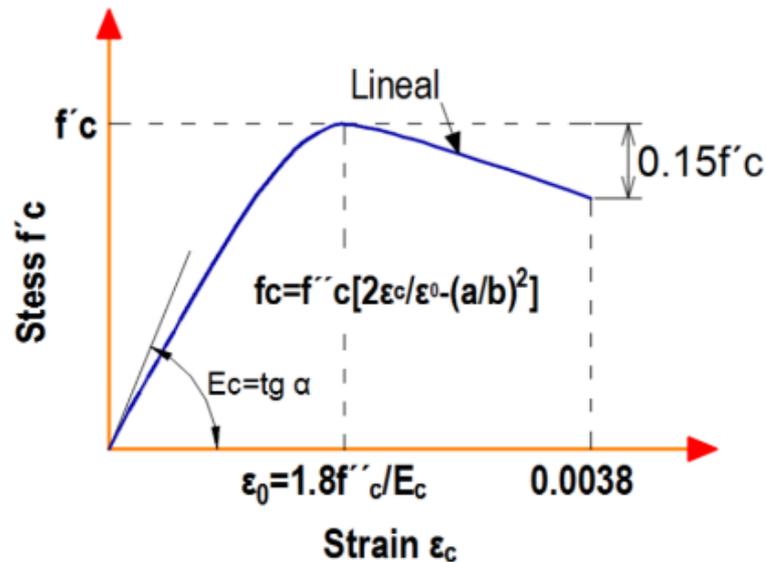
ϵ_{cu} : La última distorsión unitaria del concreto fue de 0.003.

- **Modelo de Hognestad**

Según Hognestad (1951), está dividido en 2 partes, la primera parte en forma parabólico de segundo grado y termina en $f'c$ con su deformación unitaria ϵ_0 ; y la otra parte de forma lineal, La deformación comienza en el punto más alto de la curva parabólica y termina cuando se alcanza una deformación unitaria de aproximadamente $\epsilon_{cu} \approx 0.0038$, con un esfuerzo de $0.85f'$.

Figura 12

Modelo para concreto no confinado



Nota: Recuperado de Hognestad, 1951.

Se clasifica:

$f'c$: Resistencia a la compresión del hormigón.

E_c : Módulo de elasticidad del hormigón.

ϵ_{CU} : Distorsión inherente máxima del concreto aproximadamente igual a 0.0038.

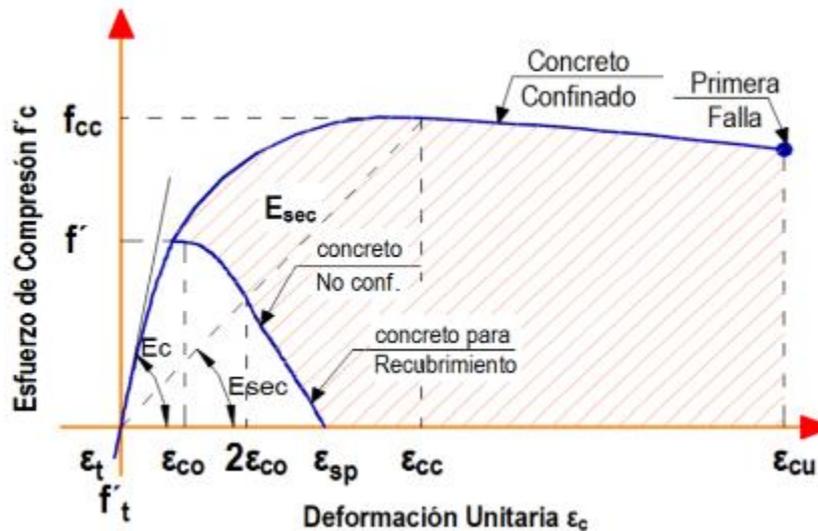
ϵ_0 : Distorsión inherente para $f'c$ igual a $2f'c/E_c$.

- **Modelo de Mander**

De acuerdo con la investigación de Mander (1988), se ha propuesto una ecuación fundamental para la carga de compresión monótona que proporciona una visión unificada del comportamiento tensión-deformación del hormigón confinado, aplicable a elementos de forma tanto circular como rectangular y con refuerzo transversal. Esto ha permitido el descubrimiento de diversas variedades de curvas de deformación por tensión. La Figura 13 muestra una comparación entre las curvas de concreto confinado y no confinado.

Figura 13

Comparación de los modelos esfuerzo deformación para un concreto simple y uno confinado.



Nota: Recuperado Mander et al., 1988.

Se clasifica:

f_c : Resistencia máxima del concreto.

f_{cc} : Resistencia máxima del concreto confinado.

ϵ_{cc} : Deformación unitaria en el punto de carga máxima a compresión

f_l : Esfuerzo de confinamiento efectivo lateral.

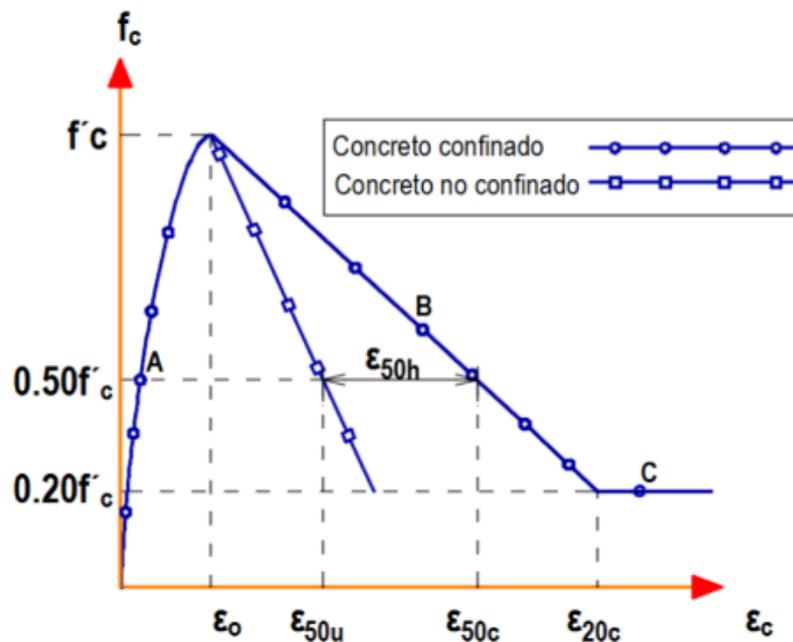
ϵ_{cu} : Deformación unitaria máxima del concreto confinado.

- **Modelo de Kent y Park Modificado**

Según Park et al. (1982), el hormigón se describe en tres secciones diferentes. La región parabólica de tensión máxima es la primera zona conectada a f'_c y se alcanza con una deformación unitaria de ϵ_0 , lo que equivale aproximadamente a 0,002. La resistencia del pilar de hormigón, la cantidad de refuerzo horizontal (apoyos) y el espacio entre los apoyos determina la pendiente de este segmento. Una línea descendente que desciende hasta $0,20$ de f'_c forma la segunda zona. No se cree que la tercera zona sea el punto exacto de ruptura porque muestra deformación, pero no puede absorber la tensión.

Figura 14

Modelo para concreto confinado.



Nota: Recuperado de Park, Priestley y Gill, 1988.

En donde:

f'_c : El concreto debe tener una resistencia específica a la compresión.

ϵ_0 : La deformación unitaria relacionada con la resistencia máxima a compresión (f'_c) del concreto es de alrededor de 0.002.

bC : Longitud de la sección.

ϵ_{CU} : La deformación unitaria máxima en el concreto es aproximadamente 0.0038.

S : Separación de los estribos.

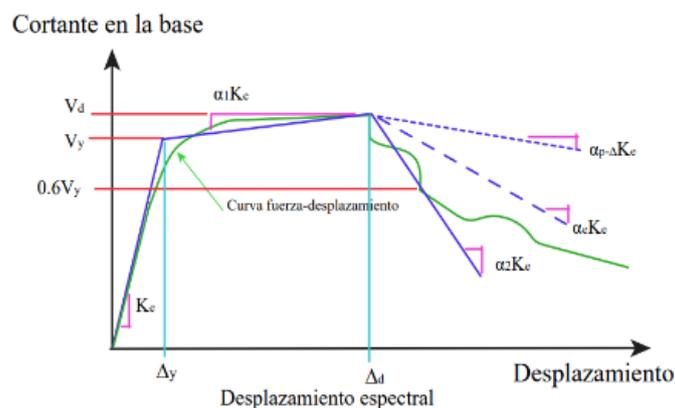
ρ_s : La proporción de volumen del acero confinado en comparación con el concreto confinado.

1.1.2.3. Curva de capacidad:

De acuerdo con las recomendaciones ASCE/SEI 41-17 (2017), la curva de fuerza-desplazamiento teórico para sistemas no estructurales (NSP) reemplazará la relación no lineal entre el desplazamiento del nodo de control y el cortante base por una relación perfecta. La figura 15 muestra la conexión ideal utilizada para determinar la rigidez de la estructura (K_e), la resistencia lateral efectiva y el límite elástico efectivo de acuerdo con las pautas.

Figura 15

Curvas idealizadas de fuerza-desplazamiento.



Nota: Recuperado de ASCE/SEI 41-17, 2017.

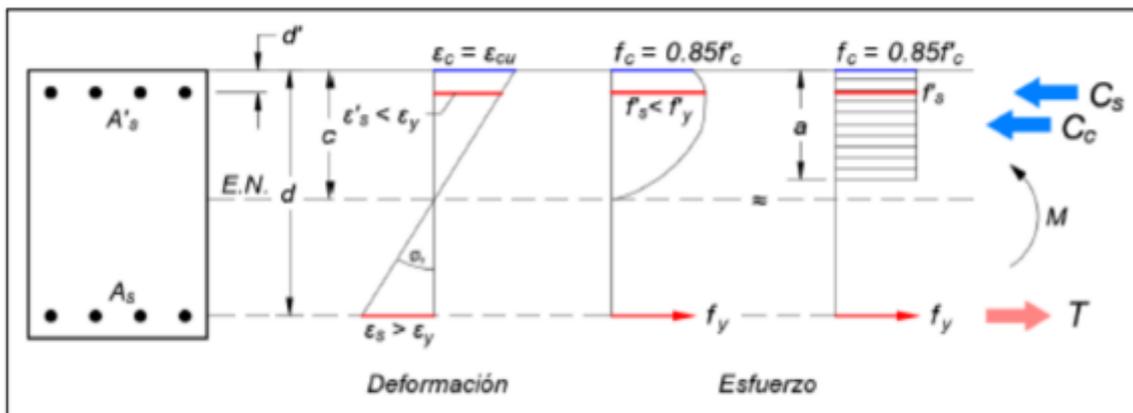
1.1.2.4. Diagrama Momento-Curvatura:

Para evaluar las características y la capacidad de deformación de cualquier

componente de hormigón cuando se somete a flexión, es fundamental considerar factores como el agrietamiento, la elasticidad y el agotamiento teniendo en cuenta los momentos a los que está expuesto. Según Whitney (1978), el gráfico M- (Momento-Curvatura) muestra estos elementos. Para garantizar una ductilidad aceptable, es fundamental mantener un control preciso de la cantidad de refuerzo en las áreas de tracción y compresión.

Figura 16

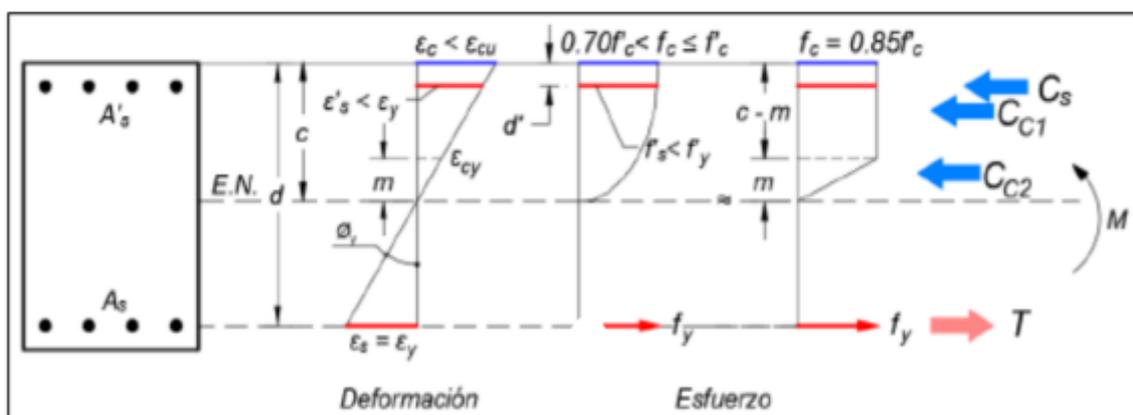
Comportamiento del acero y el concreto en situaciones de cedencia



Nota: Recuperado de Whitney, 1987.

Figura 17

Comportamiento del acero y concreto en condición de fluencia

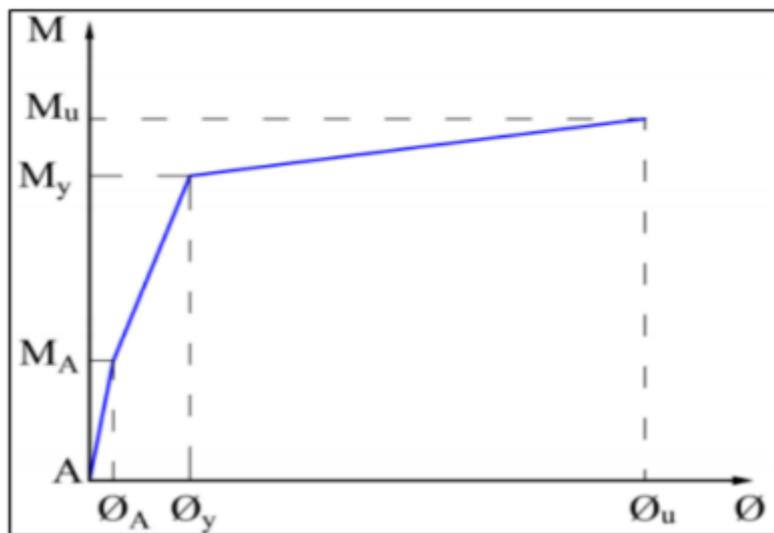


Nota: Recuperado de Whitney, 1987

Existe una relación lineal entre el momento y la curvatura cuando los momentos aplicados a una dovela de hormigón armado son menores que el momento de fisuración

(MA). Una vez que la sección se divide, esta relación permanece aproximadamente lineal, aunque con una pendiente alterada, hasta que se logre el límite elástico del acero (M_y) o el agotamiento del hormigón (M_u). La sección puede continuar distorsionando hasta que el hormigón alcance la tensión máxima (M_u) si el acero llega primero a su límite (Ottazzi, 2011).

Figura 18
Diagrama Momento-Curvatura



Nota: Recuperado de Ottazzi, 2011.

- Condición de agrietamiento (ϕ_A, M_A).
- Condición de fluencia (ϕ_y, M_y).
- Condición de agotamiento o ultimo (ϕ_u, M_u).

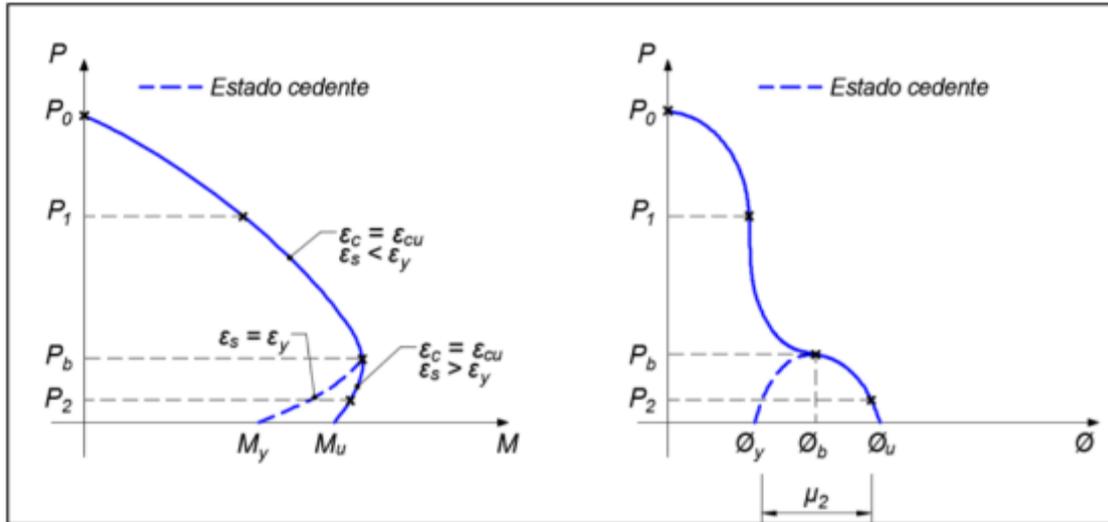
Diagrama Momento-Rotación:

Se deben examinar las características elásticas y de rotura de una sección de concreto expuesta a flexión y compresión para determinar su suficiencia de reacción y distorsión. Las características elásticas y de rotura de una sección de concreto están afectadas por la carga axial presente El diagrama de interacción muestra la relación entre la carga y el momento en el eje PM y la curvatura en el eje P. Incluso dentro del rango

de falla regulada por tensión, la sección demuestra ductilidad cuando la fuerza normal es menor que el punto de falla de equilibrio en flexión-compresión (Ottazzi, 2010).

Figura 19

Diagrama Fuerza axial - Curvatura y Ductilidad de sección en Flexo - Compresión



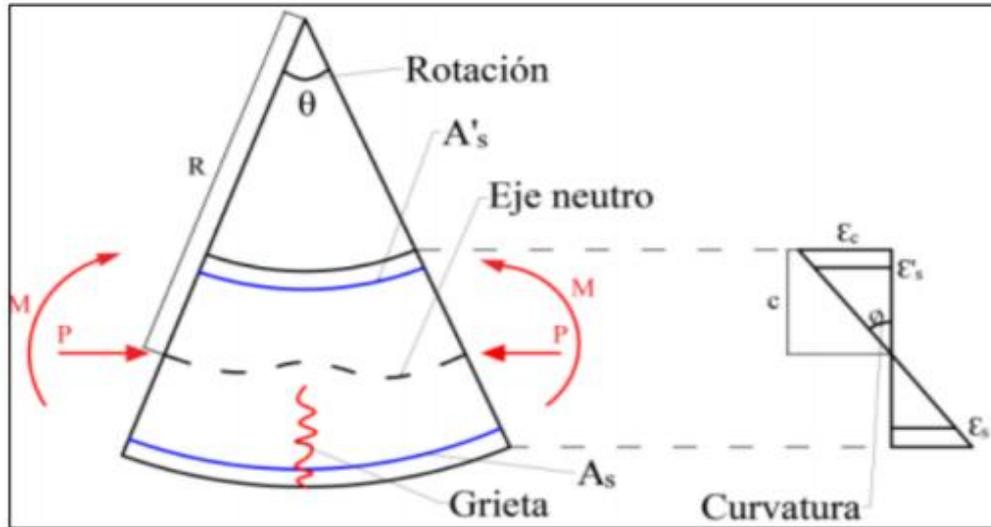
Nota: Recuperado de Ottazzi, 2011.

El diagrama M se puede utilizar como guía para calcular la rotación inelástica entre dos puntos a lo largo del elemento en la vecindad de la rótula plástica. La longitud equivalente, también conocida como L_p , es la longitud de fluencia equivalente. Sin embargo, es importante recordar que esta longitud también tiene en cuenta las grietas de corte diagonales que no se consideraron al crear el diagrama M . Además, el deslizamiento y la deformación del acero cerca de las fracturas no se tienen en cuenta. debido al concreto sin grietas. Ottazzi (2011) señaló que, como resultado, la rotación inelástica proyectada suele ser más alta de lo que realmente ocurre.

Un diagrama $M - \theta$ simplificado y normalizado está autorizado por los códigos ASCE/SEI 41-17 y ATC-40.

Figura 20

Curvatura y Rotación de un elemento



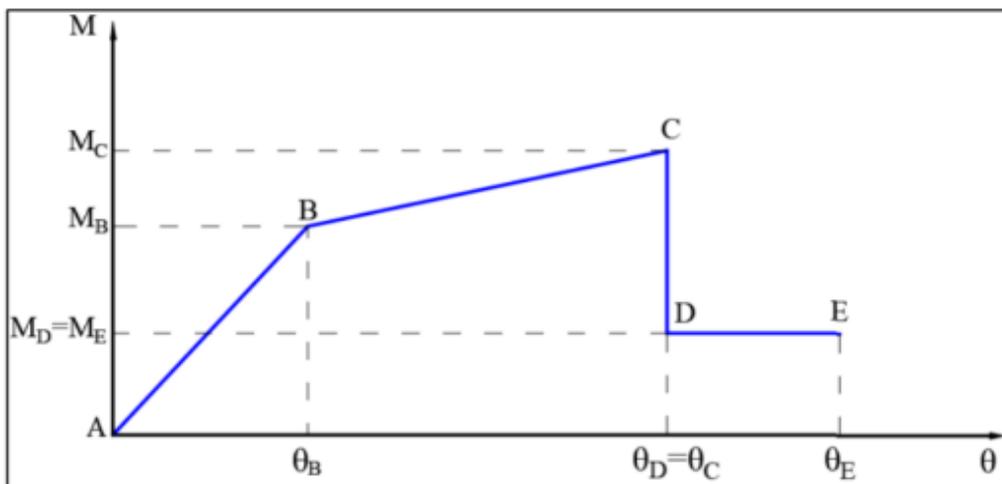
Nota: Recuperado Ottazzi, 2011.

Diagrama Simplificado Momento-Rotación:

De acuerdo con ASCE/SEI 41-17 (2017), la noción de Momento-Rotación (M-R) se emplea en la construcción de un solo elemento donde el número de secciones en la estructura requiere el uso de diagramas aerodinámicos que unen los puntos evaluados por líneas rectas. Es vital tener en cuenta que estos diagramas aproximados solo pretenden representar una parte de la complejidad de la actividad real de los elementos.

Figura 21

Diagrama Momento-Rotación simplificado



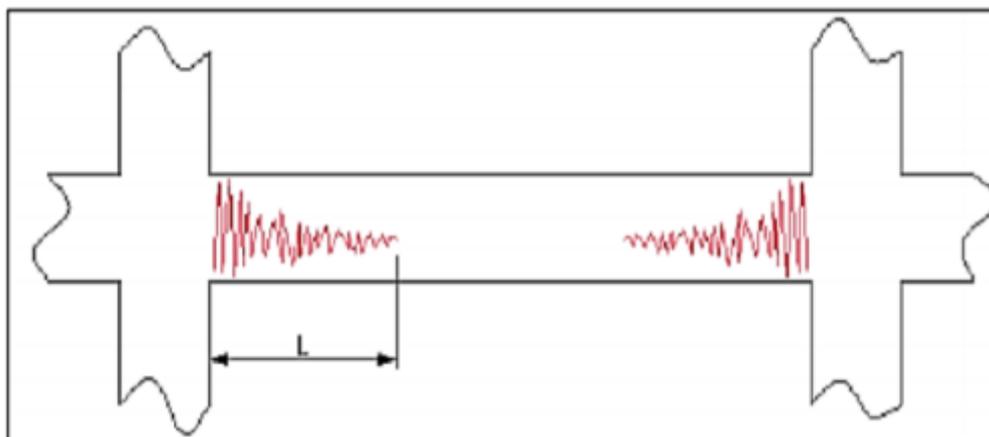
Nota: Recuperado de ASCE/SEI 41-17, 2017.

1.1.2.5. Rótulas Plásticas:

Normalmente, todas las deformaciones inelásticas se concentran en una región de equivalencia de caída, lo que da la impresión de que la caída y la curvatura son constantes. Por este motivo, se denomina rótula plástica, siendo apropiada la longitud en forma de "L". Otro método para determinar la longitud L en columnas y vigas típicas es multiplicarla por 0,5 veces la altura del elemento ($L = 0,5h$). Según Burgos Namuche en 2007, para lograr un correcto refuerzo de la rotación inelástica, el refuerzo del rotor en forma de L debe colocarse a una distancia constante dentro de la zona de ductilidad, donde son necesarios ciertos parámetros de refuerzo particulares.

Figura 22

Formación de Rótulas plásticas en vigas



Nota: Recuperado de Aguilar, 2008.

Es necesario caracterizar el diseño y comportamiento de las rótulas plásticas para realizar un método pushover. Los estándares ASCE 41-17 proporcionan una variedad de parámetros relacionados con estas uniones.

a = Distorsión inelástica estable.

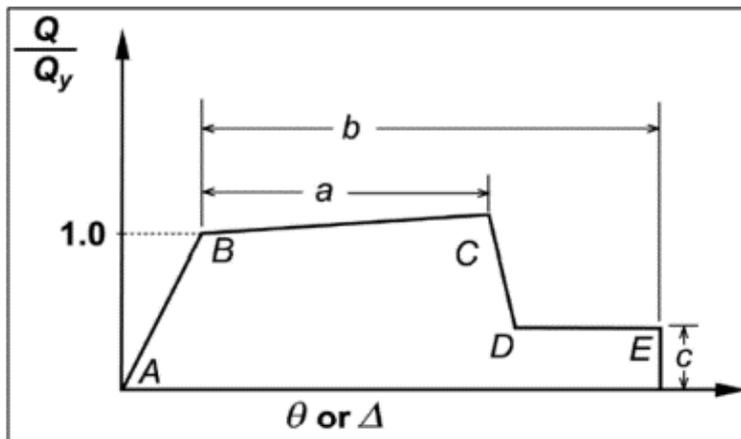
b = Distorsión total hasta el punto de colapso.

c = Resistencia residual.

Vigas.

Las tensiones, la curvatura, la rotación y la longitud de esta curva son representaciones directas de sus tensiones. Es crucial enfatizar que estas deformaciones pueden presentarse de muchas maneras dependiendo de la situación y las características únicas del sistema que se está estudiando.

Figura 23
Momento Curvatura en vigas

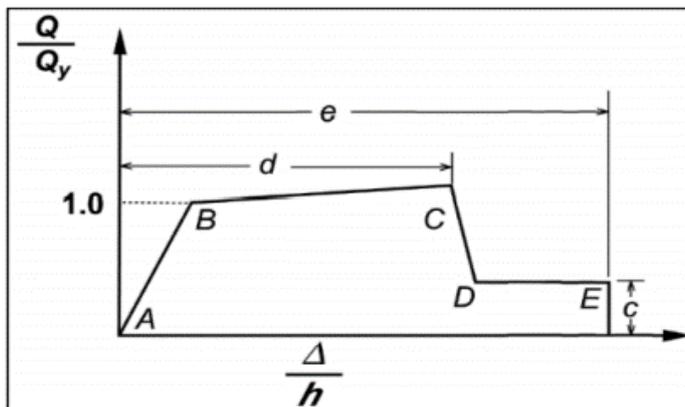


Nota: Recuperado de ASCE/SEI 41-17, 2017.

Columnas.

La cortante y la relación de desplazamiento relativo entrepiso representan las deformidades de esta curva.

Figura 24
Momento Curvatura en columnas

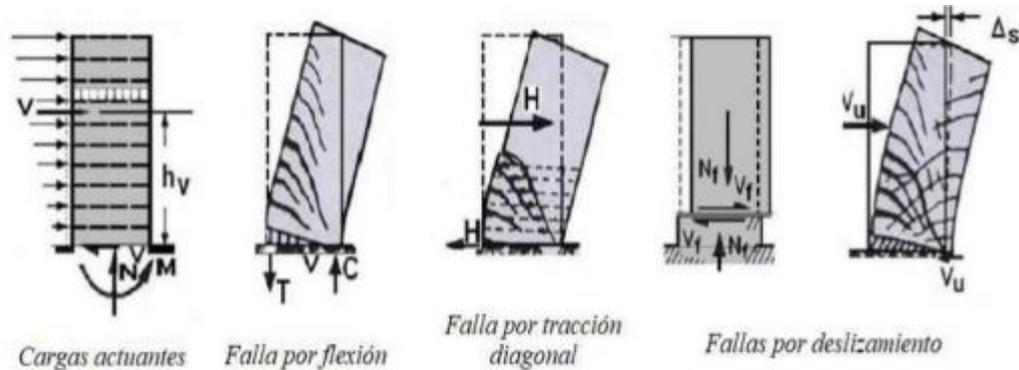


Nota: Recuperado de ASCE/SEI 41-17, 2017.

Muros.

Figura 25

Clasificación de falla en muros de corte.



Nota: Recuperado de Blanco, 1994.

1.1.2.6. Desempeño sísmico propuesta del ATC - 40.

Esta es una de las muchas combinaciones de niveles que se han creado para elementos estructurales, así como sus niveles equivalentes para elementos no estructurales, que se han creado de forma independiente. Es importante enfatizar que cada nivel se crea y selecciona por sí solo, teniendo en cuenta las características y necesidades distintivas de cada tipo de elemento.

Niveles de desempeño para Elementos Estructurales: SP= Structural Performance.

- **SP-1. Inmediata ocupación:** Es posible que se hayan producido muy pocos daños estructurales, pero no hubo víctimas y el edificio funcionaba con normalidad.
- **SP-2. Daño controlado:** La estructura se encuentra en un estado de deterioro que se encuentra entre la ocupación urgente y la seguridad. Si bien la vida de los ocupantes no está en riesgo, pueden sufrir algunas consecuencias negativas.
- **SP-3. Seguridad:** Después de un sismo, los daños no exceden los límites de

seguridad establecidos para evitar el colapso parcial o total de la estructura. Sin embargo, los daños parciales tanto internos como externos a la estructura pueden ser lo suficientemente débiles como para causar lesiones. Después del sismo, el estado se encuentra en un estado de daño que está entre los niveles de ocupación inmediata y seguridad. Aunque la vida de los residentes no se ve afectada, directamente pueden sufrir cierta afectación.

- **SP-4. Seguridad limitada:** Es posible que sea necesario reforzar algunas partes específicas para proporcionar un grado adecuado de seguridad. Se refiere al nivel de daño que se produce entre los límites de seguridad y estabilidad del edificio.
- **SP-5. Estabilidad estructural:** Esta clasificación muestra el nivel de daño causado durante un terremoto, cuando el sistema estructural está a punto de colapsar por completo o parcialmente. Los componentes estructurales han sufrido daños significativos, perdiendo resistencia y rigidez.
- **SP-6. No Considerado:** A pesar de que no es una categoría de desempeño, puede ser útil en situaciones en las que se debe evaluar el daño causado por un terremoto y elementos no estructurales. El nivel de desempeño para los componentes no estructurales es: El desempeño del NP no es estructural.
- **NP-A. Operacional:** Los componentes no estructurales, como equipos y sistemas de construcción, quedaron ilesos y continuaron funcionando normalmente después del terremoto.
- **NP-B. Inmediata ocupación:** A pesar de la posibilidad de que ocurran ciertas anomalías mientras la maquinaria y el equipo están en uso, los componentes del sistema no estructurales aún están en su lugar.

- **NP-C. Seguridad de Vida:** A pesar de que no colapsa ni pone en peligro la seguridad humana, daña gravemente una serie de elementos no estructurales tanto dentro como fuera de la estructura. La maquinaria y el equipo pueden dañarse, pero también se pueden reemplazar.
- **NP-D. Amenaza:** Sí causan daños significativos a los materiales, contenidos y sistemas no estructurales, pero no causan el colapso o la degradación de piezas grandes como barandas y paredes exteriores de mampostería, entre otras cosas. Pero pueden dañar a personas, no solo a grupos.
- **NP-E. No Considerado:** La ausencia de un nivel de desempeño correspondiente a las partes no estructurales indica que no se ha llevado a cabo una evaluación de estas partes.

Figura 26

Niveles de desempeño para las estructuras.

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

Nota: Recuperado de ATC-40, 1996.

- **Operacional (1-A):** Si bien el sistema y partes no estructurales muestran daños que impiden que funcione correctamente la estructura después del terremoto, el daño sufrido por la estructura es limitado y no tiene impacto en su integridad estructural.
- **Ocupación Inmediata (1-B):** El nivel de desempeño generalmente aceptado para infraestructura crucial es Clase A. A pesar del daño potencial a su funcionamiento, se anticipa que muchos de los hábitats y sistemas de la estructura pueden continuar usándose después de un terremoto. Sin embargo, la seguridad de los ciudadanos todavía está garantizada.
- **Seguridad de Vida (3-C):** Las posibilidades de lesiones humanas son extremadamente baja ya que el edificio se comporta como se esperaba al cumplir con los criterios de resistencia. Tanto las características estructurales como las no estructurales, tales como acabados y fachadas, presentan algunos signos de degradación que pueden provocar fallas y poner en peligro la seguridad del edificio y sus ocupantes.
- **Estabilidad estructural (5-E):** El sistema sometido a esfuerzos laterales genuinos ha llegado al límite de su margen de seguridad, y la probabilidad de colapso en caso de posibles duplicados es significativa. Sin embargo, el sistema sometido a cargas puntuales sigue funcionando eficazmente para mantener la estabilidad del edificio. Debido a que los componentes estructurales han sufrido grandes daños, los daños no estructurales no requieren investigación. Se recomiendan las evacuaciones y, en ciertas situaciones, la destrucción de estructuras, ya que no se puede asegurar que los residentes o transeúntes sean honestos.

1.1.2.7. Desempeño sísmico propuesta del ASCE/SEI 41-17.

La creación de un sistema alfanumérico de niveles de desempeño que integre el desempeño estructural y no estructural es el objetivo principal. La siguiente es una descripción de cada nivel:

- **Ocupación Inmediata (S-1):** Cuando una estructura mantiene su rigidez y resistencia después de un terremoto, significa que es segura para ocupar.
- **Control de daños (S-2):** Los daños de un terremoto se clasifican como niveles S-1 o S-3 de daños de ocupación inmediata.
- **Seguridad de vida (S-3):** El grado de daño determina la capacidad del edificio para resistir el colapso parcial o total.
- **Seguridad Limitada (S-4):** Se clasifica por su nivel de daño, que se encuentra entre los niveles de seguridad de vida (S-3) y prevención de colapso (S-5).
- **Prevención de Colapso (S-5):** Indica el grado de daño en el que la estructura ha perdido su resistencia y rigidez, pero todavía puede soportar cargas graves sin un margen de seguridad contra el colapso.
- **No Considerado (S-6):** Esto indica que no se ha considerado la supervisión o refuerzo de la estructura.
- **Rango Seguridad Mejorada:** Describe los niveles de daño entre el nivel de ocupación inmediata (S-1) y el nivel de seguridad de la vida (S-3).
- **Rango Seguridad Reducida:** Hay un espectro continuo de daño entre los niveles de seguridad de vida (S-3) y prevención de colapso (S-5).

Rangos y Niveles de Desempeño No Estructural

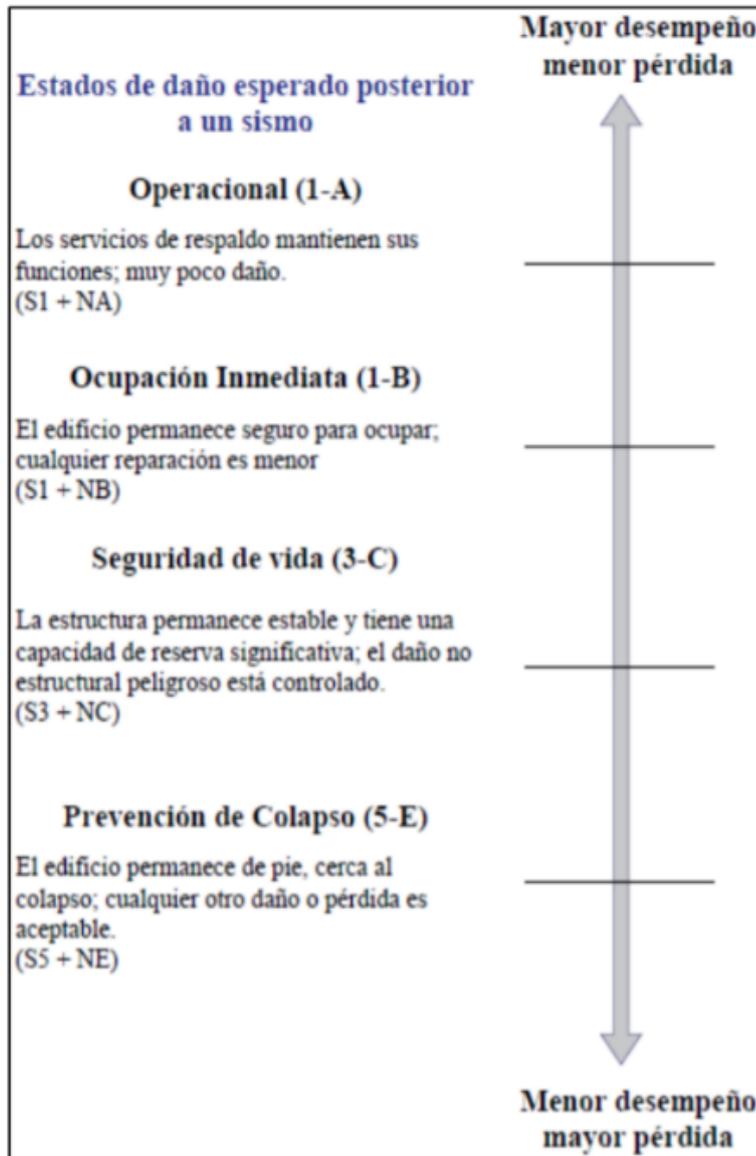
Se elegirá el nivel de desempeño no estructural de los cinco niveles de seguridad de desempeño no estructural. Los siguientes niveles se describen:

- **Operacional (N-A):** Nivel de deterioro luego de un sismo en el que las partes no estructurales pueden permanecer funcionales.
- **Conservación de calidad (N-B):** El nivel dañado posterior de un sismo en las partes no estructurales quedan dañadas, por el cual pueden dejar de ser funcionales, sin embargo, se queda en su lugar, manteniéndose segura.
- **Seguridad de vida (N-C):** Refleja la magnitud del efecto de un terremoto en el que los materiales no estructurales pueden sufrir daños, pero no ponen en peligro la vida humana. Es crucial recordar que estos daños pueden comprometer la operación y el uso adecuado de los componentes no estructurales.
- **Riesgos reducidos (N-D):** No se realiza supervisión ni refuerzan todos los elementos no estructurales en uno de los rangos indicados.
- **No considerado (N-E):** No considera el armazón.

Identificar los niveles de desempeño de la estructura evaluada. Un número que representa la resistencia estructural, un rango y una letra indican el rango de fatiga de la estructura de su objetivo.

Figura 27

Estados de daño esperado posterior a un sismo



Nota: Recuperado de ASCE/SEI 41-17, 2017.

1.1.2.8. Niveles de Amenaza Sísmica propuesta del ATC-40.

El ATC-40 indica tres niveles diferentes de peligro sísmico para la construcción de estructuras:

- **Sismo de Servicio (SS):** Describe un terremoto que es de tamaño bajo a moderado, ocurre con más frecuencia del 50% del tiempo durante un período de 50 años y regresa en promedio después de alrededor de 72 años. La

magnitud del terremoto en este nivel es aproximadamente la mitad del terremoto relacionado con el terremoto de diseño. Esto es así porque hay menos rigidez y un movimiento más frecuente.

- **Sismo de Diseño (SD):** Es comparable a un sismo de moderado a fuerte que tiene una probabilidad del 10% de ocurrir, una duración de más de 50 años y se espera que se repita en promedio cada 75 años. Es probable que se produzca al menos un terremoto de esta magnitud durante la vida útil de la estructura.
- **Sismo Máximo (SM):** El tiempo de retorno promedio es de alrededor de 975 años y tiene una probabilidad de ocurrencias del 5% durante 50 años. Un movimiento de gran tamaño o muy severo lo caracteriza. Este nivel sísmico representa un rango de movimiento establecido en el código de diseño que es alrededor de 1,25 a 1,50 veces la magnitud del terremoto relacionado con el terremoto de diseño.

1.1.2.9. Niveles de Amenaza Sísmica propuesta del ASCE/SEI 41-17.

Sismo con un periodo de retorno medio de 72 años y una probabilidad de excedencia del 50% en 50 años.

- **BSE-1E:** Tiene una probabilidad de ocurrencia del 5% durante 50 años y un tiempo de retorno típico de alrededor de 975 años. Un movimiento de un tamaño severo o muy severo lo distingue. Este nivel sísmico representa un rango de movimiento especificado en el código de diseño que es alrededor de 1,25 a 1,50 veces la magnitud del terremoto relacionado con el terremoto de diseño.
- **BSE-2E:** Es un terremoto con un 5% de posibilidades de ocurrir más de una vez cada cincuenta años y un tiempo de regreso promediando unos novecientos setenta y cinco años. No debería superar la magnitud del terremoto BSE-2N.-2N.

- **BSE-1N:** Se compone de aproximadamente dos tercios de la BSE-EN. Es el terremoto de diseño de ASCE 7. Se destaca por tener un tiempo de retorno promedio de alrededor de 475 años y una probabilidad de retorno de alrededor del 10% en 50 años.
- **BSE-2N:** El Máximo Riesgo de Movimiento (CEFR), que es 1.5 veces el sismo de diseño descrito en la sección 11.4 de ASCE 7-16 del código, se menciona específicamente. Se puede comparar un sismo con este MCER del 2 % en 50 años y un periodo de retorno medio de unos 2475 años.

1.1.2.10. Objetivos del Diseño por Desempeño.

Propuesta del Comité VISION 2000

El comité VISION 2000 usa el intervalo de recurrencia medio y la probabilidad de excedencia para describir los movimientos sísmicos de diseño. El intervalo de recurrencia medio representa el promedio de tiempo entre sismos que causan daños significativos. Por ejemplo, 475 años indica el tiempo promedio entre un sismo de cierta severidad. La probabilidad de excedencia, como un 10% en 50 años, muestra la posibilidad estadística de que prevenga un sismo con mayor severidad en un período específico. El período de retorno (intervalo de recurrencia) TR se relaciona directamente con la probabilidad de excedencia pe para un número de años específicos mediante una fórmula.

$$TR = -\frac{t}{\ln(1 - pe)}$$

Donde:

R: Periodo de Retorno (años)

t: Tiempo de exposición (años)

pe: Probabilidad de Excedencia.

Con el propósito de diseñar edificios, VISION 2000 (1995), divide los terremotos en cuatro categorías: Frecuentes (Recurrencia 43 años; Probabilidad de excedencia 50% en 30 años), Ocasional (Recurrencia 72 años; Probabilidad de excedencia 50% en 50 años), Raros (Recurrencia 475 años; Probabilidad de excedencia 10% en 50 años) y Muy Raros (Recurrencia 950 años; Probabilidad de excedencia 10% en 100 años).

Se puede calcular el valor de conversión entre dos niveles de sismo distintos tomando en cuenta sus períodos de recurrencia, usando la siguiente fórmula:

$$FC = \left(\frac{T1}{T2}\right)^k$$

Donde:

T1: Recurrencia del sismo de diseño

T2: Recurrencia del sismo objetivo

k: Factor que varía entre 0.3 y 0.4.

Figura 28
Nivel de desempeño de la estructura por el SEAOC

Movimiento sísmico de diseño	Nivel de desempeño sísmico de la estructura			
	Totalmente Operacional	Operacional	Seguridad de vida	Prevención de colapso
Frecuente (43 años)	1	0	0	0
Ocasional (72 año)	2	1	0	0
Raro (475 años)	3	2	1	0
Muy raro (950 años)	-	3	2	1

0. Desempeño inaceptable
 1. Estructuras básicas o Comunes
 2. Estructuras esenciales / riesgosas
 3. Estructuras de seguridad crítica

Nota: Recuperado de SEAOC Visión 2000, Committé, 1995.

Figura 29

Desempeño relacionado con los parámetros de demanda.



Nota: Recuperado de SEAOC Visión 2000, Committé, 1995.

Figura 30

Características del nivel de desempeño

Estado de Daño	Nivel de Desempeño	Características principales
Despreciable	Totalmente operacional	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Las instalaciones continúan prestando sus servicios y funciones después del sismo.
Ligero	Operacional	Daños ligeros. Las instalaciones esenciales continúan en servicios y las no esenciales pueden sufrir interrupciones de inmediata recuperación
Moderado	Seguridad	Daños moderados. La estructura sufre daños, pero permanece estable. Seguridad de ocupantes. Algunos elementos no estructurales pueden dañarse
Severo	Pre-Colapso	Daño estructural severo, en la proximidad del colapso estructural. Falla de elementos no estructurales. Seguridad de ocupantes comprometida
Completo	Colapso	Colapso estructural

Nota: Recuperado de SEAOC Visión 2000, Committé, 1995.

Propuesta del ATC-40:

El ATC-40 se utiliza para diseñar estructuras en tres niveles de movimiento sísmico: servicio, diseño y máximo. Las características principales de cada uno de estos tres tipos de terremotos se describen a continuación. Las letras S, D y M simbolizan los términos servicio, diseño y máximo (Villanueva, 2009).

Figura 31

Objetivos de desempeño de seguridad básica para estructuras convencionales

Movimiento sísmico de diseño	Niveles de Desempeño del Edificio			
	Operacional	Ocupación Inmediata	Seguridad	Estabilidad Estructural
Sismo de Servicio, SE	-	-	-	-
Sismo de Diseño, SD	-	-	✓	-
Sismo Máximo, ME	-	-	-	✓

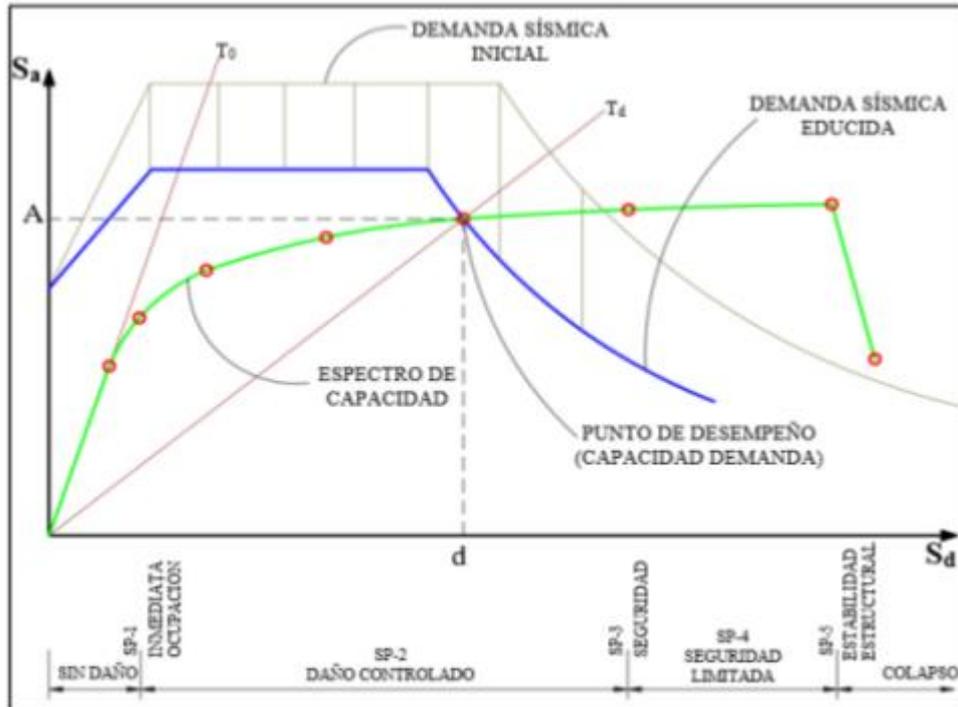
Nota: Recuperado de ATC-40,1996.

1.1.2.11. Métodos para estimar el punto de desempeño.

Método del Espectro Capacidad ATC - 40

Expresar la capacidad de una estructura para soportar cargas laterales en términos de aceleraciones y desplazamientos es parte del enfoque del espectro de capacidad propuesto por Freeman. Este método se utiliza para trazar la curva de capacidad y la demanda sísmica en todo el rango de aceleraciones. Se puede comparar estos dos espectros para evaluar el nivel de rendimiento del edificio. Para que los hallazgos sean más fáciles de comunicar y analizar, este método se utiliza con frecuencia en el formato espectral de aceleración-desplazamiento (ADRS).

Figura 32
Espectro de Capacidad-Demanda



Nota: Recuperado de ATC-40,1996.

Conversión de la curva de capacidad en espectro de capacidad:

La curva de potencia se presenta inicialmente como un corte basal frente a un desplazamiento máximo, por lo que es necesario transformarla al formato ADSR. El resultado de esta conversión es la creación de una curva de capacidad que se encuentra dentro del espectro de capacidad. Para realizar esta conversión, se utilizan las siguientes ecuaciones:

Ecuación 11. Cálculo de aceleración espectral.

$$S_a = \frac{V/W}{\alpha 1}$$

Ecuación 12. Desplazamiento espectral.

$$S_d = \frac{\Delta tope}{PF1\phi tope.1}$$

$$PF1 = \frac{\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}) / g}{\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}^2) / g}$$

$$\alpha_1 = \frac{(\sum_{i=1}^N (w_i \phi_{i1}) / g)^2}{(\sum_{i=1}^N \frac{w_i}{g}) (\sum_{i=1}^N ((w_i \phi_{i1}) / g))}$$

Donde:

W: masa de la estructura.

V: Cortante basal

N: Nivel superior.

PF1: Modo fundamental natural 1.

α_1 : Masa modal del modo 1.

w_i/g : Masa aplicada al nivel i.

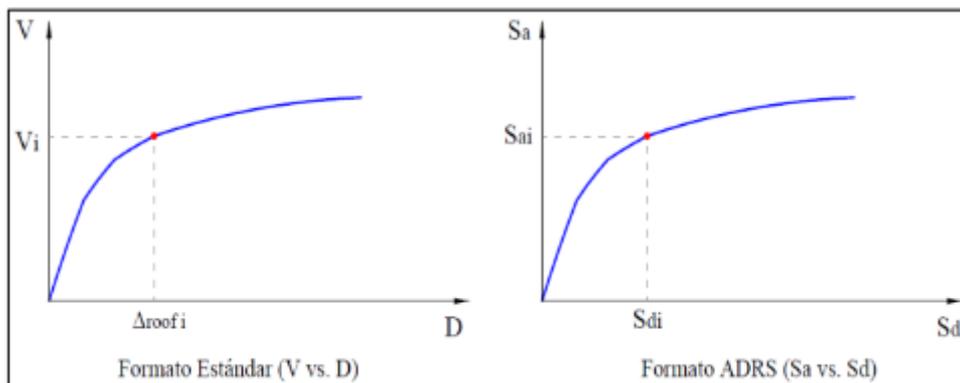
$\phi_{i, 1}$: Desplazamiento del modo 1 en el nivel i del nivel por el modo 1.

Δ_{tope} : desplazamiento en el tope (techo) de la curva de capacidad (para cada valor de corte basal V)

Esto se debe realizar punto a punto. Cálculo de S_{ai} y S_{di} .

Figura 33

Conversión de la Curva de Capacidad a formato ADRS.



Nota: Recuperado de ATC-40,1996.

La fórmula siguiente se puede usar para encontrar el período T en cada punto del espectro ADRS. Esta fórmula se puede usar después para convertir la curva de capacidad al formato ADRS (ATC-40, 1996).

Ecuación 13. Cálculo del Periodo.

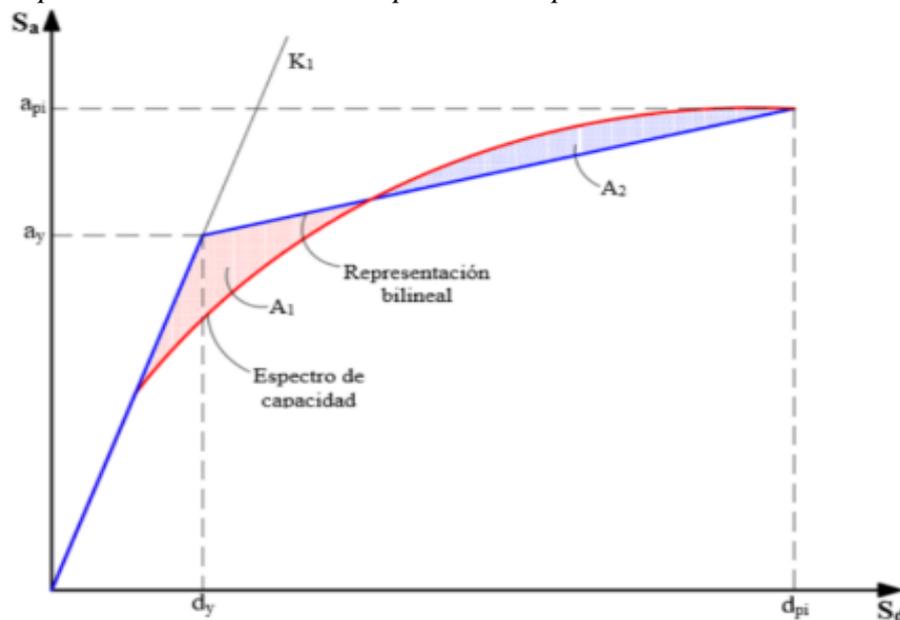
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{Sd}{Sa}}$$

Construcción de la representación bilineal del espectro de capacidad

Para realizar la representación bilineal, se crea una línea desde el principio con una pendiente igual a la rigidez inicial de la estructura. Se dibuja una segunda línea desde el punto de representación predicho a_{pi} , d_{pi} para cruzar la primera línea en los puntos a_y , d_y . El objetivo es hacer que el área A_1 de la figura anterior, que se especifica, sea igual al área A_2 . Balanceando las áreas A_1 y A_2 , podemos mostrar gráficamente la energía de igual amplitud asociada con cada porción.

Figura 34

Representación bilineal del espectro de capacidad



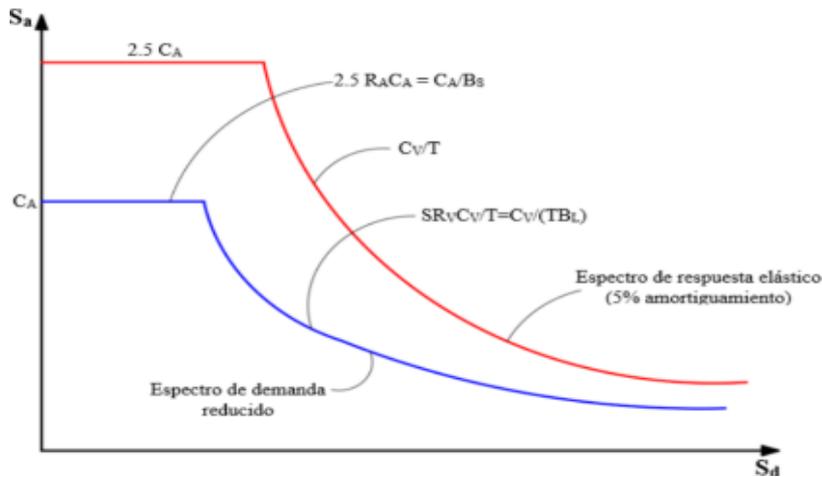
Nota: Recuperado de ATC-40,1996.

Desarrollo del espectro de demanda:

Los factores SRA y SRV deben usarse para reducir los valores del espectro de respuesta para abscisas y ordenadas con un amortiguamiento inicial del 5%. Estos factores de reducción se multiplican para que los valores se ajusten correctamente.

Figura 35

Espectro de demanda reducido

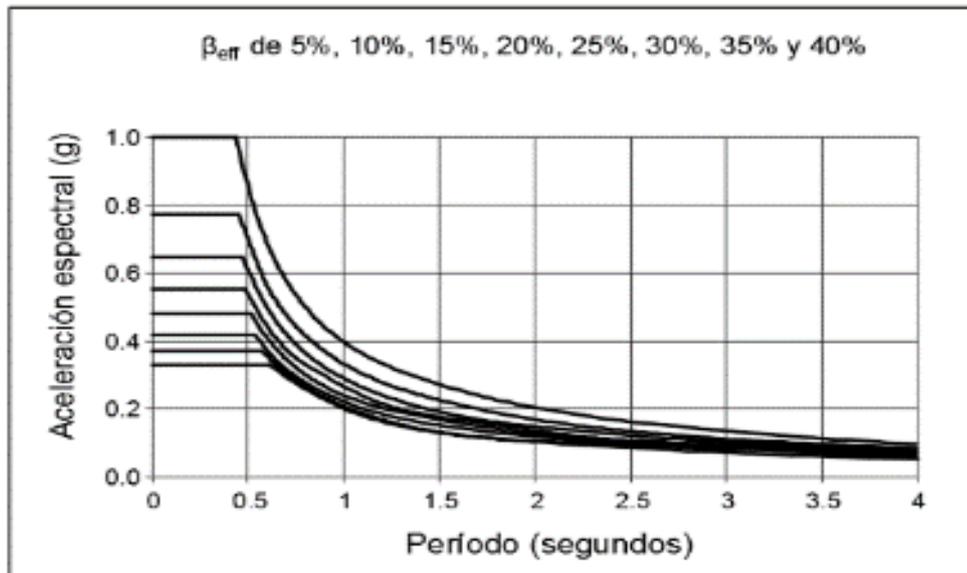


Nota: Recuperado de ATC-40,1996.

La Figura 36 muestra la necesidad de múltiples espectros para que la familia pueda representar diferentes niveles de amortiguamiento seguro. Como resultado, se representa la amenaza de peligro sísmico para cada nivel.

Figura 36

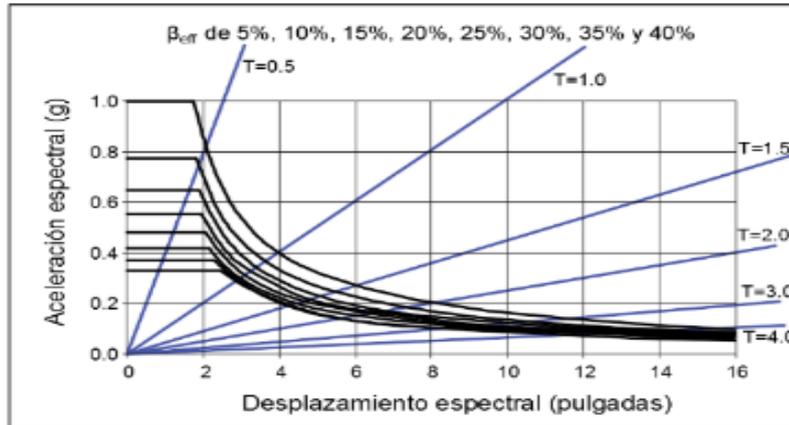
Cada familia de espectro representa su nivel diferente de amortiguamiento mediante un formato tradicional.



Nota: Recuperado de ATC-40,1996.

Figura 37

Familias de espectros representa su nivel diferente de amortiguamiento mediante un formato ADRS.



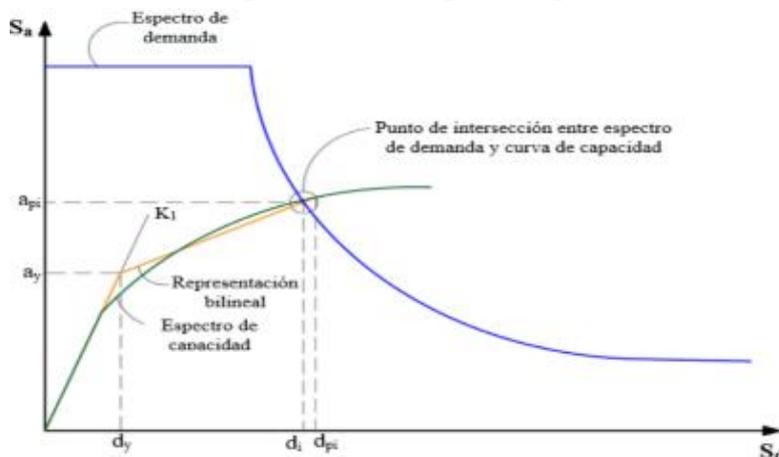
Nota: Recuperado de ATC-40,1996.

Intersección de Espectro de Capacidad con el Espectro de demanda:

Para determinar dónde convergen la capacidad y la demanda en términos de tensión, se requiere un análisis iterativo. Este procedimiento determina el espectro de demanda y relaciona el espectro de capacidad con el espectro de respuesta elástica con un 5% de amortiguamiento. El factor de reducción utilizado para las modificaciones posteriores tendrá en cuenta constantemente la disipación o amortiguamiento eficiente de la energía histórica relacionada con el desplazamiento adquirido en cada paso.

Figura 38

Determinación del punto de desempeño de prueba



Nota: Recuperado de ATC-40,1996.

1.3.9.2. Método del Espectro de Capacidad (Modificado) FEMA 440

En la estructura y evaluar, el espectro ATC-40 genera fuerza y desplazamiento. Esta técnica de amortiguamiento ayudará a determinar la curva de capacidad.

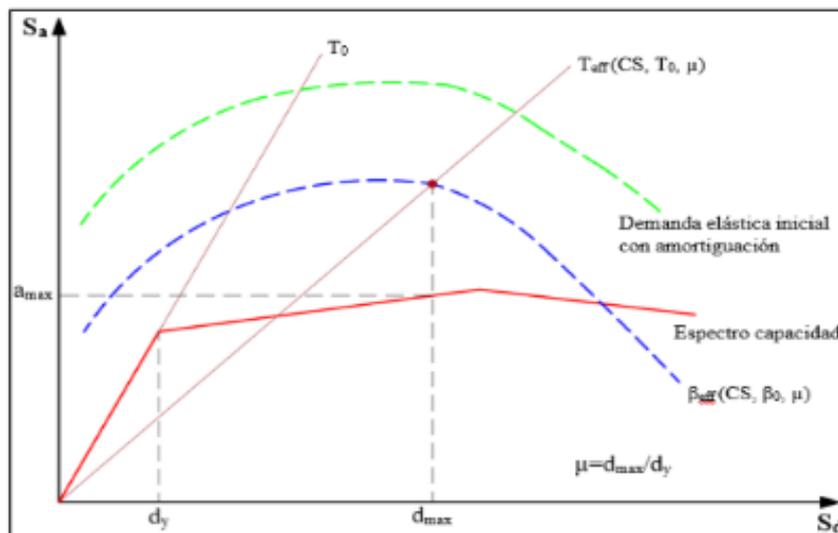
La resistencia y la rigidez de la estructura pueden verse afectadas si se aplican los máximos valores de amortiguamiento de la norma ATC-40.

El método de linealización equivalente mejorado descrito en el documento FEMA 440 tiene como objetivo determinar la respuesta de desplazamiento máximo del sistema lineal "equivalente" utilizando un período efectivo T_{eff} y un amortiguamiento B_{eff} .

La demanda resultará se modificará utilizando una técnica de espectro para concordar con el método ATC-40 y se realizará la curva de intersección, lo que da como resultado el punto de rendimiento.

Figura 39

Espectro de respuesta modificado MARDS para uso con T_{eff}



Nota: Recuperado de ATC-40,1996.

Para realizar un análisis estadístico, se requieren parámetros lineales, que son el amortiguamiento efectivo B_{eff} y el modo efectivo T_{eff} . Estos parámetros deben usarse para reducir estrictamente los eventos extremos causados por la reacción de un sistema

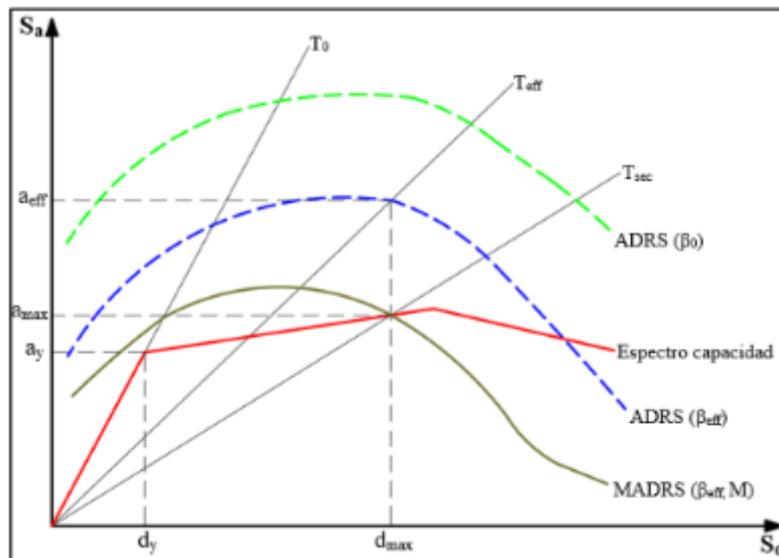
inelástico genuino.

Espectro de Respuesta Aceleración-Desplazamiento Modificado (MADRS) para uso con periodos secantes.

El ATC-40 utiliza una capacidad tradicional que se basa en un período lineal del espectro. Sin embargo, se podría utilizar una táctica más compleja para mejorar el proceso de evaluación de la capacidad.

Figura 40

El espectro de respuesta MARDS modificado para Tsec



Nota: Recuperado de ATC-40, 1996.

Ecuación 14. El cálculo del factor de modificación se realiza con:

$$M = \frac{amax}{a_{eff}}$$

Ecuación 15. El factor de modificación.

$$M = \left(\frac{T_{eff}}{T_{sec}}\right)^2 = \left(\frac{T_{eff}}{T_0}\right)^2 \left(\frac{T_0}{T_{sec}}\right)^2$$

$$\text{Donde: } \left(\frac{T_{eff}}{T_{sec}}\right)^2 = \frac{1 + \alpha (\mu - 1)}{\mu} \quad \alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\left(\frac{a_y}{d_y}\right)}$$

Ecuación 16. Reducción Espectral para Amortiguamiento Efectivo.

$$(Sa)\beta = \frac{(Sa)_0}{B(\beta_{eff})}$$

$$\text{Donde: } B = \frac{4}{5.6 - \ln\beta_{eff}(\text{in}\%)}$$

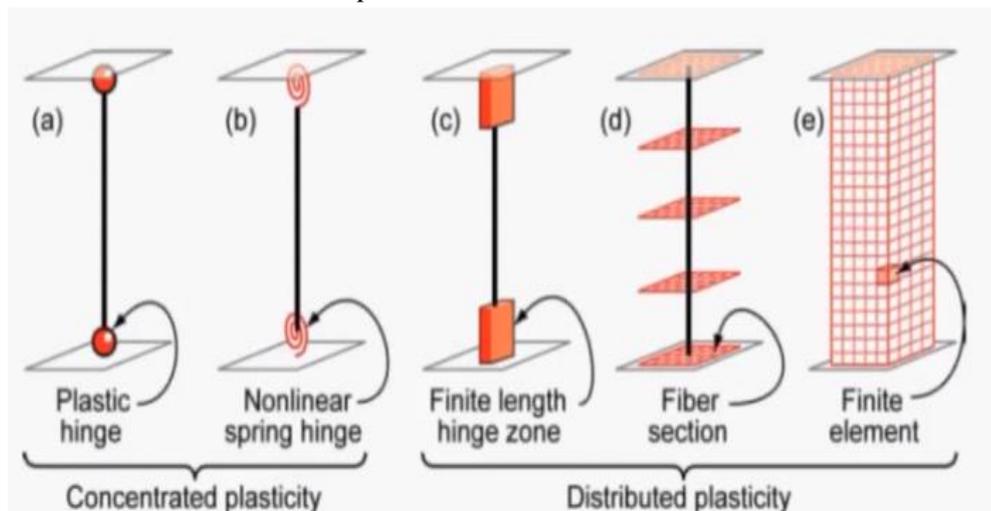
Método de los Coeficientes de Desplazamientos modificado ASCE 41-17.

Modelos de idealización de vigas-columnas-muros.

