

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

TEMA: “VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PARQUEADERO MUNICIPAL
DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE AMBATO,
UBICADO EN LA CALLE CUENCA Y MONTALVO”.

Trabajo de titulación previo a la obtención del Grado Académico de Magister en
Ingeniería Civil con Mención en Estructuras Metálicas

Modalidad de la titulación: Trabajo de titulación con componentes de investigación
aplicada y/o desarrollo

AUTOR: Ing. Diego Ricardo Lucio Álvarez

DIRECTORA: Ing. Lourdes Gabriela Peñafiel Valla Mg.

AMBATO – ECUADOR

2022

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

A la Unidad de Titulación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

El Tribunal receptor de la Defensa del Trabajo de Titulación presidido por el Ing. Wilson Santiago Medina Robalino, Mg., e integrado por los señores; Ing. Wladimir José Ramírez Cabrera, Mg., e Ing. Myriam Marisol Bayas Altamirano, Mg., designados por la Unidad Académica de Titulación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PARQUEADERO MUNICIPAL DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE AMBATO, UBICADO EN LA CALLE CUENCA Y MONTALVO”, elaborado y presentado por el Ing. Diego Ricardo Lucio Álvarez, para optar por el Grado Académico de Magister en Ingeniería Civil con Mención Estructuras Metálicas; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Wilson Santiago Medina Robalino, Mg.
Presidente y Miembro del Tribunal de Defensa

Ing. Wladimir José Ramírez Cabrera, Mg.
Miembro del Tribunal de Defensa

Ing. Myriam Marisol Bayas Altamirano, Mg.
Miembro del Tribunal de Defensa

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PARQUEADERO MUNICIPAL DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE AMBATO, UBICADO EN LA CALLE CUENCA Y MONTALVO”, le corresponden exclusivamente al Ing. Diego Ricardo Lucio Álvarez, autor bajo la Dirección de la Ing. Lourdes Gabriela Peñafiel Valla Mg.; Directora del Trabajo de Investigación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Diego Ricardo Lucio Álvarez

AUTOR

Ing. Lourdes Gabriela Peñafiel Valla Mg.

DIRECTORA

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y proceso de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Diego Ricardo Lucio Álvarez
C.C. 1803856598

ÍNDICE GENERAL

INDICE

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE TABLAS.....	viii
ÍNDICE FIGURAS	xii
AGRADECIMIENTO	xix
DEDICATORIA	xx
RESUMEN EJECUTIVO	xxi
EXECUTIVE SUMMARY.....	xxiii
CAPÍTULO I	1
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Introducción	1
1.2. Justificación	1
1.3. Objetivos	2
1.3.1. General.....	2
1.3.2. Específicos	2
CAPÍTULO II	3
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	3
CAPÍTULO III.....	9
MARCO METODOLÓGICO.....	9
3.1. Ubicación	9
3.2. Equipos y materiales	9
3.3. Tipo de investigación.....	10
3.4. Hipótesis - pregunta científica – idea a defender	10

3.5.	Población o muestra.....	10
3.6.	Recolección de información:	10
3.7.	Procesamiento de la información y análisis estadístico:	10
3.8.	Variables respuesta o resultados esperados.....	11
CAPÍTULO IV.....		13
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		13
4.4.1	Vulnerabilidad sísmica Método Cualitativo.....	13
4.1.	Formato de evaluación FEMA 154.....	13
4.2	Resultados de la evaluación cualitativa	19
4.3	Análisis sísmica Método Cuantitativo	19
4.4	Análisis lineal de la estructura en condiciones actuales.....	20
4.4.1	Definición de Materiales.....	20
4.4.2	Definición del Espectro de respuesta sísmica	20
4.5	Análisis Estático No Lineal.....	21
4.5.1	Asignación de Rótulas Plásticas.	21
4.5.2	Cálculo de longitud de Rótulas Plásticas.	21
4.5.1	Diagrama momento – rotación.....	22
4.5.4	Definición de Rótula Plástica para los elementos más críticos de la estructura. 23	
4.5.5	Viga Crítica datos ingresados en Excel.....	23
4.5.6	Viga Crítica datos ingresados en Etabs 2019.....	25
4.5.7	Comparación de resultados para la Viga Crítica datos ingresados en Excel, así como en Etabs 2019.....	26
4.5.8	Columna Crítica datos ingresados en Excel.....	26
4.5.9	Columna Crítica datos ingresados en Etabs 2019.....	29
4.5.10	Comparación de resultados para la Columna Crítica datos ingresados en Excel, así como en Etabs 2019.....	29
4.6	Niveles de Amenaza Sísmica.....	30
4.6.1	Carga Gravitacional No Lineal.	32
4.6.2	Carga lateral no lineal.	33
4.7	Demandas.....	33
4.8	Resultados del análisis estático no lineal - Pushover.....	34
4.8.1	Formación de Rótulas Plásticas.	34
4.9	Evaluación del Desempeño Sísmico.....	41
4.10	Punto de desempeño.....	42
4.10.1	Punto de desempeño en dirección X (BLOQUE A)	42
4.10.2	Punto de desempeño en dirección Y (BLOQUE A)	49
4.10.3	Punto de desempeño en dirección (Sentido X) (BLOQUE A2).....	55

4.10.4	Punto de desempeño en dirección (Sentido Y) (BLOQUE A2).....	62
4. 11	Evaluación del desempeño sísmico.....	68
4.11.1	BLOQUE A (SENTIDO X).....	68
4.11.2	BLOQUE A (SENTIDO Y).....	70
4.11.3	BLOQUE A2 (SENTIDO X).....	72
4.11.4	BLOQUE A2 (SENTIDO Y).....	74
4. 12	Propuesta de Reforzamiento	77
4.12.1	Objetivos de rehabilitación.	78
4. 13	Reforzamiento de elementos.....	78
4.13.1	Reforzamiento en vigas (Bloque A).....	79
4.13.2	Encamisado en vigas (Bloque A).....	80
4.13.3	Chequeo a corte del encamisado en viga (Bloque A)	81
4.13.4	Encamisado en columnas (Bloque A).....	83
4.13.5	Análisis de la colocación de las platinas y chequeo a corte de las mismas para el reforzamiento de las columnas (Bloque A).....	83
4.13.6	Pernos de anclaje para columnas (Bloque A)	84
4. 14	Desempeño Sísmico de la estructura reforzada (Bloque A).	84
4.14.1	BLOQUE A (SENTIDO X).....	91
4.14.2	BLOQUE A (SENTIDO Y).....	99
4.14.3	BLOQUE A2 (SENTIDO X).....	107
4.14.4	BLOQUE A2 (SENTIDO Y).....	115
4. 15	Punto de desempeño de la estructura	118
4. 16	Verificación de la hipótesis.....	119
	 CAPÍTULO V	 120
	 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	 120
5. 1	Conclusiones.....	120
5. 2	Recomendaciones	121
	 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	 122

ÍNDICE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Tipología del sistema estructural FEMA 154.....	14
Tabla 2: Tipo de edificio y puntaje básico formulario nivel 1.....	14
Tabla 3: Formulario de Nivel 1 de Inspección Visual Rápido FEMA 154	¡Error!
Marcador no definido.	
Tabla 4: Formulario de Nivel 2 de Inspección Visual Rápida FEMA 154.....	17
Tabla 5: Evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones	18
Tabla 6: Longitud de rótula plástica en vigas	22
Tabla 7: Longitud de rótulas plásticas en columnas	22
Tabla 8: Rótula plástica viga B-C	24
Tabla 9: Resultados de interpolación	24
Tabla 10: Comparación de resultados en la viga crítica	26
Tabla 11: Rótula plástica columna B3	27
Tabla 12: Resultados interpolación.....	28
Tabla 13: Comparación de resultados en columna crítica	29
Tabla 14: Niveles de amenaza sísmica	30
Tabla 15: Factores de sismo.....	31
Tabla 16: Carga laterales no lineal.....	33
Tabla 17: Demandas	34
Tabla 18: Objetivo del desempeño.	41
Tabla 19: Puntos de desempeño en la dirección (Sentido X)	42
Tabla 20: Valores obtenido para un sismo de nivel frecuente con Pushover (sentido X).....	43
Tabla 21: Valores obtenido para un sismo de nivel ocasional con Pushover (sentido X).....	45
Tabla 22: Valores obtenido para un sismo de raro con Pushover (sentido X).....	46
Tabla 23: Valores obtenido para un sismo muy raro con Pushover (sentido X)	48
Tabla 24: Puntos de desempeño en la dirección (Sentido Y)	49
Tabla 25: Valores obtenido para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido Y).....	50
Tabla 26: Valores obtenido para un sismo de nivel ocasional con Pushover	

(Sentido Y).....	51
Tabla 27: Valores obtenido para un sismo de raro con Pushover (Sentido Y)	53
Tabla 28: Valores obtenido para un sismo muy raro con Pushover (Sentido Y).....	54
Tabla 29: Puntos de desempeño en la dirección (Sentido X)	55
Tabla 30: Valores obtenido para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido X).....	56
Tabla 31: Valores obtenido para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido X).....	58
Tabla 32: Valores obtenido para un sismo de raro con Pushover (Sentido X)	59
Tabla 33: Valores obtenido para un sismo de muy raro con Pushover (Sentido X) .	61
Tabla 34: Puntos de desempeño en la dirección (Sentido Y)	62
Tabla 35: Valores obtenido para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido Y).....	62
Tabla 36: Valores obtenido para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido Y).....	64
Tabla 37: Valores obtenido para un sismo de raro con Pushover (Sentido Y)	65
Tabla 38: Valores obtenido para un sismo de raro con Pushover (Sentido Y)	67
Tabla 39: Niveles de desempeño esperados y calculados para la dirección (Sentido X) en el Bloque A.....	76
Tabla 40: Niveles de desempeño esperados y calculados para la dirección (Sentido Y) en el Bloque A.....	76
Tabla 41: Niveles de desempeño esperados y calculados para la dirección (Sentido X) en el Bloque A2.....	76
Tabla 42: Niveles de desempeño esperados y calculados para la dirección (Sentido Y) en el Bloque A2.....	77
Tabla 43: Análisis de la viga 40x50 eje 2 entre A – B; B-C (BLOQUE A).....	80
Tabla 44: Análisis de la viga 40x50 eje 2 entre A – B; B-C (BLOQUE A).....	81
Tabla 45: Análisis de la viga 40x50 eje 2 entre A – B; B-C (BLOQUE A).....	81
Tabla 46: Análisis de las columnas C2 (BLOQUE A)	82
Tabla 47: Encamisado para columnas C2 (BLOQUE A)	83
Tabla 48: Chequeo a corte para las platinas de las columnas C2	83
Tabla 49: Pernos de anclaje para columnas C2	84

Tabla 50: Puntos de desempeño en la dirección (Sentido X)	84
Tabla 51: Valores obtenido para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido X).....	85
Tabla 52: Valores obtenido para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido X).....	87
Tabla 53: Valores obtenido para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido X)	88
Tabla 54: Valores obtenido para un sismo de nivel muy raro con Pushover (Sentido X).....	90
Tabla 55: Puntos de desempeño en la dirección (Sentido Y)	93
Tabla 56: Valores obtenido para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido Y).....	93
Tabla 57: Valores obtenido para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido Y).....	95
Tabla 58: Valores obtenido para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido Y)	96
Tabla 59: Valores obtenido para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido Y)	98
Tabla 60: Puntos de desempeño Bloque A2 en la dirección (Sentido X).....	101
Tabla 61: Valores obtenido para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido X).....	103
Tabla 62: Valores obtenido para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido X)	104
Tabla 63: Valores obtenido para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido X)	106
Tabla 64: Puntos de desempeño Bloque A2 en la dirección (Sentido Y).....	109
Tabla 65: Valores obtenido para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido Y).....	109
Tabla 66: Valores obtenido para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido Y).....	111
Tabla 67: Valores obtenido para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido Y)	112
Tabla 68: Valores obtenido para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido Y)	

..... 114

Tabla 69: Punto de desempeño de la estructura..... 118

ÍNDICE FIGURAS

	Pág.
Ilustración 1: Criterios de aceptación según ASCE 41	12
Ilustración 2: Modelado parqueadero municipal de Ambato	19
Ilustración 3: Espectro de respuesta sísmica NEC 2015	20
Ilustración 4: Espectro determinista	20
Ilustración 5: Puntos de control de las rótulas plásticas	23
Ilustración 6: Armado de la viga crítica	23
Ilustración 7: Diagrama de los puntos notables A, B, C, D y E (Ductilidad de la viga crítica)	25
Ilustración 8: Definición del momento – rotación Viga Crítica.....	26
Ilustración 9: Armado columna crítica.....	27
Ilustración 10: Diagrama de los puntos notables A, B, C, D y E (Ductilidad de la columna crítica).....	28
Ilustración 11: Definición del momento – rotación columna crítica.....	29
Ilustración 12: Curvas de peligro sísmico, Ambato	31
Ilustración 13: Seudo aceleración – aceleración reducida.....	32
Ilustración 14: Carga gravitacional no lineal.	32
Ilustración 15: Rótula plástica – Pushover sentido X- D = 15.97cm.	35
Ilustración 16: Rótula plástica – Pushover sentido X-D = 17.31 cm.	35
Ilustración 17: Rótula plástica – Pushover sentido X-D = 28.36cm.	36
Ilustración 18: Rótula plástica – Pushover sentido Y-D = 3.76cm.	36
Ilustración 19: Rótula plástica – Pushover sentido Y-D = 11.88cm.	37
Ilustración 20: Rótula plástica – Pushover sentido Y-D = 28.78cm.	38
Ilustración 21: Rótula plástica – Pushover sentido X- D = 11.21cm.	38
Ilustración 22: Rótula plástica – Pushover sentido X-D = 14.35 cm.	39
Ilustración 23: Rótula plástica – Pushover sentido Y-D = 8.33cm.	39
Ilustración 24: Rótula plástica – Pushover sentido Y-D = 17.68cm.	40
Ilustración 25: Rótula plástica – Pushover sentido Y-D = 19.60cm.	40
Ilustración 26: Objetivo del desempeño.....	41
Ilustración 27: Sectorización por niveles de desempeño de modelo bilineal de la	

curva.....	42
Ilustración 28: Punto de Desempeño – Sismo Frecuente (Sentido X).	42
Ilustración 29: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente con Pushover (sentido X).....	44
Ilustración 30: Punto de Desempeño – Sismo Ocasional (Sentido X).	44
Ilustración 31: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional con Pushover X.....	45
Ilustración 32: Punto de Desempeño – Raro (Sentido X).	46
Ilustración 33: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro con Pushover (sentido X).....	47
Ilustración 34: Punto de Desempeño – Muy Raro (Sentido X).....	47
Ilustración 35: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro con Pushover (sentido X).....	48
Ilustración 36: Punto de Desempeño – Sismo Frecuente (Sentido Y).	49
Ilustración 37: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido Y)	50
Ilustración 38: Punto de Desempeño – Sismo Ocasional (Sentido Y).	51
Ilustración 39: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido Y)	52
Ilustración 40: Punto de Desempeño – Raro (Sentido Y).	52
Ilustración 41: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido Y)	53
Ilustración 42: Punto de Desempeño – Muy Raro (Sentido Y).....	54
Ilustración 43: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido Y)	55
Ilustración 44: Punto de Desempeño – Sismo Frecuente (Sentido X).	55
Ilustración 45: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido X)	57
Ilustración 46: Punto de Desempeño – Sismo Ocasional (Sentido X).	57
Ilustración 47: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido X)	58
Ilustración 48: Punto de Desempeño – Raro (Sentido X).	59

Ilustración 49: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido X)	60
Ilustración 50: Punto de Desempeño – Muy Raro (Sentido X).....	60
Ilustración 51: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro con Pushover (Sentido X)	61
Ilustración 52: Punto de Desempeño – Sismo Frecuente (Sentido Y).	62
Ilustración 53: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido Y)	63
Ilustración 54: Punto de Desempeño – Sismo Ocasional (Sentido Y).....	63
Ilustración 55: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido Y)	64
Ilustración 56: Punto de Desempeño – Raro (Sentido Y).	65
Ilustración 57: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido Y)	66
Ilustración 58: Punto de Desempeño – Muy Raro (Sentido Y).....	66
Ilustración 59: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido Y)	67
Ilustración 60: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X).....	68
Ilustración 61: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X).....	68
Ilustración 62: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X).....	69
Ilustración 63: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X).....	69
Ilustración 64: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y).....	70
Ilustración 65: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y).....	70
Ilustración 66: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y).....	71
Ilustración 67: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro según la	

ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y).....	71
Ilustración 68: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X).....	72
Ilustración 69: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X).....	72
Ilustración 70: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X).....	73
Ilustración 71: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X).....	73
Ilustración 72: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y).....	74
Ilustración 73: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y).....	74
Ilustración 74: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y).....	75
Ilustración 75: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y).....	75
Ilustración 76: Punto de Desempeño – Sismo Frecuente (Sentido X).	85
Ilustración 77: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido X)	86
Ilustración 78: Punto de Desempeño – Sismo Ocasional (Sentido X).	86
Ilustración 79: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido X)	87
Ilustración 80: Punto de Desempeño – Sismo Raro (Sentido X).	88
Ilustración 81: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido X)	89
Ilustración 82: Punto de Desempeño – Muy Raro (Sentido X).....	89
Ilustración 83: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro con Pushover (Sentido X)	90
Ilustración 84: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X).....	91
Ilustración 85: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional según	

la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X).....	91
Ilustración 86: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X).....	92
Ilustración 87: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X).....	92
Ilustración 88: Punto de Desempeño – Sismo Frecuente (Sentido Y).	93
Ilustración 89: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido Y)	94
Ilustración 90: Punto de Desempeño – Sismo Ocasional (Sentido Y).....	94
Ilustración 91: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido Y)	95
Ilustración 92: Punto de Desempeño – Sismo Raro (Sentido Y).	96
Ilustración 93: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro con Pushover (Sentido Y)	97
Ilustración 94: Punto de Desempeño – Muy Raro (Sentido Y).....	97
Ilustración 95: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro con Pushover (Sentido Y)	98
Ilustración 96: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y).....	99
Ilustración 97: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y).....	99
Ilustración 98: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y).....	100
Ilustración 99: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y).....	100
Ilustración 100: Punto de Desempeño – Sismo Frecuente (Sentido X).	101
Ilustración 101: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido X)	102
Ilustración 102: Punto de Desempeño – Sismo Ocasional (Sentido X).....	102
Ilustración 103: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido X)	103
Ilustración 104: Punto de Desempeño – Sismo Raro (Sentido X).	104

Ilustración 105: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido X)	105
Ilustración 106: Punto de Desempeño – Muy Raro (Sentido X).....	105
Ilustración 107: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro con Pushover (Sentido X)	106
Ilustración 108: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X).....	107
Ilustración 109: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X).....	107
Ilustración 110: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X).....	108
Ilustración 111: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X).....	108
Ilustración 112: Punto de Desempeño – Sismo Frecuente (Sentido Y).	109
Ilustración 113: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido Y)	110
Ilustración 114: Punto de Desempeño – Sismo Ocasional (Sentido Y).	110
Ilustración 115: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido Y)	111
Ilustración 116: Punto de Desempeño – Sismo Raro (Sentido Y).	112
Ilustración 117: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido Y)	113
Ilustración 118: Punto de Desempeño – Muy Raro (Sentido Y).....	113
Ilustración 119: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro con Pushover (Sentido Y)	114
Ilustración 120: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y).....	115
Ilustración 121: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y).....	115
Ilustración 122: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y).....	116
Ilustración 123: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro según	

la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y).....	116
Ilustración 124: Niveles de desempeño esperados y calculados para la dirección (Sentido X) en el Bloque A.....	117
Ilustración 125: Niveles de desempeño esperados y calculados para la dirección (Sentido Y) en el Bloque A.....	117
Ilustración 126: Niveles de desempeño esperados y calculados para la dirección (Sentido X) en el Bloque A2.....	117
Ilustración 127: Niveles de desempeño esperados y calculados para la dirección (Sentido Y) en el Bloque A2.....	118

AGRADECIMIENTO

A la Ing. Gabriela Peñafiel Mg., por su paciencia y constancia, por sus consejos que me ayudaron a interpretar ideas que no sabía cómo describirlas, fue parte importante con sus aportes profesionales, muchas gracias por todas las enseñanzas dejadas en este trabajo, por las palabras de aliento que recibía en cada una de las revisiones de este proyecto de titulación, solo me queda por decirle MUCHAS GRACIAS por el apoyo brindado.

DEDICATORIA

A Dios y a mi Virgen de Guadalupe por la vida y la sabiduría que día tras día me transmiten para poder continuar en este camino.

A mi padre y colega M. Sc Liberto Lucio (+), quien me inculco esta hermosa profesión, quien me apoyó constantemente hasta el último día de su vida, sé que desde el cielo se sentirá orgulloso y satisfecho de ver a su hijo crecer profesionalmente y cumplir con el objetivo trazado con él al inicio de esta maestría.

A mis madres Lupita y Nelly, por ser el apoyo constante, por siempre extenderme su mano sincera y leal, porque con su esfuerzo me dieron el estudio necesario para ser un hombre de bien que me gano la vida fruto del trabajo en mi profesión.

A mis hermanas Paola y Verónica, por ser un ejemplo para seguir, por siempre confiar en mis capacidades y estar incondicionalmente en mi trajinar por la vida.

A mi enamorada Alejandra, su ayuda ha sido fundamental, ha estado conmigo en los buenos momentos, pero sobre todo en los momentos más turbulento, siempre conté con su motivación, paciencia y comprensión durante todo este camino.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN ESTRUCTURAS
METÁLICAS

TEMA:

“VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL PARQUEADERO MUNICIPAL DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE AMBATO, UBICADO EN LA CALLE CUENCA Y MONTALVO”.

AUTOR: Ing. Diego Ricardo Lucio Álvarez

DIRECTORA: Ing. Lourdes Gabriela Peñafiel Valla Mg.

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

- Ingeniería

FECHA: 20 de julio del 2022

RESUMEN EJECUTIVO

El Ecuador se encuentra situado en el cinturón de fuego, por lo que es muy común distintos sismos a varios niveles, las estructuras deben ser diseñadas para soportar un sismo de nivel raro, deben ser dúctiles; la ductilidad es el tiempo que tienen los ocupantes de las estructuras para poder salir a un lugar seguro, las ondas secundarias de los sismos son las que tumban los edificios, mediante el presente estudio se tomó como muestra un edificio ubicado en el casco central de Ambato, esta estructura debería estar en un criterio de aceptación seguridad de vida, para iniciar el presente estudio se utilizaron los formularios establecidos por la FEMA 154 y la NEC 2015 y se realizó una inspección visual de la estructura para conocer las irregularidades en planta y elevación, además de conocer las patologías que tiene la estructura, la principal es la columna corta, se establecieron parámetros para los formularios y se concluyó que tiene una vulnerabilidad sísmica media, con esta información se procedió a realizar un análisis estático no lineal y fue necesario utilizar un programa computacional, donde se colocó el área de aceros en cada una de las vigas y columnas,

con esta información obtuvimos las rótulas plásticas, así como el punto de desempeño y la capacidad del edificio en estudio, en lo cual se observó que la estructura no cumple con este criterio de aceptación para el sismo de diseño, motivo por el cual es necesario realizar un reforzamiento en vigas pero sobre todo en columnas C2 que son las columnas que más actúan en estas dos edificaciones. Existe varias metodologías de reforzamiento de estructuras entre las más comunes (con fibra de carbono, recrecido de elementos estructurales y con acero), se escogió uno con ángulos y platinas de un acero A36, los mismos que se encuentran sujetos con platinas y pernos ayudan a ganar ductilidad y más resistencia al corte de la estructura con el objetivo de cumplir con los criterios de aceptación para este tipo de edificios que son seguridad de vida.

Descriptores: Aceros, Análisis No Lineal, Análisis Sísmico, Ángulos, Carga gravitacional, Criterios de Análisis, Ductilidad, Parámetros de Diseño, Platinas, Reforzamiento de vigas

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN ESTRUCTURAS
METÁLICAS

THEME:

“SEISMIC VULNERABILITY OF THE MUNICIPAL PARKING LOT OF THE
DECENTRALIZED AUTONOMOUS GOVERNMENT OF AMBATO, LOCATED
AT CUENCA AND MONTALVO STREETS”

AUTHOR: Ing. Diego Ricardo Lucio Álvarez

DIRECTED BY: Ing. Lourdes Gabriela Peñafiel Valla Mg.

LINE OF RESEARCH:

- Ingeniería

DATE: 20 de julio del 2022.

EXECUTIVE SUMMARY

Ecuador is located in the ring of fire, so different earthquakes at various levels are very common, the structures must be designed to withstand an earthquake of a rare level, the constructions must be ductile; the ductility is the time that the occupants of the structures have to be able to go out to a safe place, the secondary waves of the earthquakes are the ones that knock down the buildings, through the present study a building located in the central area of Ambato was taken as a sample , this structure should be in a life safety acceptance criteria, to start the present study the forms established by FEMA 154 and NEC 2015 were used and a visual inspection of the structure was carried out to know the irregularities in plan and elevation, In addition to knowing pathologies that the structure has, the main pathology is the short column, the parameters of the forms were established and it was concluded that it has a medium seismic vulnerability, with this information a nonlinear static analysis was carried out, it was necessary to use a computer program such as Etabs19, where the steel area was placed in each of the beams and columns, with this information formation we obtained

the plastic hinges, as well as the performance point and the capacity of the building under study, in which it was observed that the structure does not meet this acceptance criterion for the design earthquake, which is why it is necessary to carry out a reinforcement in beams, but above all in C2 columns, which are the columns that act the most in these two buildings. There are several methodologies for reinforcing structures among the most common (reinforcement with carbon fiber, reinforcement with screeding of structural elements and reinforcement with steel), reinforcement with angles and plates of A36 steel was chosen, these angles fastened with plates and bolts they help to gain ductility and more shear strength of the structure in order to meet the acceptance criteria for this type of building, which is life safety.

Keywords: Steels, Nonlinear Analysis, Seismic Analysis, Angles, Gravitational Loading, Analysis Criteria, Ductility, Design Parameters, Plates, Beam Strengthening

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

Es importante indicar que Ecuador se encuentra situado en el cinturón de fuego del pacífico motivo por el cual los análisis y diseños de las estructuras deben realizarse de una manera sísmo resistente, desde las construcciones más básicas hasta construcciones de gran importancia. Cabe indicar que la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC2015) fue aprobada en el año 2012, por lo que existe varias construcciones se hicieron sin un estudio de sísmo resistencia, es necesario que las construcciones de gran importancia sean estudiadas y analizadas mediante un análisis no lineal con la finalidad de verificar su capacidad de ductilidad. Dentro de la metodología manejada en esta investigación utilizamos parámetros determinados por códigos y normativas. En Ecuador la NEC 15 en especial la Guía práctica para evaluación y rehabilitación de estructuras. Los parámetros se obtuvieron al realizar un Análisis No Lineal - *PUSHOVER* – Método Incremental con Etabs, y se utilizó la FEMA 154. Mediante la presente investigación se pretende conocer la ductilidad de esta estructura esencial para la ciudad de Ambato, es una obra que se encuentra en el casco central de la ciudad y si se produce el sismo podría ser de gran daño para las casas aledañas.

1.2. Justificación

La importancia del presente trabajo se fundamenta en la necesidad de contar con una herramienta efectiva y rápida para la evaluación de las edificaciones ante riesgos sísmicos. Concientizar al personal que está inmerso en el diseño y cálculo estructural que se cuenta con una herramienta básica para el análisis de vulnerabilidad sísmica llamada FEMA P-154. La reducción del riesgo sísmico recae principalmente en la disminución de la vulnerabilidad sísmica, por lo que es una necesidad identificar y evaluar a aquellas estructuras que son vulnerables y susceptibles a experimentar daños severos ante un evento sísmico. Al realizar un estudio de evaluación del comportamiento estructural se obtiene un diagnóstico de la capacidad sísmica de las estructuras, identificando si es necesario realizar un reforzamiento estructural a la edificación del parqueadero municipal del gobierno autónomo descentralizado de Ambato, ubicado en la calle Cuenca y Montalvo.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

- DETERMINAR LA VULNERABILIDAD SISMICA DE LA ESTRUCTURA DEL PARQUEADERO MUNICIPAL DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO DE AMBATO, UBICADO EN LA CALLE CUENCA Y MONTALVO

1.3.2. Específicos

- Identificar patologías estructurales en la construcción del parqueadero municipal del gobierno autónomo descentralizado de Ambato, ubicado en la calle Cuenca y Montalvo.
- Verificar mediante un análisis no lineal – método incremental “pushover” la ductilidad que tiene la estructura del parqueadero municipal del gobierno autónomo descentralizado de Ambato, ubicado en la calle Cuenca y Montalvo.
- Comprobar en que rango de seguridad estructural que se encuentra el parqueadero municipal del gobierno autónomo descentralizado de Ambato, ubicado en la calle Cuenca y Montalvo.

CAPÍTULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

El presente estudio se realizará basados en la normativa ecuatoriana de la construcción, así como en estudios realizados en varias ciudades del Ecuador, donde se puede observar varios parámetros que nos ayudarán a la validación de resultados que obtengamos en esta investigación. Es importante indicar que la Universidad de Venezuela entre sus conclusiones indica “Se recuerda la premisa, las construcciones se comportan como se construyen, no como se diseñan”. El mejor de los análisis estructurales estará condicionado a la calidad de la fabricación de todos los componentes, construcción o ensamble de todos los miembros estructurales, y de manera muy relevante, a la inspección en todos los procesos involucrados” [1].

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (2015, p. 12) citan a Yépez (1988), quienes afirman que “el Ecuador tiene una larga historia de actividad sísmica que, en los últimos 460 años, ha provocado la destrucción de ciudades enteras como Riobamba e Ibarra, con la muerte de más de 60000 personas. Escenarios sísmicos probables evaluados en Quito (EPN et al 1994), Guayaquil (Argudo J. et al, 1 999) y Cuenca (García E. et al 2000), muestran la necesidad urgente por emprender en programas para la mitigación del riesgo sísmico. El estudio del riesgo sísmico y su impacto en el desarrollo, constituye un reto científico crucial para el siglo veinte y uno”. [2]

En artículo científico realizado por Tiago – Flores determinan “La vulnerabilidad directa está representada por la probabilidad estimativa de los posibles daños efectuados por un terremoto en un conjunto de edificios. En posibles términos constructivos, cada tipo de edificio podría corresponder a una determinada respuesta sísmica sujeta a una matriz de probabilidad de daño. Es decir, cada clase constructiva estaría sujeta a un nivel de daño característico, dependiendo del grado de riesgo sísmico. Estas técnicas podrían predecir los daños causados por un evento sísmico sobre una estructura patrimonial” [3].

En artículo científico desarrollado por coronel (2017) define a la vulnerabilidad como “La vulnerabilidad sísmica es una característica intrínseca de cada elemento expuesto, en este caso está representada por las curvas de fragilidad y la curva de vulnerabilidad sísmica, las cuales dependen de la capacidad estructural de cada edificación. Las curvas de fragilidad son representaciones matemáticas que permiten determinar la

probabilidad de alcanzar o exceder un estado de daño definido como: 0) Sin Daño; 1) Daño Leve; 2) Daño Moderado, 3) Daño Severo y 4) Daño Completo [4].

Es necesario conocer que varios elementos estructurales son fundamentales para una buena ductilidad de la estructura, en estudio realizado por Buendía – Reinoso (2017) indican “Los tipos estructurales que resultaron con daños, son los que están compuestos con muros, debido a la poca ductilidad con la que cuentan estas estructuras” [5].

Así mismo en estudio realizado por Pujol & Rodríguez indica “es conveniente tener estructuras rígidas, que limiten sus desplazamientos laterales durante terremotos, y así reducir daños, tanto en los elementos no estructurales, como en los estructurales. Un estudio anterior de daños y colapsos observados en terremotos en el mundo (Rodríguez, 2018) también concluye en la conveniencia del empleo de estructuras rígidas, tanto en terrenos duros como en blandos”[6]

Estructuras de gran amplitud, que albergan gran cantidad de personas están catalogadas como esenciales, y son estructuras que deben estar funcionales luego de un evento natural catastrófico, en estudio realizado por Martínez Et al (2012) concluye “las estructuras catalogadas como esenciales son sistemas altamente complejos que son vulnerables a la acción destructiva de los sismos. Debido a lo refinado y complejo de su operación cotidiana, el diseño de las instalaciones esenciales requiere de la consideración cuidadosa del desempeño de todos sus subsistemas. Como consecuencia de los daños estructurales que han exhibido estas instalaciones durante sismos severos”[7].

Del estudio realizado por Aguilar – Rivas (2018) indican “hacer este estudio de Microzonificación Sísmica de la ciudad de Ambato, para que se conozca el período de vibración de los suelos, la velocidad de la onda de corte, valores del número de golpes del ensayo de Penetración Estándar y sobre todo para saber cuáles son los espectros de aceleraciones para la componente horizontal y vertical de movimiento del suelo y también el espectro de desplazamientos, que se debe utilizar en el Análisis Sísmico” [8].

La vulnerabilidad sísmica de edificios se puede evaluar a partir de análisis cuantitativo del daño sísmico de estructuras, de la inspección visual de edificios existentes o de pruebas de laboratorio. En artículo científico de Razo y García (2020) indican “debido

a los graves efectos que pueden derivarse de los fenómenos naturales como los sismos, se torna de mayor importancia el considerar correctamente las demandas sísmicas que tienen mayor posibilidad de ocurrir en una determinada región; sin embargo, es imposible garantizar que una estructura podrá permanecer en pie o resistir todos los sismos que ocurran durante su vida útil, sin daños importantes” [9].

En el presente estudio se desea informar sobre la vulnerabilidad sísmica de un edificio construido por el GADMA, utilizando una metodología básica y de fácil aplicación, motivo por el cual Aguilar et al (2017) concluye “presenta una propuesta de zonificación sísmica para regiones donde no existen estudios de vibración ambiental a través de una metodología simplificada, la cual constituye una herramienta para evaluar la vulnerabilidad física por exposición de las construcciones en ciudades con sistemas constructivos homogéneos en materiales, edades y patologías. La metodología propuesta emplea parámetros geológicos, edafológicos y la inclusión de dos variables cruciales como son las zonas inundables y los daños históricos por sismo” [10]. Dependiendo del tipo de materiales a utilizar las estructuras son muy vulnerables a eventos sísmicos, motivo por el cual Garduño et al (2009) indica “Las construcciones más vulnerables son las de adobe, las cuales podrían estar en muy alto riesgo debido a que tienen periodos fundamentales del orden de 0.4 segundos”[11].

Es necesario indicar que se realizó primero una inspección visual en la edificación de estudios basados en los formatos de la FEMA-154 en artículo científica publicado por Hernández – Lockhart (2011) indican “es un método cualitativo, el cual para la determinación de si se reforzar la edificación lo hace a través de un Índice, si el resultado de la evaluación es menor o igual que dos (≤ 2) hay que usar un método más detallado que conlleva el análisis de la edificación con análisis primeramente lineal, si cumple no hay que reforzar, si no cumple hay que hacer un análisis no lineal de la edificación, si cumple no hay que reforzar y si no cumple definitivamente hay que reforzarla. Si el índice de la metodología es mayor o igual que dos (≥ 2), no necesita reforzamiento, el índice 2 significa que la edificación tiene una probabilidad de 1 a 100 de que colapse”[12].

Para poder cumplir con una buena ductilidad las estructura debe estar conformada por vigas débiles y columnas fuertes, es necesario proteger el nudo que se forma entre estos elementos y cumplir con toda la normativa vigente, en artículo científico por

Marianela Blanco (2012) indica “la importancia en edificios públicos y de viviendas, han sido consecuencia de deficientes o inexistentes estudios de suelos, mala calidad de los materiales, inadecuado diseño arquitectónico y estructural, deficiencia en los sistemas constructivos y supervisión de las obras. Debido al hecho que los sismos no pueden evitarse, se deben tomar todas las medidas pertinentes para evitar al máximo la pérdida de vidas y minimizar los daños materiales”[13]. En análisis realizado por Domínguez Et al (2007) concluye “técnica aquí presentada es una importante herramienta, para ser empleada al estudiar patologías estructurales, ya que permite determinar la existencia de daño estructural, cuantificar su influencia y localizarlo. Además, permite realizar un seguimiento de la evolución del daño que tiene una estructura (aumento de los patrones de fisuración), para los distintos estados de carga y tipos de suelos”[14]. En el libro donde se da a conocer el desempeño que tiene una columna ante un evento sísmico Sánchez – Cevallos (2015) define a la columna como “elemento estructural, tal como una columna, se diseña usualmente para que falle de manera gradual. Este criterio reconoce que un elemento estructural es capaz de resistir cargas de forma segura más allá del rango elástico, siempre y cuando haya una ductilidad mínima” [15].

En caso de que la estructura deba ser reforzada se realizará un análisis no lineal de la edificación, Juan Bruno Bazzano (2017) indica en su libro “desarrollaron una herramienta informática abierta (usando GNU-Octave) que permite resolver problemas de análisis no lineal de estructuras de barras articuladas. La herramienta, llamada Open Nonlinear Structural Analysis System (ONSAS), fue desarrollada con el objetivo de mostrar al lector una implementación de algunos de los métodos de análisis descritos en el texto”[16]. Duarte Et al (2017) define al Pushover como “análisis está basado en los resultados obtenidos de investigaciones donde se sometió a cargas laterales a elementos estructurales con el fin de observar la formación secuencial de rótulas plásticas, este método permite determinar la curva capacidad de la estructura y compararla con la demanda posible ante un evento natural. La demanda está relacionada con la amenaza sísmica del sitio de ubicación del edificio, así como también de las características globales del edificio, mientras que la capacidad de la estructura depende de la rigidez, la resistencia y la deformación de cada uno de sus elementos” [17]. La correcta modelación de la rótula plástica es necesario para tener

resultados confiables obtenidos desde el software, en estudio realizado por López Et al (2017) indican “análisis estático no lineal requiere una adecuada modelización de las rótulas plásticas generadas en la estructura, para lo que conviene emplear expresiones empíricas capaces de modelizar la relación fuerza-deformación de la rótula. El objetivo principal de esta contribución es estudiar la influencia de diferentes modelos de rótula plástica en el comportamiento no lineal de estructuras a porticadas de hormigón armado. Se realizan análisis no lineales considerando diversos modelos de rótula, como el incluido en el código FEMA-356 y dos modelos desarrollados a partir de expresiones empíricas calibradas con diferentes bases de ensayos experimentales. Los resultados obtenidos muestran que el modelo propuesto por los autores refleja con mayor precisión el comportamiento de edificios convencionales de hormigón armado situados en zonas sísmicas. Además, el modelo puede emplearse para contrastar los resultados ofrecidos por otros modelos incluidos en la diversa normativa de diseño sísmico de edificación” [18]. La guía de Evaluación y Rehabilitación de estructuras indica “Las edificaciones cimentadas en suelos tipo A y B, no se consideran que puedan ser afectadas significativamente frente a un sismo. Como se puede observar, no hay ningún modificador para tipo de suelo F, ya que las edificaciones cimentadas en este tipo de suelo, no puede ser evaluadas eficazmente por este procedimiento de evaluación visual rápida. Se requerirá de un ingeniero geotécnico para verificar este tipo de suelo F y un ingeniero con experiencia en evaluación de construcciones mediante este proceso. Es importante mencionar que, si la edificación tiene un sistema de pilotaje en su cimentación, la edificación podrá ser calificada con un tipo de suelo “mejorado”. Por ejemplo, si la estructura está construida sobre un tipo de suelo E, según los mapas de caracterización de suelos, y tiene pilotes como cimentación, se podrá calificar en el formulario de evaluación como suelo tipo D”[19]. En uno de los artículos escritos por Martínez – Reinoso (2016) indican “La normativa NEC, en los resultados de peligro sísmico, en ciertos casos se subestiman las aceleraciones para periodos cercanos al periodo dominante del terreno, y sobreestiman los desplazamientos asociados a la demanda sísmica en roca, en especial para las provincias de Pichincha, Manabí y Esmeraldas. Al considerar los efectos de sitio, esta diferencia podría incrementarse, tal como se evidenció en los resultados de amenaza sísmica de Cuenca, presentados en este trabajo. Los graves daños que dejó el sismo

del 16 de abril de 2016, dejaron en evidencia que en el Ecuador existe una deficiencia en su norma de construcción NEC, así como en su correcta aplicación, en especial en la parte correspondiente al peligro sísmico y diseño sismorresistente, por lo que estudios de este tipo deberían ser considerados en la elaboración de normativas futuras”[20].

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación

La ubicación de la estructura es en la Ciudad de Ambato, en el casco central, en la calle Cuenca y Montalvo. Es un sector socioeconómico alto, existen construcciones aledañas.



3.2. Equipos y materiales

- Cinta métrica.
- Flexómetro digital.
- Esclerómetro.
- Computadora.
- Hojas de cálculo digitales.
- Ficha de revisión.
- Planos Arquitectónicos.
- Planos Estructurales.
- Planos Digitales.
- Memorias de Cálculo.
- Especificaciones Técnicas.

3.3. Tipo de investigación.

El presente estudio se realizó de una investigación cualitativa y así como una investigación cuantitativa.

3.4. Hipótesis - pregunta científica – idea a defender.

Se comprobó en qué rango de seguridad se encuentra la estructura del Parqueadero Municipal del Gobierno Autónomo Descentralizado de Ambato, de la calle Cuenca y Montalvo durante un evento sísmico.

3.5. Población o muestra.

Se tomó como muestra los elementos estructurales que forman parte de la infraestructura del Parqueadero Municipal del Gobierno Autónomo Descentralizado de Ambato, de la calle Cuenca y Montalvo

3.6. Recolección de información:

Se solicitó mediante oficio al Ilustre Municipio de Ambato una copia de planos estructurales y arquitectónicos para la construcción del Parqueadero Municipal del Gobierno Autónomo Descentralizado de Ambato, de la calle Cuenca y Montalvo.

Con la información entregada por el GADMA, se realizó a una revisión visual en la estructura utilizando los formatos emitidos por la FEMA 154, para poder identificar patologías que pueda tener la misma, se analizó la información de memorias de cálculo y especificaciones técnicas que se utilizaron para la construcción de esta estructura.

3.7. Procesamiento de la información y análisis estadístico:

Con los datos obtenidos y con los formularios facilitados por FEMA se procedió a realizar el análisis cualitativo, básicamente es un análisis rápido sobre la estructura, como los resultados del análisis cualitativo no están dentro de los parámetros básicos se procedió con el análisis cuantitativo la información fue procesada en el software ETABS V19.

A continuación, se detalla los pasos que se consideraron en esta investigación:

- Llenar los formularios de recolección de datos para los Nivel 1 – 2 - 3 – 4, se utilizaron los formatos de la FEMA 154.
- Llenar el formulario de evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones según la Norma Ecuatoriana de la Construcción.
- Verificar el grado de vulnerabilidad de la edificación de manera cualitativa utilizando las normas detalladas anteriormente.
- Modelar la edificación en el software acorde a los datos y comprobación de

dimensiones entre planos y estructura real.

- Definir las propiedades lineales y no lineales que intervienen en la estructura según el material utilizado.
- Asignar las rotulas plásticas para las columnas y vigas.
- Definir el espectro de respuesta según los parámetros establecidos en la norma ecuatoriana NEC-SE-DS.
- Determinar la curva de capacidad y el espectro de capacidad de la edificación con el análisis estático no lineal con el software.
- Obtener el punto de desempeño de la estructura.
- Determinar el periodo fundamental de la estructura con la base a los análisis con modelos analíticos.
- Determinar el grado de vulnerabilidad.
- Analizar los datos de los análisis realizados y determinar si la edificación necesita de un reforzamiento

3.8. Variables respuesta o resultados esperados

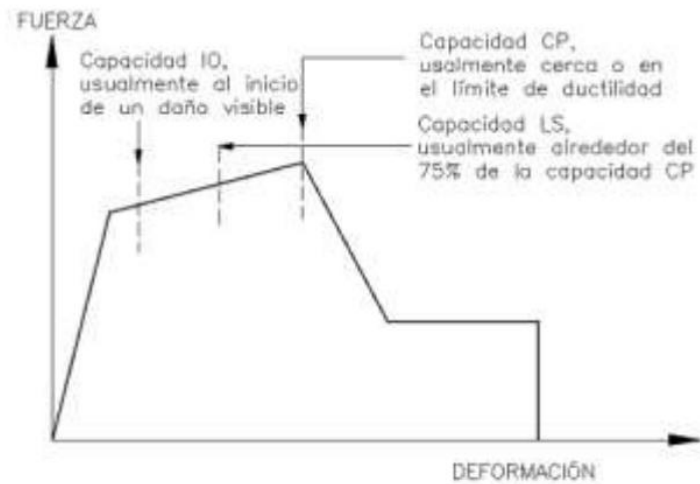
Utilizando los formularios emitidos por la FEMA 154 en donde se puede verificar visualmente sobre la existencia de patógenos en la estructura, se verificó el armado de las vigas para poder obtener el PUSHOVER y verificar el rango de seguridad que tiene la estructura del Parqueadero Municipal del Gobierno Autónomo Descentralizado de Ambato, de la calle Cuenca y Montalvo.

En la normativa ASCE 41 -13. Evaluación Sísmica y Reforzamiento de Edificios Existentes En la figura 10 se presenta los criterios de aceptación, la respuesta lineal es representado por el tramo AB, en el punto A indica el comportamiento descargado del elemento, desde el punto A hasta el B se genera un rendimiento efectivo. La recta BC representa la deformación por endurecimiento, produciendo una disminución de fuerza durante el tramo CD. Por último, desde el punto D hasta el punto E, el elemento presenta reducción de fuerza considerable, en consecuencia, la resistencia del elemento finalmente es cero, la recta DE se le conoce como resistencia residual. Todos estos valores se representan numéricamente en función del tipo de elemento, confinamiento y características geométricas y estructurales.

Para modelar los puntos del diagrama la norma ASCE 41-13 establece los valores de a y b indicados en la figura 10, que representan la deformación que ocurre después de

la fluencia, es decir la deformación inelástica, el valor de c que representa la resistencia reducida.

Ilustración 1: Criterios de aceptación según ASCE 41



FUENTE: ASCE 41

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis y discusión de los resultados

4.4.1 Vulnerabilidad sísmica Método Cualitativo

4.1. Formato de evaluación FEMA 154.

Los formatos realizados por la FEMA 154 son de libre acceso, con estos formatos se realizó la visita alrededor y en el interior de la edificación en estudio, con la finalidad de efectuar una inspección rápida visual, para identificar algunos parámetros que nos solicitan en estos formularios y así poder obtener un puntaje de vulnerabilidad, se utilizó los formularios de nivel 1 y nivel 2 de la FEMA, por la ubicación de la ciudad de Ambato se tomó los formularios de ALTA SISMICIDAD, dichos formatos se anexan en el presente trabajo.

