

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DEL
PROYECTO RESIDENCIAL LOS TULIPANES UTILIZANDO DISIPADORES
SHEAR LINK BOZZO RESPECTO A REFORZAMIENTO CON MUROS DE
CORTE - TRUJILLO**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

AUTORES

Bach. GARCIA HURTADO, ALEXANDER RAMON

Bach. QUIROZ CABRERA, SAMANTA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

ESTRUCTURAS

ASESOR:

Ing. MORAN GUERRERO, VICTOR MANUEL

TRUJILLO – PERÚ

2019



DEDICATORIA

A mi mamá, Nury, porque fuiste la mejor madre que un hijo pudo desear, estoy muy feliz por haberte conocido.

A mi hermana, Jennifer, por ayudarme a atravesar y superar cada obstáculo en mi vida con una sonrisa.

A mi segunda madre, mi tía Judith, porque estuviste conmigo desde siempre sin tener la obligación, con tu gran entusiasmo y confianza.

Samanta Quiroz Cabrera



DEDICATORIA

A Clara y Ramón, por su amor y apoyo incondicional.

Alexander Ramón García Hurtado



AGRADECIMIENTOS

A mi madre, fuiste una mujer extraordinaria, te amo y no va a haber manera de devolvarte todo lo que me diste. Sin ti mi vida no habría sido la misma, gracias por cada abrazo, beso y palabra. Esta tesis es un logro más, y sin lugar a dudas ha sido gracias a ti; no sé en dónde me encontraría de no ser por tu perseverancia, paciencia, compañía y amor, tu esfuerzo fue invaluable, haré que estés orgullosa.

A mi hermana, a pesar de tener nuestras eventuales discusiones y de que tal vez seamos polos opuestos, has sido una de las principales personas involucradas en lograr que este fuera posible, tú y yo contra todos.

A mi tía, Judith, por todo el apoyo brindado sin esperar nada a cambio, por tu cariño, comprensión, tu carácter extraño, compromiso, persistencia y paciencia. Eres la persona más generosa y desinteresada que conozco, gracias por estar a mi lado.

A mi familia en general, sobre todo a mis abuelos, Demóstenes y Margarita, sin su apoyo, esto no sería posible, son el pilar de la familia.

Samanta Quiroz Cabrera



AGRADECIMIENTOS

A mis padres, María y Abraham, por estar conmigo en mis logros y derrotas, por el amor y enseñanzas que me han brindado y por siempre poder contar con ellos.

A mi hermana, porque a pesar de las peleas siempre estamos juntos.

A mis abuelos, Clara y Ramón, por ser ejemplo de constancia, dedicación, fortaleza e inspiración diaria.

A mis tíos, por brindarme su apoyo y motivarme constantemente para alcanzar mis anhelos.

Alexander García Hurtado



RESUMEN

Esta tesis se ha ejecutada con el fin de comparar el uso de muros estructurales de concreto, que es el que contempla la norma peruana E0.30: Diseño Sismorresistente, con respecto a los disipadores sísmico Shear Link Bozzo, contemplados en la norma internacional ASCE 7-16. Se tomó la estructura con muros estructurales, como la estructura original debido a la cantidad de pisos, por lo que sin lugar a duda era necesario reforzar. Se efectuó un AENL por el método de espectro de capacidad, en ambos sistemas, con el fin de identificar curvas de capacidad y sus puntos de desempeño. El contraste de estas posibilita corroborar las indudables diferencias entre ambos sistemas, advirtiendo la magnitud en la que se logra acentuar la resistencia debido a las derivas. De la norma E0.30: Diseño Sismorresistente, se obtienen los criterios necesarios para precisar el espectro de diseño y poder realizar los análisis lineales básicos para el diseño de la estructura que nos funcionarían para concretar el análisis estático no lineal y con esto identificar y señalar los puntos de desempeño de las estructuras, esto representa el máximo desplazamiento al que las estructuras están sometidas si se diera lugar el sismo del diseño, razón por la cual estas se contrastan, junto con la capacidad estructural. El análisis no lineal, Pushover, demandó obtener la distribución de fuerzas laterales, calculadas con ayuda del programa Etabs y Excel, y permite evidenciar la secuencia en la que se forman las rótulas plásticas en las vigas y columnas según intensifica la cortante basal, por lo cual se concretó un cotejo del estado estructural en el punto de desempeño, dándonos un parámetro del que nos logramos orientar para dictaminar cual reforzamiento es apropiado. Nuestros resultados finales son la comparativa del nivel de desempeño, derivas inelásticas y cortantes basales para cada sistema de reforzamiento estructural.

PALABRAS CLAVES: ANÁLISIS ESTRUCTURAL NO LINEAL, DERIVAS, DISIPADORES, SLB, CURVA DE CAPACIDAD



ABSTRACT

This thesis has been executed in order to compare the use of structural concrete walls, which is the one contemplated by the Peruvian standard E0.30: Seismic-resistant Design, with respect to the Shear Link Bozzo seismic dissipators, contemplated in the international standard ASCE 7 -16. The structure with structural walls was taken as the original structure due to the number of floors, so without a doubt it was necessary to reinforce. A non-linear static analysis was carried out by the capacity spectrum method, in both systems, in order to identify their capacity curves and their performance points. The contrast of the capacity curves makes it possible to corroborate the undoubted differences between both systems, noting the magnitude in which resistance due to drifts is accentuated. From the E0.30 standard: Earthquake Resistant Design, the necessary criteria are obtained to specify the design spectrum and to be able to carry out the basic linear analyzes for the design of the structure that would work for us to specify the non-linear static analysis and with this identify and indicate the performance points of the structures, this represents the maximum displacement to which the structures are subjected if the design earthquake were to occur, which is why these are contrasted, together with the structural capacity. The nonlinear analysis, Pushover, demanded to obtain the distribution of lateral forces, calculated with the help of the Etabs and Excel program, and allows to demonstrate the sequence in which the plastic hinges are formed in the beams and columns as the basal shear intensifies, therefore which made a comparison of the structural state at the performance point, giving us a parameter from which we could guide ourselves to determine which reinforcement is appropriate. Our final results are the comparison of the performance level, inelastic drifts and basal shear for each structural reinforcement system.

KEYWORDS: NONLINEAR STRUCTURAL ANALYSIS, DRIFTS, DISSIPATORS, SLB, CAPACITY CURVE



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	2
1. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO	2
1.1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.2. ANTECEDENTES.....	3
1.3. FORMULACION DEL PROBLEMA	5
1.4. OBJETIVOS.....	5
1.4.1. GENERAL.....	5
1.4.2. ESPECIFICOS	5
1.5. HIPOTESIS.....	6
1.5.1. HIPOTESIS GENERAL.....	6
1.5.2. VARIABLES Y DEFINICION OPERACIONAL	6
1.5.2.1. VARIABLES DEPENDIENTES	6
1.5.2.2. VARIABLES INDEPENDIENTES	7
1.6. METODOLOGIA Y TIPO DE INVESTIGACION	7
1.6.1. METODOLOGIA	7
CAPITULO 2: FUNDAMETACIÓN TEÓRICA.....	8
2. FUNDAMENTACION TEÓRICA	8
2.1. TERREMOTO	8
2.1.1. PROPAGACIÓN	8
2.1.2. INTENSIDAD Y MAGNITUD	9
2.1.3. DURACION EFECTIVA	10
2.1.4. POTENCIAL DESTRUCTIVO	10
2.1.5. ESPECTRO DE UN TERREMOTO	11



2.2.	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL FRENTE AL SISMO	12
2.2.1.	FALLA FRAGIL O DUCTIL	12
2.3.	ANALISIS NO LINEAL	13
2.3.1.	CURVA DE CAPACIDAD	14
2.3.2.	IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL	15
2.4.	DISEÑO BASADO EN FUERZAS	15
2.5.	DISEÑO BASADO EN DESEMPEÑO	16
2.5.1.	NIVELES DE DESEMPEÑO DE LOS COMPONENTES ESTRUCTURALES	22
2.5.2.	NIVELES DE DESEMPEÑO DE LOS COMPONENTES NO ESTRUCTURALES	27
2.5.3.	NIVELES DE DESEMPEÑO DE UNA EDIFICACION	29
2.5.4.	NIVELES DE AMENAZA SÍSMICA	29
2.6.	GENERALIDADES SOBRE ANALISIS PUSHOVER	31
2.6.1.	REQUISITOS PARA REALIZAR LA TECNICA PUSHOVER	32
2.6.2.	OBJETIVOS DE LA TECNICA PUSHOVER	33
2.6.3.	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TECNICA PUSHOVER	33
2.6.3.1.	VENTAJAS	33
2.6.3.2.	DESVENTAJAS	33
2.6.4.	CAPACIDAD	34
2.6.5.	DEMANDA	35
2.6.6.	DESEMPEÑO	36
2.6.7.	ARTICULACIÓN O RÓTULA PLÁSTICA	37
2.6.8.	PELIGRO SÍSMICO	37
2.6.8.1.	CUANTIFICACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO	38
2.6.8.2.	NIVELES DE PELIGRO SÍSMICO	38
2.6.9.	PUNTO DE DESEMPEÑO	40



2.6.9.1. DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO DE LINEALIZACION EQUIVALENTE	40
2.6.10. PATRÓN DE CARGAS LATERALES	42
2.6.10.1. PATRÓN DE CARGAS LATERALES	43
2.6.10.2. CARGA GRAVITACIONAL	46
2.6.10.3. DESPLAZAMIENTO DE MONITOREO	46
2.6.10.4. CURVA DE CAPACIDAD	47
2.6.10.5. COMPORTAMIENTO Y DUCTILIDAD DE SECCIONES DE CONCRETO REFORZADO	47
2.7. MÉTODO DEL ESPECTRO DE CAPACIDAD	50
2.7.1. PROCEDIMIENTO PROPUESTO EN EL ATC – 40:	64
2.7.1.1. PROCEDIMIENTO A:	65
2.7.1.2. PROCEDIMIENTO B:	66
2.7.1.3. PROCEDIMIENTO C:	68
2.7.2. PROCEDIMIENTO PROPUESTO EN EL FEMA 440	71
2.7.2.1. AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO	74
2.7.2.2. PERIODO EFECTIVO	75
2.7.2.3. PROCEDIMIENTO	78
2.8. MÉTODO DE LOS COEFICIENTES DE DESPLAZAMIENTOS	82
CAPITULO 3: SISTEMAS DE PROTECCION SISMICA	96
3. REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL	96
3.1. SISTEMAS DE CONTROL PASIVO	98
3.1.1. DIFERENCIAS ENTRE AISLADORES Y DISIPADORES	99
3.1.2. AISLAMIENTO SISMICO EN LA BASE	100
3.1.3. DISIPADORES DE ENERGIA	103
3.1.3.1. TIPOS DE DISIPADORES	104
3.2. SISTEMA DE REFORZAMIENTO TRADICIONAL	109



3.2.1. MUROS ESTRUCTURALES	109
CAPITULO 4: DISIPADORES SLB	111
4. DISIPADORES SLB	111
4.1. NOMENCLATURA.....	112
4.2. VENTAJAS DE SU USO:	112
4.3. PROPIEDADES:.....	112
CAPITULO 5: ESTRUCTURACIÓN Y METRADOS	113
5. DEFINICIÓN DE DATOS PRELIMINARES	113
5.1. DESCRIPCION DEL PROYECTO.....	113
5.2. UBICACIÓN.....	113
5.3. MATERIALES: CARACTERISTICAS DEL CONCRETO Y DEL ACERO A UTILIZAR.....	114
5.4. DETERMINACION DE LAS CARGAS.....	114
5.4.1. CARGA MUERTA	114
5.4.2. CARGA VIVA	115
5.5. PROCEDIMIENTO DE ANALISIS	116
CAPITULO 6: APLICACIÓN AL PROYECTO	117
6. ANALISIS ESTRUCTURAL.....	117
6.1. PARAMETROS SISMICOS	117
6.1.1. ZONIFICACION	117
6.1.2. CONDICIONES GEOTECNICAS.....	117
6.1.3. FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA (C).....	119
6.1.4. CATEGORIA DE LA EDIFICACION Y FACTOR DE USO	120
6.1.5. SISTEMAS ESTRUCTURALES.....	121
6.1.6. REDUCCION DE FUERZAS SISMICAS	122
6.1.7. PESO SISMICO	125



6.2. ESPECTRO DE RESPUESTA	126
6.2.1. ESPECTRO DE DISEÑO	126
6.3. ANALISIS ESTRUCTURAL DE LA ESTRUCTURA CON MUROS DE CORTE EN ETABS	128
6.3.1. ANALISIS ESTÁTICO	128
6.3.2. ANALISIS DINAMICO ESPECTRAL	133
6.3.3. FUERZA CORTANTE MINIMA EN LA BASE	136
6.3.4. DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES	139
6.3.4.1. DISEÑO DE LAS VIGAS	139
6.3.4.2. DISEÑO DE LAS COLUMNAS	146
6.3.4.3. DISEÑO DE LAS PLACAS	158
6.3.4.4. DISEÑO DE LOSA ALIGERADA	234
6.3.5. ANÁLISIS PUSHOVER	236
6.4. ANALISIS ESTRUCTURAL DE LA ESTRUCTURA CON SLB EN ETABS	241
6.4.1. IMPORTANCIA DE UTILIZAR DISIPADORES DE ENERGIA .	241
6.4.1.1. DISIPADORES METALICOS	241
6.4.2. UBICACIÓN DE LOS DISIPADORES SLB	245
6.4.3. SELECCIÓN DE LOS DISIPADORES SLB	249
6.4.3.1. PROCEDIMIENTO PARA LA SELECCIÓN DE LOS DISIPADORES SLB	250
6.4.4. MODELACION DE LOS DISIPADORES SLB	250
6.4.5. VISTAS DE LOS ELEMENTOS	253
6.4.6. ANALISIS ESTRUCTURAL DE LA ESTRUCTURA CON DISIPADORES SLB	254
6.4.6.1. ANALISIS ESTATICO	254
6.4.6.2. ANALISIS DINAMICO ESPECTRAL	259



6.4.7. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	263
6.4.7.1. DISEÑO DE VIGAS	263
6.4.7.2. DISEÑO DE COLUMNAS.....	272
6.4.7.3. DISEÑO DE PLACAS.....	287
6.4.7.4. DISEÑO DE LOSAS ALIGERADAS	296
6.4.8. ANALISIS PUSH OVER.....	298
6.4.8.1. VERIFICACION DE DESPLAZAMIENTOS DE LOS DISIPADORES SLB.....	302
6.4.8.2. VERIFICACION DE FUERZA DE CORTE DE LOS DISIPADORES SLB.....	303
6.4.9. VISTAS 3D DEL MODELO	304
6.4.10. MODELO CON DISIPADOR.....	304
CAPITULO 7: RESULTADOS	305
7. RESULTADOS	305
7.1. COMPARACION DE CURVAS CAPACIDAD.....	309
CAPITULO 8: DISCUSION DE RESULTADOS	311
8. RESULTADOS	311
CAPITULO 9: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	312
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	312
9.1. CONCLUSIONES	312
9.2. RECOMENDACIONES.....	312
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	313
ANEXOS.....	317



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Variables dependientes _____	6
Tabla N° 2: Variables Independientes _____	7
Tabla N° 3: Objetivos del diseño basado en fuerzas _____	16
Tabla N° 4: Niveles de rendimiento estructural y daños: Elementos verticales ____	26
Tabla N° 5: Niveles de rendimiento estructural para un sismo de un periodo de retorno de 475 años: Elementos horizontales _____	27
Tabla N° 6: Niveles de rendimiento no estructural para un sismo de un periodo de retorno de 475 años: elementos arquitectónicos _____	28
Tabla N° 7: Combinaciones de niveles de desempeño estructural y no estructural _____	29
Tabla N° 8: Niveles de movimiento sísmico _____	30
Tabla N° 9: Comportamiento deseado para edificios comunes _____	30
Tabla N° 10: Comportamiento estructural de edificios comunes _____	30
Tabla N° 11: Niveles de peligro sísmico _____	37
Tabla N° 12: Vida útil para diferentes obras civiles _____	38
Tabla N° 13: Valores mínimos para SRA y SRB _____	60
Tabla N° 14: Factores de reducción espectral _____	61
Tabla N° 15: Límites de deformación _____	63
Tabla N° 16: Efectos de amortiguamiento Tipo A _____	69
Tabla N° 17: Efecto de amortiguamiento Tipo B _____	69
Tabla N° 18: Efecto de amortiguamiento Tipo C _____	69
Tabla N° 19: Tabla 6-1 de Fema 440 _____	74
Tabla N° 20: Tabla 3-2 Valores para C0 con el FEMA 365 _____	85
Tabla N° 21: Tabla 3-1 Valores para CM1 en el FEMA 365 _____	86
Tabla N° 22: Tabla 3-3 Valores para C2 en el FEMA 365 _____	86
Tabla N° 23: Tabla 7 – 5 Valores de C0 de FEMA 440 _____	88
Tabla N° 24: Tabla 7-4 para Cm en el FEMA 440 _____	89
Tabla N° 25: Cargas vivas mínimas repartidas _____	114
Tabla N° 26: Clasificación de perfiles de suelo _____	116
Tabla N° 27: Valores del Factor S _____	116
Tabla N° 28: Periodo Tp y TI según el perfil de suelo _____	117



Tabla N° 29: Categorías de las edificaciones y factor “U” _____	119
Tabla N° 30: Categoría, zona y sistema estructural _____	120
Tabla N° 31: Sistemas Estructurales _____	120
Tabla N° 32: Irregularidades Estructurales en Altura _____	121
Tabla N° 33: Irregularidades Estructurales en Planta _____	122
Tabla N° 34: Categoría y regularidades de las edificaciones _____	122
Tabla N° 35: Criterios de norma E030: Diseño Sismorresistente: Criterios de norma E030: Diseño Sismorresistente _____	123
Tabla N° 36: Datos de la edificación _____	123
Tabla N° 37: Espectro de diseño obtenido _____	125
Tabla N° 38: Factor de masa participativa _____	127
Tabla N° 39: Datos para la cortante estática en X _____	128
Tabla N° 40: Resultados de la cortante estática en X _____	128
Tabla N° 41: Datos para hallar las fuerzas sísmicas en X-X _____	128
Tabla N° 42: Fuerzas Sísmicas en X-X _____	128
Tabla N° 43: Datos para la cortante estática en Y _____	129
Tabla N° 44: Resultados de la cortante estática en Y _____	129
Tabla N° 45: Datos para hallar las fuerzas sísmicas en Y-Y _____	130
Tabla N° 46: Fuerzas Sísmicas en Y-Y _____	130
Tabla N° 47: Peso de la edificación _____	131
Tabla N° 48: Ratio _____	131
Tabla N° 49: Derivas en X-X – Sistema de muros estructurales _____	131
Tabla N° 50: Derivas en Y-Y – Sistema de muros estructurales _____	132
Tabla N° 51: Verificación de torsión X-X _____	133
Tabla N° 52: Verificación de torsión Y-Y _____	134
Tabla N° 53: Modos de vibración _____	135
Tabla N° 54: Resultados de comprobar los análisis _____	136
Tabla N° 55: Cortante dinámica _____	136
Tabla N° 56: Área de acero _____	139
Tabla N° 57: Cálculo del acero mínimo _____	147
Tabla N° 58: Comprobación del porcentaje de acero seleccionado _____	147
Tabla N° 59: Datos para el ángulo 0° y 180° _____	151



Tabla N° 60: Datos para el ángulo 90° y 270° _____	151
Tabla N° 61: Resultados obtenidos del programa Etabs _____	152
Tabla N° 62: Combinaciones de diseño _____	152
Tabla N° 63: Combinaciones para sismo en X-X _____	152
Tabla N° 64: Combinaciones para sismo en Y-Y _____	154
Tabla N° 65: Datos para el ángulo 0° y 180° _____	156
Tabla N° 66: Datos para el ángulo 90° y 270° _____	156
Tabla N° 67: Resultados de Placa C1, según Etabs _____	157
Tabla N° 68: Combinaciones de diseño _____	157
Tabla N° 69: Combinaciones para Sismo XX en Placa C1 _____	157
Tabla N° 70: Sismo YY para Placa C1 _____	159
Tabla N° 71: Datos para los ángulos 0° y 180° _____	161
Tabla N° 72: Datos para el ángulo 90° y 270° _____	161
Tabla N° 73: Resultados de la Placa C2, según Etabs _____	162
Tabla N° 74: Combinaciones de diseño _____	162
Tabla N° 75: Combinaciones para Sismo XX en Placa C2 _____	162
Tabla N° 76: Combinaciones para Sismo YY en Placa C2 _____	164
Tabla N° 77: Datos para los ángulos 0° y 180° _____	166
Tabla N° 78: Datos para los ángulos 90° y 270° _____	166
Tabla N° 79: Resultados de la Placa C3, según Etabs _____	167
Tabla N° 80: Combinaciones de diseño _____	167
Tabla N° 81: Combinaciones para Sismo XX en Placa C3 _____	167
Tabla N° 82: Combinaciones para Sismo YY en Placa C3 _____	169
Tabla N° 83: Datos para los ángulos 0° y 180° _____	171
Tabla N° 84: Datos para los ángulos 90° y 270° _____	171
Tabla N° 85: Resultados de Placa C4, según Etabs _____	172
Tabla N° 86: Combinaciones de diseño _____	172
Tabla N° 87: Combinaciones para Sismo XX en Placa C4 _____	172
Tabla N° 88: Combinaciones del Sismo YY para la curva de los ángulos _____	174
Tabla N° 89: Datos para los ángulos 0° y 180° _____	176
Tabla N° 90: Datos para los ángulos 90° y 270° _____	176
Tabla N° 91: Resultados de Placa X1 y X2, según Etabs _____	177



Tabla N° 92: Combinaciones de diseño _____	177
Tabla N° 93: Combinaciones para Sismo XX en Placa X1 y X2 _____	177
Tabla N° 94: Combinaciones para Sismo YY en Placa X1 – X2 _____	179
Tabla N° 95: Datos para los ángulos 0° y 180° _____	181
Tabla N° 96: Datos para los ángulos 90° y 270° _____	181
Tabla N° 97: Resultados de Placa X3, según Etabs _____	182
Tabla N° 98: Combinaciones de diseño _____	182
Tabla N° 99: Combinaciones para Sismo XX en Placa X3 _____	182
Tabla N° 100: Combinaciones para Sismo YY en Placa X3 _____	184
Tabla N° 101: Datos para el ángulo 0° y 180° _____	186
Tabla N° 102: Datos para el ángulo 90° y 270° _____	186
Tabla N° 103: Resultados de Placa X4, según Etabs _____	187
Tabla N° 104: Combinaciones de diseño _____	187
Tabla N° 105: Combinaciones para Sismo XX en Placa X4 _____	187
Tabla N° 106: Combinaciones para Sismo YY en Placa X4 _____	189
Tabla N° 107: Datos para los ángulos 0° y 180° _____	191
Tabla N° 108: Datos para los ángulos 90° y 270° _____	191
Tabla N° 109: Resultados de Placa X5, según Etabs _____	192
Tabla N° 110: Combinaciones de diseño _____	192
Tabla N° 111: Combinaciones para Sismo XX en Placa X5 _____	192
Tabla N° 112: Combinaciones para Sismo YY en Placa X5 _____	194
Tabla N° 113: Datos para los ángulos 0° y 180° _____	196
Tabla N° 114: Datos para los ángulos 90° y 270° _____	196
Tabla N° 115: Resultados de Placa L1, según Etabs _____	197
Tabla N° 116: Combinaciones de diseño _____	197
Tabla N° 117: Combinaciones para Sismo XX en Placa L1 _____	197
Tabla N° 118: Combinaciones para Sismo YY en Placa L1 _____	199
Tabla N° 119: Datos para los ángulos 0° y 180° _____	201
Tabla N° 120: Datos para los ángulos 90° y 270° _____	201
Tabla N° 121: Resultados de Placa L2, según Etabs _____	202
Tabla N° 122: Combinaciones de diseño _____	202
Tabla N° 123: Combinaciones para Sismo XX en Placa L2 _____	202



Tabla N° 124: Combinaciones para Sismo YY en Placa L2 _____	204
Tabla N° 125: Datos para los ángulos 0° y 180° _____	206
Tabla N° 126: Datos para los ángulos 90° y 270° _____	206
Tabla N° 127: Resultados de Placa L3, según Etabs _____	207
Tabla N° 128: Combinaciones de diseño _____	207
Tabla N° 129: Combinaciones para Sismo XX en Placa L3 _____	207
Tabla N° 130: Combinaciones para Sismo YY en Placa L3 _____	209
Tabla N° 131: Datos para el ángulo 0° y 180° _____	211
Tabla N° 132: Datos para los ángulos 90° y 270° _____	211
Tabla N° 133: Resultados de Placa Y1 – Y3, según Etabs _____	212
Tabla N° 134: Combinaciones de diseño _____	212
Tabla N° 135: Combinaciones para Sismo XX en Placa Y1 – Y3 _____	212
Tabla N° 136: Combinaciones de Sismo YY en Placa Y1 - Y3 _____	214
Tabla N° 137: Datos para los ángulos 0° y 180° _____	216
Tabla N° 138: Datos para los ángulos 90° y 270° _____	216
Tabla N° 139: Resultados de Placa Y2, según Etabs _____	217
Tabla N° 140: Combinaciones de diseño _____	217
Tabla N° 141: Combinaciones para Sismo XX en Placa Y2 _____	217
Tabla N° 142: Combinaciones para Sismo YY en Placa Y2 _____	219
Tabla N° 143: Datos para los ángulos 0° y 180° _____	221
Tabla N° 144: Datos para los ángulos 90° y 270° _____	221
Tabla N° 145: Resultados de Placa Y4, según Etabs _____	222
Tabla N° 146: Combinaciones de diseño _____	222
Tabla N° 147: Combinaciones para Sismo XX en Placa Y4 _____	222
Tabla N° 148: Combinaciones para Sismo YY en Placa Y4 _____	224
Tabla N° 149: Datos para los ángulos 0° y 180° _____	227
Tabla N° 150: Datos para los ángulos 90° y 270° _____	227
Tabla N° 151: Resultados de Placa Escalera, según Etabs _____	228
Tabla N° 152: Combinaciones de diseño _____	228
Tabla N° 153: Combinaciones para Sismo XX en Placa Escalera _____	228
Tabla N° 154: Combinaciones para Sismo YY en Placa Escalera _____	230
Tabla N° 155: Fuerzas laterales en X _____	233



Tabla N° 156: Fuerzas laterales en Y _____	233
Tabla N° 157: Rótulas plásticas en el sistema de muros de corte, Push Over X	234
Tabla N° 158: Rótulas plásticas en el sistema de muros de corte, Push Over Y	235
Tabla N° 159: Clasificación de los sistemas de disipación de energía pasivos _	239
Tabla N° 160°: Disipadores Shear Link con sus parámetros de diseño _____	241
Tabla N° 161: Fuerza debido al espectro inelástico en disipadores FRAME de los pórticos X y X _____	247
Tabla N° 162: Factor de masa participativa _____	252
Tabla N° 163: Datos para la cortante estática en X _____	253
Tabla N° 164: Resultados de la cortante estática en X _____	253
Tabla N° 165: Datos para hallar las fuerzas sísmicas en X-X _____	253
Tabla N° 166: Fuerzas Sísmicas en X-X _____	253
Tabla N° 167: Datos para la cortante estática en Y _____	254
Tabla N° 168: Resultados de la cortante estática en Y _____	254
Tabla N° 169: Datos para hallar las fuerzas sísmicas en Y-Y _____	254
Tabla N° 170: Fuerzas Sísmicas en Y-Y _____	255
Tabla N° 171: Peso de la edificación _____	255
Tabla N° 172: Ratio _____	256
Tabla N° 173: Derivas en X-X – Sistema Disipadores SLB _____	256
Tabla N° 174: Derivas en Y-Y – Sistema Disipadores SLB _____	257
Tabla N° 175: Verificación de torsión X-X _____	258
Tabla N° 176: Verificación de torsión Y-Y _____	258
Tabla N° 177: Resultados de comprobar los análisis _____	259
Tabla N° 178: Cortante dinámica _____	259
Tabla N° 179: Área de acero _____	262
Tabla N° 180: Área de acero _____	267
Tabla N° 181: Datos para el ángulo 0° y 180° _____	271
Tabla N° 182: Datos para el ángulo 90° y 270° _____	271
Tabla N° 183: Resultados obtenidos del programa Etabs _____	272
Tabla N° 184: Combinaciones de diseño _____	272
Tabla N° 185: Combinaciones para sismo en X-X _____	272
Tabla N° 188: Combinaciones para sismo en Y-Y _____	274



Tabla N° 189: Datos para el ángulo 0° y 180°	275
Tabla N° 190: Datos para el ángulo 90° y 270°	276
Tabla N° 191: Resultados obtenidos del programa Etabs	276
Tabla N° 192: Combinaciones de diseño	276
Tabla N° 193: Combinaciones para sismo en X-X	277
Tabla N° 194: Combinaciones para sismo en Y-Y	278
Tabla N° 195: Datos para el ángulo 0° y 180°	280
Tabla N° 196: Datos para el ángulo 90° y 270°	280
Tabla N° 197: Resultados obtenidos del programa Etabs	281
Tabla N° 198: Combinaciones de diseño	281
Tabla N° 199: Combinaciones para sismo en X-X	281
Tabla N° 200: Combinaciones para sismo en Y-Y	283
Tabla N° 201: Datos para el ángulo 0° y 180°	284
Tabla N° 202: Datos para el ángulo 90° y 270°	285
Tabla N° 203: Resultados obtenidos del programa Etabs	285
Tabla N° 204: Combinaciones de diseño	285
Tabla N° 205: Combinaciones para sismo en X-X	286
Tabla N° 206: Combinaciones para sismo en Y-Y	287
Tabla N° 207: Datos para el ángulo 0° y 180°	289
Tabla N° 208: Datos para el ángulo 90° y 270°	289
Tabla N° 209: Resultados obtenidos del programa Etabs	290
Tabla N° 210: Combinaciones de diseño	290
Tabla N° 211: Combinaciones para sismo en X-X	290
Tabla N° 212: Combinaciones para sismo en Y-Y	292
Tabla N° 213: Fuerzas laterales en X	295
Tabla N° 214: Fuerzas laterales en Y	295
Tabla N° 215: Rótulas plásticas en sistemas con disipadores SLB en Push Over XX	296
Tabla N° 216: Rótulas plásticas en sistemas con disipadores SLB en Push Over YY	297
Tabla N° 217: Desplazamientos de SLB	300
Tabla N° 218: Fuerzas de SLB	301



Tabla N° 219: Derivas X-X con muro de corte _____	302
Tabla N° 220: Derivas X-X con SLB _____	302
Tabla N° 221: Resumen comparativo de las derivas en X-X _____	303
Tabla N° 222: Derivas Y-Y con muro de corte _____	303
Tabla N° 223: Derivas Y-Y con SLB _____	304
Tabla N° 224: Resumen comparativo de las derivas en Y-Y _____	304

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Propagación de la energía sísmica desde el epicentro hasta la estructura (Bertero 1992)	9
Figura N° 2: Modelo de un grado de libertad	12
Figura N° 3: Diseño sísmico basado en desempeño	18
Figura N° 4: Objetivos de desempeño	19
Figura N° 5: Sismo para un diseño por desempeño	20
Figura N° 6: Nivel de desempeño	21
Figura N° 7: Curva de capacidad y los distintos niveles de desempeño	22
Figura N° 8: Esquema del Método del Pushover	31
Figura N° 9: Diagrama de linealidad y no linealidad	32
Figura N° 10: Curva de capacidad de una estructura	34
Figura N° 11: Aceleración Espectral	35
Figura N° 12: Procedimiento de desempeño	36
Figura N° 13: Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas	39
Figura N° 14: Mapa de periodos de retorno para las asperezas identificadas en la región occidental de Perú (Condori y Tavera 2012)	40
Figura N° 15: Lugar geométrico de posibles puntos de desempeño usando el espectro de respuesta en formato ADRS.	42
Figura N° 16: Distribución proporcional de carga	43
Figura N° 17: Distribución proporcional al modo fundamental	44
Figura N° 18: Distribución proporcional a los cortantes por piso.	44
Figura N° 19: Distribución de carga adaptativa	45
Figura N° 20: Distribución uniforme de carga	45
Figura N° 21: Gráfico $M - \Phi$	47
Figura N° 22: Condición última y de cedencia	47
Figura N° 23: Diagrama de interacción y al diagrama $P - \Phi$	48
Figura N° 24: Falla controlada por compresión	48
Figura N° 25: Falla balanceada	48
Figura N° 26: Falla controlada por tracción	49
Figura N° 27: Deformación unitaria	49
Figura N° 28: Espectro de capacidad	50



Figura N° 29: Formato ADRS _____	50
Figura N° 30: Curva de capacidad ejemplificada _____	51
Figura N° 31: Conversión de la curva de capacidad al espectro de capacidad. _	52
Figura N° 32: Conversión del espectro de respuesta de demanda sísmica ____	54
Figura N° 33: Conversión del espectro tradicional a espectro ADRS _____	55
Figura N° 34: Representación bilineal del espectro de capacidad _____	55
Figura N° 35: Reducción de la demanda por efectos no lineales – Paso 1 ____	57
Figura N° 36: Reducción de la demanda por efectos no lineales – Paso 2 ____	58
Figura N° 37: Designación de área de la reducción de la demanda _____	58
Figura N° 38: Desarrollo del espectro de demanda _____	61
Figura N° 39: Espectros de demanda _____	62
Figura N° 40: Intersección de Espectro de Capacidad con el Espectro de demanda _____	63
Figura N° 41: Desplazamiento máximo esperado _____	64
Figura N° 42: Coeficientes de la rigidez _____	68
Figura N° 43: Curva de demanda por β_{eff} _____	70
Figura N° 44: Comportamiento histerético bilineal _____	72
Figura N° 45: Comportamiento de degradación de rigidez _____	72
Figura N° 46: Comportamiento de degradación de resistencia _____	73
Figura N° 47: Intersección con demanda MADRS _____	80
Figura N° 48: Búsqueda de posibles puntos de desempeño _____	81
Figura N° 49: Curva idealizada _____	82
Figura N° 50: FEMA 440 _____	90
Figura N° 51: C2 vs T FEMA 440 _____	91
Figura N° 52: Sistema convencional y con aislamiento en la estructura ____	99
Figura N° 53: Aislamiento sísmico en la base _____	99
Figura N° 54: Aislador sísmico de elastómero _____	100
Figura N° 55: Aislador de fricción _____	101
Figura N° 56: Disipadores Sísmicos Taylor, vista interna _____	102
Figura N° 57: Disipador tipo TADAS _____	103
Figura N° 58: Disipador tipo ADAS _____	104
Figura N° 59: Disposición en un pórtico _____	104



Figura N° 60: Disipadores Panal	105
Figura N° 61: Disipadores Shear Link Bozzo	106
Figura N° 62: Muros desacoplados	107
Figura N° 63: Disipadores SLB	109
Figura N° 64: Detalle de conexión de disipador con vigas de concreto	110
Figura N° 65: Mapa de localización	111
Figura N° 66: Localización en Trujillo, Urb. Ingeniería III	112
Figura N° 67: Zonificación del Perú	115
Figura N° 68: Artículo 28.4.1 de la norma E030	118
Figura N° 69: Sistemas estructurales de concreto armado	119
Figura N° 70: Espectro de diseño	125
Figura N° 71: Fuerzas Sísmicas en X-X	129
Figura N° 72: Fuerzas Sísmicas en Y-Y	130
Figura N° 73: Derivas en X-X – Sistema de muros estructurales	132
Figura N° 74: Derivas en Y-Y – Sistema de muros estructurales	133
Figura N° 75: Diagrama de Momento Flector	138
Figura N° 76: Diseño de acero basado en el programa ETABS	138
Figura N° 77: Diagrama de Momentos Máximos	138
Figura N° 78: Representación de viga	139
Figura N° 79: Momento resistente	141
Figura N° 80: Diagrama de Fuerza Cortante	142
Figura N° 81: Curva de iteración básica	145
Figura N° 82: Diagrama de deformación unitaria, esfuerzos y fuerzas	146
Figura N° 83: Ejemplificación del centroide plástico	147
Figura N° 84: Fórmulas para diseño de columnas	148
Figura N° 85: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°	153
Figura N° 86: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°	153
Figura N° 87: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°	154
Figura N° 88: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°	155
Figura N° 89: Placa C1 – Imagen a 180°	155



Figura N° 90: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°	158
Figura N° 91: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°	158
Figura N° 92: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°	159
Figura N° 93: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°	160
Figura N° 94: Placa C2	160
Figura N° 95: Resultados del Sismo XX para la curva de ángulos 0° y 180°	163
Figura N° 96: Resultados del Sismo XX para la curva de ángulo 90° y 270°	163
Figura N° 97: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°	164
Figura N° 98: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°	165
Figura N° 99: Placa C3	165
Figura N° 100: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°	168
Figura N° 101: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°	168
Figura N° 102: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°	169
Figura N° 103: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°	170
Figura N° 104: Placa C4	170
Figura N° 105: Resultado del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°	173
Figura N° 106: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°	173
Figura N° 107: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°	174
Figura N° 108: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°	175
Figura N° 109: Placa X1 y X2	175
Figura N° 110: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°	178



Figura N° 111: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°	178
Figura N° 112: Resultados del Sismo YY para la curva de ángulos 0° y 180°	179
Figura N° 113: Resultados del Sismo YY para la curva de ángulos 90° y 270°	180
Figura N° 114: Placa X3	180
Figura N° 115: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°	183
Figura N° 116: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°	183
Figura N° 117: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° Y 180°	184
Figura N° 118: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° Y 270°	185
Figura N° 119: Placa X4	185
Figura N° 120: Resultado del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°	188
Figura N° 121: Resultado del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°	188
Figura N° 122: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°	189
Figura N° 123: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°	190
Figura N° 124: Placa X5	190
Figura N° 125: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°	193
Figura N° 126: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°	193
Figura N° 127: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°	194
Figura N° 128: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°	195
Figura N° 129: Placa L1	195



Figura N° 130: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°	198
Figura N° 131: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°	198
Figura N° 132: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°	199
Figura N° 133: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°	200
Figura N° 134: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°	203
Figura N° 135: Resultado del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°	203
Figura N° 136: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°	204
Figura N° 137: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°	205
Figura N° 138: Placa L3	205
Figura N° 139: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180	208
Figura N° 140: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°	208
Figura N° 141: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°	209
Figura N° 142: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°	210
Figura N° 143: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°	213
Figura N° 144: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°	213
Figura N° 145: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°	214
Figura N° 146: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°	215



Figura N° 147: Placa Y2 _____	215
Figura N° 148: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°	218
Figura N° 149: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270° _____	218
Figura N° 150: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180° _____	219
Figura N° 151: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270° _____	220
Figura N° 152: Placa Y4 _____	220
Figura N° 153: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°	223
Figura N° 154: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270° _____	223
Figura N° 155: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180° _____	224
Figura N° 156: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270° _____	225
Figura N° 157: Placa Escalera _____	226
Figura N° 158: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180° _____	229
Figura N° 159: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270° _____	229
Figura N° 160: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180° _____	230
Figura N° 161: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270° _____	231
Figura N° 162: Diseño de acero de una Losa Aligerada _____	232
Figura N° 163: Formación de las rótulas plásticas del Análisis Push Over X ____	234
Figura N° 164: Formación de las rótulas plásticas del Análisis Push Over Y ____	235
Figura N° 165: Resultados Push Over en X – FEMA 440 _____	236
Figura N° 166: Resultados Push Over en Y – FEMA 440 _____	236
Figura N° 167: Resultados Push Over en X – ASCE 41 – 13 _____	237
Figura N° 168: Resultados Push Over en Y – ASCE 41 - 13 _____	237



Figura N° 169: Idealización de la relación carga desplazamiento en un amortiguador metálico. _____	239
Figura N° 170: Dimensiones de un disipador SLB30_2 Y UN ENSAYO DE UN MODELO EXPERIMENTAL _____	240
Figura N° 171: Ubicación de los pórticos en planta _____	242
Figura N° 172: Disipadores SLB en elevación – Pórtico 2 _____	243
Figura N° 173: Disipadores SLB en elevación – Pórtico 7 _____	243
Figura N° 174: Disipadores SLB en elevación – Pórtico 8 _____	244
Figura N° 175: Disipadores SLB en elevación – Pórtico A _____	244
Figura N° 176: Disipadores SLB en elevación – Pórtico C _____	245
Figura N° 177: Disipadores SLB en elevación – Pórtico G _____	245
Figura N° 178: Disipadores SLB en elevación – Pórtico I _____	246
Figura N° 179: Cuadro donde se definen las propiedades de los disipadores _____	248
Figura N° 180: Disipadores SLB en X _____	248
Figura N° 181: Disipadores SLB en X – propiedades _____	249
Figura N° 182: Disipadores SLB en Y _____	249
Figura N° 183: Vista del disipador SLB50_5 _____	250
Figura N° 184: Modelamiento de estructura con disipadores SLB _____	251
Figura N° 185: Fuerzas Sísmicas en X-X _____	254
Figura N° 186: Fuerzas Sísmicas en Y-Y _____	255
Figura N° 187: Derivas en X-X – Sistema Disipadores SLB _____	256
Figura N° 188: Derivas en Y-Y – Sistema Disipadores SLB _____	257
Figura N° 189: Diagrama de Momento Flector _____	261
Figura N° 190: Diseño de acero basado en el programa ETABS _____	261
Figura N° 191: Diagrama de Momentos Máximos _____	261
Figura N° 192: Diagrama de Fuerza Cortante _____	264
Figura N° 193: Diagrama de Momento Flector _____	265
Figura N° 194: Diseño de acero basado en el programa ETABS _____	265
Figura N° 195: Diagrama de Momentos Máximos _____	266
Figura N° 196: Diagrama de Fuerza Cortante _____	268
Figura N° 197: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180° _____	273



Figura N° 198: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°	273
Figura N° 199: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°	274
Figura N° 200: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°	275
Figura N° 201: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°	277
Figura N° 202: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°	278
Figura N° 203: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°	279
Figura N° 204: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°	279
Figura N° 205: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°	282
Figura N° 206: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°	282
Figura N° 207: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°	283
Figura N° 208: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°	284
Figura N° 209: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°	286
Figura N° 210: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°	287
Figura N° 211: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°	288
Figura N° 212: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°	288
Figura N° 213: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°	291



Figura N° 214: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°	291
Figura N° 215: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°	292
Figura N° 216: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°	293
Figura N° 217: Diseño de acero de una Losa Aligerada	294
Figura N° 218: Formación de las rótulas plásticas del Análisis Push Over X	296
Figura N° 219: Formación de las rótulas plásticas del Análisis Push Over Y	297
Figura N° 220: Resultados Push Over en X – FEMA 440	298
Figura N° 221: Resultados Push Over en Y – FEMA 440	298
Figura N° 222: Resultados Push Over en X – ASCE 41 – 13	299
Figura N° 223: Resultados Push Over en Y – ASCE 41 - 13	299
Figura N° 224: Modelado de estructura en Etabs con SLB	301
Figura N° 225: Comparativa de distorsión X-X con muros de corte y SLB	303
Figura N° 226: Comparativa de distorsión Y-Y con muros de corte y SLB	304
Figura N° 227: Curva de capacidad Pushover X-X con muros estructurales	305
Figura N° 228: Curva de capacidad Pushover X-X con SLB	305
Figura N° 229: Curva de capacidad Pushover Y-Y con muros estructurales	306
Figura N° 230: Curva de capacidad Pushover Y-Y con SLB	306



INTRODUCCION

Por su ubicación geográfica, el Perú es un país con una alta ocurrencia de sismos al encontrarse en una zona geográfica de confluencia de las placas tectónicas, perteneciendo al Círculo de Fuego del Pacífico; es decir, nos encontramos entre las regiones de más alta actividad sísmica que existe en la tierra. A través de los años de historia se produjeron sismos de gran magnitud, sobre todo al sur del Perú, los más recientes fueron en la ciudad de Arequipa (2005) y Pisco (2007), el cual dejó a su paso daños estructurales muy graves, pérdidas económicas y más que todo, humanas. Estas pérdidas no son precisamente debido al evento sísmico sino a fallas en las estructuras. Por tanto, es necesario utilizar nuevas técnicas de diseño para mejorar el rendimiento de la estructura, como aisladores o amortiguadores, este último es el foco de esta investigación. Sin embargo, esto no solo es necesario, sino también necesario realizar un análisis más cercano a la situación real, y este es un análisis no lineal.

Los disipadores Shear Link Bozzo pertenecen al reforzamiento estructural de control pasivo, siendo disipadores de energía metálicos que toman ventaja del comportamiento histerético que presentan los metales en el rango inelástico para disipar la energía que ingresa al sistema

El presente trabajo se basará en el AENL por el método del espectro de capacidad (Pushover), en una comparativa entre el reforzamiento estructural de control pasivo y el tradicional.



CAPITULO I: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1. PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

1.1. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

La presente investigación empleará el proyecto arquitectónico “Los Tulipanes”, que corresponde a un edificio multifamiliar, de 10 pisos; con un área de terreno, de 400 m². El 38.09% del terreno es área no techada designada a la correcta ventilación e iluminación del edificio, cumpliendo con lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones. Cada piso cuenta con tres departamentos por piso, con diferencia del primer piso que cuenta con un solo departamento y un área de común con un recibidor. Encontraremos dos tipos de departamentos en el edificio, el primero, con un área de 42.625 m², cuenta con ambientes comunes como sala, comedor y cocina y con un área privada que involucra una habitación y un baño completo; y el segundo, con un área de 81.62 m², cuenta con ambientes comunes como sala, comedor y cocina y en su área privada con una habitación simple y una principal con baño, un baño común y un estudio. Esta edificación cuenta con 1 ascensor de 1.45 m x 1.45 m, junto a una escalera de emergencia doble con descanso. Cuenta con una luz máxima entre ejes de 8.30 m y una luz mínima de 1.70 m con una altura de entre piso de 3.00 m. El terreno tiene una capacidad admisible de entre 0.5 a 0.7 kg/cm² para un Df mayor a 2.00 m.

Este edificio está ubicado en el distrito de Trujillo, en la Urb. Ingeniería, siendo esta una zona tipo 4, de alta sismicidad y con un factor de zona de 0.45, según los datos de la norma E0.30; con una napa freática a 1.70 m de profundidad. El perfil estratigráfico que le corresponde a la urbanización Ingeniería, donde se encuentra el terreno, presenta una capa superficial de relleno de 0.30 m. continuando con arena pobremente graduada con presencia de gravas y sigue con arena limosa de compacidad media de poca a regular con cierta presencia de gravas, lo cual generará problemas en la construcción de los sótanos.

En consecuencia, se plantea que el diseño estructural sea en concreto armado, para la superestructura, que se complementará con entrepisos de



aligerado; con cimentación de concreto que cuenta con losas de transferencia de cargas. Analizando la arquitectura del edificio se considerarán dos opciones para contrarrestar la fuerza sísmica, las cuales serán muros estructurales o disipadores sísmicos tipo Shear Link Bozzo (SLB), siendo estos los que absorberán la fuerza producida por el sismo, se hará un análisis comparativo para averiguar cuál será la opción más óptima para este proyecto de manera estructural, con las derivas bajo el rango establecido en la norma E0.30, con las secciones de los elementos estructurales lo más estéticas posibles y con el nivel de operatividad de la edificación.

1.2. ANTECEDENTES

Response control of seismically excited buildings: application of viscous damping and negative stiffness control algorithm

Control de respuesta de edificios con excitación sísmica: aplicación de disipadores viscosos y algoritmo de control de rigidez negativa

Hu (2012)

Purdue University

Para optar por el título profesional de Ingeniero Civil

El presente proyecto proporciona una opción efectiva para el control de los edificios afectados por el terremoto. Tiene como conclusión que su propuesta reduce las vibraciones del edificio al aumentar la amortiguación de la estructura. El algoritmo VDNS se evalúa en los modelos numéricos de dos edificios: un edificio de seis pisos y un edificio de referencia de 20 pisos. Se observa que es eficaz para reducir significativamente las respuestas de ambos edificios bajo terremotos.

“Evaluación y comparación del reforzamiento de la PUCE sede BAHIA, mediante la utilización de disipadores de energía tipo SHEAR-LINK respecto a un reforzamiento con muros de corte”



Torres Jaramillo, Paul X.; Matango Angamarca, Andrés S. (2017)

Escuela Politécnica Nacional, Ecuador

Para optar por el título profesional de Ingeniero Civil

La presente tesis ha realizado análisis estático no lineal por el método del espectro de capacidad, con el fin de conocer sus curvas de capacidad y sus puntos de desempeño. Se concluye en que las curvas de capacidad muestran una diferencia muy marcada entre las estructuras con refuerzos sísmicos y la original, dejando conocer la magnitud en la que se ha logrado incrementar la resistencia de la estructura. El análisis PUSH OVER también ha permitido mostrar la secuencia de formación de rótulas en vigas y columnas conforme aumenta el corte basal, con lo cual se realizó una comparación del estado estructural en el punto de desempeño, estableciendo un parámetro para verificar si los reforzamientos son adecuados o no; este análisis requirió una distribución de fuerzas laterales, que se calcularon por modos de vibración en la estructura, usando Matlab y métodos de la NEC-15.

“Desempeño sísmico en edificaciones con aisladores elastoméricos y amortiguadores de fluido viscoso”

Herrera (2018)

Universidad de Piura

Para optar por el título profesional de Ingeniero Civil

Se usó el software SAP2000 para la verificación de su estado luego de una sollicitación sísmica, con el análisis tiempo – historia. Con los resultados del comportamiento sísmico (derivas y fuerzas internas), se evaluó el nivel de desempeño de las estructuras, con lo que se concluyó que para edificaciones aporricadas con poca esbeltez y un bajo periodo de vibración, los aisladores funcionan mejor; en cambio, para edificaciones muy esbeltas y con alto periodo de vibración, los amortiguadores tienen un mejor funcionamiento.



1.3. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuál será el porcentaje de variación de la curva de capacidad del desempeño sísmico del proyecto residencial Los Tulipanes con disipadores Shear Link Bozzo respecto a un reforzamiento con muros de corte?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. GENERAL

Evaluar el nivel de desempeño sísmico del proyecto residencial Los Tulipanes y obtener la curva de capacidad utilizando disipadores sísmicos SLB respecto a un reforzamiento con muros de corte siguiendo los lineamientos de la norma E0.60 de concreto armado, los parámetros sísmicos de la norma E0.30 de diseño sismorresistente y con la reciente actualización de la norma norteamericana ASCE 7 – 16.

1.4.2. ESPECIFICOS

- ✓ Obtener los estudios preliminares: Estudio de mecánica de suelos, parámetros sísmicos de zona.
- ✓ Realizar la estructuración de los planos arquitectónicos y obtener los datos preliminares consistentes para realizar el análisis estructural, como características de los materiales y el pre dimensionamiento de los elementos estructurales (vigas, losas aligeradas y columnas).
- ✓ Diseño estructural con muros estructurales
 - Pre dimensionar los muros estructurales
 - Modelar la edificación en el programa ETABS
 - Desarrollar un análisis estático, dinámico y estático no lineal considerando la norma ASCE 7-16, E0.30 y hallar los esfuerzos y derivas de entrepisos
 - Diseñar los elementos estructurales con ayuda de los softwares ETABS, SAFE y Mathcad
- ✓ Diseño estructural con disipadores SHEAR LINK BOZZO
 - Modelar la edificación y los disipadores SLB en el programa ETABS.



- Desarrollar un análisis estático, dinámico y estático no lineal considerando la norma ASCE 7-16, E0.30 y hallar los esfuerzos y derivas de entrepiso.
- Diseñar los elementos estructurales con ayuda de los softwares ETABS, SAFE y Mathcad.
- ✓ Desarrollar en análisis PUSH OVER y determinar el desempeño sísmico para el eje X e Y.
- ✓ Determinar los niveles de desplazamiento inelástico para evaluar la máxima capacidad de resistencia de cortante dinámica que pueda resistir sin generar un nivel de falla irreparable en la estructura.
- ✓ Tabular, analizar y comparar los resultados finales: derivas de entrepiso y curvas de capacidad.

1.5. HIPOTESIS

1.5.1. HIPOTESIS GENERAL

La curva de capacidad resultante del reforzamiento con disipadores sísmicos Shear Link Bozzo mostrará un comportamiento más óptimo frente a la curva de capacidad obtenida con reforzamiento con muros de corte.

1.5.2. VARIABLES Y DEFINICION OPERACIONAL

1.5.2.1. VARIABLES DEPENDIENTES

VARIABLES	DIMENSIONES	TIPO	INDICADORES	U. M.	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Diseño estructural	Secciones de elementos estructurales	VD	Sección transversal: área y longitud	ml - cm ²	Cálculo numérico con el software ETABS, SAFE y Mathcad
	Cuantía de acero de los elementos estructurales	VD	Área de acero * 100 / área de sección	%	Cálculo numérico con el software ETABS, SAFE y Mathcad
Derivas y esfuerzos de la edificación con ambas opciones	-	VD	Longitud y fuerza	mm - T	Algoritmo de software de ETABS

Tabla N° 1: Variables dependientes



1.5.2.2. VARIABLES INDEPENDIENTES

VARIABLES	DIMENSIONES	TIPO	INDICADORES	U. M.	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Proyecto arquitectónico	-	VI	-	-	-
Cargas de gravedad sísmica	-	VI	Fuerza transversal	T	Algoritmo de software de ETABS
Disipadores SLB	-	VI	Sección transversal: área y longitud	cm	Parámetros seleccionados para el proyecto

*Tabla N° 2: Variables Independientes
 Elaboración Propia*

1.6. METODOLOGIA Y TIPO DE INVESTIGACION

1.6.1. METODOLOGIA

Para lograr evaluar el presente proyecto, se enfoca los siguientes puntos:

- ✓ Realizar el modelamiento del edificio multifamiliar Los Tulipanes.
- ✓ Elaborar el análisis estructural para cargas de gravedad y sollicitaciones sísmicas.
- ✓ Análisis del edificio con reforzamiento estructural tradicional.
- ✓ Cálculo de los desplazamientos máximos inelásticos.
- ✓ Ubicación y disposición de los disipadores.
- ✓ Definición de las propiedades del disipador (K,C,d).
- ✓ Evaluar el diseño con disipadores de energía SLB, analizando los primordiales parámetros sísmicos, como derivas de entrepiso, fuerzas y momentos flectores.



CAPITULO 2: FUNDAMETACIÓN TEÓRICA

2. FUNDAMENTACION TEÓRICA

La disipación de la energía que ingresa al sistema, mediante energía histerética conlleva directamente a daño estructural, el cual se considerará aceptable mientras la estructura no supere los niveles de desempeño a la que fue diseñada. (ASCE 41-13)

2.1. TERREMOTO

Los terremotos son fenómenos de movimientos bruscos y transitorios de la corteza terrestre, producida por la desencadenación de energía acumulada durante un largo tiempo en forma de ondas sísmicas, no obstante, pueden darse por otros motivos, como, por ejemplo, fricción en el borde de placas tectónicas, procesos volcánicos, impactos de asteroides o cometas, o incluso pueden ser producidos por el ser humano.

La corteza de la Tierra está conformada por una docena de placas de aproximadamente 70 km de grosor, cada una con diferentes características físicas y químicas. Estas placas ("tectónicas") se están acomodando en un proceso que lleva millones de años y han ido dando la forma que hoy conocemos a la superficie de nuestro planeta, originando los continentes y los relieves geográficos en un proceso que está lejos de completarse.

2.1.1. PROPAGACIÓN

En la Figura N° 01 puede observarse cómo se propaga la energía sísmica desde el epicentro hasta una estructura dada. Como hemos visto, parte de la energía disipada por el terremoto se convierte en ondas sísmicas, que se propagan por la tierra y se reflejan, refractan, amplifican o atenúan hasta llegar al basamento rocoso en forma de excitación X1. Estas ondas se someten al nuevo filtrado dado por la función de transferencia A hasta que se obtiene la señal X2. La función I define el fenómeno de interacción suelo-estructura, de modo que X3 (gracias a X2 e I) se convertirá en la base de la estructura. Finalmente, X4 será la respuesta del edificio, y X4 se obtiene debido a la función de transferencia D del edificio.

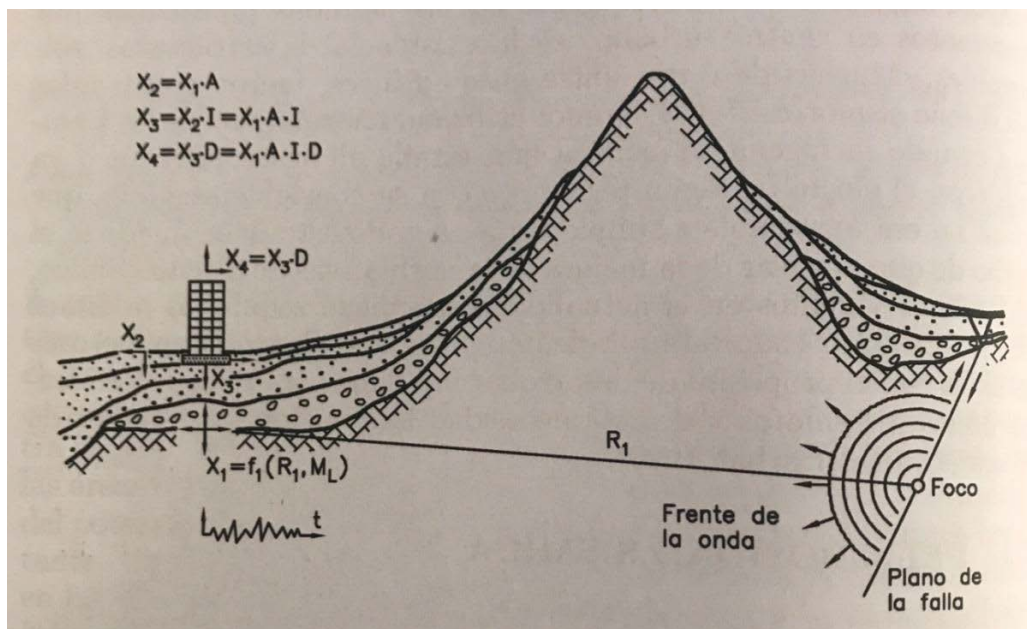


Figura N° 1: Propagación de la energía sísmica desde el epicentro (Bertero 1992)

2.1.2. INTENSIDAD Y MAGNITUD

Intensidad y magnitud son términos asiduamente confundidos, es verdad que, mantienen una estrecha conexión, sin embargo, su significado es totalmente distinto.

La intensidad es una descripción cualitativa, por tanto, subjetiva, de los efectos del sismo mientras que la magnitud es la medida cuantitativa de estos, por tanto, objetiva.

Escala de intensidades conocidas:

- ✓ Escala sismológica de Mercalli: Basado en doce niveles, se utiliza para evaluar la intensidad de un terremoto en función del impacto y daño causado a diferentes estructuras.
- ✓ Escala Medvédev-Sponheuer-Kárni (Escala MSK-64): Se basa en el nivel de intensidad macrosísmica de 12 (representado por números romanos), que se utiliza para estimar las fuerzas del movimiento de la tierra en función de los efectos destructivos sobre los edificios, los cambios en la apariencia del terreno y el grado de influencia sobre el terreno.
- ✓ Escala Shindo: Rango de 0 – 7, escala japonesa y mide la zona estudiada más que la intensidad del temblor



Escalas de magnitud conocidas:

- ✓ Escala de magnitud de onda superficial
- ✓ Escala de magnitud de ondas de cuerpo
- ✓ Escala sismológica de Richter: La escala de magnitud local es una escala logarítmica arbitraria en la que se asigna un número para cuantificar el impacto del terremoto.
- ✓ Escala sismológica de magnitud de momento: es un rango logarítmico usada para medir y comparar sismos. Está basada en medición de la energía total liberada.

2.1.3. DURACION EFECTIVA

Es el lapso de tiempo en el que la sacudida del terremoto se mantiene por encima de un cierto nivel de aceleración, normalmente 0.005g. Otra forma de interpretar la duración efectiva es la dada por Trifunac y Brady (1975) en la que relacionan dicha duración con la máxima energía del movimiento. Para ello utilizan la función de intensidad de Arias, aplicable para valores de interés práctico de la fracción del amortiguamiento crítico entre 2% y 20%, definida por la ecuación (1) y limitan la duración efectiva al tiempo transcurrido desde el 5 al 95% de dicha función.

$$I_a = \frac{\pi}{2g} \int_0^{t_0} a^2(t) dt \quad (1)$$

Siendo:

G = aceleración de la gravedad

A = aceleración del sismo

T = tiempo

2.1.4. POTENCIAL DESTRUCTIVO

Se destacan “4 condiciones generales que determinan la ocurrencia de un desastre por terremoto” (Bertero 1992):



- ✓ Severo
- ✓ Fuente sísmica: Si el terremoto ocurre lejos del centro de la ciudad, no causará mayores daños
- ✓ Desarrollo económico
- ✓ Preparación: Respuesta de la población y medidas de prevención

Con base en estas condiciones, se puede determinar el poder destructivo. Cuanto más cerca esté el terremoto del centro de la ciudad, mayor será el poder destructivo. Cuanto mayor sea el desarrollo y la población, menor será el grado de prevención sísmica.

2.1.5. ESPECTRO DE UN TERREMOTO

Es un valor utilizado en los cálculos de ingeniería sísmica, que mide la reacción de una estructura ante la vibración del suelo que la soporta.

Existen varios tipos de espectros según la reacción que se quiere comparar, velocidad, deformación, aceleración, entre otros. El más común es el de la aceleración, ya que se relaciona al cortante en la base originada por el terremoto.

Usualmente los espectros se generan para estructuras de un grado de libertad, pudiendo darse de forma lineal elástica y no lineal. Para un grado de libertad lineal elástico, la ecuación de movimiento es la siguiente y esta se obtiene del libro Análisis Estructural de R. C. Hibbeler:

$$M\ddot{u}(t) + C\dot{u}(t) + Ku(t) = -M\ddot{u}_g(t) \quad (2)$$

Siendo:

M: Masa

C: Amortiguamiento

K: Rigidez

U(t): Desplazamiento relativo al suelo

U_g(t): Señal sísmica

Dividiendo esta ecuación por la masa se obtiene:

$$\ddot{u}(t) + \frac{c}{M}\dot{u}(t) + \frac{K}{M}u(t) = -\ddot{u}_g(t) \quad (3)$$

Siendo $\frac{c}{M} = 2\rho\omega$ y $\frac{k}{M} = \omega^2$, donde ω es la frecuencia circular, relacionada con el periodo y ρ es el porcentaje de amortiguamiento crítico. Por lo tanto, la respuesta de un sistema con un grado de libertad lineal elástica y, para un determinado registro sísmico, requiere únicamente de estos dos parámetros.

2.2. COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL FRENTE AL SISMO

2.2.1. FALLA FRÁGIL O DUCTIL

La ductilidad es la capacidad de un material, sección transversal o estructura de deformarse sin romperse. En la Figura N ° 2 se observa que, para una estructura con un grado de libertad de 01, la resistencia se encuentra en el punto A, y se mantiene constante hasta el punto B de su máximo desplazamiento. En una estructura frágil, una vez que llega al punto A, o poco después, pierde fuerza repentinamente.

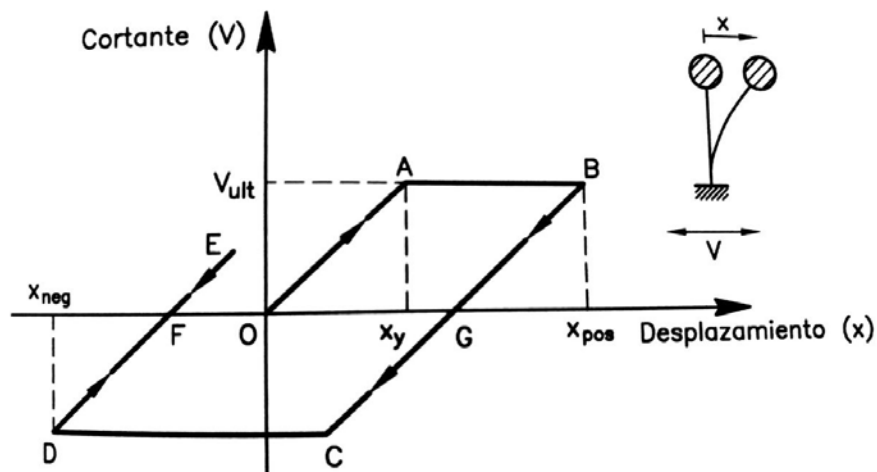


Figura N° 2: Modelo de 01 grado de libertad
 Elaborado por Dinámica Estructural, R. C. Hibbeler, 1997.

El objetivo principal de un diseño sismorresistente es evitar a toda costa una falla frágil que cause una pérdida brusca de capacidad portante. El fallo frágil más común es la falla por cortante y esto pasa, por ejemplo, en vigas o

columnas de poca longitud y debido a que estos elementos presentan mucha más rigidez que otro de similares características, pero de mayor longitud y por lo tanto el cortante es mayor, como solución alternativa se propone reducir el refuerzo longitudinal de la viga de manera que se trate de que el fallo sea por flexión y no por cortante.

La interacción con el suelo también es de gran importancia ya que se observa un mayor daño en estructuras flexibles cuando las condiciones locales del suelo corresponden a un suelo blando y, por el contrario, cuando hay condiciones de suelo firme las estructuras rígidas sufren mayor concentración de daño.

2.3. ANALISIS NO LINEAL

En el Perú, se considera el análisis lineal como el único modo de análisis de las estructuras y este se basa en que se cumple que la relación entre causa y efecto tenga una relación lineal, para que esto se cumpla, se debe verificar que el material sea elástico lineal y que los desplazamientos sean pequeños, cuando alguna de estas premisas no se cumple, el comportamiento de la estructura es no lineal; nuestro país trabaja bajo el estándar en que el material es elástico lineal, sin embargo, el análisis más apegado a la realidad es el análisis no lineal.

El análisis no lineal es el análisis que considera el comportamiento de tensión y deformación de los materiales y la no linealidad geométrica, descartando de manera directa el principio de superposición. En las estructuras de concreto armado, el comportamiento elástico lineal varía demasiado del observado experimentalmente, especialmente cuando estas se encuentran bajo niveles elevados de carga y esto se debe a los fenómenos intrínsecos de los materiales que componen a estas estructuras, su interacción y su proceso constructivo.

Existen dos casos de no linealidad y estos son:

- ✓ No linealidad física y se debe a que el material no es lineal.



- ✓ No linealidad geométrica y se debe a que los desplazamientos en la estructura no son pequeños.

El análisis no lineal es más difícil, porque estima los cambios de rigidez de los elementos que componen la estructura durante el proceso de deformación, por lo que se necesita el proceso de deformación, y este es el proceso iterativo de modificación de la rigidez.

Consiste en el colapso de una estructura ya diseñada, de la que se conocen estructuras de refuerzo, lo que se logra aplicando ciertas cargas laterales y cargas de gravedad constantes, que se aplican en la misma dirección hasta que la estructura colapsa. O alcanzar un cierto valor de carga. A través de este análisis, se puede evaluar el desempeño esperado de la estructura estimando los requisitos de fuerza y deformación en el diseño sísmico.

Se puede aplicar para:

- ✓ Verificar o revisar la proporción de sobre resistencia.
- ✓ Verificar que las conexiones críticas permanezcan con capacidad de transmitir cargas entre los elementos
- ✓ Como alternativa de rediseño
- ✓ Estimar mecanismos de plasticidad esperada, además de estimar una distribución de daño.

2.3.1. CURVA DE CAPACIDAD

La relación entre el esfuerzo cortante de la cimentación y el desplazamiento de la capa superior de la estructura se muestra en la curva de la capacidad portante de cada aumento. Generalmente, basándose en el supuesto de que el modo de vibración fundamental es la vibración dominante en la respuesta estructural, la curva generalmente se construye para representar la respuesta del primer modo de vibración de la estructura. Esta suposición es generalmente válida para estructuras con un período de vibración fundamental de aproximadamente un segundo. Para edificios más flexibles con un período básico superior a un segundo, el análisis debe considerar los efectos de modos de vibración más altos.



Para determinar la curva de capacidad resistente, se necesita conocer la geometría de la estructura, el detallado del acero de refuerzo para cada elemento, la calidad de los materiales constructivos y las curvas constitutivas del concreto y el acero.

2.3.2. IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL

Cuando se realiza el diseño de una edificación se define la acción sísmica a través de un espectro de respuesta diseño elástico y puede definirse un espectro de diseño inelástico, el cual considera un factor de reducción de respuesta conocido como R (diversas normas no reducen el espectro si no que dividen las fuerzas de diseño), que depende directamente del sistema estructural.

Al incorporar el factor R se asume que la estructura superará su rango elástico y disipará energía de forma estable, por lo cual se requerirá que la misma sea suficientemente dúctil.

La ductilidad precisamente va a depender del sistema estructural que se defina, debido a que estará sujeta a la capacidad de deformación, del control que se establezca de los posibles mecanismos frágiles que pudieran presentarse y también de las irregularidades presentes de tipo horizontal o vertical

Al aplicar un análisis no lineal Pushover se obtiene la curva de capacidad expresada en términos del desplazamiento del tope vs corte basal y con ello se puede definir la ductilidad del sistema, encontrando el punto de cedencia y punto último, en una representación bilineal idealizada.

2.4. DISEÑO BASADO EN FUERZAS

Es un método de diseño tradicional que existe en la mayoría de las leyes y regulaciones sísmicas, caracteriza la estructura a través de la rigidez inicial y amortiguamiento elástico, y no considera explícitamente la compatibilidad entre el factor de reducción y el desplazamiento máximo permitido en la estructura. Limitar el daño estructural o no estructural; el diseño determina la resistencia lateral de la estructura mediante la realización de un análisis lineal,

y determina la ductilidad por código de acuerdo con el diseño de aceleración dado.

Al usar este diseño, se buscan los siguientes objetivos, que varían acorde al nivel de amenaza sísmica:

SISMO	OBJETIVO
Raro	Ductilidad suficiente para soportar grandes desplazamientos inelásticos evitando el colapso del sistema de carga vertical
Ocasional	Daños importantes en la estructura
Frecuente	Proveer suficiente rigidez lateral de modo que todos los elementos, estructurales y no estructurales, estén protegidos

*Tabla N° 3: Objetivos del diseño basado en fuerzas
Fuente: Christopoulos (2016)*

Elaboración propia

Procedimiento breve del método:

- ✓ Estructuración y pre dimensionamiento de la estructura y la estimación de la rigidez elástica.
- ✓ Calcular el cortante basal partiendo del espectro elástico de respuesta.
- ✓ Seleccionar el factor de reducción sísmica y dividir la cortante basal por esta.
- ✓ Realizar el análisis lineal elástico con las fuerzas ya reducidas, con esto encontrar la distribución de esfuerzos y puntos potenciales de formación de rótulas plásticas.
- ✓ Diseñar de acuerdo a la rigidez de los elementos
- ✓ Dimensionar las armaduras de las zonas de rótulas plásticas (zonas críticas según el diseño por capacidad)
- ✓ Determinar los desplazamientos sísmicos y compararlos con lo establecido en la norma E030. En caso sea necesario, por incompatibilidad, rediseñar.
- ✓ Dimensionar los elementos no sujetos a rótulas plásticas.

2.5. DISEÑO BASADO EN DESEMPEÑO



Por sus siglas en inglés, PBSD (Performance Based Seismic Design) es una metodología que proporciona la manera de predecir los daños debidos a sismos en estructuras, de una forma más real y confiable. Permite al cliente ser más eficiente al usar su presupuesto para el diseño y la construcción y considera el gasto adicional para lograr un desempeño cuantificablemente mayor que el proporcionado por las normas, con lo que podría reducir el riesgo y las pérdidas potenciales.

El desempeño sísmico es una verdadera cuantificación del comportamiento de un edificio antes de que ocurra un terremoto de magnitud X. Se desarrolló para evaluar si los supuestos establecidos durante el diseño de la estructura son realmente válidos, de manera que se pueda observar si las disposiciones del diseño sísmico logran sus objetivos y mantienen sus principios.

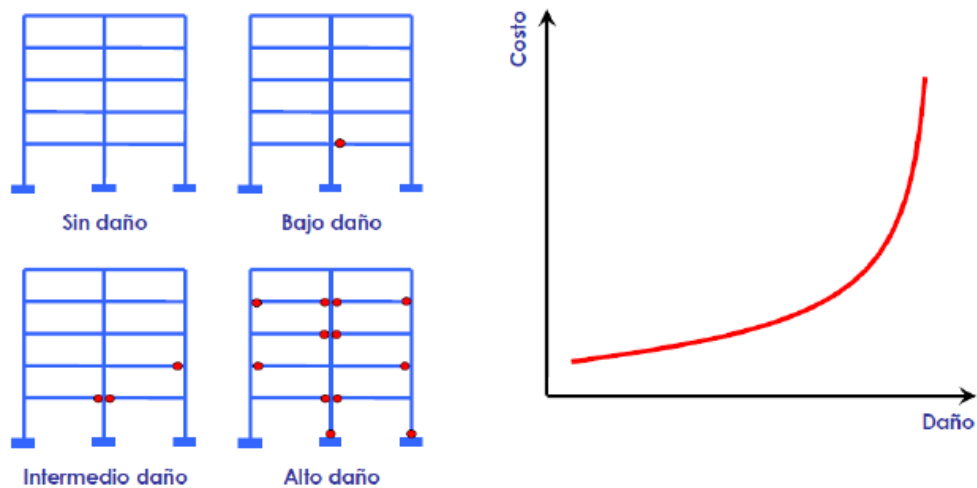
El diseño sísmico basado en el rendimiento no se limita a los edificios nuevos. Con él, la estructura existente se puede evaluar y / o adaptar a los objetivos de desempeño de confiabilidad establecidos.

La definición básica del diseño sísmico basado en desempeño es la de proporcionar una forma más eficiente de diseñar edificios con un comportamiento predecible y confiable bajo acción de un sismo. Además, permite al usuario poder cuantificar financieramente los riesgos probables en sus edificios y seleccionar un nivel de desempeño que cumpla con sus requerimientos, manteniendo un nivel básico de seguridad.

Un solo objetivo de desempeño que requiera que el edificio permanezca operacional incluso en el evento más fuerte, resultaría en costos extraordinariamente altos. De manera contraria, un diseño donde la seguridad de vidas sea la única consideración, puede no proteger adecuadamente los intereses económicos de los inversionistas.

La clave para determinar cómo se comportará un edificio para un sismo determinado, es la de poder estimar el daño que experimentará y sus consecuencias. Los códigos actuales no evalúan el desempeño de un edificio luego del daño; en cambio, obtienen cumplimiento con un diseño que ha

protegido históricamente las vidas en los sismos. En algunos casos, el código puede ser incluso por conservativo, si las irregularidades de un edificio son muy destacables, o si se desea un mayor nivel de desempeño como el control de daños.



*Figura N° 3: Diseño sísmico basado en desempeño
Elaboración Propia*

La aceptación del desempeño depende del terremoto que se esté analizando y de la importancia del edificio en estudio.

Este diseño, busca predecir el desempeño de la estructura, El objetivo principal de un diseño por desempeño es la seguridad del edificio cuando hay un sismo.

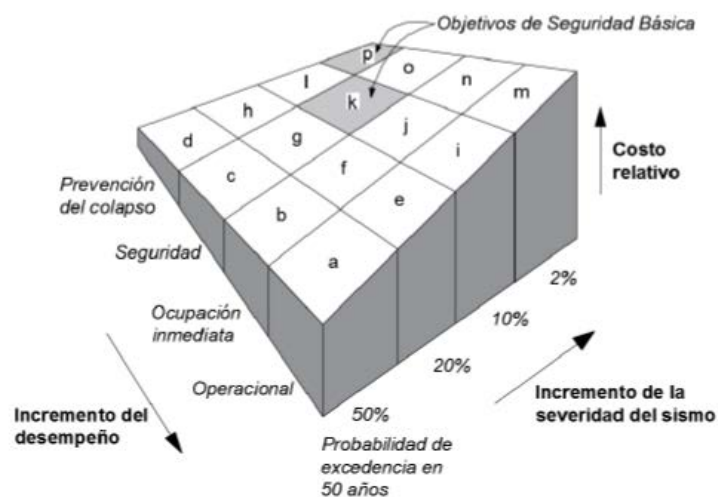
Objetivos de desempeño:

Está referido al tipo de comportamiento esperado de la estructura, tomando en consideración también el comportamiento de elementos no estructurales. Especifica el comportamiento sísmico deseado de la estructura, y se define al combinar el máximo de daño admisible (nivel de desempeño) con un posible sismo identificado (movimiento sísmico)

Los objetivos de desempeño seleccionados para un proyecto, son una expresión del comportamiento deseado de la edificación bajos los efectos de un movimiento del terreno de intensidad prevista. Se debe seleccionar el

desempeño aceptable de los diferentes niveles de peligro sísmico para cada edificio y se deben considerar los siguientes factores: ocupación, importancia estructural, consideraciones económicas, incluidos los costos de mantenimiento y el costo de interrumpir las actividades. Por su importancia, son de fabricación propia.

En términos generales, en comparación con los objetivos con objetivos de control de daños más pequeños, los objetivos de rendimiento que se espera que causen un nivel menor de daño debido a eventos sísmicos relativamente raros resultarán en más costos de trabajo y renovación. La Figura N ° 04 muestra la relación entre los diferentes objetivos de desempeño y los costos relacionados.



*Figura N° 4: Objetivos de desempeño
Elaborado por FEMA 440*

Una de los principales instrumentos para el diseño sísmico basado en desempeño es la relación Momento – Curvatura ($M - \phi$) para secciones de estructuras de concreto armado, semejante a la relación fuerza axial – deformación unitaria de una sección.

Esta relación se usa para puntualizar lo siguiente:

- ✓ La capacidad nominal a la flexión de la sección
- ✓ Capacidad máxima o sobrerresistencia de la sección

- ✓ Curvatura a la primera fluencia
- ✓ Curvatura última y ductilidad de la sección
- ✓ Curvaturas correspondientes a límites de desempeño de los materiales

El diseño por desempeño, clasifica los tipos de sismos a usar, estos son:

Sismo de servicio: Corresponde a su ejercicio frecuente de intensidad baja a media, que generalmente se asocia con una probabilidad de más del 50% en 50 años. El período de recuperación promedio es de aproximadamente 72 años. Por lo tanto, la vida útil del edificio puede ocurrir varias veces durante el ejercicio.

Sismo de diseño: Corresponde a ejercicio poco frecuente de moderado a severo, generalmente asociado con una probabilidad de más del 10% en 50 años, con un período de retorno promedio de alrededor de 475 años. Considera que la deformación de la estructura está dentro de un rango aceptable, evita peligro de muerte y permite grietas y fisuras, pero la estructura sigue funcionando.

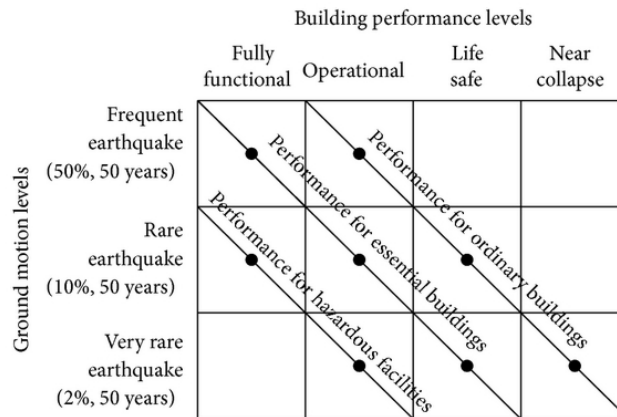
Sismo máximo esperado: Los cambios de intensidad que ocurren entre muy severos y muy severos son muy raros, generalmente asociados con una probabilidad de más del 5% dentro de 50 años, y el período de retorno promedio es de aproximadamente 975 años. Puede predecir la respuesta con alta confianza mientras mantiene su estabilidad sin chocar.

Ocasional 50% de probabilidad en 50 años. Sismo de servicio.				Comportamiento inaceptable
Sismo de Diseño, 67% del SME.		Objetivo Medio	Objetivo Básico	
Sismo Máximo considerado 2% de probabilidad en 50 años	Objetivo alto			
	Completamente Operacional	Operacional	Seguro	Cerca del colapso.

Figura N° 5: Sismo para un diseño por desempeño

Fuente: VIsion 2000

Elaboración propia



*Figura N° 6: Nivel de desempeño
 Fuente: Vision 2000
 Elaboración propia*

“Al usar el Diseño Basado en Fuerzas, se busca un único nivel de desempeño, el cual consiste en garantizar la seguridad de vida ante el sismo de diseño, objetivo que se ha logrado ante varios sismos, pero no se ha considerado el costo de reparación o rehabilitación, pérdida de equipos, horas que las industrias dejan de producir, los cuales pueden ser muy elevados. Es por esto que se busca niveles de desempeño que correspondan a diferentes estados límites de daño estructural y no estructural tolerable”. (FEMA 440, 2005)

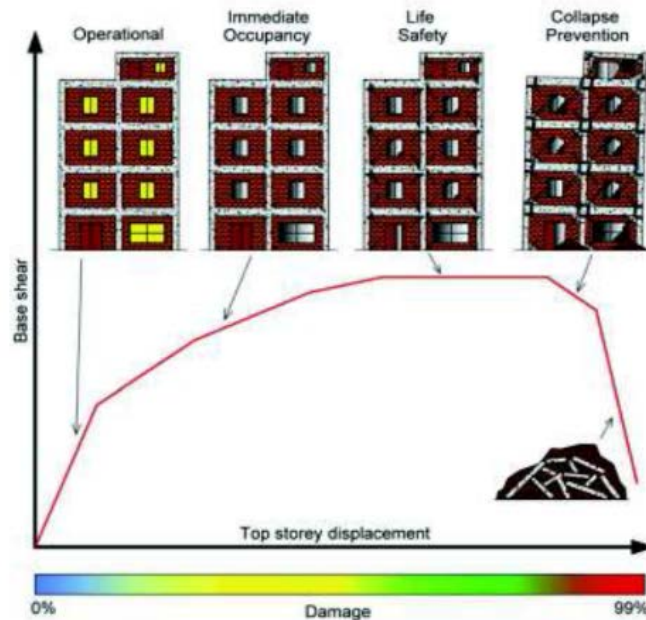
NIVELES DE DESEMPEÑO:

Describe estados límite de daños discretos. Representa los límites o condiciones tolerables determinadas en base a los siguientes tres aspectos básicos: (a) posible daño físico a la estructura y componentes no estructurales; (b) amenazas a la seguridad de los ocupantes del edificio causadas por estos daños; y (c) La función del edificio después del terremoto.

Ocupación inmediata (IO: Immediate Occupancy): Daño totalmente insignificante o sin daño, comportamiento casi lineal.

Seguridad de vida (LS: Life Safety): Daños ligeros que nos permite un notable comportamiento inelástico

Prevención de colapso (CP: Collapse Prevention): La estructura sufre daños graves sin llegar al colapso, llega al límite de la capacidad de ductilidad de sus elementos)



*Figura N° 7: Curva de capacidad y los distintos niveles de desempeño
Fuente: Avramidis, 2016*

En la Figura N° 7 se puede apreciar mejor los niveles de desempeño con una curva de capacidad, todo esto para una construcción de concreto armado con paredes de ladrillo.