Cinco tipos de modelos de idealización se proponen por Deierlein, Reinhorn y Willford (2010), para simular el comportamiento inelástico de los componentes estructurales como vigas, columnas y muros.

Figura 41

Modelos inelásticos de componentes estructurales



Nota: Recuperado de Deierlein, Reinhorn y Willford, 2010.

Desarrollo y empalmes de refuerzo.

Según ASCE 41-17 (2017), para el desarrollo inadecuado o empalme de barras rectas en vigas y columnas: para procedimientos no lineales debe ser permitido asumir que el refuerzo retiene el esfuerzo máximo, hasta los niveles de deformación definidos por la Figura 42.

Figura 42

Desarrollo y empalmes de refuerzo

Conditions	Modeling Parameters ^a			Acceptance Criteria ^a				
	Plastic Rotation Angle (radians)		Residual Strength Ratio	Plastic Rotation Angle (radians)				
	a	b		Performance Level				
			c	IO	LS	CP		
Condition i. Beams controlled by flexure ^b								
$\frac{L}{d}$	Transverse reinforcement ^c	$\frac{V_u}{d_e \sqrt{f'_c}}$						
≤0.0	C	≤3 (0.25)	0.025	0.05	0.2	0.010	0.025	0.05
≤0.0	C	≥6 (0.5)	0.02	0.04	0.2	0.005	0.02	0.04
≥0.5	C	≤3 (0.25)	0.02	0.03	0.2	0.005	0.02	0.03
≥0.5	C	≥6 (0.5)	0.015	0.02	0.2	0.005	0.015	0.02
≤0.0	NC	≤3 (0.25)	0.02	0.03	0.2	0.005	0.02	0.03
≤0.0	NC	≥6 (0.5)	0.01	0.015	0.2	0.0015	0.01	0.015
≥0.5	NC	≤3 (0.25)	0.01	0.015	0.2	0.005	0.01	0.015
≥0.5	NC	≥6 (0.5)	0.005	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.01
Condition ii. Beams controlled by shear ^b								
Stirrup spacing ≤ d/2			0.0030	0.02	0.2	0.0015	0.01	0.02
Stirrup spacing > d/2			0.0030	0.01	0.2	0.0015	0.005	0.01
Condition iii. Beams controlled by inadequate development or splicing along the span ^b								
Stirrup spacing ≤ d/2			0.0030	0.02	0.0	0.0015	0.01	0.02
Stirrup spacing > d/2			0.0030	0.01	0.0	0.0015	0.005	0.01
Condition iv. Beams controlled by inadequate embedment into beam-column joint ^b								
			0.015	0.03	0.2	0.01	0.02	0.03

Nota: Recuperado de ASCE/SEI, 41-17, 2017.

Cargas por gravedad de componentes y combinaciones de carga:

Para procedimientos lineales, se considerarán las siguientes acciones causadas por gravedad de carga (QG) junto con las acciones causadas por fuerzas sísmicas. Si hay una combinación de efectos o acciones de cargas gravitatorias y fuerzas sísmicas, la acción provocada por cargas de gravedad (QG), se calculará utilizando la siguiente fórmula.

Ecuación 17. Cálculo para determinar la carga de gravedad no lineal.

$$QG = 1.1(QD + QL + QS)$$

Donde:

QD = Acto provocada por cargas muertas;

QL = Acto causada por carga viva, igual al veinticinco por ciento de la no reducida carga viva.

QS = Acto provocado por una carga de nieve efectiva.

Determinación de fuerzas, desplazamiento y deformaciones: FEMA 440 y ASCE 41-17.

El período fundamental efectivo en la dirección en cuestión se calculará mediante la conexión de una curva específica entre la fuerza y el desplazamiento. Durante el análisis, el cálculo meticoloso del período fundamental efectivo (T_e) debe ser considerado:

Ecuación 18. Cálculo del periodo fundamental efectivo.

$$T_e = T_i \sqrt{\frac{K_i}{K_e}}$$

Dónde:

T_i = Modo fundamental elástico en la dirección (s), por análisis dinámico.

K_i = Rigidez lateral elástica del edificio en la dirección.

K_e = Rigidez lateral efectiva del edificio en la dirección bajo consideración.

La siguiente formación se ajusta para encontrar el objetivo en cada piso, t .

Ecuación 19. Cálculo para determinar el desplazamiento.

$$\delta_1 = C_0 C_1 C_2 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

Dónde:

S_a = La conexión de amortiguación de la estructura en la dirección y la velocidad del espectro de reacción durante el período efectivo fundamental.

g = Aceleración de la gravedad;

C_0 = La deformación del techo en un sistema de múltiples grados de libertad (MDOF) se calcula utilizando un modelo análogo de un solo grado de libertad (SDOF). El del primer modo en el nodo de control se multiplica por la densidad de masa del primer modo y el factor de masa integrado se multiplican por las coordenadas de un vector de forma que representa la forma deformada del edificio

en el nodo de control. traslado de destino. El factor de transformación C1, que se utiliza para correlacionar las deformaciones inelásticas más altas encontradas para una respuesta elástica lineal, se incluye en la siguiente ecuación.

Para modos inferiores a 0,2s,

No se requiere tomar C1 como mayor el valor en $T = 0,2s$.

Para modos superiores a 1,0 s, $C1 = 1,0s$.

Ecuación 20. Cálculo del factor de modificación.

$$C1 = 1 + \frac{U_{strength} - 1}{aTe^2}$$

Dónde:

a = Coeficiente de clase de sitio:

= 130 para las clases A o B;

= 90 para Sitio Clase C;

Figura 43

Valores de Co

Number of Stories	Shear Buildings ^a		Other Buildings
	Triangular Load Pattern (1.1, 1.2, 1.3)	Uniform Load Pattern (2.1)	Any Load Pattern
1	1.0	1.0	1.0
2	1.2	1.15	1.2
3	1.2	1.2	1.3
5	1.3	1.2	1.4
10+	1.3	1.2	1.5

Nota: Recuperado de ASCE/SEI, 41-17, 2017.

La ecuación 14 muestra la relación entre la demanda de resistencia elástica y el coeficiente de límite elástico. Cuando la fuerza supera la máxima no se puede usar NSP.

C2 = factor de modificación para representar el efecto de histéresis, degradación cíclica de la rigidez y deterioro de la resistencia en el máximo desplazamiento. La ecuación 21 calcula la respuesta. $C2 = 1,0$ para periodos superiores a 0,7 s.

Ecuación 21. Cálculo factor a relación de resistencia.

$$C2 = 1 + \frac{1}{800} \left(\frac{U_{strength} - 1}{T_e} \right)^2$$

V_y = Se establece el límite elástico del edificio en la dirección estudiada utilizando los resultados del análisis no lineal de la respuesta sísmica. Estas investigaciones se utilizan para crear una curva fuerza-desplazamiento idealizada para reflejar el comportamiento no lineal del edificio.

W = Peso sísmico efectivo.

C_m = El factor de masa efectivo de la estructura puede calcularse utilizando la tabla. El factor modal efectivo de participación masiva, o C_m , se puede obtener utilizando el análisis de valor propio para el modo fundamental. Si el período fundamental, T , es mayor que 1, 1.0 será el valor de C_m .

Figura 44
Valores de C_m .

No. of Stories	Concrete Moment Frame	Concrete Shear Wall	Concrete Pier-Spandrel	Steel Moment Frame	Steel Concentrically Braced Frame	Steel Eccentrically Braced Frame	Other
1-2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3 or more	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0

Nota: Recuperado de ASCE/SEI, 41-17, 2017.

Nota: Si el período fundamental del edificio es mayor que 1,0 segundo, el factor C_m tendrá un valor de 1,0. En el caso de estructuras con rigidez pos flujo negativo, la ecuación 22 se consolidó para encontrar el valor máximo de la relación de resistencia, también conocido como Max.

Ecuación 22. Cálculo la relación de resistencia.

$$U_{max} = \frac{\Delta d}{\Delta y} + \frac{I\alpha e I^{-h}}{4}$$

Dónde

Δd : Menos del desplazamiento objetivo, δt , o del correspondiente desplazamiento al cortante base máximo.

Δy = Desplazar al límite elástico efectivo de la Tabla 12; $h = 1 \text{ } \text{p} \text{ } 0,15 \ln T_e$.

αe = La relación de pendiente después del rendimiento efectivamente negativo.

Figura 45

Valores de C1 C2

Fundamental Period	$m_{max} < 2$	$2 \leq m_{max} < 6$	$m_{max} \geq 6$
$T \leq 0.3$	1.1	1.4	1.8
$0.3 < T \leq 1.0$	1.0	1.1	1.2
$T > 1.0$	1.0	1.0	1.1

Nota: Recuperado de ASCE/SEI, 41-17, 2017.

La ecuación 21 se utiliza para calcular la relación de pendiente efectiva negativa posterior al rendimiento, αe .

Ecuación 23. Cálculo de relación de pendiente.

$$\alpha e = \alpha p - \Delta + \lambda(\alpha 2 - \alpha p - \Delta)$$

Dónde

$\alpha 2$ = La tabla 12 muestra la razón de pendiente posterior al desempeño negativo.

Los efectos $P-\Delta$, la degradación en ciclo y la degradación cíclica están incluidos en la relación.

$\alpha P - \Delta$ = La razón de la pendiente negativa es el resultado de los efectos $P-\Delta$

λ = factor de efecto de campo cercano.

= 0,8 si $SX1 \geq 0,6$ para BSE-2N.

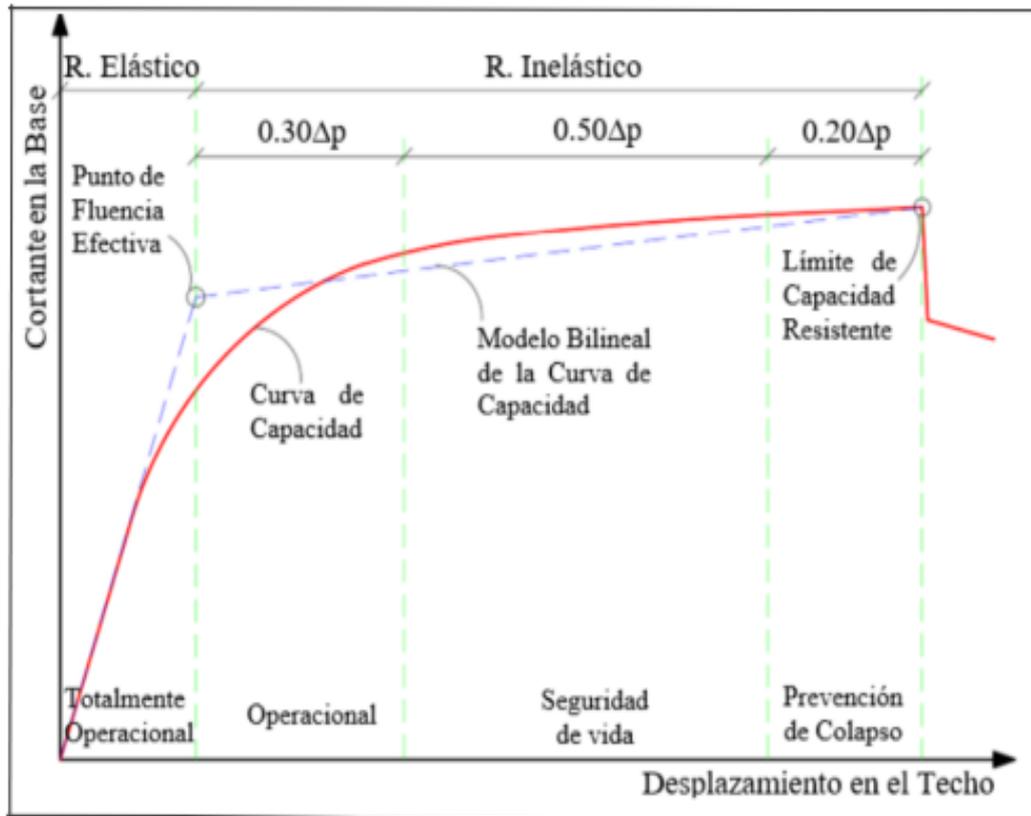
= 0,2 si $SX1 \leq 0,6$ para BSE-2N.

1.1.2.12. Criterios de aceptación:

La ATC-40 (1996) es el criterio de aceptación para el punto de desempeño por niveles, que establece las máximas desviaciones permitidas para limitar los desplazamientos de los componentes estructurales.

Figura 46

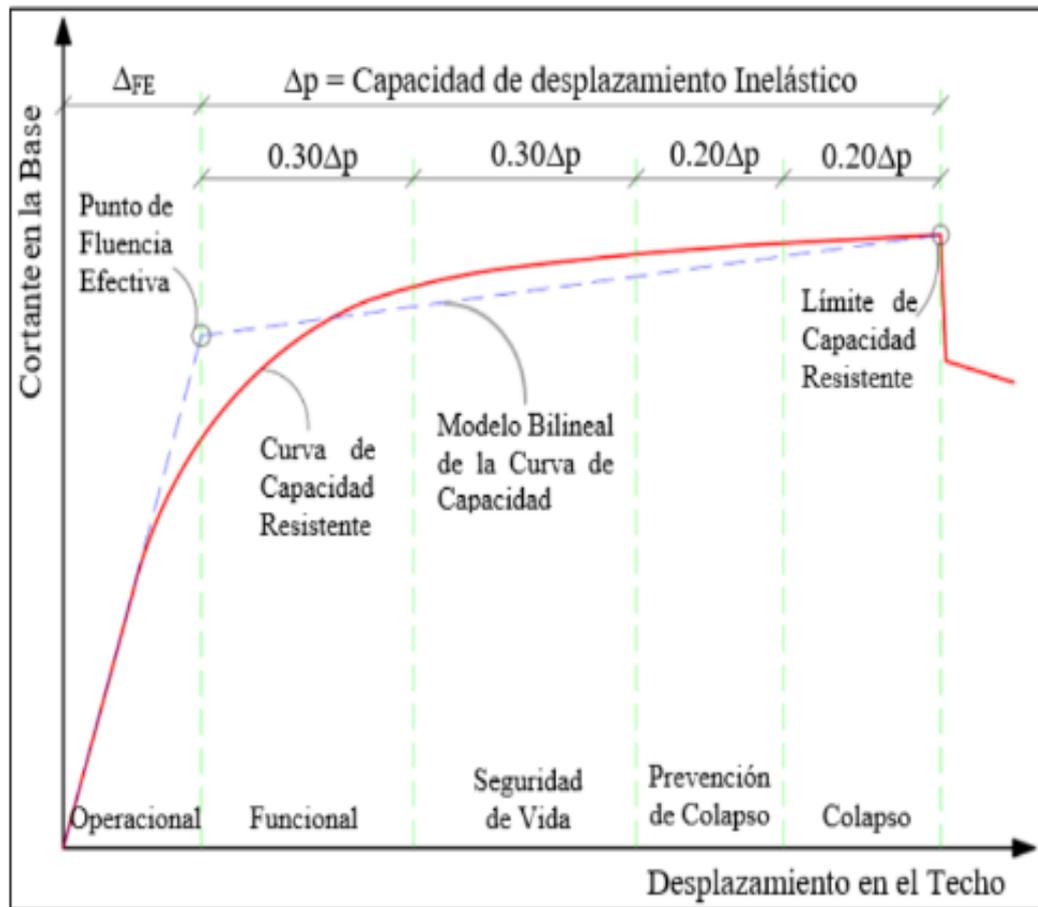
Curva Sectorizada por el ATC-40



Nota: Recuperado de ATC-40, 1996.

Figura 47

Curva Sectorizada por la SEAOC.



Nota: Recuperado de SEAOC Visión 2000 Committe, 1999.

1.2 Formulación de problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el impacto de cargas monotónicas en el desempeño sísmico de un edificio de concreto armado de 10 niveles en el distrito de Miraflores, Lima - 2023?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cuál es el comportamiento del modelo estructural al considerar los planos estructurales y aplicar el análisis sísmico estático y dinámico de acuerdo con los requisitos establecidos en la norma E.030?

¿En qué medida influye la aplicación de cargas monotónicas del modo fundamental y de un patrón especial en la curva de capacidad mediante la ASCE 41-17?

¿En qué medida influye la aplicación de cargas monotónicas del modo fundamental y de un patrón especial en los puntos de desempeños de los diferentes niveles de sismos propuesto por Visión 2000 mediante la ASCE 41-17 y FEMA 440?

¿En qué medida influye la aplicación de cargas monotónicas del modo fundamental y de un patrón especial en la sectorización de la curva de capacidad mediante la SEAOC y ATC-40?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Analizar el impacto de cargas monotónicas en el desempeño sísmico de un edificio de concreto armado de 10 niveles en el distrito de Miraflores, Lima - 2023.

1.3.2. Objetivos específicos

Analizar y determinar el comportamiento del modelo estructural al considerar los planos estructurales y aplicar el análisis sísmico estático y dinámico de acuerdo con los requisitos establecidos en la norma E.030.

Determinar en qué medida influye la aplicación de cargas monotónicas del modo fundamental y de un patrón especial en la curva de capacidad mediante la ASCE 41-17.

Determinar en qué medida influye la aplicación de cargas monotónicas del modo fundamental y de un patrón especial en los puntos de desempeños de los diferentes niveles de sismos propuesto por Visión 2000 mediante la ASCE 41-17 y FEMA 440.

Determinar en qué medida influye la aplicación de cargas monotónicas del modo fundamental y de un patrón especial en la sectorización de la curva de capacidad mediante la SEAOC y ATC-40.

1.4. Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

Las cargas monotónicas tienen un impacto significativo en el desempeño sísmico de un edificio de concreto armado de 10 niveles en el distrito de Miraflores, Lima - 2023.

1.4.2 Hipótesis específicos

Mediante el análisis sísmico estático y dinámico de acuerdo con los requisitos establecidos en la norma E.030, se espera que el comportamiento del modelo estructural demuestre una mayor resistencia y capacidad de respuesta frente a cargas sísmicas, garantizando la seguridad y estabilidad de la estructura.

La curva de capacidad mediante la aplicación de cargas monotónicas según el patrón especial tendrá un cambio considerable en comparación de la curva de capacidad aplicada mediante el modo fundamental mediante la ASCE 41-17.

Los puntos de desempeños de los diferentes niveles de sismos propuesto por Visión 2000 mediante la aplicación de cargas monotónicas de patrón especial tendrán un cambio significativo mediante la aplicación de modo fundamental mediante la ASCE 41-17 y FEMA 440.

Mediante la aplicación de cargas monotónicas según el patrón especial tendrá un cambio considerable en la sectorización de curva de capacidad a comparación de la aplicación del modo fundamental mediante la SEAOC y ATC-40.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de Investigación:

Enfoque cuantitativo

Se mide y analiza los fenómenos causales del impacto de cargas monotónicas en el desempeño sísmico, mediante la recopilación de datos numéricos y se utilizan medidas estadísticas como la prueba de hipótesis para analizar los datos numéricos.

Tipo aplicada

Se enfoca en un problema práctico y específico relacionado con la seguridad sísmica de edificios en una ubicación concreta. Los resultados obtenidos tendrán una relevancia directa en la toma de decisiones y podrán ser aplicados en el diseño y construcción de edificaciones similares en esa área.

Nivel explicativo

Se busca explicar cómo las cargas monotónicas afectan al desempeño sísmico de la estructura, analizando las posibles relaciones de causa y efecto. Usará métodos de recolección y análisis de datos para examinar y explicar la relación entre estas variables.

Diseño cuasi experimental:

Se manipula la variable independiente que viene hacer las cargas monotónicas, pero no en su totalidad, debido a que tiene limitaciones inherentes, como el factor de suelo, que podrían afectar el desempeño sísmico.

2.2. Población y muestra:

2.2.1 Población.

Todas las edificaciones que se encuentran conformados por concreto armado y tengan una estructuración de muros estructurales de 10 niveles y se encuentran localizados en el distrito de Miraflores, Lima, Perú. Están diseñados siguiendo los

parámetros establecidos en las Normas Técnicas E.030-2020 y E.060-2020 del RNE en la ciudad de Lima.

2.2.2 Muestra.

Para nuestra investigación aplicamos la herramienta de muestreo no probabilístico, por juicio de investigador, por lo que el edificio a evaluar está diseñado bajo las normativas E-030 y E-060 del año 2020 del RNE. La muestra es un edificio con sistema estructural de muros estructurales ubicado en el distrito de Miraflores, Lima Perú.

Descripción de la muestra:

El edificio de 10 pisos, construido con muros de concreto armado, tiene una altura de planta de 21 por 28 metros y un área total de 462 metros cuadrados y está destinada Oficinas con una altura de entrepiso de 3.3 metros y una altura total de 33 metros, considerando un suelo tipo S1.

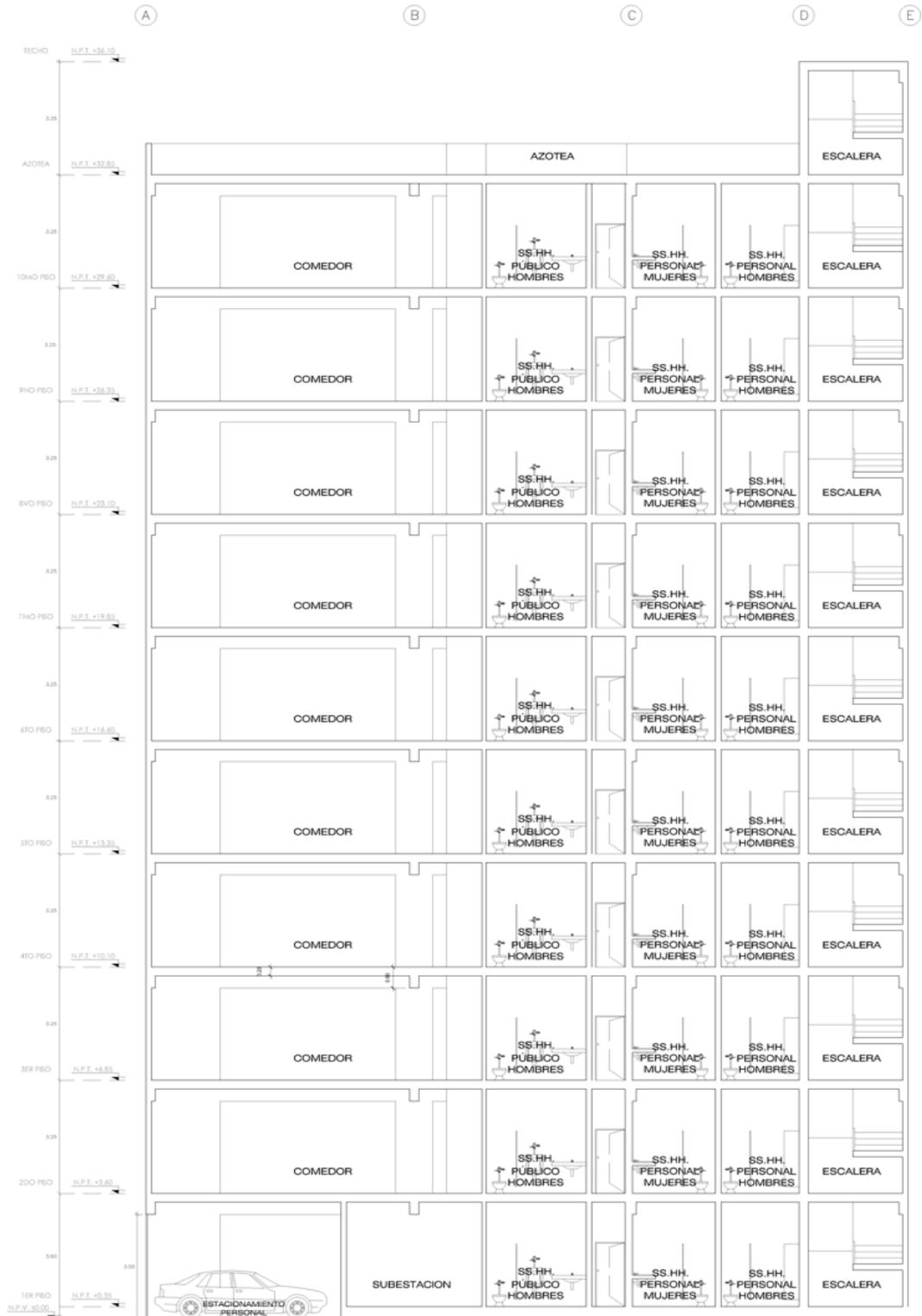
Primer nivel:

Se disponen de estacionamientos públicos, con espacio para 4 automóviles y 1 espacio adicional destinado específicamente a discapacitados. Estos estacionamientos se encuentran ubicados frente a la avenida principal. Por otro lado, se encuentran los estacionamientos personales, con capacidad para 2 autos, situados frente a la avenida secundaria. El ingreso peatonal puede realizarse de dos maneras: a través de la puerta principal, que se encuentra frente a la avenida principal, o mediante una entrada secundaria, ubicada frente a la avenida secundaria. En el ingreso principal, se encontrará una mesa de partes destinada a la atención al cliente. Además, desde este punto se tendrá acceso tanto a la escalera principal como al ascensor, los cuales permiten acceder a los pisos superiores.

Nivel típico:

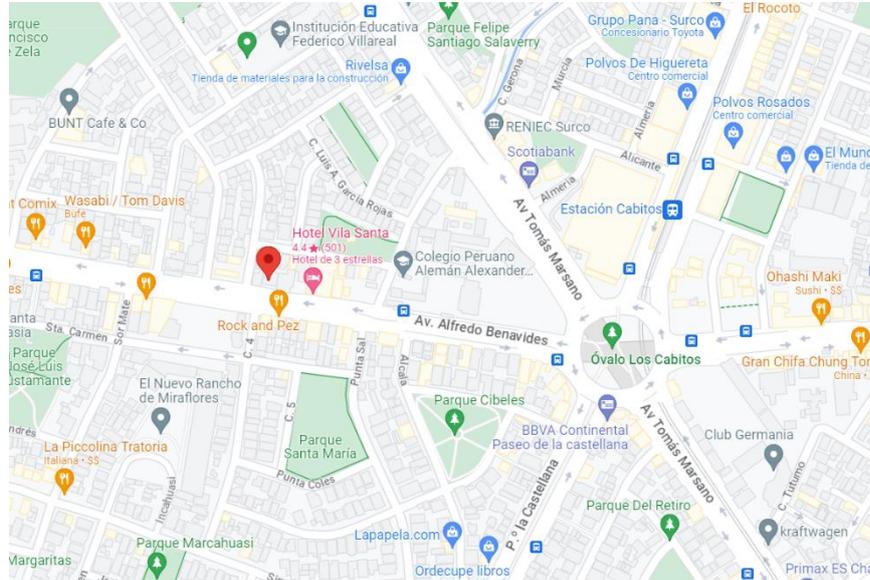
Además de varias oficinas, tiene una sala de usos múltiples y un comedor. Cada edificio de oficinas cuenta con servicios higiénicos. Además, tiene la escalera principal y se encuentra en la parte trasera. Cada edificio de oficinas cuenta con servicios higiénicos. En cada nivel, hay públicos diferenciados para hombres y baños mujeres, ubicados frente al corredor principal.

Figura 49
Corte A-A de la Edificación



CORTE A-A
ESC:1/75

Figura 50
Ubicación y localización de la Edificación



Nota: Recuperado de Google Maps.

2.3. Técnica e instrumentos de recopilación y análisis de datos:

2.3.1. Técnicas de recolección de datos:

La técnica de procesamiento de datos ocurre en la observación experimental en condiciones que son manejadas por el investigador, quien tiene la facultad de cambiar una o más variables. Se emplean métodos sistematizados y procesos operativos para abordar los problemas.

El llenado de “Fichas de Registro” para capturar los datos, la evaluación manual de los datos, la identificación de números conflictivos, el análisis de datos y la construcción de gráficos comparativos son algunos de los enfoques que se utilizarán.

2.3.2. Instrumentos de Recolección de datos:

Se utilizarán “Fichas de recopilación”, que se solidifica junto con el programa ETABS V19, se solidifica para recopilar los datos (**Anexo N.º 8.1**). Este proceso nos proporciona datos importantes como los desplazamientos entre pisos, la presencia de rótulas plásticas, las derivas máximas, la capacidad y el punto de desempeño de cada

elemento o planta del edificio frente a amenazas sísmicas. Para analizar y determinar nuestros objetivos de manera efectiva, este enfoque integral nos permitirá obtener una base de datos confiable.

2.3.3. Validación

Para adquirir datos confiables las “**Fichas de recopilación**” son extraídas de normas E.030, E.060, ASCE 41-17, FEMA 440, SEAOC Y ATC-40 ya validadas, por otro lado, se debe verificar la calidad de la información. También se menciona la capacidad de una prueba para representar, caracterizar o anticipar el atributo importante para el evaluador (Universidad Católica de los Ángeles de Chimbote, s.f.). Esto se conoce como la precisión con la que un instrumento mide lo que está diseñado para evaluar.

Esto se puede realizar mediante:

- **Revisión manual:** se revisa la información de forma independiente con hojas de Excel de la información proporcionada del software ETABS.

2.3.4. Análisis de datos:

Mediante la prueba de hipótesis se realiza el análisis de datos con el programa **SPSS V-21**. Ahora como instrumentos “Fichas de recopilación” de análisis se utilizaron tablas, gráficos y pruebas estadísticas los cuales nos servirán para analizar los resultados obtenidos del impacto de cargas monotónicas en el desempeño sísmico. Se analizan los desplazamientos máximos, las derivas máximas entre pisos mediante la norma E.030, por otro lado, las rótulas plásticas en elementos estructurales, la curva de capacidad y el desempeño frente a diferentes niveles de sismos (Frecuentes, Ocasional, Raro y Muy Raro) serán revisados de acuerdo con los estándares establecidos por los coeficientes ASCE 41-17 y FEMA 440. Adicionalmente, se cumplirán las metas establecidas para la sectorización de la curva de capacidad y se examinarán los efectos de las cargas

monotónicas en el desempeño sismo de acuerdo con los estándares establecidos por ATC 40 y SEAOC.

2.4. Procedimiento:

2.4.1. Análisis Sísmico de acuerdo con N.T.P E.030.

- Modelado estructural de acuerdo con los planos en Etabs 19.
- Asignaciones de metrados de cargas de acuerdo con la Norma E.020.
- Modos de vibración y masas participativas E.030.
- Análisis estático de acuerdo con la Norma E.030.
- Análisis dinámico de acuerdo con la Norma E.030.
- Verificación de las irregularidades en planta, altura y derivas inelásticas de acuerdo con la norma E.030.

2.4.2. Pushover de acuerdo con la norma ASCE 41-17 (Art. 7 NSP).

- No lineales de los materiales (Concreto Mander y Acero Simple) y definición de los refuerzos en columnas, vigas y muros estructurales (Plano estructurales)
- Modelo Plasticidad y Rigidez para elementos estructurales (Columnas y Placas tipo fibra (NIST y Vigas tipo Rotulas concentradas) (Tabla 10.7).
- Asignación de carga gravitacional no lineal (Art. 7.2.2).
- Definición del modo de control (centro del diafragma) (Art. 7.4.3.2.2).
- Creación de Caso de cargas monotónicas (Mediante el modo fundamental (Art. 7.4.3.2.3) y Mediante el Patrón especial (Análisis Dinámico E.030)
- Desplazamiento general del nudo de control.
- Verificación, Análisis y Comparación de la curva de capacidad formada por las cargas monotónicas mediante el modo fundamental y mediante el patrón

especial.

2.4.3. Evaluación de desempeño sísmico.

- Demanda sísmica propuesto por Visión 2000 (Frecuente, Ocasional, Raro y Muy Raro).
- Establecer el punto de desempeño de las dos curvas de capacidad formada por el modo fundamental y el patrón especial para cada nivel de amenazas sísmicas de acuerdo con ASCE 41-17 (Art. 7.4.3.3.2) y FEMA 440 (Art 6.3)
- Establecer la sectorización de las dos curvas de capacidad por la SEAOC y del ATC-40.
- Verificación, Análisis y Comparación del desempeño sísmico formada por las cargas monotónicas mediante el modo fundamental y mediante el patrón especial.

2.5. Aspectos éticos:

En la realización de esta investigación, es fundamental abordar aspectos éticos para garantizar el respeto y la integridad de todas las partes involucradas. Se deben obtener consentimientos informados de los participantes y respetar su privacidad y confidencialidad. Además, se debe garantizar la integridad científica evitando el plagio, citando adecuadamente las fuentes y respaldando las afirmaciones con pruebas sólidas. Es importante utilizar los recursos de manera responsable y considerar el impacto ambiental. En conclusión, esta tesis se desarrollará siguiendo los principios éticos para asegurar la calidad y el respeto en la investigación.

MATRIZ OPERACIONALIZACIÓN-TRAZABILIDAD.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	SUBDIMENSIONES	INDICADORES	MEDICION		
V. Independiente (Cargas Monotónicas)	Una carga monotónica es aquella que se aplica gradualmente y sin interrupciones, manteniendo una dirección y magnitud constantes (ASCE 41-17, 2017).	El software Etabs 19.0.0 se utiliza para obtener datos confiables sobre el comportamiento de materiales y estructuras en pruebas de ingeniería, asegurando la consistencia y reproducibilidad de los resultados.	Modelo estructural	Planos Estructurales	Secciones del concreto	Ancho, largo, alto		
					Área de acero	cm ²		
					Resistencia del concreto	kg/cm ²		
				Análisis sísmico.	Estático	Norma E0.30		
					Dinámico			
			Curva de capacidad: Modo Fundamental. Patrón especial.	Comportamiento no lineal del material.	Modelos de idealización de vigas-columnas-muros	Concreto (Mander)	Resistencia, Criterio de aceptación de esfuerzo, Curva de esfuerzo y deformación.	
						Acero (simple)		
						Centro masa y rigidez		
						Rótulas Plásticas (Tipo fibra y rotula)		Registro de las deformaciones y desplazamientos durante el análisis.
						Carga sísmica no lineales.		Carga por gravedad no lineal.
V. Dependiente (Desempeño Sísmico)	Evaluación del comportamiento y respuesta de un edificio durante un evento sísmico (ATC-40, 1996).	Evaluación del comportamiento del edificio durante un evento sísmico, mediante el software Etabs 19.0.0.	Punto de Desempeño.	Espectro de demanda Sísmica (FEMA 440 EL)	Frecuente.	Desplazamiento espectral - Aceleración espectral		
					Ocasional.			
					Raro			
				Muy raro.				
				Espectro de demanda Sísmica (ASCE 41-13)	Frecuente.		Desplazamiento - Fuerza en la base	
			Ocasional.					
			Sectorización de la curva de capacidad.	Propuesto por ATC-40.	Propuesto por SEAOC.	Totalmente Operacional	Medición de porcentaje de desplazamientos R. Inelásticos de la curva de capacidad	
						Operacional		
						Seguridad de vida.		
						Prevención de Colapso.		
Ocupacional.								
Funcional.	Seguridad de vida.	Colapso						
	Prevención al Colapso.							
	Colapso							

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Análisis sísmico según la norma E.030.

3.1.1 Consideración del plano estructural.

Tabla 1

Cuadro de materiales en concreto y acero

Concreto		Acero	
Resistencia a la compresión.	$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	Esfuerzo de fluencia.	$F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.
Módulo de elasticidad	$EC=15000\sqrt{f'c}=217,370.651 \text{ kg/cm}^2$	Esfuerzo de fluencia último.	$F_u = 6300 \text{ kg/cm}^2$.
Módulo de poisson	$\mu_c = 0.15$	Módulo de elasticidad	$E_s=2000000 \text{ kg/cm}^2$.
Módulo de corte	$GC=EC/2(\mu_c + 1)) = 90,571.105 \text{ kg/cm}^2$		

Nota: Datos recopilados según el plano estructural.

Tabla 2

Cuadro elaborado para el metrado de cargas vivas y muertas

Carga viva		Carga muerta	
Oficinas:	250 kg/ m ² .	Tabiquería:	150 kg/ m ² .
Sala de archivos:	500 kg/ m ² .	Acabado:	50 kg/ m ² .
Lugares de asamblea:	400 kg/ m ² .	Ladrillo de Techo :	72 kg/ m ²
Corredores y escaleras:	400 kg/ m ² .	Peso de tabiquería:	1350 kg/ m ³ .
Azotea :	100 kg/ m ²		

Nota: Datos recopilados según la Norma Técnica E020.

Tabla 3

Dimensiones de elementos estructurales

Columnas	Vigas	Muros estructurales	Losas
(0.50 x 0.50 m)	(0.30 x 0.60 m)	$e = 0.30 \text{ m}$	H= 0.25 m Loza A. 2 direcciones
(0.60 x 0.60 m)	(0.30 x 0.25 m)	$e = 0.20 \text{ m}$	H= 0.20 m Losa Maciza
(0.30 x 0.60 m)	(0.30 x 0.35 m)		
	(0.25 x 0.60 m)		
	(0.20 x 0.50 m)		

Nota: Datos recopilados según el plano estructural.

3.1.2 Análisis Estático

Tabla 4

Periodo fundamental

Modo	Period.sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ
1	1.08	0.00	0.72	0.00	0.00	0.72	0.30	0.00	0.00	0.30
2	0.96	0.73	0.00	0.00	0.73	0.72	0.00	0.29	0.01	0.00
3	0.75	0.00	0.00	0.00	0.73	0.72	0.00	0.01	0.72	0.00
4	0.28	0.00	0.16	0.00	0.73	0.88	0.39	0.00	0.00	0.39
5	0.26	0.13	0.00	0.00	0.87	0.88	0.00	0.38	0.01	0.00
6	0.19	0.02	0.00	0.00	0.88	0.88	0.00	0.03	0.15	0.00
7	0.12	0.00	0.06	0.00	0.89	0.94	0.13	0.00	0.00	0.13
8	0.12	0.05	0.00	0.00	0.93	0.94	0.00	0.10	0.01	0.00

Nota: Se obtuvieron los modos fundamentales con el software Etabs V19.

El primer periodo es de 1.08 s en dirección Y, el segundo periodo es de 0.96 s en dirección X y el tercer periodo es de 0.75 en dirección Z, como se muestra en la Tabla 04. Teniendo una sumatoria de más de 90% en el modal 8.

Tabla 5

Centro de rigidez y centro de masa

Nivel	Mass X tonf-s ² /m	Mass Y tonf-s ² /m	XCM (m)	YCM (m)	XCR (m)	YCR (m)
P10	47.48	47.48	10.20	10.12	10.58	13.28
P9	45.83	45.83	10.19	10.12	10.61	13.37
P8	45.83	45.83	10.19	10.12	10.59	12.95
P7	45.83	45.83	10.19	10.12	10.56	12.45
P6	45.67	45.67	10.17	10.14	10.51	11.96
P5	45.34	45.34	10.19	10.12	10.46	11.50
P4	45.34	45.34	10.19	10.12	10.40	11.06
P3	45.34	45.34	10.19	10.12	10.35	10.65
P2	45.34	45.34	10.19	10.12	10.29	10.29
P1	37.20	37.20	10.10	10.00	10.25	9.99

Nota: Se obtuvieron los datos con el Software Etabs V19.

Como se muestra en la Tabla 05, el centro de masa del nivel 10 está a 10 m en dirección X y en dirección Y, mientras que el centro de rigidez está a 10 m en dirección X y en dirección Y.

Tabla 6

Peso sísmico

Nivel	Caso	Combinacion	Ubicación	P (tonf)	P (tonf)
P10	Peso Sismico	Combinacion	Botton	409.93	409.93
P9	Peso Sismico	Combinacion	Botton	854.03	444.10
P8	Peso Sismico	Combinacion	Botton	1298.13	444.10
P7	Peso Sismico	Combinacion	Botton	1742.23	444.10
P6	Peso Sismico	Combinacion	Botton	2186.33	444.10
P5	Peso Sismico	Combinacion	Botton	2636.36	450.03
P4	Peso Sismico	Combinacion	Botton	3085.29	448.93
P3	Peso Sismico	Combinacion	Botton	3534.21	448.93
P2	Peso Sismico	Combinacion	Botton	3983.14	448.93
P1	Peso Sismico	Combinacion	Botton	4464.38	481.24

Nota: Se obtuvieron los datos con el Software Etabs V19.

Como se observa en la Tabla 06 la edificación tiene un peso sísmico en la base de **4464.38 tn**, por el cual se usará el peso para el análisis estático lineal.

Figura 51

Cortante basal en Dirección X

ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO O DE FUERZAS ESTÁTICAS EQUIVALENTES			
PARÁMETROS DE ANÁLISIS		DETERMINACIÓN	VALOR
Z: Factor de zona		Tabla 01 (E.030)	0.45
U: Factor de uso o importancia		Tabla 03 (E.030)	1.00
S: Factor de amplificación del suelo		Tabla 04 (E.030)	1.00
TP: Periodo que define la plataforma del factor C (s)		Tabla 04 (E.030)	0.40
TL: Periodo que define el inicio de la zona del factor C (s)		Tabla 05 (E.030)	2.50
P: Peso Total de la Edificación (Tonf)			4464.38
DIRECCIÓN X-X	TX: Periodo natural en la dirección X (s)		0.957
	CX: Factor de amplificación sísmica en X		Art. 14 (E.030)
	Ro: Coeficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas		Tabla 07 (E.030)
	Iax: irregularidad en altura (Piso Blando, Piso débil)		Tabla 08 (E.030)
	Ipx: irregularidad en planta (Torsión)		Tabla 09 (E.030)
	RX: Coeficiente de reducción sísmico en X		Art. 22 (E.030)
	Cx/Rx = 0.17 > 0.11		cumple
VX: Fuerza cortante en la base en la dirección X-X (Tonf)			349.873

Tabla 7

Fuerzas estáticas en dirección X.

ANÁLISIS LATERAL LOAD USER LOADS DIRECCIÓN X

E0.30 – Art. 28.5. Para estructuras que tienen un diafragma fijo. (a) La excentricidad accidental en cada nivel (e_i) 0.05 de la dimensión del edificio en dirección perpendicular a la dirección del análisis.

Nivel	Altura. Acom. (hi)	Peso por piso. (Pi)	Pi*(hi*K)	alfa	Fuerza actuante en el CM (Fi)
P10	33.60	409.93	29900.17	0.18	63.59
P9	30.35	444.10	28631.94	0.17	60.80
P8	27.10	444.10	24922.62	0.15	52.90
P7	23.85	444.10	21312.26	0.13	45.22
P6	20.60	444.10	17811.22	0.11	37.77
P5	17.35	450.03	14570.87	0.09	30.99
P4	14.10	448.93	11273.39	0.07	23.96
P3	10.85	448.93	8178.29	0.05	17.37
P2	7.60	448.93	5287.59	0.03	11.22
P1	4.35	481.24	2858.43	0.02	6.06
Base	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sumatoria		4464.38	169177.0	1.00	349.873

Nota: Distribución de la fuerza basal por nivel.

La Figura 51 muestra que hay 349.873 toneladas de cortante basal en dirección X, y la Tabla 07 muestra la distribución de fuerza cortante en cada nivel.

Figura 52

Distribución de Fuerzas Laterales por Piso en Dirección X

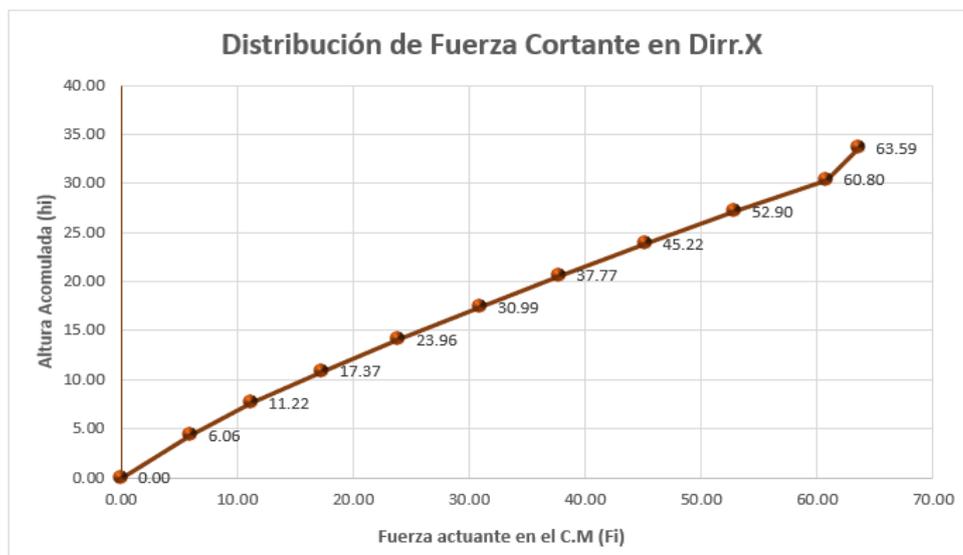


Figura 53

Análisis Sísmico Estático en Dirección Y

ANÁLISIS SÍSMICO ESTÁTICO O DE FUERZAS ESTÁTICAS EQUIVALENTES			
PARÁMETROS DE ANÁLISIS		DETERMINACIÓN	VALOR
Z:	Factor de zona	Tabla 01 (E.030)	0.45
U:	Factor de uso o importancia	Tabla 03 (E.030)	1.00
S:	Factor de amplificación del suelo	Tabla 04 (E.030)	1.00
TP:	Periodo que define la plataforma del factor C (s)	Tabla 04 (E.030)	0.40
TL:	Periodo que define el inicio de la zona del factor C (s)	Tabla 05 (E.030)	2.50
P:	Peso Total de la Edificación (Tonf)		4464.38
DIRECCIÓN Y-Y	TY:	Periodo natural en la dirección Y (s)	1.080
	CY:	Factor de amplificación sísmica en Y	Art. 14 (E.030)
	Ro:	Coefficiente básico de reducción de fuerzas sísmicas	Tabla 07 (E.030)
	lay:	irregularidad en altura (Piso Blando, Piso débil)	Tabla 08 (E.030)
	lpy:	irregularidad en planta (Torsión)	Tabla 09 (E.030)
	RY:	Coefficiente de reducción sísmico en Y	Art. 22 (E.030)
	CY/RY =	0.15 > 0.11	cumple
VY:	Fuerza cortante en la base en la dirección Y - Y (Tonf)		310.026

Tabla 8

Fuerzas estáticas en dirección Y

ANÁLISIS LATERAL LOAD USER LOADS DIRECCIÓN Y

E0.30 – Art. 28.5. Para estructuras que tienen un diafragma fijo. (a) La excentricidad accidental en cada nivel (ei) 0.05 de la dimensión del edificio en dirección perpendicular a la dirección del análisis.

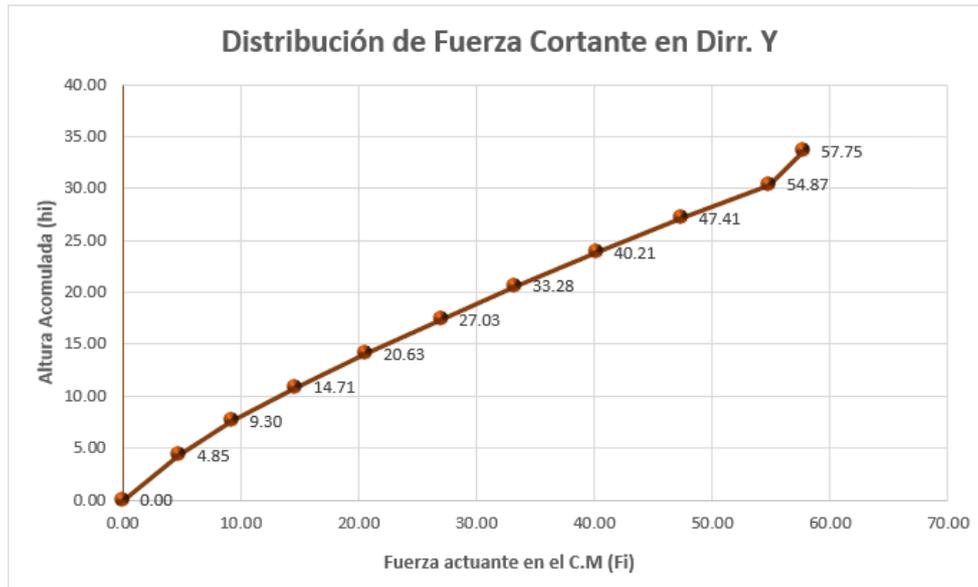
Nivel	Altura. Acom. (hi)	Peso por piso. (Pi)	Pi*(hi*K)	alfa	Fuerza actuante en el CM (Fi)
P10	33.60	409.93	38166.94	0.19	57.75
P9	30.35	444.10	36263.15	0.18	54.87
P8	27.10	444.10	31333.66	0.15	47.41
P7	23.85	444.10	26573.01	0.13	40.21
P6	20.60	444.10	21997.31	0.11	33.28
P5	17.35	450.03	17862.32	0.09	27.03
P4	14.10	448.93	13635.51	0.07	20.63
P3	10.85	448.93	9724.85	0.05	14.71
P2	7.60	448.93	6143.67	0.03	9.30
P1	4.35	481.24	3206.36	0.02	4.85
Base	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SUMATORIA		4464.38	204906.8	1.00	310.026

La Figura 53 muestra 310.026 toneladas de cortante basal en dirección Y, y la

Tabla 08 muestra la distribución de fuerza cortante en cada nivel.

Figura 54

Distribución de Fuerzas Laterales por Piso en Dirección Y.



3.1.3 Análisis Dinámico

Tabla 9

Análisis del Sistema Estructural

	V(tonf) - SDX		V(tonf) - SDY	
Total	281.95	%	Total	266.69 %
Columnas	11.25	4%	Columnas	18.13 7%
Placas	270.70	96%	Placas	248.56 93%

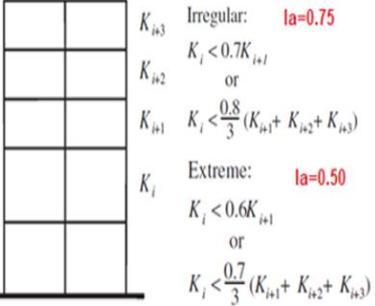
En la dirección X, se obtiene un cortante en la base de 281.95 tonf, mientras que en las columnas hay un cortante en la base de 11.25 tonf, que es 4%, y en las placas hay un cortante en la base de 270.70 tonf, que es 96%, lo que indica que es estructura de muros estructurales considerando un $R_0 = 6$ según la Norma E.030. Luego, se observa que en la dirección Y hay un cortante en la base de 266.69 tonf, lo que representa un 7%, mientras que en las columnas hay un cortante en la base de 18.13 tonf, lo que representa un 7%, y en las placas hay un cortante en la base de 248.56 tonf, lo que representa un 93%, lo que indica que es estructura de muros estructurales considerando un $R_0=6$ según la Norma E.030.

Irregularidades en elevación

Tabla 10

Comprobación en dirección X desviación de Rigidez

Nivel	Rigidez X (tonf/m)	70% K(i+1)	80% (Kprom)	60% K(i+1)	70% (Kprom)
P10	24706.77				
P9	41898.80	2.42		2.83	
P8	50881.01	1.73		2.02	
P7	55577.83	1.56	1.77	1.82	2.03
P6	59608.41	1.53	1.51	1.79	1.72
P5	65090.10	1.56	1.47	1.82	1.68
P4	73675.12	1.62	1.53	1.89	1.75
P3	87737.90	1.70	1.66	1.98	1.90
P2	114781.88	1.87	1.90	2.18	2.17
P1	193387.83	2.41	2.63	2.81	3.00



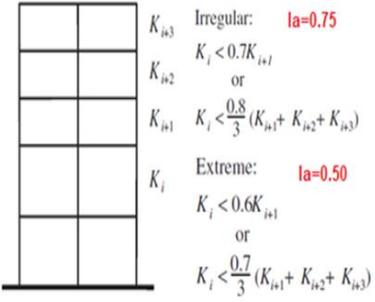
Nota: Se obtuvo la irregularidad con el software Etabs V19.

La estructura no tiene irregularidad de rigidez en dirección X, ya que todos los resultados son mayores que 1.

Tabla 11

Comprobación en dirección Y desviación de Rigidez

Nivel	Rigidez Y (tonf/m)	70% K(i+1)	80% (Kprom)	60% K(i+1)	70% (Kprom)
P10	20686.79				
P9	33629.93	2.32		2.71	
P8	40120.77	1.70		1.99	
P7	44104.40	1.57	1.75	1.83	2.00
P6	48237.33	1.56	1.53	1.82	1.75
P5	54598.08	1.62	1.55	1.89	1.77
P4	63726.33	1.67	1.63	1.95	1.86
P3	78352.31	1.76	1.76	2.05	2.02
P2	105073.34	1.92	2.00	2.24	2.29
P1	174096.62	2.37	2.64	2.76	3.02



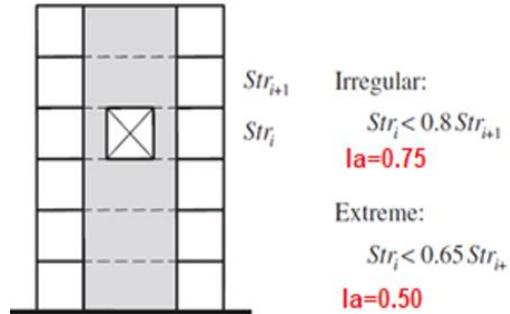
Nota: Se obtuvo la irregularidad con el software Etabs V19.

La estructura no tiene irregularidad de rigidez en dirección Y, ya que todos los resultados son mayores que 1.

Tabla 12

Comprobación en dirección X desviación de Resistencia

Nivel	Cortante X	80% (K.prom)	65% K(+1)
P10	61.13		
P9	111.54	2.28	2.81
P8	146.59	1.64	2.02
P7	172.89	1.47	1.81
P6	195.09	1.41	1.74
P5	216.12	1.38	1.70
P4	237.07	1.37	1.69
P3	256.63	1.35	1.67
P2	272.38	1.33	1.63
P1	281.95	1.29	1.59



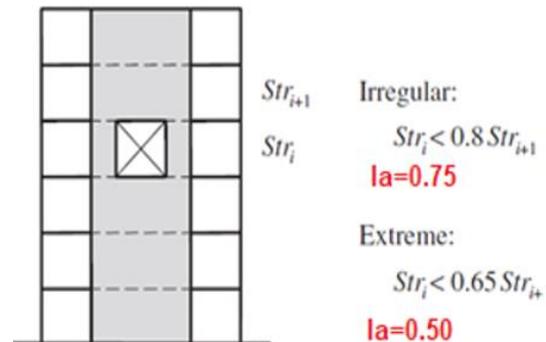
Nota: Se obtuvo la irregularidad con el software Etabs V19.

La estructura no tiene irregularidad de resistencia en dirección X, ya que todos los resultados son mayores que 1.

Tabla 13

Comprobación en dirección Y desviación de Resistencia

Nivel	Cortante Y	80% (Kprom)	65% K(+1)
P10	64.92		
P9	112.11	2.16	2.66
P8	140.68	1.57	1.93
P7	159.67	1.42	1.75
P6	175.81	1.38	1.69
P5	193.72	1.38	1.70
P4	214.60	1.38	1.70
P3	236.32	1.38	1.69
P2	255.03	1.35	1.66
P1	266.69	1.31	1.61



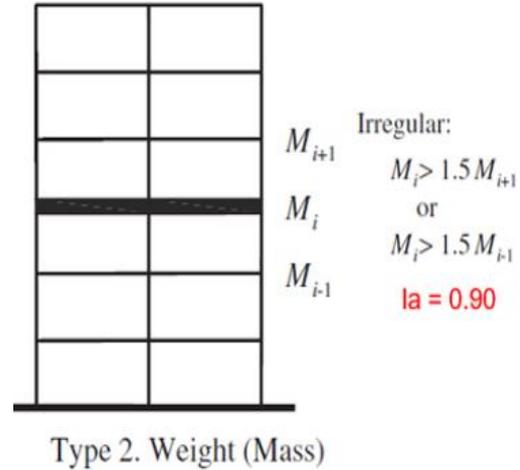
Nota: Se obtuvo la irregularidad con el software Etabs V19.

La estructura no tiene irregularidad de resistencia en dirección Y, ya que todos los resultados son mayores que 1.

Tabla 14

Comprobación de desviación de masa o peso

P=100%CM+25%CV			
Nivel	Peso	Sup	Inf
P10	409.93		
P9	444.10	NO	NO
P8	444.10	NO	NO
P7	444.10	NO	NO
P6	444.10	NO	NO
P5	450.03	NO	NO
P4	448.93	NO	NO
P3	448.93	NO	NO
P2	448.93	NO	NO
P1	481.24	NO	



Nota: Se obtuvo la irregularidad con el software Etabs V19.

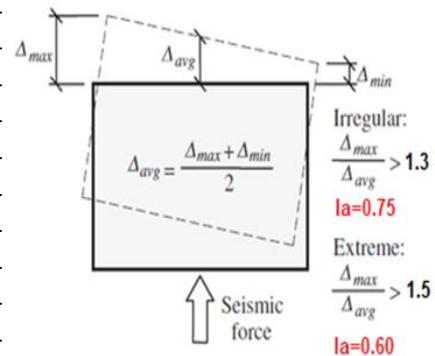
La estructura no presenta irregularidades de masa o peso porque todos los resultados son menores de 1.5.

Irregularidades en planta

Tabla 15

Comprobación en dirección X desviación torsional

Nivel	Max Drift	Avg Drift	Ratio	1.3	1.5
P10	0.004	0.003	1.070	NO	NO
P9	0.004	0.004	1.054	NO	NO
P8	0.004	0.004	1.052	NO	NO
P7	0.005	0.004	1.064	NO	NO
P6	0.005	0.005	1.074	NO	NO
P5	0.005	0.005	1.089	NO	NO
P4	0.005	0.004	1.116	NO	NO
P3	0.005	0.004	1.146	NO	NO
P2	0.004	0.003	1.179	NO	NO
P1	0.002	0.002	1.187	NO	NO



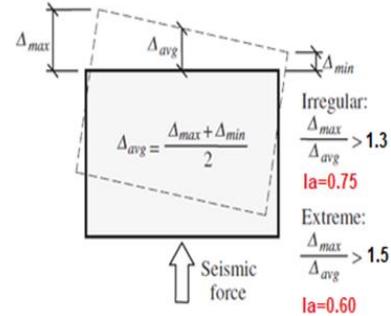
Nota: Se obtuvo la irregularidad con el software Etabs V19.

La estructura no tiene irregularidad de torsional en dirección X, ya que todos los resultados son menores de 1.3.

Tabla 16

Comprobación en dirección X desviación torsional

Nivel	Max Drift	Avg Drift	Ratio	1.3	1.5
P10	0.004	0.004	1.025	NO	NO
P9	0.005	0.005	1.027	NO	NO
P8	0.005	0.005	1.028	NO	NO
P7	0.005	0.005	1.030	NO	NO
P6	0.005	0.005	1.032	NO </td <td>NO</td>	NO
P5	0.005	0.005	1.034	NO	NO
P4	0.005	0.005	1.036	NO	NO
P3	0.004	0.004	1.037	NO	NO
P2	0.003	0.003	1.038	NO	NO
P1	0.002	0.002	1.038	NO	NO



Nota: Se obtuvo la irregularidad con el software Etabs V19.

La estructura no tiene irregularidad de torsional en dirección Y, ya que todos los resultados son menores de 1.3.

Tabla 17

Recopilación de todas las irregularidades.

Irregularidad en Planta	I_{px}	I_{py}
Irregularidad Torsional	1	1
Irregularidad Torsional	1	1
Discontinuidad en Diafragma	1	1
Sistema no Paralelos	1	1
Irregularidad en Altura	I_{aX}	I_{ay}
Masa o Peso	1	1
Geometría Vertical	1	1
Discontinuidad Sist. Resist	1	1
Discontinuidad Sist. Resist	1	1
Rigidez	1	1
Rigidez Extrema	1	1
Resistencia	1	1
Extrema Resistencia	1	1

La estructura es regular en ambas direcciones porque en planta y en altura no tienen irregulares.

Tabla 18

Derivas en dirección X-Y.

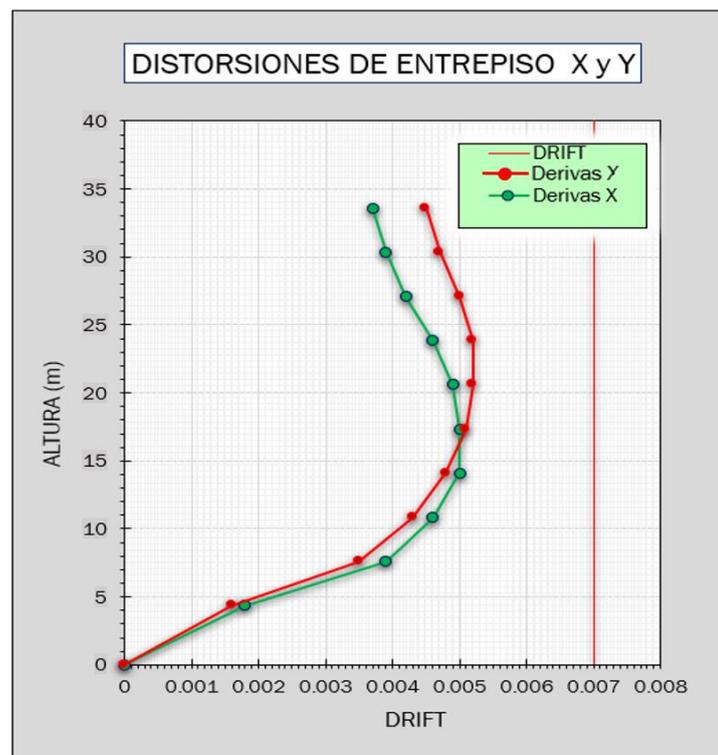
Caso	Nivel	Elevación (m)	Locación	Drift X	Drift Y	Verificación <0.007
Deriva	P10	33.6	Top	0.0037	0.0045	CUMPLE
Deriva	P9	30.35	Top	0.0039	0.0047	CUMPLE
Deriva	P8	27.1	Top	0.0042	0.0050	CUMPLE
Deriva	P7	23.85	Top	0.0046	0.0052	CUMPLE
Deriva	P6	20.6	Top	0.0049	0.0052	CUMPLE
Deriva	P5	17.35	Top	0.0050	0.0051	CUMPLE
Deriva	P4	14.1	Top	0.0050	0.0048	CUMPLE
Deriva	P3	10.85	Top	0.0046	0.0043	CUMPLE
Deriva	P2	7.6	Top	0.0039	0.0035	CUMPLE
Deriva	P1	4.35	Top	0.0018	0.0016	CUMPLE
Deriva	Base	0	Top	0.00	0.00	CUMPLE

Nota: Se obtuvo las distorsiones de los niveles con el software Etabs V19.

La estructura cumple con las especificaciones de la Norma E.030, lo que significa que las derivas para concreto armado son menores de 0.007 en ambas direcciones.

Figura 55

Derivas en dirección X y Y.



La Tabla 19 muestra los desplazamientos máximos inelásticos por niveles, en dirección X es de 13.13 cm y en dirección Y es de 14.08 cm.

Tabla 19

Desplazamiento máximo inelásticos por nivel.

Nivel	Des,max (cm) X	Des, max (cm) Y
P10	13.13	14.08
P9	12.13	12.69
P8	10.99	11.23
P7	9.71	9.68
P6	8.29	8.07
P5	6.76	6.42
P4	5.16	4.80
P3	3.56	3.25
P2	2.06	1.85
P1	0.80	0.72
Base	0.00	0.00

Nota: Se obtuvieron los desplazamientos en los niveles con el software Etabs V19.

3.2. Curva de Capacidad mediante la norma ASCE 41-17.

En la Tabla 20 se observa la aplicación de cargas monotónicas de los modos fundamentales como indica la norma ASCE-41-17.

Tabla 20

Distribución de Fuerzas laterales mediante el modo fundamental

Nivel	Modo 2 F.push X, X-	Modo 1 F.push Y, Y-
P10	22.22	23.42
P9	20.63	21.51
P8	18.12	18.76
P7	15.49	15.91
P6	12.75	13.00
P5	0.00	10.16
P4	10.04	7.41
P3	7.37	4.83
P2	7.46	2.63
P1	1.00	1.00

Nota: Se obtuvieron los desplazamientos en los niveles con el programa Etabs V19.

La Tabla 21 muestra cómo se aplican las cargas monotónicas mediante una distribución que relaciona la fuerza y la cortante basal dinámica con la masa total del edificio. Este método considera que cada fuerza que se aplica en un nivel dado es proporcional a la relación entre la masa de ese nivel y la masa total del edificio.

Tabla 21

Distribución de Cargas laterales mediante el Patrón Especial

Nivel	VxD	VyD	Fx	Fy	F.push-X	F.push-Y
P10	61.13	64.92	61.13	64.92	6.4	5.6
P9	111.54	112.11	50.41	47.19	5.3	4.0
P8	146.59	140.68	35.05	28.57	3.7	2.5
P7	172.89	159.67	26.30	18.98	2.7	1.6
P6	195.09	175.81	22.20	16.15	2.3	1.4
P5	216.12	193.72	21.04	17.91	2.2	1.5
P4	237.07	214.60	20.94	20.88	2.2	1.8
P3	256.63	236.32	19.56	21.72	2.0	1.9
P2	272.38	255.03	15.75	18.71	1.6	1.6
P1	281.95	266.69	9.57	11.66	1	1

Nota: Se obtuvieron los desplazamientos en los niveles con el programa Etabs V19

La curva de capacidad, que se muestra en la siguiente relación (cortante en la base vs. desplazamiento), muestra la capacidad de la estructura para llegar al punto máximo, que es el colapso por las cargas monotónicas aplicadas. En este caso, la estructura permanece en el rango elástico hasta que se presentan las primeras fibras o rotulas, mientras que cuando se cruza la línea, se comporta en el rango inelástico.

La Tabla 22 y Tabla 23 muestran las curvas de capacidad utilizando cargas monotónicas para los modos fundamentales. En la dirección X+, el punto de colapso es cuando llega un desplazamiento de 0.416 m con una cortante de 764.502 tn , mientras que en la dirección X-, el punto de colapso es cuando llega un desplazamiento de -0.406 m con un cortante de 792.268 tn, mientras que el punto colapso en dirección Y+ ocurre cuando se alcanza un desplazamiento de 0.556 m con una cortante de 745.514 tn, mientras que el punto de colapso en dirección Y- ocurre cuando se alcanza un desplazamiento de

-0.522 m con una cortante de 724.967 tn.

La Tabla 24 y la Tabla 25 muestran las curvas de capacidad utilizando cargas monotónicas de un Patrón Especial. En la dirección X+, el punto de colapso es cuando llega un desplazamiento de 0.517 m con una cortante de 834.632 tn , mientras que en la dirección X-, el punto de colapso es cuando llega un desplazamiento de 0.497 m con una cortante de 889.207 tn, mientras que el punto de colapso en dirección Y+ ocurre cuando se alcanza un desplazamiento de 0.553 m con una cortante de 792.355 tn, mientras que el punto de colapso en dirección Y- ocurre cuando se alcanza un desplazamiento de -0.523 m con una cortante de 771.702 tn.