Descripción del Formulario Nivel 1:

En la parte superior izquierda es necesario colocar una fotografía, en la parte superior derecha se indica datos generales donde está ubicada la edificación, el número de pisos, el año de construcción, el tipo de ocupación, la superficie total del terreno, el tipo de suelo, si existe riesgos geológicos, a continuación, se detalla los parámetros que se consideró necesarios para el formulario de nivel 1.

Selección de parámetros:

- **Tipología del sistema estructural:**

El Parqueadero Municipal ubicado en la calle Cuenca y Montalvo, presenta un sistema estructural de concreto armado, el mismo que está conformado por pórticos especiales sismos resistentes de hormigón armado y vigas descolgadas. Para información que va a hacer ingresada en el formulario nivel 1 consideramos la denominación C1, la misma que representa a edificio con pórtico de hormigón resistente a momento, el mismo que tiene una puntuación básica de 1.5 como se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1: Tipología del sistema estructural FEMA 154

TIPO DE SISTEMA ESTRUCTURAL	
W1	Estructuras de madera ligera una o más viviendas de una o más plantas.
W1A	Edificios residenciales de madera ligera de varias unidades y varios pisos, el área de cada piso de más de 3000 pies cuadrados.
W2	Edificios comerciales e industriales con pórtico de madera con una superficie de más de 5000 pies cuadrados.
S1	Edificios con pórticos de acero resistentes a momentos.
S2	Edificios arriostrados con pórticos de acero.
S3	Construcciones livianas de metal.
S4	Edificios con pórticos de acero con muros de corte de hormigón colado.
S5	Edificios con estructuras de acero con paredes de relleno de mampostería no reforzado.
C1	Edificios con pórticos de hormigón resistente a momentos.
C2	Edificios de muros de corte de hormigón.
C3	Edificios con pórticos de hormigón con paredes de rellenos de mampostería no reforzada.
PC1	Edificios inclinados.
PC2	Edificios prefabricados de hormigón armado.
RM1	Edificios de mampostería reforzados con diafragmas flexibles.
RM2	Edificios de mampostería reforzados con diagramas rígidos.
URM	Edificios de muros de mampostería no reforzados.
MH	Vivienda prefabricada.

FUENTE: FEMA 154

Tabla 2: Tipo de edificio y puntaje básico formulario nivel 1

NOTA DE BASE, MODIFICADORES, Y ULTIMA PUNTUACIÓN NIVEL 1, SL1																		
FEMA TIPO DE EDIFICIO	No	W1	W1A	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	MH
Sabemos					(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	(URMIN F)	(MRF)	(SW)	(URMI NF)	(TV)		(FD)	(RD)		
Puntaje Basico		3,6	3,2	2,9	2,1	2	2,6	2	1,7	1,5	2	1,2	1,6	1,4	1,7	1,7	1	1,5

FUENTE: FEMA 154

- **Altura:**

Se observó en la vista preliminar que la edificación cuenta con 5 niveles sobre el nivel del piso, y no cuenta con niveles inferiores, cada piso tiene una altura de 3.42m.

- **Tipo de suelo:**

Se observó la memoria de cálculo de la edificación y el suelo encontrado en la estructura coincide como un suelo tipo D según el formulario de la FEMA 154.

- **Irregularidades Verticales:**

Según el Anexo 3 donde se describe la Guía de referencia de irregularidades, el parqueadero municipal posee una irregularidad severa denominada columna corta, debido a que las paredes acortan la altura libre de la columna, por tal motivo esta estructura es penalizada según la FEMA 154 con una puntuación de -0.9, mismo valor que será restado del puntaje básico del formulario nivel 1.



- **Irregularidades Planta:**

Según el Anexo 4 donde se describe la Guía de referencia de irregularidades, el parqueadero municipal no presenta irregularidades en planta, por lo que no se marca en el formulario de este parámetro.

Tabla 3: Formulario de Nivel 1 de Inspección Visual Rápido FEMA 154

Exploración rápida visual de los edificios para los posibles riesgos sísmicos
FEMA P-154 Formulario de Recolección de Datos

Nivel 1
ALTA Sismicidad

BOSQUEJO

Dirección: CUENCA Y MONTALVO
Código Postal: 180103

Otra Identificación:

Nombre del Edificio: PARQUEADERO MUNICIPAL DE AMBATO
Uso: PARQUEADERO
Latitud: 1°14'24" S **Longitud:** 78°37'48" W
Ss: S1

Inspector(s): DIEGO LUCIO **Fecha/Hora:** 09 / 10 / 2021

No. Pisos: 5 **Niveles superiores:** 4 **Niveles inferiores:** 1 **Año de Construcción:** 2018
Superficie total del Suelo (sq. Ft.): 13013.57 **Código año:** 2015

Adiciones: Ninguna Sí, Años Construcción:

Ocupación:
 Asamblea Comercial Ser. Emergencia Histórico Albergue
 Industrial Oficina Escuela Gobierno
 Utilidad Almacén Residencial, # Unid.: 1

Tipo de Suelo:
 A B C D E F No sé
 Roca Roca Suelo Suelo Suelo Suelo Si No sabe, asumir Tipo D.
 Dura Débil Denso Duro Blando pobre

Riesgos Geológicos: Lickefacción: No sé Deslizamientos: No sé No sé Rup. Superf.: No sé

Adyacencia: Golpes Peligro de Caída del Edificio Adyacente
Irregularidad: Vertical (tipo/severidad) COLUMNA CORTA
 Planta (tipo) _____
 y una abertura en la losa en el área de la escalera.

Peligros: Chimeneas sin soporte lateral Revestimiento pesado o enchapado de madera pesada
Caída de Exterior: Parapetos Apéndices
 Otros:

COMENTARIOS:
 En las irregularidades verticales, se refiere al llenado de mampostería entre columnas, en vista que esta acción conlleva a formar columnas cortas.

Dibujos Adicionales o comentarios en pagina separada.

NOTA DE BASE, MODIFICADORES, Y ULTIMA Puntuación NIVEL 1, SL1																		
FEMA TIPO DE EDIFICIO	No Sabemos	W1	W1A	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 (URMI F)	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 (URMI NF)	PC1 (TV)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	MH
Puntaje Basico	3,6	3,2	2,9	2,1	2	2,6	2	1,7	1,7	0,5	2	1,2	1,6	1,4	1,7	1,7	1	1,5
Irregularidad Vertical Grave, VL1	-1,2	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0	-1,1	-1,0	-0,8	-0,9	-1,0	-0,7	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7	NA
Irregularidad Vertical Moderada, VLI	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,4	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	NA	
Irregularidad de planta, PLI	-1,1	-1,0	-1,0	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,5	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,4	NA	
Pre-Código	-1,1	-1,0	-0,9	-0,6	-0,6	-0,8	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,5	-0,3	-0,5	-0,5	0,0	-0,1	
Posterior-año de Referencia	1,6	1,9	2,2	1,4	1,4	1,1	1,9	NA	1,9	2,1	NA	2,0	2,4	2,1	2,1	NA	1,2	
Suelo Tipo A o B	0,1	0,3	0,5	0,4	0,6	0,1	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3	0,3	
Suelo Tipo E(1-3 Pisos)	0,2	0,2	0,1	-0,2	-0,4	0,2	-0,1	-0,4	0,0	0,0	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,4	
Suelo Tipo E(>3 Pisos)	0,3	-0,6	-0,9	-0,6	-0,6	NA	-0,6	-0,4	-0,5	-0,7	-0,3	NA	-0,4	-0,5	-0,6	-0,2	NA	
Puntaje Mínimo Sum	1,1	0,9	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	1,0	

FINAL PUNTAJE NIVEL 1, SL1: SMIN

Alcance de Control

Exterior: Parcial Todos los Aéreo
 Ninguna Visible

Dibujo comentado: Sí No
 Memoria de Cálculo

Tipo de fuente de Suelo: _____
 Memoria de Cálculo

Tipo de fuente peligro Geológico: _____

Persona de Contacto: _____

INSPECCIÓN DEL NIVEL 2 REALIZADA ?

Sí, Final puntuación Nivel 2, S2: 1,0 No
 Peligros No estructurales: Yes No

OTROS RIESGOS

¿Hay peligros que provocan una evaluación detallada estructural?

Golpeado potencial (a menos de 50' línea de corte se conoce)
 Riesgo de caída de mas edificios altos adyacentes

Riesgos Geológicos o Tipo de Suelo dañados significativos / deterioro al sistema estructural.

ACCION REQUERIDA

Evaluación detallada estructural requerida?

Si, tipo de edificio desconoce FEMA u otro edificio.
 Si, el resultado da menos que el de corte
 Si, si presentan otros peligros.
 No

Evaluación detallada no estructural recomendada?

Si, los peligros no estructurales identificados que deben ser evaluados
 No, existen peligros no estructurales que pueden requerir la mitigación, sino una evaluación detallada no es necesaria
 No, no hay peligros no estructurales identificados. No sé

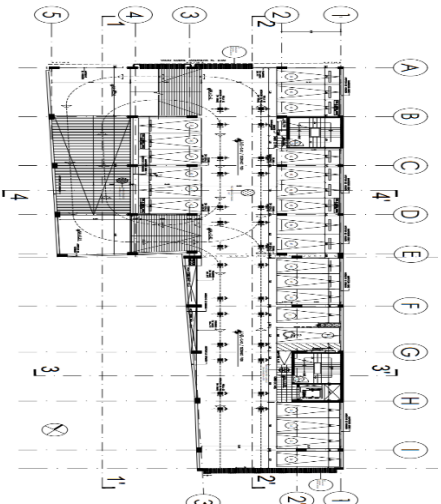

ELABORADO: DIEGO LUCIO

Tabla 4: Formulario de Nivel 2 de Inspección Visual Rápida FEMA 154

Exploración rápida visual de los edificios de posibles riesgos sísmicos.		Nivel 2 (Opcional)		
FEMA P-154 Formulario de Recolección de Datos.		Alta sismicidad		
La recopilación de datos de nivel 2 apropiada se realiza por el profesional de la ingeniería del estructuralista, al ser aplicable a un caso de irregularidad con respecto a este rubro y el diseño de edificios sísmicos.				
Nombre edificio:	PARQUEADERO MUNICIPAL	Puntaje Final Nivel 2:	0.6 [no se considera 5/10]	
Inspector:	DIEGO LUCIO	Modificadores de irregularidad Nivel 1:	Vertical Irregularity, V ₁ = -0.9 Irregularidad planta, P ₁ = 0	
Fecha/Hora:	09/10/2021 09:30	PUNTAJE BASE AJUSTADO:	(P ₁ + V ₁) / 1.5 = 1.5	
MODIFICADORES ESTRUCTURAL PARA AGREGAR A LA PUNTAJACIÓN DE REFERENCIA AJUSTADA				
Tema	Declaración (Si la declaración es verdad, encierre el modificador en un círculo "SI", sino tachar el modificador)	SI	Subtotales	
Irregularidad Vertical, V ₁	Pendientes	Edificio W1: Hay por lo menos un completo cambio de grado de piso desde el lado del edificio al otro.	-1.0	V ₁ = -0.5 (Cap et -1.2)
	Vertical, V ₁	No edificio W1: Hay por lo menos un completo cambio de grado de piso desde el lado del edificio al otro.	-0.0	
		Piso	Edificio W1 pared baja: Una pared baja sin refuerzo es visible en el espacio de rastreo.	
	Y/o blando (máximo encierre en un círculo)	W1 casa de garaje: Debajo de un piso que ocupa, hay una abertura de garaje sin un marco de acero y de momento hay menos de 20 cm de pared en la misma línea para múltiples pisos ocupados anteriormente, utilizar 40 cm mínimo de pared.	-1.0	
		W1 Un edificio abierto de frente: Hay aberturas en el suelo de los pisos (como para el estacionamiento) en por lo menos 50% de la longitud del edificio.	-1.0	
	Caidas	No edificio W1: Longitud del sistema lateral en cualquier piso es menor que 50% del piso superior o la altura de cualquier piso es más de dos veces la altura del piso superior.	-0.0	
		No edificio W1: Longitud del sistema lateral en cualquier piso es entre el 50% y el 75% de las del piso superior o la altura de cualquier piso es entre 1.3 y 2.0 veces la altura del piso superior.	-0.5	
		Elementos verticales del sistema lateral en un piso superior están por fuera de los del piso de abajo haciendo el desplazamiento en el diafragma a voladizo.	-0.0	
	Corta	Elementos verticales del sistema lateral en plantas superiores están por dentro de los que están en pisos inferiores.	-0.5	
		Hay un desplazamiento de los miembros laterales que es mayor que la longitud de los miembros en el plano.	-0.0	
Dividido	Columna/Pilar C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: Al menos 20% de columnas (o pilares) a lo largo del eje de la columna en el sistema lateral tienen relaciones altura/ancho de menos de 50% de la relación altura/ancho nominal a ese nivel.	-1.5		
	C1, C2, C3, PC1, PC2, RM1, RM2: El ancho de la columna (o ancho de pilar) es menos de la mitad del ancho de la junta o hay paredes adyacentes o suelos de relleno que apoyan la columna.	-0.5		
Otros	Hay un nivel de división en uno de los niveles de piso o en el techo.	-0.5		
Irregularidad	Hay otra irregularidad grave vertical observable que obviamente afecta el comportamiento sísmico del edificio.	-1.0	V ₁ = -0.5 (Cap et -1.2)	
Irregularidad Planta, P ₁	Hay otra irregularidad vertical moderada observable que pueda afectar el comportamiento sísmico del edificio.	-0.5		
Exceso	Sistema lateral no aparece relativamente bien distribuido en planta en cualquier o ambas direcciones. (No incluye la irregularidad frente abierto (W1A) enumerados externamente).	-0.0	P ₁ = 0 (Cap et -1.1)	
	Sistema no paralelo: Hay uno o más principales miembros verticales del sistema lateral que no son ortogonales entre sí.	-0.0		
	Baquina reentrante: Ambas proyecciones, desde la esquina interior superior al 25% de la dimensión global del plan en esa dirección.	-0.0		
	Abertura de diafragma: Hay una abertura en el diafragma con una anchura de más de 50% del total al ancho de diafragma en ese nivel.	-0.0		
	Edificio C1, C2 desplazado fuera del plano: Las vigas exteriores no se alinean con las columnas en el plano.	-0.0		
	Otra irregularidad: Hay otra irregularidad plana observable que obviamente afecta el comportamiento sísmico de los edificios.	-0.0		
Golpeando	El edificio tiene al menos dos tramos de elementos laterales en cada lado del edificio en cada dirección.	0.0	M = 0	
	El edificio se separa de una estructura adyacente en menos del 1% de la altura de la más corta del edificio y estructura adyacente y:	Las plantas no se alinean verticalmente dentro de 60 cm (Cap total golpeo o modificadores de -1.2)		
Edificio S2	El edificio es de 2 o más pisos más alto que el otro.	-1.0		
Edificio C1	El edificio se encuentra al final del bloque.	-0.0		
Edificio PCL/RM1	"K" geometría de arriostramiento es visible.	-1.0		
Edificio PCL/RM1	Placa plana sinu como la viga en el marco de momento.	-0.0		
Edificio PCL/RM1	There are roof-to-wall ties that are visible or known from drawings that do not rely on cross-grain bending (Do not combine with post-bench mark or retrofit modifier).	0.0		
PCL/RM1 Bldg	El edificio tiene espacios estrechos, alturas llenas de las paredes interiores (en lugar de un espacio interior con algunas paredes interiores como en un ático).	0.0		
URM	Cablatas de paredes están presentes.	-0.0		
MH	Hay un sistema de soporte sísmico suplementario proporcionado entre el carro y el suelo.	1.0	M = 0	
Reforzamiento	Reforzamiento sísmico desigual es visible o conocido a partir de dibujos.	1.0		
PUNTAJACIÓN FINAL NIVEL 2: S_{L2} = (S₁ + V_{L2} + P_{L2} + M) ≥ S_{MIN}		(Trasladado al formulario del nivel 1)		
Hay un daño o deterioro observable u otra condición que afecta negativamente al comportamiento sísmico del edificio: <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO				
En caso afirmativo, describir la condición en el cuadro de comentarios a continuación e indicar en el formulario de nivel 2 que la evaluación detallada se requiere antes independiente de los edificios.				
PELIGROS NO ESTRUCTURALES OBSERVABLES 1.5 - 0.5 = 1.0				
Ubicación	Declaración (Marque "SI" o "NO")	SI	NO	
Exterior	Hay un parapeto de mampostería no reforzada no arriostrado o chimenea de mampostería no reforzada no arriostrado.		X	
	Hay revestimiento pesado o enchapado pesado.		X	
	Hay una gran cubierta sobre las puertas de salida o pasarelas de peatones que parece apoyado de manera adecuada.		X	
	Hay un acceso de mampostería no reforzada sobre las puertas de salida o zonas peatonales.		X	
	Hay un letrero en el edificio que indica los materiales peligrosos están presentes.		X	
	Hay un edificio URM adyacente más alto con una pared no anclada o parapeto URM no arriostrado o chimenea.		X	
	Otros riesgos de caída exterior no estructural observado.		X	
Interior	Hay teja de bomo o ladrillo hueco particiones en cualquier escalero o salida pasillo.		X	
	Otros peligros no estructurales interiores que caen observados.		X	
Rendimiento sísmico estimado para no estructural (Marque la casilla apropiada y traslado al Nivel 1 del formulario conclusiones):				
<input type="checkbox"/> Peligros no estructurales potenciales con amenaza significativa para la seguridad de la vida del inquilino - Detallado no estructural evaluación recomendado				
<input type="checkbox"/> Peligros no estructurales identificados con amenaza significativa para la seguridad de la vida de los ocupantes - Detallado no estructural evaluación necesaria.				
<input checked="" type="checkbox"/> Baja o ninguna amenaza de peligro estructural de seguridad de la vida del ocupante - Detallado no estructural No se requiere evaluación				

ELABORADO: DIEGO LUCIO

Tabla 5: Evaluación visual rápida de vulnerabilidad sísmica de edificaciones

EVALUACION VISUAL RAPIDA DE VULNERABILIDAD SISMICA DE EDIFICACIONES													
				DATOS DE EDIFICACION:									
				Dirección: Cuenca y Montalvo									
				Nombre de la edificación: Parqueadero Municipal de Ambato									
				Sitio de referencia: Casco Central de Ambato									
				Tipo de uso: Comercial					Fecha de evaluación: 09/10/2021				
				Año de construcción: 2016					Año de remodelación:				
Área construida en m2: 1209.00					Numero pisos: 6								
DATOS DEL PROFESIONAL													
Nombre del evaluador: Diego Lucio													
C.I. 1803856598													
Registro senescyt: 1010-13-1206025													
Fotografía:													
													
TIPOLOGIA DEL SISTEMA ESTRUCTURAL													
Madera	W1	Pórtico Hormigón Armado			C1	Pórtico acero laminado			S1				
Mampostería sin refuerzo	URM	Pórtico H. Armado con muros estructurales			C2	Pórtico acero laminado con diagonales			S2				
Mampostería reforzada	RM	Pórtico H. Armado con mampostería confinada sin refuerzo			C3	Pórtico acero doblado en frío			S3				
Mixta acero-hormigón o mixta madera-hormigón	MX					Pórtico acero laminado con muros estructurales de hormigón armado			S4				
			H. Armado prefabricada			PC	Pórtico acero con paredes mampostería			S5			
PUNTAJES BASICOS, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL S													
Tipología del sistema estructural	W1	URM	RM	MX	C1	C2	C3	PC	S1	S2	S3	S4	S5
Puntaje básico	4.4	1.8	2.8	1.8	2.5	2.8	1.6	2.4	2.6	3	2	2.8	2
ALTURA DE EDIFICACIÓN													
Baja altura (menor a 4 pisos)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mediana altura (4 a 7 pisos)	N/A	N/A	0.4	0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	N/A	0.4	0.4
Gran altura (mayor a 7 pisos)	N/A	N/A	N/A	0.3	0.6	0.8	0.3	0.4	0.6	0.8	N/A	0.8	0.8
IRREGULARIDAD DE LA EDIFICACION													
Irregularidad vertical	-2.5	-1.0	-1.0	-1.5	-1.5	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.5	-1.5	-1.0	-1.0
Irregularidad en planta	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
CODIGO DE LA CONSTRUCCION													
Pre-código (construido antes de 1977) o autoconstrucción	0.0	-0.2	-0.1	-1.2	-1.2	-1.0	-0.2	-0.3	-1.0	-0.8	-0.8	-0.8	-0.2
Construido en etapa de transición (entre 1977 y 2001)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Postcódigo moderno (construido a partir del 2001)	1.0	N/A	2.8	1.0	1.4	2.4	1.4	1.0	1.4	1.4	1.0	1.6	1.0
TIPO DE SUELO													
Tipo de suelo C	0.0	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
Tipo de suelo D	0.0	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4
Tipo de suelo E	0.0	-0.8	-0.4	-1.2	-1.2	-0.8	-0.8	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-0.8
PUNTAJE FINAL, S													
					2.20								
GRADO DE VULNERABILIDAD SISMICA													
S < 2,0	Alta vulnerabilidad, requiere evaluación especial												
2,0 > S > 2,5	Media vulnerabilidad					X							
S > 2,5	Baja vulnerabilidad												
										Firma responsable Evaluación			
OBSERVACIONES. –													
El resultado que se obtuvo del formato elaborado por la NEC 15, indica una media vulnerabilidad de la edificación.													

ELABORADO: DIEGO LUCIO

4.2 Resultados de la evaluación cualitativa

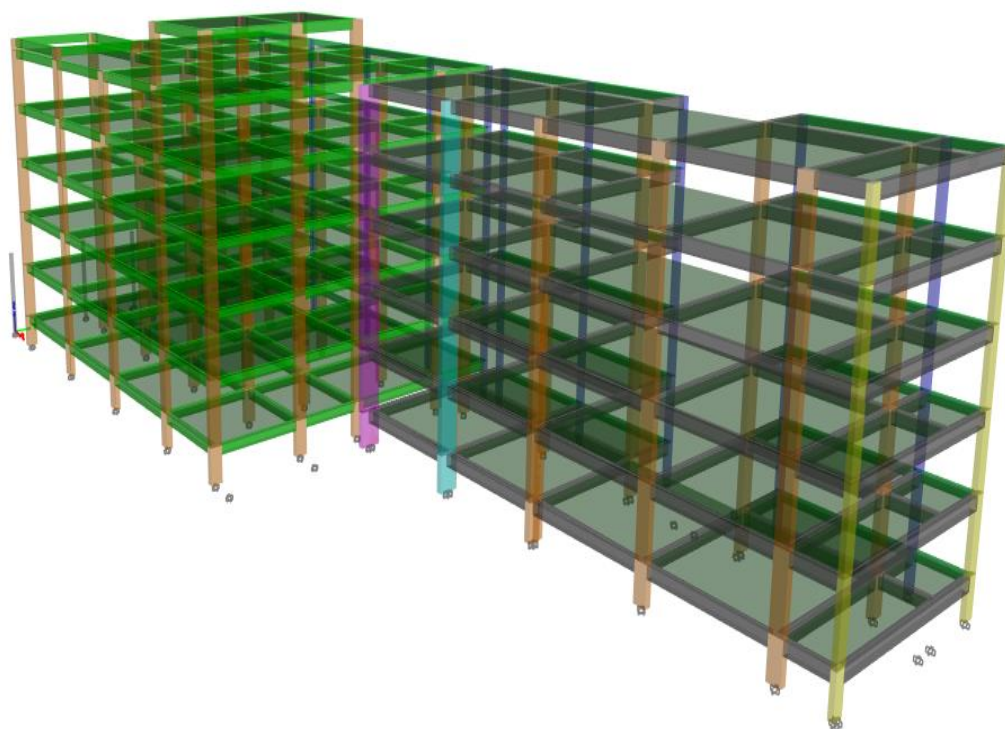
Es importante indicar que los valores de puntaje obtenidos de Final S bajos representan que la estructura posee una alta probabilidad de falla ante un evento sísmico, motivo por el cuál es recomendable evaluar de una forma más detalla a través de programas y herramientas de calculo que permita determinar la vulnerabilidad sísmica real que tiene la edificación.

En los formularios Nivel 1 de la Fema 154, se le asigno un puntaje de 0.6 y con el formulario de la NEC 2015 un puntaje de 2.2, por lo que se concluye que la edificación tiene un grado de **VULNERABILIDAD MEDIO**.

Los parámetros que afectan el grado de vulnerabilidad en el formulario de la FEMA 154 es la presencia de columna corta debido a las paredes que acortan la altura libre de la columna y en el formulario de la NEC 2015 los parámetros que afectan es la irregularidad vertical y el suelo tipo D restando al puntaje básico.

4.3 Análisis sísmica Método Cuantitativo

Ilustración 2: Modelado parqueadero municipal de Ambato



ELABORADO: DIEGO LUCIO

4.4 Análisis lineal de la estructura en condiciones actuales

Para realizar este método, no apoyamos de un programa computacional como es el ETABS 2019, con la finalidad de procesar la información recopilada en territorio y realizar un análisis lineal de la edificación que se estudió.

4.4.1 Definición de Materiales.

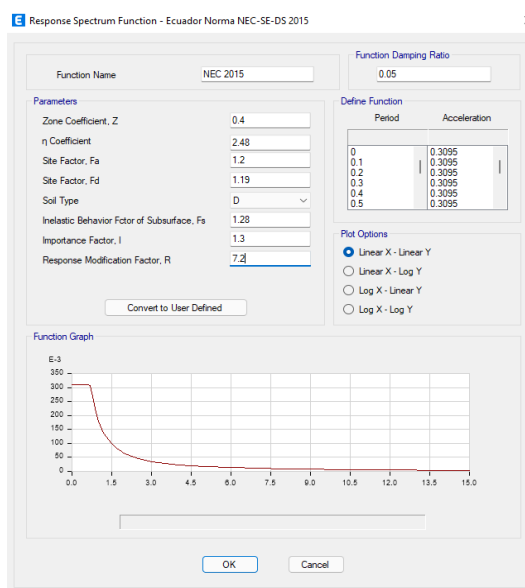
Una vez que se realizó los ensayos esclerómetros necesarios en la edificación se obtuvo un valor promedio que se menciona en la sección anexos, el valor tomado para la resistencia a la fluencia del acero f_y se tomó un valor de acero corrugado vigente en el mercado para elementos estructurales. Quedando los materiales definidos de la siguiente manera.

- Hormigón $f'_c=240 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad del Hormigón: $13100 * \sqrt{f'_c}$
- Acero de refuerzo $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$
- Acero del perfil metálico A36 $f_y: 2530 \text{ kg/cm}^2$

4.4.2 Definición del Espectro de respuesta sísmica

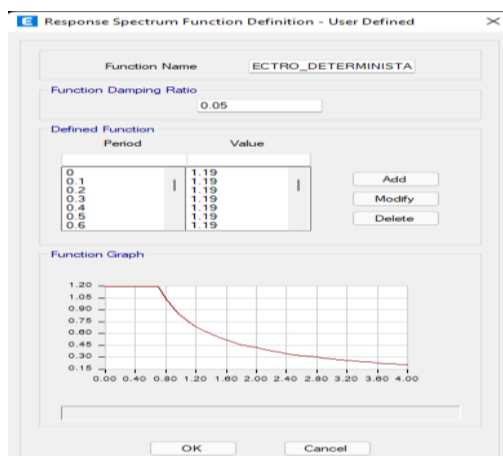
Se realizó la definición de dos espectros, el primero un espectro considerado por la NEC 2015 que se define con valores propuestos de la norma, además se colocó un espectro determinista mediante el cual se ingresa un archivo con valores ya establecidos.

Ilustración 3: Espectro de respuesta sísmica NEC 2015



ELABORADO: DIEGO LUCIO

Ilustración 4: Espectro determinista



ELABORADO: DIEGO LUCIO

4.5 Análisis Estático No Lineal

Se realizará un Análisis Estático No Lineal con la finalidad de obtener la curva de capacidad de la estructura, así como determinar el punto de desempeño de la estructura en estudio, para los distintos niveles de amenaza sísmica establecidos en la Normativa Ecuatoriana de la construcción. El punto de desempeño se conocerá utilizando el método incremental.

4.5.1 Asignación de Rótulas Plásticas.

Es necesario definir las secciones de cada uno de los elementos estructurales que componen la infraestructura en estudio, así como el armado de aceros que tienen los mismos.

4.5.2 Cálculo de longitud de Rótulas Plásticas.

Para definir la longitud de la rótula plástica tanto en vigas como en columnas se utilizará la expresión propuesta Paulay y Priestley en 1992 que es la siguiente:

$$L_p = 0.08 * L + 0.002 * d_b * f_{yd}$$

Donde:

L = Es la luz libre del elemento (m).

d_b = Es el diámetro menor de la armadura longitudinal principal de flexión (m).

f_{yd} = Esfuerzo de fluencia del acero (Mpa).

En la siguiente tabla se presenta el valor calculado en porcentaje que se inserta en el software Etabs 2019.

Tabla 6: Longitud de rótula plástica en vigas

VIGAS EN EL SENTIDO X				
Ubicación	Distancia entre ejes (m)	Lp (m)	Li %	Lr %
A' - A	3.74	0.3140	0.0840	0.9160
A - B	7.50	0.6000	0.0800	0.9200
B - C	7.50	0.6000	0.0800	0.9200
C - D	7.50	0.6000	0.0800	0.9200
D - E	6.00	0.4800	0.0800	0.9200
VIGAS EN EL SENTIDO Y				
EJE 1-2	4.70	0.3760	0.0800	0.9200
EJE 2-3	7.15	0.5720	0.0800	0.9200
EJE 3-4	4.73	0.3784	0.0800	0.9200
EJE 4-5	6.45	0.5160	0.0800	0.9200

ELABORADO: DIEGO LUCIO

Tabla 7: Longitud de rótulas plásticas en columnas

COLUMNAS			
Altura entre piso (m)	Lp (m)	Li %	Lr %
3.42	0.2884	0.0843	0.9157

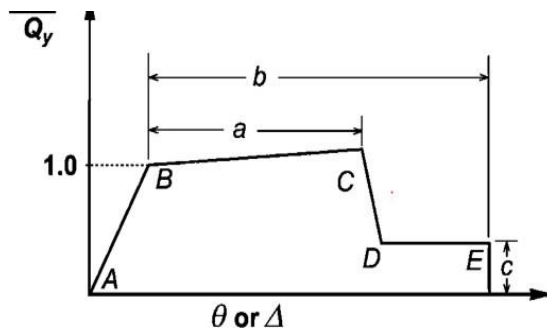
ELABORADO: DIEGO LUCIO

Las columnas son consideradas como un elemento que resiste a una carga de flexo – compresión, las condiciones se establece el en ASCE 41-13 en la tabla 10-8 en el ítem ii, en este ítem se refiere a la falla por flexión – cortante en donde se espera una flexión cedente antes de la falla por cortante. El cortante se calcula a partir de una carga gravitacional No Lineal y se utiliza las longitudes calculadas en la tabla 6 para cada rótula.

4.5.1 Diagrama momento – rotación.

Se calcula los diagramas momento rotación para cada uno de los elementos estructurales como especifica en la Norma ASCE 41-13, con los resultados obtenidos verificaremos el comportamiento de las rótulas plásticas en el software ETABS 2019.

Ilustración 5: Puntos de control de las rótulas plásticas



FUENTE: ASCE 41

4.5.4 Definición de Rótula Plástica para los elementos más críticos de la estructura.

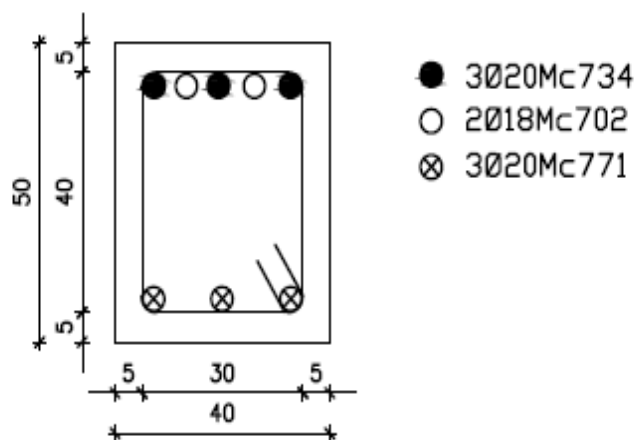
Es importante indicar que se elaboró hojas de cálculo en Excel para poder comprender de mejor manera como datos son necesarios para llevar a obtener valores reales de rótulas plásticas.

4.5.5 Viga Crítica datos ingresados en Excel.

Se identificó a la viga más crítica de la estructura, la misma que se encuentra entre el eje B – C con unas dimensiones de 40x50 y una longitud de 7.90m, para conocer en que parámetros y criterios para reforzamientos se utilizó la Tabla 10-7 de la ASCE 41-13, obteniendo los siguientes resultados.

La viga en estudio tiene la siguiente armadura:

Ilustración 6: Armado de la viga crítica



FUENTE: PLANOS ESTRUCTURALES GADMA

Es importante indicar que la condición principal para el control de vigas por flexión en la Tabla 10-7 de ASCE41-13, indica:

$$C1 = \frac{p - p'}{p_{bal}}$$

Tabla 8: Rótula plástica viga B-C

Rotula plastica		
Ec	195198	kg/cm2
Iv	213333	cm4
My	14.34	t-m
rot y	0.00453	rad
cond 1	0.0000	
cond 2	11.0	NC
cond 3	10.91	NC
cond 4	0.13	
rot u	0.02953	rad
Mu	16.94	t-m
Mr	2.87	t-m
rot r	0.05453	rad
Duct	6.51	

ELABORADO: DIEGO LUCIO

Se calcula que la condición 2 reforzamiento transversal es (No conforme) en vista que no cumple con los espaciamientos mínimos de los estribos colocados en esta viga.

Con los cálculos ingresados anteriormente y una vez que se realice la interpolación necesaria, se llega a obtener estos resultados

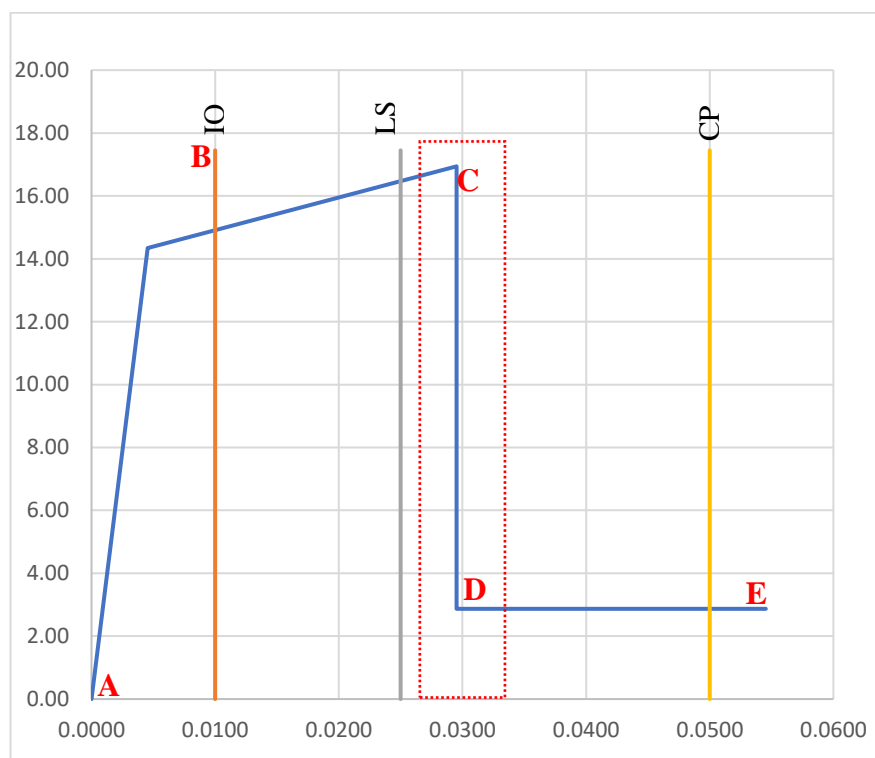
Tabla 9: Resultados de interpolación

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>IO</i>	<i>LS</i>	<i>CP</i>
0.00	0.0200	0.0300	0.2000	0.0050	0.0200	0.0300
0.50	0.0100	0.0150	0.2000	0.0050	0.0100	0.0150
0.00	0.020000	0.030000	0.200000	0.005000	0.020000	0.030000

ELABORADO: DIEGO LUCIO

Para poder comprender de mejor manera los resultados de ductilidad de la viga más crítica que se encuentra en esta infraestructura se detalla a continuación:

Ilustración 7: Diagrama de los puntos notables A, B, C, D y E (Ductilidad de la viga crítica)



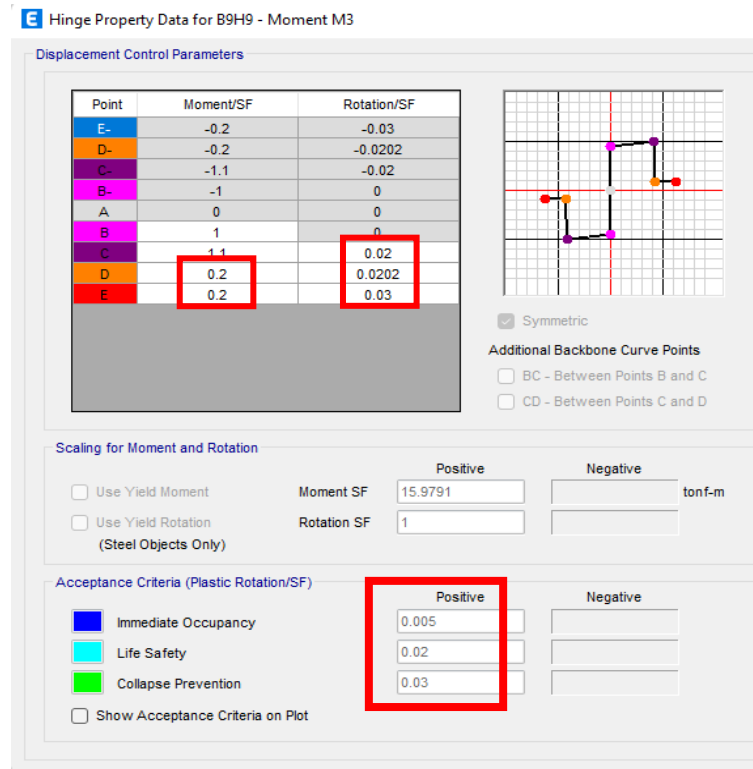
ELABORADO: DIEGO LUCIO

La viga B – C se encuentran entre los criterios de aceptabilidad LS (Seguridad de vida) y CP (Prevención de colapso), por lo que podemos definir que está ductilidad de la viga es buena y lo corroboramos en nuestra hoja de cálculo donde la ductilidad tiene un valor de 5.41 que es mayor a 4.00 que permite la normativa.

4.5.6 Viga Crítica datos ingresados en Etabs 2019.

La información recolectada en planos, memorias de cálculo, ensayos en obra, se ingresa a un programa computacional, con la finalidad de verificar y obtener valores similares a los resultados de la hoja de cálculo, alcanzando los siguientes resultados:

Ilustración 8: Definición del momento – rotación Viga Crítica



ELABORADO: DIEGO LUCIO

4.5.7 Comparación de resultados para la Viga Crítica datos ingresados en Excel, así como en Etabs 2019.

Tabla 10: Comparación de resultados en la viga crítica

PARAMETROS	EXCEL	ETABS
a	0.0200	0.0202
b	0.0300	0.0300
c	0.2000	0.2000
IO	0.0050	0.0050
LS	0.0200	0.0200
CP	0.0300	0.0300

ELABORADO: DIEGO LUCIO

4.5.8 Columna Crítica datos ingresados en Excel.

Se identificó a la columna más crítica que se encuentra en la infraestructura, que está ubicado en el eje B3, dicha columna corresponde a un tipo “C2”.

La columna en análisis tiene la siguiente armadura:

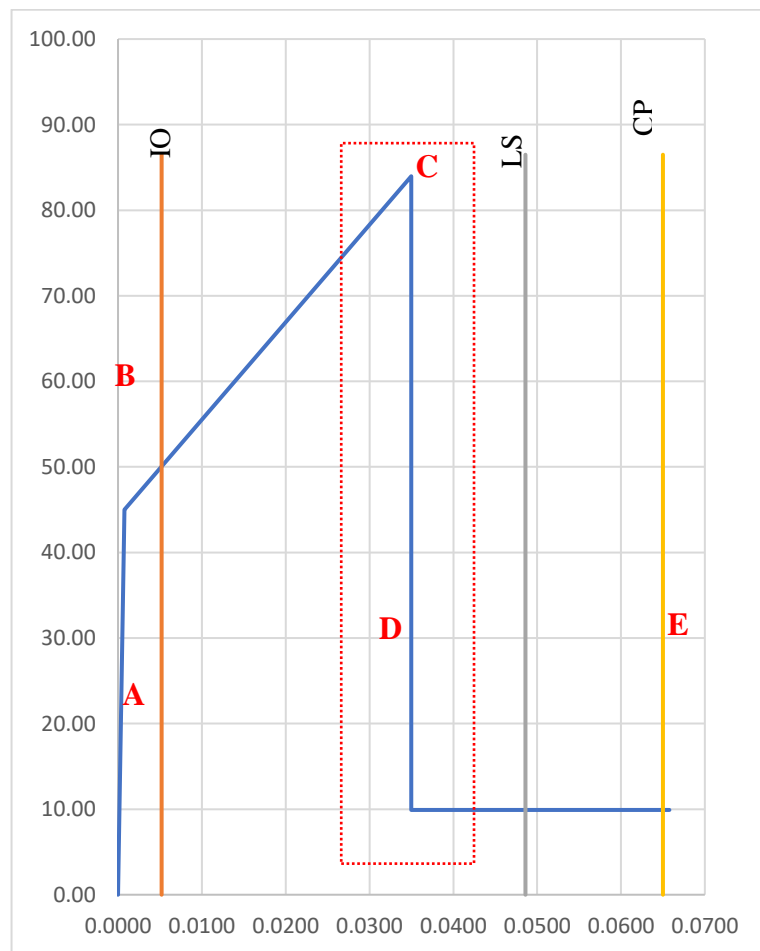
Tabla 12: Resultados interpolación

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>IO</i>	<i>LS</i>	<i>CP</i>
0.10	0.0320	0.0600	0.2000	0.0050	0.0450	0.0600
0.60	0.0100	0.0100	0.0000	0.0030	0.0090	0.0100
0.05	0.0342	0.0650	0.2200	0.0052	0.0486	0.0650

ELABORADO: DIEGO LUCIO

Para poder comprender de mejor manera los resultados de ductilidad de la columna más crítica que se encuentra en esta infraestructura se detalla a continuación:

Ilustración 10: Diagrama de los puntos notables A, B, C, D y E (Ductilidad de la columna crítica)



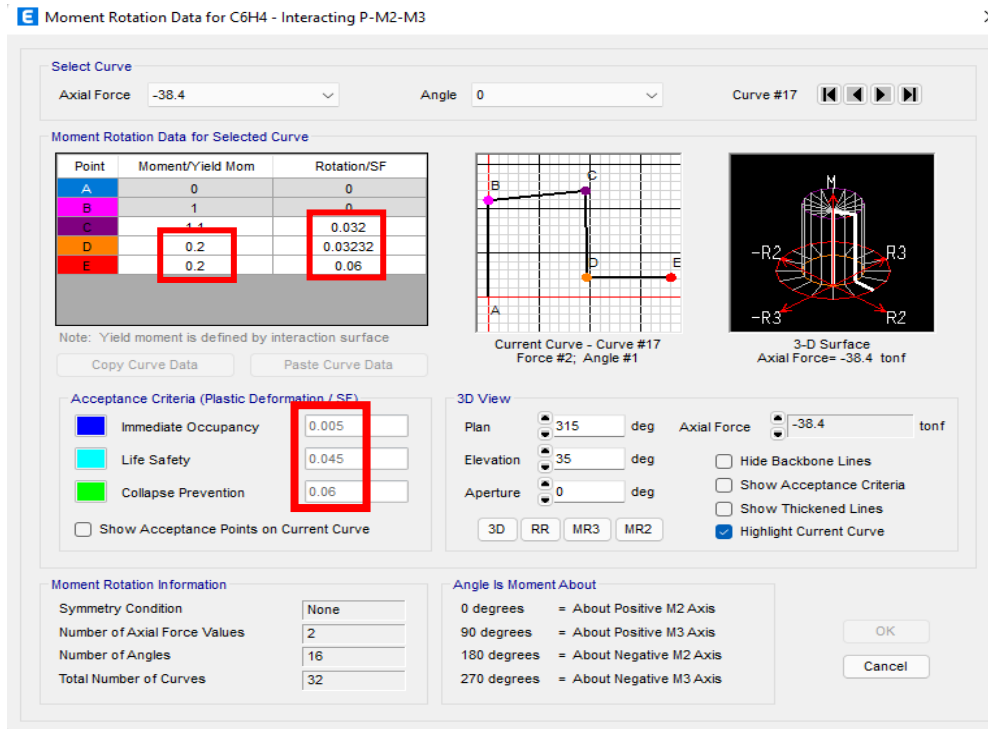
ELABORADO: DIEGO LUCIO

La columna B3 se encuentran entre los criterios de aceptabilidad IO (Ocupación Inmediata) y LS (Seguridad de vida).

4.5.9 Columna Crítica datos ingresados en Etabs 2019.

La información recolectada en planos, memorias de cálculo, ensayos en obra, se ingresa a un programa computacional, con la finalidad de verificar y obtener valores similares a los resultados de la hoja de cálculo, alcanzando los siguientes resultados:

Ilustración 11: Definición del momento – rotación columna crítica



ELABORADO: DIEGO LUCIO

4.5.10 Comparación de resultados para la Columna Crítica datos ingresados en Excel, así como en Etabs 2019.

Tabla 13: Comparación de resultados en columna crítica

PARAMETROS	EXCEL	ETABS
a	0.0342	0.0323
b	0.0650	0.0600
c	0.2200	0.2000
IO	0.0052	0.0050
LS	0.0486	0.0450
CP	0.0650	0.0600

ELABORADO: DIEGO LUCIO

4.6 Niveles de Amenaza Sísmica.

Para evaluar el desempeño de la estructura se define los niveles de amenaza sísmica, los cuales se representan como espectros de la NEC 2015, también se puede analizar con el espectro determinista con el período de retorno de 475 años que es catalogado como un sismo raro.