El desempeño de una edificación es una combinación del desempeño tanto de los componentes estructurales como de los no estructurales. (FEMA 356, 2000).

NIVEL DE DESEMPEÑO DE LA EDIFICACIÓN = NIVEL DE DESEMPEÑO ESTRUCTURAL + NIVEL DE DESEMPEÑO NO ESTRUCTURAL

2.5.1. NIVELES DE DESEMPEÑO DE LOS COMPONENTES ESTRUCTURALES

El FEMA 356 y ASCE 7-16 establece los distintos niveles de desempeño de los elementos estructurales y sus posibles estados de daño, para un sismo de un periodo de retorno de 475 años:



Ocupación Inmediata (S-1): Daño posterior al terremoto que permite ocupar, aun siendo seguro, la fuerza de diseño previa al terremoto se conserva, así como también la rigidez de la estructura; cumple con todos los criterios de aceptación establecidos para este nivel de desempeño.

Control de Daño (S-2): Punto intermedio entre S-1 y S-3, es fiable para prevenir el colapso y presentar daños menores.

Seguridad de vida (S-3): Estado de daño posterior al terremoto, daño significativo en la estructura con margen de resistencia contra el colapso total o parcial. Algunos elementos (estructurales y no estructurales) presentan daños de gravedad, pero sin dar posibilidad de caída de escombros, dentro o fuera del edificio.

Seguridad Limitada (S-4): Punto intermedio entre S-3 y S-5.

Prevención de Colapso (S-5): Daño posterior al terremoto que sí incluye graves daños a los elementos estructurales, es decir, la estructura aún soporta cargas gravitacionales sin incluir las cargas sísmicas.

No considerado (S-6): Rehabilitación que no incluye desempeño.

Niveles de rendimiento estructural y daños: Elementos verticales				
Componentes	Tipo	Niveles de rendimiento estructural		
		S - 5	S - 3	S - 1
Marcos de hormigón	Elementos Primarios	Agrietamiento y formación de rótulas en elementos dúctiles. Fractura limitada y/o falla en columnas no dúctiles. Daño severo en columnas cortas.	Daño extenso en vigas. Pérdida de recubrimiento por corte en columnas dúctiles.	Agrietamiento pequeño. Fluencia limitada en algunos lugares.
	Elementos Secundarios	Extenso desprendimiento en vigas y columnas. Daño articular severo. Algunos reforzamientos pandean.	Gran agrietamiento y formación de rótulas en elementos dúctiles. Agrietamiento limitado o fallo de empalme en algunas columnas no dúctiles. Daño severo en columnas cortas.	Poco desprendimiento en algunos lugares, en columnas dúctiles y vigas. Agrietamiento flexural en vigas y columnas.



	Deriva	4% transitoria o permanente	2% transitoria o permanente	1% transitoria o despreciable permanente
Bastidores de acero	Elementos Primarios	Distorsión extensa de vigas y paneles de columnas. Algunas fracturas en conexiones a momento, pero las conexiones a corte permanecen intactas	Formación de rótulas. Pandeo local de algunos elementos vigas. Gran distorsión de la articulación, Fractura en conexiones de momento aislada. Las conexiones a corte permanecen intactas.	Menor fluencia local en algunos lugares. Pandeo menor o distorsión observable de elementos
	Elementos Secundarios	Lo mismo que para elementos primarios.	Distorsión extensa de vigas y paneles de columnas. Algunas fracturas en conexiones a momento, pero las conexiones a corte permanecen intactas.	Lo mismo que para elementos primarios
	Deriva	5% transitoria o permanente	2.5% transitoria o permanente	0.7% transitoria o despreciable permanente
Bastidores de acero reforzado	Elementos Primarios y Secundarios	Gran fluencia y pandeo de tirantes. Muchos tirantes y sus conexiones pueden fallar	Algunos tirantes fluyen o pandean, pero no fallan totalmente. Algunas conexiones podrían fallar.	Poca fluencia o pandeo de tirantes.
	Deriva	2% transitoria o permanente	1.5% transitoria o 0.5% permanente	0.5% transitoria o despreciable permanente



Paredes de concreto	Elementos Primarios	Agrietamiento mayor de flexión o corte. Agrietamiento y pandeo de reforzamiento. Deslizamiento de juntas. Grave daño en elementos de borde	Algunos elementos de borde se agotan, incluso hay pandeo limitado de reforzamiento. Algunas juntas se deslizan. Daño en aberturas. Fisuras de corte y flexión en vigas de acople. El hormigón generalmente permanece en su lugar	Pequeñas fisuras en paredes y las vigas de acople experimentan agrietamiento
	Elementos Secundarios	Paneles destrozados y prácticamente desintegrados	Agrietamiento mayor de flexión o corte. Agrietamiento y pandeo de reforzamiento. Deslizamiento de juntas. Grave daño en elementos de borde.	Pequeñas fisuras en paredes. Evidencia de deslizamiento en juntas de construcción
	Deriva	2% transitoria o permanente	1.5% transitoria o 0.5% permanente	0.5% transitoria o despreciable permanente
Paredes de mampostería no reforzada	Elementos Primarios	Agrietamiento extenso. Los enlucidos pueden desprenderse. Desplazamientos perceptibles en el plano y fuera de él.	Agrietamiento extenso. Desplazamiento en el plano de la mampostería y menores fuera del plano.	Agrietamiento en las esquinas. No se observa desplazamientos.
	Elementos Secundarios	Los paneles no portantes se desprenden	Lo mismo que para elementos primarios	
	Deriva	1% transitoria o permanente	0.6% transitoria o 0.6% permanente	0.3% transitoria o 0.3% permanente
Paredes de mampostería reforzada	Elementos Primarios	Aplastamiento, agrietamiento extenso. Daño en aberturas y en las esquinas, algunas unidades caen	Agrietamiento extenso distribuido en toda la pared. Algunos aplastamientos aislados.	Pequeñas fisuras. No hay desplazamientos fuera del plano.



	Elementos Secundarios	Los paneles no portantes se desprenden	Aplastamiento, agrietamiento extenso. Daño en aberturas y en las esquinas. Algunas unidades caen.	Lo mismo que para elementos primarios.
	Deriva	1.5% transitoria o permanente	0.6% transitoria o 0.6% permanente	0.2% transitoria o 0.2% permanente
Componentes pre fabricadas de hormigón	Elementos Primarios	Algunas conexiones fallan pero elementos desalojados.	Aplastamiento local y desprendimiento de conexiones, pero no un fallo grave de las conexiones	
	Elementos Secundarios	Lo mismo que para elementos primarios	Algunas conexiones fallan, pero no elementos desalojados.	Menor aplastamiento y desprendimiento en conexiones.
Cimentaciones	General	Asentamientos principales e inclinación de la edificación	Asentamiento total y diferencial	Asentamientos pequeños e inclinación despreciable

NOTA: Los estados de daño indicados en esta tabla se proporcionan para permitir una comprensión de la gravedad del daño que pueden ser sostenidos por varios elementos estructurales cuando están presentes en estructuras que cumplen con las definiciones de los Niveles de Desempeño Estructural. Estos estados de daño no están diseñados para ser usados en la evaluación de daños después del terremoto o para juzgar la seguridad o nivel requerido de reparación de una estructura después de un terremoto.

*Tabla N° 4: Niveles de rendimiento estructural y daños: Elementos verticales
 Fuente: FEMA 356, 2000
 Elaboración Propia*

Niveles de rendimiento estructural y daños – Elementos horizontales			
Componentes	Niveles de rendimiento estructural		
	S - 5	S - 3	S - 1
Plataforma de metal	Gran distorsión con pandeo de algunas unidades. Rótula de soldadura y uniones	Algunas fallas localizadas de conexiones soldadas de la placa deck al marco y entre paneles. Pandeo local de la placa metálica.	Conexiones entre la placa deck y el marco intactas. Pequeñas distorsiones.
Diafragmas de concreto	Aplastamiento extensivo y desplazamiento observable a través de muchas grietas	Agrietamiento extenso. Aplastamiento local y desprendimiento.	Pequeñas fisuras distribuidas.



Diafragmas de madera	Distorsión permanente con retirada parcial de clavos y separación de elementos.	Algunas conexiones se separan. Pérdida de recubrimiento. Aflojamiento o retirada de los sujetadores. Fraccionamiento de entramado y recubrimiento	No se observa aflojamiento o retirada de los sujetadores. No hay fraccionamiento de entramado y recubrimiento.
Diafragmas prefabricados	Conexiones entre unidades fallan. Las unidades cambian entre sí. Aplastamiento y desprendimiento en juntas	Agrietamiento extenso. Aplastamiento y desprendimiento.	Algunas pequeñas grietas a lo largo de las juntas
NOTA: Los estados de daño indicados en esta tabla se proporcionan para permitir una comprensión de la gravedad del daño que pueden ser sostenidos por varios elementos estructurales cuando están presentes en estructuras que cumplen con las definiciones de los Niveles de Desempeño Estructural. Estos estados de daño no están diseñados para ser usados en la evaluación de daños después del terremoto para juzgar la seguridad o nivel requerido de reparación de una estructura después de un terremoto.			

Tabla N° 5: Niveles de rendimiento estructural para un sismo de un periodo de retorno de 475 años: Elementos horizontales
 Fuente: FEMA 356, 2000
 Elaboración Propia

2.5.2. NIVELES DE DESEMPEÑO DE LOS COMPONENTES NO ESTRUCTURALES

El FEMA 356 y ASCE 7-16 establece los diferentes niveles de desempeño de los elementos no estructurales y sus posibles estados de daño, para un sismo de un periodo de retorno de 475 años:

Operacional (N-A): Dañados después del terremoto, los componentes no estructurales pueden continuar desempeñando la función que le suministran a la estructura antes del terremoto.

Ocupación Inmediata (N-B): Daño consecuente al terremoto con daño a componentes no estructurales, no obstante, los sistemas de acceso y seguridad de vida (puertas, escaleras, ascensores, iluminación de emergencia) generalmente permanecen siempre en buen estado y soportan hasta que el lugar tenga acceso a energía.

Seguridad de vida (N-C): Daño subsiguiente al terremoto con daño a componentes no estructurales, aunque sin representar un peligro para los ocupantes.



Amenaza reducida (N-D): Daño posterior al terremoto con un extenso daño a los componentes no estructurales, sin embargo, no caen los elementos grandes o pesados que podrían ser un peligro de caída para un gran número de personas.

Niveles de rendimiento no estructural y daños – Componentes arquitectónicos			
Componentes	Niveles de rendimiento no estructural		
	N-C	N-B	N-A
Revestimiento	Distorsión severa en conexiones, agrietamiento y desprendimiento de componentes de revestimiento. Los paneles aéreos no caen.	Las conexiones producen pequeñas grietas o flexiones en el revestimiento.	Las conexiones producen daños insignificantes en el revestimiento.
Acristalamiento	Gran cantidad de cristales agrietados y algunos rotos totalmente	Algunos paneles agrietados y ninguno roto.	No hay paneles rotos ni agrietados.
Escaleras y chimenea	Algunos estanques y losas agrietadas. Usable	Pequeños daños.	Daños insignificantes.
Paredes	Daño distribuido, agrietamiento severo en algunas partes.	Agrietamiento pequeño en las aberturas. Triturado menor y agrietamiento en las esquinas.	Agrietamiento muy pequeño.
Techos	Daño extenso, los azulejos del techo se desprendieron y cayeron, agrietamiento moderado en techos duros.	Daño menor, algunas tejas de los techos cayeron, pequeño agrietamiento en techos duros.	Daño insignificante sin impacto en la reocupación o funcionalidad.
Puertas	Daño distribuido, algunas puertas atascadas y atoradas.	Daño menor, puertas totalmente operables.	Daño insignificante, puertas totalmente operables.
Toldos y marquesinas	Daño moderado	Daño menor	Daño insignificante

NOTA: Los estados de daño indicado en esta tabla se proporcionan para permitir una comprensión de la gravedad del daño que pueden producir en varios elementos no estructurales que cumplen con los Niveles de desempeño No Estructural definidos en esta norma. Estos estados de daño no están diseñados para ser usados en la evaluación posterior al terremoto de daños o para juzgar la seguridad o el nivel de reparación requerido después de un terremoto

Tabla N° 6: Niveles de rendimiento no estructural para un sismo de un periodo de retorno de 475 años: elementos arquitectónicos

Fuente: FEMA 356, 2000

Elaboración Propia



2.5.3. NIVELES DE DESEMPEÑO DE UNA EDIFICACION

El FEMA 356 nos dice: “Los distintos niveles de desempeño de una estructura se los obtiene de la combinación del nivel de desempeño de elementos estructurales y no estructurales”

El nivel de desempeño se designa de forma alfanumérica: el número representa al nivel de desempeño estructural y la letra representa al nivel de desempeño no estructural.

En seguida se adjunta una tabla con todas las combinaciones posibles de niveles de desempeño (estructural y no estructural) para una estructura:

Niveles de desempeño del objetivo						
Niveles de desempeño no estructural	Niveles de desempeño estructural					
	S - 1	S - 2	S - 3	S - 4	S - 5	S - 6
N - A	Operacional	2 - A	No recomendado			
	1 - A					
N - B	Ocupación inmediata	2 - B	3 - B	No recomendado		
	1 - B					
N - C	1 - C	2 - C	Seguridad de vida	4 - C	5 - C	6 - C
			3 - C			
N - D	No recomendado	2 - D	3 - D	4 - D	5 - D	6 - D
N - E	No recomendado			4 - E	Prevención de colapso	No rehabilitación
					5 - E	

*Tabla N° 7: Combinaciones de niveles de desempeño estructural y no estructural
 Fuente: FEMA 356, 2000
 Elaboración Propia*

2.5.4. NIVELES DE AMENAZA SÍSMICA

El comité VISION 2000 nos propone:

Movimiento de Diseño Sismico	Intervalo de Recurrencia	de Probabilidad de excedencia
Frecuente	43 años	50% en 30 años
Ocasional	72 años	50% en 50 años
Raro	475 años	10% en 50 años
Muy raro	970 años	10% en 100 años

*Tabla N° 8: Niveles de movimiento sísmico
 Fuente: VISION 2000
 Elaboración Propia*

Para poder realizar un diseño basado en desempeño, se deben definir los objetivos y los niveles de demanda de. El comité VISION 2000 presenta una matriz conceptual, para los objetivos de diseño precisando el nivel de daño.

Movimiento Sismico de Diseño	Nivel de desempeño mínimo
Sismo Frecuente	Totalmente Operacional
Sismo Ocasional	Operacional
Sismo Raro	Seguridad
Sismo Muy Raro	Próximo a colapso

*Tabla N° 9: Comportamiento deseado para edificios comunes
 Fuente: VISION 2000
 Elaboración Propia*

SISMO DE DISEÑO	ACELERACION (g)	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL
Sismo Frecuente	0.20	Perfectamente elástico
Sismo Ocasional	0.25	Prácticamente elástico
Sismo Raro	0.40	Importantes incursiones inelásticos con pérdida de resistencia y rigidez. Estructura reparable.
Sismo Muy Raro	0.50	Severas incursiones inelásticas, perdida casi total de rigidez y resistencia. No resulta práctico reparar la estructura.

*Tabla N° 10: Comportamiento estructural de edificios comunes
 Fuente: VISION 2000
 Elaboración Propia*

2.6. GENERALIDADES SOBRE ANALISIS PUSHOVER

Son numerosos los métodos de análisis estructural usados para la evaluación de construcciones existentes, Perú se centra totalmente en el análisis elástico pero esta investigación se centrará en el análisis no lineal, el más básico y conocido es el análisis tiempo – historia, el cual es en algunas ocasiones considerado muy poco práctico y complejo; un análisis sintetizado es el análisis estático no lineal (AENL), con el cual se puede observar la curva de capacidad de la estructura.

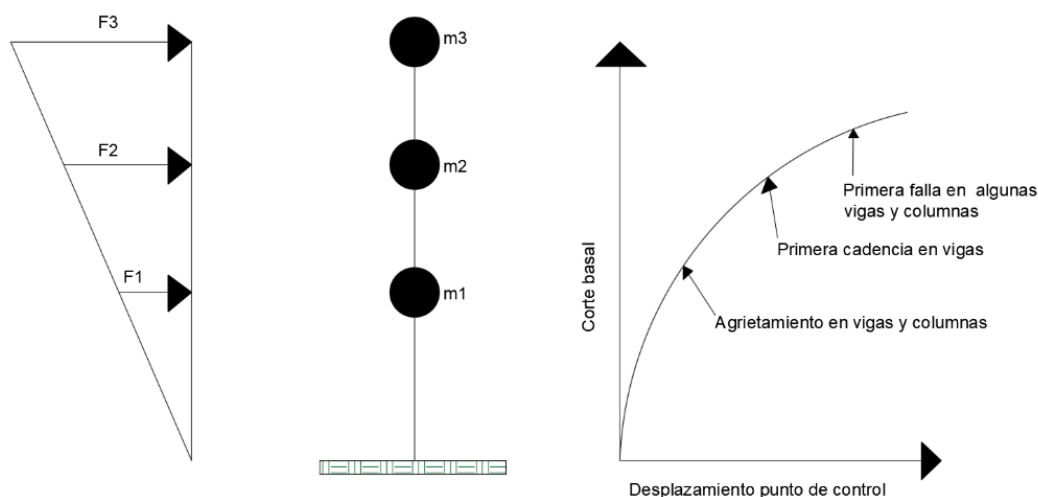


Figura N° 8: Esquema del Método del Pushover

Fuente: ATC – 40, 1996

Elaboración Propia

El modelo generado para realizar el análisis considera directamente la no linealidad del material, por lo que empujarlo al desplazamiento esperado puede determinar efectivamente la deformación y la fuerza interna resultantes.

La curva de carga representa la relación entre la carga incremental aplicada a la estructura y el desplazamiento causado por el edificio de gran altura.

Debido a la aplicación continua de cargas laterales, la estructura se daña y la rigidez del elemento dañado cambiará.

Al principio, la estructura comienza con una respuesta elástica relacionada con la rigidez inicial, a medida que aumenta la fuerza del elemento para

superar su límite elástico, la rigidez disminuye y la estructura entra en el rango inelástico.

El cambio de rigidez se realiza según el diagrama de momentos de curvatura del elemento, que se calcula para cada aumento de carga, y la rigidez se evalúa según el modelo de plasticidad adoptado.

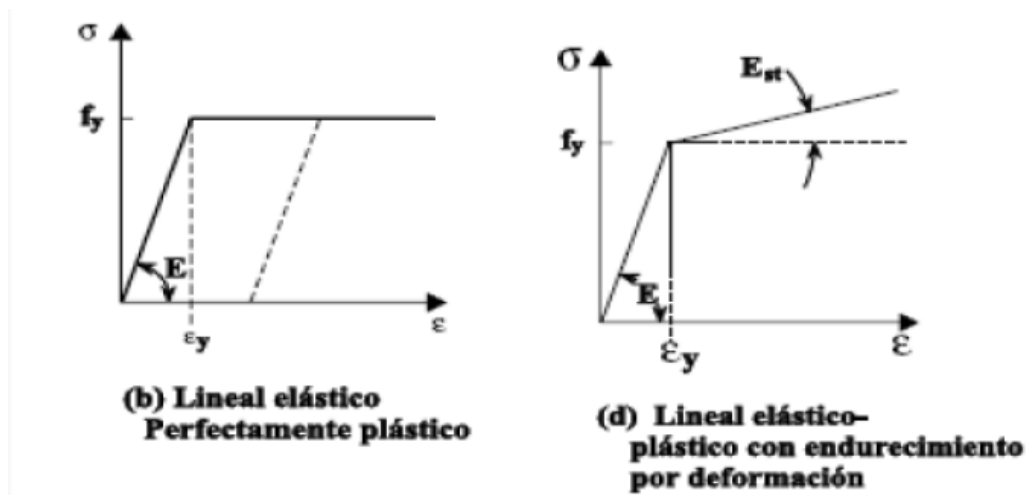


Figura N° 9: Diagrama de linealidad y no linealidad
Elaboración Propia

A cada elemento estructural se le asignan rótulas plásticas en función a su tipo de falla posible a dar, estas rótulas indican cuál es su capacidad cedente y última en términos de curvaturas, rotaciones o desplazamiento según el tipo de solicitaciones. Con los incrementos de las cargas laterales se observa cómo van apareciendo las rótulas en cada uno de los elementos, dejando en evidencia el mecanismo de falla que se producirá (este podrá ser dúctil o frágil), que puede conducir finalmente al colapso de la estructura

La estructura puede seguir deformándose en el rango inelástico mientras los mecanismos frágiles no comprometan la estabilidad o bien los elementos tengan suficiente ductilidad.

2.6.1. REQUISITOS PARA REALIZAR LA TECNICA PUSHOVER

Para poder realizar esta técnica, necesitamos:



- ✓ Conocer las dimensiones y la cuantía de acero, es decir, el diseño completo.
- ✓ Determinar las propiedades no lineales necesarias de todas las secciones.

2.6.2. OBJETIVOS DE LA TECNICA PUSHOVER

Se busca cubrir con esta técnica:

- ✓ Determinar la capacidad lateral de la estructura
- ✓ Identificar los elementos estructurales propensos a fallar
- ✓ Determinar la ductilidad de la estructura
- ✓ Hallar la degradación de la resistencia
- ✓ Verificar derivas relativas inelásticos
- ✓ Verificar los criterios de aceptación a nivel de cada uno de los elementos estructurales

2.6.3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TECNICA PUSHOVER

2.6.3.1. VENTAJAS

- ✓ Se usa un espectro de diseño establecido por la norma peruana E030 basándose en un registro de movimientos del suelo, lo cual hace que esta evaluación sea más cercana a la realidad.
- ✓ Se considera a toda la estructura como un sistema de 1GDL
- ✓ Este análisis representa un mayor grado simplicidad frente a un ADNL.

2.6.3.2. DESVENTAJAS

- ✓ Es aún un método aproximado, ya que en el estático representa cargas dinámicas y deformaciones cíclicas.
- ✓ No sirve para estructuras de gran altura o con irregularidad en planta o elevación.
- ✓ No es muy usado por el reglamento peruano, así que no hay muchas investigaciones con las cuales comprobar.

2.6.4. CAPACIDAD

La capacidad es una propiedad universal de la estructura que depende de la resistencia y la de la habilidad de esta a la deformación. El análisis no lineal estático se encuentra entre el análisis lineal elástico y el no lineal dinámico y existen dos maneras de hallar la curva de capacidad en esta forma de análisis, en una se aplican cargas incrementales monotónicas que van en una dirección hasta que la estructura llegue al colapso, la técnica de Pushover, y en la segunda se somete a un acelerograma, que se incrementa progresivamente hasta que colapse la estructura colapse; esta curva relaciona la cortante basal con el desplazamiento lateral máximo de la estructura y es la base para el análisis sísmico por desempeño; para tener la curva de capacidad completa, se requiere tener definida totalmente la estructura, tanto en geometría como en su armado, es decir diseño completo y cuantía de acero, además la calidad de los materiales y en el caso de concreto armado, como será el de nuestra investigación, las curvas constitutivas del concreto y el acero.

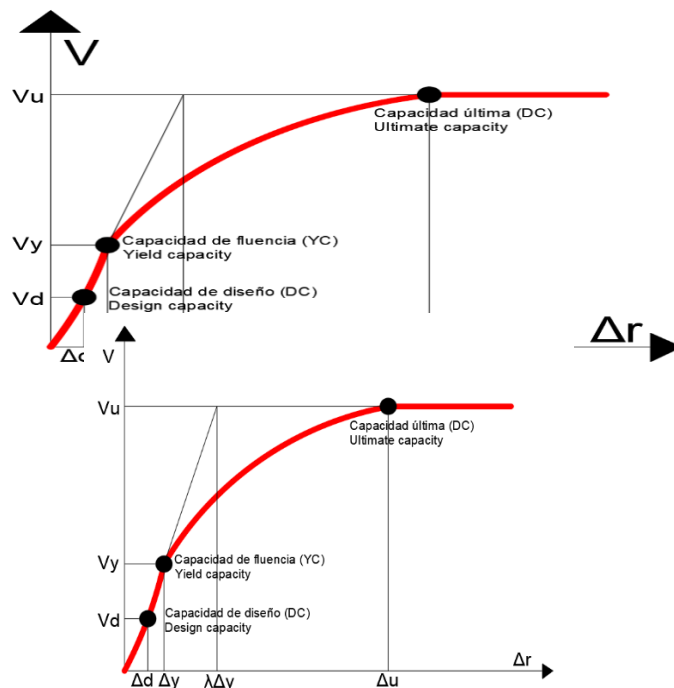


Figura N° 10: Curva de capacidad de una estructura
 Fuente: Maldonado et al. (2010)
 Elaboración Propia

2.6.5. DEMANDA

La demanda es una estimación de la respuesta máxima esperada durante un sismo (ATC 40, 1996, Seismic Evaluation and Concrete Building (Vol. 1), Applied Technology Council Redwood, California).

Tradicionalmente, la ingeniería sísmica, para ATC – 40 (1195)

Se ha utilizado un espectro de respuesta de aceleraciones para procedimientos de análisis y diseño de estructuras basados en las fuerzas.

Sin embargo, durante los últimos años se ha identificado que los parámetros más relevantes en el diseño son los desplazamientos y las deformaciones. Por lo tanto, se ha promovido el uso de espectros de respuesta en el formato AD (Sa vs Sd) para propósitos de diseño basado en el desempeño sísmico. (p. 8)

La norma E030 nos provee del espectro de diseño, que relaciona la aceleración de respuesta con el periodo fundamental de la estructura.

A continuación, se adjunta el Artículo 29.2 de la norma E030: Diseño Sismorresistente.

29.2. Aceleración Espectral

29.2.1. Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utiliza un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por:

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

29.2.2. Para el análisis en la dirección vertical puede usarse un espectro con valores iguales a los 2/3 del espectro empleado para las direcciones horizontales, considerando los valores de C , definidos en el artículo 14, excepto para la zona de periodos muy cortos ($T < 0,2 T_p$) en la que se considera:

$$T < 0,2 T_p \quad C = 1 + 7,5 \left(\frac{T}{T_p} \right)$$

Figura N° 11: Aceleración Espectral
Fuente: Norma Peruana E030: Diseño Sismorresistente
Elaboración: Norma Peruana E030: Diseño Sismorresistente

2.6.6. DESEMPEÑO

Una vez determinada la curva de capacidad y definió el desplazamiento de demanda, se evalúa desempeño de la estructura. La verificación del desempeño demuestra que los componentes estructurales y no estructurales no estén dañados más allá de los límites aceptables del desempeño objetivo

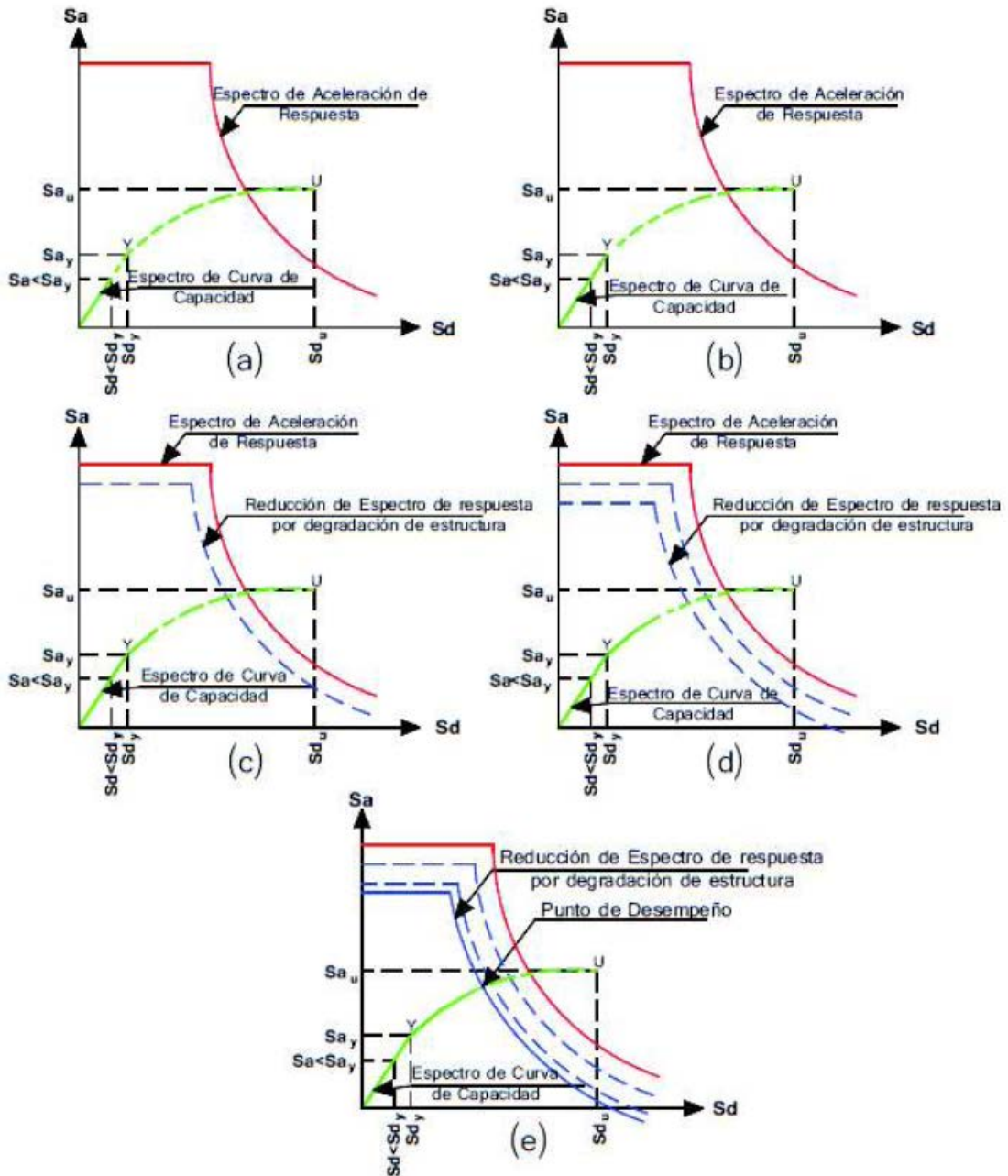


Figura N° 12: Procedimiento de desempeño
 Fuente: Mora, 2015
 Elaboración propia



2.6.7. ARTICULACIÓN O RÓTULA PLÁSTICA

Es una zona de cedencia cuya formación se inicia en una sección de un miembro estructural cuando en esta se excede el momento de cedencia de la sección y por lo tanto se obtienen altos niveles de deformación sin un incremento notable de la carga. En tal estado, la sección rota como si estuviera articulada, excepto que permanece sometida al momento de agotamiento.

2.6.8. PELIGRO SÍSMICO

Al estar entre una de las regiones de más alta actividad sísmica que existe, Perú vive expuesto constantemente al peligro de perder vidas humanas y tener pérdidas materiales.

Las normas de diseño peruanas especifican cargas sísmicas por lo que ya se tiene un récord detallado de la actividad sísmica del área donde se construirán estructuras comunes.

La amenaza o peligro sísmico es un grado de exposición que se da en un lugar en específico a los efectos de los sismos; este depende de las características y la topografía del lugar.

		Probabilidad de excedencia en 50 años	Periodo de retorno (Tr)	de Aceleración Máxima en la Roca
Peligro Sísmico	Sismo Frecuente	0.69	43 años	0.20 g
	Sismo Ocasional	0.5	72 años	0.25 g
	Sismo Raro	0.1	475 años	0.40 g
	Sismo Muy Raro	0.05	975 años	0.50 g

Tabla N° 11: Niveles de peligro sísmico

Fuente: FEMA 440

Elaboración Propia



2.6.8.1. CUANTIFICACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO

Resulta difícil dar una representación cuantitativa del peligro sísmico en términos absolutos; sin embargo, para fines de ingeniería se ha sugerido emplear como indicadores de peligro, los valores máximos del movimiento del terreno (aceleración, velocidad o desplazamiento) o la intensidad local (Muñoz 1999)

Para cuantificar el peligro sísmico, existen dos enfoques: el determinístico y el probabilístico (Muñoz 1999).

En el enfoque determinístico, el peligro sísmico se expresa por el valor máximo del indicador de peligro que puede producirse en el lugar de estudio, teniendo en cuenta el escenario sísmico técnico, las condiciones de suelo y las características del lugar. (Herraiz 1997)

En el enfoque probabilístico, el peligro sísmico se expresa en función de la probabilidad del indicador de peligro seleccionado sea igualado o excedido en un lapso determinado. Este intervalo de tiempo se considera igual la vida útil de la obra civil para la cual se evalúa el peligro. La tabla 10 muestra el tiempo de vida útil sugerida para diferentes obras civiles. (Grases 1989)

Obras civiles	Tiempo de Vida Útil
Instalaciones Nucleares	50 – 100 años
Puentes y viaductos de avenidas principales	100 años
Edificios para viviendas	50 años
Construcciones temporales	15 años

Tabla N° 12: Vida útil para diferentes obras civiles

Fuente: FEMA 440

Elaboración Propia

2.6.8.2. NIVELES DE PELIGRO SÍSMICO

Con la finalidad de evaluar el desempeño de las estructuras, el SEAOC ha propuesto cuatro niveles de peligro. Cada nivel queda definido por un

valor de la probabilidad de excedencia en 50 años de exposición. A cada uno de estos niveles de amenaza, corresponde un terremoto que tiene un intervalo de recurrencia (periodo de retorno, TR) definido en función del tiempo de vida útil de las obras civiles y la probabilidad de excedencias.



Figura N° 13: Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas

Fuente: Norma Peruana E030: Diseño Sismorresistente

Elaboración: Norma Peruana E030: Diseño Sismorresistente

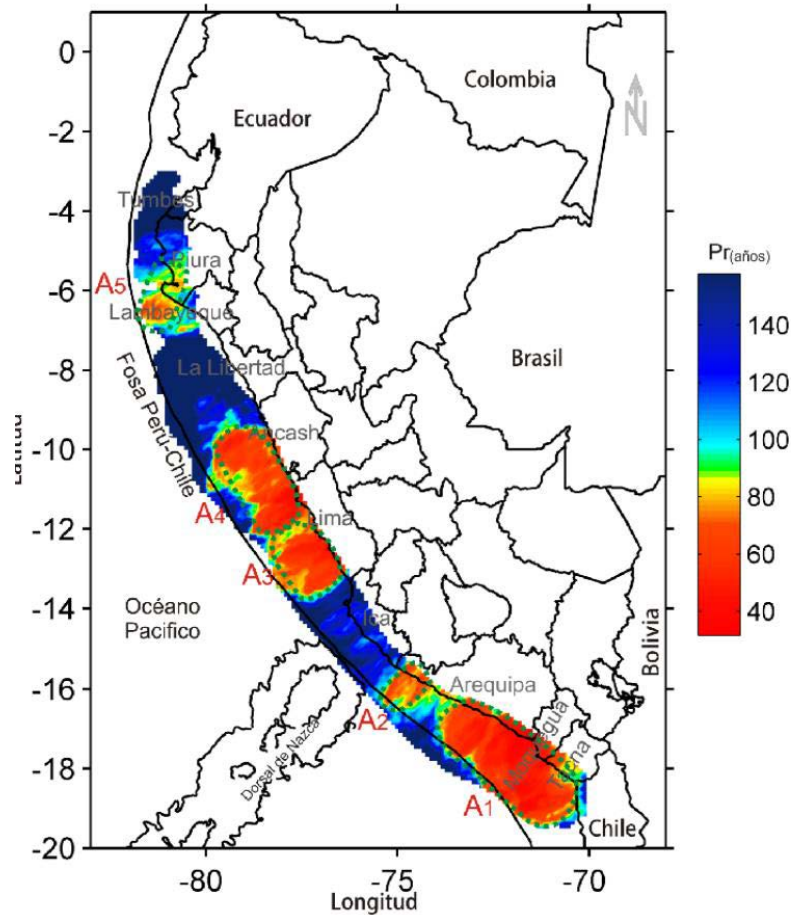


Figura N° 14: Mapa de periodos de retorno para las asperezas identificadas en la región occidental de Perú (Condori y Tavera 2012)
Elaboración: Condori y Tavera 2012

2.6.9. PUNTO DE DESEMPEÑO

El punto de desempeño representa el máximo desplazamiento de la estructura esperada, para una determinada demanda sísmica; es decir, la condición en la que la capacidad sísmica iguala a la demanda establecida para la estructura por un sismo específico.

Utilizaremos el procedimiento de Linealización equivalente, establecido por la norma FEMA 440, este proceso se hará usando el programa Etabs, sin embargo, es importante conocer la secuencia de cálculos requeridos para hallar el punto de desempeño.

2.6.9.1. DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO DE LINEALIZACION EQUIVALENTE



Curva de capacidad: También conocida como la curva Pushover, la curva fuerza vs desplazamiento que se basa en los valores de corte en la base y el desplazamiento de la estructura. La obtención de la curva de capacidad se hará usando el programa Etabs, el cual se encargará de determinar cuándo se alcanza la resistencia de cada elemento, para luego modificarlo usando cero o casi cero de rigidez en los elementos que ya fluyeron, este proceso es iterativo hasta el límite último.

Espectro de demanda: Como se mencionó antes se obtendrá de la norma E030: Diseño Sismorresistente y también del programa Etabs, que ahora cuenta en su base de datos con dicha norma.

Transformación al formato ADRS (Acceleration – Displacement Response Spectra): Se convertirán las gráficas de curvas de capacidad y espectro de demanda en coordenadas de aceleración espectral vs desplazamiento espectral. Lo primero que se hará será convertir la curva de capacidad a espectro de capacidad, para luego convertir el espectro de respuesta a la forma ADRS.

Punto de desempeño inicial: Se transformará la curva de capacidad y demanda en formato ADRS y con esto se ubicará el punto de desempeño inicial y para esto se usa la aproximación de desplazamientos iguales (equal-displacement approximation) y se basa en el supuesto de que el desplazamiento o deriva espectral inelástica es igual al que si la estructura es elástica.

Linealización equivalente: Este procedimiento se usa para hallar el punto de desempeño (ATC – 40, FEMA 440, ASCE 7-16). Primero se hace una representación bilineal del espectro de capacidad, es decir que la primera pendiente de la curva bilineal será igual que la tangente de la rigidez inicial de la curva de capacidad y que el área bajo la curva de capacidad A2 sea igual al área bajo la curva bilineal A1: esto definirá el periodo inicial T_0 , el desplazamiento y aceleración de fluencia.

Rigidez post-elástica y ductilidad: Para desarrollar la representación bilineal es necesario calcular estos valores.

Amortiguamiento efectivo y el periodo efectivo: A partir de lo hallado anteriormente, procederemos a hallar estos valores.

Espectro de respuesta en forma ADRS: Con el amortiguamiento efectivo hallado se ajustará el espectro de respuesta, las coordenadas del eje Y que le corresponden a la aceleración espectral también se modificarán, una vez modificados se multiplicarán por el factor de modificación M, el cual se determina usando el periodo efectivo

Punto de desempeño: Un posible es puntualizado por el encuentro del periodo secante con el espectro de respuesta en formato ADRS.

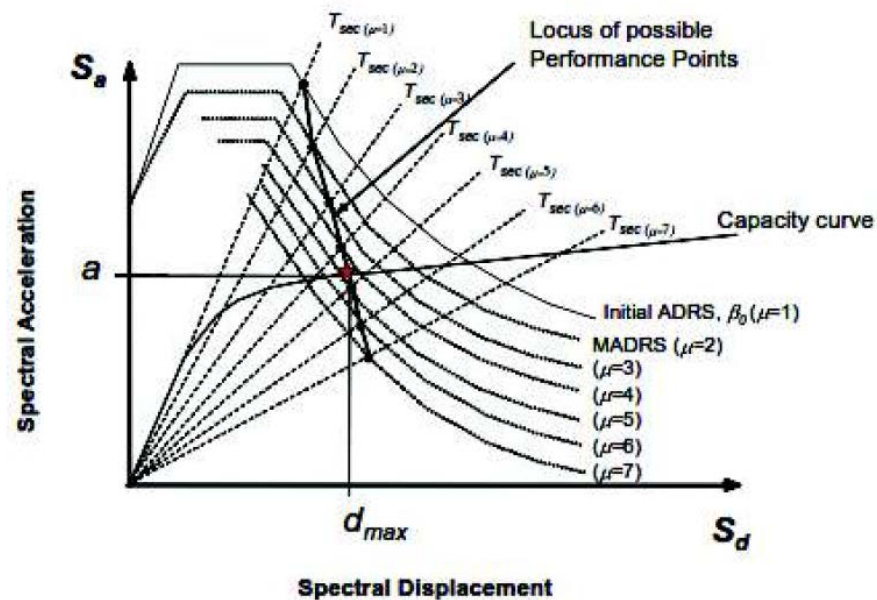


Figura N° 15: Lugar geométrico de posibles puntos de desempeño usando el espectro de respuesta en formato ADRS.

Fuente: FEMA 440, 2005

Elaboración: FEMA 440, 2005

Se variará el punto de punto de desempeño asumido y hará un proceso iterativo con el fin de formar una posible serie de puntos de desempeño y el real será señalado por el encuentro del lugar geométrico de puntos y el espectro de capacidad.

2.6.10. PATRÓN DE CARGAS LATERALES

Para poder aplicar la técnica de Pushover primero se selecciona una carga lateral, para que luego sea incrementada monotónicamente.

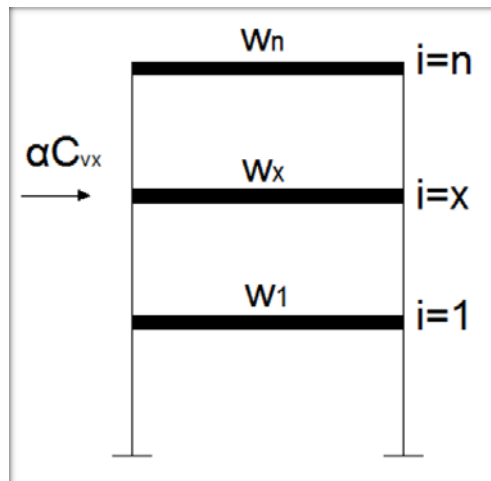
La distribución de carga lateral, propuestos por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias, debe ser un caso por cada uno de los siguientes grupos.

2.6.10.1. PATRÓN DE CARGAS LATERALES

Válido cuando la masa participativa en modo fundamental es mayor a 75%

PATRÓN MODAL

Distribución vertical de carga proporcional a los valores de C_{vx} , según la figura siguiente, usando la siguiente fórmula de la norma E030: Diseño Sismorresistente:



*Figura N° 16: Distribución proporcional de carga
 Elaboración propia*

$$C_{vx} = \frac{w_x * h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i * h_i^k}$$

Donde:

C_{vx} = Factor de distribución vertical de carga

$K = 2.00$ para $T \geq 2,50$ seg | 1.0 para $T \leq 0.5$ seg (interpolación lineal en valores intermedios de T)

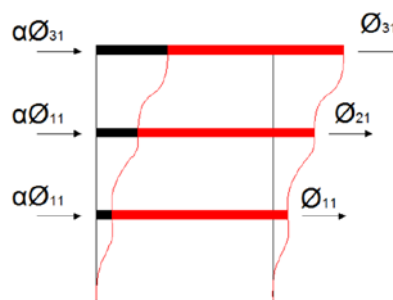
W_x = Porción del peso total de la estructura en el nivel X

H_x = Altura en pies desde la base hasta el nivel X

W_i = Porción del peso total de la estructura en el nivel i

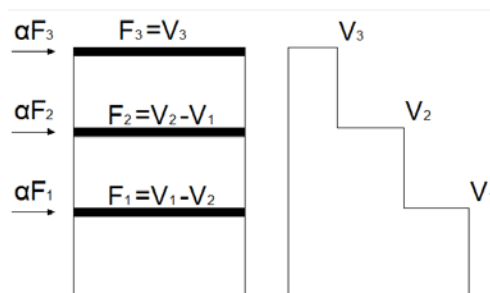
H_i = Altura en pies desde la base hasta el nivel i

Distribución vertical proporcional a la forma del modo fundamental en la dirección considerada, según la figura siguiente:



*Figura N° 17: Distribución proporcional al modo fundamental
 Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente
 Elaboración Propia*

Distribución vertical proporcional a la distribución de cortantes por piso, calculadas combinando respuestas modales de un análisis de espectro de respuesta del edificio, incluyendo modos suficientes para capturar al menos el 90% de la masa total del edificio. Esta distribución debe ser usada cuando el periodo del modo fundamental excede 1.0 seg



*Figura N° 18: Distribución proporcional a los cortantes por piso.
 Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente
 Elaboración Propia*

Distribución de carga adaptativa que cambia a medida que se desplaza la estructura. La distribución de carga adaptativa debe modificarse a partir de la distribución de carga original utilizando un procedimiento que considere las propiedades de la estructura al entrar en cedencia.

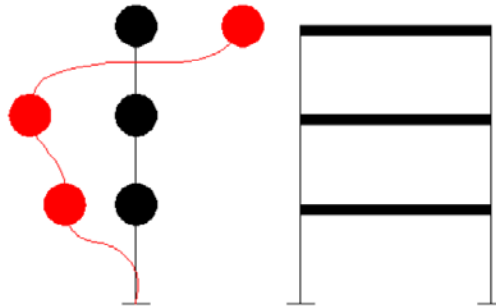


Figura N° 19: Distribución de carga adaptativa
Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente
Elaboración Propia

PATRON ESPECIAL

Distribución uniforme que consista en fuerza laterales en cada nivel proporcional a la masa total en cada nivel.

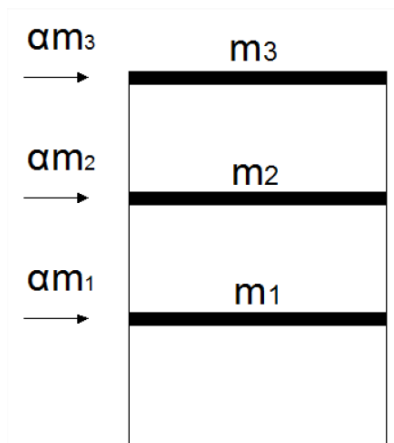


Figura N° 20: Distribución uniforme de carga
Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente
Elaboración Propia

2.6.10.2. CARGA GRAVITACIONAL

La carga gravitacional debe considerarse constante y esta debe estar trabajar en paralelo con la fuerza lateral.



La ASCE 7-16, considera que la carga gravitacional para un análisis no lineal al considerar fuerzas laterales debe ser la siguiente:

$$Q_G = Q_D + Q_L + Q_S$$

En donde la carga variable debe ser considerada en 25%

2.6.10.3. DESPLAZAMIENTO DE MONITOREO

Se define un punto de monitoreo, en el cual se determinará el desplazamiento estudiado, en función del incremento monotónico de las cargas laterales, inicialmente se asumen un desplazamiento esperada el cual puede ser un 10% de la altura de la edificación.

Se aplican y se ubican las rótulas plásticas, según la normativa deseada. La ubicación de las rótulas en vigas se debe encontrar lo más cercano posible de la cara de la columna.

2.6.10.4. CURVA DE CAPACIDAD

La relación que existe entre la carga incremental aplicada a la estructura y el desplazamiento que se genera en el nivel superior se representa por medio de la llamada Curva de Capacidad. Por medio de esta se puede determinar la ductilidad de la estructura y los mecanismos de formación de rótulas plásticas.

2.6.10.5. COMPORTAMIENTO Y DUCTILIDAD DE SECCIONES DE CONCRETO REFORZADO

SECCIONES A FLEXIÓN

Para definir el comportamiento y ductilidad de una sección a flexión es necesario analizar la condición de agrietamiento, cedencia y de agotamiento, lo cual representa en el gráfico $M - \Phi$

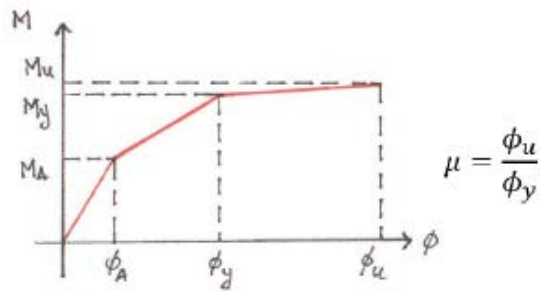
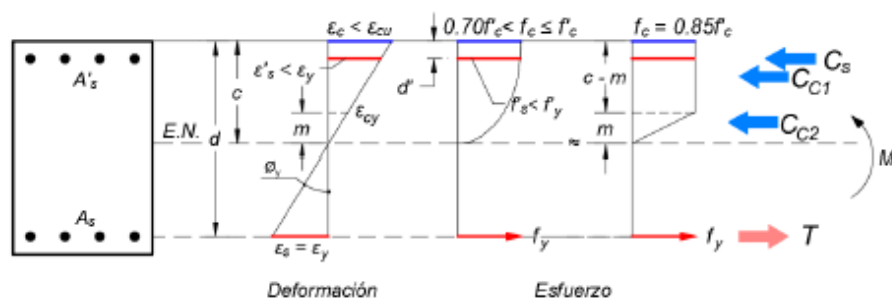


Figura N° 21: Gráfico M – Φ
 Fuente: FEMA 440, 2005
 Elaboración Propia

Para lograr una adecuada ductilidad es fundamental controlar la cuantía de acero de refuerzo a tracción y compresión

Condición de cedencia



Condición última (agotamiento)

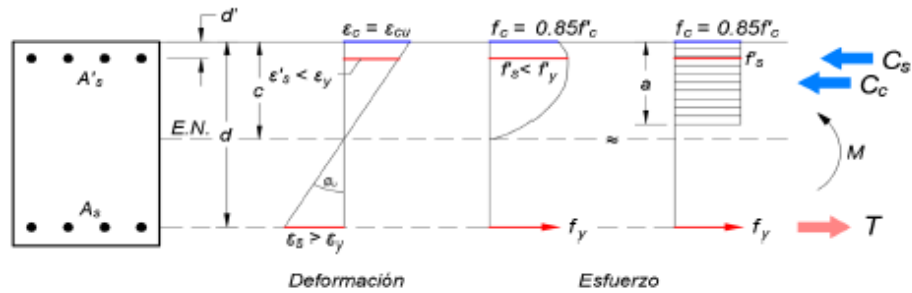


Figura N° 22: Condición última y de cedencia
 Fuente: FEMA 440, 2005
 Elaboración Propia

SECCIONES A FLEJO – COMPRESIÓN

Para definir el comportamiento y ductilidad de secciones a flexo – compresión se hace necesario analizar la condición de cedencia y de agotamiento en función a la carga axial, lo cual se representa en función al diagrama de interacción y al diagrama P – Φ

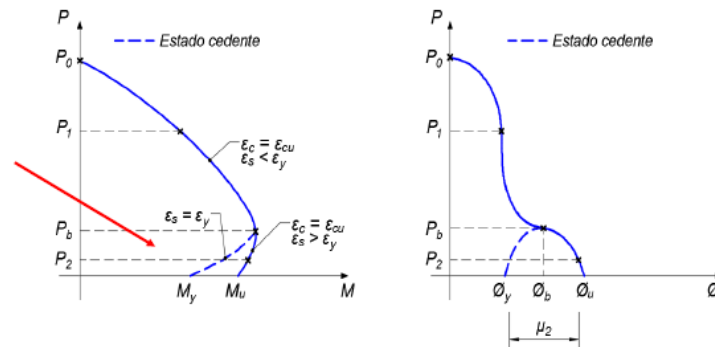


Figura N° 23: Diagrama de interacción y al diagrama $P - \phi$
 Fuente: FEMA 440, 2005
 Elaboración Propia

Es importante destacar que, una sección a flexo – compresión es dúctil, siempre y cuando la fuerza axial sea menor a la falla balanceada, quedando en el rango de falla controlada por tracción

$$\mu = \frac{\phi_u}{\phi_y}$$

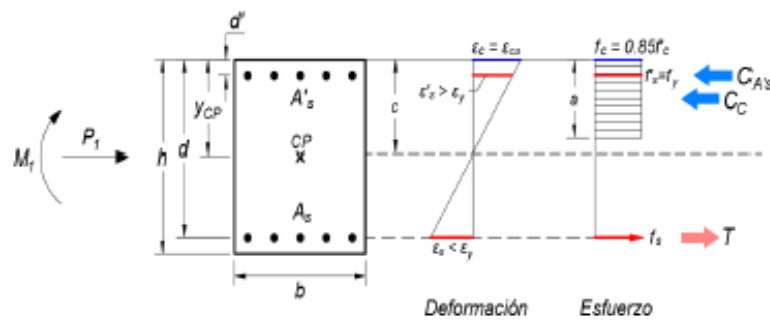


Figura N° 24: Falla controlada por compresión
 Fuente: FEMA 440, 2005
 Elaboración Propia

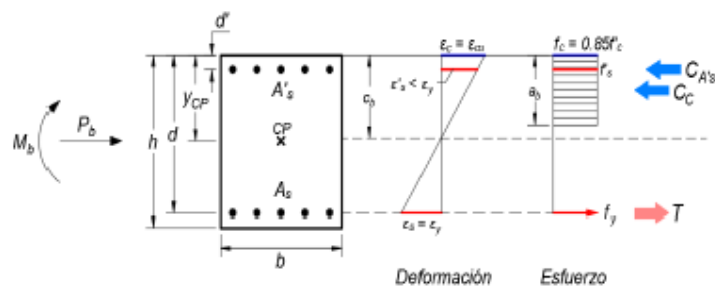


Figura N° 25: Falla balanceada
 Fuente: FEMA 440, 2005
 Elaboración Propia

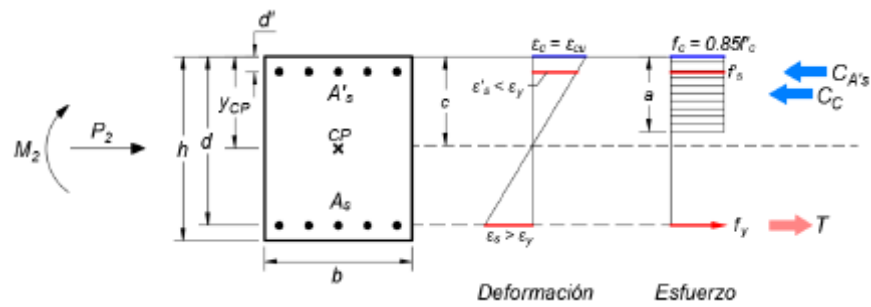


Figura N° 26: Falla controlada por tracción
 Fuente: FEMA 440, 2005
 Elaboración Propia

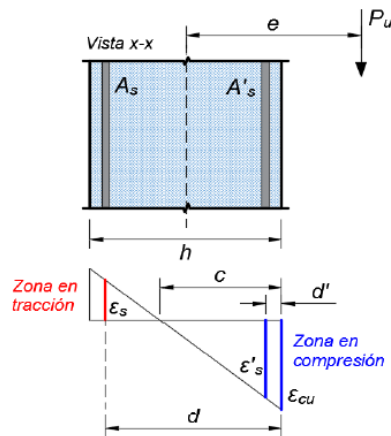


Figura N° 27: Deformación unitaria
 Fuente: FEMA 440, 2005
 Elaboración Propia

2.7. MÉTODO DEL ESPECTRO DE CAPACIDAD

Propuesto desde 1975 por Freeman y consta de representar la curva de capacidad, de resistir cargas laterales de la estructura en términos de aceleraciones y desplazamientos, graficando junto a la demanda sísmica a través del espectro de aceleraciones, al comparar estos dos espectros se determina el punto de desempeño de la edificación. En formato aceleración – desplazamiento espectral (formato ADRS)

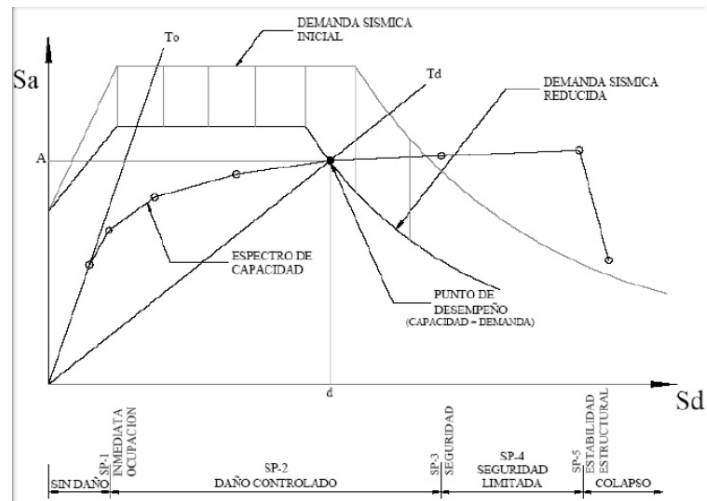


Figura N° 28: Espectro de capacidad
 Fuente: FEMA 440, 2005
 Elaboración Propia

El valor del espectro se puede representar mediante un gráfico, donde el desplazamiento está en la abscisa, la aceleración en la ordenada y el período de vibración está representado por una línea diagonal. Esta forma de representación se denomina espectro de capacidad.

Conceptualmente, es más conveniente combinarlos como espectros de aceleración y desplazamiento. La ventaja de este tipo de mapa es que permite superponer la curva de capacidad (resistencia lateral-desplazamiento) de la estructura al espectro de frecuencias y compararla con la demanda sísmica.

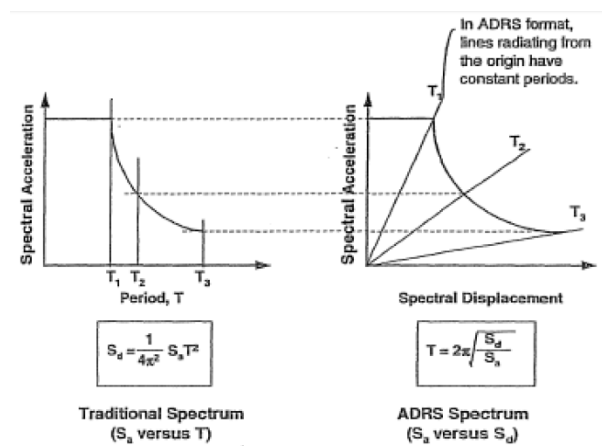


Figura N° 29: Formato ADRS
 Fuente: FEMA 440, 2005
 Elaboración Propia

La norma ATC-40 presenta el procedimiento difundido para el AENL, orientado en el método del espectro de capacidad, con el fin de reproducir la capacidad de la estructura a carga lateral, la demanda de desplazamiento real producida por el sismo, y la verificación del desempeño aceptable mediante la comparación de los anteriores. Se encuentra una descripción detallada de cada paso del procedimiento: el desarrollo paso a paso de la curva de capacidad de la estructura, el método para la determinación de la demanda de desplazamiento mediante el uso del espectro de demanda reducido, el resultado de la identificación del punto de desempeño, y finalmente la comprobación del cumplimiento de aceptabilidad de los resultados.

Existen 03 elementos esenciales en el procedimiento de diseño basado en desempeño y son: capacidad, demanda y desempeño, estos términos han sido definidos en anteriores párrafos de este mismo capítulo.

El método del espectro de capacidad, parte de haber obtenido la curva de capacidad aplicando todos los parámetros del análisis no lineal ya descritos

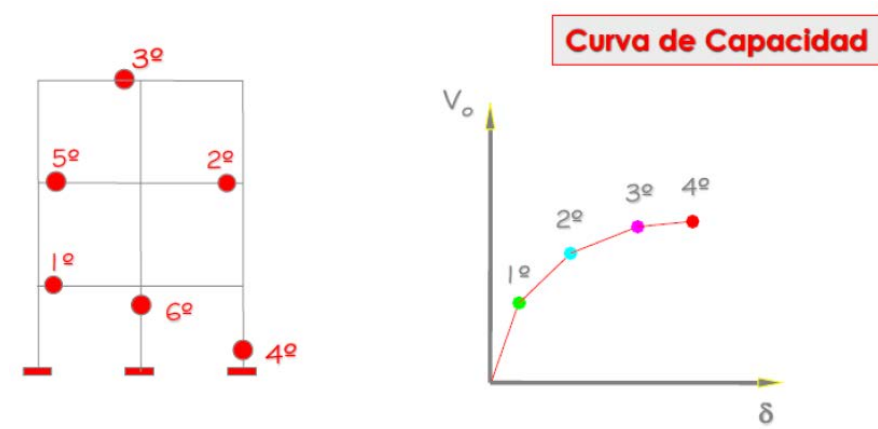


Figura N° 30: Curva de capacidad ejemplificada
Fuente: ATC 40, 1996
Elaboración Propia

Luego de obtener la curva de capacidad, la misma debe ser llevada a formato ADSR (Espectro de respuesta Aceleración – desplazamiento), ya que la misma se encuentra en términos de cortante basal contra

desplazamiento en el techo. Al realizar este cambio, se convierte a la curva de capacidad en el espectro de capacidad.

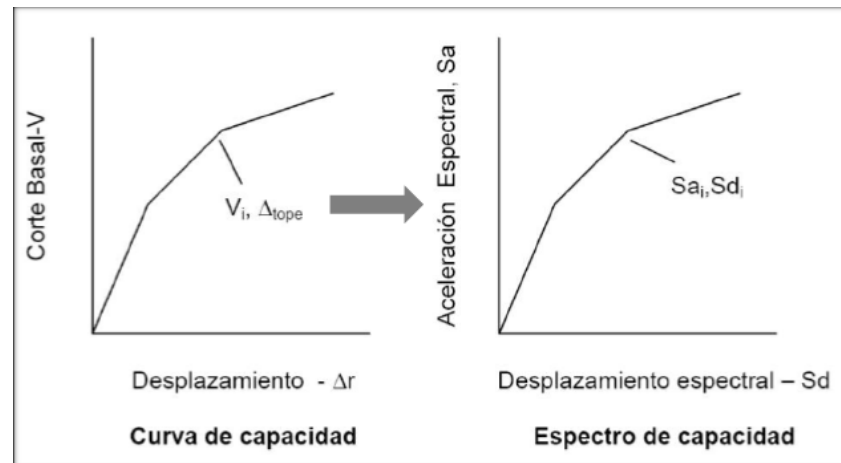


Figura N° 31: Conversión de la curva de capacidad al espectro de capacidad.

*Fuente: ATC 40, 1996
Elaboración Propia*

En la figura N° 31 se puede observar la conversión de la curva de capacidad y esto se logra a través de la aplicación de las ecuaciones de dinámica de estructuras, para obtener pseudo – aceleraciones S_a y pseudo – desplazamientos S_d .

En el análisis dinámico modal espectral se definen los modos de vibración ϕ , para cada modo de vibración existirá un coeficiente denominado factor de participación modal y además existirá un factor asociado a la masa que participa en cada modo llamado coeficiente de participación de más modal. Cada autor puede dar un símbolo diferente para estos factores, según el ATC – 40 el factor de participación modal viene designado como P_{Fi} y el coeficiente de participación de masa modal por α_i .

Para el desarrollo de la curva de capacidad se definió que el modo característico de la estructura sería el modo 1 ya que el mismo representa el modo fundamental de la estructura.

Las ecuaciones para convertir la curva de capacidad en espectro de capacidad son las siguientes, pertenecientes al ATC – 40, 1996:

Aceleración espectral:

$$S_a = \frac{V}{\alpha_1 \overline{W}}$$

Desplazamiento espectral:

$$S_d = \frac{\Delta_{tope}}{PF_1 * \phi_{tope,1}}$$

Donde:

$$PF_1 = \left[\frac{\sum_{i=1}^N \frac{(w_i * \phi_{i1})}{g}}{\sum_{i=1}^N \frac{(w_i * \phi_{i1}^2)}{g}} \right]$$

Factor de participación sísmica del modo 01 (natural)

$$\alpha_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^N \frac{(w_i * \phi_{i1})}{g} \right]^2}{\left[\sum_{i=1}^N \frac{(w_i)}{g} \right] * \left[\sum_{i=1}^N \frac{(w_i * \phi_{i1}^2)}{g} \right]}$$

Coefficiente de masa modal para el modo natural 1

Donde:

$\frac{(w_i)}{g}$ = masa asignada al nivel i

ϕ_{i1} = amplitud del modo 1 en el nivel i

N = nivel N, correspondiente al más alto de la estructura

W = Peso de la estructura considerado para el cálculo de la curva de capacidad

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

Esto se debe realizar punto a punto. Cálculo de Sai y Sdi

Se hace referencia a demanda como el desplazamiento máximo posible de la estructura sometida a un peligro sísmico definido. Para definir la relación correspondiente con un nivel de desempeño dado, es necesario encontrar un desplazamiento consistente con la demanda sísmica en la curva de capacidad portante de la estructura.

El método del espectro de capacidad intenta encontrar un punto en el espectro de capacidad de la estructura que sea consistente con el espectro de respuesta de demanda definido, que ha sido reducido por efectos no lineales. Esto se llama punto de desempeño, lo que significa que la capacidad sísmica de la estructura es igual a la demanda sísmica impuesta por un movimiento del suelo dado.

El espectro de demanda estará representado por un espectro definido de acuerdo al sismo de estudio, que tendrá un período de retorno y aceleración, dependiendo del nivel de amenaza a estudiar.

El espectro de respuesta que representa la demanda también debe dibujarse en formato ADRS. Para convertirlo de los valores S_{ai} , T_i al formato equivalente S_{ai} , S_{di} , se debe utilizar la siguiente fórmula para determinar el desplazamiento de cada espectro S_{di} para cada T_i :

$$S_{di} = \left(\frac{T_i}{2\pi}\right)^2 * S_{ai} * g$$

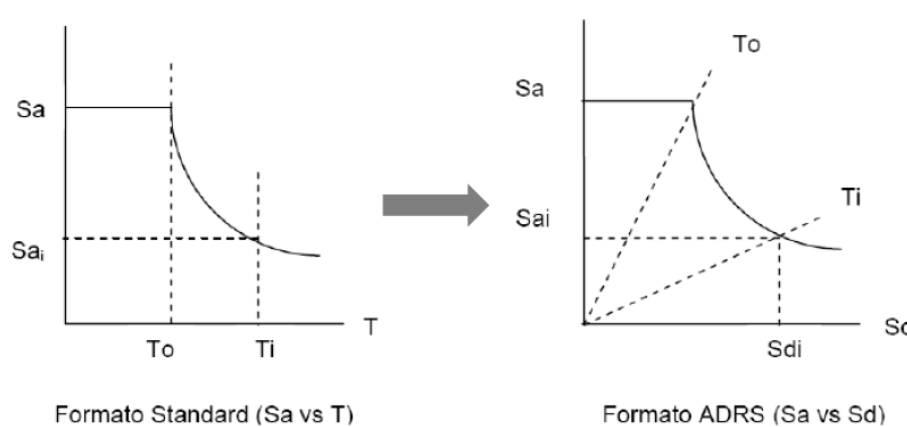


Figura N° 32: Conversión del espectro de respuesta de demanda sísmica

Fuente: ATC 40, 1996

Elaboración Propia

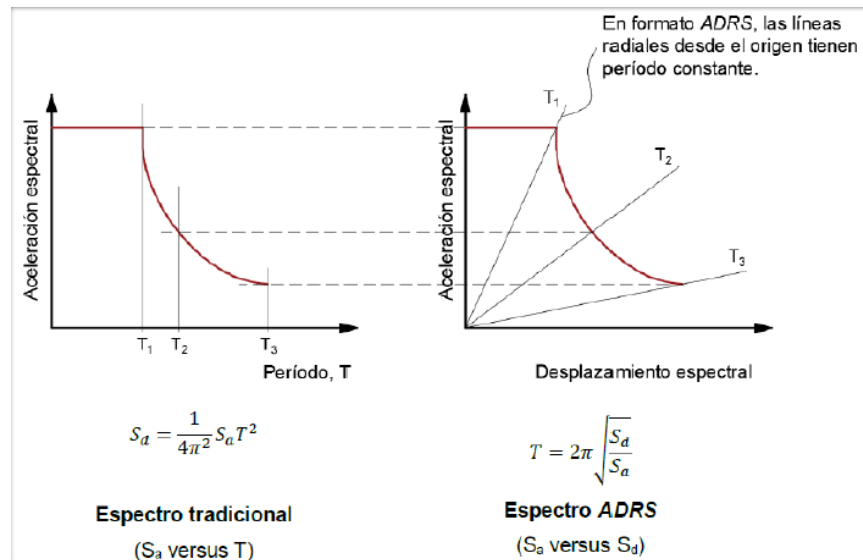


Figura N° 33: Conversión del espectro tradicional a espectro ADRS
 Fuente: ATC 40, 1996
 Elaboración Propia

Para estimar la amortiguación efectiva y el decrecimiento adecuado de la demanda de espectro, se requiere una representación bilineal del espectro de capacidad. Para establecer tal representación, es necesario definir el punto de API dpi (denominado punto de desempeño provisional), que es necesario para desarrollar el espectro de demanda reducida. Si este espectro se cruza con la curva de capacidad en el punto de estimación api, dpi, entonces este será el punto de rendimiento.

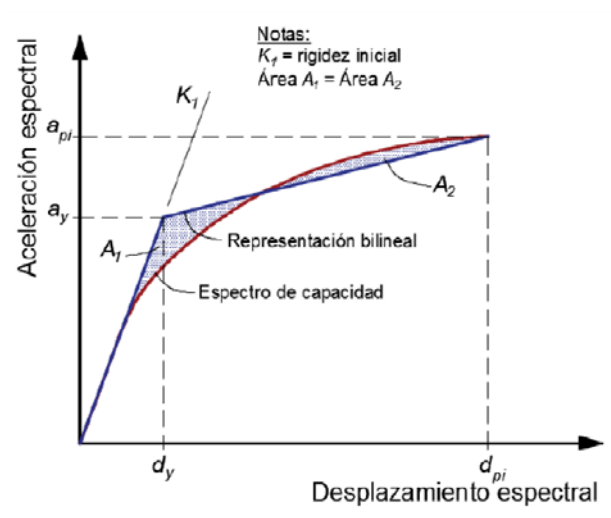


Figura N° 34: Representación bilineal del espectro de capacidad
 Fuente: ATC – 40, 1996
 Elaboración Propia



Para formar una representación bi-lineal, se debe trazar una línea hacia arriba desde el origen con una pendiente igual a la rigidez inicial de la estructura; la segunda se traza hacia atrás desde el punto de desempeño tentativo Δ_{pi} , Δ_{pi} , de modo que cuando la primera línea esté en Δ_y , Δ_y Cuando se cruza, el área designada como A1 en la figura anterior es igual al área A2. El propósito de tratar de equilibrar gráficamente las áreas A1 y A2 es representar la cantidad equivalente de energía asociada con cada parte.

Cabe destacar que la capacidad del edificio y la demanda provocada por el terremoto no son independientes. A medida que aumenta la demanda, la estructura eventualmente se combará, la rigidez disminuirá y el período de vibración se extenderá. Además, debido a la disminución de resistencia y rigidez, la energía consumida por ciclo aumenta, especialmente cuando el edificio puede experimentar un ciclo de histéresis grande y estable, lo que afecta directamente la amortiguación efectiva.

Cuando la estructura entra en el rango inelástico debido a la vibración del suelo, la amortiguación que se produce en la estructura se puede visualizar como una combinación de la amortiguación viscosa inherente y la amortiguación histerética de la estructura. Este último está relacionado con el área dentro del bucle de histéresis formado cuando la fuerza sísmica se traza contra el desplazamiento de la estructura. Puede expresarse como amortiguamiento viscoso equivalente mediante una ecuación dada. El β_{eq} de amortiguamiento viscoso equivalente asociado con el desplazamiento máximo de Δ_{pi} se puede estimar de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\beta_{eq} = \beta_0 + 0.05$$

Donde:

β_{eq} = amortiguamiento viscoso equivalente

β_0 = amortiguamiento histerético, representado como amortiguamiento

viscoso equivalente

0.05 = 5% de amortiguamiento viscoso inherente en la estructura
 (asumido constante)

El término β_0 puede calcularse como (Chopra 1995):

$$\beta_0 = \frac{E_D}{4\pi E_{S0}}$$

Donde:

E_D = energía disipada por amortiguamiento

E_{S0} = máxima energía de deformación

- E_D = Energía disipada por amortiguamiento
- = Área encerrada por ciclo de histéresis
- = Área del paralelogramo
- E_{S0} = Máxima energía de deformación
- = Área del triángulo relleno
- = $a_{pi} d_{pi} / 2$
- β_0 = Amortiguamiento viscoso equivalente
- asociado con área completa del ciclo de histéresis
- = $\frac{1}{4\pi} \frac{E_D}{E_{S0}}$

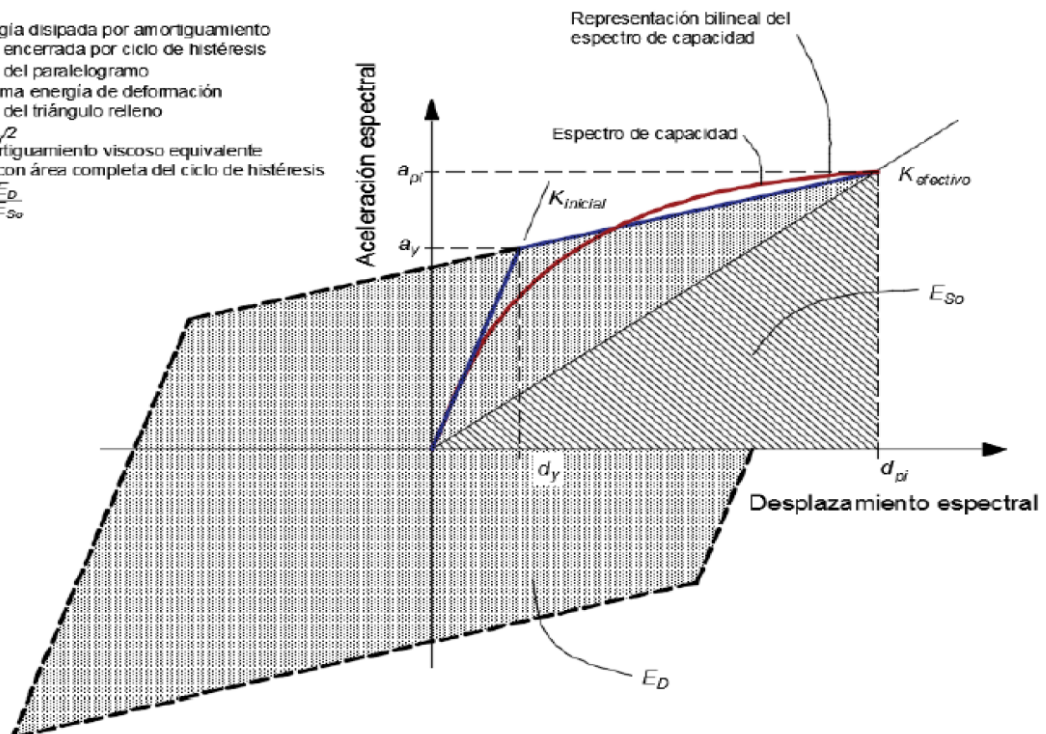


Figura N° 35: Acortamiento de la demanda por efectos no lineales – Paso 1
 Fuente: ATC – 40, 1996
 Elaboración Propia

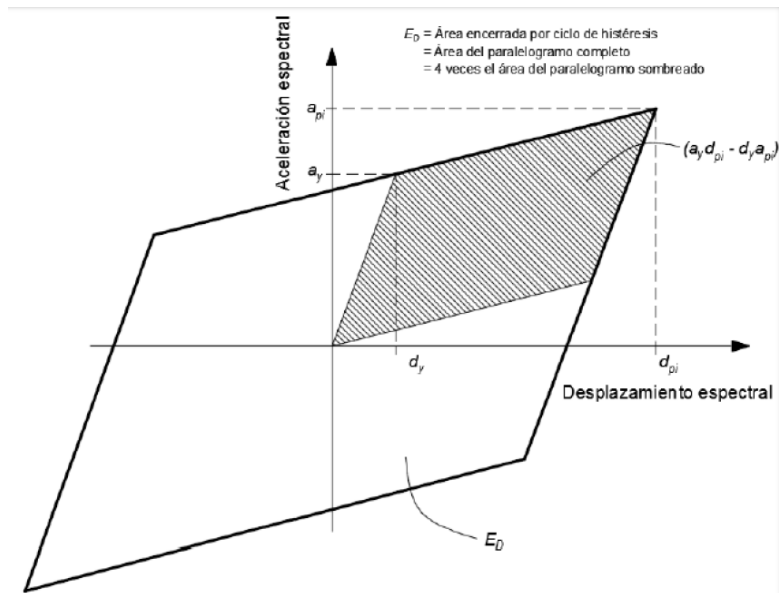


Figura N° 36: Acortamiento de la demanda por efectos no lineales – Paso 2
 Fuente: ATC – 40, 1996
 Elaboración Propia

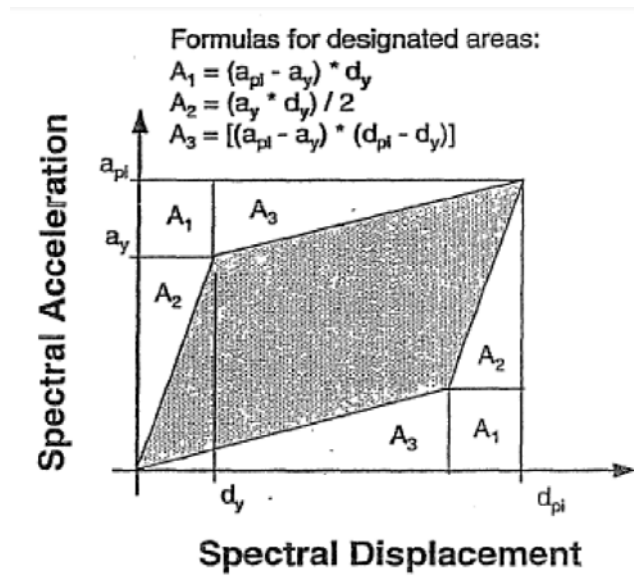


Figura N° 37: Designación de área de la reducción de la demanda
 Fuente: ATC – 40, 1996
 Elaboración Propia

La energía disipada se calcula mediante la siguiente fórmula: $ED = 4(a_y * d_{pi} - d_y * a_{pi})$, basándonos en la figura anterior.

El valor de la máxima energía de deformación, puede calcularse como:

$$E_{so} = a_{pi} * d_{pi} / 2$$

$$\beta_o = \frac{2 * (a_y * d_{pi} - d_y * a_{pi})}{\pi * a_{pi} * d_{pi}}$$

$$\beta_o = \frac{0.637 * (a_y * d_{pi} - d_y * a_{pi})}{a_{pi} * d_{pi}}$$

Se escribe esta ecuación basándonos en términos de % de amortiguamiento crítico, con esto se tiene:

$$\beta_o = \frac{63.7 * (a_y * d_{pi} - d_y * a_{pi})}{a_{pi} * d_{pi}}$$

Entonces, el amortiguamiento viscoso equivalente es:

$$\beta_{eq} = \beta_o + 5 = \frac{63.7 * (a_y * d_{pi} - d_y * a_{pi})}{a_{pi} * d_{pi}} + 5$$

El ciclo de histéresis idealizado mostrado es una aprox. prudente para una estructura con ductilidad, sujeta a un sismo de duración relativamente corta (con número de ciclos limitados para degradar significativamente los elementos), y con un amortiguamiento viscoso equivalente menor a un 30% aproximadamente. Para otras disposiciones, dicha representación conlleva errores, ya que los lazos de histéresis serían irregulares (reducidos en área o en anchura). En estos casos, debe utilizarse un factor de modificación de amortiguamiento de valor K, de la siguiente manera:

$$\beta_{eff} = k * \beta_o + 5 = \frac{63.7k * (a_y * d_{pi} - d_y * a_{pi})}{a_{pi} * d_{pi}} + 5$$

El factor K depende del comportamiento estructural de la estructura, que a su vez pende de la calidad del sistema resistente a carga lateral y la duración del sismo. Se establecen 03 estratos llamados tipo A, correspondiente a una estructura con lazos de histéresis constantes, con un valor de $k = 1$; tipo B, con un valor de $k = 2/3$, representando una reducción moderada del área; y tipo C, con un comportamiento histerético



pobre con una reducción importante del área del lazo (severamente angosto) y con valor asignado de $k = 1/3$. Dichos valores también dependen del valor de amortiguamiento histerético pasado, afectando a estructuras Tipo A cuando es mayor a 16.25%, y las Tipo B, cuando es mayor a 25%, como se muestra en las tablas a continuación.

Con los valores de amortiguamiento efectivo obtenidos se obtienen los factores de reducción espectrales, utilizados para reducir el espectro elástico de respuesta con amortiguamiento 5% a un espectro de respuesta con un amortiguamiento mayor, resultado de la pérdida de rigidez en el rango inelástico.

Las ecuaciones para estimar los factores de reducción SR_A y SR_B , desarrolladas por Newmark y Hall, se presentan a continuación

$$SR_A = \frac{3.21 - 0.68 * \ln \beta_{eff}}{2.12}$$

$$SR_B = \frac{2.31 - 0.41 * \ln \beta_{eff}}{1.65}$$

Ambos valores deben ser mayor o igual a los presentados en la tabla a continuación

Table 8-2. Minimum Allowable SR_A and SR_v Values¹

Structural Behavior Type ²	SR_A	SR_v
Type A ²	0.33	0.50
Type B	0.44	0.56
Type C	0.56	0.67

1. Values for SR_A and SR_v shall not be less than those shown in this Table
2. See Table 8-4 for structural behavior types.

Tabla N° 13: Valores mínimos para SR_A y SR_B

Fuente: ATC – 40, 1996

Elaboración Propia

Adicionalmente, en la normativa ATC – 40 se presentan dichos valores de reducción espectral de acuerdo al valor de β_0 y al tipo de comportamiento estructural.

Table 8-3. Spectral Reduction Factors, $SR_A = 1/B_s$ and $SR_v = 1/B_t$.

β_0 (percent)	Behavior Type A ¹			Behavior Type B ¹			Behavior Type C ¹		
	β_{eff}	SR_A (1/ B_s)	SR_v (1/ B_t)	β_{eff}	SR_A (1/ B_s)	SR_v (1/ B_t)	β_{eff}	SR_A (1/ B_s)	SR_v (1/ B_t)
0	5	1.00	1.00	5	1.00	1.00	5	1.00	1.00
5	10	0.78	0.83	8	0.83	0.87	7	0.91	0.93
15	20	0.55	0.66	15	0.64	0.73	10	0.78	0.83
25	28	0.44	0.57	22	0.53	0.63	13	0.69	0.76
35	35	0.38	0.52	26	0.47	0.59	17	0.61	0.70
≥ 45	40	0.33	0.50 ²	29	0.44	0.56	20	0.56	0.67 ²

1. Structural behavior type, see Table 8-4.
2. Controlled by minimum allowable value for SR_v , see Table 8.2

Tabla N° 14: Factores de reducción espectral
 Fuente: ATC – 40, 1996
 Elaboración Propia

Los valores de los ejes X y Y en el espectro de respuesta con 5% de amortiguamiento inicial deben multiplicarse por los factores de reducción SR_A y SR_B , con el fin de obtener el espectro de demanda reducido.