Tabla 22

Curva de Capacidad en dirección X mediante modos fundamentales

Dirección X+		Dirección X-	
Desp. (m)	F. basal (tonf)	Despl. (m)	F. basal (tonf)
0.000	0.000	0.000	0.000
0.015	74.940	-0.015	74.969
0.030	150.228	-0.030	150.236
0.045	222.885	-0.045	223.406
0.060	288.203	-0.060	291.342
0.075	345.471	-0.075	353.271
0.090	393.718	-0.090	405.349
0.105	430.047	-0.105	445.140
0.120	461.770	-0.120	475.967
0.135	490.671	-0.135	505.562
0.150	518.159	-0.150	533.697
0.165	542.874	-0.165	559.779
0.180	566.222	-0.180	582.317
0.195	586.692	-0.195	602.878
0.210	605.861	-0.210	622.171
0.225	624.128	-0.225	640.112
0.240	641.116	-0.240	656.499
0.255	656.496	-0.255	671.669
0.270	670.992	-0.270	686.024
0.285	684.092	-0.285	699.508
0.300	696.052	-0.300	712.579
0.315	706.800	-0.315	725.244
0.330	716.975	-0.330	737.543
0.345	726.621	-0.345	749.337
0.360	735.735	-0.360	760.607
0.375	744.398	-0.375	771.362
0.390	753.032	-0.395	784.954
0.405	761.367	-0.405	791.524
0.415	764.744	-0.406	792.268
0.416	764.502		

Nota: Se obtuvieron los desplazamientos en los niveles con el software Etabs V19.

Tabla 23

Curva de Capacidad en dirección Y mediante modos fundamentales

Dirección Y+		Dirección Y-	
Despl. (m)	F. basal (tonf)	Despl. (m)	F. basal (tonf)
0.000	0.000	0.000	0.000
0.015	64.991	-0.015	65.098
0.030	130.089	-0.030	130.571
0.045	194.258	-0.045	193.691
0.060	251.434	-0.060	250.894
0.075	300.200	-0.075	301.237
0.090	340.695	-0.090	344.085
0.105	376.146	-0.105	380.715
0.120	407.692	-0.120	413.293
0.135	437.538	-0.135	442.034
0.150	466.164	-0.150	466.893
0.165	493.047	-0.165	487.551
0.180	515.271	-0.180	506.285
0.195	534.485	-0.195	523.697
0.210	552.182	-0.210	539.751
0.225	568.609	-0.225	554.486
0.240	582.989	-0.240	568.081
0.255	595.603	-0.255	581.043
0.270	607.221	-0.270	593.060
0.285	618.158	-0.285	604.110
0.300	628.394	-0.300	614.766
0.315	638.182	-0.315	624.726
0.330	647.382	-0.330	634.306
0.345	655.968	-0.345	643.450
0.360	663.967	-0.360	651.852
0.375	671.527	-0.375	659.782
0.390	678.666	-0.390	667.347
0.405	685.374	-0.405	674.676
0.420	691.851	-0.420	681.815
0.435	698.156	-0.435	688.735
0.450	704.378	-0.450	695.408
0.465	710.446	-0.465	701.840
0.480	716.370	-0.480	708.151
0.495	722.173	-0.495	714.284
0.510	727.958	-0.510	720.238
0.525	733.733	-0.520	724.160
0.540	739.469	-0.521	724.550
0.555	745.177	-0.522	724.967
0.556	745.514		

Nota: Se obtuvieron los desplazamientos en los niveles con el software Etabs V19.

Tabla 24

Curva de Capacidad en dirección X mediante Patrón Especial

Dirección X+		Dirección X-	
Despl. (m)	F. basal (tonf)	Despl. (m)	F. basal (tonf)
0.000	0.000	0.000	0.000
0.015	80.172	-0.015	80.228
0.030	161.068	-0.030	160.906
0.045	237.711	-0.045	237.687
0.060	304.087	-0.060	307.182
0.075	360.701	-0.075	369.657
0.090	409.782	-0.090	426.107
0.105	455.307	-0.105	476.609
0.120	496.368	-0.120	516.348
0.135	530.106	-0.135	546.280
0.150	558.092	-0.150	571.824
0.165	581.926	-0.165	595.125
0.180	604.118	-0.180	616.265
0.195	625.578	-0.195	636.834
0.210	644.935	-0.210	656.634
0.225	662.140	-0.225	674.281
0.240	677.177	-0.240	690.579
0.255	691.150	-0.255	706.396
0.270	704.486	-0.270	721.442
0.285	717.134	-0.285	736.146
0.300	729.176	-0.300	750.471
0.315	740.458	-0.315	763.556
0.330	750.735	-0.330	776.092
0.345	760.689	-0.345	788.353
0.360	770.151	-0.360	800.184
0.375	779.327	-0.375	811.430
0.390	788.418	-0.390	821.970
0.405	797.276	-0.405	832.137
0.415	803.086	-0.420	841.955
0.43	811.675	-0.435	851.538
0.445	820.051	-0.450	860.879
0.46	828.415	-0.465	870.046
0.475	836.615	-0.480	879.010
0.49	844.71	-0.495	887.791
0.505	852.731	-0.496	888.410
0.517	834.632	-0.497	889.207

Nota: Se obtuvieron los desplazamientos en los niveles con el software Etabs V19

Tabla 25

Curva de Capacidad en dirección Y mediante Patrón Especial

Dirección Y+		Dirección Y-	
Despl. (m)	F. basal (tonf)	Despl. (m)	F. basal (tonf)
0.000	0.000	0.000	0.000
0.015	68.878	-0.015	68.982
0.030	137.836	-0.030	138.322
0.045	206.103	-0.045	205.515
0.060	266.455	-0.060	266.821
0.075	318.813	-0.075	320.475
0.090	361.554	-0.090	366.135
0.105	399.092	-0.105	404.874
0.120	432.954	-0.120	439.037
0.135	464.442	-0.135	470.418
0.150	494.842	-0.150	497.879
0.165	523.332	-0.165	519.754
0.180	546.788	-0.180	539.674
0.195	567.002	-0.195	557.937
0.210	586.092	-0.210	575.120
0.225	603.739	-0.225	591.098
0.240	618.914	-0.240	605.409
0.255	632.186	-0.255	618.918
0.270	644.472	-0.270	631.649
0.285	655.955	-0.285	643.320
0.300	666.829	-0.300	654.605
0.315	677.269	-0.315	665.152
0.330	687.289	-0.330	675.345
0.345	696.809	-0.345	684.866
0.360	705.926	-0.360	693.693
0.375	714.519	-0.375	702.178
0.390	722.286	-0.390	710.196
0.405	729.466	-0.405	717.964
0.420	736.321	-0.420	725.500
0.435	742.995	-0.435	732.891
0.450	749.606	-0.450	739.907
0.465	756.066	-0.465	746.769
0.480	762.327	-0.480	753.470
0.495	768.533	-0.495	759.960
0.510	774.731	-0.510	766.277
0.525	780.875	-0.520	770.423
0.540	786.964	-0.522	771.327
0.553	792.355	-0.523	771.702

Nota: Se obtuvieron los desplazamientos en los niveles con el software Etabs V19.

3.3. Puntos de desempeño mediante el ASCE 41-17 y FEMA 440.

Bilineal de la curva de Capacidad formada mediante aplicación de modos fundamentales.

Figura 56

Desempeño efectivo para ANLE X+

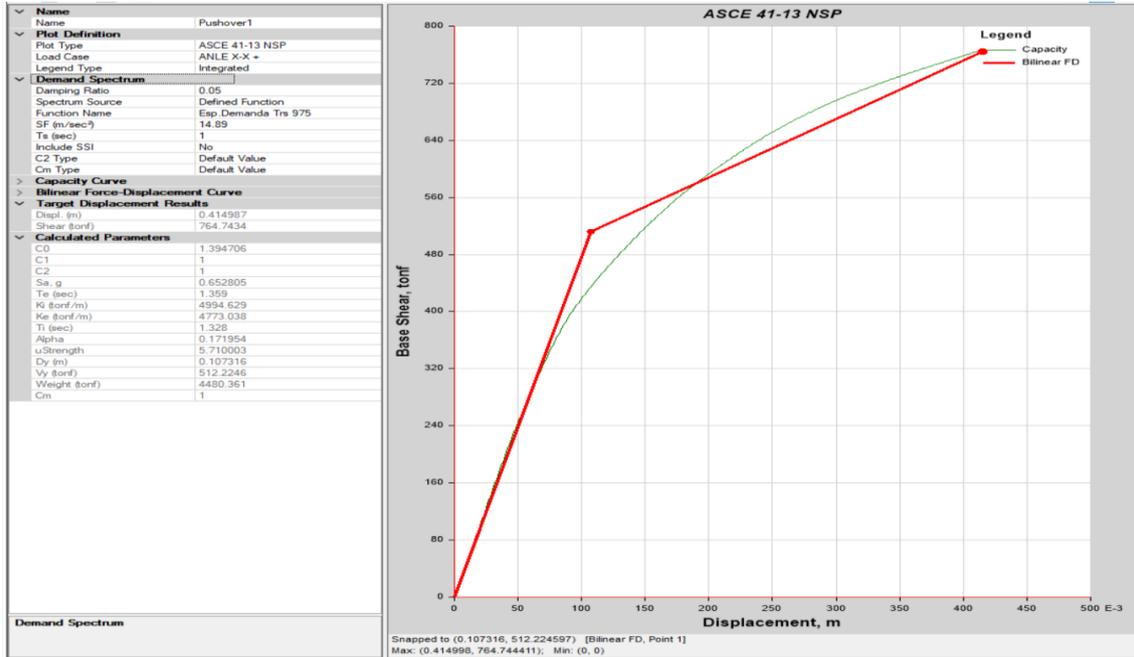


Figura 57

Desempeño efectivo para ANLE X-

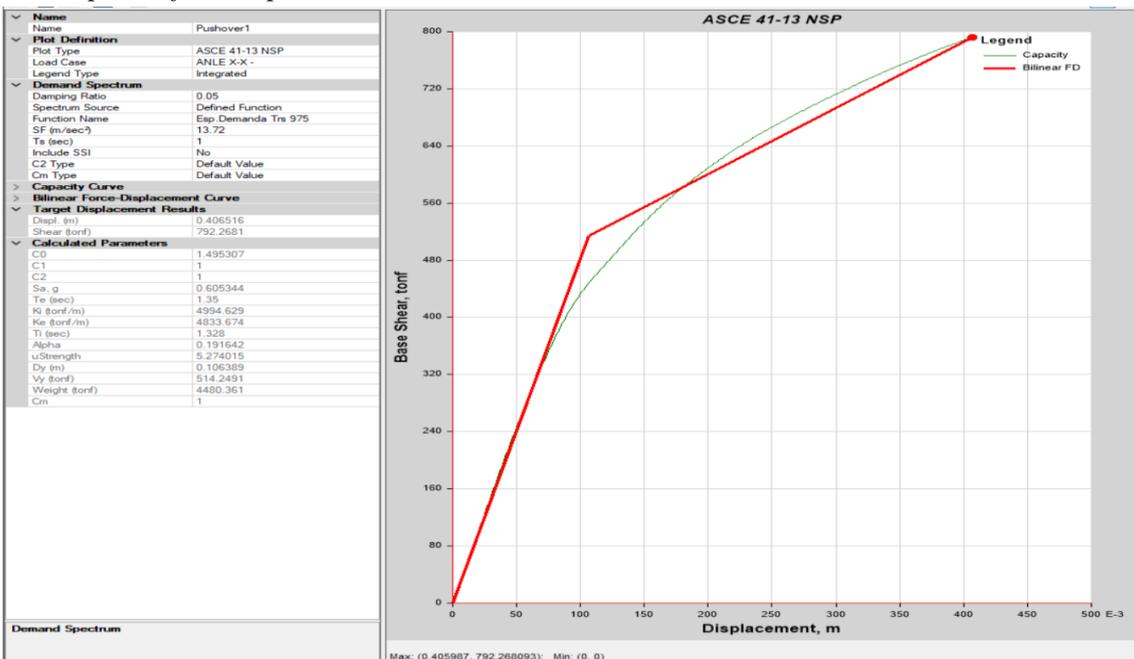


Figura 58

Desempeño efectivo para ANLE Y+

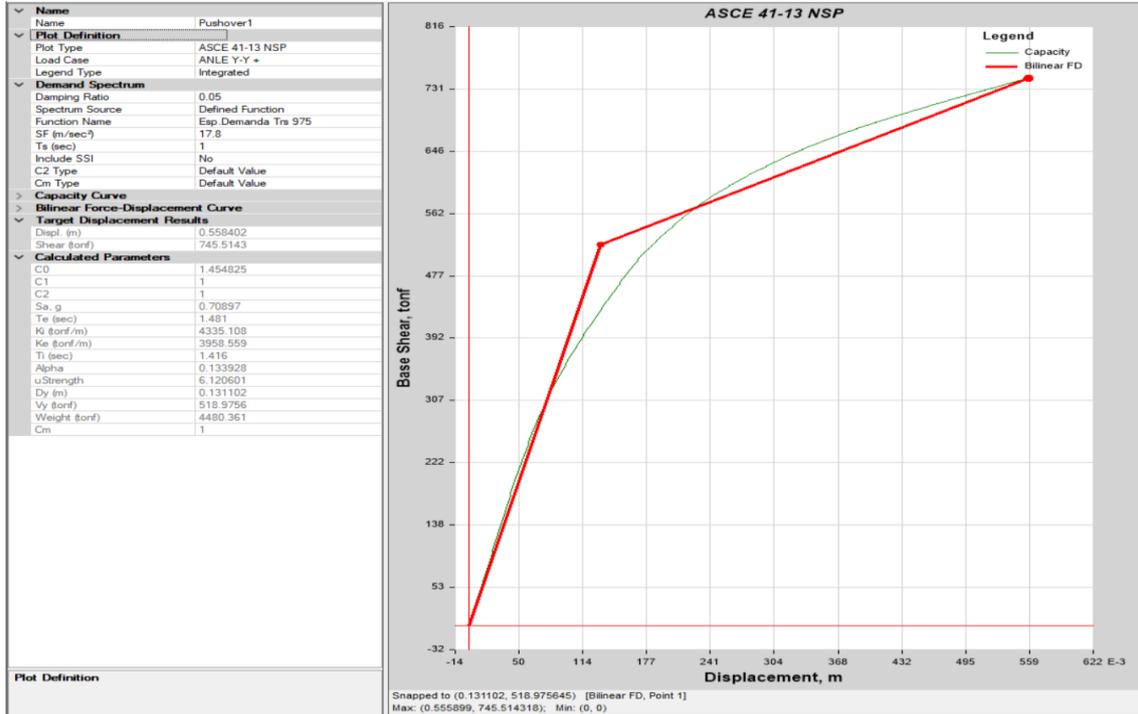
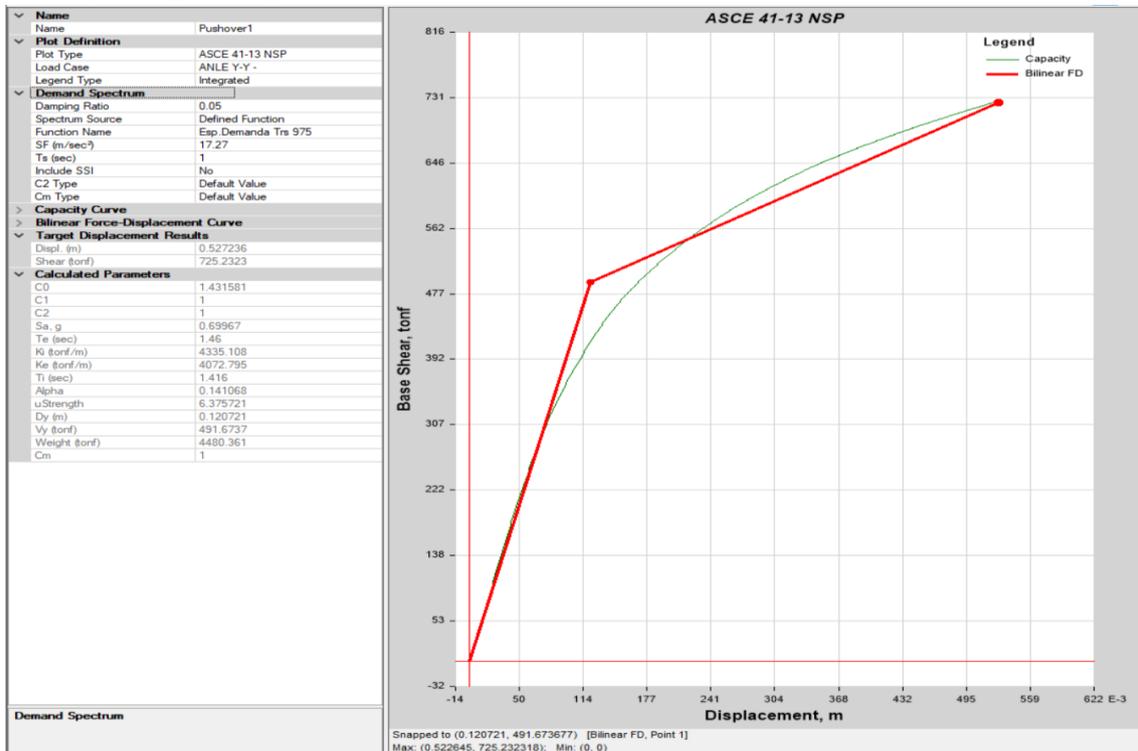


Figura 59

Desempeño efectivo para ANLE Y-



Bilinear de la curva de Capacidad formada mediante aplicación del Patrón Especial

Figura 60

Desempeño efectivo para ANLE X+

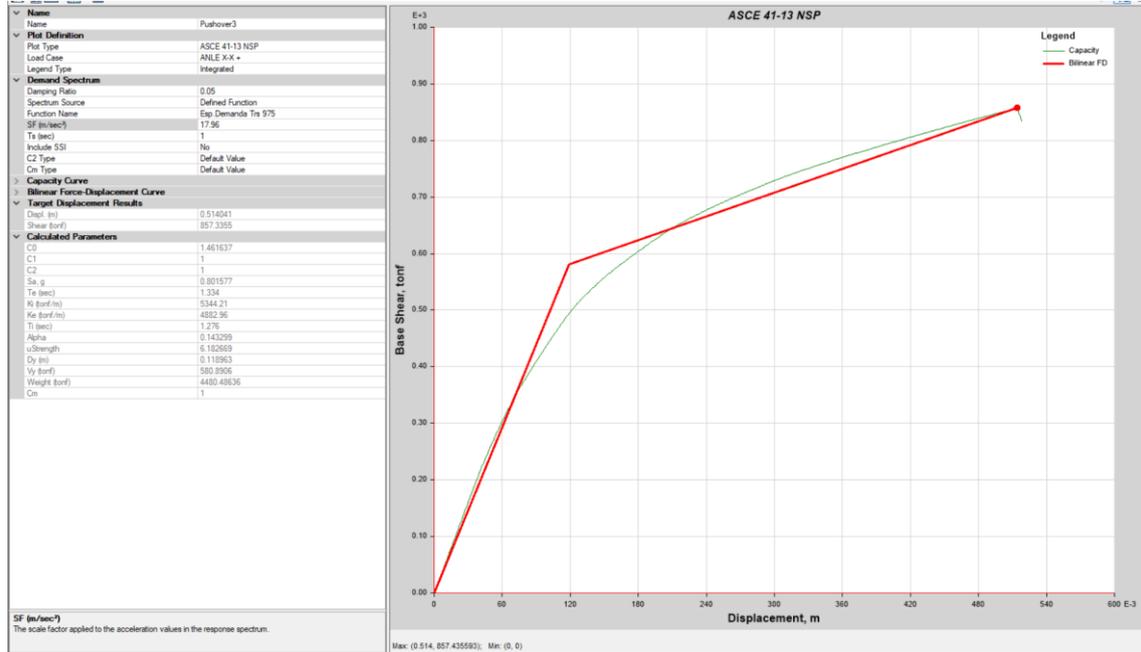


Figura 61

Desempeño efectivo para ANLE X-

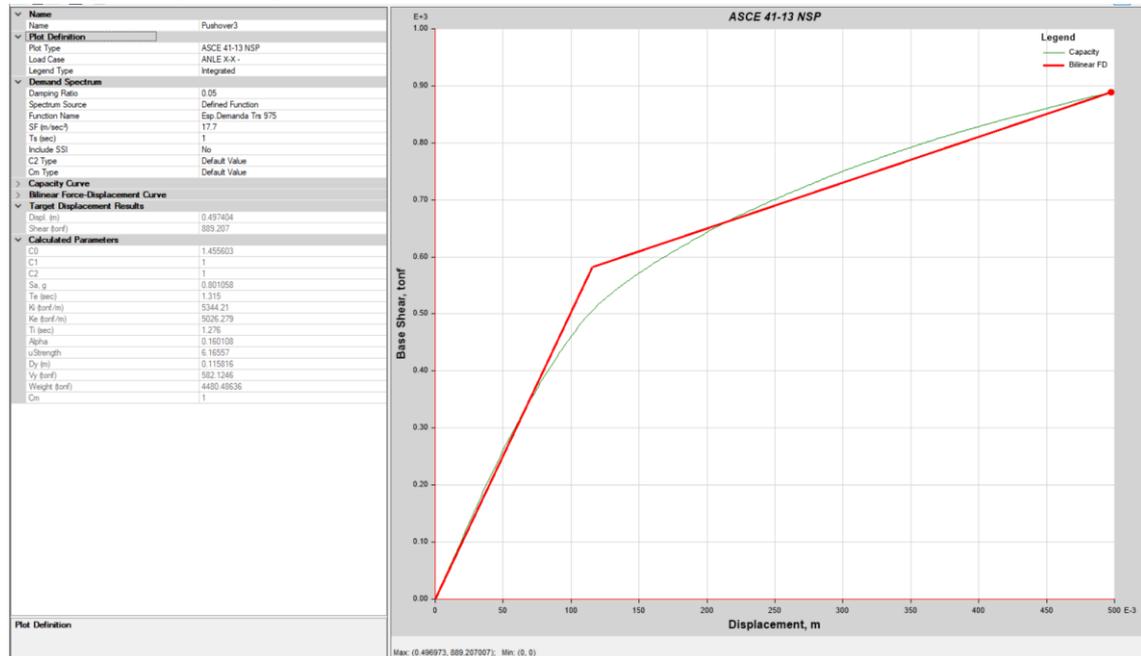


Figura 62

Desempeño efectivo para ANLE Y+

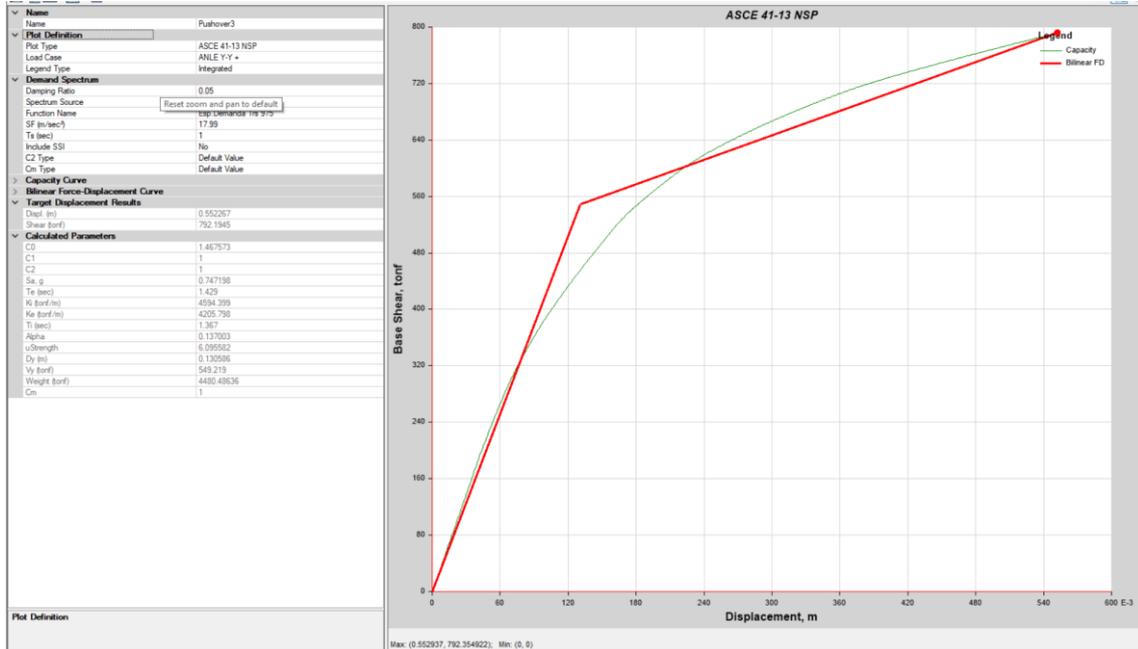


Figura 63

Desempeño efectivo para ANLE Y-

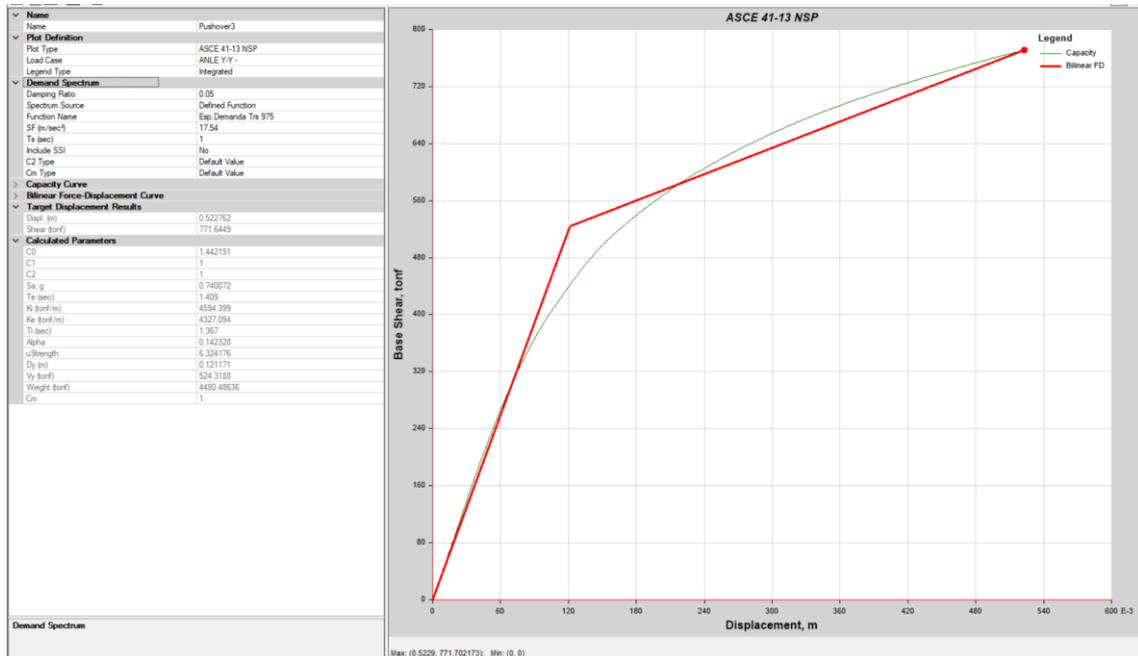


Tabla 26

Desempeño efectivo mediante la aplicación del modo fundamental.

Dir.	Desempeño Max.		Desempeño Efectiva	
	F. Basal (tn)	Despla. (m)	F. Basal (tn)	Despla. (m)
X	764.744	0.414	512.224	0.107
X-	792.268	-0.405	514.249	-0.106
Y	745.514	0.555	518.975	0.131
Y-	725.232	-0.522	491.674	-0.121

Nota: Se tabuló en el software Etabs V19.

Tabla 27

Desempeño efectivo mediante la aplicación del patrón especial.

Dir.	Desempeño Max.		Desempeño Efectiva	
	F. Basal (tn)	Despla. (m)	F. Basal (tn)	Despla. (m)
X	857.435	0.514	580.89	0.118
X-	889.207	-0.496	582.124	-0.115
Y	792.354	0.552	549.219	0.137
Y-	771.702	-0.522	524.318	-0.121

Nota: Se tabulo en el software Etabs V19.

Diferentes niveles de sismo de acuerdo con Visión 2000.

Tabla 28

Coefficiente de R.

Nivel del movimiento sísmico	Periodo medio de retorno	Probabilidad de excedencia	Coefficiente de R
Frecuente	43 años	50% en 30 años	2.32
Ocasional	72 años	50% en 50 años	1.93
Raro	475 años	10% en 50 años	1.00
Muy Raro	950 años	10% en 100 años	0.78

Nota: Se consideró k intermedio de 0.35 para realizar el cálculo según visión 2000.

3.3.1. Punto de desempeño para cada nivel de sismo de acuerdo ASCE 41-17.

A continuación, el programa Etabs 19 tiene la norma de ASCE 41-13, sin embargo, es igual a la norma ASCE 41-17 ya que es una norma actual y no cambian los parámetros de coeficientes para realizar el punto de desempeño.

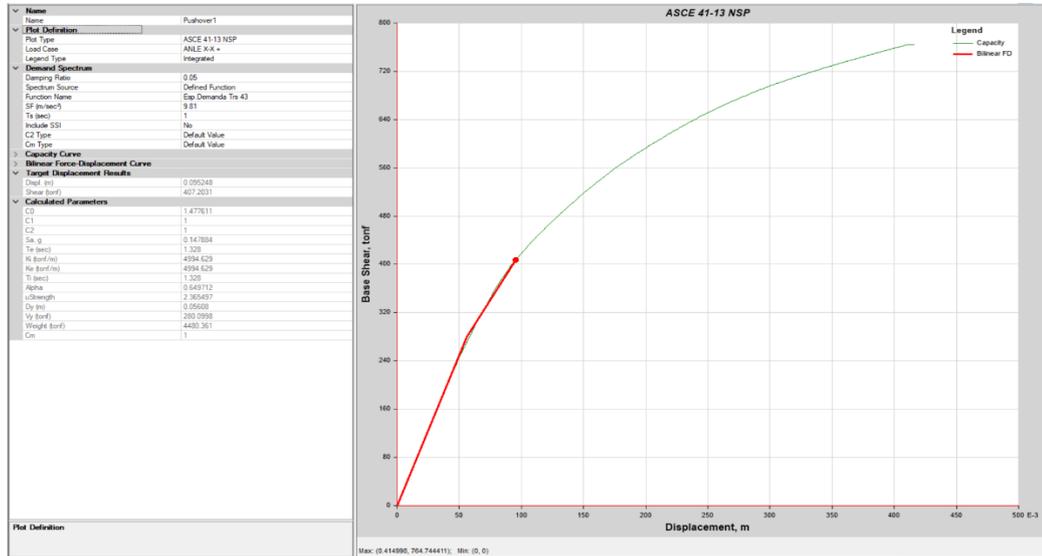
Punto de desempeño formado mediante la aplicación de modos fundamentales.

Para un sismo frecuente en dirección X+, la estructura tiene un desplazamiento de

9,52 cm y una cortante de 407.203 tn, como se muestra en la Figura 64.

Figura 64

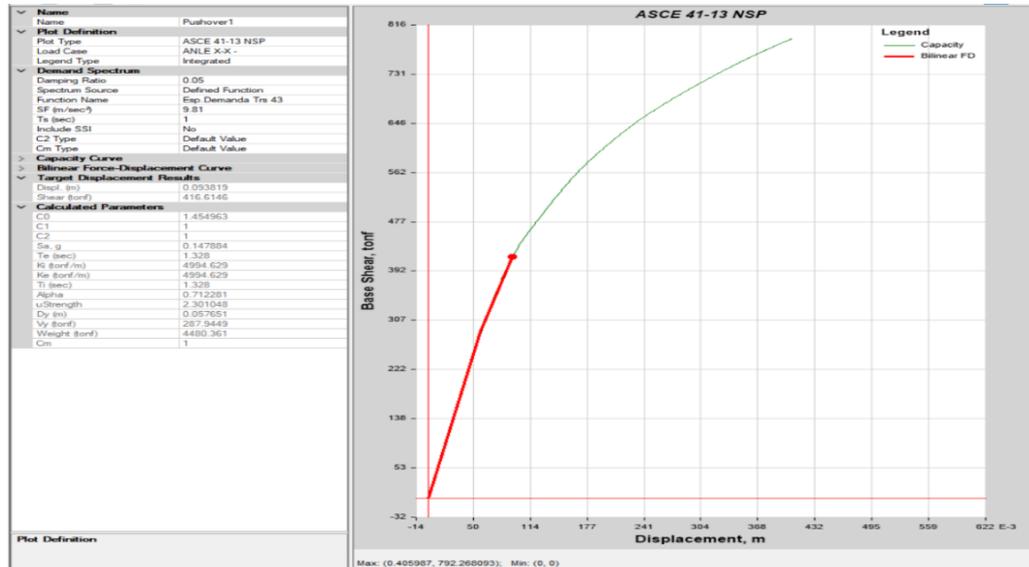
Desempeño sismo frecuente X+ según ASCE 41-17.



La estructura tiene un desplazamiento de 9,38 cm y un cortante de 416.614 tn para un sismo frecuente en dirección X, como se muestra en la Figura 65.

Figura 65

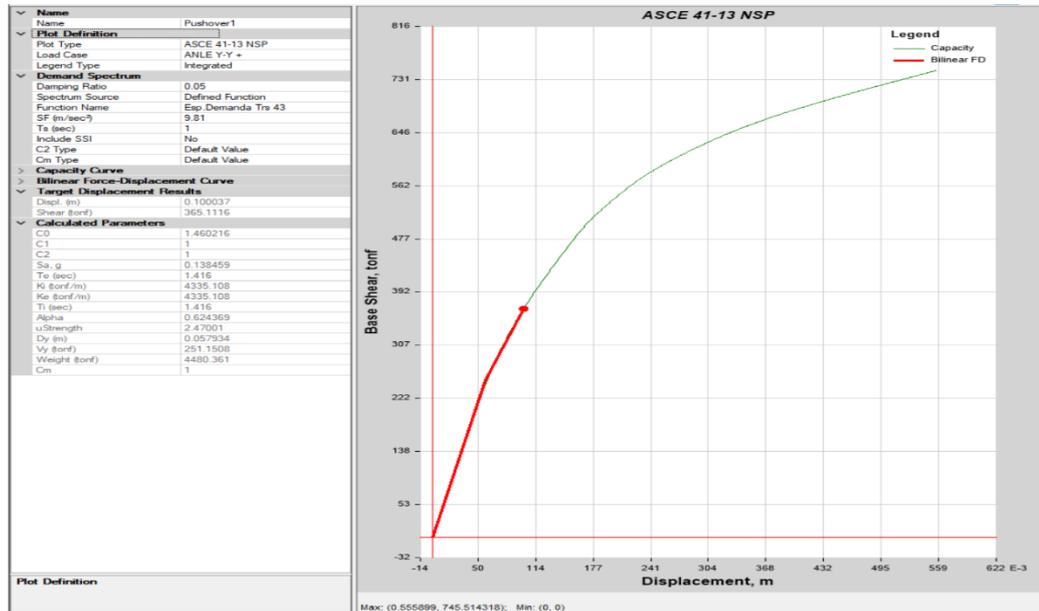
Desempeño sismo frecuente X- según ASCE 41-17



Para un sismo frecuente en dirección Y+, la Figura 66 muestra que la estructura tiene un desplazamiento de 10.00 cm y una cortante de 365.116 tn.

Figura 66

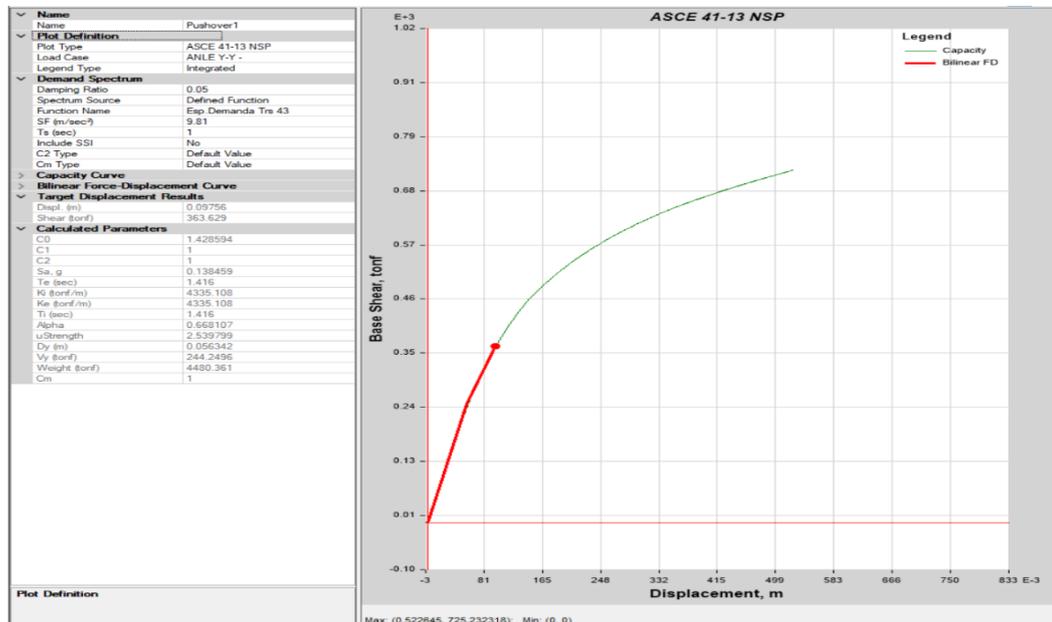
Desempeño sismo frecuente Y+ según ASCE 41-17.



Para un sismo frecuente en dirección Y, la estructura tiene un desplazamiento de 9.75 cm y una cortante de 363.629 tn, como se muestra en la Figura 67.

Figura 67

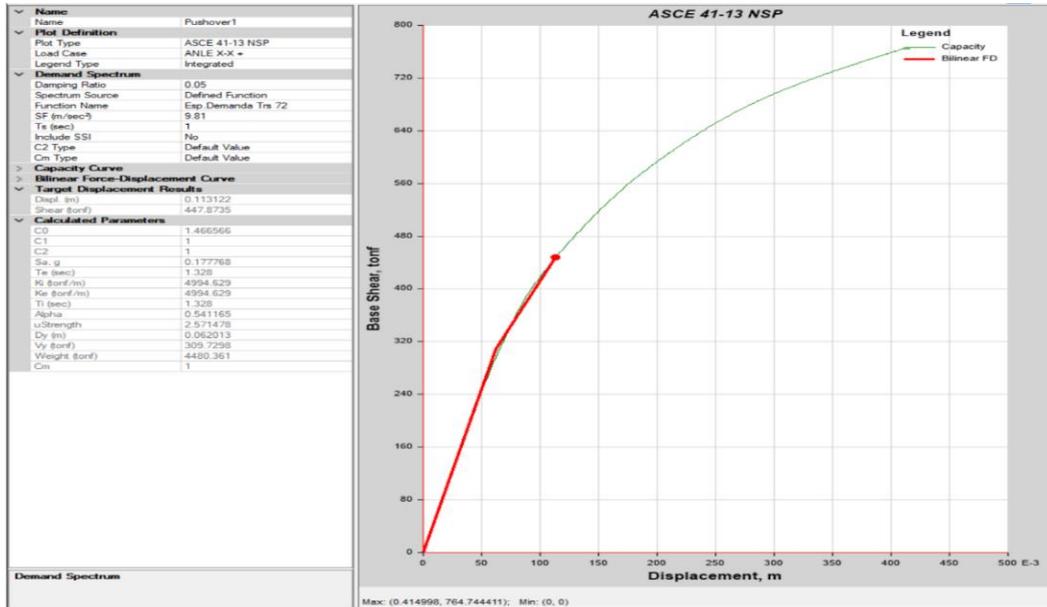
Desempeño sismo frecuente Y- según ASCE 41-17.



Para un sismo ocasional en dirección X+, la estructura tiene un desplazamiento de 11.31 cm y una cortante de 447.873 tn, como se muestra en la Figura 68.

Figura 68:

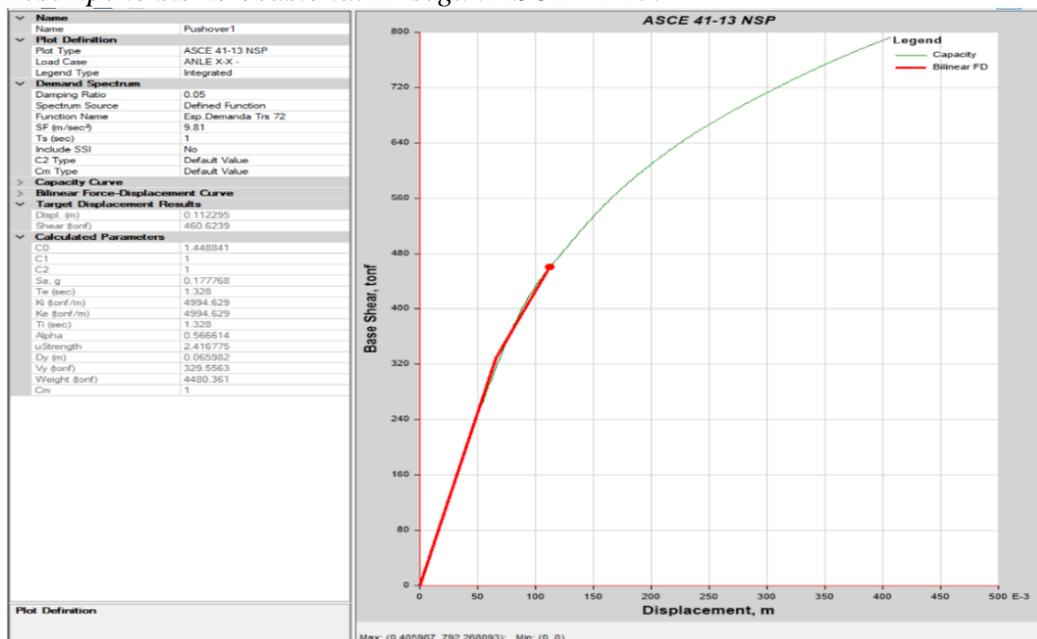
Desempeño sismo ocasional X+ según ASCE 41-17.



La estructura tiene un desplazamiento de 11,22 cm y un cortante de 460,623 tn para un sismo ocasional en dirección X, como se muestra en la Figura 69.

Figura 69

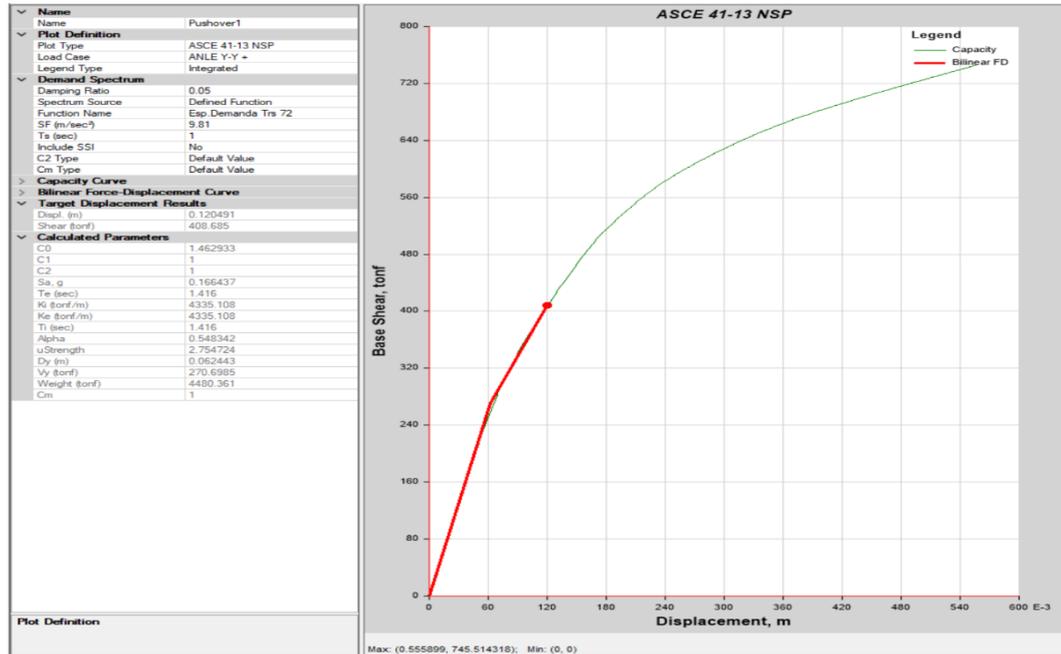
Desempeño sismo ocasional X- según ASCE 41-17.



Para un sismo ocasional en dirección Y+, la Figura 70 muestra que la estructura tiene un desplazamiento de 12.09 cm y una cortante de 408.685 tn.

Figura 70

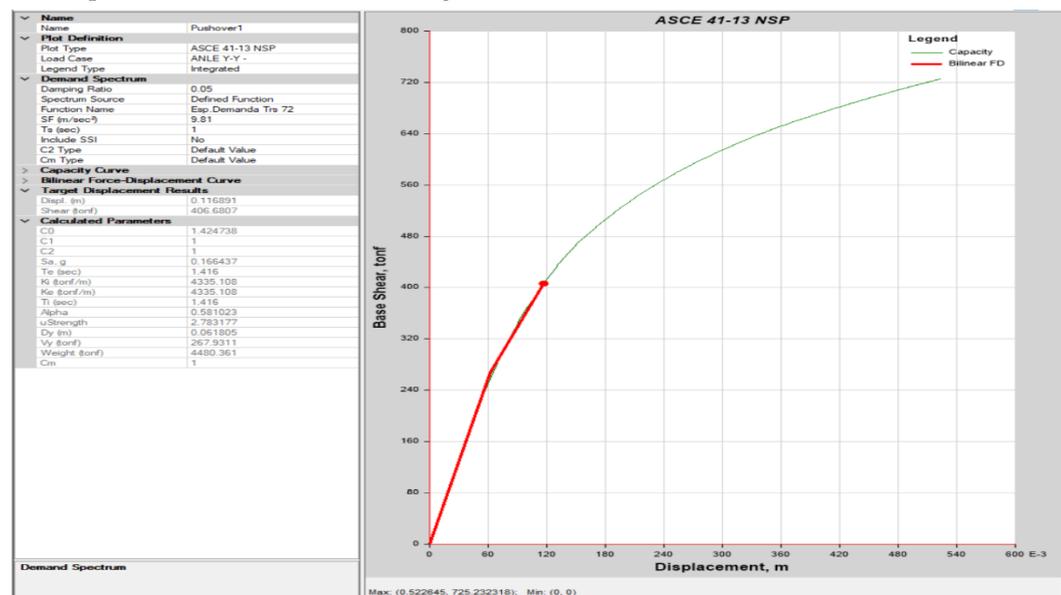
Desempeño sismo ocasional Y+ según ASCE 41-17.



Para un sismo ocasional en dirección Y, la estructura tiene un desplazamiento de 11.68 cm y una cortante de 406.680 tn, como se muestra en la Figura 71.

Figura 71

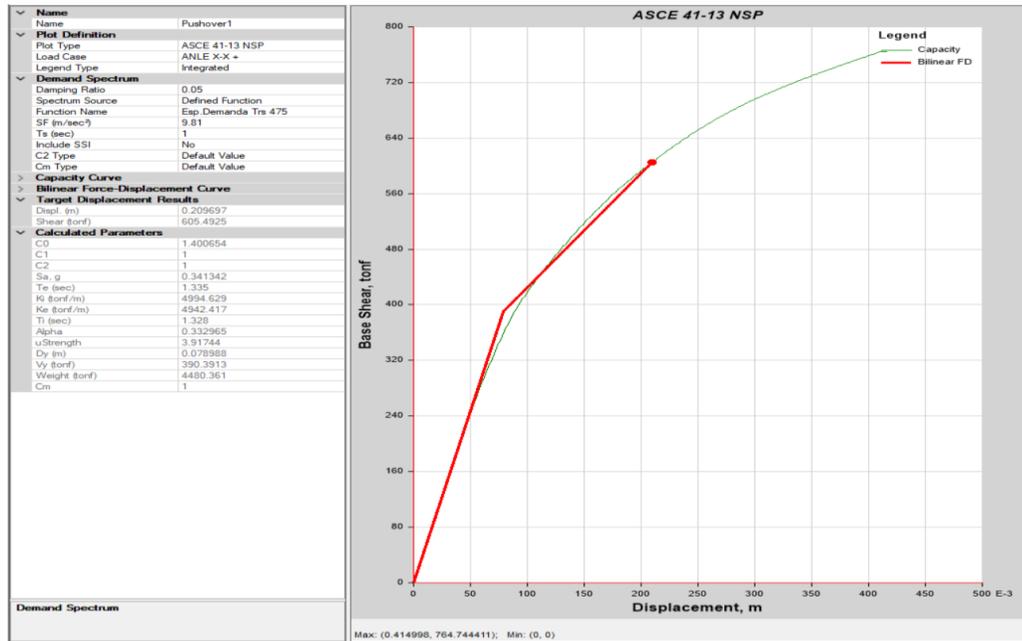
Desempeño sismo ocasional Y- según ASCE 41-17.



Para un sismo raro en dirección X+, la estructura tiene un desplazamiento de 20.96 cm y una cortante de 605.492 tn, como se muestra en la Figura 72.

Figura 72

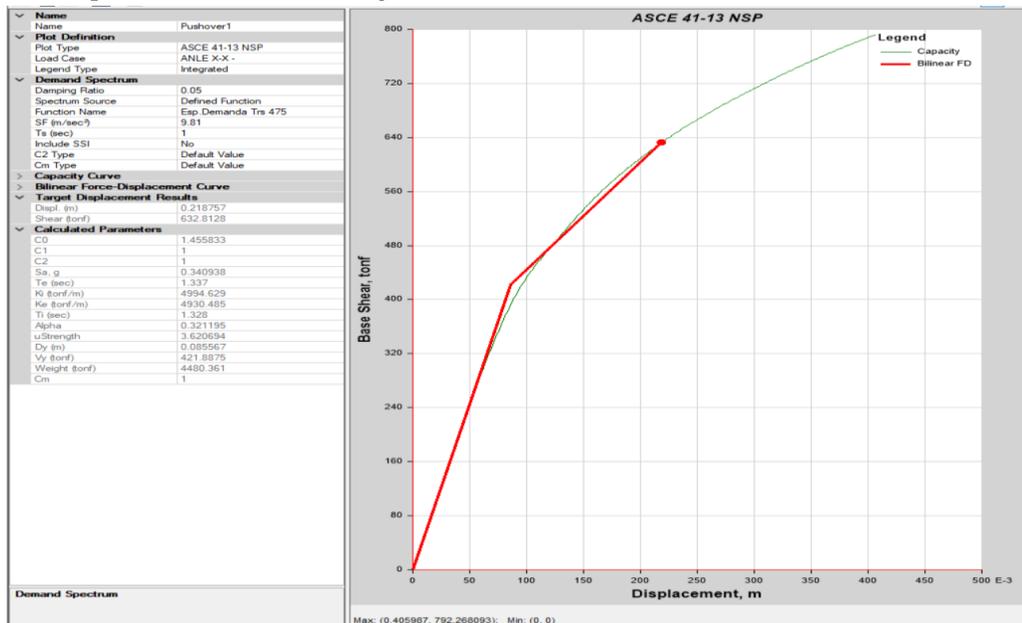
Desempeño sismo raro X+ según ASCE 41-17



La estructura tiene un desplazamiento de 21.875 cm y un cortante de 632.812 tn para un sismo raro en dirección X, como se muestra en la Figura 73.

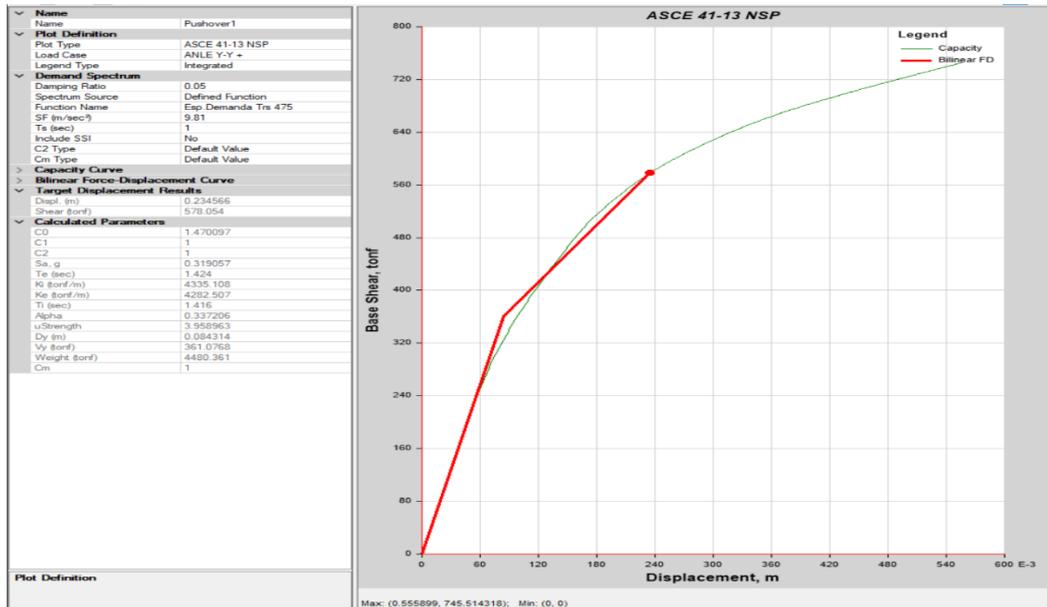
Figura 73

Desempeño sismo raro X- según ASCE 41-17.



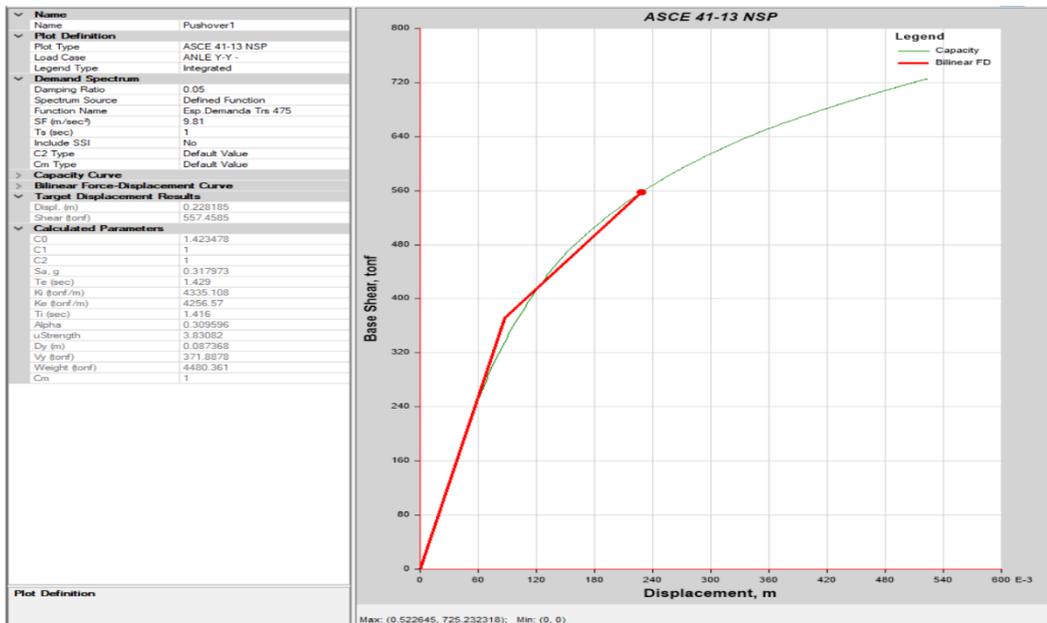
Para un sismo raro en dirección Y+, la estructura tiene un desplazamiento de 23.45 cm y una cortante de 578.054 tn, como se muestra en la Figura 74.

Figura 74
Desempeño sismo raro Y+ según ASCE 41-17.



La estructura tiene un desplazamiento de 22,81 cm y un cortante de 557.458 tn para un sismo Raro en dirección Y, como se muestra en la Figura 75.

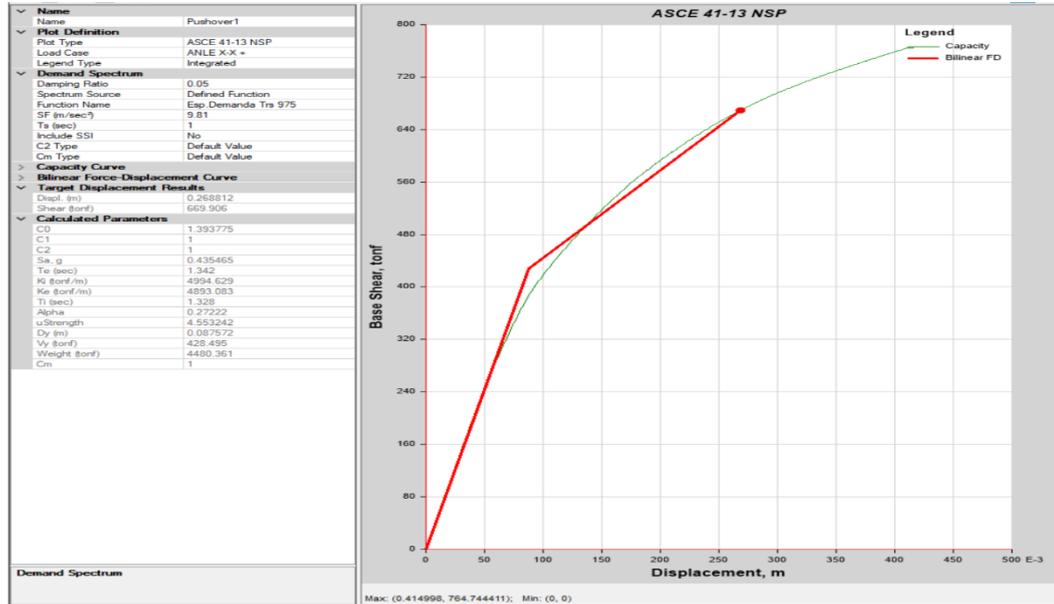
Figura 75
Desempeño sismo raro Y- según ASCE 41-17



Para un sismo Muy Raro en dirección X+, la Figura 76 muestra que la estructura sufre un desplazamiento de 26.88 cm y una cortante de 669.906 tn.

Figura 76

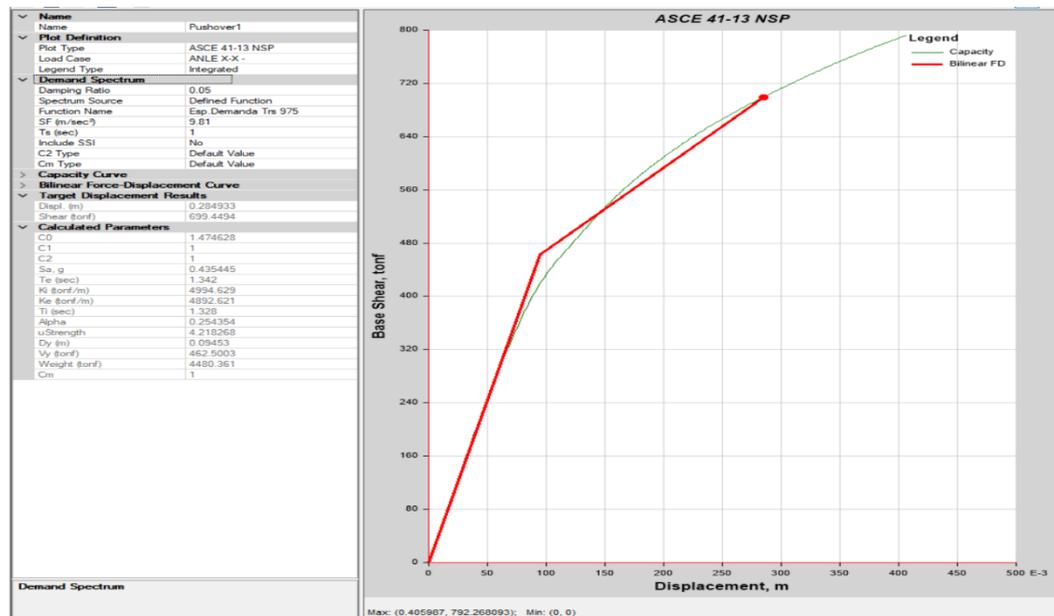
Desempeño sismo muy raro X+ según ASCE 41-17



La estructura tiene un desplazamiento de 28.49 cm y un cortante de 699.449 tn para un sismo Muy raro en dirección X, como se muestra en la Figura 77.

Figura 77

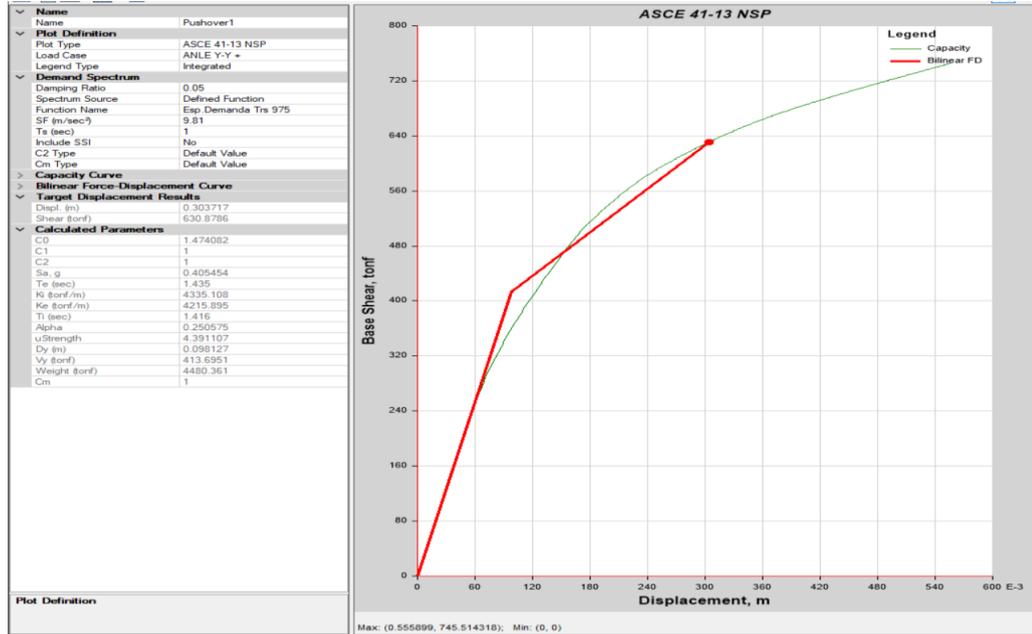
Desempeño sismo muy raro X- según ASCE 41-17



Para un sismo Muy Raro en dirección Y+, la Figura 78 muestra que la estructura tiene un desplazamiento de 30.37 cm y una cortante de 630.878 tn.

Figura 78

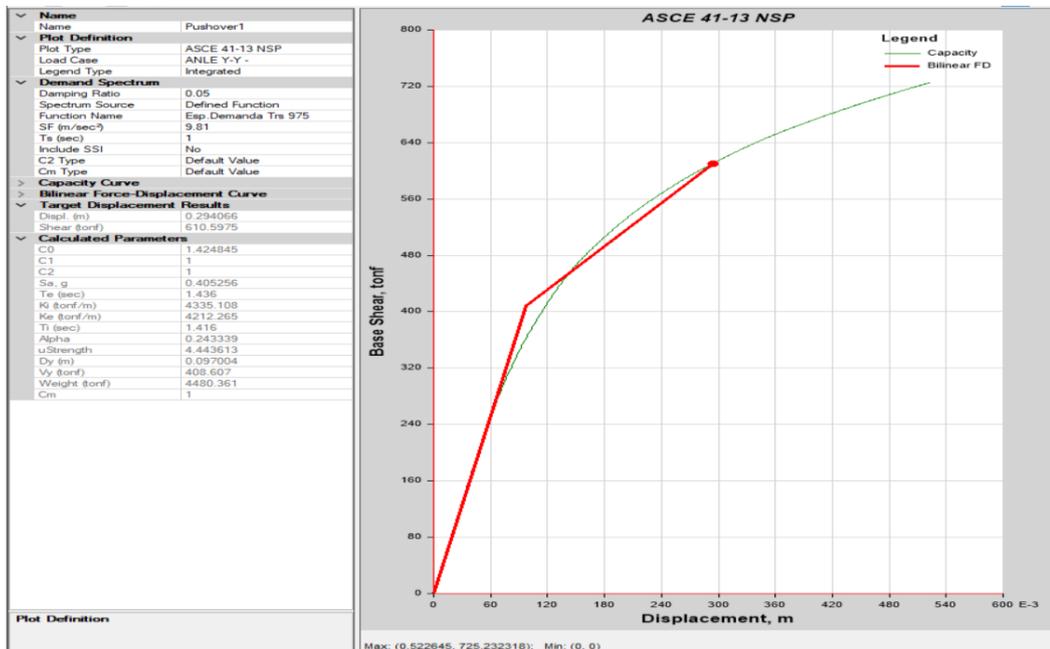
Desempeño sismo muy raro Y+ según ASCE 41-17



La estructura tiene un desplazamiento de 29,40 cm con un cortante de 610,597 tn para un sismo Muy raro en dirección Y, como se muestra en la Figura 79.

Figura 79

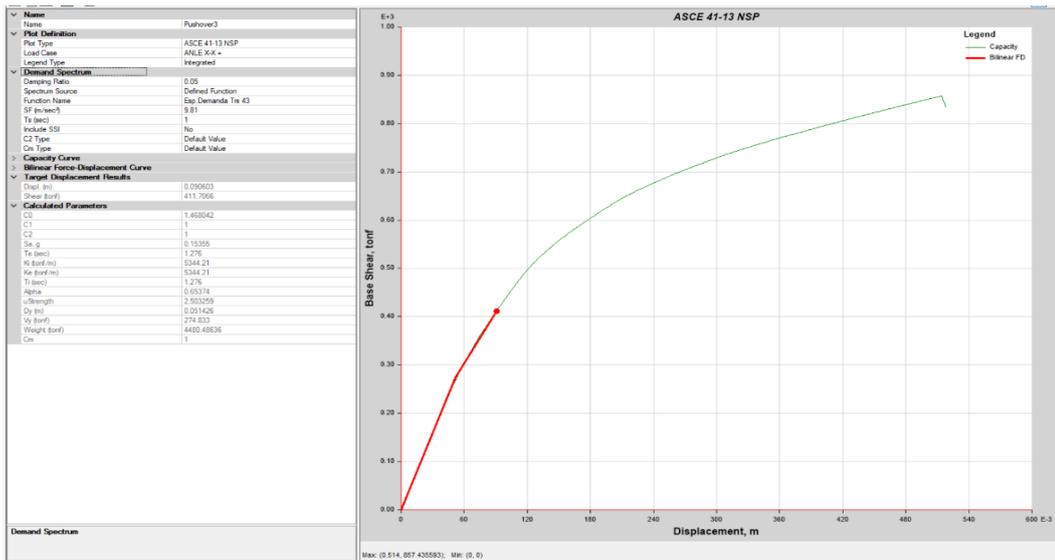
Desempeño sismo muy raro Y- según ASCE 41-17



Punto de desempeño de curva de capacidad formada mediante la aplicación de un patrón especial.