Los sismos se los puede clasificar según los niveles de peligro y el periodo medio de retorno como se representa en la siguiente tabla:

Tabla 14: Niveles de amenaza sísmica

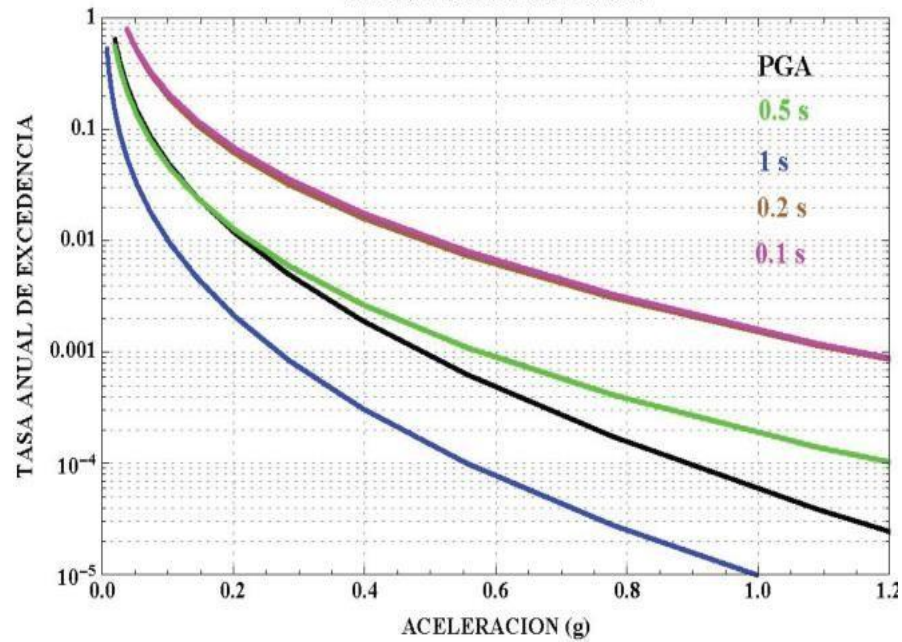
Nivel de sismo	Probabilidadde excedencia en 50 años	Periodo de retorno Tr (Años)	Tasa de excedencia (1/Tr)	PGA Rock AMBATO
Frecuente	50%	72	0.013889	0.20
Ocasional	20%	225	0.004444	0.31
Raro (Diseño)	10%	475	0.002105	0.40
Muy Raro	2%	2500	0.000400	0.65

FUENTE: NEC-SE-DS 2015

Los espectros para cada nivel de amenaza se lo hacen mediante las curvas de peligro sísmico probabilístico para la ciudad de Ambato que se especifican en la Norma Ecuatoriana de la construcción en el capítulo peligro sísmico, además de esta información también obtenemos las curva que relaciona la aceleración sísmica con la tasa anual de excedencia. En la siguiente figura se representa las curvas de peligro sísmico para la ciudad de Ambato:

Ilustración 12: Curvas de peligro sísmico, Ambato

Curvas de Peligro Sísmico para AMBATO (-1.25; -78.63) a diferentes Periodos Estructurales



FUENTE: NEC-SE-DS 2015

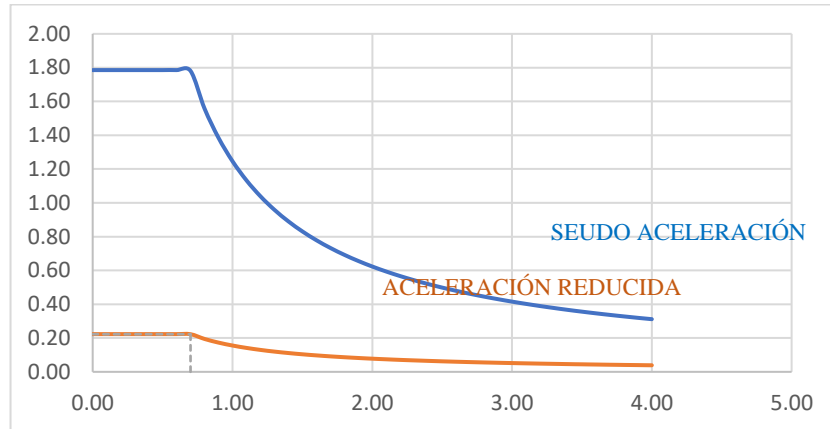
Para obtener los factores de sitio para cada nivel de amenaza se realiza el procedimiento de interpolación de los valores de las tablas de la sección 3.2.2 de la NEC-SE-DS, con el valor de aceleración y dependiendo del tipo de perfil de suelo, los valores obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 15: Factores de sismo.

Nivel de sismo	Suelo	n	Z	Factores de sitio		
				fa	fd	fs
Frecuente	D	2.48	0.20	1.500	1.535	1.040
Ocasional		2.48	0.31	1.290	1.344	1.126
Raro		2.48	0.40	1.200	1.190	1.280
Muy Raro		2.48	0.65	1.120	1.110	1.400

ELABORADO: DIEGO LUCIO

Ilustración 13: Seudo aceleración – aceleración reducida.



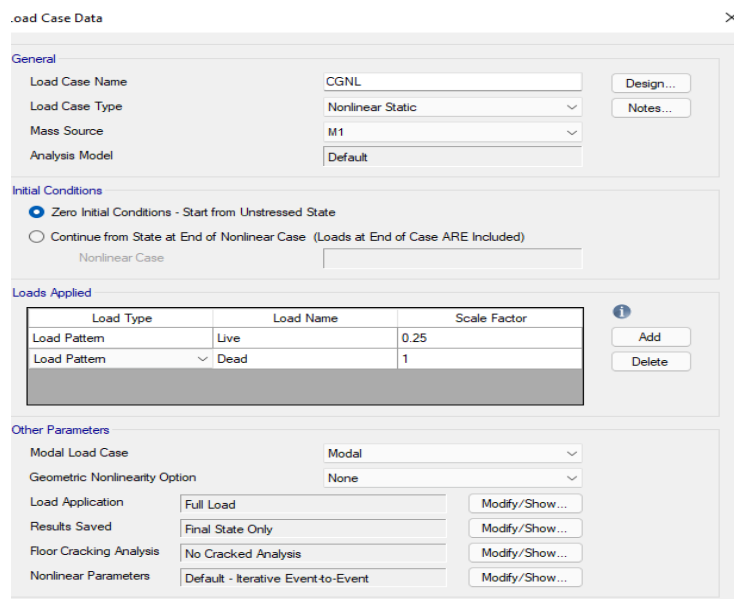
ELABORADO: DIEGO LUCIO

Los valores de la ilustración 13 se ingresa en el software ETABS, estos valores nos ayudaran a definir los espectros para cada nivel de amenaza sísmica.

4.6.1 Carga Gravitacional No Lineal.

Es necesario considerar el efecto inicial de las cargas gravitacionales mediante la cual la estructura es deformada antes de aplicar las cargas laterales producidas por el sismo, por lo que se establece un patrón de carga basados en la FEMA 356 en la sección 3.2.8 en donde se le considera como una carga gravitacional de tipo no lineal con una combinación del 100% de la carga muerta y un 25% de la carga viva.

Ilustración 14: Carga gravitacional no lineal.



ELABORADO: DIEGO LUCIO

4.6.2 Carga lateral no lineal.

Este tipo de carga inicia cuando se ha completado la deformación generada por la carga gravitacional no lineal. Por acciones de sismo se considera en los dos sentidos el análisis sobre la estructura, se toma en cuenta un patrón de carga en forma de triángulo invertido que se aplica hasta el colapso. Este tipo de carga está directamente relacionado con el peso de la estructura, así como en el número de pisos. El programa Etabs 2019 puede asignar estas cargas de manera inmediata y como dato principal necesita el cortante basal, por efecto de tener mejores resultados se ha realizado una tabla en Excel de las cargas que deben ser asignadas por cada piso, y estas cargas serán ingresadas al programa Etabs 2019 para que arroge resultados más precisos.

Tabla 16: Carga laterales no lineal.

<i>Piso</i>	<i>h</i>	<i>wi</i>	<i>h*wi</i>	<i>Vi</i>
4.00	13.68	1132.36	19363.42	367.60
3.00	10.26	1132.36	15490.74	294.08
2.00	6.84	1132.36	11618.05	220.56
1.00	3.42	1132.36	7745.37	147.04
SUBT	-3.42	1132.36	3872.68	73.52

ELABORADO: DIEGO LUCIO

4.7 Demandas.

Es necesario indicar los tipos de demanda que estará sujeta la estructura en un evento sísmico, estas obras de gran importancia deben ser diseñadas con el sismo de diseño, son obras de gran importancia para la ciudad y deber estar ocupacionales de manera inmediata luego de un evento sísmico.

Se define para las estructuras de ocupación especial deben cumplir para un objetivo limitado (g y I), es decir, con una demanda de 20% en 50 años debe cumplir el nivel de seguridad de vida y para el 10% en 50 años cumplir el nivel de prevención al colapso.

A continuación, se detalla las demandas ingresadas al programa Etabs 2019, en este proyecto se analizará la vulnerabilidad sísmica por el método incremental, es decir se irá aumentando fuerzas laterales hasta el límite de seguridad que nos permita las rótulas plásticas de los elementos en estudio.

Tabla 17: Demandas

FRECUENTE		OCASIONAL		RARO		MUY RARO	
Z	0.40	Z	0.40	Z	0.40	Z	0.40
n	2.48	n	2.48	n	2.48	n	2.48
Fa	1.20	Fa	1.20	Fa	1.20	Fa	1.20
Fd	1.19	Fd	1.19	Fd	1.19	Fd	1.19
Suelo	D	Suelo	D	Suelo	D	Suelo	D
Fs	1.28	Fs	1.28	Fs	1.28	Fs	1.28
I	0.50	I	0.70	I	1.00	I	1.50
R	1.00	R	1.00	R	1.00	R	1.00

ELABORADO: DIEGO LUCIO

4.8 Resultados del análisis estático no lineal - Pushover.

Estipulado los parámetros necesarios para realizar el análisis no lineal y con los resultados arrojados por el programa Etabs, analizamos cada punto de amenaza sísmica en sus diversos niveles.

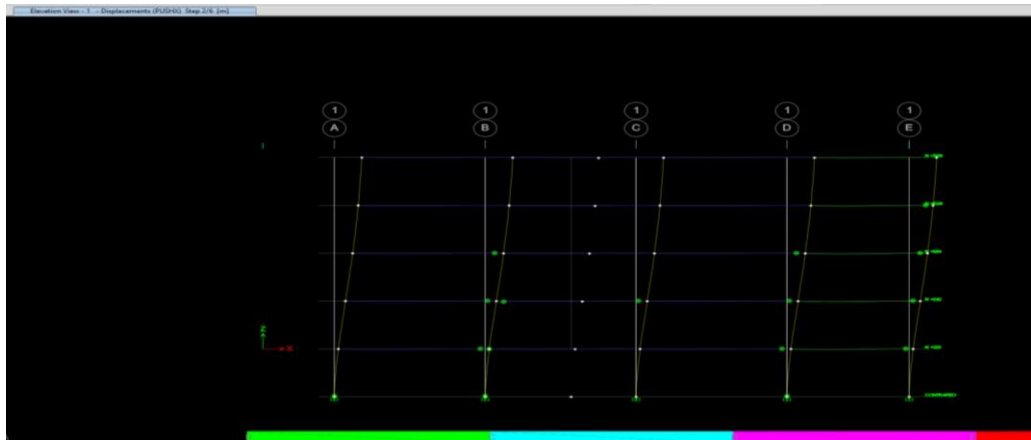
4.8.1 Formación de Rótulas Plásticas.

Los primeros resultados que se analizan son la identificación de rótulas plásticas, las mismas que recaen sobre vigas, por lo cual comprobamos la teoría de (viga débil – columna fuerte), las vigas son los primeros elementos estructurales en fallar. Esta estructura está dividida por una junta en el eje E con el eje E', de 45cm, motivo por el cual se toma como dos bloques distintos, Bloque A y Bloque A2

- **En dirección X -X (Bloque A)**

A continuación, presentamos las primeras rótulas plásticas obtenidas en el eje X-X a medida que se va aumento la carga lateral.

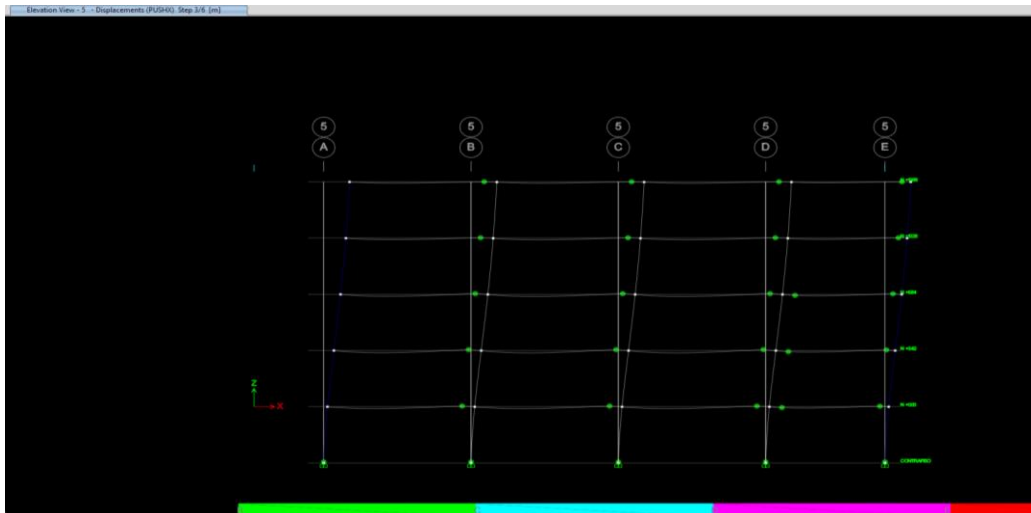
Ilustración 15: Rótula plástica – Pushover sentido X- D = 15.97cm.



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

Las primeras rótulas plásticas se presentan en el eje 1, esta se forma en la viga principal de los ejes A-B-C como se observa en la ilustración 15, y tiene un desplazamiento de 5.05 cm, el color verde de la rótula significa que se encuentra en el rango inmediata de ocupación de seguridad de vida (IO -LS).

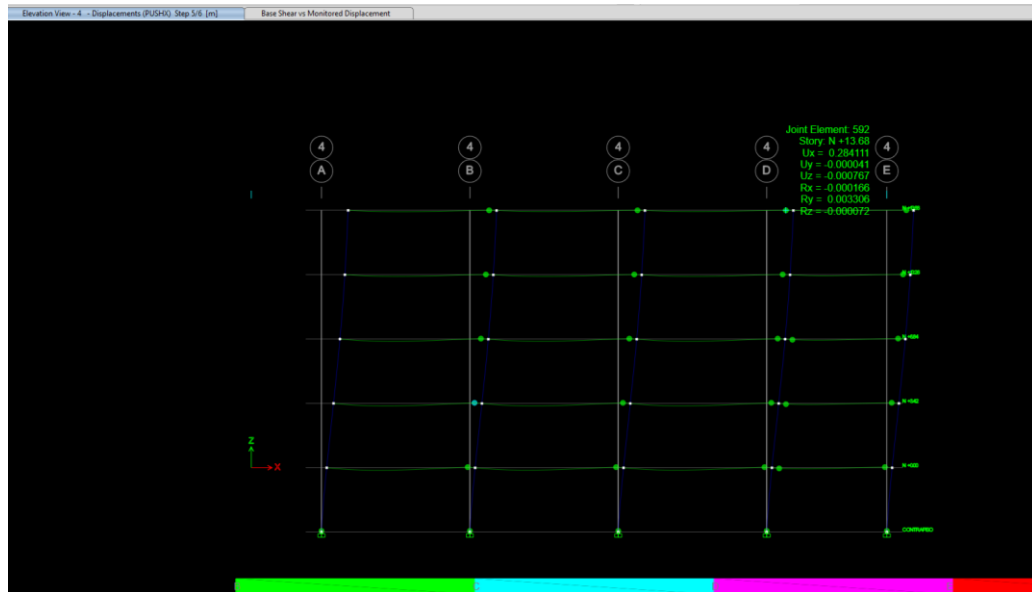
Ilustración 16: Rótula plástica – Pushover sentido X-D = 17.31 cm.



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

Para un desplazamiento de 17 cm, podemos observar que se han formado 96 rótulas plásticas en un rango de ocupación inmediata – seguridad de vida (IO -LS), las vigas donde se presentan la mayor cantidad de rótulas plásticas se encuentran en los niveles intermedios de la estructura, N+3.42, N+6.84.

Ilustración 17: Rótula plástica – Pushover sentido X-D = 28.36cm.



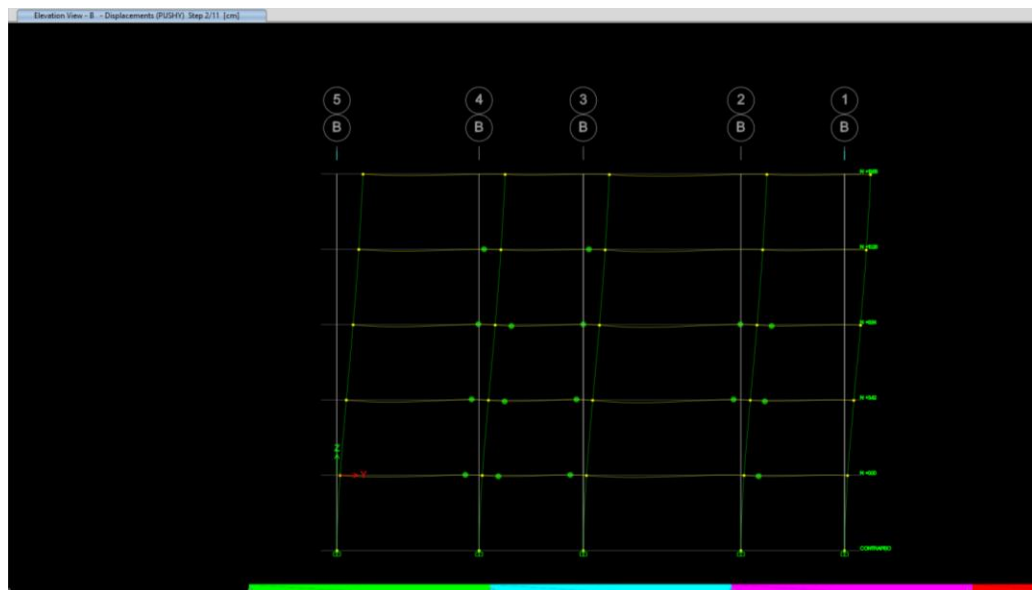
ELABORADO: DIEGO LUCIO.

Para que la estructura colapse se tiene un desplazamiento de 28.36cm, donde se han formado 96 rótulas plásticas en la viga en los 2 primeros niveles de la estructura especialmente en la parte central de la estructura.

- **En dirección Y -Y (Bloque A)**

A continuación, presentamos las primeras rótulas plásticas obtenidas en el eje Y-Y a medida que se va aumento la carga lateral.

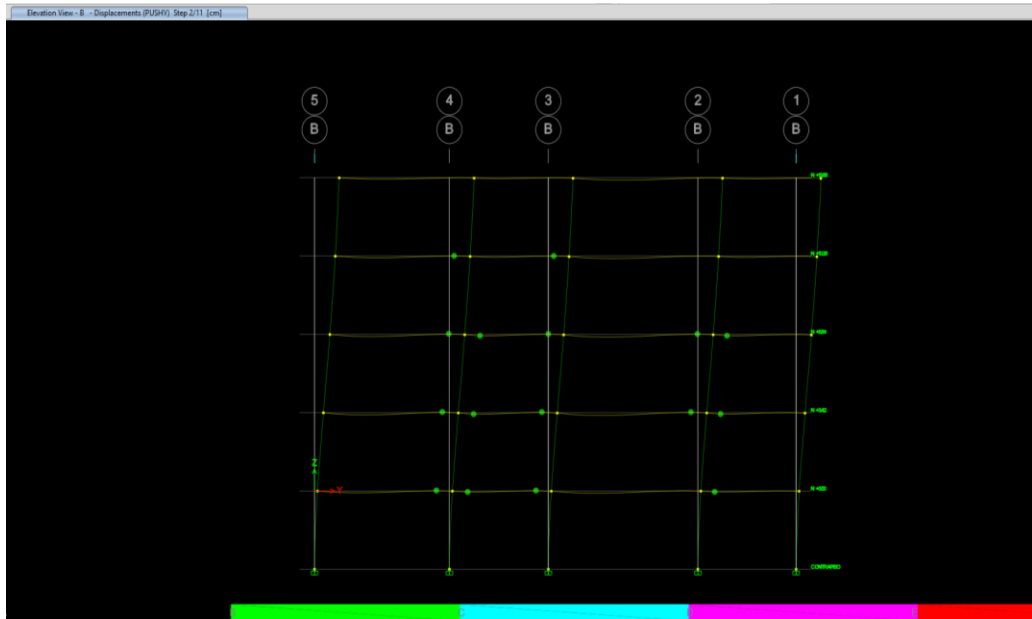
Ilustración 18: Rótula plástica – Pushover sentido Y-D = 3.76cm.



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

Las primeras rótulas plásticas se presentan en el eje B, esta se forma en la viga principal de los distintos ejes, sobre todo en los niveles intermedios de la estructura como se observa en la ilustración 18, y tiene un desplazamiento de 3.76 cm, el color verde de la rótula significa que se encuentra en el rango inmediata de ocupación de seguridad de vida (IO -LS).

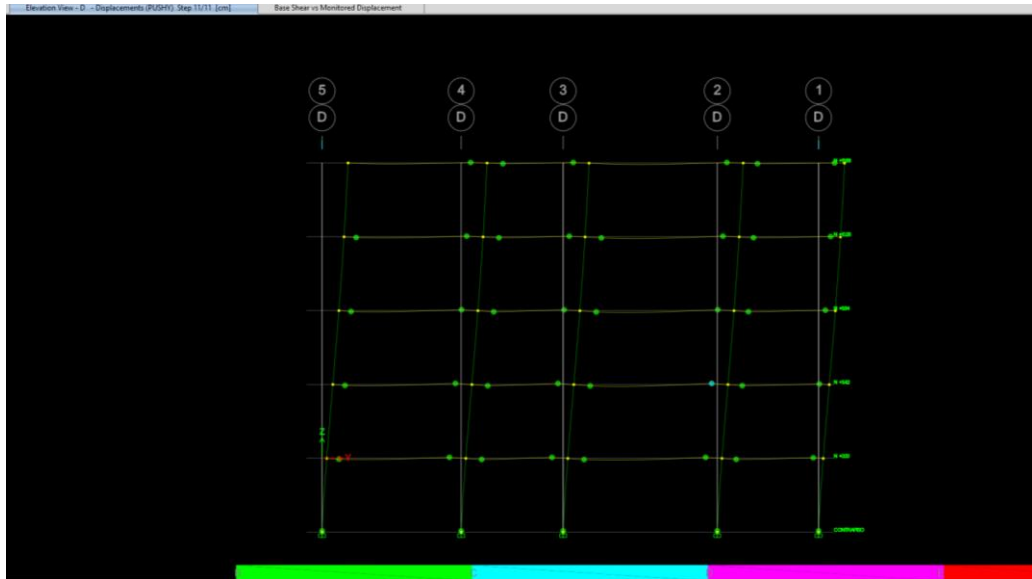
Ilustración 19: Rótula plástica – Pushover sentido Y-D = 11.88cm.



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

Para un desplazamiento de 11.88cm, podemos observar que se han formado 94 rótulas plásticas en un rango de ocupación inmediata – seguridad de vida (IO -LS), los pisos intermedios son los lugares en donde más se presentan estas rótulas.

Ilustración 20: Rótula plástica – Pushover sentido Y-D = 28.78cm.



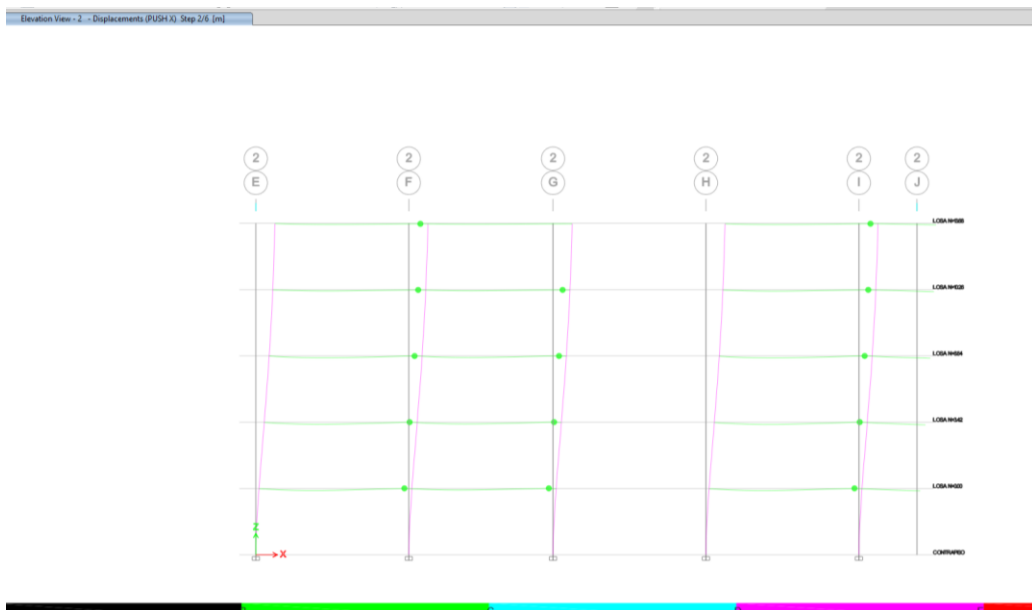
ELABORADO: DIEGO LUCIO.

Para que la estructura colapse se tiene un desplazamiento de 28.78cm, donde se han formado 148 rótulas plásticas en la viga en los 2 primeros niveles de la estructura especialmente en la parte derecha externa.

- **En dirección X -X (Bloque A2)**

A continuación, presentamos las primeras rótulas plásticas obtenidas en el eje X-X a medida que se va aumento la carga lateral.

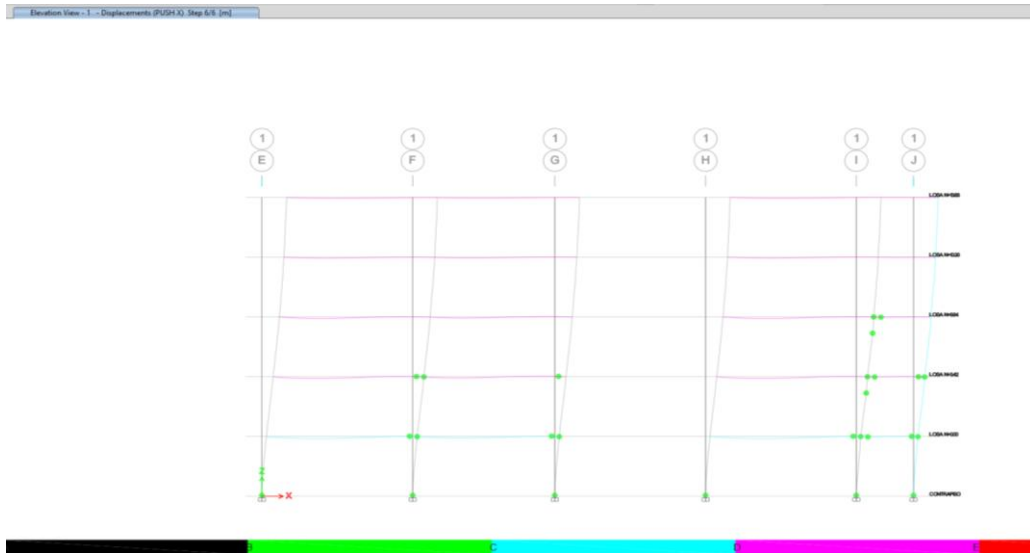
Ilustración 21: Rótula plástica – Pushover sentido X- D = 11.21cm.



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

Las primeras rótulas plásticas se presentan en el eje 2, esta se forma en la viga principal de los ejes I-G-F como se observa en la ilustración 21, y tiene un desplazamiento de 11.21 cm, el color verde de la rótula significa que se encuentra en el rango inmediata de ocupación de seguridad de vida (IO -LS).

Ilustración 22: Rótula plástica – Pushover sentido X-D = 14.35 cm.



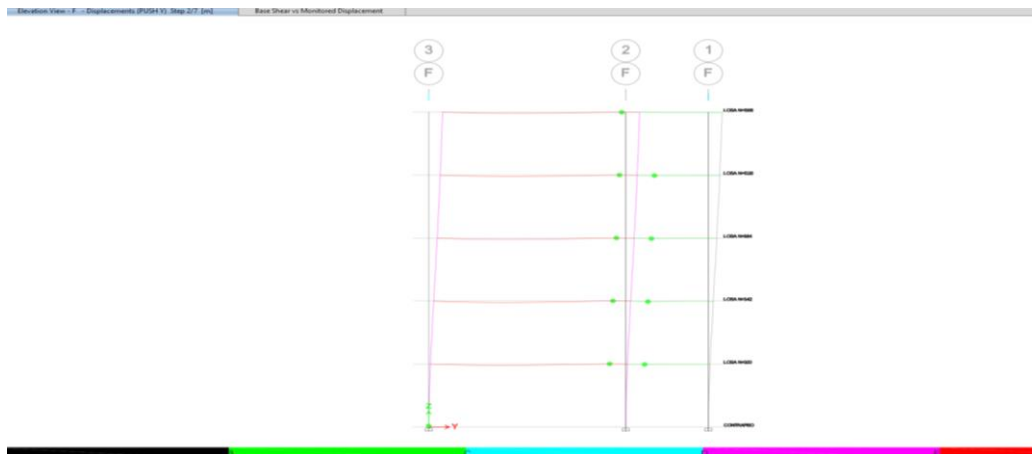
ELABORADO: DIEGO LUCIO.

Para un desplazamiento de 14.35cm, podemos observar que se han formado rótulas plásticas en la base de la columna del nivel N+0.00.

- **En dirección Y -Y (Bloque A2)**

A continuación, presentamos las primeras rótulas plásticas obtenidas en el eje Y-Y a medida que se va aumentando la carga lateral.

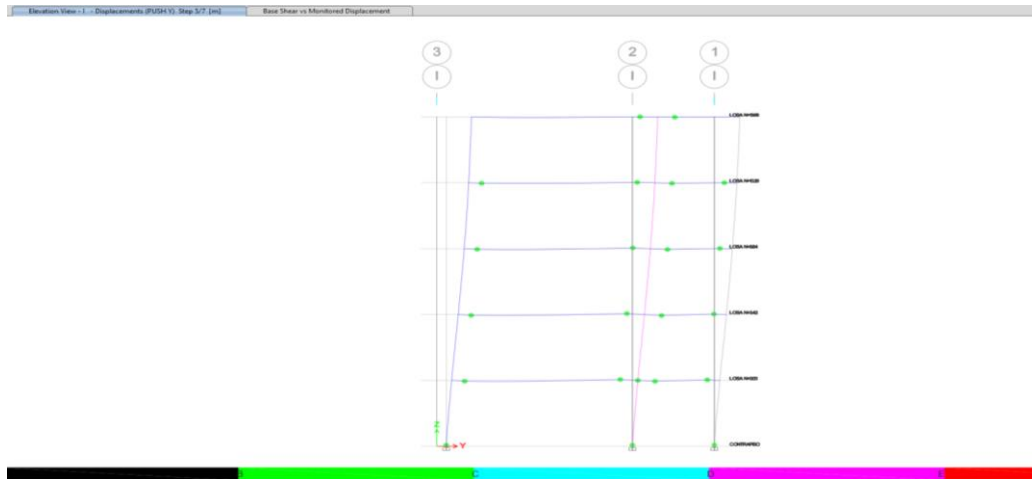
Ilustración 23: Rótula plástica – Pushover sentido Y-D = 8.33cm.



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

Las primeras rótulas plásticas se presentan en el eje F, esta se forma en la viga principal de los distintos ejes, sobre todo en los niveles intermedios de la estructura como se observa en la ilustración 23, y tiene un desplazamiento de 8.33 cm, el color verde de la rótula significa que se encuentra en el rango inmediata de ocupación de seguridad de vida (IO -LS).

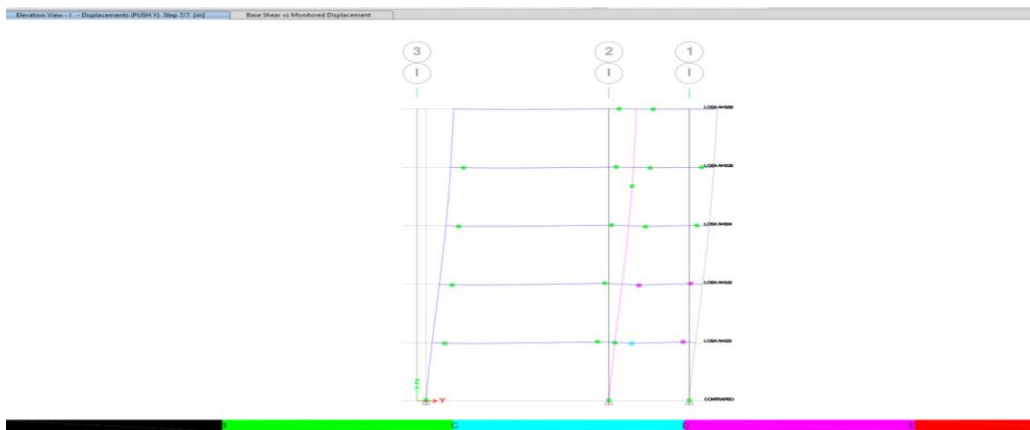
Ilustración 24: Rótula plástica – Pushover sentido Y-D = 17.68cm.



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

Para un desplazamiento de 17.68cm, podemos observar que se han formado 95 rótulas plásticas en un rango de ocupación inmediata – seguridad de vida (IO -LS), los pisos intermedios son los lugares en donde más se presentan estas rótulas.

Ilustración 25: Rótula plástica – Pushover sentido Y-D = 19.60cm.



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

Para que la estructura colapse se tiene un desplazamiento de 19.60cm, donde se han formado 3 rótulas plásticas en la viga en los 2 primeros niveles de la estructura especialmente en la parte derecha externa.

4.9 Evaluación del Desempeño Sísmico.

La norma ecuatoriana de la construcción NEC-SE-RE-2015 establece una tabla que determina el objetivo para que una estructura sea rehabilitada, esta tabla va en relación a los niveles sísmicos con el desplazamiento realizado por la estructura, la finalidad de esta verificación es obtener los niveles de daño estructural y no estructural que la edificación debe alcanzar durante los sismos de distintos periodos de excedencia.

Las estructuras de ocupación esencial deben cumplir un objetivo limitado (g y I). Es decir, que con una demanda de 20% en 50 años tiene que cumplir el nivel de seguridad de vida y para el 10% en 50 años cumplir con el nivel de prevención del colapso.

Tabla 18: Objetivo del desempeño.

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

FUENTE: NEC-SE-RE-2015.

Objetivo Visión 2000

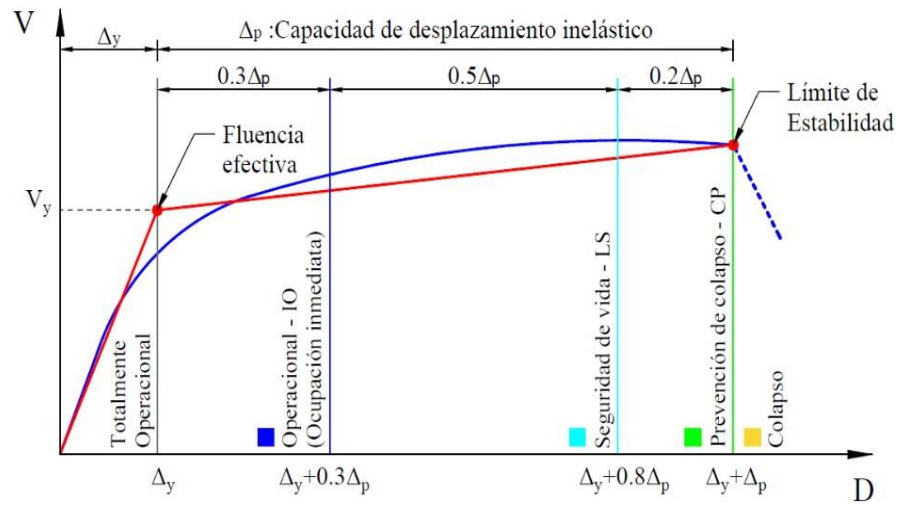
Establece una matriz que relaciona el daño estructural con el desempeño como se muestra en la siguiente figura, toma en cuenta 3 tipos de construcciones, construcciones básicas en un sismo frecuente debe quedar totalmente operativo, construcciones esenciales en un sismo ocasional debe quedar totalmente operativa, en construcciones de seguridad crítica para un sismo raro debe quedar totalmente operativa.

Ilustración 26: Objetivo del desempeño.



FUENTE: J. CHOQUE (2019)

Ilustración 27: Sectorización por niveles de desempeño de modelo bilineal de la curva.



Para calificar el nivel de desempeño estipulado por la normativa ATC-40, está propone la sectorización de la representación bilineal de la curva de capacidad, como se puede observar en la ilustración 27, en la misma se ve que fracciona la capacidad del desplazamiento inelástico, con un 30% operacional, 30% seguridad de vida, 20% pre – colapso, 20% colapso.

4.10 Punto de desempeño

Los valores de desempeño para cada demanda sísmica se representan en las siguientes tablas, estos valores se obtuvieron del software ETABS 2019, y se configuraron en un Excel que nos indicara si la estructura debe ser reforzada o no según el sismo que se realizó el estudio.

4.10.1 Punto de desempeño en dirección X (BLOQUE A)

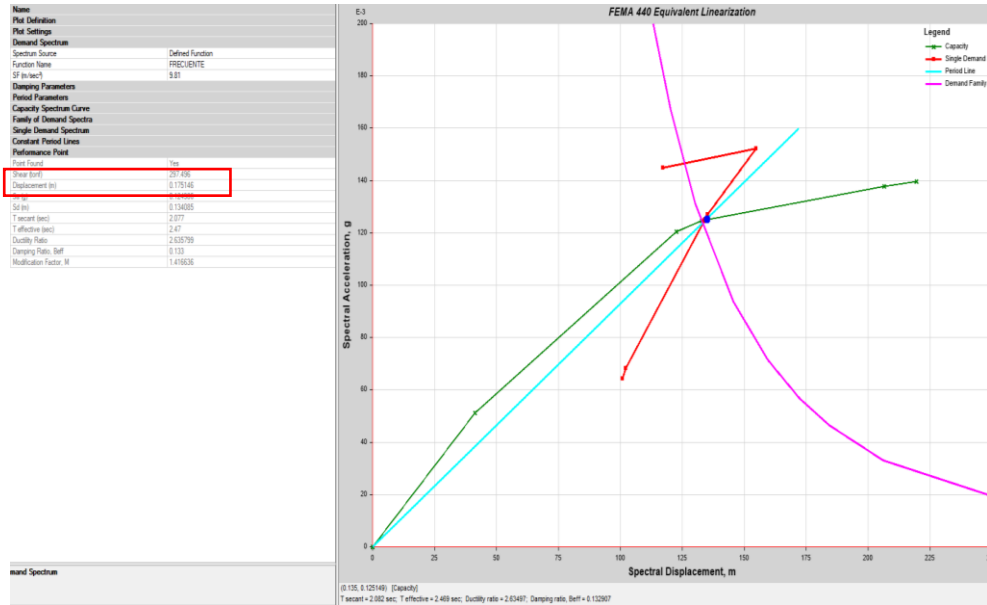
En la siguiente tabla se presentan los puntos de desempeño correspondiente a cada magnitud de evento sísmico, con sus respectivas desplazamiento y valores cortantes.

Tabla 19: Puntos de desempeño en la dirección (Sentido X)

Dirección	Nivel de sismo	Dp (m)	V (ton)
X-X	Frecuente	0.1751	297.496
	Ocasional	0.2118	314.894
	Raro Probabilista	0.2669	340.989
	Muy Raro	-	-

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

Ilustración 28: Punto de Desempeño – Sismo Frecuente (Sentido X).



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 28 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo frecuente con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.1751m como desplazamiento y 297.496 Ton como cortante.

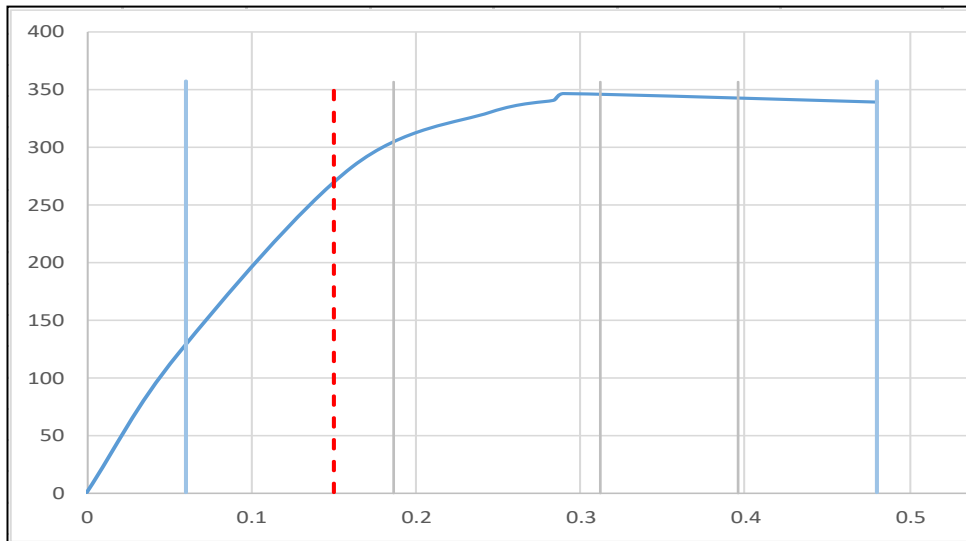
Tabla 20: Valores obtenido para un sismo de nivel frecuente con Pushover (sentido X)

Tipo	FREQ	
dy	0.06	0.00
	0.06	357.84
dd	0.15	0.00
	0.15	357.84
du	0.48	0.00
	0.48	357.84
1	0.19	0.00
	0.19	357.84
2	0.31	0.00
	0.31	357.84
3	0.40	0.00
	0.40	357.84
duc cap	8.00	
duc dem	2.50	
duc res	3.20	
HABITABLE		
R	8.00	

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la tabla #20 podemos observar, que el R utilizado para el diseño estructura es el correcto R=8, además indica que luego de un nivel de sismo frecuente la estructura queda HABITABLE.

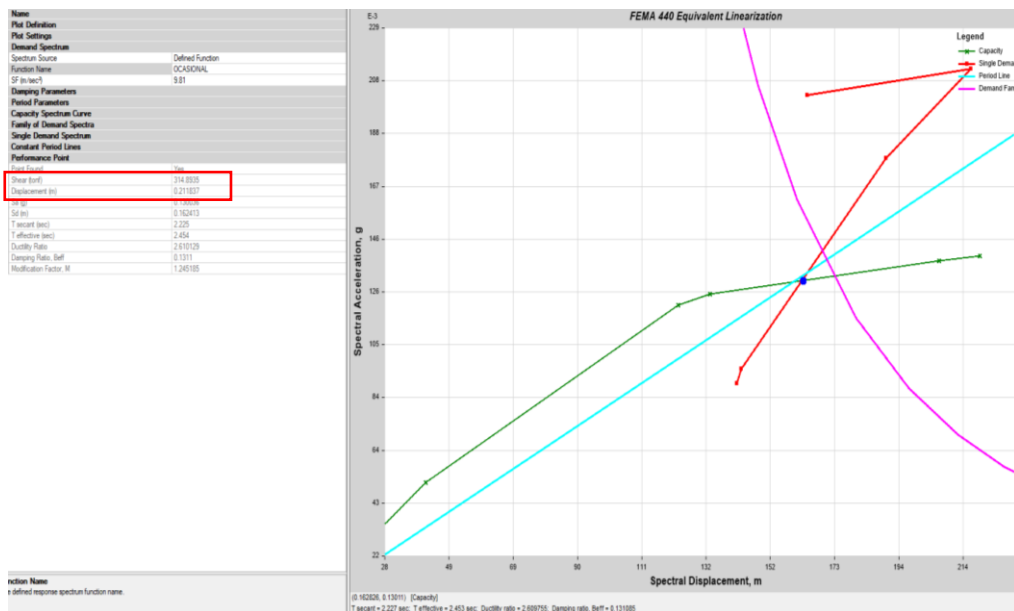
Ilustración 29: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente con Pushover (sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 29, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel frecuente queda en el criterio de aceptación funcional.

Ilustración 30: Punto de Desempeño – Sismo Ocasional (Sentido X).



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 30 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo ocasional con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.2118m como desplazamiento y 314.894 Ton como cortante.

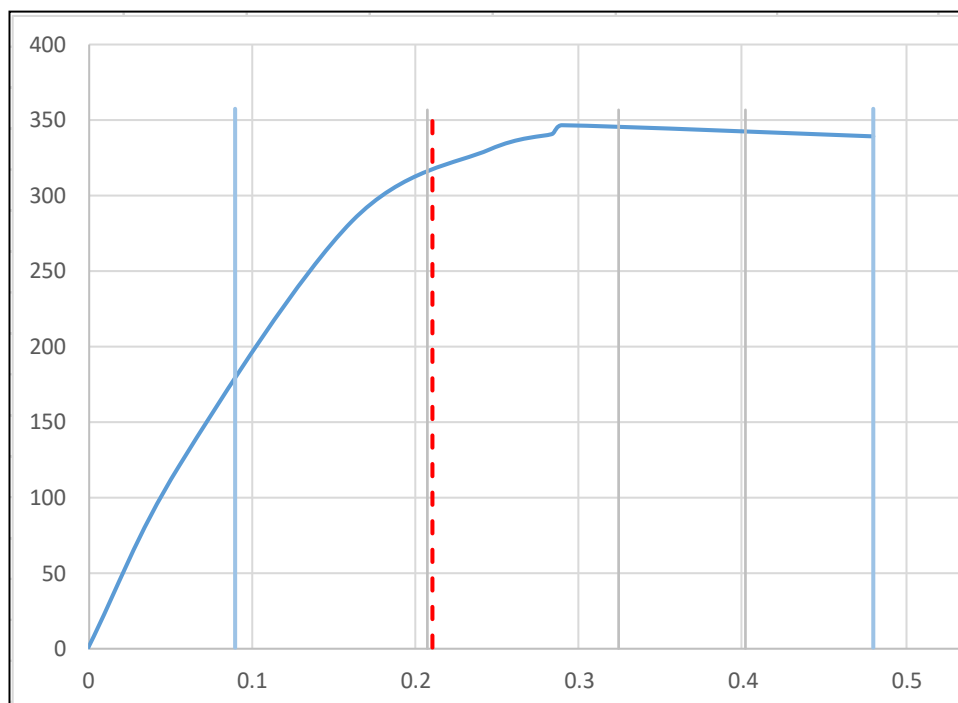
Tabla 21: Valores obtenido para un sismo de nivel ocasional con Pushover (sentido X)

Tipo	OCAS	
dy	0.09	0.00
	0.09	357.84
dd	0.21	0.00
	0.21	357.84
du	0.48	0.00
	0.48	357.84
1	0.21	0.00
	0.21	357.84
2	0.32	0.00
	0.32	357.84
3	0.40	0.00
	0.40	357.84
duc cap	5.33	
duc dem	2.33	
duc res	2.29	
HABITABLE		
R	6.67	

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la tabla #21 podemos observar, que la estructura para poder quedar habitable después de un sismo de nivel ocasional se debe utilizar un $R=6.67$.