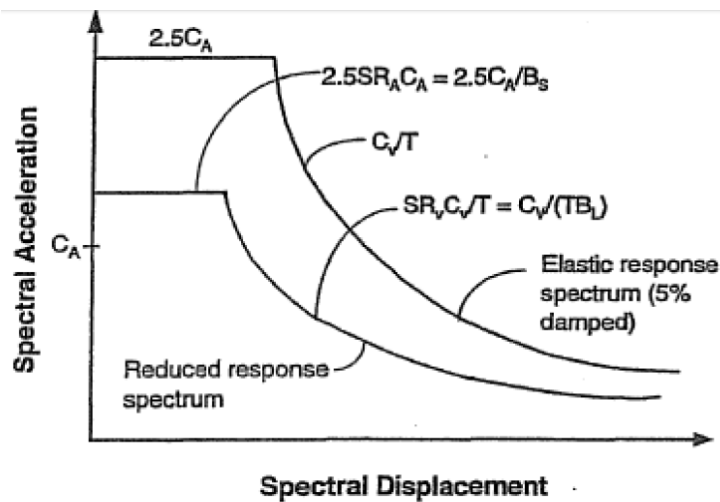


Figura N° 38: Desarrollo del espectro de demanda
 Fuente: ATC – 40, 1996
 Elaboración Propia

La figura a continuación, contiene una familia de espectros de demanda, donde cada uno representa un nivel diferente de amortiguamiento efectivo, graficado para el nivel requerido de amenaza sísmica. Se muestra en formato tradicional (izquierda) y formato ADRS (derecha)

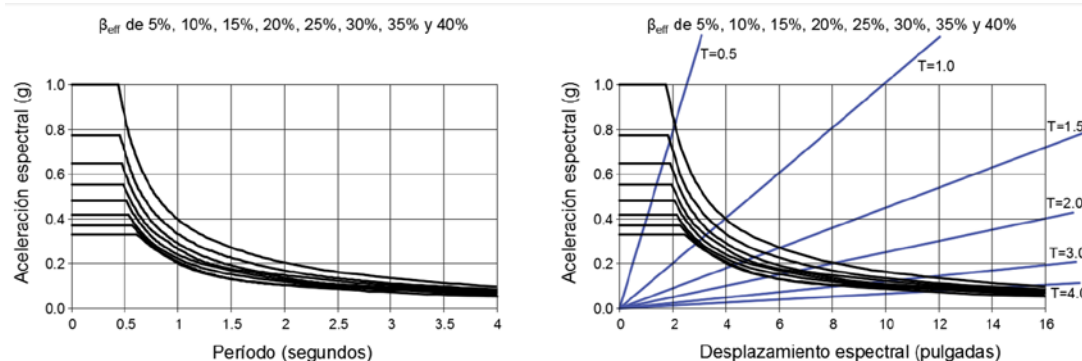


Figura N° 39: Espectros de demanda
Fuente: ATC – 40, 1996
Elaboración Propia

El cálculo del desplazamiento donde la capacidad y la demanda se igualan, exige un proceso iterativo, en primer lugar, se compara el espectro de capacidad con el de demanda, descrito a través del espectro de respuesta elástico usando 5% de amortiguamiento, que será sucesivamente ajustado por estos factores de reducción, tomando en cuenta de manera correcta la disipación histerética de energía o amortiguamiento efectivo relacionado al punto de desplazamiento logrado en cada fase.

Cuando el desplazamiento en el punto de encuentro del espectro de demanda con el de capacidad está en un rango del 5% con respecto al punto de desempeño tentativo, esto es, $0.95d_{pi} \leq d_i \leq 1.05d_{pi}$, este se convierte en el punto de desempeño. Si esta intersección no tiene la tolerancia aceptable, se debe iterar nuevamente.

El punto de desempeño representa el máximo desplazamiento estructural esperado para el movimiento del terreno definido como demanda.

Para el nivel de desempeño Estabilidad Estructural, V_i pertenece a la fuerza de corte total en el nivel i , y P_i a la carga gravitacional total (carga permanente más porción de carga variable) para el mismo nivel.

Table 11-2. Deformation Limits

Interstory Drift Limit	Performance Level			
	Immediate Occupancy	Damage Control	Life Safety	Structural Stability
Maximum total drift	0.01	0.01 - 0.02	0.02	$0.33 \frac{V_t}{P_t}$
Maximum inelastic drift	0.005	0.005 - 0.015	no limit	no limit

Tabla N° 15: Límites de deformación
 Fuente: ATC – 40, 1996
 Elaboración Propia

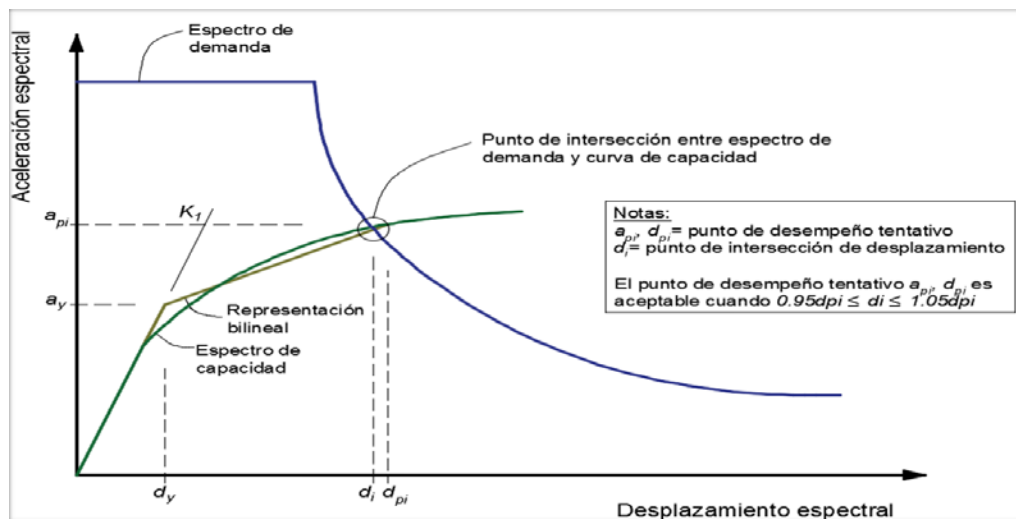


Figura N° 40: Intersección de Espectro de Capacidad con el Espectro de demanda
 Fuente: ATC – 40, 1996
 Elaboración Propia

En la norma ATC 40, la máxima deriva (maximum total drift) se define como la deriva de entrepiso correspondiente al punto de desempeño; y la deriva máxima inelástica (maximum inelastic drift), como la porción de la máxima deriva del tope más allá del punto de cedencia efectiva. Se muestra gráficamente en la siguiente imagen el desplazamiento en el tope y la deriva correspondiente.

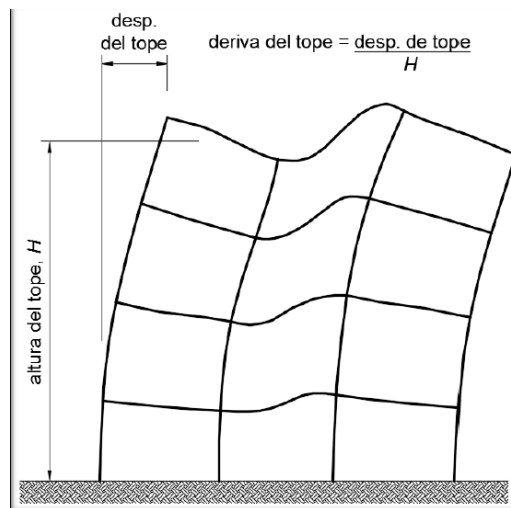


Figura N° 41: Desplazamiento máximo esperado

Fuente: ATC – 40, 1996

Elaboración Propia

2.7.1. PROCEDIMIENTO PROPUESTO EN EL ATC – 40:

En el caso general, la determinación del punto de desempeño requiere una búsqueda de prueba y error para la satisfacción de los dos criterios especificados anteriormente. Sin embargo, el ATC – 40 contiene tres procedimientos diferentes que estandarizan y simplifican este proceso iterativo. Estos procedimientos alternativos se basan todos en los mismos conceptos y relaciones matemáticas, pero varían en su dependencia de las técnicas analíticas y gráficas.

Todos los procedimientos de solución presentados requieren los pasos iniciales que se detallan a continuación:

Paso 1: Seleccionar un espectro representativo del movimiento del terreno de interés, con un amortiguamiento inicial (generalmente igual a 5%)

Paso 2: Convertir dicho espectro a formato ADRS, considerando los efectos de interacción suelo – estructura cuando corresponda, el cual será nuestra demanda inicial.

Paso 3: Generar una curva de capacidad para la estructura a ser analizada y convertirla a formato ADRS.

2.7.1.1. PROCEDIMIENTO A:

En este procedimiento, la iteración se realiza a mano o mediante métodos de hoja de cálculo para converger en el punto de desempeño. Este procedimiento es la aplicación más directa de los principios descritos anteriormente. Los siguientes pasos están involucrados:

Paso A4: Seleccione un punto de desempeño de prueba, api , dpi .

Una primera opción de punto api , dpi podría ser el desplazamiento obtenido usando la aproximación de desplazamiento igual, o, podría ser el punto final del espectro de capacidad, o, podría ser cualquier otro punto elegido sobre la base de juicio de ingeniería.

Paso A5: Desarrollar una representación bilineal del espectro de capacidad usando el proceso descrito.

Paso A6: Calcule los factores de reducción espectral SR . Dibuje el espectro de demanda reducida en el mismo diagrama que el espectro de capacidad.

Paso A7: Determiné si el espectro de demanda intersecta el espectro de capacidad en el punto, api , dpi o si el desplazamiento en el que el espectro de demanda se cruza con el espectro de capacidad, d_i , se encuentra dentro de una tolerancia aceptable de dpi .

Paso A8: Si el espectro de demanda no intersecta el espectro de capacidad dentro de una tolerancia aceptable, selecciona un nuevo punto dpi , api y vuelva a representar bilinealmente

Una nueva opción de punto (api , dpi) podría ser el punto de intersección del paso A7 o cualquier otro punto elegido sobre la base del juicio de ingeniería

Paso A9: Si el espectro de demanda intersecta el espectro de capacidad dentro de una tolerancia aceptable, el punto de desempeño de prueba, api , dpi , es el punto de desempeño, ap , dp , y el desplazamiento, d_e ,



representa el desplazamiento estructural máximo esperado para el sismo de demanda.

El cálculo del desplazamiento de demanda utilizando el procedimiento de espectro de capacidad A se puede hacer a mano, gráficamente, o se puede hacer en una hoja de cálculo gráficamente.

2.7.1.2. PROCEDIMIENTO B:

Aquí se hace una suposición simplificadora que no se hace en los otros dos procedimientos. Se supone que no solo la pendiente inicial de la representación bilineal de la curva de capacidad permanece constante. Esta suposición simplificadora permite una solución directa sin dibujar múltiples curvas por obliga a la amortiguación efectiva, β_{eff} a depender solo de d_{pi} . Los siguientes pasos están involucrados.

Paso B4: Dibujar una familia de espectros reducidos. Es conveniente que en las gráficas de espectros el amortiguamiento efectivo este en un rango de 5% hasta el máximo valor según el tipo de estructura.

El máximo valor de β_{eff} para las construcciones tipo A es de 40%, construcciones tipo B es 29% y para las construcciones tipo C es de 20%

Paso B5: Desarrollar una representación bilineal del espectro de capacidad usando el proceso descrito. El punto asumido de desempeño será definido según la regla de desplazamientos iguales, definiendo como a^* y d^* el punto donde el desplazamiento del espectro de demanda y el espectro de capacidad son iguales considerando la rigidez elástica.

Paso B6: Calcular el amortiguamiento efectivo para varios desplazamientos cercanos al punto a^* y d^* . La pendiente del segmento luego de la cedencia en la representación bilineal viene dada por:

$$post\ yield\ slope = \frac{a^* - a_y}{d^* - d_y}$$

Para cualquier punto a_{pi} , d_{pi} la pendiente del segmento luego de la cedencia en la representación bilineal viene dada por:



$$\text{post yield slope} = \frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}$$

Asumiendo pendientes constantes:

$$\frac{a^* - a_y}{d^* - d_y} = \frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}$$

$$a_{pi} = \frac{(a^* - a_y)(d_{pi} - d_y)}{(d^* - d_y)} + a_y$$

El valor anterior es sustituido en la ecuación de cálculo del β_{eff}

$$\beta_{eff} = \frac{63.7k * (a_y * d_{pi} - d_y a_{pi})}{a_{pi} * d_{pi}} + 5$$

Se resuelve para una serie de valores de dpi asumidos

Paso B7: Por cada valor de dpi considerado en el paso anterior, graficar el resultante punto dpi, β_{eff} en la misma familia de espectros de demanda.

Paso B8: Conectar en forma de línea los puntos creados en el paso anterior. La intersección de esta línea con el espectro de capacidad define el punto de desempeño. Este procedimiento define resultados iguales a los otros métodos si el punto de desempeño resulta estar en a^* , d^* . El resultado podría diferir ligeramente de los otros procedimientos si el punto de desempeño no es a^* , d^* . Si el punto de desempeño esta a una distancia lejana de a^* , d^* el ingeniero deberá verificar con los otros procedimientos.

2.7.1.3. PROCEDIMIENTO C:

Desarrollado para proporcionar una solución gráfica utilizando métodos manuales. Se ha encontrado que a menudo está razonablemente cerca del punto de desempeño en el primer intento. Los siguientes pasos están involucrados.

Paso C4: Dibujar una familia de espectros reducidos. Es conveniente que en los gráficos de espectros el amortiguamiento efectivo esté en un rango de 5% hasta el máximo valor según el tipo de estructura.

Paso C5: Desarrollar una representación bilineal del espectro de capacidad. Seleccione el punto inicial a_{pi} , d_{pi} en el punto más alejado en el espectro de capacidad o en la intersección con el 5% del espectro amortiguado, el que sea menor. Un desplazamiento ligeramente mayor que el calculado usando la aproximación de igual desplazamiento (digamos 1.5 veces mayor) también puede ser una estimación razonable para los d_{pi} iniciales.

Paso C6: Determinar los coeficientes d_{pi}/d_y y $[(a_{pi}/a_y) - 1]/[(d_{pi}/d_y) - 1]$. El segundo término es el coeficiente de la rigidez después de la cedencia con la rigidez inicial.

Paso C7: Con los coeficientes calculados entrar a las tablas siguientes, en función del tipo de estructura y su comportamiento, con estas determinar el valor de amortiguamiento efectivo.

Los valores dados en los cuadros se derivan de la ecuación de β_{eff} . La ecuación y las tablas dan los mismos resultados.

Paso C8: Extienda la línea de rigidez inicial, etiquetada Línea 1 en la figura N° X: hasta intersectar la curva de amortiguamiento de 5%. Además, dibuje una línea etiquetada Línea 2, también ubicada en la Figura N° X, desde el origen hasta el punto a_{pi} , d_{pi} .

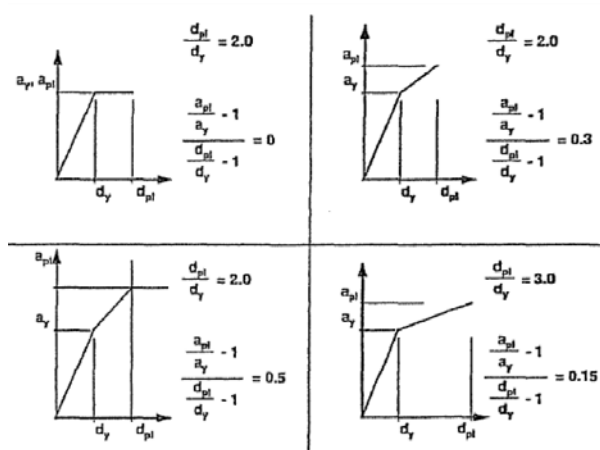


Figura N° 42: Coeficientes de la rigidez
 Fuente: ATC – 40, 1996
 Elaboración Propia



**Table 8-5. Effective Damping, β_{eff} , in percent—
Structural Behavior Type A**

d_{pi}/d_y	Slope Ratio: $(a_{pi}/a_y - 1)/(d_{pi}/d_y - 1)$						
	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0
10	10	12	16	21	30	37	40
8	11	14	18	23	31	37	40
6	13	16	20	25	33	37	40
4	16	19	23	28	34	37	40
3	16	19	23	27	33	36	39
2	16	19	22	25	29	31	33
1.5	13	16	18	20	23	24	24
1.25	11	12	13	15	16	17	18

Tabla N° 16: Efectos de amortiguamiento Tipo A
 Fuente: ATC – 40, 1996
 Elaboración: ATC – 40, 1996

**Table 8-6. Effective Damping, β_{eff} , in percent—
Structural Behavior Type B**

d_{pi}/d_y	Slope Ratio: $(a_{pi}/a_y - 1)/(d_{pi}/d_y - 1)$						
	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0
10	9	10	12	16	23	27	29
8	9	11	13	17	24	27	29
6	10	12	15	19	25	27	29
4	11	14	17	21	25	27	29
3	12	14	17	21	25	27	29
2	12	14	16	19	22	24	25
1.5	11	12	14	15	17	18	18
1.25	9	10	10	11	12	13	13

Tabla N° 17: Efecto de amortiguamiento Tipo B
 Fuente: ATC – 40, 1996
 Elaboración: ATC – 40, 1996

**Table 8-7. Effective Damping, β_{eff} , in percent—
Structural Behavior Type C**

d_{pi}/d_y	Slope Ratio: $(a_{pi}/a_y - 1)/(d_{pi}/d_y - 1)$						
	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0
10	7	7	9	10	14	17	20
8	7	8	9	11	15	18	20
6	7	9	10	12	16	18	20
4	8	9	11	13	16	18	20
3	9	10	11	13	16	17	19
2	9	10	11	12	14	15	16
1.5	8	9	9	10	11	11	11
1.25	7	7	8	8	9	9	9

Tabla N° 18: Efecto de amortiguamiento Tipo C
 Fuente: ATC – 40, 1996
 Elaboración: ATC – 40, 1996

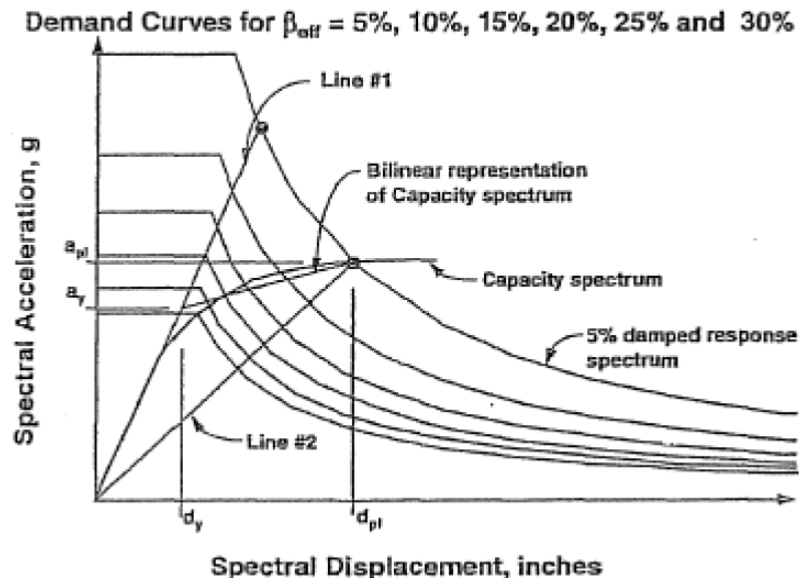


Figura N° 43: Curva de demanda por β_{eff}

Fuente: ATC – 40, 1996

Elaboración: ATC – 40, 1996

Paso C9: Dibuje una línea, etiquetada Línea 3 en la figura anterior, desde el punto de intersección de la Línea 1 y el 5% del espectro de respuesta amortiguado hasta el punto de intersección de la Línea 2 y el espectro reducido que corresponde al β_{eff} determinado en el paso 7. Observe que la figura se dibuja por una β_{eff} de aproximadamente 24%.

Paso C10: El punto donde la Línea 3 cruza el espectro de capacidad se toma como el punto de desempeño estimado a_{p2} , d_{p2} .

Paso C11: Si el desplazamiento d_{p2} está dentro del $\pm 5\%$ del desplazamiento d_{p1} , entonces el punto a_{p2} , d_{p2} es el punto de desempeño (o en términos más generales, si el desplazamiento $d_{p(i+1)}$ está dentro del $\pm 5\%$ del desplazamiento d_{pi} , entonces el punto $a_{p(i+1)}$, $d_{p(i+1)}$ es el punto de desempeño. Si los desplazamientos no están dentro de la tolerancia especificada, proceda con el paso C12.

Paso C12: Repita el proceso comenzado en el paso 5, incrementando en 1. Por lo tanto, en la segunda iteración, la Línea 2 se dibuja desde el origen hasta el punto a_{p2} , d_{p2} .



2.7.2. PROCEDIMIENTO PROPUESTO EN EL FEMA 440

En el método del espectro de capacidad del ATC – 40, el proceso comienza generando una relación fuerza – desplazamiento de la estructura. Este método asume que el amortiguamiento equivalente del sistema es proporcional al área encerrada por la curva de capacidad. El periodo equivalente, T_{eq} , representa al período secante en el cual la demanda sísmica reducida por el amortiguamiento equivalente, intercepta la curva de capacidad.

Debido a que el periodo equivalente y el amortiguamiento se encuentran en función del desplazamiento, la solución para determinar el máximo desplazamiento inelástico conlleva un proceso iterativo. Se reglamentan valores límite en el amortiguamiento equivalente para tomar en cuenta la disminución de resistencia y rigidez.

En el documento se presenta un procedimiento llamado *Linealización Equivalente Mejorada (Improved Procedures for Equivalent Linearization Cap 6)*, como modificación al Método del Espectro de Capacidad del ATC – 40.

El objetivo de la linealización equivalente, es el de definir la respuesta máxima de desplazamiento del sistema no lineal con un sistema equivalente lineal, utilizando un periodo efectivo T_{eff} y un amortiguamiento efectivo β_{eff} . Estos parámetros están en función de las propiedades de la curva de capacidad, el amortiguamiento y periodo inicial del sistema y la demanda de ductilidad u .

El procedimiento es parecido. Se incluye una técnica para modificar el espectro de demanda resultante de modo que coincidirá con el método en el ATC – 40 en el que se realiza la intersección con la curva de capacidad, encontrando el punto de desempeño para el modelo estructural.

La solución se encuentra mediante un proceso iterativo o gráfico, debido a que la ductilidad es el objetivo del análisis y los parámetros efectivos son función.

Los parámetros lineales equivalentes se encuentran a través de un análisis estadístico que minimiza, de una manera rigurosa, las ocurrencias extremas de los errores entre la respuesta máxima de un sistema inelástico real y su homólogo lineal equivalente. Una de las variables de la que depende el cálculo de los parámetros efectivos es el tipo de comportamiento histerético que presenta la estructura, en términos de reducción de resistencia y rigidez. Se analizaron 3 tipos de comportamientos:

Histerético Bilineal – BLH (Bilinear Hysteretic)

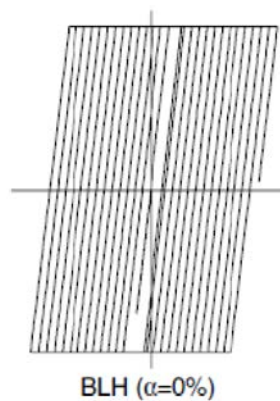


Figura N° 44: Comportamiento histerético bilineal

Fuente: ATC – 40, 1996

Elaboración: ATC – 40, 1996

Degradación de rigidez – STDG (Stiffness Degrading)

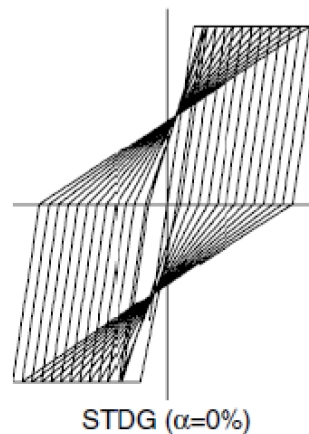


Figura N° 45: Comportamiento de degradación de rigidez

Fuente: ATC – 40, 1996

Elaboración: ATC – 40, 1996

Degradación de resistencia – STRDG (Strength Degrading)

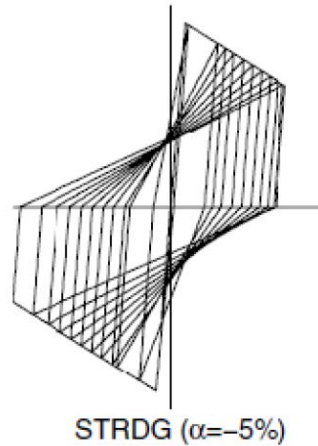


Figura N° 46: Comportamiento de degradación de resistencia

Fuente: ATC – 40, 1996

Elaboración: ATC – 40, 1996

2.7.2.1. AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO

Los valores del amortiguamiento viscoso efectivo en función de la ductilidad global de la estructura, expresados como un porcentaje de amortiguamiento crítico, para todos los tipos de modelo histerético y valores de α se calculan con las siguientes expresiones, del FEMA 440, 2005:

$$\mu = \frac{d_{max}}{d_y}$$

Para $1.00 < \mu < 4.00$

$$\beta_{eff} = A(\mu - 1)^2 + B(\mu - 1)^3 + \beta_0$$

Para $4.00 < \mu < 6.50$

$$\beta_{eff} = C + D(\mu - 1) + \beta_0$$

Para $\mu \geq 6.50$



$$\beta_{eff} = E \left[\frac{F(\mu - 1) - 1}{[F(\mu - 1)]^2} \right] * \left(\frac{T_{eff}}{T_o} \right)^2 + \beta_o$$

Los valores dentro de las fórmulas están tabulados en la tabla 6 – 1 ubicada en el FEMA 440. Estos valores son en función de las características de la curva de capacidad del oscilador de 01 GDL (modelo de análisis), en términos de tipo de histéresis y rigidez post – elástica α .

Table 6-1 Coefficients for use in Equations for Effective Damping							
Model	α (%)	A	B	C	D	E	F
Bilinear hysteretic	0	3.2	-0.66	11	0.12	19	0.73
Bilinear hysteretic	2	3.3	-0.64	9.4	1.1	19	0.42
Bilinear hysteretic	5	4.2	-0.83	10	1.6	22	0.40
Bilinear hysteretic	10	5.1	-1.1	12	1.6	24	0.36
Bilinear hysteretic	20	4.6	-0.99	12	1.1	25	0.37
Stiffness degrading	0	5.1	-1.1	12	1.4	20	0.62
Stiffness degrading	2	5.3	-1.2	11	1.6	20	0.51
Stiffness degrading	5	5.6	-1.3	10	1.8	20	0.38
Stiffness degrading	10	5.3	-1.2	9.2	1.9	21	0.37
Stiffness degrading	20	4.6	-1.0	9.6	1.3	23	0.34
Strength degrading	.3 ^a	5.3	-1.2	14	0.69	24	0.90
Strength degrading	-.5 ^a	5.6	-1.3	14	0.61	22	0.90

a. Negative values of post-elastic stiffness should be limited to α_e , as discussed in Section 4.3

*Tabla N° 19: Tabla 6-1 de Fema 440
 Fuente: FEMA 440, 2005
 Elaboración: FEMA 440, 2005*

Los coeficientes de la tabla 6 – 1 del Fema 440 han sido optimizados para poder acoplarse con los resultados empíricos de los modelos idealizados de osciladores que presentan un comportamiento histerético bien definido, como se indicó anteriormente. Las estructuras reales, conformadas por un conjunto de muchos elementos que pueden presentar comportamientos histeréticos distintos, rara vez presentarán comportamientos que coincidan exactamente con el de los osciladores; es por esto que debe hacerse con sumo cuidado la elección de los coeficientes de la tabla mencionada.

Si todos los componentes exhiben un comportamiento parecido puede inferirse que el comportamiento histerético de la estructura será casi igual al de un oscilador idealizado. Para modelos de estructuras en los cuales sus componentes muestran comportamiento fuerza – deformación

distintos, queda menos claro cuál coeficiente utilizar. Cuando exista esta duda, se deben usar las ecuaciones generales optimizadas que se presentan a continuación:

Para $1.00 < \mu < 4.00$

$$\beta_{eff} = 4.90(\mu - 1)^2 + 1.10(\mu - 1)^3 + \beta_0$$

Para $4.00 < \mu < 6.50$

$$\beta_{eff} = 14.00 + 0.32(\mu - 1) + \beta_0$$

Para $\mu \geq 6.50$

$$\beta_{eff} = 19 \left[\frac{0.64(\mu - 1) - 1}{[0.64(\mu - 1)]^2} \right] * \left(\frac{T_{eff}}{T_0} \right)^2 + \beta_0$$

2.7.2.2. PERIODO EFECTIVO

Cuando no se esté seguro del tipo de comportamiento, se deberán utilizar las expresiones optimizadas para cualquier comportamiento, independiente del modelo histerético o rigidez post – elástica α , del FEMA 440, 2005:

Para $1.00 < \mu < 4.00$

$$T_{eff} = [0.20(\mu - 1)^2 - 0.038(\mu - 1)^3 + 1]T_0$$

Para $4.00 < \mu < 6.50$

$$T_{eff} = [0.28 + 0.13(\mu - 1) + 1]T_0$$

Para $\mu \geq 6.50$

$$\beta_{eff} = \left\{ 0.89 * \left[\sqrt{\frac{(\mu - 1)}{1 + 0.05 * (\mu - 2)}} - 1 \right] + 1 \right\} T_0$$

Estas expresiones aplican solo para $T_0 = 0.2$ a 2 seg

El método convencional del Espectro de Capacidad utiliza el periodo secante como el periodo lineal efectivo al determinar el desplazamiento máximo. Esto resulta en el máximo desplazamiento que ocurre en el punto



de encuentro de la curva de capacidad de la estructura y la curva de demanda, lo cual es útil por dos razones: proporciona una herramienta gráfica que facilita la comparación entre la capacidad y la demanda; y se han propuesto estrategias efectivas para la linealización equivalente, mediante una curva de demanda modificada (MADRS) que intercepta la curva de capacidad en el desplazamiento máximo.

Al utilizar las ecuaciones de periodo y amortiguamiento efectivo, resulta un desplazamiento máximo que coincide con el encuentro de una línea radial de periodo efectivo en la demanda, en formato ADRS para el amortiguamiento efectivo.

El periodo efectivo T_{eff} obtenido a partir del procedimiento renovado, es generalmente más corto que el periodo secante T_{sec} en el punto de la curva de capacidad correspondiente al desplazamiento máximo d_{max} . La aceleración efectiva α_{eff} no es importante, ya que la máxima aceleración real α_{max} debe estar sobre la curva de capacidad y coincidir con el desplazamiento máximo d_{max} .

Al multiplicar los puntos del eje Y de la demanda con amortiguamiento efectivo β_{eff} por el factor de modificación M (en formato ADRS), desarrollamos la curva de demanda modificada (MADRS), la cual intercepta la curva de capacidad en el punto de desempeño. El factor de modificación se calcula con:

$$M = \frac{\alpha_{max}}{\alpha_{eff}}$$

Debido a que los valores de aceleración están relacionados directamente con los periodos pertinentes, el factor de modificación se calcula:

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

Donde:

$$\left(\frac{T_o}{T_{sec}}\right)^2 = \frac{1 + \alpha(\mu - 1)}{\mu}$$

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\frac{a_y}{d_y}}$$

Los procedimientos de linealización equivalente requieren el uso de factores de reducción espectral de modo que estos ajusten el espectro de respuesta inicial al nivel adecuado de amortiguamiento efectivo β_{eff} . La ordenada espectral reducida será igual a la ordenada espectral inicial dividida entre un factor B, como se muestra:

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

Donde:

$$B = \frac{4}{5.60 - \ln \beta_{eff} (in\%)}$$

Esta expresión simple está muy cerca de las ecuaciones especificadas tanto en las Disposiciones recomendadas por el NEHRP para regulaciones sísmicas para edificios nuevos y otras estructuras como en el documento ATC – 40.

2.7.2.3. PROCEDIMIENTO

Dado que el periodo efectivo, T_{eff} y la amortiguación efectiva, β_{eff} , son ambas funciones de la demanda de ductilidad, el cálculo de un desplazamiento máximo utilizando linealización equivalente no es directo y requiere un procedimiento de solución iterativo o gráfico. Esto es lo mismo que la situación anterior con el Método de Capacidad – Espectro del ATC – 40. El FEMA 440 al igual que el ATC – 40 presenta tres procedimientos alternativos. Otros procedimientos son posible.

Todos los procedimientos de solución presentados requieren los pasos iniciales que se detallan a continuación

Paso 01: Seleccionar un espectro representativo del motivo del lugar de interés, con un amortiguamiento inicial (generalmente igual a 5%)



Paso 02: Convertirlo a formato ADRS, considerando los efectos de interacción suelo – estructuras correspondientes, el cual será nuestra demanda inicial.

Paso 03: Producir una curva de capacidad para la estructura a ser analizada y convertirla a formato ADRS

Paso 04: Seleccionar un punto de desempeño inicial

Paso 05: Desarrollar una representación bi-lineal del espectro de capacidad de acuerdo a los procedimientos del ATC – 40, donde se define el periodo inicial T_0 , desplazamiento cedente D_y , y aceleración, cedente a_y , como se muestra en la siguiente figura.

Paso 06: Para la representación bilineal, calcular los valores de la rigidez post – elástica α y ductilidad μ , como sigue:

$$\alpha = \frac{\left(\frac{a_{pi} - a_y}{d_{pi} - d_y}\right)}{\frac{a_y}{d_y}}$$
$$\mu = \frac{d_{pi}}{d_y}$$

Paso 07: Utilizando estos valores, calcular los valores de amortiguamiento efectivo β_{eff} y periodo efecto T_{eff} .

Después de este paso en los procedimientos, hay varias opciones disponibles para identificar una única solución. Tres posibles procedimientos se describen a continuación

2.7.2.3.1. PROCEDIMIENTO A (ITERACIÓN DIRECTA):

En este procedimiento, la iteración se realiza para converger directamente en un punto de desempeño. Los espectros de demanda ADRS generados para los diversos valores de amortiguación efectiva no se modifican para intersectar el espectro de capacidad.



Paso A8: Ajustar la demanda inicial en formato ADRS, utilizando el amortiguamiento efectivo β_{eff}

Paso A9: Determinar el desplazamiento máximo estimado d_i y la aceleración a_i al intersectar el periodo efectivo radial T_{eff} con la demanda para β_{eff}

Paso A10: Comparar este valor estimado de desplazamiento d_i con la suposición inicial d_{pi} . Si está entre el margen de tolerancia (solo con una diferencia de $\pm 5\%$), este será el punto de desempeño. De lo contrario, se deberá asumir un nuevo valor (d_{pi}, a_{pi}) y repetir el procedimiento, hasta encontrar el punto de desempeño.

2.7.2.3.2. PROCEDIMIENTO B (INTERSECCIÓN CON DEMANDA MADRS)

En este procedimiento, el punto de desempeño se define como la intersección del espectro de capacidad con el ADRS modificado (MADRS). El espectro de demanda de MADRS se genera modificando los ADRS para los diversos valores de amortiguación efectiva.

Paso B8: Ajustar la demanda inicial a ADRS, utilizando el amortiguamiento efectivo β_{eff}

Paso B9: Multiplicar los valores de aceleración de la demanda por el factor de modificación M , hallado con T_{eff} . No modificarán los valores de desplazamiento de dicha demanda.

Paso B10: Determinar la estimación de la máxima aceleración a_i y desplazamiento d_i , mediante la intersección de la demanda MADRS con la curva de capacidad.

Paso B11: Comparar este valor estimado d_i con la suposición inicial d_{pi} . Si está entre el margen de tolerancia ($\pm 5\%$), este será el punto de desempeño. De lo contrario, se deberá iterar.

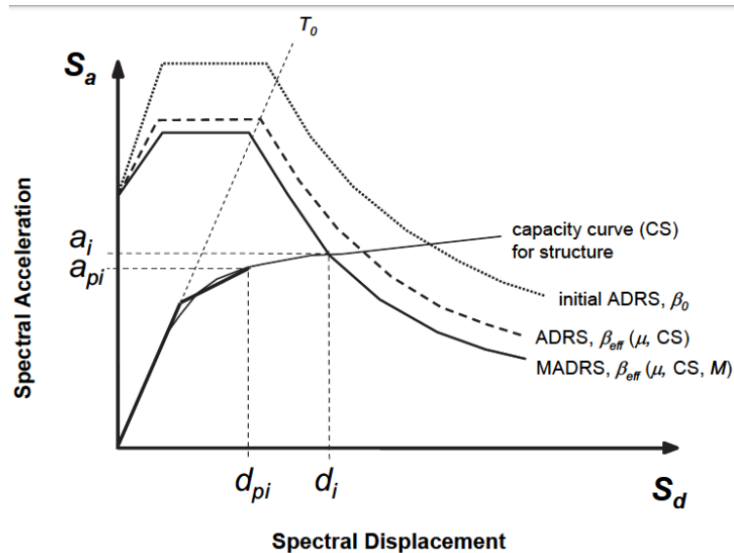


Figura N° 47: Intersección con demanda MADRS

Fuente: FEMA 440, 2005

Elaboración: FEMA 440, 2005

2.7.2.3.3. PROCEDIMIENTO C (BÚSQUDA DE POSIBLES PUNTOS DE DESEMPEÑO)

Este enfoque usa el espectro modificado de aceleración – respuesta para múltiples soluciones supuestas (a_{pi}, d_{pi}) y las ductilidades correspondientes para generar un lugar de posibles puntos de desempeño. El punto de desempeño real se encuentra en la intersección de este lugar (plano) y el espectro de capacidad.

Paso C8: Ajustar la demanda inicial a ADRS, utilizando el amortiguamiento efectivo β_{eff}

Paso C9: Multiplicar los valores de aceleración de la demanda, por el factor M , hallado con T_{eff} , para generar el espectro de respuesta modificado aceleración – desplazamiento MADRS

Paso C10: Se genera un posible punto de desempeño mediante el encuentro del periodo radial secante T_{sec} , con la demanda MADRS.

Paso C11: Incrementar o disminuir el punto de desempeño asumido, para generar una serie de posibles puntos.

Paso C12: El punto de desempeño real será el que se encuentre al espectro de capacidad.

Este procedimiento puede automatizarse al escoger una solución inicial para una ductilidad de $\mu = 1.00$, y las siguientes suposiciones se establecen al incrementar dichas ductilidades.

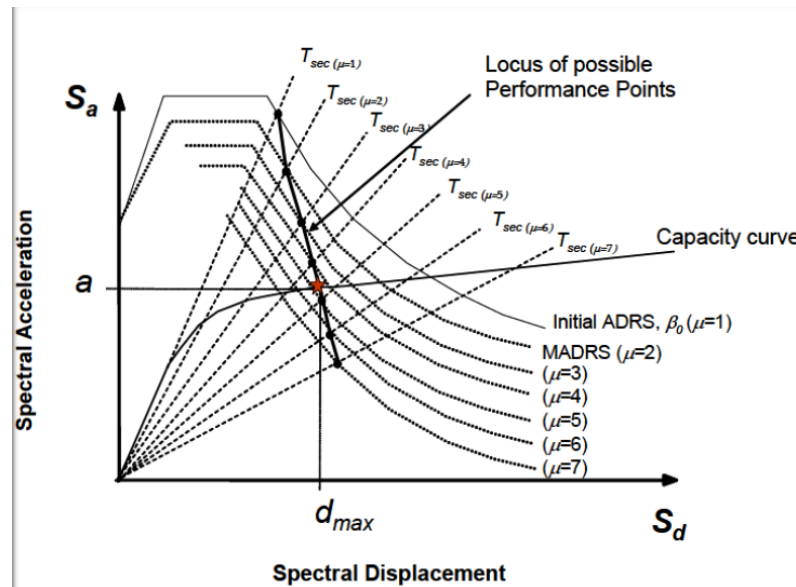


Figura N° 48: Búsqueda de posibles puntos de desempeño
 Fuente: FEMA 440, 2005
 Elaboración: FEMA 440, 2005

2.8. MÉTODO DE LOS COEFICIENTES DE DESPLAZAMIENTOS

CURVA IDEALIZADA FUERZA – DESPLAZAMIENTO O REPRESENTACIÓN BILINEAL DE LA CURVA DE CAPACIDAD:

La curva de capacidad obtenida en el análisis estático no lineal, debe reemplazarse por una curva idealizada, con la finalidad de calcular la rigidez lateral efectiva K_e , la resistencia cedente efectiva V_y , y rigidez efectiva positiva $\alpha_1 K_e$ o negativa $\alpha_2 K_e$, de la edificación.

Los segmentos de línea en la curva de desplazamiento de fuerza idealizada se ubicarán utilizando un procedimiento gráfico iterativo que equilibra aproximadamente el área por encima y por debajo de la curva.

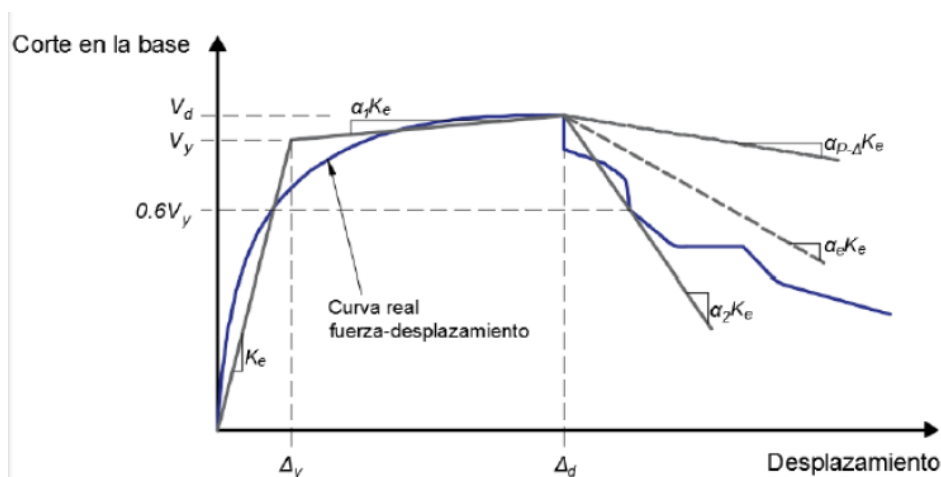


Figura N° 49: Curva idealizada
 Fuente: FEMA 440, 2005
 Elaboración: FEMA 440, 2005

El primer segmento lineal de la curva idealizada debe iniciar en el origen de coordenadas, con una pendiente igual a la rigidez lateral efectiva K_e , la cual se toma como la rigidez secante calculada a una fuerza cortante basal igual al 60% de la resistencia cedente efectiva V_y de la edificación.

El segundo segmento lineal con pendiente positiva post – cedencia $\alpha_1 K_e$, debe determinarse a partir del punto (V_d, Δ_d) y el punto de intersección con el primer segmento lineal, de manera de equilibrar las áreas por encima y por debajo de entre ambas curvas real e idealizada. El punto (V_d, Δ_d) será el menor entre el punto de desplazamiento objetivo calculado y el punto de desplazamiento correspondiente al corte máximo en la base.

El tercer segmento lineal debe representar la pendiente negativa post – cedencia $\alpha_2 K_e$, determinada por el punto (V_d, Δ_d) y el punto en el cual el corte en la base se degrada un 60% del corte cedente efectivo. La selección del 60% se basa en juicios.

Los procedimientos estáticos no lineales, no son capaces de diferenciar completamente entre pérdidas de resistencia en ciclo, o entre ciclos consecuentes. Sin embargo, se puede obtener una visión al separar los efectos $P\Delta$ en ciclo de valor de α_2 . Una rigidez post – elástica efectiva puede entonces determinarse como:

$$\alpha_e = \alpha_{P\Delta} + \lambda(\alpha_2 - \alpha_{P\Delta})$$

Donde $0 \leq \lambda \leq 1.00$

La norma FEMA 440 recomienda que se tome un valor de $\lambda = 0.20$ para condiciones de sitio no sujetas a efectos locales y un valor de $\lambda = 0.80$ aquellas en las que si se presenten efectos de falla local de sitio. Estos valores son empíricos basados en el juicio de los autores e intentan reconocer el potencial de la inestabilidad dinámica que puede ocurrir en pérdidas de resistencia en ciclo asociadas con movimientos locales impulsivos de gran magnitud y al mismo tiempo, evitar penalizar estructuras con pérdida de resistencia cíclica predominante asociada a movimientos no impulsivos.

PERIODO EFECTIVO

El periodo fundamental T_e en la dirección bajo consideración se calcula a partir de la curva idealizada fuerza – deformación, aplicando la siguiente ecuación:

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

Donde:

T_i = Periodo elástico fundamental (s) en la dirección bajo consideración, calculado a partir del análisis dinámico elástico

K_i = rigidez lateral elástico inicial de la edificación, en la dirección bajo consideración

K_e = Rigidez lateral efectiva de la edificación, en la dirección bajo consideración, calculada a partir de la curva idealizada fuerza – desplazamiento.

LIMITACIONES DEL PROCEDIMIENTO ESTÁTICO NO LINEAL:

Se presentan a continuación las características que deben cumplir las estructuras cuando es aplicado un análisis estático no lineal.



La tasa de resistencia $\mu_{strength}$ debe ser menor que el valor máximo μ_{max} . Si esta relación no se cumple, debe llevarse a cabo un procedimiento de análisis dinámico no lineal para confirmar su estabilidad dinámica. La tasa de resistencia $\mu_{strength}$ es una medida de la extensión de la no linealidad y μ_{max} es una medida de la degradación del sistema. Las estructuras que experimentan demanda no lineal superior a μ_{max} tienen una degradación significativa. Ambos valores se calculan mediante ecuaciones expuestas en el siguiente apartado.

Los modos superiores de vibración no deben ser influyentes en la respuesta global de la estructura. Para comprobarlo, debe realizarse un primer análisis modal tomando en cuenta suficientes modos para sumar el 90% de participación de la masa y un segundo análisis modal considerando solo el primer modo de vibración. Si el corte de piso en cualquier nivel obtenido a partir del primer análisis (participación de masa del 90%) excede en un 130% al corte de piso obtenido en el segundo análisis, deben considerarse significativos los modos de vibración superiores. Si este fuese el caso, deben llevarse a cabo, además del análisis estático no lineal NSP, un análisis dinámico lineal (LDP)

DETERMINACIÓN DE FUERZAS, DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES: FEMA 356

Para edificaciones con diafragmas rígidos, el desplazamiento obtenido δ_t debe calcularse a partir de la siguiente ecuación:

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

Donde:

C_0 = Factor de modificación para relacionar el desplazamiento espectral de un sistema SDOF equivalente con el desplazamiento del techo del sistema MDOF del edificio calculado utilizando uno de los siguientes procedimientos:

El factor de participación del primer modo, en el nivel del nodo de control



El factor de participación modal en el nivel del nodo de control calculado usando un vector de forma correspondiente a la forma desplazada del edificio en el desplazamiento del objetivo. Este procedimiento se utilizará si se usa el patrón de carga adaptativa

El valor apropiado de la Tabla siguiente

Table 3-2 Values for Modification Factor C_0 ¹

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

1. Linear interpolation shall be used to calculate intermediate values.
 2. Buildings in which, for all stories, interstory drift decreases with increasing height.

*Tabla N° 20: Tabla 3-2 Valores para C_0 con el FEMA 440
 Fuente: FEMA 440, 2005
 Elaboración: FEMA 440, 2005*

C1: Factor de modificación para relacionar los desplazamientos inelásticos máximos esperados con los desplazamientos calculados para la respuesta elástica lineal:

$C_1 = 1.00$ para $T_e \geq T_s - T_s =$ periodo donde culmina el tramo constante del espectro

$C_1 = (1.00 + (R - 1.00) T_s / T_e) / R$ para $T_e < T_s$

No puede ser mayor a 1.50 ni menor que 1.00

R = Es igual a la relación entre la demanda elástica de resistencia y el coeficiente de resistencia a la cedencia calculado como:

$$R = \frac{S_a}{\frac{V_y}{W}} * C_m$$

C_m = Factor de masa efectivo, tomado a partir de la tabla mostrada a continuación, o alternativamente, como el factor de masa participativa modal efectivo del modo fundamental al utilizar análisis de autovalores.



Table 3-1 Values for Effective Mass Factor C_m ¹

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

1. C_m shall be taken as 1.0 if the fundamental period, T , is greater than 1.0 second.

Tabla N° 21: Tabla 3-1 Valores para C_m en el FEMA 440
 Fuente: FEMA 440, 2005
 Elaboración: FEMA 440, 2005

C_2 = Corresponde al factor de modificación que representa el efecto de estrangulamiento en la curva de histéresis, degradación de la rigidez cíclica, y deterioro de resistencia en la respuesta máxima en términos de desplazamiento. Los valores de C_m para diferentes sistemas de estructuras y niveles de rendimiento estructural se obtendrán en la siguiente tabla. Alternativamente, se permitirá el uso de $C_2 = 1.00$ para procedimientos no lineales.

Table 3-3 Values for Modification Factor C_2

Structural Performance Level	$T \leq 0.1$ second ³		$T \geq T_S$ second ³	
	Framing Type 1 ¹	Framing Type 2 ²	Framing Type 1 ¹	Framing Type 2 ²
Immediate Occupancy	1.0	1.0	1.0	1.0
Life Safety	1.3	1.0	1.1	1.0
Collapse Prevention	1.5	1.0	1.2	1.0

- Structures in which more than 30% of the story shear at any level is resisted by any combination of the following components, elements, or frames: ordinary moment-resisting frames, concentrically-braced frames, frames with partially-restrained connections, tension-only braces, unreinforced masonry walls, shear-critical, piers, and spandrels of reinforced concrete or masonry.
- All frames not assigned to Framing Type 1.
- Linear interpolation shall be used for intermediate values of T .

Tabla N° 22: Tabla 3-3 Valores para C_2 en el FEMA 440

C_3 = Factor de modificación para representar desplazamientos incrementados debido a los efectos $P\Delta$ dinámicos. Para edificios con rigidez post – rendimiento positivo, se establecerá igual a 1.00. Para edificios con rigidez post – rendimiento negativo, los valores de C_3 se calcularán usando la ecuación siguiente:

$$C_3 = 1.00 + \frac{|a_2|(R - 1)^{3/2}}{T_e}$$

Para edificios con diafragmas no rígidos en cada piso, la flexibilidad del diafragma debe incluirse explícitamente en el modelo. El desplazamiento objetivo se calculará como se especifica para los diafragmas rígidos, excepto que se amplificará por la relación del desplazamiento máximo en cualquier punto del techo con respecto al desplazamiento en el centro de masa del techo ($\delta_{max} / \delta_{cm}$). δ_{max} y δ_{cm} se basarán en un análisis del espectro de respuesta de un modelo tridimensional del edificio. El desplazamiento objetivo así calculado no será menor que el desplazamiento dado por la ecuación

DETERMINACIÓN DE FUERZAS, DESPLAZAMIENTOS Y DEFORMACIONES: FEMA 440 Y ASCE 41-13

El FEMA 440 ha desarrollado mejoras sugeridas para el método de coeficiente de FEMA 356. Las recomendaciones incluyen varias alternativas mejoradas para la relación básica del desplazamiento máximo (elástico más inelástico) para un oscilador SDOF elástico perfectamente plástico al desplazamiento máximo para un oscilador elástico completamente lineal que se designa como el coeficiente C1 en FEMA 356. También recomienda que se abandonen las limitaciones actuales (límite) permitidas por FEMA 356 al C1. Además, se reconoce una distinción entre dos tipos diferentes de degradación de la fuerza que tienen diferentes efectos en la respuesta y el rendimiento del sistema. Esta distinción conduce a recomendaciones para el coeficiente C2 tenga en cuenta la degradación cíclica de la resistencia y la rigidez. También se sugiere eliminar el coeficiente C3 y reemplazarlo por una limitación de la fuerza. Las expresiones propuestas para los coeficientes se basan en datos empíricos. Se han formulado para proporcionar estimaciones de los valores esperados en función de los resultados analíticos disponibles sobre la respuesta de los osciladores SDOF sujetos a los registros de movimientos del suelo.

Para edificaciones con diafragmas rígidos, el desplazamiento objetivo δ_t debe calcularse a partir de la siguiente ecuación:

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 C_3 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g$$

Donde:



C_0 = Corresponde al factor de modificación que relaciona desplazamientos espectrales de un sistema equivalente de un grado de libertad, con los desplazamientos en el tope del sistema de múltiples grados de libertad de la edificación. Puede calcularse de las siguientes maneras: mediante la multiplicación del factor de participación de masa por la ordenada de la forma modal del modo fundamental de vibración en el nodo control; mediante la multiplicación del factor de participación de masa calculado utilizando un vector de forma correspondiente a la deformada de la edificación en el punto de desempeño, por la ordenada del vector de forma en el nodo control; o tomarse a partir de los valores en la siguiente tabla:

Table 7-5. Values for Modification Factor C_0

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

NOTE: Linear interpolation shall be used to calculate intermediate values.
^aBuildings in which, for all stories, story drift decreases with increasing height.

*Tabla N° 23: Tabla 7 – 5 Valores de C_0 de FEMA 440
 Fuente: FEMA 440, 2005
 Elaboración: FEMA 440, 2005*

C_1 = Corresponde al factor de modificación que relaciona los máximos desplazamientos inelásticos esperados, con los calculados para una respuesta lineal elástica

Para la mayoría de las estructuras, se puede usar la siguiente expresión simplificada para el coeficiente:

$$C_1 = 1 + \frac{\mu_{strength} - 1}{\alpha T_e^2}$$



Esta expresión proporciona una estimación mejorada de la relación de las deformaciones máximas de los sistemas SDOF inelásticos con el comportamiento elastoplástico las deformaciones máximas de los sistemas lineales de un solo grado de libertad

Donde:

El valor de α corresponde a la clasificación del tipo de suelo en el sitio, especificado según la clasificación definida en la norma ASCE 7

$\alpha = 130$ para clasificación de sitio A o B (roca)

$\alpha = 90$ para clasificación de sitio C (suelo denso y roca suave)

$\alpha = 60$ para clasificación de sitio D, E o F (suelos rígidos, arcillosos o sin clasificación)

$\mu_{strength}$ = relación entre la demanda elástica de resistencia y el coeficiente de resistencia a la cedencia calculado como:

$$\mu_{strength} = \frac{S_a}{V_y} * C_m$$

V_y = Resistente cedente de la estructura calculada en la idealización de la curva fuerza – desplazamiento de la edificación

W = Peso sísmico efectivo, calculado considerando toda la carga permanente y un porcentaje de la carga variable según corresponda.

C_m = factor de masa efectivo, tomado a partir de la tabla siguiente mostrada a continuación o alternativamente como el factor de masa participativa modal efectivo del modo fundamental al utilizar análisis de autovalores. Si el periodo de vibración es mayor a 1, tomar $C_m = 1$

Table 7-4. Values for Effective Mass Factor C_m

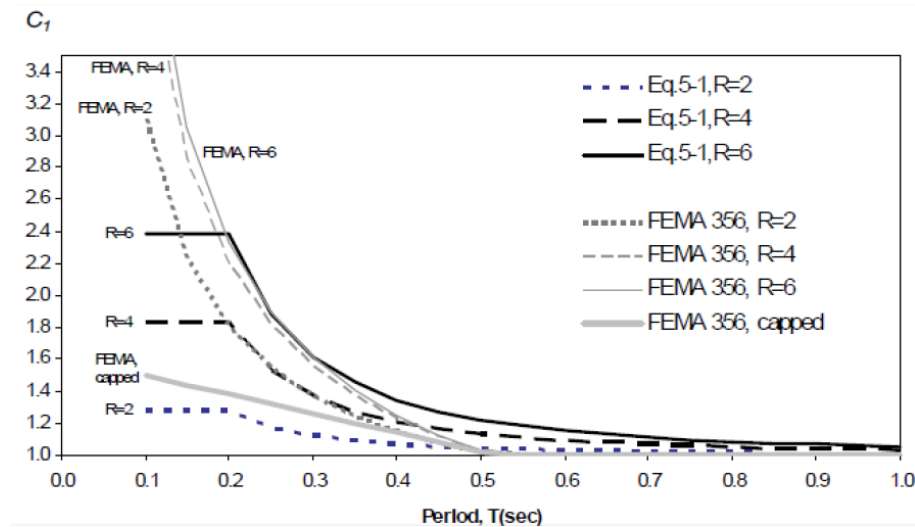
No. of Stories	Concrete Moment Frame	Concrete Shear Wall	Concrete Pier-Spandrel	Steel Moment Frame	Steel Concentrically Braced Frame	Steel Eccentrically Braced Frame	Other
1-2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3 or more	0.9	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0

NOTE: C_m shall be taken as 1.0 if the fundamental period, T , in the direction of response under consideration is greater than 1.0 s.

Tabla N° 24: Tabla 7-4 para C_m en el FEMA 440
Fuente: FEMA 440, 2005

Elaboración: FEMA 440, 2005

Para periodos menores a 0.2s, C1 no necesita tomarse mayor al valor calculado para T = 0.2s. Para periodos mayor a 1.0s, C1 = 1.00



*Figura N° 50: FEMA 440
 Fuente: FEMA 440, 2005
 Elaboración: FEMA 440, 2005*

C2 = Corresponde al factor de modificación que representa el efecto de estrangulamiento en la curva de histéresis, degradación de la rigidez cíclica, y deterioro de resistencia en la respuesta máxima en términos de desplazamiento.

Como se ha indicado, existen dos tipos de degradación histerética, de rigidez y/o fuerza: estas pueden afectar la respuesta. Además, los efectos de cada tipo difieren entre sí. A los efectos de los procedimientos de modificación de desplazamiento de acuerdo con FEMA 356, se sugiere que el coeficiente C2 represente únicamente los efectos de la degradación de la rigidez. Se recomienda que el coeficiente C2 sea el siguiente:

$$C_2 = 1 + \frac{1}{800} * \left(\frac{\mu_{strength} - 1}{T_e} \right)^2$$

Para periodos inferior a 0.2 s, se puede usar el valor del coeficiente C2 durante 0.2s. Para períodos superior a 0.7s, se puede suponer que C2 es igual a 1.00.

El coeficiente C_2 solo se debe aplicar a estructuras que exhiban una rigidez y/o degradación de resistencia significativa

El grado en que las demandas de deformación se incrementan por la degradación cíclica depende de las características del comportamiento histerético, que son muy sensibles al material estructural, el detalle y las características del movimiento del suelo. Debido a los muchos parámetros involucrados, es difícil capturar los efectos de todos los tipos posibles de degradación cíclica con un único factor de modificación. La ecuación de C_2 representa una simplificación e interpretación de muchos resultados estadísticos con varios tipos de sistemas de degradación cíclica. La dispersión de los resultados de los estudios del oscilador SDOF utilizados para formular el factor C_2 es mayor que la del factor C_1 . Es importante considerar esta gran dispersión cuando se interpretan los resultados obtenidos de los procedimientos simplificados recomendados, particularmente para las estructuras con periodos de vibración menores a 0.5s.

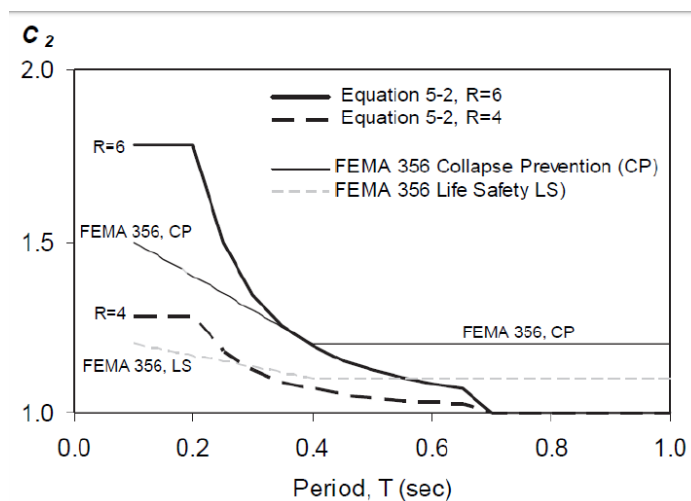


Figura N° 51: C_2 vs T FEMA 440
Fuente: FEMA 440, 2005
Elaboración: FEMA 440, 2005

Los estudios del método del coeficiente indican que la demanda de desplazamiento global no se amplifica significativamente por la degradación de la fuerza hasta un punto crítico en el que puede ocurrir inestabilidad dinámica. Este punto se relaciona con la fuerza inicial y el periodo del



oscilador, así como con la magnitud de la rigidez post – elástica negativa causada por la degradación de la fuerza en el ciclo.

Se sugiere eliminar el coeficiente de corriente C3 y reemplazarlo por un límite mínima (μ_{max}) requerido para evitar la inestabilidad dinámica. Para edificaciones con rigidez post – cedencia negativa, la relación de resistencia máxima μ_{max} se calcula de la siguiente manera:

$$\mu_{max} = \frac{\Delta_d}{\Delta_y} + \frac{|\alpha_e|^{-h}}{4}$$

Donde:

Δ_d = el menor entre el desplazamiento objetivo δ_t y el desplazamiento correspondiente al máximo corte basal definido en la curva idealizada fuerza – deformación de la edificación

Δ_y = desplazamiento en la resistencia cedente efectiva

$$H = 1 + 0.15 \ln T_e$$

α_2 = relación de pendiente post – cedencia negativa definida en la curva idealizada fuerza – deformación de la edificación. Incluye efectos $P\Delta$, degradación en ciclo y degradación cíclica.

$\alpha_{P\Delta}$ = relación de pendiente negativa causada por efectos $P\Delta$

δ = Factor de efecto de sitio, calculado según parámetros de norma ASCE 7-16, igual a 0.80 cuando $SX1 \geq 0.60$ para nivel de amenaza sísmica BSE – 2N (sitios sujetos a fallas locales), y a 0.20 cuando $SX1 \leq 0.60$ para nivel de amenaza sísmica BSE – 2N (sitios no sujetos a fallas locales)

La relación de pendiente post – cedencia efectiva α_e fue introducida en el FEMA 440 (2005) como una variable necesaria para determinar la relación de resistencia máxima μ_{max} que una edificación puede tener antes de que la inestabilidad dinámica sea un problema. La relación de pendiente negativa $\alpha_{P\Delta}$ causada por efecto $P\Delta$, se basa en la fuerza restitutiva necesaria para balancear el momento de volcamiento causado por el peso de la edificación desplazado por una cantidad Δ , actuando en la altura efectiva del primer modo



de vibración, Puede determinarse utilizando un software de análisis estructural para estudiar y comparar dos modelos de cálculo: uno que considere el efecto $P\Delta$ y uno que no lo considere.

DEMANDA SÍSMICA

Para utilizar en el cálculo el sismo así definido, es necesario conocer la aceleración del suelo al que corresponde y que sirve de base para construir el espectro de diseño. Hay que determinar, por tanto, la aceleración del suelo que corresponde al sismo que tiene una probabilidad de ocurrencia “p” durante un periodo de “n” años.

El procedimiento a seguir en este caso es el siguiente:

Conocer el periodo de retorno (T_1) a que corresponde la aceleración del suelo (a_1) definida por la norma que se use. En la mayoría de códigos, la acción sísmica que define los cálculos de Estado Límite Último corresponde a un periodo de retorno de 475 años.

Convertir la probabilidad de ocurrencia (p) en un tiempo (n) en periodo de retorno (T_2)

Utilizar el periodo de retorno (T_2) así obtenido para definir la aceleración del suelo (a_2)

Definir el espectro de diseño correspondiente a la aceleración del suelo (a_2)

Probabilidad de ocurrencia VS Periodo de retorno:

$$T = \frac{1}{1 - (1 - p)^{1/n}}$$

Relación entre aceleraciones del suelo y periodos de retorno:

$$\frac{a_2}{a_1} = \frac{T_2^k}{T_1}$$

Tenemos conocidos a_1 , T_1 , T_2 , quedaría a determinar a_2 que sirve para construir el espectro de diseño. Siendo K un valor que varía entre 0.3 – 0.4.



Una vez obtenido a_2 , el espectro de diseño quedará definido utilizando las expresiones dadas por su respectiva norma.

CAPITULO 3: SISTEMAS DE PROTECCION SISMICA

3. REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

A lo largo de los años, la ingeniería estructural se ha encargado de investigar el comportamiento estructural de una estructura y como responder ante el de una manera óptima y por ende se ha orientado en el desarrollo de sistemas de control sismorresistente, para construcciones nueva, así como también para rehabilitación de edificios dañados por este fenómeno.

En el Perú, históricamente, el reforzamiento se ha hecho de manera convencional, ya sea agregando elementos estructurales como columnas o placas, agrandando las medidas de las secciones transversales o colocando elementos metálicos que ayuden a tomar las cargas presentes en la edificación (Luis Flores T. - 2014).

El reforzamiento de estructuras está dirigido a incrementar la capacidad de carga y nivel de servicio de una estructura.

Reforzar (Strengthening): Es el proceso de incrementar la capacidad de la estructura, aumentando elementos o añadiendo nuevos. En el refuerzo de una estructura (con o sin daño) se mejoran las características estructurales sobre las originales. Es toda operación para incrementar el desempeño estructural del elemento por encima de su desempeño original. (Soto, E., 2008)

Estos son los principales motivos por los cuales se debe reforzar las estructuras:

- ✓ Actualización a nuevos reglamentos
- ✓ Cambio de uso, resultante en incremento de cargas o que la distribución de las mismas sea totalmente distinta a las consideradas en un inicio.
- ✓ Diseño inadecuado, por ejemplo: asentamientos diferenciales que producen fallas en la cimentación por problemas de suelo no tomados en cuenta en los estudios realizados.



- ✓ Errores y defectos en la construcción, que pueden ser provocados por falta de personal calificado o por falta de fiscalización.
- ✓ Daños estructurales por eventos accidentales (sismos) que pueden disminuir o anular la capacidad resistente de la estructura en su totalidad, parte de ella o solo algunos elementos.
- ✓ Corrosión en el acero de refuerzo: Por parte del tiempo o la exposición a agentes químicos ambientales.
- ✓ Eliminación total o parcial de elementos estructurales existentes, como nuevos tragaluces o una nueva escalera.

Los tipos de reforzamientos se pueden dividir en dos y son:

- ✓ Preventiva: Con el fin de disminuir la vulnerabilidad de los elementos de una estructura o por la actualización de nuevas cargas debido a cambio de uso en las estructuras o por la misma actualización de reglamentos vigentes.
- ✓ Correctiva: Restablecer la naturaleza inicial de los elementos estructurales que fueron dañados por el tiempo, fuego, sismos, ambientes agresivos o tan solo mejorar el comportamiento de la estructura.

Según Tello M. (2006), el reforzamiento de edificaciones puede ser realizado por:

- ✓ Introducción de nuevos elementos (reforzamiento sísmico)
 - Inclusión de muros de corte
 - Pórticos de concreto armado
 - Pórticos metálicos o adición de arriostramientos
 - Adición de contrafuertes
 - Sistemas de disipación de energía
- ✓ Refuerzo a elementos estructurales existentes:
 - Encamisado a secciones con concreto armado
 - Refuerzo con FRP (Polímeros reforzados con fibras)
 - Adición de chapas o perfiles metálicos

El poder realizar el reforzamiento estructural en una estructura es bastante complejo, la selección del método debe tomar en cuenta el lugar donde se



encuentra con el fin de saber la sismicidad de la zona y todas las condiciones que la norma E030: Diseño Sismorresistente exige.

Es por esto que la ingeniería estructural se ha decantado por el estudio de cuatro sistemas de control, que son:

- ✓ Control pasivo: No requiere fuentes externas de potencia
- ✓ Control activo: Requiere una fuente externa para alimentar a quienes aplicar fuerzas a la estructura.
- ✓ Control semi – activo: Considerados pasivos controlables.
- ✓ Control híbrido: Combinación de pasivo y activo

3.1. SISTEMAS DE CONTROL PASIVO

Son aquellos mecanismos incorporados a las estructuras con la finalidad de que absorban una parte de la energía suministrada a estas por excitaciones dinámicas de manera violenta con el fin de disminuir la respuesta. Han sido empleados en la construcción de más de 720 estructuras en países como USA, Japón, Nueva Zelanda, Italia, Canadá, China y Colombia. Se distinguen dos grupos: los asistidos y los puramente pasivos.

Los sistemas puramente pasivos:

- ✓ Juntas plásticas: Elementos metálicos hechos por un metal dúctil e intercalados en la estructura, sus deformaciones ayudan a absorber la energía.
- ✓ Steeping Structures: Estructuras en las que las uniones entre algunos de los pilares y la cimentación que los soporta pueden ser diseñadas para permitir una separación vertical de ambos mediante la plastificación de elementos metálicos intercalados.
- ✓ Aislamiento de base: Apoyos que proyectan un aislamiento dinámico entre la estructura y el terreno.
- ✓ Elementos de absorción dinámica: Para estructuras esbeltas sometidas a la acción del viento, estos se disponen en su fuste y su coronación, que interrumpen la continuidad de su superficie y dificultan la formación de vórtices.



Se puede concluir que:

- ✓ Representan la opción más económica, debido a que es fácil de fabricar y hay disponibilidad de materia prima, es decir son más viables en países en vías de desarrollo.
- ✓ Luego de una excitación violenta, es probable que necesiten mantenimiento.
- ✓ Tienen una capacidad limitada para reducir la respuesta sísmica de la estructura
- ✓ Normalmente solo reducen el primer modo de vibración, en un 52%, además disminuye los desplazamientos máximos, las fuerzas axiales máximas y los momentos flectores.
- ✓ Su efectividad depende exclusivamente de que el sismo sea el esperado y propuesto para su diseño, o que conserve las mismas características, ya que estos carecen de la facultad de adaptarse a nuevas excitaciones de características inesperadas, y en el caso de que esto ocurra su uso puede llegar a ser incluso perjudicial.

3.1.1. DIFERENCIAS ENTRE AISLADORES Y DISIPADORES

Basándonos en el capítulo II, en la ecuación 2, los disipadores dependientes del desplazamiento actúan siguiendo el tercer sumando ($K_u(t)$), en cambio los de la velocidad o llamados también amortiguadores siguen el segundo sumando (C_u).

Entre amortiguadores y disipadores se pueden observar bastantes diferencias, entre ellas está el hecho de que los amortiguadores necesitan un amortiguamiento muy alto o una velocidad alta de la estructura, quiere decir que ellos no modifican el periodo estructural, lo cual no se puede decir de los disipadores, ya que estos afectan la rigidez, como se menciona en el anterior párrafo, por otro lado, los disipadores pueden disipar energía desde valores bajos de desplazamiento, en conclusión, los disipadores pueden reducir significativamente la amplificación dinámica y se permite estructuras robustas ante una variedad de movimientos sísmicos.



Además, los dispositivos dependientes del desplazamiento pueden relacionarse con una mejora o avance del diseño sismorresistente clásico de estructuras basado en la ductilidad y redundancia estructural, ya que permiten reducir de forma significativa las fuerzas inducidas por un sismo severo (Bozzo et al 1999).

3.1.2. AISLAMIENTO SISMICO EN LA BASE

Este sistema, se ha convertido en una estrategia aceptada para el reforzamiento sísmico de puentes y edificios bajos y de mediana altura, en USA y Nueva Zelanda. Esto aislamiento se logra al colocar una especie de capa flexible entre la estructura y la cimentación, lo que hace que su periodo fundamental aumente, aproximadamente tres veces más al que sería sin los aisladores y que se aleje de los periodos propios del suelo, es decir, su principal objetivo es independizar o desacoplar la superestructura de la subestructura, aunque existen casos donde se han colocado en pisos superiores.

La capa flexible más usada son los cojinetes elastoméricos y es flexible al movimiento horizontal pero rígida al desplazamiento vertical, capaz de soportar las cargas de peso propio de la estructura. Este sistema no concede protección frente a la acción del viento, no se recomienda para edificios muy esbeltos ni apoyados en terrenos blandos.

Al incrementar el periodo fundamental de la estructura, los aisladores evitan que esta entre en resonancia, ya que cabe la posibilidad de que coincidan con los periodos contenidos en la excitación sísmica. Este sistema también sirve en rehabilitación de estructuras existentes, especialmente en edificios históricos y patrimoniales.

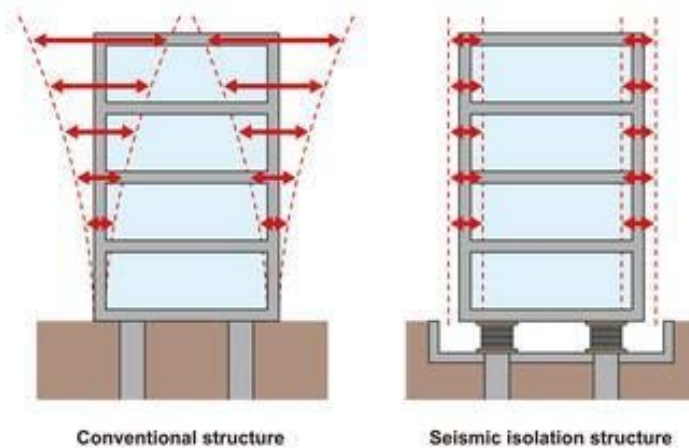


Figura N° 52: Sistema convencional y con aislamiento en la estructura
Elaboración propia

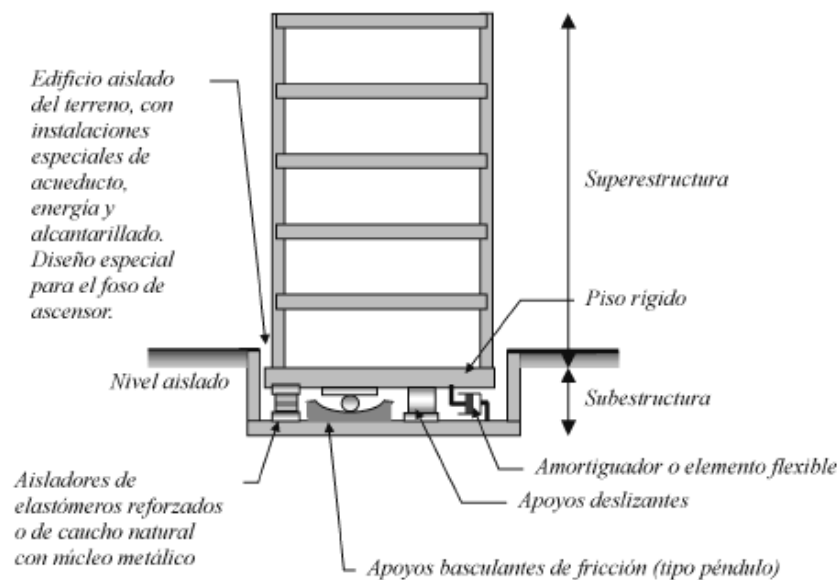


Figura N° 53: Aislamiento sísmico en la base
Elaboración Bozzo et al 1999

Entre los dispositivos empleados en este sistema, están los aisladores flexibles y los de fricción deslizantes o basculantes, combinados con amortiguadores.

En el caso de la combinación, los aisladores son elementos flexibles que trabajan en el rango elástico y los amortiguadores elementos rígidos con comportamiento elasto-plástico, todo esto hace que la energía sísmica se atenúe de forma parcial antes de transmitirse a la superestructura.

Los aisladores flexibles reducen la energía debido al aumento del periodo de vibración de la estructura, los de fricción la reducen por medio del deslizamiento entre el edificio y cimentación; ambos funcionan como sistema de transmisión de cargas verticales a la cimentación, esto quiere decir que se debe controlar la rigidez y resistencia vertical para que el edificio no colapse.

Entre los aisladores flexibles tenemos a los de elastómeros y de caucho natural que se componen principalmente de láminas de elastómeros o caucho que van adheridas entre sí o en algún caso intercaladas con láminas metálicas, con la finalidad de proveer capacidad para soportar cargas verticales y confinar el núcleo de plomo. Estos aisladores deben cumplir con las siguientes características o propiedad y deben ser comprobadas en laboratorio antes de ser usadas:

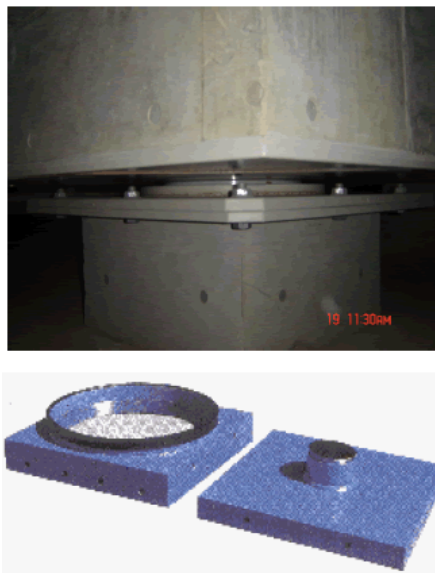
- ✓ Alta rigidez vertical
- ✓ Flexibilidad horizontal
- ✓ Rigidez torsional
- ✓ Durabilidad
- ✓ Resistencia a cambios de temperatura
- ✓ Resistencia a fuerzas cortantes



*Figura N° 54: Aislador sísmico de elastómero
Elaboración propia*

Los aisladores de fricción se dividen en los de apoyo deslizante y basculantes, que son los de tipo péndulo.

- ✓ Apoyo deslizante: Las columnas descansan sobre teflón o acero inoxidable y se genera un amortiguamiento por fricción.
- ✓ Apoyo basculante: Base cóncava, que restaura la posición del sistema, con un patín esférico encima, que disipa energía por fricción, y una platina de cubierta; el movimiento de acción es similar al de un péndulo.



*Figura N° 55: Aislador de fricción
Fuente: Earthquake protection*

3.1.3. DISIPADORES DE ENERGIA

Los disipadores están hechos para disipar la energía, valga la redundancia, entregada por los sismos, fenómenos de viento fuerte u otras solicitaciones de origen dinámico, a diferencia de los aisladores, que no son útiles en oscilaciones horizontales producidas por viento; estos pueden ser usados en terrenos blando, así como también funcionan mejor en edificios de mediana y alta altura. Este sistema incluye una amplia gama de materiales y dispositivos para aumentar el amortiguamiento, rigidez y capacidad estructural. Se instalan en el interior de las construcciones y se conectan a la estructura de tal manera que cuando vibra generan deformaciones en estos. Son muy similares a los aisladores de base, pero a diferencia de estos, no soportan el peso de toda la edificación, lo que hace que sean sencillos, económicos e incluso de menor tamaño.

Los disipadores deben cumplir con las siguientes propiedades, para funcionar de manera eficiente:

- ✓ Alta capacidad de disipación de energía.
- ✓ Facilidad para ser reemplazados, en caso hayan sufrido daños.
- ✓ Económicos, para construir y para reparar.
- ✓ Sencillos de construir.
- ✓ Robustez.
- ✓ Fiabilidad
- ✓ Durabilidad.

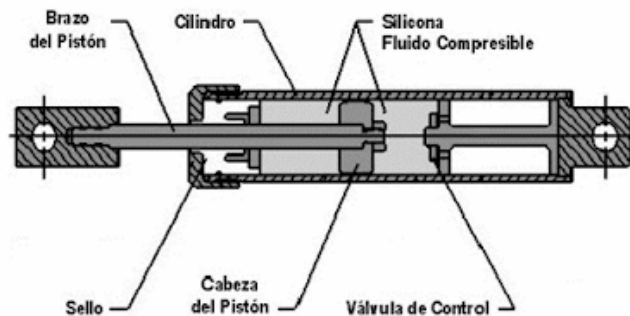
3.1.3.1. TIPOS DE DISIPADORES

3.1.3.1.1. DEPENDIENTES DE LA VELOCIDAD

DISIPADORES DE FLUIDO VISCOSOS:

Pistón dentro de un cilindro lleno de silicona o aceite en el que se disipa la energía mediante el movimiento de este líquido en el cilindro.

Entran en funcionamiento con la velocidad media de entrepiso y no cambia el periodo de la estructura al no tener efectos en la rigidez.



*Figura N° 56: Disipadores Sísmicos Taylor, vista interna
Elaboración Bozzo et al 1999*

AMORTIGUADORES VISCOELÁSTICOS:

Disipan energía para cualquier nivel de deformación.

AMORTIGUADORES DE LÍQUIDO SINTONIZADOS:

Existe el amortiguador de líquido sintonizado como tal y el amortiguador de columna de líquido sintonizado

3.1.3.1.2. DEPENDIENTES DEL DESPLAZAMIENTO

AMORTIGUADORES DE ROZAMIENTO:

O fricción, los más conocidos son los dispositivos Pall y los amortiguadores Sumitomo; estos dispositivos son un buen sistema para reducción de respuesta dinámica sin embargo se recomienda analizar con más detenimiento los efectos no lineales y el problema de aleteo en las diagonales esbeltas.

AMORTIGUADORES METÁLICOS DE FLUENCIA:

✓ DISIPADOR TIPO TADAS

Conformado por un conjunto de placas metálicas, de espesor constante y sección trapezoidal paralelos entre sí que están soldadas a una placa base común. Las fuerzas actuantes son perpendiculares al plano mostrado.

Empotrado en la parte superior y articulado en su extremo inferior, esto quiere decir que su deformación es por flexión en curvatura simple, siendo esta uniformemente distribuida, en otras palabras, simultáneamente en toda la altura de las placas, puede plastificarse sin concentración de la curvatura.



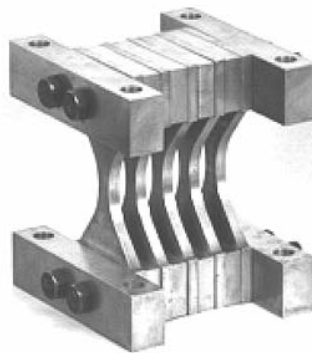
*Figura N° 57: Disipador tipo TADAS
Elaboración Bozzo et al 1999*

✓ DISIPADOR TIPO ADAS

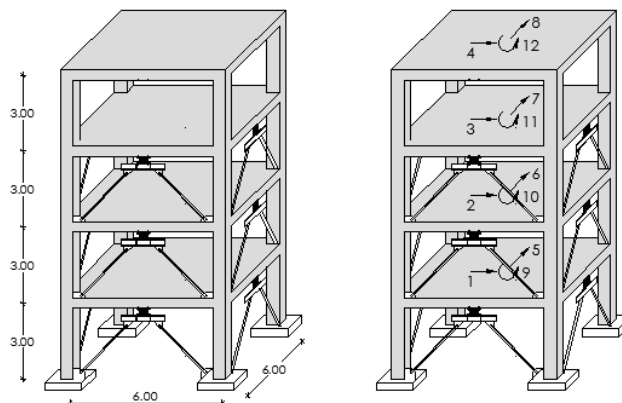
Disipador histerético de energía, que consiste en acoplar a la estructura, por medio de riostras o diagonales, como se observa en la figura N°19, un dispositivo metálico capaz de deformarse en el rango inelástico para poder absorber energía y disiparla.

El dispositivo metálico está conformado por planchas metálicas en forma de X ubicadas en paralelo, esta disposición optimiza la disipación de energía en todo su volumen. Empotrado por los dos extremos.

En cuanto a la plastificación, esta se da de manera simultánea en cada plancha y la variante en altura usada permite que la respuesta estructural sea optimizada.