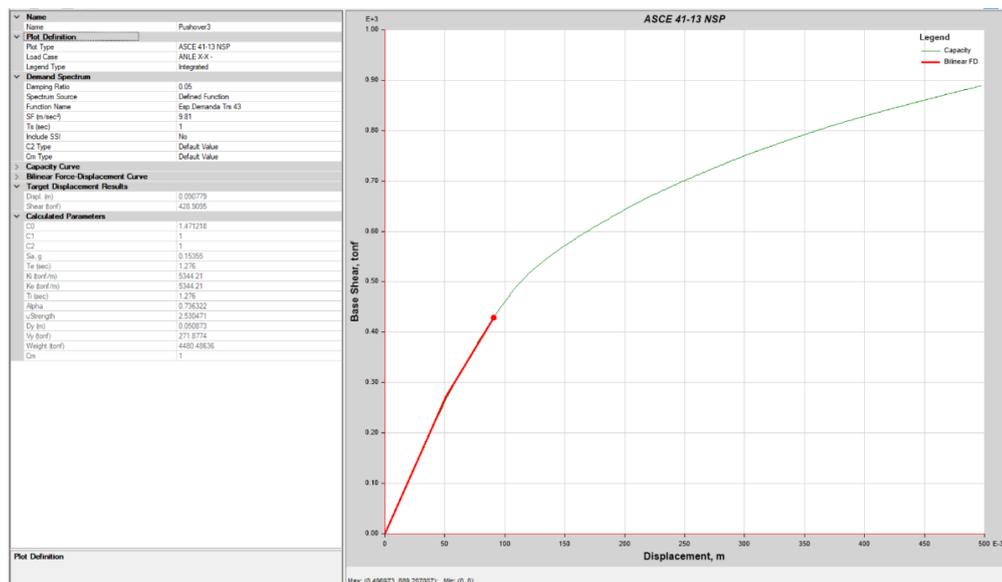
Para un sismo frecuente en dirección X+, la estructura tiene un desplazamiento de 9,06 cm y una cortante de 411.706 tn, como se muestra en la Figura 80.

Figura 80
Desempeño sismo frecuente X+ según ASCE 41-17.



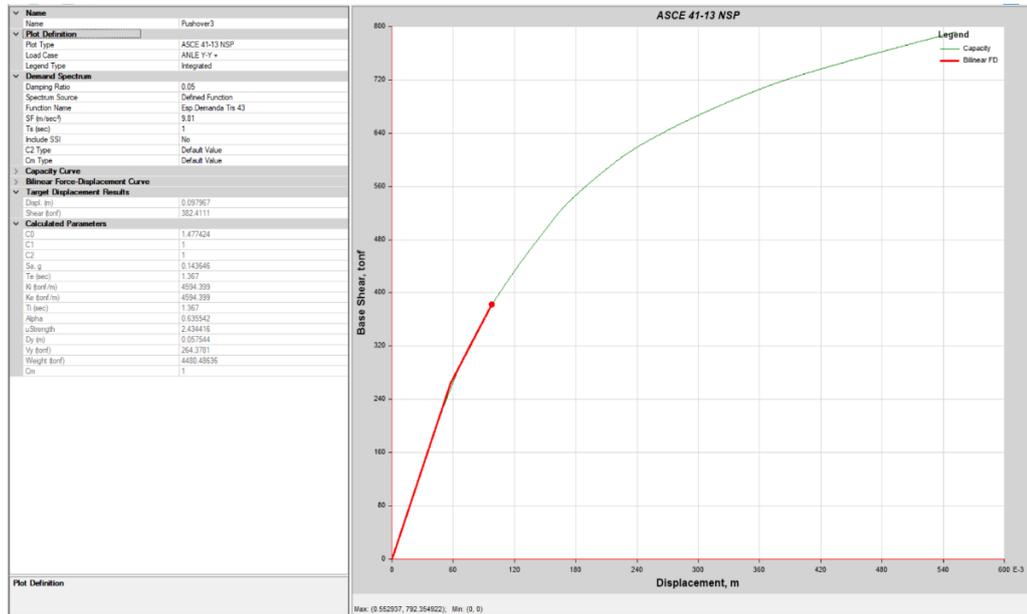
La estructura tiene un desplazamiento de 9,38 cm y un cortante de 416.614 tn para un sismo frecuente en dirección X-, como se muestra en la Figura 81.

Figura 81
Desempeño sismo frecuente X- según ASCE 41-17.



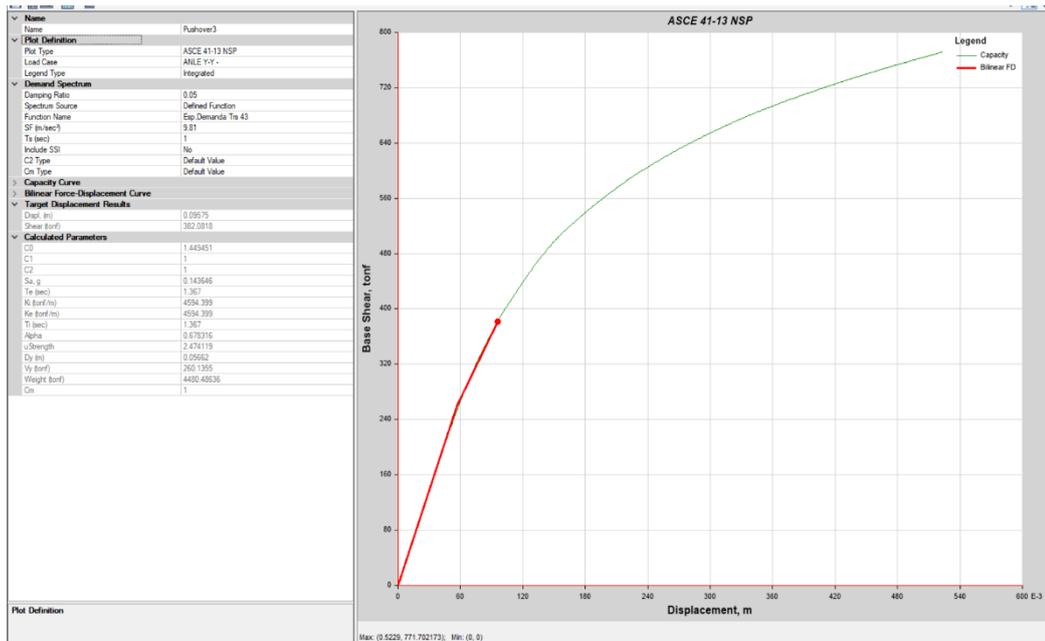
Para un sismo frecuente en dirección Y+, la estructura tiene un desplazamiento de 10.00 cm y una cortante de 365.116 tn, como se muestra en la Figura 82.

Figura 82:
Desempeño sismo frecuente Y+ según ASCE 41-17



Para un sismo frecuente en dirección Y, la estructura tiene un desplazamiento de 9.75 cm y una cortante de 363.629 tn, como se muestra en la Figura 83.

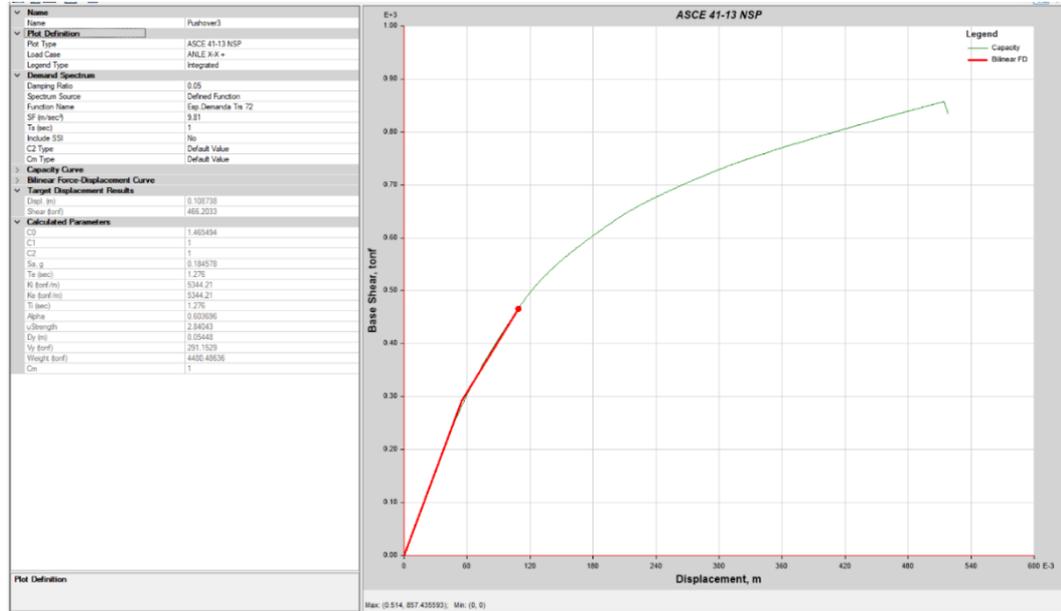
Figura 83
Desempeño sismo frecuente Y- según ASCE 41-17.



Para un sismo ocasional en dirección X+, la estructura tiene un desplazamiento de 11.31 cm y una cortante de 447.873 tn, como se muestra en la Figura 84.

Figura 84

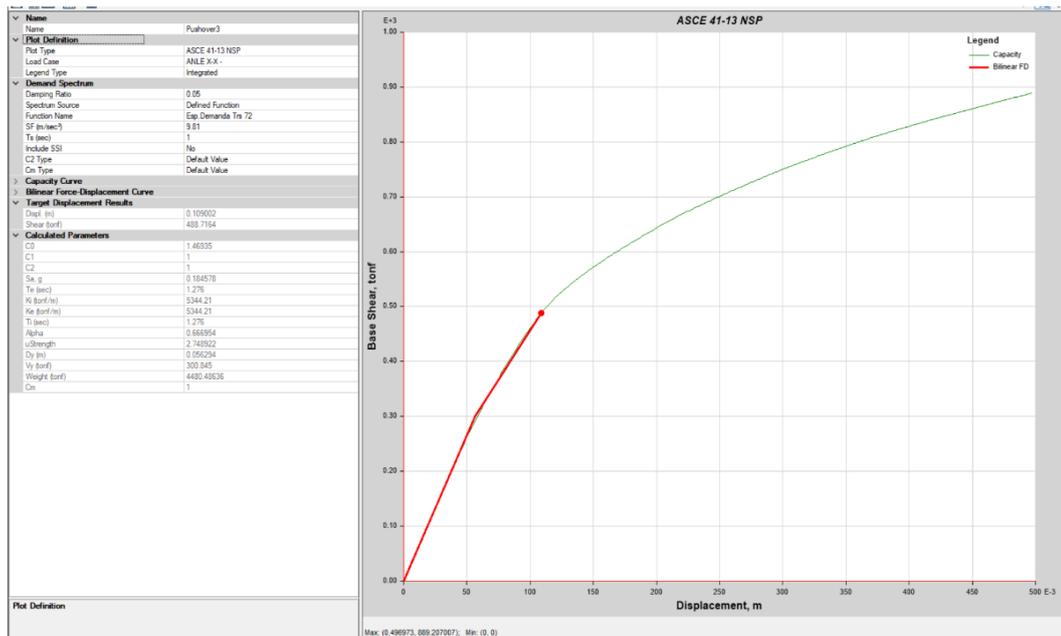
Desempeño sismo ocasional X+ según ASCE 41-17



La estructura tiene un desplazamiento de 11,22 cm y un cortante de 460,623 tn para un sismo ocasional en dirección X, como se muestra en la Figura 85.

Figura 85

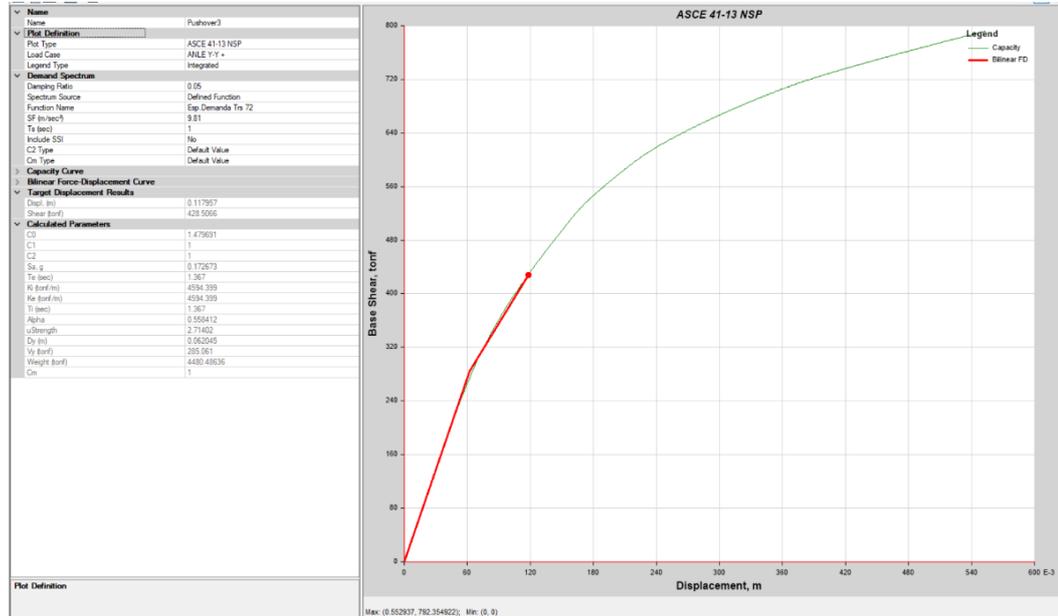
Desempeño sismo ocasional X- según ASCE 41-17



Para un sismo ocasional en dirección Y+, la estructura tiene un desplazamiento de 12.09 cm con un cortante de 408.685 tn, como se muestra en la Figura 86.

Figura 86

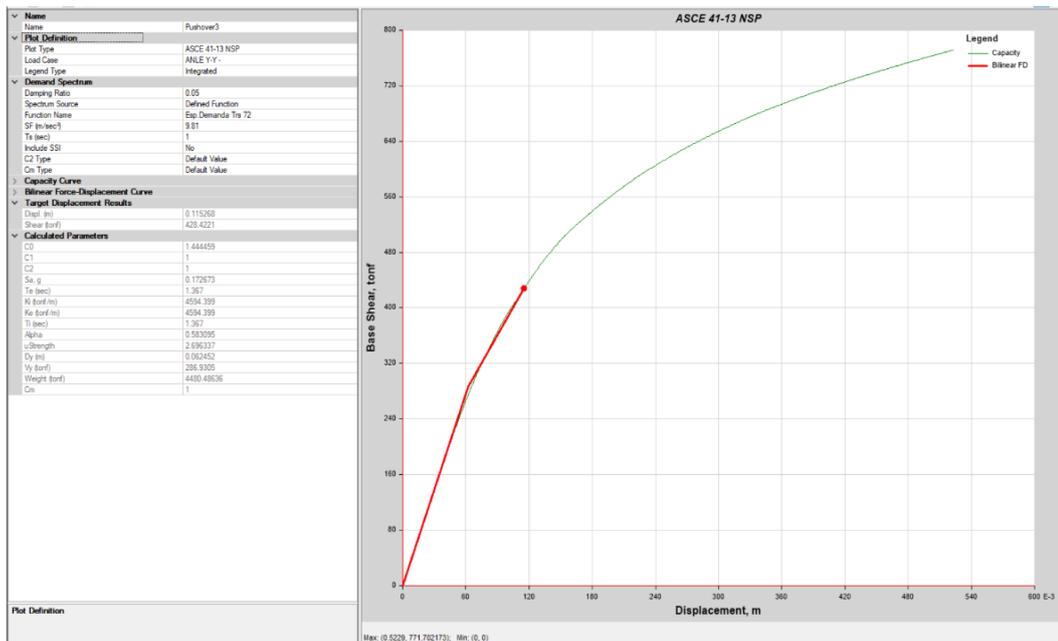
Desempeño sismo ocasional Y+ según ASCE 41-17



La estructura tiene un desplazamiento de 11,68 cm y un cortante de 406,680 tn para un sismo ocasional en dirección Y, como se muestra en la Figura 87.

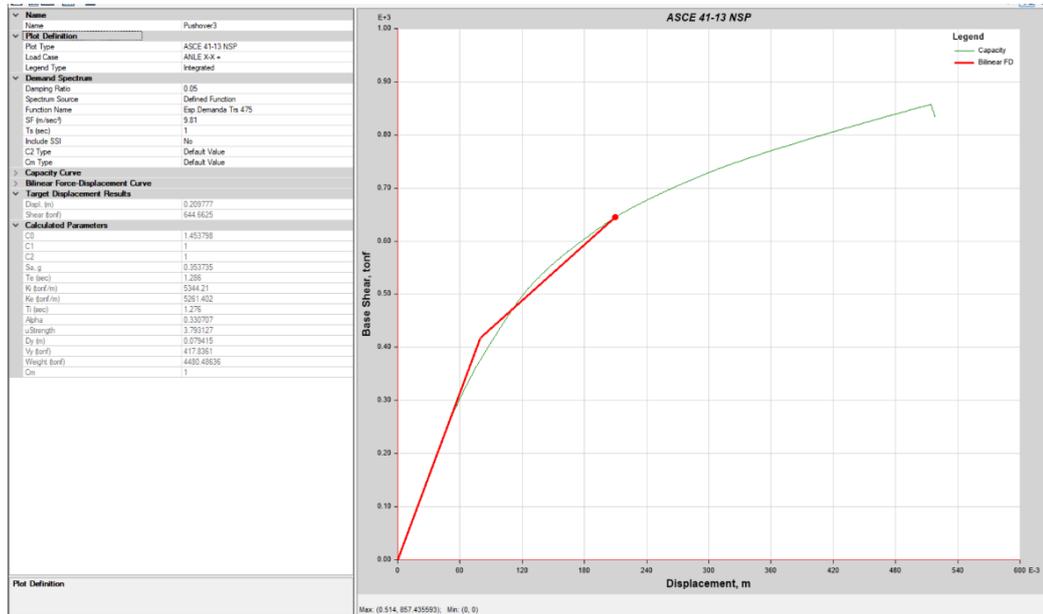
Figura 87

Desempeño sismo ocasional Y- según ASCE 41-17



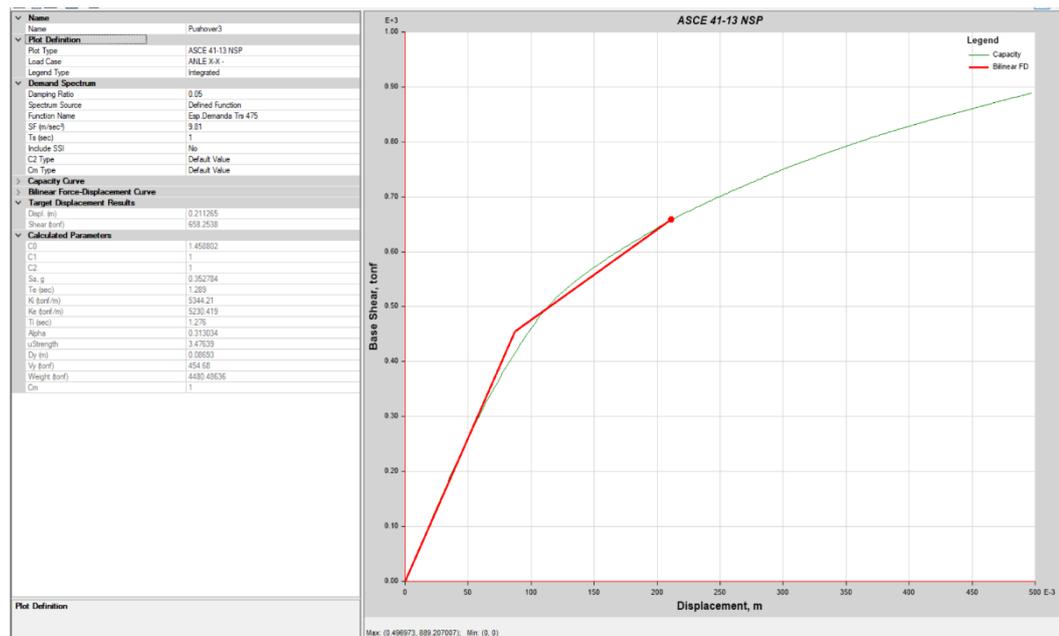
Para un sismo raro en dirección X+, la estructura tiene un desplazamiento de 20,96 cm y una cortante de 605.492 tn, como se muestra en la Figura 88.

Figura 88
Desempeño sismo raro X+ según ASCE 41-17



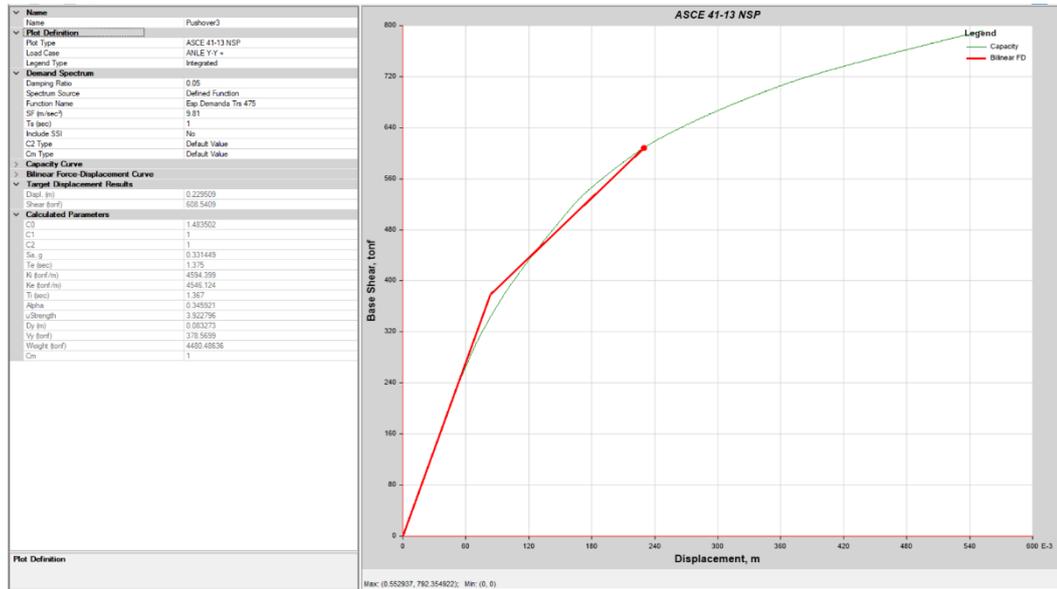
La estructura tiene un desplazamiento de 21.875 cm y un cortante de 632.812 tn, como se muestra en la Figura 89 para un sismo Raro en dirección X.

Figura 89
Desempeño sismo raro X- según ASCE 41-17



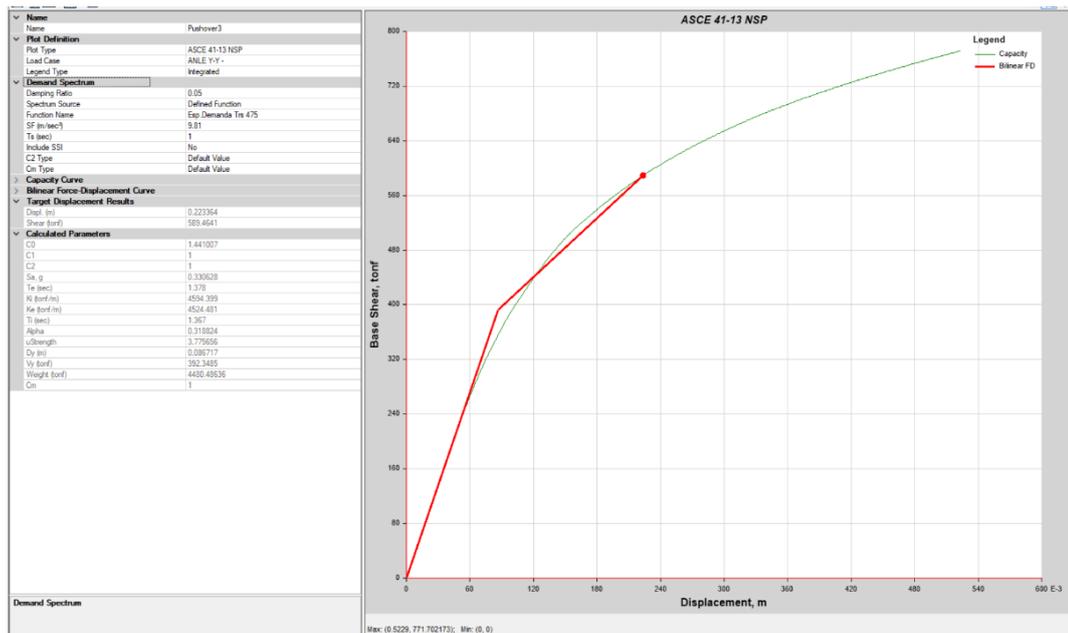
Para un sismo raro en dirección Y+, la Figura 90 muestra que la estructura tiene un desplazamiento de 23.45 cm y una cortante de 578.054 tn.

Figura 90
Desempeño sismo raro Y+ según ASCE 41-17



La estructura tiene un desplazamiento de 22,81 cm y un cortante de 557.458 tn para un sismo raro en dirección Y, como se muestra en la Figura 91.

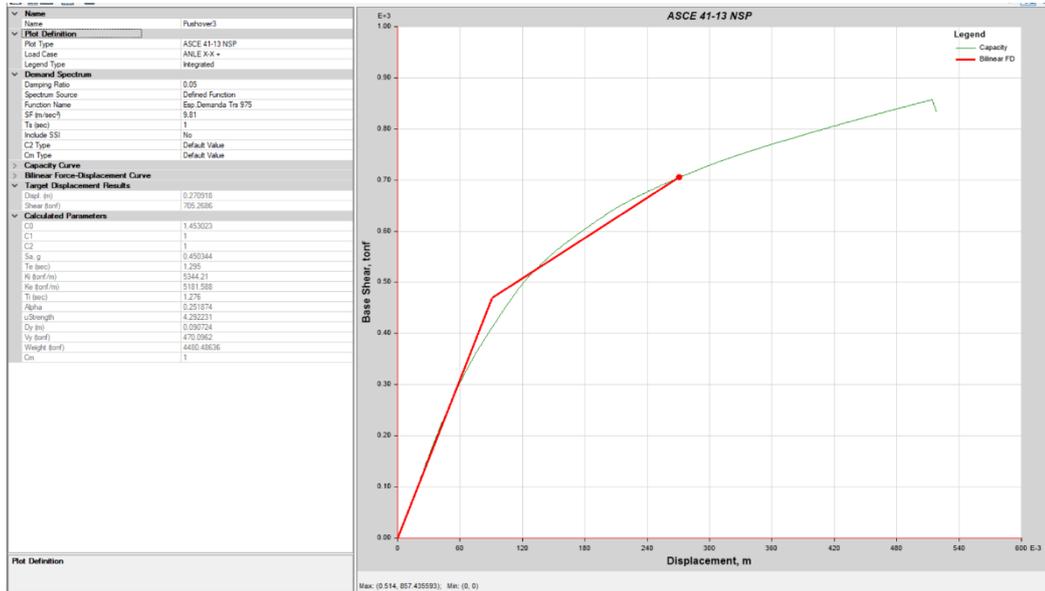
Figura 91
Desempeño sismo raro Y- según ASCE 41-17



La Figura 92 muestra un sismo Muy raro en dirección X+ en el que la estructura sufre un desplazamiento de 26,88 cm y un cortante de 669.906 tn.

Figura 92

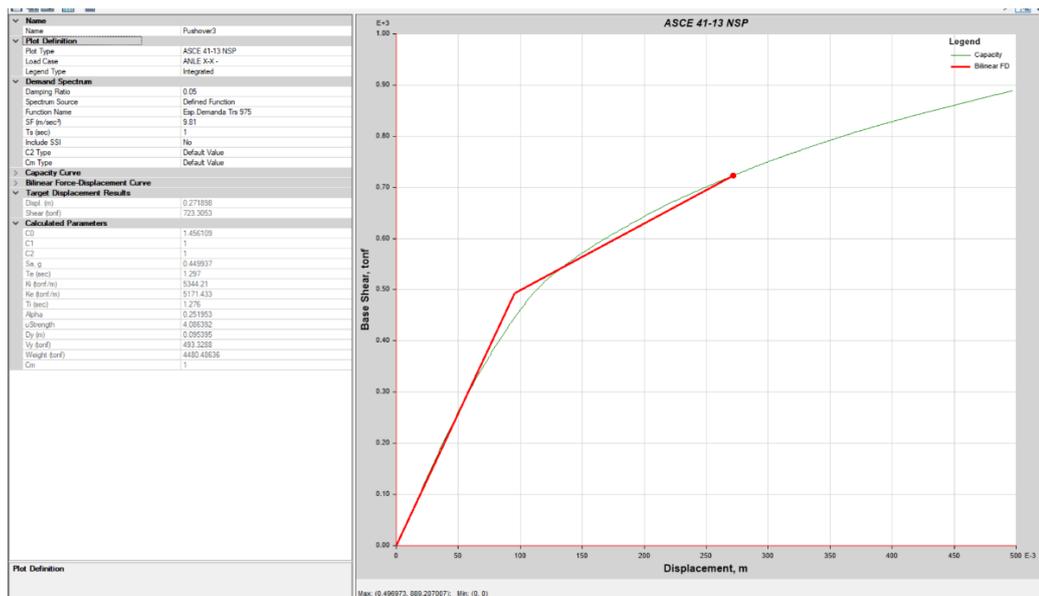
Desempeño sismo muy raro X+ según ASCE 41-17



La estructura tiene un desplazamiento de 28.49 cm con un cortante de 699.449 tn para un sismo Muy raro en dirección X, como se muestra en la Figura 93.

Figura 93

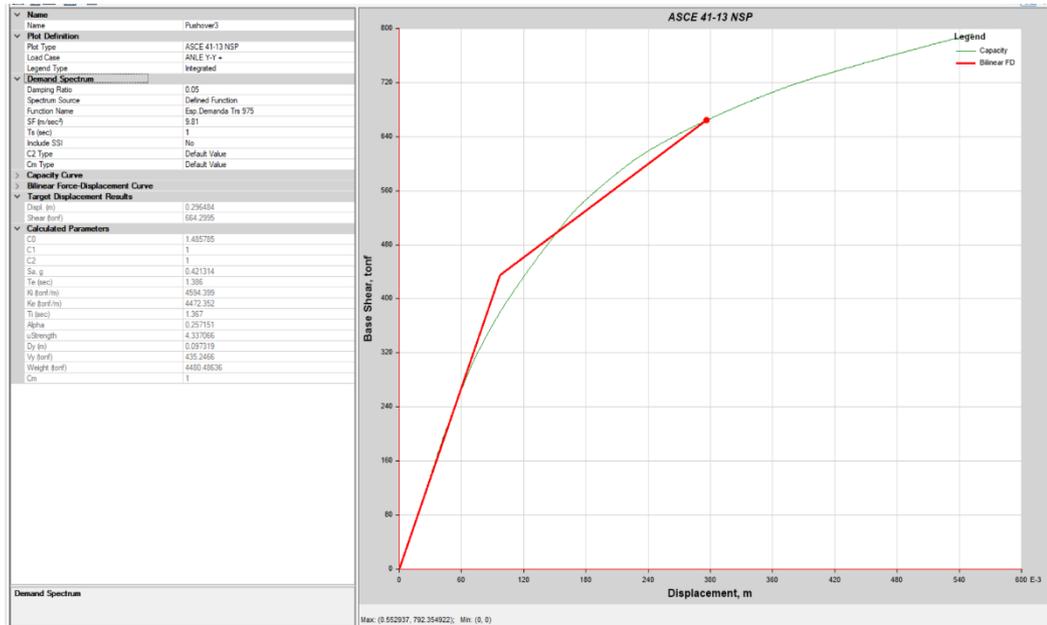
Desempeño sismo muy raro X- según ASCE 41-17



Para un sismo Muy Raro en dirección Y+, la Figura 94 muestra que la estructura tiene un desplazamiento de 30.37 cm y una cortante de 630.878 tn.

Figura 94

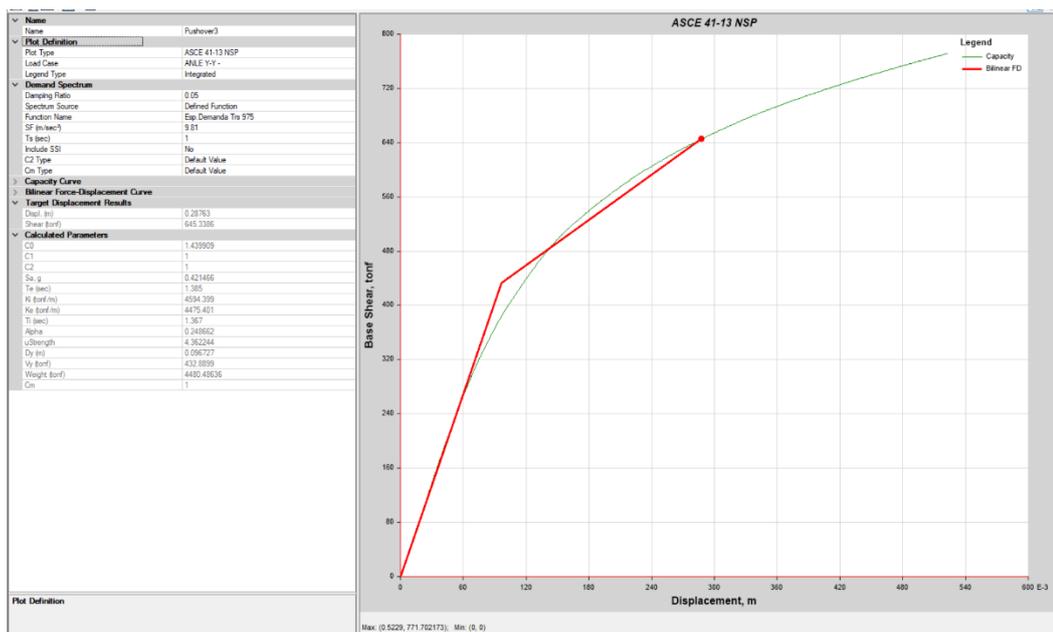
Desempeño sismo muy raro Y+ según ASCE 41-17



La estructura tiene un desplazamiento de 29,40 cm y un cortante de 610,597 tn para un sismo Muy raro en dirección Y-, como se muestra en la Figura 95.

Figura 95

Desempeño sismo muy raro Y- según ASCE 41-17



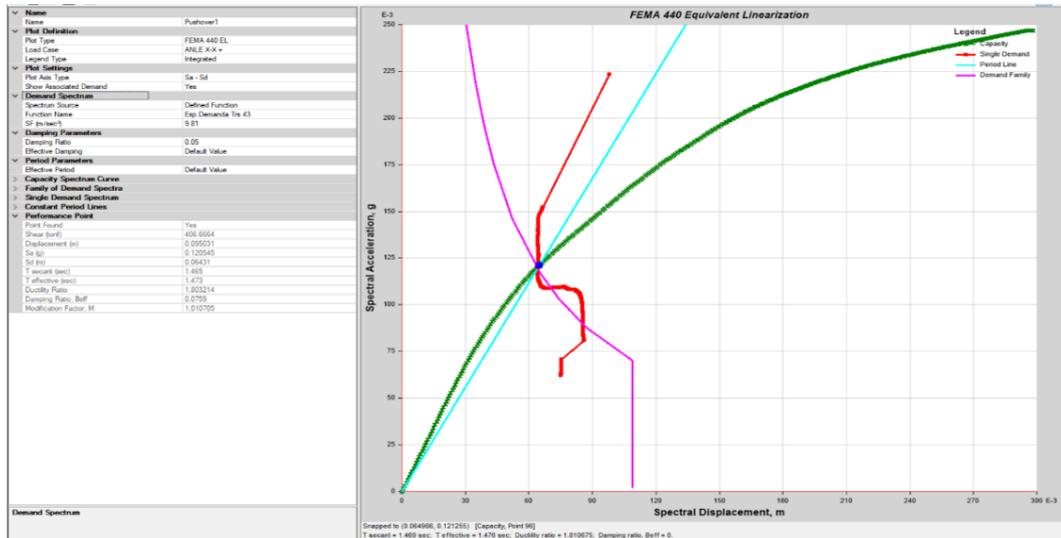
3.3.2. Punto de desempeño para cada nivel de sismo según Fema 440.

Punto de desempeño de la curva de capacidad formada mediante la aplicación de modos fundamentales.

Para un sismo ocasional en dirección X+, la Figura 96 muestra que la estructura tiene un desplazamiento de 9,5 cm y una cortante de 406.666 tn.

Figura 96

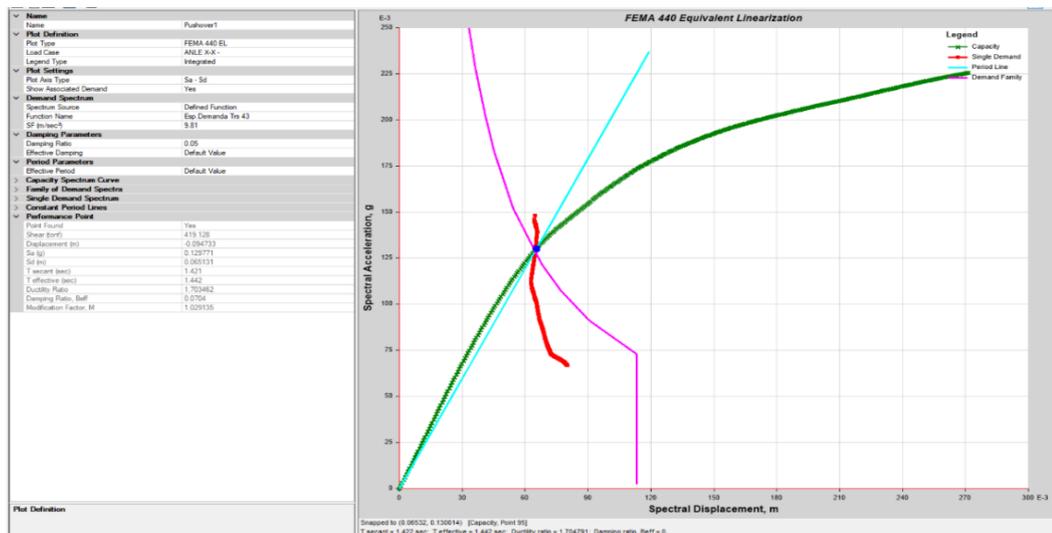
Desempeño sismo ocasional X+ según FEMA 440



La estructura tiene un desplazamiento de 9,47 cm y un cortante de 419.128 tn para un sismo ocasional en dirección X, como se muestra en la Figura 97.

Figura 97

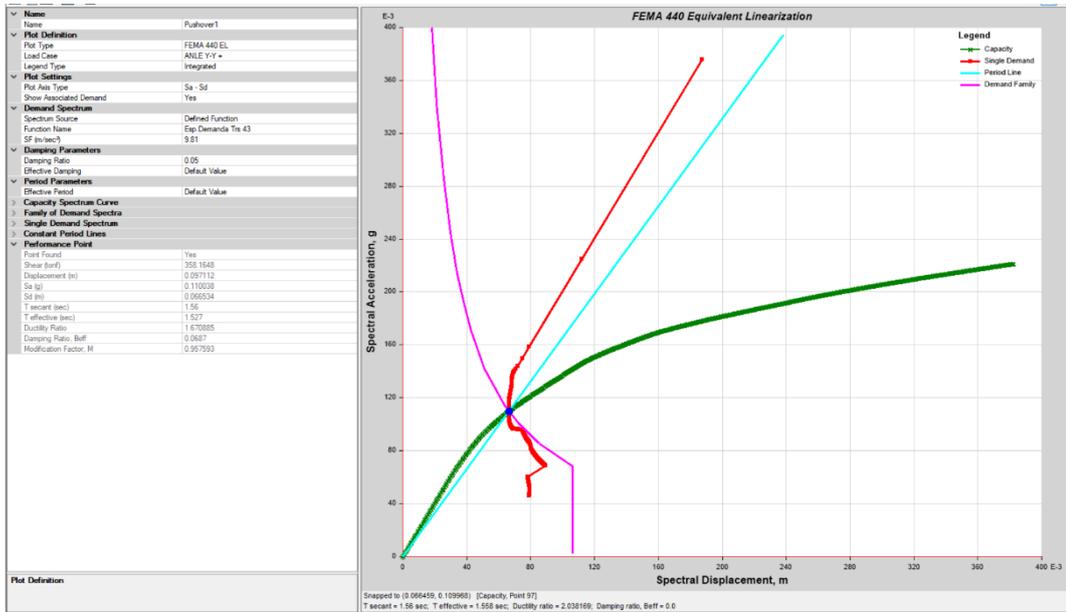
Desempeño sismo ocasional X- según FEMA 440



Para un sismo ocasional en dirección Y+, la Figura 98 muestra que la estructura tiene un desplazamiento de 9,71 cm y una cortante de 358.165 tn.

Figura 98

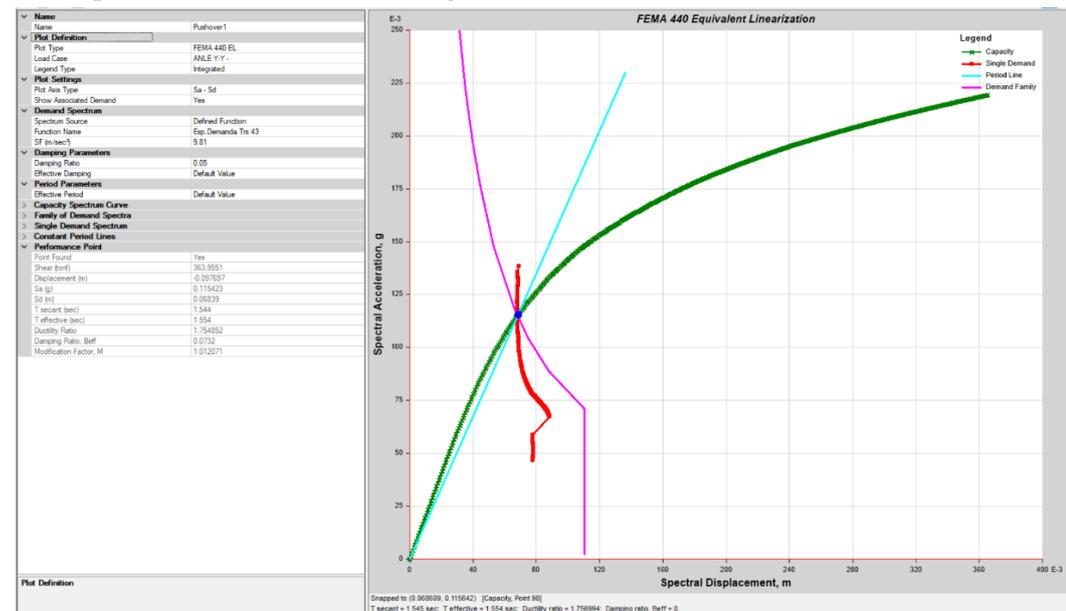
Desempeño sismo ocasional Y+ según FEMA 440



Para un sismo ocasional en dirección Y, la estructura tiene un desplazamiento de 9,76 cm y una cortante de 363.955 tn, como se muestra en la Figura 99.

Figura 99

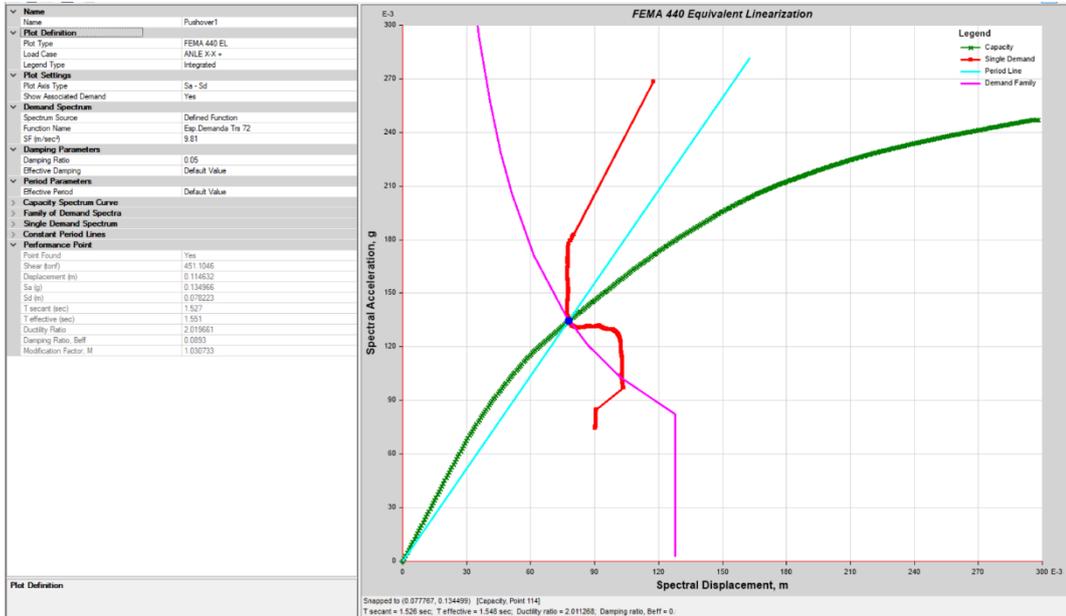
Desempeño sismo ocasional Y- según FEMA 440



Para un sismo frecuente en dirección X+, la estructura sufrió un desplazamiento de 11.46 cm y una cortante de 451.104 tn, como se muestra en la Figura 100.

Figura 100

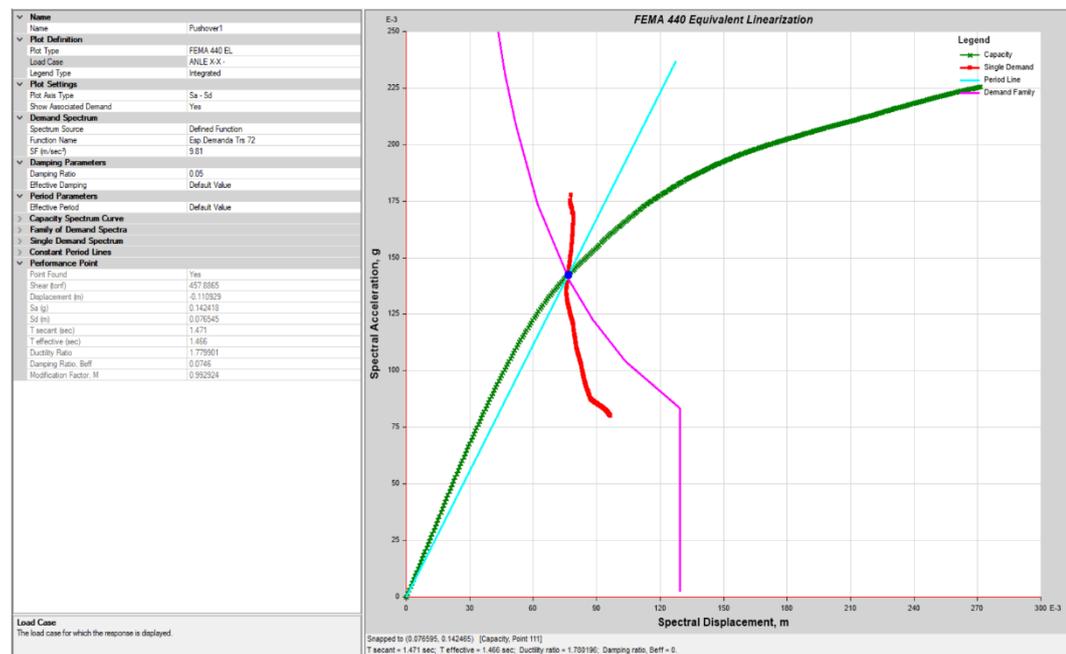
Desempeño sismo frecuente X+ según FEMA 440



La estructura tiene un desplazamiento de 11.09 cm y un cortante de 457.886 tn para un sismo frecuente en dirección X, como se muestra en la Figura 101.

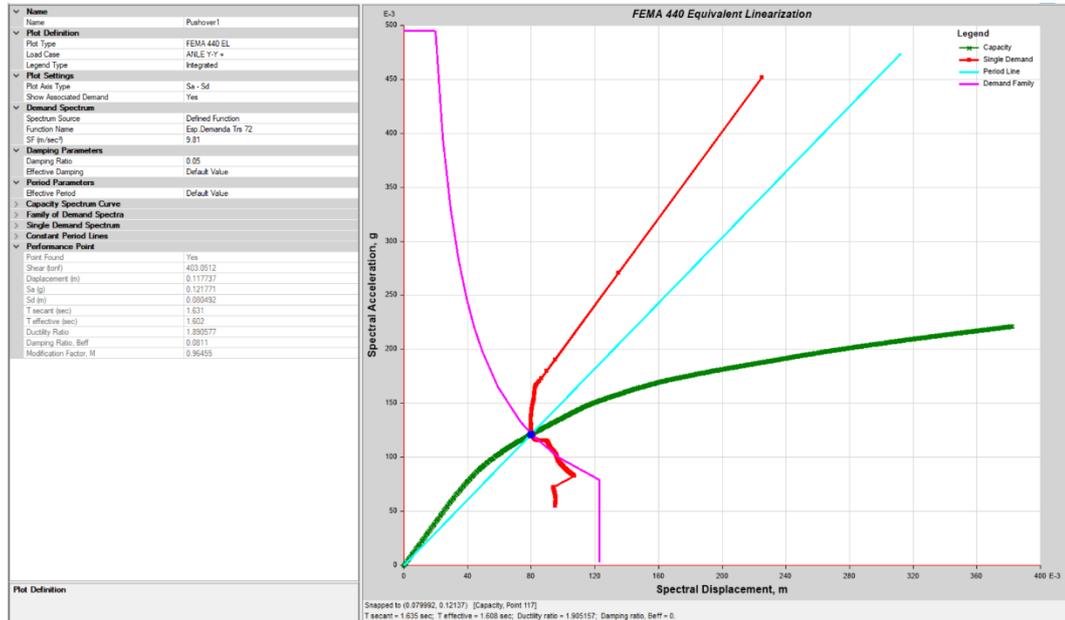
Figura 101

Desempeño sismo frecuente X- según FEMA 440



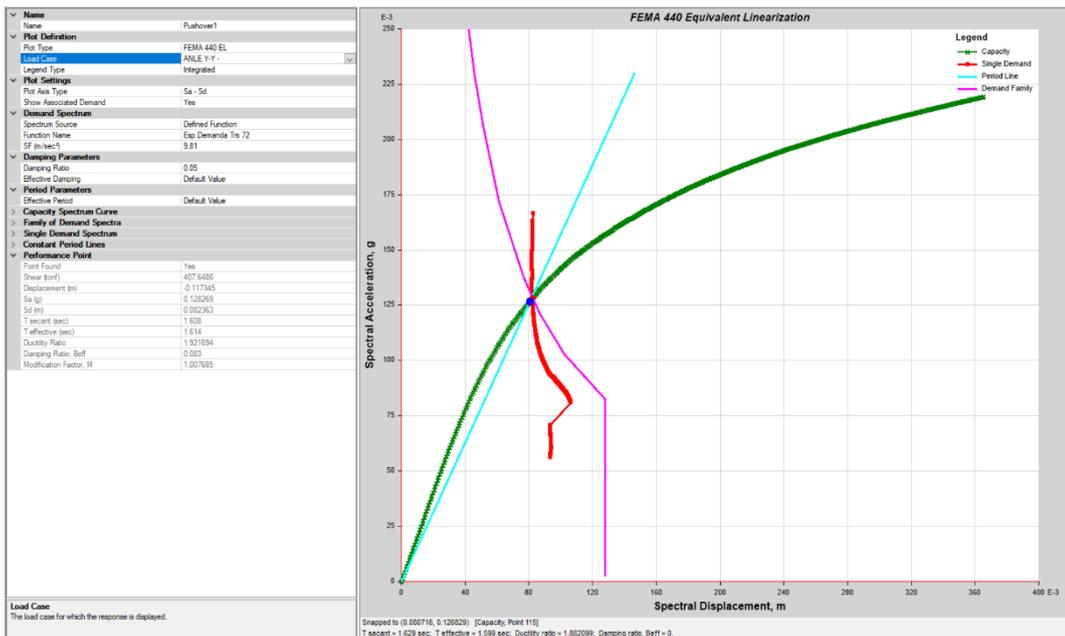
Para un sismo frecuente en dirección Y+, la Figura 102 muestra que la estructura tiene un desplazamiento de 11.77 cm y una cortante de 403.051 tn.

Figura 102
Desempeño sismo frecuente Y+ según FEMA 440



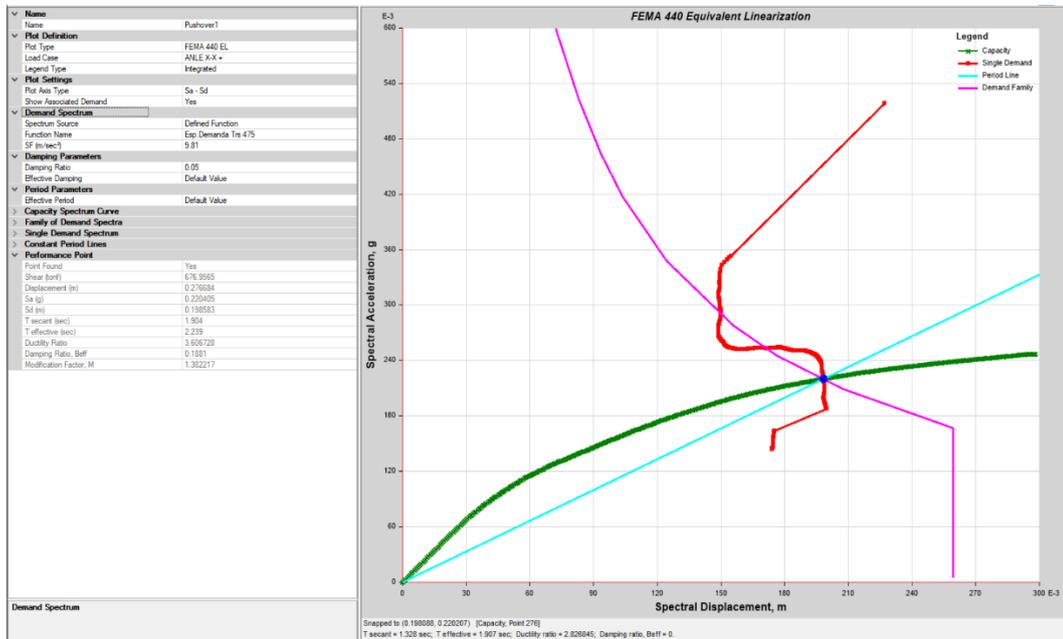
La estructura tiene un desplazamiento de 11.73 cm y un cortante de 407.648 tn para un sismo frecuente en dirección Y, como se muestra en la Figura 103.

Figura 103
Desempeño sismo frecuente Y- según FEMA 440



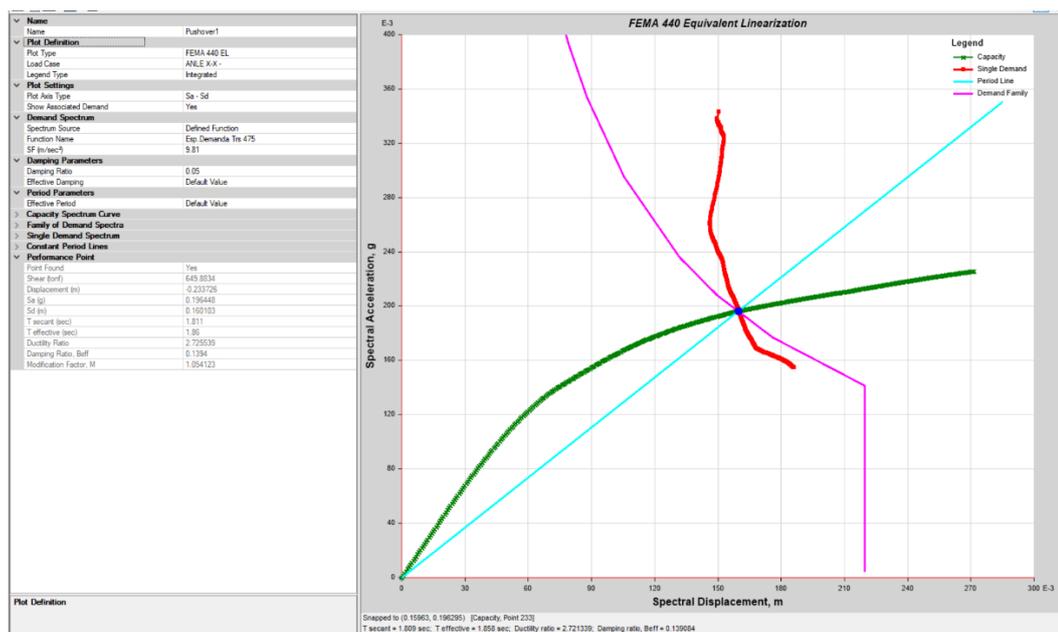
Para un sismo raro en dirección X+, la estructura tiene un desplazamiento de 27.66 cm y una cortante de 676.956 tn, como se muestra en la Figura 104.

Figura 104
Desempeño sismo raro X+ según FEMA 440



La estructura tiene un desplazamiento de 23,37 cm y un cortante de 649,883 tn para un sismo raro en dirección X, como se muestra en la Figura 105.

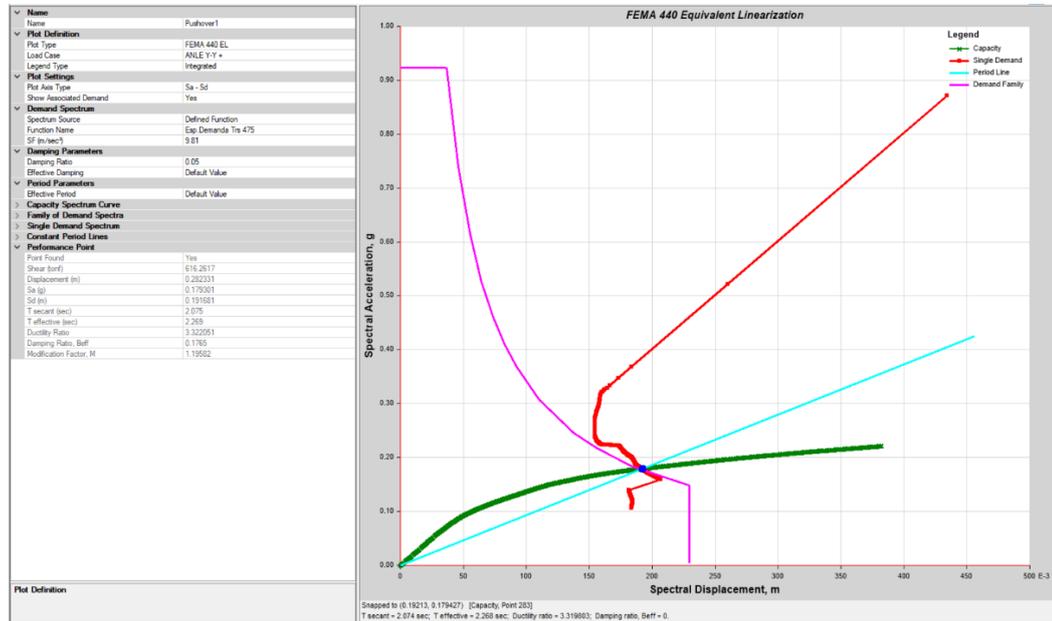
Figura 105
Desempeño sismo raro X- según FEMA 440



La Figura 106 muestra un sismo Raro en dirección Y+ en el que la estructura sufre un desplazamiento de 28.23 cm y una cortante de 616.261 tn.

Figura 106

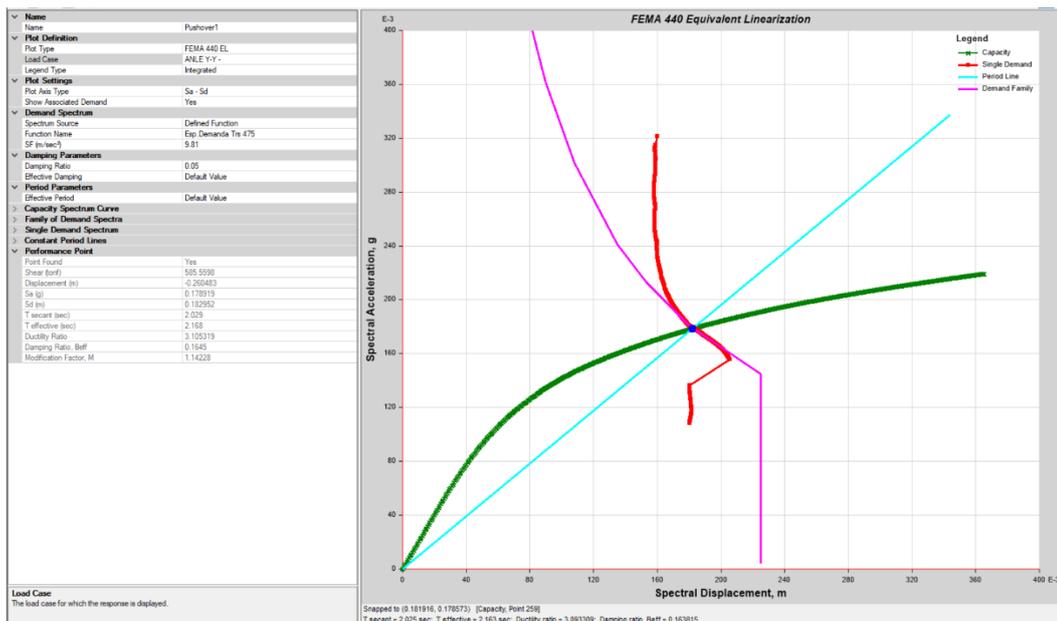
Desempeño sismo raro Y+ según FEMA 440



Como se muestra en la Figura 107, en un sismo Raro en dirección Y, la estructura sufre un desplazamiento de 26.04 cm y una cortante de 585.559 tn.

Figura 107

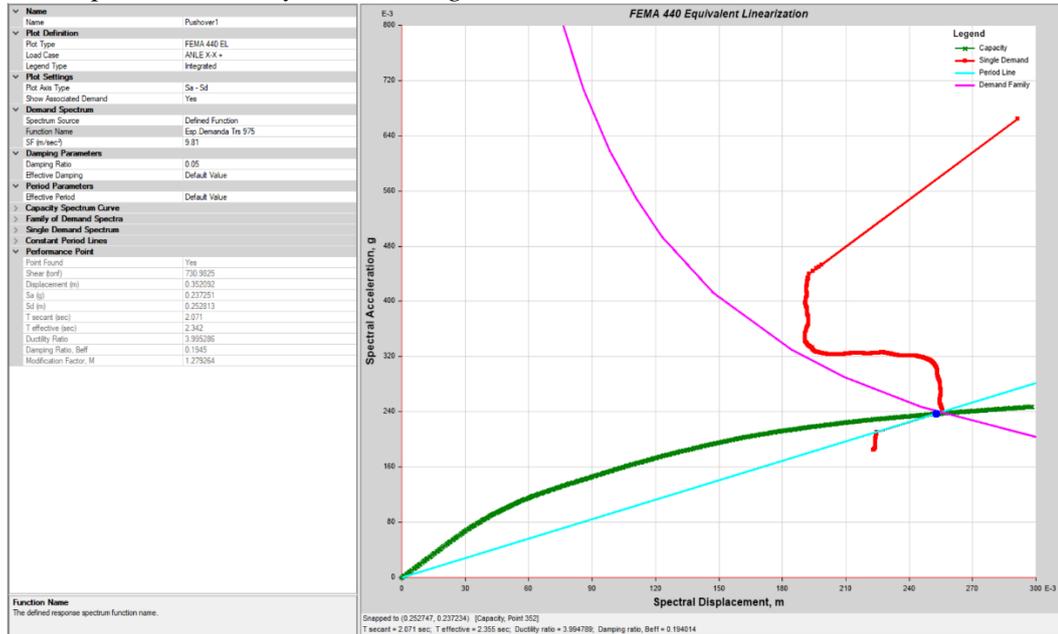
Desempeño sismo raro Y- según FEMA 440



Para un sismo Muy raro en dirección X+, la estructura tiene un desplazamiento de 35.20 cm y una cortante de 730.982 tn, como se muestra en la Figura 108.

Figura 108

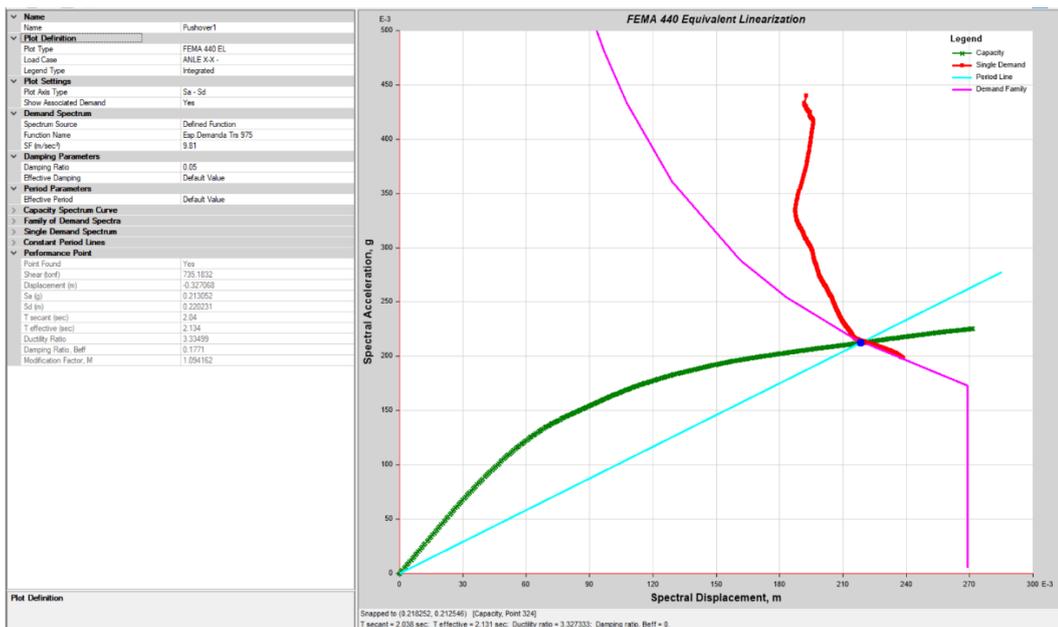
Desempeño sismo muy raro X+ según FEMA 440



La estructura tiene un desplazamiento de 32,70 cm y un cortante de 735,183 tn para un sismo Muy raro en dirección X, como se muestra en la Figura 109.

Figura 109

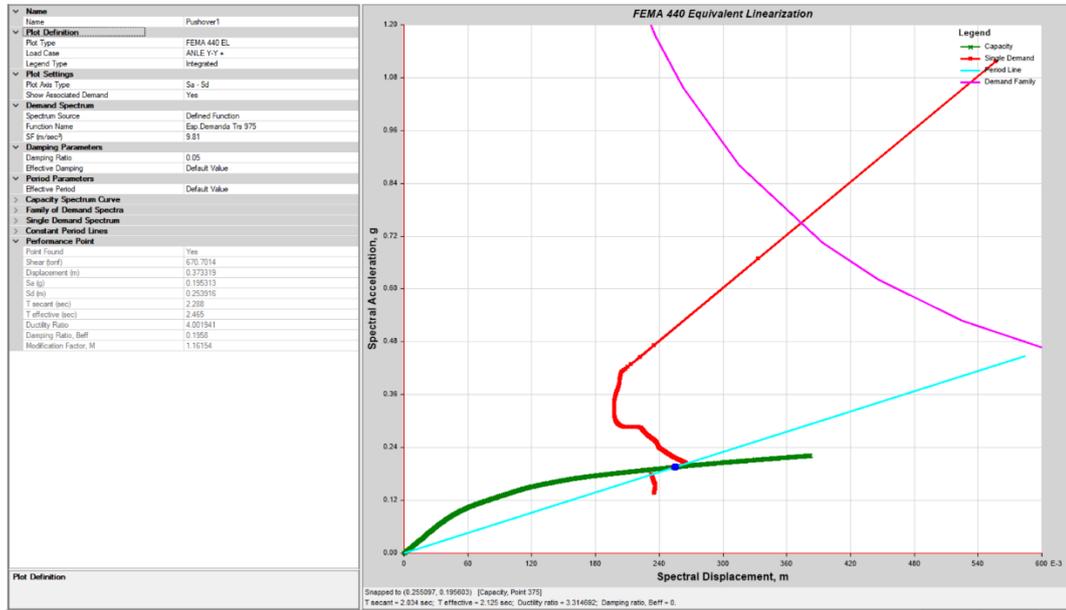
Desempeño sismo muy raro X- según FEMA 440



Para un sismo Muy raro en dirección Y+, la estructura tiene un desplazamiento de 37.33 cm y una cortante de 670.701 tn, como se muestra en la Figura 110.