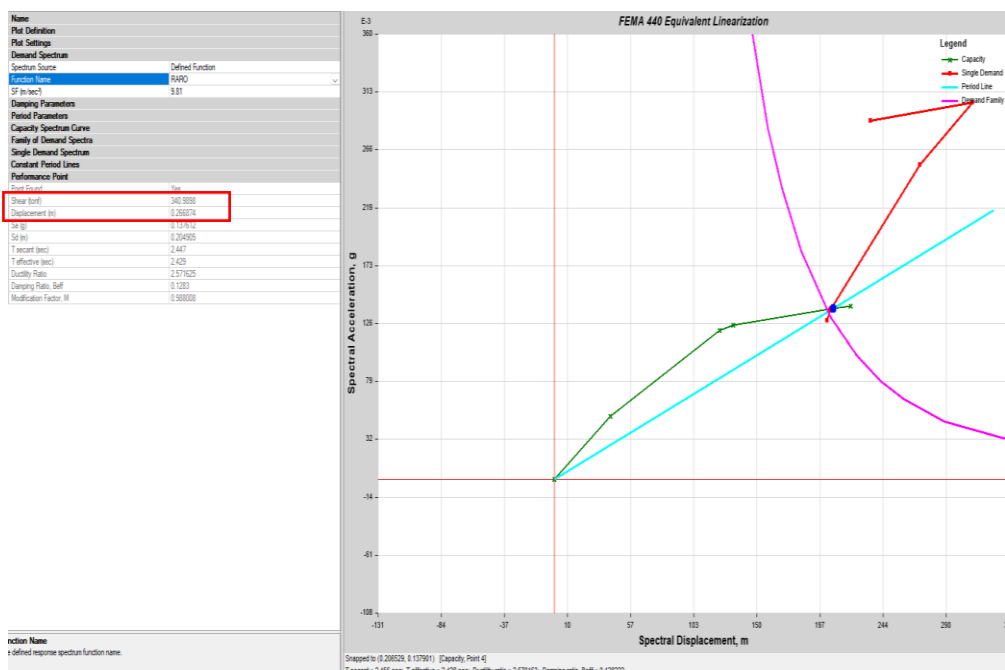
Ilustración 31: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional con Pushover X



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 31, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel ocasional queda en el criterio de aceptación seguridad de vida.

Ilustración 32: Punto de Desempeño – Raro (Sentido X).



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 32 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo raro con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.2669m como desplazamiento y 340.989 Ton como cortante.

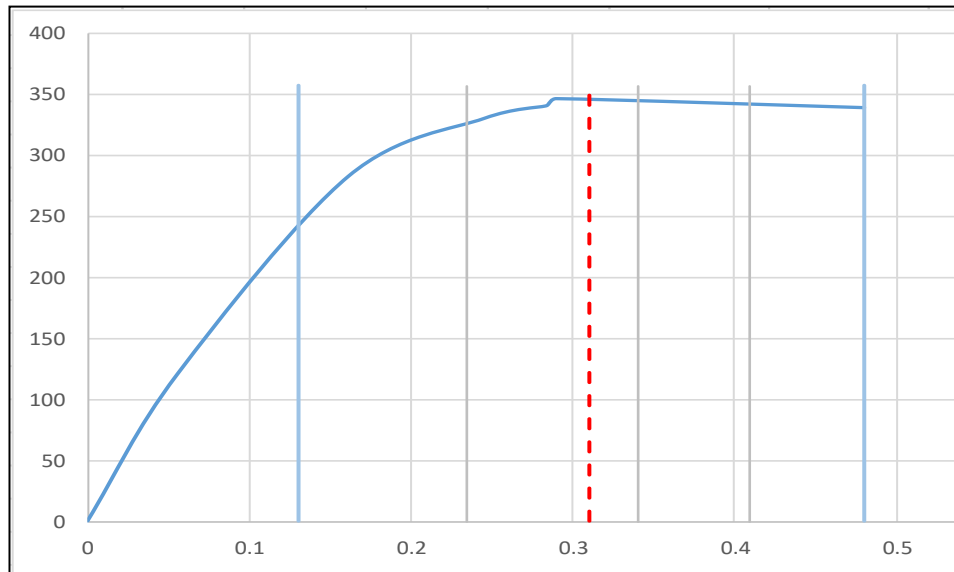
Tabla 22: Valores obtenido para un sismo de raro con Pushover (sentido X)

Tipo	RARO	
dy	0.13	0.00
	0.13	357.84
dd	0.31	0.00
	0.31	357.84
du	0.48	0.00
	0.48	357.84
1	0.24	0.00
	0.24	357.84
2	0.34	0.00
	0.34	357.84
3	0.41	0.00
	0.41	357.84
duc cap	3.69	
duc dem	2.38	
duc res	1.55	
HABITABLE		
R	4.62	

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la tabla #22 podemos observar, que la estructura para poder quedar habitable después de un sismo de nivel raro se debe utilizar un R= 4.62.

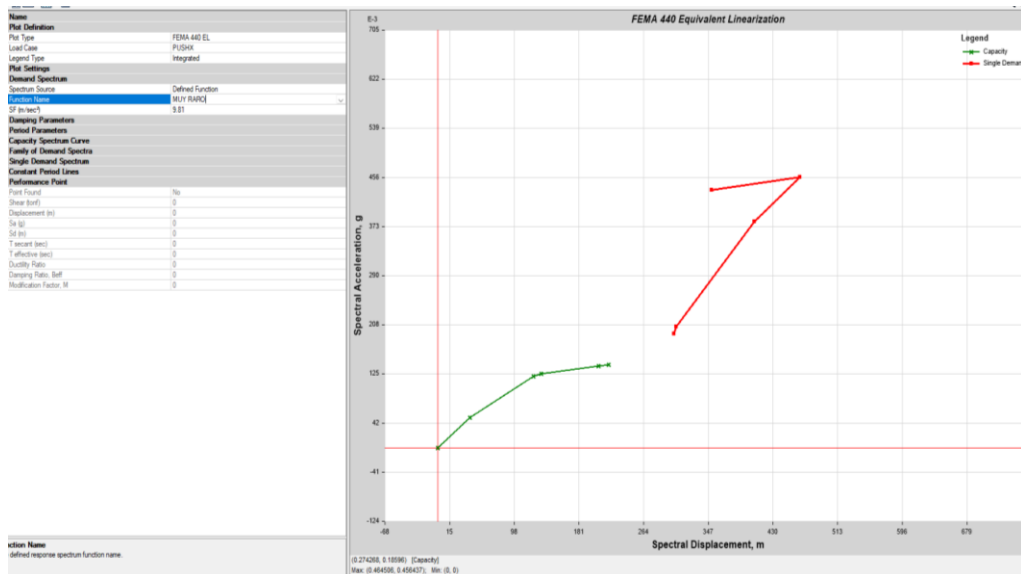
Ilustración 33: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro con Pushover (sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 33, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel raro queda en el criterio de aceptación seguridad de vida.

Ilustración 34: Punto de Desempeño – Muy Raro (Sentido X).



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 34 podemos observar que las curvas no llegan a una intersección entre el espectro de demanda para un nivel de sismo muy raro con la curva de capacidad, debido a la falta de capacidad de la estructura para resistir este tipo de demanda, llegando la estructura al colapso.

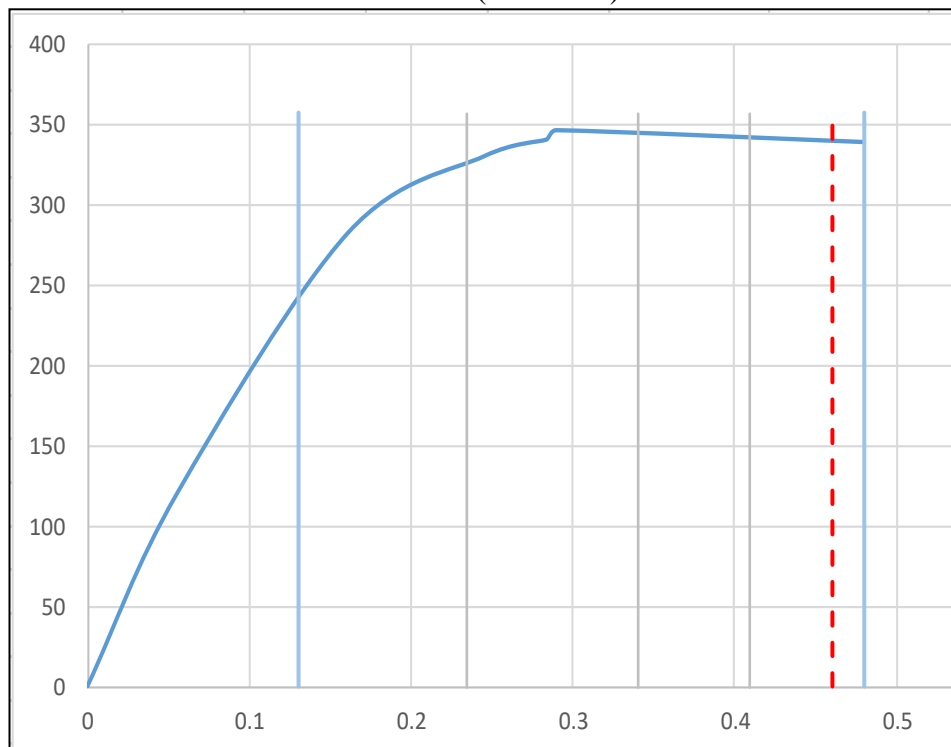
Tabla 23: Valores obtenido para un sismo muy raro con Pushover (sentido X)

Tipo	MUY RARO	
dy	0.13	0.00
	0.13	357.84
dd	0.46	0.00
	0.46	357.84
du	0.48	0.00
	0.48	357.84
1	0.24	0.00
	0.24	357.84
2	0.34	0.00
	0.34	357.84
3	0.41	0.00
	0.41	357.84
duc cap	3.69	
duc dem	3.54	
duc res	1.04	
REFORZAR		
R	4.62	

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la tabla #23 podemos observar, que para que esta estructura soporte un sismo de nivel muy raro, está estructura debe ser reforzada en los elementos estructurales, además que se debe utilizar un $R=4.62$.

Ilustración 35: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro con Pushover (sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 33, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel raro queda en el criterio de aceptación prevención de colapso.

4.10.2 Punto de desempeño en dirección Y (BLOQUE A)

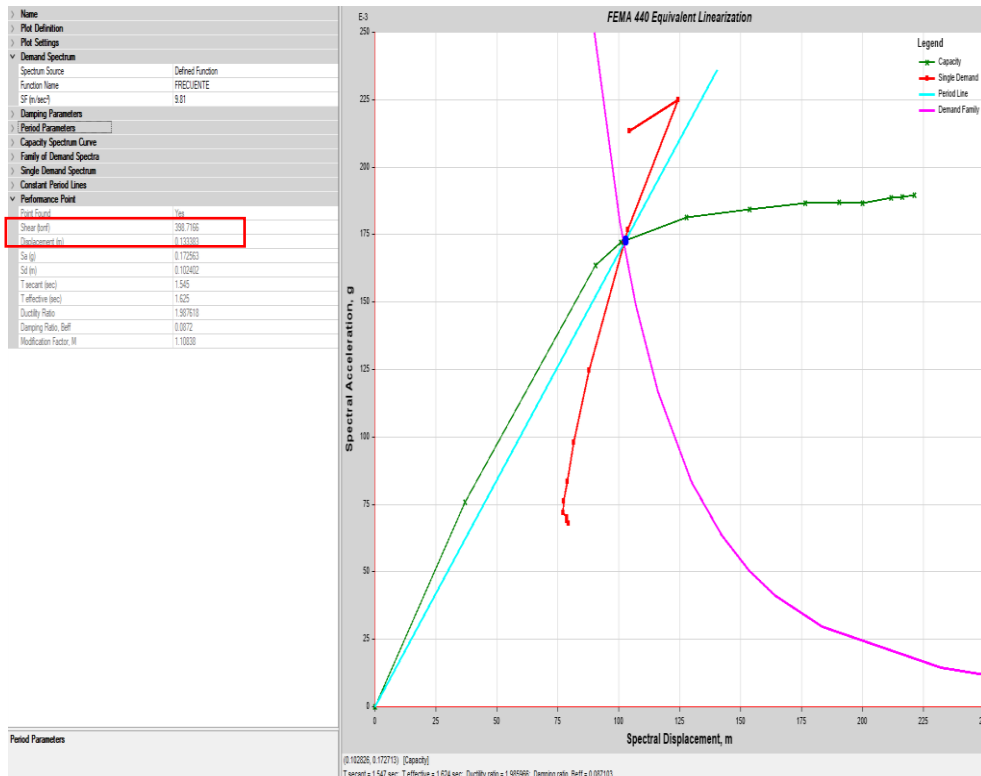
En la siguiente tabla se presentan los puntos de desempeño correspondiente a cada magnitud de evento sísmico, con sus respectivas desplazamiento y valores cortantes.

Tabla 24: Puntos de desempeño en la dirección (Sentido Y)

Dirección	Nivel de sismo	Dp (m)	V (ton)
Y-Y	Frecuente	0.1333	398.716
	Ocasional	0.1615	423.352
	Raro	0.2082	444.986
	Muy Raro	-	-

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

Ilustración 36: Punto de Desempeño – Sismo Frecuente (Sentido Y).



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 36 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo frecuente con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.1333m como desplazamiento y 398.716 Ton como cortante.

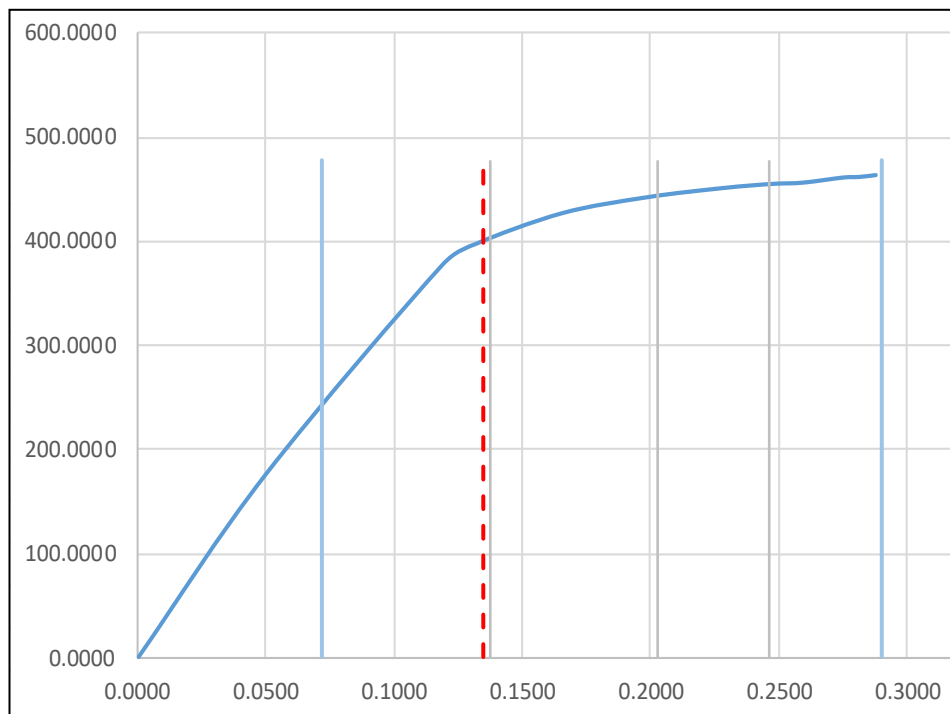
Tabla 25: Valores obtenido para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido Y)

Tipo	FREQ	
dy	0.07	0.00
	0.07	477.29
dd	0.14	0.00
	0.14	477.29
du	0.29	0.00
	0.29	477.29
1	0.14	0.00
	0.14	477.29
2	0.20	0.00
	0.20	477.29
3	0.25	0.00
	0.25	477.29
duc cap	4.03	
duc dem	1.88	
duc res	2.15	
HABITABLE		
R	5.03	

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la tabla #25, podemos observar, que la estructura para poder quedar habitable después de un sismo de nivel frecuente se debe utilizar un $R= 5.03$.

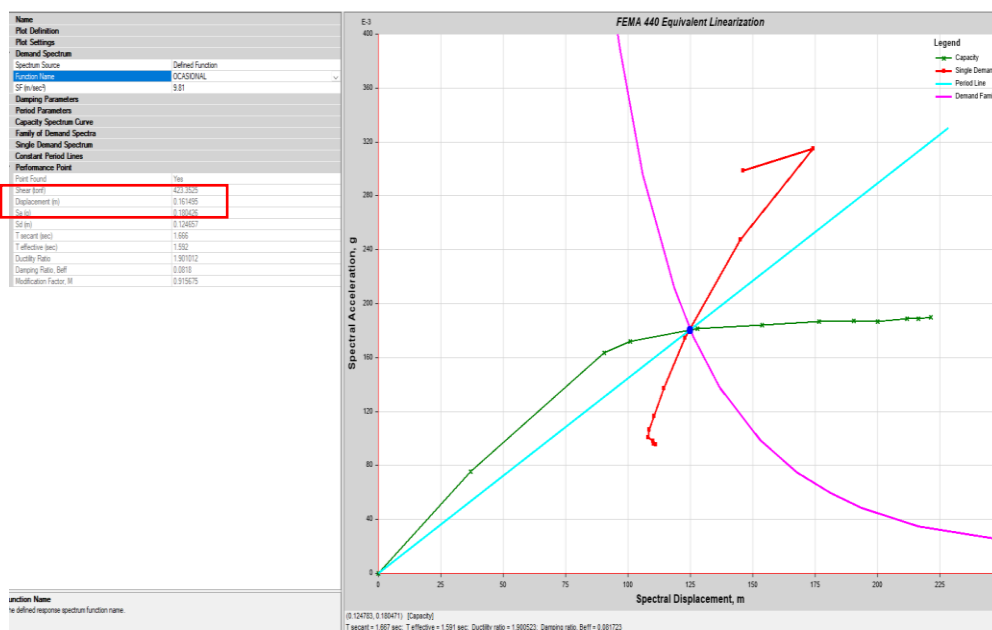
Ilustración 37: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 37, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel frecuente queda en el criterio de aceptación funcional.

Ilustración 38: Punto de Desempeño – Sismo Ocasional (Sentido Y).



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 38 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo ocasional con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.1615m como desplazamiento y 423.352 Ton como cortante.

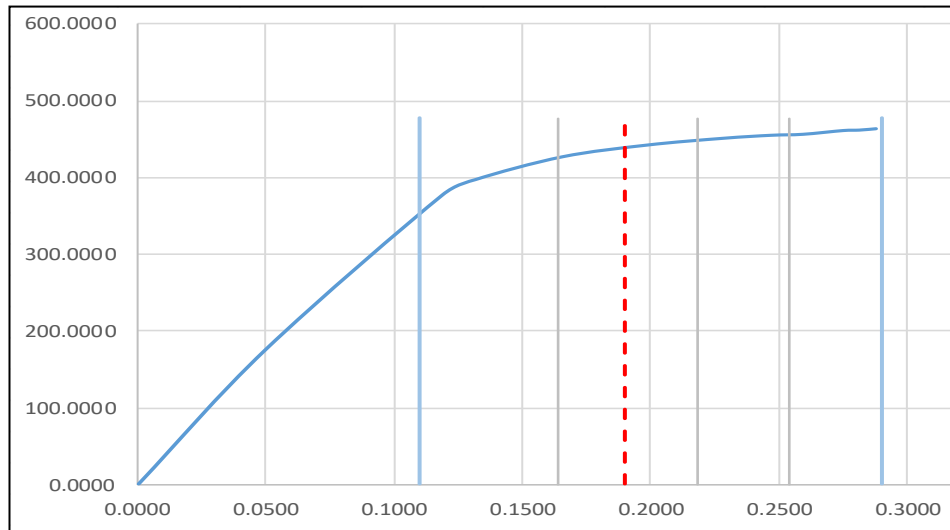
Tabla 26: Valores obtenido para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido Y)

Tipo	OCAS	
dy	0.11	0.00
	0.11	477.29
dd	0.19	0.00
	0.19	477.29
du	0.29	0.00
	0.29	477.29
1	0.16	0.00
	0.16	477.29
2	0.22	0.00
	0.22	477.29
3	0.25	0.00
	0.25	477.29
duc cap	2.64	
duc dem	1.73	
duc res	1.53	
HABITABLE		
R	3.30	

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la tabla #26 podemos observar, que la estructura para poder quedar habitable después de un sismo de nivel ocasional se debe utilizar un R= 3.30.

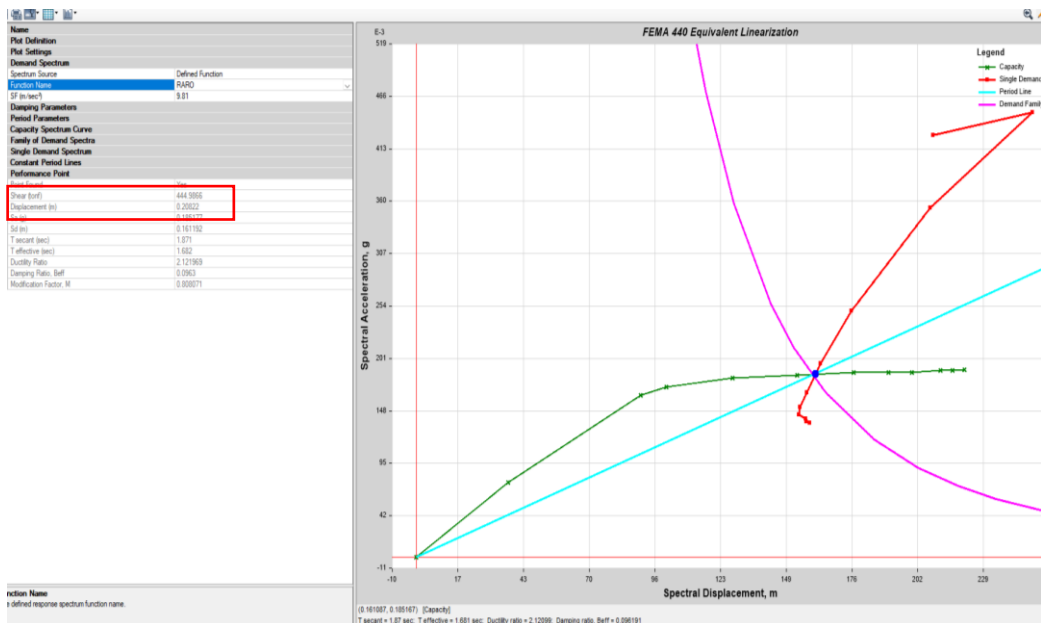
Ilustración 39: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 39, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel ocasional queda en el criterio de aceptación seguridad de vida.

Ilustración 40: Punto de Desempeño – Raro (Sentido Y).



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 40 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo raro con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.2082m como desplazamiento y 444.986 Ton como cortante.

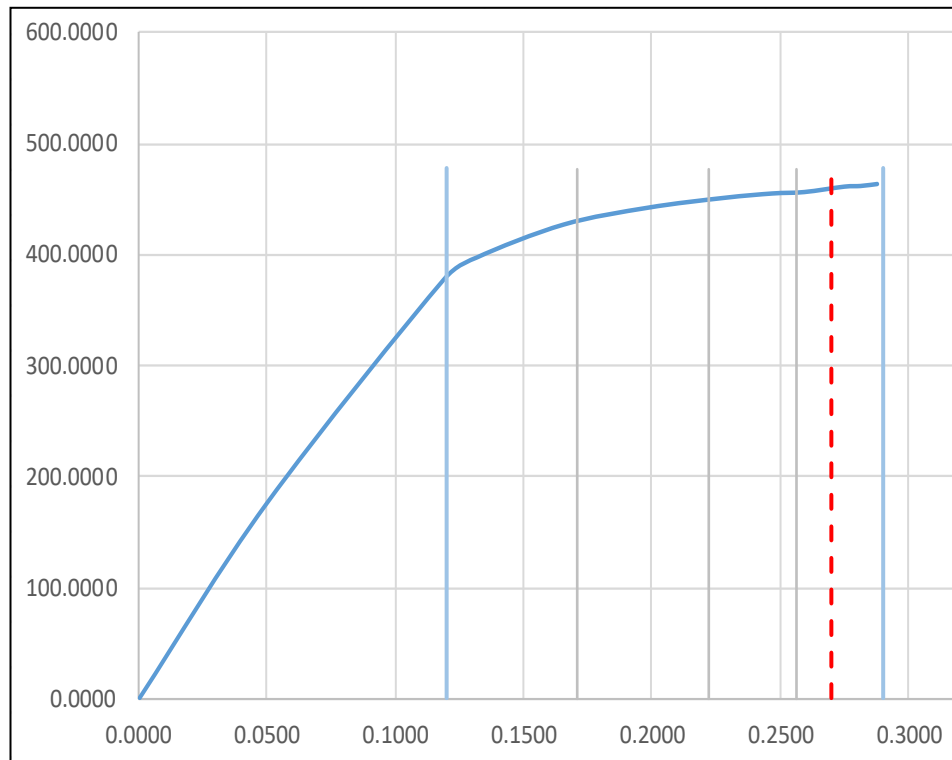
Tabla 27: Valores obtenido para un sismo de raro con Pushover (Sentido Y)

Tipo	RARO	
dy	0.12	0.00
	0.12	477.29
dd	0.27	0.00
	0.27	477.29
du	0.29	0.00
	0.29	477.29
1	0.17	0.00
	0.17	477.29
2	0.22	0.00
	0.22	477.29
3	0.26	0.00
	0.26	477.29
duc cap	2.42	
duc dem	2.25	
duc res	1.07	
REFORZAR		
R	3.02	

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la tabla #27 podemos observar, que la estructura para un sismo de nivel raro debe ser reforzada y se debe utilizar un $R=3.02$.

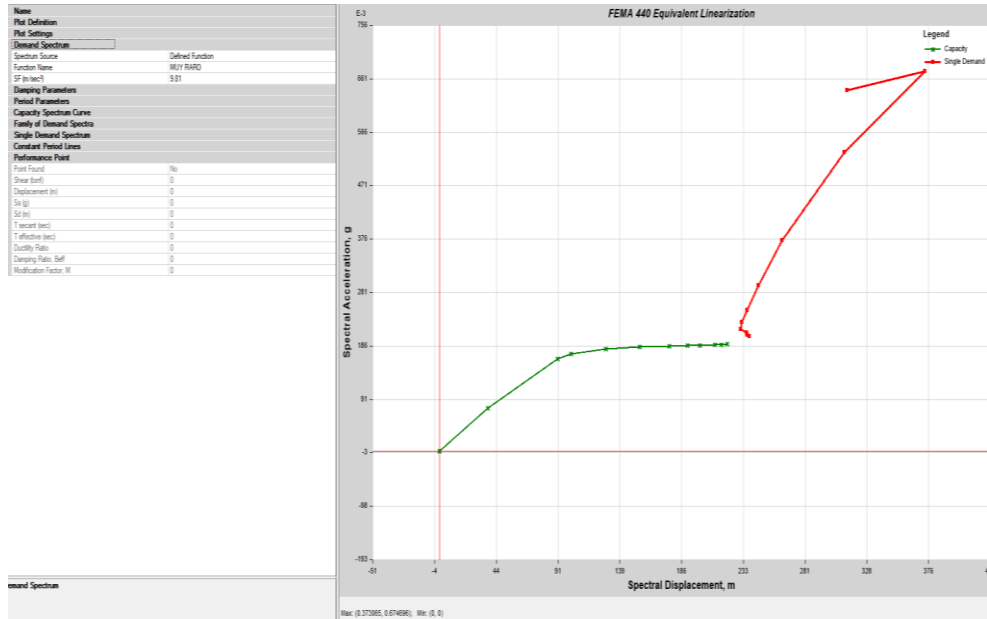
Ilustración 41: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 41, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel raro queda en el criterio de aceptación colapso.

Ilustración 42: Punto de Desempeño – Muy Raro (Sentido Y).



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 42 podemos observar que las curvas no llegan a una intersección entre el espectro de demanda para un nivel de sismo muy raro con la curva de capacidad, debido a la falta de capacidad de la estructura para resistir este tipo de demanda, llegando la estructura al colapso.

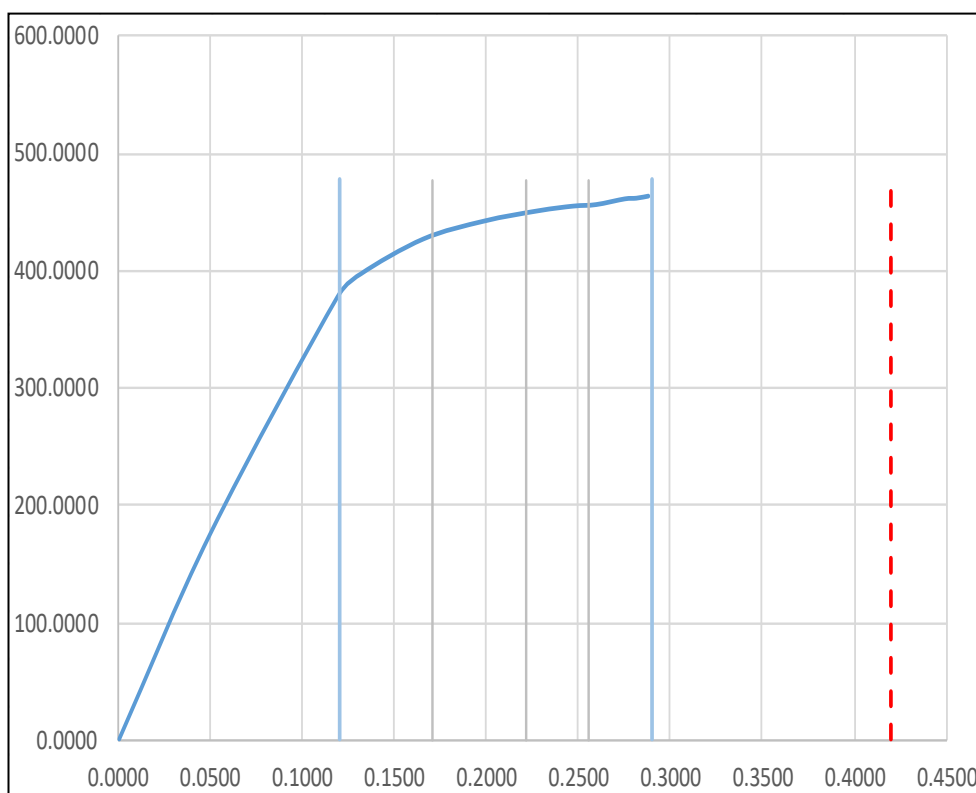
Tabla 28: Valores obtenido para un sismo muy raro con Pushover (Sentido Y)

Tipo	MUY RARO	
dy	0.12	0.00
	0.12	477.29
dd	0.42	0.00
	0.42	477.29
du	0.29	0.00
	0.29	477.29
1	0.17	0.00
	0.17	477.29
2	0.22	0.00
	0.22	477.29
3	0.26	0.00
	0.26	477.29
duc cap	2.42	
duc dem	3.50	
duc res	0.69	
REFORZAR		
R	3.02	

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la tabla #28 podemos observar, que para que esta estructura soporte un sismo de nivel muy raro, está estructura debe ser reforzada en los elementos estructurales, además que se debe utilizar un $R=3.02$.

Ilustración 43: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 43, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel muy raro queda en el criterio de aceptación colapso.

4.10.3 Punto de desempeño en dirección (Sentido X) (BLOQUE A2)

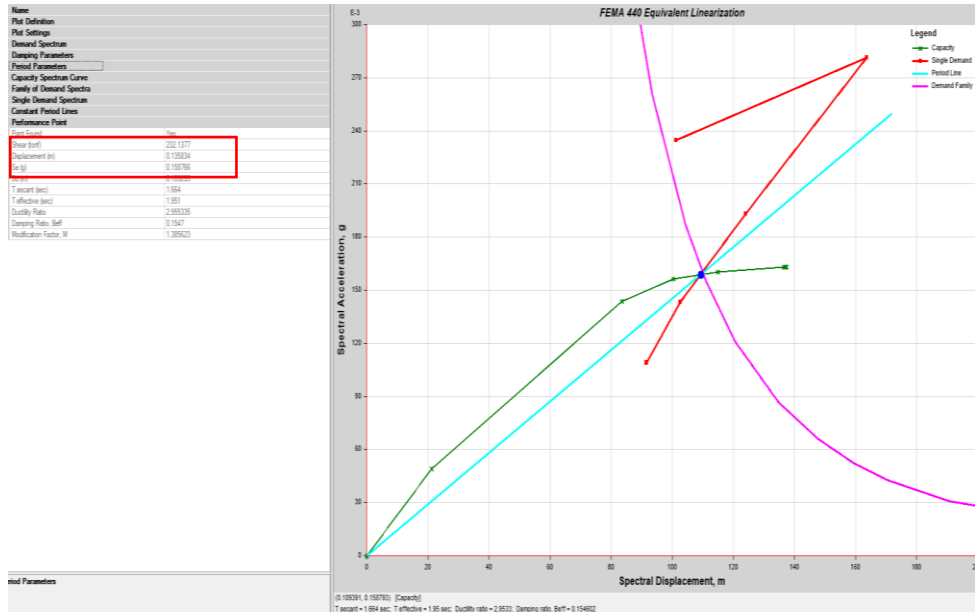
En la siguiente tabla se presentan los puntos de desempeño correspondiente a cada magnitud de evento sísmico, con sus respectivas desplazamiento y valores cortantes.

Tabla 29: Puntos de desempeño en la dirección (Sentido X)

Dirección	Nivel de sismo	Dp (m)	V (ton)
X-X	Frecuente	0.1358	232.1377
	Ocasional	0.1623	242.5002
	Raro Probabilista	-	-
	Muy Raro	-	-

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

Ilustración 44: Punto de Desempeño – Sismo Frecuente (Sentido X).



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 44 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo frecuente con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.1358m como desplazamiento y 232.137 Ton como cortante.

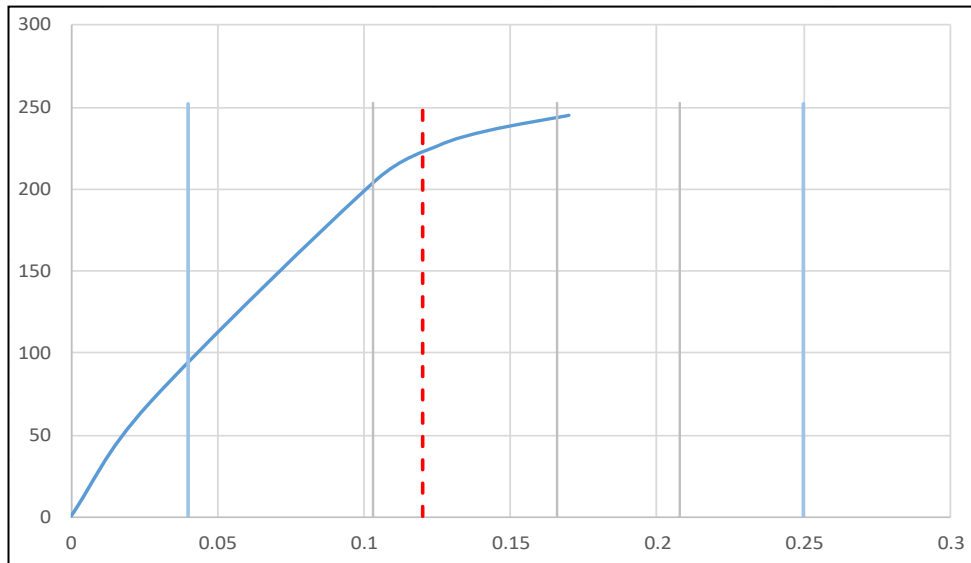
Tabla 30: Valores obtenido para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido X)

Tipo	FREQ	
dy	0.04	0.00
	0.04	252.36
dd	0.12	0.00
	0.12	252.36
du	0.25	0.00
	0.25	252.36
1	0.10	0.00
	0.10	252.36
2	0.17	0.00
	0.17	252.36
3	0.21	0.00
	0.21	252.36
duc cap	6.25	
duc dem	3.00	
duc res	2.08	
HABITABLE		
R	7.81	

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la tabla #30 podemos observar, que luego de un nivel de sismo frecuente la estructura queda HABITABLE, el R que debió ser utilizado para alcanzar esta capacidad es de 7.81.

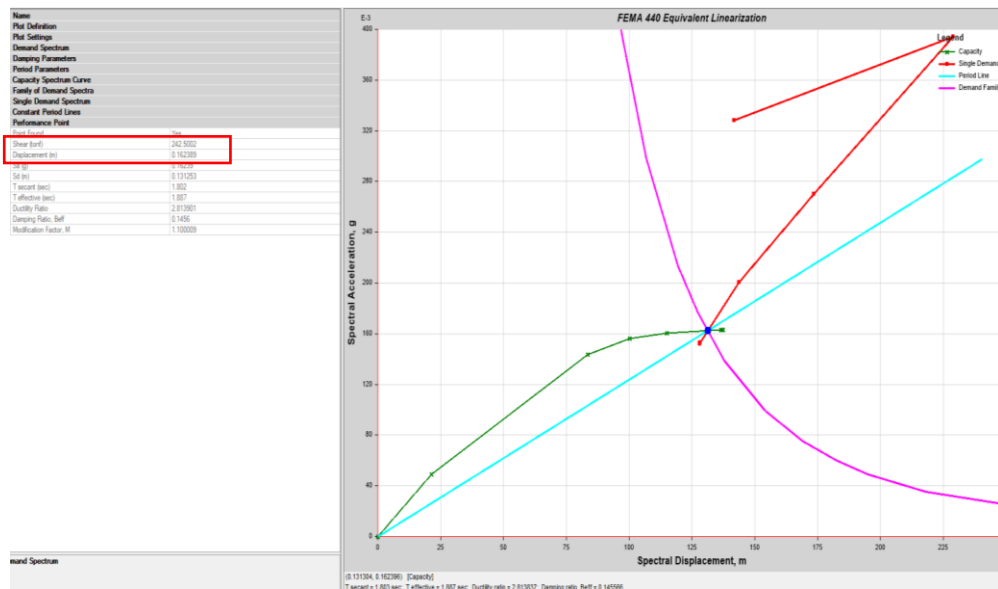
Ilustración 45: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 45, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel frecuente queda en el criterio de aceptación seguridad de vida.

Ilustración 46: Punto de Desempeño – Sismo Ocasional (Sentido X).



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 46 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo ocasional con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.1623m como desplazamiento y 242.5002 Ton como cortante.

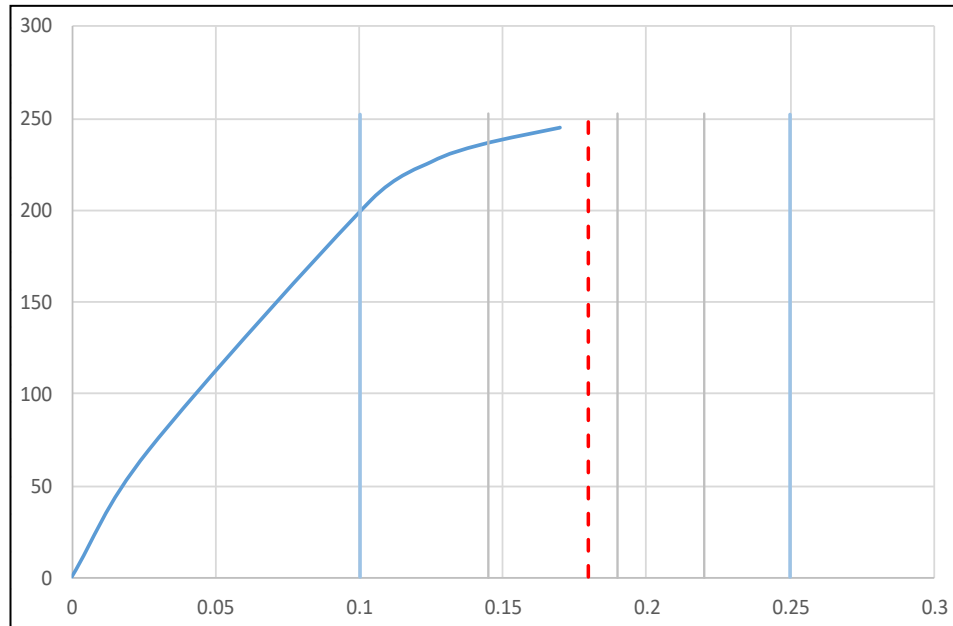
Tabla 31: Valores obtenido para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido X)

Tipo	OCAS	
dy	0.10	0.00
	0.10	252.36
dd	0.18	0.00
	0.18	252.36
du	0.25	0.00
	0.25	252.36
1	0.15	0.00
	0.15	252.36
2	0.19	0.00
	0.19	252.36
3	0.22	0.00
	0.22	252.36
duc cap	2.50	
duc dem	1.80	
duc res	1.39	
HABITABLE		
R	3.13	

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la tabla #31 podemos observar, que la estructura luego de un sismo ocasional, queda HABITABLE, el R que debió ser utilizado para alcanzar esta capacidad es de 3.13.

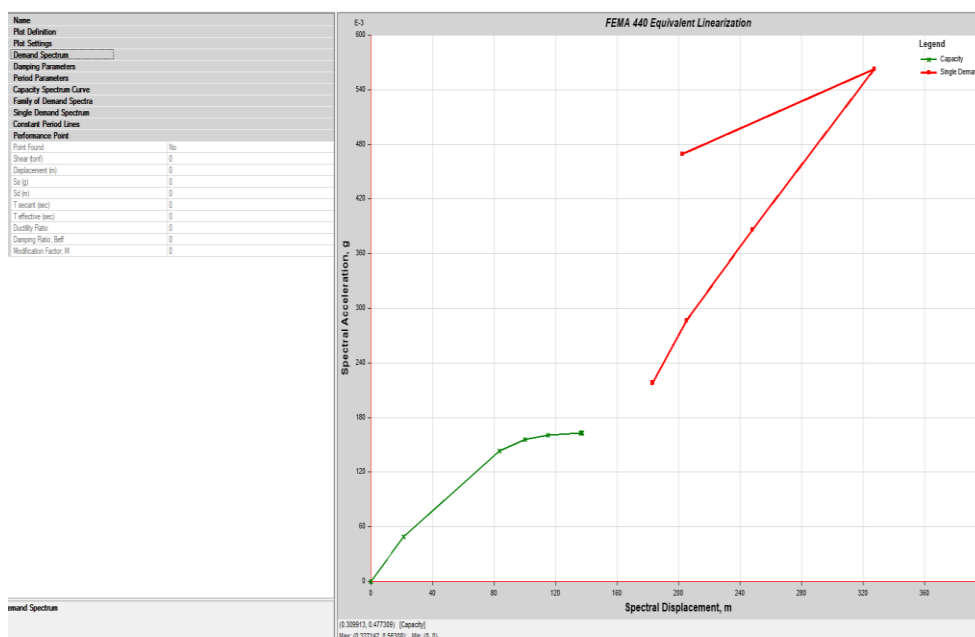
Ilustración 47: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 47, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel ocasional queda en el criterio de aceptación colapso.

Ilustración 48: Punto de Desempeño – Raro (Sentido X).



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la figura 48 podemos observar que las curvas no llegan a una intersección entre el espectro de demanda para un nivel de sismo raro con la curva de capacidad, debido a la falta de capacidad de la estructura para resistir este tipo de demanda, llegando la estructura al colapso.

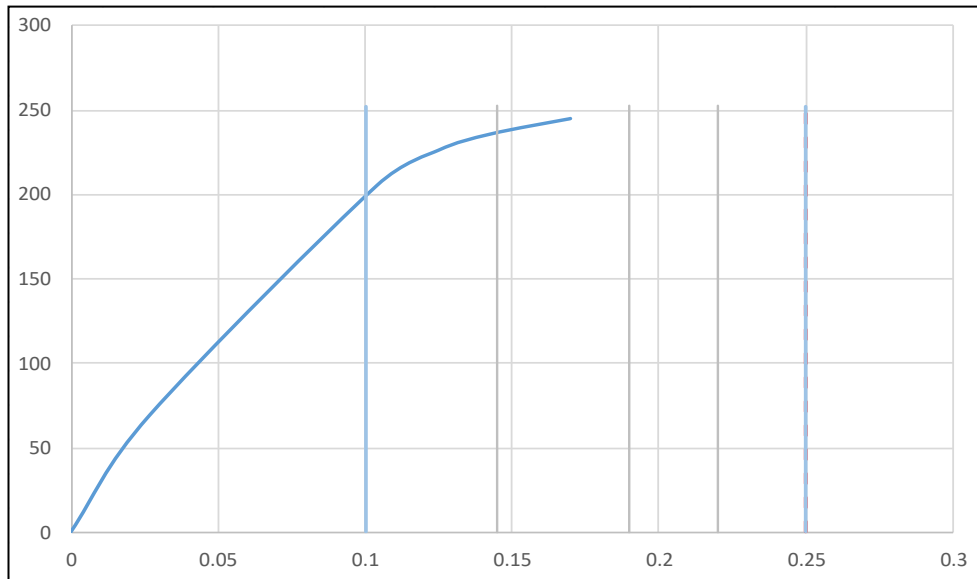
Tabla 32: Valores obtenido para un sismo de raro con Pushover (Sentido X)

Tipo	RARO	
dy	0.10	0.00
	0.10	252.36
dd	0.25	0.00
	0.25	252.36
du	0.25	0.00
	0.25	252.36
1	0.15	0.00
	0.15	252.36
2	0.19	0.00
	0.19	252.36
3	0.22	0.00
	0.22	252.36
duc cap	2.50	
duc dem	2.50	
duc res	1.00	
REFORZAR		
R	3.13	

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la tabla #32 podemos observar, que la estructura para poder quedar habitable después de un sismo de nivel raro se debe utilizar un R= 3.13, por lo cual esta estructura debe ser reforzada.

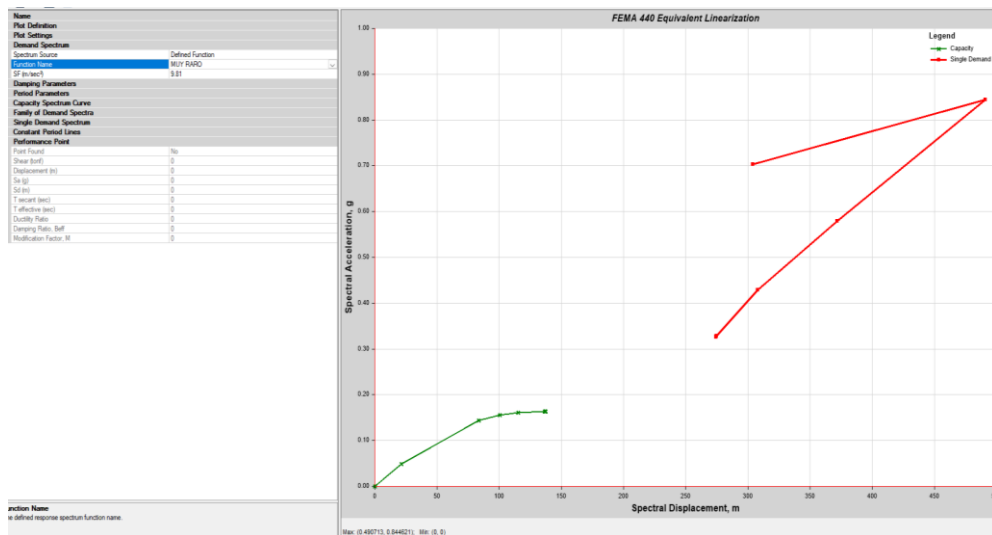
Ilustración 49: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 49, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel raro queda en el criterio de aceptación colapso.