*Figura N° 58: Disipador tipo ADAS
Elaboración Bozzo et al 1999*



*Figura N° 59: Disposición en un pórtico
Elaboración Bozzo et al 1999*

✓ SISTEMA PANAL

Llamado HONEYCOMB, como los anteriores mencionados, también tiene ciclos histeréticos estables, tiene una sección transversal parecida a las placas de los disipadores anteriores salvo que estos están ubicados de forma perpendicular y unidos, lo que quiere decir que las fuerzas actuantes son paralelas al plano



*Figura N° 60: Disipadores Panal
Elaboración Bozzo et al 1999*

✓ DISIPADORES SHEAR LINK

En esta investigación nos centraremos totalmente en este tipo de disipadores y su comparación de respuesta sísmica frente a los muros de corte.

En el año 2000, Cahis y Bozzo desarrollaron un disipador Shear-Link pequeño para la protección de muros de mampostería. El dispositivo tiene la forma de un perfil metálico vertical con rigidizadores horizontales con tal de evitar problemas de abolladura y está hecho de acero. Cabe destacar que la parte disipativa está formada por fresado, lo que permite que los rigidizadores puedan ser de pequeñas dimensiones y no se tenga que soldar ningún elemento en la zona de plastificación, eliminando así las tensiones residuales que esto generaría (Bozzo, Parte 2, et al 2001).

✓ **DISIPADORES SLB**

En este punto detallaremos de manera más exacta los disipadores a usar.

Su disipación de energía es por corte y no transfieren carga axial debido a que están articulados en un extremo, lo cual es propio del dispositivo, esto quiere decir que los muros desacoplados son isostáticos y pueden ubicarse libremente, lo cual también permite plantas diáfanas en sótanos sin necesidad de recurrir a otras soluciones.

Tiene una simplicidad en el cálculo, tal que permite desacoplar el edificio de la respuesta de diagonales o muros con SLB, también permite analizar y dimensionar de manera independiente.

Este dispositivo puede evitar inestabilidades o pandeos no previstos que pueden darse debido a la carga axial en el dispositivo.

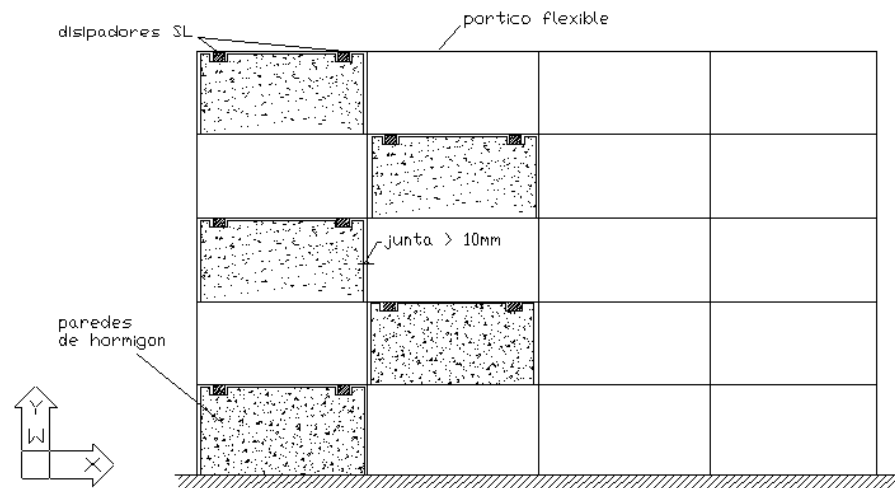
Pueden ser ubicados indistintamente en altura, lo cual ayuda a la parte arquitectónica.

Genera cierta fricción en la parte de conexión, aunque no permita cargas axiales, lo cual genera un amortiguamiento mayor frente a unas posibles vibraciones verticales

Presenta un mejor comportamiento frente a un sistema empotrado en ambos lados.



*Figura N° 61: Disipadores Shear Link Bozzo
Elaboración Bozzo et al 1999*



*Figura N° 62: Muros desacoplados
Elaboración Bozzo et al 1999*

3.1.3.1.3. DEPENDIENTES DEL DESPLAZAMIENTO Y LA VELOCIDAD

AMORTIGUADORES DE MASA SINTONIZADOS:

Masa secundaria conectada a la estructura mediante un resorte y un amortiguador. Este se diseña con un grado de libertad con frecuencia natural de vibración aproximadamente igual a la frecuencia fundamental de la estructura, obteniéndose resonancia para la masa con lo que se disiparía la energía.

3.2. SISTEMA DE REFORZAMIENTO TRADICIONAL

El reforzamiento como tal consiste en una corrección o alteración de las características de una estructura, tales como rigidez, resistencia y capacidad de disipación de energía.

Este es un proceso que se realiza con el fin de conseguir una respuesta aceptable ante un evento sísmico (Carranza, 2015).

3.2.1. MUROS ESTRUCTURALES

Se escoge esta opción cuando se requiere disminuir los desplazamientos ya que cuando se incluyen este tipo de muros, incrementa la resistencia a las fuerzas laterales, por lo que actúan el 80% de la cortante de la base.



La capacidad sismorresistente de una estructura puede ser incrementada, añadiendo nuevos muros de corte, para resistir parte o toda la fuerza sísmica de la estructura, dejando la estructura original para resistir solamente aquella parte de la acción sísmica que se juzgue de confianza (Tello Malpartida, 2006).

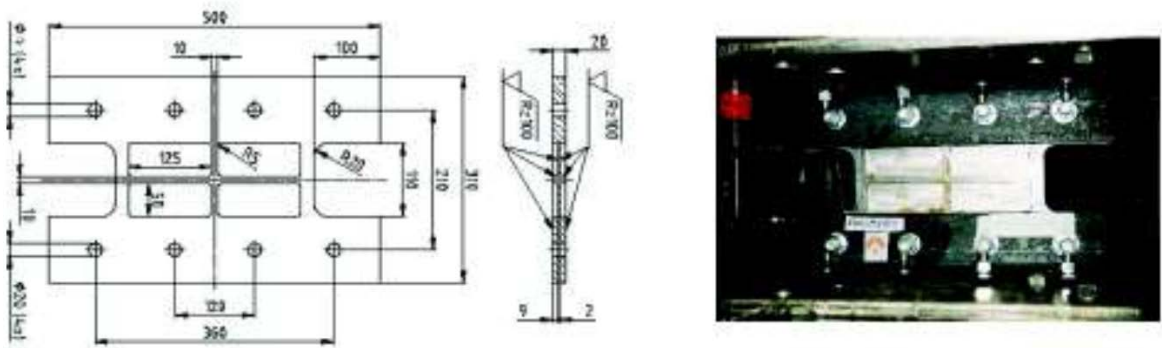
El uso de estos muros es una alternativa supremamente conocida en nuestro país, estos se diseñan por resistencia basándonos en la norma E060: Concreto Armado, a diferencia de los disipadores Shear Link Bozzo que usaremos de manera de contraste.

CAPITULO 4: DISIPADORES SLB

4. DISIPADORES SLB

Se basa en el aumento localizado de la ductilidad del edificio, permitió una reducción significativa en las fuerzas inducidas por un sismo de alta intensidad, este es el único sistema con un doble modo de disipación de energía que permite mayor seguridad y capacidad.

Estos disipadores, creados por el Ingeniero Luis Bozzo, poseen una sección con patines anchos, sin uniones soldadas, como se observa en la figura, se los fabrica mediante fresado a partir de una forma estándar plana, proceso que permite obtener áreas disipativas muy delgadas sin soldadura.



*Figura N° 63: Disipadores SLB
Fuente: Hurtado, Bozzo (2008)*

La disipación de energía se produce de forma uniforme en la sección y es constante siempre que no haya pandeo en el alma.

Posee un doble trabajo, el primero es disipar la energía por esfuerzos de corte coincidente en el alma, “shear mode” y segundo y último, posterior a la disminución de la rigidez del alma, la energía se seguirá disipando mediante flexión ahora, “flexion mode”, esto quiere decir que este es un sistema robusto que funciona incluso cuando el alma se ha degenerado.

Para el diseño solo se toma en cuenta el shear mode, el segundo modo es más un factor de seguridad adicional.

4.1. NOMENCLATURA

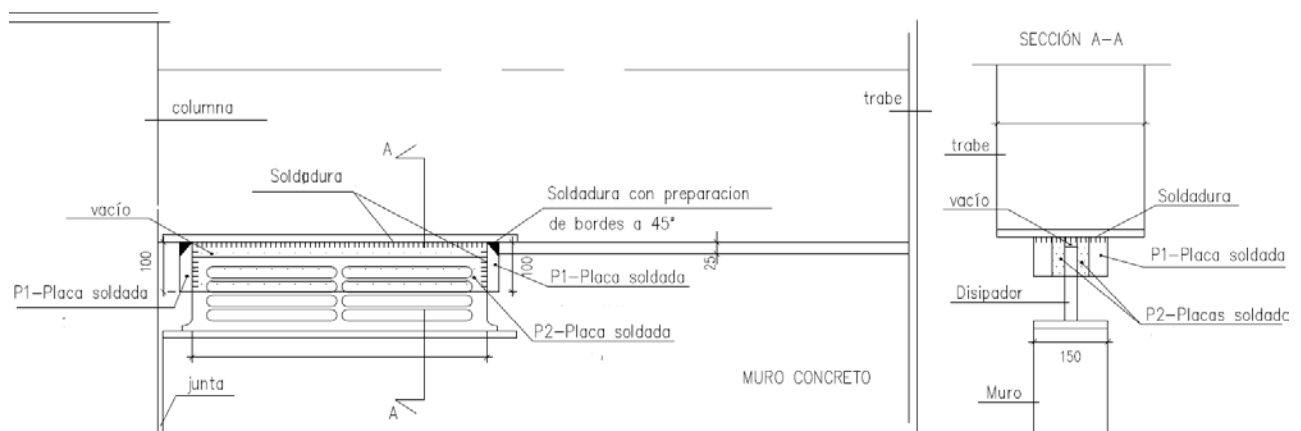
Los disipadores se los denomina con este código: SLX_Y, donde X corresponde al ancho total del alma, en cm, y Y es el espesor del alma, en mm, la altura del alma se mantendrá constante en el valor de 110 mm. Hurtado y Bozzo proponen 32 dispositivos diferentes que poseen un patrón de respuesta similar, que se adjuntará en los anexos, estos varían en el ancho del alma entre 5 y 50 cm y combinarlos con espesores del alma, que varía entre 2, 3, 4 o 5 mm.

4.2. VENTAJAS DE SU USO:

- ✓ Son adaptables a cualquier proyecto estructural.
- ✓ El costo es menor en comparación a lo tradicional.
- ✓ Existe un control de fabricación y garantía de parámetros de diseño.
- ✓ Sigue operativo después de uno o varios eventos sísmicos severos.
- ✓ Mayor capacidad de deformación a rotura.

4.3. PROPIEDADES:

- ✓ Fuerzas de plastificación de los dispositivos: 13.5 kN – 435.5 kN
- ✓ Desplazamiento de inicio de fluencia: 1.00 mm



*Figura N° 64: Detalle de conexión de disipador con vigas de concreto
Fuente: Hurtado, Bozzo (2008)*

CAPITULO 5: ESTRUCTURACIÓN Y METRADOS

5. DEFINICIÓN DE DATOS PRELIMINARES

5.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto arquitectónico Los Tulipanes, es un proyecto propuesta de un edificio multifamiliar de 10 pisos y un sótano.

5.2. UBICACIÓN

El proyecto se encuentra ubicado en la Mz. H Lt. 02 urb. Ingeniería III, distrito de Trujillo, provincia de Trujillo, región La Libertad.

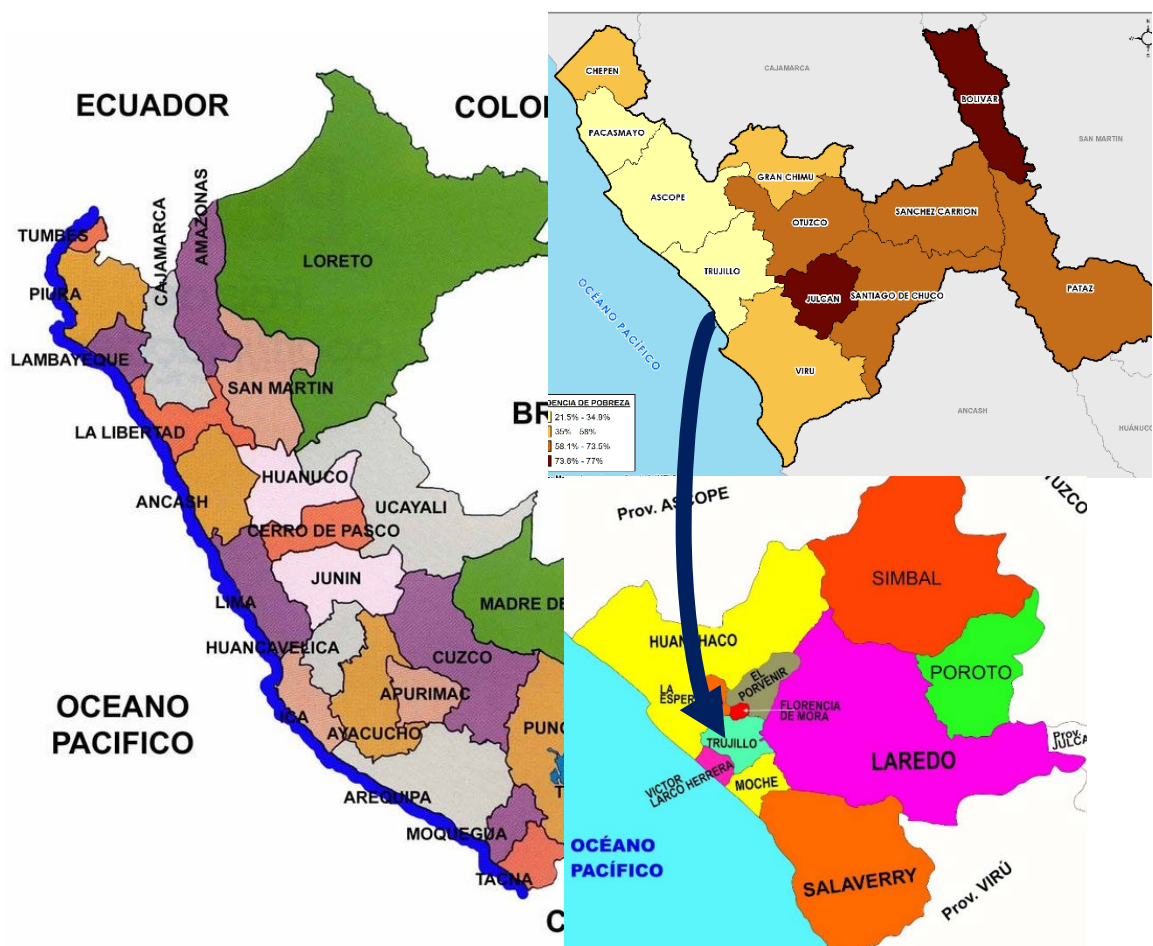


Figura N° 65: Mapa de localización
Elaboración propia



*Figura N° 66: Localización en Trujillo, Urb. Ingeniería III
Elaboración propia*

5.3. MATERIALES: CARACTERISTICAS DEL CONCRETO Y DEL ACERO A UTILIZAR

CONCRETO:

Resistencia a la compresión: $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad del concreto: $E_c = 217370.65 \text{ kg/cm}^2$

Peso específico del concreto: $Y = 2400 \text{ kg/m}^3$

Coeficiente de Poisson: $u = 0.15$

ACERO:

Esfuerzo de fluencia: $f'y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad: $E_s = 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

5.4. DETERMINACION DE LAS CARGAS

5.4.1. CARGA MUERTA

Este valor es el peso propio de todos los elementos estructurales en conjunto y estos son columnas, vigas, nervios o losa y son calculados por el programa



Etabs, ya que es ahí donde se modelan las correspondientes secciones con sus respectivas densidades de materiales.

5.4.2. CARGA VIVA

Es el peso de todos los ocupantes, materiales, equipos, muebles y otros elementos movibles soportados por la edificación (E020, 2006)

Esta carga se asigna según la norma E020: Cargas

OCUPACIÓN O USO	CARGAS REPARTIDAS kPa (kgf/m ²)
Almacenaje	5,0 (500) Ver 6.4
Baños	Igual a la carga principal del resto del área, sin que sea necesario que exceda de 3,0 (300)
Bibliotecas	Ver 6.4
Salas de lectura	3,0 (300)
Salas de almacenaje con estantes fijos (no apilables)	7,5 (750)
Corredores y escaleras	4,0 (400)
Centros de Educación	
Aulas	2,5 (250)
Talleres	3,5 (350) Ver 6.4
Auditorios, gimnasios, etc.	De acuerdo a lugares de asambleas
Laboratorios	3,0 (300) Ver 6.4
Corredores y escaleras	4,0 (400)
Garajes	
Para parqueo exclusivo de vehículos de pasajeros, con altura de entrada menor que 2,40 m	2,5 (250)
Para otros vehículos	Ver 9.3
Hospitales	
Salas de operación, laboratorios y zonas de servicio	3,0 (300)
Cuartos	2,0 (200)
Corredores y escaleras	4,0 (400)
Hoteles	
Cuartos	2,0 (200)
Salas públicas	De acuerdo a lugares de asamblea
Almacenaje y servicios	5,0 (500)
Corredores y escaleras	4,0 (400)
Industria	Ver 6.4
Instituciones Penales	
Celdas y zona de habitación	2,0 (200)
Zonas públicas	De acuerdo a lugares de asamblea
Corredores y escaleras	4,0 (400)
Lugares de Asamblea	
Con asientos fijos	3,0 (300)
Con asientos movibles	4,0 (400)
Salones de baile, restaurantes, museos, gimnasios y vestíbulos de teatros y cines.	4,0 (400)
Graderías y tribunas	5,0 (500)
Corredores y escaleras	5,0 (500)
Oficinas (*)	



Exceptuando salas de archivo y computación	2,5 (250)
Salas de archivo	5,0 (500)
Salas de computación	2,5 (250) Ver 6.4
Corredores y escaleras	4,0 (400)
Teatros	
Vestidores	2,0 (200)
Cuarto de proyección	3,0 (300) Ver 6.4
Escenario	7,5 (750)
Zonas públicas	De acuerdo a lugares de asamblea
Tiendas	
Corredores y escaleras	5,0 (500) Ver 6.4
Viviendas	
Corredores y escaleras	2,0 (200)

*Tabla N° 25: Cargas vivas mínimas repartidas – E0.20
 Elaboración propia*

5.5. PROCEDIMIENTO DE ANALISIS

Para el análisis sísmico se tiene que usar uno de los siguientes: Análisis estático de fuerzas estáticas equivalentes o análisis dinámico modal espectral.

Se considerará un modelo de comportamiento no lineal e inelástico, de modo que se deberán hacer los dos análisis y luego un análisis por desempeño que concluya esto.

La norma técnica peruana E030: Diseño Sismorresistente solo nos guía con el procedimiento los parámetros a tomar en cuenta para el análisis estático y dinámico, sin embargo, para el diseño por desempeño se usará la norma ASCE 7.16, siendo esta la norma internacional que aparte de contener este procedimiento de análisis también considera dentro de sus parámetros, los disipadores sísmicos que usaremos.

CAPITULO 6: APLICACIÓN AL PROYECTO

6. ANALISIS ESTRUCTURAL

6.1. PARAMETROS SISMICOS

6.1.1. ZONIFICACION



*Figura N° 67: Zonificación del Perú
Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente*

La norma E030: Diseño Sismorresistente divide el país en cuatro zonas de acuerdo a su peligro sísmico basados en estudios y antecedentes de sismos, nosotros nos ubicamos en la **ZONA 4**, por ende, nos corresponde el factor **Z = 0.45**

6.1.2. CONDICIONES GEOTECNICAS

PERFILES DE SUELOS

Los perfiles geotécnicos también podemos encontrarlos en la norma E0.30, esta los clasifica basándose en la velocidad promedio de propagación de ondas de corte (\bar{V}_s) y en el promedio ponderado de los \bar{N}_{60} obtenidos

mediante un ensayo SPT para suelos granulares o el promedio ponderado de la resistencia al corte no drenado (\bar{s}_u) para suelos cohesivos.

Con todos estos datos, la norma nos da los siguientes perfiles de suelo:

- ✓ S0: Roca Dura
- ✓ S1: Roca o Suelo Muy Rígidos
- ✓ S2: Suelos Intermedios
- ✓ S3: Suelos Blandos
- ✓ S4: Condiciones Excepcionales

Clasificación de los Perfiles de Suelo			
Perfil	\bar{V}_s	\bar{N}_{60}	\bar{s}_u
S ₀	> 1500 m/s	-	-
S ₁	500 m/s a 1500 m/s	> 50	>100 kPa
S ₂	180 m/s a 500 m/s	15 a 50	50 kPa a 100 kPa
S ₃	< 180 m/s	< 15	25 kPa a 50 kPa
S ₄	Clasificación basada en el EMS		

Tabla N° 26: Clasificación de perfiles de suelo
 Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente

Según el estudio de suelos realizado, que se encuentra en los anexos, se tiene que el suelo es **S3**

PARÁMETROS DE SITIO (S, TP Y TL)

Para hallar estos valores, la norma nos proporciona dos tablas de las cuales podemos guiarnos para hallar lo que necesitamos.

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

Tabla N° 27: Valores del Factor S
 Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente

Periodo " T_P " y " T_L "				
	Perfil de suelo			
	S_0	S_1	S_2	S_3
$T_P(s)$	0,3	0,4	0,6	1,0
$T_L(s)$	3,0	2,5	2,0	1,6

Tabla N° 28: Periodo T_p y T_l según el perfil de suelo
 Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente

6.1.3. FACTOR DE AMPLIFICACION SISMICA (C)

Este factor es el factor de amplificación de la aceleración estructural respecto a la aceleración en el suelo y se define basándonos en el periodo de la estructura y en los parámetros de sitio, siguiendo las siguientes ecuaciones.

$$T < T_P \quad C = 2,5$$

$$T_P < T < T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P}{T}\right)$$

$$T > T_L \quad C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_P \cdot T_L}{T^2}\right)$$

Figura N°67: Ecuaciones para el Factor de Amplificación Sísmica

Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente

Donde T es el periodo de acuerdo con el numeral 28.4, concordado con el numeral 29.1 de la norma E0.30 especificados a continuación:

28.4. Período Fundamental de Vibración

28.4.1. El período fundamental de vibración para cada dirección se estima con la siguiente expresión:

$$T = \frac{h_n}{C_T}$$

Donde:

$C_T = 35$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean únicamente:

- a) Pórticos de concreto armado sin muros de corte.
- b) Pórticos dúctiles de acero con uniones resistentes a momentos, sin arriostramiento.

$C_T = 45$ Para edificios cuyos elementos resistentes en la dirección considerada sean:

- a) Pórticos de concreto armado con muros en las cajas de ascensores y escaleras.
- b) Pórticos de acero arriostrados.

$C_T = 60$ Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales, y muros de ductilidad limitada.

*Figura N° 68: Artículo 28.4.1 de la norma E030
Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente*

De donde obtendremos el valor de **T**:

Teniendo una altura de 33.10m

$$T = \frac{hn}{ct} = \frac{33.10}{60} = 0.55$$

Con esto tenemos:

- ✓ **T = 0.55**
- ✓ **T_p = 1.00**
- ✓ **T_I = 1.6**

Según la norma E030: Diseño Sismorresistente

Si:

✓ $T \leq T_p$ **C = 2.5**

Por lo tanto, **C = 2.50**

6.1.4. CATEGORIA DE LA EDIFICACION Y FACTOR DE USO

Las estructuras son divididas, como dice el título, según su uso y cada uno de estos les corresponde un factor en específico.

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

Tabla N° 29: Categorías de las edificaciones y factor "U"
 Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente

Por lo tanto, tenemos el que nuestro proyecto es una edificación tipo **C: Edificaciones Comunes**, para lo cual nos corresponde un factor **U: 1.00**

6.1.5. SISTEMAS ESTRUCTURALES

Para concreto armado, la norma E030, nos indica lo siguiente:

SISTEMAS ESTRUCTURALES

caso se tengan muros estructurales, éstos se diseñan para resistir una fracción de la acción sísmica total de acuerdo con su rigidez.

b) **Muros Estructurales.** Sistema en el que la resistencia sísmica está dada predominantemente por muros estructurales sobre los que actúa por lo menos el 70% de la fuerza cortante en la base.

c) **Dual.** Las acciones sísmicas son resistidas por una combinación de pórticos y muros estructurales. La fuerza cortante que toman los muros es mayor que 20% y menor que 70% del cortante en la base del edificio.

d) **Edificaciones de Muros de Ductilidad Limitada (EMDL).** Edificaciones que se caracterizan por tener un sistema estructural donde la resistencia sísmica y de cargas de gravedad está dada por muros de concreto armado de espesores reducidos, en los que se prescinde de extremos confinados y el refuerzo vertical se dispone en una sola capa. Con este sistema se puede construir como máximo ocho pisos.

Figura N° 69: Sistemas estructurales de concreto armado
 Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente

Para poder elegir este sistema nos vamos a la tabla N°6 de la norma E030.

Categoría de la Edificación	Zona	Sistema Estructural
A1	4 y 3	Aislamiento Sísmico con cualquier sistema estructural.
	2 y 1	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.
A2 (**)	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SCBF y EBF. Estructuras de concreto: Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada.
	1	Cualquier sistema.
B	4, 3 y 2	Estructuras de acero tipo SMF, IMF, SCBF, OCBF y EBF. Estructuras de concreto: Pórticos, Sistema Dual, Muros de Concreto Armado, Albañilería Armada o Confinada. Estructuras de madera
	1	Cualquier sistema.
C	4, 3, 2 y 1	Cualquier sistema.

Tabla N° 30: Categoría, zona y sistema estructural
 Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente

6.1.6. REDUCCION DE FUERZAS SISMICAS

En este factor, conocido como **R**, interviene un coeficiente básico, **R₀** que depende del sistema estructural y dos factores de irregularidad, **I_a** e **I_p** que son irregularidad en altura y en planta respectivamente; en todos los casos siempre se coloca el menor valor en el caso hubieran más de dos en el mismo factor.

COEFICIENTE BÁSICO DE REDUCCIÓN R₀:

Sistema Estructural	Coficiente Básico de Reducción R ₀ (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	5
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	4
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	7
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	4
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
Muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera	7(**)

Tabla N° 31: Sistemas Estructurales
 Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente

En este caso, usaremos un sistema dual para lo que el coeficiente **R0** será **7**.

IRREGULARIDAD EN ALTURA

Tabla N° 8 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA	Factor de Irregularidad I_a
<p>Irregularidad de Rigidez – Piso Blando Existe irregularidad de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 70% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 80% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p> <p>Irregularidades de Resistencia – Piso Débil Existe irregularidad de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 80% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	0,75
<p>Irregularidad Extrema de Rigidez (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad extrema de rigidez cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, en un entrepiso la rigidez lateral es menor que 60% de la rigidez lateral del entrepiso inmediato superior, o es menor que 70% de la rigidez lateral promedio de los tres niveles superiores adyacentes. Las rigideces laterales pueden calcularse como la razón entre la fuerza cortante del entrepiso y el correspondiente desplazamiento relativo en el centro de masas, ambos evaluados para la misma condición de carga.</p> <p>Irregularidad Extrema de Resistencia (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad extrema de resistencia cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la resistencia de un entrepiso frente a fuerzas cortantes es inferior a 65% de la resistencia del entrepiso inmediato superior.</p>	0,50
<p>Irregularidad de Masa o Peso Se tiene irregularidad de masa (o peso) cuando el peso de un piso, determinado según el artículo 26, es mayor que 1,5 veces el peso de un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0,90
<p>Irregularidad Geométrica Vertical La configuración es irregular cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, la dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 1,3 veces la correspondiente dimensión en un piso adyacente. Este criterio no se aplica en azoteas ni en sótanos.</p>	0,90
<p>Discontinuidad en los Sistemas Resistentes Se califica a la estructura como irregular cuando en cualquier elemento que resista más de 10% de la fuerza cortante se tiene un desalineamiento vertical, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento del eje de magnitud mayor que 25% de la correspondiente dimensión del elemento.</p>	0,80
<p>Discontinuidad extrema de los Sistemas Resistentes (Ver Tabla N° 10) Existe discontinuidad extrema cuando la fuerza cortante que resisten los elementos discontinuos según se describen en el ítem anterior, supere el 25% de la fuerza cortante total.</p>	0,60

Tabla N° 32: Irregularidades Estructurales en Altura
 Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente

Debido a nuestro proyecto arquitectónico, no se tiene irregularidades en altura, así que nuestra **Ia = 1.00**

IRREGULARIDAD EN PLANTA



Tabla N° 9 IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA	Factor de Irregularidad I_p
Irregularidad Torsional Extrema (Ver Tabla N° 10) Existe irregularidad torsional extrema cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ_{max}) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1,5 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ_{prom}). Este criterio sólo se aplica en edificios con diafragmas rígidos y sólo si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la Tabla N° 11.	0,60
Esquinas Entrantes La estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20% de la correspondiente dimensión total en planta.	0,90

Tabla N° 33: Irregularidades Estructurales en Planta

Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente

Debido a nuestro proyecto arquitectónico, tiene esquinas entrantes, así que nuestra $I_p = 0.90$

RESTRICCIONES A LA IRREGULARIDAD

De acuerdo a nuestra norma E030, debemos comprobar que nuestro planteamiento arquitectónico esté cumpliendo con todos los requisitos.

Tabla N° 10 CATEGORÍA Y REGULARIDAD DE LAS EDIFICACIONES		
Categoría de la Edificación	Zona	Restricciones
A1 y A2	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades
	1	No se permiten irregularidades extremas
B	4, 3 y 2	No se permiten irregularidades extremas
	1	Sin restricciones
C	4 y 3	No se permiten irregularidades extremas
	2	No se permiten irregularidades extremas excepto en edificios de hasta 2 pisos u 8 m de altura total
	1	Sin restricciones

Tabla N° 34: Categoría y regularidades de las edificaciones

Fuente: Norma E030: Diseño Sismorresistente

Nuestro proyecto arquitectónico cumple con todo lo que nos establece la norma.

$$R = R_0 * I_a * I_p = 7 * 0.9 * 1 = 6.30$$

6.1.7. PESO SISMICO

El peso sísmico (P), se calcula según la combinación establecida por tipo de categoría de edificación:



- ✓ Categoría A y B: 50% Carga Viva + Carga Muerta
- ✓ Categoría C: 25% Carga Viva + Carga Muerta
- ✓ Depósitos: 80% del peso total que es posible almacenar
- ✓ Azoteas y techos: 25% Carga viva
- ✓ Tanques, silos y estructuras similares: 100% de la carga que pueda contener

6.2. ESPECTRO DE RESPUESTA

6.2.1. ESPECTRO DE DISEÑO

Datos necesarios:

Perfil de Suelo =	S3
Zona Sismica =	Z4
Categoria =	C

*Tabla N° 35: Criterios de norma E030: Diseño Sismorresistente: Criterios de norma E030: Diseño Sismorresistente
 Elaboración propia*

Z	0.45		
T_p (S)	1.0	TL	1.6
"S"	1.1		
"U"	1		
R_x	6.3	GEOMETRÍA	
R_y	5.25	GEOMETRÍA	
FACTOR=ZUSg/R			0.77078571
FACTOR=ZUSg/R			0.92494286

*Tabla N° 36: Datos de la edificación
 Elaboración propia*

Resultados, basados en la norma E030: Diseño Sismorresistente

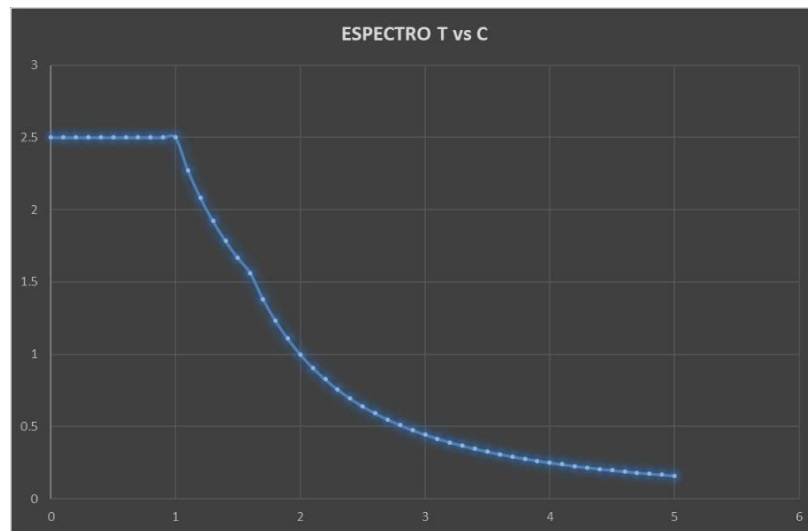
	T	C
	0	2.5
	0.1	2.5
	0.2	2.5
	0.3	2.5
	0.4	2.5
	0.5	2.5



	0.6	2.5
	0.7	2.5
	0.8	2.5
	0.9	2.5
TP	1	2.5
	1.1	2.27273
	1.2	2.08333
	1.3	1.92308
	1.4	1.78571
	1.5	1.66667
TL	1.6	1.5625
	1.7	1.38408
	1.8	1.23457
	1.9	1.10803
	2	1
	2.1	0.90703
	2.2	0.82645
	2.3	0.75614
	2.4	0.69444
	2.5	0.64
	2.6	0.59172
	2.7	0.5487
	2.8	0.5102
	2.9	0.47562
	3	0.44444
	3.1	0.41623
	3.2	0.39063
	3.3	0.36731
	3.4	0.34602
	3.5	0.32653
	3.6	0.30864
	3.7	0.29218
	3.8	0.27701
	3.9	0.26298
	4	0.25
	4.1	0.23795
	4.2	0.22676
	4.3	0.21633
	4.4	0.20661
	4.5	0.19753
	4.6	0.18904

	4.7	0.18108
	4.8	0.17361
	4.9	0.1666
	5	0.16

*Tabla N° 37: Espectro de diseño obtenido
Elaboración propia*



*Figura N° 70: Espectro de diseño
Elaboración propia*

6.3. ANALISIS ESTRUCTURAL DE LA ESTRUCTURA CON MUROS DE CORTE EN ETABS

6.3.1. ANALISIS ESTÁTICO

El análisis estático de la edificación no se considera según la norma, debido a que nuestra estructura no es completamente regular y solo se acepta en estructuras regulares de hasta 10 pisos. Sin embargo, nos sirve para poder desarrollar el análisis dinámico siguiente, a continuación, se adjuntan los resultados de este.

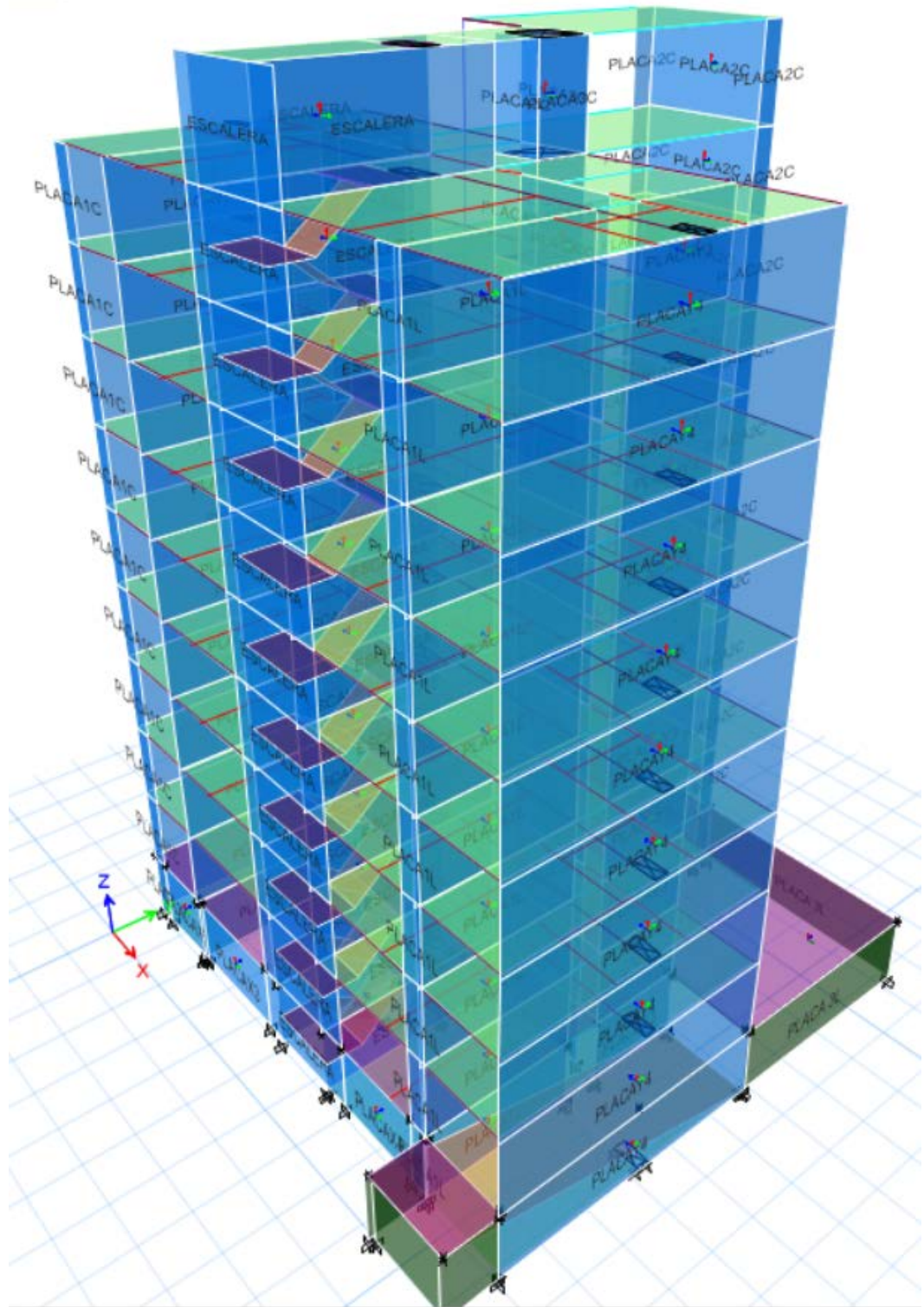


Figura N° 70: Modelamiento de estructura con muros estructurales
Elaboración propia



FACTOR DE MASA PARTICIPATIVA

Case	Mode	Period sec	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
Modal	TX	0.644	0.6901	0.0001	0	0.6901	0.0001	0	0.0001	0.5137	0.0003	0.0001	0.5137	0.0003
Modal	TY	0.296	0.0007	0.6366	0	0.6909	0.6367	0	0.4822	0	0.0468	0.4822	0.5137	0.0471
Modal	RZ	0.262	0.0045	0.0478	0	0.6954	0.6845	0	0.0383	0.0007	0.6282	0.5205	0.5144	0.6752
Modal	4	0.153	0.1648	0	0	0.8601	0.6845	0	0	0.2243	0.0029	0.5205	0.7387	0.6781
Modal	5	0.07	0.0458	0.003	0	0.9059	0.6875	0	0.0036	0.0677	0.0191	0.5241	0.8063	0.6973
Modal	6	0.066	0.002	0.173	0	0.9079	0.8605	0	0.21	0.0026	0.0066	0.7342	0.8089	0.7039
Modal	7	0.058	0.0045	0.0105	0	0.9124	0.871	0	0.0133	0.0056	0.1592	0.7474	0.8145	0.8631
Modal	8	0.042	0.0214	0	0	0.9338	0.871	0	0	0.0403	0.0037	0.7474	0.8548	0.8667
Modal	9	0.031	0.0077	0.0109	0	0.9415	0.8819	0	0.0171	0.0143	0.0049	0.7646	0.869	0.8716
Modal	10	0.031	0.0027	0.034	0	0.9441	0.9158	0	0.0537	0.0051	4.61E-05	0.8183	0.8741	0.8716
Modal	11	0.029	0.0001	0.0001	0	0.9442	0.9159	0	0.0001	0.0002	0.0011	0.8184	0.8743	0.8727
Modal	12	0.029	0.0009	0.0007	0	0.9452	0.9166	0	0.0012	0.0023	0.0089	0.8195	0.8765	0.8816
Modal	13	0.029	0.0001	0.0003	0	0.9452	0.9169	0	0.0004	0.0003	0.0014	0.8199	0.8768	0.883
Modal	14	0.029	1.94E-05	2.36E-05	0	0.9452	0.9169	0	3.90E-05	0.0001	0.0002	0.82	0.8769	0.8832
Modal	15	0.028	0.0001	1.47E-05	0	0.9453	0.9169	0	2.30E-05	0.0002	0.0001	0.82	0.8771	0.8833
Modal	16	0.028	0.0002	2.39E-06	0	0.9456	0.9169	0	3.82E-06	0.0005	1.79E-06	0.82	0.8776	0.8833
Modal	17	0.028	3.84E-05	2.39E-06	0	0.9456	0.9169	0	3.28E-06	0.0001	0.0001	0.82	0.8776	0.8833
Modal	18	0.028	6.00E-06	0	0	0.9456	0.9169	0	0	1.45E-05	1.50E-06	0.82	0.8776	0.8833
Modal	19	0.028	0	0	0	0.9456	0.9169	0	7.89E-07	2.10E-06	5.27E-07	0.82	0.8776	0.8833
Modal	20	0.028	0.0012	3.18E-05	0	0.9468	0.9169	0	0.0001	0.0022	0.001	0.8201	0.8798	0.8844
Modal	21	0.027	0.0005	0.0004	0	0.9473	0.9173	0	0.0007	0.0009	0.0287	0.8207	0.8808	0.9131
Modal	22	0.023	0.0063	4.70E-06	0	0.9536	0.9173	0	8.46E-06	0.0127	0.0014	0.8207	0.8935	0.9145
Modal	23	0.021	2.06E-05	0.0171	0	0.9536	0.9344	0	0.0329	4.21E-05	7.17E-06	0.8536	0.8935	0.9145
Modal	24	0.02	0.002	3.17E-05	0	0.9557	0.9345	0	0.0001	0.0043	0.0073	0.8537	0.8978	0.9217
Modal	25	0.019	0.002	0.0001	0	0.9576	0.9346	0	0.0002	0.0038	0.0084	0.8539	0.9016	0.9301
Modal	26	0.017	0.0018	0.0002	0	0.9595	0.9348	0	0.0004	0.0038	0.0006	0.8543	0.9054	0.9308
Modal	27	0.016	0.0001	0.0095	0	0.9595	0.9443	0	0.0186	0.0002	4.73E-06	0.8729	0.9056	0.9308
Modal	28	0.016	0.0011	0.0002	0	0.9607	0.9445	0	0.0004	0.0023	0.0002	0.8733	0.9079	0.931
Modal	29	0.015	6.47E-06	0.0002	0	0.9607	0.9447	0	0.0004	1.12E-05	0.011	0.8737	0.9079	0.942
Modal	30	0.015	0.0004	0	0	0.9611	0.9447	0	7.80E-07	0.0009	0	0.8737	0.9088	0.942

Tabla N° 38: Factor de masa participativa
 Elaboración propia

CORTANTE ESTÁTICA EN X:

Datos necesarios:

TX=	0.6901	
Z=	0.45	ZONA 4
U=	1	VIVIENDA
S=	1.1	SUELO S3
TP=	1	
TL=	1.6	
CX=	2.5	
Rx=	6.3	Dual Ro=7
la=	0.9	
lp=	1	

*Tabla N° 39: Datos para la cortante estática en X
 Elaboración propia*

Resultados

Cx/Ry>0.125	0.396825	CUMPLE
PESO EDIFICACION	3341.0041	
COEFE SISMICO V=ZUCS/R	0.196428571	
CORTANTE ESTATICA VX=	656.2687	ton

*Tabla N° 40: Resultados de la cortante estática en X
 Elaboración propia*

DISTRIBUCIÓN EN ALTURA DE LAS FUERZAS SÍSMICAS EN DIRECCIÓN X-X

VX=	656.2687
k=	1.09505

*Tabla N° 41: Datos para hallar las fuerzas sísmicas en X-X
 Elaboración propia*

PISO	ALTURA	PESO	Pi*(hi)^k	alfa i	Fi	Mti
	h	ton			ton	ton*m
TECHO 10	28.2	94.0764	3643.98	0.0574174	37.68122	33.72469
TECHO 09	25.2	364.5889	12485.53	0.1967317	129.1089	115.5524
TECHO 08	22.4	364.5889	10974.7	0.1729258	113.4858	101.5698
TECHO 07	19.6	364.5889	9481.749	0.1494018	98.04771	87.7527
TECHO 06	16.8	364.5889	8009.001	0.126196	82.8185	74.12256
TECHO 05	14	364.5889	6559.503	0.1033566	67.82971	60.70759
TECHO 04	11.2	364.5889	5137.474	0.08095	53.12496	47.54684
TECHO 03	8.4	364.5889	3749.173	0.0590749	38.76899	34.69824
TECHO 02	5.6	364.313	2403.134	0.0378656	24.85003	22.24078
TECHO 01	2.8	330.4924	1020.521	0.0160801	10.55288	9.444825
Suma Pi*hi^k					63464.77	656.2687

*Tabla N° 42: Fuerzas Sísmicas en X-X
 Elaboración propia*

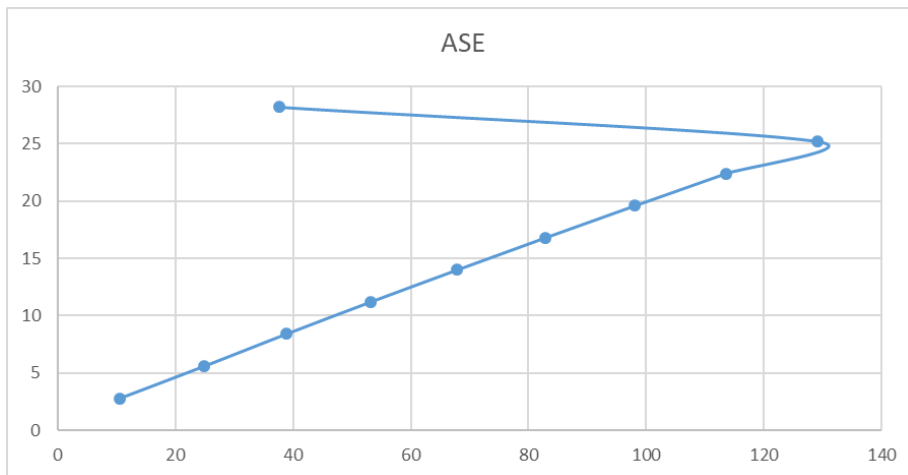


Figura N° 71: Fuerzas Sísmicas en X-X
 Elaboración propia

CORTANTE ESTÁTICA EN Y:

Datos necesarios:

Ty=	0.6366	
Z=	0.45	ZONA 3
U=	1	VIVIENDA
S=	1.1	SUELO S2
TP=	1	
TL=	1.6	
Cy=	2.5	
Ry=	6.3	Dual Ro=7
la=	0.9	
lp=	1	

Tabla N° 43: Datos para la cortante estática en Y
 Elaboración propia

Resultados

$Cx/Ry > 0.125$	0.396825	CUMPLE
PESO EDIFICACION	3341.0041	
COEFE SIMICO V=ZUCS/R	0.196428571	
CORTANTE ESTATICA VX=	656.2687	ton

Tabla N° 44: Resultados de la cortante estática en Y
 Elaboración propia

DISTRIBUCIÓN EN ALTURA DE FUERZAS SÍSMICAS EN DIRECCIÓN Y-Y



VX=	656.2687
k=	1.0683

Tabla N° 45: Datos para hallar las fuerzas sísmicas en Y-Y
 Elaboración propia

PISO	ALTURA h	PESO ton	$P_i \cdot (h_i)^k$	alfa i	Fi ton	Mti ton*m
TECHO 10	28.2	94.0764	3332.589	0.0566523	37.17912	33.27531
TECHO 09	25.2	364.5889	11453.01	0.1946952	127.7724	114.3563
TECHO 08	22.4	364.5889	10098.88	0.1716758	112.6654	100.8356
TECHO 07	19.6	364.5889	8756.299	0.1488525	97.68725	87.43009
TECHO 06	16.8	364.5889	7426.793	0.1262516	82.85498	74.15521
TECHO 05	14	364.5889	6112.404	0.1039077	68.19135	61.03126
TECHO 04	11.2	364.5889	4815.962	0.0818688	53.72796	48.08652
TECHO 03	8.4	364.5889	3541.694	0.0602069	39.51193	35.36318
TECHO 02	5.6	364.313	2294.901	0.0390121	25.60243	22.91418
TECHO 01	2.8	330.4924	992.7969	0.016877	11.07587	9.912899
Suma $P_i \cdot h_i^k$			58825.33		656.2687	

Tabla N° 46: Fuerzas Sísmicas en Y-Y
 Elaboración propia

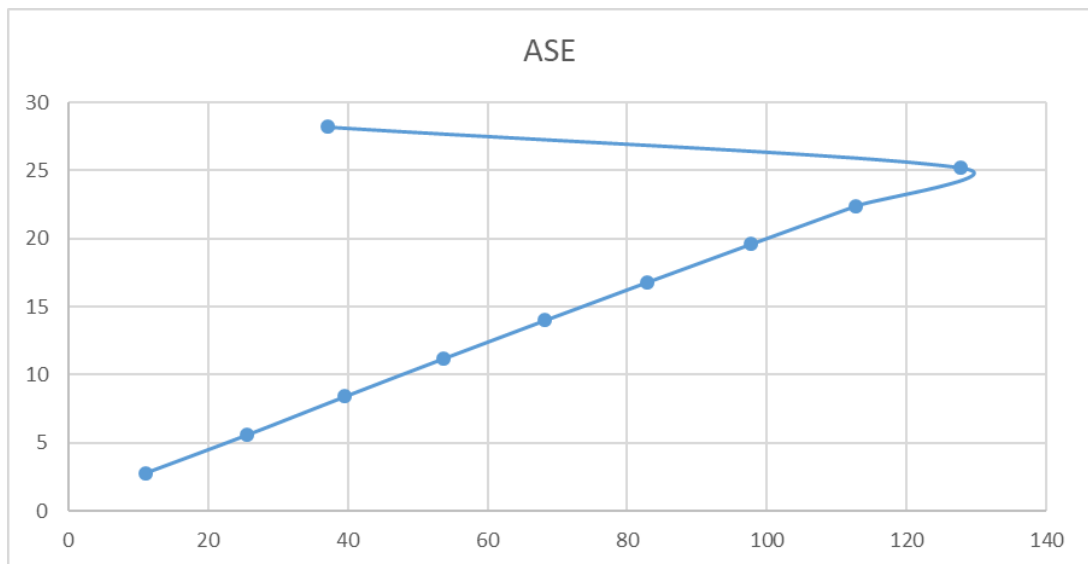


Figura N° 72: Fuerzas Sísmicas en Y-Y
 Elaboración propia

VERIFICACIÓN

Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY	PESO POR NIVEL	
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m	TON	
TECHO 10	PESO	Bottom	94.0764	0	0	0	1034.3361	-860.1484	94.0764	
TECHO 09	PESO	Bottom	458.6653	0	0	0	4080.4076	-4350.9442	364.5889	
TECHO 08	PESO	Bottom	823.2542	0	0	0	7126.4792	-7841.74	364.5889	
TECHO 07	PESO	Bottom	1187.8431	0	0	0	10172.5507	-11332.5359	364.5889	
TECHO 06	PESO	Bottom	1552.432	0	0	0	13218.6223	-14823.3317	364.5889	
TECHO 05	PESO	Bottom	1917.0209	0	0	0	16264.6938	-18314.1275	364.5889	
TECHO 04	PESO	Bottom	2281.6098	0	0	0	19310.7654	-21804.9234	364.5889	
TECHO 03	PESO	Bottom	2646.1987	0	0	0	22356.8369	-25295.7192	364.5889	
TECHO 02	PESO	Bottom	3010.5117	0	0	0	25400.8212	-28781.2624	364.313	
TECHO 01	PESO	Bottom	3341.0041	0	0	0	28189.1585	-31937.9108	330.4924	3341.0041
SOTANO	PESO	Bottom	3857.5729	2.7382	62.9777	878.9062	33366.1789	-36960.5122	516.5688	
									3857.5729	

Tabla N° 47: Peso de la edificación
 Elaboración propia

RATIO PESO/AREA		
PESO	364.5889	kg
AREA	245.79	m2
RATIO	1.48333496	ton/m2
CUMPLE POR TENER PLACAS		

Tabla N° 48: Ratio
 Elaboración propia

6.3.2. ANALISIS DINAMICO ESPECTRAL

Este análisis es el que nos podrá proporcionar los resultados que necesitamos para proceder con nuestro diseño, basándonos en la norma E030: Diseño Sismorresistente y sus condiciones. A continuación, se adjuntan los resultados:

DERIVAS EN X-X

DERIVAS X-X							
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
TECHO 10	DERIVA XX Max	X	0.004948	7	11.1	19.78	31.2
TECHO 09	DERIVA XX Max	X	0.004807	7	11.1	19.78	28.2
TECHO 08	DERIVA XX Max	X	0.005125	7	11.1	19.78	25.4
TECHO 07	DERIVA XX Max	X	0.005402	7	11.1	19.78	22.6
TECHO 06	DERIVA XX Max	X	0.005578	7	11.1	19.78	19.8
TECHO 05	DERIVA XX Max	X	0.005577	7	11.1	19.78	17
TECHO 04	DERIVA XX Max	X	0.005339	7	11.1	19.78	14.2
TECHO 03	DERIVA XX Max	X	0.00479	7	11.1	19.78	11.4
TECHO 02	DERIVA XX Max	X	0.003859	7	11.1	19.78	8.6
TECHO 01	DERIVA XX Max	X	0.002298	7	11.1	19.78	5.8

Tabla N° 49: Derivas en X-X – Sistema de muros estructurales
 Elaboración propia

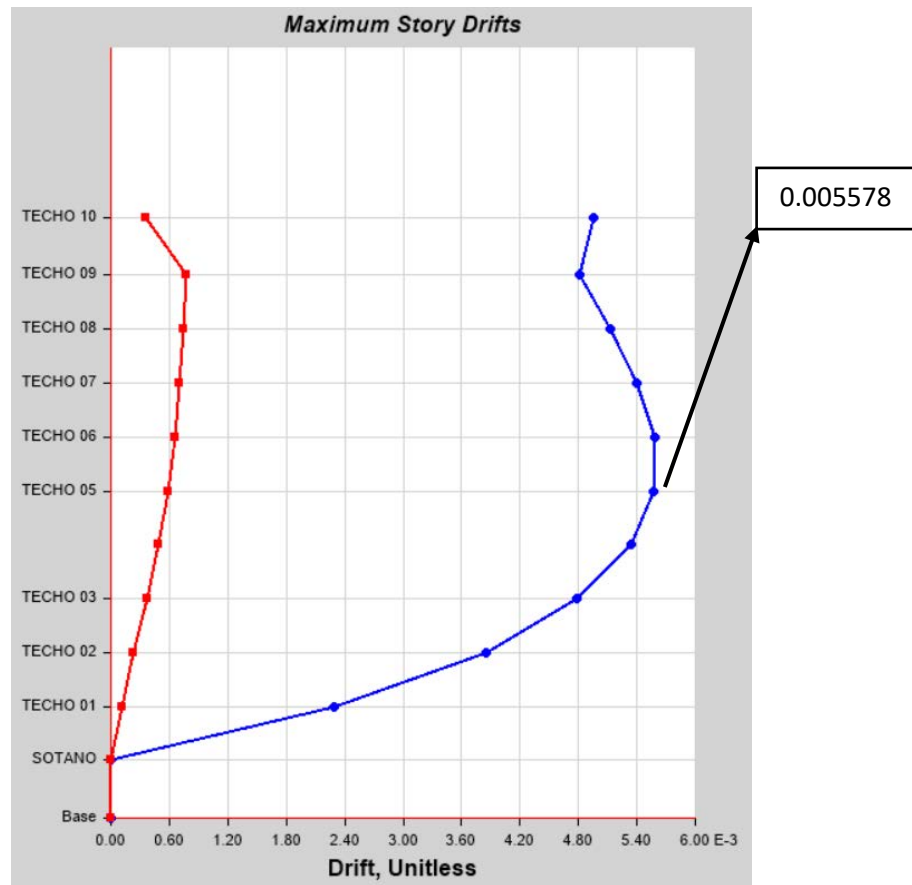


Figura N° 73: Derivas en X-X – Sistema de muros estructurales
 Elaboración propia

DERIVAS EN Y-Y

DERIVA Y-Y							
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
TECHO 10	DERIVA YY Max	Y	0.001725	18	11.98	2	31.2
TECHO 09	DERIVA YY Max	Y	0.002102	33	19.55	1.875	28.2
TECHO 08	DERIVA YY Max	Y	0.00216	34	19.55	12.125	25.4
TECHO 07	DERIVA YY Max	Y	0.002183	34	19.55	12.125	22.6
TECHO 06	DERIVA YY Max	Y	0.002155	34	19.55	12.125	19.8
TECHO 05	DERIVA YY Max	Y	0.002062	34	19.55	12.125	17
TECHO 04	DERIVA YY Max	Y	0.001894	34	19.55	12.125	14.2
TECHO 03	DERIVA YY Max	Y	0.001636	34	19.55	12.125	11.4
TECHO 02	DERIVA YY Max	Y	0.001287	34	19.55	12.125	8.6
TECHO 01	DERIVA YY Max	Y	0.000796	33	19.55	1.875	5.8

Tabla N° 50: Derivas en Y-Y – Sistema de muros estructurales
 Elaboración propia

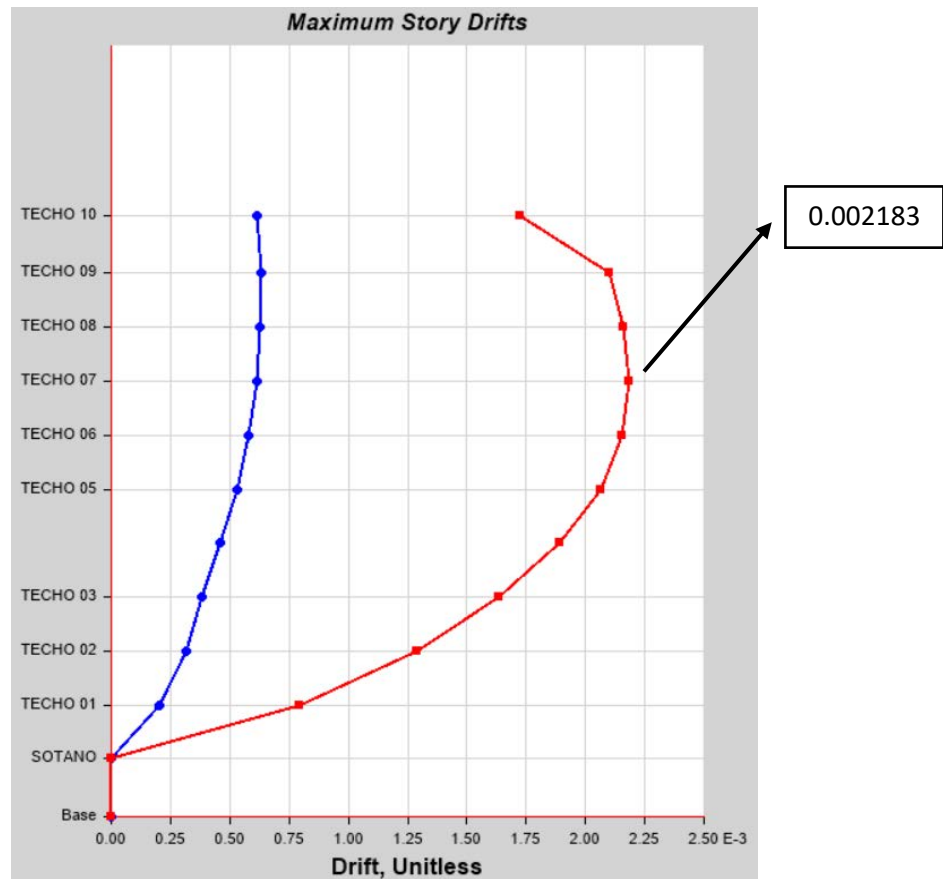


Figura N° 74: Derivas en Y-Y – Sistema de muros estructurales
 Elaboración propia

COMPROBAMOS TORSIÓN

Esto significa que la ratio por hallar debe ser mayor a 1.20

Torsión en X-X

TORSIÓN X-X										
Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label	Max Loc X	Max Loc Y	Max Loc Z	OBSERVACION
							m	m	m	
TECHO 10	DERIVAXX Max	Diaph D techo 10 X	0.004948	0.004153	1.191	7	11.1	19.78	31.2	NO TORSION
TECHO 09	DERIVAXX Max	Diaph D techo 09 X	0.004807	0.004161	1.155	7	11.1	19.78	28.2	NO TORSION
TECHO 08	DERIVAXX Max	Diaph D techo 08 X	0.005125	0.004511	1.136	7	11.1	19.78	25.4	NO TORSION
TECHO 07	DERIVAXX Max	Diaph D techo 07 X	0.005402	0.004821	1.121	7	11.1	19.78	22.6	NO TORSION
TECHO 06	DERIVAXX Max	Diaph D techo 06 X	0.005578	0.005043	1.106	7	11.1	19.78	19.8	NO TORSION
TECHO 05	DERIVAXX Max	Diaph D techo 05 X	0.005577	0.005103	1.093	7	11.1	19.78	17	NO TORSION
TECHO 04	DERIVAXX Max	Diaph D techo 04 X	0.005339	0.004945	1.08	7	11.1	19.78	14.2	NO TORSION
TECHO 03	DERIVAXX Max	Diaph D techo 03 X	0.00479	0.004495	1.066	7	11.1	19.78	11.4	NO TORSION
TECHO 02	DERIVAXX Max	Diaph D techo 02 X	0.003859	0.003685	1.047	7	11.1	19.78	8.6	NO TORSION
TECHO 01	DERIVAXX Max	Diaph D techo 01 X	0.002298	0.002233	1.029	7	11.1	19.78	5.8	NO TORSION

Tabla N° 51: Verificación de torsión X-X
 Elaboración propia

Por lo tanto, Rx de diseño es:

$$R_x \text{ diseño} = R_0 * I_a * I_p = 7 * 1 * 0.9 = 6.30$$

Irregularidad solo en GEOMETRÍA

Torsión en Y-Y

TORSIÓN Y-Y											
Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label	Max Loc X	Max Loc Y	Max Loc Z	OBSERVACION	I _p
							m	m	m		
TECHO 10	DERIVAYY Max	Diaph D techo 10 Y	0.001725	0.001621	1.064	18	11.98	2	31.2	TORSION	0.75
TECHO 09	DERIVAYY Max	Diaph D techo 09 Y	0.002102	0.001732	1.214	33	19.55	1.875	28.2	TORSION	0.75
TECHO 08	DERIVAYY Max	Diaph D techo 08 Y	0.00216	0.001777	1.216	34	19.55	12.125	25.4	TORSION	0.75
TECHO 07	DERIVAYY Max	Diaph D techo 07 Y	0.002183	0.001794	1.217	34	19.55	12.125	22.6	TORSION	0.75
TECHO 06	DERIVAYY Max	Diaph D techo 06 Y	0.002155	0.001769	1.218	34	19.55	12.125	19.8	TORSION	0.75
TECHO 05	DERIVAYY Max	Diaph D techo 05 Y	0.002062	0.001692	1.219	34	19.55	12.125	17	TORSION	0.75
TECHO 04	DERIVAYY Max	Diaph D techo 04 Y	0.001894	0.001555	1.218	34	19.55	12.125	14.2	TORSION	0.75
TECHO 03	DERIVAYY Max	Diaph D techo 03 Y	0.001636	0.001348	1.214	34	19.55	12.125	11.4	TORSION	0.75
TECHO 02	DERIVAYY Max	Diaph D techo 02 Y	0.001287	0.001067	1.206	34	19.55	12.125	8.6	TORSION	0.75
TECHO 01	DERIVAYY Max	Diaph D techo 01 Y	0.000796	0.000672	1.184	33	19.55	1.875	5.8	TORSION	0.75

Tabla N° 52: Verificación de torsión Y-Y
 Elaboración propia

Por lo tanto, Ry de diseño es:

$$R_y \text{ diseño} = R_0 * I_a * I_p = 7 * 1 * 0.75 = 5.25$$

Irregularidad en GEOMETRIA Y TORSIÓN

6.3.3. FUERZA CORTANTE MINIMA EN LA BASE

En primer lugar, se compararán los análisis de tal manera que podamos comprobar que el análisis dinámico sea el correcto.



Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
		sec												
Modal	TX	0.504	0.7072	0.0001	0	0.7072	0.0001	0	0.0001	0.4942	0.002	0.0001	0.4942	0.002
Modal	TY	0.297	0.0008	0.6532	0	0.7081	0.6533	0	0.4975	0.0001	0.031	0.4975	0.4943	0.033
Modal	RZ	0.254	0.0088	0.0317	0	0.7169	0.6849	0	0.0258	2.17E-06	0.647	0.5233	0.4943	0.68
Modal	4	0.131	0.1459	1.79E-06	0	0.8627	0.6849	0	1.39E-06	0.2512	0.0028	0.5233	0.7455	0.6828
Modal	5	0.067	0.001	0.1668	0	0.8637	0.8517	0	0.2026	0.0018	0.0156	0.726	0.7472	0.6984
Modal	6	0.063	0.0357	0.013	0	0.8994	0.8648	0	0.0162	0.0521	0.0413	0.7421	0.7994	0.7396
Modal	7	0.057	0.0135	0.0059	0	0.9129	0.8707	0	0.0077	0.0163	0.1247	0.7498	0.8157	0.8644
Modal	8	0.038	0.0212	5.17E-06	0	0.9341	0.8707	0	7.95E-06	0.0409	0.0035	0.7498	0.8566	0.8678
Modal	9	0.031	0.0002	0.0449	0	0.9342	0.9155	0	0.07	0.0003	0.0021	0.8198	0.8569	0.8699
Modal	10	0.029	0.0024	0.0015	0	0.9367	0.917	0	0.0023	0.0045	8.00E-03	0.8221	0.8614	0.8779
Modal	11	0.029	0.0001	0.0003	0	0.9368	0.9173	0	0.0005	0.0002	0.0056	0.8226	0.8616	0.8835
Modal	12	0.029	0.0017	6.35E-06	0	0.9385	0.9173	0	1.19E-05	0.004	0.001	0.8226	0.8656	0.8845
Modal	13	0.029	7.01E-07	1.02E-05	0	0.9385	0.9173	0	2.33E-05	1.14E-06	0.0001	0.8226	0.8656	0.8846
Modal	14	0.029	3.00E-04	2.97E-05	0	0.9387	0.9173	0	4.50E-05	0.0004	0.0004	0.8227	0.866	0.885
Modal	15	0.028	0.0001	1.13E-05	0	0.9388	0.9174	0	1.74E-05	0.0001	4.64E-05	0.8227	0.8661	0.885
Modal	16	0.028	0.0004	7.42E-06	0	0.9392	0.9174	0	1.15E-05	0.0007	5.15E-06	0.8227	0.8669	0.885
Modal	17	0.028	4.96E-05	1.08E-06	0	0.9392	0.9174	0	1.52E-06	0.0001	3.02E-05	0.8227	0.8669	0.885
Modal	18	0.028	0.00E+00	0	0	0.9392	0.9174	0	0	0.00E+00	9.57E-07	0.8227	0.8669	0.885
Modal	19	0.028	9.37E-06	7.97E-07	0	0.9392	0.9174	0	1.44E-06	1.15E-05	2.13E-06	0.8227	0.867	0.885
Modal	20	0.027	0.0022	4.00E-04	0	0.9415	0.9177	0	0.0006	0.0042	0.0181	0.8233	0.8711	0.9032
Modal	21	0.026	0.006	4.84E-05	0	0.9475	0.9178	0	0.0001	0.0112	0.0115	0.8233	0.8823	0.9146
Modal	22	0.021	0.005	3.00E-03	0	0.9525	0.9208	0	5.80E-03	0.01	0.0016	0.8291	0.8923	0.9162
Modal	23	0.021	1.00E-03	0.0147	0	0.9536	0.9354	0	0.028	2.00E-03	5.00E-04	0.8571	0.8943	0.9167
Modal	24	0.019	0.0005	1.00E-04	0	0.9541	0.9355	0	0.0001	0.0012	0.0138	0.8572	0.8955	0.9306
Modal	25	0.018	0.0034	0.0002	0	0.9575	0.9357	0	0.0004	0.0068	0.0006	0.8576	0.9023	0.9312
Modal	26	0.017	4.64E-05	0.0095	0	0.9575	0.9452	0	0.0186	0.0001	4.83E-06	0.8762	0.9024	0.9312
Modal	27	0.016	0.0023	3.67E-05	0	0.9598	0.9453	0	0.0001	0.0046	4.00E-04	0.8762	0.9071	0.9315
Modal	28	0.015	0.0001	0.0001	0	0.9599	0.9454	0	0.0003	0.0002	0.0106	0.8765	0.9073	0.9421
Modal	29	0.014	1.30E-03	7.36E-07	0	0.9613	0.9454	0	1.41E-06	2.80E-03	2.31E-06	0.8765	0.9101	0.9421
Modal	30	0.014	0	0.0067	0	0.9613	0.9521	0	1.36E-02	0	0.0004	0.8901	0.9101	0.9425

Tabla N° 53: Modos de vibración
 Elaboración propia



Z=	0.45	Zona 3							
U=	1	Vivienda							
S=	1.1	S2							
TP=	1	s							
TL=	1.6	s							
CX=	2.5	TX=	0.504	VX=ZUCxS/Rx	0.1964286	3416.9608	671.188729	450.1196	1.3420208 Irregular
CY=	2.5	TY=	0.297	VY=ZUCyS/Ry	0.2357143	3416.9608	805.426474	513.4046	1.4119153 Irregular
Rx=	6.3	peso		Cx/Rx>0.125	0.3968254	CUMPLE			
Ry=	5.25	peso y torsion		Cy/Ry>0.125	0.4761905	CUMPLE			

Tabla N° 54: Resultados de comprobar los análisis
Elaboración propia

Con esto podemos decir que el análisis dinámico no es el adecuado, ya que no es el 90% del análisis estático y que se halló un factor escala que podemos usar para modificar este, con el nuevo análisis dinámico se obtuvo:

Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
TECHO 10	SISXX Max	Bottom	0	32.8284	2.1076	414.4441	6.3229	98.4853
TECHO 10	SISYY Max	Bottom	0	5.6853	42.2607	459.1755	126.7822	17.0558
TECHO 09	SISXX Max	Bottom	0	148.3884	7.1146	1520.1624	25.6948	509.843
TECHO 09	SISYY Max	Bottom	0	9.623	186.7899	2094.015	641.7183	41.2449
TECHO 08	SISXX Max	Bottom	0	256.7188	11.1595	2554.8739	56.3554	1221.8736
TECHO 08	SISYY Max	Bottom	0	8.6786	319.4572	3594.4556	1526.8344	60.043
TECHO 07	SISXX Max	Bottom	0	347.2128	13.9082	3425.6389	94.1817	2182.2476
TECHO 07	SISYY Max	Bottom	0	8.9343	426.3895	4796.0694	2704.5938	64.1683
TECHO 06	SISXX Max	Bottom	0	422.5634	15.9711	4152.9151	136.6094	3346.8966
TECHO 06	SISYY Max	Bottom	5.65E-07	15.9501	513.1813	5765.4195	4114.9063	71.3948
TECHO 05	SISXX Max	Bottom	0	484.499	17.8766	4749.7595	182.6205	4676.8786
TECHO 05	SISYY Max	Bottom	8.24E-07	21.346	583.7274	6549.765	5709.884	110.412
TECHO 04	SISXX Max	Bottom	0	533.9058	19.8779	5223.409	232.3055	6136.9448
TECHO 04	SISYY Max	Bottom	1.04E-06	22.939	640.0461	7172.7743	7449.5786	169.7597
TECHO 03	SISXX Max	Bottom	0	570.6268	21.8218	5572.4905	286.1017	7693.6437
TECHO 03	SISYY Max	Bottom	1.19E-06	24.2065	682.941	7646.6976	9298.6933	234.8852
TECHO 02	SISXX Max	Bottom	0	594.331	23.3469	5793.7543	343.9767	9314.5168
TECHO 02	SISYY Max	Bottom	1.31E-06	27.7608	711.9397	7967.7178	11224.244	304.7682
TECHO 01	SISXX Max	Bottom	0	604.0605	24.068	5883.1324	404.9924	10967.354
TECHO 01	SISYY Max	Bottom	1.34E-06	30.3941	724.8838	8109.8436	13192.428	380.7198
SOTANO	SISXX Max	Bottom	0	367.8853	38.5479	3154.2811	414.5027	9870.4949
SOTANO	SISYY Max	Bottom	1.33E-06	15.8296	334.9525	2783.4165	12190.201	378.1709

Tabla N° 55: Cortante dinámica
Elaboración propia

6.3.4. DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

6.3.4.1. DISEÑO DE LAS VIGAS

- **PREDIMENSIONAMIENTO**

Las vigas se dimensionan, considerando un peralte del orden de 1/10 a 1/12 de la luz libre. Debe aclararse que esta altura incluye el espesor de la losa del techo o piso.

El ancho es variable de 1/2 a 2/3 veces su altura, teniendo en cuenta un ancho mínimo de 25.00 cm, con la finalidad de evitar el congestionamiento del acero y presencia de cangrejeras.

Se ha predimensionado usando el software Mathcad Prime 5.0.0.0, se adjuntarán las hojas de cálculos correspondientes en los anexos, con lo que se llegan a los siguientes datos.

VIGA EN X

$$VX = 50.00 \text{ cm} \times 25.00 \text{ cm}$$

VIGA EN Y

$$VY = 70.00 \text{ cm} \times 35.00 \text{ cm}$$

- **DISEÑO**

Se ha diseñado usando el software Mathcad Prime 5.0.0.0, se adjuntarán las hojas de cálculos correspondientes en los anexos, con lo que se llegan a los siguientes datos.

Por un mejor y más uniforme trabajo, se han puesto todas las vigas de 70.00 cm x 25.00 cm y con esto tenemos:

$$\text{Peralte efectivo} = 62.00 \text{ cm}$$

Datos necesarios:

$$F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F'y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Phi} = 0.90$$

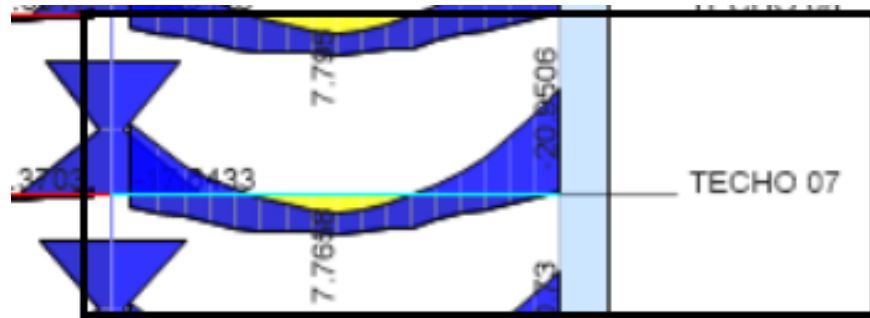


Figura N° 75: Diagrama de Momento Flector
 Elaboración propia

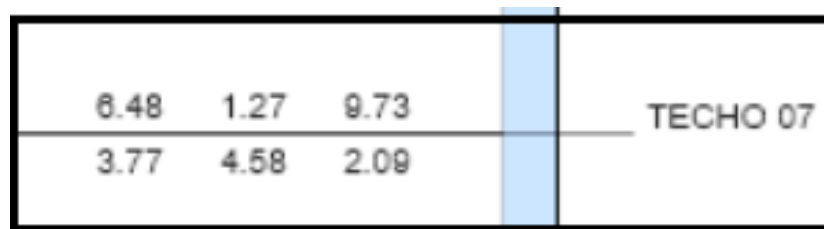


Figura N° 76: Diseño de acero basado en el programa ETABS
 Elaboración propia

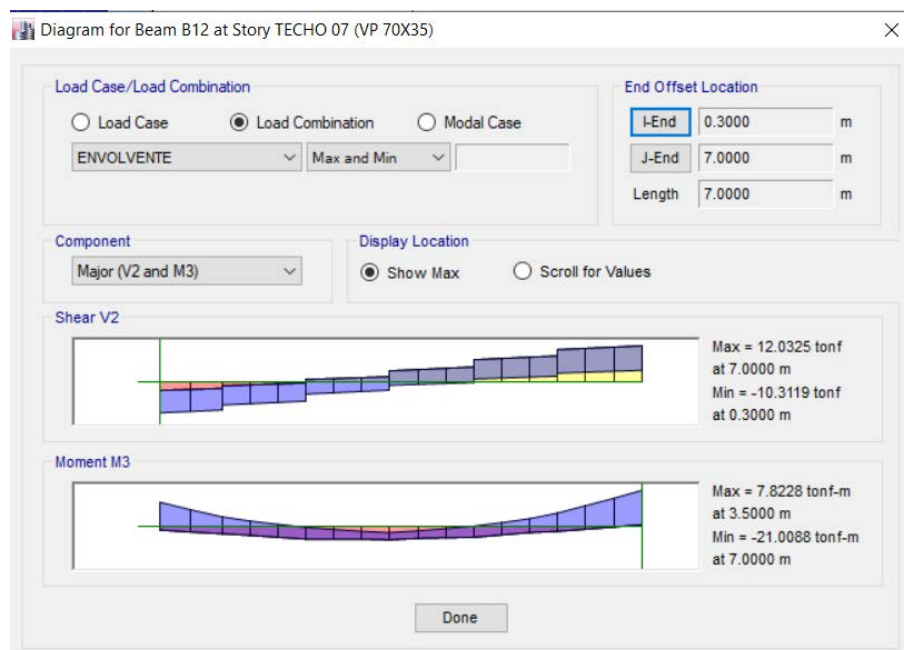


Figura N° 77: Diagrama de Momentos Máximos
 Elaboración propia

Momentos máximos:

M máximo izquierdo = 14.2760×10^5

M mínimo izquierdo = 2.1613×10^5

$$M \text{ máximo derecho} = 20.9560 \times 10^5$$

$$M \text{ mínimo derecho} = 1.0615 \times 10^5$$

Cuantía mecánica:

$$W \text{ máximo izquierda} = 0.072$$

$$W \text{ máximo derecha} = 0.109$$

Cuantía de acero:

$$P \text{ máximo izquierda} = 0.004$$

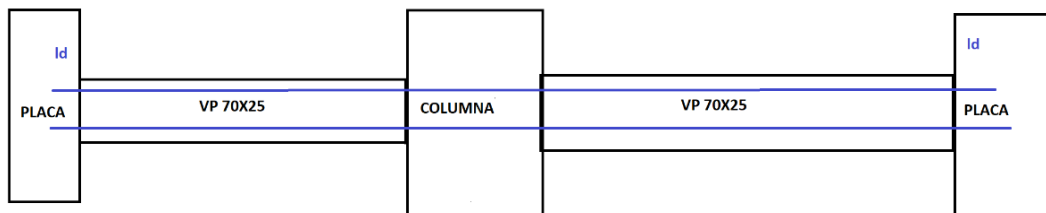
$$P \text{ máximo derecha} = 0.005$$

Área de acero:

$$As \text{ máximo izquierda} = 5.981$$

$$As \text{ máximo derecha} = 8.979$$

Diseño de Pórtico completo eje C-C



*Figura N° 78: Representación de viga
 Elaboración propia*

Trabajamos bajo la siguiente condición:

Si el área de acero requerida sale:

ÁREA DE ACERO	DIAMETRO DE BARRA
0.00 – 5.00 cm ²	1/2" – 5/8"
5.00 – 10.00 cm ²	5/8" – 3/4"
10.00 cm ² – a más	3/4" – 1"

*Tabla N° 56: Área de acero
 Elaboración propia*



Acero mínimo:

$$A_{smin} := \left(0.7 \cdot \frac{\sqrt{f'c}}{f'y} \right) \cdot b \cdot d = 3.985$$

Acero longitudinal (-):

As = 3 barras de 3/4"

Acero longitudinal (+):

As = 2 barras de 3/4"

El acero colocado en la parte superior no cumple con lo estipulado por Etabs, nos guiaremos de este debido a que supera el acero mínimo.

As superior = 8.52 cm²

As faltante = 1.23 cm²

Por lo que se proponen 2 bastones de 5/8" que dan 4 cm², sobrepasando el área que nos piden.

Comprobamos dimensiones:

Recubrimiento = 4.00 cm

Estribo = 0.95 cm

Diámetro de la barra = 1.91 cm

$$B = 2 \cdot 4 + 0.95 \cdot 2 + 3 \cdot 1.91 + 2 \cdot x$$

$$B = 25.00 \text{ cm}$$

X = 4.685, lo cual es mayor que 2.54 cm (el mínimo)

Hallamos Id:

$$d1 = 54.00 \text{ cm}$$

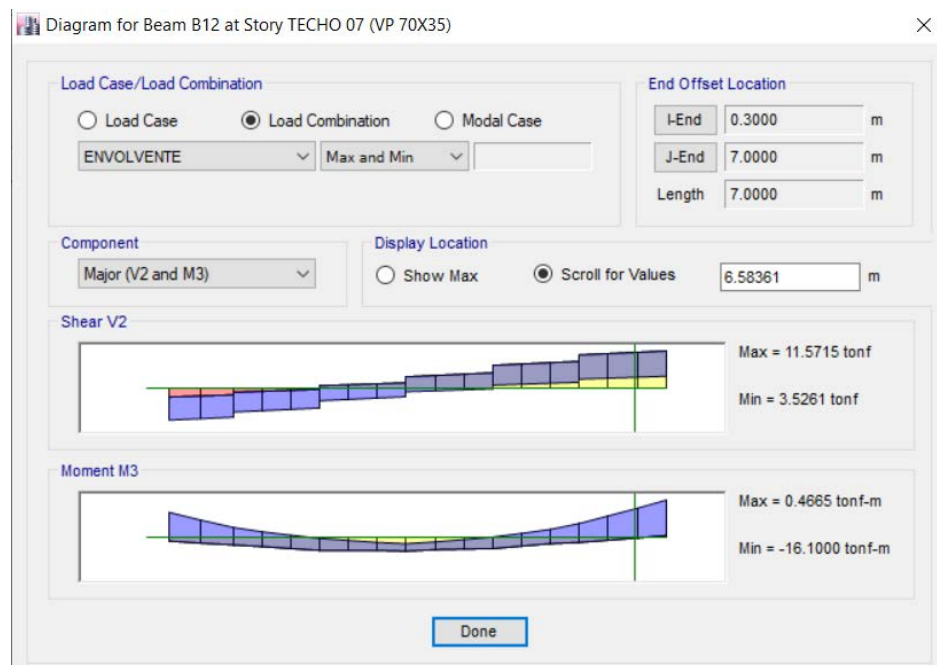
$$a := f'y \cdot \frac{Acsup}{0.85 \cdot f'c \cdot b} = 8.019$$

$$Alt := d1 - \frac{a}{2} = 49.991$$

$$Mn := f'y \cdot Acsup \cdot Alt = 1.789 \cdot 10^6$$

$$Mr := phi \cdot Mn = 1.61 \cdot 10^6$$

$$Mr_{ton} := 16.10 \text{ ton}$$



*Figura N° 79: Momento resistente
 Elaboración propia*

Aquí podemos ubicar el momento resistente a 6.56361 m desde la izquierda

Punto de corte teórico $ld_0 = 43.6$ Sin F.S.