Figura 110

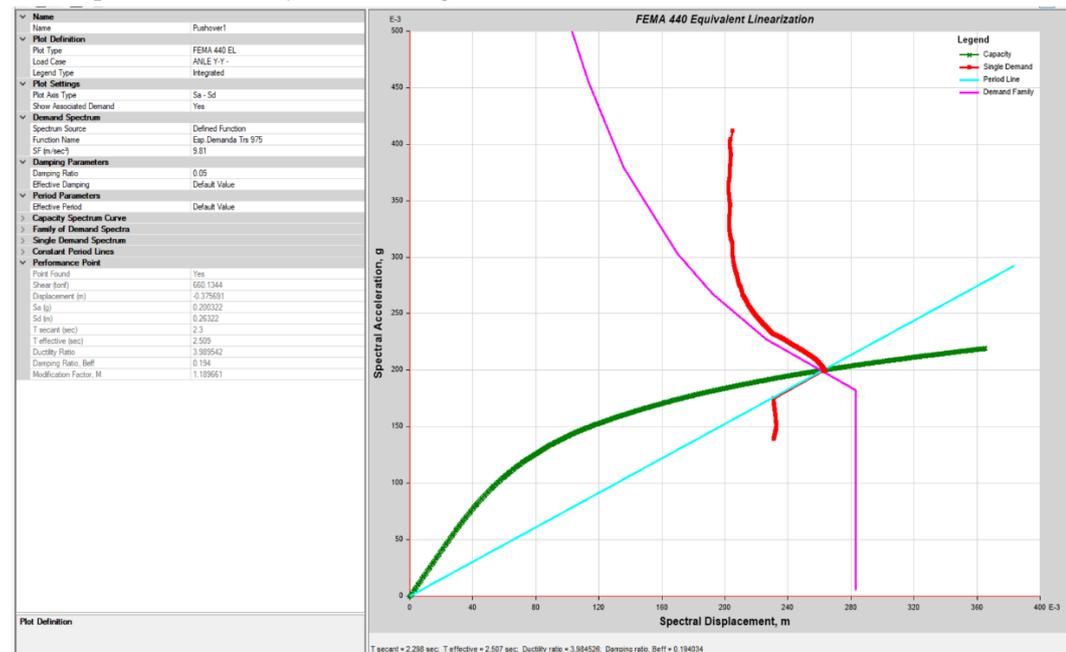
Desempeño sismo muy raro Y+ según FEMA 440



Para un sismo Muy raro en dirección Y, la estructura tiene un desplazamiento de 37.56 cm y una cortante de 660.134 tn, como se muestra en la Figura 111.

Figura 111

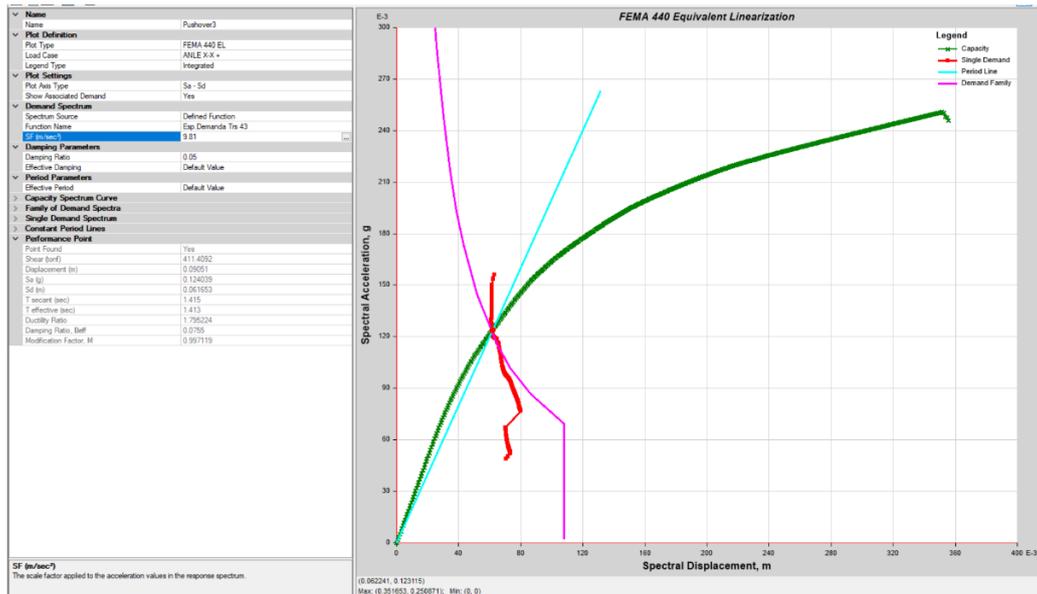
Desempeño sismo muy raro Y- según FEMA 440



3.3.3.2 Punto de desempeño de la curva de capacidad formada mediante la aplicación de un patrón especial.

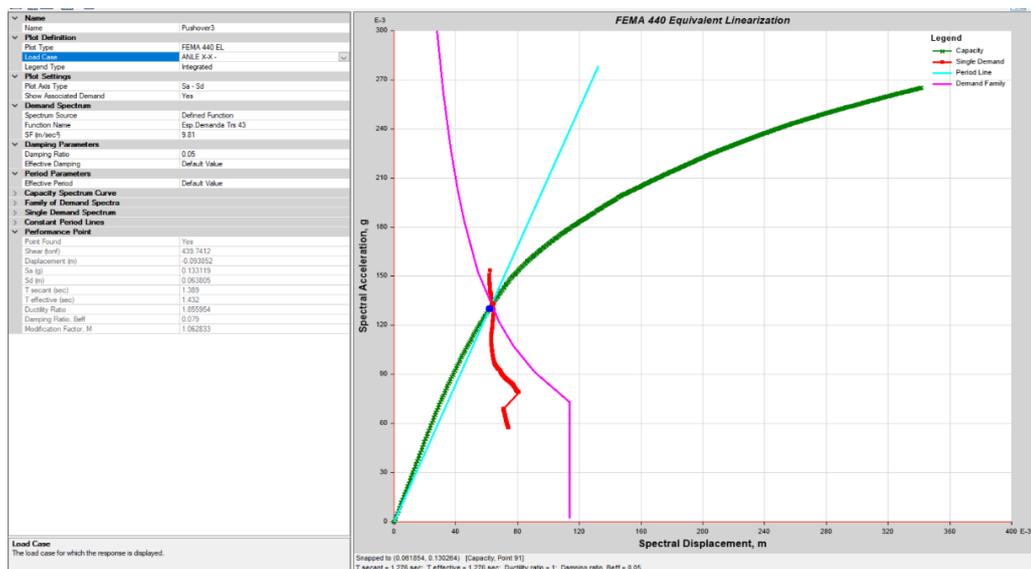
La estructura tiene un desplazamiento de 9,5 cm y un cortante de 406.666 tn para un sismo ocasional en dirección X+, como se muestra en la Figura 112.

Figura 112
Desempeño sismo ocasional X+ según FEMA 440



La estructura tiene un desplazamiento de 9,47 cm y un cortante de 419.128 tn para un sismo ocasional en dirección X-, como se muestra en la Figura 113.

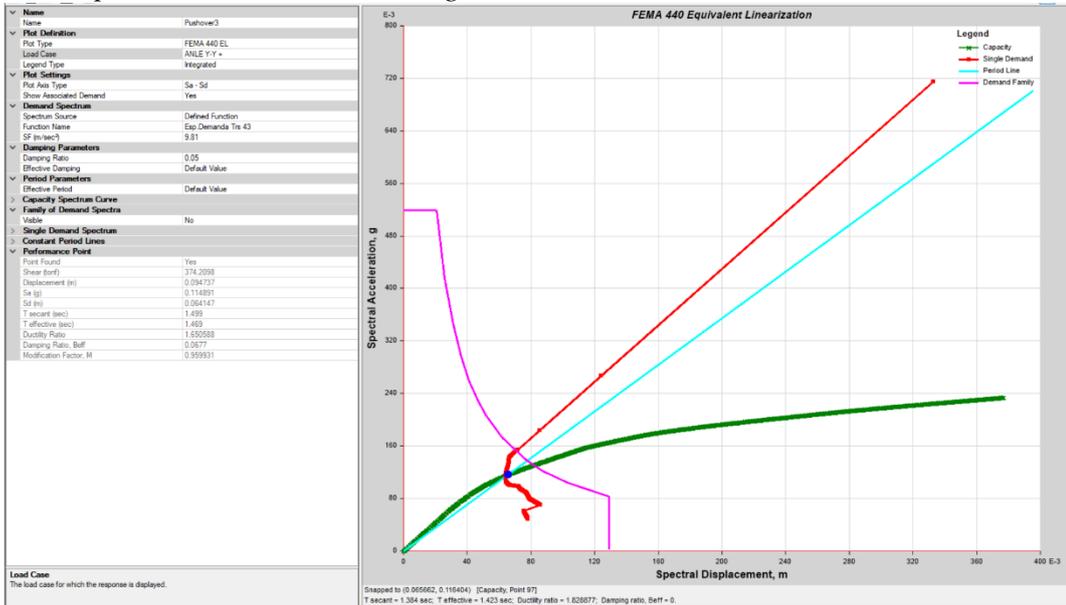
Figura 113
Desempeño sismo ocasional X- según FEMA 440



Para un sismo ocasional en dirección Y+, la estructura tiene un desplazamiento de 9,71 cm y una cortante de 358.165 tn, como se muestra en la Figura 114.

Figura 114

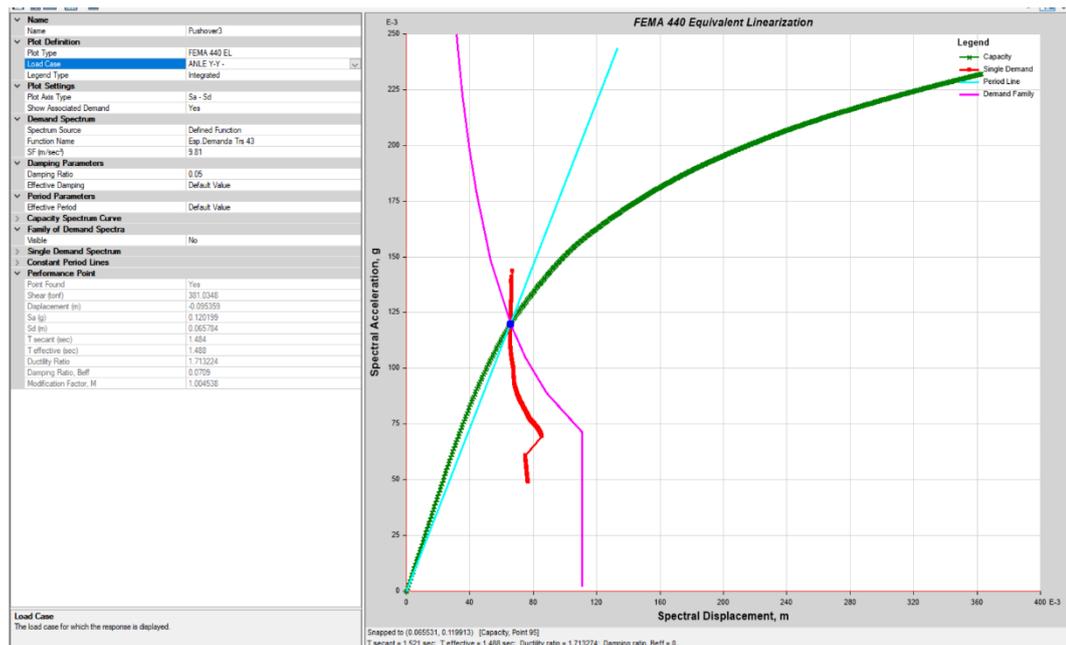
Desempeño sismo ocasional Y- según FEMA 440



Para un sismo ocasional en dirección Y, la estructura tiene un desplazamiento de 9,76 cm y una cortante de 363.955 tn, como se muestra en la Figura 115.

Figura 115

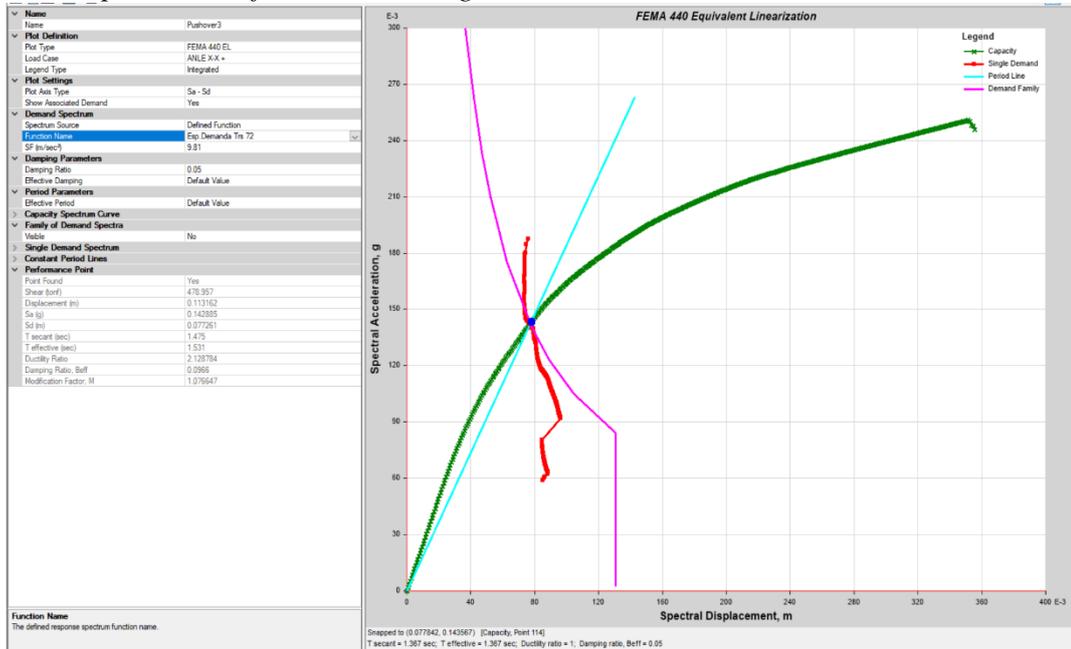
Desempeño sismo ocasional Y- según FEMA 440



Para un sismo frecuente en dirección X+, la estructura sufrió un desplazamiento de 11.46 cm y una cortante de 451.104 tn, como se muestra en la Figura 116.

Figura 116

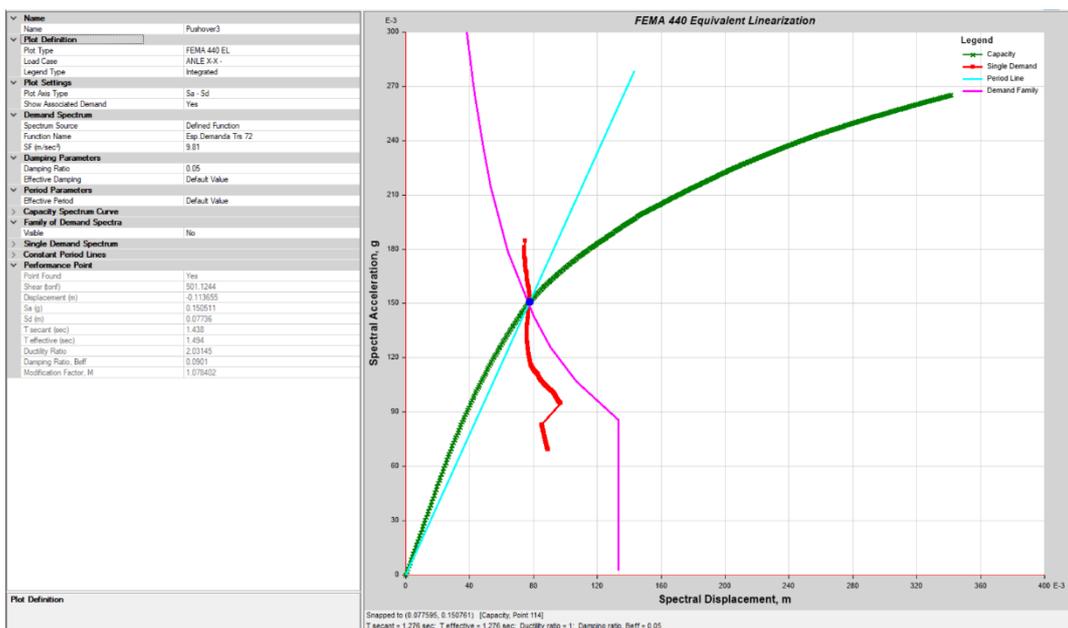
Desempeño sismo frecuente X+ según FEMA 440



La estructura tiene un desplazamiento de 11.09 cm y un cortante de 457.886 tn para un sismo frecuente en dirección X, como se muestra en la Figura 117.

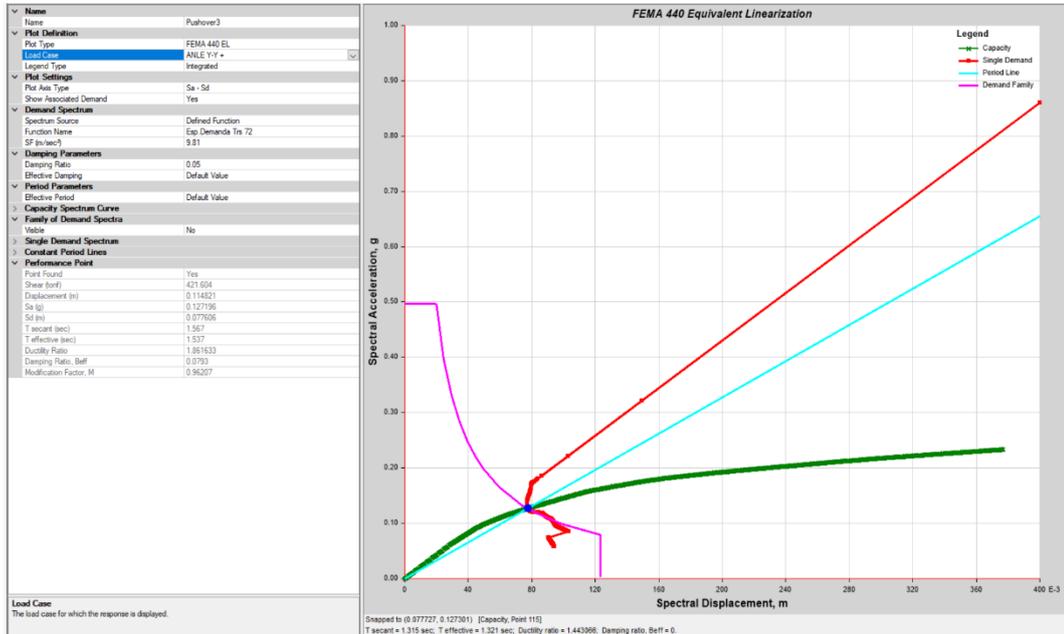
Figura 117

Desempeño sismo frecuente X- según FEMA 440



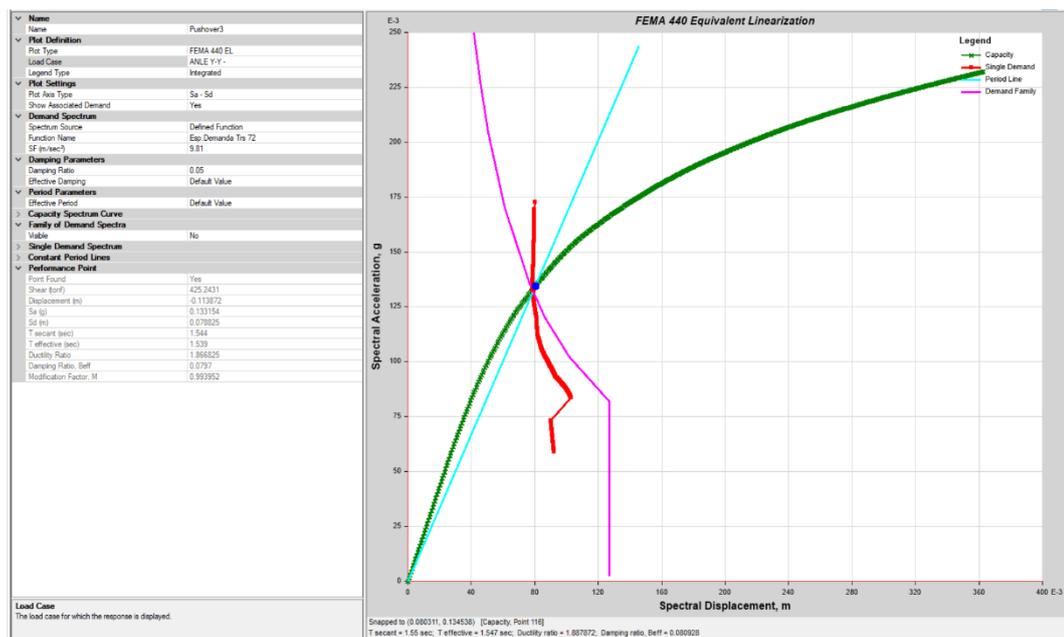
Para un sismo frecuente en dirección Y+, la Figura 118 muestra que la estructura tiene un desplazamiento de 11.77 cm y una cortante de 403.051 tn.

Figura 118
Desempeño sismo frecuente Y+ según FEMA 440



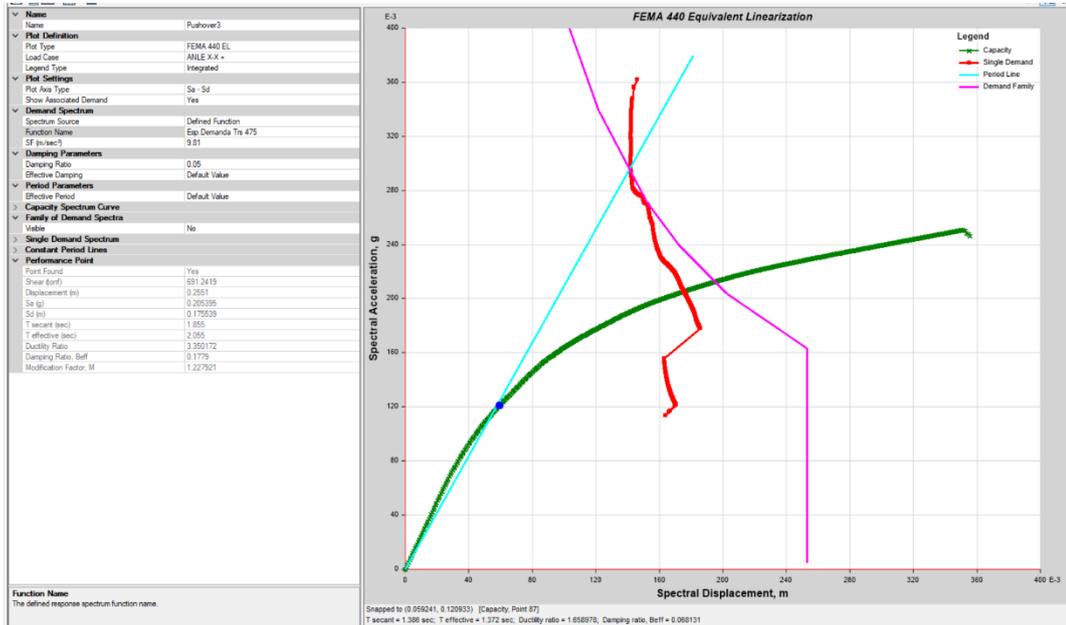
Para un sismo frecuente en dirección Y, la estructura tiene un desplazamiento de 11.73 cm y una cortante de 407.648 tn, como se muestra en la Figura 119.

Figura 119
Desempeño sismo frecuente Y- según FEMA 440



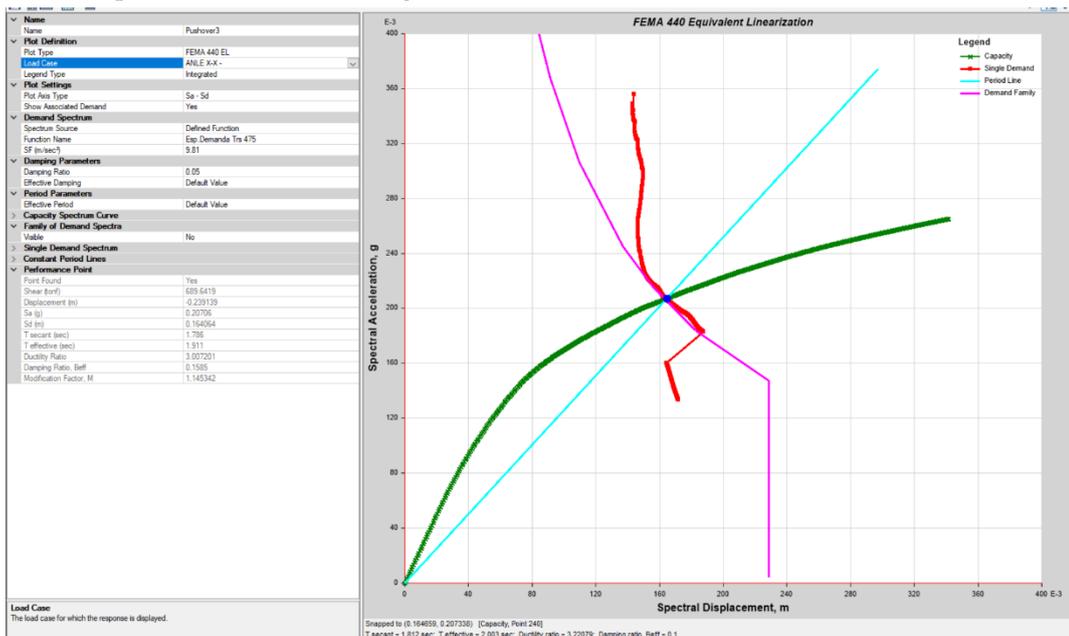
Para un sismo raro en dirección X+, la Figura 120 muestra que la estructura tiene un desplazamiento de 27.66 cm y una cortante de 676.956 tn.

Figura 120
Desempeño sismo raro X+ según FEMA 440



La estructura tiene un desplazamiento de 23,37 cm y un cortante de 649,883 tn para un sismo raro en dirección X, como se muestra en la Figura 121

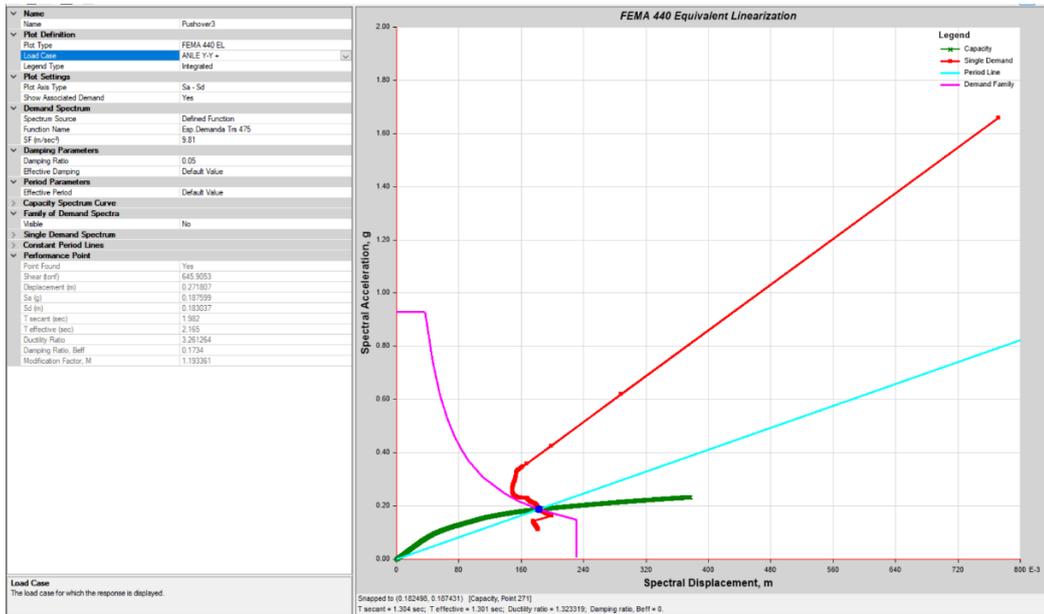
Figura 121
Desempeño sismo raro X- según FEMA 440



Para un sismo raro en dirección Y+, la Figura 122 muestra que la estructura sufre un desplazamiento de 28.23 cm y una cortante de 616.261 tn..

Figura 122

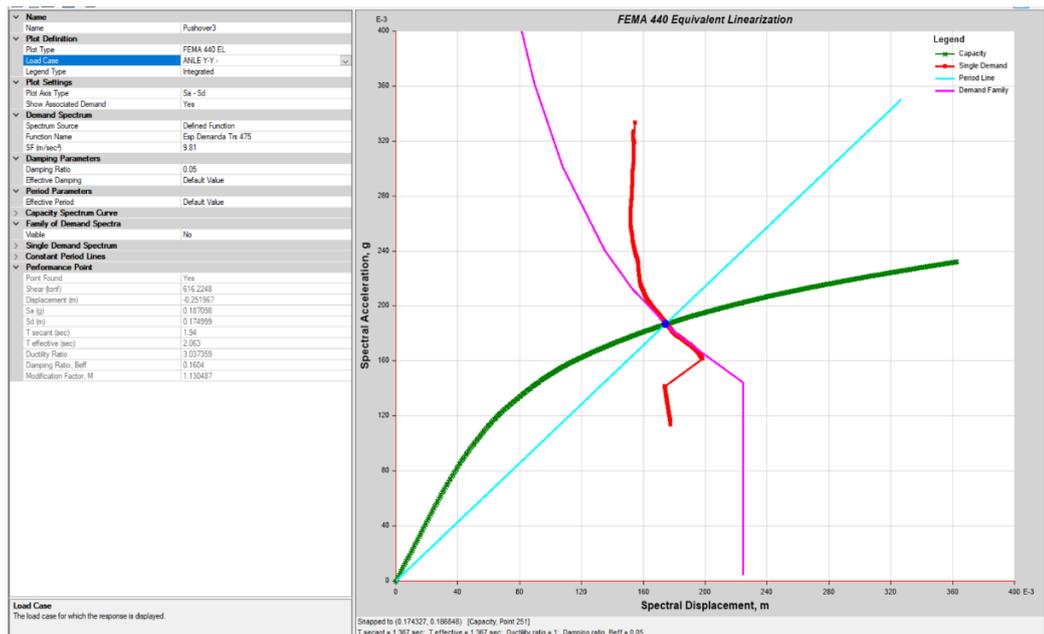
Desempeño sismo raro Y+ según FEMA 440



Como se muestra en la Figura 123, para un sismo Raro en dirección Y-, la estructura tiene un desplazamiento de 26.04 cm y una cortante de 585.559 tn.

Figura 123

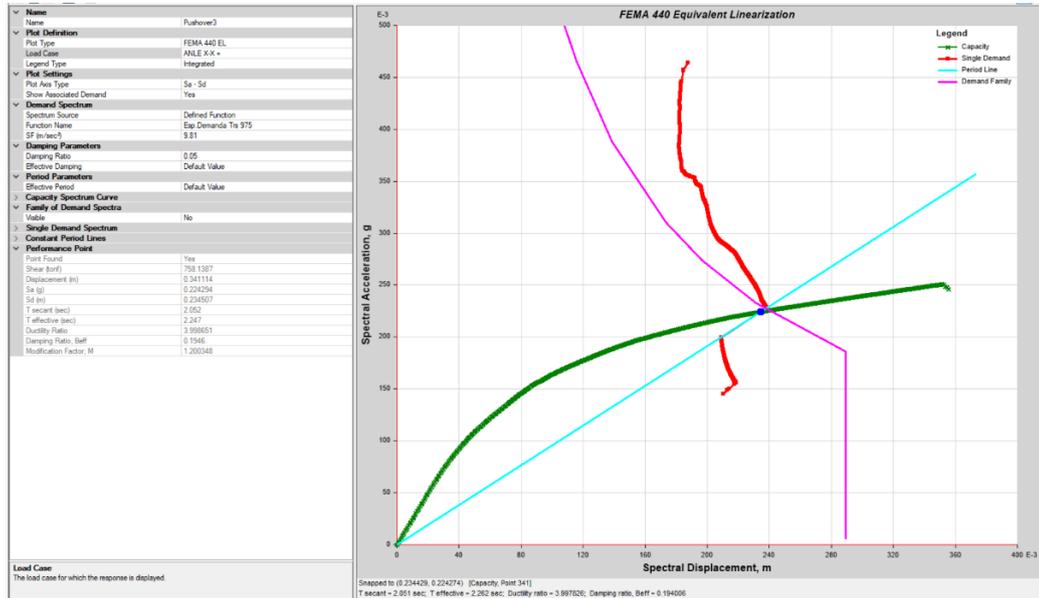
Desempeño sismo raro Y- según FEMA 440



Para un sismo Muy raro en dirección X+, la estructura tiene un desplazamiento de 35.20 cm y una cortante de 730.982 tn, como se muestra en la Figura 124.

Figura 124

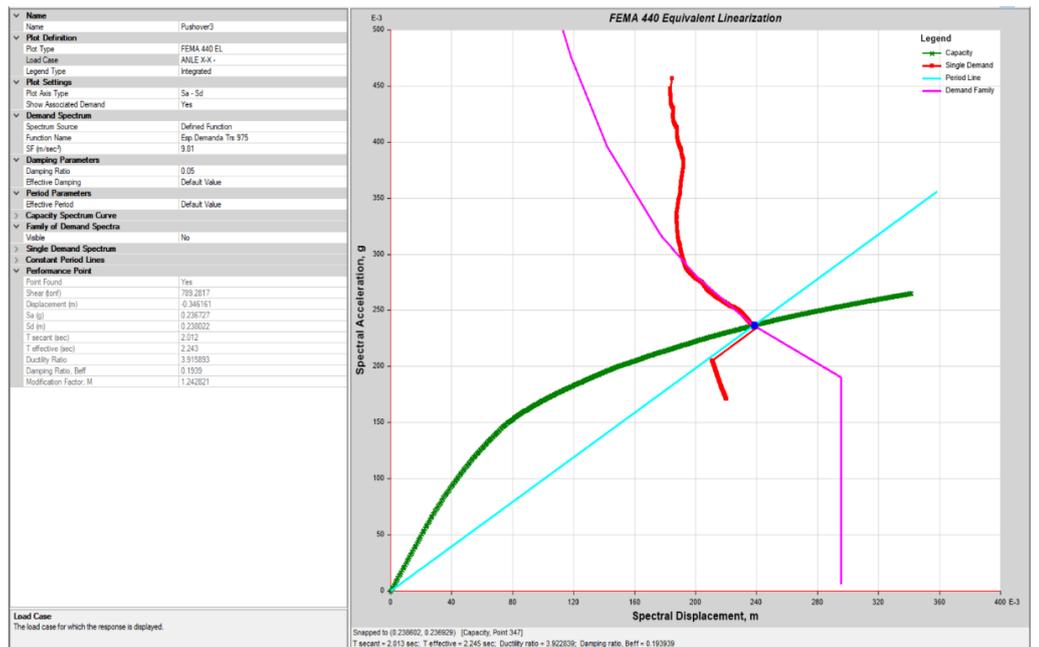
Desempeño sismo muy raro X+ según FEMA 440



Para un sismo Muy raro en dirección X, la estructura tiene un desplazamiento de 32.70 cm y una cortante de 735.183 tn, como se muestra en la Figura 125.

Figura 125

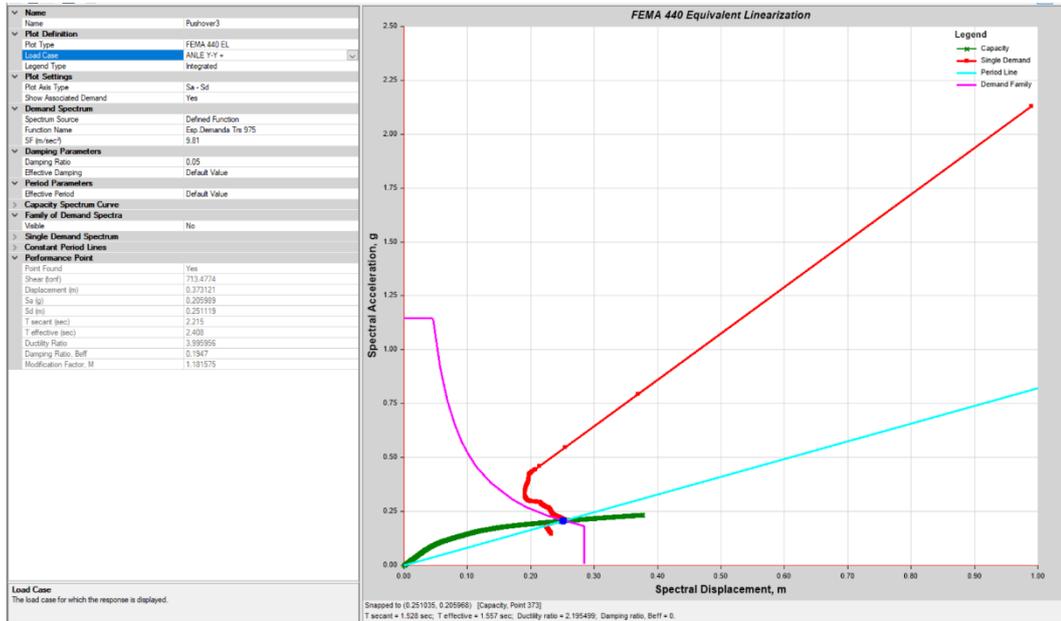
Desempeño sismo muy raro X- según FEMA 440



Para un sismo Muy raro en dirección Y+, la estructura tiene un desplazamiento de 37.33 cm y una cortante de 670.701 tn, como se muestra en la Figura 126.

Figura 126

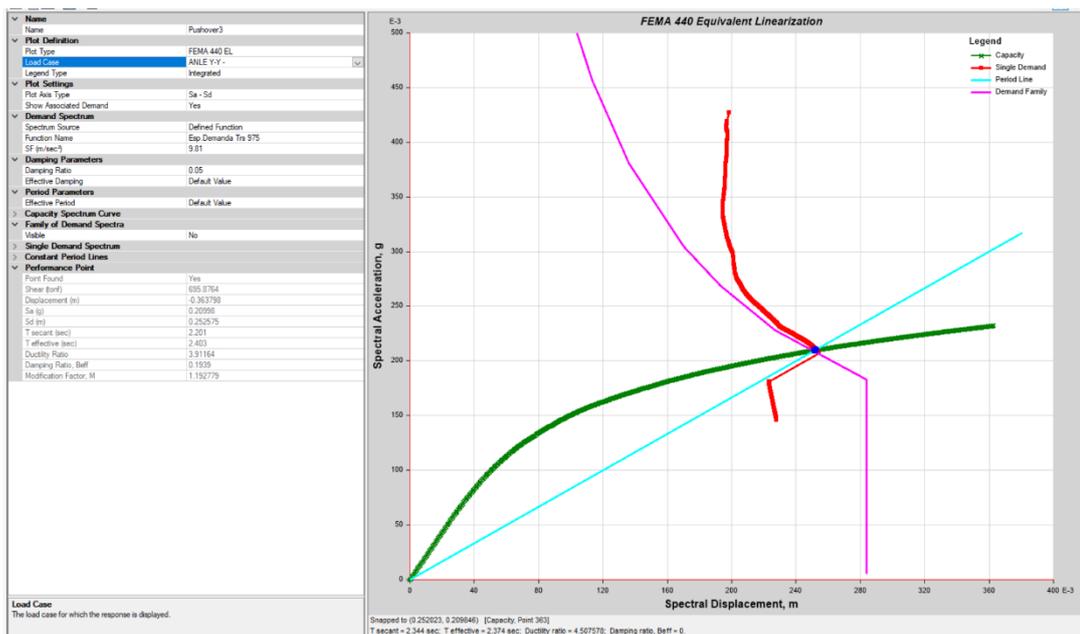
Desempeño sismo muy raro Y+ según FEMA 440



La estructura tiene un desplazamiento de 37,56 cm y un cortante de 660,134 tn para un sismo Muy raro en dirección Y, como se muestra en la Figura 127.

Figura 127

Desempeño sismo muy raro Y- según FEMA 440



En la siguiente Tabla 29 y Tabla 30 se muestra el resumen de todo el punto de desempeño sísmico de la estructura mediante el ASCE 41-17 y FEMA 440.

Tabla 29

Resumen de Desempeño sísmico de la curva de capacidad formada por modos fundamentales

Método	Sismo	Dirección X		Dirección Y	
		Desp. (cm)	Cortante (tn)	Desp. (cm)	Cortante (tn)
ASCE 41-17 (+)	Frecuente	9.52	407.203	10	365.116
	Ocasional	11.31	447.873	12.09	408.685
	Raro	20.96	605.492	23.45	578.054
	Muy Raro	26.88	669.906	30.37	630.878
ASCE 41-17 (-)	Frecuente	-9.38	416.614	-9.75	363.629
	Ocasional	-11.22	460.623	-11.68	406.680
	Raro	-21.875	623.812	-22.81	557.458
	Muy Raro	-28.49	699.449	-29.40	610.597
FEMA 440 (+)	Frecuente	9.50	406.666	9.71	358.165
	Ocasional	11.46	451.104	11.77	403.051
	Raro	27.66	676.956	28.23	616.261
	Muy Raro	35.20	730.982	37.33	670.701
FEMA 440 (-)	Frecuente	-9.47	419.128	-9.76	363.955
	Ocasional	-11.09	457.886	-11.73	407.648
	Raro	-23.37	649.883	-26.04	585.559
	Muy Raro	-32.70	735.183	-37.56	660.134

Tabla 30

Resumen de Desempeño sísmico de la curva de capacidad formada por Patrón Especial

Método	Sismo	Dirección X		Dirección Y	
		Desp. (cm)	Cortante (tn)	Desp. (cm)	Cortante (tn)
ASCE 41-17 (+)	Frecuente	9.06	411.706	9.79	382.411
	Ocasional	10.87	466.203	11.79	428.506
	Raro	20.97	644.662	22.95	608.540
	Muy Raro	27.09	705.268	29.64	664.299
ASCE 41-17 (-)	Frecuente	-9.07	428.909	-9.57	382.081
	Ocasional	-10.90	488.716	-11.52	428.422
	Raro	-21.12	658.253	-22.33	589.464
	Muy Raro	-27.18	723.305	-28.76	645.338
FEMA 440 (+)	Frecuente	9.05	411.409	9.47	374.209
	Ocasional	11.31	478.957	11.48	421.604
	Raro	25.51	691.241	27.18	645.905
	Muy Raro	34.11	758.138	37.31	713.477
FEMA 440 (-)	Frecuente	-9.33	439.741	-9.53	381.034
	Ocasional	-11.36	501.124	-11.38	425.243
	Raro	-23.91	689.641	-25.19	616.224
	Muy Raro	-34.61	789.281	-36.37	695.876

3.4. Sectorización de la curva de capacidad mediante la SEAOC y ATC-40.

3.4.1. Sectorizada de la curva de capacidad formada por modos fundamentales según SEAOC.

Tabla 31

Sectorizada de la curva de capacidad formada por modos fundamentales según SEAOC

Dirección	TO (m)	IO (m)	SL(m)	CP(m)	C(m)
X+	0.107	0.199	0.291	0.353	0.414
X-	-0.106	-0.1957	-0.2854	-0.3452	-0.405
Y+	0.131	0.258	0.385	0.470	0.555
Y-	-0.121	-0.2413	-0.3616	-0.4418	-0.522

Tabla 32

Objetivos aceptados por el SEAOC según ASCE 41-17

Dirección	S. Frecuente	S. Ocasional	S. Raro	S. Muy Raro
X+	0.0952	0.1131	0.2096	0.2688
Totalmente Operativo	Cumple			
Operacional		Cumple		
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
X-	-0.0938	-0.1122	-0.2187	-0.2849
Totalmente Operativo	Cumple			
Operacional		Cumple		
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
Y+	0.10	0.1209	0.2345	0.3037
Totalmente Operativo	Cumple			
Operacional		Cumple		
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
Y-	-0.0975	-0.1168	-0.2281	-0.2940
Totalmente Operativo	Cumple			
Operacional		Cumple		
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple

Tabla 33

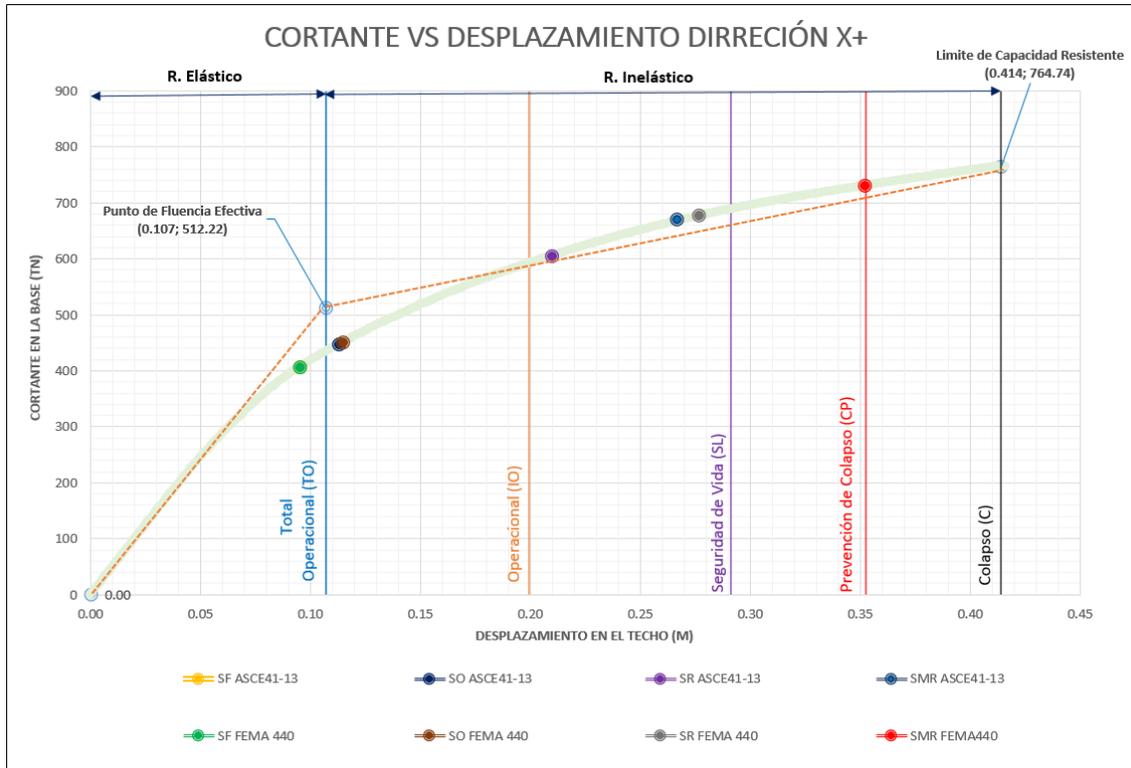
Objetivos aceptados por el SEAOC según FEMA 440

Dirección	S. Frecuente	S. Ocasional	S. Raro	S. Muy Raro
X+	0.0950	0.1146	0.2766	0.352
Totalmente Operativo	Cumple			
Operacional		Cumple		
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
X-	-0.0947	-0.1109	-0.2337	-0.327
Totalmente Operativo	Cumple			
Operacional		Cumple		
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
Y+	0.0971	0.1177	0.2823	0.3733
Totalmente Operativo	Cumple			
Operacional		Cumple		
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
Y-	-0.0976	-0.1173	-0.2604	-0.3756
Totalmente Operativo	Cumple			
Operacional		Cumple		
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple

La Figura 128 muestra los sectores de la curva de capacidad en dirección X+ propuesta por la SEAOC, así como los puntos de desempeño que se encuentran en la Tabla 29 y Tabla 30.

Figura 128

Sectores propuestos por SEAOC en dirección X+

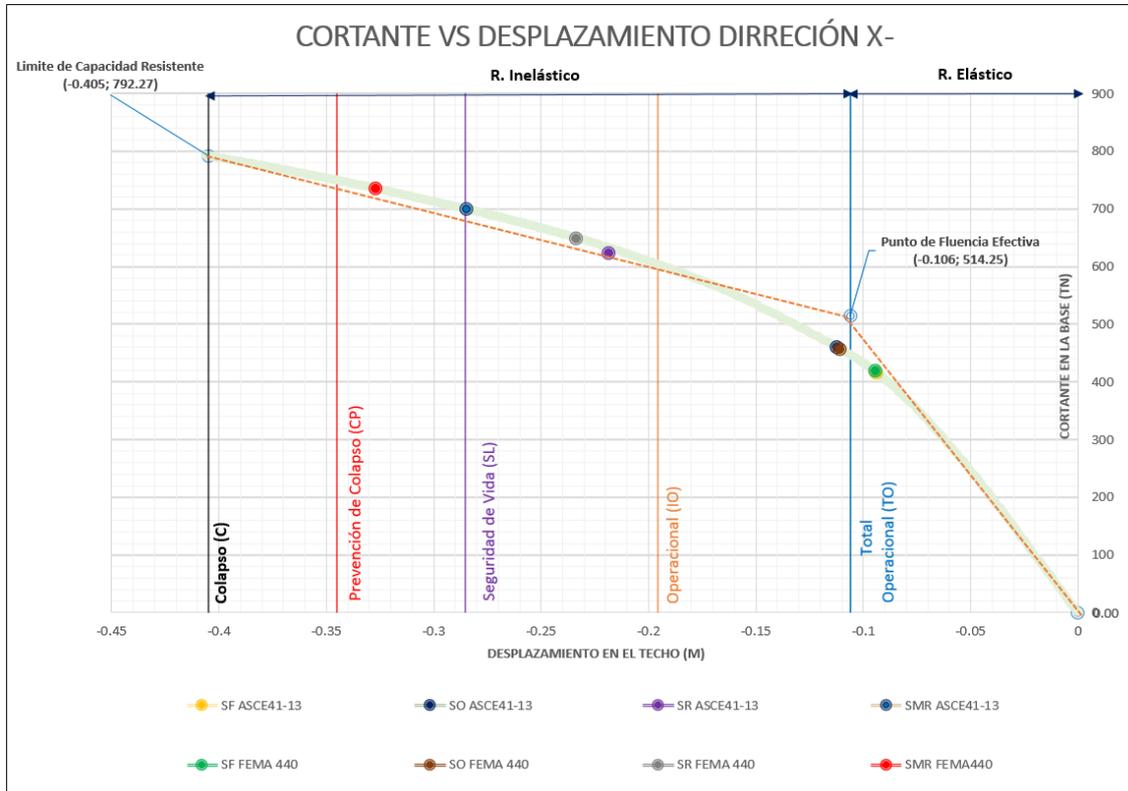


Interpretación, el punto de desempeño para un sismo Frecuente para el ASCE 41-13 y FEMA 440 se encuentra en Total Operacional, después el punto de desempeño para un sismo Ocasional se ubica en Operacional, luego para un sismo Raro se encuentra en Seguridad de Vida, por último, el punto de desempeño para un sismo Muy Raro según ASCE 41-13 se encuentra en Seguridad de Vida y para FEMA 440 se encuentra en Prevención al Colapso.

La Figura 129 muestra los sectores de la curva de capacidad en dirección X- propuesta por la SEAOC, así como los puntos de desempeño que se encuentran en la Tabla 29 y Tabla 30.

Figura 129

Sectores propuestos por SEAOC en dirección X-

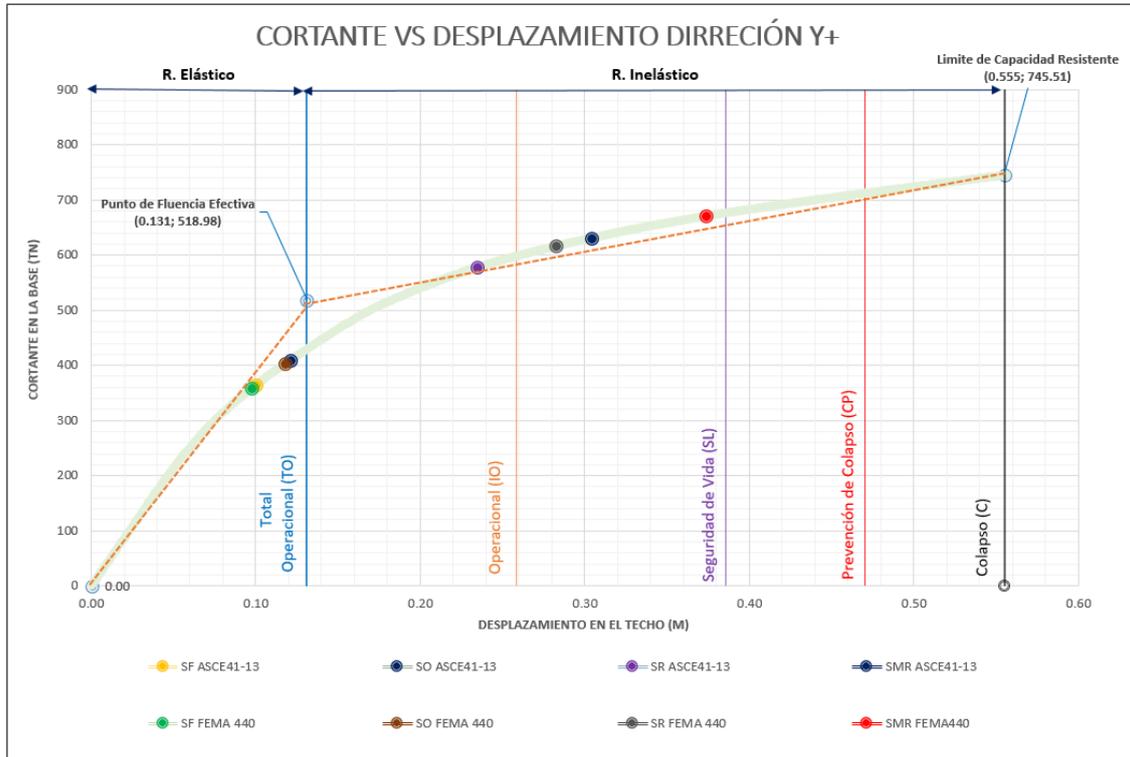


Interpretación, el punto de desempeño para un sismo Frecuente para el ASCE 41-17 y FEMA 440 se encuentra en Total Operacional, después el punto de desempeño para un sismo Ocasional se ubica en Operacional, luego para un sismo Raro se encuentra en Seguridad de Vida, por último, el punto de desempeño para un sismo Muy Raro según ASCE 41-17 se encuentra en Seguridad de Vida y para FEMA 440 se encuentra en Prevención al Colapso.

La Figura 130 muestra los sectores de la curva de capacidad en dirección Y+ propuesta por la SEAOC, así como los puntos de desempeño que se encuentran en la Tabla 29 y Tabla 30.

Figura 130

Sectores propuestos por SEAOC en dirección Y+

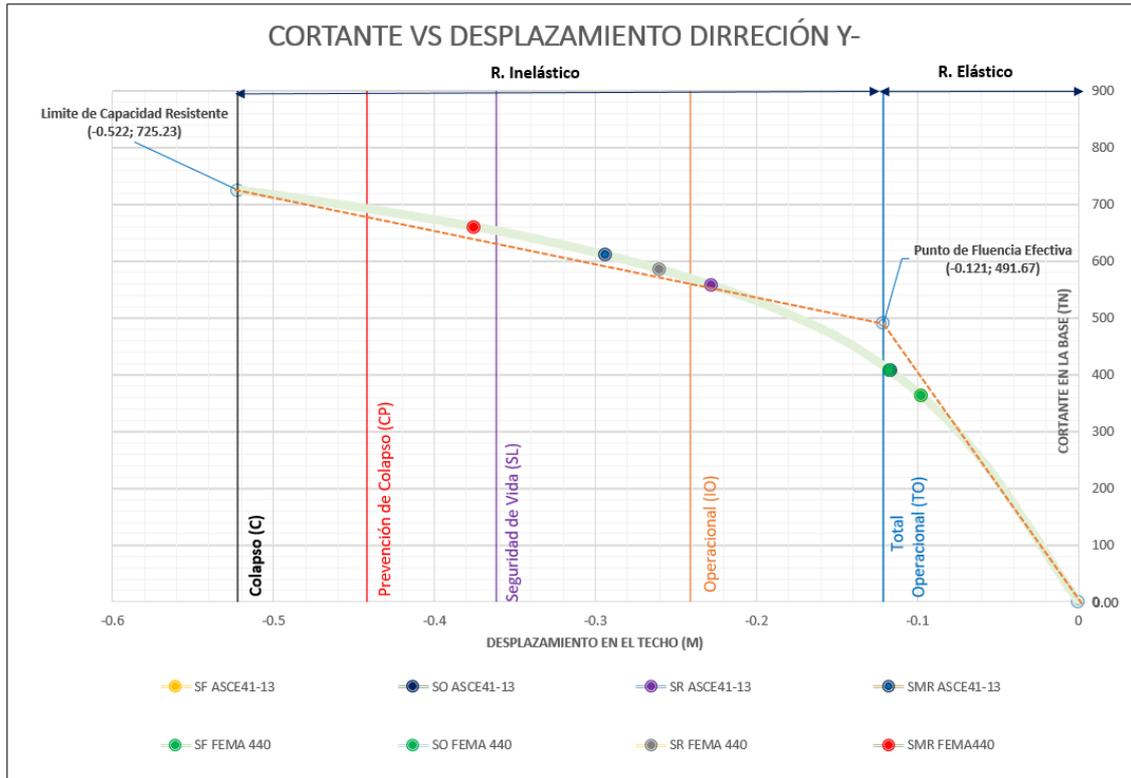


Interpretación, el punto de desempeño para un sismo Frecuente y Ocasional para el ASCE 41-17 y FEMA 440 se encuentra en Total Operacional, luego para un sismo Raro según ASCE 41-17 se encuentra en Operacional y según FEMA 440 en Seguridad de Vida, por último, el punto de desempeño para un sismo Muy Raro se encuentra en Seguridad de Vida.

La Figura 130 muestra los sectores de la curva de capacidad en dirección Y- propuesta por la SEAOC, así como los puntos de desempeño que se encuentran en la Tabla 29 y Tabla 30.

Figura 131

Sectores propuestos por SEAOC en dirección Y-



Interpretación, el punto de desempeño para un sismo Frecuente y Ocasional para el ASCE 41-17 y FEMA 440 se encuentra en Total Operacional, luego para un sismo Raro según ASCE 41-17 se encuentra en Operacional y según FEMA 440 en Seguridad de Vida, por último, el punto de desempeño para un sismo Muy Raro según ASCE 41-17 se encuentra en Seguridad de Vida y para FEMA 440 se encuentra en Prevención al Colapso.

3.4.2. Sectorizada de la curva de capacidad formada por Patrón especial según SEAOC.

Tabla 34

Sectorizada de la curva de capacidad formada por Patrón especial según SEAOC

Dirección	TO (m)	IO (m)	SL(m)	CP(m)	C(m)
X+	0.118	0.237	0.356	0.435	0.514
X-	-0.115	-0.2293	-0.3436	-0.4198	-0.496
Y+	0.137	0.262	0.386	0.469	0.552
Y-	-0.121	-0.2413	-0.3616	-0.4418	-0.522

Tabla 35

Objetivos aceptados por el SEAOC según ASCE 41-17

Dirección	S. Frecuente	S. Ocasional	S. Raro	S. Muy Raro
X+	0.906	0.1087	0.2097	0.2709
Totalmente Operativo	Cumple			
Operacional		Cumple		
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
X-	-0.0907	-0.1090	-0.2112	-0.2718
Totalmente Operativo	Cumple			
Operacional		Cumple		
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
Y+	0.0979	0.1179	0.2295	0.2964
Totalmente Operativo	Cumple			
Operacional		Cumple		
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
Y-	-0.0957	-0.1152	-0.2233	-0.2876
Totalmente Operativo	Cumple			
Operacional		Cumple		
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple

Tabla 36

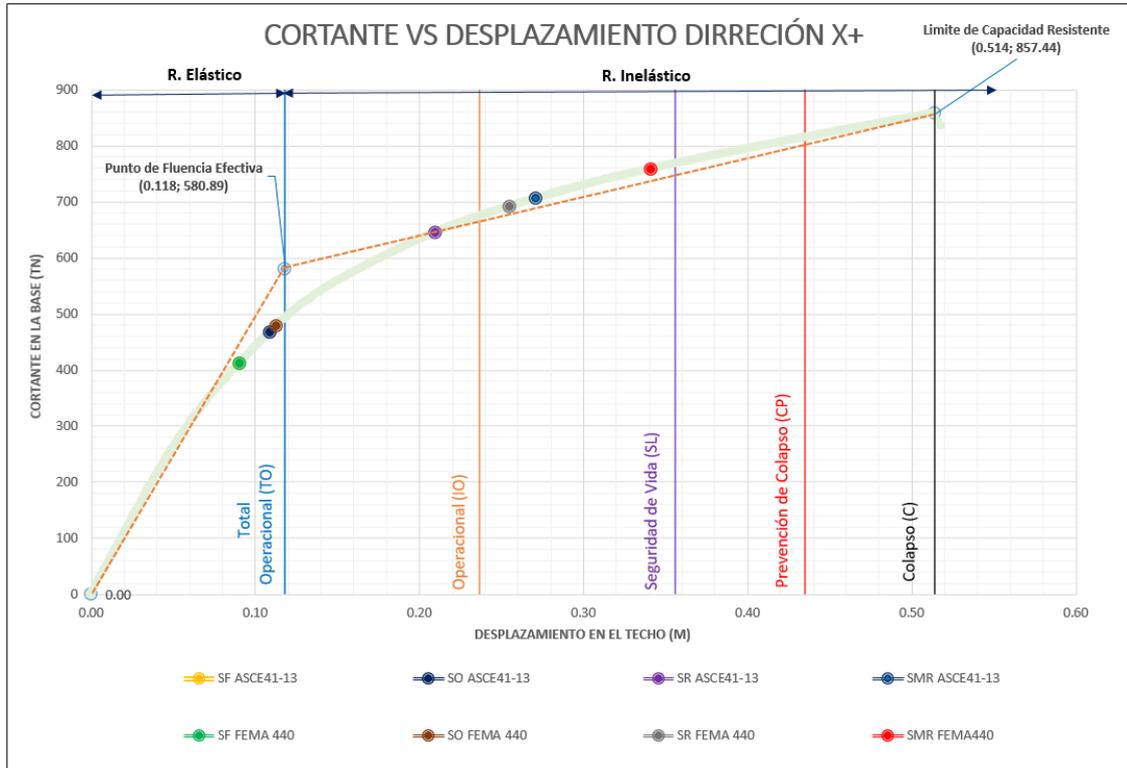
Objetivos aceptados por el SEAOC según FEMA 440

Dirección	S. Frecuente	S. Ocasional	S. Raro	S. Muy Raro
X+	0.0905	0.1131	0.2551	0.3411
Totalmente Operativo	Cumple			
Operacional		Cumple		
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
X-	-0.0933	-0.1136	-0.2391	-0.3461
Totalmente Operativo	Cumple			
Operacional		Cumple		
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
Y+	0.0947	0.1148	0.2718	0.3731
Totalmente Operativo	Cumple			
Operacional		Cumple		
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
Y-	-0.0953	-0.1138	-0.2519	-0.3637
Totalmente Operativo	Cumple			
Operacional		Cumple		
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple

La Figura 132 muestra los sectores de la curva de capacidad en dirección X+ propuesta por la SEAOC, así como los puntos de desempeño que se encuentran en la Tabla 29 y Tabla 30.

Figura 132

Sectores propuestos por SEAOC en dirección X+

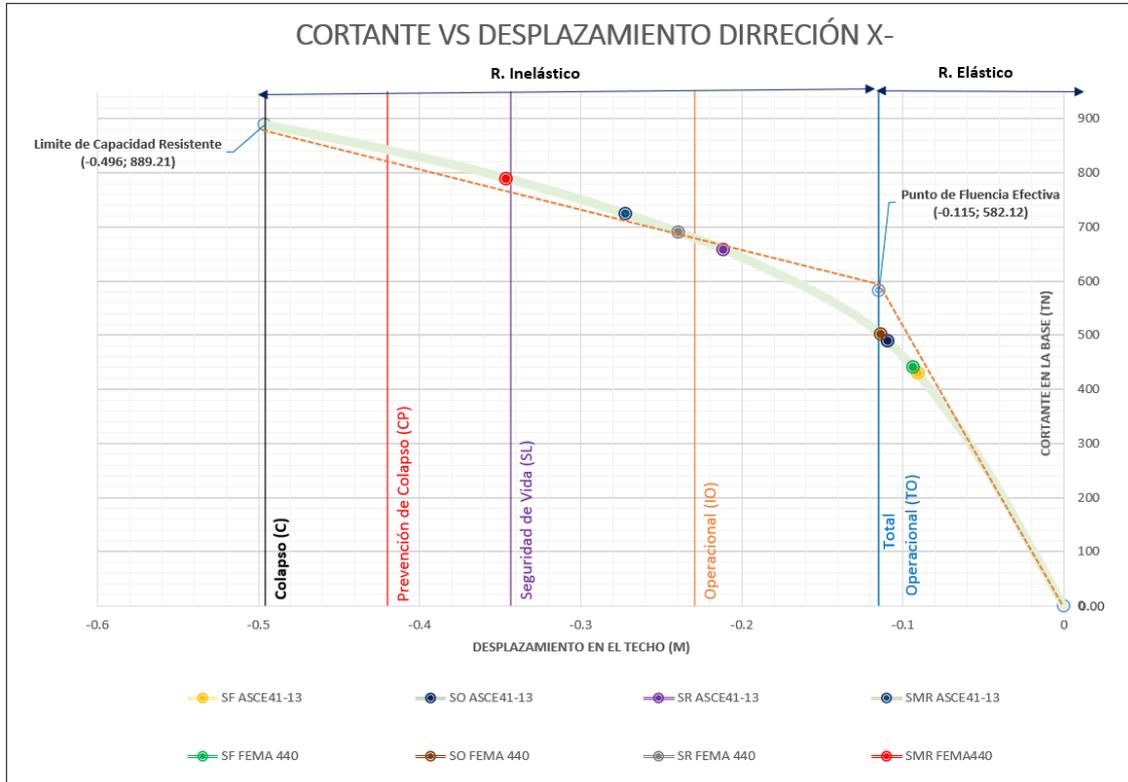


Interpretación, el punto de desempeño para un sismo Frecuente y Ocasional para el ASCE 41-17 y FEMA 440 se encuentra en Total Operacional, luego para un sismo Raro según ASCE 41-17 se encuentra en Operacional y para el FEMA 440 se encuentra en Seguridad de Vida, por último, el punto de desempeño para un sismo Muy Raro se encuentra en Seguridad de Vida.