Ilustración 50: Punto de Desempeño – Muy Raro (Sentido X).



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 50 podemos observar que las curvas no llegan a una intersección entre el espectro de demanda para un nivel de sismo muy raro con la curva de capacidad, debido a la falta de capacidad de la estructura para resistir este tipo de demanda, llegando la estructura al colapso.

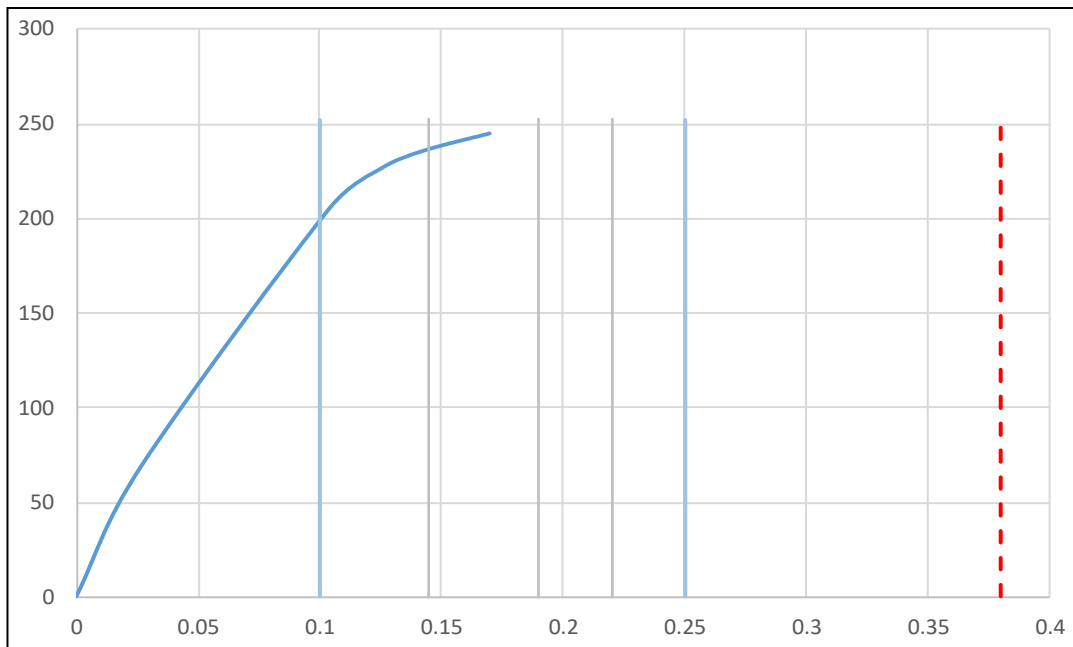
Tabla 33: Valores obtenido para un sismo de muy raro con Pushover (Sentido X)

Tipo	MUY RARO	
dy	0.10	0.00
	0.10	252.36
dd	0.38	0.00
	0.38	252.36
du	0.25	0.00
	0.25	252.36
1	0.15	0.00
	0.15	252.36
2	0.19	0.00
	0.19	252.36
3	0.22	0.00
	0.22	252.36
duc cap	2.50	
duc dem	3.80	
duc res	0.66	
REFORZAR		
R	3.13	

FUENTE: DIEGO LUCIO

En la tabla #33 podemos observar, que la estructura para poder quedar habitable después de un sismo de nivel muy raro se debe utilizar un $R = 3.13$, por lo cual esta estructura debe ser reforzada.

Ilustración 51: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 51, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel muy raro queda en el criterio de aceptación colapso.

4.10.4 Punto de desempeño en dirección (Sentido Y) (BLOQUE A2)

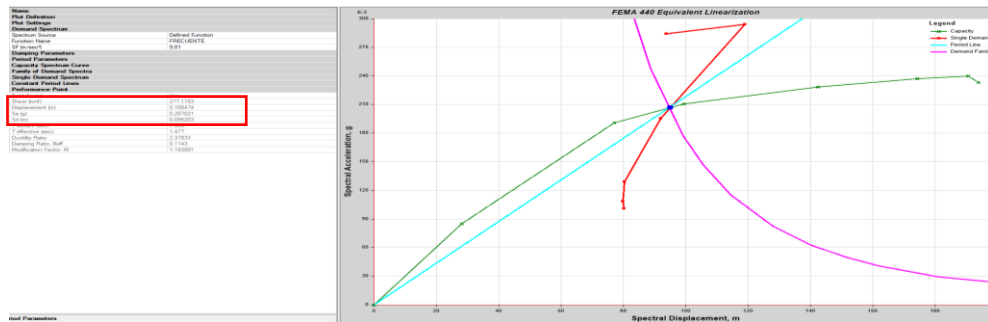
En la siguiente tabla se presentan los puntos de desempeño correspondiente a cada magnitud de evento sísmico, con sus respectivas desplazamiento y valores cortantes.

Tabla 34: Puntos de desempeño en la dirección (Sentido Y)

Dirección	Nivel de sismo	Dp (m)	V (ton)
Y-Y	Frecuente	0.1004	277.1193
	Ocasional	0.1227	297.1093
	Raro	0.1628	352.5684
	Muy Raro	-	-

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

Ilustración 52: Punto de Desempeño – Sismo Frecuente (Sentido Y).



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la figura 51 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo frecuente con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.1004m como desplazamiento y 297.1093 Ton como cortante.

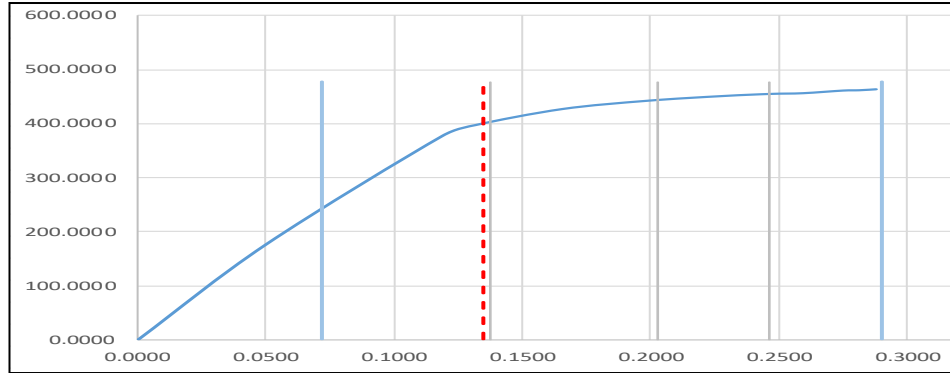
Tabla 35: Valores obtenido para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido Y)

Tipo	FREQ	
dy	0.07	0.00
	0.07	477.29
dd	0.14	0.00
	0.14	477.29
du	0.29	0.00
	0.29	477.29
1	0.14	0.00
	0.14	477.29
2	0.20	0.00
	0.20	477.29
3	0.25	0.00
	0.25	477.29
duc cap	4.03	
duc dem	1.88	
duc res	2.15	
HABITABLE		
R	5.03	

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la tabla #35, podemos observar, que la estructura para poder quedar habitable después de un sismo de nivel frecuente se debe utilizar un $R= 5.03$.

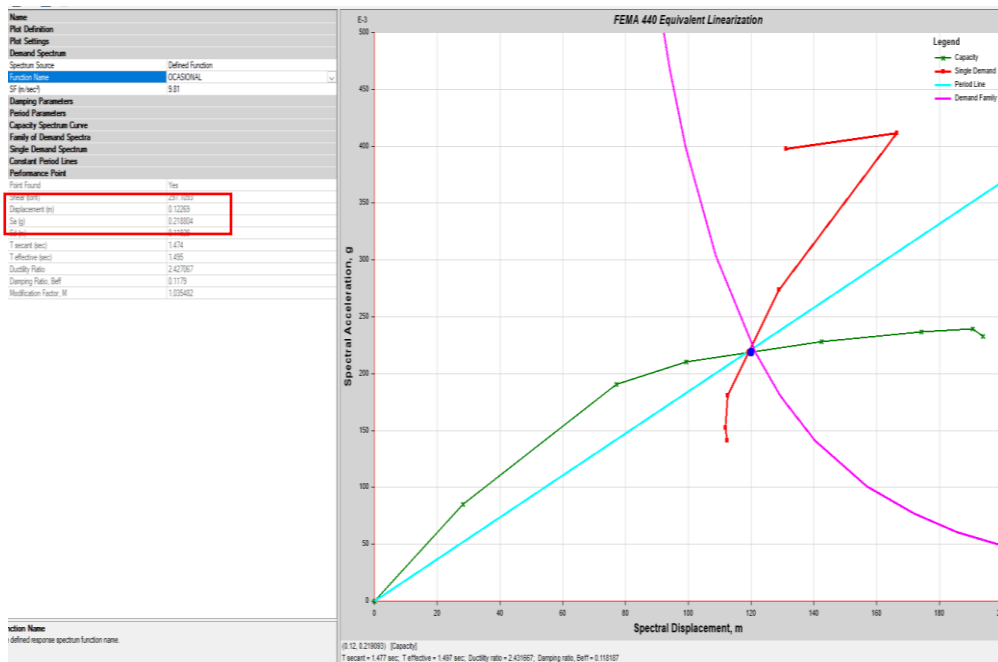
Ilustración 53: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 52, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel frecuente queda en el criterio de aceptación funcional.

Ilustración 54: Punto de Desempeño – Sismo Ocasional (Sentido Y).



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la figura 53 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo ocasional con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.1227m como desplazamiento y 297.1093 Ton como cortante.

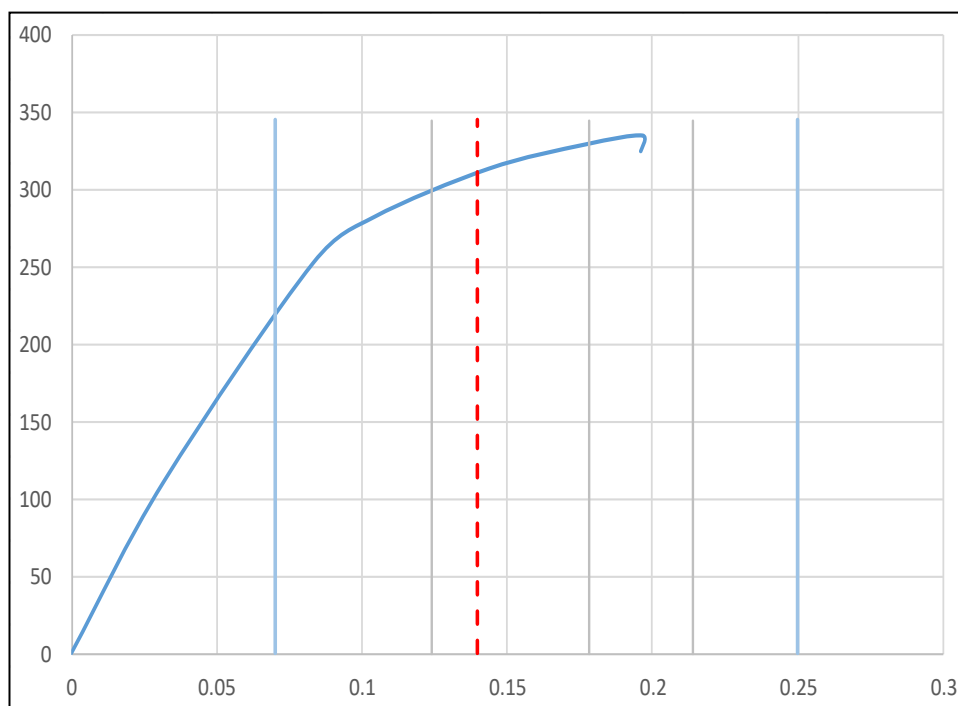
Tabla 36: Valores obtenido para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido Y)

Tipo	OCAS	
dy	0.07	0.00
	0.07	345.34
dd	0.14	0.00
	0.14	345.34
du	0.25	0.00
	0.25	345.34
1	0.12	0.00
	0.12	345.34
2	0.18	0.00
	0.18	345.34
3	0.21	0.00
	0.21	345.34
duc cap	3.57	
duc dem	2.00	
duc res	1.79	
HABITABLE		
R	4.46	

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la tabla #36 podemos observar, que la estructura para poder quedar habitable después de un sismo de nivel ocasional se debe utilizar un $R = 4.46$.

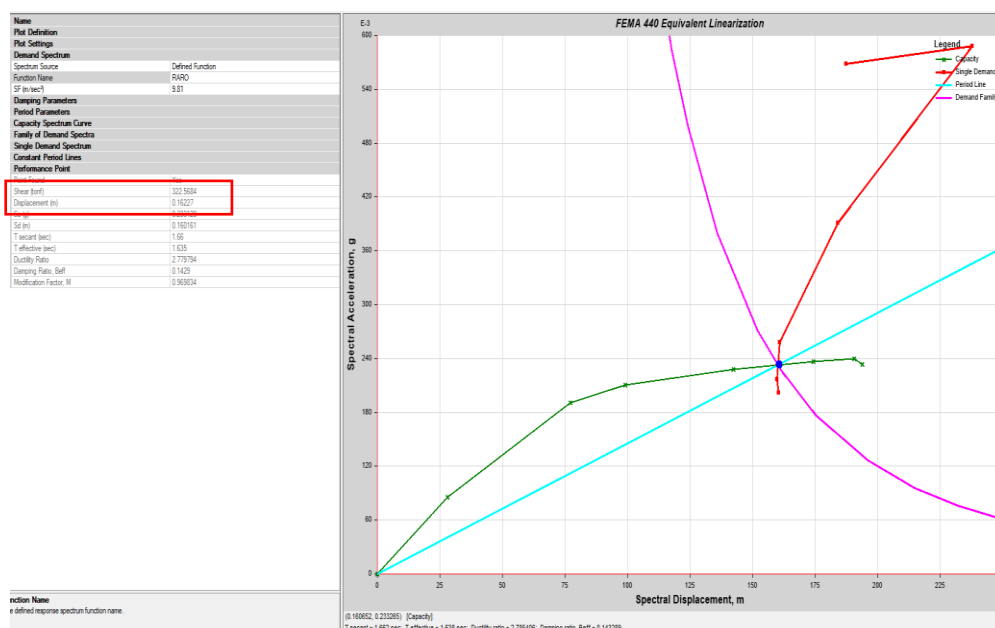
Ilustración 55: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 55, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel ocasional queda en el criterio de aceptación seguridad de vida.

Ilustración 56: Punto de Desempeño – Raro (Sentido Y).



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 56 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo raro con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.1628m como desplazamiento y 352.5684 Ton como cortante.

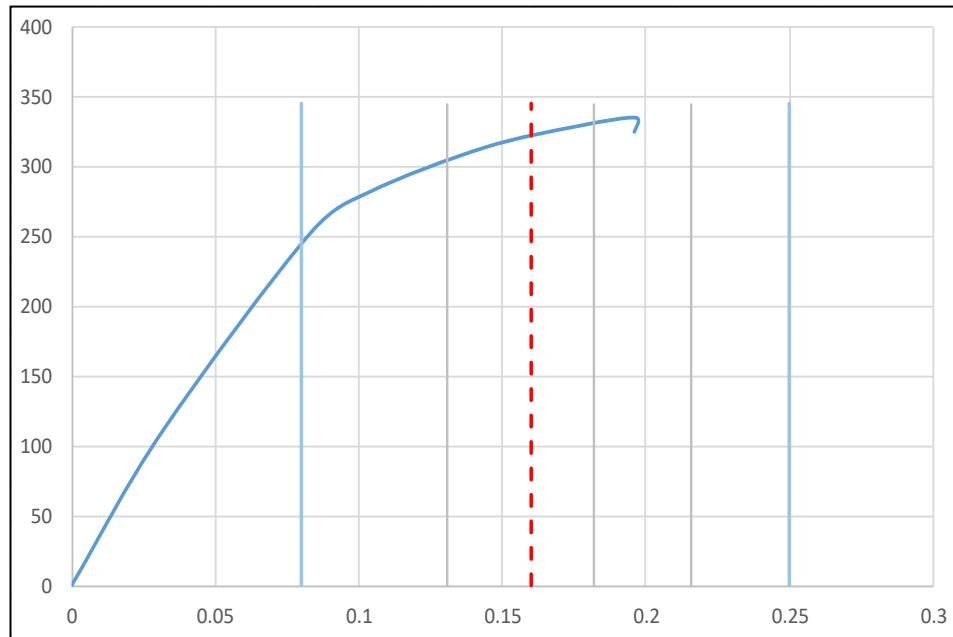
Tabla 37: Valores obtenido para un sismo de raro con Pushover (Sentido Y)

Tipo	RARO	
dy	0.08	0.00
	0.08	345.34
dd	0.16	0.00
	0.16	345.34
du	0.25	0.00
	0.25	345.34
1	0.13	0.00
	0.13	345.34
2	0.18	0.00
	0.18	345.34
3	0.22	0.00
	0.22	345.34
duc cap	3.13	
duc dem	2.00	
duc res	1.56	
HABITABLE		
R	3.91	

FUENTE: DIEGO LUCIO

En la tabla #37 podemos observar, que la estructura para un sismo de nivel raro queda habitable y se debe utilizar un R=3.91.

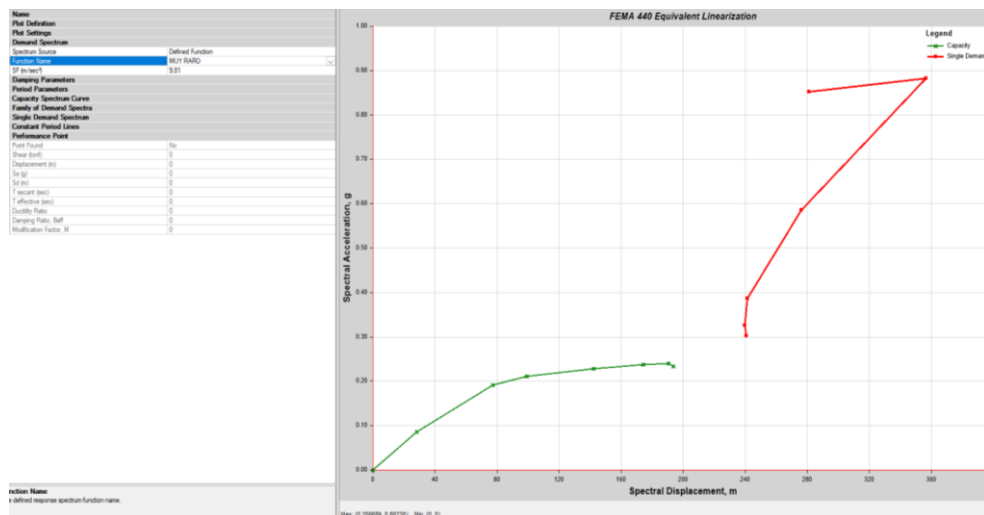
Ilustración 57: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 57, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel raro queda en el criterio de aceptación seguridad de vida.

Ilustración 58: Punto de Desempeño – Muy Raro (Sentido Y).



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 58 podemos observar que las curvas no llegan a una intersección entre el espectro de demanda para un nivel de sismo muy raro con la curva de capacidad, debido a la falta de capacidad de la estructura para resistir este tipo de demanda, llegando la estructura al colapso.

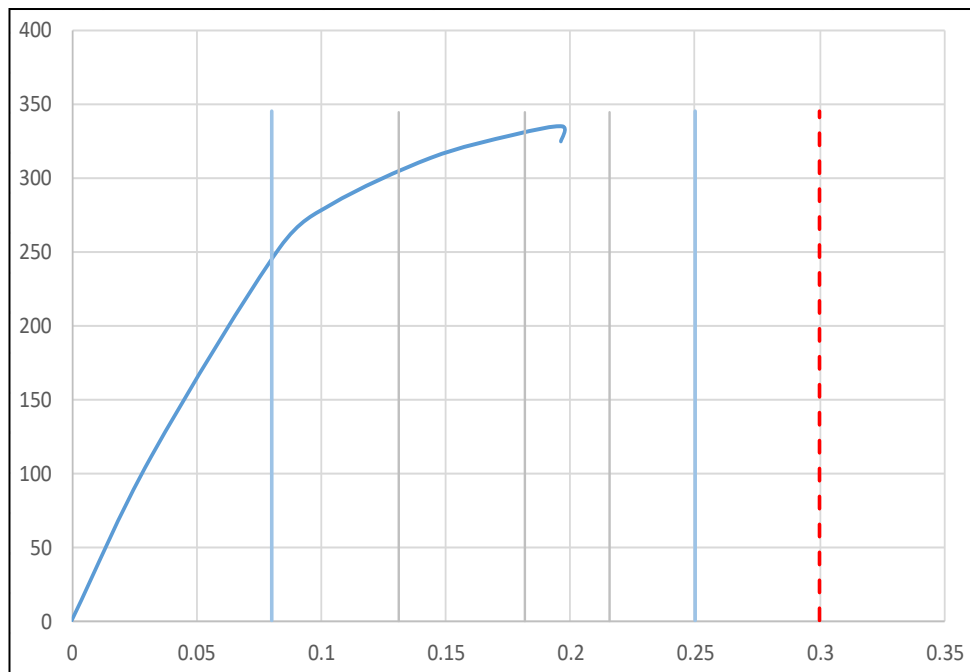
Tabla 38: Valores obtenido para un sismo de raro con Pushover (Sentido Y)

Tipo	MUY RARO	
dy	0.08	0.00
	0.08	345.34
dd	0.30	0.00
	0.30	345.34
du	0.25	0.00
	0.25	345.34
1	0.13	0.00
	0.13	345.34
2	0.18	0.00
	0.18	345.34
3	0.22	0.00
	0.22	345.34
duc cap	3.13	
duc dem	3.75	
duc res	0.83	
REFORZAR		
R	3.91	

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la tabla #38 podemos observar, que para que esta estructura soporte un sismo de nivel muy raro, está estructura debe ser reforzada en los elementos estructurales, además que se debe utilizar un $R=3.91$.

Ilustración 59: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

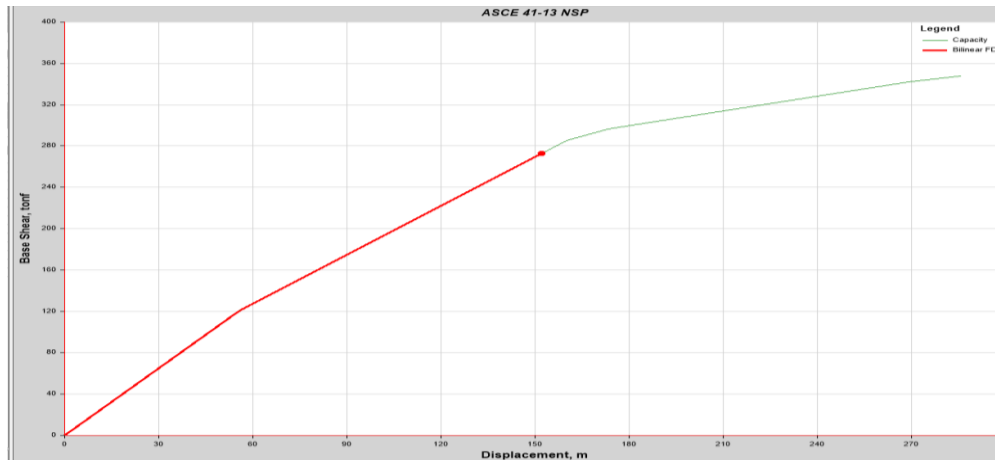
En la ilustración 59, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel muy raro queda en el criterio de aceptación colapso.

4. 11 Evaluación del desempeño sísmico

Se determina la respuesta que tendrá la estructura, frente a los diferentes niveles de amenaza sísmica.

4.11.1 BLOQUE A (SENTIDO X)

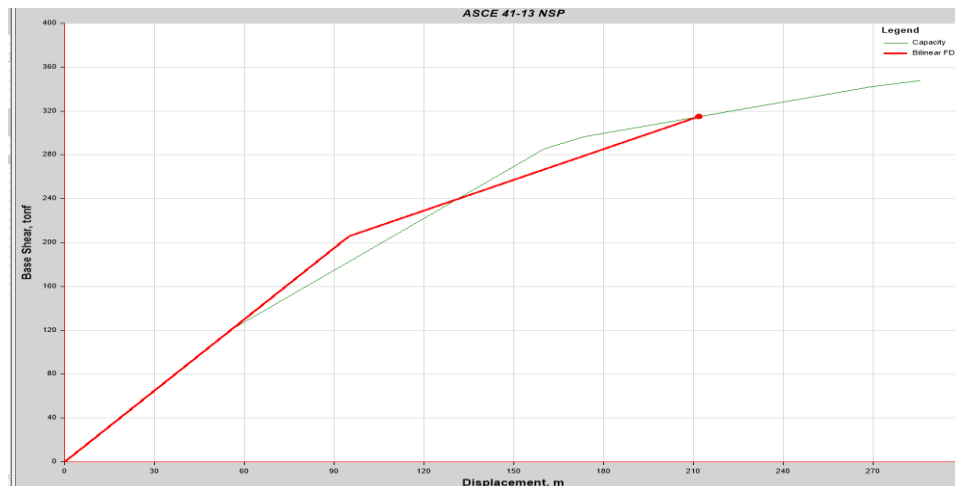
Ilustración 60: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 60 se determina que, para un sismo de nivel frecuente, la demanda del sismo está dentro de la capacidad de la estructura.

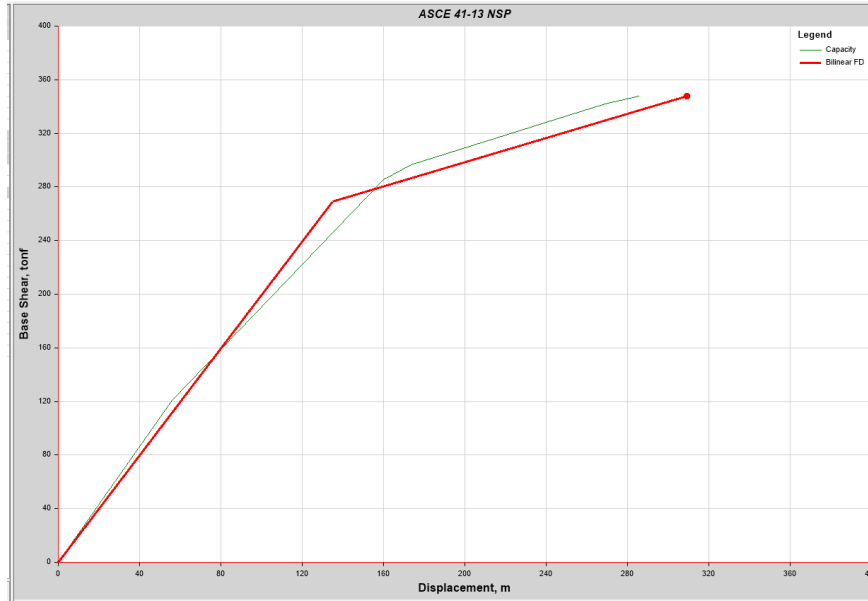
Ilustración 61: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 61 se determina que, para un sismo de nivel ocasional, la demanda del sismo está dentro de la capacidad de la estructura.

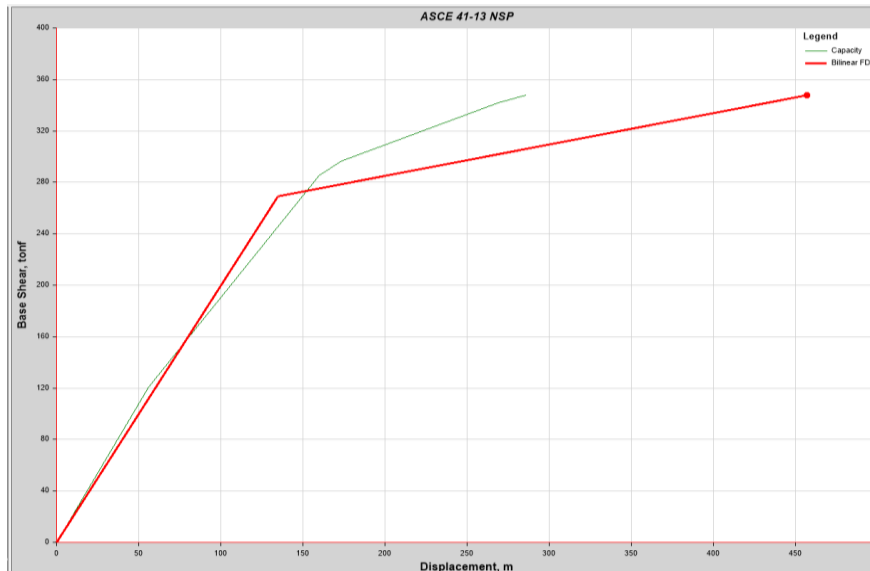
Ilustración 62:Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 62 se determina que, para un sismo de nivel raro, la demanda del sismo está fuera de la capacidad de la estructura.

Ilustración 63:Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X)

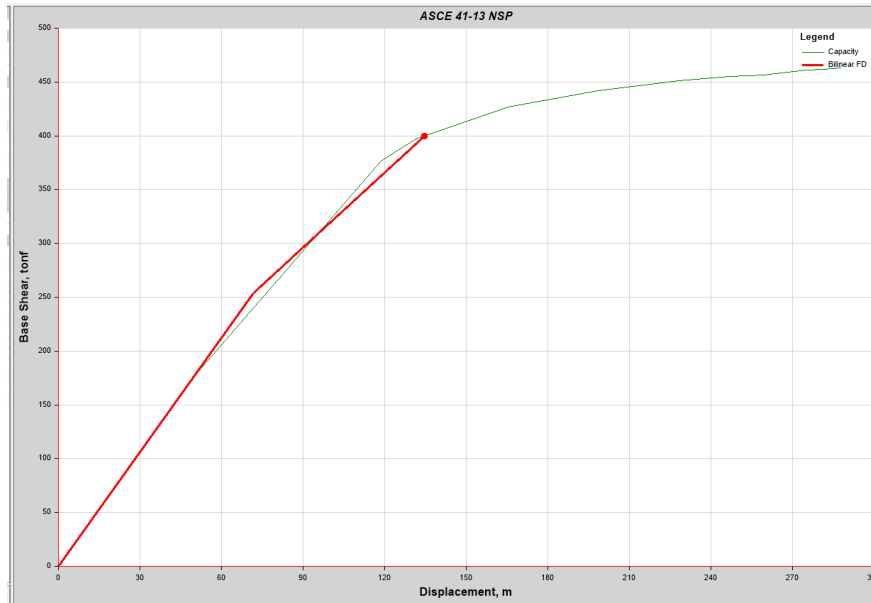


ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 63 se determina que, para un sismo de nivel raro, la demanda del sismo está fuera de la capacidad de la estructura

4.11.2 BLOQUE A (SENTIDO Y)

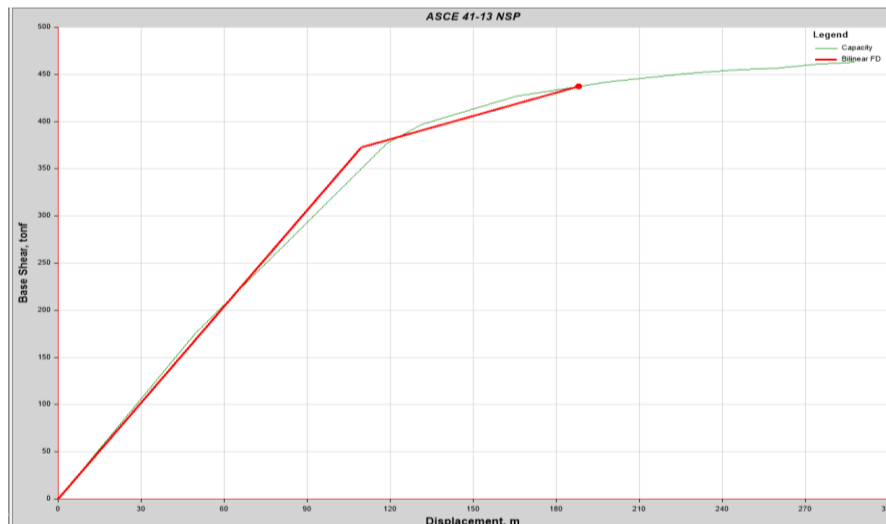
Ilustración 64: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 64 se determina que, para un sismo de nivel frecuente, la demanda del sismo está dentro de la capacidad de la estructura.

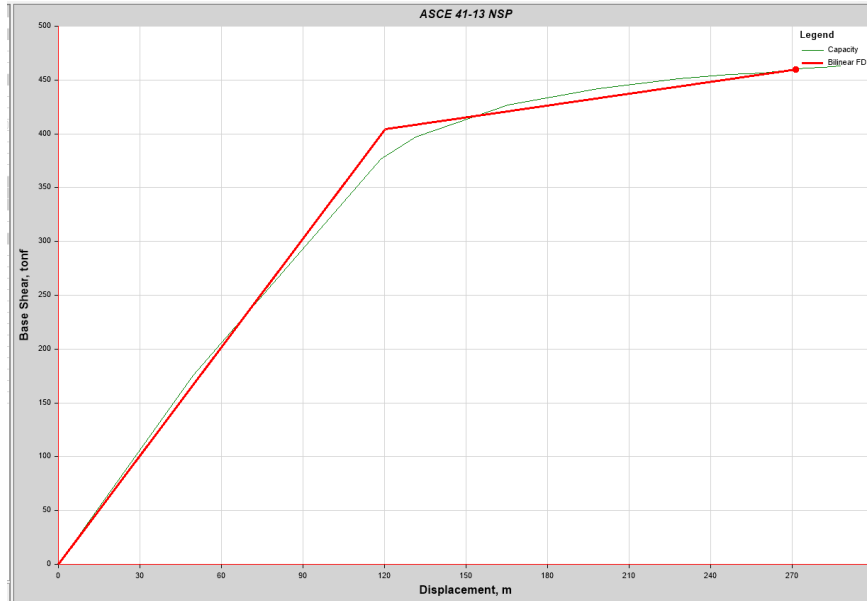
Ilustración 65: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 65 se determina que, para un sismo de nivel ocasional, la demanda del sismo está dentro de la capacidad de la estructura.

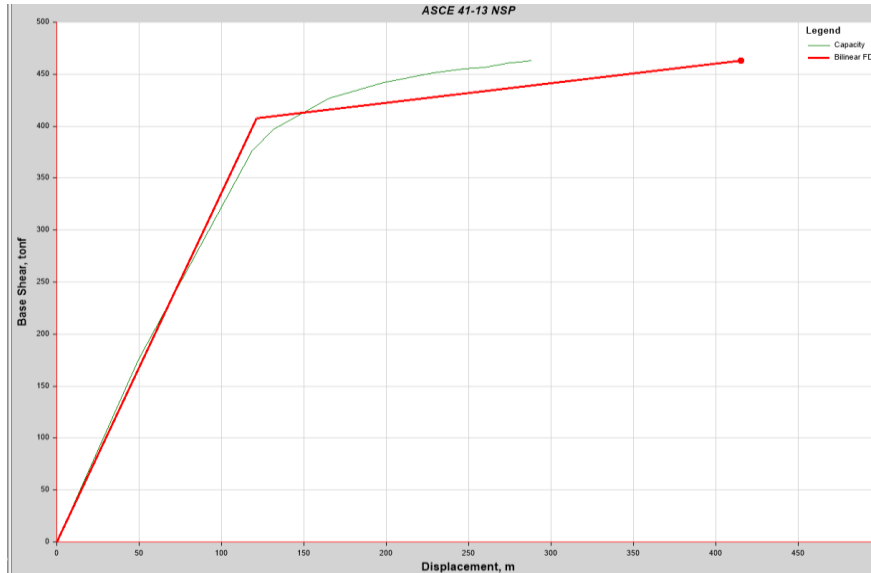
Ilustración 66:Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 66 se determina que, para un sismo de nivel ocasional, la demanda del sismo está dentro de la capacidad de la estructura.

Ilustración 67:Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y)

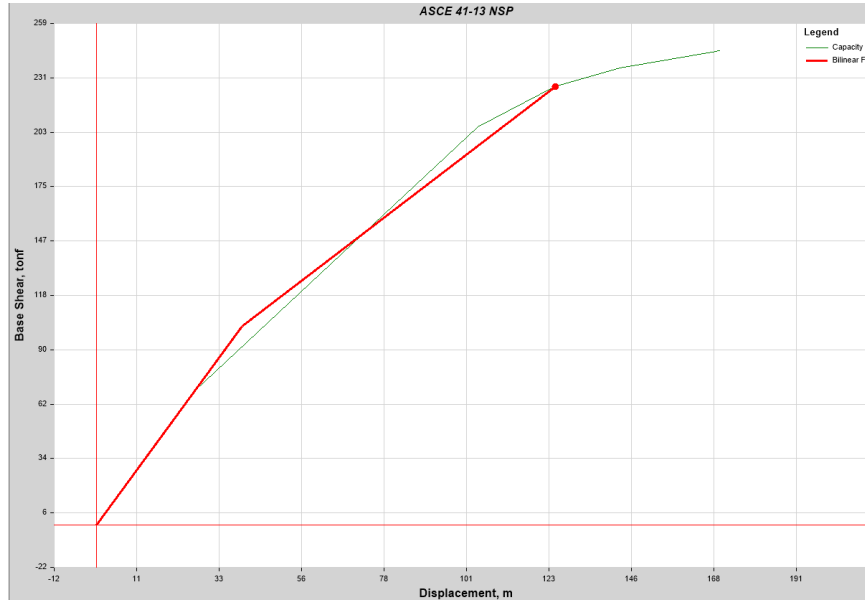


ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 67 se determina que, para un sismo de nivel muy raro, la demanda del sismo está fuera de la capacidad de la estructura.

4.11.3 BLOQUE A2 (SENTIDO X)

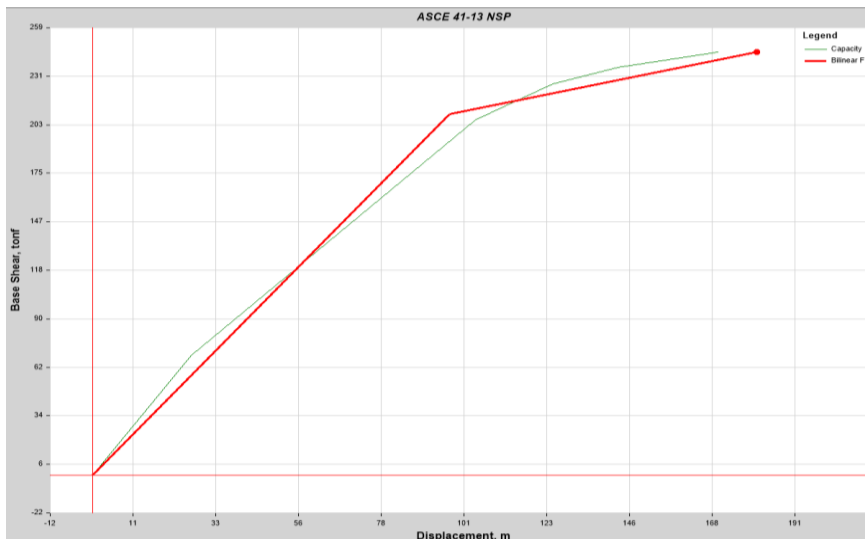
Ilustración 68: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 68 se determina que, para un sismo de nivel frecuente, la demanda del sismo está dentro de la capacidad de la estructura.

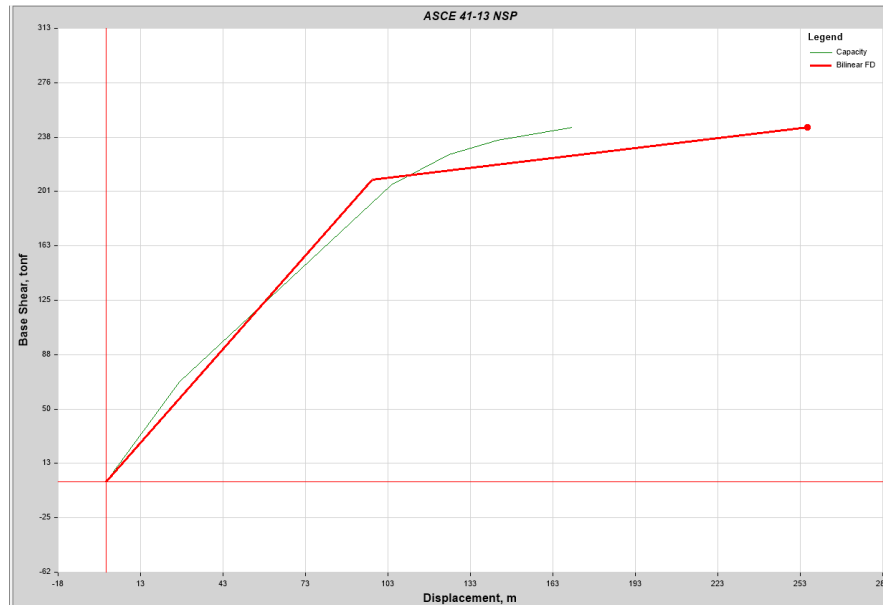
Ilustración 69: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 69 se determina que, para un sismo de nivel ocasional, la demanda del sismo está fuera de la capacidad de la estructura.

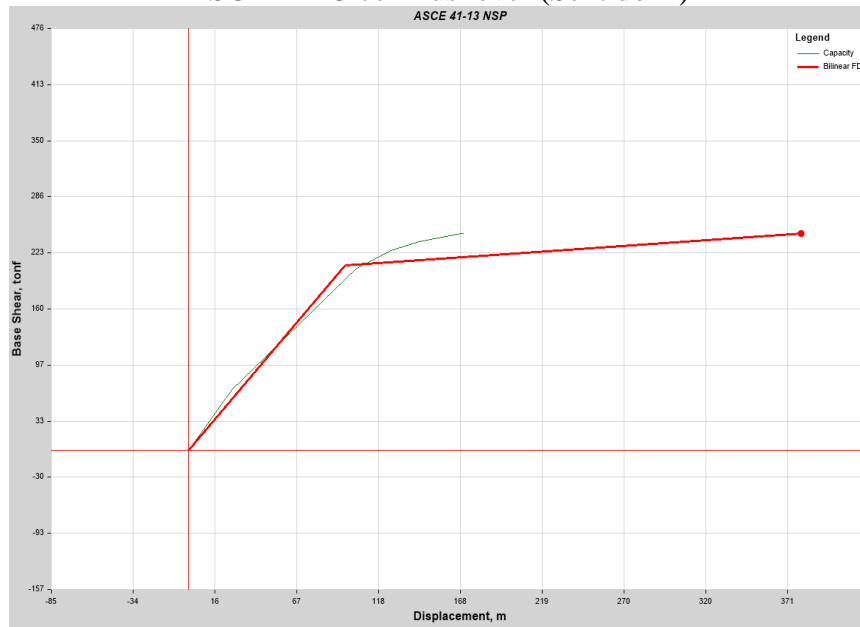
Ilustración 70: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 70 se determina que, para un sismo de nivel raro, la demanda del sismo está fuera de la capacidad de la estructura.

Ilustración 71: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X)

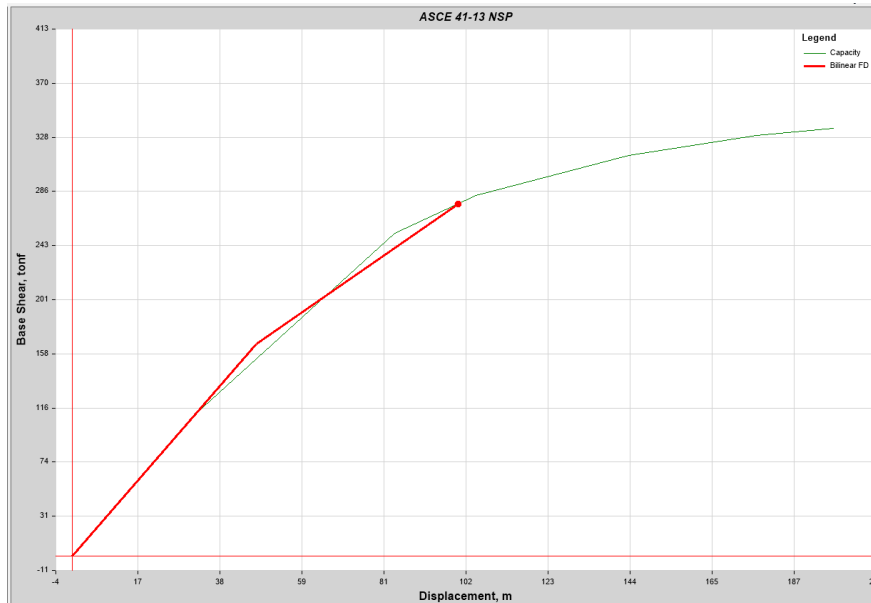


ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 71 se determina que, para un sismo de nivel muy raro, la demanda del sismo está fuera de la capacidad de la estructura.

4.11.4 BLOQUE A2 (SENTIDO Y)

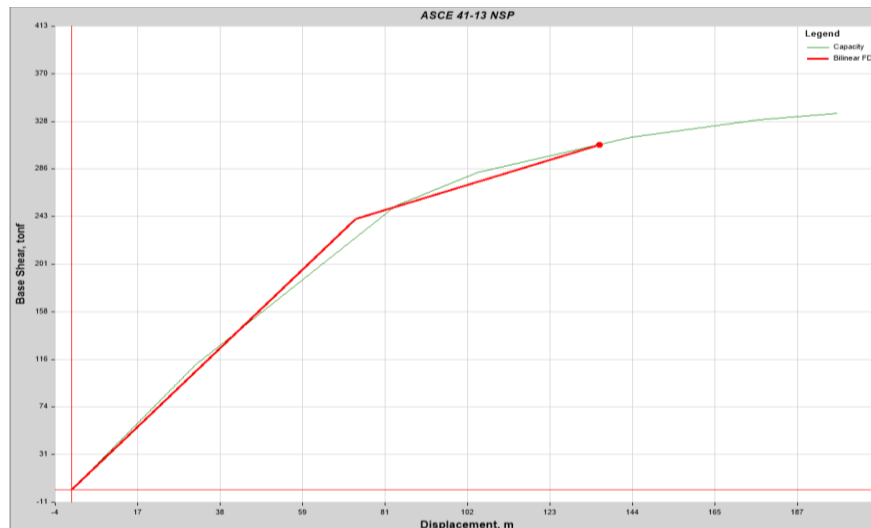
Ilustración 72: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 72 se determina que, para un sismo de nivel frecuente, la demanda del sismo está dentro de la capacidad de la estructura.