Factor de seguridad d o 12db

$d1 = 54.00$ cm

$db = 1.91$ cm

$FS = db \times 12.00 = 22.92$

Para hallar ld real se suma $ld_0 + FS$

$$ld1 = d1 + ld0 = 97.60$$

$$ld2 = FS + ld0 = 66.52$$

DISEÑO POR CORTE PARA LA VIGA MAS DESFAVORABLE EN EL EJE C-C:

$$Vu \leq \phi Vn$$

Donde:

Vu = Demanda sísmica del análisis

Vn = Capacidad Resistente del área transversal

Φ = Factor de reducción de resistencia = 0.85

$$B = 25.00$$

$$D = 66.00$$

$$Vc := 0.53 \cdot \sqrt{f'c} \cdot b \cdot \frac{d}{1000} = 11.905$$

$$Vu = 10.35$$

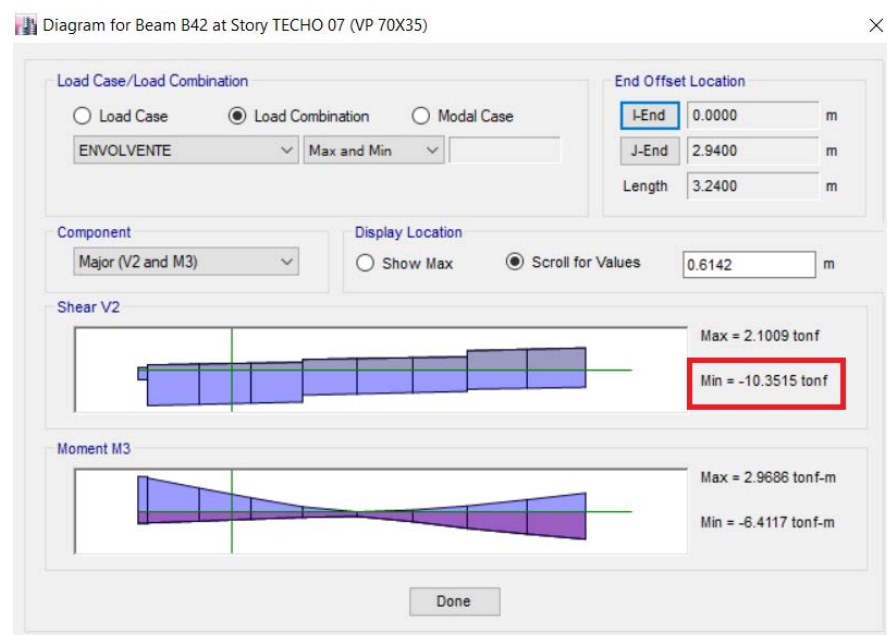


Figura N° 80: Diagrama de Fuerza Cortante
Elaboración propia



$$V_s := \frac{V_u}{\phi} - V_c = 0.272$$

$$V_n := V_s + V_c = 12.176$$

$$A_v := 0.71 \cdot 2 = 1.42$$

$$s := A_v \cdot f'_y \cdot \frac{d}{V_s \cdot 1000} = 1.36 \cdot 10^3$$

La norma nos dice, ya que el resultado sobra, basándonos en el Art. 21.4.4.4.

$$z_c = 2 \times h = 140$$

$$d_{b1} = 1.59$$

$$d_{b2} = 0.95$$

$$s_0 \text{ opción 1} = d/4 = 15.5$$

$$s_0 \text{ opción 2} = 10 \times d_{b1} = 15.9$$

$$s_0 \text{ opción 3} = 24 \times d_{b2} = 22.80$$

$$s_0 \text{ opción 4} = 30$$

$$s_0 \text{ final} = 12.50$$

$$\# \text{ estribos} = z_c / s_0 = 11.2$$

$$s_1 = d/2 = 31$$

Usar: 3/8" 1@0.05cm, 10@0.125cm, rto@0.25

En la zona de confinamiento:

$$V_s := A_v \cdot f'_y \cdot \frac{d}{s_{0\text{final}} \cdot 1000} = 29.581$$

$$\phi V_n := \phi \cdot (V_c + V_s) = 35.263$$

$$V_u \leq \phi V_n \text{ CUMPLE!}$$

En la zona de no confinamiento:

$$V_s := A_v \cdot f'_y \cdot \frac{d}{25 \cdot 1000} = 14.791$$

$$\phi V_n := \phi \cdot (V_c + V_s) = 22.691$$

$$V_u \leq \phi V_n \text{ CUMPLE!}$$

6.3.4.2. DISEÑO DE LAS COLUMNAS

- **PREDIMENSIONAMIENTO**

Las columnas al ser sometidas a cargas axiales y momento flector, tienen que ser dimensionadas considerando los dos efectos simultáneamente, tratando de evaluar cuál de los dos es el que gobierna en forma más influyente en dimensionamiento.

Se ha predimensionado usando el software Mathcad Prime 5.0.0.0, se adjuntarán las hojas de cálculos correspondientes en los anexos, con lo que se llegan a los siguientes datos.

COLUMNA CÉNTRICA

C1 = 60.00 cm x 60.00 cm

- **DISEÑO DE LA CURVA DE INTERACCIÓN**

La flexocompresión se presenta de forma uniaxial y biaxial.

Uniaxial: Con excentricidad en dirección Y, que genera un momento.

Biaxial: Con excentricidad en dirección X y Y, que genera dos momentos.

$$R_u \leq \phi R_n$$

La norma E060 nos indica:

$$\rho_{min} = 1\%$$

$$\rho_{max} = 6\%$$

La norma ACI nos permite:

$$\rho_{max} = 8\%$$

El diseño económico se considera a las cuantías:

$$1\% \leq \rho \leq 3\%$$

La norma también nos indica:

$S_{min} = 4 \text{ cm}$, Si esto varía se podrían dar cangrejeras en obra

$S_{max} = 15 \text{ cm}$, Si esto varía se podría presentar pandeo

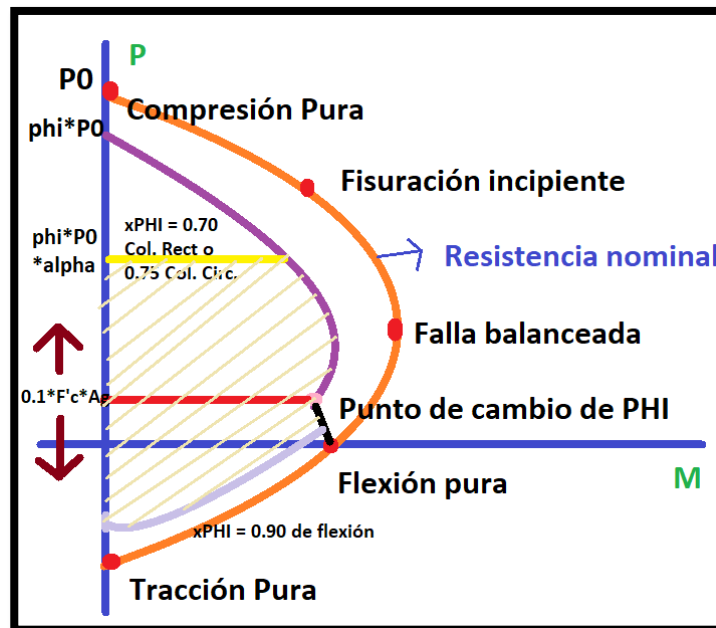


Figura N° 81: Curva de iteración básica
 Elaboración propia

P_o = compresión pura

$$P_o = 0.85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f'_y$$

T_o = Tracción pura

$$T_o = A_{st} \cdot f'_y$$

A_{st} = tanteo desde la cuantía mínima

Para columnas rectangulares con estribos normales

$$\alpha = 0.80$$

Para columnas rectangulares con estribos de zunchos

$$\alpha = 0.85$$

Si el punto de demanda está fuera del diagrama de interacción, el diseño es incorrecto, como solución se incrementan las secciones de acero y volver a general y diagrama de interacción.

Si yo tengo puntos de demanda por encima de la falla balanceada, presentara una falla frágil y si están por debajo de la falla balanceada, tendré una falla por flexión o falla dúctil.

CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE ITERACIÓN

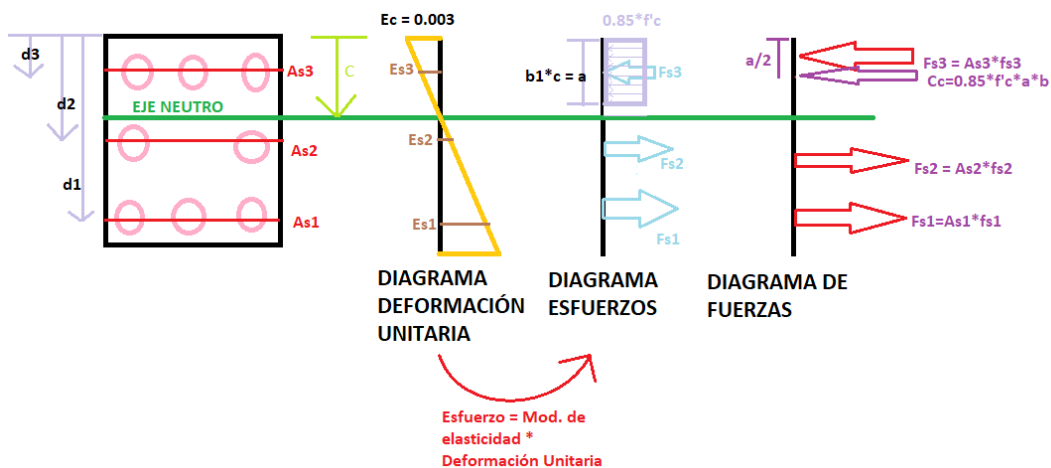


Figura N° 82: Diagrama de deformación unitaria, esfuerzos y fuerzas
 Elaboración propia

Para hallar el eje neutro y los valores, se varía el C

$$\sum F_x = 0$$

Asumimos $C = +$ y $T = -$

$$P_n = F_{s3} + C_c - F_{s2} - F_{s1}$$

$$\sum M_{cp} = CM$$

$cp =$ centroide plástico

$cm =$ centro de masa

Suponemos que el CM está en F_{s2} y generamos momentos desde ahí:

$$M_n = F_s3(h/2-d_3) + C_c(h/2-a/2) + F_s1(d_1-h/2)$$

• **DISEÑO DE COLUMNA**

Se ha diseñado usando el software Microsoft Excel y Etabs, se adjuntarán las hojas de cálculos correspondientes en los anexos, con lo que se llegan a los siguientes datos.

CALCULO ACERO MINIMO	
a	60.00 cm
t	60.00 cm
FY	4200
ASMIN	36.00 cm ²

Tabla N° 57: Cálculo del acero mínimo
 Elaboración propia

Comprobación por arreglo			
	#barras	Ø	Área
Esquinas	4	1	20.28 cm ²
Caras	4	1	20.28 cm ²
Área total en Barras			40.56 cm ²
Porcentaje seleccionado			1.13%

Usar en las esquinas 4Ø1/1

Usar en las caras 4Ø1/1

Tabla N° 58: Comprobación del porcentaje de acero seleccionado
 Elaboración propia

CENTROIDE PLÁSTICO:

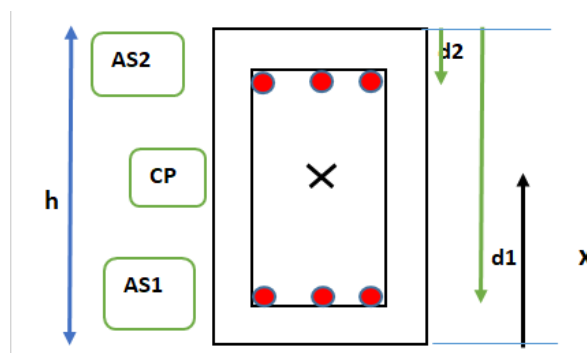


Figura N° 83: Ejemplificación del centroide plástico
 Elaboración propia

$$\begin{aligned}
 f'y &:= 4200 & f'c &:= 210 & As1 &:= 20.4 \\
 d1 &:= 54 & h &:= 60 & b &:= 60 \\
 As2 &:= 20.4 & d2 &:= 6
 \end{aligned}$$

$$x := \frac{\left(As2 \cdot f'y \cdot (h - d2) + 0.85 \cdot f'c \cdot b \cdot h \cdot \left(\frac{h}{2} \right) + As1 \cdot f'y \cdot (h - d1) \right)}{(As1 \cdot f'y + 0.85 \cdot f'c \cdot b \cdot h + As2 \cdot f'y)} = 30$$

$$Ec := 15000 \cdot \sqrt{f'c} = 217.371 \cdot 10^3 \quad \varepsilon_c := 0.003$$

$$Es := 2 \cdot 10^6 \quad \varepsilon_s := 0.0021$$

PUNTO 01: COMPRESIÓN PURA

$$Ag := h \cdot b = 3.6 \cdot 10^3$$

$$Ast := As1 + As2 = 40.8$$

$$Pu := 0.85 \cdot f'c \cdot (Ag - Ast) + Ast \cdot f'y = 806.677 \cdot 10^3$$

PUNTO 02: TRACCIÓN PURA

$$To := Ast \cdot f'y = 171.36 \cdot 10^3$$

$$c_j = \left(\frac{0.003}{0.003 - \alpha \varepsilon_y} \right) \cdot d_i \quad \alpha(+)\text{ Si } \varepsilon_1 \text{ es Compresion, } \alpha(-)\text{ Si } \varepsilon_1 \text{ es Traccion}$$

$$\varepsilon_{s_i} = \left(\frac{c - d_i}{c} \right) \cdot 0.003 \quad \text{Deformacion Positiva si es de Compresion}$$

$$f_{s_i} = E_s \cdot \varepsilon_{s_i} \leq f_y \quad F_{s_i} = A_{s_i} \cdot f_{s_i} \quad (\text{Positivo Compresion})$$

$$a_j = \beta_1 \cdot c_j \quad C_{c_j} = 0.85 \cdot f_c \cdot (\text{Area Comprimida})$$

Figura N° 84: Fórmulas para diseño de columnas
 Fuente: Norma E060: Diseño de elementos de concreto armado



PUNTO 03: FISURACIÓN INCIPIENTE

$$\alpha := 0 \qquad d1 := 54 \qquad B1 := 0.85$$

$$\alpha \cdot \varepsilon_s = 0 \qquad d2 := 6$$

$$c := \frac{(0.003)}{0.003 - \alpha \cdot \varepsilon_s} \cdot d1 = 54 \qquad \varepsilon_{s1} := \frac{(c - d1)}{c} \cdot 0.003 = 0$$

$$\varepsilon_{s2} := \frac{(c - d2)}{c} \cdot 0.003 = 2.667 \cdot 10^{-3}$$

$$f_{s1} := \varepsilon_{s1} \cdot E_s = 0 \qquad f_{s2} := \varepsilon_{s2} \cdot E_s = 5.333 \cdot 10^3$$

$$f_{s2.1} := 4200$$

$$F_{s1} := f_{s1} \cdot A_{s1} = 0 \qquad a := B1 \cdot c = 45.9$$

$$F_{s2} := f_{s2.1} \cdot A_{s2} = 85.68 \cdot 10^3$$

$$C_c := 0.85 \cdot f'_c \cdot a \cdot b = 491.589 \cdot 10^3$$

$$P_n(FI) := F_{s2} + C_c = 577.269 \cdot 10^3$$

$$M(FI) := F_{s2} \cdot \frac{x - 6}{100} + \frac{C_c}{100} \cdot \left(x - \left(\frac{a}{2} \right) \right) = 55.22 \cdot 10^3$$

PUNTO 04: FALLA BALANCEADA

$$\alpha := -1 \qquad d1 := 54 \qquad B1 := 0.85$$

$$\alpha \cdot \varepsilon_s = -2.1 \cdot 10^{-3} \qquad d2 := 6$$

$$c := \frac{(0.003)}{0.003 - \alpha \cdot \varepsilon_s} \cdot d1 = 31.765$$

$$\varepsilon_{s1} := \frac{(c - d1)}{c} \cdot 0.003 = -2.1 \cdot 10^{-3}$$

En fluencia - Tracción



$$\varepsilon s2 := \frac{(c-d2)}{c} \cdot 0.003 = 2.433 \cdot 10^{-3}$$

Compresión

$$fs1 := \varepsilon s1 \cdot Es = -4.2 \cdot 10^3$$

Tracción

$$fs2 := \varepsilon s2 \cdot Es = 4.867 \cdot 10^3$$

$$fs2.1 := 4200$$

Compresión

$$Fs1 := fs1 \cdot As1 = -85.68 \cdot 10^3$$

Tracción

$$Fs2 := fs2.1 \cdot As2 = 85.68 \cdot 10^3$$

Compresión

$$a := B1 \cdot c = 27$$

$$Cc := 0.85 \cdot f'c \cdot a \cdot b = 289.17 \cdot 10^3$$

Compresión

$$Pn(FB) := Fs1 + Cc + Fs2 = 289.17 \cdot 10^3$$

$$M(FB) := \frac{Fs2 \cdot (x-6)}{100} + \frac{Cc}{100} \cdot \left(x - \left(\frac{a}{2} \right) \right) + \frac{-Fs1 \cdot (x-6)}{100} = 88.839 \cdot 10^3$$

PUNTO 05: FLEXIÓN PURA

$$c := 7.18861441$$

$$Pn(FP) := 0$$

$$M(FP) := 43053.5$$



DATOS NECESARIOS:

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	ϕ_{Pn}	ϕ_{Mn}	ϕ_{Pn}	ϕ_{Mn}
1	409.4345	0	409.4345	0
2	409.4345	16.4462	409.4345	-16.4462
3	408.4249	24.6132	408.4249	-24.6132
4	369.1357	31.9012	369.1357	-31.9012
5	328.3219	37.9671	328.3219	-37.9671
6	285.3992	42.9261	285.3992	-42.9261
7	239.441	46.961	239.441	-46.961
8	189.5814	50.3798	189.5814	-50.3798
9	176.2647	54.5272	176.2647	-54.5272
10	159.9089	59.17	159.9089	-59.17
11	125.9756	59.9172	125.9756	-59.9172
12	77.9251	51.6353	77.9251	-51.6353
13	22.6472	39.7544	22.6472	-39.7544
14	-65.6985	18.444	-65.6985	-18.444
15	-136.08	0	-136.08	0

*Tabla N° 59: Datos para el ángulo 0° y 180°
 Elaboración propia*

PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	ϕ_{Pn}	ϕ_{Mn}	ϕ_{Pn}	ϕ_{Mn}
1	409.4345	0	409.4345	0
2	409.4345	14.4263	409.4345	-14.4263
3	409.4345	22.4913	408.4249	-22.4913
4	373.3098	29.4012	369.1357	-29.4012
5	332.8971	34.8771	328.3219	-34.8771
6	289.604	39.2007	285.3992	-39.2007
7	243.1669	42.414	239.441	-42.414
8	192.6641	44.7293	189.5814	-44.7293
9	171.4289	48.6529	176.2647	-48.6529
10	145.7191	52.575	159.9089	-52.575
11	105.2271	52.1043	125.9756	-52.1043
12	49.9391	43.3779	77.9251	-43.3779
13	-10.8125	31.6924	22.6472	-31.6924
14	-78.8355	15.2787	-65.6985	-15.2787
15	-136.08	0	-136.08	0

*Tabla N° 60: Datos para el ángulo 90° y 270°
 Elaboración propia*



Story	Column	Unique Name	Load	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
TECHO 01	C13	13	Dead	0	-86.0521	-1.5647	1.213	-0.0049	-4.2867	0.266
TECHO 01	C13	13	Live	0	-13.054	-0.3442	0.2838	0.0004	-1.5488	0.088
TECHO 01	C13	13	SISXX Max	0	77.641	11.8451	4.0596	0.4843	0.8705	14.2522
TECHO 01	C13	13	SISYY Max	0	49.8274	1.3227	5.1463	0.2571	3.6183	0.5484

Tabla N° 61: Resultados obtenidos del programa Etabs
 Elaboración propia

COMBINACIONES DE DISEÑO					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	142.66474	-8.63434	0.522
SIS XX		1.25(CM+CV)+SISXX	201.523625	-6.423875	14.6947
		1.25(CM+CV)-SISXX	46.241625	-8.164875	-13.8097
		0.9CM+SISXX	155.08789	-2.98753	14.4916
		0.9CM-SISXX	-0.19411	-4.72853	-14.0128
SISYY		1.25(CM+CV)+SISYY	173.710025	-3.676075	0.9909
		1.25(CM+CV)-SISYY	74.055225	-10.912675	-0.1059
		0.9CM+SISYY	127.27429	-0.23973	0.7878
		0.9CM-SISYY	27.61949	-7.47633	-0.309

Tabla N° 62: Combinaciones de diseño
 Elaboración propia

SISMO XX					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	142.66474	-8.63434	0.522
SISXX POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	201.52363	-6.423875	14.6947
		1.25(CM+CV)-SISXX	46.241625	-8.164875	-13.8097
		0.9CM+SISXX	155.08789	-2.98753	14.4916
		0.9CM-SISXX	-0.19411	-4.72853	-14.0128
SISXX NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	201.52363	6.423875	-14.6947
		1.25(CM+CV)-SISXX	46.241625	8.164875	13.8097
		0.9CM+SISXX	155.08789	2.98753	-14.4916
		0.9CM-SISXX	-0.19411	4.72853	14.0128

Tabla N° 63: Combinaciones para sismo en X-X
 Elaboración propia

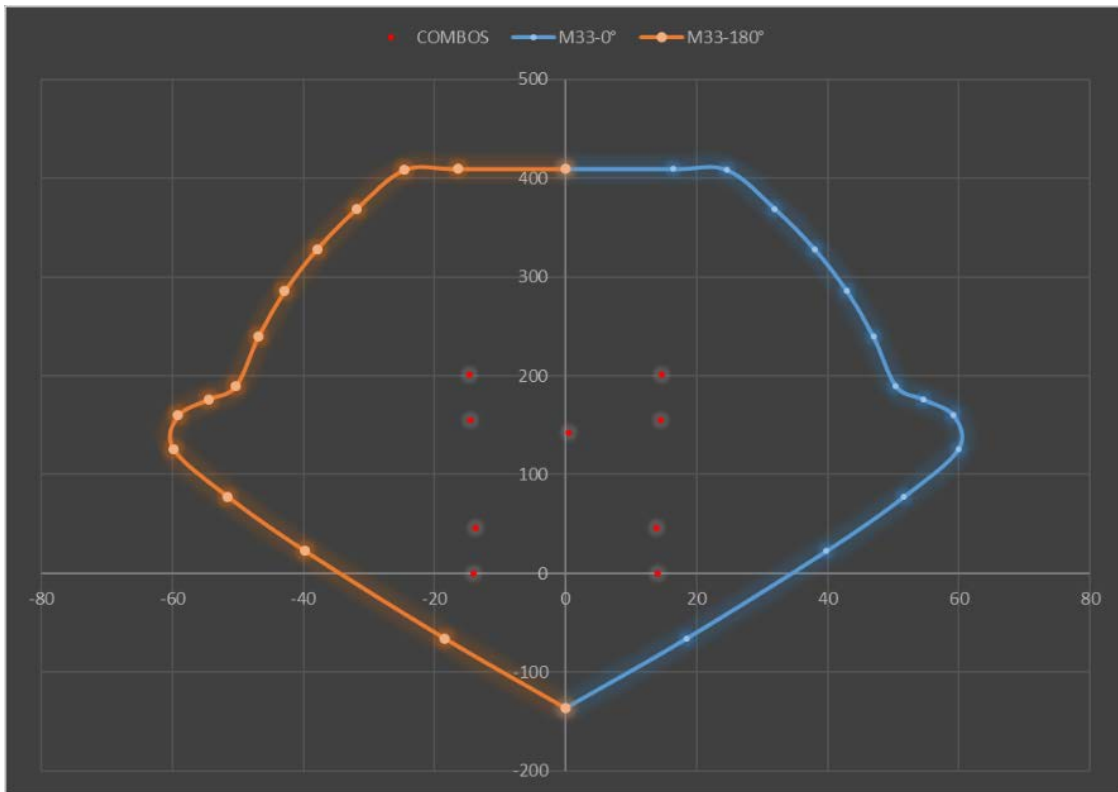


Figura N° 85: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°
Elaboración propia

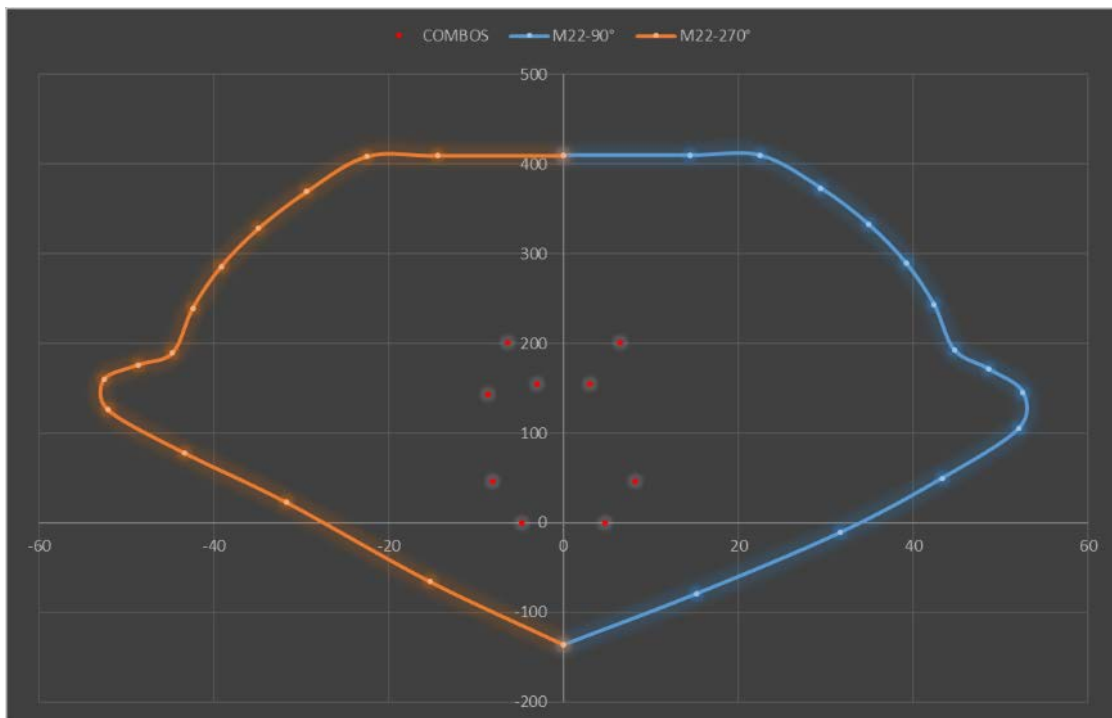


Figura N° 86: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

SISMO YY					
	COMBINACIONES	P	M22	M33	
GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	142.66474	-8.63434	0.522	
SISYY POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	173.71003	-3.676075	0.9909	
	1.25(CM+CV)-SISYY	74.055225	-10.912675	-0.1059	
	0.9CM+SISYY	127.27429	-0.23973	0.7878	
	0.9CM-SISYY	27.61949	-7.47633	-0.309	
SISYY NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	173.71003	3.676075	-0.9909	
	1.25(CM+CV)-SISYY	74.055225	10.912675	0.1059	
	0.9CM+SISYY	127.27429	0.23973	-0.7878	
	0.9CM-SISYY	27.61949	7.47633	0.309	

Tabla N° 64: Combinaciones para sismo en Y-Y
 Elaboración propia

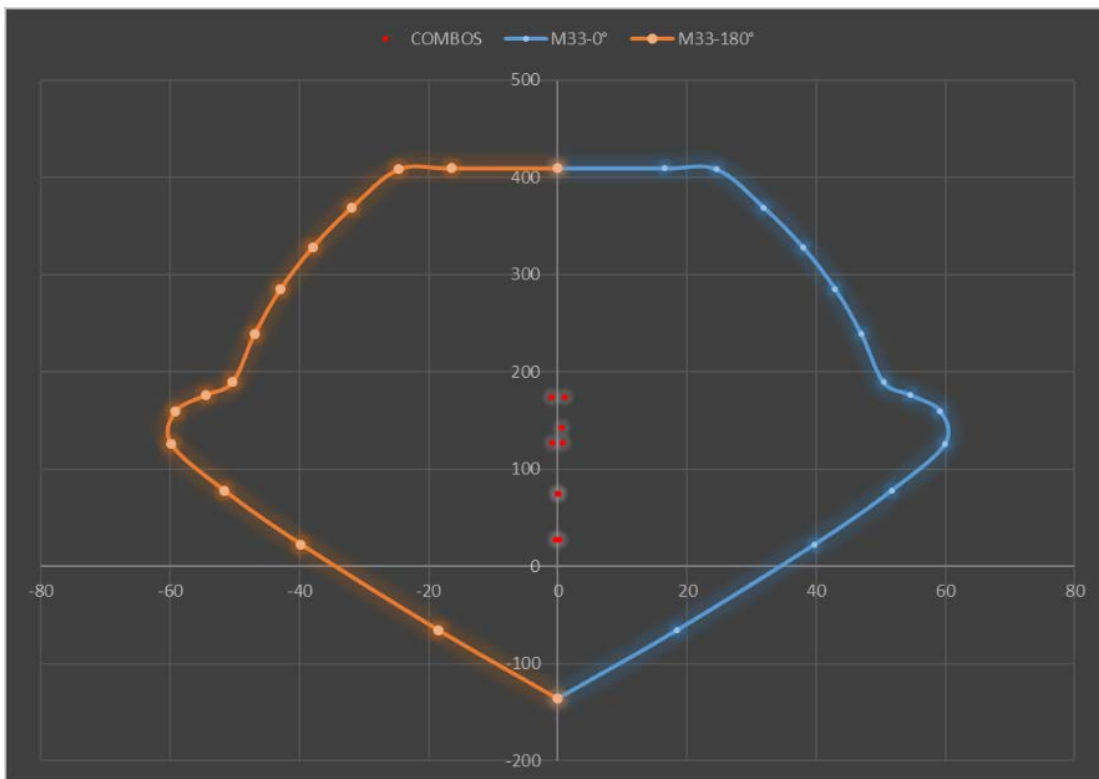
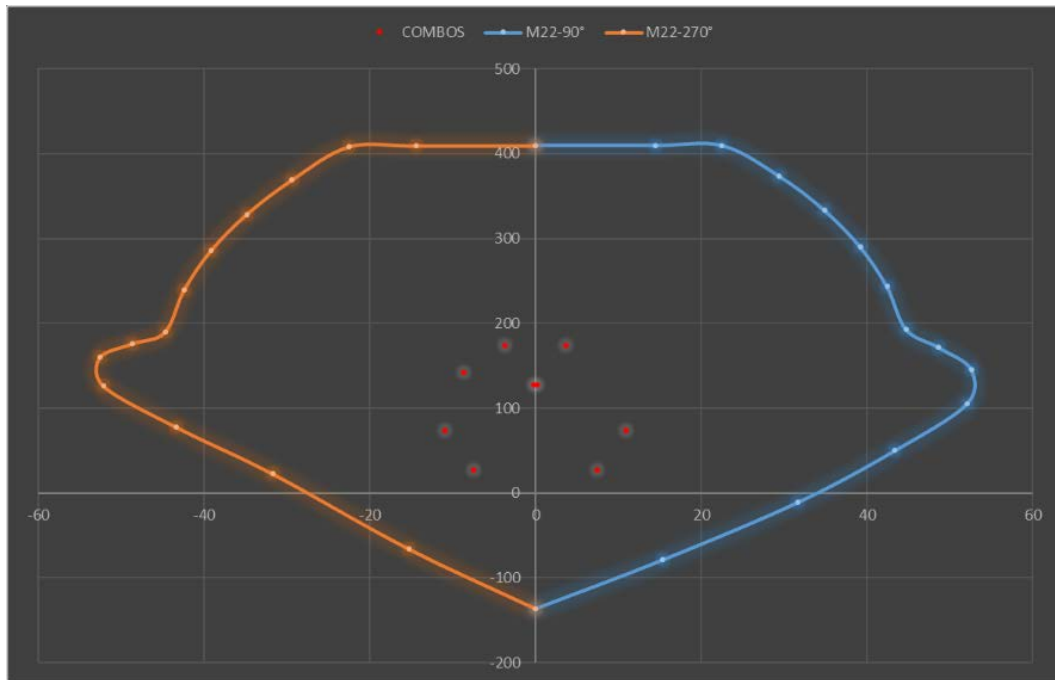


Figura N° 87: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia



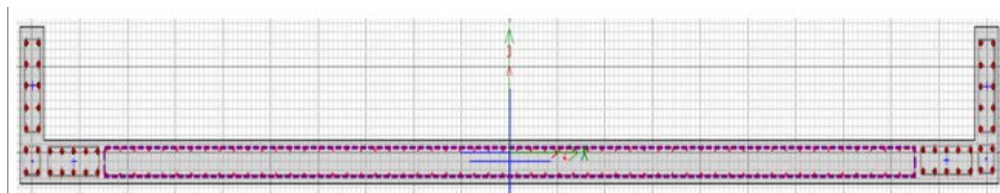
*Figura N° 88: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia*

Con esto concluimos que el acero propuesto encaja perfectamente dentro de la curva de interacción, por consiguiente, cumple con todas las combinaciones de cargas dada por la E060 Concreto Armado y E030 Diseño Sismorresistente

6.3.4.3. DISEÑO DE LAS PLACAS

6.3.4.3.1. PLACA C1

- Cantidad de acero propuesto: 48 barras de 1" + 112 barras de 3/8"
- Área de acero: 322.88 cm²
- Cuantía de acero: 1.12%
- Área total: 28870 cm²



*Figura N° 89: Placa C1 – Imagen a 180°
Elaboración propia*



DATOS NECESARIOS

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	3424.6376	4.7463	3424.6376	4.7463
2	3424.6376	3410.752	3424.6376	-3406.8459
3	3274.8286	4452.8976	3274.177	-4449.4066
4	3003.7595	5379.8571	3003.1026	-5376.9884
5	2720.2048	6197.9217	2719.541	-6195.9027
6	2420.0398	6922.0418	2419.3533	-6921.1042
7	2097.0537	7574.5654	2096.3355	-7575.0057
8	1741.4982	8190.5692	1740.7409	-8192.7546
9	1609.4629	9192.0383	1609.1433	-9192.4032
10	1485.4325	10208.1004	1484.983	-10208.9319
11	1245.3284	10585.105	1244.722	-10586.2053
12	864.4737	9692.3418	863.7464	-9693.3802
13	472.9695	8450.5241	470.4783	-8444.2547
14	29.1437	6670.484	22.7185	-6647.5168
15	-1345.68	-6.8635	-1345.68	-6.8635

Tabla N° 65: Datos para el ángulo 0° y 180°
 Elaboración propia

PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	-3424.6376	67.4773	-3424.6376	67.4773
2	-2968.0053	201.1964	-3424.6376	-13.2458
3	-2085.264	262.3621	-3274.177	-46.2987
4	-1200.5399	269.9806	-3003.1026	-79.8583
5	-507.2538	242.6974	-2719.541	-111.9169
6	-324.0072	240.3591	-2419.3533	-144.9196
7	-96.0993	234.4791	-2096.3355	-181.266
8	189.1213	227.1262	-1740.7409	-222.0691
9	437.1785	225.0927	-1609.1433	-279.0537
10	643.085	219.0107	-1484.983	-336.0383
11	837.2784	188.9472	-1244.722	-393.0228
12	973.7349	125.3907	-863.7464	-450.0074
13	1113.5316	49.7994	-470.4783	-420.3233
14	1250.1152	-34.0729	-22.7185	-305.0208
15	1345.68	-97.5772	1345.68	-97.5772

Tabla N° 66: Datos para el ángulo 90° y 270°
 Elaboración propia



Story	Pier	Load	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
TECHO 01	PLACA1C	CM	Bottom	-328.1514	15.3351	2.2819	20.5178	2.668	185.6011
TECHO 01	PLACA1C	CV	Bottom	-35.6227	2.0158	1.0544	3.7842	1.6508	25.0728
TECHO 01	PLACA1C	SISXX Max	Bottom	241.0795	26.0175	34.5008	11.9	81.9725	431.7241
TECHO 01	PLACA1C	SISYY Max	Bottom	7.0851	130.2191	7.1214	26.6491	13.7143	2171.4647

Tabla N° 67: Resultados de Placa C1, según Etabs
 Elaboración propia

COMBINACIONES DE DISEÑO					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
	GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	519.97055	6.54156	302.4653
SIS XX		1.25(CM+CV)+SISXX	695.797125	87.371	695.066475
		1.25(CM+CV)-SISXX	213.638125	-76.574	-168.381725
		0.9CM+SISXX	536.41576	84.3737	598.76509
		0.9CM-SISXX	54.25676	-79.5713	-264.68311
SISYY		1.25(CM+CV)+SISYY	461.802725	19.1128	2434.80708
		1.25(CM+CV)-SISYY	447.632525	-8.3158	-1908.12233
		0.9CM+SISYY	302.42136	16.1155	2338.50569
		0.9CM-SISYY	288.25116	-11.3131	-2004.42371

Tabla N° 68: Combinaciones de diseño
 Elaboración propia

SISMO XX					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
	GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	519.97055	6.54156	302.4653
SISXX POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	695.79713	87.371	695.06648
		1.25(CM+CV)-SISXX	213.63813	-76.574	-168.38173
		0.9CM+SISXX	536.41576	84.3737	598.76509
		0.9CM-SISXX	54.25676	-79.5713	-264.68311
SISXX NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	695.79713	-87.371	-695.06648
		1.25(CM+CV)-SISXX	213.63813	76.574	168.38173
		0.9CM+SISXX	536.41576	-84.3737	-598.76509
		0.9CM-SISXX	54.25676	79.5713	264.68311

Tabla N° 69: Combinaciones para Sismo XX en Placa C1
 Elaboración propia

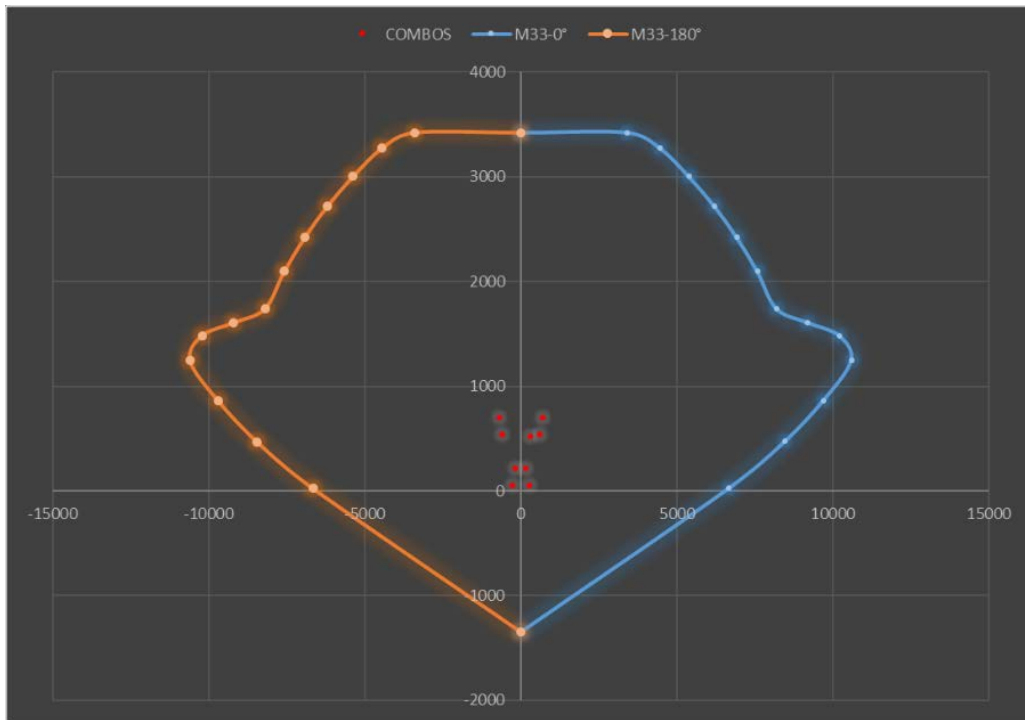


Figura N° 90: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°
Elaboración propia

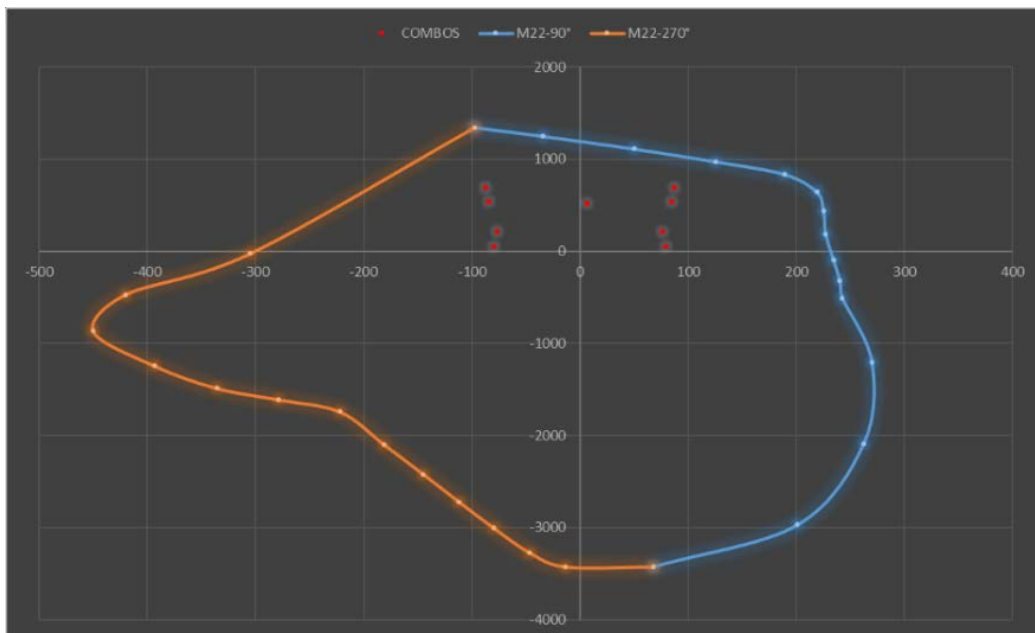


Figura N° 91: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

SISMO YY					
	COMBINACIONES	P	M22	M33	
GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	519.97055	6.54156	302.4653	
SISYY POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	461.80273	19.1128	2434.8071	
	1.25(CM+CV)-SISYY	447.63253	-8.3158	-1908.1223	
	0.9CM+SISYY	302.42136	16.1155	2338.5057	
	0.9CM-SISYY	288.25116	-11.3131	-2004.4237	
SISYY NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	461.80273	-19.1128	-2434.8071	
	1.25(CM+CV)-SISYY	447.63253	8.3158	1908.1223	
	0.9CM+SISYY	302.42136	-16.1155	-2338.5057	
	0.9CM-SISYY	288.25116	11.3131	2004.4237	

Tabla N° 70: Sismo YY para Placa C1
 Elaboración propia

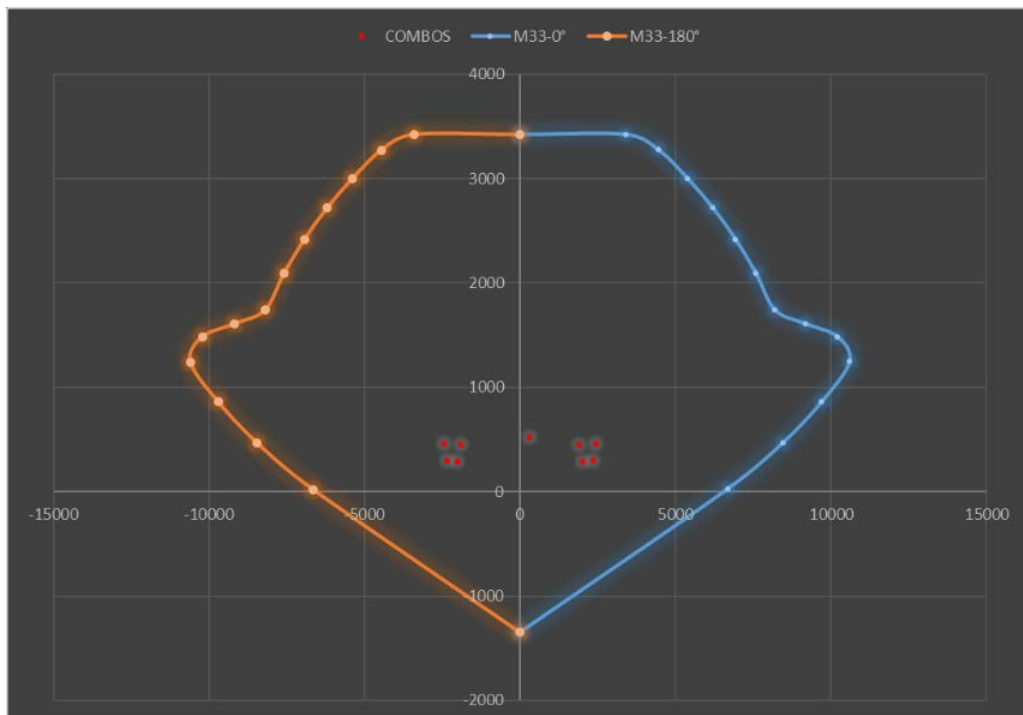
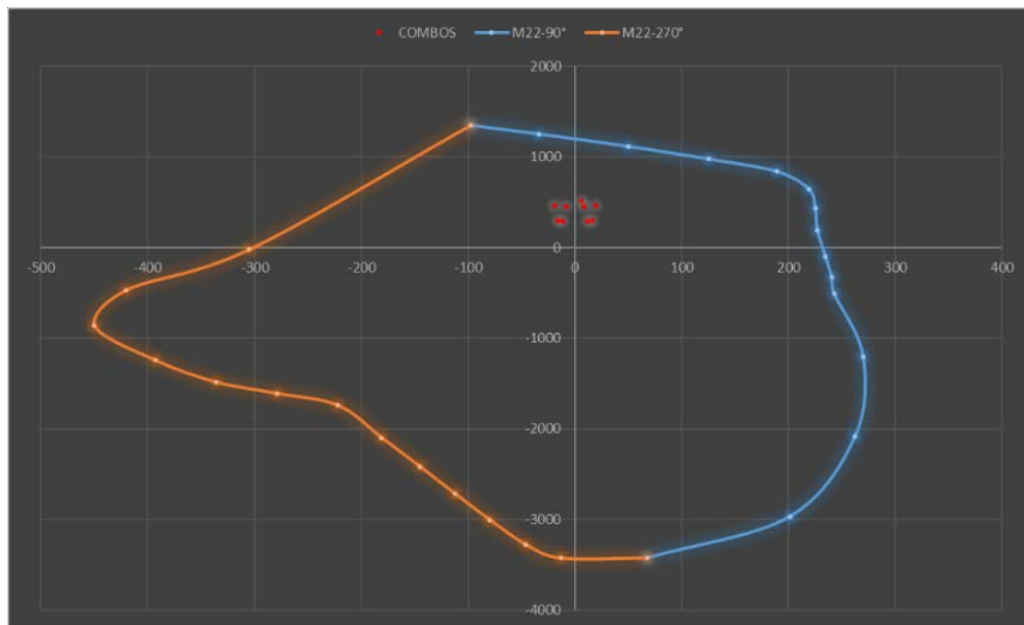


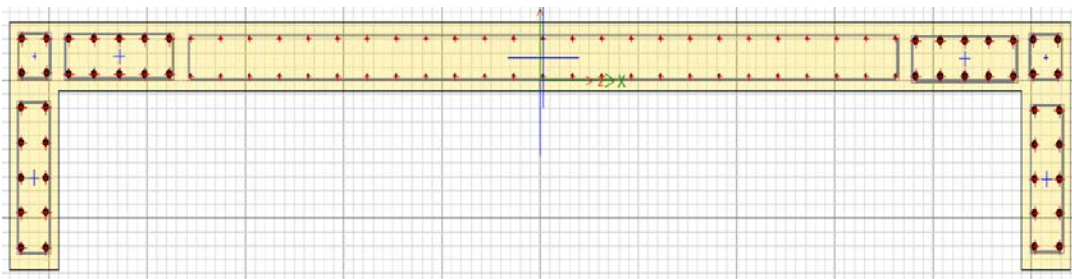
Figura N° 92: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia



*Figura N° 93: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia*

6.3.4.3.2. PLACA C2

- Cantidad de acero propuesto: 48 barras de 1" + 50 barras de 3/8"
- Área de acero: 278.86 cm²
- Cuantía de acero: 1.66%
- Área total: 16750 cm²



*Figura N° 94: Placa C2
Elaboración propia*



DATOS NECESARIOS

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	2161.1772	5.3976	2161.1772	5.3976
2	2114.4017	1413.4713	2112.8586	-1408.2331
3	1964.4992	1731.3419	1962.8797	-1726.5438
4	1805.0154	2025.97	1803.2985	-2021.793
5	1634.5497	2299.644	1632.7103	-2296.2987
6	1450.4289	2557.6104	1448.4369	-2555.3249
7	1248.0523	2809.6726	1245.8726	-2808.7081
8	1018.9768	3072.2419	1016.8018	-3072.9402
9	936.497	3487.5466	934.3815	-3487.8864
10	883.2393	3894.9774	880.2038	-3894.7186
11	760.7745	4086.061	756.6171	-4084.7423
12	545.1105	3805.3627	539.5657	-3801.8651
13	305.6536	3391.6195	297.7718	-3384.1616
14	-43.912	2654.7573	-53.6587	-2645.2616
15	-1096.2	-7.8054	-1096.2	-7.8054

Tabla N° 71: Datos para los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	2161.1772	-51.1557	2161.1772	-51.1557
2	2161.1772	25.9739	2112.8586	-153.5714
3	2161.1772	56.7494	1962.8797	-202.8663
4	2161.1772	86.7631	1803.2985	-223.865
5	2161.1772	117.4243	1632.7103	-222.9319
6	2161.1772	147.6655	1448.4369	-224.3605
7	2161.1772	180.3447	1245.8726	-222.5775
8	2058.6681	216.3307	1016.8018	-220.0962
9	1934.3978	255.8624	934.3815	-224.0567
10	1810.1275	295.394	880.2038	-222.72
11	1685.8572	334.9256	756.6171	-198.1257
12	1561.587	374.4572	539.5657	-142.3424
13	716.9175	327.8905	297.7718	-72.9062
14	-178.6093	228.0443	-53.6587	4.5635
15	-1096.2	73.9749	-1096.2	73.9749

Tabla N° 72: Datos para el ángulo 90° y 270°
 Elaboración propia

Story	Pier	Load	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
TECHO 01	PLACA2C	CM	Bottom	-285.957	-0.4192	18.8663	6.2696	31.3816	-6.5343
TECHO 01	PLACA2C	CV	Bottom	-43.4665	-0.1372	6.0218	2.3381	10.3839	-1.0161
TECHO 01	PLACA2C	SISXX Max	Bottom	4.8105	183.9881	0.7492	6.0124	1.4982	1914.2661
TECHO 01	PLACA2C	SISYY Max	Bottom	23.5837	13.2985	9.737	2.2932	24.3052	186.4168

Tabla N° 73: Resultados de la Placa C2, según Etabs
 Elaboración propia

COMBINACIONES DE DISEÑO					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	474.23285	61.58687	-10.87539
SIS XX		1.25(CM+CV)+SISXX	416.589875	53.705075	1904.8281
		1.25(CM+CV)-SISXX	406.968875	50.708675	-1923.7041
		0.9CM+SISXX	262.1718	29.74164	1908.38523
		0.9CM-SISXX	252.5508	26.74524	-1920.14697
SISYY		1.25(CM+CV)+SISYY	435.363075	76.512075	176.9788
		1.25(CM+CV)-SISYY	388.195675	27.901675	-195.8548
		0.9CM+SISYY	280.945	52.54864	180.53593
		0.9CM-SISYY	233.7776	3.93824	-192.29767

Tabla N° 74: Combinaciones de diseño
 Elaboración propia

SISMO XX					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	474.23285	61.58687	-10.87539
SISXX POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	416.58988	53.705075	1904.8281
		1.25(CM+CV)-SISXX	406.96888	50.708675	-1923.7041
		0.9CM+SISXX	262.1718	29.74164	1908.3852
		0.9CM-SISXX	252.5508	26.74524	-1920.147
SISXX NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	416.58988	-53.705075	-1904.8281
		1.25(CM+CV)-SISXX	406.96888	-50.708675	1923.7041
		0.9CM+SISXX	262.1718	-29.74164	-1908.3852
		0.9CM-SISXX	252.5508	-26.74524	1920.147

Tabla N° 75: Combinaciones para Sismo XX en Placa C2
 Elaboración propia

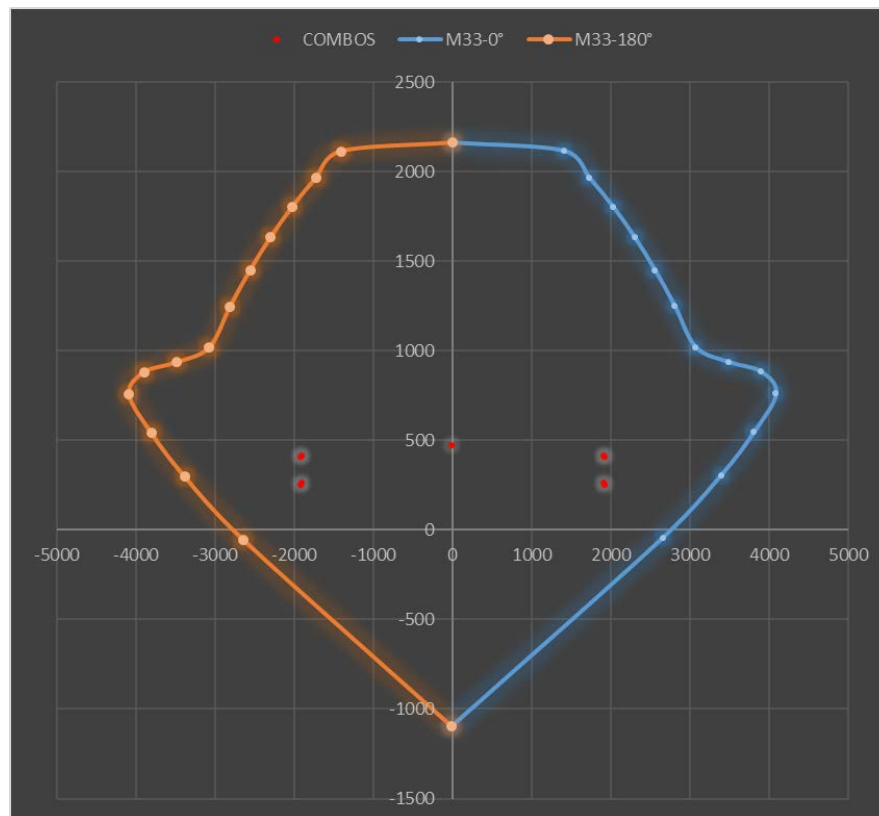


Figura N° 95: Resultados del Sismo XX para la curva de ángulos 0° y 180°
Elaboración propia

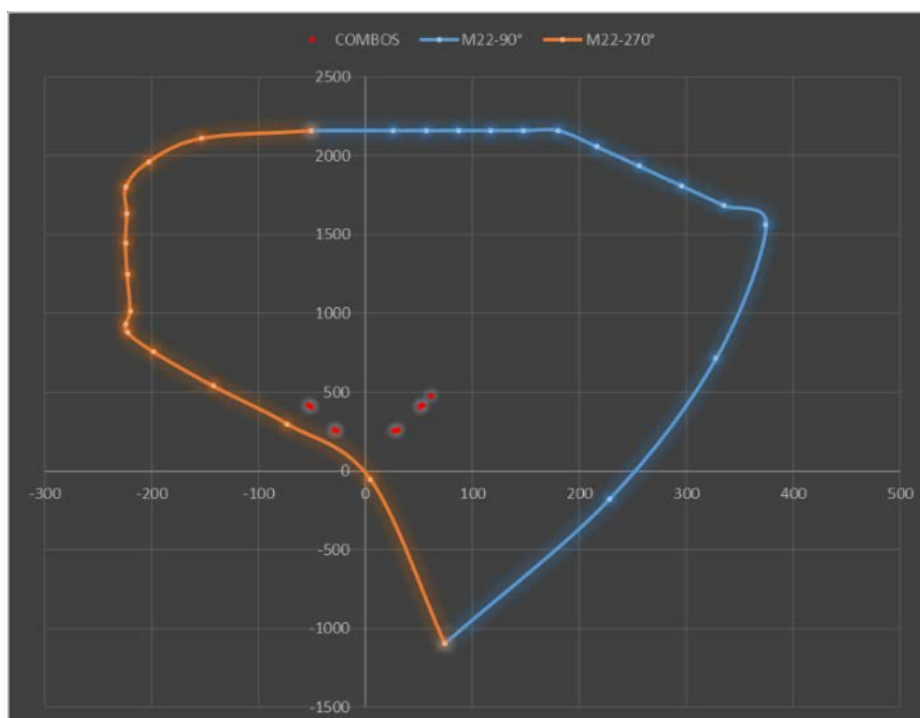


Figura N° 96: Resultados del Sismo XX para la curva de ángulo 90° y 270°
Elaboración propia

SISMO YY					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	474.23285	61.58687	-10.87539
SISYY POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	435.36308	76.512075	176.9788
		1.25(CM+CV)-SISYY	388.19568	27.901675	-195.8548
		0.9CM+SISYY	280.945	52.54864	180.53593
		0.9CM-SISYY	233.7776	3.93824	-192.29767
SISYY NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	435.36308	-76.512075	-176.9788
		1.25(CM+CV)-SISYY	388.19568	-27.901675	195.8548
		0.9CM+SISYY	280.945	-52.54864	-180.53593
		0.9CM-SISYY	233.7776	-3.93824	192.29767

Tabla N° 76: Combinaciones para Sismo YY en Placa C2
 Elaboración propia

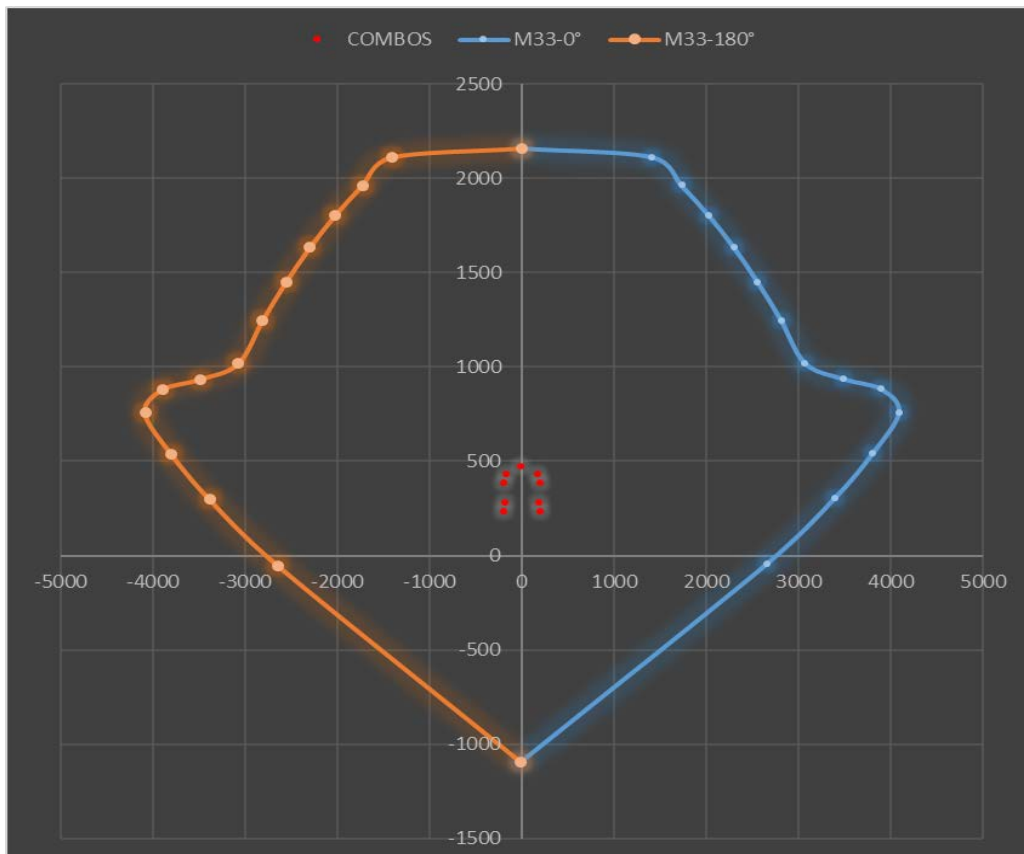
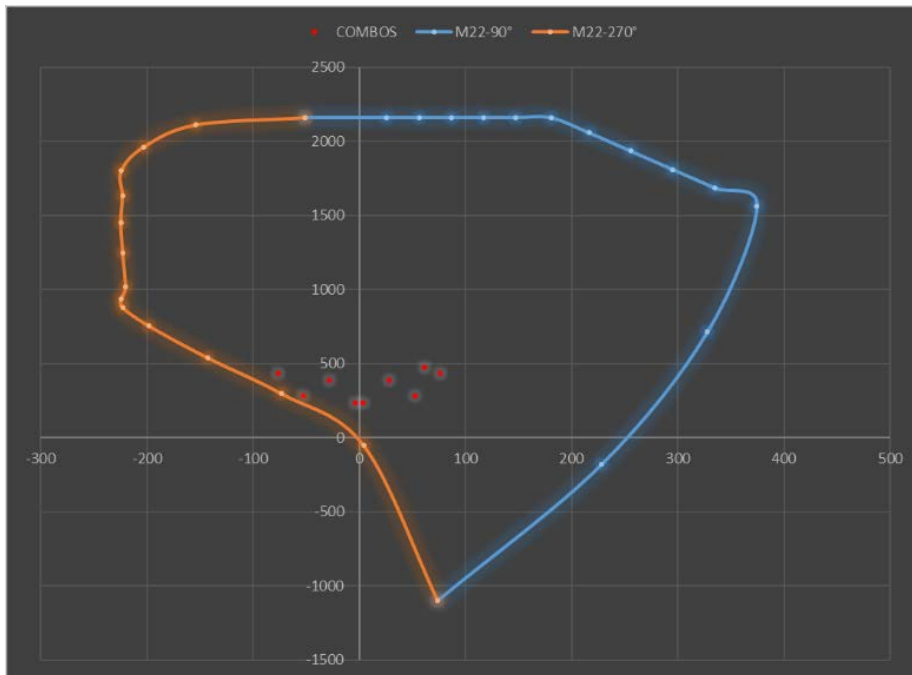


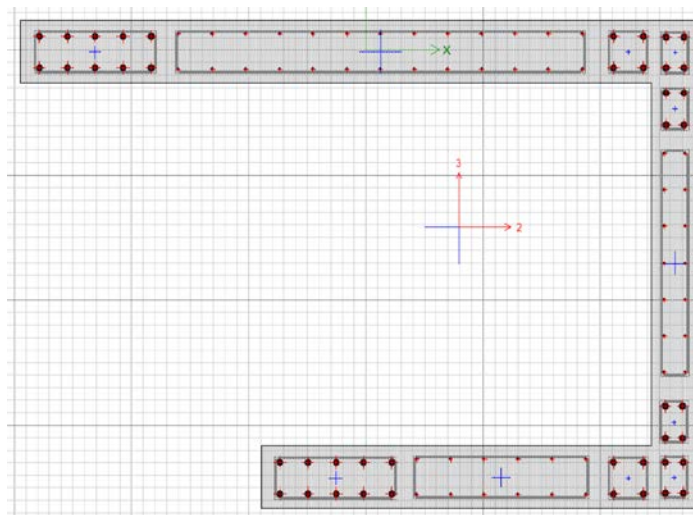
Figura N° 97: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia



*Figura N° 98: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia*

6.3.4.3.3. PLACA C3

- Cantidad de acero propuesto: 44 barras de 1" + 52 barras de 3/8"
- Área de acero: 260.00 cm²
- Cuantía de acero: 1.75%
- Área total: 14840 cm²



*Figura N° 99: Placa C3
Elaboración propia*



DATOS NECESARIOS

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	1940.2164	12.9776	1940.2164	12.9776
2	1940.2164	306.1805	1626.4711	-647.7508
3	1940.2164	427.8295	1457.5895	-760.1952
4	1940.2164	540.4798	1275.009	-855.9449
5	1940.2164	649.8271	1079.5874	-933.6701
6	1827.8524	761.4212	866.9134	-995.9625
7	1649.4183	909.1342	630.9511	-1046.2116
8	1452.7253	1050.3188	362.0835	-1090.1972
9	1401.3709	1273.1132	176.0935	-1150.9117
10	1362.532	1507.0206	-31.1334	-1164.7248
11	1210.7753	1670.6827	-233.5831	-1128.1558
12	959.782	1618.6911	-432.5252	-937.8794
13	709.7393	1491.7512	-592.2431	-726.7221
14	322.9696	1210.463	-808.4363	-400.2018
15	-1028.16	-18.7666	-1028.16	-18.7666

Tabla N° 77: Datos para los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	1940.2164	-76.1499	1940.2164	-76.1499
2	1859.5974	493.4919	1626.4711	-625.0681
3	1588.8478	744.239	1457.5895	-879.5082
4	1513.3754	809.5143	1275.009	-924.9181
5	1427.8857	879.1581	1079.5874	-972.9507
6	1330.1531	955.365	866.9134	-1024.805
7	1215.2703	1042.3956	630.9511	-1083.8178
8	1074.5238	1146.6984	362.0835	-1154.0002
9	1054.2777	1218.2963	176.0935	-1300.8696
10	1034.0315	1289.8942	-31.1334	-1367.4476
11	1013.7853	1361.4922	-233.5831	-1434.0257
12	993.5391	1433.0901	-432.5252	-1500.6037
13	973.2929	1504.688	-592.2431	-1383.2615
14	169.6622	1001.7369	-808.4363	-849.4371
15	-1028.16	110.1183	-1028.16	110.1183

Tabla N° 78: Datos para los ángulos 90° y 270°
 Elaboración propia

Story	Pier	Load	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
SOTANO	PLACA3C	CM	Bottom	-309.4014	0.2617	-4.1318	-3.2051	5.6004	-3.6034
SOTANO	PLACA3C	CV	Bottom	-45.8565	-0.1692	-1.2006	-0.6184	1.0986	-0.9093
SOTANO	PLACA3C	SISXX Max	Bottom	115.0684	127.2481	0.9741	10.636	50.9927	30.5233
SOTANO	PLACA3C	SISYY Max	Bottom	195.7357	3.504	18.7802	19.0326	31.2132	20.3492

Tabla N° 79: Resultados de la Placa C3, según Etabs
 Elaboración propia

COMBINACIONES DE DISEÑO					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
	GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	511.11801	9.70818	-6.59057
SIS XX		1.25(CM+CV)+SISXX	559.140775	59.36645	24.882425
		1.25(CM+CV)-SISXX	329.003975	-42.61895	-36.164175
		0.9CM+SISXX	393.52966	56.03306	27.28024
		0.9CM-SISXX	163.39286	-45.95234	-33.76636
SISYY		1.25(CM+CV)+SISYY	639.808075	39.58695	14.708325
		1.25(CM+CV)-SISYY	248.336675	-22.83945	-25.990075
		0.9CM+SISYY	474.19696	36.25356	17.10614
		0.9CM-SISYY	82.72556	-26.17284	-23.59226

Tabla N° 80: Combinaciones de diseño
 Elaboración propia

SISMO XX					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
	GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	511.11801	9.70818	-6.59057
SISXX POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	559.14078	59.36645	24.882425
		1.25(CM+CV)-SISXX	329.00398	-42.61895	-36.164175
		0.9CM+SISXX	393.52966	56.03306	27.28024
		0.9CM-SISXX	163.39286	-45.95234	-33.76636
SISXX NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	559.14078	-59.36645	-24.882425
		1.25(CM+CV)-SISXX	329.00398	42.61895	36.164175
		0.9CM+SISXX	393.52966	-56.03306	-27.28024
		0.9CM-SISXX	163.39286	45.95234	33.76636

Tabla N° 81: Combinaciones para Sismo XX en Placa C3
 Elaboración propia

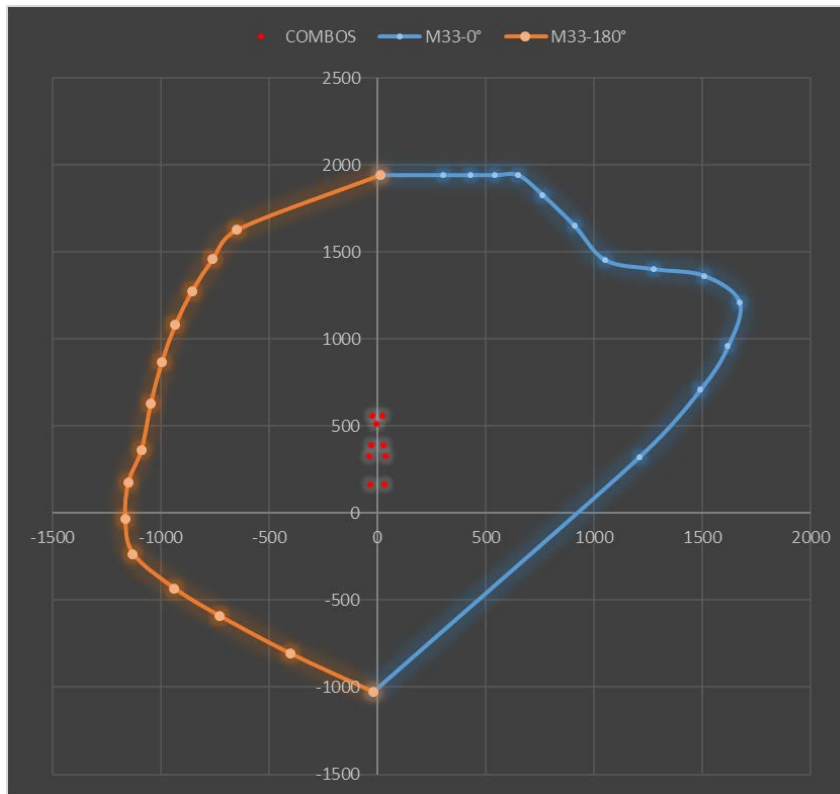


Figura N° 100: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°
Elaboración propia

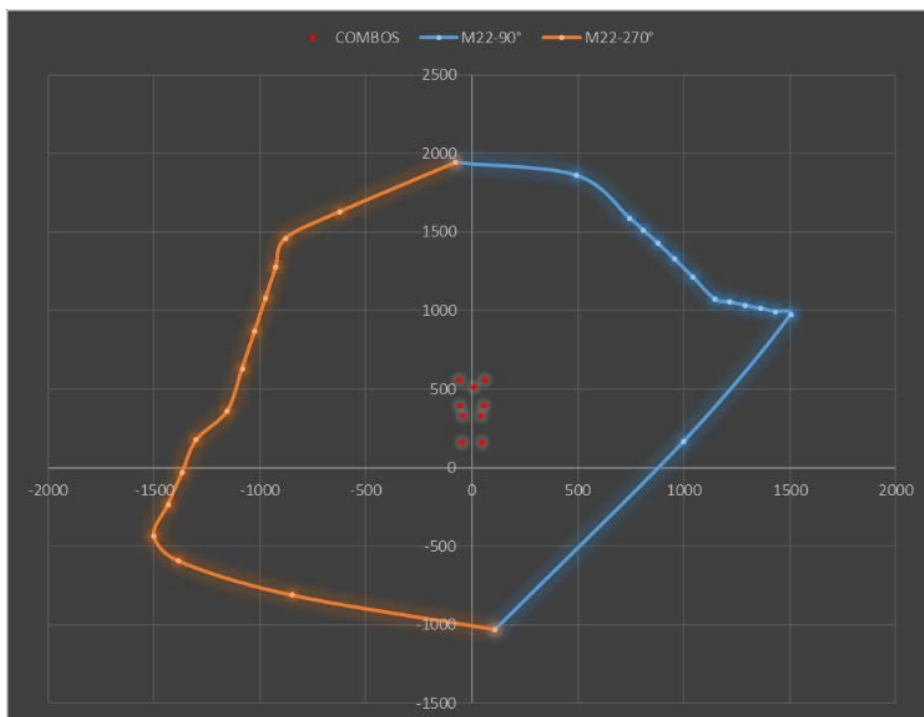


Figura N° 101: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

SISMO YY				
	COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	511.11801	9.70818	-6.59057
SISYY POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	639.80808	39.58695	14.708325
	1.25(CM+CV)-SISYY	248.33668	-22.83945	-25.990075
	0.9CM+SISYY	474.19696	36.25356	17.10614
	0.9CM-SISYY	82.72556	-26.17284	-23.59226
SISYY NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	639.80808	-39.58695	-14.708325
	1.25(CM+CV)-SISYY	248.33668	22.83945	25.990075
	0.9CM+SISYY	474.19696	-36.25356	-17.10614
	0.9CM-SISYY	82.72556	26.17284	23.59226

Tabla N° 82: Combinaciones para Sismo YY en Placa C3
 Elaboración propia

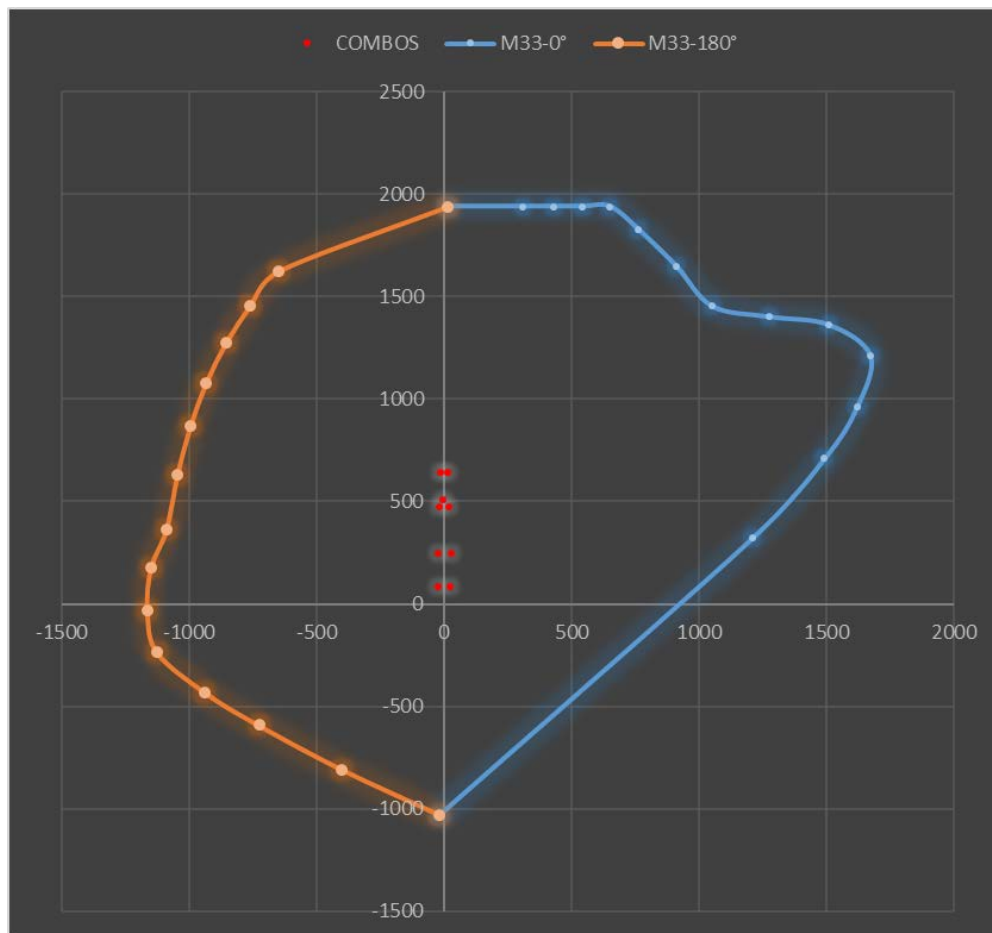


Figura N° 102: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

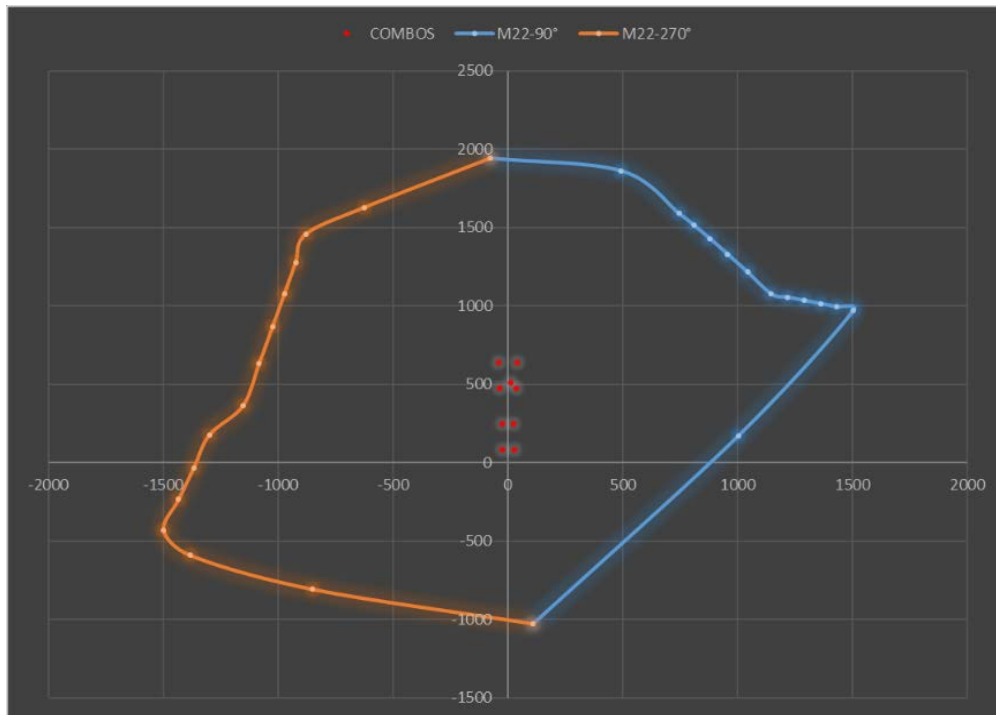


Figura N° 103: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

6.3.4.3.4. PLACA C4

- Cantidad de acero propuesto: 28 barras de 1" + 76 barras de 3/8"
- Área de acero: 195.92 cm²
- Cuantía de acero: 1.11%
- Área total: 17630 cm²



Figura N° 104: Placa C4
Elaboración propia



DATOS NECESARIOS

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	2091.8297	0.1237	2091.8297	0.1237
2	1812.582	1299.9867	1812.3449	-1300.0279
3	1707.4435	1448.9755	1707.0141	-1449.2283
4	1596.4158	1587.7154	1595.7678	-1588.1541
5	1477.3556	1718.8327	1476.4626	-1719.459
6	1348.2321	1845.6701	1347.0263	-1846.4913
7	1204.9011	1974.0224	1203.3088	-1975.1144
8	1041.0637	2112.496	1038.9235	-2113.9862
9	1037.6468	2366.5138	1036.3132	-2366.3851
10	1034.943	2605.2455	1033.6625	-2604.8968
11	1032.2392	2843.9771	1031.0118	-2843.4085
12	901.1096	2736.7227	900.0405	-2736.087
13	769.3503	2592.3601	769.0189	-2592.5833
14	565.7416	2298.0528	565.331	-2298.0006
15	-824.04	-0.1789	-824.04	-0.1789

Tabla N° 83: Datos para los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	2091.8297	184.1281	2091.8297	184.1281
2	1809.2309	601.029	1812.3449	-126.5893
3	1329.219	801.4414	1707.0141	-253.3363
4	1209.2624	836.6156	1595.7678	-373.2961
5	1079.7092	860.6011	1476.4626	-486.3801
6	939.3245	875.3938	1347.0263	-600.5327
7	782.3197	880.6028	1203.3088	-716.2279
8	602.3612	878.3367	1038.9235	-839.9204
9	514.795	927.6063	1036.3132	-1027.1275
10	426.5258	962.3056	1033.6625	-1124.8327
11	282.0934	918.0743	1031.0118	-1222.538
12	61.4422	725.3135	900.0405	-1320.2432
13	-227.7439	445.4488	769.0189	-1265.9163
14	-547.0281	87.0704	565.331	-916.7493
15	-824.04	-266.2627	-824.04	-266.2627

Tabla N° 84: Datos para los ángulos 90° y 270°
 Elaboración propia



Story	Pier	Load	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
SOTANO	PLACA C4	CM	Bottom	-67.9623	-0.3468	-22.7941	5.866	-10.6492	-7.0627
SOTANO	PLACA C4	CV	Bottom	-7.165	0.0156	-2.7982	2.3165	-1.3186	-3.3038
SOTANO	PLACA C4	SISXX Max	Bottom	55.1316	1.2479	22.1712	3.6088	9.9474	5.7932
SOTANO	PLACA C4	SISYY Max	Bottom	174.1886	4.4589	61.7787	23.9594	26.3003	49.7403

Tabla N° 85: Resultados de Placa C4, según Etabs
 Elaboración propia

COMBINACIONES DE DISEÑO				
	COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	107.32772	-17.1505	-15.50424
SIS XX	1.25(CM+CV)+SISXX	149.040725	-5.01235	-7.164925
	1.25(CM+CV)-SISXX	38.777525	-24.90715	-18.751325
	0.9CM+SISXX	116.29767	0.36312	-0.56323
	0.9CM-SISXX	6.03447	-19.53168	-12.14963
SISYY	1.25(CM+CV)+SISYY	268.097725	11.34055	36.782175
	1.25(CM+CV)-SISYY	-80.279475	-41.26005	-62.698425
	0.9CM+SISYY	235.35467	16.71602	43.38387
	0.9CM-SISYY	-113.02253	-35.88458	-56.09673

Tabla N° 86: Combinaciones de diseño
 Elaboración propia

SISMO XX				
	COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	107.32772	-17.1505	-15.50424
SISXX POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	149.04073	-5.01235	-7.164925
	1.25(CM+CV)-SISXX	38.777525	-24.90715	-18.751325
	0.9CM+SISXX	116.29767	0.36312	-0.56323
	0.9CM-SISXX	6.03447	-19.53168	-12.14963
SISXX NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	149.04073	5.01235	7.164925
	1.25(CM+CV)-SISXX	38.777525	24.90715	18.751325
	0.9CM+SISXX	116.29767	-0.36312	0.56323
	0.9CM-SISXX	6.03447	19.53168	12.14963