La Figura 133 muestra los sectores de la curva de capacidad en dirección X- propuesta por la SEAOC, así como los puntos de desempeño que se encuentran en la Tabla 29 y Tabla 30.

Figura 133

Sectores propuestos por SEAOC en dirección X-

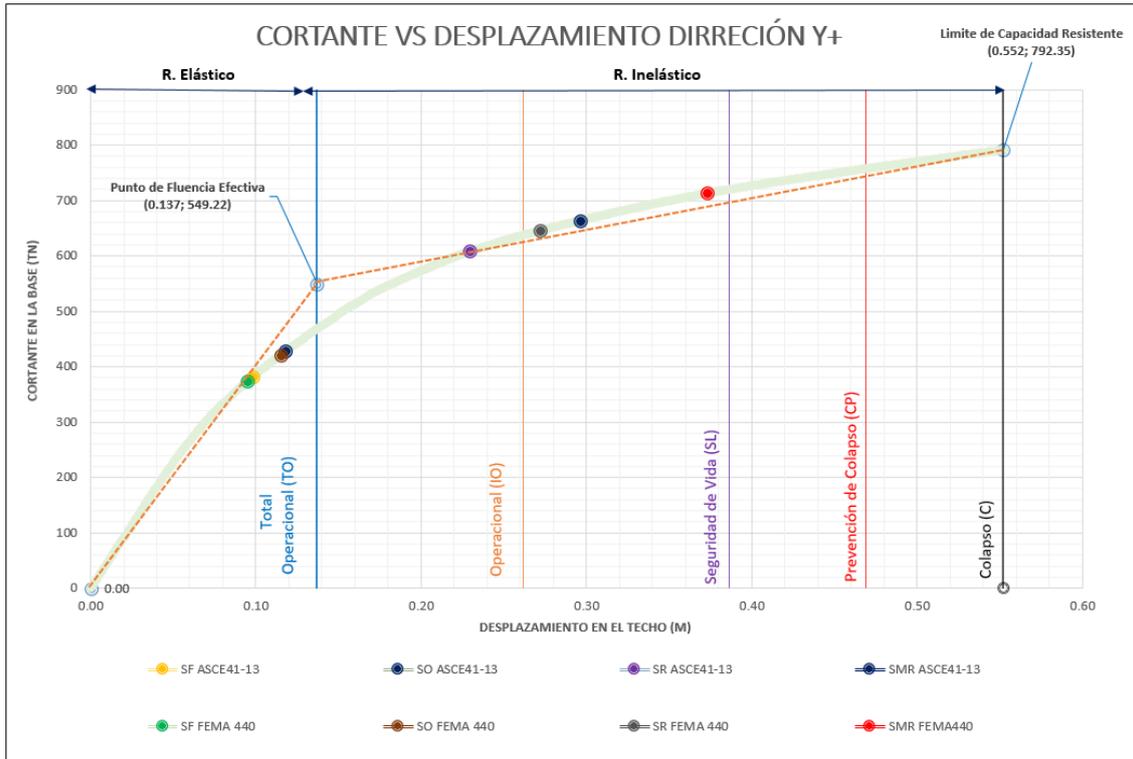


Interpretación, el punto de desempeño para un sismo Frecuente y Ocasional para el ASCE 41-17 y FEMA 440 se encuentra en Total Operacional, luego para un sismo Raro el punto de desempeño según ASCE 41-17 se encuentra en Operacional y para FEMA 440 se encuentra en Seguridad de vida, por último, el punto de desempeño para un sismo Muy Raro según ASCE 41-17 se encuentra en Seguridad de Vida y para FEMA 440 se encuentra en Prevención al Colapso.

La Figura 134 muestra los sectores de la curva de capacidad en dirección Y+ propuesta por la SEAOC, así como los puntos de desempeño que se encuentran en la Tabla 29 y Tabla 30.

Figura 134

Sectores propuestos por SEAOC en dirección Y+

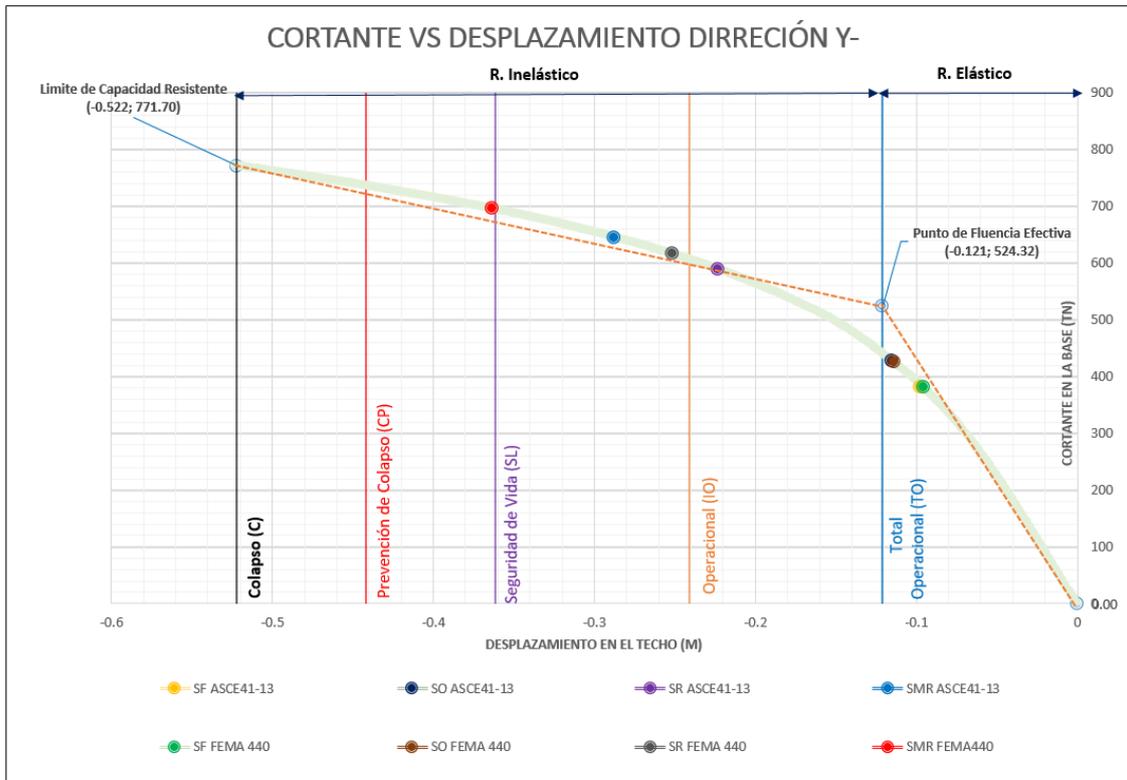


Interpretación, el punto de desempeño para un sismo Frecuente y Ocasional para el ASCE 41-17 y FEMA 440 se encuentra en Total Operacional, luego para un sismo Raro según ASCE 41-17 se encuentra en Operacional y según FEMA 440 en Seguridad de Vida, por último, el punto de desempeño para un sismo Muy Raro se encuentra en Seguridad de Vida.

La Figura 135 muestra los sectores de la curva de capacidad en dirección Y- propuesta por la SEAOC, así como los puntos de desempeño que se encuentran en la Tabla 29 y Tabla 30.

Figura 135

Sectores propuestos por SEAOC en dirección Y-



Interpretación, el punto de desempeño para un sismo Frecuente y Ocasional para el ASCE 41-17 y FEMA 440 se encuentra en Total Operacional, luego para un sismo Raro según ASCE 41-17 se encuentra en Operacional y según FEMA 440 en Seguridad de Vida, por último, el punto de desempeño para un sismo Muy Raro según ASCE 41-17 se encuentra en Seguridad de Vida y para FEMA 440 se encuentra en Prevención al Colapso.

3.4.3. Sectorizada de la curva de capacidad formada por modos fundamentales según ATC-40.

Tabla 37

Sectorizada de la curva de capacidad formada por modos fundamentales según ATC-40

Dirección	TO (m)	IO (m)	SL(m)	CP(m)
X+	0.107	0.199	0.353	0.414
X-	-0.106	-0.196	-0.345	-0.405
Y+	0.131	0.258	0.470	0.555
Y-	-0.121	-0.2413	-0.4418	-0.522

Tabla 38

Objetivos aceptados por el ATC-40 según ASCE 41-17

Dirección	S. Frecuente	S. Ocasional	S. Raro	S. Muy Raro
X+	0.0952	0.1131	0.2096	0.2688
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
X-	-0.093	-0.112	-0.218	-0.284
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
Y+	0.10	0.1209	0.2345	0.3037
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
Y-	-0.0975	-0.1168	-0.2281	-0.2940
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple

Tabla 39

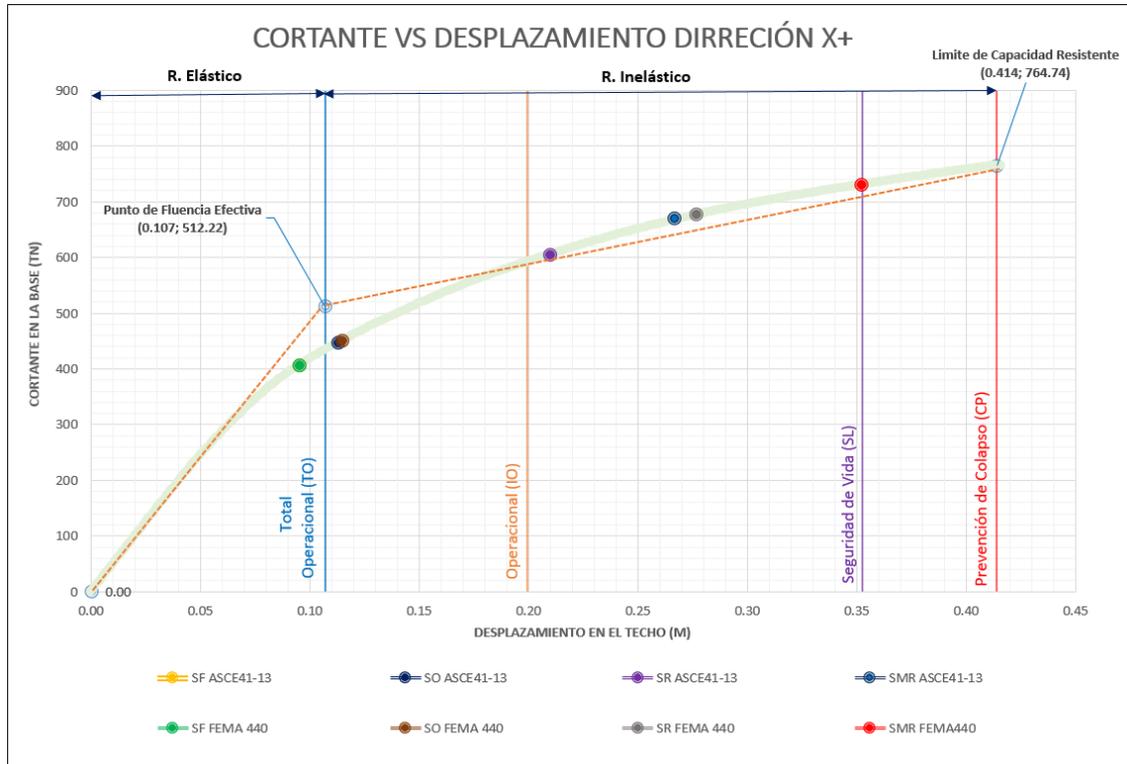
Objetivos aceptados por el ATC-40 según FEMA 440

Dirección	S. Frecuente	S. Ocasional	S. Raro	S. Muy Raro
X+	0.0950	0.1146	0.2766	0.3520
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
X-	-0.094	-0.110	-0.233	-0.327
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
Y+	0.0971	0.1177	0.2823	0.3733
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
Y-	-0.0976	-0.1173	-0.2604	-0.3756
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple

La Figura 136 muestra los sectores de la curva de capacidad en dirección X+ propuesta por la ATC-40, así como los puntos de desempeño que se encuentran en la Tabla 29 y Tabla 30.

Figura 136

Sectores propuestos por ATC-40 en dirección X+

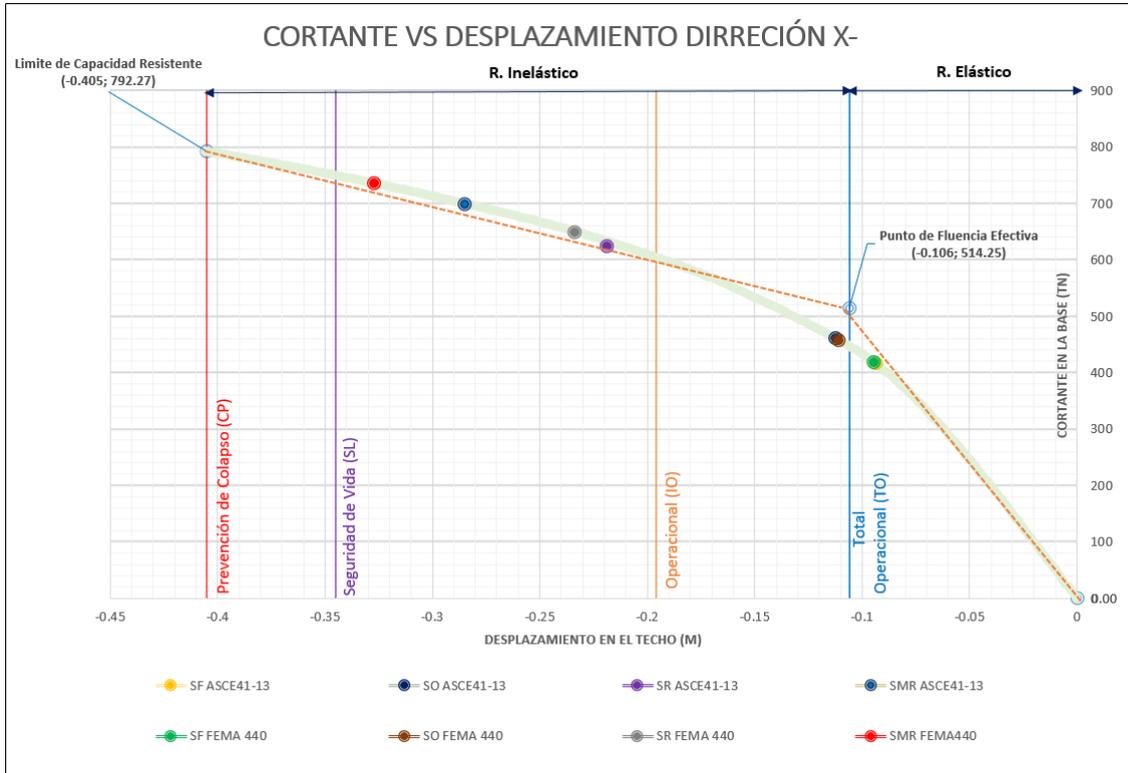


Interpretación, el punto de desempeño para un sismo Frecuente para el ASCE 41-17 y FEMA 440 se encuentra en Total Operacional, después el punto de desempeño para un sismo Ocasional se ubica en Operacional, luego para un sismo Raro y Muy Raro se encuentra en Seguridad de Vida.

La Figura 137 muestra los sectores de la curva de capacidad en dirección X- propuesta por la ATC-40, así como los puntos de desempeño que se encuentran en la Tabla 29 y Tabla 30.

Figura 137

Sectores propuestos por ATC-40 en dirección X-

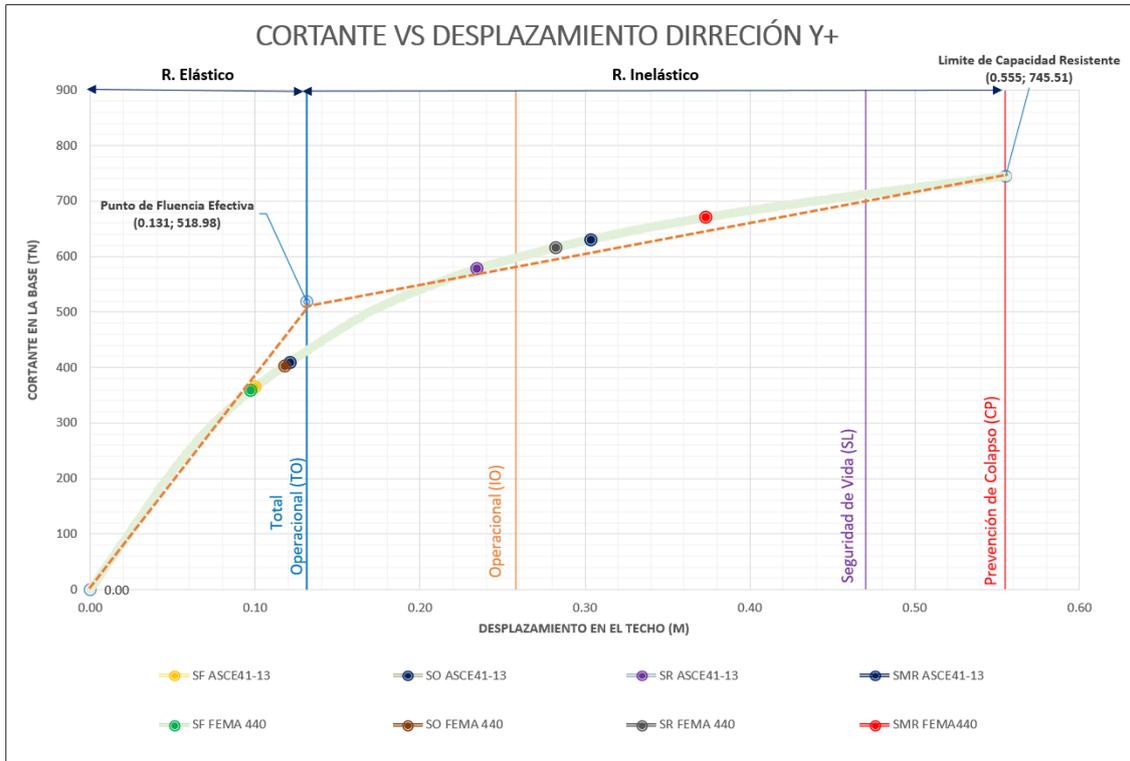


Interpretación, el punto de desempeño para un sismo Frecuente para el ASCE-41-17 y FEMA 440 se encuentra en Total Operacional, después el punto de desempeño para un sismo Ocasional se ubica en Operacional, luego para un sismo Raro y Muy Raro se encuentra en Seguridad de Vida.

La Figura 138 muestra los sectores de la curva de capacidad en dirección Y+ propuesta por la ATC-40, así como los puntos de desempeño que se encuentran en la Tabla 29 y Tabla 30.

Figura 138

Sectores propuestos por ATC-40 en dirección Y+

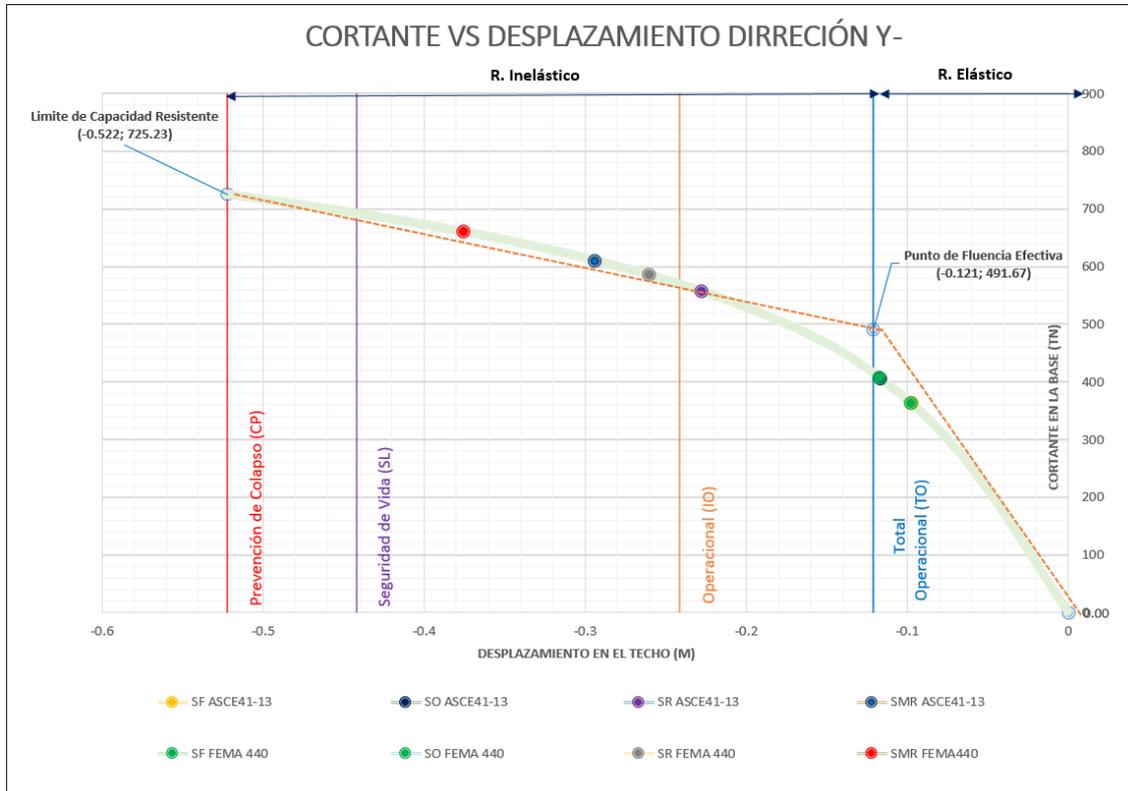


Interpretación, el punto de desempeño para un sismo Frecuente y Ocasional para el ASCE 41-17 y FEMA 440 se encuentra en Total Operacional, luego para un sismo Raro el punto desempeño según ASCE 41-17 se encuentra en Operacional y según FEMA 440 se encuentra en Seguridad de Vida, por último, el punto de desempeño para un sismo Muy Raro se encuentra en Seguridad de Vida.

La Figura 139 muestra los sectores de la curva de capacidad en dirección Y- propuesta por la ATC-40, así como los puntos de desempeño que se encuentran en la Tabla 29 y Tabla 30.

Figura 139

Sectores propuestos por ATC-40 en dirección Y-



Interpretación, el punto de desempeño para un sismo Frecuente y Ocasional para el ASCE 41-17 y FEMA 440 se encuentra en Total Operacional, luego para un sismo Raro el punto desempeño según ASCE 41-17 se encuentra en Operacional y según FEMA 440 se encuentra en Seguridad de Vida, por último, el punto de desempeño para un sismo Muy Raro se encuentra en Seguridad de Vida.

3.4.4. Sectorizada de la curva de capacidad formada por patrón especial según ATC-40.

Tabla 40

Sectorizada de la curva de capacidad formada por patrón especial según ATC-40

Dirección	TO (m)	IO (m)	SL(m)	CP(m)
X+	0.107	0.226	0.424	0.514
X-	-0.115	-0.2293	-0.4198	-0.496
Y+	0.137	0.262	0.469	0.552
Y-	-0.121	-0.2413	-0.4418	-0.522

Tabla 41

Objetivos aceptados por el ATC-40 según ASCE 41-17

Dirección	S. Frecuente	S. Ocasional	S. Raro	S. Muy Raro
X+	0.0906	0.1087	0.2097	0.2709
Totalmente Operativo Operacional				
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
X-	-0.0907	-0.1090	-0.2112	-0.2718
Totalmente Operativo Operacional				
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
Y+	0.979	0.1179	0.2295	0.2964
Totalmente Operativo Operacional				
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
Y-	-0.0975	-0.1152	-0.2233	-0.2876
Totalmente Operativo Operacional				
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple

Tabla 42

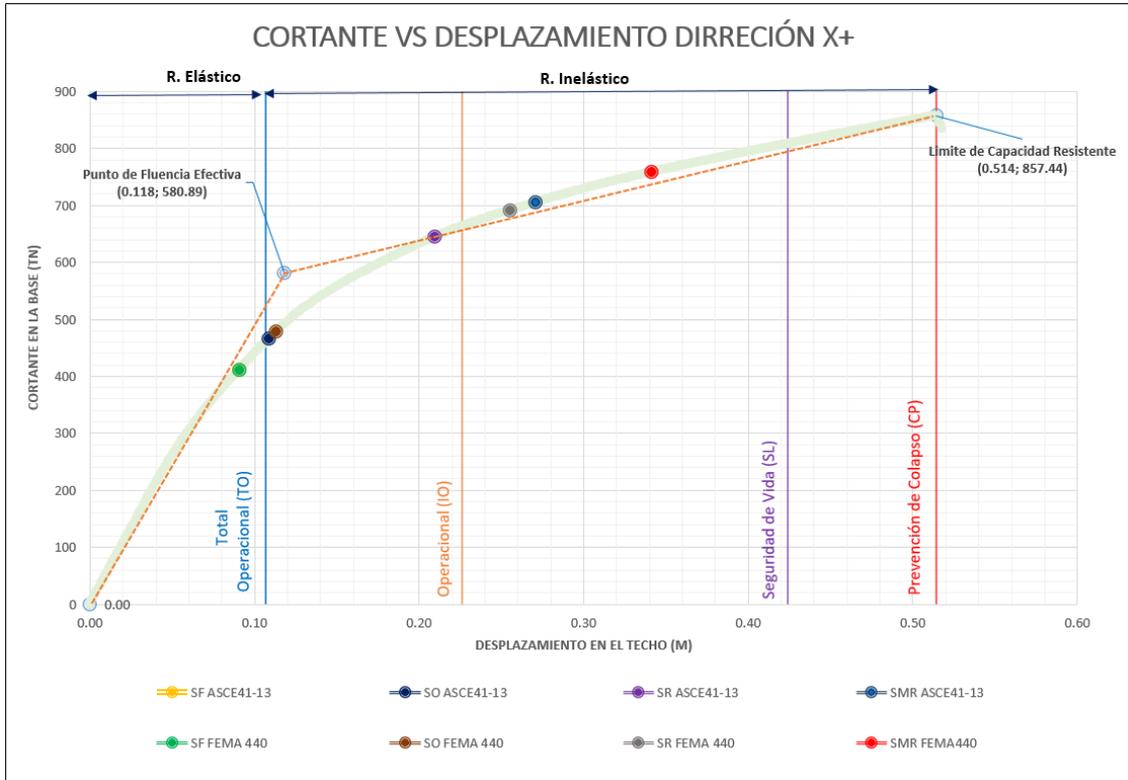
Objetivos aceptados por el ATC-40 según FEMA 440

Dirección	S. Frecuente	S. Ocasional	S. Raro	S. Muy Raro
X+	0.0950	0.1131	0.2551	0.3411
Totalmente Operativo Operacional				
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
X-	-0.0933	-0.1136	-0.2391	-0.3461
Totalmente Operativo Operacional				
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
Y+	0.0947	0.1148	0.2718	0.3731
Totalmente Operativo Operacional				
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple
Y-	-0.0953	-0.1138	-0.2519	-0.3637
Totalmente Operativo Operacional				
Seguridad de Vida			Cumple	
Prevención de Colapso				Cumple

La Figura 140 muestra los sectores de la curva de capacidad en dirección X+ propuesta por la ATC-40, así como los puntos de desempeño que se encuentran en la Tabla 29 y Tabla 30.

Figura 140

Sectores propuestos por ATC-40 en dirección X+

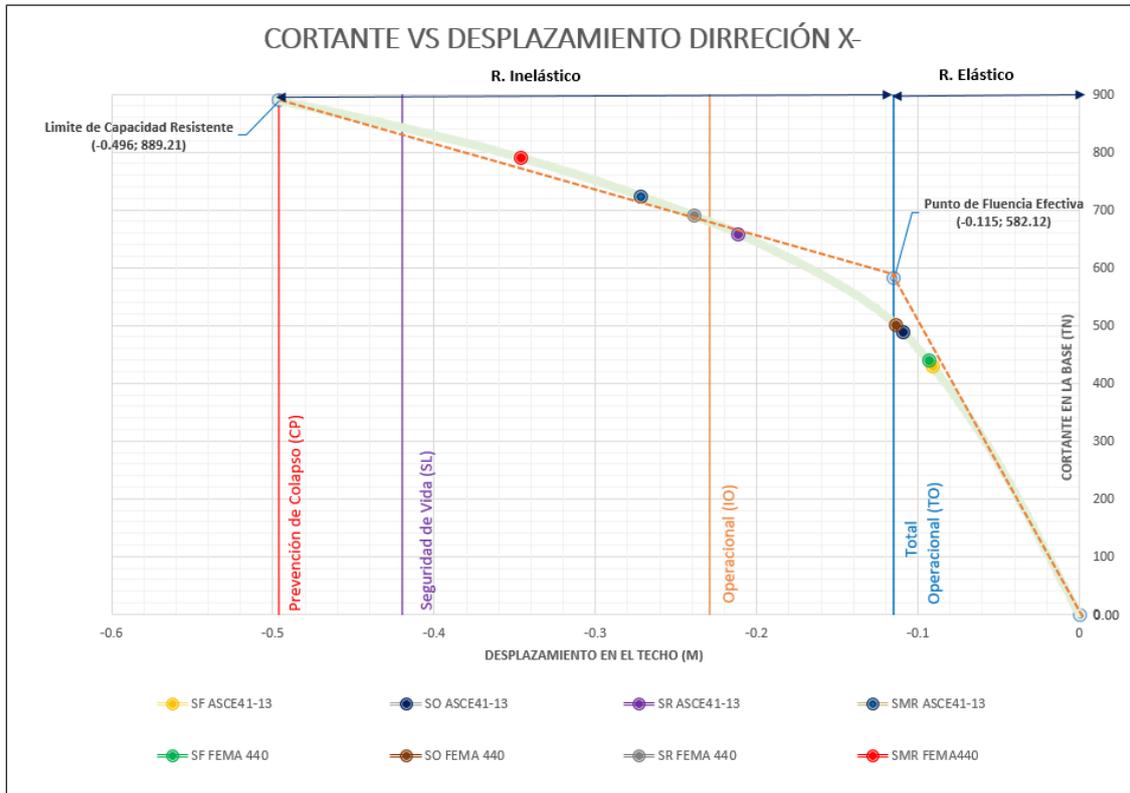


Interpretación, el punto de desempeño para un sismo Frecuente para el ASCE 41-17 y FEMA 440 se encuentra en Total Operacional, después el punto de desempeño para un sismo Ocasional se ubica en Operacional, luego para un sismo Raro el punto de desempeño según ASCE 41-17 se encuentra en Operacional y para el FEMA 440 se encuentra en Seguridad de Vida, por último, el punto de desempeño para un sismo Muy Raro se encuentra en Seguridad de Vida.

La Figura 141 muestra los sectores de la curva de capacidad en dirección X- propuesta por la ATC-40, así como los puntos de desempeño que se encuentran en la Tabla 29 y Tabla 30.

Figura 141

Sectores propuestos por ATC-40 en dirección X-

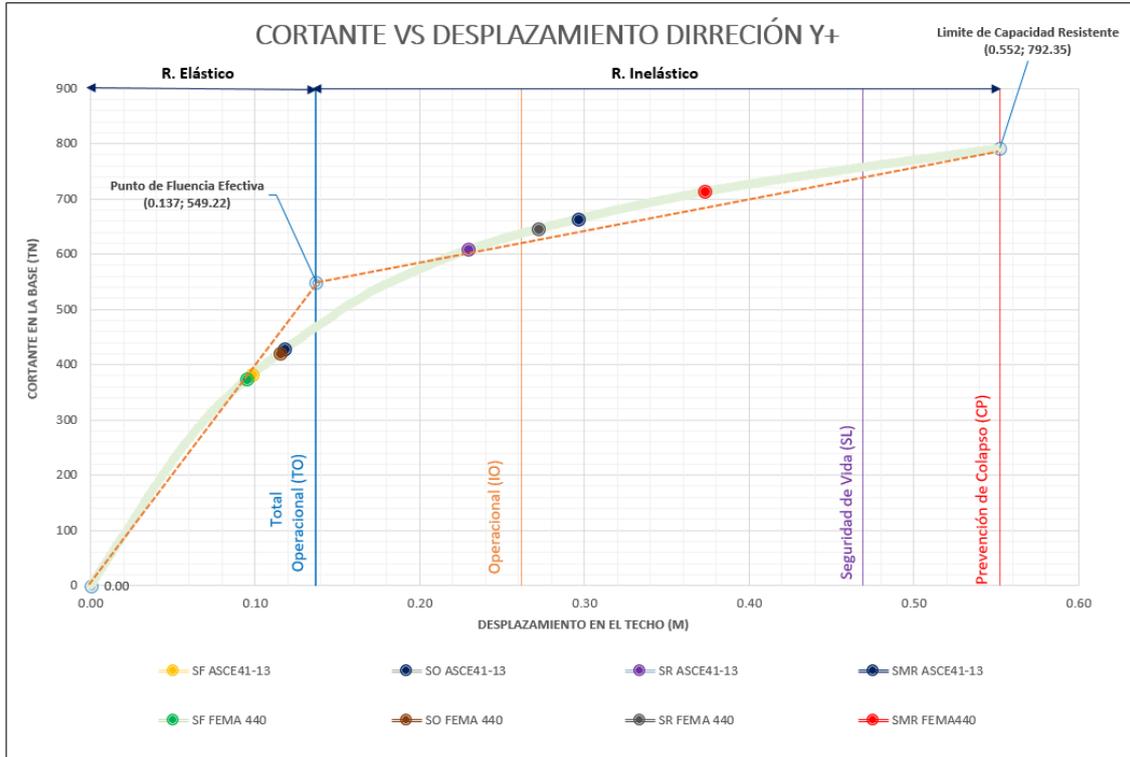


Interpretación, el punto de desempeño para un sismo Frecuente y Ocasional para el ASCE 41-17 y FEMA 440 se encuentra en Total Operacional, luego para un sismo Raro el punto de desempeño según ASCE 41-17 se encuentra en Operacional y para el FEMA 440 se encuentra en Seguridad de Vida, por último, el punto de desempeño para un sismo Muy Raro se encuentra en Seguridad de Vida.

La Figura 142 muestra los sectores de la curva de capacidad en dirección Y+ propuesta por la ATC-40, así como los puntos de desempeño que se encuentran en la Tabla 29 y Tabla 30.

Figura 142

Sectores propuestos por ATC-40 en dirección Y+

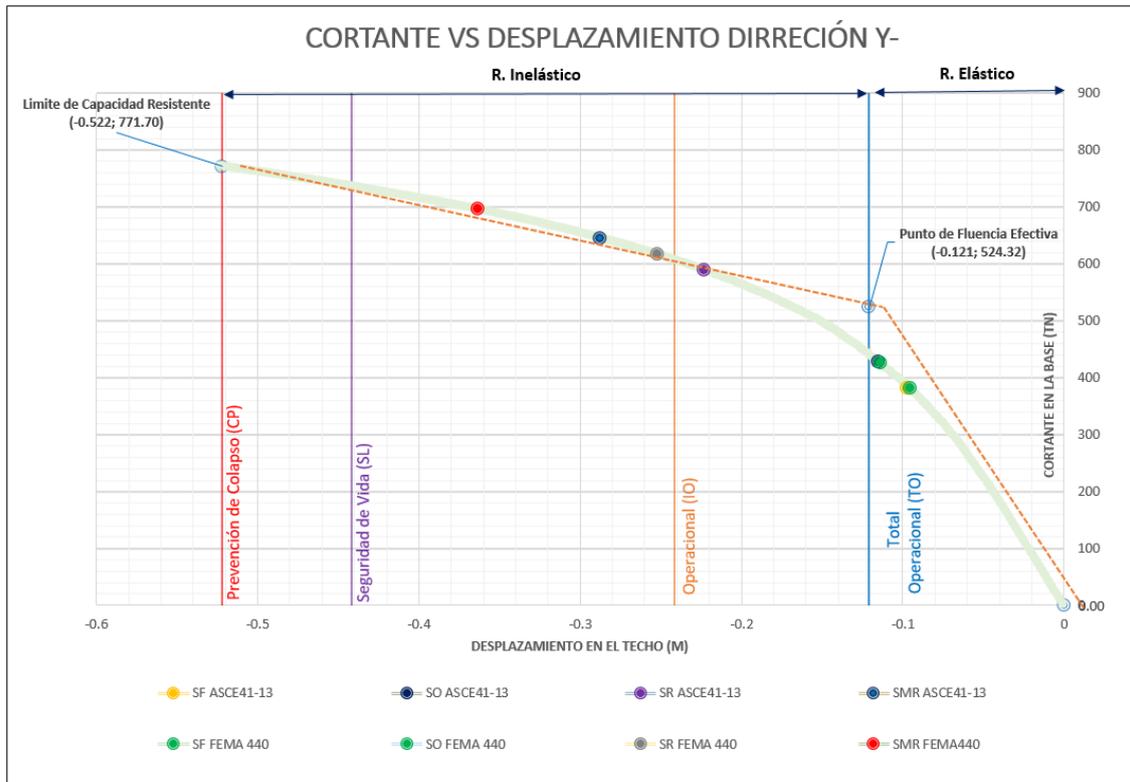


Interpretación, el punto de desempeño para un sismo Frecuente y Ocasional para el ASCE 41-17 y FEMA 440 se encuentra en Total Operacional, luego para un sismo Raro el punto de desempeño según ASCE 41-17 se encuentra en Operacional y según FEMA 440 se encuentra en Seguridad de Vida, por último, el punto de desempeño para un sismo Muy Raro se encuentra en Seguridad de Vida.

La Figura 143 muestra los sectores de la curva de capacidad en dirección Y- propuesta por la ATC-40, así como los puntos de desempeño que se encuentran en la Tabla 29 y Tabla 30.

Figura 143

Sectores propuestos por ATC-40 en dirección Y-



Interpretación, el punto de desempeño para un sismo Frecuente y Ocasional para el ASCE 41-17 y FEMA 440 se encuentra en Total Operacional, luego para un sismo Raro el punto desempeño según ASCE 41-17 se encuentra en Operacional y según FEMA 440 se encuentra en Seguridad de Vida, por último, el punto de desempeño para un sismo Muy Raro se encuentra en Seguridad de Vida.

3.8 Prueba de Hipótesis

Hipótesis 02

Hipótesis del investigador: La curva de capacidad mediante la aplicación de cargas monotónicas según el patrón especial tendrá un cambio considerable en comparación de la curva de capacidad aplicada mediante el modo fundamental mediante la ASCE 41-17.

H1: Existe un cambio significativo entre la curva de capacidad formada por un patrón especial y aquella formada por un modo fundamental mediante la ASCE 41-17.

Ho: No Existe un cambio significativo entre la curva de capacidad formada por un patrón especial y aquella formada por un modo fundamental mediante la ASCE 41-17.

Evaluación de normalidad.

Se utilizará Chapiro Wilk porque tenemos muestras menores a 30, para verificar si los resultados obtenidos tienen un patrón de distribución normal.

Criterio:

Hipótesis Nula (Ho): Los datos tienen una distribución normal con un P-valor de al menos 0,05.

Hipótesis Alternativa (Ha): El p-valor es inferior a 0,05, lo que indica que los datos no tienen una distribución normal.

Tabla 43

Prueba de Normalidad Shapiro Wilk Test hipótesis 2

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig
MODOS_VIBRACION_X_POSITIVO	.849	4	.223
PATRON_ESPECIAL_X_POSITIVO	.847	4	.218
MODOS_VIBRACION_X_NEGATIVO	.853	4	.237
PATRON_ESPECIAL_X_NEGATIVO	.852	4	.233
MODOS_VIBRACION_Y_POSITIVO	.843	4	.204
PATRON_ESPECIAL_Y_POSITIVO	.841	4	.201
MODOS_VIBRACION_Y_NEGATIVO	.847	4	.217
PATRON_ESPECIAL_Y_NEGATIVO	.847	4	.216

Nota: Se realiza la prueba de normalidad con el programa SPSS v-21.

Se acepta la hipótesis Nula (H_0) porque la Tabla 43 muestra que los datos provienen de una distribución normal, es decir, paramétrica, y el valor significativo es mayor que 0.05.

Prueba Paramétrica Numérica (T student)

Se utilizará el programa SPSS V-21 para realizar esta prueba estadística con un porcentaje de confiabilidad de 95%.

Estadística de muestra relacionadas.

Tabla 44

Estadística de muestra relacionadas Test hipótesis 2.

Estadísticos de muestras relacionadas		
MODOS_VIBRACION_X	MEDIA	319.372
PATRON_ESPECIAL_X	MEDIA	359.739
MODOS_VIBRACION_Y	MEDIA	376.368
PATRON_ESPECIAL_Y	MEDIA	399.603

Conclusión: Hay un cambio en las medias

Nota: Se realiza la prueba de igualdad de varianzas con el programa SPSS v-21.

Calcular el P-valor (Valor de la prueba o significancia)

Si la probabilidad obtenida P-valor $\leq \alpha$, rechace H_0 (Se acepta H_1)

Si la probabilidad obtenida P-valor $> \alpha$, no rechace H_0 (Se acepta H_0)

Tabla 45

Prueba T student Test hipótesis 2

Prueba T student			
Dirección X	P-Valor = 0.000	<	$\alpha = 0.05$
Dirección Y	P-Valor = 0.000	<	$\alpha = 0.05$

Conclusión: Existe un cambio significativo entre la curva de capacidad formada por un patrón especial y aquella formada por un modo fundamental mediante la ASCE 41-17.

Nota: Se realiza la prueba de T student con el programa SPSS v-21.

Hipótesis 03

Hipótesis del investigador: Los puntos de desempeños de los diferentes niveles de sismos propuesto por Visión 2000 mediante la aplicación de cargas monotónicas de patrón especial tendrán un cambio significado mediante la aplicación de modo fundamental mediante la ASCE 41-17 y FEMA 440.

H1: Existe un cambio significativo entre los puntos de desempeños de los diferentes niveles de sismos propuesto por Visión 2000 formada por un patrón especial y aquella formada por un modo fundamental mediante la ASCE 41-17 y FEMA 440.

H0: No Existe un cambio significativo entre los puntos de desempeños de los diferentes niveles de sismos propuesto por Visión 2000 formada por un patrón especial y aquella formada por un modo fundamental mediante la ASCE 41-17 y FEMA 440.

Evaluación de normalidad.

Se utilizará Chapiro Wilk porque tenemos muestras menores a 30, para verificar si los resultados obtenidos tienen un patrón de distribución normal.

Criterio:

Hipótesis Nula (H0): Los datos tienen una distribución normal con un P-valor de al menos 0,05.

Hipótesis Alternativa (Ha): El p-valor es inferior a 0,05, lo que indica que los datos no tienen una distribución normal.

Tabla 46

Prueba de Normalidad Shapiro Wilk Test hipótesis 3

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig
MODOS_VIBRACION_X_DESP	.847	8	.089
PATRON_ESPECIAL_X_DESP	.828	8	.055
MODOS_VIBRACION_X_CORTANTE	.865	8	.135
PATRON_ESPECIAL_X_CORTANTE	.864	8	.131
MODOS_VIBRACION_Y_DESP	.840	8	.076
PATRON_ESPECIAL_Y_DESP	.839	8	.073
MODOS_VIBRACION_Y_CORTANTE	.840	8	.076
PATRON_ESPECIAL_Y_CORTANTE	.836	8	.068

Nota: Se realiza la prueba de normalidad con el programa SPSS v-21.

Se acepta la hipótesis Nula (H_0) porque la Tabla 46 muestra que los datos provienen de una distribución normal, es decir, paramétrica, y el valor significativo es mayor que 0.05.

Prueba Paramétrica Numérica (T student)

Se utilizará el programa SPSS V-21 para realizar esta prueba estadística con un porcentaje de confiabilidad de 95%.

Estadística de muestra relacionadas.

Tabla 47

Estadísticos de muestras relacionadas Test hipótesis 3

Estadísticos de muestras relacionadas		
MODOS_VIBRACION_X	MEDIA	18.755
PATRON_ESPECIAL_X	MEDIA	18.466
MODOS_VIBRACION_Y	MEDIA	20.105
PATRON_ESPECIAL_Y	MEDIA	19.641

Conclusión: Hay un cambio en las media.

Nota: Se realiza la prueba de igualdad de varianzas con el programa SPSS v-21.

Calcular el P-valor (Valor de la prueba o significancia)

Si la probabilidad obtenida $P\text{-valor} \leq \alpha$, rechace H_0 (Se acepta H_1)

Si la probabilidad obtenida $P\text{-valor} > \alpha$, no rechace H_0 (Se acepta H_0)

Tabla 48

Prueba T student Test hipótesis 3

Prueba T student			
Dirección X	P-Valor = 0.021	<	$\alpha = 0.05$
Dirección Y	P-Valor = 0.000	<	$\alpha = 0.05$

Conclusión: Existe un cambio significativo entre los puntos de desempeños de los diferentes niveles de sismos propuesto por Visión 2000 formada por un patrón especial y aquella formada por un modo fundamental mediante la ASCE 41-17 y FEMA 440.

Nota: Se realiza la prueba de T student con el programa SPSS v-21.

Hipótesis 04

Hipótesis del investigador: Mediante la aplicación de cargas monotónicas según el patrón especial tendrá un cambio considerable en la sectorización de curva de capacidad a comparada de la aplicación del modo fundamental mediante la SEAOC y ATC-40.

H1: Influye un cambio significativo entre la sectorización de curva de capacidad formada por un patrón especial y aquella formada por un modo fundamental mediante la SEAOC y ATC-40.

Ho: No Influye un cambio significativo entre la sectorización de curva de capacidad formada por un patrón especial y aquella formada por un modo fundamental mediante la SEAOC y ATC-40.

Evaluación de normalidad.

Se utilizará Chapiro Wilk porque tenemos muestras menores a 30, para verificar si los resultados obtenidos tienen un patrón de distribución normal.

Criterio:

Hipótesis Nula (Ho): Los datos tienen una distribución normal con un P-valor de al menos 0,05.

Hipótesis Alternativa (Ha): El p-valor es inferior a 0,05, lo que indica que los datos no tienen una distribución normal.

Tabla 49

Prueba de Normalidad Shapiro Wilk Test hipótesis 4.

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig
MODOS_VIBRACIÓN_X (SEAOC)	.918	10	.341
PATRON_ESPECIAL_X (SEAOC)	.924	10	.391
MODOS_VIBRACIÓN_Y (SEAOC)	.936	10	.511
PATRON_ESPECIAL_Y (SEAOC)	.938	10	.535
MODOS_VIBRACIÓN_X (ATC-40)	.868	8	.144
PATRON_ESPECIAL_X (ATC-40)	.868	8	.144
MODOS_VIBRACIÓN_Y (ATC-40)	.888	8	.226
PATRON_ESPECIAL_Y (ATC-40)	.888	8	.226

Nota: Se realiza la prueba de normalidad con el programa SPSS v-21.

Se acepta la hipótesis Nula (H_0) porque la Tabla 49 demuestra que los datos provienen de una distribución normal, es decir, paramétrica, y el valor significativo es mayor que 0,05.

Prueba Paramétrica Numérica (T student)

Se utilizará el programa SPSS V-21 para realizar esta prueba estadística con un porcentaje de confiabilidad de 95%.

Estadística de muestra relacionadas.

Tabla 50

Estadística de muestra relacionadas Test hipótesis 4.

Estadísticos de muestras relacionadas		
SEOAC Modos_vibracion_x	Media	0.2728
SEOAC Patron_especial_x	Media	0.3320
SEOAC Modos_vibracion_y	Media	0.3598
SEOAC Patron_especial_y	Media	0.3612
ATC-40 Modos_vibracion_x	Media	0.2683
ATC-40 Patron_especial_x	Media	0.3150
ATC-40 Modos_vibracion_y	Media	0.3535
ATC-40 Patron_especial_y	Media	0.3550

Conclusión: Hay un cambio en las media.

Nota: Se realiza la prueba de igualdad de varianzas con el programa SPSS v-21.

Calcular el P-valor (Valor de la prueba o significancia)

Si la probabilidad obtenida P-valor $\leq \alpha$, rechace H_0 (Se acepta H_1)

Si la probabilidad obtenida P-valor $> \alpha$, no rechace H_0 (Se acepta H_0)

Tabla 51

Prueba T student Test hipótesis 4.

Prueba T student			
SEAOC Dirr.X	P-Valor = 0.020	<	$\alpha = 0.05$
SEAOC Dirr.Y	P-Valor = 0.044	<	$\alpha = 0.05$
ATC-40 Dirr.X	P-Valor = 0.105	>	$\alpha = 0.05$
ATC-40 Dirr.Y	P-Valor = 0.527	>	$\alpha = 0.05$

Conclusión: Existe un cambio significativo entre la sectorización de curva de capacidad formada por un patrón especial y aquella formada por un modo fundamental mediante la SEAOC y ATC-40.

Nota: Se realiza la prueba de T student con el programa SPSS v-21.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Limitaciones.

- Limitación de recursos financieros: Debido a las dificultades financieras, no se ha podido llevar a cabo un estudio específico de mecánica del suelo en la ubicación del edificio y evaluar. En su lugar, se ha llevado a cabo una búsqueda sistemática y se han recopilado cinco investigaciones cercanas a dicha ubicación. A partir de estas investigaciones, se ha obtenido una capacidad portante estimada de 4kg/cm^2 , lo que categoriza el suelo como "S2"(CAPECO, 2023). Además, se ha realizado la microzonificación sísmica del distrito de Miraflores, donde se encuentra el edificio, y también se ha clasificado el suelo como "S2". Por consiguiente, se ha modelado la edificación siguiendo este principio.

- Limitación de disponibilidad: Es cierto que no abundan empresas educativas que ofrezcan un curso de análisis no lineal estático, lo que lo convierte en un tema de estudio propio de nivel de maestría. Sin embargo, se logró encontrar un curso que permite adquirir conocimientos sobre las normas, calibración de elementos estructurales y una evaluación práctica del proceso de análisis y rendimiento.

-Limitaciones geográficas y de generalización: La investigación está restringida a una sola estructura de hormigón armado de 10 pisos con sede en Miraflores. Dado que las circunstancias sísmicas y de construcción pueden variar mucho, esto puede restringir la generalización de los resultados obtenidos a otras estructuras en otras regiones geográficas.

- Limitaciones del software: Como se mencionó anteriormente, la evaluación del desempeño sísmico se puede realizar utilizando el software Etabs 19 para modelar edificios, que actualmente incluye las normas ASCE41-13 y Fema 440. No obstante, es

relevante destacar que el procedimiento y las consideraciones contempladas en la normativa ASCE 41-13 son similares a las establecidas en la norma ASCE 41-17 lo que implica tener simplificaciones o supuestos que podrían afectar la precisión de los resultados.

- Limitación de recursos o hardware: Se recomienda contar con un equipo con un procesador de alto rendimiento, dado que el proceso involucrado demanda una carga computacional significativa.

4.2. Interpretación comparativa

Objetivo 1: El análisis sísmico estático se encontró una cortante en dirección X de 349.873 tn y en dirección Y de 310.026 tn y mediante el análisis dinámico se encontró una cortante en dirección X de 281.95 tn y en dirección Y de 266.69 tn, con unas derivas inelásticas máximas de 0.005 en dirección X y 0.0052 en dirección Y. En comparación con Valle (2019), han utilizado la misma normativa E.030 y han obtenido un cortante estático en ambas direcciones de 285,50 tn. Mientras que Ojeda y López (2021), de la misma manera han obtenido un cortante de 258,30 tn y Chavesta (2019), han encontrado una cortante basal estática de 295.7572 tn según la norma E.030. Se puede determinar que las edificaciones están verificadas y diseñadas ya sean mediante el análisis estático o dinámico según la Norma E.030.

Objetivo 2: Las curvas de capacidad según el ASCE 41-17 mediante la aplicación de cargas monotónicas del modo fundamental se obtienen los siguientes puntos de colapso que están relacionado (Desplazamientos en el Techo; Cortante en la Base); dirección X (41.4 cm; 764.744 tn), dirección -X (-40.45cm; 792.268 tn), dirección Y (55.55cm; 745.514 tn), dirección -Y (-52.2 cm; 725.232 tn), sin embargo, mediante la aplicación del patrón especial las curvas de capacidad según el ASCE 41-17 llegan en

dirección X (51.4 cm; 857.435 tn), -X (-49.6 cm; 889.207 tn), Y (55.2 cm; 792.354 tn), - Y (-52.2 cm; 771.702 tn). Al comparar estos resultados con Salcedo (2017), que aplico cargas monotónicas de una combinación de envolvente de los 10 primeros modos fundamental llegando la curva de capacidad llegan en dirección X (12.5 cm; 3.60 Kn) y dirección Y (14.5 cm; 3.80 Kn), se construyó la curva de capacidad mediante ATC-40. Así mismo, Duarte, Martínez y Santamaria, (2018), aplicaron cargas monotónicas mediante el patrón de la cortante basal estático llegando la curva de capacidad dirección X (3.5 cm; 30 tn) y dirección Y (2.1 cm; 38 tn), se construyó la curva de capacidad mediante FEMA 356. En contraste, los resultados presentados por Samillán (2019), que aplico cargas monotónicas mediante un patrón especial de la cortante estático llegando la curva de capacidad en dirección X (48 cm; 1173.57 tn) y en dirección Y (31 cm; 3095.064 tn) se construyó la curva de capacidad mediante ASCE 41-13. Todos los análisis empiezan de la carga de gravedad no lineal.

Objetivo 3. Los puntos de desempeño de los diferentes niveles de sismo según Visión mediante el ASCE 41-17 y FEMA 440, aplicando carga monotónica del modo fundamental y la aplicación de cargas monotónicas de un patrón especial. En contraste con los resultados de Salcedo (2017), determinó los puntos de desempeño para un sismo raro o de diseño mediante FEMA 440. Por otro lado, Valle (2019), se aplicó un patrón especial determinando los puntos de desempeño según ASCE 41.13. De la misma manera Chavesta (2019), siguió el mismo procedimiento y determinó los puntos de desempeños según el FEMA 440 del sismo de servicio y sismo máximo. Se coincide en que todos los puntos de desempeño fueron determinados utilizando la normativa ASCE 41 y FEMA 440.

Objetivo 4. La sectorización de la curva de capacidad formada por la aplicación de carga monotónica del modo fundamental resultó ser menor en comparación mediante la aplicación de cargas monotónicas utilizando un patrón especial establecido por SEOACE y ATC-40. En el caso de Fajardo, (2020), se limitará la sectorización de la curva de capacidad de manera similar, siguiendo los objetivos establecidos por el SEOACE, igual manera Samillán (2019), se limitará la sectorización de la curva de capacidad de manera similar, siguiendo los objetivos establecidos por el SEOACE. Por otro lado, en el estudio realizado por Valle (2019), la sectorización se prolongará utilizando la normativa ATC-40. Estos resultados indican que la sectorización de la curva de capacidad varía en función de los objetivos establecidos por diferentes normativas y estándares. Es importante considerar estas diferencias al interpretar y comparar los resultados obtenidos en diferentes estudios.

4.3. Implicancias

- Contribución al conocimiento científico: La investigación proporciona evidencia adicional sobre el efecto de las cargas monotónicas en el desempeño sísmico de un edificio de concreto armado. Estas mejoras podrían contribuir al conocimiento científico y brindar información relevante para futuros estudios y mejoras en el diseño y construcción de edificios más seguros ante eventos sísmicos.

-Importancia relativa de las cargas monotónicas: Al comparar las cargas monotónicas aplicadas a través de un patrón especial con las cargas monotónicas de los modos fundamentales, los resultados muestran que, si hay una variación significativa en la curva de capacidad, punto de desempeño y sectorización. Por lo tanto, se concluye que las cargas monotónicas analizadas por un patrón especial, que representan el comportamiento dinámico, tienen un impacto significativo en el desempeño sísmico del

edificio.

-Aplicabilidad de normas y metodologías de análisis: La investigación utiliza normas y metodologías reconocidas, como el análisis sísmico (E.030), curva de capacidad (ASCE 41-17), desempeño sísmico (ASCE 41-17 y FEMA 440) y sectorización de la curva de capacidad (SEOACE y ATC-40). Estas pruebas respaldan la aplicabilidad y utilidad de estas normas y metodologías en la evaluación del comportamiento sísmico de edificios de hormigón armado.

-Importancia de la observación experimental: La recolección de datos se realizó mediante observación experimental utilizando fichas de recolección de datos como instrumento. Esto resalta la manera de recopilar datos de manera precisa y detallada para obtener resultados confiables en la evaluación del desempeño sísmico de la estructura

-Contribución al conocimiento nuevo científico: Esta investigación aporta de manera significativa al campo del análisis sísmico de edificaciones. Tienen algunas limitaciones en la aplicación del análisis no lineal estático según la normativa ASCE 41-17 que sean edificaciones de pocos pisos, regulares y en las que el primer modo fundamental se encuentra en traslación con una alta participación de masa, y de no cumplir se tiene que utilizar un análisis no lineal dinámico (IDA), sin embargo, los resultados obtenidos al aplicar cargas monotónicas mediante el patrón especial propuesto indican que si se producen cambios significativos en la curva de capacidad, desempeño sísmico y sectorización. Por ello, se propone utilizar como indica la norma ASCE 41-17, para obtener datos validados, por otro lado, a pesar que hay un cambio significativo ambos cumplen con los objetivos planteados por la SEOACE Y ATC -40.

4.4. Conclusiones

Objetivo 1. Se encontró un cortante basal de 349.873 tn en dirección X y 310.026 tn en dirección Y después de un análisis estático de la estructura. Sin embargo, debido a la altura del edificio (más de 30 metros), la norma E.030 (NPT) requería un análisis sísmico dinámico. Un cortante dinámico de 281.95 tn en dirección X y 266.69 tn en dirección Y se descubrió en este análisis. Se descubrió que la estructura era regular en ambos sentidos y que las derivas inelásticas máximas en la dirección X y en la dirección Y fueron de 0.0050. Por último, la edificación demuestra su calidad y confiabilidad al cumplir con los criterios de seguridad y estabilidad establecidos por la norma N.P.T E.030.

Objetivo 2. La hipótesis alternativa es aceptada. **Existe** un cambio significativo entre la curva de capacidad formada por un patrón especial y aquella formada por un modo fundamental mediante la ASCE 41-17. Al analizar los resultados obtenidos, se observa que, al aplicar un patrón especial en comparación con el modo fundamental, se produce una variación de crecimiento en la media de la curva de capacidad en ambas direcciones.

Objetivo 3: La hipótesis alternativa es aceptada. **Existe** un cambio significativo entre los puntos de desempeños de los diferentes niveles de sismos propuesto por Visión 2000 formada por un patrón especial y aquella formada por un modo fundamental mediante la ASCE 41-17 y FEMA 440. Al analizar los resultados obtenidos, se observa que, al aplicar un patrón especial en comparación con el modo fundamental, se produce una variación de crecimiento en la media de los puntos de desempeño en ambas direcciones.

Objetivo 4: La hipótesis alternativa es aceptada. **Existe** un cambio significativo entre la sectorización de curva de capacidad formada por un patrón especial y aquella formada por un modo fundamental mediante la SEAOC y ATC-40. Al analizar los resultados obtenidos, se observa que, al aplicar un patrón especial en comparación con el modo fundamental, se produce una variación de crecimiento de medias de la sectorización de la curva en ambas direcciones.

Objetivo general: El uso de cargas monotónicas y modos fundamentales impacta significativamente el desempeño sísmico del edificio, mostrando aumentos notables en la curva de capacidad y la sectorización. La normativa ASCE 41-17 sugiere aplicar cargas monotónicas según el modo fundamental, más representativo del comportamiento dinámico. El análisis sísmico dinámico con patrón especial revela cambios sustanciales. No obstante, al emplear ambos tipos de cargas monotónicas, la estructura cumple con los objetivos de SEAOC y ATC-40.

Recomendaciones

El primer paso necesario para llevar a cabo el diseño estructural es el análisis sísmico lineal. Sin embargo, durante su vida útil, la estructura se comporta de manera inelástica en lugar de lineal. Por lo tanto, se recomienda realizar un análisis no lineal para verificar el comportamiento ante una demanda sísmica con mayor aproximación a la realidad. Este tipo de análisis también nos permite evaluar los elementos estructurales de manera individual, es decir, comprender cómo se comporta cada elemento y en qué rango se encuentra.

Se recomienda a los próximos estudiantes interesados en realizar un análisis no lineal estático, se les recomienda considerar utilizar la aplicación del modo fundamental como lo indica la Norma ASCE 41-17, por otro lado, se sugiere a los futuros estudiantes

que antes de realizar el análisis profundo de las estructuras, se ameritan tener una alta capacitación que les brinden los conocimientos necesarios para un análisis y modelado adecuado.

Es recomendable colocar los elementos estructurales de forma paralela en ambos sentidos mientras se realiza el diseño estructural. Esto hará que la estructura sea más sencilla y simétrica al colocar los centros de masa y rigidez en las posiciones correctas.

Por otro lado, debe tenerse en cuenta que la aplicación de las instrucciones de la norma ASCE 41-17 tiene algunas limitaciones. Para obtener un análisis representativo, se recomienda que la estructura sea regular y que sus primeros modos fundamentales tengan una masa participativa significativa en traslación, sin embargo, si no cumple ese criterio se recomienda utilizar el análisis no lineal dinámico (IDA).

REFERENCIAS

- AGUIAR, R., (2010). *Análisis sísmico por desempeño*, CEINCI – ESPE. Quito: Ediespe.
- ASCE/SEI 41-17. (2017). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. Reston, Virginia, EEUU: American Society of Civil Engineers.
- ATC-40. (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, ATC-40 Report*, Volumes 1 and 2. California: Applied Technology Council.
- Blanco, A. (1994). *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado*. Lima: Capítulo de Ingeniería Civil, CDL.
- Calcina, R. (2017). *Evaluación del desempeño sísmico de un edificio de once pisos utilizando análisis estático y dinámico no lineal*. (Tesis de maestría, Universidad Privada de Tacna, Tacna, Perú).
- Chavesta Ruelas, E. (2019). *Análisis estático no lineal para estimar el desempeño sísmico de una estructura aporticada de 5 pisos en la ciudad de Lima* (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal, Perú).
- Deierlein, Gregory G., Reinhorn, Andrei M. y Willford, Michael R. (2010). "Análisis estructural no lineal para diseño sísmico", NEHRP Informe técnico de diseño sísmico n. ° 4, elaborado por NEHRP Consultantes Joint Venture, una asociación del Consejo de Tecnología Aplicada y el Consorcio de Universidades para la Investigación en Ingeniería Sísmica, para el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología, Gaithersburg, MD, NIST GCR 10-917-5.
- Duarte, C., Martínez, M. y Santamaria, J. (2017). *Análisis estático no lineal (Pushover) del cuerpo central del edificio de la facultad de medicina de la universidad de el salvador* (Tesis de pregrado, Universidad del Salvador, San Salvador, El Salvador).

- Fajardo Gaviria, F. (2020). Análisis estático lineal y no lineal del Edificio Icaro de la ciudad de Manizalez (Tesis de pregrado, Universidad de los Andes).
- Fuentes, N. (2018). *Desempeño sísmico de un edificio de cinco niveles de concreto armado mediante el análisis estático no lineal "pushover"*. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Antúnez de Mayolo, Ancash, Perú.).
- Hognestad, E. (1951). Study of combined bending and axial load in reinforced concrete members. Illinois.
- Holzer et al. (1975). SINDER. A *Computer Code for General Analysis of Two-Dimensional Reinforced Concrete Structures*. Report. AFWL-TR74-228 Vol. 1. Air Force Weapons Laboratory, Kirtland, AFB, New México.
- Mander, J.B., M.J.N. Priestley, and R. Park (1984). *Theoretical StressStrain Model for Confined Concrete*. *Journal of Structural Engineering*. ASCE. 114(3). 1804-1826.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica de Edificación E.030 Diseño Sismorresistente (2020). Lima, Perú: El Ministerio.
- Ojeda, J. y López, J. (2021). *Desempeño sísmico de una edificación de concreto armado dual mediante el análisis no lineal en el tiempo ubicado en el distrito de Lince, departamento de Lima-Perú*. (Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú).
- Ottazzi. (2011). *Concreto Armado I*. Lima: PUCP.
- Park, R., Priestley, M. J., & Gill, W. D. (1982). Ductility of Square Confined Concrete. Rodriguez, I. (2015). Análisis estático no lineal, Pushover. [CSI CARIBE, Intérprete] República Dominicana.
- Richart, F. E., Brandtzaeg, A., and Brown, R. L. (1929). "The failure of plain and spirally reinforced concrete in compression." Bulletin 190, Univ. of Illinois Engineering

Experimental Station, Champaign, 111.

Rodríguez, I. (2015). *Análisis estático no lineal, Pushover*. [CSI CARIBE,

Intérprete] República Dominicana.

Salcedo, Y. (2017). *Desempeño sísmico por el método pushover de un edificio construido en la ciudad de barranquilla bajo la norma nsr-10*. (Tesis de pregrado, Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia).

Samillán, R (2019). *Análisis del desempeño sísmico no lineal estático (pushover) en una edificación de ocho pisos Chiclayo-Lambayeque*. (Tesis de maestría, Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo, Perú).

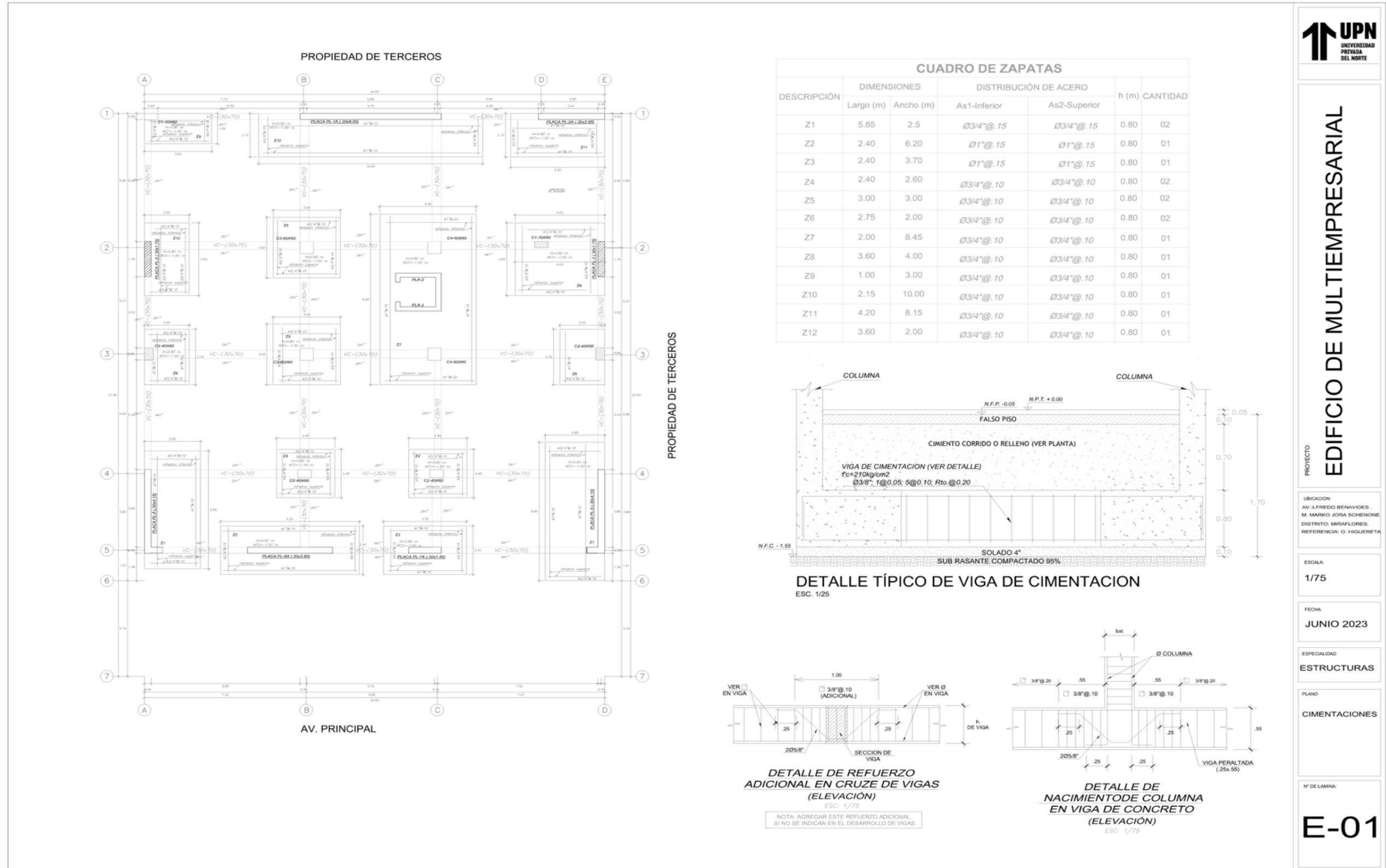
Valle, E. (2019). *Desempeño sismorresistente a través del análisis estático no lineal de un edificio de concreto armado de 8 pisos y un sótano*. (Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú).