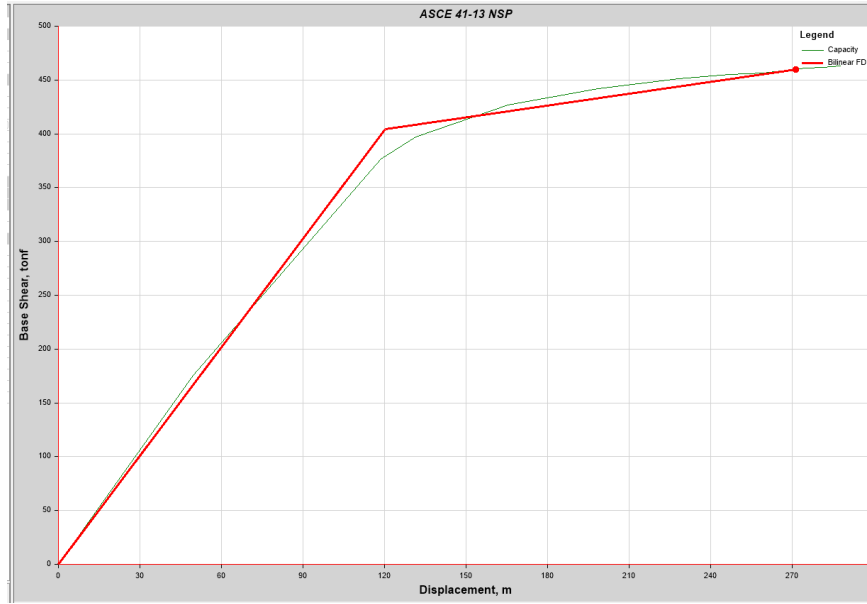
Ilustración 73: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 73 se determina que, para un sismo de nivel ocasional, la demanda del sismo está dentro de la capacidad de la estructura.

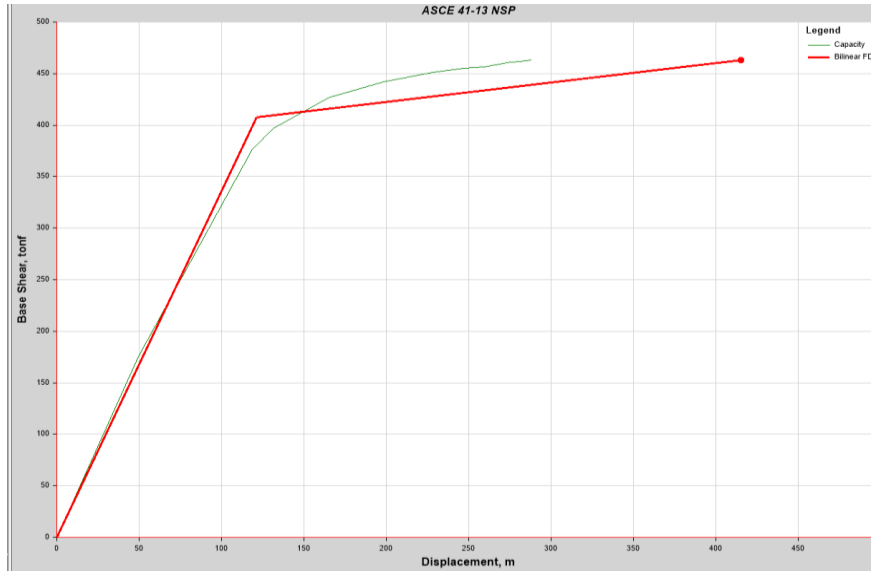
Ilustración 74:Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 74 se determina que, para un sismo de nivel raro, la demanda del sismo está dentro de la capacidad de la estructura.

Ilustración 75:Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 75 se determina que, para un sismo de nivel muy raro, la demanda del sismo está dentro de la capacidad de la estructura.

Tabla 39: Niveles de desempeño esperados y calculados para la dirección (Sentido X) en el Bloque A

Niveles de Amenaza	Niveles de desempeño				
	Operacional	Funcional	Seguridad de vida	Prevención al colapso	Colapso
Frecuente	X				
Ocasional		X			
Raro			X		
Muy Raro			X		

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

Tabla 40: Niveles de desempeño esperados y calculados para la dirección (Sentido Y) en el Bloque A

Niveles de Amenaza	Niveles de desempeño				
	Operacional	Funcional	Seguridad de vida	Prevención al colapso	Colapso
Frecuente	X				
Ocasional		X			
Raro			X		
Muy Raro			X		

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

Tabla 41: Niveles de desempeño esperados y calculados para la dirección (Sentido X) en el Bloque A2

Niveles de Amenaza	Niveles de desempeño				
	Operacional	Funcional	Seguridad de vida	Prevención al colapso	Colapso
Frecuente	X				
Ocasional		X			
Raro			X		
Muy Raro			X		

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

Tabla 42: Niveles de desempeño esperados y calculados para la dirección (Sentido Y) en el Bloque A2

Niveles de Amenaza	Niveles de desempeño				
	Operacional	Funcional	Seguridad de vida	Prevención al colapso	Colapso
Frecuente	X				
Ocasional		X			
Raro			X		
Muy Raro			X		

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

4.12 Propuesta de Reforzamiento

La intervención o rehabilitación estructural ya sea el reforzamiento sísmico o la reparación de edificaciones es un componente esencial para la mitigación de los efectos de los sismos, el mejoramiento del desempeño sísmico de edificios vulnerables es un asunto de vital importancia y urgente. Además, puede ser necesario intervenir una edificación por otras razones como cambio de uso, modificación del sistema estructural, daños por corrosión o ataque químico, incendio, impacto, entre otras. Un aspecto importante y crítico en la intervención es la conexión entre nuevos y antiguos elementos por medio de fijaciones, refuerzo activo o pasivo, adhesivos.

Por intervención sísmica las consecuencias económicas y pérdidas de vidas hacen que los desastres causados por terremotos sean catastróficos en cualquier parte del mundo. En caso de edificaciones existentes pueden concurrir dos fases para la intervención sísmica:

- Reparación y reforzamiento de edificios dañados por sismo.
- Reparación y reforzamiento de edificios vulnerables a sismo que aún no han experimentado sismos severos.

La intervención sísmica antes de un evento es sin duda la mejor estrategia para mitigar el desastre. Sin embargo, si desafortunadamente un sismo causa daño es importante intervenir la edificación dañada para la pronta recuperación y la mínima interrupción de la ocupación y funcionamiento que pueden ocasionar pérdidas económicas importantes como en el caso de instalaciones industriales o plantas de proceso. En las

últimas décadas se han hecho avances importantes en las diversas técnicas para reforzamiento sísmico y éstas se han puesto en práctica. Todas las técnicas de reforzamiento aquí ilustradas deben ser objeto de un diseño estructural. Además, previamente hay que hacer una evaluación del estado actual de la estructura con el fin de poder establecer el método de reforzamiento más adecuado y también las medidas de reparación y protección en caso de ser necesarias. Las técnicas mencionadas en este documento se refieren principalmente al reforzamiento sísmico, algunas de estas también pueden ser aplicadas para otros objetivos de reforzamiento como aumento de carga viva, daños del acero de refuerzo por corrosión, calidad deficiente del concreto, modificación de la estructura, entre otras.

4.12.1 Objetivos de rehabilitación.

El objetivo fundamental para una rehabilitación de estructuras, es cumplir con la normativa vigente en cada país, mediante métodos que nos ayuden a reforzar estructuras existentes y así cumplir con la filosofía de diseño sismorresistente, hasta alcanzar un nivel de desempeño de seguridad de vida para un sismo raro, con un nivel de amenaza sísmica de 475 años de periodo de retorno.

4.13 Reforzamiento de elementos.

Todas las edificaciones con deficiencias pueden ser reforzadas estructuralmente. La decisión de si se refuerza o no, depende de la inversión económica y del riesgo durante los trabajos de adecuación. Una edificación puede tener comprometida su resistencia y estabilidad ante cargas verticales o gravitacionales como el peso propio, o ante cargas horizontales como el caso de viento o sismo.

La necesidad de un reforzamiento de una edificación se puede presentar en el estado de servicio o luego de un evento sísmico importante. En condiciones de servicio, se presenta esta necesidad cuando la estructura pierde parcialmente la capacidad de resistencia, estabilidad y/o rigidez antes cargas gravitacionales o laterales; también se puede presentar en el caso en que se requiera una actualización sísmica en la normativa. Por otro lado, luego de la ocurrencia de un sismo importante, elementos estructurales del sistema estructural sufren cierto nivel de daño el cual compromete su resistencia, estabilidad y/o rigidez tanto en servicio como para sismos incluso menores. La situación más delicada corresponde cuando se presentan problemas de estabilidad ante cargas gravitacionales. En otras palabras, cuando la edificación no es capaz de

soportar su propio peso o cargas vivas actuantes. Las cargas correspondientes al peso propio de la estructura, de los acabados y particiones se denomina cargas muertas, y las cargas gravitacionales correspondientes al uso (vivienda, oficinas, parqueaderos, comercio etc.) se denominan cargas vivas.

4.13.1 Reforzamiento en vigas (Bloque A)

Para el análisis de la capacidad del elemento en este caso vigas, se utilizará un Excel que nos ayudará a conocer el tipo de deficiencia de la viga en estudio, es necesario contar con la información necesaria para ingresar, el área de aceros en el extremo izquierdo, así como en la parte central y en el extremo derecho son necesarios para encontrar la delación demanda – capacidad D/C, estos valores deben estar en un valor menor a 1.00.

VIGA 40X50 EJE 2 (ENTRE A-B; B-C) BLOQUE A

Datos:

L1= 7.50m

L2= 7.50m

L3= 4.45m

L3= 7.15m

Cv= 0.35 ton/m²

Cm= 0.70 ton/m²

F'c= 240 Kg/cm²

fy= 4200 Kg/cm²

Pb= 2.45%

Cu= 1.40 ton/m²

Hlosa= 25cm

Ocupación= Parqueadero

Tipo Mamp= Pesada

Alivianador= Pesado

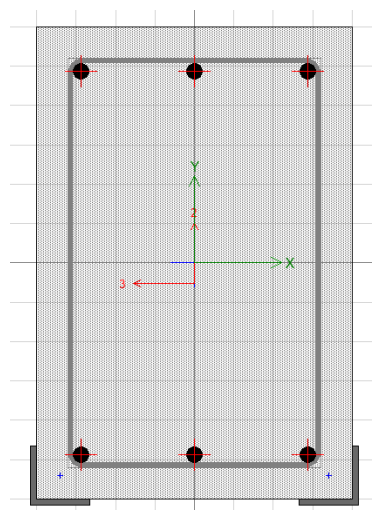


Tabla 43:Análisis de la viga 40x50 eje 2 entre A – B; B-C (BLOQUE A)

Datos de viga		
b	40.0	cm
h	50.0	cm
Var inf	3	u
fi	20	mm
Var sup	2Ø18+3Ø20	u
fi	20	mm
fi est	10	mm
sep	10	cm
rec	3.00	cm
Aceros		
As sup	14.51	cm ²
As inf	9.42	cm ²
a	7.47	cm
d	45.00	cm
Mr	22.63	t-m
Lv	7.00	m
Lt	5.80	m
Md	30.85	t-m
Reforzar		

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

De la tabla 43 podemos determinar qué momento de diseño es mayor al momento resistente de esta viga, motivo por el cuál es necesario realizar un reforzamiento.

4.13.2 Encamisado en vigas (Bloque A)

Es una metodología para reforzar un elemento que ha sufrido cambios en su capacidad resistente, envolviendo el elemento estructural actual con una sección adicional de acero A36 el mismo que nos ayudará aumentar la sección del elemento, reforzándolos frente a compresión, flexión, cortante y torsión garantizando el trabajo simultáneo entre diferentes elementos. Es necesario cumplir con el objeto de lo establecido en la normatividad actual, es decir, cumplir con una resistencia, factores de transferencia satisfactoria de esfuerzos entre la antigua estructura y el refuerzo actual, para brindar seguridad de vidas.

Este refuerzo ofrece eficacia y garantía a diferencia de otros métodos de reforzamiento, puesto que ofrece menos costo y mayor rapidez de ejecución. Adicionalmente se evita un impacto negativo en la obra, en lo que, a costos, tiempo de entrega, contaminación ambiental por generación de basuras, escombros y mala imagen de la empresa constructora se refiere. Siendo el acero uno de los materiales más usados para fines estructurales por su buen comportamiento en servicio, adaptabilidad a las formas constructivas y económicas.

Tabla 44:Análisis de la viga 40x50 eje 2 entre A – B; B-C (BLOQUE A)

Encamisado de acero		
Mfalt	3.00	t-m
Datos de angulo		
b	7.5	cm
e	0.8	cm
A	36	ksi
As	11.36	cm ²
Peso	8.92	kg/m
y	2.17	cm
Ix	60.18	cm ⁴
rx	2.30	cm
n	10.76	
As e	156.10	cm ²
x	17.18	cm
It	5240.23	cm ⁴
M inc	3.10	t-m
M res	31.21	t-m
OK		

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

De la tabla 44 podemos determinar que encamisando a la viga se realizará con acero A36 con medidas de longitud de 7.5cm y un espesor de 0.8cm en todo el largo de la viga, con este tipo de encamisado aumentamos la relación demanda – capacidad, por lo cual el momento resistente es mayor al momento de diseño.

4.13.3 Chequeo a corte del encamisado en viga (Bloque A)

Tabla 45:Análisis de la viga 40x50 eje 2 entre A – B; B-C (BLOQUE A)

Diseno a corte		
Vu (g)	18.72	t
Vu (m)	11.04	t
Vu	29.76	t
Mpr1	38.34	t-m
Mpr2	25.70	t-m
Vn	36.27	t
OK		

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

De la tabla 41 podemos observar que los estribos cumplen la función a corte motivo por el cual no es necesario la colocación de platina en los ángulos que reforzarán a la viga.

COLUMNA TIPO C2 BLOQUE A

Datos:

L1= 7.50m

L2= 7.50m

L3= 4.45m

L3= 7.15m

Cv= 0.35 ton/m²

Cm= 0.70 ton/m²

F'c= 240 Kg/cm²

fy= 4200 Kg/cm²

Pb= 2.45%

Cu= 1.40 ton/m²

Hlosa= 25cm

Ocupación= Parqueadero

Tipo Mamp= Pesada

Alivianador= Pesado

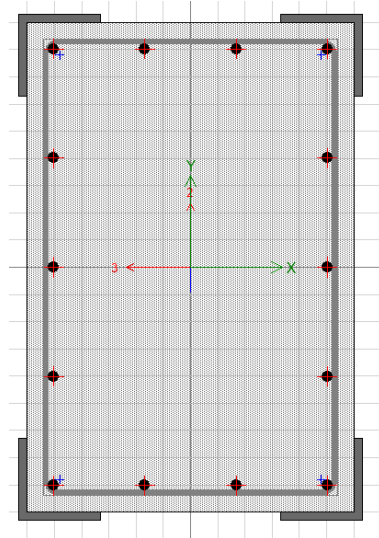


Tabla 46: Análisis de las columnas C2 (BLOQUE A)

At	43.50	m2
Pu	280.81	t
Ag nec	3311	cm2
Datos de col		
ancho	40	cm
prof	80	cm
var a	4	u
rec	5.00	cm
var p	5	u
fi esq	18	mm
fi long	18	mm
fi est	10	mm
sep	10	cm
vinchas	4	u
Ag real	3200	cm2
Reforzar		

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

De la tabla 46 podemos determinar que el Ag real es mayor al Ag nec, motivo por el cual estas columnas deben ser reforzadas, para el presente estudio procedemos con el reforzamiento “encamisado” es decir utilizando perfiles de acero A36.

4.13.4 Encamisado en columnas (Bloque A)

Tabla 47: Encamisado para columnas C2 (BLOQUE A)

Encamisado		
b	15.0	COMP
e	1.5	cm
A	36	ksi
Apoyo	3	u
Num ang	4	u
As	42.75	cm ²
Peso	33.56	kg/m
y	4.30	cm
Ix	911.27	cm ⁴
rx	4.62	cm
Lb	81	cm
esb	74.04	
fe	3777.48	kg/cm ²
Pu	280.81	t
Pr	294.17	t
D/C	0.95	

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

De la tabla 47 podemos determinar que encamisando a la viga con acero A36, se utilizara ángulos 15x1.5 cm, en los cuatro fillos de las columnas, con el espesor de estos ángulos aseguramos que trabajen de una forma compacta.

4.13.5 Análisis de la colocación de las platinas y chequeo a corte de las mismas para el reforzamiento de las columnas (Bloque A)

Tabla 48: Chequeo a corte para las platinas de las columnas C2

Cortante		
b	10.0	cm
e	0.3	cm
As	3.00	cm ²
cuant	0.0019	OK

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

De la tabla 48 podemos observar que es necesario la colocación de platinas en 3 partes de la columna, se utilizará platinas de 10cm de ancho y un espesor de 3mm, estas serán ubicadas en el pie – centro y cabeza de cada columna.

4.13.6 Pernos de anclaje para columnas (Bloque A)

Tabla 49: Pernos de anclaje para columnas C2

Capacidad - Pernos		
It	221551	cm4
Mres	140.12	t-m
Mtotal	234.29	t-m
Vu	72.31	t
Perno	1	in
Ap	5.06	cm2
Q	10.40	t
pernos x	3	u
pernos y	3	u
Num	8	u
Vn	83.19	t
OK		

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

De la tabla 49 podemos observar que es necesario la colocación de 3 pernos en el sentido x y 3 pernos en el sentido y, estos pernos serán de 1”, con esto garantizamos la capacidad a corte de los pernos.

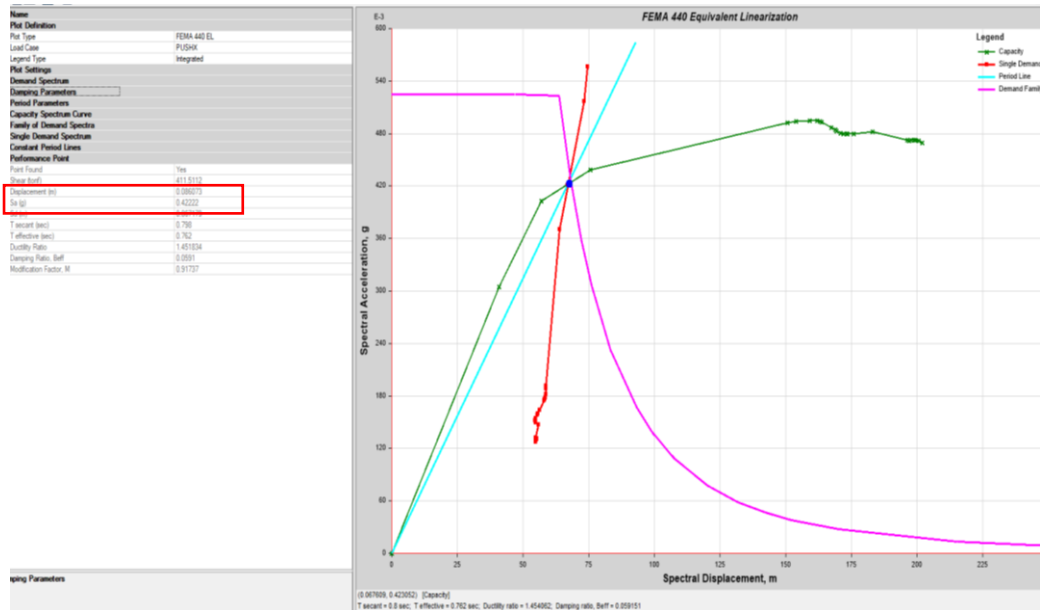
4. 14 Desempeño Sísmico de la estructura reforzada (Bloque A).

Tabla 50: Puntos de desempeño en la dirección (Sentido X)

Dirección	Nivel de sismo	Dp (m)	V (ton)
X-X	Frecuente	0.0861	411.5110
	Ocasional	0.1102	442.0689
	Raro	0.1497	470.4327
	Parqueadero	0.1897	498.3424
	Muy Raro	0.2089	492.9028

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

Ilustración 76: Punto de Desempeño – Sismo Frecuente (Sentido X).



ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la ilustración 76 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo frecuente con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.0861m como desplazamiento y 411.5110 Ton como cortante.

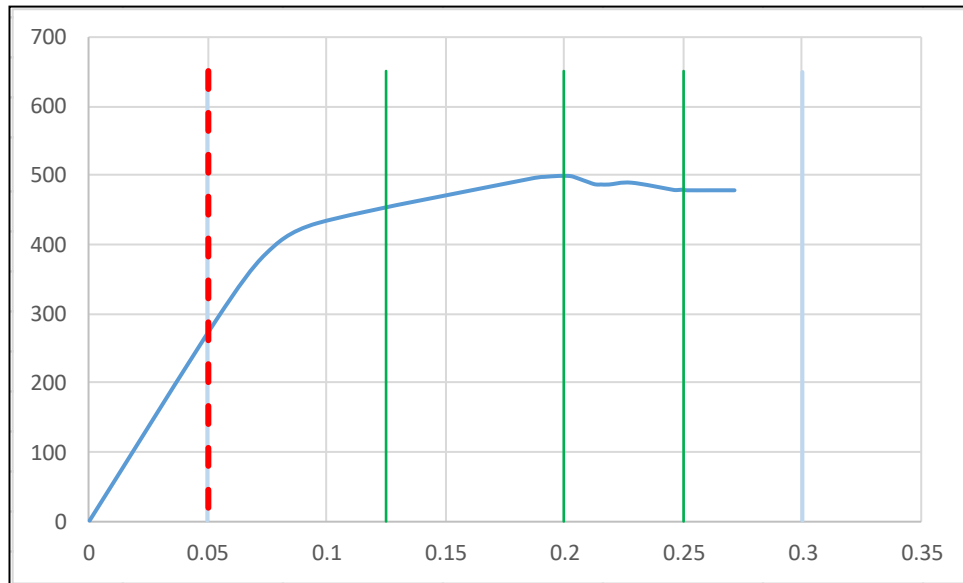
Tabla 51: Valores obtenido para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido X)

Tipo	FREC	
dy	0.05	650.59
	0.05	0.00
dd	0.05	650.59
	0.05	0.00
du	0.30	650.59
	0.30	0.00
1	0.13	650.59
	0.13	0.00
2	0.20	650.59
	0.20	0.00
3	0.25	650.59
	0.25	0.00
Duct max	6.00	
Duct fluencia	1.00	
Recommend	Habitabile	
<i>R real</i>	7.50	

ELABORADO: DIEGO LUCIO.

En la tabla #51 podemos observar, que el R utilizado para el diseño estructura es el correcto R=7.50, además indica que luego de un nivel de sismo frecuente la estructura queda HABITABLE.

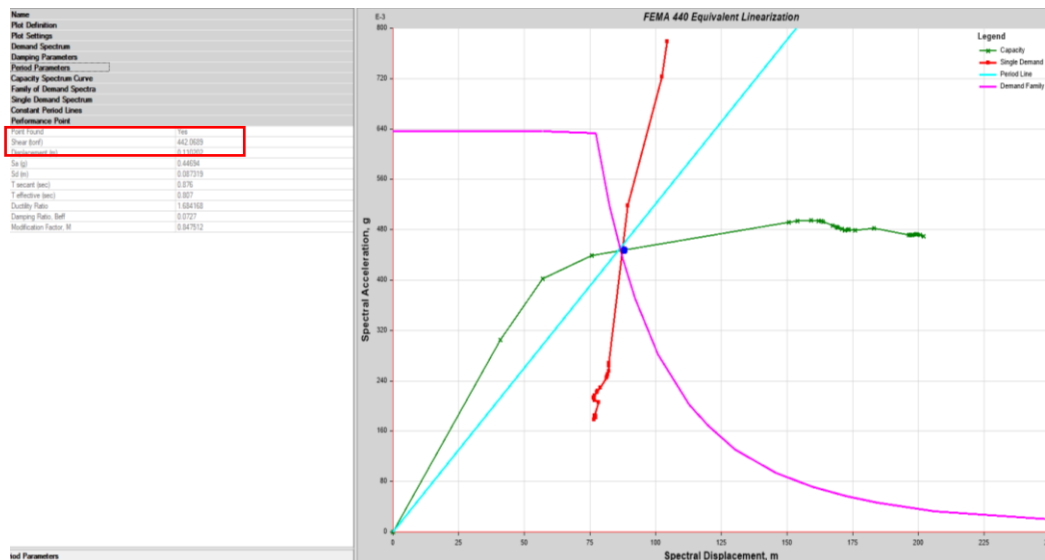
Ilustración 77: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 77, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel frecuente queda en el criterio de aceptación funcional.

Ilustración 78: Punto de Desempeño – Sismo Ocasional (Sentido X).



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 78 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo ocasional con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.1102m como desplazamiento y 442.0689 Ton como cortante.

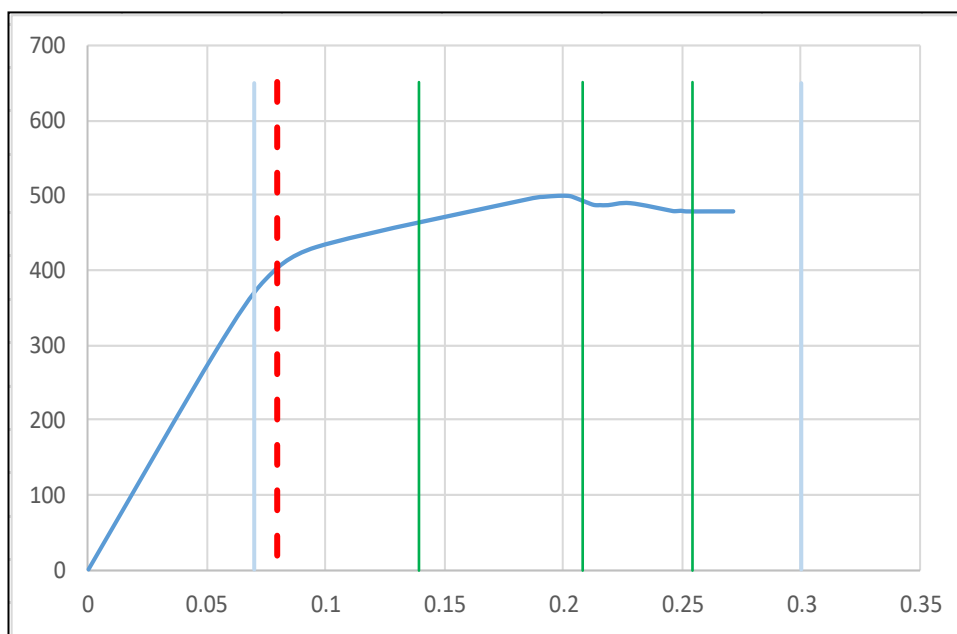
Tabla 52: Valores obtenido para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido X)

Tipo	OCAS	
dy	0.07	650.59
	0.07	0.00
dd	0.08	650.59
	0.08	0.00
du	0.30	650.59
	0.30	0.00
1	0.14	650.59
	0.14	0.00
2	0.21	650.59
	0.21	0.00
3	0.25	650.59
	0.25	0.00
Duct max	4.29	
Duct fluencia	1.14	
Recommend	Habitable	
R real	5.36	

ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la tabla #52 podemos observar, que el R utilizado para el diseño estructura es el correcto $R=5.36$, además indica que luego de un nivel de sismo ocasional la estructura queda HABITABLE.

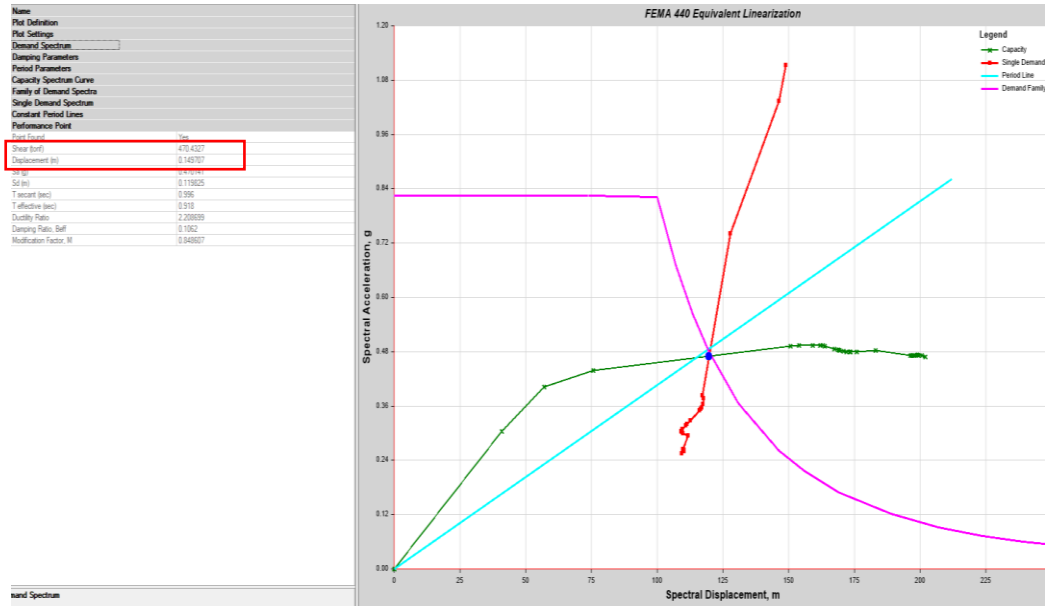
Ilustración 79: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 79, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel frecuente queda en el criterio de aceptación funcional.

Ilustración 80: Punto de Desempeño – Sismo Raro (Sentido X).



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 80 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo raro con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.1497m como desplazamiento y 470.4327 Ton como cortante.

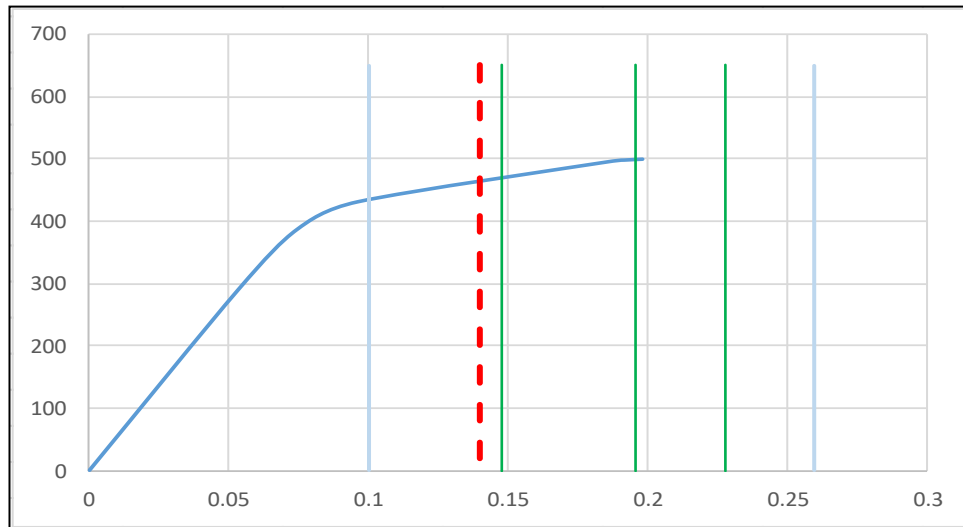
Tabla 53: Valores obtenido para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido X)

Tipo	RARO	
dy	0.07	650.59
	0.07	0.00
dd	0.10	650.59
	0.10	0.00
du	0.30	650.59
	0.30	0.00
1	0.14	650.59
	0.14	0.00
2	0.21	650.59
	0.21	0.00
3	0.25	650.59
	0.25	0.00
Duct max	4.29	
Duct fluencia	1.43	
Recommend	Habitable	
R real	5.36	

ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la tabla #53 podemos observar, que el R utilizado para el diseño estructura es el correcto R=5.36, además indica que luego de un nivel de sismo raro la estructura queda HABITABLE.

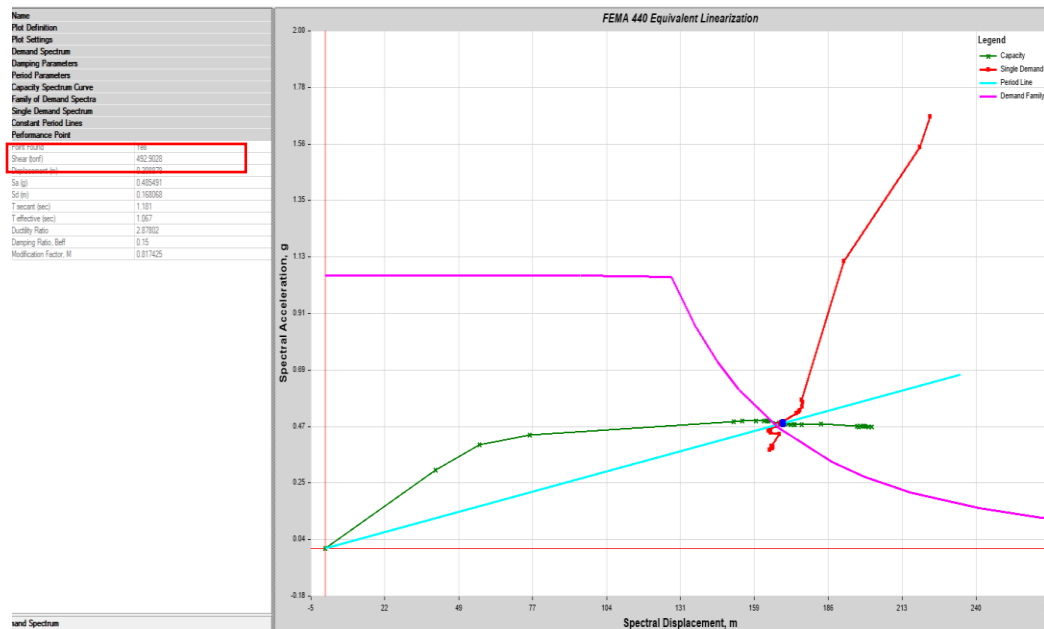
Ilustración 81: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 81, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel frecuente queda en el criterio de aceptación funcional.

Ilustración 82: Punto de Desempeño – Muy Raro (Sentido X).



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 82 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo muy raro con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.1897m como desplazamiento y 498.3424 Ton como cortante.

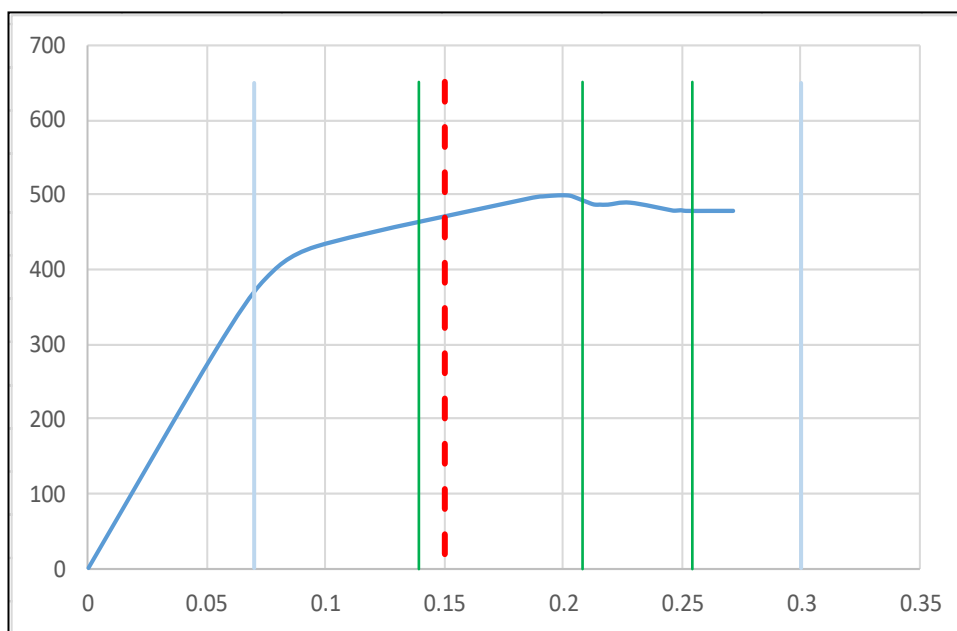
Tabla 54: Valores obtenido para un sismo de nivel muy raro con Pushover (Sentido X)

Tipo	MUY RARO	
dy	0.07	650.59
	0.07	0.00
dd	0.15	650.59
	0.15	0.00
du	0.30	650.59
	0.30	0.00
1	0.14	650.59
	0.14	0.00
2	0.21	650.59
	0.21	0.00
3	0.25	650.59
	0.25	0.00
Duct max	4.29	
Duct fluencia	2.14	
Recommend	Habitable	
R real	5.36	

ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la tabla #54 podemos observar, que el R utilizado para el diseño estructura es el correcto $R=5.36$, además indica que luego de un nivel de sismo muy raro la estructura queda HABITABLE.

Ilustración 83: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro con Pushover (Sentido X)

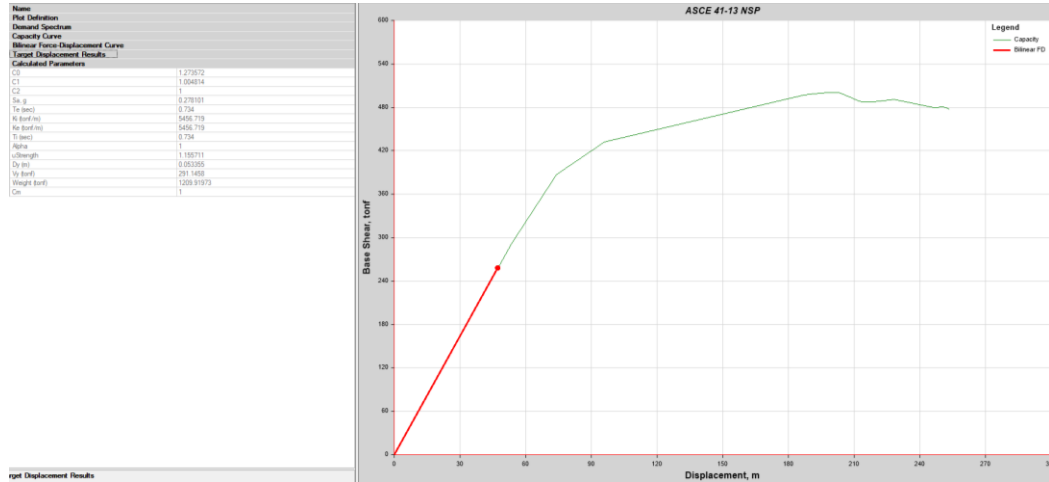


ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 83, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel frecuente queda en el criterio de aceptación seguridad de vida.

4.14.1 BLOQUE A (SENTIDO X)

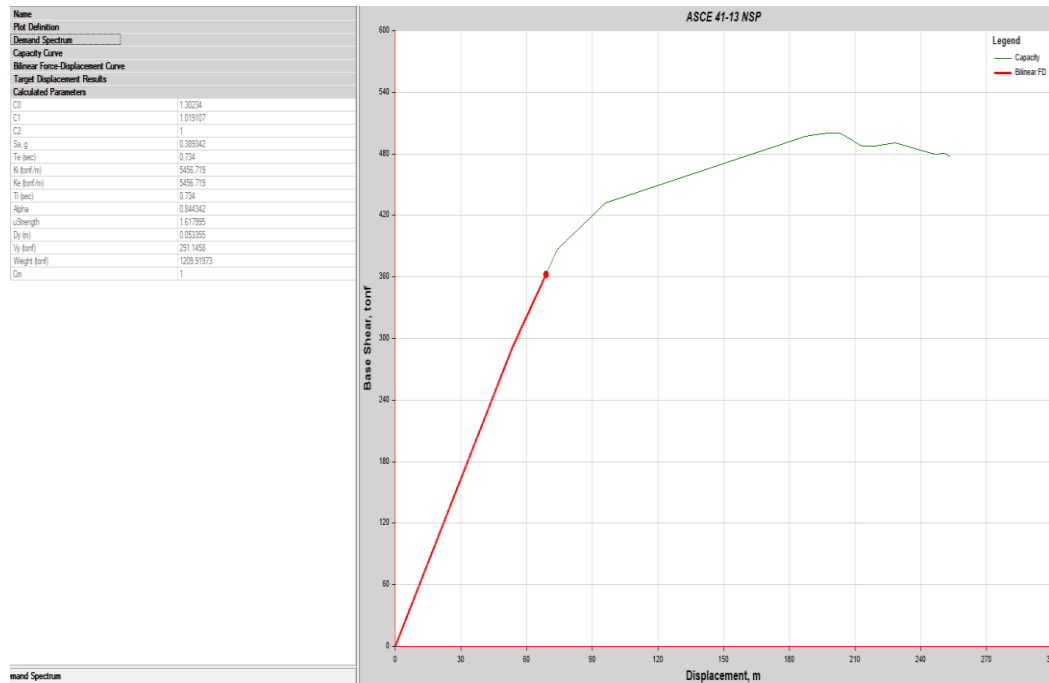
Ilustración 84: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 84 se determina que, para un sismo de nivel frecuente, la demanda del sismo está dentro de la capacidad de la estructura.

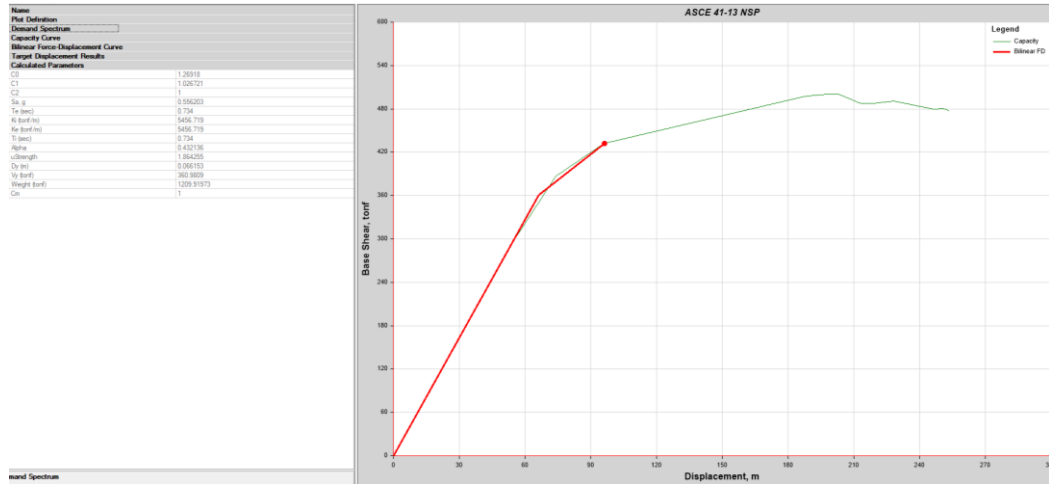
Ilustración 85: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 85 se determina que, para un sismo de nivel ocasional, la demanda del sismo está dentro de la capacidad de la estructura.

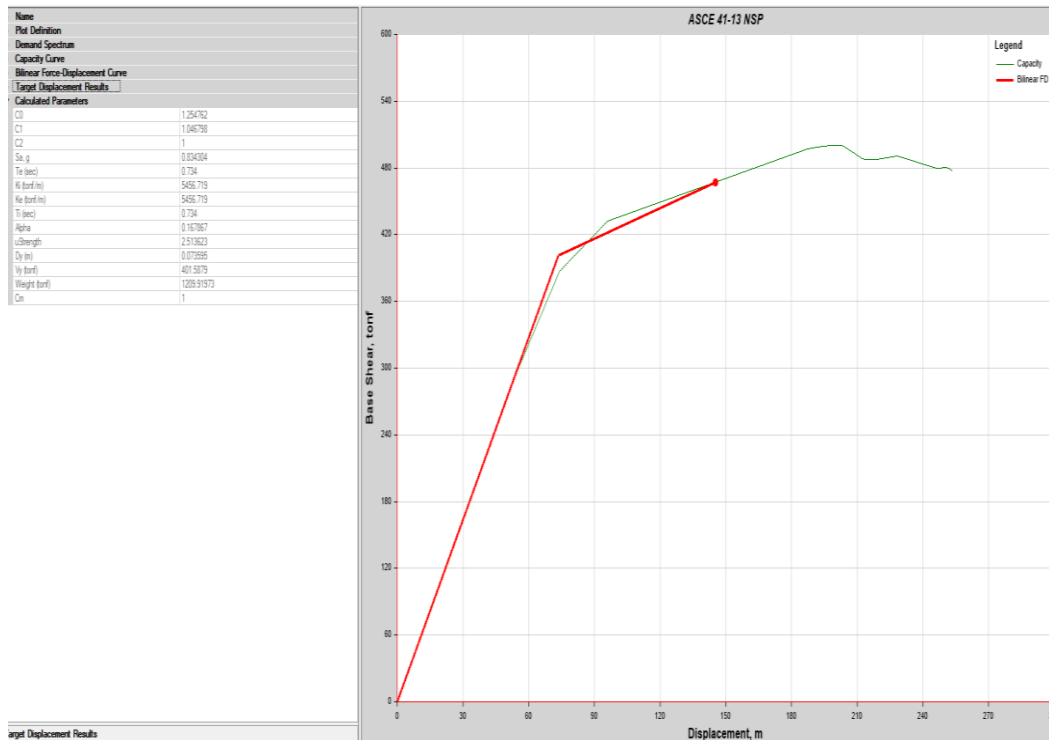
Ilustración 86: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 86 se determina que, para un sismo de nivel raro, la demanda del sismo está dentro de la capacidad de la estructura.

Ilustración 87: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

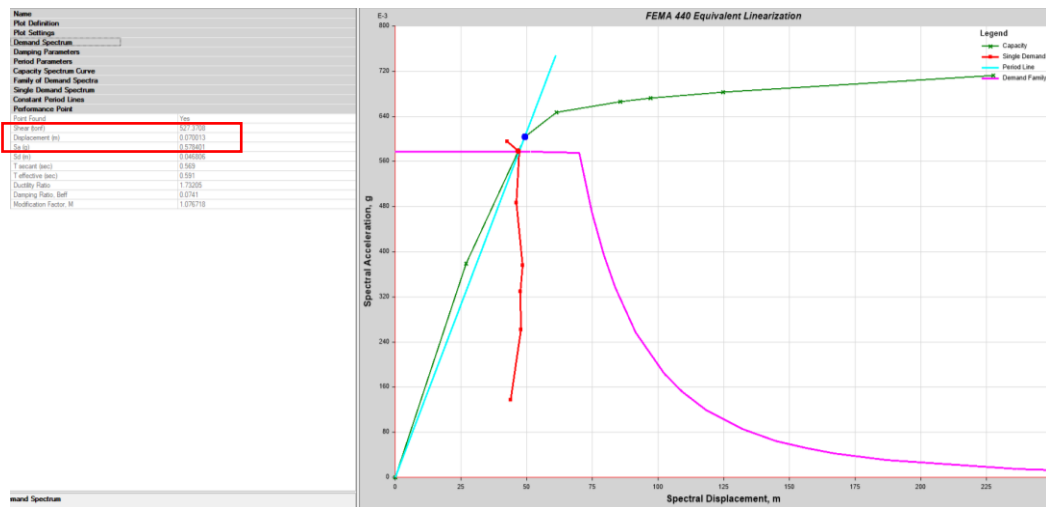
En la ilustración 87 se determina que, para un sismo de nivel muy raro, la demanda del sismo está dentro de la capacidad de la estructura.