Tabla N° 87: Combinaciones para Sismo XX en Placa C4
 Elaboración propia

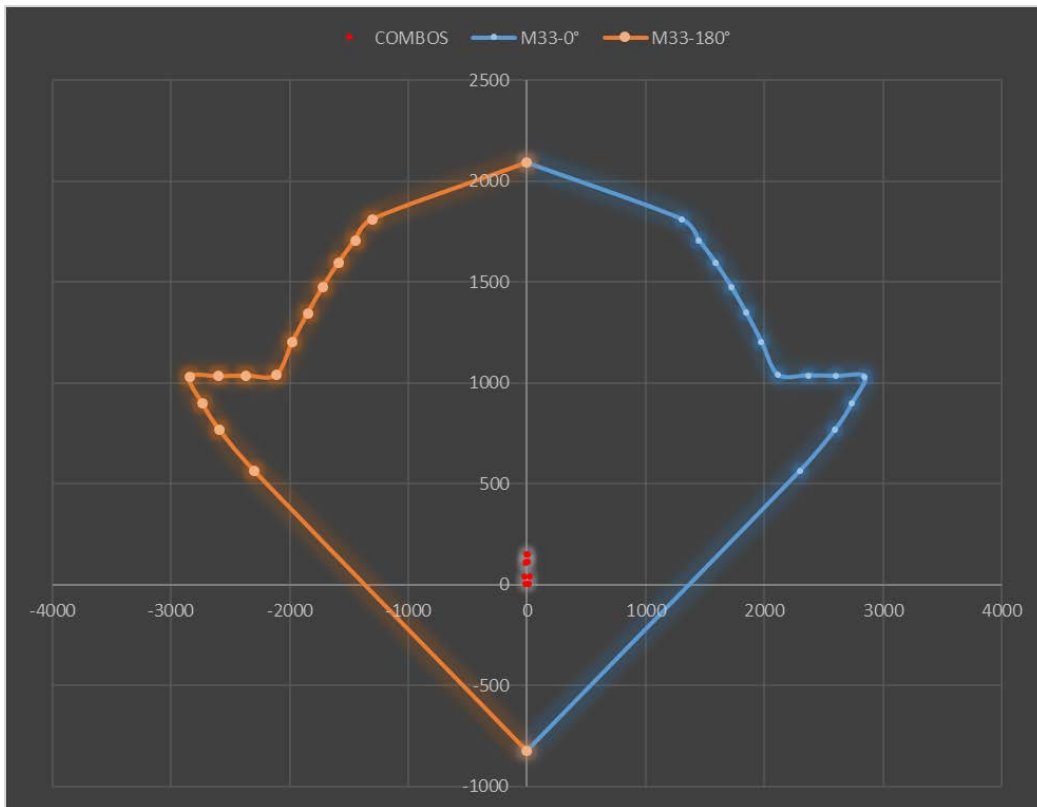


Figura N° 105: Resultado del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°
Elaboración propia

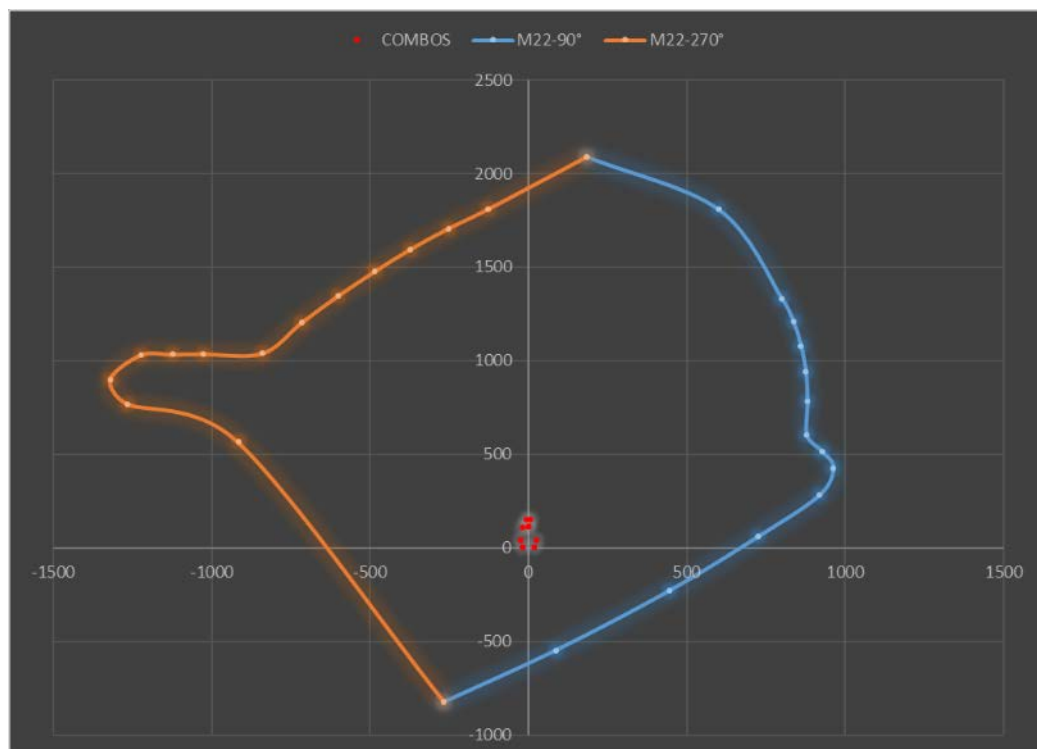


Figura N° 106: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

SISMO YY					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	107.32772	-17.1505	-15.50424
SISYY POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	268.09773	11.34055	36.782175
		1.25(CM+CV)-SISYY	-80.279475	-41.26005	-62.698425
		0.9CM+SISYY	235.35467	16.71602	43.38387
		0.9CM-SISYY	-113.02253	-35.88458	-56.09673
SISYY NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	268.09773	-11.34055	-36.782175
		1.25(CM+CV)-SISYY	-80.279475	41.26005	62.698425
		0.9CM+SISYY	235.35467	-16.71602	-43.38387
		0.9CM-SISYY	-113.02253	35.88458	56.09673

Tabla N° 88: Combinaciones del Sismo YY para la curva de los ángulos
 Elaboración propia

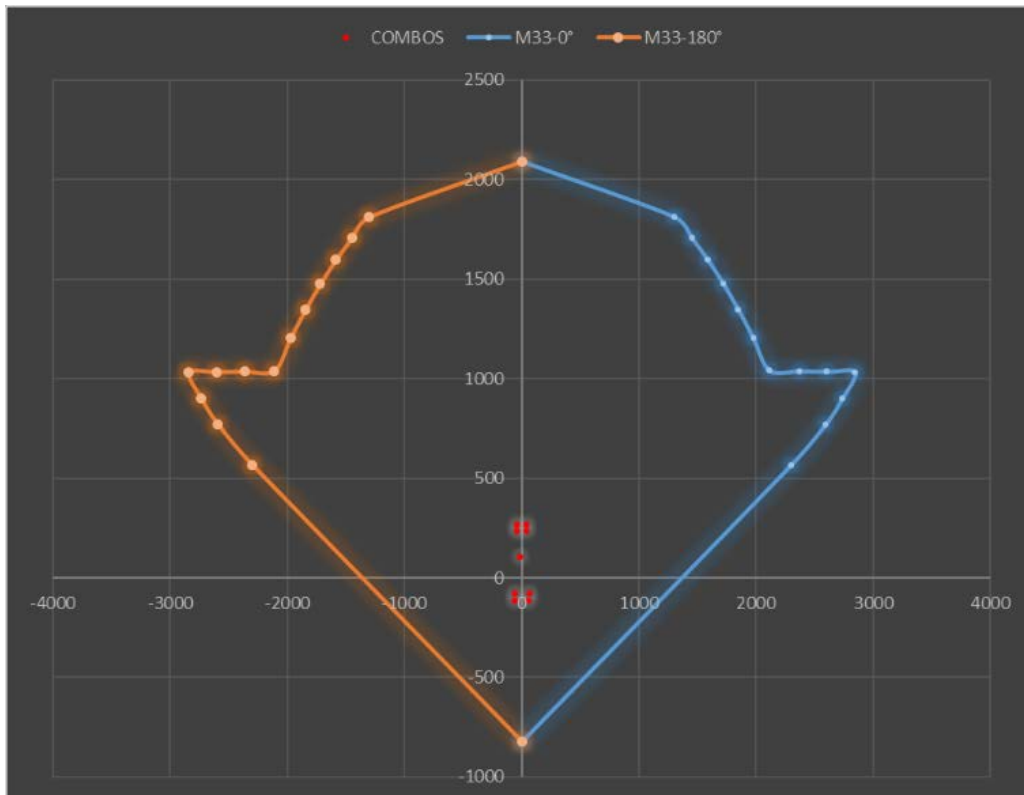


Figura N° 107: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

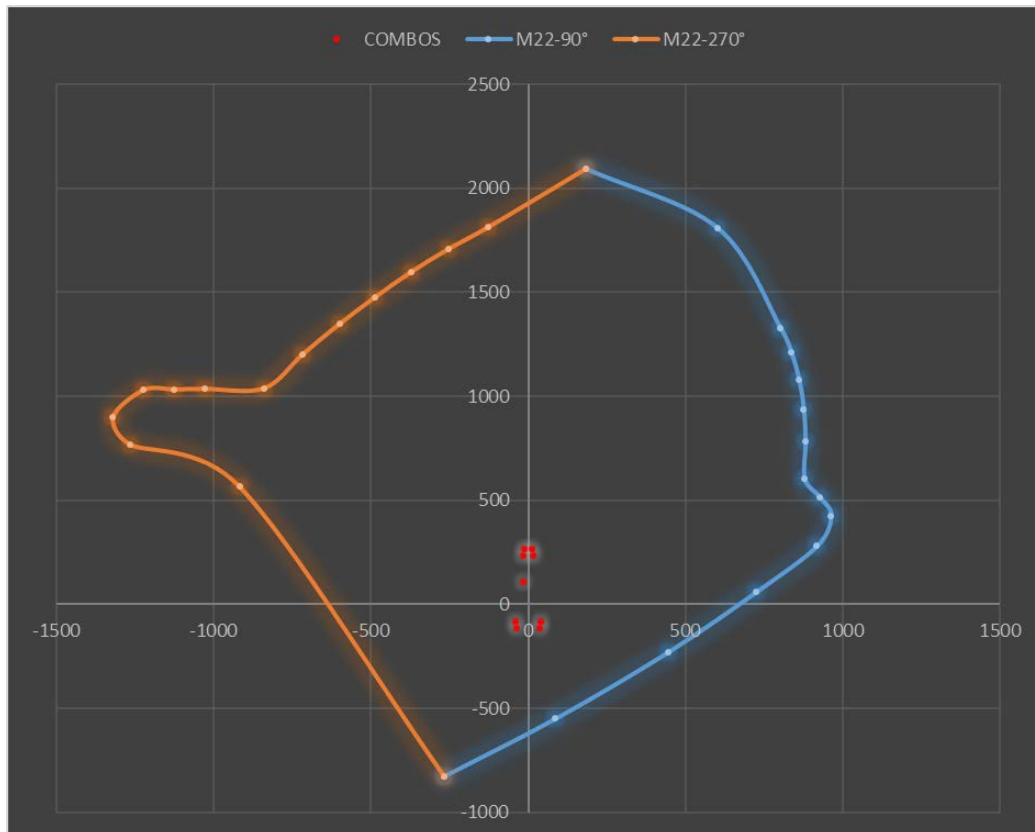


Figura N° 108: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

6.3.4.3.5. PLACA X1 – X2

- Cantidad de acero propuesto: 20 barras de 1" + 28 barras de 3/8"
- Área de acero: 121.28 cm²
- Cuantía de acero: 1.52%
- Área total: 8000 cm²

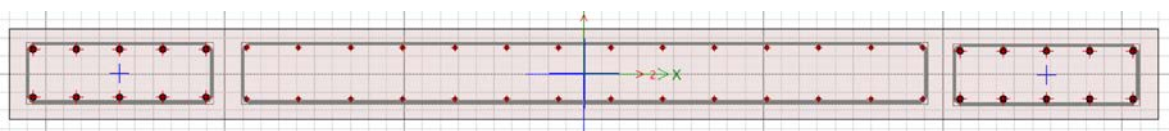


Figura N° 109: Placa X1 y X2
Elaboración propia

DATOS NECESARIOS

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	926.5838	-0.1877	926.5838	-0.1877
2	926.5838	186.9583	926.5838	-187.1206
3	926.5838	281.54	926.5838	-281.7754
4	854.2597	363.5399	853.9477	-363.7982
5	769.6634	433.5573	769.2199	-433.8035
6	681.1345	491.7061	680.525	-491.8893
7	586.8834	539.6814	586.0941	-539.7827
8	484.0041	579.6012	482.9636	-579.5823
9	430.0412	656.2468	428.9632	-656.173
10	379.5729	718.7844	378.6127	-718.6877
11	293.2189	723.0758	292.4242	-722.9457
12	165.5264	624.3086	165.2147	-624.4866
13	27.2006	484.1226	27.6971	-485.0435
14	-147.9304	270.4269	-146.5491	-272.0862
15	-332.64	0.2714	-332.64	0.2714

*Tabla N° 89: Datos para los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia*

PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	926.5838	0.1648	926.5838	0.1648
2	926.5838	14.0778	926.5838	-13.7817
3	913.1474	22.426	926.5838	-22.0662
4	821.0647	28.8789	853.9477	-28.4979
5	719.1207	34.1761	769.2199	-33.8382
6	606.5067	37.8559	680.525	-37.5265
7	477.7589	39.9961	586.0941	-39.7968
8	327.6212	41.1434	482.9636	-41.0952
9	287.4165	42.7989	428.9632	-43.1724
10	236.419	43.8496	378.6127	-44.35
11	150.0408	41.0069	292.4242	-41.4413
12	10.6898	30.9563	165.2147	-31.5808
13	-181.8482	16.221	27.6971	-16.4683
14	-261.0416	8.2128	-146.5491	-8.8745
15	-332.64	-0.2384	-332.64	-0.2384

*Tabla N° 90: Datos para los ángulos 90° y 270°
 Elaboración propia*



Story	Pier	Load	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
SOTANO	PLACAX1	CM	Bottom	-130.5555	-0.1688	0.0628	-0.0156	0	-0.0356
SOTANO	PLACAX1	CV	Bottom	-19.5717	-0.1272	-0.003	-0.005	0	-0.0276
SOTANO	PLACAX1	SISXX Max	Bottom	25.5552	89.1175	0.0122	0.046	0	20.0695
SOTANO	PLACAX1	SISYY Max	Bottom	45.691	4.5208	0.1863	0.0112	0	1.0219

Tabla N° 91: Resultados de Placa X1 y X2, según Etabs
 Elaboración propia

COMBINACIONES DE DISEÑO				
	COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	216.04959	0	-0.09676
SIS XX	1.25(CM+CV)+SISXX	213.2142	0	19.9905
	1.25(CM+CV)-SISXX	162.1038	0	-20.1485
	0.9CM+SISXX	143.05515	0	20.03746
	0.9CM-SISXX	91.94475	0	-20.10154
SISYY	1.25(CM+CV)+SISYY	233.35	0	0.9429
	1.25(CM+CV)-SISYY	141.968	0	-1.1009
	0.9CM+SISYY	163.19095	0	0.98986
	0.9CM-SISYY	71.80895	0	-1.05394

Tabla N° 92: Combinaciones de diseño
 Elaboración propia

SISMO XX				
	COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	216.05	0	-0.09676
SISXX POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	213.214	0	19.9905
	1.25(CM+CV)-SISXX	162.104	0	-20.1485
	0.9CM+SISXX	143.055	0	20.03746
	0.9CM-SISXX	91.9448	0	-20.10154
SISXX NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	213.214	0	-19.9905
	1.25(CM+CV)-SISXX	162.104	0	20.1485
	0.9CM+SISXX	143.055	0	-20.03746
	0.9CM-SISXX	91.9448	0	20.10154

Tabla N° 93: Combinaciones para Sismo XX en Placa X1 y X2
 Elaboración propia

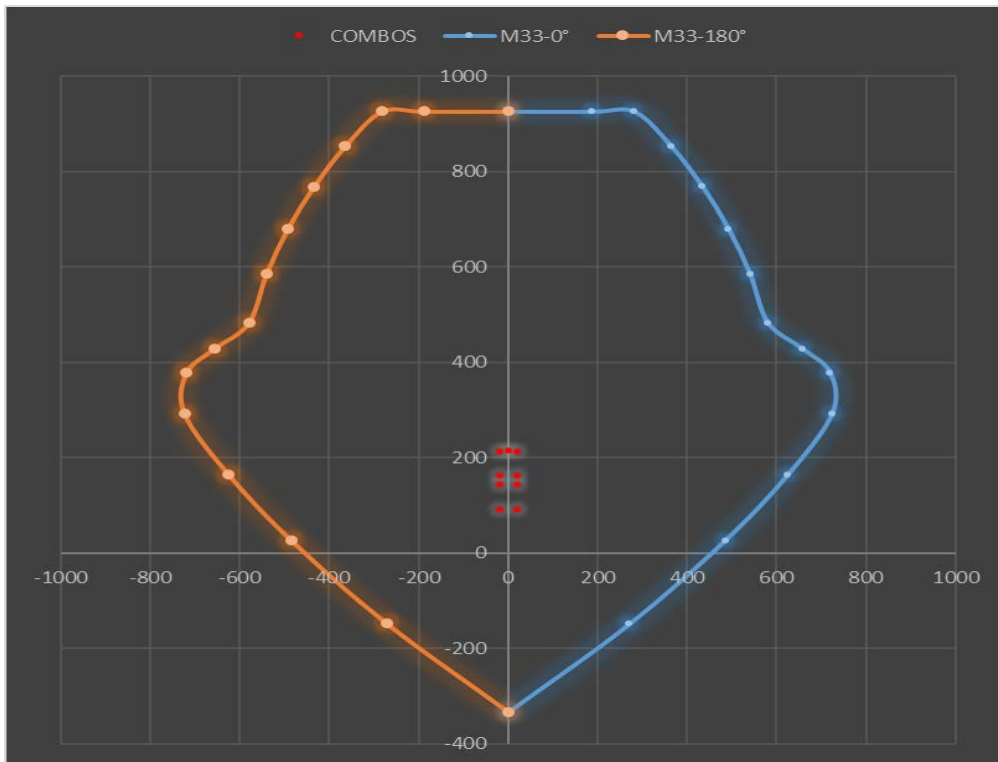


Figura N° 110: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°
Elaboración propia

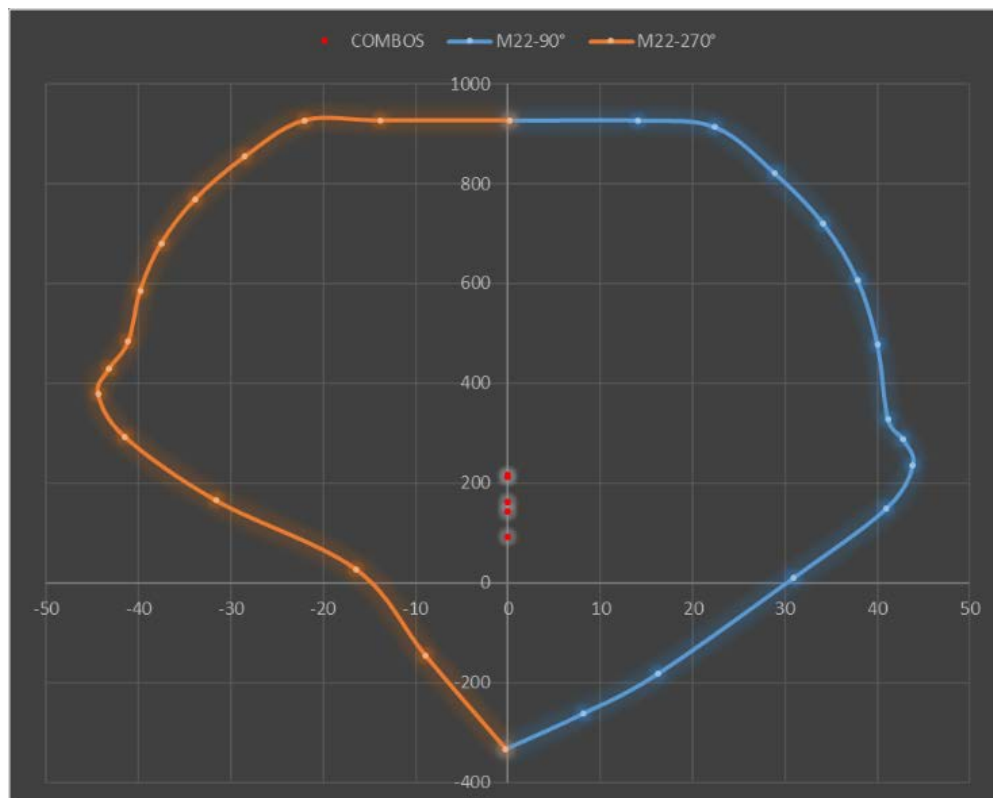


Figura N° 111: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

SISMO YY					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	216.04959	0	-0.09676
SISYY POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	233.35	0	0.9429
		1.25(CM+CV)-SISYY	141.968	0	-1.1009
		0.9CM+SISYY	163.19095	0	0.98986
		0.9CM-SISYY	71.80895	0	-1.05394
SISYY NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	233.35	0	-0.9429
		1.25(CM+CV)-SISYY	141.968	0	1.1009
		0.9CM+SISYY	163.19095	0	-0.98986
		0.9CM-SISYY	71.80895	0	1.05394

Tabla N° 94: Combinaciones para Sismo YY en Placa X1 – X2
 Elaboración propia

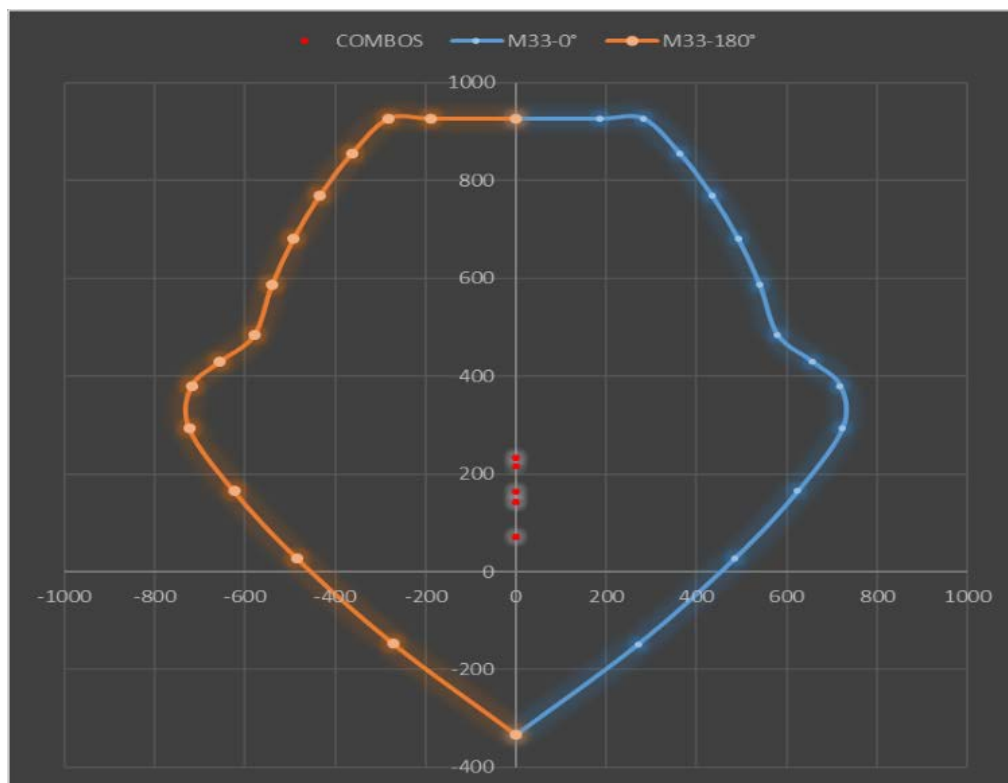


Figura N° 112: Resultados del Sismo YY para la curva de ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

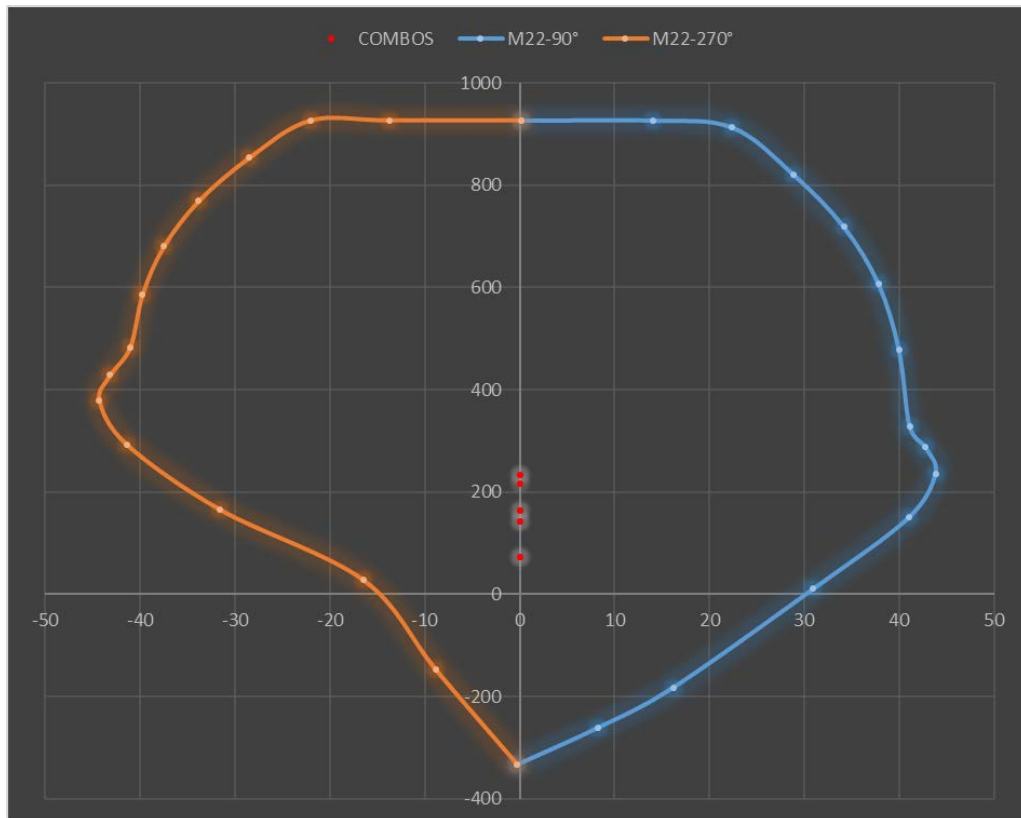


Figura N° 113: Resultados del Sismo YY para la curva de ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

6.3.4.3.6. PLACA X3

- Cantidad de acero propuesto: 20 barras de 1" + 40 barras de 3/8"
- Área de acero: 129.80 cm²
- Cuantía de acero: 1.25%
- Área total: 10380 cm²

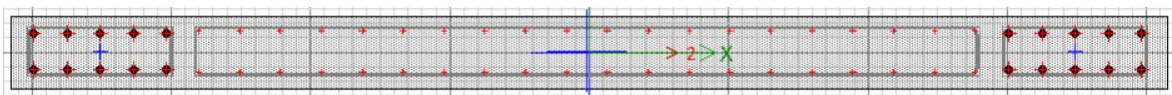


Figura N° 114: Placa X3
Elaboración propia



DATOS NECESARIOS

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	1255.7727	-2.2437	1255.7727	-2.2437
2	1255.7727	368.384	1255.7727	-370.8116
3	1248.8725	532.0777	1249.3047	-534.5786
4	1138.8533	679.7684	1139.1054	-682.1653
5	1023.8923	808.0449	1023.954	-810.1828
6	902.3109	919.122	902.1389	-920.8215
7	771.4878	1016.2407	771.044	-1017.347
8	627.4408	1104.7226	626.6624	-1105.1205
9	555.9222	1255.3479	555.4386	-1254.9215
10	493.232	1382.9766	493.2479	-1382.2986
11	383.0271	1408.6052	383.7876	-1408.0932
12	218.7838	1243.2078	220.4023	-1243.3295
13	35.985	999.2133	38.5401	-1000.1402
14	-217.4121	590.1584	-211.6469	-595.4779
15	-529.2	3.2446	-529.2	3.2446

Tabla N° 95: Datos para los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	1255.7727	0.9583	1255.7727	0.9583
2	1255.7727	19.6393	1255.7727	-18.4409
3	1232.0277	30.6149	1249.3047	-29.4216
4	1109.7268	39.0958	1139.1054	-37.9629
5	972.4976	46.218	1023.954	-45.0244
6	816.1228	51.0717	902.1389	-50.0506
7	635.9925	54.0207	771.044	-53.4612
8	421.9987	55.7498	626.6624	-55.8077
9	353.1385	58.5063	555.4386	-58.7759
10	276.4634	59.761	493.2479	-60.1916
11	150.4538	55.6058	383.7876	-56.1296
12	-51.6111	41.173	220.4023	-41.7633
13	-332.0919	20.0688	38.5401	-22.4654
14	-436.5217	9.5549	-211.6469	-12.6052
15	-529.2	-1.3857	-529.2	-1.3857

Tabla N° 96: Datos para los ángulos 90° y 270°
 Elaboración propia

Story	Pier	Load	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
SOTANO	PLACAX3	CM	Bottom	-87.5307	-7.3587	-0.5228	0.2383	-0.5228	4
SOTANO	PLACAX3	CV	Bottom	-12.8217	-0.894	-0.2431	0.1268	-0.2431	0.3752
SOTANO	PLACAX3	SISXX Max	Bottom	127.5599	38.2879	0.1495	0.0596	0.1495	32.4719
SOTANO	PLACAX3	SISYY Max	Bottom	152.8809	19.395	0.217	0.3045	0.217	12.9781

Tabla N° 97: Resultados de Placa X3, según Etabs
 Elaboración propia

COMBINACIONES DE DISEÑO					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	144.33987	-1.14519	6.23784
SIS XX		1.25(CM+CV)+SISXX	253.0004	-0.807875	37.9409
		1.25(CM+CV)-SISXX	-2.1194	-1.106875	-27.0029
		0.9CM+SISXX	206.33753	-0.32102	36.0719
		0.9CM-SISXX	-48.78227	-0.62002	-28.8719
SISYY		1.25(CM+CV)+SISYY	278.3214	-0.740375	18.4471
		1.25(CM+CV)-SISYY	-27.4404	-1.174375	-7.5091
		0.9CM+SISYY	231.65853	-0.25352	16.5781
		0.9CM-SISYY	-74.10327	-0.68752	-9.3781

Tabla N° 98: Combinaciones de diseño
 Elaboración propia

SISMO XX					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	144.3399	-1.14519	6.23784
SISXX POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	253.0004	-0.80788	37.9409
		1.25(CM+CV)-SISXX	-2.1194	-1.10688	-27.0029
		0.9CM+SISXX	206.3375	-0.32102	36.0719
		0.9CM-SISXX	-48.7823	-0.62002	-28.8719
SISXX NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	253.0004	0.80788	-37.9409
		1.25(CM+CV)-SISXX	-2.1194	1.10688	27.0029
		0.9CM+SISXX	206.3375	0.32102	-36.0719
		0.9CM-SISXX	-48.7823	0.62002	28.8719

Tabla N° 99: Combinaciones para Sismo XX en Placa X3
 Elaboración propia

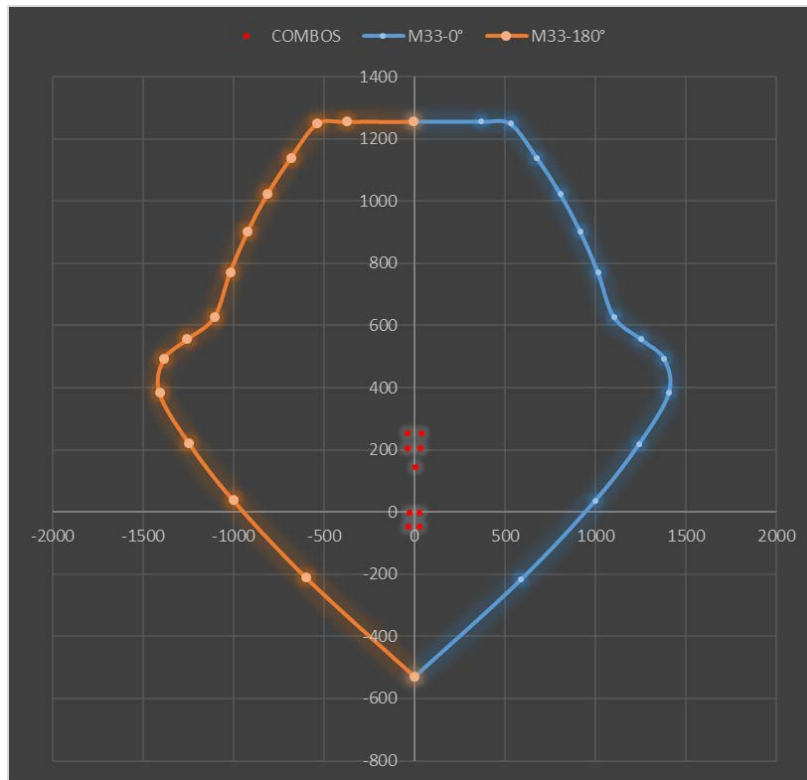


Figura N° 115: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°
Elaboración propia

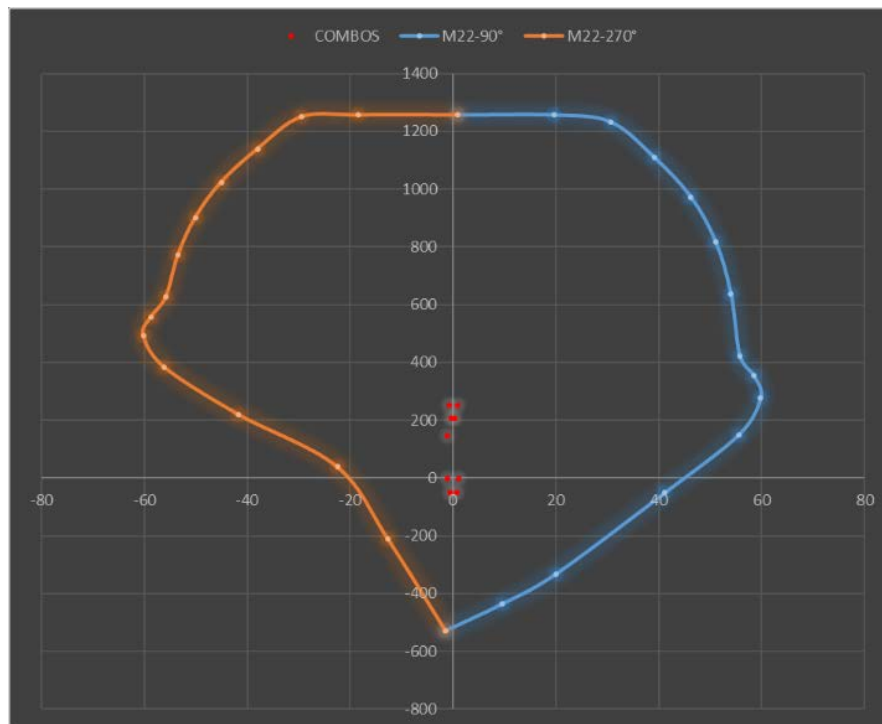


Figura N° 116: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

SISMO YY					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	144.33987	-1.14519	6.23784
SISYY POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	278.3214	-0.740375	18.4471
		1.25(CM+CV)-SISYY	-27.4404	-1.174375	-7.5091
		0.9CM+SISYY	231.65853	-0.25352	16.5781
		0.9CM-SISYY	-74.10327	-0.68752	-9.3781
SISYY NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	278.3214	0.740375	-18.4471
		1.25(CM+CV)-SISYY	-27.4404	1.174375	7.5091
		0.9CM+SISYY	231.65853	0.25352	-16.5781
		0.9CM-SISYY	-74.10327	0.68752	9.3781

Tabla N° 100: Combinaciones para Sismo YY en Placa X3
 Elaboración propia

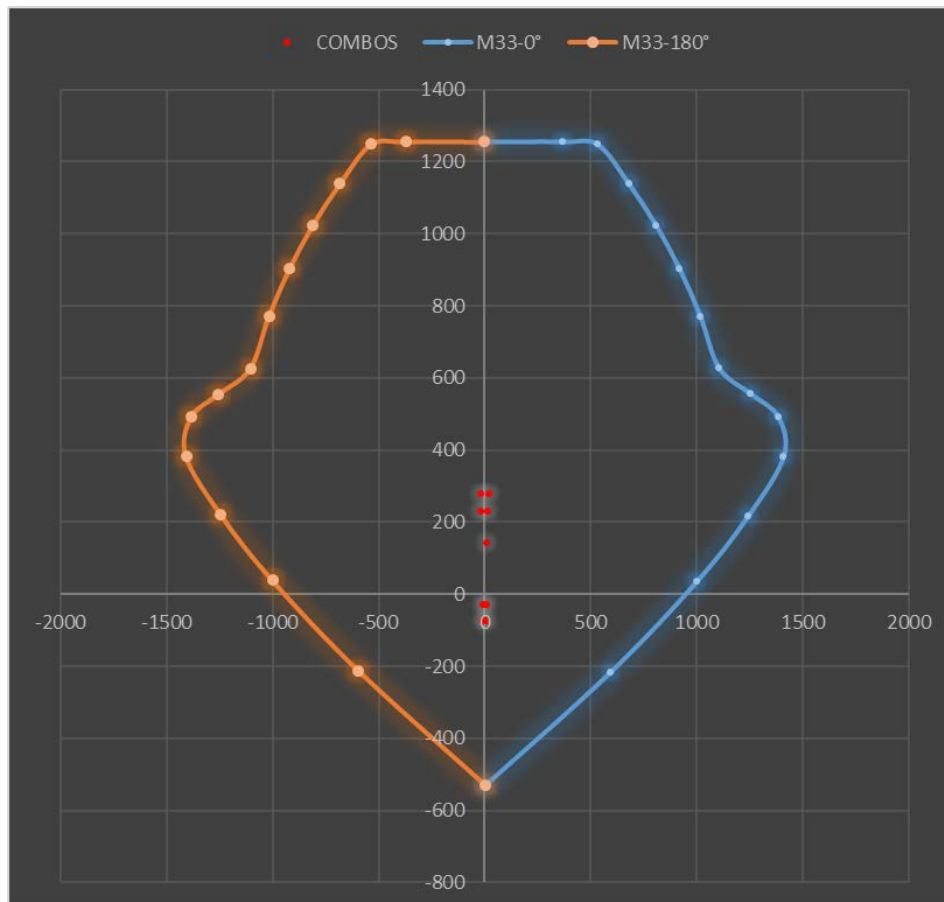


Figura N° 117: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° Y 180°
 Elaboración propia

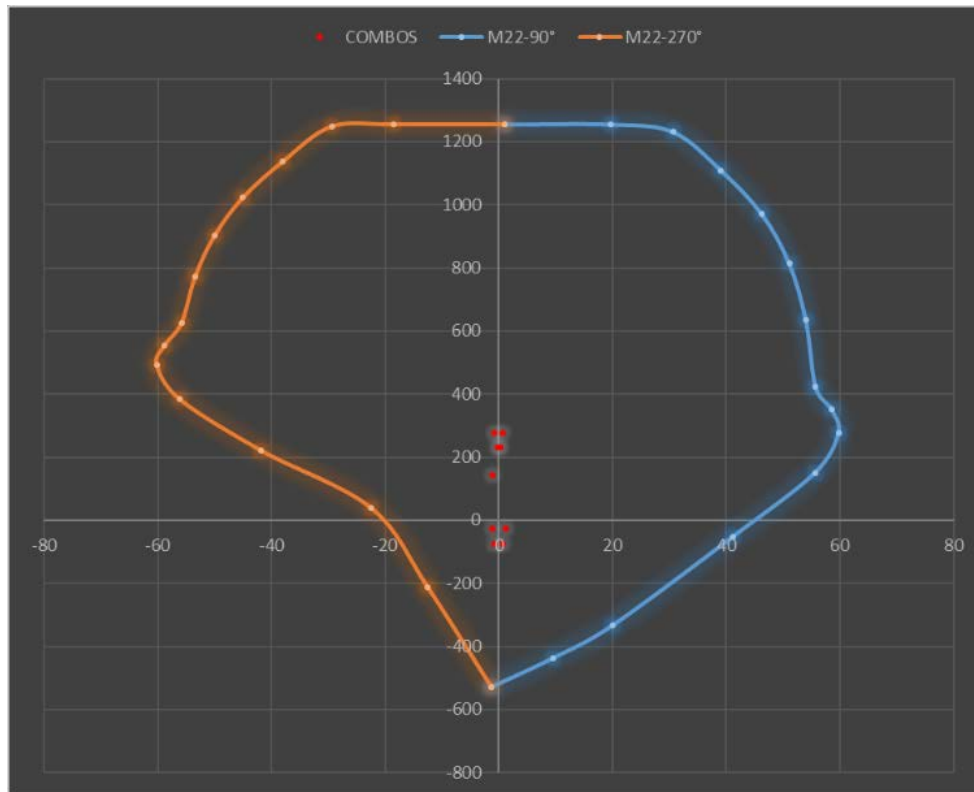


Figura N° 118: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° Y 270°
Elaboración propia

6.3.4.3.7. PLACA X4

- Cantidad de acero propuesto: 20 barras de 1" + 30 barras de 3/8"
- Área de acero: 122.70 cm²
- Cuantía de acero: 1.44%
- Área total: 8500 cm²

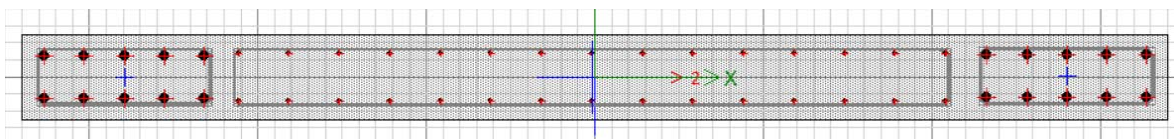


Figura N° 119: Placa X4
Elaboración propia



DATOS NECESARIOS

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	ϕ_{Pn}	ϕ_{Mn}	ϕ_{Pn}	ϕ_{Mn}
1	1060.8234	0.0934	1060.8234	0.0934
2	1060.8234	266.3449	1060.8234	-266.5076
3	1046.5599	379.4512	1046.9892	-379.5055
4	955.1112	480.4093	955.7211	-480.3904
5	858.1606	570.0346	859.0217	-570.0286
6	754.9643	649.1392	756.0947	-649.1645
7	643.5042	719.8501	644.9711	-719.9322
8	519.9951	786.4919	521.9355	-786.6621
9	454.5543	901.064	456.7149	-901.075
10	401.5623	992.4656	403.7463	-992.5804
11	307.9192	1011.8028	309.719	-1011.601
12	168.6252	895.0416	169.5648	-894.1032
13	10.927	722.364	10.2165	-719.7052
14	-218.6553	422.2382	-221.4815	-417.573
15	-491.4	-0.1351	-491.4	-0.1351

Tabla N° 101: Datos para el ángulo 0° y 180°
 Elaboración propia

PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	ϕ_{Pn}	ϕ_{Mn}	ϕ_{Pn}	ϕ_{Mn}
1	1060.8234	-0.2109	1060.8234	-0.2109
2	1060.8234	16.1371	1060.8234	-16.469
3	1035.5958	25.2417	1046.9892	-25.6234
4	934.9701	32.3195	955.7211	-32.7169
5	818.5997	38.3386	859.0217	-38.7078
6	684.4243	42.5509	756.0947	-42.9116
7	530.8932	45.4601	644.9711	-45.6977
8	347.6788	47.5546	521.9355	-47.6532
9	280.8898	50.3105	456.7149	-49.9602
10	209.2705	51.4525	403.7463	-50.9752
11	94.2019	47.9252	309.719	-47.3406
12	-89.8178	35.3043	169.5648	-34.6606
13	-335.2772	17.5681	10.2165	-17.1611
14	-413.7182	9.4628	-221.4815	-8.6925
15	-491.4	0.305	-491.4	0.305

Tabla N° 102: Datos para el ángulo 90° y 270°
 Elaboración propia

Story	Pier	Load	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
SOTANO	PLACAX4	CM	Bottom	-79.2482	5.7504	-0.4182	-0.1569	-0.4182	-0.5905
SOTANO	PLACAX4	CV	Bottom	-11.5463	0.7339	-0.1977	-0.0868	-0.1977	-0.0616
SOTANO	PLACAX4	SISXX Max	Bottom	114.1363	25.1608	0.0641	0.0842	0.0641	10.2115
SOTANO	PLACAX4	SISYY Max	Bottom	131.8112	7.2631	0.3111	0.1397	0.3111	1.0133

Tabla N° 103: Resultados de Placa X4, según Etabs
 Elaboración propia

COMBINACIONES DE DISEÑO					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
	GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	130.57619	-0.92157	-0.93142
SIS XX		1.25(CM+CV)+SISXX	227.629425	-0.705775	9.396375
		1.25(CM+CV)-SISXX	-0.643175	-0.833975	-11.026625
		0.9CM+SISXX	185.45968	-0.31228	9.68005
		0.9CM-SISXX	-42.81292	-0.44048	-10.74295
SISYY		1.25(CM+CV)+SISYY	245.304325	-0.458775	0.198175
		1.25(CM+CV)-SISYY	-18.318075	-1.080975	-1.828425
		0.9CM+SISYY	203.13458	-0.06528	0.48185
		0.9CM-SISYY	-60.48782	-0.68748	-1.54475

Tabla N° 104: Combinaciones de diseño
 Elaboración propia

SISMO XX					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
	GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	130.57619	-0.92157	-0.93142
SISXX POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	227.62943	-0.705775	9.396375
		1.25(CM+CV)-SISXX	-0.643175	-0.833975	-11.026625
		0.9CM+SISXX	185.45968	-0.31228	9.68005
		0.9CM-SISXX	-42.81292	-0.44048	-10.74295
SISXX NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	227.62943	0.705775	-9.396375
		1.25(CM+CV)-SISXX	-0.643175	0.833975	11.026625
		0.9CM+SISXX	185.45968	0.31228	-9.68005
		0.9CM-SISXX	-42.81292	0.44048	10.74295

Tabla N° 105: Combinaciones para Sismo XX en Placa X4
 Elaboración propia

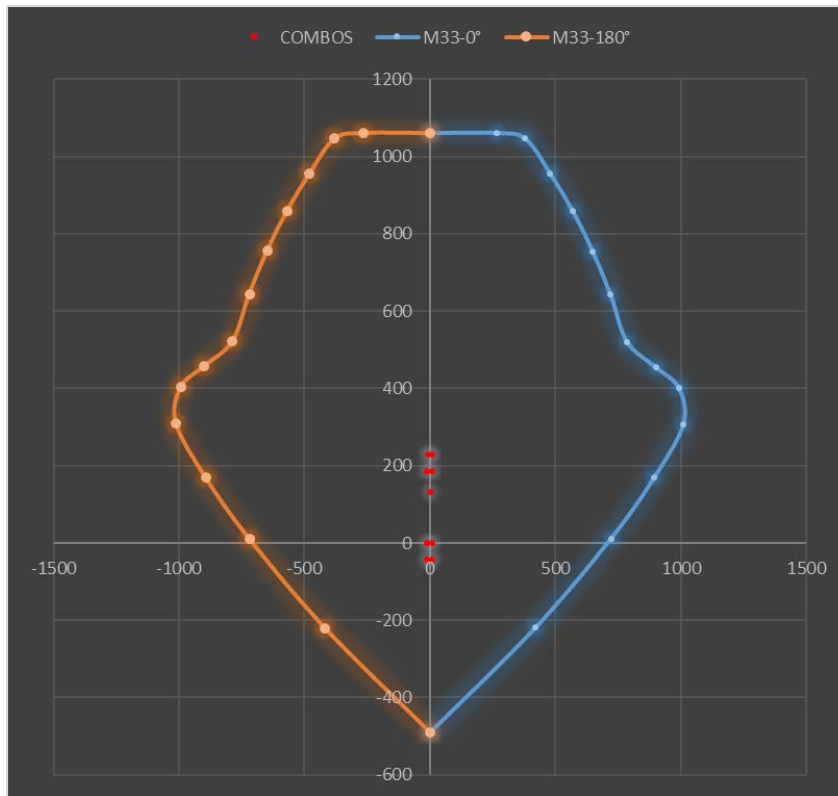


Figura N° 120: Resultado del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°
Elaboración propia

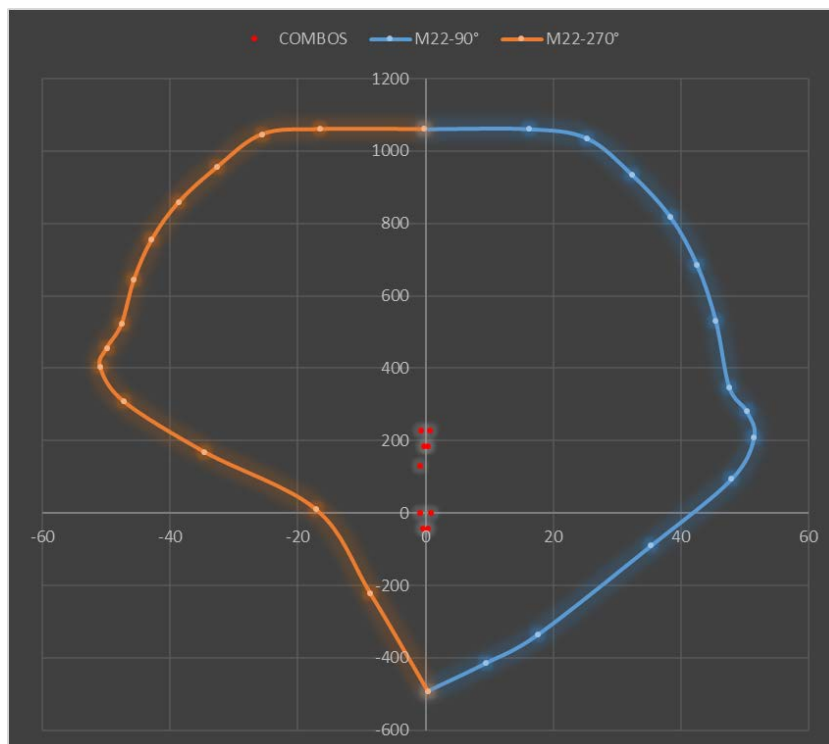


Figura N° 121: Resultado del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

SISMO YY					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	130.57619	-0.92157	-0.93142
SISYY POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	245.30433	-0.458775	0.198175
		1.25(CM+CV)-SISYY	-18.31808	-1.080975	-1.828425
		0.9CM+SISYY	203.13458	-0.06528	0.48185
		0.9CM-SISYY	-60.48782	-0.68748	-1.54475
SISYY NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	245.30433	0.458775	-0.198175
		1.25(CM+CV)-SISYY	-18.31808	1.080975	1.828425
		0.9CM+SISYY	203.13458	0.06528	-0.48185
		0.9CM-SISYY	-60.48782	0.68748	1.54475

Tabla N° 106: Combinaciones para Sismo YY en Placa X4
 Elaboración propia

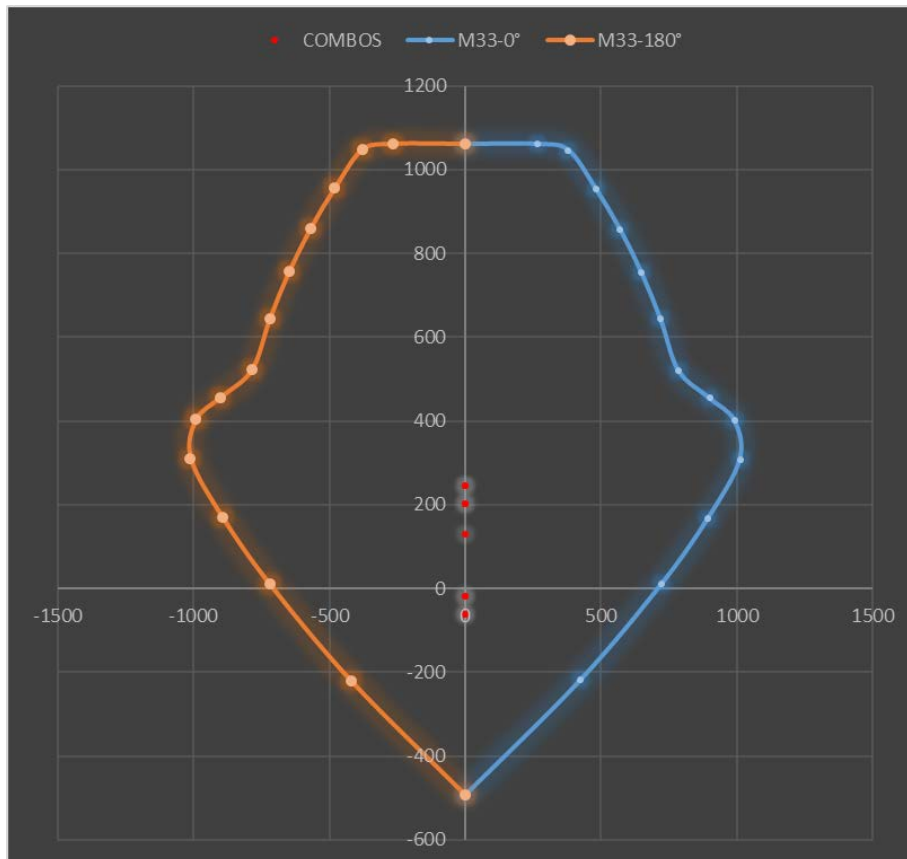


Figura N° 122: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

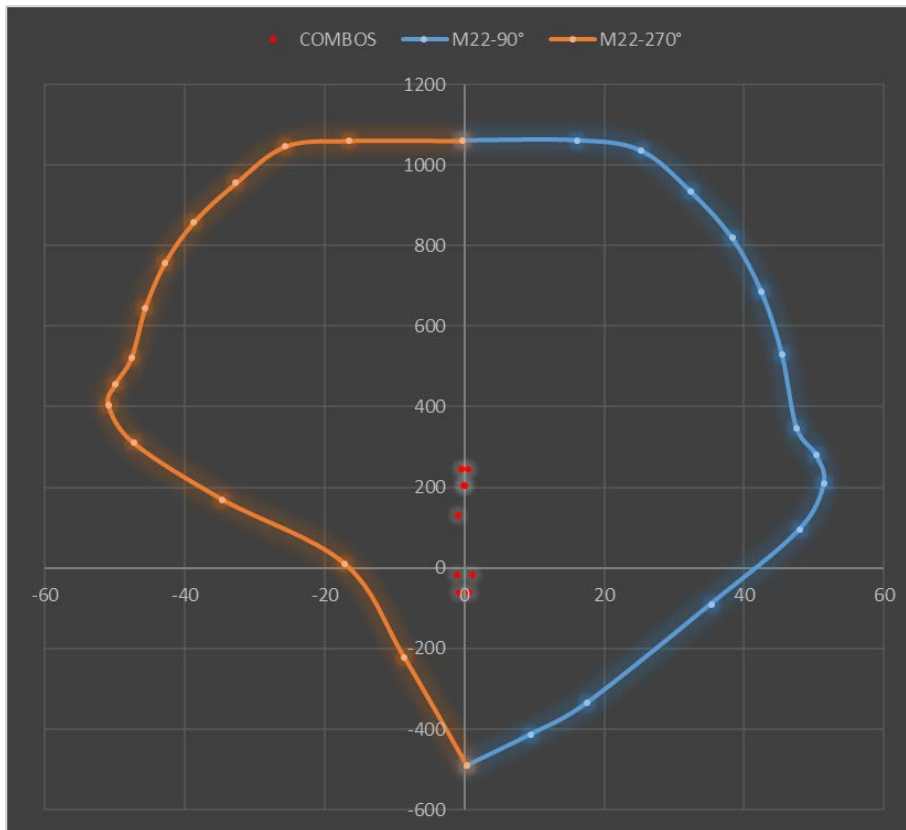


Figura N° 123: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

6.3.4.3.8. PLACA X5

- Cantidad de acero propuesto: 20 barras de 1" + 18 barras de 3/8"
- Área de acero: 114.18 cm²
- Cuantía de acero: 1.90%
- Área total: 6000 cm²

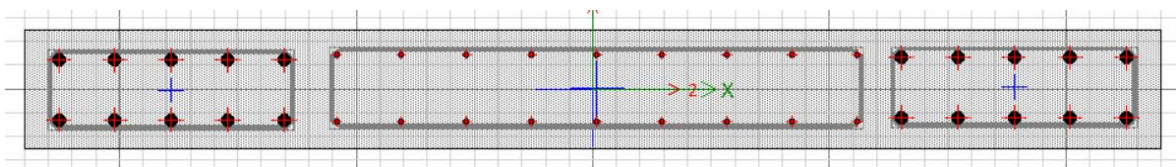


Figura N° 124: Placa X5
Elaboración propia



DATOS NECESARIOS

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	ϕ_{Pn}	ϕ_{Mn}	ϕ_{Pn}	ϕ_{Mn}
1	803.6792	0.3576	803.6792	0.3576
2	803.6792	146.6339	803.6792	-146.1133
3	783.0505	204.7537	782.6148	-204.2581
4	714.1543	257.5842	713.67	-257.1423
5	641.4633	304.5782	640.8541	-304.1599
6	562.0456	347.4842	561.3576	-347.1381
7	473.8695	386.4274	473.0882	-386.1765
8	374.2973	424.2995	373.3868	-424.1659
9	313.5569	487.8727	312.3991	-487.9049
10	263.0937	538.9173	261.7089	-539.1553
11	183.7124	544.8868	182.5299	-545.2454
12	71.1729	476.8848	70.2946	-477.4787
13	-74.842	366.2583	-75.1945	-367.1938
14	-261.8288	200.2576	-261.6152	-201.5418
15	-446.04	-0.5171	-446.04	-0.5171

Tabla N° 107: Datos para los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	ϕ_{Pn}	ϕ_{Mn}	ϕ_{Pn}	ϕ_{Mn}
1	803.6792	0.088	803.6792	0.088
2	803.6792	12.8209	803.6792	-12.6633
3	774.9204	19.518	782.6148	-19.3246
4	699.8359	24.7241	713.67	-24.6874
5	609.7474	29.2679	640.8541	-29.0683
6	504.0501	32.5659	561.3576	-32.3668
7	379.6196	34.9849	473.0882	-34.8306
8	226.8093	37.0157	373.3868	-36.8996
9	173.1723	38.9319	312.3991	-39.182
10	111.5028	39.6433	261.7089	-39.981
11	16.2319	36.722	182.5299	-37.1419
12	-136.1594	26.3328	70.2946	-26.8102
13	-334.1869	12.1341	-75.1945	-12.315
14	-392.124	6.2353	-261.6152	-6.5803
15	-446.04	-0.1273	-446.04	-0.1273

Tabla N° 108: Datos para los ángulos 90° y 270°
 Elaboración propia



Story	Pier	Load	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
SOTANO	PLACAX5	CM	Bottom	-46.332	1.5131	-0.1702	-0.0079	-0.1702	1.4307
SOTANO	PLACAX5	CV	Bottom	-5.9997	-0.4098	-0.0711	0.0004	-0.0711	-0.312
SOTANO	PLACAX5	SISXX Max	Bottom	24.217	9.7178	0.0726	0.0167	0.0726	8.8699
SOTANO	PLACAX5	SISYY Max	Bottom	89.2584	11.2414	0.0593	0.0452	0.0593	9.4754

Tabla N° 109: Resultados de Placa X5, según Etabs
 Elaboración propia

COMBINACIONES DE DISEÑO					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	75.06429	-0.35915	1.47258
	SIS XX	1.25(CM+CV)+SISXX	89.631625	-0.229025	10.268275
1.25(CM+CV)-SISXX		41.197625	-0.374225	-7.471525	
0.9CM+SISXX		65.9158	-0.08058	10.15753	
0.9CM-SISXX		17.4818	-0.22578	-7.58227	
SISYY		1.25(CM+CV)+SISYY	154.673025	-0.242325	10.873775
		1.25(CM+CV)-SISYY	-23.843775	-0.360925	-8.077025
		0.9CM+SISYY	130.9572	-0.09388	10.76303
		0.9CM-SISYY	-47.5596	-0.21248	-8.18777

Tabla N° 110: Combinaciones de diseño
 Elaboración propia

SISMO XX					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	75.06429	-0.35915	1.47258
	SISXX POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	89.631625	-0.22903	10.26828
1.25(CM+CV)-SISXX		41.197625	-0.37423	-7.47153	
0.9CM+SISXX		65.9158	-0.08058	10.15753	
0.9CM-SISXX		17.4818	-0.22578	-7.58227	
SISXX NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	89.631625	0.229025	-10.2683
		1.25(CM+CV)-SISXX	41.197625	0.374225	7.471525
		0.9CM+SISXX	65.9158	0.08058	-10.1575
		0.9CM-SISXX	17.4818	0.22578	7.58227

Tabla N° 111: Combinaciones para Sismo XX en Placa X5
 Elaboración propia

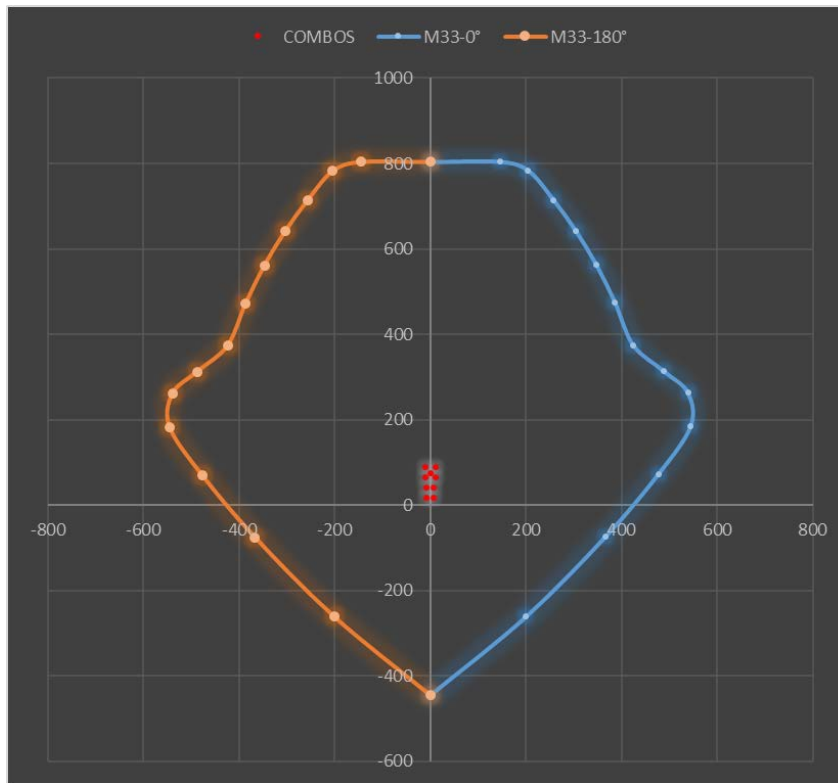


Figura N° 125: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°
Elaboración propia

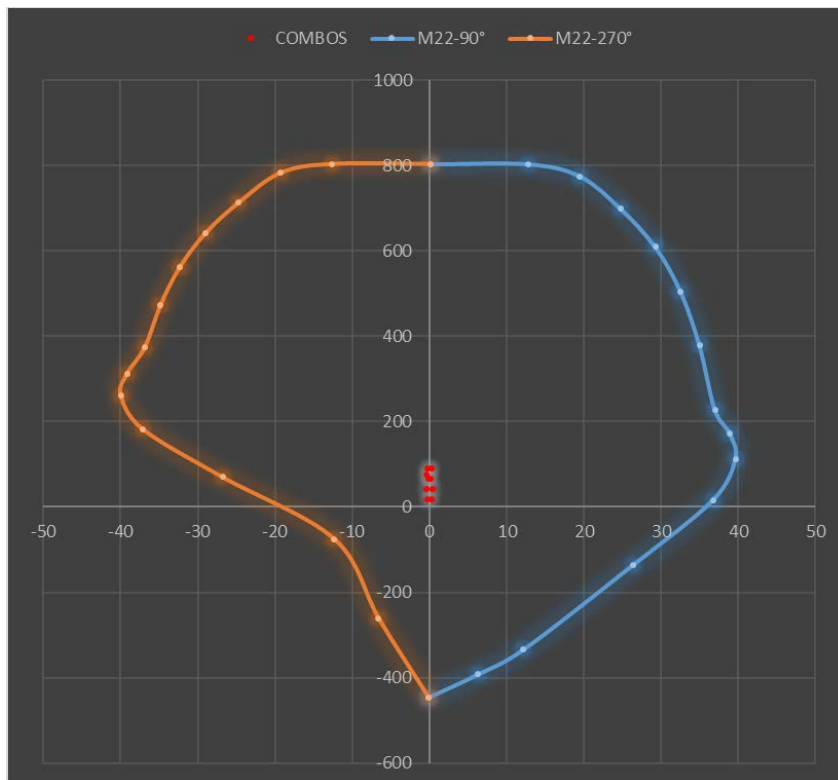


Figura N° 126: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

SISMO YY					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	75.06429	-0.35915	1.47258
SISYY POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	154.67303	-0.242325	10.873775
		1.25(CM+CV)-SISYY	-23.843775	-0.360925	-8.077025
		0.9CM+SISYY	130.9572	-0.09388	10.76303
		0.9CM-SISYY	-47.5596	-0.21248	-8.18777
SISYY NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	154.67303	0.242325	-10.873775
		1.25(CM+CV)-SISYY	-23.843775	0.360925	8.077025
		0.9CM+SISYY	130.9572	0.09388	-10.76303
		0.9CM-SISYY	-47.5596	0.21248	8.18777

Tabla N° 112: Combinaciones para Sismo YY en Placa X5
 Elaboración propia

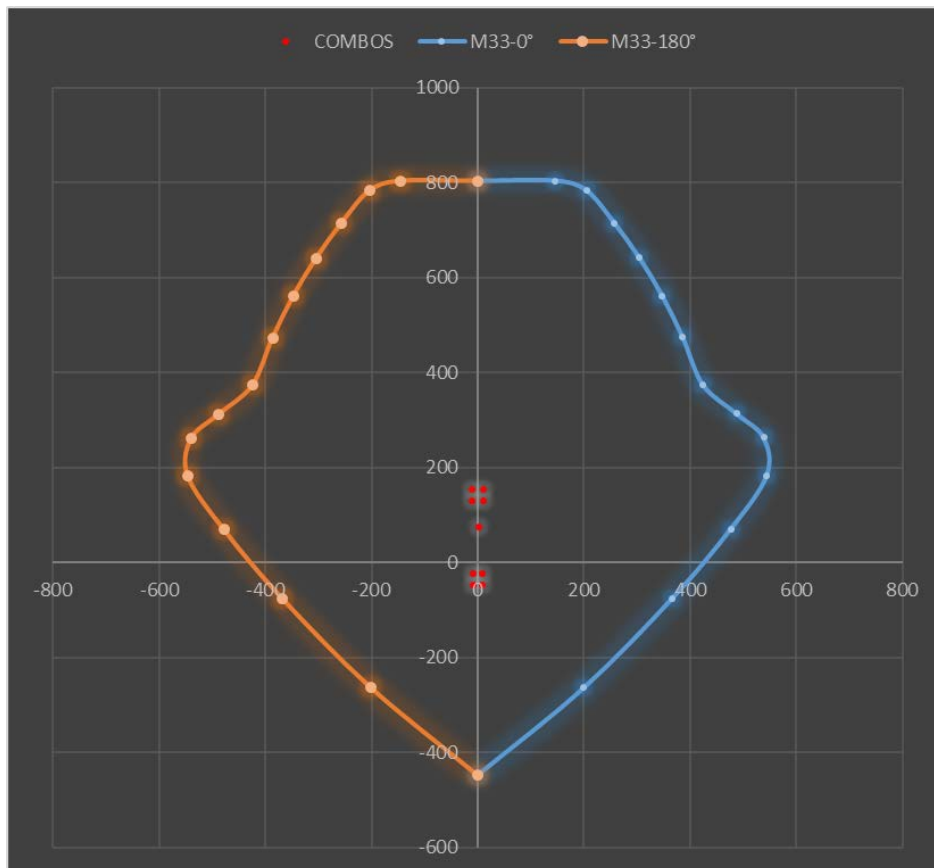


Figura N° 127: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

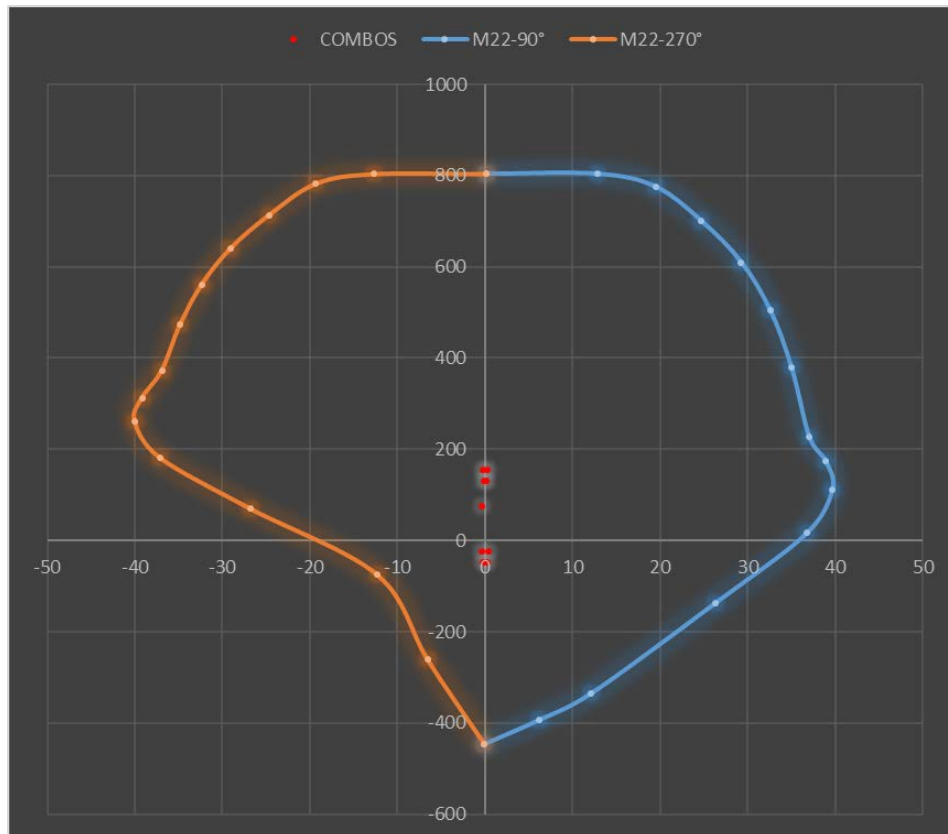


Figura N° 128: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

6.3.4.3.9. PLACA L1

- Cantidad de acero propuesto: 34 barras de 1" + 56 barras de 3/8"
- Área de acero: 212.14 cm²
- Cuantía de acero: 1.34%
- Área total: 15870 cm²



Figura N° 129: Placa L1
Elaboración propia



DATOS NECESARIOS

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	1946.1242	-243.8927	1946.1242	-243.8927
2	1811.6383	1108.7868	1946.1242	-943.7896
3	1657.4445	1398.6262	1946.1242	-1280.4973
4	1493.6214	1659.6907	1887.7585	-1584.2875
5	1318.7566	1893.7905	1739.0624	-1853.0021
6	1130.1609	2105.5356	1582.7652	-2090.5307
7	923.2124	2303.5625	1415.7497	-2302.8924
8	689.6711	2502.1816	1233.9238	-2498.9164
9	564.4915	2792.4107	1190.0622	-2862.8577
10	451.828	3041.9945	1163.2649	-3234.7187
11	286.4863	3087.0295	1057.619	-3414.3788
12	74.6098	2744.0163	832.2096	-3180.9117
13	-151.2356	2274.2629	583.0211	-2815.4197
14	-427.2594	1579.186	232.9598	-2166.965
15	-854.28	352.6868	-854.28	352.6868

Tabla N° 113: Datos para los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	1946.1242	26.8937	1946.1242	26.8937
2	1592.5584	115.7038	1946.1242	-19.252
3	1054.3513	152.6704	1946.1242	-39.0805
4	515.9038	154.0547	1887.7585	-59.0696
5	250.0339	146.514	1739.0624	-78.0623
6	131.3678	146.4108	1582.7652	-97.8426
7	-15.637	144.9548	1415.7497	-118.086
8	-200.4721	143.261	1233.9238	-141.2166
9	-368.5931	144.1757	1190.0622	-172.9101
10	-483.4958	142.985	1163.2649	-204.6037
11	-596.525	127.367	1057.619	-236.2972
12	-663.6112	91.7351	832.2096	-267.9908
13	-732.1663	49.3035	583.0211	-254.912
14	-799.1149	2.5437	232.9598	-182.4909
15	-854.28	-38.8902	-854.28	-38.8902

Tabla N° 114: Datos para los ángulos 90° y 270°
 Elaboración propia



Story	Pier	Load	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
TECHO 01	PLACA1L	CM	Bottom	-270.5947	-17.1442	-0.1161	-4.6603	0.9428	-40.2647
TECHO 01	PLACA1L	CV	Bottom	-40.8286	-2.787	-0.3464	-0.869	-0.4499	-5.4064
TECHO 01	PLACA1L	SISXX Max	Bottom	192.7318	7.027	25.3311	48.7608	48.129	82.0012
TECHO 01	PLACA1L	SISYY Max	Bottom	233.5098	98.3989	7.3598	20.6184	32.9453	715.723

Tabla N° 115: Resultados de Placa L1, según Etabs
 Elaboración propia

COMBINACIONES DE DISEÑO					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	448.2412	0.55509	-65.56146
SIS XX		1.25(CM+CV)+SISXX	582.0109	48.745125	24.91233
		1.25(CM+CV)-SISXX	196.5473	-47.51288	-139.0901
		0.9CM+SISXX	436.267	48.97752	45.76297
		0.9CM-SISXX	50.80343	-47.28048	-118.2394
SISYY		1.25(CM+CV)+SISYY	622.7889	33.561425	658.6341
		1.25(CM+CV)-SISYY	155.7693	-32.32918	-772.8119
		0.9CM+SISYY	477.045	33.79382	679.4848
		0.9CM-SISYY	10.02543	-32.09678	-751.9612

Tabla N° 116: Combinaciones de diseño
 Elaboración propia

SISMO XX					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	448.2412	0.55509	-65.5615
SISXX POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	582.0109	48.7451	24.9123
		1.25(CM+CV)-SISXX	196.5473	-47.5129	-139.09
		0.9CM+SISXX	436.267	48.9775	45.763
		0.9CM-SISXX	50.80343	-47.2805	-118.239
SISXX NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	582.0109	-48.7451	-24.9123
		1.25(CM+CV)-SISXX	196.5473	47.5129	139.09
		0.9CM+SISXX	436.267	-48.9775	-45.763
		0.9CM-SISXX	50.80343	47.2805	118.239

Tabla N° 117: Combinaciones para Sismo XX en Placa L1
 Elaboración propia

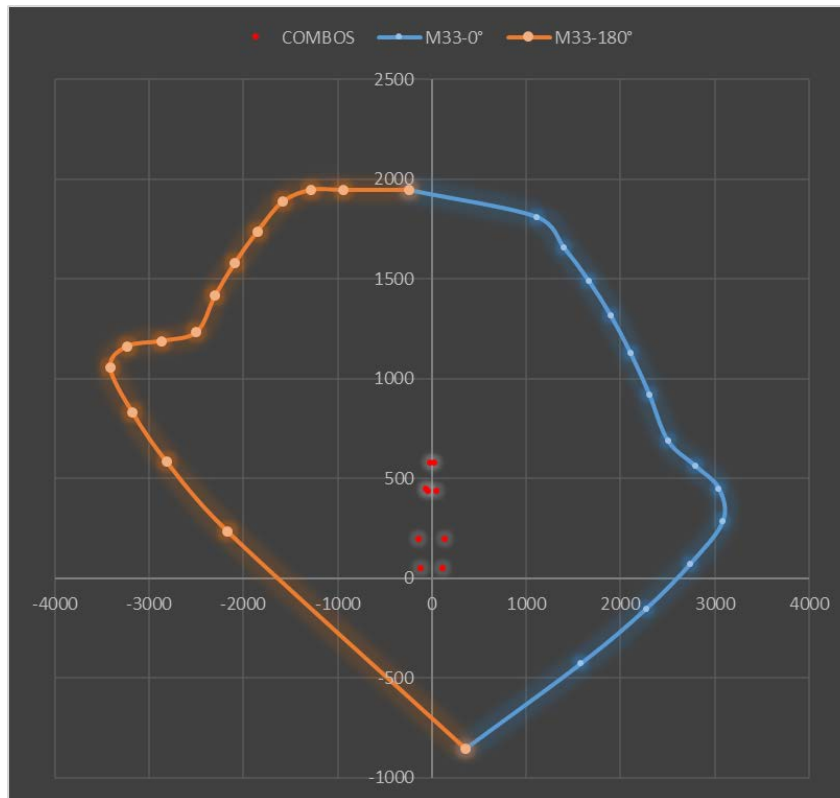


Figura N° 130: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°
Elaboración propia

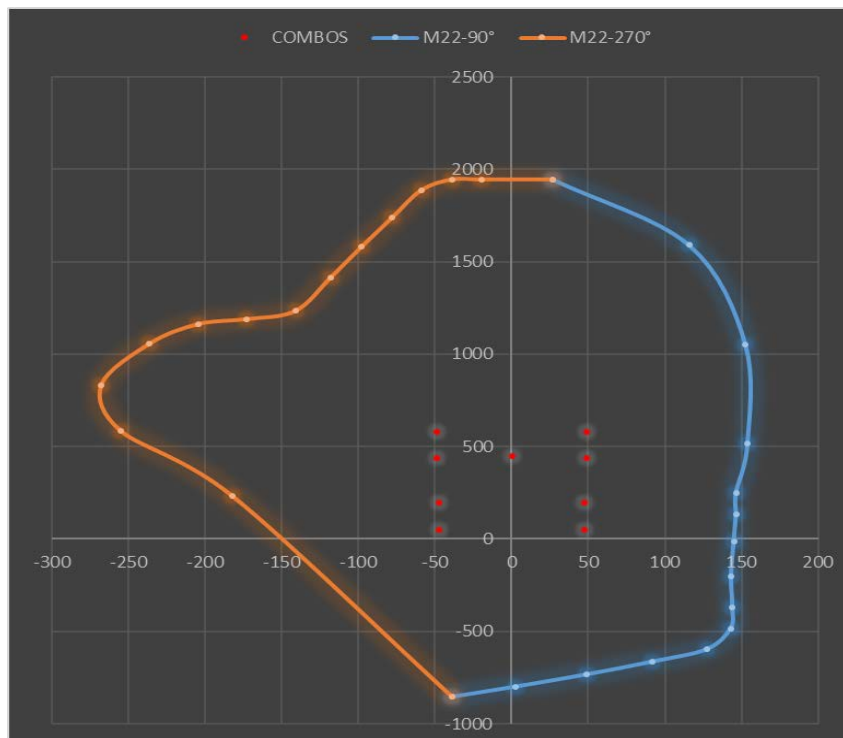


Figura N° 131: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

SISMO YY					
	COMBINACIONES	P	M22	M33	
GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	448.2412	0.55509	-65.56146	
SISYY POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	622.78893	33.561425	658.63413	
	1.25(CM+CV)-SISYY	155.76933	-32.32918	-772.8119	
	0.9CM+SISYY	477.04503	33.79382	679.48477	
	0.9CM-SISYY	10.02543	-32.09678	-751.9612	
SISYY NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	622.78893	-33.56143	-658.6341	
	1.25(CM+CV)-SISYY	155.76933	32.329175	772.81188	
	0.9CM+SISYY	477.04503	-33.79382	-679.4848	
	0.9CM-SISYY	10.02543	32.09678	751.96123	

Tabla N° 118: Combinaciones para Sismo YY en Placa L1
 Elaboración propia

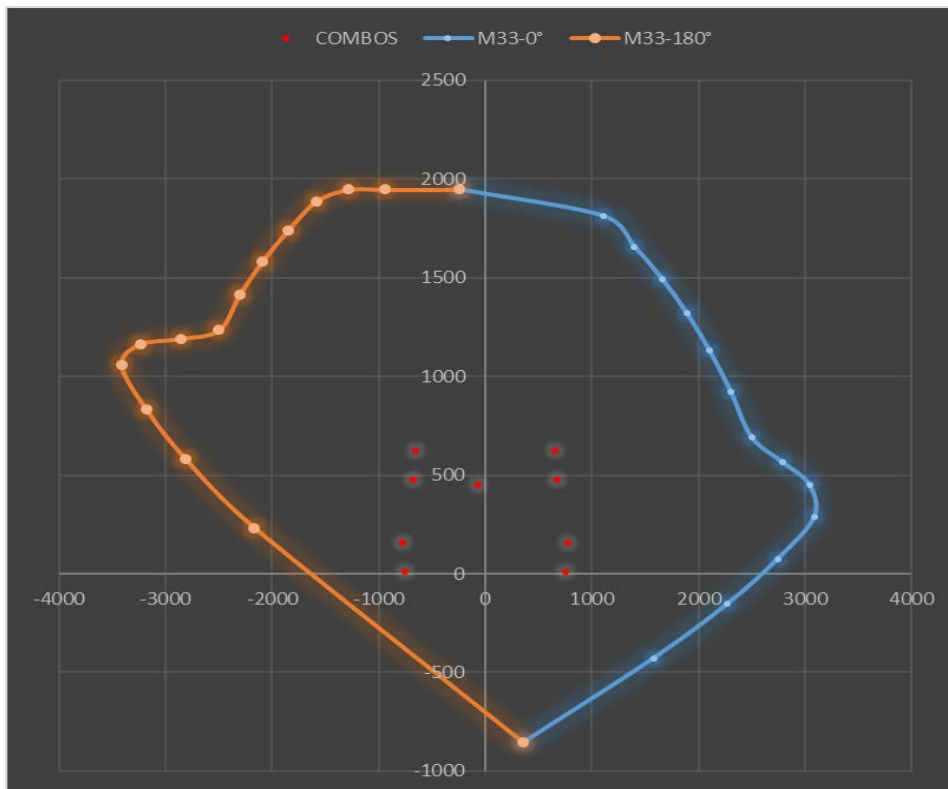


Figura N° 132: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

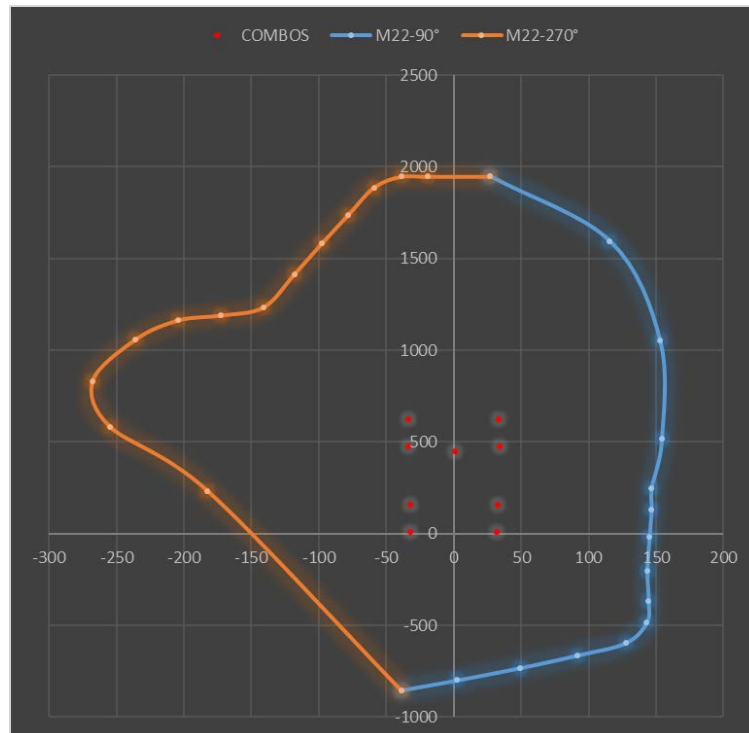


Figura N° 133: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

6.3.4.3.10. PLACA L2

- Cantidad de acero propuesto: 44 barras de 1" + 142 barras de 1/2"
- Área de acero: 403.42 cm²
- Cuantía de acero: 1.21%
- Área total: 33380 cm²