ANEXOS
ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.

Título: "IMPACTO DE CARGAS MONOTÓNICAS EN EL DESEMPEÑO SÍSMICO DE UN EDIFICIO DE CONCRETO ARMADO DE 10 NIVELES EN EL DISTRITO DE MIRAFLORES, LIMA - 2023"

Formulación de problema.	Objetivo	Hipótesis	Variables	Instrumentos	Metodología	Población y muestra
<p>Problema general</p> <p>¿Cuál es impacto de cargas monotónicas en el desempeño sísmico de un edificio de concreto armado de 10 niveles en el distrito de Miraflores, Lima - 2023?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>¿Cuál es el comportamiento del modelo estructural al considerar los planos estructurales y aplicar el análisis sísmico estático y dinámico de acuerdo con los requisitos establecidos en la norma E.030?</p> <p>¿En qué medida influye la aplicación de cargas monotónicas del modo fundamental y de un patrón especial en la curva de capacidad mediante la ASCE 41-17?</p> <p>¿En qué medida influye la aplicación de cargas monotónicas del modo fundamental y de un patrón especial en los puntos de desempeños de los diferentes niveles de sismo propuesto por Visión 2000 mediante la ASCE 41-17 y FEMA 440?</p> <p>¿En qué medida influye la aplicación de cargas monotónicas del modo fundamental y de un patrón especial en la sectorización de la curva de capacidad mediante la SEAOC y ATC-40?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Analizar el impacto de cargas monotónicas en el desempeño sísmico de un edificio de concreto armado de 10 niveles en el distrito de Miraflores, Lima - 2023.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Analizar y determinar el comportamiento del modelo estructural al considerar los planos estructurales y aplicar el análisis sísmico estático y dinámico de acuerdo con los requisitos establecidos en la norma E.030.</p> <p>Determinar en qué medida influye la aplicación de cargas monotónicas del modo fundamental y de un patrón especial en la curva de capacidad mediante la ASCE 41-17.</p> <p>Determinar en qué medida influye la aplicación de cargas monotónicas del modo fundamental y de un patrón especial en los puntos de desempeños de los diferentes niveles de sismo propuesto por Visión 2000 mediante la ASCE 41-17 y FEMA 440.</p> <p>Determinar en qué medida influye la aplicación de cargas monotónicas del modo fundamental y de un patrón especial en la sectorización de la curva de capacidad mediante la SEAOC y ATC-40.</p>	<p>Hipótesis general.</p> <p>Las cargas monotónicas tienen un impacto significativo en el desempeño sísmico de un edificio de concreto armado de 10 niveles en el distrito de Miraflores, Lima - 2023.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>Mediante el análisis sísmico estático y dinámico de acuerdo con los requisitos establecidos en la norma E.030, se espera que el comportamiento del modelo estructural demuestre una mayor resistencia y capacidad de respuesta frente a cargas sísmicas, garantizando la seguridad y estabilidad de la estructura.</p> <p>La curva de capacidad mediante la aplicación de cargas monotónicas según el patrón especial tendrá un cambio considerable en comparación de la curva de capacidad aplicada mediante el modo fundamental mediante la ASCE 41-17.</p> <p>Los puntos de desempeño de los diferentes niveles de sismo propuesto por Visión 2000 mediante la aplicación de cargas monotónicas de patrón especial tendrán un cambio significado mediante la aplicación de modo fundamental mediante la ASCE 41-17 y FEMA 440.</p> <p>Mediante la aplicación de cargas monotónicas según el patrón especial tendrá un cambio considerable en la sectorización de curva de capacidad a comparación de la aplicación del modo fundamental mediante la SEAOC y ATC-40.</p>	<p>Variable Independiente: Cargas Monotónicas.</p> <p>Definición Conceptual: Una carga monotónica es aquella que se aplica gradualmente y sin interrupciones, manteniendo una dirección y magnitud constantes (ASCE 41-17, 2017).</p> <p>Variable Dependiente: Desempeño sísmico.</p> <p>Definición Conceptual: Evaluación del comportamiento y respuesta de un edificio durante un evento sísmico (ATC-40, 1996).</p>	<p>Fichas de recopilación:</p> <p>Que se solidifica junto con el programa ETABS V19, se solidifica para recopilar los datos (Anexo N.º 8.1). Este proceso nos proporciona datos importantes como los desplazamientos entre pisos, la presencia de rótulas plásticas, las derivas máximas, la capacidad y el punto de desempeño de cada elemento o planta del edificio frente a amenazas sísmicas. Para analizar y determinar nuestros objetivos de manera efectiva, este enfoque integral nos permitirá obtener una base de datos confiable.</p> <p>Validación</p> <p>Para adquirir datos confiables las "Fichas de recopilación" son extraídas de normas E.030, E.060, ASCE 41-17, FEMA 440, SEAOC Y ATC-40 ya validadas, por otro lado, se debe verificar la calidad de la información. También se menciona la capacidad de una prueba para representar, caracterizar o anticipar el atributo importante para el evaluador (Universidad Católica de los Ángeles de Chimbote, s.f.). Esto se conoce como la precisión con la que un instrumento mide lo que está diseñado para evaluar. Esto se puede realizar mediante:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisión manual: se revisa la información de forma independiente con hojas de Excel de la información proporcionada del software ETABS. 	<p>Investigación de enfoque cuantitativo:</p> <p>Se mide y analiza los fenómenos causales del impacto de cargas monotónicas en el desempeño sísmico, mediante la recopilación de datos numéricos y se utilizan medidas estadísticas como la prueba de hipótesis para analizar los datos numéricos.</p> <p>Investigación de tipo aplicada:</p> <p>Se enfoca en un problema práctico y específico relacionado con la seguridad sísmica de edificios en una ubicación concreta. Los resultados obtenidos tendrán una relevancia directa en la toma de decisiones y podrán ser aplicados en el diseño y construcción de edificaciones similares en esa área.</p> <p>Investigación de nivel explicativo:</p> <p>Se busca explicar cómo las cargas monotónicas afectan al desempeño sísmico de la estructura, analizando las posibles relaciones de causa y efecto. Se usará métodos de recolección y análisis de datos para examinar y explicar la relación entre estas variables.</p> <p>Investigación de diseño cuasi experimental:</p> <p>Se manipula la variable independiente que viene hacer las cargas monotónica, pero no en su totalidad, debido a que tiene limitaciones inherentes, como el factor de suelo, que podrían afectar el desempeño sísmico.</p>	<p>Población:</p> <p>Todas las edificaciones que se encuentran conformados por concreto armado y tengan una estructuración de muros estructurales de 10 niveles y se encuentra localizados en el distrito de Miraflores, Lima, Perú. Estén diseñados siguiendo los parámetros establecidos en las Normas Técnicas E.030-2020 y E.060-2020 del RNE en la ciudad de Lima.</p> <p>Muestra:</p> <p>Para nuestra investigación aplicamos la herramienta de muestreo no probabilístico, por juicio de investigador, por lo que el edificio a evaluar está diseñado bajo las normativas E-030 y E-060 del año 2020 del RNE. La muestra es un edificio con sistema estructural de muros estructurales ubicado en el Distrito de Miraflores, Lima Perú.</p>

Anexo 2. Plano de Estructura: Cimentación.



PROYECTO:
EDIFICIO DE MULTIENTREPRENSARIAL

UBICACION:
AV. L.FRANCO BENAVIDES
M. MARIKO JORA SICHENONE
DISTRITO: MIRAFLORES
REFERENCIA: O. HIGUERETA

ESCALA:
1/75

FECHA:
JUNIO 2023

ESPECIALIDAD:
ESTRUCTURAS

PLANO:
CIMENTACIONES

Nº DE LAMINA:
E-01

Anexo 3. Plano de especificaciones técnicas detalle de escalera, columnas y placas.

NOTA:

a) NO EMPALMAR MAS DEL 50% DEL AREA TOTAL EN UNA MISMA SECCION

b) EN EL CASO DE NO EMPALMAR EN LAS ZONAS INDICADAS O CON LOS PORCENTAJES INDICADOS AUMENTAR LA LONGITUD DE EMPALME EN UN 40%

c) PARA LOS ALIGERADOS Y VIGAS CHATAS, EL ACERO INFERIOR SE EMPALMARA SOBRE LOS APOYOS SIENDO LA LONGITUD DE EMPALME IGUAL A 45 cm PARA Ø 3/8" y 60 cm PARA Ø 1/2" o 5/8"

LONGITUD DE EMPALME EN VIGAS

VALORES MIN. DE m

Ø	REFUERZO INFERIOR		REFUERZO SUPERIOR	
	H CUALQUIERA	H < 30	H < 30	H > 30
3/8"	0.30	0.30	0.30	0.45
1/2"	0.45	0.45	0.45	0.55
5/8"	0.55	0.55	0.55	0.75
3/4"	0.65	0.65	0.65	0.85
1"	1.10	1.00	1.00	1.30

RECURRIMIENTO

GANCHOS ESTANDAR EN ESTRIBOS

ANLAJE CON GANCHOS ESTANDAR

CUADRO DE COLUMNAS

Columna	Reinforcement	Barra	Detalle
4Ø3/4" x 14Ø5/8"	2 Ø3/8" @ 10 Rto @ 0.25m	C2-40X60	1ER - 5TO
4Ø5/8" x 12Ø1/2"	2 Ø3/8" @ 10 Rto @ 0.25m	C1-30X60	1ER - 10MO
2Ø3/4"	3 Ø3/8" @ 10 Rto @ 0.25m	C3-60X60	1ER - 5TO
2Ø3/4"	3 Ø3/8" @ 10 Rto @ 0.25m	C4-60X60	1ER - 5TO
2Ø3/4"	3 Ø3/8" @ 10 Rto @ 0.25m	C5-50X50	5TO - 10MO
2Ø5/8"	7 Ø3/8" @ 10 Rto @ 0.25m	C6-50X50	5TO - 10MO
4Ø5/8" x 12Ø1/2"	2 Ø3/8" @ 10 Rto @ 0.25m	C7-30X60	5TO - 10MO

NORMATIVIDAD Y ESPECIFICACIONES

NORMA TÉCNICA DE CARGAS	: E - 020
NORMA TÉCNICA DE DISEÑO SISMORRESISTENTE	: E - 030
NORMA TÉCNICA DE CONCRETO ARMADO - COMENTARIOS	: E - 060
NORMA TÉCNICA DE ALBAÑILERÍA	: E - 070

PARÁMETROS SISMICOS:

ZONIFICACIÓN:	Zona 3 (Cachachi-Cajabamba-Cajamarca)	CATEGORÍA DE LA EDIFICACIÓN:	C
Factor de Zona	Z = 0.45	Factor de Uso	U = 1.00
Perfil del Suelo	Tipo S ₂ (Suelo Flexible)	Configuración Estructural	Regular
Factor de Amplificación del Suelo	S = 1.00		
Periodo	T _p = 0.40 T _l = 2.5		

CARGAS

PESO ESPECIFICO DEL CONCRETO	2400 kg / m ³	TABIQUERIA MOVIL	100 Kg / m ²
PESO PROPIO LOSA ALIGERADA : Para h = 17 cm	210 kg / m ²	SOBRECARGA EN ESCALERAS	400 Kg / m ²
PESO DE ACABADOS	100 kg / m ²	SOBRECARGA EN ALIGERADOS	250 Kg / m ²

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

SUELO DE FUNDACIÓN:	CONCRETO:
Profundidad de Cimentación: Df = 1.50 m	Peso específico concreto armado: g = 2.40 Tn / m ³
Esfuerzo Admisible del Terreno: St = 4.00 kg/cm ²	Resistencia a compresión a los 28 días
Factor de esponjamiento (Suelo tipo GW): F.E. = 1.40	Zapatas y vigas de cimentación: f'c = 210 Kg / cm ²
ACERO DE REFUERZO: Barras Corrugadas ASTM A615 G60 fy = 4200 Kg / cm ²	Losas aligeradas, columnas y vigas: f'c = 210 Kg / cm ²
RECUBRIMIENTOS MINIMOS DEL ACERO:	Falso piso: f'c = 140 Kg / cm ²
Concreto vaciado directamente sobre el terreno sin encofrar: r _{ca} = 7.50 cm	Vigas y columnas de confinamiento: f'c = 175 Kg / cm ²
Concreto en contacto con terreno o expuesto a la interperie: r _{ca} = 4.00 cm	Sobrecimientos de concreto armado: f'c = 210 Kg / cm ²
Varillas con diámetros 5/8" y menores: r _{ca} = 4.00 cm	Solados: C:H, 1 : 10
Varillas con diámetros 3/4" y mayores: r _{ca} = 5.00 cm	Falsas zapatas: C:H = 1:10 +30% P.G. Máx 10"
Vigas de cimentación: r = 5.00 cm	
CONCRETO VACIADO AL INTERIOR DE EDIFICACIONES	ALBAÑILERÍA : TANBIQUERA
Losas Aligeradas, Vigas Chatas y Viguetas: r = 3.00 cm	Espesor de junta: 1.00 - 1.50 cm
Vigas y Columnas : Refuerzo Longitudinal y Estribos: r = 4.00 cm	Mortero: C : A = 1 : 5
Vigas y Columnas de confinamiento: r = 3.00 cm	Ladrillo de arcilla pandereta tubular: f _m = 32 Kg/cm ² / f _b = 130 Kg/cm ²
ESPECIFICACIONES DEL CEMENTO:	
Columnas, vigas, aligerado, sobrecimientos: Cemento Portland Tipo I	Muro de corte de tabiquería.
Zapatas y vigas de cimentación: Cemento Tipo MS	

ESCALERA DEL 2° PISO AL 10° PISO TRAMO 1
ESC: 1/20

ESCALERA 1° PISO AL 10° PISO TRAMO 2
ESC: 1/20

CUADRO DE PLACAS

UBICACION:
AV. L.FREDO BENAVIDES
M. MARKO JORA SCHENONE
DISTRITO: MIRAFLORES.
REFERENCIA: O. HIGUERETA

ESCALA:
INDICADA

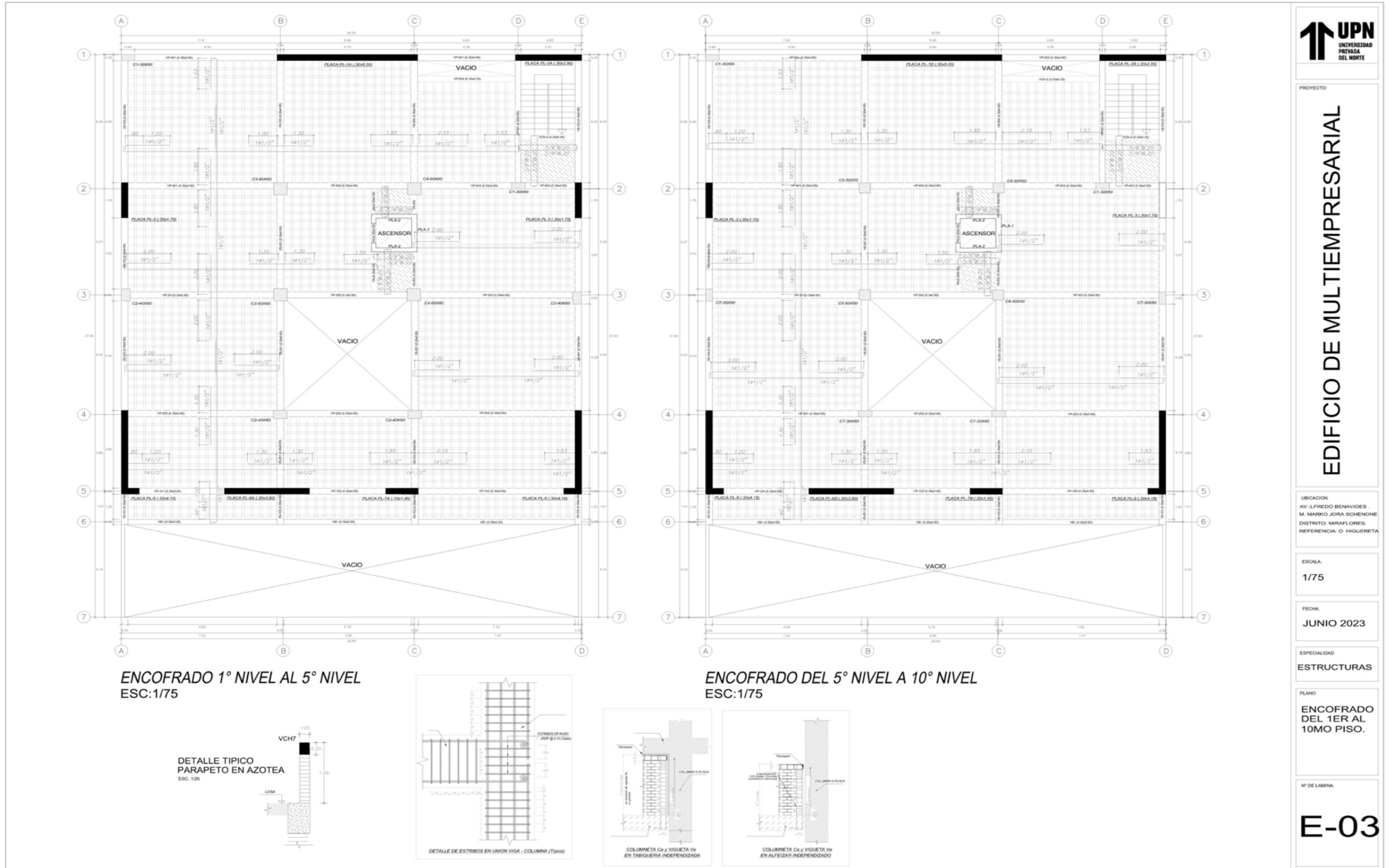
FECHA:
JUNIO 2023

ESPECIALIDAD:
ESTRUCTURAS

PLANO:
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS + DETALLE DE ESCALERA, COLUMNAS, Y PLACAS

Nº DE LAMINA:
E-02

Anexo 4. Plano de Estructuras: Encofrado.



PROYECTO:

EDIFICIO DE MULTIENTREPRENSAL

UBICACION:
AV. LIFREDO BENAVIDES,
M. MARKO JORA SCHENONE
DISTRITO: MIRAFLORES,
REFERENCIA: O. HIGUERETA

ESCALA:
1/75

FECHA:
JUNIO 2023

ESPECIALIDAD:
ESTRUCTURAS

PLANO:
ENCOFRADO
DEL 1ER AL
10MO PISO.

Nº DE LAMINA:

E-03

Anexo 5. Plano de Estructuras: Detalles de vigas.



PROYECTO:

EDIFICIO DE MULTIENTREPRENSAL

PROYECTO:

UBICACION:
AV. L.FREDO BENAVIDES .
M. MARKO JORA SICHENONE
DISTRITO: MIRAFLORES.
REFERENCIA: O. HIGUERETA

ESCALA:

1/75

FECHA:

JUNIO 2023

ESPECIALIDAD:

ESTRUCTURAS

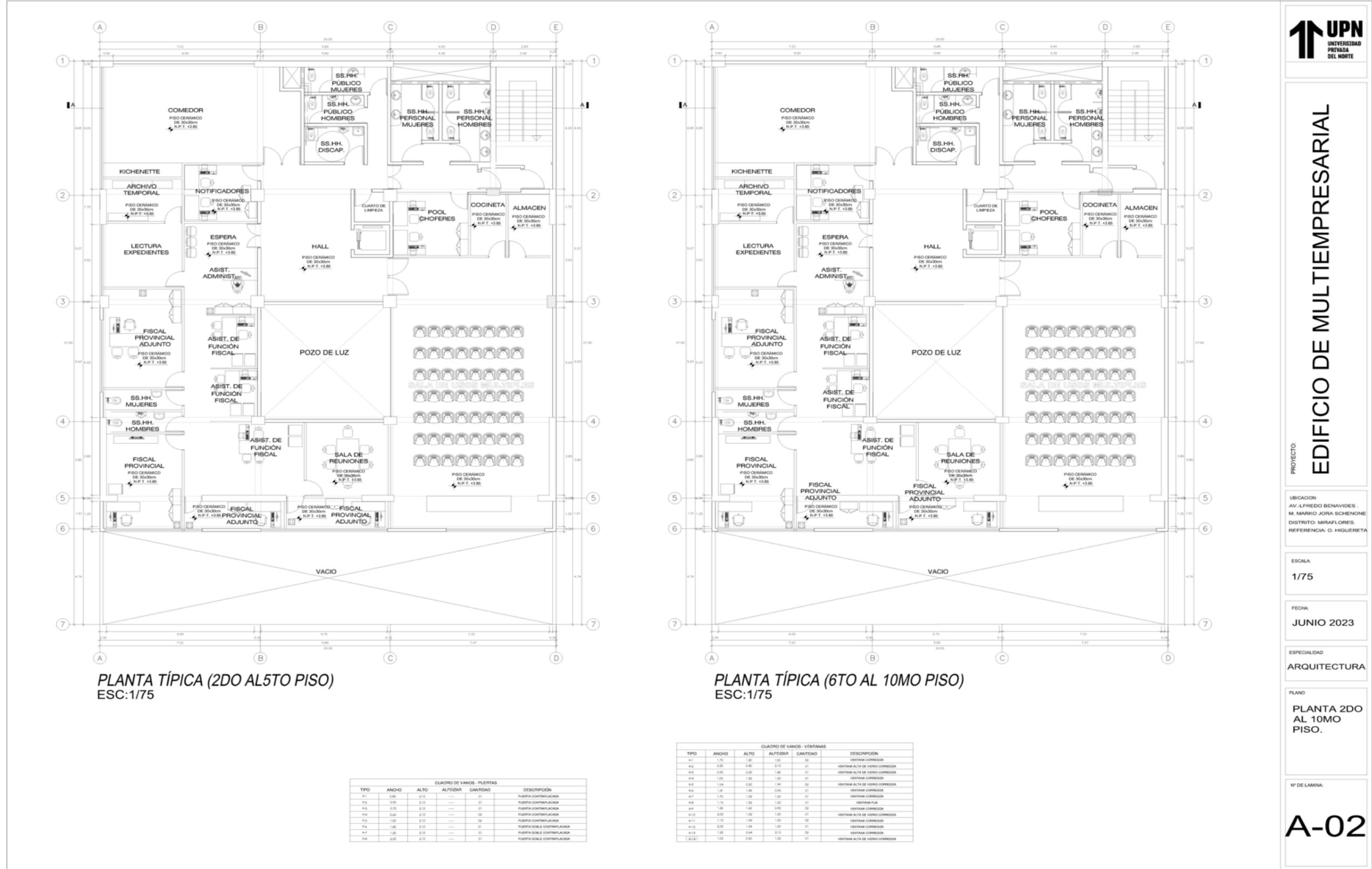
PLANO:

CORTES DE COLUMNAS
Y VIGAS

Nº DE LAMINA:

E-04

Anexo 7. Plano de Arquitectura: Plantas Típica.



Anexo 8. Plano de Arquitectura: Cortes y Elevaciones.



Anexo 8.1: Tablas de recolección de datos.

Tabla 52:

Periodo fundamental.

Modo	Period.sec	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										

Tabla 53:

Centro de rigidez y centro de masa.

Nivel	Mass X tonf-s ² /m	Mass Y tonf-s ² /m	XCM (m)	YCM (m)	XCR (m)	YCR (m)
P10						
P9						
P8						
P7						
P6						
P5						
P4						
P3						
P2						
P1						

Tabla 54:

Peso sísmico.

Nivel	Caso	Combinacion	Ubicación	P (tonf)	P (tonf)
P10					
P9					
P8					
P7					
P6					
P5					
P4					
P3					
P2					
P1					

Tabla 55:

Fuerzas estáticas en dirección X.

ANÁLISIS LATERAL LOAD USER LOADS DIRECCIÓN X

Nivel	Altura. Acom. (hi)	Peso por piso. (Pi)	$P_i*(h_i*K)$	alfa	Fuerza actuante en el CM (Fi)
P10					
P9					
P8					
P7					
P6					
P5					
P4					
P3					
P2					
P1					
Base					
Sumatoria					

Tabla 56:

Fuerzas estáticas en dirección Y.

ANÁLISIS LATERAL LOAD USER LOADS DIRECCIÓN Y

Nivel	Altura. Acom. (hi)	Peso por piso. (Pi)	$P_i*(h_i*K)$	alfa	Fuerza actuante en el CM (Fi)
P10					
P9					
P8					
P7					
P6					
P5					
--					
--					

Tabla 57:

Análisis del Sistema Estructural.

V(tonf) - SDX	V(tonf) - SDY
Total	
Columnas	
Placas	

Tabla 58:

Comprobación en dirección X desviación de Rigidez.

Nivel	Rigidez X (tonf/m)	70% K(i+1)	80% (Kprom)	60% K(i+1)	70% (Kprom)
P10					
P9					
P8					
P7					
P6					
P5					
P4					
P3					
P2					
P1					

Tabla 59:

Comprobación en dirección Y desviación de Rigidez.

Nivel	Rigidez Y (tonf/m)	70% K(i+1)	80% (Kprom)	60% K(i+1)	70% (Kprom)
P10					
P9					
P8					
P7					
P6					
P5					
P4					
P3					
P2					
P1					

Tabla 60:
Comprobación en dirección X desviación de Resistencia.

Nivel	Cortante	80%	65%
	X	(K.prom)	K(+1)
P10			
P9			
P8			
P7			
P6			
P5			
P4			
P3			
P2			
P1			

Tabla 61:
Comprobación en dirección Y desviación de Resistencia.

Nivel	Cortante	80%	65%
	Y	(K.prom)	K(+1)
P10			
P9			
P8			
P7			
P6			
P5			
P4			
P3			
P2			
P1			

Tabla 62:
Comprobación de desviación de masa o peso.

$P=100\%CM+25\%CV$

Nivel	Peso	Sup	Inf
P10			
P9			

Tabla 63:

Comprobación en dirección X desviación torsional.

Nivel	Max Drift	Avg Drift	Ratio	1.3	1.5
P10					
P9					
P8					
P7					
P6					
P5					
P4					
P3					
P2					
P1					

Tabla 64:

Comprobación en dirección X desviación torsional.

Nivel	Max Drift	Avg Drift	Ratio	1.3	1.5
P10					
P9					
P8					
P7					
P6					
P5					
P4					
P3					
P2					
P1					

Tabla 65:
Recopilación de todas las irregularidades.

Irregularidad en Planta	I_{px}	I_{py}
Irregularidad Torsional		
Irregularidad Torsional		
Discontinuidad en Diafragma		
Sistema no Paralelos		
Irregularidad en Altura	I_{aX}	I_{ay}
Masa o Peso		
Geometría Vertical		
Discontinuidad Sist. Resist		
Discontinuidad Sist. Resist		
Rigidez		
Rigidez Extrema		
Resistencia		
Extrema Resistencia		

Tabla 66:
Derivas en Dirección X-Y.

Caso	Nivel	Elevación (m)	Locación	Drift X	Drift Y	Verificación <0.007
Deriva						
Deriva						
Deriva						
Deriva						
Deriva						
Deriva						
Deriva						
Deriva						
Deriva						
Deriva						
Deriva						

Tabla 67:
Desplazamiento máximo inelásticos por nivel.

Nivel	Des,max (cm) X	Des, max (cm) Y
P10		
P9		
P8		
P7		
P6		
P5		
P4		
P3		
P2		
P1		
Base		

Tabla 68:
Distribución de Fuerzas laterales mediante el modo fundamental

Nivel	F.push X, X-	F.push Y, Y-
P10		
P9		
P8		
P7		
P6		
P5		
P4		
P3		
P2		
P1		

Tabla 69:
Distribución de Cargas laterales mediante el Patrón Especial.

Nivel	VxD	VyD	Fx	Fy	F.push-X	F.push-Y
P10						
P9						
P8						
P7						
P6						
P5						
P4						
P3						
P2						
P1						

Tabla 70:
Curva de Capacidad en dirección X mediante modos fundamentales.

Dirección X+		Dirección X-	
Desp. (m)	F. basal (tonf)	Despl. (m)	F. basal (tonf)

Tabla 71:
Curva de Capacidad en dirección Y mediante modos fundamentales.

Dirección Y+		Dirección Y-	
Desp. (m)	F. basal (tonf)	Despl. (m)	F. basal (tonf)

Tabla 72:
Curva de Capacidad en dirección X mediante Patrón Especial.

Dirección X+		Dirección X-	
Desp. (m)	F. basal (tonf)	Despl. (m)	F. basal (tonf)

Tabla 73:
Curva de Capacidad en dirección Y mediante Patrón Especial.

Dirección Y+		Dirección Y-	
Desp. (m)	F. basal (tonf)	Despl. (m)	F. basal (tonf)

Tabla 74:

Desempeño efectivo mediante aplicación de modos fundamentales.

Dir.	Desempeño Max.		Desempeño Efectiva	
	F. Basal (tn)	Despla. (m)	F. Basal (tn)	Despla. (m)
X				
X-				
Y				
Y-				

Tabla 75:

Desempeño efectivo mediante aplicación de patrón especial.

Dir.	Desempeño Max.		Desempeño Efectiva	
	F. Basal (tn)	Despla. (m)	F. Basal (tn)	Despla. (m)
X				
X-				
Y				
Y-				

Tabla 76

Coefficiente de R.

Nivel del movimiento sísmico	Periodo medio de retorno	Probabilidad de excedencia	Coefficiente de R
Frecuente			
Ocasional			
Raro			
Muy Raro			

Tabla 77:

Resumen de Desempeño sísmico de la curva de capacidad formada por modos fundamentales.

Método	Sismo	Dirección X		Dirección Y	
		Desp. (cm)	Cortante (tn)	Desp. (cm)	Cortante (tn)
ASCE					
41-17 (+)					
ASCE					
41-17 (-)					
FEMA					
440 (+)					
FEMA					
440 (-)					

Tabla 78:

Resumen de Desempeño sísmico de la curva de capacidad formada por Patrón Especial.

Método	Sismo	Dirección X		Dirección Y	
		Desp. (cm)	Cortante (tn)	Desp. (cm)	Cortante (tn)
ASCE					
41-17 (+)					
ASCE					
41-17 (-)					
FEMA					
440 (+)					
FEMA					
440 (-)					

Tabla 79

*Sectorizada de la curva de capacidad formada por modos fundamentales según
SEAOC*

Dirección	TO (m)	IO (m)	SL(m)	CP(m)	C(m)
X+					
X-					
Y+					
Y-					

Tabla 80

Objetivos aceptados por el SEAOC según ASCE 41-17

Dirección	S. Frecuente	S. Ocasional	S. Raro	S. Muy Raro
X+				
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida				
Prevención de Colapso				
X-				
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida				
Prevención de Colapso				
Y+				
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida				
Prevención de Colapso				
Y-				
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida				
Prevención de Colapso				

Tabla 81

Objetivos aceptados por el SEAOC según FEMA 440

Dirección	S. Frecuente	S. Ocasional	S. Raro	S. Muy Raro
X+				
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida				
Prevención de Colapso				
X-				
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida				
Prevención de Colapso				
Y+				
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida				
Prevención de Colapso				
Y-				
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida				
Prevención de Colapso				

Tabla 82

Sectorizada de la curva de capacidad formada por modos fundamentales según ATC-40

Dirección	TO (m)	IO (m)	SL(m)	CP(m)
X+				
X-				
Y+				
Y-				

Tabla 83

Objetivos aceptados por el ATC-40 según ASCE 41-17

Dirección	S. Frecuente	S. Ocasional	S. Raro	S. Muy Raro
X+				
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida				
Prevención de Colapso				
X-				
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida				
Prevención de Colapso				
Y+				
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida				
Prevención de Colapso				
Y+				
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida				
Prevención de Colapso				

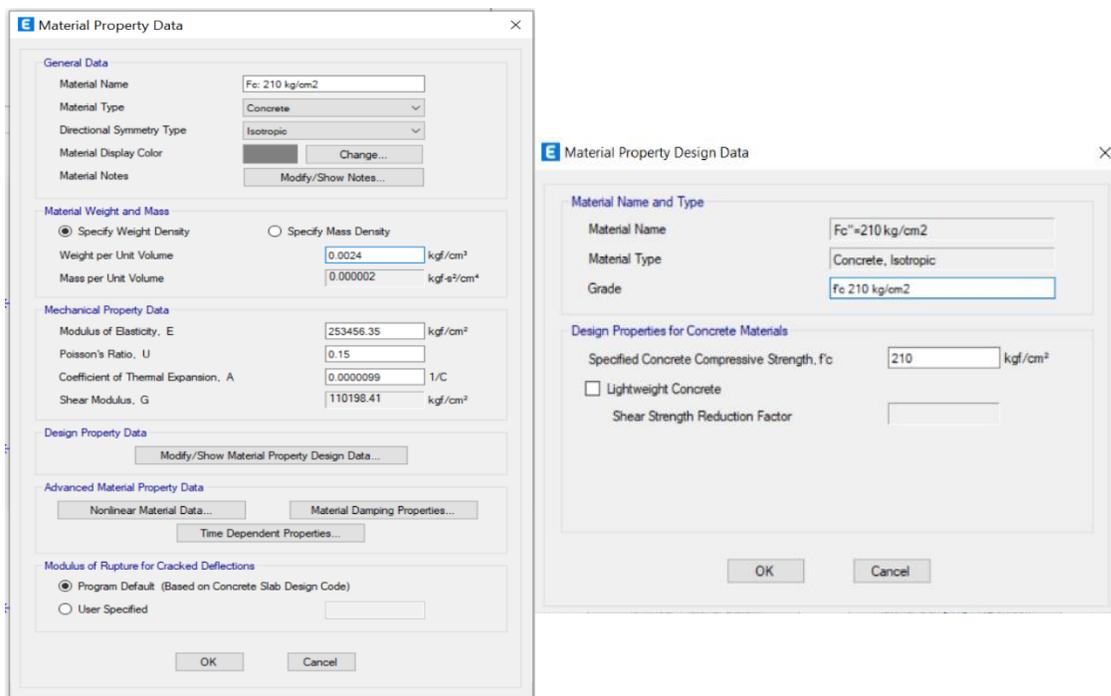
Tabla 84

Objetivos aceptados por el ATC-40 según FEMA 440

Dirección	S. Frecuente	S. Ocasional	S. Raro	S. Muy Raro
X+				
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida				
Prevención de Colapso				
X-				
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida				
Prevención de Colapso				
Y+				
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida				
Prevención de Colapso				
Y-				
Totalmente Operativo				
Operacional				
Seguridad de Vida				
Prevención de Colapso				

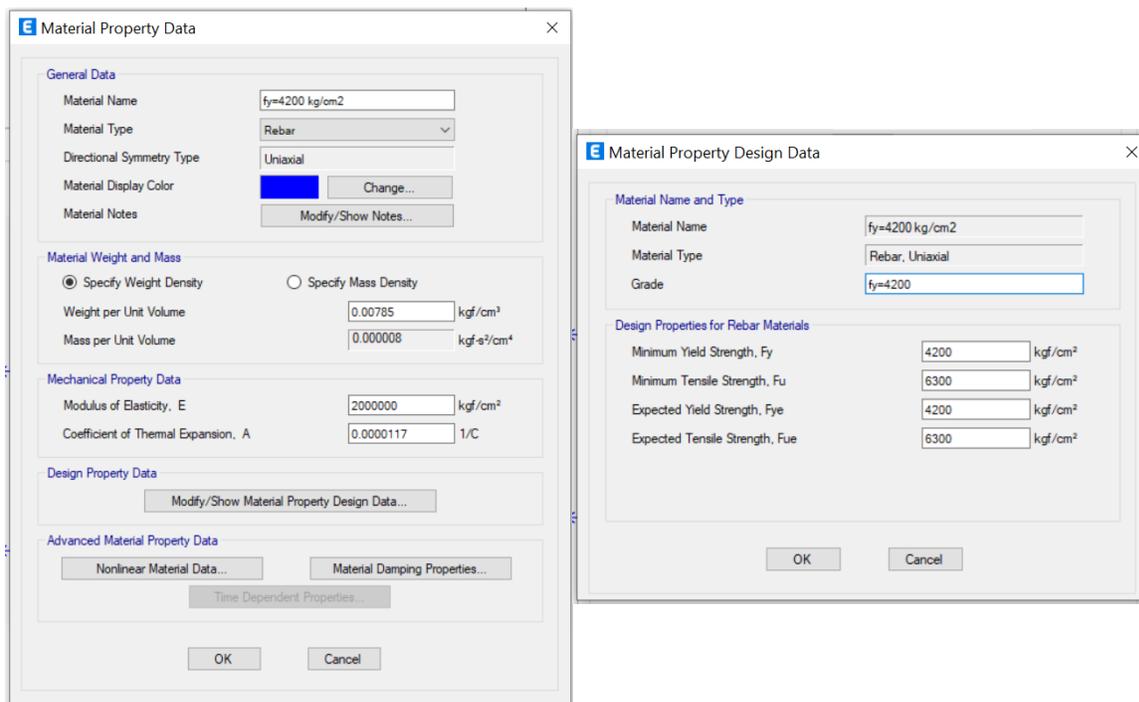
Anexo 9: Desarrollo de tesis.

Anexo 9.1: Propiedades del Concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.



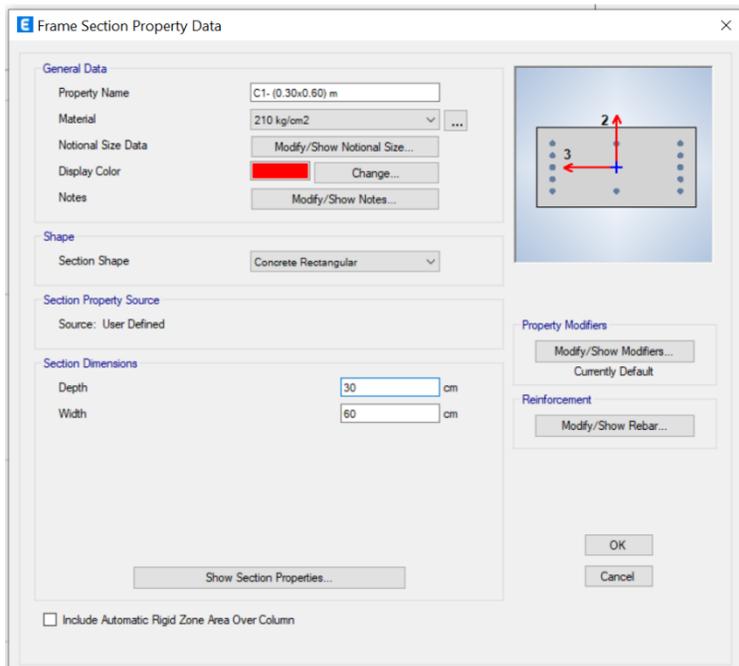
The image shows two dialog boxes for defining concrete material properties. The left dialog, 'Material Property Data', includes sections for General Data (Material Name: Fc: 210 kg/cm2, Material Type: Concrete, Directional Symmetry Type: Isotropic), Material Weight and Mass (Weight per Unit Volume: 0.0024 kgf/cm³, Mass per Unit Volume: 0.000002 kgf·s²/cm⁴), Mechanical Property Data (Modulus of Elasticity, E: 253456.35 kgf/cm², Poisson's Ratio, U: 0.15, Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C, Shear Modulus, G: 110198.41 kgf/cm²), Design Property Data (button: Modify/Show Material Property Design Data...), and Advanced Material Property Data (buttons: Nonlinear Material Data..., Material Damping Properties..., Time Dependent Properties...). The right dialog, 'Material Property Design Data', includes Material Name and Type (Material Name: Fc'=210 kg/cm2, Material Type: Concrete, Isotropic, Grade: Fc 210 kg/cm2) and Design Properties for Concrete Materials (Specified Concrete Compressive Strength, Fc: 210 kgf/cm², Lightweight Concrete checkbox, Shear Strength Reduction Factor).

Anexo 9.2: Propiedades del Acero $f'_y=4200 \text{ kg/cm}^2$.

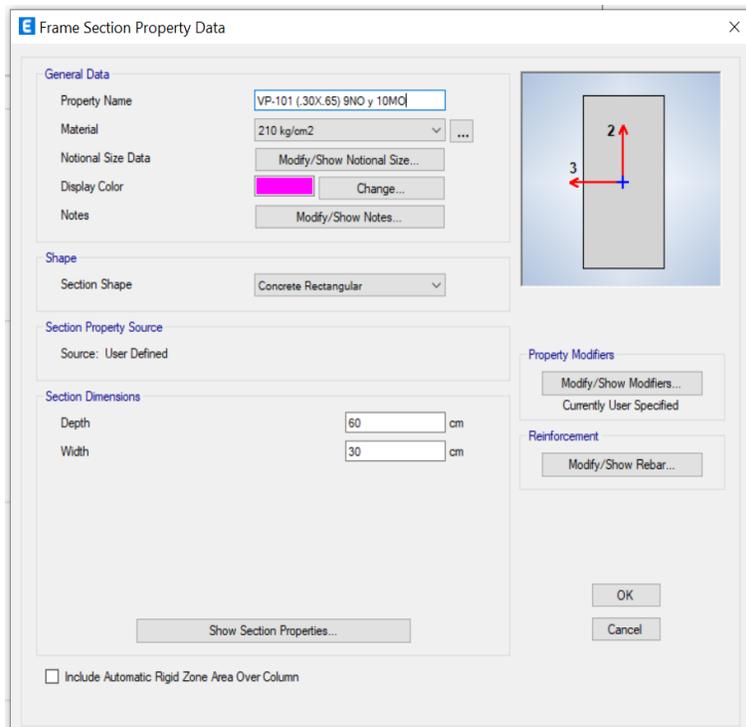


The image shows two dialog boxes for defining steel material properties. The left dialog, 'Material Property Data', includes sections for General Data (Material Name: fy=4200 kg/cm2, Material Type: Rebar, Directional Symmetry Type: Uniaxial), Material Weight and Mass (Specify Weight Density radio button selected, Weight per Unit Volume: 0.00785 kgf/cm³, Mass per Unit Volume: 0.000008 kgf·s²/cm⁴), Mechanical Property Data (Modulus of Elasticity, E: 2000000 kgf/cm², Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C), Design Property Data (button: Modify/Show Material Property Design Data...), and Advanced Material Property Data (buttons: Nonlinear Material Data..., Material Damping Properties..., Time Dependent Properties...). The right dialog, 'Material Property Design Data', includes Material Name and Type (Material Name: fy=4200 kg/cm2, Material Type: Rebar, Uniaxial, Grade: fy=4200) and Design Properties for Rebar Materials (Minimum Yield Strength, Fy: 4200 kgf/cm², Minimum Tensile Strength, Fu: 6300 kgf/cm², Expected Yield Strength, Fye: 4200 kgf/cm², Expected Tensile Strength, Fue: 6300 kgf/cm²).

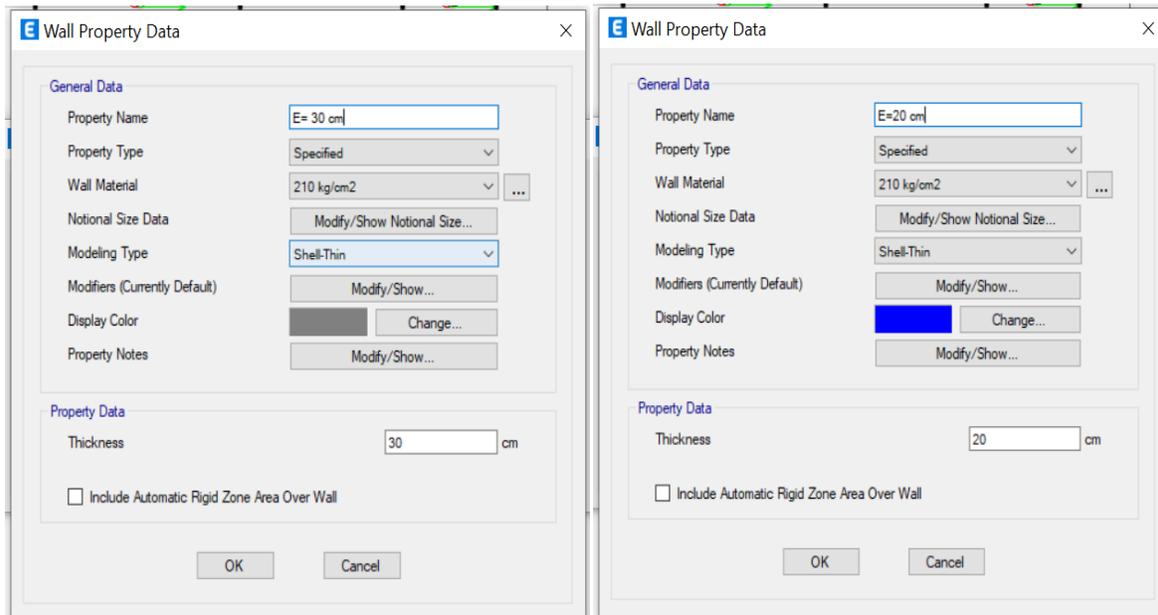
Anexo 9.3: Creación de las columnas.



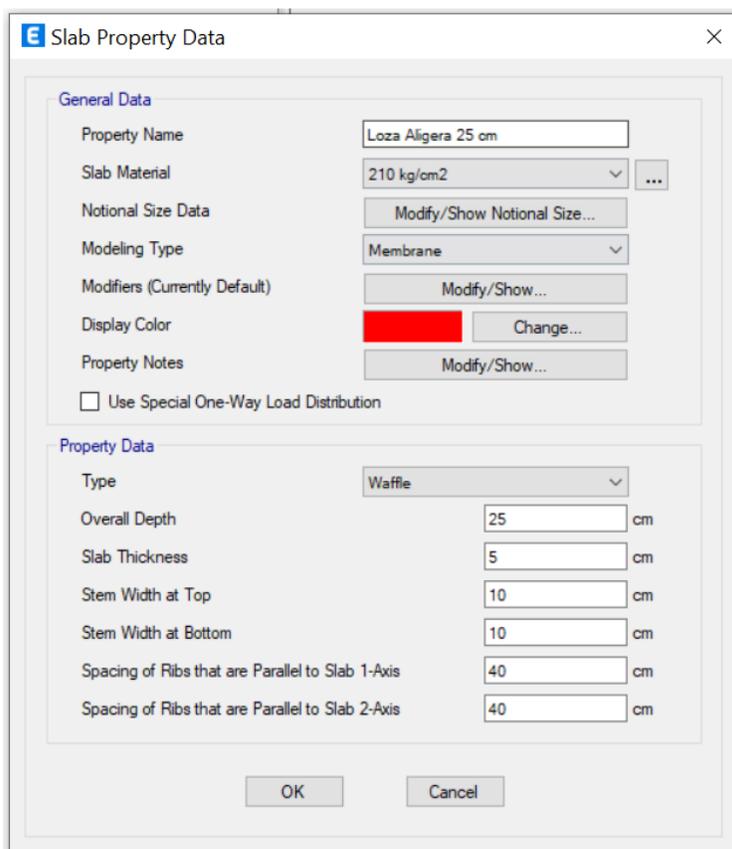
Anexo 9.4: Creación de las Vigas Peraltadas y Chatas.



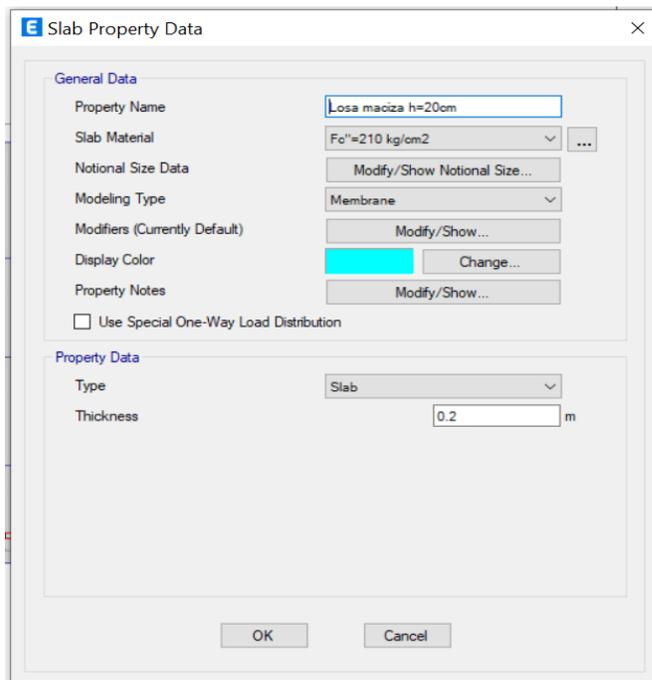
Anexo 9.5: Creación de Muros Estructurales



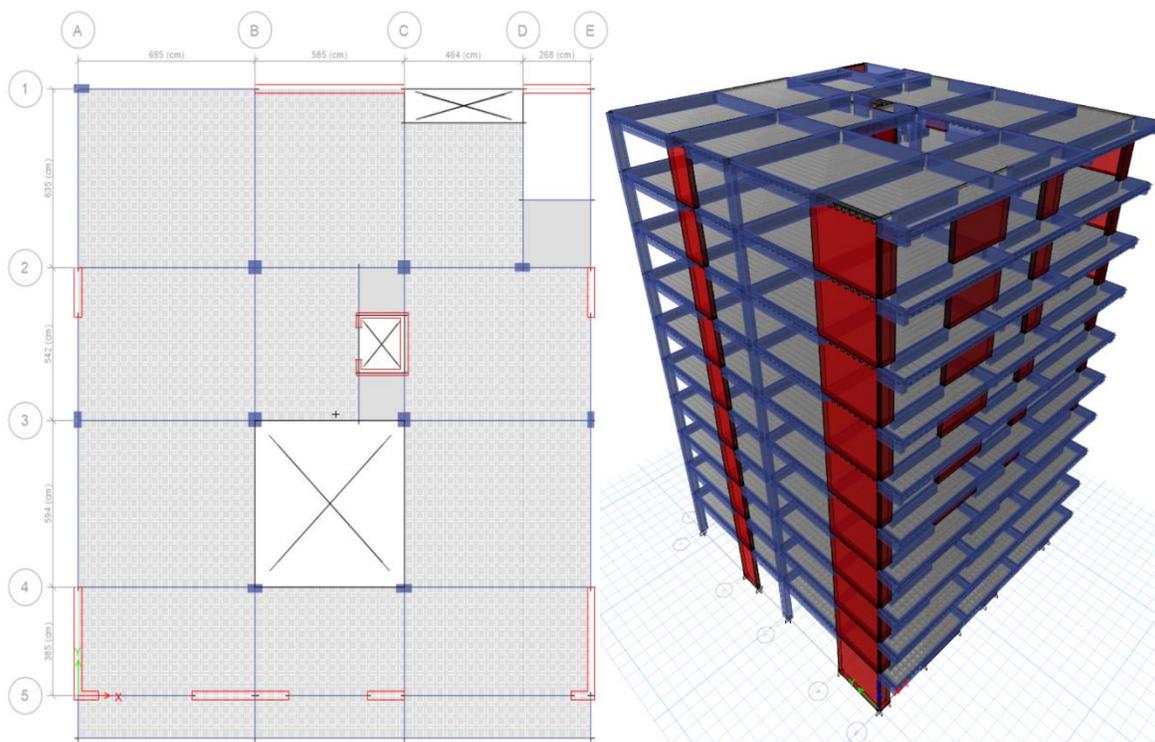
Anexo 9.6: Creación de la sección de Losa Aligerada en 2 direcciones.



Anexo 9.7: Creación de la sección de Losa Maciza.



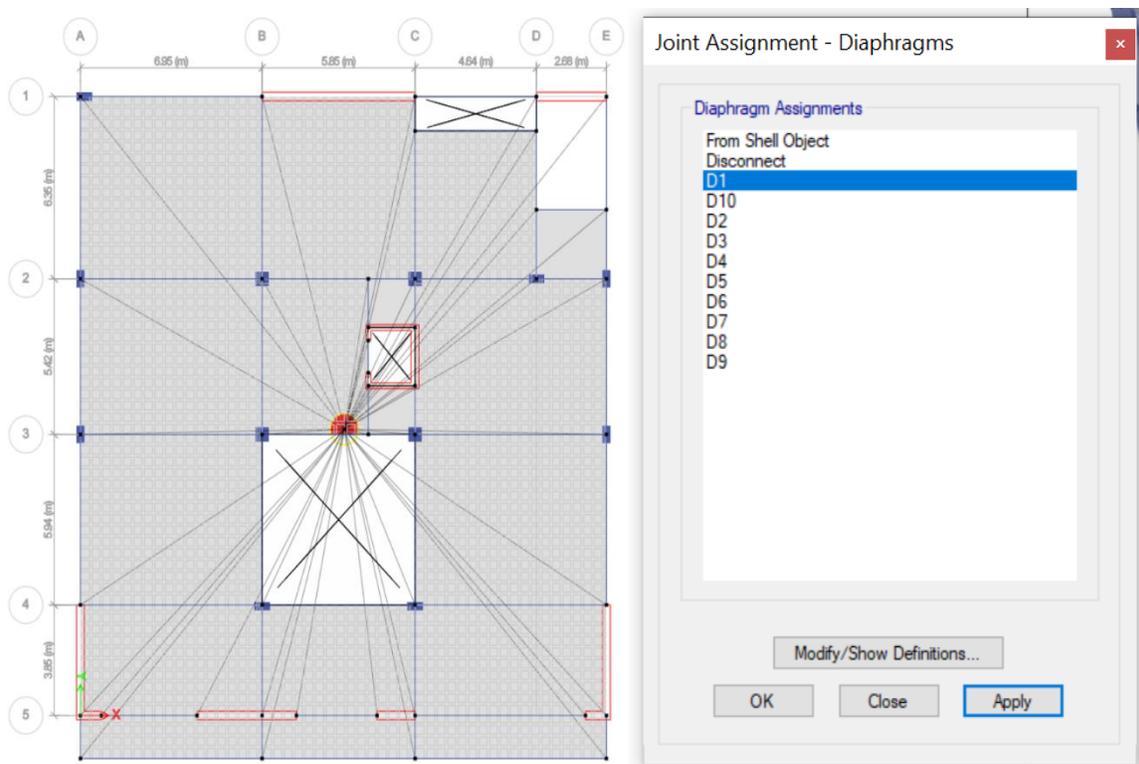
Anexo 9.8: Vista en planta y 3D del modelo.



Anexo 9.9: Analisis Estatico Lineal (Parámetros de la Edificación)

Parámetros	Factores
Z	0.45
U	1
S	1
TP	0.4
TL	2.5
Rx=Ry	6

Anexo 9.10: Diafragma Rígido en toda las Plantas.



Anexo 9.11 Análisis Dinámico Lineal (Parámetros de Análisis Sísmico Dinámico X y Y)

Factor de Zona "Z"	
Zona	Z
Zona 4	0.45

Suelo "S"			
Z4-S1			
Descripción	S	Tp	Tl
S1	1	0.40	2.50

Factor de uso "U"		
Categoría	U	Restricciones
C -Edificaciones comunes	1.00	Verificar la Tabla N°06 -

SUELO Y ZONA "S"	
S1 - Z4	1

Factor de sistema estructural "Ro"	
Sistema Estructural	Ro
Concreto Armado - Muros Estructurales	6

Irregularidades Estructurales en Altura	
Irreg. Altura	Ia
Sin Irregularidad	1.00

Irregularidades Estructurales en Planta	
Irreg.Planta	Ip
Sin Irregularidad	1.00

R
Ro x Ia x Ip
6.0

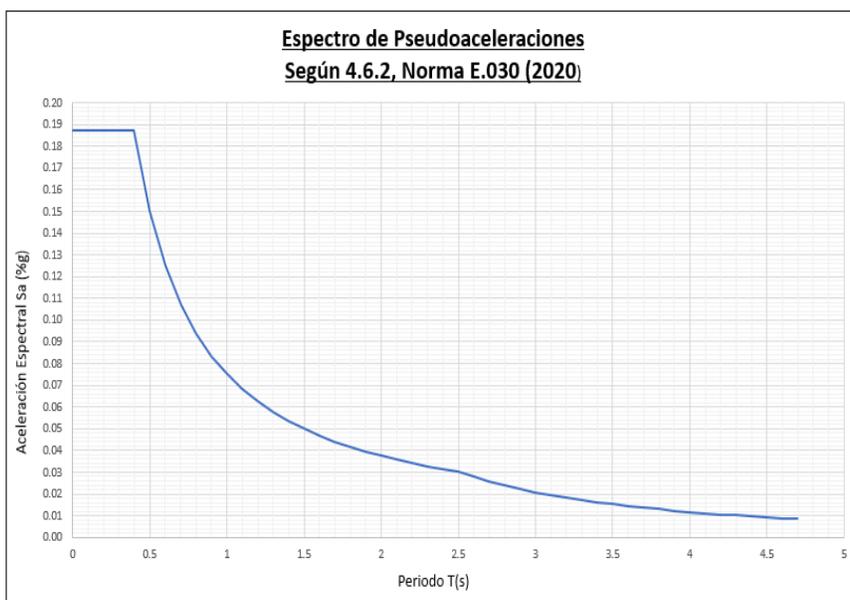
Factor de Amplificación Sísmica (C)	
$T < T_P$	$C = 2.5$
$T_P < T < T_L$	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$
$T > T_L$	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$

Aceleración Espectral	
$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$	

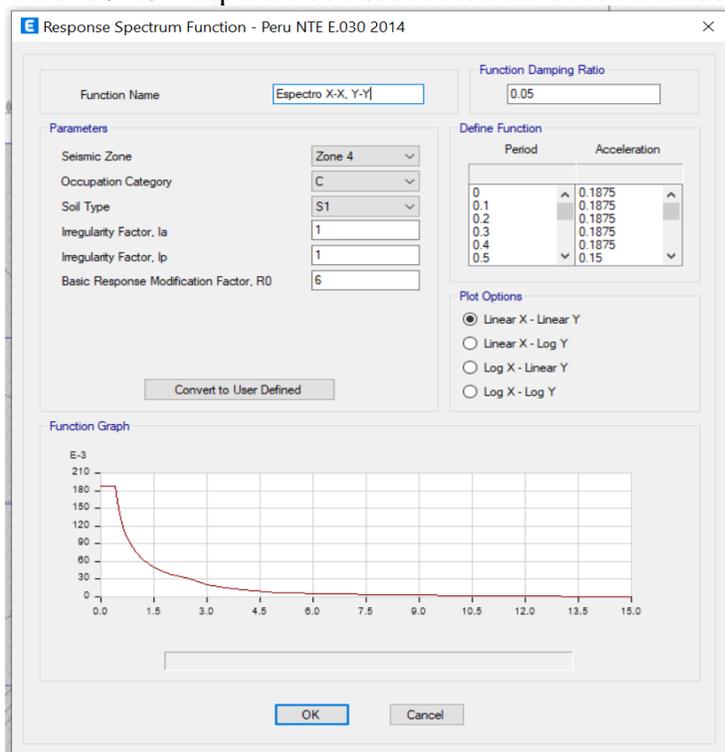


Anexo 9.12: Espectro de Pseudoaceleraciones X y Y, Norma E.030.

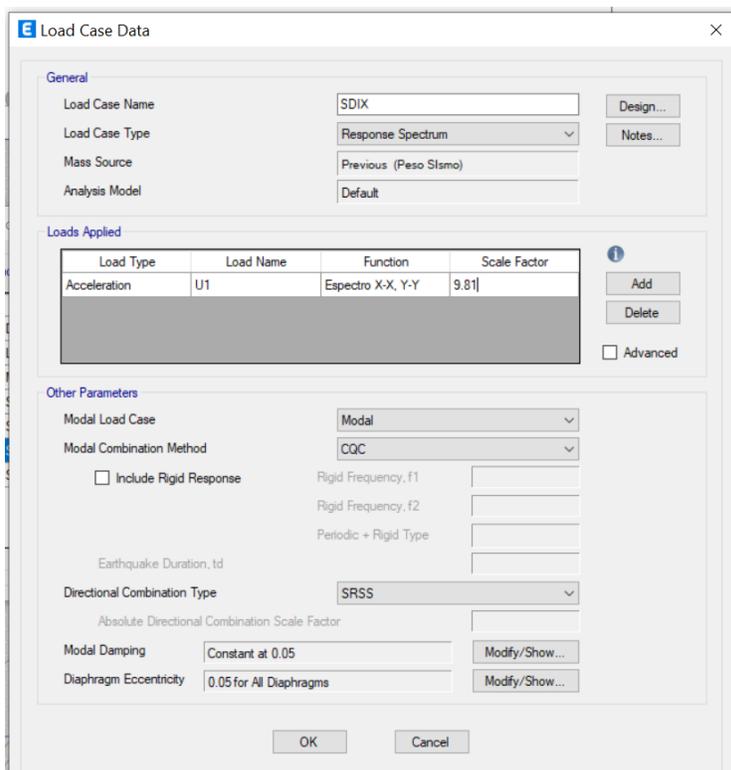
SX-SY		
C	T (s)	Sa(g)
2.500	0	0.1875
2.500	0.1	0.1875
2.500	0.2	0.1875
2.500	0.3	0.1875
2.500	0.4	0.1875
2.000	0.5	0.1500
1.667	0.6	0.1250
1.429	0.7	0.1071
1.250	0.8	0.0938
1.111	0.9	0.0833
1.000	1	0.0750
0.909	1.1	0.0682
0.833	1.2	0.0625
0.769	1.3	0.0577
0.714	1.4	0.0536
0.667	1.5	0.0500
0.625	1.6	0.0469
0.588	1.7	0.0441
0.556	1.8	0.0417
0.526	1.9	0.0395
0.500	2	0.0375
0.476	2.1	0.0357
0.455	2.2	0.0341
0.435	2.3	0.0326
0.417	2.4	0.0313
0.400	2.5	0.0300
0.370	2.6	0.0277
0.343	2.7	0.0257
0.319	2.8	0.0239
0.297	2.9	0.0223
0.278	3	0.0208
0.260	3.1	0.0195
0.244	3.2	0.0183
0.230	3.3	0.0172
0.216	3.4	0.0162
0.204	3.5	0.0153
0.193	3.6	0.0145
0.183	3.7	0.0137
0.173	3.8	0.0130
0.164	3.9	0.0123
0.156	4	0.0117
0.149	4.1	0.0112
0.142	4.2	0.0106
0.135	4.3	0.0101
0.129	4.4	0.0097
0.123	4.5	0.0093
0.118	4.6	0.0089
0.113	4.7	0.0085



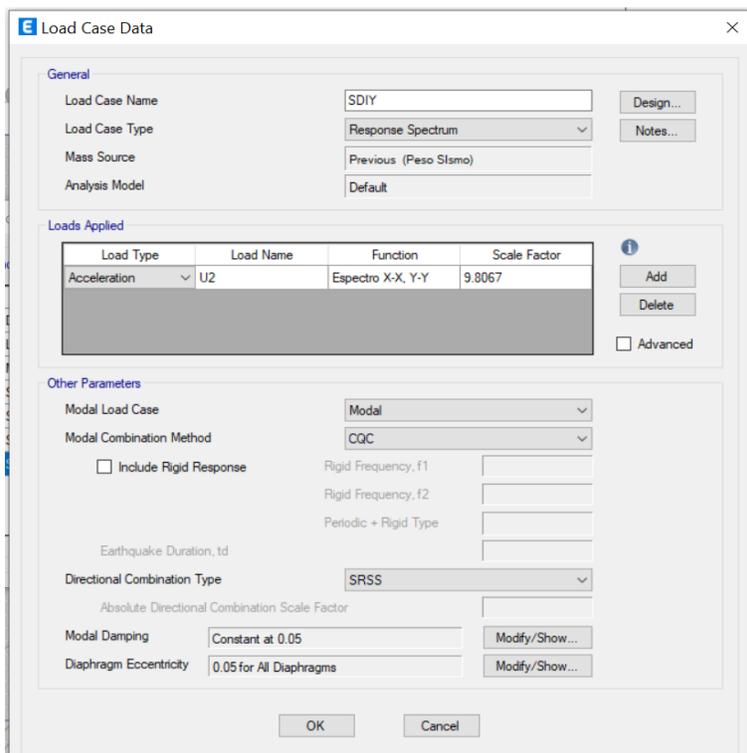
Anexo 9.13: Espectro de Pseudoaceleraciones en Etabs.



Anexo 9.14: Sismo Dinámico en dirección X.



Anexo 9.15: Sismo Dinámico en dirección Y.