Tabla 55: Puntos de desempeño en la dirección (Sentido Y)

Dirección	Nivel de sismo	Dp (m)	V (ton)
Y-Y	Frecuente	0.0700	527.3708
	Ocasional	0.0943	599.9783
	Raro	0.1313	640.7515
	Parqueadero	0.1681	656.5527
	Muy Raro	0.1901	661.0817

ELABORADO: DIEGO LUCIO

Ilustración 88: Punto de Desempeño – Sismo Frecuente (Sentido Y).



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 88 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo frecuente con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.0700m como desplazamiento y 527.3708 Ton como cortante.

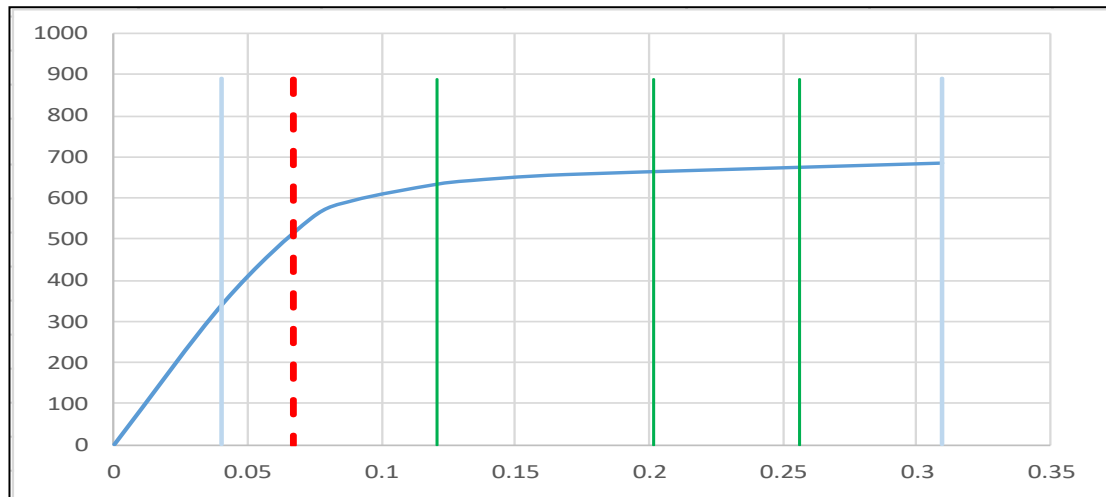
Tabla 56: Valores obtenido para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido Y)

Tipo	FREC	
dy	0.04	890.31
	0.04	0.00
dd	0.07	890.31
	0.07	0.00
du	0.31	890.31
	0.31	0.00
1	0.12	890.31
	0.12	0.00
2	0.20	890.31
	0.20	0.00
3	0.26	890.31
	0.26	0.00
Duct max	7.75	
Duct fluencia	1.68	
Recommend	Habitable	
R real	7.75	

ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la tabla #56 podemos observar, que el R utilizado para el diseño estructura es el correcto $R=7.75$, además indica que luego de un nivel de sismo frecuente la estructura queda HABITABLE.

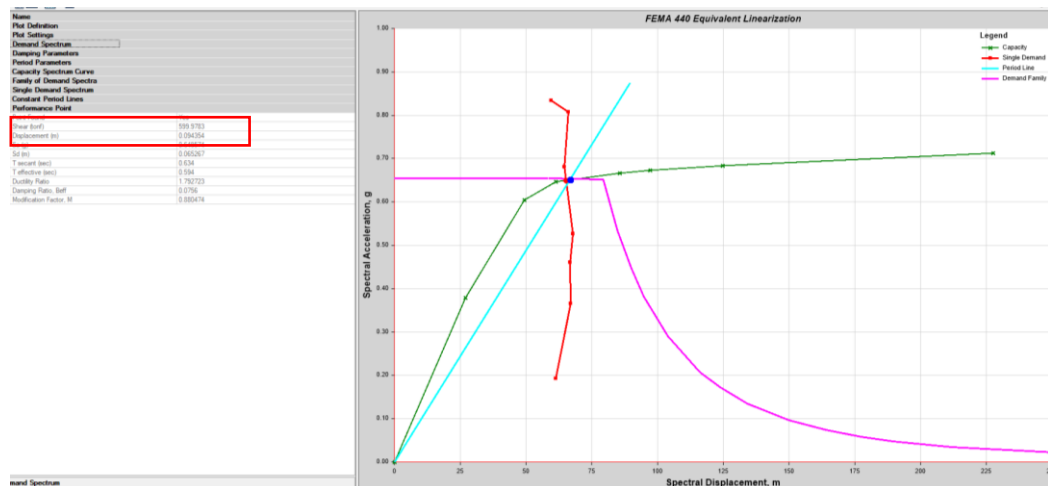
Ilustración 89: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 89, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel frecuente queda en el criterio de aceptación funcional.

Ilustración 90: Punto de Desempeño – Sismo Ocasional (Sentido Y).



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 90 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo ocasional con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.0943m como desplazamiento y 599.9783 Ton como cortante.

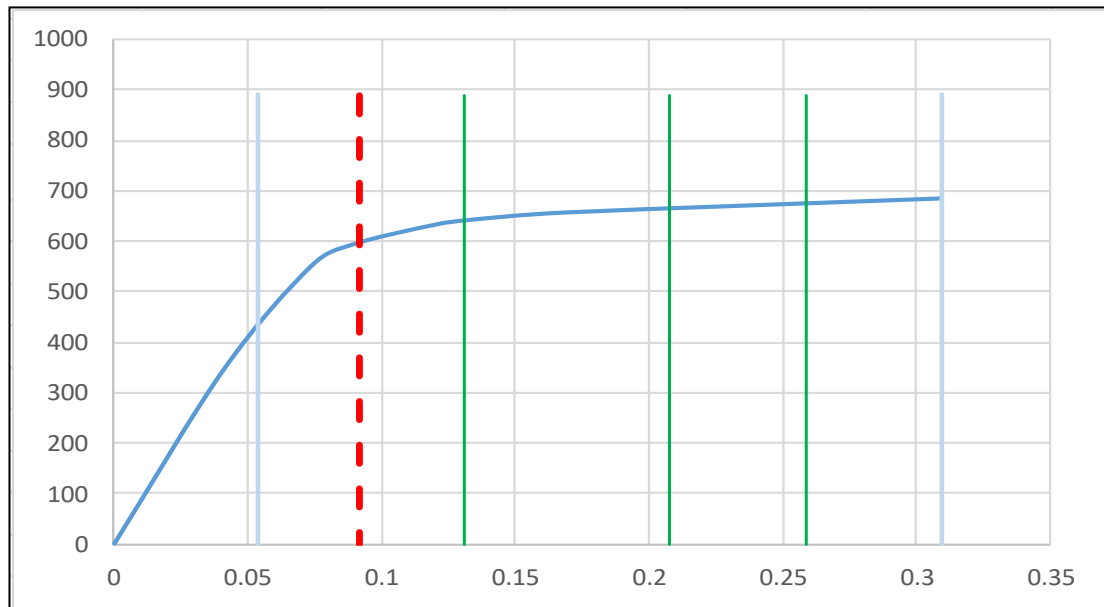
Tabla 57: Valores obtenido para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido Y)

Tipo	OCAS	
dy	0.05	890.31
	0.05	0.00
dd	0.09	890.31
	0.09	0.00
du	0.31	890.31
	0.31	0.00
1	0.13	890.31
	0.13	0.00
2	0.21	890.31
	0.21	0.00
3	0.26	890.31
	0.26	0.00
Duct max	5.74	
Duct fluencia	1.70	
Recommend	Habitable	
R real	7.18	

ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la tabla #57 podemos observar, que el R utilizado para el diseño estructura es el correcto $R=7.18$, además indica que luego de un nivel de sismo ocasional la estructura queda HABITABLE.

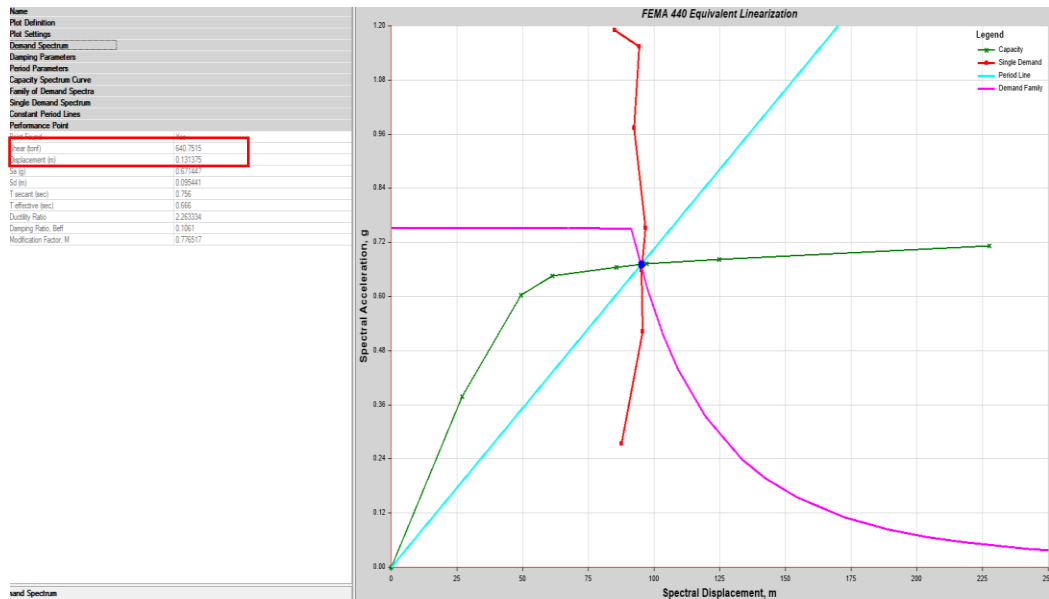
Ilustración 91: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la figura 90, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel ocasional queda en el criterio de aceptación funcional.

Ilustración 92: Punto de Desempeño – Sismo Raro (Sentido Y).



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 92 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo raro con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.1313m como desplazamiento y 640.7515 Ton como cortante.

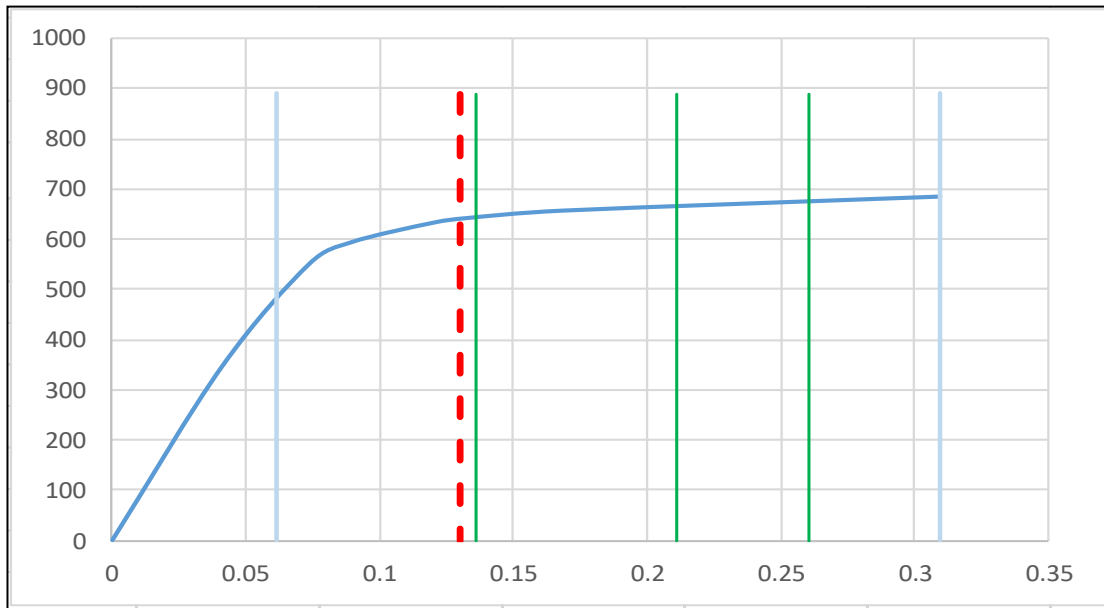
Tabla 58: Valores obtenido para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido Y)

Tipo	RARO	
dy	0.06	890.31
	0.06	0.00
dd	0.13	890.31
	0.13	0.00
du	0.31	890.31
	0.31	0.00
1	0.14	890.31
	0.14	0.00
2	0.21	890.31
	0.21	0.00
3	0.26	890.31
	0.26	0.00
Duct max	5.00	
Duct fluencia	2.10	
Recommend	Habitable	
R real	6.25	

ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la tabla #58 podemos observar, que el R utilizado para el diseño estructura es el correcto R=6.25, además indica que luego de un nivel de sismo raro la estructura queda HABITABLE.

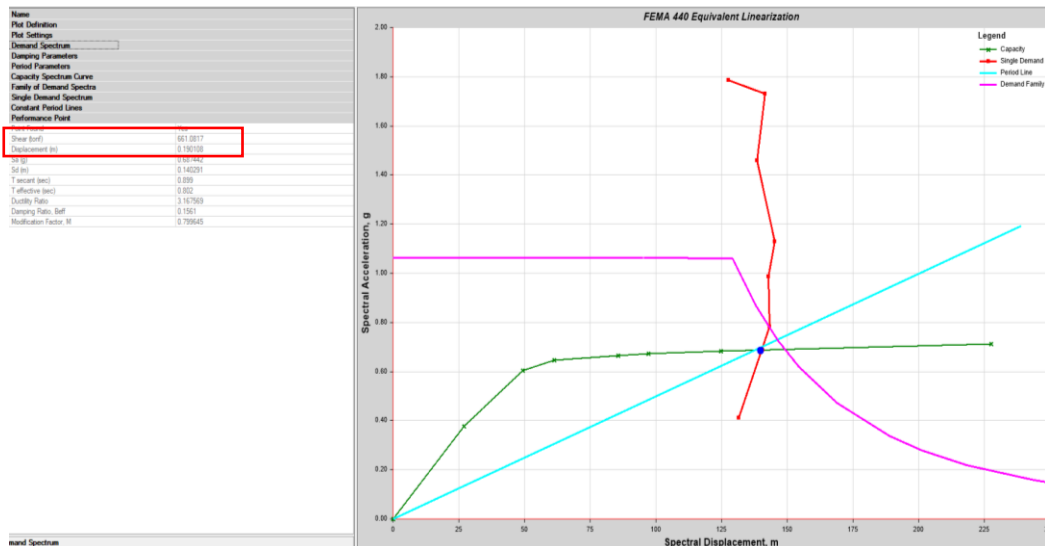
Ilustración 93: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 93, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel muy raro queda en el criterio de aceptación funcional.

Ilustración 94: Punto de Desempeño – Muy Raro (Sentido Y).



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 94 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo muy raro con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.1901m como desplazamiento y 661.0817 Ton como cortante.

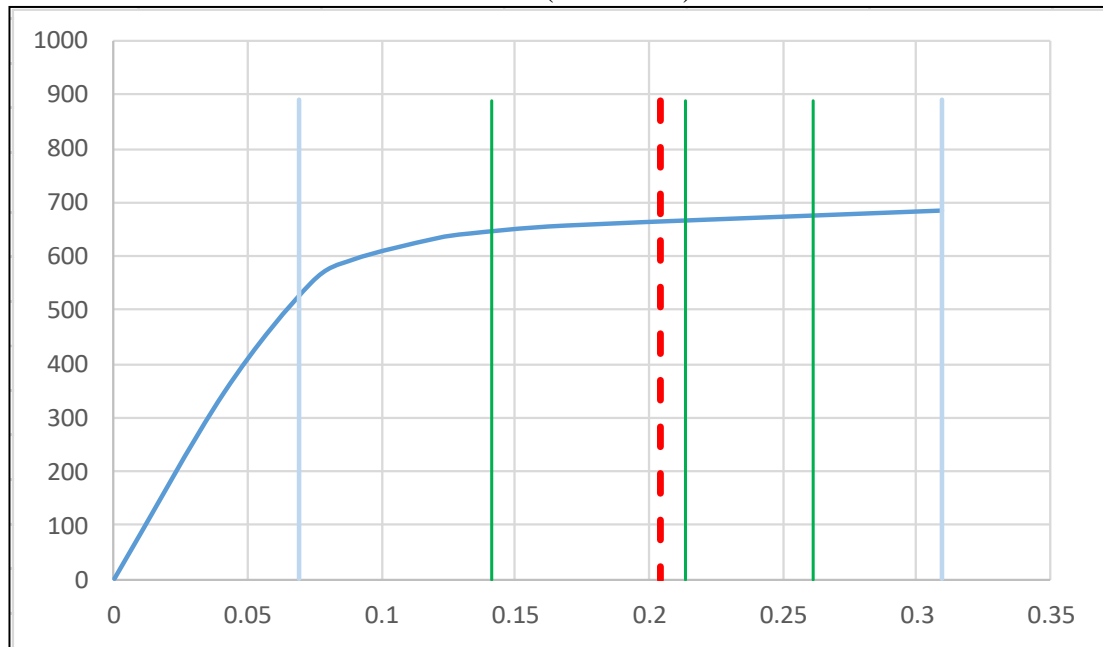
Tabla 59: Valores obtenido para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido Y)

Tipo	MUY RARO	
dy	0.07	890.31
	0.07	0.00
dd	0.20	890.31
	0.20	0.00
du	0.31	890.31
	0.31	0.00
1	0.14	890.31
	0.14	0.00
2	0.21	890.31
	0.21	0.00
3	0.26	890.31
	0.26	0.00
Duct max	4.49	
Duct fluencia	2.97	
Recommend	Reforzar	
R real	5.62	

ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la tabla #59 podemos observar, que el R utilizado para el diseño estructura es el correcto $R=5.75$, además indica que luego de un nivel de sismo muy raro la estructura debe ser reforzada.

Ilustración 95: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro con Pushover (Sentido Y)

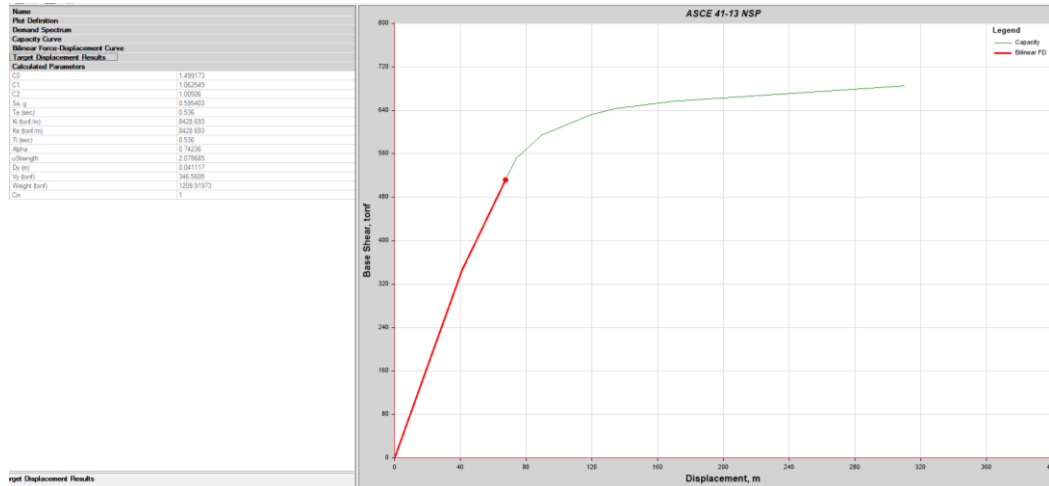


ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 95, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel muy raro queda en el criterio de aceptación seguridad de vida.

4.14.2 BLOQUE A (SENTIDO Y)

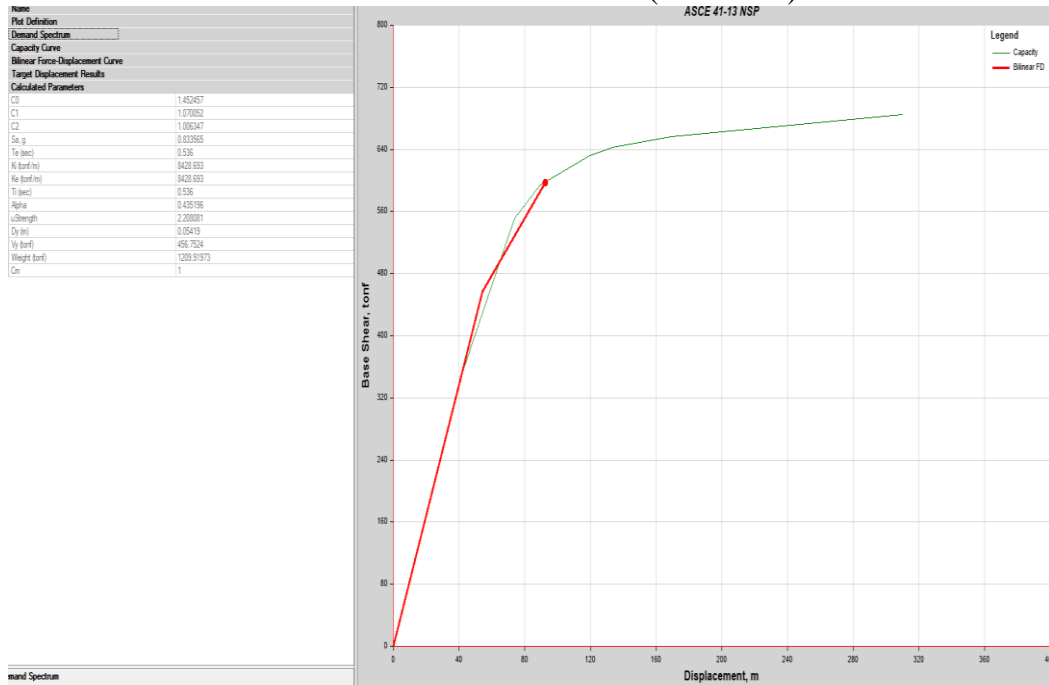
Ilustración 96: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 96 se determina que, para un sismo de nivel frecuente, el nivel de desempeño está dentro de la capacidad de la estructura.

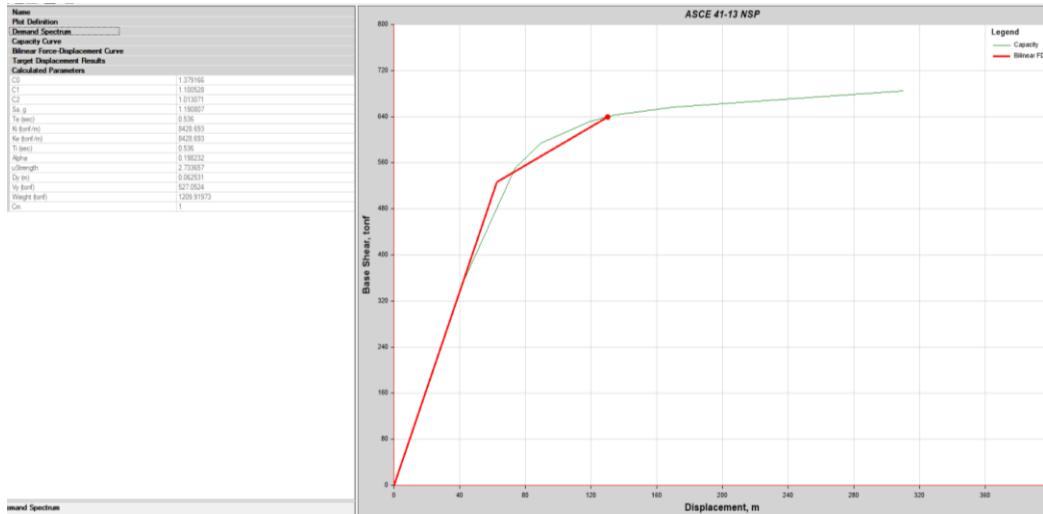
Ilustración 97: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 97 se determina que, para un sismo de nivel ocasional, el nivel de desempeño está dentro de la capacidad de la estructura.

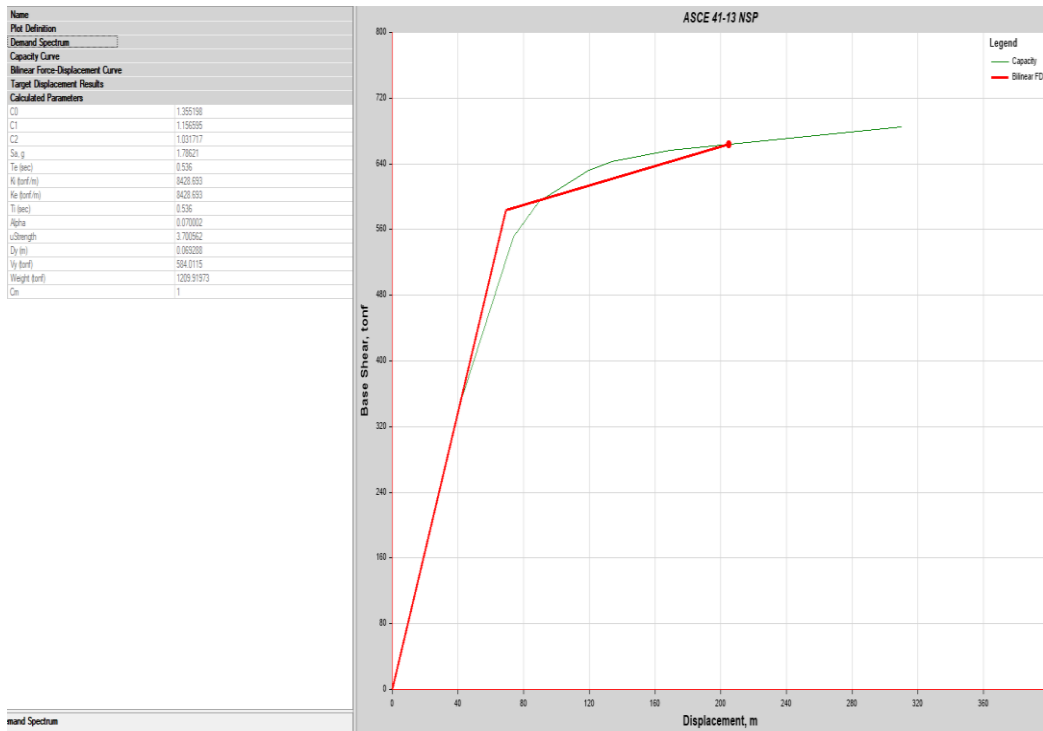
Ilustración 98: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 98 se determina que, para un sismo de nivel raro, el nivel de desempeño está dentro de la capacidad de la estructura.

Ilustración 99: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

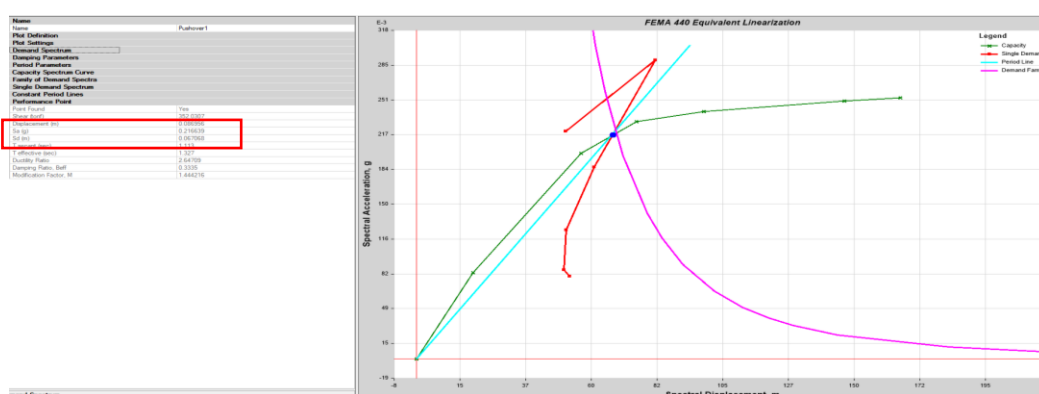
En la ilustración 99 se determina que, para un sismo de nivel muy raro, el nivel de desempeño está dentro de la capacidad de la estructura.

Tabla 60: Puntos de desempeño Bloque A2 en la dirección (Sentido X)

Dirección	Nivel de sismo	Dp (m)	V (ton)
X-X	Frecuente	0.0869	352.0307
	Ocasional	0.1046	381.1916
	Raro	0.1320	403.4873
	Parqueadero	0.1724	421.2439
	Muy Raro	0.1980	430.9634

ELABORADO: DIEGO LUCIO

Ilustración 100: Punto de Desempeño – Sismo Frecuente (Sentido X).



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 100 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo frecuente con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.0869m como desplazamiento y 352.0307 Ton como cortante.

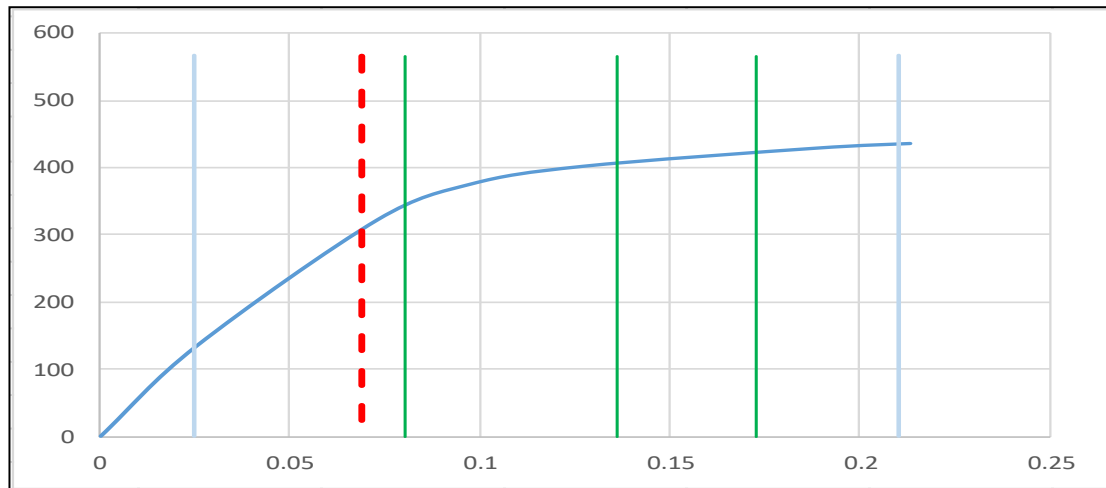
Tabla 61: Valores obtenido para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido X)

Tipo	FREC	
dy	0.03	565.88
	0.03	0.00
dd	0.07	565.88
	0.07	0.00
du	0.18	565.88
	0.18	0.00
1	0.07	565.88
	0.07	0.00
2	0.12	565.88
	0.12	0.00
3	0.15	565.88
	0.15	0.00
Duct max	7.20	
Duct fluencia	2.75	
Recommend	Habitable	
R real	7.99	

ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la tabla #61 podemos observar, que el R utilizado para el diseño estructura es el correcto $R=7.99$, además indica que luego de un nivel de sismo frecuente la estructura queda HABITABLE.

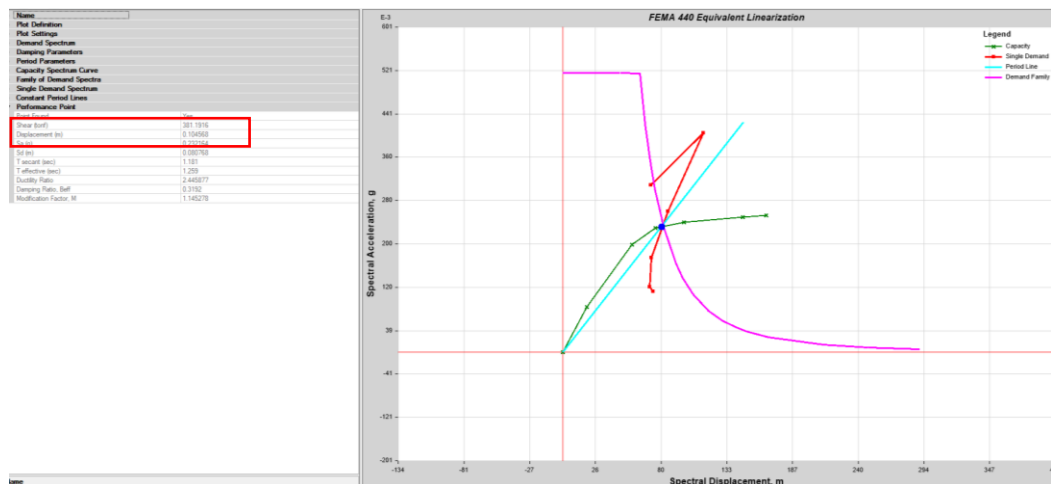
Ilustración 101: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 101, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel frecuente queda en el criterio de aceptación funcional.

Ilustración 102: Punto de Desempeño – Sismo Ocasional (Sentido X).



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 102 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo ocasional con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.1046m como desplazamiento y 381.1916 Ton como cortante.

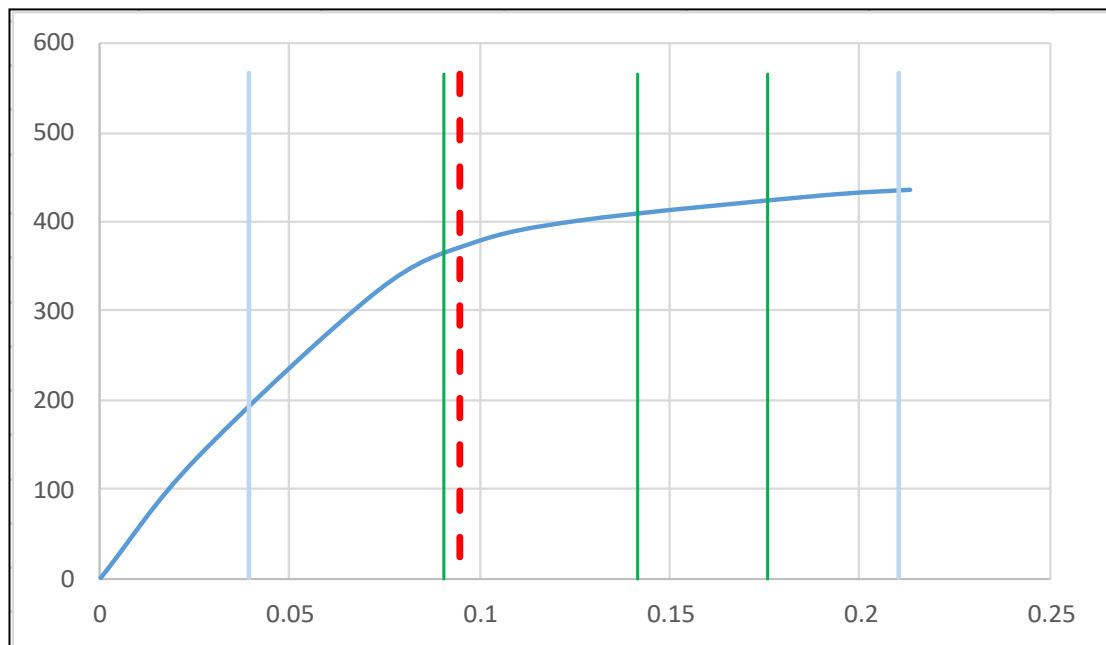
Tabla 61: Valores obtenido para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido X)

Tipo	OCAS	
dy	0.04	565.88
	0.04	0.00
dd	0.10	565.88
	0.10	0.00
du	0.21	565.88
	0.21	0.00
1	0.09	565.88
	0.09	0.00
2	0.14	565.88
	0.14	0.00
3	0.18	565.88
	0.18	0.00
Duct max	5.38	
Duct fluencia	2.44	
Recommend	Habitable	
R real	5.98	

ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la tabla #61 podemos observar, que el R utilizado para el diseño estructura es el correcto $R=5.98$, además indica que luego de un nivel de sismo ocasional la estructura queda HABITABLE.

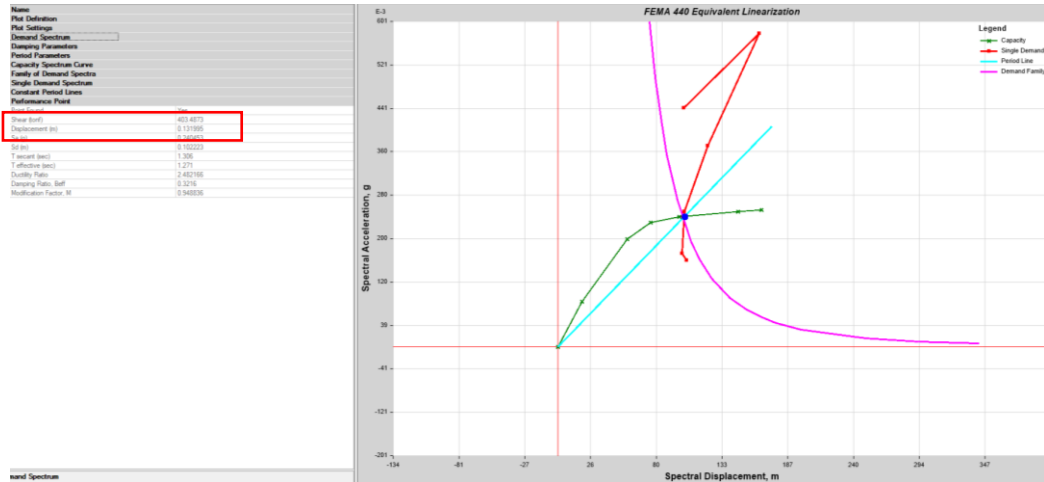
Ilustración 103: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 1103, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel ocasional queda en el criterio de aceptación seguridad de vida.

Ilustración 104: Punto de Desempeño – Sismo Raro (Sentido X).



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 104 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo raro con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.1320m como desplazamiento y 403.4873 Ton como cortante.

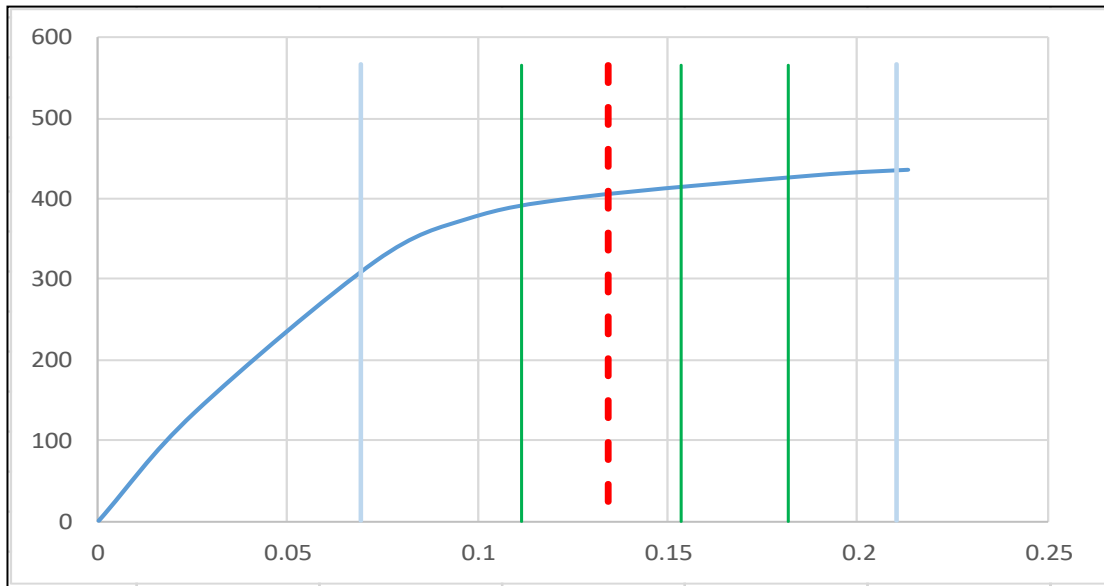
Tabla 62: Valores obtenido para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido X)

Tipo	RARO	
dy	0.07	565.88
	0.07	0.00
dd	0.13	565.88
	0.13	0.00
du	0.21	565.88
	0.21	0.00
1	0.11	565.88
	0.11	0.00
2	0.15	565.88
	0.15	0.00
3	0.18	565.88
	0.18	0.00
Duct max	3.04	
Duct fluencia	1.95	
Recommend	Habitable	
R real	3.38	

ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la tabla #62 podemos observar, que el R utilizado para el diseño estructura es el correcto R=3.38, además indica que luego de un nivel de sismo raro la estructura queda HABITABLE.

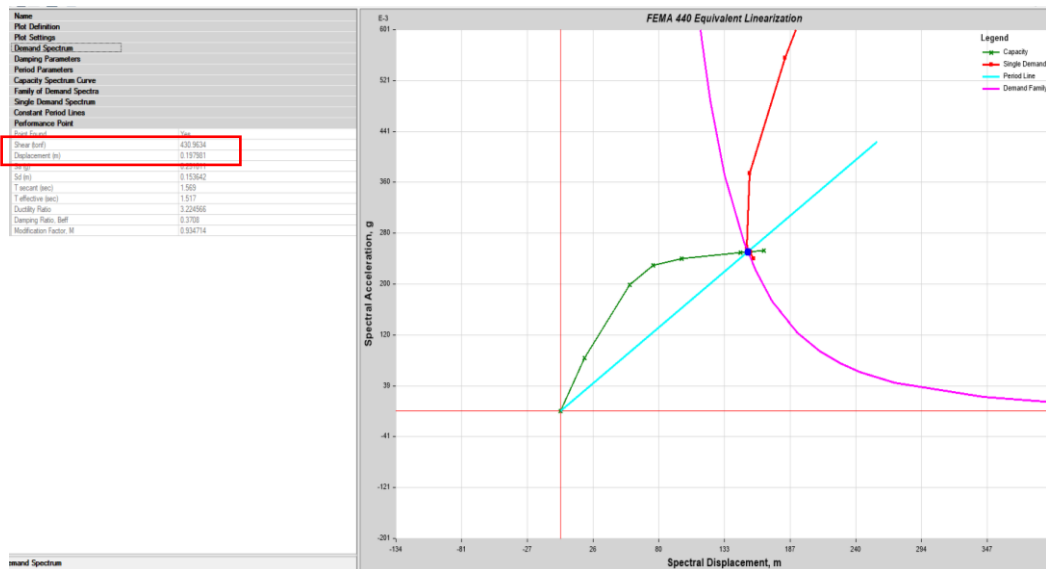
Ilustración 105: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 105, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel raro queda en el criterio de aceptación seguridad de vida.

Ilustración 106: Punto de Desempeño – Muy Raro (Sentido X).



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 106 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo muy raro con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.1980m como desplazamiento y 430.9634 Ton como cortante.

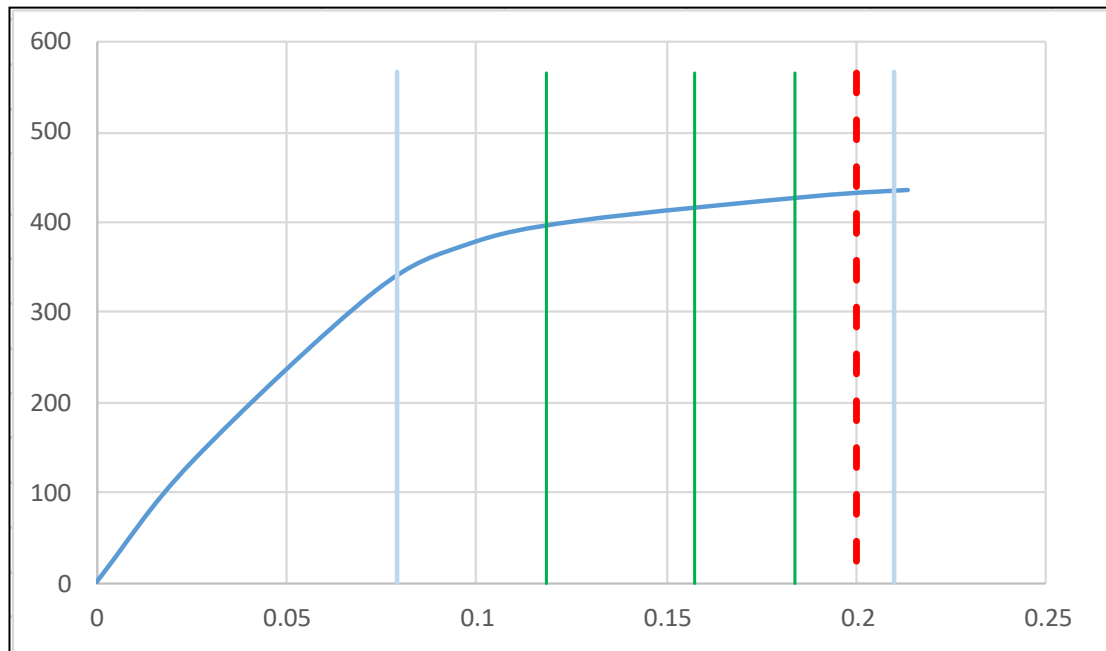
Tabla 63: Valores obtenido para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido X)

Tipo	MUY RARO	
dy	0.08	565.88
	0.08	0.00
dd	0.20	565.88
	0.20	0.00
du	0.21	565.88
	0.21	0.00
1	0.12	565.88
	0.12	0.00
2	0.16	565.88
	0.16	0.00
3	0.18	565.88
	0.18	0.00
Duct max	2.66	
Duct fluencia	2.53	
Recommend	Reforzar	
R real	2.95	

ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la tabla #63 podemos observar, que el R utilizado para el diseño estructura es el correcto $R=2.95$, además indica que luego de un nivel de sismo muy raro la estructura debe ser reforzada.

Ilustración 107: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro con Pushover (Sentido X)

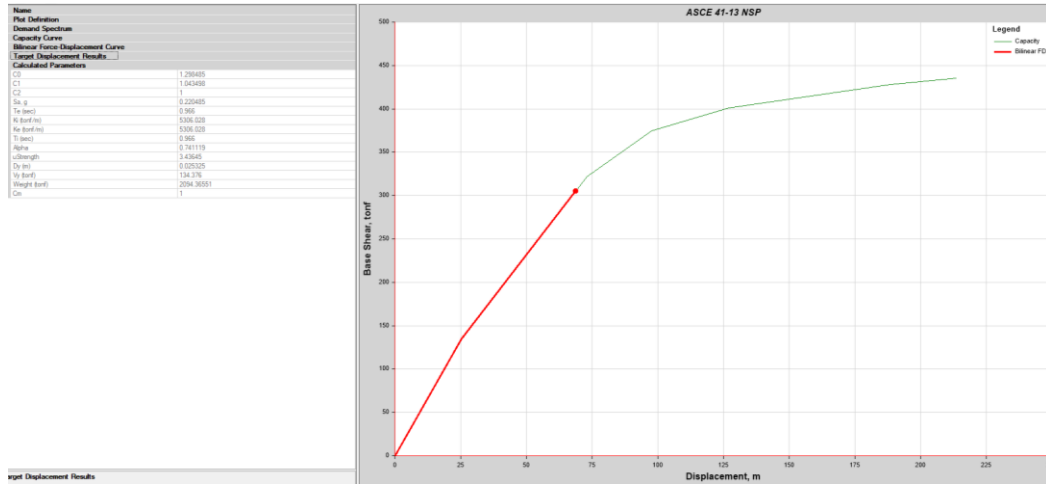


ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 107, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel muy raro queda en el criterio de aceptación prevención de colapso.