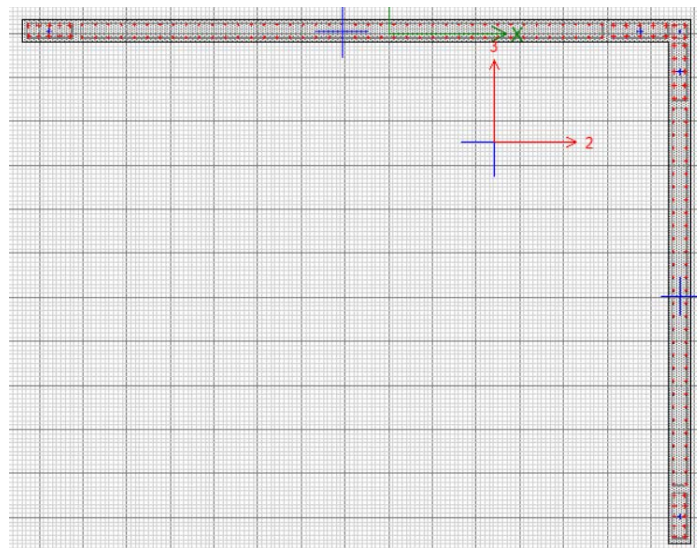


Figura N° 133: Placa L2
Elaboración propia



DATOS NECESARIOS

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	3854.8749	175.0736	3854.8749	175.0736
2	3854.8749	1745.8485	2450.6995	-4658.7332
3	3854.8749	2572.4639	2218.066	-5011.2279
4	3854.8749	3336.8887	1968.2003	-5305.1484
5	3854.8749	4040.4654	1699.3123	-5543.1372
6	3717.2818	4692.2598	1405.5661	-5734.8013
7	3500.7672	5303.6144	1077.3977	-5895.3165
8	3266.8914	5895.2022	699.8091	-6047.5361
9	3225.5055	6467.6538	516.2587	-6419.1497
10	3184.1196	7040.1053	328.8622	-6755.7612
11	3142.7337	7612.5569	75.9456	-6617.6396
12	3101.3478	8185.0085	-207.8883	-5672.0227
13	3059.9619	8757.4601	-497.9135	-4528.2959
14	2684.8703	8228.4654	-823.0805	-3041.9472
15	-1368.36	-253.1693	-1368.36	-253.1693

Tabla N° 119: Datos para los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	3854.8749	-55.6023	3854.8749	-55.6023
2	3854.8749	1065.2731	2450.6995	-3552.7025
3	3854.8749	1622.1175	2218.066	-3724.2441
4	3854.8749	2150.1911	1968.2003	-3859.3683
5	3854.8749	2645.5885	1699.3123	-3960.9673
6	3854.8749	3115.5127	1405.5661	-4034.6484
7	3751.1442	3568.7369	1077.3977	-4089.4711
8	3560.7141	4021.6835	699.8091	-4139.8146
9	3528.0805	4356.675	516.2587	-4360.6149
10	3495.4469	4691.6666	328.8622	-4558.6963
11	3462.8134	5026.6581	75.9456	-4441.9578
12	3430.1798	5361.6496	-207.8883	-3780.3967
13	3397.5463	5696.6411	-497.9135	-2971.4252
14	3364.9127	6031.6327	-823.0805	-1866.3806
15	-1368.36	80.405	-1368.36	80.405

Tabla N° 120: Datos para los ángulos 90° y 270°
 Elaboración propia



Story	Pier	Load	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
SOTANO	PLACA 2L	CM	Bottom	-157.33	26.5671	29.962	31.2539	-115.9859	-113.5539
SOTANO	PLACA 2L	CV	Bottom	-21.6181	4.2468	5.1195	5.8301	-22.4473	-6.0174
SOTANO	PLACA 2L	SISXX Max	Bottom	194.1929	19.4131	60.1305	121.3316	624.3311	425.399
SOTANO	PLACA 2L	SISYY Max	Bottom	131.5141	36.9819	15.573	22.6018	177.9386	539.9104

Tabla N° 121: Resultados de Placa L2, según Etabs
 Elaboración propia

COMBINACIONES DE DISEÑO					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	257.0128	-200.5407	-169.205
	SIS XX	1.25(CM+CV)+SISXX	417.878	451.2896	275.9349
1.25(CM+CV)-SISXX		29.49223	-797.3726	-574.863	
0.9CM+SISXX		335.7899	519.94379	323.2005	
0.9CM-SISXX		-52.5959	-728.7184	-527.598	
SISYY	1.25(CM+CV)+SISYY	355.1992	4.8971	390.4463	
	1.25(CM+CV)-SISYY	92.17103	-350.9801	-689.375	
	0.9CM+SISYY	273.1111	73.55129	437.7119	
	0.9CM-SISYY	10.0829	-282.3259	-642.109	

Tabla N° 122: Combinaciones de diseño
 Elaboración propia

SISMO XX					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	257.0128	-200.541	-169.205
SISXX POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	417.878	451.29	275.935
		1.25(CM+CV)-SISXX	29.49223	-797.373	-574.863
		0.9CM+SISXX	335.7899	519.944	323.2
		0.9CM-SISXX	-52.5959	-728.718	-527.598
SISXX NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	417.878	-451.29	-275.935
		1.25(CM+CV)-SISXX	29.49223	797.373	574.863
		0.9CM+SISXX	335.7899	-519.944	-323.2
		0.9CM-SISXX	-52.5959	728.718	527.598

Tabla N° 123: Combinaciones para Sismo XX en Placa L2
 Elaboración propia

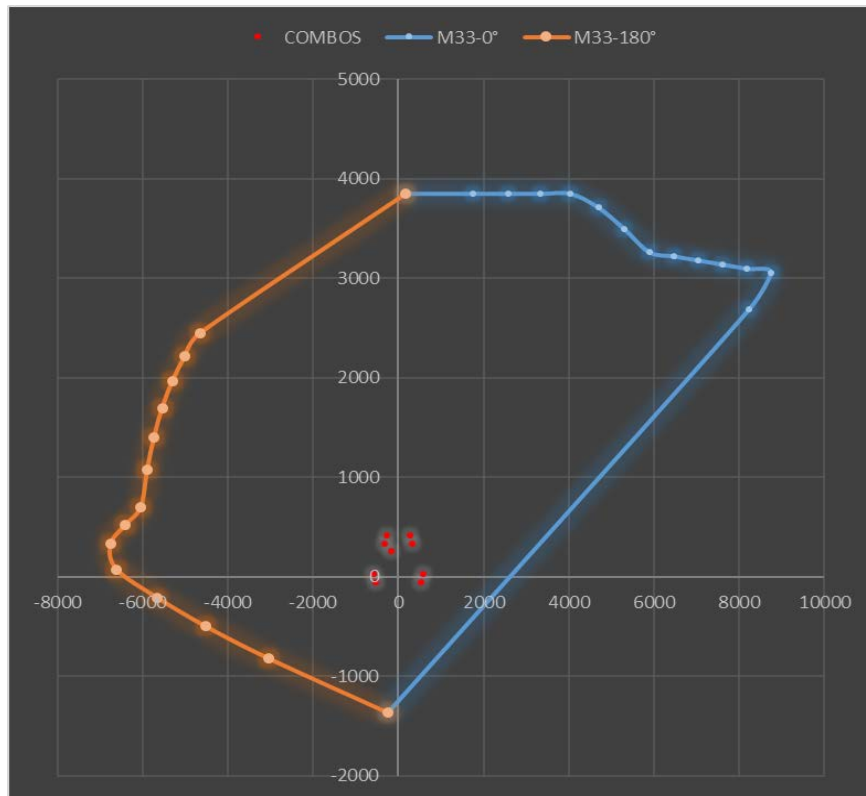


Figura N° 134: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°
Elaboración propia

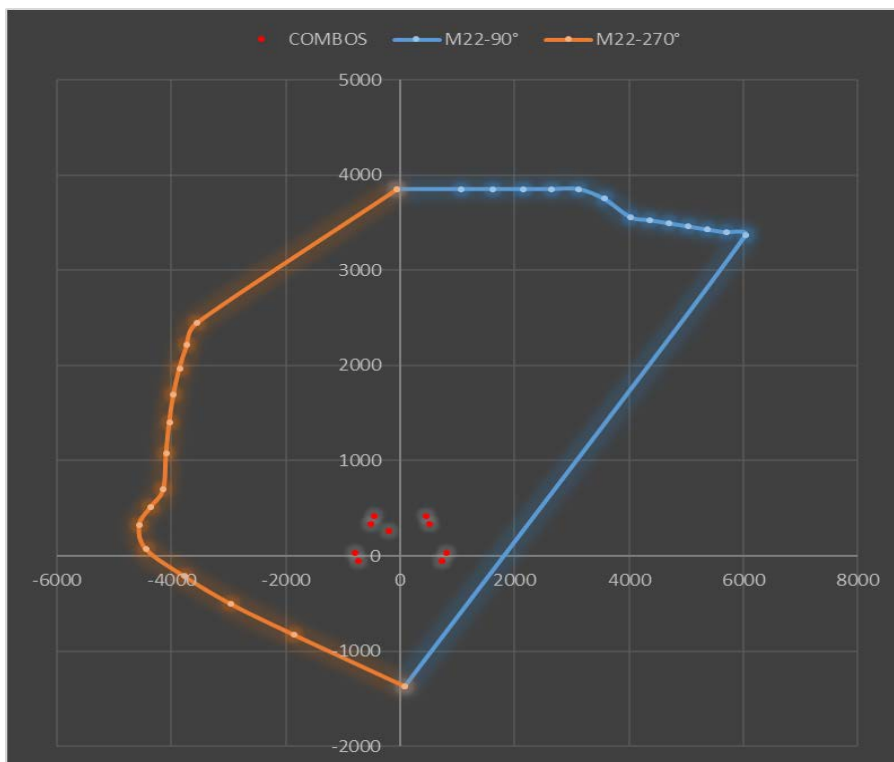


Figura N° 135: Resultado del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

SISMO YY					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	257.01277	-200.54067	-169.20504
SISYY POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	355.19923	4.8971	390.44628
		1.25(CM+CV)-SISYY	92.171025	-350.9801	-689.37453
		0.9CM+SISYY	273.1111	73.55129	437.71189
		0.9CM-SISYY	10.0829	-282.32591	-642.10891
SISYY NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	355.19923	-4.8971	-390.44628
		1.25(CM+CV)-SISYY	92.171025	350.9801	689.37453
		0.9CM+SISYY	273.1111	-73.55129	-437.71189
		0.9CM-SISYY	10.0829	282.32591	642.10891

Tabla N° 124: Combinaciones para Sismo YY en Placa L2
 Elaboración propia

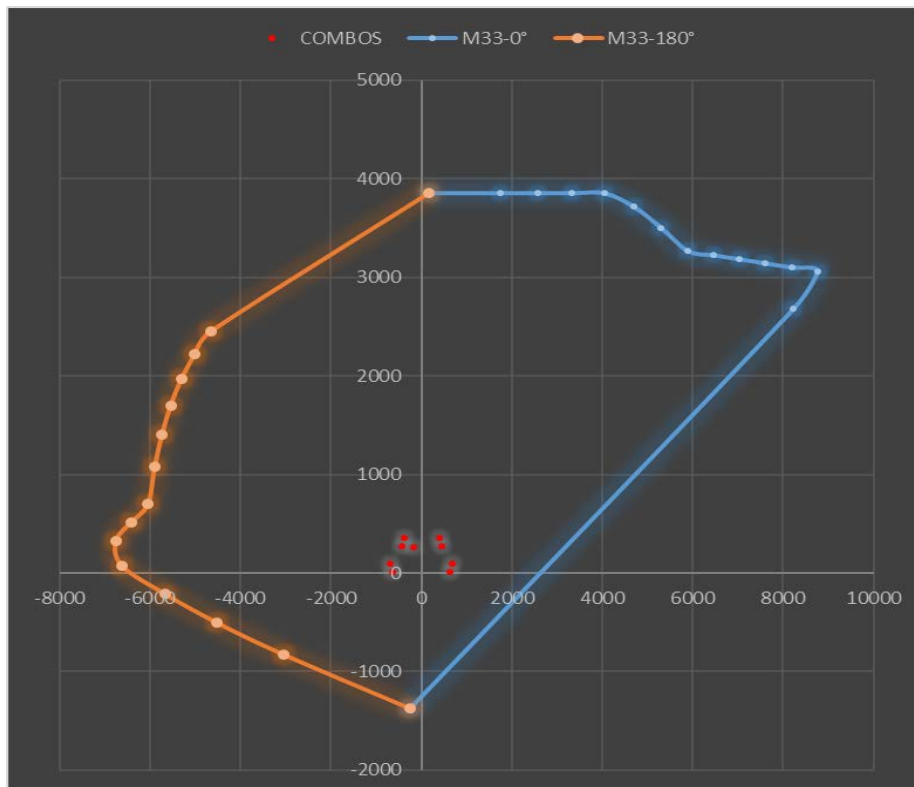


Figura N° 136: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

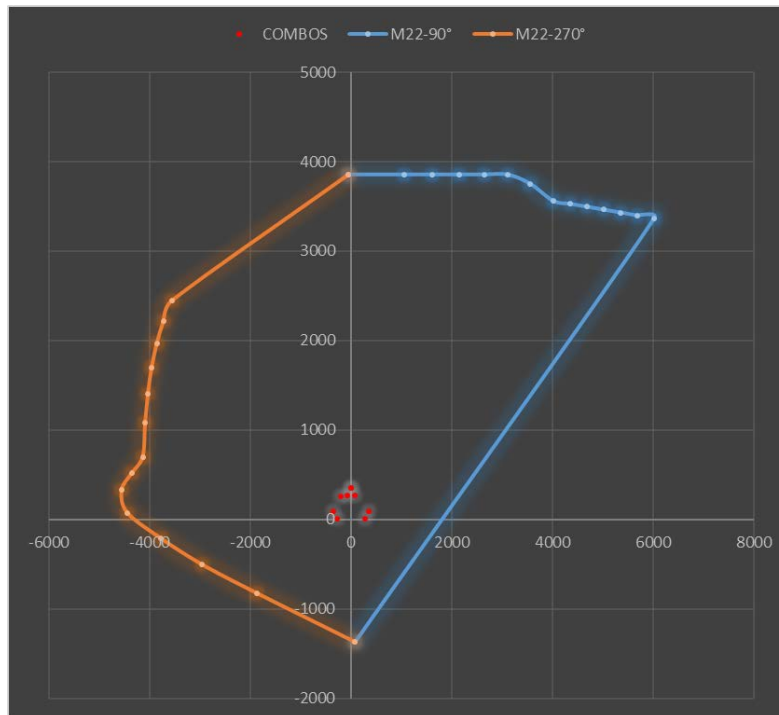


Figura N° 137: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

6.3.4.3.11. PLACA L3

- Cantidad de acero propuesto: 44 barras de 1" + 176 barras de 1/2"
- Área de acero: 446.60 cm²
- Cuantía de acero: 1.13%
- Área total: 39630 cm²

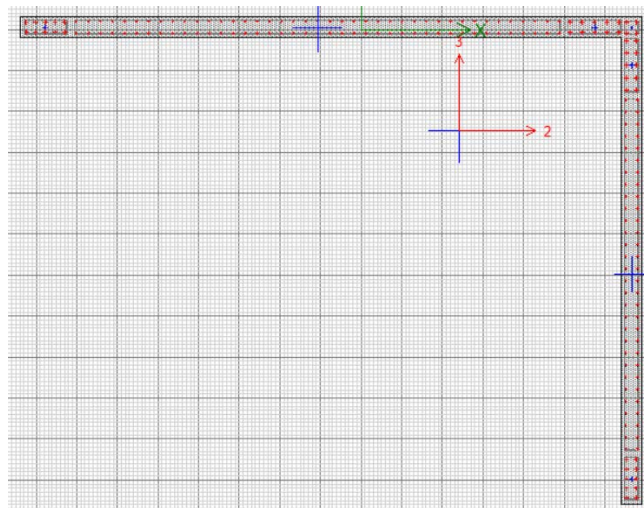


Figura N° 138: Placa L3
Elaboración propia



DATOS NECESARIOS

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	4506.0998	156.7143	4506.0998	156.7143
2	4506.0998	2157.3542	2766.0301	-6255.5109
3	4506.0998	3245.7876	2503.0686	-6681.024
4	4506.0998	4246.9853	2222.3144	-7025.8162
5	4506.0998	5167.3012	1920.8925	-7295.0929
6	4401.7117	6019.0764	1591.9084	-7500.4562
7	4159.1875	6816.9396	1225.3094	-7659.7448
8	3898.1088	7585.5568	804.4761	-7799.9925
9	3868.1327	8360.8644	602.6241	-8236.7155
10	3838.1566	9136.1719	391.1695	-8630.7606
11	3808.1804	9911.4795	104.9733	-8407.2169
12	3778.2043	10686.787	-217.8946	-7149.8166
13	3748.2281	11462.0946	-544.1592	-5655.8002
14	3343.0129	10854.6315	-902.3802	-3758.1506
15	-1496.88	-226.6204	-1496.88	-226.6204

Tabla N° 125: Datos para los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	4506.0998	-32.3945	4506.0998	-32.3945
2	4506.0998	1580.214	2766.0301	-5256.1275
3	4506.0998	2422.9045	2503.0686	-5521.3714
4	4506.0998	3210.4554	2222.3144	-5729.1903
5	4506.0998	3945.1449	1920.8925	-5882.3239
6	4506.0998	4634.1651	1591.9084	-5989.5083
7	4349.3136	5291.8758	1225.3094	-6063.4184
8	4121.2909	5939.8125	804.4761	-6124.7092
9	4085.0154	6442.2946	602.6241	-6433.9725
10	4048.7398	6944.7766	391.1695	-6712.6001
11	4012.4643	7447.2586	104.9733	-6516.3123
12	3976.1888	7949.7406	-217.8946	-5524.5836
13	3939.9132	8452.2226	-544.1592	-4340.8374
14	3903.6377	8954.7047	-902.3802	-2812.8721
15	-1496.88	46.8448	-1496.88	46.8448

Tabla N° 126: Datos para los ángulos 90° y 270°
 Elaboración propia



Story	Pier	Load	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
SOTANO	PLACA 3L	CM	Bottom	-177.8916	29.0882	27.6589	4.2866	-152.9516	-207.718
SOTANO	PLACA 3L	CV	Bottom	-25.5939	5.7136	4.5989	-1.0744	-7.4624	-42.7474
SOTANO	PLACA 3L	SISXX Max	Bottom	202.1043	51.3935	16.1085	78.5282	538.6832	1182.137
SOTANO	PLACA 3L	SISYY Max	Bottom	157.7662	10.0205	45.9006	85.9198	897.8655	534.1771

Tabla N° 127: Resultados de Placa L3, según Etabs
 Elaboración propia

COMBINACIONES DE DISEÑO					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
	GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	292.558	-226.81832	-363.4751
SIS XX		1.25(CM+CV)+SISXX	456.461	338.1657	869.0558
		1.25(CM+CV)-SISXX	52.2526	-739.2007	-1495.218
		0.9CM+SISXX	362.207	401.02676	995.1912
		0.9CM-SISXX	-42.0019	-676.33964	-1369.083
SISYY		1.25(CM+CV)+SISYY	412.123	697.348	221.096
		1.25(CM+CV)-SISYY	96.5907	-1098.383	-847.2582
		0.9CM+SISYY	317.869	760.20906	347.2314
		0.9CM-SISYY	2.33624	-1035.5219	-721.1229

Tabla N° 128: Combinaciones de diseño
 Elaboración propia

SISMO XX					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
	GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	292.5579	-226.818	-363.475
SISXX POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	456.4612	338.1657	869.056
		1.25(CM+CV)-SISXX	52.25258	-739.201	-1495.22
		0.9CM+SISXX	362.2067	401.0268	995.191
		0.9CM-SISXX	-42.00186	-676.34	-1369.08
SISXX NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	456.4612	-338.166	-869.056
		1.25(CM+CV)-SISXX	52.25258	739.2007	1495.22
		0.9CM+SISXX	362.2067	-401.027	-995.191
		0.9CM-SISXX	-42.00186	676.3396	1369.08

Tabla N° 129: Combinaciones para Sismo XX en Placa L3
 Elaboración propia

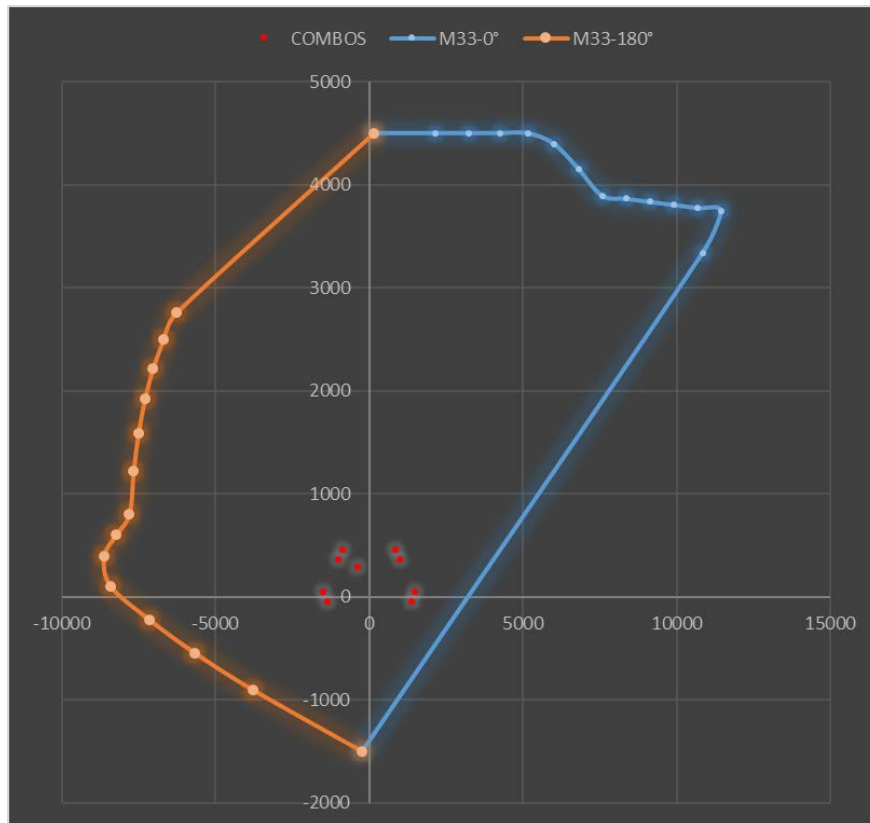


Figura N° 139: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180
Elaboración propia

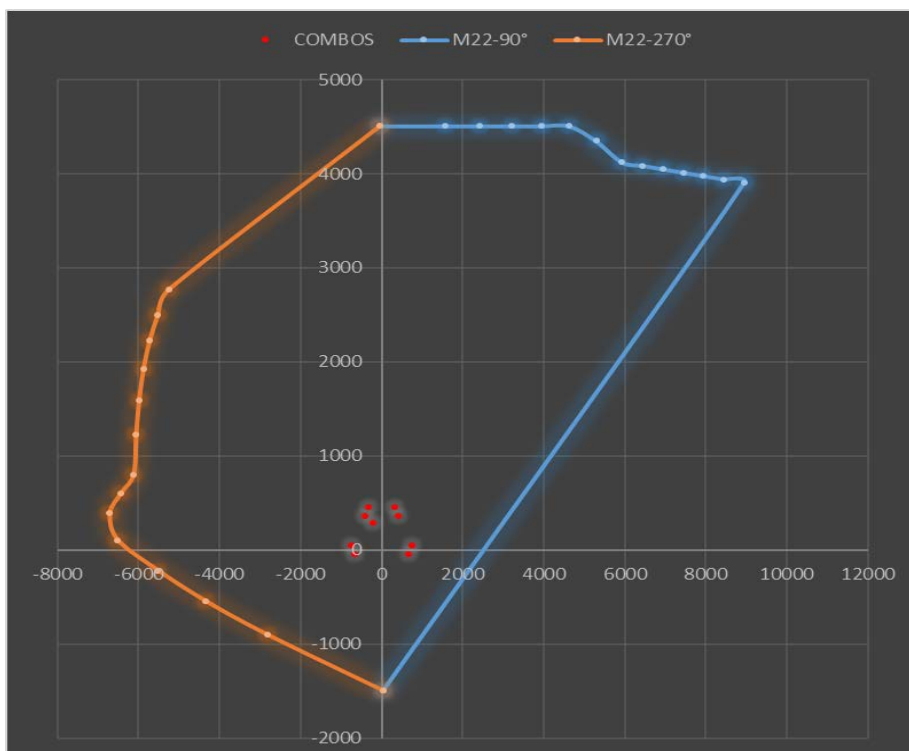


Figura N° 140: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

SISMO YY					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	292.55787	-226.8183	-363.4751
SISYY POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	412.12308	697.348	221.09598
		1.25(CM+CV)-SISYY	96.590675	-1098.383	-847.2582
		0.9CM+SISYY	317.86864	760.20906	347.23135
		0.9CM-SISYY	2.33624	-1035.522	-721.1229
SISYY NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	412.12308	-697.348	-221.096
		1.25(CM+CV)-SISYY	96.590675	1098.383	847.25823
		0.9CM+SISYY	317.86864	-760.2091	-347.2314
		0.9CM-SISYY	2.33624	1035.5219	721.12285

Tabla N° 130: Combinaciones para Sismo YY en Placa L3
 Elaboración propia

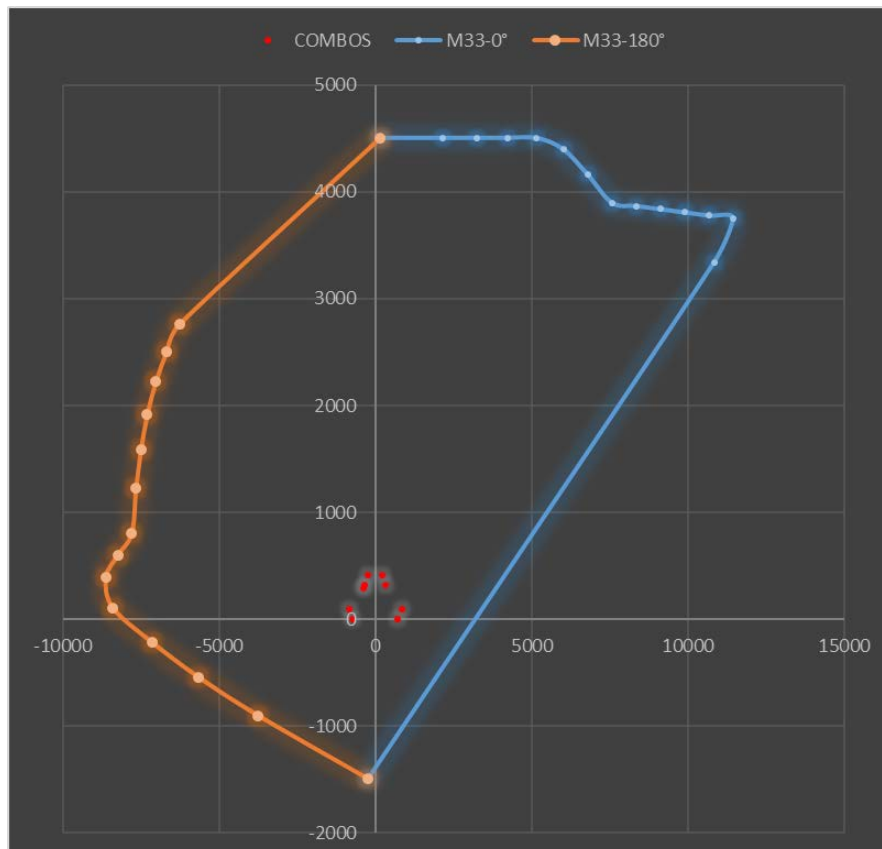


Figura N° 141: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

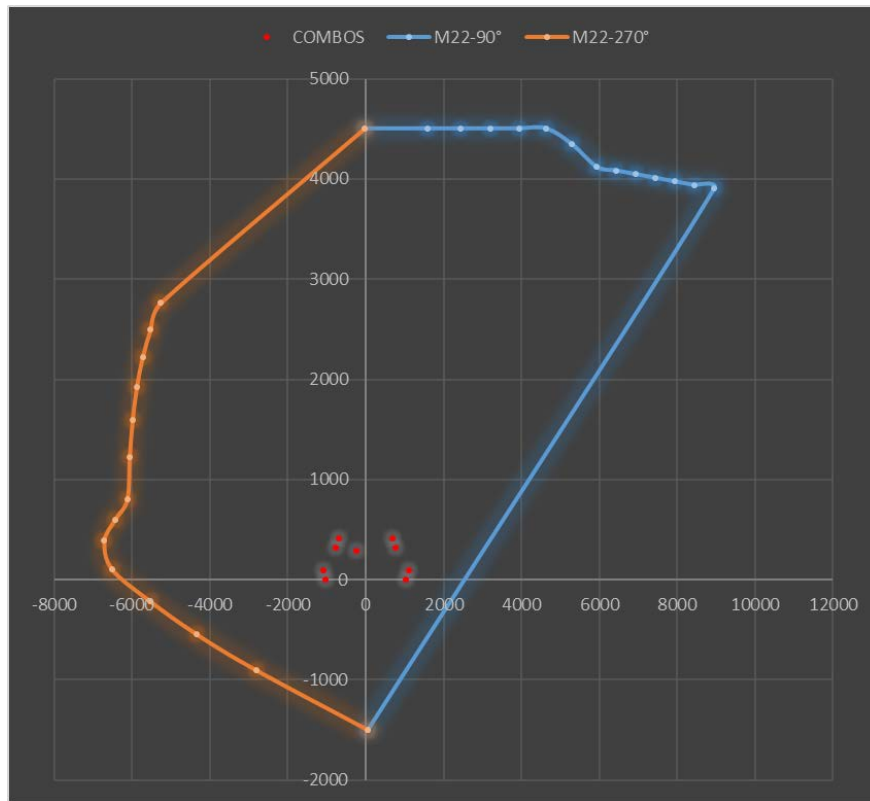


Figura N° 142: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

6.3.4.3.12. PLACA Y1 – Y3

- Cantidad de acero propuesto: 20 barras de 1" + 32 barras de 3/8"
- Área de acero: 124.12 cm²
- Cuantía de acero: 1.44%
- Área total: 8620 cm²

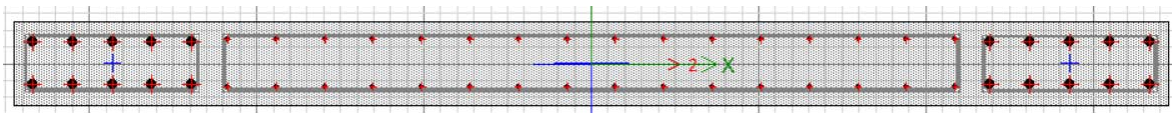


Figura N° 142: Placa Y1 – Y3
Elaboración propia



DATOS NECESARIOS

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	1076.6083	-0.2042	1076.6083	-0.2042
2	1076.6083	274.7496	1076.6083	-274.9326
3	1062.4858	391.0021	1062.4835	-391.204
4	969.9397	494.8085	969.8942	-495.0081
5	871.9357	587.1019	871.8422	-587.2789
6	767.7777	668.4422	767.6299	-668.5809
7	654.9226	741.4687	654.7065	-741.5529
8	530.2339	810.1918	529.9278	-810.2111
9	464.2835	928.3609	463.9557	-928.3086
10	409.5351	1023.2716	409.2674	-1023.2039
11	314.0744	1044.2931	313.9395	-1044.275
12	172.4901	924.7497	172.5633	-924.9011
13	12.5812	747.6316	12.8645	-747.9411
14	-219.2531	440.0732	-218.427	-440.9684
15	-498.96	0.2953	-498.96	0.2953

Tabla N° 131: Datos para el ángulo 0° y 180°
 Elaboración propia

PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	1076.608	0.3965	1076.6083	0.3965
2	1076.608	16.8282	1076.6083	-16.2973
3	1050.121	26.1074	1062.4835	-25.5519
4	946.69	33.2958	969.8942	-32.7489
5	827.9163	39.4016	871.8422	-38.8423
6	691.1138	43.6551	767.6299	-43.1541
7	532.7402	46.4524	654.7065	-46.1515
8	342.6147	48.394	529.9278	-48.3414
9	279.9702	50.7967	463.9557	-51.0678
10	208.4021	51.8393	409.2674	-52.2279
11	93.3775	48.1579	313.9395	-48.6355
12	-90.4948	35.2976	172.5633	-35.8332
13	-336.3454	17.1794	12.8645	-18.0916
14	-421.6138	8.5552	-218.427	-9.8671
15	-498.96	-0.5733	-498.96	-0.5733

Tabla N° 132: Datos para los ángulos 90° y 270°
 Elaboración propia

Story	Pier	Load	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
SOTANO	PLACAY1	CM	Bottom	-164.9583	-2.9593	-0.0422	0.1454	-0.0422	-0.239
SOTANO	PLACAY1	CV	Bottom	-26.0786	-0.7901	-0.0318	0.0443	-0.0318	-0.0861
SOTANO	PLACAY1	SISXX Max	Bottom	48.6672	3.8402	0.782	0.0846	0.782	0.3131
SOTANO	PLACAY1	SISYY Max	Bottom	142.393	33.5676	0.0472	0.0119	0.0472	3.3952

Tabla N° 133: Resultados de Placa Y1 – Y3, según Etabs
 Elaboración propia

COMBINACIONES DE DISEÑO					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	275.27524	-0.11314	-0.48097
SIS XX		1.25(CM+CV)+SISXX	287.463325	0.6895	-0.093275
		1.25(CM+CV)-SISXX	190.128925	-0.8745	-0.719475
		0.9CM+SISXX	197.12967	0.74402	0.098
		0.9CM-SISXX	99.79527	-0.81998	-0.5282
SISYY		1.25(CM+CV)+SISYY	381.189125	-0.0453	2.988825
		1.25(CM+CV)-SISYY	96.403125	-0.1397	-3.801575
		0.9CM+SISYY	290.85547	0.00922	3.1801
		0.9CM-SISYY	6.06947	-0.08518	-3.6103

Tabla N° 134: Combinaciones de diseño
 Elaboración propia

SISMO XX					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	275.27524	-0.11314	-0.48097
SISXX POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	287.46333	0.6895	-0.093275
		1.25(CM+CV)-SISXX	190.12893	-0.8745	-0.719475
		0.9CM+SISXX	197.12967	0.74402	0.098
		0.9CM-SISXX	99.79527	-0.81998	-0.5282
SISXX NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	287.46333	-0.6895	0.093275
		1.25(CM+CV)-SISXX	190.12893	0.8745	0.719475
		0.9CM+SISXX	197.12967	-0.74402	-0.098
		0.9CM-SISXX	99.79527	0.81998	0.5282

Tabla N° 135: Combinaciones para Sismo XX en Placa Y1 – Y3
 Elaboración propia

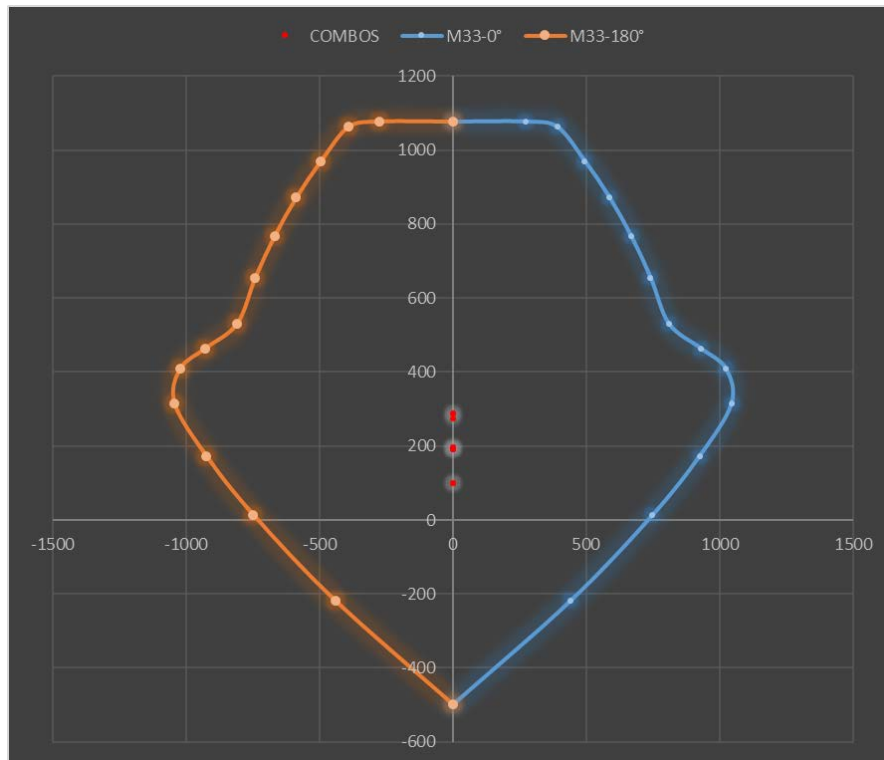


Figura N° 143: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°
Elaboración propia

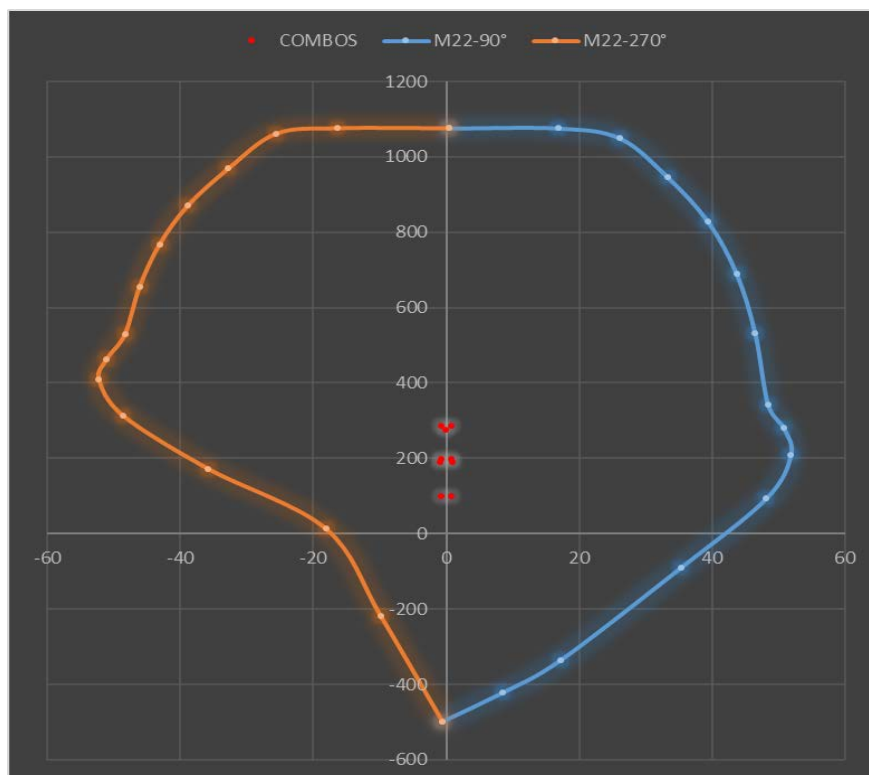


Figura N° 144: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

SISMO YY					
	COMBINACIONES	P	M22	M33	
GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	275.27524	-0.11314	-0.48097	
SISYY POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	381.18913	-0.0453	2.988825	
	1.25(CM+CV)-SISYY	96.403125	-0.1397	-3.801575	
	0.9CM+SISYY	290.85547	0.00922	3.1801	
	0.9CM-SISYY	6.06947	-0.08518	-3.6103	
SISYY NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	381.18913	0.0453	-2.988825	
	1.25(CM+CV)-SISYY	96.403125	0.1397	3.801575	
	0.9CM+SISYY	290.85547	-0.00922	-3.1801	
	0.9CM-SISYY	6.06947	0.08518	3.6103	

Tabla N° 136: Combinaciones de Sismo YY en Placa Y1 - Y3
 Elaboración propia

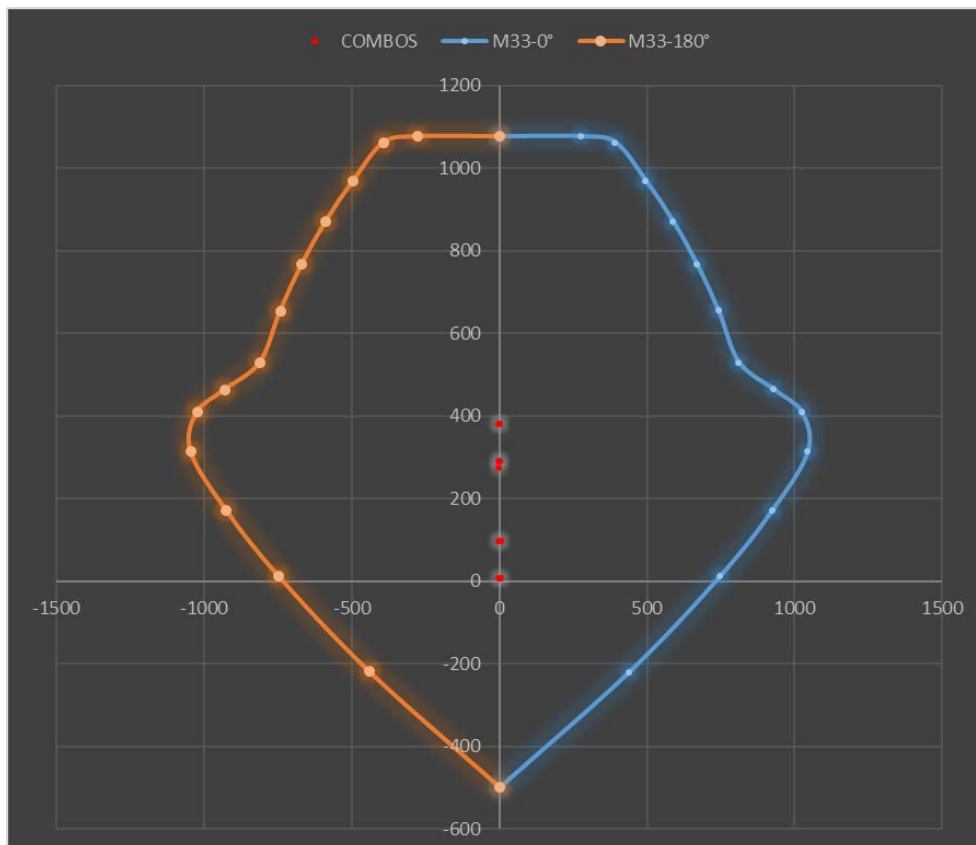


Figura N° 145: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

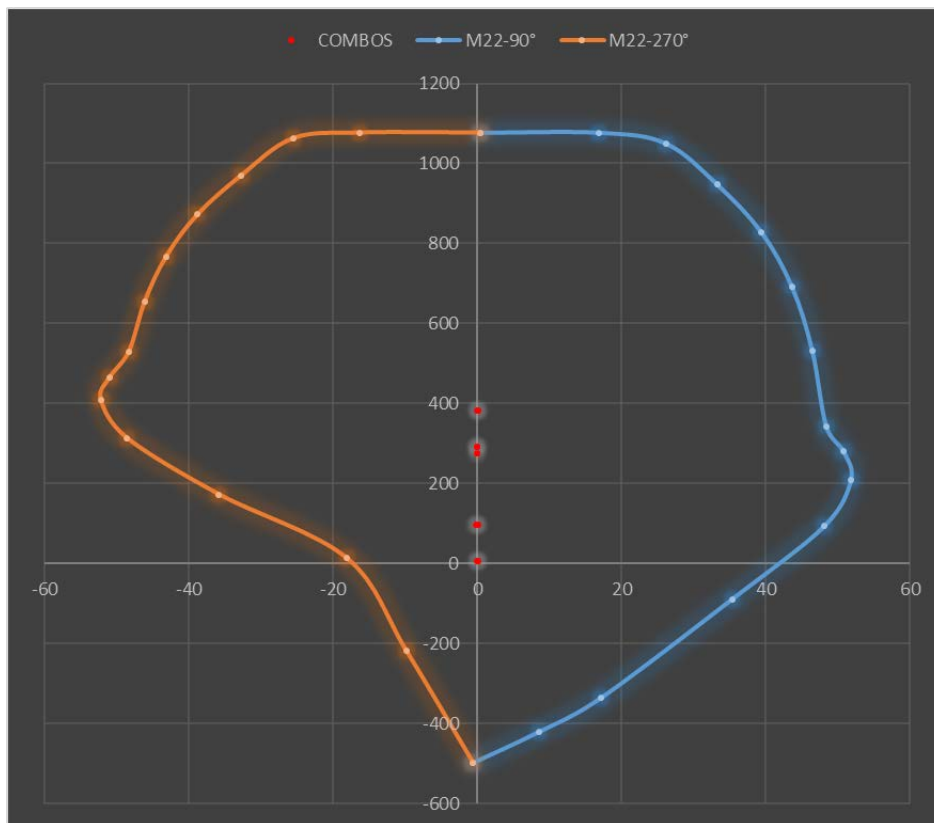


Figura N° 146: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

6.3.4.3.13. PLACA Y2

- Cantidad de acero propuesto: 20 barras de 1" + 60 barras de 3/8"
- Área de acero: 144 cm²
- Cuantía de acero: 1.03%
- Área total: 14000 cm²

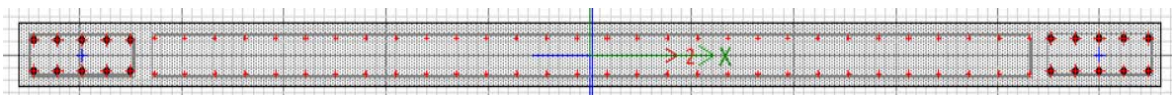


Figura N° 147: Placa Y2
Elaboración propia

DATOS NECESARIOS

	M33		M33	
	0°		180°	
PUNTOS	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	1634.0688	2.9022	1634.0688	2.9022
2	1634.0688	620.427	1634.0688	-617.1284
3	1634.0688	913.6453	1634.0688	-909.8368
4	1498.6832	1172.1937	1498.2735	-1169.0072
5	1350.416	1394.0624	1350.1362	-1391.2272
6	1194.6213	1582.528	1194.4775	-1580.2456
7	1028.2199	1742.6032	1028.2286	-1741.0846
8	847.1855	1881.7925	847.3852	-1881.2363
9	761.297	2122.1108	761.153	-2122.5689
10	678.0353	2336.3407	677.8311	-2337.7197
11	535.4183	2380.1044	534.5866	-2381.6713
12	325.3652	2105.6477	324.0056	-2106.9568
13	102.5735	1712.7783	100.2925	-1712.5212
14	-168.3646	1115.538	-172.5804	-1111.2471
15	-604.8	-4.1968	-604.8	-4.1968

Tabla N° 137: Datos para los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

	M22		M22	
	90°		270°	
PUNTOS	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	1634.0688	-1.2688	1634.0688	-1.2688
2	1634.0688	23.443	1634.0688	-25.2962
3	1614.0172	37.9058	1634.0688	-39.9498
4	1456.6363	49.171	1498.2735	-51.2272
5	1279.6224	58.4786	1350.1362	-60.3555
6	1080.4797	64.8717	1194.4775	-66.5333
7	859.2996	69.088	1028.2286	-70.1122
8	603.2666	71.6649	847.3852	-71.7026
9	512.4437	75.8433	761.153	-74.5199
10	415.6595	77.9296	677.8311	-76.1039
11	257.0829	73.2854	534.5866	-70.7848
12	-7.3737	55.2027	324.0056	-52.9269
13	-344.1001	30.6449	100.2925	-27.7667
14	-474.45	17.1842	-172.5804	-12.7174
15	-604.8	1.8348	-604.8	1.8348

Tabla N° 138: Datos para los ángulos 90° y 270°
 Elaboración propia

Story	Pier	Load	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
TECHO 01	PLACAY2	CM	Bottom	-236.9021	-16.7148	0.7478	0.8332	0.8357	-48.0882
TECHO 01	PLACAY2	CV	Bottom	-36.3673	-2.7785	0.3223	0.1817	0.4052	-8.0562
TECHO 01	PLACAY2	SISXX Max	Bottom	73.0648	13.9912	4.3261	0.6537	7.244	69.6948
TECHO 01	PLACAY2	SISYY Max	Bottom	171.2147	71.9652	0.4175	0.4959	0.6182	439.2716

Tabla N° 139: Resultados de Placa Y2, según Etabs
 Elaboración propia

COMBINACIONES DE DISEÑO					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	393.487	1.85882	-81.01902
SIS XX		1.25(CM+CV)+SISXX	414.652	8.795125	-0.4857
		1.25(CM+CV)-SISXX	268.522	-5.692875	-139.8753
		0.9CM+SISXX	286.277	7.99613	26.41542
		0.9CM-SISXX	140.147	-6.49187	-112.9742
SISYY		1.25(CM+CV)+SISYY	512.801	2.169325	369.0911
		1.25(CM+CV)-SISYY	170.372	0.932925	-509.4521
		0.9CM+SISYY	384.427	1.37033	395.9922
		0.9CM-SISYY	41.9972	0.13393	-482.551

Tabla N° 140: Combinaciones de diseño
 Elaboración propia

SISMO XX					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	393.4874	1.85882	-81.019
SISXX POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	414.6516	8.79513	-0.4857
		1.25(CM+CV)-SISXX	268.522	-5.69288	-139.88
		0.9CM+SISXX	286.2767	7.99613	26.415
		0.9CM-SISXX	140.1471	-6.49187	-112.97
SISXX NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	414.6516	-8.79513	0.4857
		1.25(CM+CV)-SISXX	268.522	5.69288	139.88
		0.9CM+SISXX	286.2767	-7.99613	-26.415
		0.9CM-SISXX	140.1471	6.49187	112.97

Tabla N° 141: Combinaciones para Sismo XX en Placa Y2
 Elaboración propia

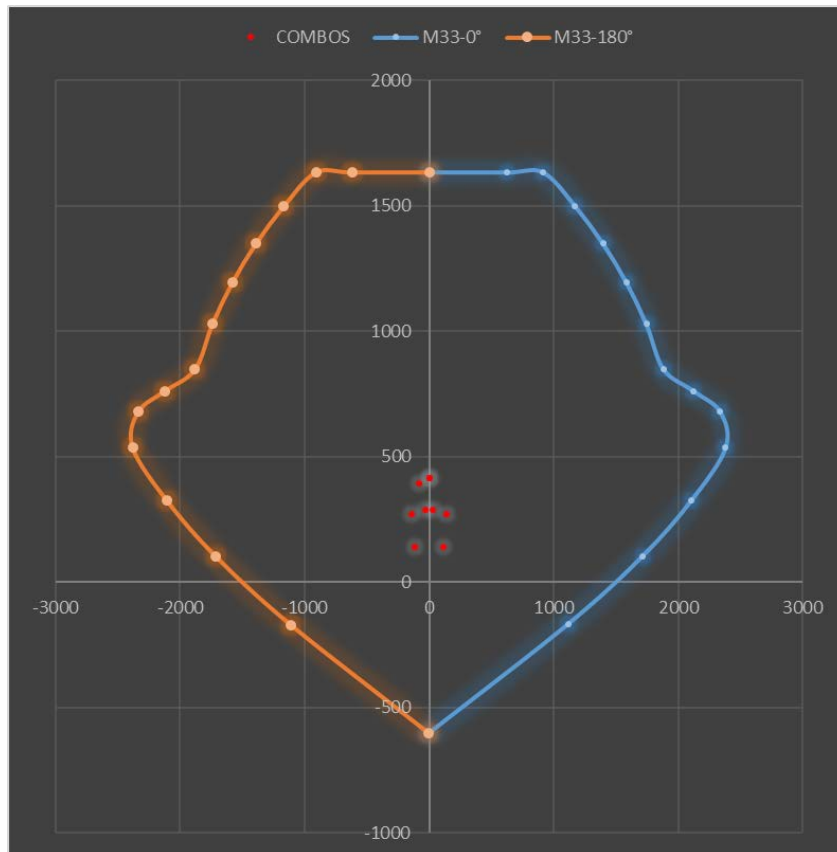


Figura N° 148: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°
Elaboración propia

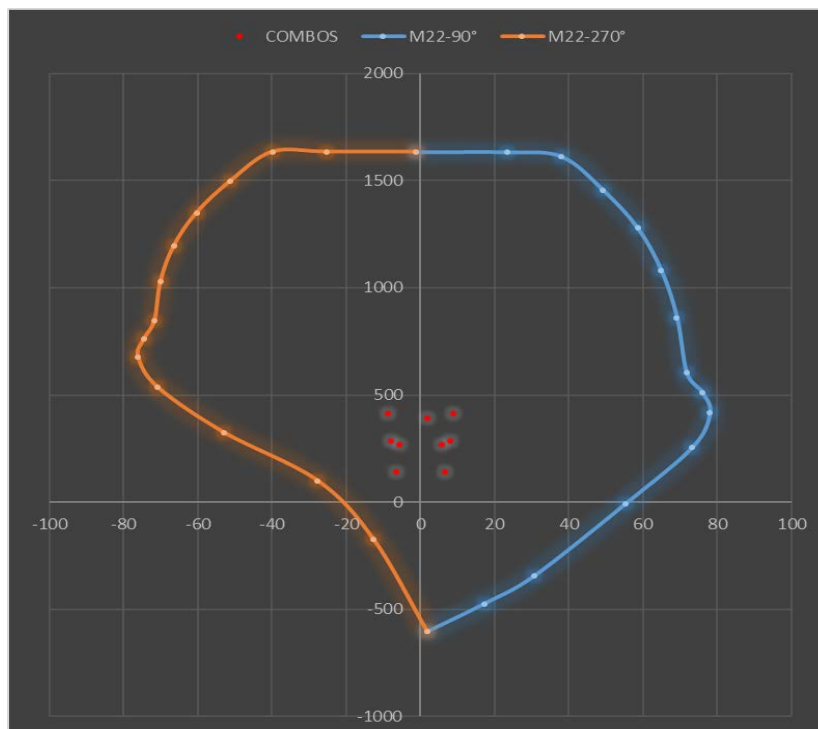


Figura N° 149: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

SISMO YY					
	COMBINACIONES	P	M22	M33	
GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	393.48735	1.85882	-81.01902	
SISYY POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	512.80145	2.169325	369.0911	
	1.25(CM+CV)-SISYY	170.37205	0.932925	-509.4521	
	0.9CM+SISYY	384.42659	1.37033	395.99222	
	0.9CM-SISYY	41.99719	0.13393	-482.55098	
SISYY NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	512.80145	-2.169325	-369.0911	
	1.25(CM+CV)-SISYY	170.37205	-0.932925	509.4521	
	0.9CM+SISYY	384.42659	-1.37033	-395.99222	
	0.9CM-SISYY	41.99719	-0.13393	482.55098	

Tabla N° 142: Combinaciones para Sismo YY en Placa Y2
 Elaboración propia

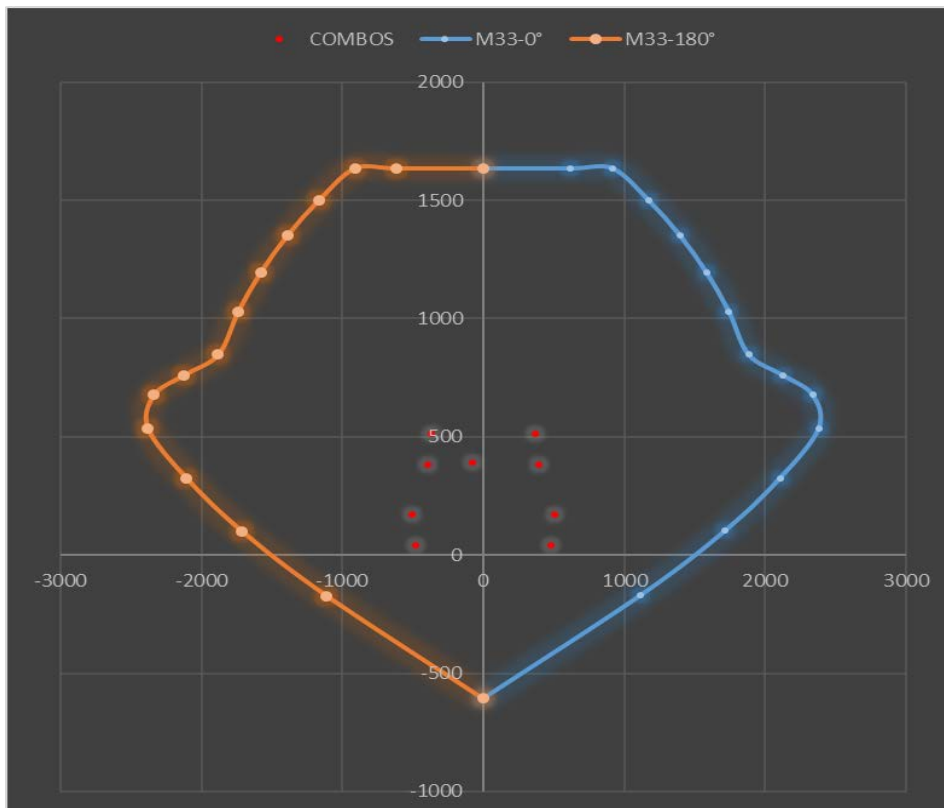


Figura N° 150: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

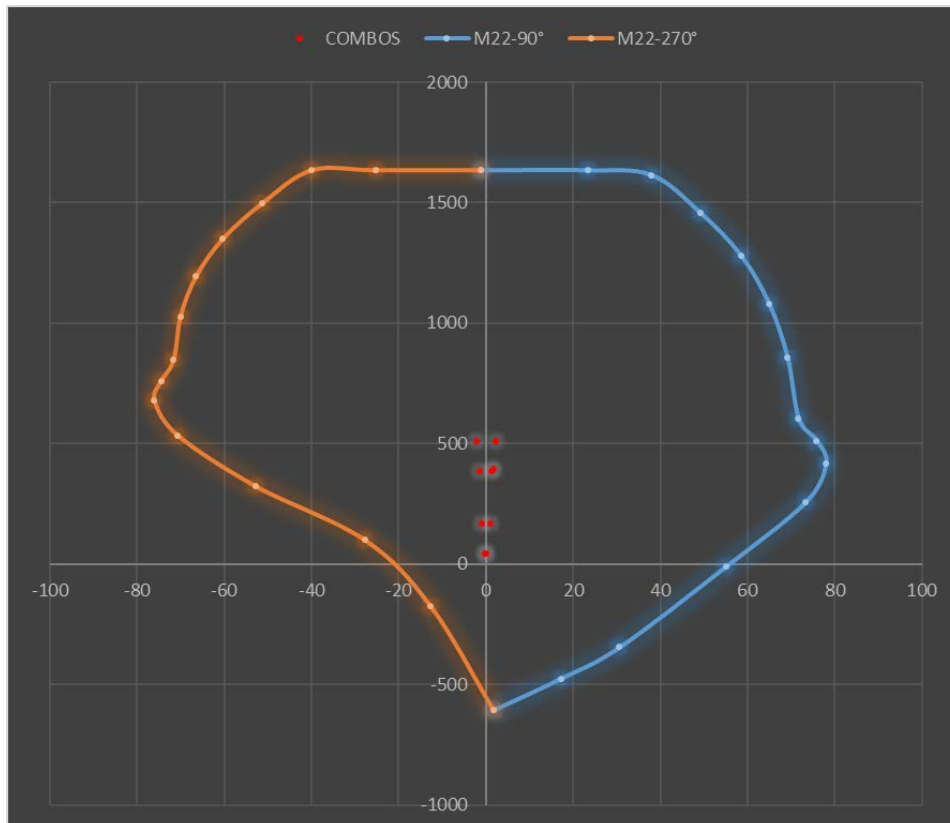


Figura N° 151: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

6.3.4.3.14. PLACA Y4

- Cantidad de acero propuesto: 88 barras de 1" + 122 barras de 3/8"
- Área de acero: 532.78 cm²
- Cuantía de acero: 2.08%
- Área total: 25620 cm²

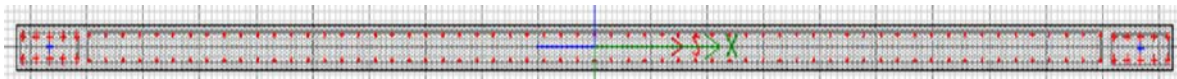


Figura N° 152: Placa Y4
Elaboración propia



DATOS NECESARIOS

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	ϕ_{Pn}	ϕ_{Mn}	ϕ_{Pn}	ϕ_{Mn}
1	2842.7545	0.9551	2842.7545	0.9551
2	2842.7545	1759.929	2842.7545	-1758.6692
3	2842.7545	2710.9035	2842.7545	-2709.1334
4	2653.3863	3525.7726	2653.9488	-3523.7677
5	2397.9327	4209.7226	2398.75	-4207.7494
6	2132.0762	4770.2362	2133.177	-4768.5448
7	1851.9042	5218.4355	1853.0983	-5217.4083
8	1551.1063	5571.9219	1552.9368	-5571.3803
9	1409.63	6234.1612	1411.4503	-6234.7915
10	1258.097	6839.4654	1259.848	-6841.3641
11	996.7491	6898.4756	998.313	-6901.2789
12	616.117	6006.7531	617.3178	-6009.6697
13	235.518	4812.3775	236.3898	-4814.9263
14	-166.4376	3216.2261	-167.6816	-3209.7541
15	-839.16	-1.3811	-839.16	-1.3811

Tabla N° 143: Datos para los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	ϕ_{Pn}	ϕ_{Mn}	ϕ_{Pn}	ϕ_{Mn}
1	2842.7545	-0.4218	2842.7545	-0.4218
2	2842.7545	40.882	2842.7545	-41.7246
3	2832.2638	66.7906	2842.7545	-67.8628
4	2546.8107	87.0418	2653.9488	-88.0149
5	2242.4944	102.9922	2398.75	-103.8767
6	1906.7886	113.8136	2133.177	-114.7545
7	1534.8913	119.8998	1853.0983	-120.4082
8	1112.8121	122.3588	1552.9368	-122.3287
9	984.3779	128.4262	1411.4503	-127.2358
10	841.7713	131.9983	1259.848	-130.4235
11	587.9829	123.6655	998.313	-121.8108
12	185.0877	94.913	617.3178	-93.096
13	-369.3348	52.6356	236.3898	-52.8202
14	-604.2474	28.2984	-167.6816	-26.4343
15	-839.16	0.61	-839.16	0.61

Tabla N° 144: Datos para los ángulos 90° y 270°
 Elaboración propia



Story	Pier	Load	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
TECHO	PLACAY4	CM	Bottom	-291.7083	15.8819	-0.9932	-2.0478	-1.0206	199.6741
TECHO	PLACAY4	CV	Bottom	-31.0953	2.3068	-0.479	-0.7429	-0.6498	29.9631
TECHO	PLACAY4	SISXX Max	Bottom	117.414	17.3586	5.2303	2.5159	10.7563	454.0355
TECHO	PLACAY4	SISYY Max	Bottom	15.7799	204.2615	1.5484	3.5318	2.9291	2914.781

Tabla N° 145: Resultados de Placa Y4, según Etabs
 Elaboración propia

COMBINACIONES DE DISEÑO					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	461.25363	-2.5335	330.48101
SIS XX		1.25(CM+CV)+SISXX	520.9185	8.6683	741.082
		1.25(CM+CV)-SISXX	286.0905	-12.8443	-166.989
		0.9CM+SISXX	379.95147	9.83776	633.74219
		0.9CM-SISXX	145.12347	-11.67484	-274.32881
SISYY		1.25(CM+CV)+SISYY	419.2844	0.8411	3201.8272
		1.25(CM+CV)-SISYY	387.7246	-5.0171	-2627.7342
		0.9CM+SISYY	278.31737	2.01056	3094.48739
		0.9CM-SISYY	246.75757	-3.84764	-2735.07401

Tabla N° 146: Combinaciones de diseño
 Elaboración propia

SISMO XX					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	461.25363	-2.5335	330.48101
SISXX POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	520.9185	8.6683	741.082
		1.25(CM+CV)-SISXX	286.0905	-12.8443	-166.989
		0.9CM+SISXX	379.95147	9.83776	633.74219
		0.9CM-SISXX	145.12347	-11.67484	-274.32881
SISXX NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	520.9185	-8.6683	-741.082
		1.25(CM+CV)-SISXX	286.0905	12.8443	166.989
		0.9CM+SISXX	379.95147	-9.83776	-633.74219
		0.9CM-SISXX	145.12347	11.67484	274.32881

Tabla N° 147: Combinaciones para Sismo XX en Placa Y4
 Elaboración propia

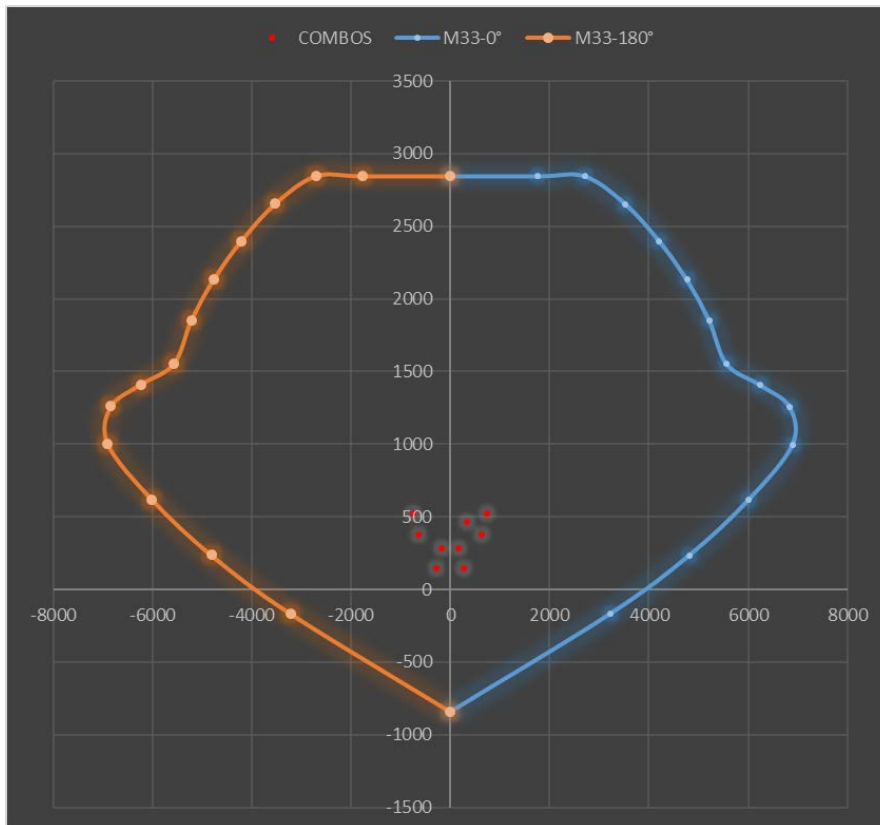


Figura N° 153: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°
Elaboración propia

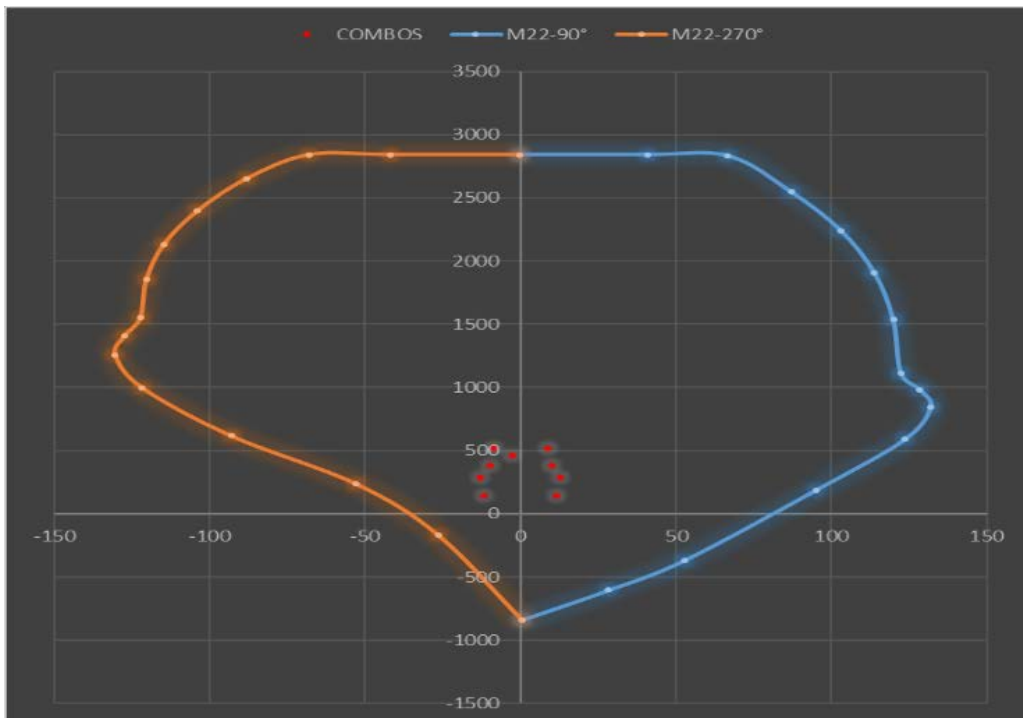


Figura N° 154: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

SISMO YY					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	461.25363	-2.5335	330.48101
SISYY POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	419.2844	0.8411	3201.8272
		1.25(CM+CV)-SISYY	387.7246	-5.0171	-2627.7342
		0.9CM+SISYY	278.31737	2.01056	3094.4874
		0.9CM-SISYY	246.75757	-3.84764	-2735.074
SISYY NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	419.2844	-0.8411	-3201.8272
		1.25(CM+CV)-SISYY	387.7246	5.0171	2627.7342
		0.9CM+SISYY	278.31737	-2.01056	-3094.4874
		0.9CM-SISYY	246.75757	3.84764	2735.074

Tabla N° 148: Combinaciones para Sismo YY en Placa Y4
 Elaboración propia

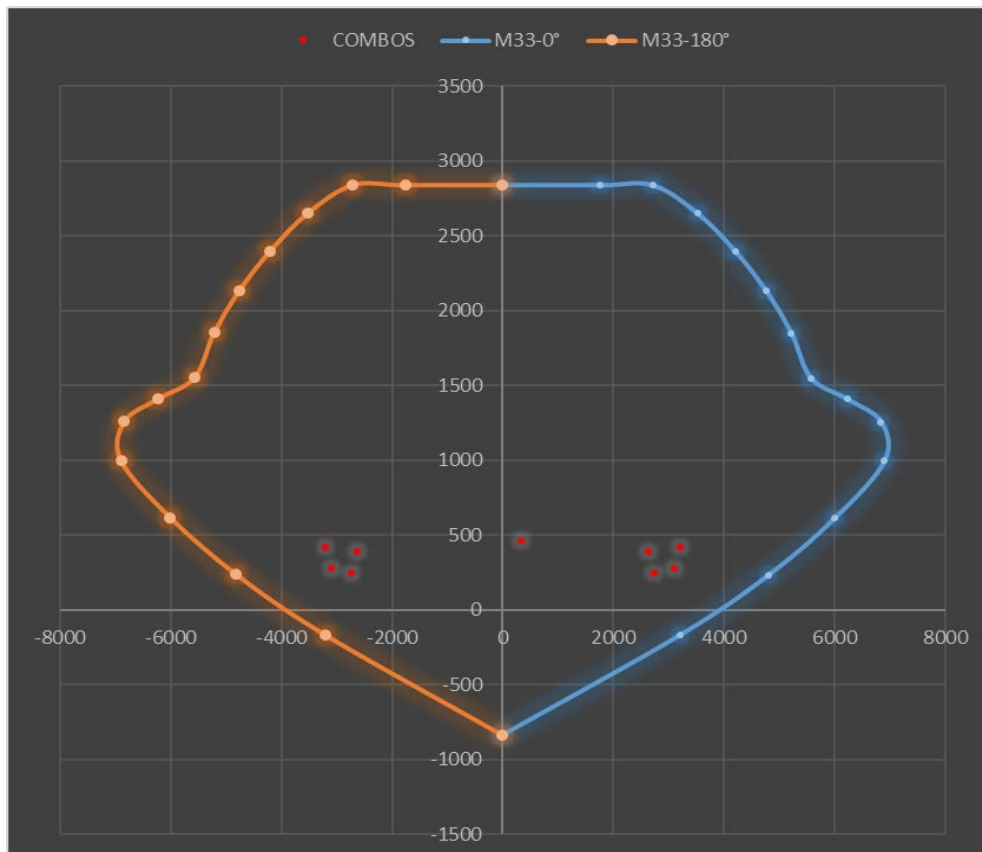


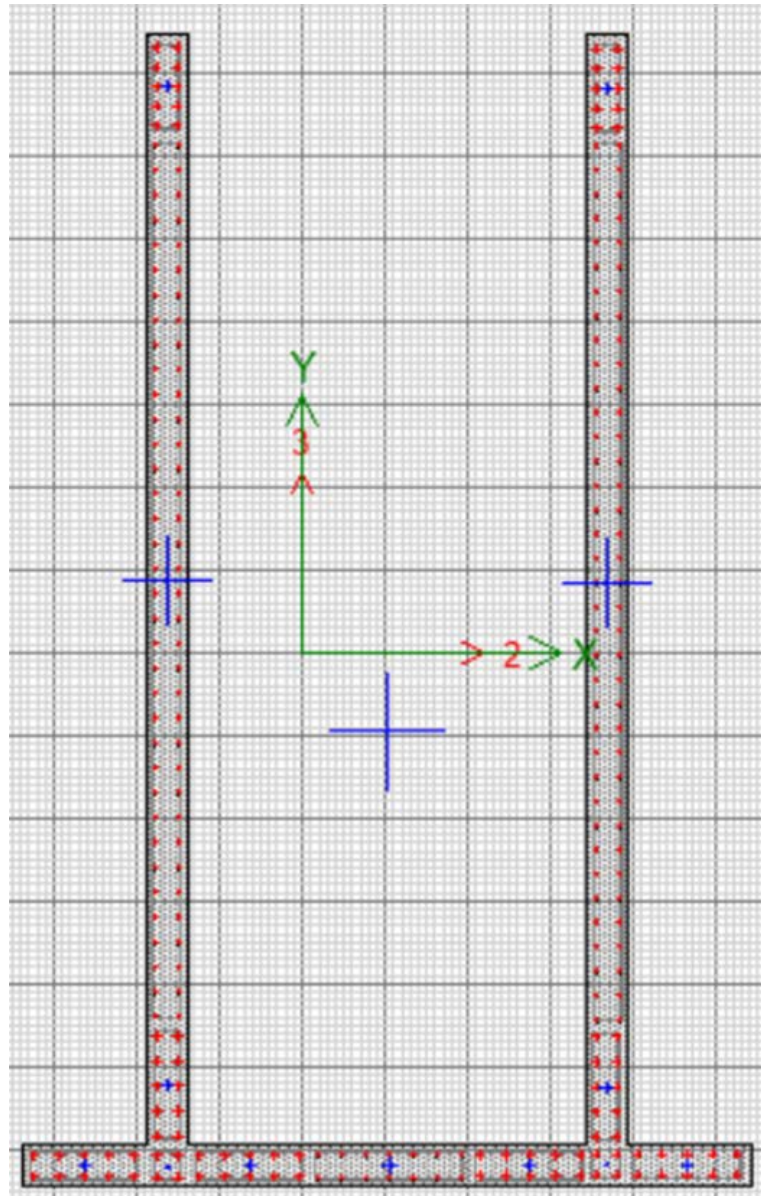
Figura N° 155: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia



Figura N° 156: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

6.3.4.3.15. PLACA ESCALERA

- Cantidad de acero propuesto: 88 barras de 1" + 158 barras de 3/8"
- Área de acero: 558.34 cm²
- Cuantía de acero: 1.25%
- Área total: 44500 cm²



*Figura N° 157: Placa Escalera
Elaboración propia*



DATOS NECESARIOS

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	5385.198	6.5013	5385.198	6.5013
2	5385.198	865.0708	5385.198	-854.8365
3	5385.198	1115.6227	5385.198	-1106.854
4	4266.8023	3423.0348	4226.1178	-3456.625
5	3676.7193	4134.892	3666.7085	-4128.5405
6	3451.7422	4368.9518	3438.7746	-4364.169
7	3187.4328	4611.6486	3171.3226	-4609.5765
8	2856.5131	4864.6262	2835.5636	-4866.7405
9	2731.8364	5643.0381	2705.3822	-5649.4497
10	2686.956	6169.0529	2663.4984	-6173.8173
11	2642.0757	6695.0678	2621.6146	-6698.1848
12	1517.8145	5349.2732	1450.3775	-5294.2605
13	-1169.6475	1749.2321	-1176.4599	-1769.4284
14	-1966.7041	594.5066	-1959.1764	-630.553
15	-2268	-9.4014	-2268	-9.4014

Tabla N° 149: Datos para los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	5385.198	-935.3287	5385.198	-935.3287
2	4454.1647	4704.5327	5385.198	-3165.1504
3	4051.9394	5526.6721	5385.198	-4304.6602
4	3622.0072	6263.4878	4226.1178	-5336.8782
5	3162.1959	6919.0467	3666.7085	-6261.004
6	2663.4262	7512.3874	3438.7746	-7089.6286
7	2110.6006	8073.6509	3171.3226	-7840.8249
8	1481.1523	8649.7035	2835.5636	-8541.8635
9	1162.5294	9460.2459	2705.3822	-9875.6631
10	852.5718	10187.098	2663.4984	-11057.0945
11	417.6886	10231.0126	2621.6146	-12238.526
12	-99.1513	9028.6415	1450.3775	-11746.727
13	-636.8365	7471.6649	-1176.4599	-10898.1903
14	-1255.7946	5330.3599	-1959.1764	-9442.5628
15	-2268	1352.554	-2268	1352.554

Tabla N° 150: Datos para los ángulos 90° y 270°
 Elaboración propia

Story	Pier	Load	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
TECHO 01	ESCALERA	CM	Bottom	-686.8572	-14.8432	-1.3794	7.4936	-1.4246	60.7912
TECHO 01	ESCALERA	CV	Bottom	-98.5991	-3.4114	-0.3907	1.8362	-0.9856	11.7062
TECHO 01	ESCALERA	SISXX Max	Bottom	50.0711	7.1139	172.2333	489.693	1630.4837	68.5464
TECHO 01	ESCALERA	SISYY Max	Bottom	349.0852	150.6146	25.0436	93.3285	215.6121	2083.6615

Tabla N° 151: Resultados de Placa Escalera, según Etabs
 Elaboración propia

COMBINACIONES DE DISEÑO					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
	GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	1129.21855	-3.66996	105.00822
SIS XX		1.25(CM+CV)+SISXX	1031.89148	1627.47095	159.16815
		1.25(CM+CV)-SISXX	931.749275	-1633.4965	22.07535
		0.9CM+SISXX	668.24258	1629.20156	123.25848
		0.9CM-SISXX	568.10038	-1631.7658	-13.83432
SISYY		1.25(CM+CV)+SISYY	1330.90558	212.59935	2174.28325
		1.25(CM+CV)-SISYY	632.735175	-218.62485	-1993.03975
		0.9CM+SISYY	967.25668	214.32996	2138.37358
		0.9CM-SISYY	269.08628	-216.89424	-2028.94942

Tabla N° 152: Combinaciones de diseño
 Elaboración propia

SISMO XX					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
	GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	1129.2186	-3.66996	105.00822
SISXX POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	1031.8915	1627.471	159.16815
		1.25(CM+CV)-SISXX	931.74928	-1633.4965	22.07535
		0.9CM+SISXX	668.24258	1629.2016	123.25848
		0.9CM-SISXX	568.10038	-1631.7658	-13.83432
SISXX NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	1031.8915	-1627.471	-159.16815
		1.25(CM+CV)-SISXX	931.74928	1633.4965	-22.07535
		0.9CM+SISXX	668.24258	-1629.2016	-123.25848
		0.9CM-SISXX	568.10038	1631.7658	13.83432

Tabla N° 153: Combinaciones para Sismo XX en Placa Escalera
 Elaboración propia

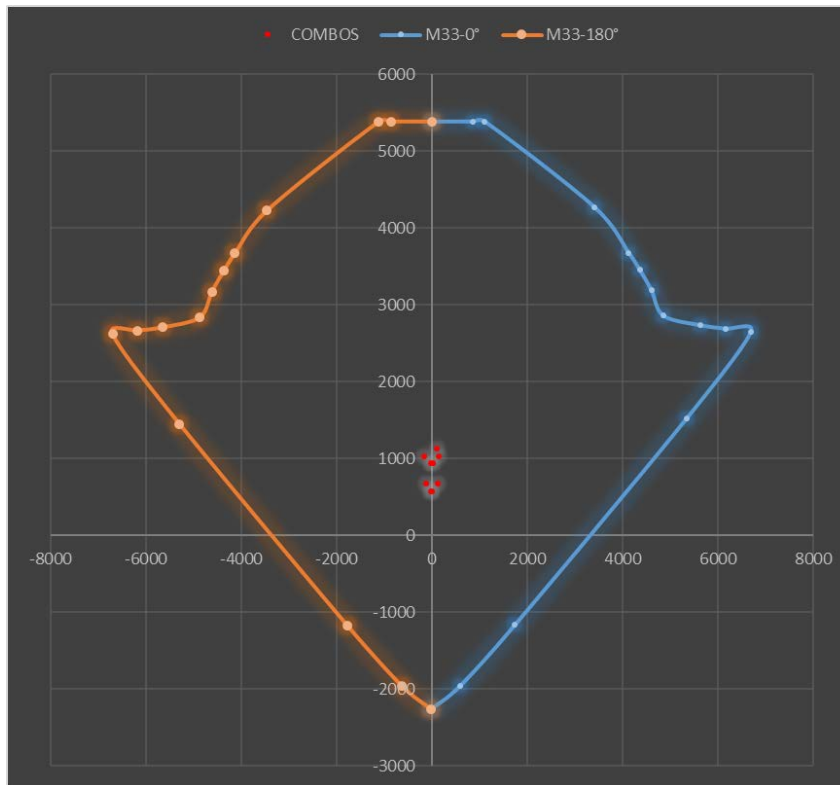


Figura N° 158: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°
Elaboración propia

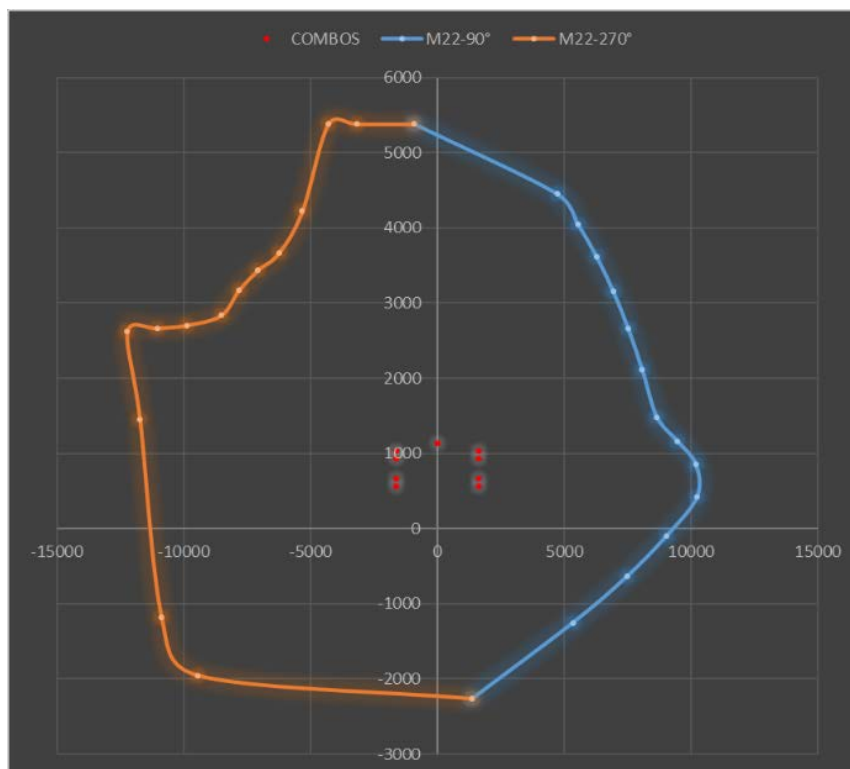


Figura N° 159: Resultados del Sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

SISMO YY					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	1129.2186	-3.66996	105.00822
SISYY POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	1330.9056	212.59935	2174.2833
		1.25(CM+CV)-SISYY	632.73518	-218.62485	-1993.0398
		0.9CM+SISYY	967.25668	214.32996	2138.3736
		0.9CM-SISYY	269.08628	-216.89424	-2028.9494
SISYY NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	1330.9056	-212.59935	-2174.2833
		1.25(CM+CV)-SISYY	632.73518	218.62485	1993.0398
		0.9CM+SISYY	967.25668	-214.32996	-2138.3736
		0.9CM-SISYY	269.08628	216.89424	2028.9494

Tabla N° 154: Combinaciones para Sismo YY en Placa Escalera
 Elaboración propia

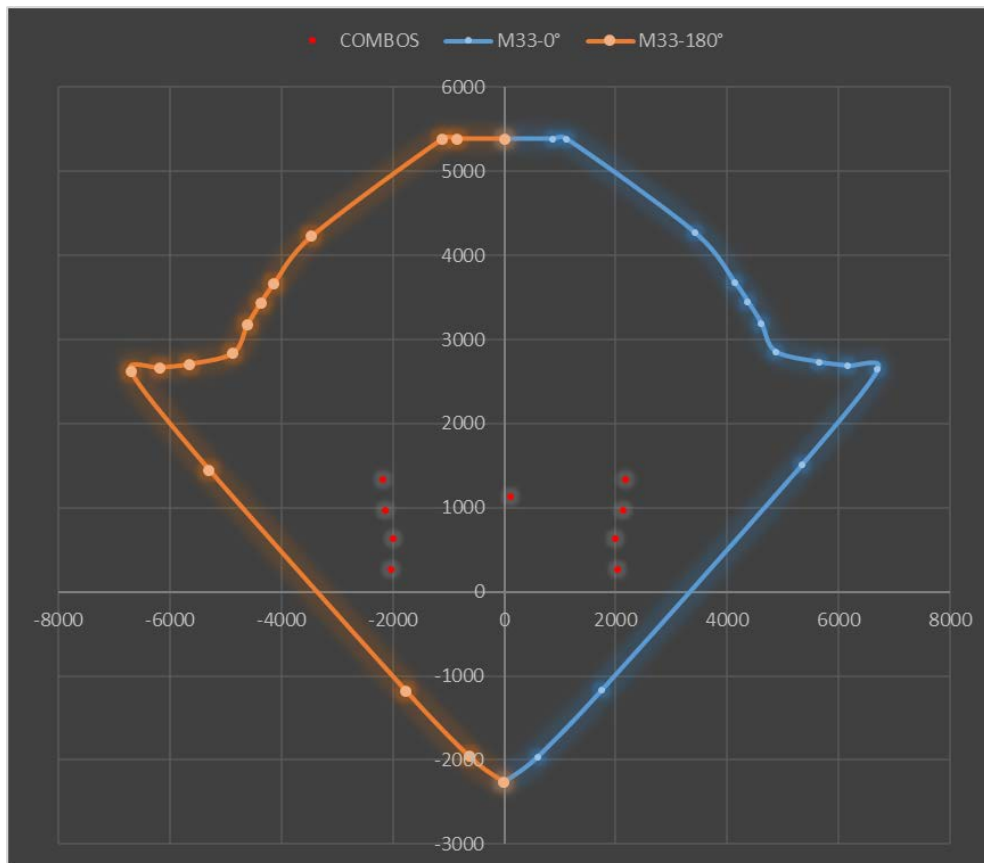


Figura N° 160: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

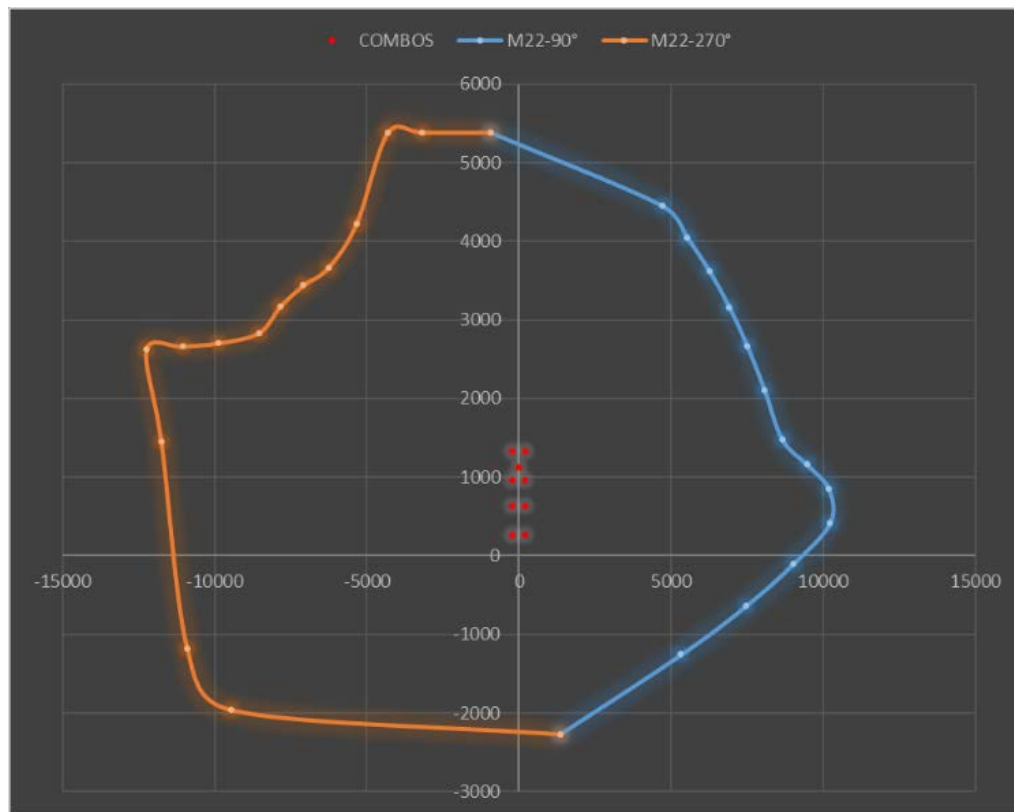


Figura N° 161: Resultados del Sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°
 Elaboración propia

6.3.4.4. DISEÑO DE LOSA ALIGERADA

Se considerará una losa aligerada de 0.20 de altura, basándonos en su predimensionamiento

DISEÑO POR FLEXIÓN

$$\phi := 0.9$$

Momento positivo

$$Mu := 347.03 \text{ kgf}\cdot\text{m}$$

$$As := \frac{0.85 \cdot f'c \cdot b \cdot d}{fy} - \sqrt{\frac{1.7 \cdot f'c \cdot b}{fy^2} \cdot \left(\frac{0.85 \cdot f'c \cdot b \cdot d^2}{2} - \frac{Mu}{\phi} \right)} = 0.545 \text{ cm}^2$$

Momento negativo

$$Mu := 329.76 \text{ kgf}\cdot\text{m}$$

$$A_s := \frac{0.85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d}{f_y} - \sqrt{\frac{1.7 \cdot f'_c \cdot b}{f_y^2} \cdot \left(\frac{0.85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d^2}{2} - \frac{Mu}{\phi} \right)} = 0.533 \text{ cm}^2$$

Se usará acero continuo de 3/8"

DISEÑO POR CORTE

$$bw := 0.1 \text{ m}$$

$$V_c := 1.1 \cdot 0.85 \cdot 0.53 \cdot \sqrt{\frac{f'_c}{1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}} \cdot 1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \cdot bw \cdot d = 1.221 \text{ tonnef}$$

$$V_u := 0.6762 \text{ tonnef}$$

Cumple por corte con todo

Diseño para acero por temperatura

$$A_{st} := 0.0018 \cdot b \cdot h = 0.9 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} := \frac{14}{f_y} \cdot b \cdot h = 1.667 \text{ cm}^2$$

$$1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Por lo tanto, serán barras de 3/8" a 0.25m

DISEÑO POR PROGRAMA SAP2000

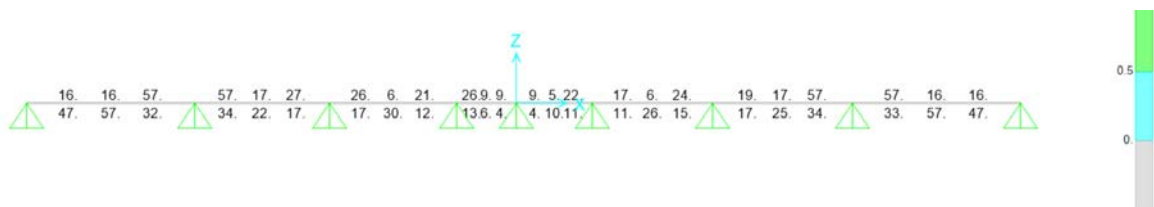


Figura N° 162: Diseño de acero de una Losa Aligerada
 Elaboración propia

En la figura N° X, se puede observar que el área de acero más alta se encuentra en los tramos extremos donde es 0.57cm², cumpliendo con nuestro diseño por medios de fórmulas ya establecidas.