Load Case Data

General

Load Case Name: SDIY [Design...]
 Load Case Type: Response Spectrum [Notes...]
 Mass Source: Previous (Peso Stsmo)
 Analysis Model: Default

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U2	Espectro X-X, Y-Y	9.8067

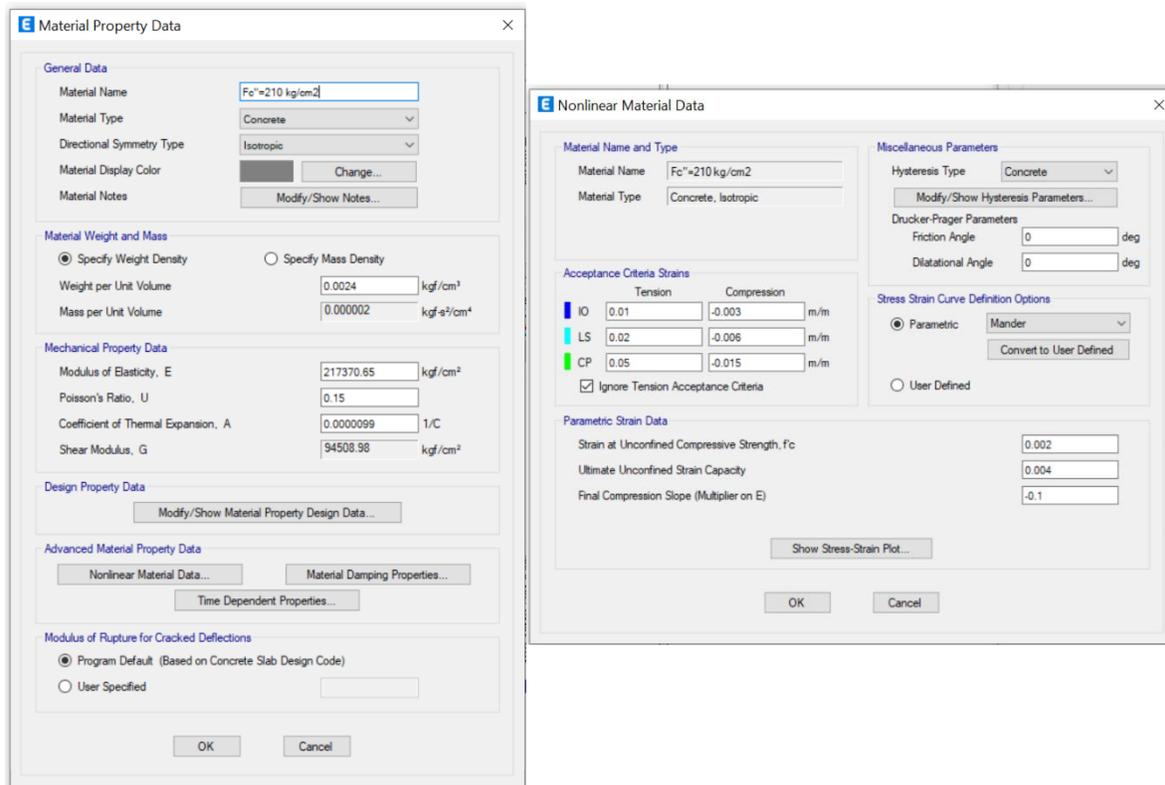
[Add] [Delete] [Advanced]

Other Parameters

Modal Load Case: Modal
 Modal Combination Method: CQC
 Include Rigid Response
 Rigid Frequency, f1: []
 Rigid Frequency, f2: []
 Periodic + Rigid Type: []
 Earthquake Duration, td: []
 Directional Combination Type: SRSS
 Absolute Directional Combination Scale Factor: []
 Modal Damping: Constant at 0.05 [Modify/Show...]
 Diaphragm Eccentricity: 0.05 for All Diaphragms [Modify/Show...]

[OK] [Cancel]

Anexo 9.16: Características de la no linealidad del concreto $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$.



Material Property Data

General Data

Material Name: $F'_c=210 \text{ kg/cm}^2$
 Material Type: Concrete
 Directional Symmetry Type: Isotropic
 Material Display Color: [Change...]
 Material Notes: [Modify/Show Notes...]

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density
 Weight per Unit Volume: 0.0024 kg/cm³
 Mass per Unit Volume: 0.000002 kg·s²/cm⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 217370.65 kg/cm²
 Poisson's Ratio, U: 0.15
 Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C
 Shear Modulus, G: 94508.98 kg/cm²

Design Property Data

[Modify/Show Material Property Design Data...]

Advanced Material Property Data

[Nonlinear Material Data...] [Material Damping Properties...]
 [Time Dependent Properties...]

Modulus of Rupture for Cracked Deflections

Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)
 User Specified []

[OK] [Cancel]

Nonlinear Material Data

Material Name and Type

Material Name: $F'_c=210 \text{ kg/cm}^2$
 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	
ID	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 [Mander] [Convert to User Defined]
 User Defined

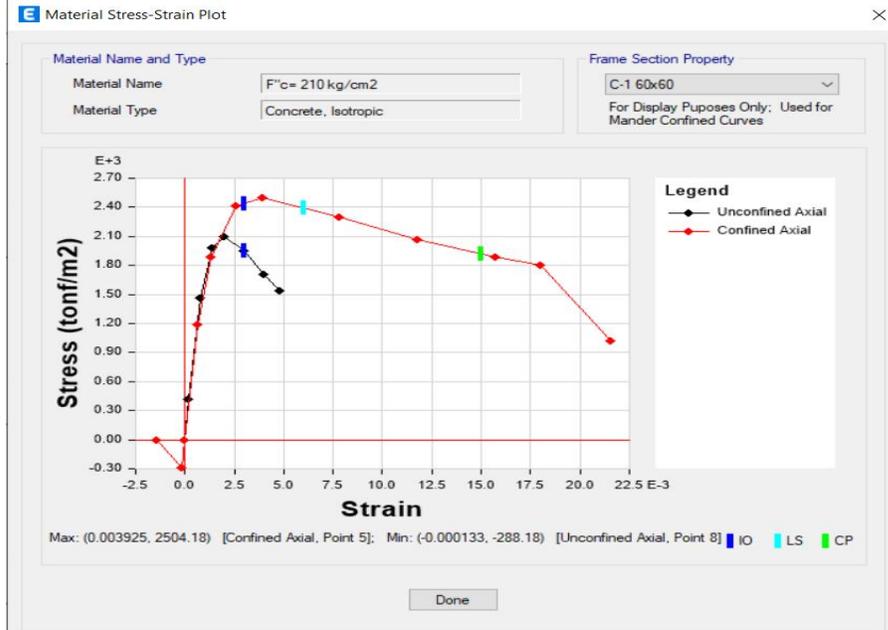
Parametric Strain Data

Strain at Unconfined Compressive Strength, f_c : 0.002
 Ultimate Unconfined Strain Capacity: 0.004
 Final Compression Slope (Multiplier on E): -0.1

[Show Stress-Strain Plot...]

[OK] [Cancel]

Anexo 9.17: Concreto confinado y no confinado de Mander.



Anexo 9.18: Características de la no linealidad del acero $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

Material Property Data

General Data: Material Name: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, Material Type: Rebar, Directional Symmetry Type: Uniaxial, Material Display Color: Blue.

Material Weight and Mass: Specify Weight Density: Weight per Unit Volume: 0.00785 kg/cm³, Mass per Unit Volume: 0.000008 kg-s³/cm⁴.

Mechanical Property Data: Modulus of Elasticity, E: 2000000 kg/cm², Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000117 1/C.

Design Property Data: Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data: Nonlinear Material Data..., Material Damping Properties..., Time Dependent Properties...

Nonlinear Material Data

Material Name and Type: Material Name: $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, Material Type: Rebar, Uniaxial. Miscellaneous Parameters: Hysteresis Type: Kinematic.

Acceptance Criteria Strains:

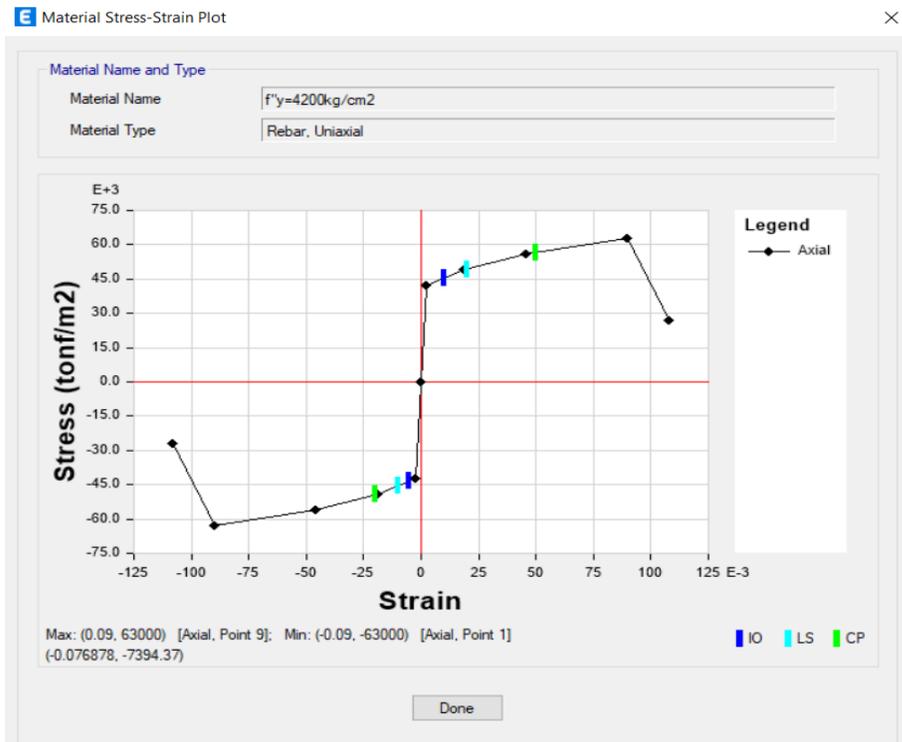
	Tension	Compression	Unit
IO	0.01	-0.005	m/m
LS	0.02	-0.01	m/m
CP	0.05	-0.02	m/m

Stress Strain Curve Definition Options: Parametric (Selected), Simple, User Defined. Convert to User Defined.

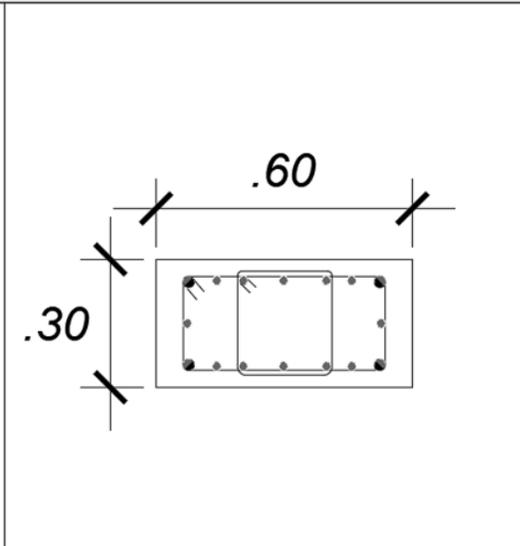
Parametric Strain Data: Strain at Onset of Strain Hardening: 0.01, Ultimate Strain Capacity: 0.09, Final Slope (Multiplier on E): -0.1.

Show Stress-Strain Plot... OK Cancel

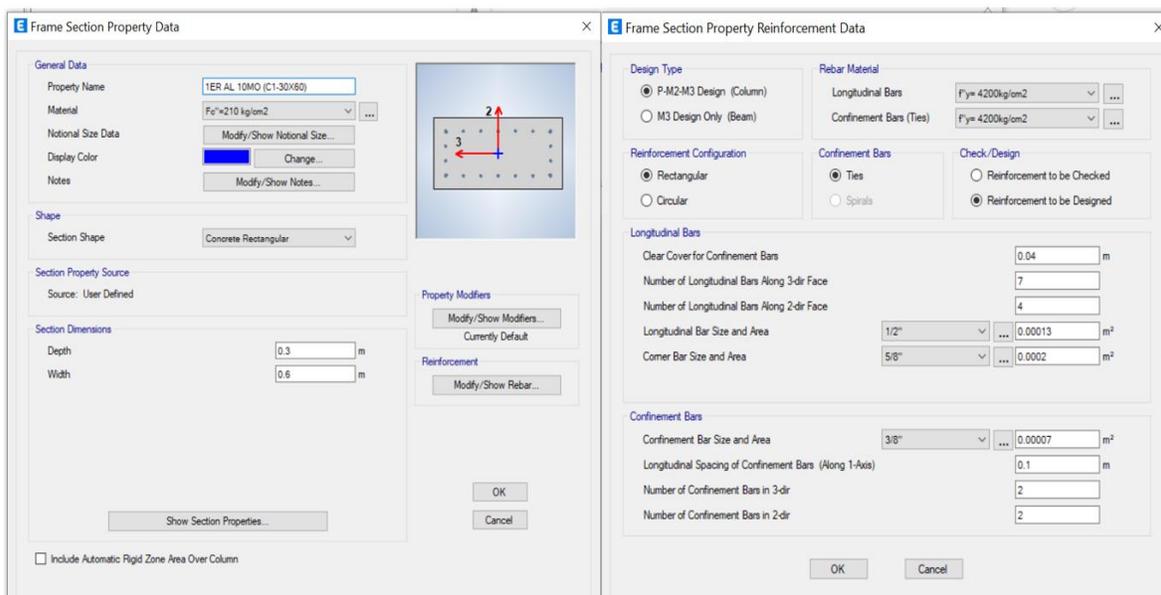
Anexo 9.19: Características de la no Linealidad del Acero.



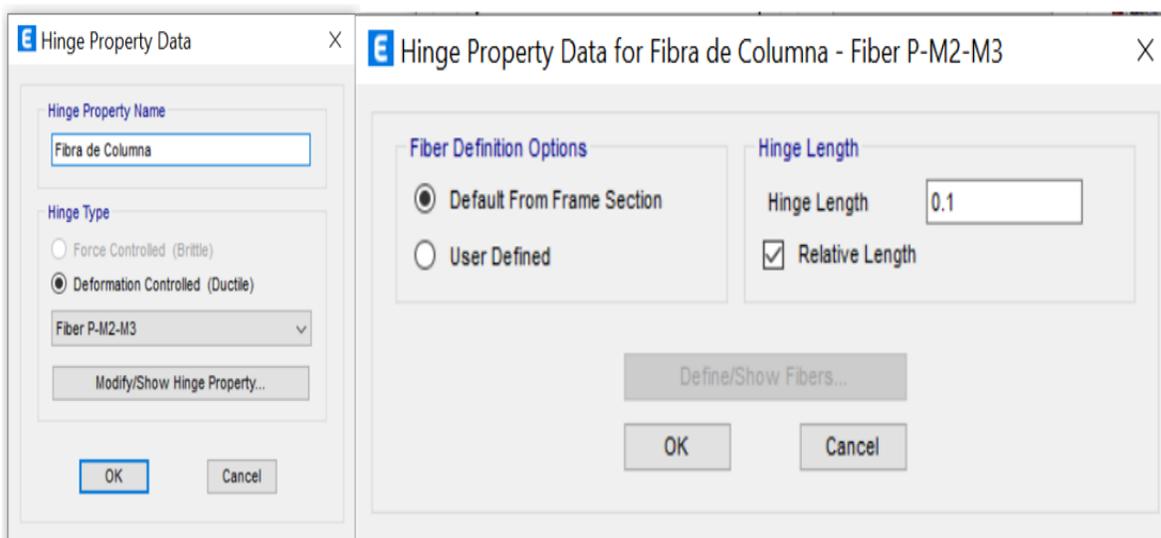
Anexo 9.20: Elementos estructurales: Detalle de Columna C-1.

	$4\text{Ø}5/8" + 12\text{Ø}1/2"$
	$2 \square \text{Ø}3/8"$ $7@.10 \text{ Rto}@0.25\text{m}$
	C1-30X60
	1ER - 10MO

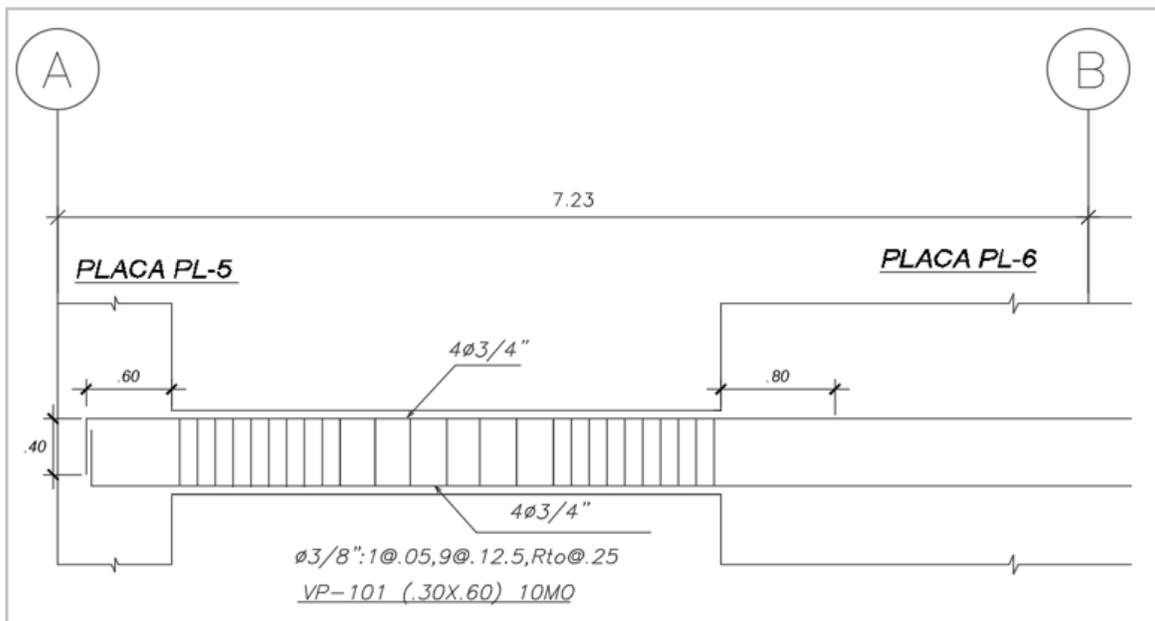
Anexo 9.21: Definición del Refuerzo en Columnas.



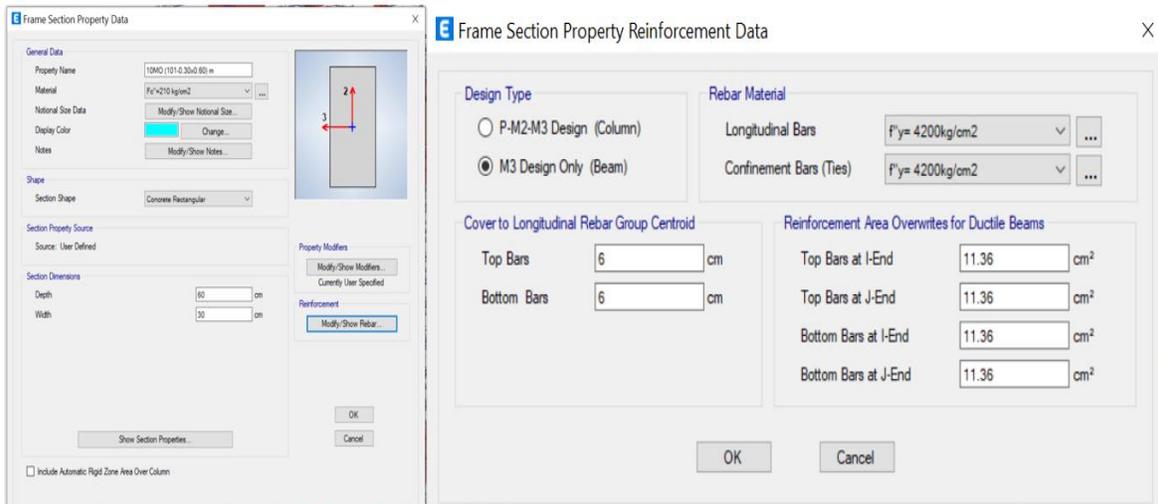
Anexo 9.22: Propiedades de las Columnas tipo Fibra.



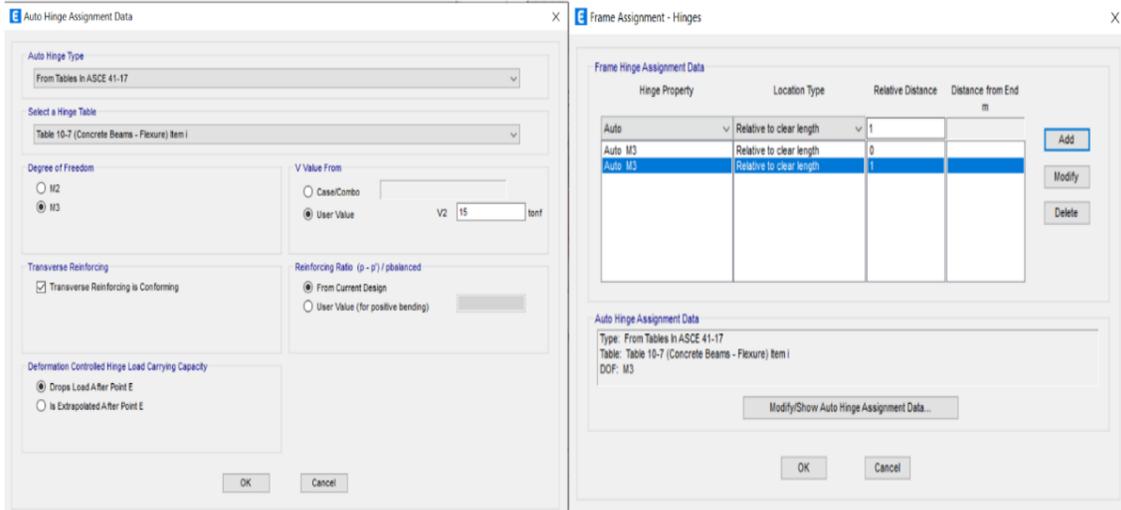
Anexo 9.23: Elementos estructurales: Viga. VP-101 (0.30 x 0.6)



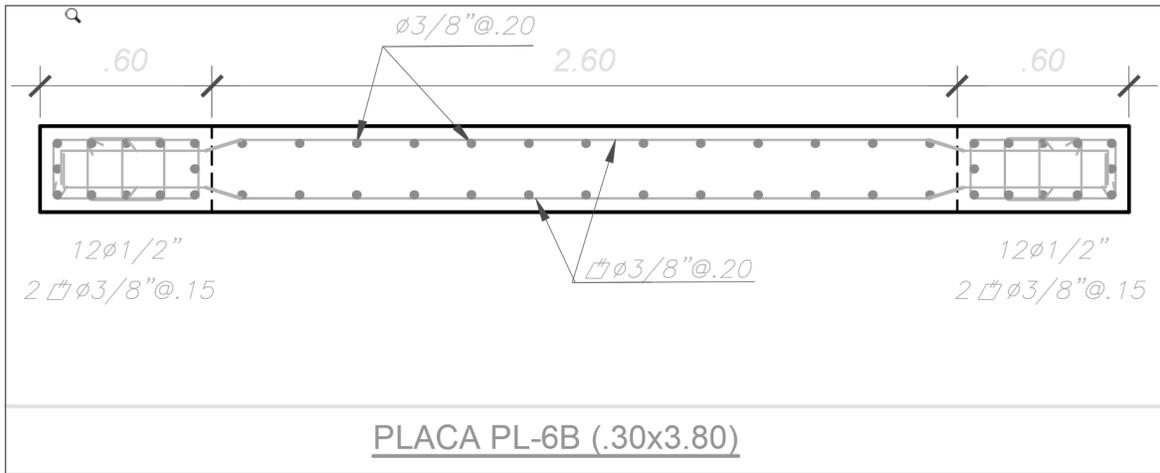
Anexo 9.24: Definición del refuerzo en viga. (Propiedades de las Viga tipo Rotula.)



Anexo 9.25: (Propiedades de las Viga tipo Rotula.)



Anexo 9.26: Elementos estructurales: Detalle de Placa PL-6B.



Anexo 9.27: Detalle de Refuerzo Placa PI-6B (0.30 x 3.80) 5° al 10° nivel.

Wall Hinge Reinforcement

Rebar Material

Material Flexure: $f'_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Material Shear: $f'_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Bar Clear Cover: 4 cm

Layout



Geometry

Start X (cm)	Start Y (cm)	End X (cm)	End Y (cm)	Length (cm)	Thickness (cm)	Start Zone Size (cm)	End Zone Size (cm)
446	150	826	150	380	30	60	60

Reinforcement

Flexural Detail - Each Face

Station	Bar Size	Bar Spacing (cm)	Number of Bars
Start	1/2"		5
Center	3/8"	20	13
End	1/2"		5

Flexural Detail (Additional Individual Bars)

Material	Distance (cm)	Area (cm ²)
$f'_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	6	1.29
$f'_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	374	1.29
$f'_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	54	1.29
$f'_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	327	1.29

Shear/Confinement Detail

Station	Bar Size	Bar Spacing (cm)	Confined
Start	3/8"	15	Yes
Center	3/8"	20	No
End	3/8"	15	Yes

OK Cancel

Anexo 9.28: Propiedades de las Placas Tipo Fibra.

Shell Assignment - Hinges

Shell Hinge Assignment Data

Hinge Property

Auto Fiber P-M3

Auto Fiber P-M3

Add

Delete

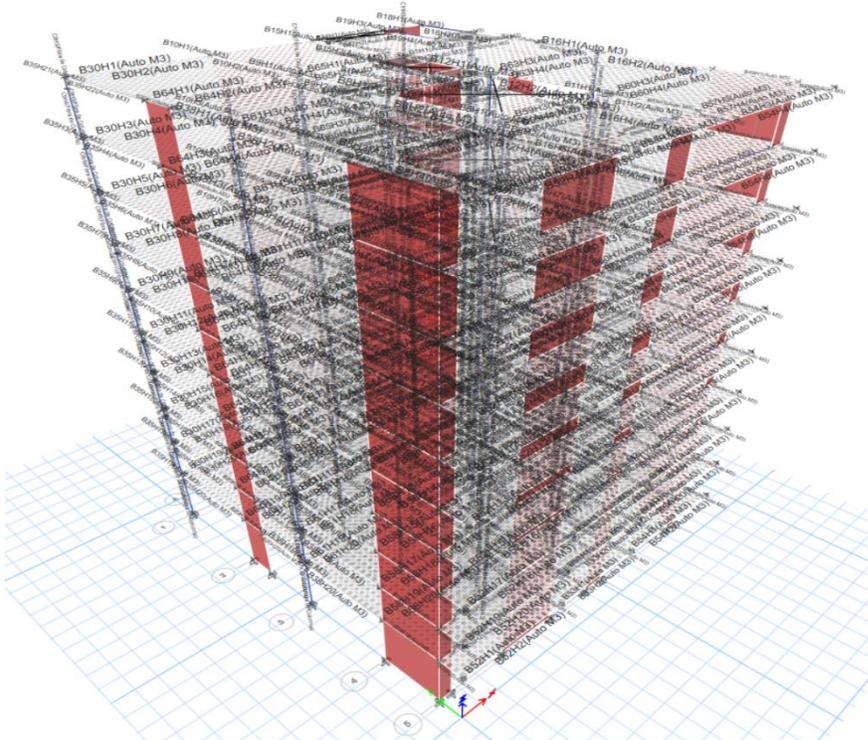
Options

Add Specified Assigns to Existing Assigns

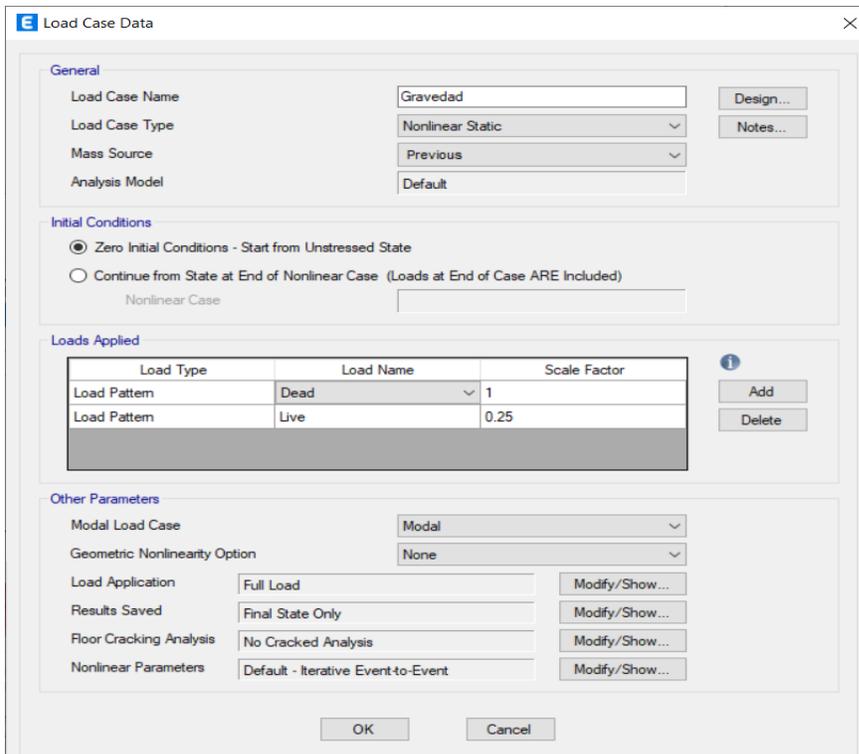
Replace Existing Assigns with Specified Assigns

OK Close Apply

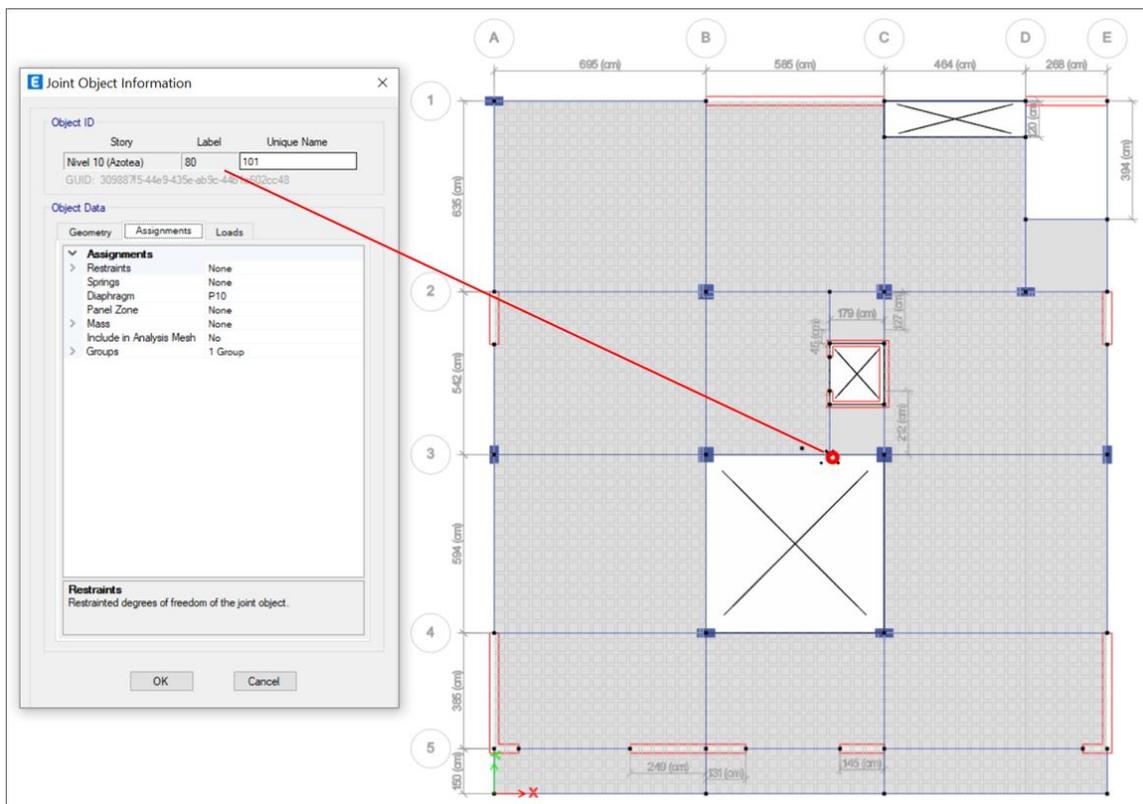
Anexo 9.29: Modelo de Rotulas Plasticidad de los Elementos Estructurales



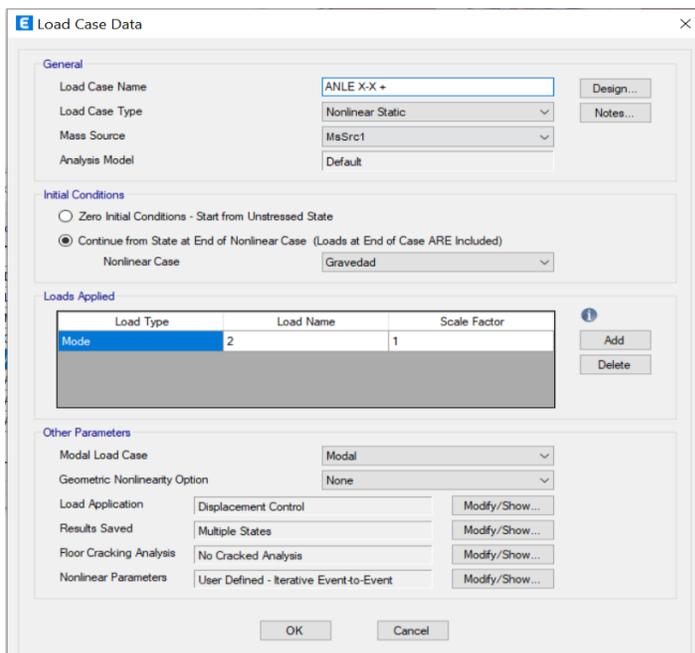
Anexo 9.30: Creación de Caso de Carga no Lineal por Gravedad.



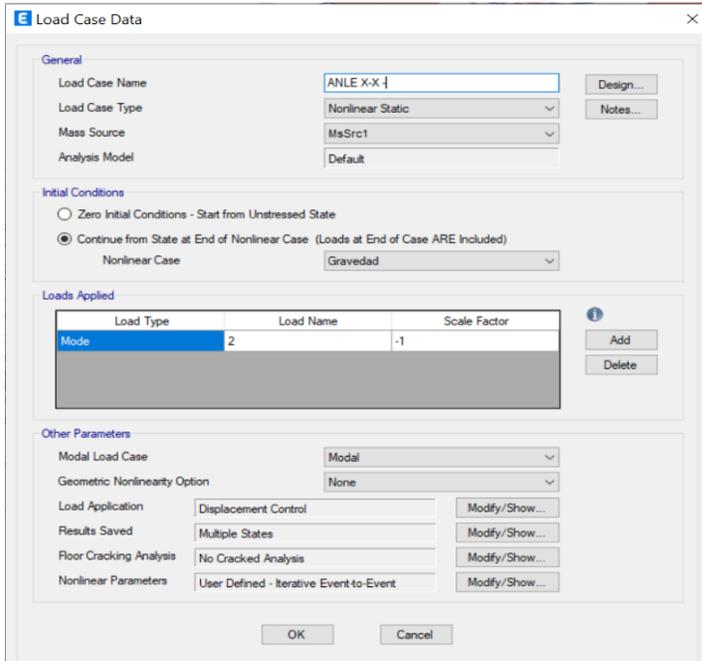
Anexo 9.31: Punto más Cercado del Centro de Masa.



Anexo 9.32: Creación de Carga Pushover en Dirección X+



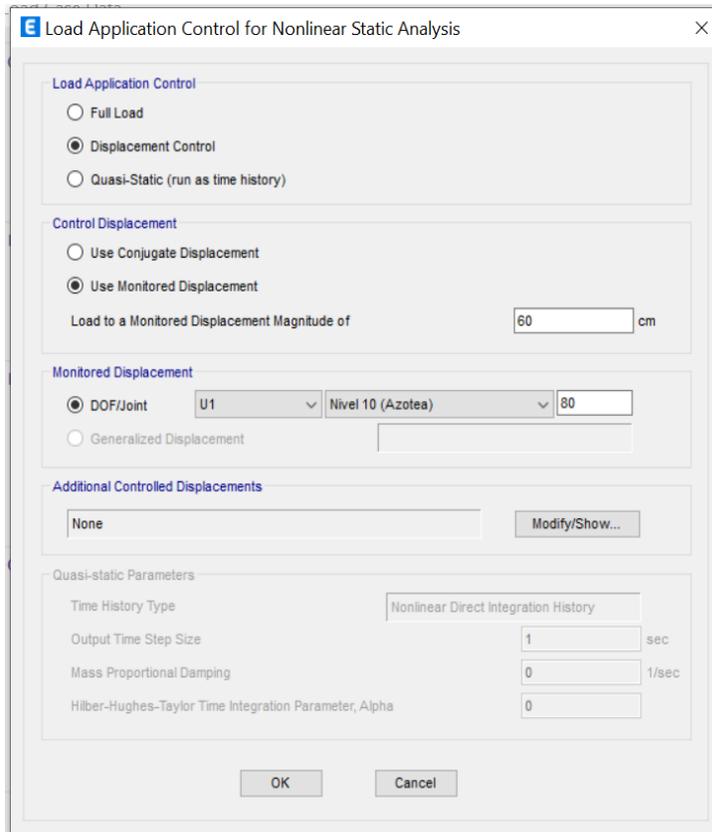
Anexo 9.33: Creación de Carga Pushover en Dirección X-



The 'Load Case Data' dialog box is shown with the following settings:

- General:** Load Case Name: ANLE X-X -, Load Case Type: Nonlinear Static, Mass Source: MsSrc1, Analysis Model: Default.
- Initial Conditions:** Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included), Nonlinear Case: Gravedad.
- Loads Applied:** A table with columns 'Load Type', 'Load Name', and 'Scale Factor'. The first row contains 'Mode', '2', and '-1'.
- Other Parameters:** Modal Load Case: Modal, Geometric Nonlinearity Option: None, Load Application: Displacement Control, Results Saved: Multiple States, Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis, Nonlinear Parameters: User Defined - Iterative Event-to-Event.

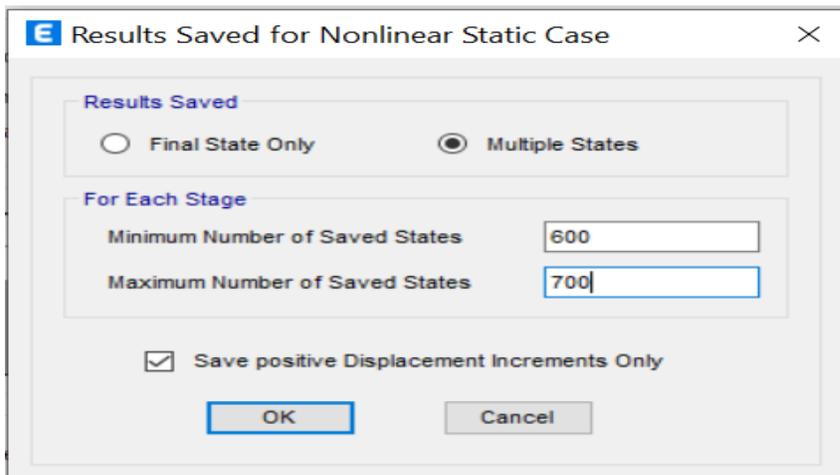
Anexo 9.34: Configuración de Desplazamiento en Dirección X+, X -.



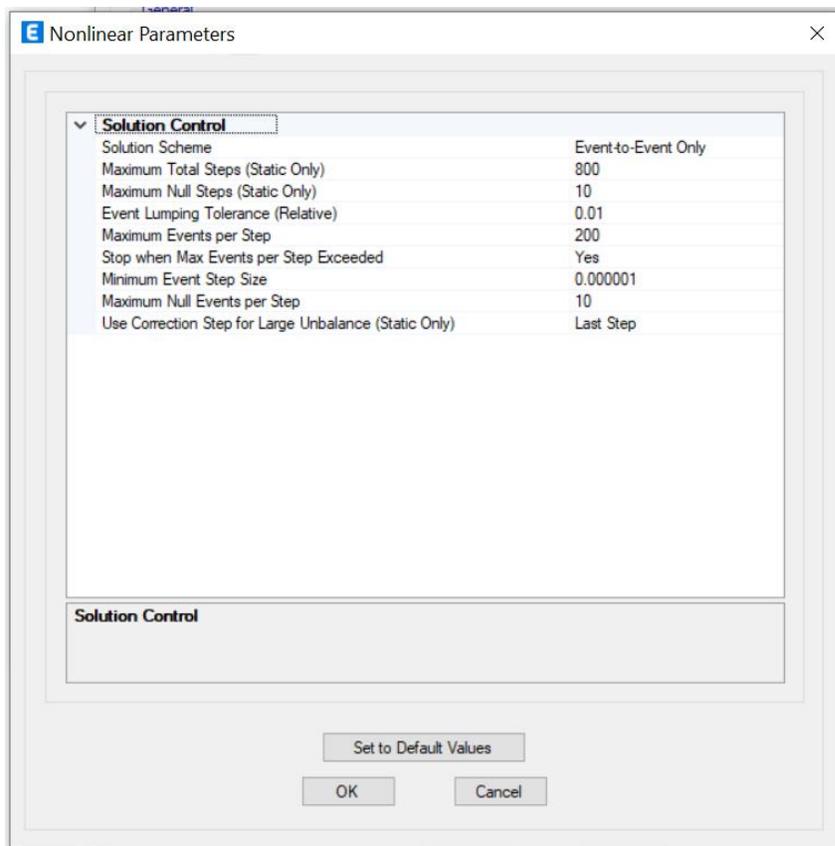
The 'Load Application Control for Nonlinear Static Analysis' dialog box is shown with the following settings:

- Load Application Control:** Displacement Control.
- Control Displacement:** Use Monitored Displacement, Load to a Monitored Displacement Magnitude of: 60 cm.
- Monitored Displacement:** DOF/Joint, U1, Nivel 10 (Azotea), 80.
- Additional Controlled Displacements:** None.
- Quasi-static Parameters:** Time History Type: Nonlinear Direct Integration History, Output Time Step Size: 1 sec, Mass Proportional Damping: 0 1/sec, Hilber-Hughes-Taylor Time Integration Parameter, Alpha: 0.

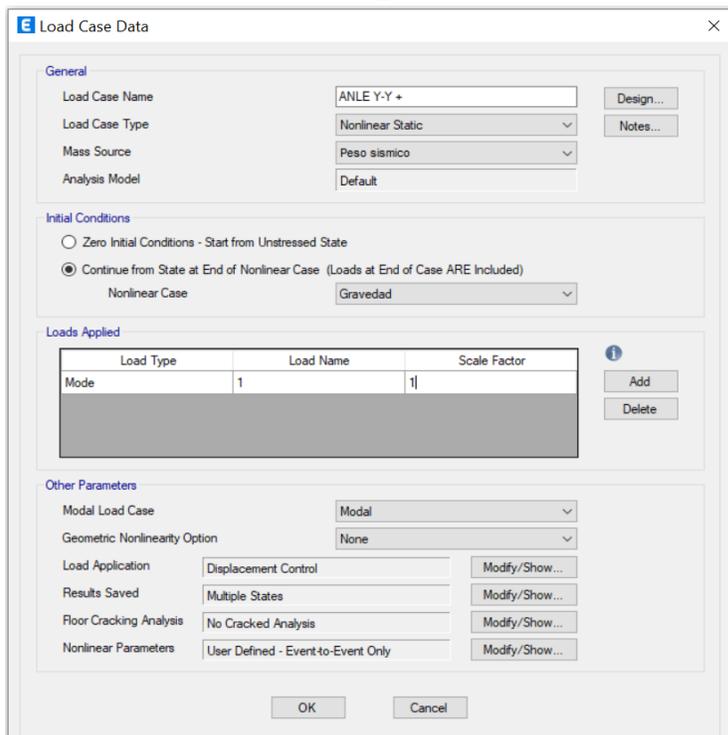
Anexo 9.35: Resultados de los Pasos no Lineal en Dirección X+, X -.



Anexo 9.36: Parámetros no Lineales en Dirección X +, X -.



Anexo 9.37: Creación de Carga Pushover en Dirección Y+



Load Case Data

General

Load Case Name: ANLE Y-Y + [Design...]
 Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]
 Mass Source: Peso sísmico
 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

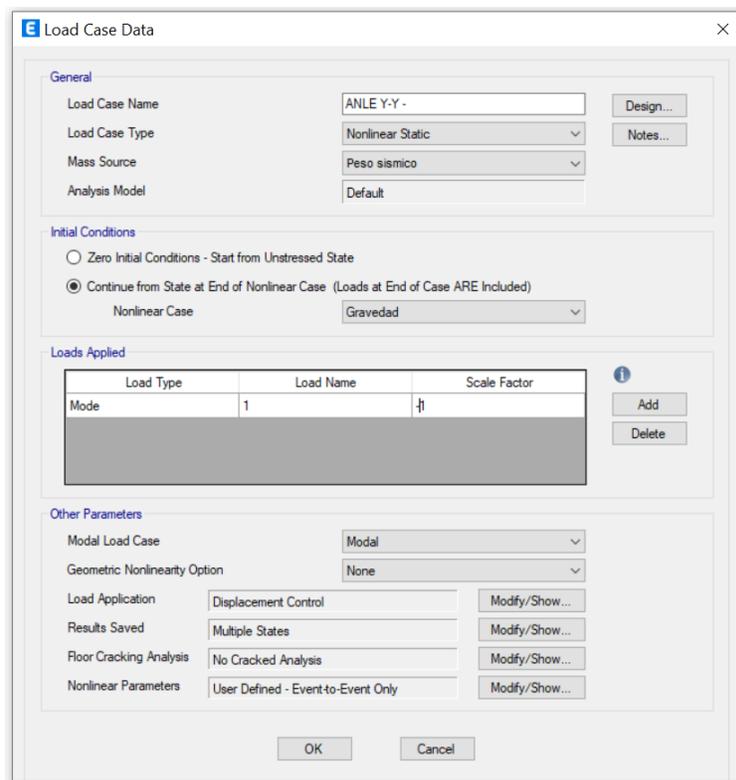
[Add] [Delete]

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]

Anexo 9.38: Creación de Carga Pushover en Dirección Y-.



Load Case Data

General

Load Case Name: ANLE Y-Y - [Design...]
 Load Case Type: Nonlinear Static [Notes...]
 Mass Source: Peso sísmico
 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

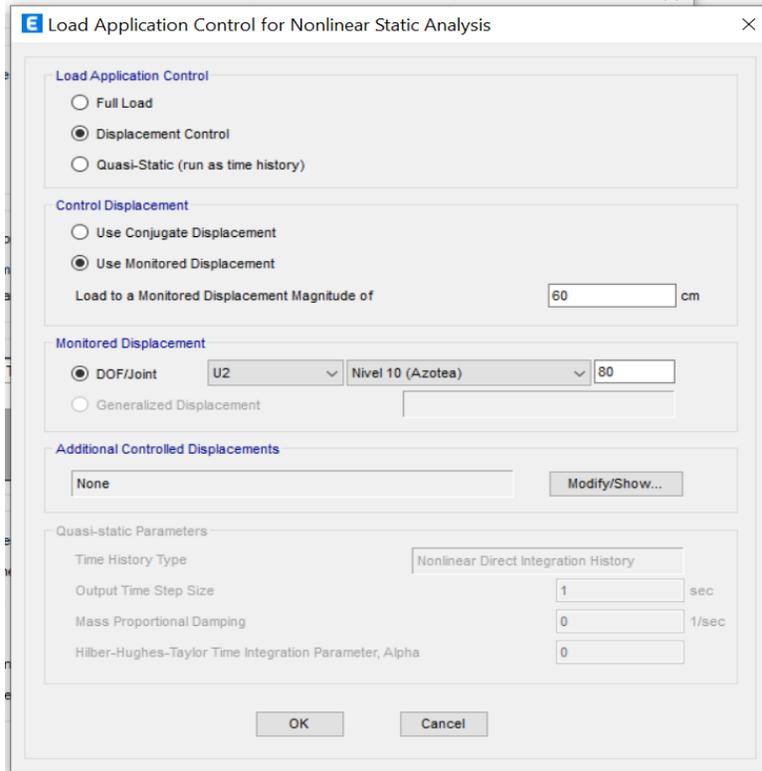
[Add] [Delete]

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]

Anexo 9.39: Configuración de Desplazamiento en Dirección Y +, Y -

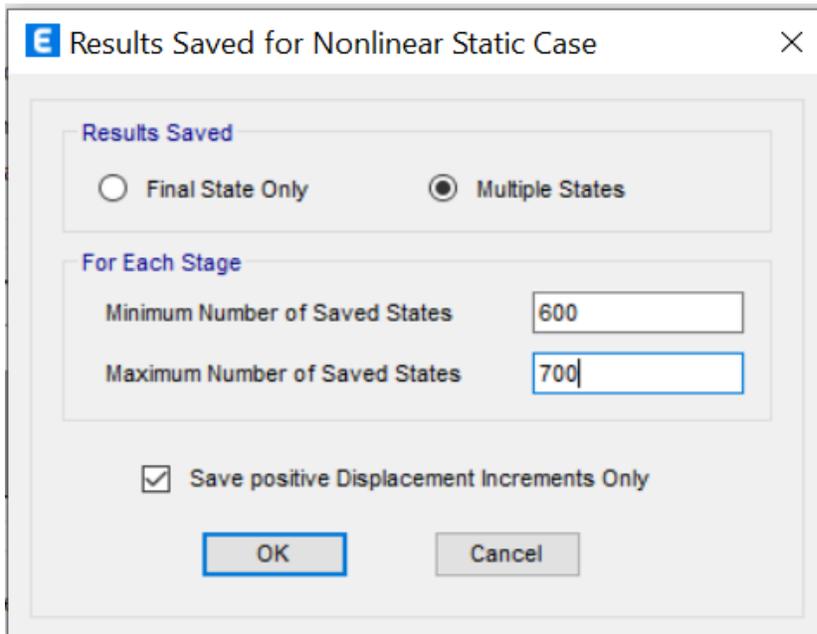


The dialog box is titled "Load Application Control for Nonlinear Static Analysis". It contains several sections:

- Load Application Control:** Three radio buttons: "Full Load" (unselected), "Displacement Control" (selected), and "Quasi-Static (run as time history)" (unselected).
- Control Displacement:** Two radio buttons: "Use Conjugate Displacement" (unselected) and "Use Monitored Displacement" (selected). Below is a text field "Load to a Monitored Displacement Magnitude of" with the value "60" and the unit "cm".
- Monitored Displacement:** Two radio buttons: "DOF/Joint" (selected) and "Generalized Displacement" (unselected). Under "DOF/Joint", there are two dropdown menus: "U2" and "Nivel 10 (Azotea)", followed by a text field with the value "80".
- Additional Controlled Displacements:** A text field containing "None" and a "Modify/Show..." button.
- Quasi-static Parameters:** A text field "Time History Type" with "Nonlinear Direct Integration History". Below are three text fields: "Output Time Step Size" (value "1", unit "sec"), "Mass Proportional Damping" (value "0", unit "1/sec"), and "Hilber-Hughes-Taylor Time Integration Parameter, Alpha" (value "0").

At the bottom are "OK" and "Cancel" buttons.

Anexo 9.40: Resultados de los States no Lineal en Dirección Y +, Y -.

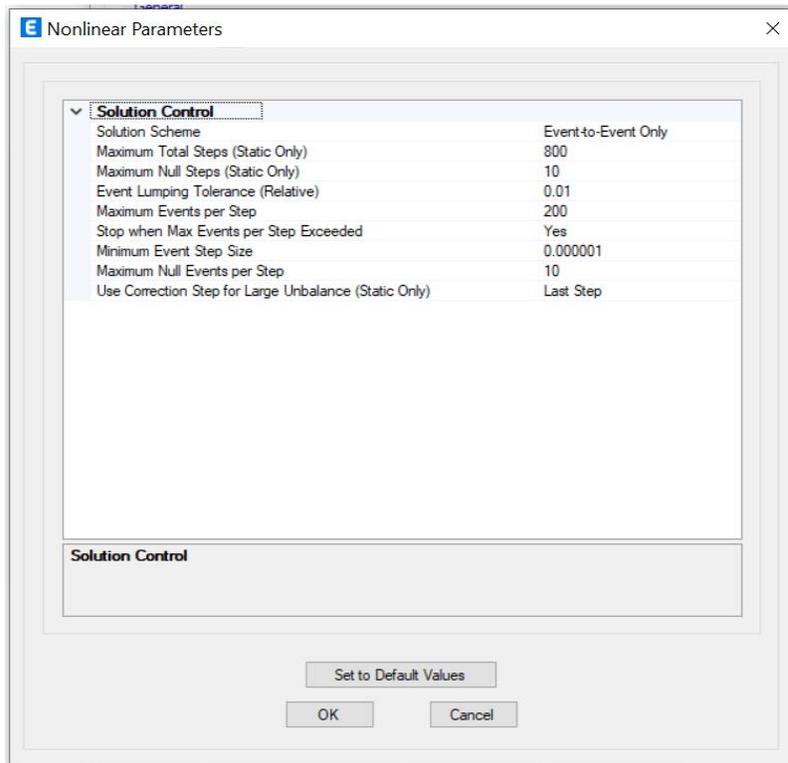


The dialog box is titled "Results Saved for Nonlinear Static Case". It contains the following sections:

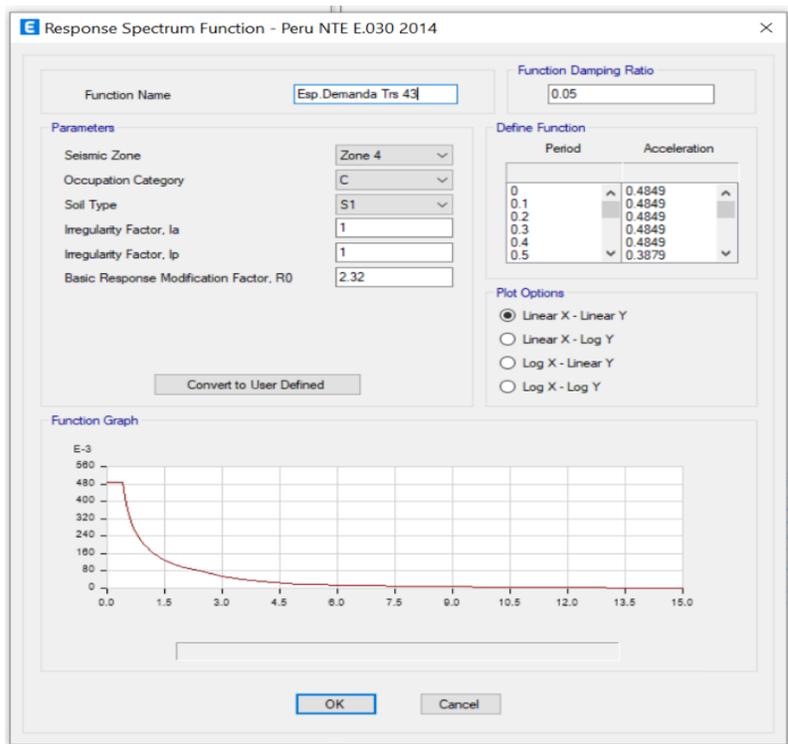
- Results Saved:** Two radio buttons: "Final State Only" (unselected) and "Multiple States" (selected).
- For Each Stage:** Two text fields: "Minimum Number of Saved States" with the value "600" and "Maximum Number of Saved States" with the value "700".
- A checked checkbox labeled "Save positive Displacement Increments Only".

At the bottom are "OK" and "Cancel" buttons.

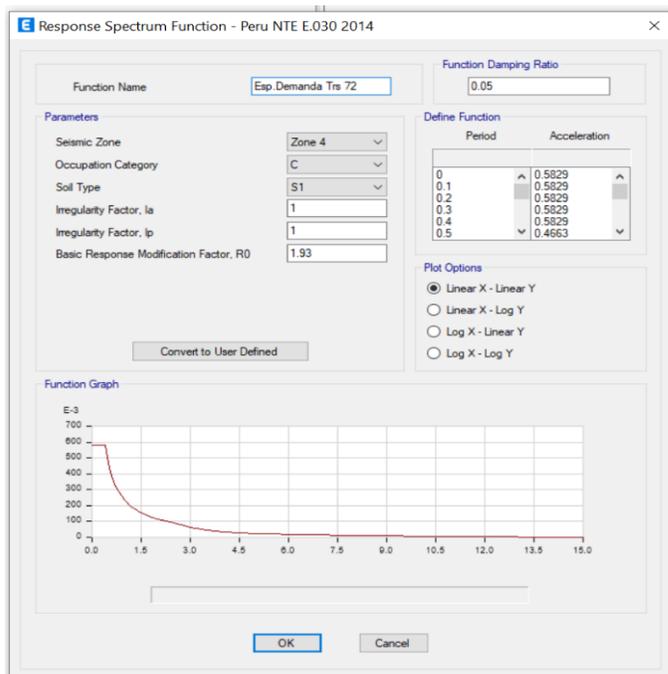
Anexo 9.41: Parámetros no Lineales en Dirección Y +, Y -.



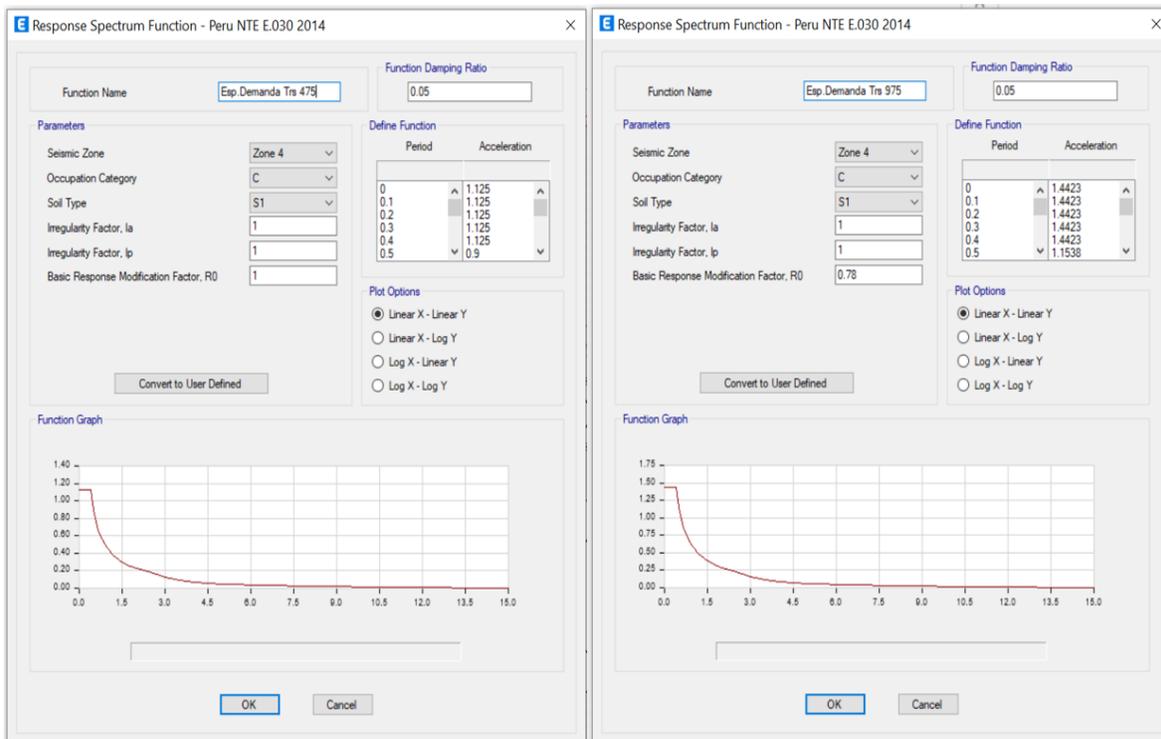
Anexo 9.42: Espectros de Demanda Sísmica para un Sismo Frecuente.



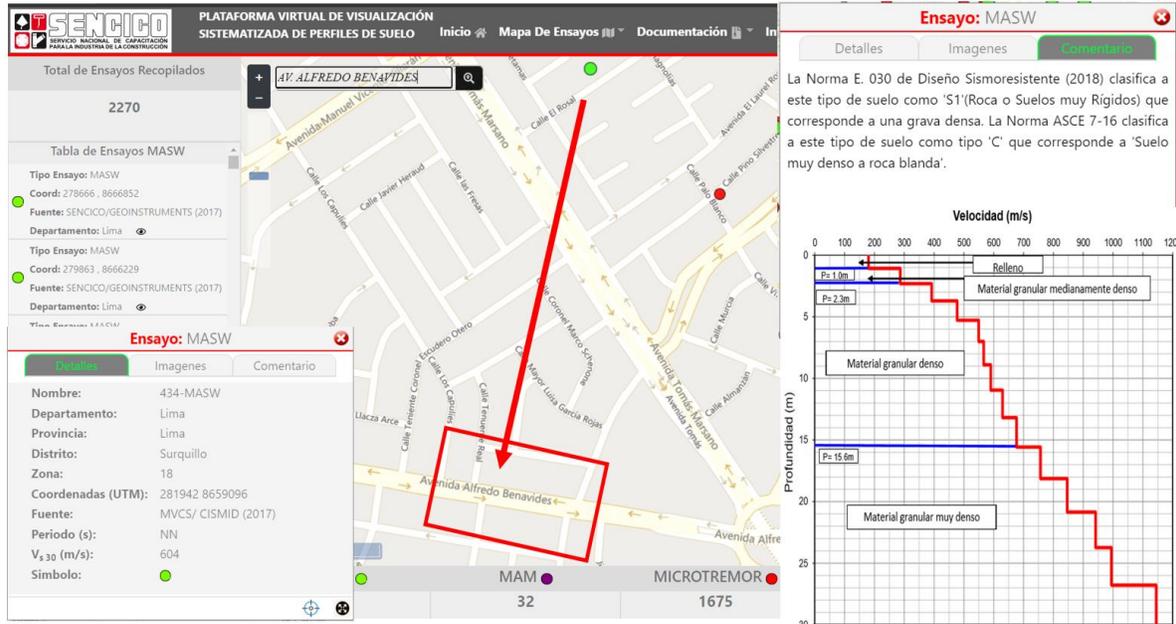
Anexo 9.43: Espectros de Demanda Sísmica para un Sismo Ocasional.



Anexo 9.44: Espectros de Demanda Sísmica para un Sismo Raro y Muy raro



Anexo 9.45: Microzonificación según CAPECO.



Anexo 9.46: Tesis de antecedentes sobre el estudio de suelo.

TESIS 4 ANTECEDENTES							
TITULO	LINK	AUTOR	AÑO	UBICACIÓN	CAPACIDAD PORTANTE	PARAMETROS - E030	DESCRIPCION
DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE 7 PISOS Y 3 SÓTANOS EN EL DISTRITO DE MIRAFLORES	https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/19588/GUZMAN_RIVAS_CESAR_ALBERTO_DISEÑO_ESTRUCTURAL_EDIFICACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y	Cesar Alberto Guzman Rivas	May-21	MIRAFLORES	4KG/CM2 O 40Tn/M2	TIPO - S1	ROCA O SUELO MUY RIGIDO
DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE 7 PISOS Y UN SEMISÓTANO EN MIRAFLORES	https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18367/PRINCIPE_GONZALES_JORDY_DISEÑO_ESTRUCTURAL_EDIFICIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y	Huapaya Huapaya César Antonio	Jul-20				
"DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO DE OFICINA DE CONCRETO ARMADO UBICADO EN MIRAFLORES"	file:///C:/Users/Christian/Downloads/VARGAS_GOMEZ_CHRISTIAN_DISEÑO_ESTRUCTURAL_EDIFICIO%20(1).pdf	CHRISTIAN ALONSO VARGAS GOMEZ	Ago-20				
DISEÑO ESTRUCTURAL DE EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE CONCRETO ARMADO	https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/16826/GUILLEN_BERNUY_SALAZAR_CRISPIN_DISEÑO_ESTRUCTURAL_EDIFICIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y	JUNIOR ROMARIO SALAZAR CRISPÍN GERARDO ENRIQUE GUILLEN BERNUY	Jun-20				
DISEÑO ESTRUCTURAL DE UN EDIFICIO MULTIFAMILIAR DE CONCRETO ARMADO DE SIETE NIVELES EN MIRAFLORES	https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/19540/SANCHEZ_ACAPANA_EDDIE_DISEÑO_ESTRUCTURAL_EDIFICIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y	EDDIE SANCHEZ ACAPANA	Ene-21				

Anexo 10.1: Prueba de Hipótesis 2.

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
MODOS_VIBRACION_X_POSITIVO	.849	4	.223
PATRON_ESPECIAL_X_POSITIVO	.847	4	.218
MODOS_VIBRACION_X_NEGATIVO	.853	4	.237
PATRON_ESPECIAL_X_NEGATIVO	.852	4	.233

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
MODOS_VIBRACION_Y_POSITIVO	.843	4	.204
PATRON_ESPECIAL_Y_POSITIVO	.847	4	.218
MODOS_VIBRACION_Y_NEGATIVO	.847	4	.217
PATRON_ESPECIAL_Y_NEGATIVO	.847	4	.216

Estadísticos de muestras relacionadas

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	MODOS_VIBRACION_X	319.3723	4	382.62796	191.31398
	PATRON_ESPECIAL_X	359.7393	4	430.10810	215.05405

Estadísticos de muestras relacionadas

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	MODOS_VIBRACION_Y	316.2938	4	376.36842	188.18421
	PATRON_ESPECIAL_Y	335.5655	4	399.60392	199.80196

Prueba de muestras relacionadas

		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	para la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	MODOS_VIBRACION_X - PATRON_ESPECIAL_X	-40.36700	47.56985	23.78493	-116.06125	35.32725	-1.697	3	.038

Prueba de muestras relacionadas

		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	para la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	MODOS_VIBRACION_Y - PATRON_ESPECIAL_Y	-19.27175	23.26001	11.63000	-56.28361	17.74011	-1.657	3	.036

Anexo 10.2: Prueba de Hipótesis 3.

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
MODOS_VIBRACION_X_DESP	.847	8	.089
PATRON_ESPECIAL_X_DESP	.818	8	.052

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
MODOS_VIBRACION_X_CORTANTE	.865	8	.135
PATRON_ESPECIAL_X_CORTANTE	.864	8	.131

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
MODOS_VIBRACION_Y_DESP	.840	8	.076
PATRON_ESPECIAL_Y_DESP	.839	8	.073

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
MODOS_VIBRACION_Y_CORTANTE	.840	8	.076
PATRON_ESPECIAL_Y_CORTANTE	.836	8	.068

Estadísticos de muestras relacionadas

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1 MODOS_VIBRACION_X	18.755	16	9.34557	2.33639
PATRON_ESPECIAL_X	18.466	16	9.35867	2.33967

Estadísticos de muestras relacionadas

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1 MODOS_VIBRACION_Y	20.1050	16	10.36705	2.59176
PATRON_ESPECIAL_Y	19.6413	16	10.15737	2.53934

Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	diferencia					
				Inferior	Superior				
Par 1 MODOS_VIBRACION_X - PATRON_ESPECIAL_X	.28969	.88163	.22041	-.18010	.75948	1.314	15	.021	

Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	para la diferencia					
				Inferior	Superior				
Par 1 MODOS_VIBRACION_Y - PATRON_ESPECIAL_Y	.46375	.33986	.08497	.28265	.64485	5.458	15	.00007	

Anexo 10.3: Prueba de Hipótesis 4.

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
MODOS_VIBRACION_X	.918	10	.341
PATRON_ESPECIAL_X	.924	10	.391

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
MODOS_VIBRACION_Y	.936	10	.511
PATRON_ESPECIAL_Y	.938	10	.535

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
MODOS_VIBRACION_X	.868	8	.144
PATRON_ESPECIAL_X	.868	8	.144

Pruebas de normalidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
MODOS_VIBRACION_Y	.888	8	.226
PATRON_ESPECIAL_Y	.888	8	.226

Estadísticos de muestras relacionadas

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	MODOS_VIBRACION_X	.2683	4	.14050	.07025
	PATRON_ESPECIAL_X	.3150	4	.18112	.09056

Estadísticos de muestras relacionadas

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	MODOS_VIBRACION_Y	.3535	4	.19391	.09695
	PATRON_ESPECIAL_Y	.3550	4	.18972	.09486

Estadísticos de muestras relacionadas

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	MODOS_VIBRACION_X	.2728	5	.12210	.05461
	PATRON_ESPECIAL_X	.3320	5	.15742	.07040

Estadísticos de muestras relacionadas

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	MODOS_VIBRACION_Y	.3598	5	.16852	.07536
	PATRON_ESPECIAL_Y	.3612	5	.16488	.07374

Prueba de muestras relacionadas

		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	para la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	MODOS_VIBRACION_X - PATRON_ESPECIAL_X	-.05920	.03532	.01580	-.10306	-.01534	-3.748	4	.020

Prueba de muestras relacionadas

		Diferencias relacionadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	para la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	MODOS_VIBRACION_Y - PATRON_ESPECIAL_Y	-.00140	.00365	.00163	-.00593	.00313	-.858	4	.044