4.14.3 BLOQUE A2 (SENTIDO X)

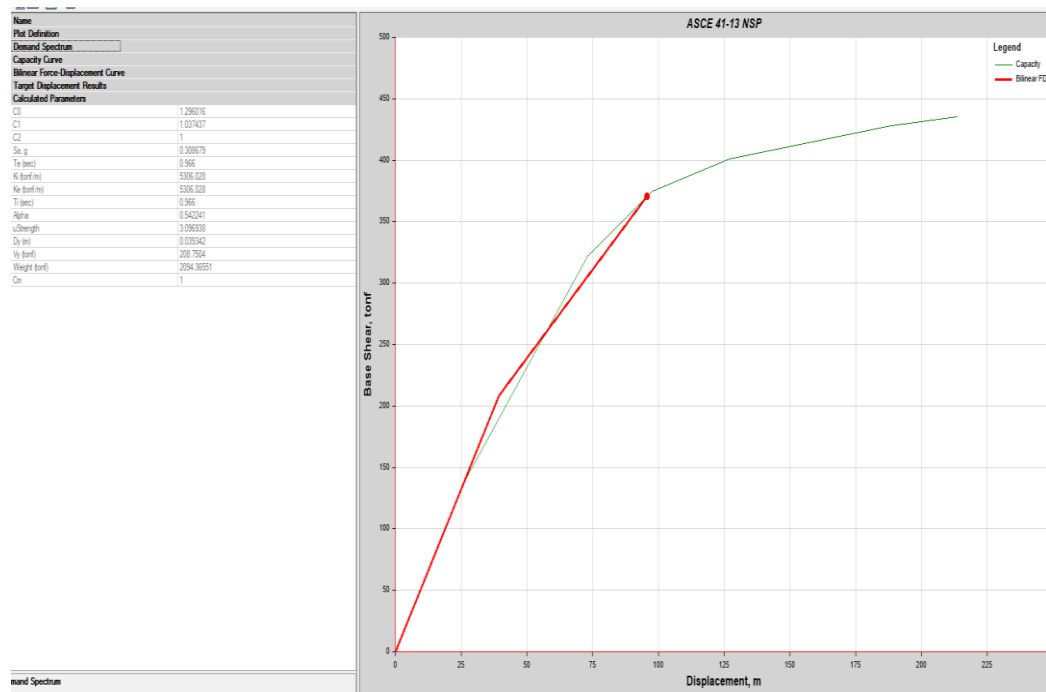
Ilustración 108: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 108 se determina que, para un sismo de nivel frecuente, el nivel de desempeño está dentro de la capacidad de la estructura.

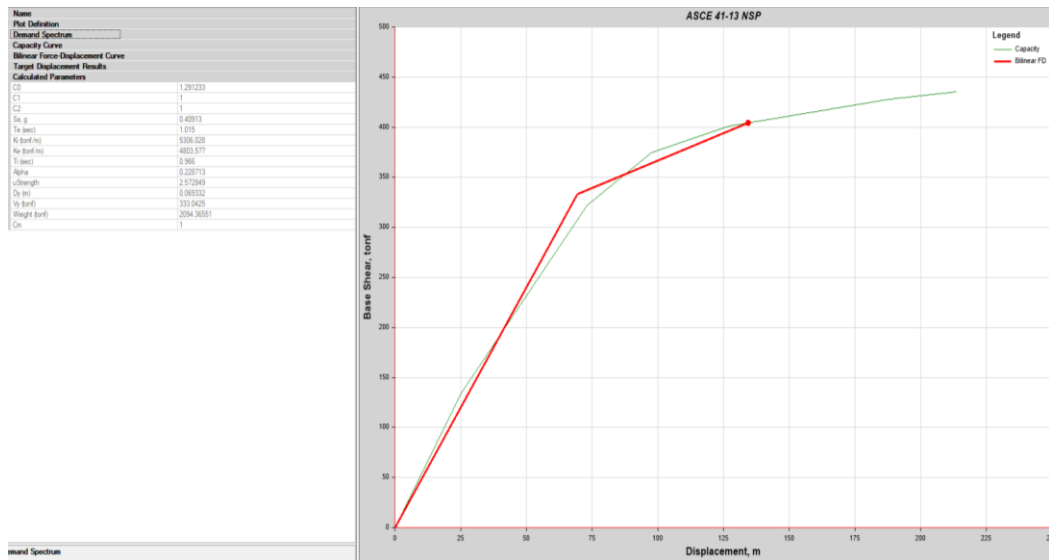
Ilustración 109: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 109 se determina que, para un sismo de nivel ocasional, el nivel de desempeño está dentro de la capacidad de la estructura.

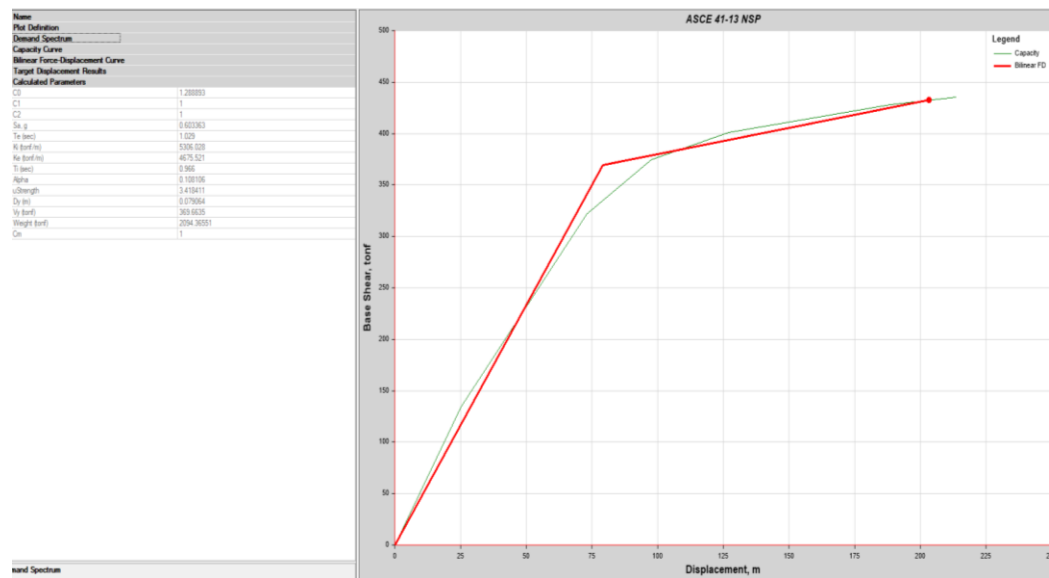
Ilustración 110: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 110 se determina que, para un sismo de nivel raro, el nivel de desempeño está dentro de la capacidad de la estructura.

Ilustración 111: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido X)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

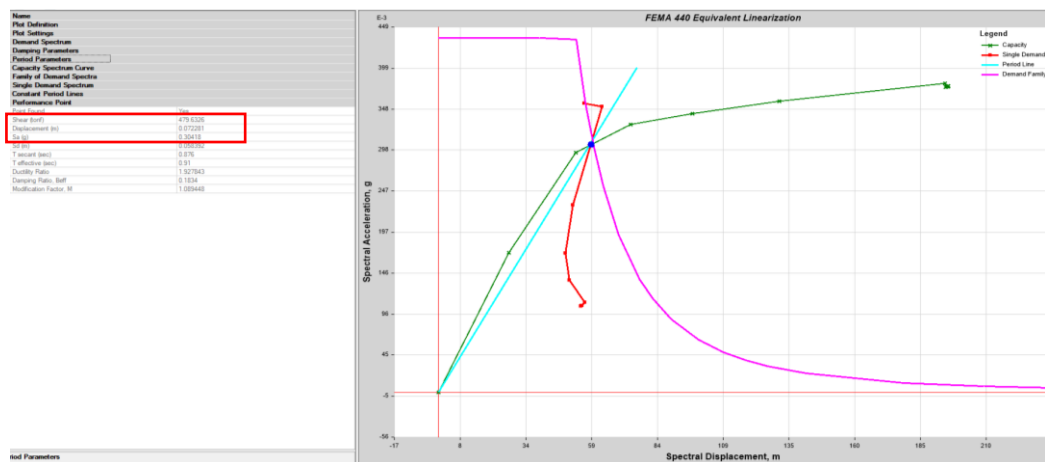
En la ilustración 111 se determina que, para un sismo de nivel muy raro, el nivel de desempeño está dentro de la capacidad de la estructura.

Tabla 64: Puntos de desempeño Bloque A2 en la dirección (Sentido Y)

Dirección	Nivel de sismo	Dp (m)	V (ton)
Y-Y	Frecuente	0.0722	479.6326
	Ocasional	0.0902	526.2285
	Raro	0.1247	565.3152
	Parqueadero	0.1811	598.4289
	Muy Raro	0.2251	613.4709

ELABORADO: DIEGO LUCIO

Ilustración 112: Punto de Desempeño – Sismo Frecuente (Sentido Y).



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 112 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo frecuente con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.0722m como desplazamiento y 479.6326 Ton como cortante.

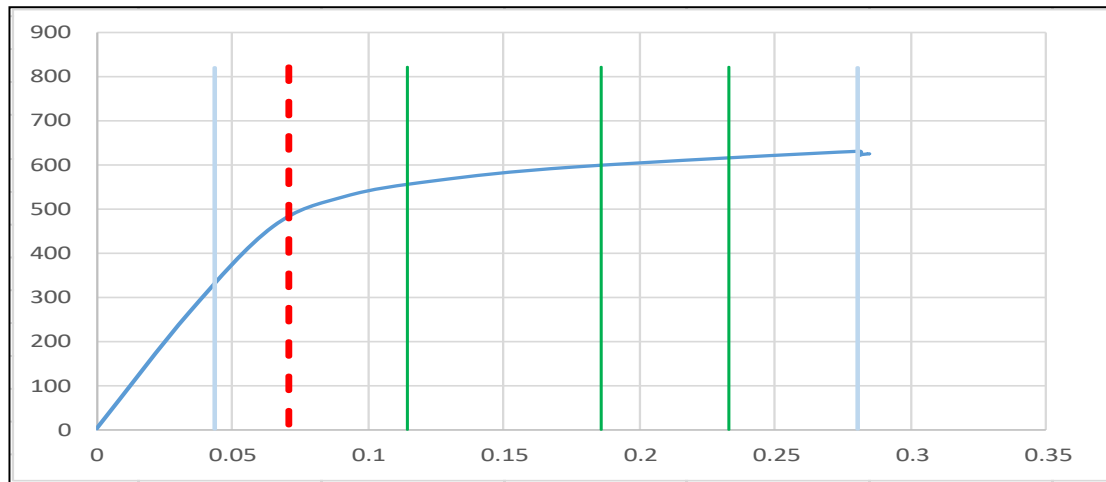
Tabla 65: Valores obtenido para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido Y)

Tipo	FREC	
dy	0.04	822.42
	0.04	0.00
dd	0.07	822.42
	0.07	0.00
du	0.28	822.42
	0.28	0.00
1	0.11	822.42
	0.11	0.00
2	0.19	822.42
	0.19	0.00
3	0.23	822.42
	0.23	0.00
Duct max	6.41	
Duct fluencia	1.63	
Recommend	Habitable	
R real	7.11	

ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la tabla #65 podemos observar, que el R utilizado para el diseño estructura es el correcto $R=7.11$, además indica que luego de un nivel de sismo frecuente la estructura queda HABITABLE.

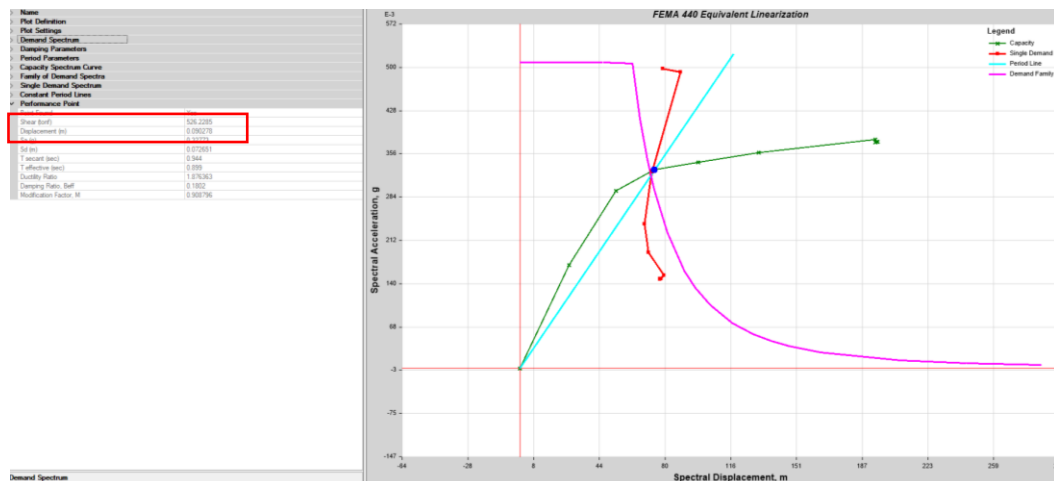
Ilustración 113: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 113, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel frecuente queda en el criterio de aceptación funcional.

Ilustración 114: Punto de Desempeño – Sismo Ocasional (Sentido Y).



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 114 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo ocasional con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.0902m como desplazamiento y 526.2285 Ton como cortante.

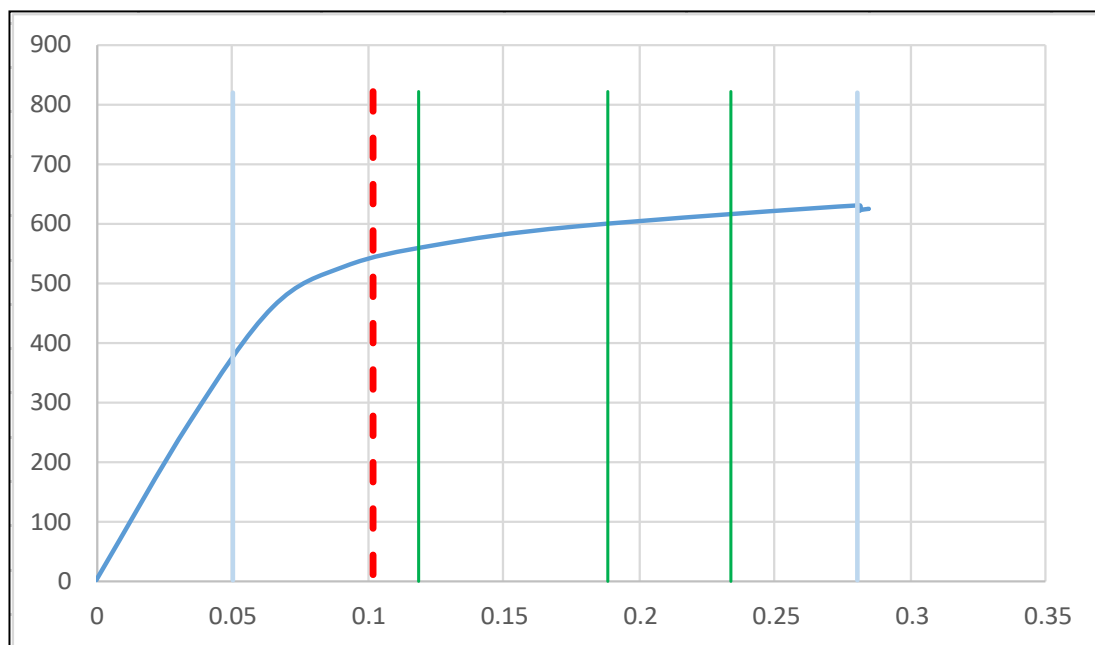
Tabla 66: Valores obtenido para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido Y)

Tipo	OCAS	
dy	0.05	822.42
	0.05	0.00
dd	0.10	822.42
	0.10	0.00
du	0.28	822.42
	0.28	0.00
1	0.12	822.42
	0.12	0.00
2	0.19	822.42
	0.19	0.00
3	0.23	822.42
	0.23	0.00
Duct max	5.60	
Duct fluencia	2.03	
Recommend	Habitable	
R real	6.22	

ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la tabla #66 podemos observar, que el R utilizado para el diseño estructura es el correcto $R=6.22$, además indica que luego de un nivel de sismo ocasional la estructura queda HABITABLE.

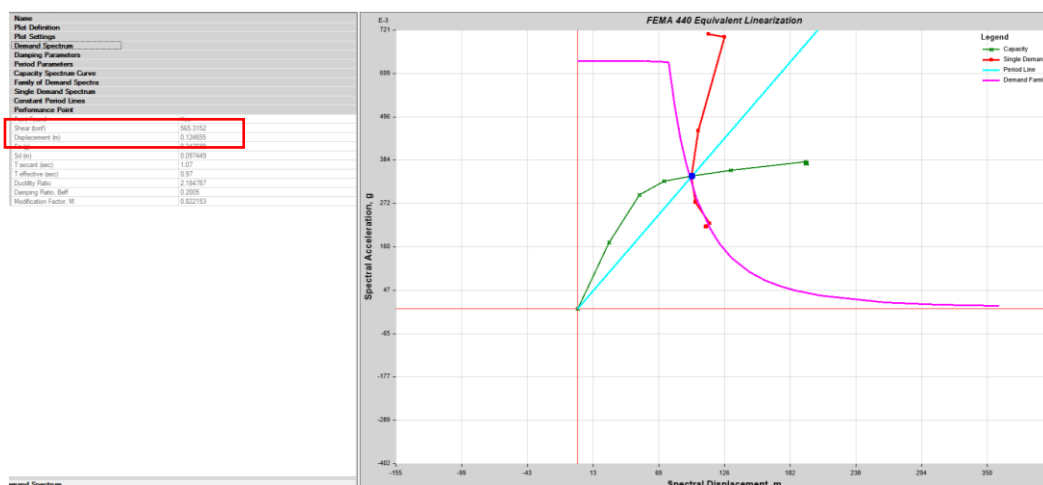
Ilustración 115: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 115, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel ocasional queda en el criterio de aceptación funcional.

Ilustración 116: Punto de Desempeño – Sismo Raro (Sentido Y).



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 116 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo raro con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.1247m como desplazamiento y 565.3152 Ton como cortante.

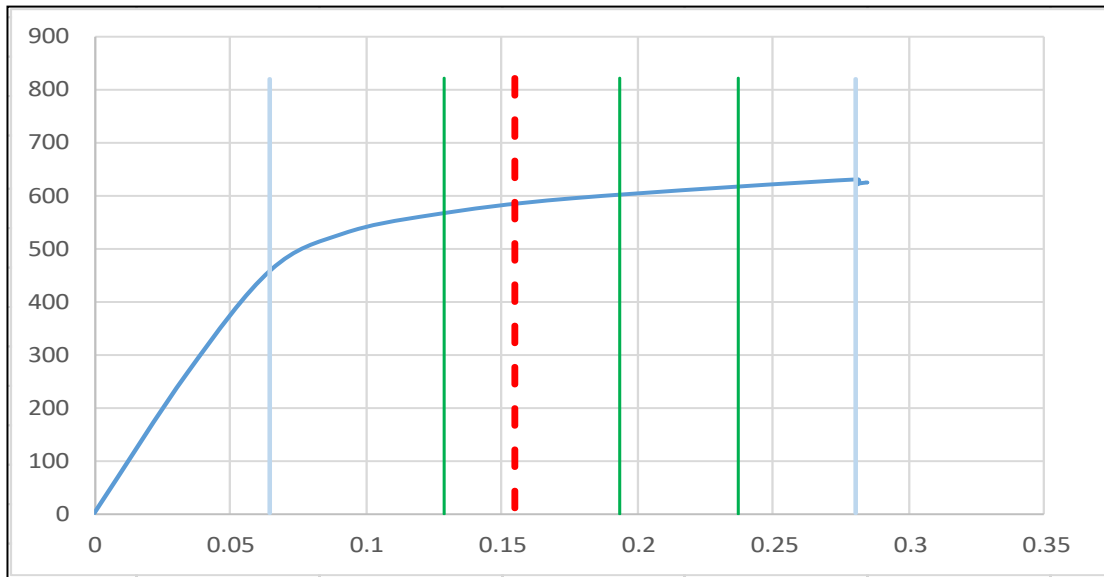
Tabla 67: Valores obtenido para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido Y)

Tipo	RARO	
dy	0.06	822.42
	0.06	0.00
dd	0.15	822.42
	0.15	0.00
du	0.28	822.42
	0.28	0.00
1	0.13	822.42
	0.13	0.00
2	0.19	822.42
	0.19	0.00
3	0.24	822.42
	0.24	0.00
Duct max	4.38	
Duct fluencia	2.42	
Recommend	Habitable	
R real	4.86	

ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la tabla #67 podemos observar, que el R utilizado para el diseño estructura es el correcto R=4.86, además indica que luego de un nivel de sismo raro la estructura queda HABITABLE.

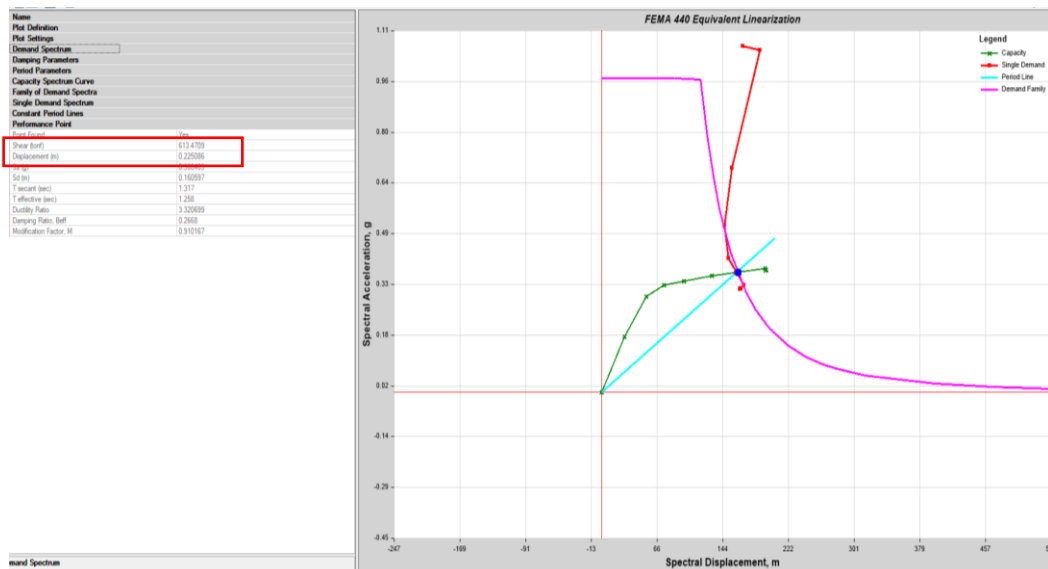
Ilustración 117: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 117, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel raro queda en el criterio de aceptación seguridad de vida.

Ilustración 118: Punto de Desempeño – Muy Raro (Sentido Y).



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 118 podemos observar la intersección del espectro de demanda para un nivel de sismo muy raro con la curva de capacidad en donde obtenemos el punto de desempeño. Los valores de la intersección son 0.2251m como desplazamiento y 613.4709 Ton como cortante.

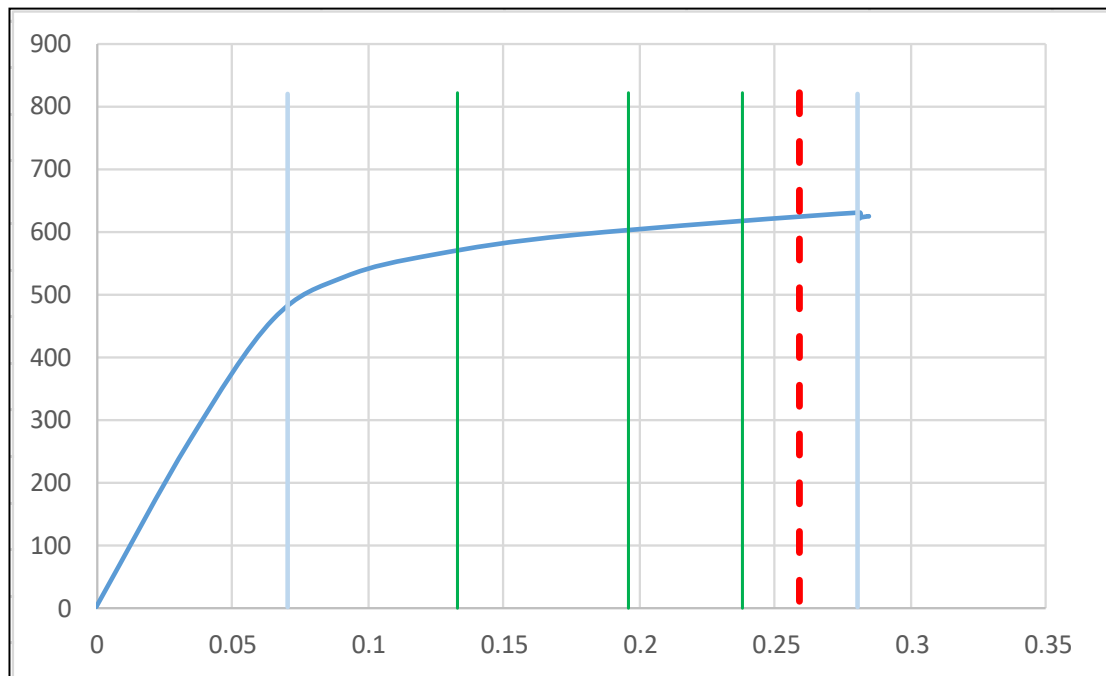
Tabla 68: Valores obtenido para un sismo de nivel raro con Pushover (Sentido Y)

Tipo	MUY RARO ▾	
dy	0.07	822.42
	0.07	0.00
dd	0.26	822.42
	0.26	0.00
du	0.28	822.42
	0.28	0.00
1	0.13	822.42
	0.13	0.00
2	0.20	822.42
	0.20	0.00
3	0.24	822.42
	0.24	0.00
Duct max	4.00	
Duct fluencia	3.70	
Recommend	Reforzar	
R real	4.44	

ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la tabla #68 podemos observar, que el R utilizado para el diseño estructura es el correcto $R=4.44$, además indica que luego de un nivel de sismo muy raro la estructura debe ser reforzada.

Ilustración 119: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro con Pushover (Sentido Y)

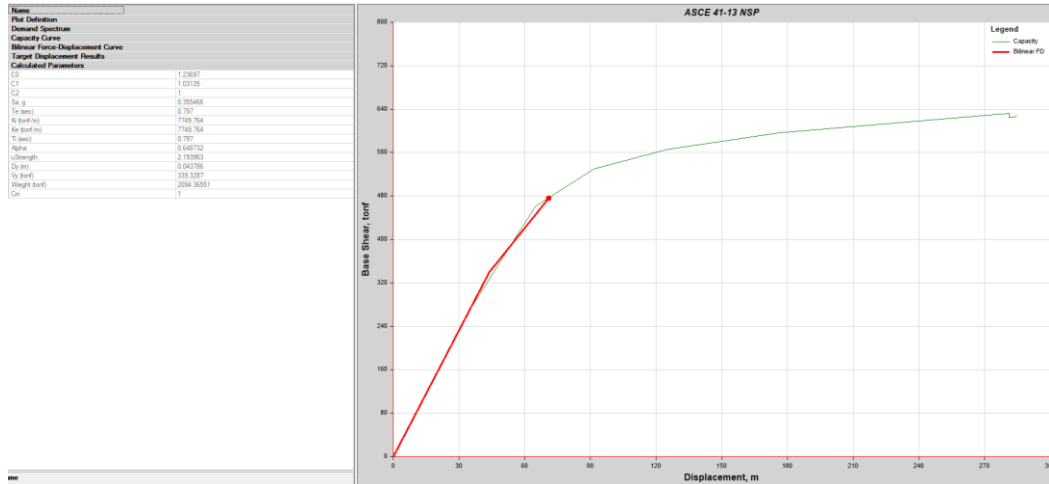


ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la figura 119, podemos observar que la estructura después de un sismo de nivel muy raro queda en el criterio de aceptación prevención de colapso.

4.14.4 BLOQUE A2 (SENTIDO Y)

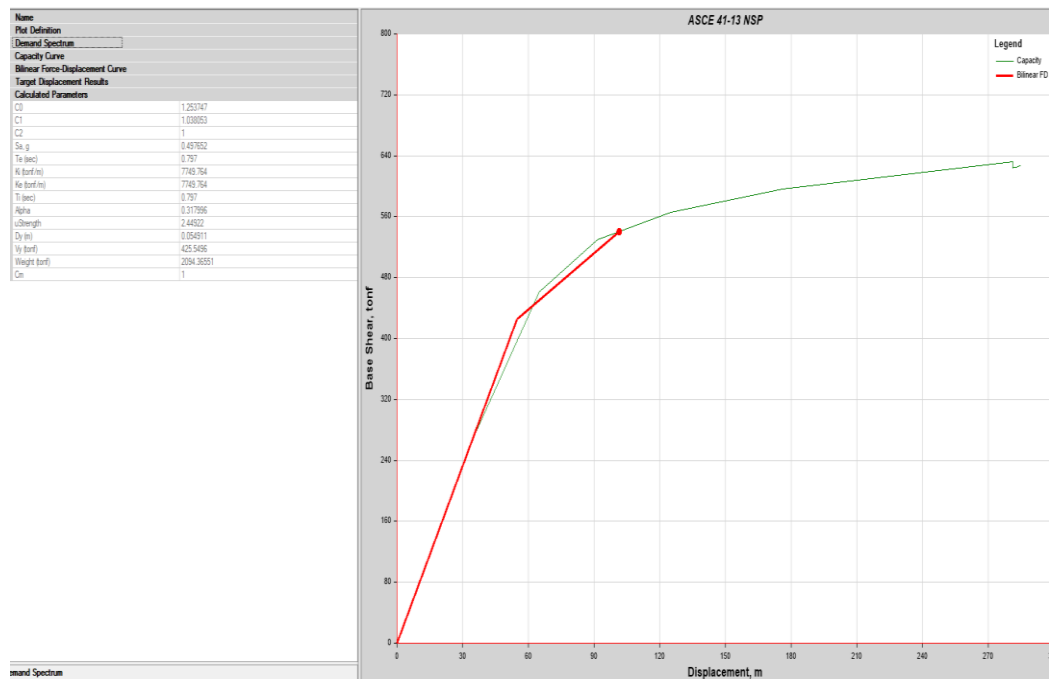
Ilustración 120: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel frecuente según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 120 se determina que, para un sismo de nivel frecuente, el nivel de desempeño está dentro de la capacidad de la estructura.

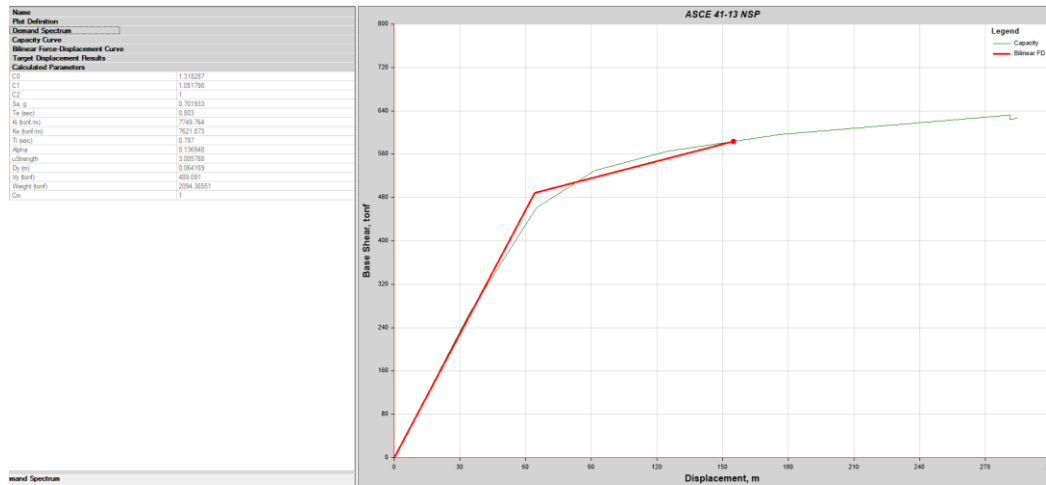
Ilustración 121: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel ocasional según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 121 se determina que, para un sismo de nivel ocasional, el nivel de desempeño está dentro de la capacidad de la estructura.

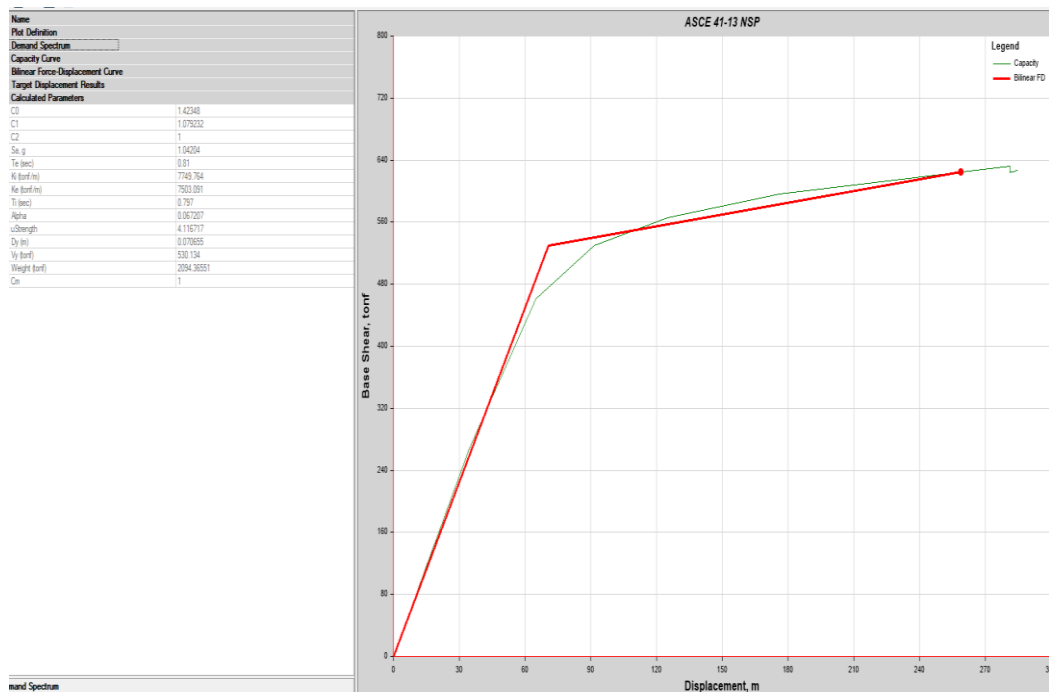
Ilustración 122: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 122 se determina que, para un sismo de nivel raro, el nivel de desempeño está dentro de la capacidad de la estructura.

Ilustración 123: Desempeño de la estructura para un sismo de nivel muy raro según la ASCE 41-13 con Pushover (Sentido Y)



ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la ilustración 123 se determina que, para un sismo de nivel muy raro, el nivel de desempeño está dentro de la capacidad de la estructura.

Ilustración 124: Niveles de desempeño esperados y calculados para la dirección (Sentido X) en el Bloque A

Niveles de Amenaza	Niveles de desempeño				
	Operacional	Funcional	Seguridad de vida	Prevención al colapso	Colapso
Frecuente	X				
Ocasional		X			
Raro		X			
Muy Raro			X		

ELABORADO: DIEGO LUCIO

Ilustración 125: Niveles de desempeño esperados y calculados para la dirección (Sentido Y) en el Bloque A

Niveles de Amenaza	Niveles de desempeño				
	Operacional	Funcional	Seguridad de vida	Prevención al colapso	Colapso
Frecuente	X				
Ocasional		X			
Raro		X			
Muy Raro			X		

ELABORADO: DIEGO LUCIO

Ilustración 126: Niveles de desempeño esperados y calculados para la dirección (Sentido X) en el Bloque A2

Niveles de Amenaza	Niveles de desempeño				
	Operacional	Funcional	Seguridad de vida	Prevención al colapso	Colapso
Frecuente	X				
Ocasional		X			
Raro			X		
Muy Raro			X		

ELABORADO: DIEGO LUCIO

Ilustración 127: Niveles de desempeño esperados y calculados para la dirección (Sentido Y) en el Bloque A2

Niveles de Amenaza	Niveles de desempeño				
	Operacional	Funcional	Seguridad de vida	Prevención al colapso	Colapso
Frecuente	X				
Ocasional		X			
Raro			X		
Muy Raro			X		

ELABORADO: DIEGO LUCIO

4. 15 Punto de desempeño de la estructura

Tabla 69: Punto de desempeño de la estructura

PUNTO DE DESEMPEÑO DE LA ESTRUCTURA					
BLOQUE	SENTIDO PUSH	ESTRUCTURA SIN REFORZAMIENTO		ESTRUCTURA REFORZADA	
		Displ (m)	Base Force (tonf)	Displ (m)	Base Force (tonf)
A	X-X	0.18	296.79	0.19	497.42
A	Y-Y	0.21	258.36	0.24	435.29
A2	X-X	0.27	463.99	0.31	684.84
A2	Y-Y	0.20	337.22	0.28	632.63

ELABORADO: DIEGO LUCIO

En la tabla #69, podemos observar que el punto de desempeño de la estructura reforzada tanto en desplazamiento como en fuerza en la base es mayor al desempeño de la estructura original, con este reforzamiento la estructura quedaría en estado funcional luego de un sismo raro.

4. 16 Verificación de la hipótesis.

Con el análisis realizado anteriormente utilizando la metodología del encamisado en columnas del bloque A edificio del Parqueadero Municipal de Ambato, ubicado en la calle Cuenca y Montalvo, realizando el método cuantitativo que es un análisis más detallado presenta grados de vulnerabilidad alta y posible riesgo de colapso para un sismo de diseño, al realizar el encamisado de vigas y columnas se logró tener un mejor comportamiento de la estructura durante el evento sísmico, es importante indicar que se utilizó el método de encamisado en vista que la arquitectura de la estructura no permite realizar un recrecido de columnas y vigas por la ocupación de la estructura en estudio.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- De los ensayos esclerométricos realizados en sitio, se llegó a determinar que el hormigón colado tiene una resistencia a la compresión de 247.58 kg/cm, realizando un promedio de todas las muestras tomadas en diferentes lugares de la estructura.
- De la evaluación visual rápida, utilizando los formularios establecidos por la FEMA 154 para un lugar de alta sismicidad, se obtuvo una puntuación de 0.6 y con los formularios establecidos por la NEC 2015 para la evaluación de estructuras se obtuvo un valor de 2.2, por lo que se concluye que la edificación tiene un grado de vulnerabilidad media, los parámetros que afectan a la puntuación es la presencia de columna corta, así como las irregularidades en planta.
- Del chequeo de las vigas, que en muchas de las vigas el momento resistente es menor que el momento de diseño, por cual se debe reforzar las vigas por flexión, además determinamos que no cumple el parámetro sísmico establecido para los aceros positivos $A_s(+)$.
- Del chequeo de las columnas, se determina que el A_g nec es mayor que el A_g real, por lo que es necesario realizar el reforzamiento de las columnas con la metodología del encamisado.
- La estructura cuenta con dos bloques denominados A y A1, en bloque A es el de mayor área y en el que se concentran todas las fuerzas actuantes, se realizó los análisis respectivos y en este bloque es necesario reforzar la estructura, los análisis del bloque A1 indican que en dicha estructura no se debe realizar el reforzamiento de elementos estructurales.
- Verificando la memoria de cálculo original se determina un valor de $R=8$, realizando los cálculos podemos concluir que el R utilizado no es el correcto y verificamos con la conclusión que se debe reforzar la estructura.
- Se realizó el análisis de la estructura para resonancia, al estar esta construcción en la sierra y al tener más de dos pisos de altura, se concluye que la estructura no tiene problemas de resonancia.
- Del análisis estático no lineal, determinamos la curva capacidad para cada dirección de análisis, la estructura no cumple con los niveles de desempeño esperados

por el Comité Visión 2000, en vista que para este tipo de estructuras luego de un sismo raro o también conocido como de diseño la estructura debe quedar en seguridad de vida y actualmente estaría en prevención de colapso.

- Del análisis estático no lineal considerando el reforzamiento con la metodología de encamisado utilizando ángulos y platinas en columnas, se aumentó la capacidad de resistencia dándole ductilidad a la estructura, comprobando que la estructura reforzada trabaja de mejor manera cumpliendo con los objetivos de Visión 2000 para las dos direcciones de análisis.

5.2 Recomendaciones

- Con la implementación del reforzamiento en columnas es importante indicar que en el pie de la columna y en la cabeza se realizará un cuello, los mismos que deben ser anclados a las losas para una mayor efectividad.
- Utilizar equipos de escaneo de aceros de mayor precisión, con el objetivo de contar con un levantamiento más detallado y así poder mejorar en el análisis de las rótulas plásticas.
- Se recomienda que para el perímetro de los ascensores de las edificaciones no se lo realicen con muros de corte, en vista que estos generan torsión en la estructura además de tener un costo elevado, los perímetros de ascensores se los puede realizar simplemente con mampostería.
- Investigar la opción de un reforzamiento con fibra de carbono, para poder verificar el comportamiento de la estructura durante un sismo utilizando esta metodología de trabajo.
- Realizar evaluaciones y rehabilitaciones a estructuras antiguas en el casco histórico de Ambato, estas reparaciones ayudarán a no tener grandes daños y pérdida de vidas humanas durante un evento sísmico.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] S. Loges, “Importancia De Las Conexiones En El Comportamiento Sismorresistente De Edificaciones Aporticadas De Acero Estructural,” no. November, p. 12, 2017, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Sigfrido_Loges4/publication/321385865_IMPORTANCIA_DE_LAS_CONEXIONES_EN_EL_COMPORTAMIENTO_SISMORRESISTENTE_DE_EDIFICACIONES_APORTICADAS_DE_A_CERO_ESTRUCTURAL/links/5a201236458515341c838936/IMPORTANCIA-DE-LAS-CONEXIONES-E.
- [2] NEC15, *Riesgo Sísmico, Evaluación, Rehabilitación de Estructuras*, Diseño, Di. QUITO: ISBN.9942-951-49, 2015.
- [3] L. G. Flores Salazar and T. M. Ferreira, “Vulnerabilidad sísmica para la rehabilitación del patrimonio cultural. Un acercamiento teórico-institucional,” *Gremium*, vol. 6, no. 12, pp. 116–137, 2019.
- [4] G. Coronel-delgado and O. A. Lopez, “Análisis Beneficio Costo en la Mitigación del Riesgo Sísmico de Edificaciones en Venezuela,” no. January 2019, 2018.
- [5] L. Manuel, B. Sánchez, and E. R. Angulo, “ANÁLISIS DE LOS DAÑOS EN VIVIENDAS Y EDIFICIOS COMERCIALES DURANTE LA OCURRENCIA DEL SISMO DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017,” *Rev. Ing. Sísmica No*, vol. 101, pp. 19–35, 2019.
- [6] S. Pujol and M. E. Rodríguez, “Estructurales En Edificios De La Ciudad De México En El Evaluating the Behavior of Nonstructural Walls in Mexico-City Buildings in the September 19 , 2017 Earthquake,” *Rev. Ing. Sísmica*, vol. 101, pp. 53–66, 2019.
- [7] G. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica., A. Terán Gilmore, and C. Reyes Salinas, “Revista de ingeniería sísmica.,” *Ing. sísmica*, vol. 100, no. 89, pp. 78–100, 2013, [Online]. Available: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2013000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- [8] R. Aguiar and R. Alicia, *Microzonificación sísmica de Ambato*, Instituto.

AMBATO: Copyright © 2018. Los autores, 2018.

- [9] D. G. Razo Carrasco and O. G. Domínguez, “Evaluación Integral De La Seguridad Estructural De Edificaciones Existentes Dañadas Por Sismos De Gran Magnitud,” *Rev. Ing. Sísmica*, vol. 71, no. 104, pp. 51–71, 2020, doi: 10.18867/ris.104.565.
- [10] R. M. Ceballo, R. G. Herrera, J. A. P. Tenorio, J. A. A. Carboney, and C. U. del Carpio Penagos, “Identificación de las zonas de mayor amplificación sísmica en la mancha urbana de Chiapa de Corzo, Chiapas como herramienta para evaluar la vulnerabilidad física por exposición,” *Geofis. Int.*, vol. 58, no. 3, pp. 136–154, 2020, doi: 10.22201/igeof.00167169p.2020.59.3.2090.
- [11] V. H. Garduño-Monroy *et al.*, “Zonificación de los periodos naturales de oscilación superficial en la ciudad de Ptzcuaro, Mich., México, con base en microtemores y estudios de paleosismología,” *Rev. Mex. Ciencias Geol.*, vol. 26, no. 3, pp. 623–637, 2009.
- [12] J. Daniel, B. Hernández, S. Antonio, and L. Castro, “METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES DE HORMIGÓN ARMADO EXISTENTE (Methodology for the evaluation of seismic vulnerability in reinforced concrete buildings),” *Cienc. Y Soc. Vol. XXXVI*, 2011, [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/pdf/870/87019757004.pdf>.
- [13] M. Blanco, “Criterios fundamentales para el diseño sismorresistente,” *Rev. la Fac. Ing.*, vol. 27, no. 3, pp. 71–84, 2012.
- [14] P. N. Domínguez, C. J. Orbanich, and N. F. Ortega, “Localización de fallas en vigas de fundación de hormigón armado,” *Mecánica Comput.*, pp. 1373–1386, 2007, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/266230256>.
- [15] P. C. Sánchez and D. Cevallos, “Diseño de columnas de hormigón armado en zonas sísmicas Sesimic design of reinforced concrete columns,” *Rev. Cienc.*, vol. 17, pp. 241–261, 2015.
- [16] J. B. Bazzano and J. Pérez Zerpa, *Introducción al análisis no lineal de estructuras*. 2017.

- [17] C. Eduardo, D. Bonilla, M. Exequias, M. Chavarria, J. Jonathan, and S. Diaz, “Análisis Estático No Lineal (Pushover) Del Cuerpo Central Del Edificio De La Facultad De Medicina De La Universidad De El Salvador’ Presentado Por,” 2017.
- [18] A. T. López López, A. Tomás Espín, and G. Sánchez Olivares, “Influencia del tipo de rótula plástica en el análisis no lineal de estructuras de hormigón armado,” *Hormigón y Acero*, vol. 68, no. 282, pp. 107–119, May 2017, doi: 10.1016/J.HYA.2017.04.006.
- [19] GUIA-5-NEC, “Guia 5 Evaluacion Y Rehabilitacion de Estructuras,” *Norma Ecuatoriana la Construcción*, vol. 5, pp. 1–185, 2015.
- [20] P. Quinde Martínez and E. Reinoso Angulo, “Seismic hazard assessment for Ecuador and design spectra proposed for the City of Cuenca,” *Ing. sísmica*, vol. 26, no. 94, pp. 1–26, 2016.