6.3.5. ANÁLISIS PUSHOVER

Por medio del programa Etabs, obtenemos las *Story Response* de los sismos que hemos evaluado en ambas direcciones, lo que nos permite hallar las fuerzas laterales necesarias para el análisis pushover.

FUERZAS LATERALES EN X

Story	Elevation	Location	X - Dir	Fx	Flat - X (PUSH)
	m		tonf	tonf	
TECHO 10	30.7	Top	35.157	35.157	4.13
TECHO 09	27.7	Top	135.028	99.871	11.73
TECHO 08	24.9	Top	230.9447	95.9167	11.26
TECHO 07	22.1	Top	310.4254	79.4807	9.33
TECHO 06	19.3	Top	376.2033	65.7779	7.73
TECHO 05	16.5	Top	430.048	53.8447	6.32
TECHO 04	13.7	Top	472.9048	42.8568	5.03
TECHO 03	10.9	Top	504.7163	31.8115	3.74
TECHO 02	8.1	Top	525.2413	20.525	2.41
TECHO 01	5.3	Top	533.7561	8.5148	1
SOTANO	2.5	Top	378.2325	-155.5236	-18.27

Tabla N° 155: Fuerzas laterales en X
 Elaboración propia

FUERZAS LATERALES EN Y

Story	Elevation	Location	X - Dir	Fx	Flat - Y (PUSH)
	m		tonf	tonf	
TECHO 10	30.7	Top	45.6792	45.6792	3.87
TECHO 09	27.7	Top	169.3146	123.6354	10.47
TECHO 08	24.9	Top	287.1341	117.8195	9.97
TECHO 07	22.1	Top	381.874	94.7399	8.02
TECHO 06	19.3	Top	458.9144	77.0404	6.52
TECHO 05	16.5	Top	521.5307	62.6163	5.30
TECHO 04	13.7	Top	571.8316	50.3009	4.26
TECHO 03	10.9	Top	610.2812	38.4496	3.25
TECHO 02	8.1	Top	636.4937	26.2125	2.22
TECHO 01	5.3	Top	648.3073	11.8136	1
SOTANO	2.5	Top	275.4787	-372.8286	-31.56

Tabla N° 156: Fuerzas laterales en Y
 Elaboración propia

Luego de hallar estas fuerzas, se incorporarán al programa, el cual nos ayudará a determinar las rótulas plásticas de la estructura, a continuación, se muestran los resultados que arroja Etabs.

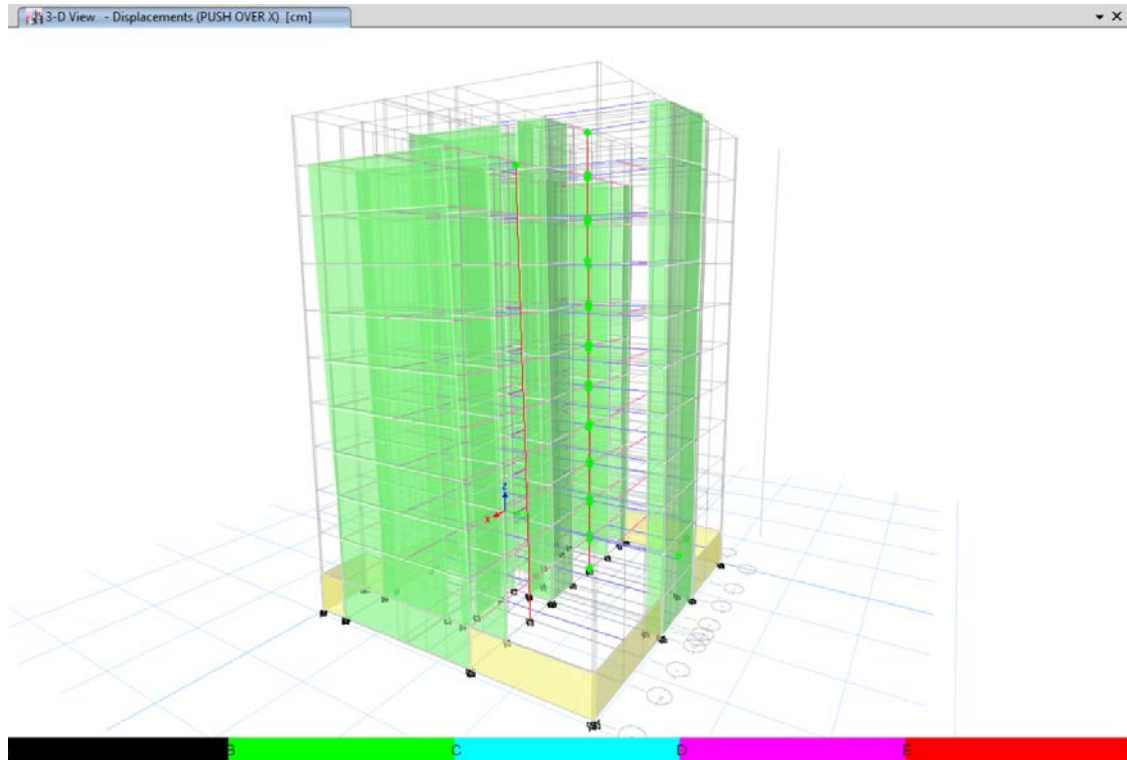


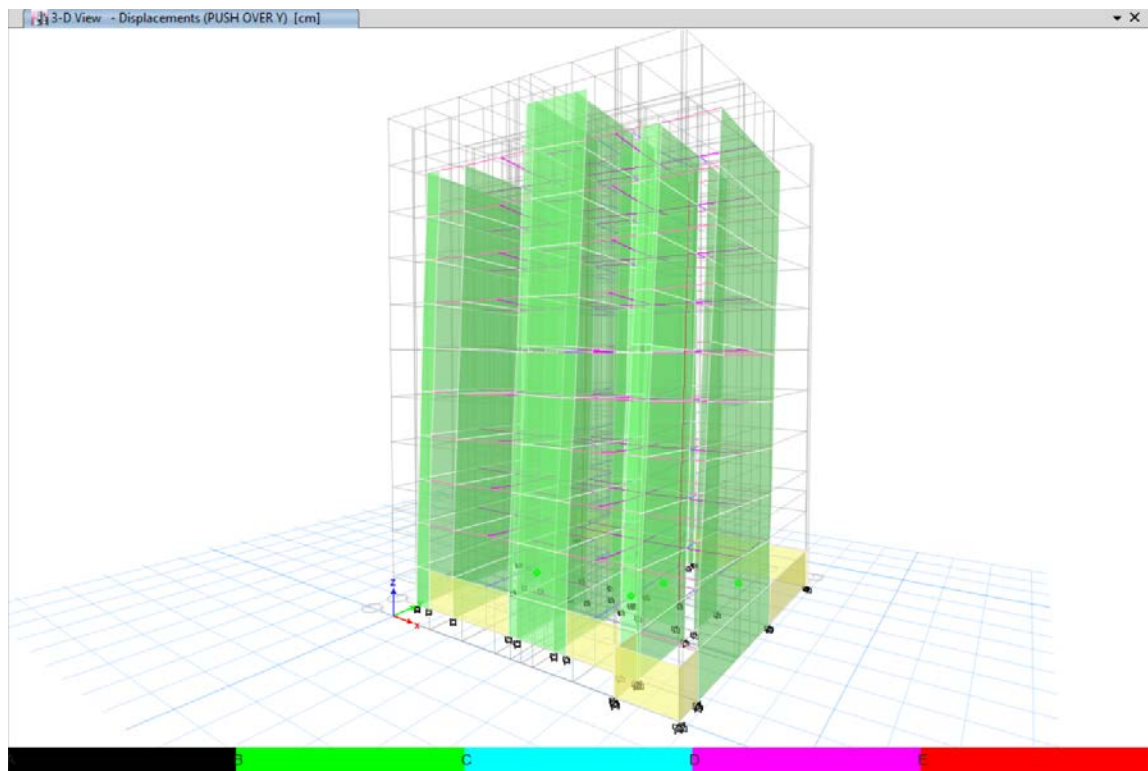
Figura N° 163: Formación de las rótulas plásticas del Análisis Push Over X
 Elaboración propia

RÓTULAS EN X

ESTADO	A-IO	IO - LS	LS - CP
N°	1362	2	2

Tabla N° 157: Rótulas plásticas en el sistema de muros de corte, Push Over X
 Elaboración propia

Con estos resultados nos indica que la estructura sufre graves daños, sin embargo, no llega al colapso, llega a los límites de capacidad de ductilidad de sus elementos.



*Figura N° 164: Formación de las rótulas plásticas del Análisis Push Over Y
 Elaboración propia*

RÓTULAS EN Y

ESTADO	A-IO	LS - CP
N°	1360	6

*Tabla N° 158: Rótulas plásticas en el sistema de muros de corte, Push Over Y
 Elaboración propia*

No obstante, este resultado nos permite notar que no se formaron rótulas de daños ligeros, nos muestra que pasa del daño insignificante a graves daños sin alcanzar el colapso.

Se puede observar que para el análisis Push Over en X la formación de las rótulas plásticas se da en las columnas y en Y se dan en las vigas de los primeros pisos.

A continuación, se presentan las gráficas Push Over obtenidas y las comparativas con el FEMA 440 y el ASCE 7-14:

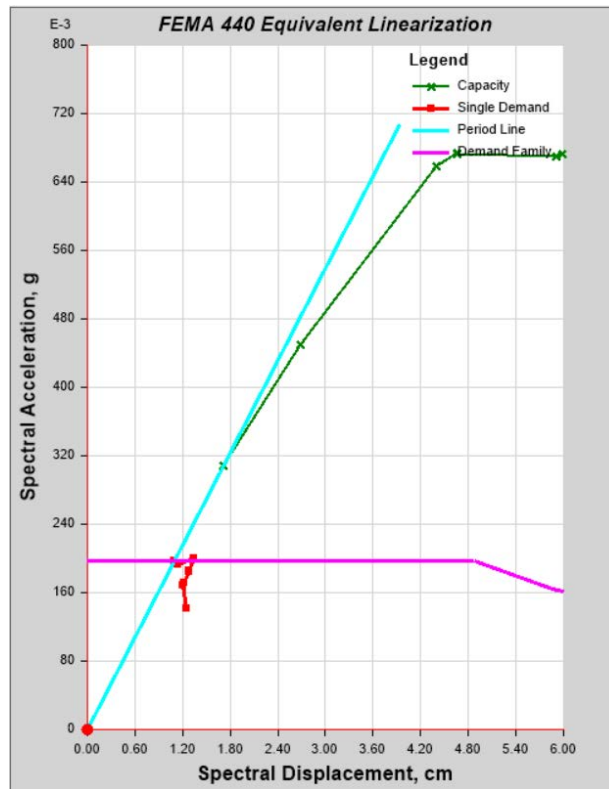


Figura N° 165: Resultados Push Over en X – FEMA 440
 Elaboración propia

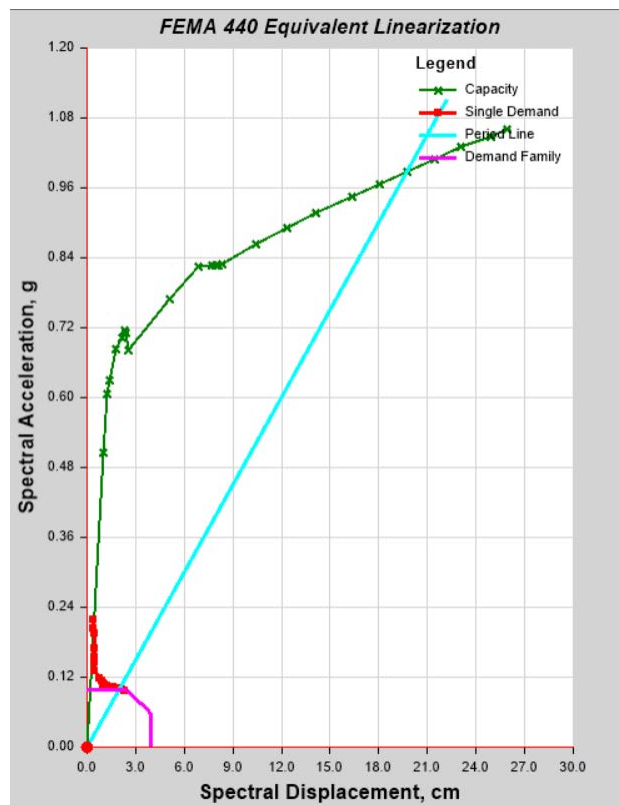


Figura N° 166: Resultados Push Over en Y – FEMA 440
 Elaboración propia

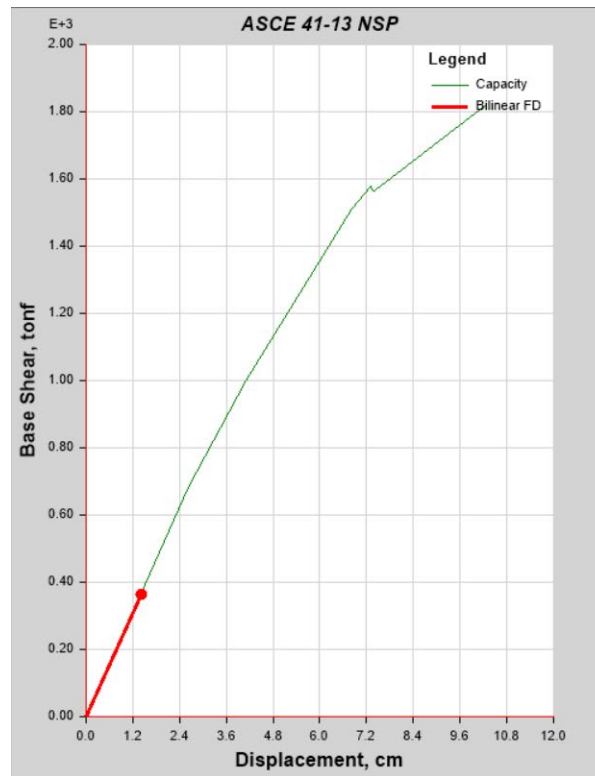


Figura N° 167: Resultados Push Over en X – ASCE 41 – 13
Elaboración propia

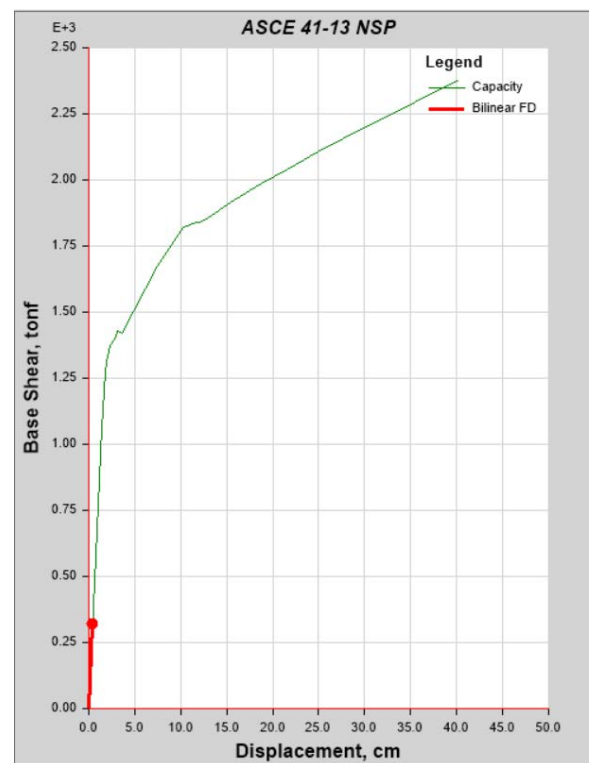


Figura N° 168: Resultados Push Over en Y – ASCE 41 – 13
Elaboración propia

6.4. ANALISIS ESTRUCTURAL DE LA ESTRUCTURA CON SLB EN ETABS

El disipador de energía de metal utiliza el comportamiento de histéresis que el metal en el rango inelástico puede mostrar para disipar la energía en el sistema, reduciendo así la respuesta de los principales componentes estructurales.

En este caso, SLB utilizará la deformación cortante en el rango elástico para disipar energía a través del núcleo del dispositivo (llamado "modo cortante"). Se colocan en esta estructura para controlar la deformación, aumentar la amortiguación, reducir la necesidad de deformación de los miembros estructurales existentes y hacer que la estructura sea más dura.

Esta parte del Capítulo 6 nos permitirá observar cómo seleccionar el equipo, su posición en el marco, el diseño de la posición diagonal y la respuesta de este análisis.

6.4.1. IMPORTANCIA DE UTILIZAR DISIPADORES DE ENERGIA

Los disipadores de energía (amortiguadores mecánicos: amortiguadores viscoelásticos o histeréticos) brindan a los ingenieros estructurales la oportunidad de resistir los daños causados por terremotos en los principales elementos estructurales. El uso de amortiguadores mecánicos ayuda a disipar la energía que puede ser absorbida en un terremoto, la cual es activada por el movimiento diferencial de elementos estructurales cercanos, y en aquellos elementos que se utilizarán aquí, dependen del desplazamiento.

El propósito de incluir un cuerpo disipador en la estructura es reducir la posibilidad de respuesta inelástica de la estructura a través de un cierto grado de disipación de energía, y este nivel de disipación de energía reduce significativamente los requisitos de resistencia y deformación de los elementos estructurales.

6.4.1.1. DISIPADORES METALICOS

Hay tres tipos de radiadores: activo, pasivo y semiactivo. Activo y semiactivo requieren energía externa para operar para monitorear la estructura, procesar la información y luego aplicar las fuerzas internas necesarias para que la estructura alcance el estado deseado. Debido a esto, su uso está restringido, porque la fuente de alimentación externa puede fallar durante un terremoto, lo que puede resultar contraproducente. Esta es la razón por la que se utilizan dispositivos de amortiguación pasivos, porque pueden funcionar sin una fuente de alimentación externa y no se modificarán durante la respuesta sísmica de la estructura. La clasificación es la siguiente:

Activados por desplazamiento	Activados por velocidad	Activados por movimiento
Amortiguadores metálicos	Amortiguadores viscosos	Amortiguadores de masa sintonizada
Amortiguadores friccionantes	Amortiguadores viscoelásticos	
Amortiguadores autocentrados		
Amortiguadores viscoelásticos		

Tabla N° 159: Clasificación de los sistemas de disipación de energía pasivos
 Fuente: Christopoulos, Filtrault (2006)
 Elaboración propia

Los disipadores que usaremos para este trabajo pertenecen a la clasificación de activados por desplazamiento, eso quiere decir que la disipación de energía se produce a partir del movimiento diferencial de los elementos estructurales adyacentes. A continuación, se presenta el comportamiento idealizado como elásticos perfectamente plásticos que presenta el disipador metálico, donde F_a representa la carga de fluencia del disipador, es decir la carga que activa el disipador.

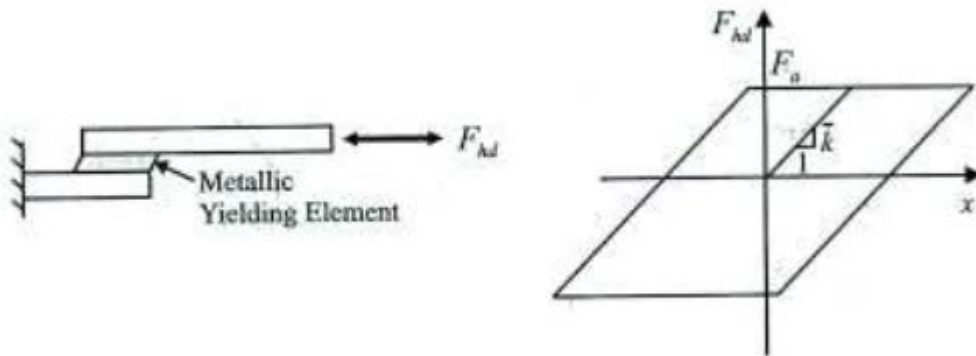


Figura N° 169: Idealización de la relación carga desplazamiento en un amortiguador metálico.
 Fuente: Christopoulos, Filtrault (2006)

El área encerrada por la curva tensión-deformación corresponde a la energía de histéresis disipada por unidad de volumen, que se irradia en forma de calor y no se puede recuperar.

La fluencia de los componentes de acero es una fuente confiable, predecible y estable de disipación de energía, mientras que el pandeo es limitado, y si están protegidos de la corrosión, sus características de histéresis cambiarán con el tiempo.



Device	e	K1 (KN/cm)	K2 (KN/cm)	dy (mm)	fy (kN)	Dy (mm)	Fy (kN)	F max (kN)	Da (mm)	Ed (kN.cm)
SL5_2	2	546.10	14.40	0.25	13.65	0.46	25.27	47.32	39.93	54.00
SL5_3	3	663.50	13.40	0.32	21.30	0.55	36.40	56.59	89.87	69.00
SL5_4	4	763.80	11.80	0.36	27.27	0.63	47.96	65.26	159.83	84.00
SL5_5	5	834.30	8.80	0.36	29.78	0.72	59.76	72.93	249.81	97.00
SL10_2	2	1273.80	22.10	0.25	31.85	0.44	55.68	89.56	29.81	109.00
SL10_3	3	1644.40	21.60	0.28	45.55	0.49	80.67	113.62	67.10	146.00
SL10_4	4	1979.10	20.10	0.30	60.16	0.54	106.86	136.91	119.35	182.00
SL10_5	5	2216.70	17.40	0.33	73.26	0.60	133.00	159.27	186.45	216.00
SL15_2	2	2285.90	22.40	0.25	57.15	0.57	129.60	163.04	20.29	216.00
SL15_3	3	2929.60	23.30	0.27	78.51	0.57	165.55	200.32	45.66	271.00
SL15_4	4	3493.50	22.90	0.29	99.91	0.57	200.20	236.30	81.18	325.00
SL15_5	5	3856.10	22.30	0.32	123.78	0.62	238.33	271.48	126.85	377.00
SL20_2	2	2971.20	24.10	0.25	74.28	0.54	159.18	195.36	15.96	262.00
SL20_3	3	3980.00	24.90	0.27	106.66	0.53	209.68	247.72	35.92	339.00
SL20_4	4	4719.30	25.80	0.29	134.97	0.55	261.00	298.88	63.85	414.00
SL20_5	5	5262.70	24.00	0.32	168.93	0.60	313.46	349.12	99.77	489.00
SL25_2	2	3660.60	24.30	0.25	91.51	0.51	188.18	224.74	14.44	305.00
SL25_3	3	4859.00	25.20	0.27	130.22	0.52	254.52	292.09	32.50	404.00
SL25_4	4	5921.30	24.70	0.29	169.35	0.54	321.82	358.05	57.79	501.00
SL25_5	5	6613.50	24.50	0.32	212.29	0.59	389.20	423.17	90.30	597.00
SL30_2	2	4353.60	24.50	0.25	108.84	0.50	216.56	253.78	13.75	348.00
SL30_3	3	5791.00	25.50	0.27	155.20	0.51	297.22	336.02	30.93	468.00
SL30_4	4	7129.90	25.40	0.29	203.91	0.53	378.46	416.81	54.99	587.00
SL30_5	5	7981.80	25.20	0.32	256.21	0.58	459.17	496.73	85.92	704.00
SL40_2	2	5820.40	30.90	0.25	145.51	0.49	285.12	331.02	14.02	455.00
SL40_3	3	7778.50	32.00	0.27	208.46	0.51	394.44	442.74	31.55	619.00
SL40_4	4	9621.20	33.10	0.29	275.17	0.52	503.33	553.98	66.09	781.00
SL40_5	5	10777.40	31.80	0.32	345.95	0.57	614.29	662.15	104.53	941.00
SL50_2	2	7223.60	32.90	0.25	180.59	0.47	342.00	391.08	13.40	542.00
SL50_3	3	9703.10	35.90	0.27	260.04	0.50	480.00	533.58	30.16	749.00
SL50_4	4	12109.30	32.70	0.29	346.33	0.51	622.22	671.76	53.62	954.00
SL50_5	5	13566.70	31.00	0.32	435.49	0.56	764.00	810.65	83.79	1160.00

Tabla N° 160°: Disipadores Shear Link con sus parámetros de diseño

Fuente: Hurtado, Bozzo (2008)

Elaboración propia

K1: Rigidez inicial

K2: Rigidez Pos – fluencia

dy: Desplazamiento de fluencia inicial

fy: Fuerza de fluencia inicial

Dy: Desplazamiento de fluencia

Fy: Fuerza de fluencia

Fmax: Fuerza para un desplazamiento de 1.559 cm

Da: Desplazamiento para que el alma pandee

e: Espesor del área torneada
Ed: Energía disipada

La tabla se obtuvo a partir de una calibración numérico – experimental a partir de ensayos con el disipador SL30_2 de la imagen anterior, donde se estudió la influencia de las conexiones empernadas en las curvas de histeré시스 y se calibró los modelos no lineales realizados en el programa ANSYS.

6.4.2. UBICACIÓN DE LOS DISIPADORES SLB

Los disipadores se ubicaron sobre un muro desacoplado de 10 cm.

Se han ubicado 128 disipadores SLB, los que se encuentran los pórticos A, C, G, I, 2, 7, 8 de la estructura, 9 por piso. En la siguiente figura se señalan los pórticos en los cuales se han ubicado los disipadores SLB y en los vanos ubicados.

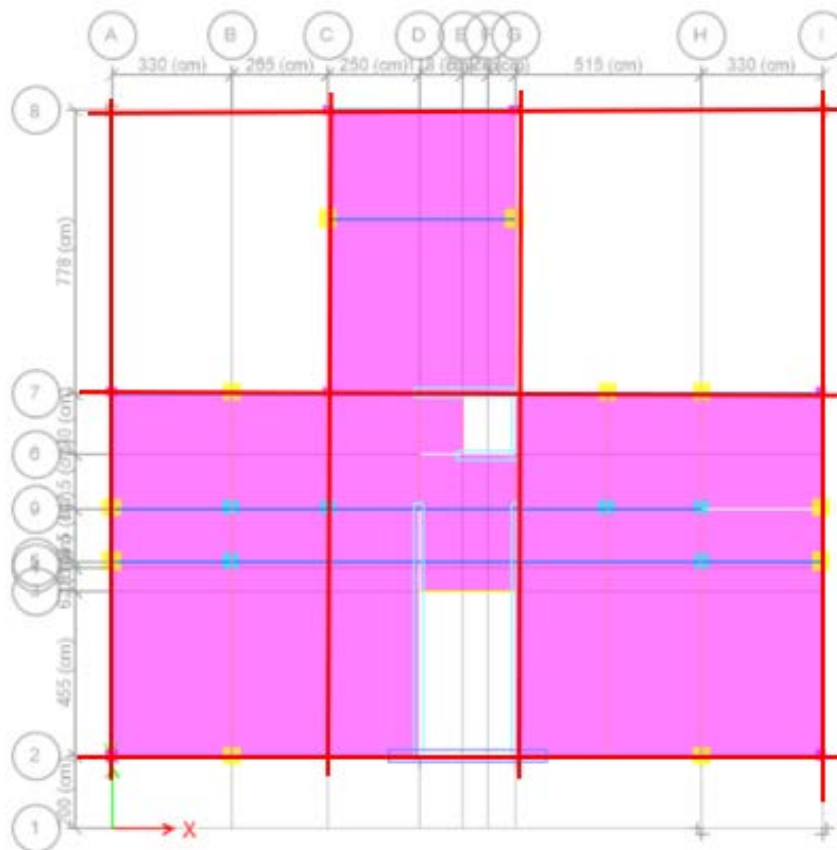
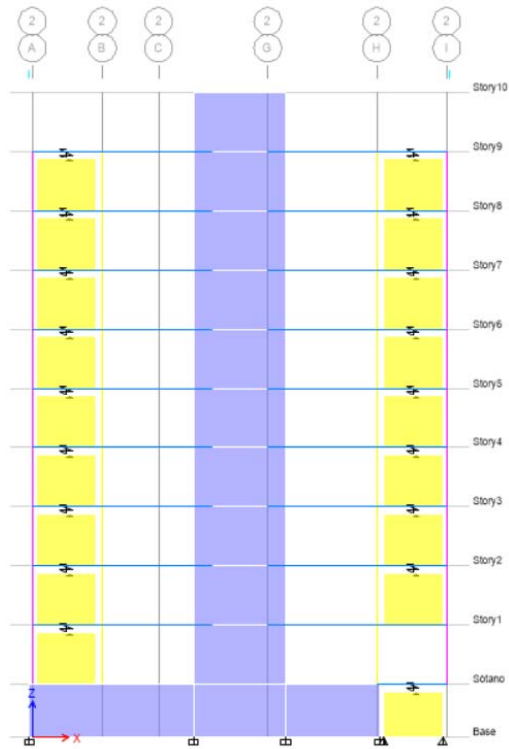
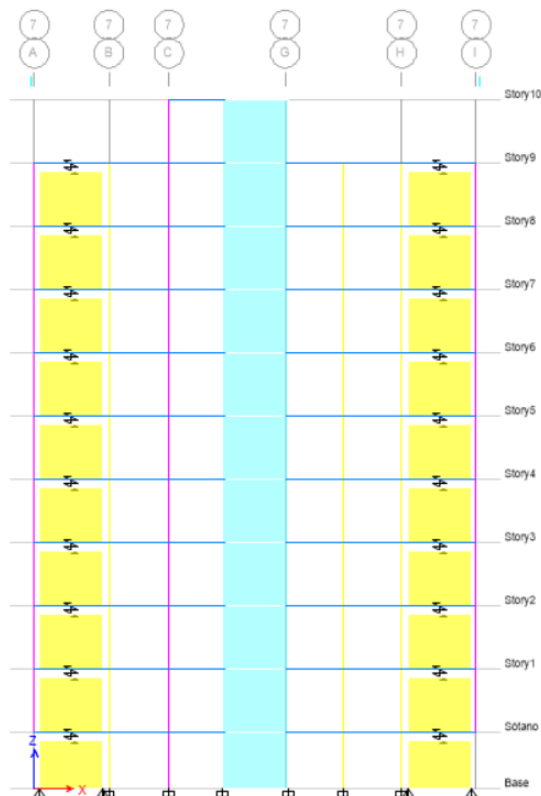


Figura N° 171: Ubicación de los pórticos en planta
Elaboración propia



*Figura N° 172: Disipadores SLB en elevación – Pórtico 2
 Elaboración propia*



*Figura N° 173: Disipadores SLB en elevación – Pórtico 7
 Elaboración propia*

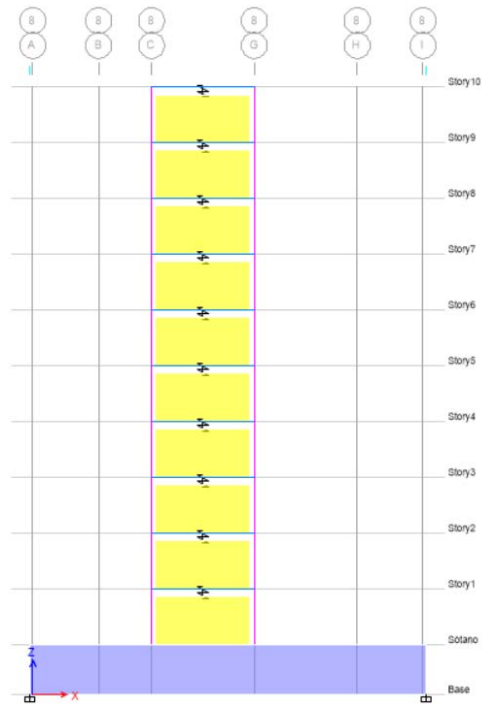


Figura N° 174: Disipadores SLB en elevación – Pórtico 8
 Elaboración propia

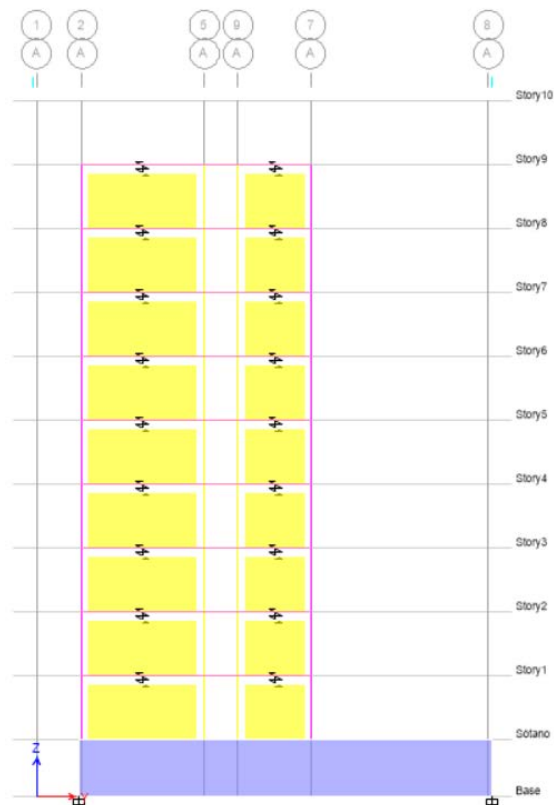


Figura N° 175: Disipadores SLB en elevación – Pórtico A
 Elaboración propia

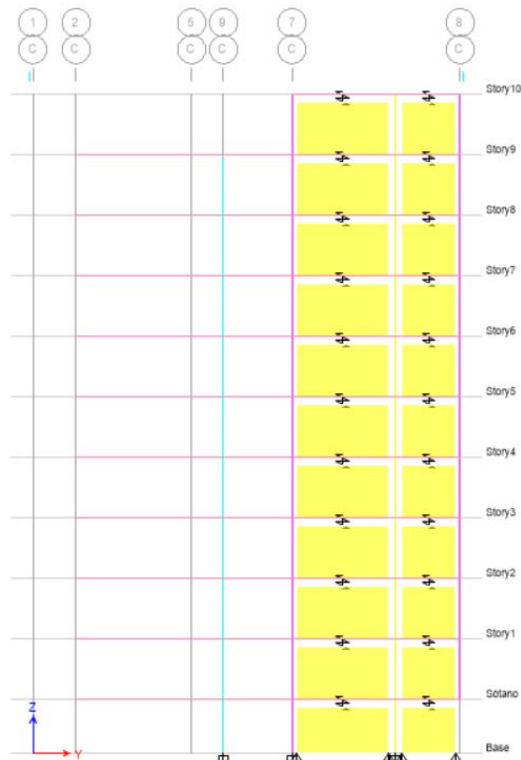


Figura N° 176: Disipadores SLB en elevación – Pórtico C
 Elaboración propia

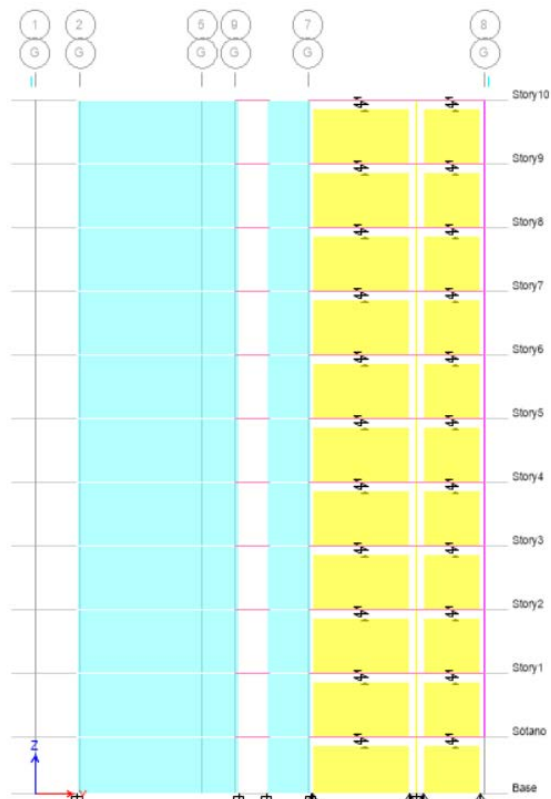
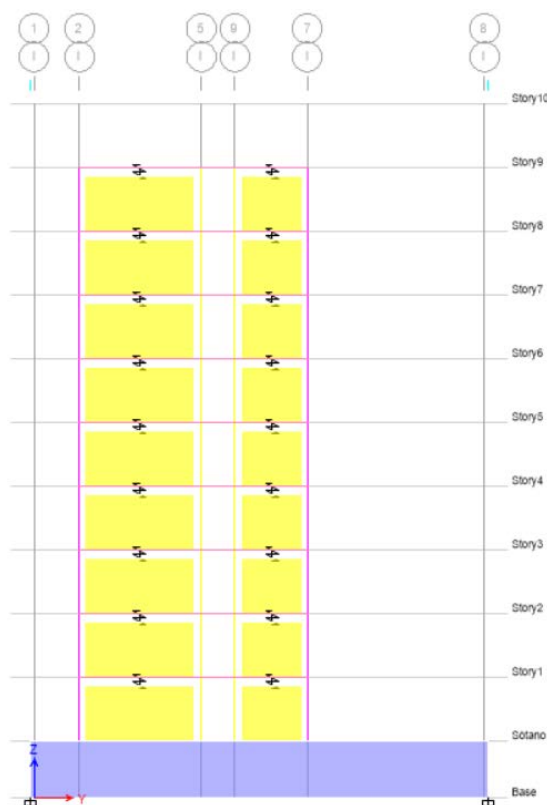


Figura N° 177: Disipadores SLB en elevación – Pórtico G
 Elaboración propia



*Figura N° 178: Disipadores SLB en elevación – Pórtico I
Elaboración propia*

La ubicación de los SLB en todos los pórticos, se hizo de tal manera que reduzca la demanda de deformación plástica en los elementos estructurales existente.

6.4.3. SELECCIÓN DE LOS DISIPADORES SLB

Para seleccionar nuestros disipadores, nos enfocaremos en el espectro de la norma E0.30 Diseño Sismorresistente de Perú, que ya hallamos en los capítulos anteriores.

La inclusión de los disipadores en los contravientos chevrón en los pórticos y vanos, nos da los nuevos coeficientes de irregularidad, ya que ya contábamos con un anterior espectro, se compararán estos valores con los nuevos. Con esto se tendrán dos espectros, uno elástico y el otro inelástico.

El propósito de esta investigación es realizar un análisis Pushover en esta estructura, es por eso que se ha utilizado el espectro elástico, es decir que el valor de R no cambia.

El espectro inelástico usará el factor $R = 5$, con este espectro debe deformarse la estructura con el fin de seleccionar los disipadores. El fin de usar este valor es que podemos obtener una aproximación previa de las fuerzas a las que los disipadores pueden someterse en el punto de desempeño de la estructura.

6.4.3.1. PROCEDIMIENTO PARA LA SELECCIÓN DE LOS DISIPADORES SLB

Lo primero que hemos hecho ha sido seleccionar un tubo estructural de 250x200x12 mm, como elemento perteneciente al cortaviento chevrón. Más adelante se comprobará que es adecuada para resistir las fuerzas producidas por el espectro elástico.

En un principio se modela el disipador como elemento tipo “frame” rectangular con dimensiones de 30xm 2cm. Utilizando la opción Tube Section en Etabs.

La ubicación del conjunto disipador y contraviento chevrón, en los distintos pórticos se ha definido anteriormente, por lo que ahora se procede a su modelamiento. En el momento de agregar el disipador tipo “frame” se tiene que liberar el extremo conectado a la viga, con el fin de que el disipador no tome carga vertical.

En la siguiente tabla se muestran los valores del corte, en los disipadores frame de los pórticos X y X, en los anexos están las fuerzas que presentan todos los disipadores.

Notación	Corte 3-3 (KN)	Disipador	Fy(KN) Disip.	Cap/Sol	
A1	298.49	SL50_5	764.00	2.56	OK
A2	295.58	SL50_5	764.00	2.58	OK
A3	295.69	SL50_5	764.00	2.58	OK
A4	467.82	SL50_5	764.00	1.63	OK
A5	642.12	SL50_5	764.00	1.19	OK
A6	643.76	SL50_5	764.00	1.19	OK
A7	474.2	SL50_5	764.00	1.61	OK
A8	467.49	SL50_5	764.00	1.63	OK
A9	461.86	SL50_5	764.00	1.65	OK
A10	494.17	SL50_5	764.00	1.55	OK
A11	432.12	SL50_5	764.00	1.77	OK
A12	425.22	SL50_5	764.00	1.80	OK

*Tabla N° 161: Fuerza debido al espectro inelástico en disipadores FRAME de los pórticos X y X
 Elaboración propia*

Una vez que se conoce la fuerza de corte en los disipadores, regresamos a la tabla donde se encuentran los parámetros de diseño de los disipadores y comparamos este valor con la fuerza de fluencia que posee cada tipo de disipador, seleccionando aquel que posea una fuerza de fluencia mayor o igual al valor de corte presentado en la tabla anterior.

6.4.4. MODELACION DE LOS DISIPADORES SLB

Los disipadores se modelarán a través de la opción Define – Section Properties - Link, donde se darán las siguientes propiedades para cada dirección

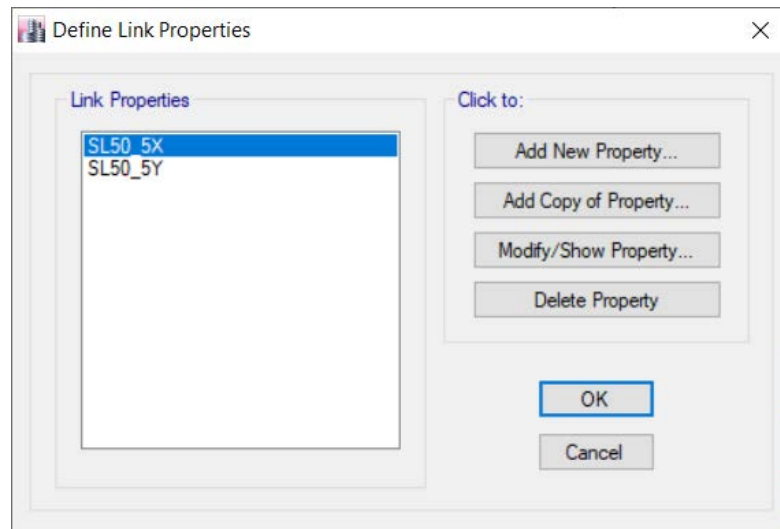


Figura N° 179: Cuadro donde se definen las propiedades de los disipadores
 Elaboración propia

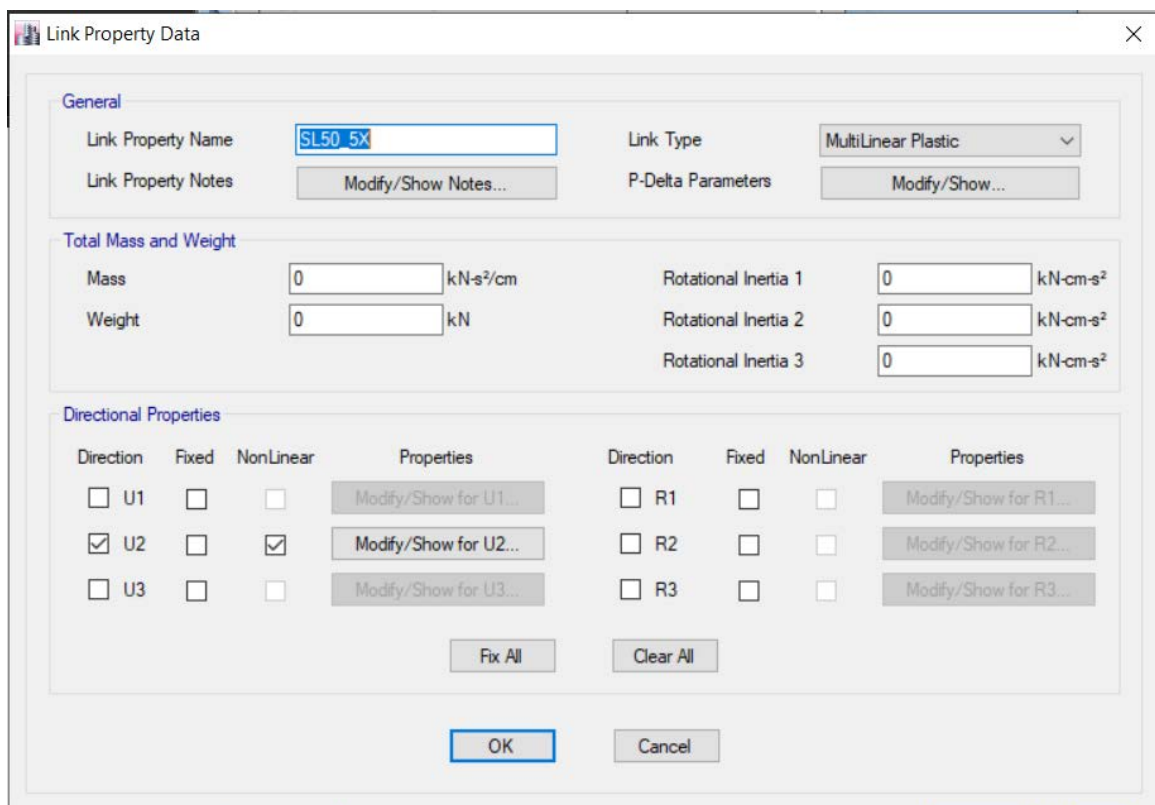


Figura N° 180: Disipadores SLB en X
 Elaboración propia

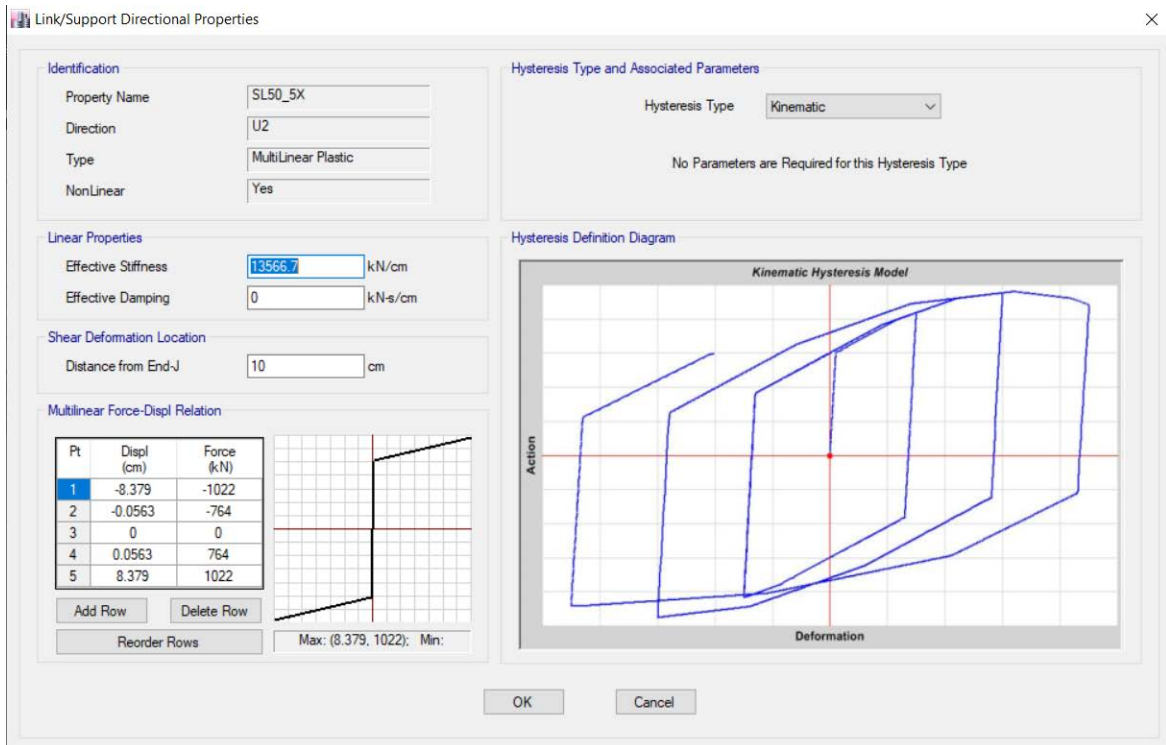


Figura N° 181: Disipadores SLB en X – propiedades
 Elaboración propia

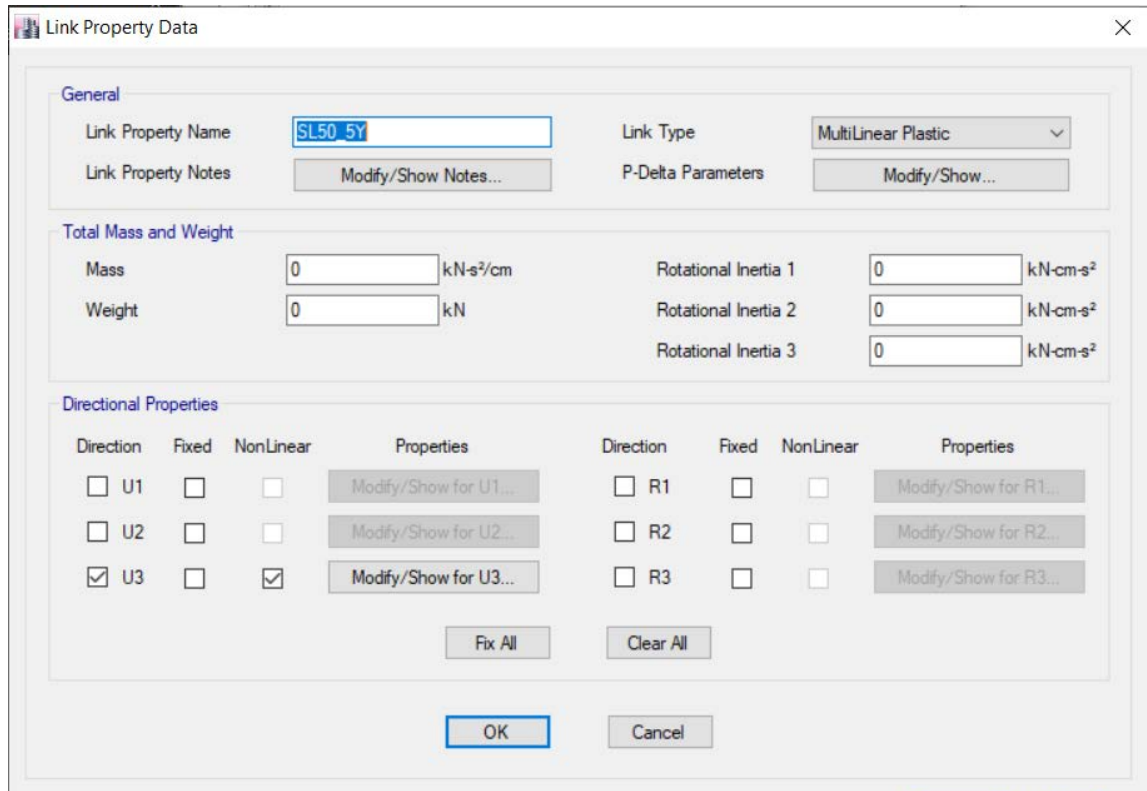
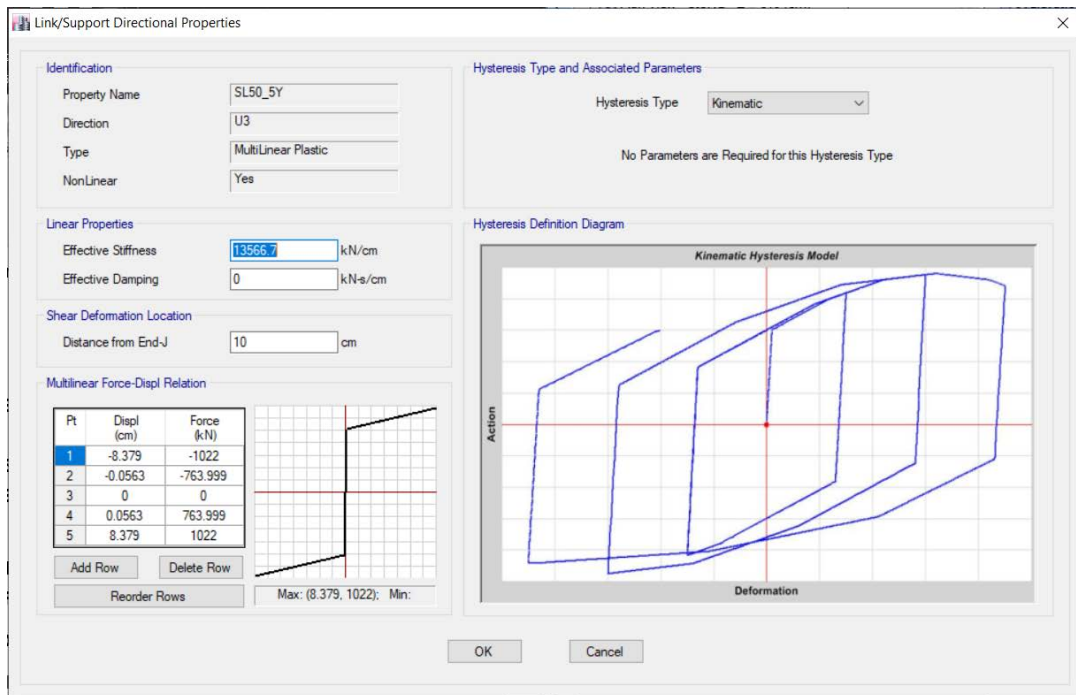


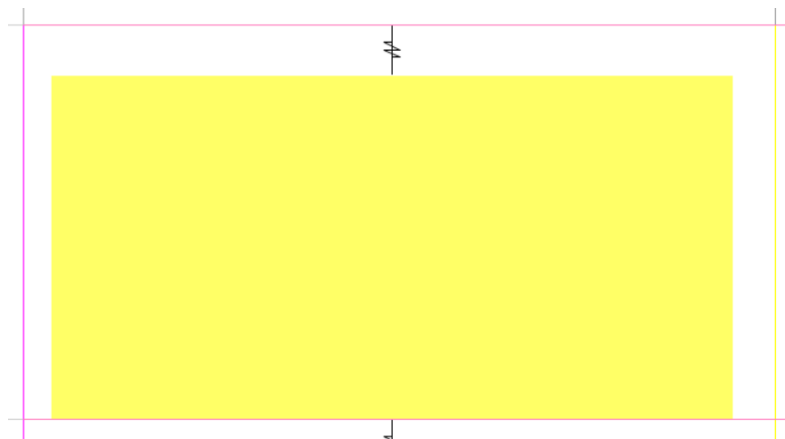
Figura N° 182: Disipadores SLB en Y
 Elaboración propia



*Figura N° 183: Disipadores SLB en Y – propiedades
 Elaboración propia*

Se proponen dos tipos, debido a las dos direcciones posibles de un sismo, U2 corresponde al eje X y U3 al eje Y. Los valores puestos en las propiedades de los disipadores modelados les pertenecen a las tablas anteriormente adjuntadas. Se trabaja en unidades kN y cm debido a que esa es la manera en la que trabajan las tablas del autor de los disipadores SLB.

6.4.5. VISTAS DE LOS ELEMENTOS

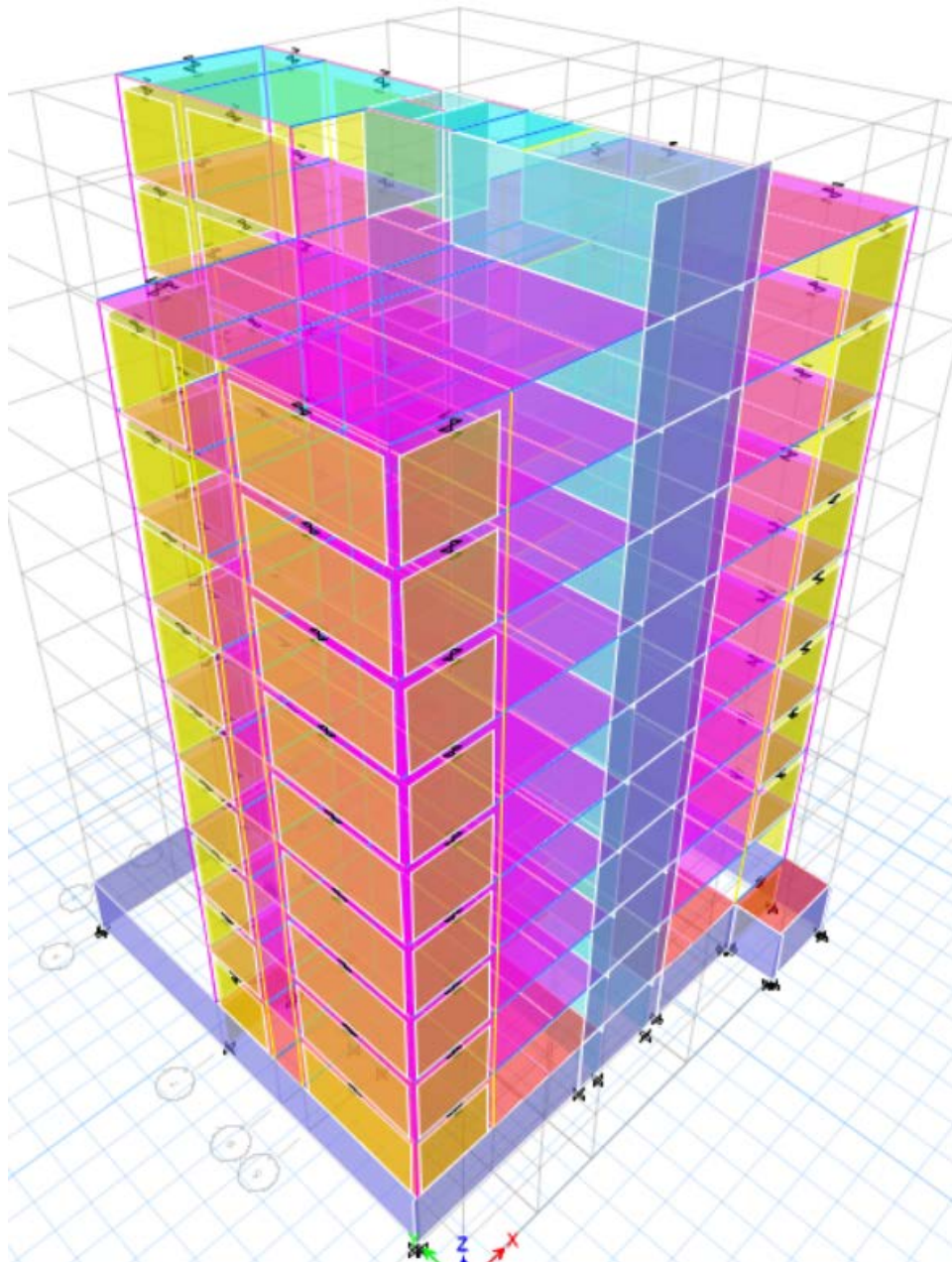


*Figura N° 183: Vista del disipador SLB50_5
 Elaboración propia*

6.4.6. ANALISIS ESTRUCTURAL DE LA ESTRUCTURA CON DISIPADORES SLB

6.4.6.1. ANALISIS ESTATICO

Como se explicaba en el análisis estático anterior, según la norma, este análisis no se considera, pero nos sirve para el siguiente análisis, a continuación, los resultados:



*Figura N° 184: Modelamiento de estructura con disipadores SLB
Elaboración propia*



FACTOR DE MASA PARTICIPATIVA

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
		sec												
Modal	TX	0.514	0.6811	1.20E-03	0	0.6811	1.20E-03	0	5.00E-04	0.2745	0.0406	5.00E-04	0.2745	0.0406
Modal	TY	0.112	0.0002	0.6768	0	0.6813	0.6781	0	0.3267	1.94E-05	0.0106	0.3271	0.2745	0.0512
Modal	TZ	0.034	0.023	0.0098	0	0.7043	0.6879	0	0.0014	0.0341	0.7043	0.3285	0.3086	0.7555
Modal	4	0.016	0.0149	0.0003	0	0.7192	0.6882	0	1.00E-05	0.0233	0.0018	0.3285	0.3319	0.7573
Modal	5	0.014	0.0001	1.12E-01	0	0.7193	0.7999	0	0.2129	0.0002	0.0003	0.5414	0.3321	0.7576
Modal	6	0.006	0.0015	0.0128	0	0.7208	0.8127	0	0.0282	0.0011	2.40E-05	0.5696	0.3332	0.7576
Modal	7	0.003	0.0314	0.0002	0	0.7522	0.8128	0	0.0036	0.0209	0.0041	0.5732	0.3541	0.7617
Modal	8	0.002	4.19E-05	0	0	0.7522	0.8128	0	0.00E+00	0.0001	1.76E-06	0.5732	0.3542	0.7617
Modal	9	0.002	0.0306	0.00E+00	0	0.7829	0.8128	0	1.00E-04	0.1037	0.0011	0.5733	0.4579	0.7628
Modal	10	0.001	0.0002	1.00E-04	0	0.783	0.8129	0	1.00E-04	0.0008	1.00E-04	0.5734	0.4587	0.7629
Modal	11	0.001	0.0001	3.00E-04	0	0.7831	0.8132	0	7.00E-04	0.0003	0.0002	0.5741	0.459	0.7631
Modal	12	0.001	2.27E-05	1.11E-06	0	0.7832	0.8132	0	2.79E-06	4.41E-05	0	0.5741	0.4591	0.7631
Modal	13	0.001	5.00E-04	1.00E-04	0	0.7837	0.8133	0	1.00E-04	1.70E-03	5.00E-04	0.5742	0.4608	0.7636
Modal	14	0.001	2.30E-03	2.00E-04	0	0.786	0.8135	0	4.00E-04	4.70E-03	2.00E-04	0.5746	0.4655	0.7638
Modal	15	0.001	7.28E-06	4.74E-05	0	0.786	0.8135	0	1.00E-04	1.00E-04	3.00E-04	0.5747	0.4656	0.7641
Modal	16	0.001	1.00E-04	1.67E-05	0	0.7861	0.8135	0	1.00E-04	2.00E-04	0.00E+00	0.5747	0.4658	0.7641
Modal	17	0.001	2.79E-06	1.90E-05	0	0.7861	0.8136	0	3.47E-05	0.0001	2.00E-04	0.5748	0.4658	0.7643
Modal	18	0.001	5.23E-06	3.00E-04	0	0.7861	0.8138	0	7.00E-04	5.51E-06	2.00E-04	0.5754	0.4658	0.7645
Modal	19	0.001	2.00E-04	1.56E-05	0	0.7863	0.8138	0	7.53E-06	7.00E-04	2.00E-04	0.5755	0.4665	0.7647
Modal	20	0.001	0.0002	8.18E-06	0	0.7865	0.8139	0	2.55E-05	0.0006	2.00E-04	0.5755	0.4671	0.7649
Modal	21	0.001	1.01E-06	1.30E-05	0	0.7865	0.8139	0	1.25E-05	1.53E-05	0.0002	0.5755	0.4671	0.7651
Modal	22	0.001	1.40E-05	9.00E-06	0	0.7865	0.8139	0	1.77E-05	3.71E-05	0.0002	0.5755	0.4672	0.7653
Modal	23	0.001	0.00E+00	1.43E-05	0	0.7865	0.8139	0	3.10E-05	0.00E+00	5.44E-06	0.5755	0.4672	0.7653
Modal	24	0.001	7.27E-07	1.00E-04	0	0.7865	0.814	0	0.0002	2.79E-06	1.50E-05	0.5758	0.4672	0.7653
Modal	25	0.001	4.46E-06	2.94E-05	0	0.7865	0.814	0	1.00E-04	1.50E-05	0.00E+00	0.5759	0.4672	0.7653
Modal	26	0.001	1.10E-06	4.64E-06	0	0.7865	0.814	0	8.23E-06	3.80E-06	1.04E-06	0.5759	0.4672	0.7653
Modal	27	0.001	6.16E-07	7.47E-06	0	0.7865	0.814	0	1.75E-05	2.29E-06	7.76E-07	0.5759	0.4672	0.7653
Modal	28	0.001	1.34E-05	3.23E-05	0	0.7865	0.8141	0	0.0001	3.60E-05	9.81E-06	0.576	0.4672	0.7654
Modal	29	0.001	0.00E+00	1.00E-04	0	0.7865	0.8142	0	0.0003	0.00E+00	0.0001	0.5763	0.4672	0.7655
Modal	30	0.0001427	0	0.00E+00	0	0.7865	0.8142	0	0.00E+00	0	0	0.5763	0.4672	0.7655

Tabla N° 162: Factor de masa participativa
 Elaboración propia

CORTANTE ESTÁTICA EN X

Datos necesarios

TX=	0.6811	
Z=	0.45	ZONA 4
U=	1	VIVIENDA
S=	1.1	SUELO S3
TP=	1	
TL=	1.6	
CX=	2.5	
Rx=	6.3	Dual Ro=7
Ia=	0.9	
Ip=	1	

Tabla N° 163: Datos para la cortante estática en X
 Elaboración propia

Resultados:

Cx/Ry>0.125	0.396825	cumple
PESO EDIFICACION	3337.75	
COEFE SISMICO V=ZUCS/R	0.196429	
CORTANTE ESTATICA VX=	655.6295	ton

Tabla N° 164: Resultados de la cortante estática en X
 Elaboración propia

DISTRIBUCION EN ALTURA DE LAS FUERZAS SÍSMICAS EN DIRECCIÓN X-X

VX=	655.6295
k=	1.09055

Tabla N° 165: Datos para hallar las fuerzas sísmicas en X-X
 Elaboración propia

PISO	ALTURA	PESO	Pi*(hi)^k	alfa i	Fi	Mti
	h	ton			ton	ton*m
TECHO 10	28.2	128.5173	4868.697	0.077998	51.13754	45.7681
TECHO 09	25.2	356.7639	11958.18	0.191573	125.6008	112.4127
TECHO 08	22.4	356.7639	10519.4	0.168523	110.4887	98.88741
TECHO 07	19.6	356.7639	9096.46	0.145727	95.54314	85.51111
TECHO 06	16.8	356.7639	7691.438	0.123219	80.78573	72.30322
TECHO 05	14	356.7639	6307.056	0.10104	66.2451	59.28936
TECHO 04	11.2	356.7639	4947.09	0.079253	51.96093	46.50503
TECHO 03	8.4	356.7639	3617.15	0.057948	37.99212	34.00295
TECHO 02	5.6	356.7639	2326.531	0.037272	24.43632	21.87051
TECHO 01	2.8	355.1215	1089.09	0.017447	11.43907	10.23797

Tabla N° 166: Fuerzas Sísmicas en X-X
 Elaboración propia

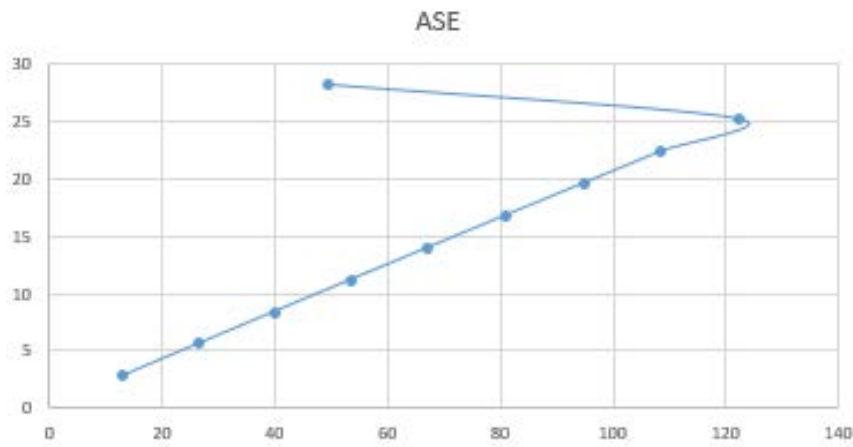


Figura N° 185: Fuerzas Sísmicas en X-X
 Elaboración propia

CORTANTE ESTÁTICA EN Y

Datos necesarios

Ty=	0.6768	
Z=	0.45	ZONA 3
U=	1	VIVIENDA
S=	1.1	SUELO S2
TP=	1	
TL=	1.6	
Cy=	2.5	
Ry=	6.3	Dual Ro=7
la=	0.9	
lp=	1	

Tabla N° 167: Datos para la cortante estática en Y
 Elaboración propia

Resultados

Cx/Ry>0.125	0.396825	cumple
PESO EDIFICACION	3337.75	
COEFE SISMICO V=ZUCS/R	0.196429	
CORTANTE ESTÁTICA Vy=	655.6295	ton

Tabla N° 168: Resultados de la cortante estática en Y
 Elaboración propia

DISTRIBUCIÓN EN ALTURA DE FUERZAS SÍSMICAS EN DIRECCIÓN Y-Y

VX=	655.6295
k=	1.08275

Tabla N° 169: Datos para hallar las fuerzas sísmicas en Y-Y
 Elaboración propia

PISO	ALTURA h	PESO ton	$P_i \cdot (h_i)^k$	alfa i	F_i ton	M_{ti} ton*m
TECHO 10	28.2	128.5173	4868.697	0.077998	51.13754	45.7681
TECHO 09	25.2	356.7639	11958.18	0.191573	125.6008	112.4127
TECHO 08	22.4	356.7639	10519.4	0.168523	110.4887	98.88741
TECHO 07	19.6	356.7639	9096.46	0.145727	95.54314	85.51111
TECHO 06	16.8	356.7639	7691.438	0.123219	80.78573	72.30322
TECHO 05	14	356.7639	6307.056	0.10104	66.2451	59.28936
TECHO 04	11.2	356.7639	4947.09	0.079253	51.96093	46.50503
TECHO 03	8.4	356.7639	3617.15	0.057948	37.99212	34.00295
TECHO 02	5.6	356.7639	2326.531	0.037272	24.43632	21.87051
TECHO 01	2.8	355.1215	1089.09	0.017447	11.43907	10.23797

Tabla N° 170: Fuerzas Sísmicas en Y-Y
 Elaboración propia

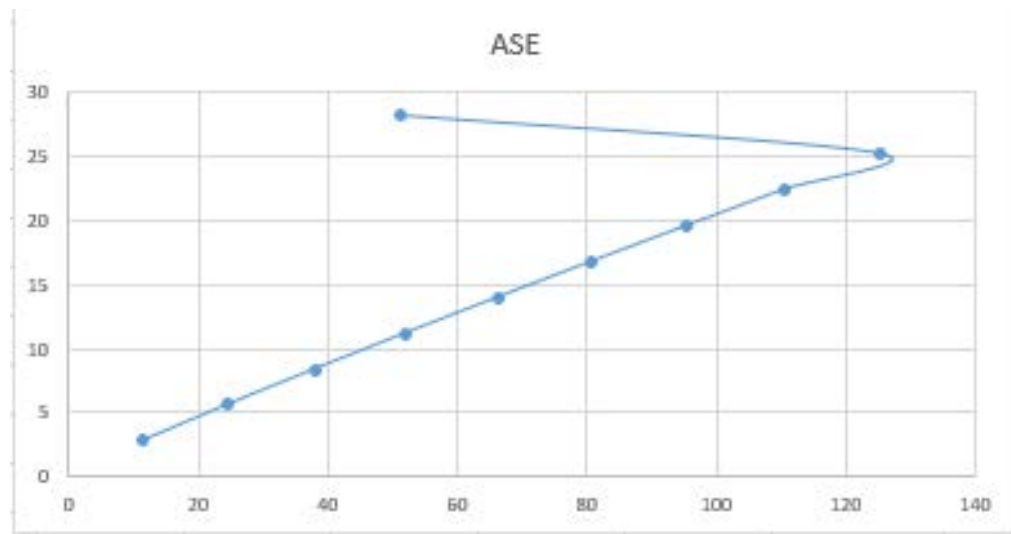


Figura N° 186: Fuerzas Sísmicas en Y-Y
 Elaboración propia

VERIFICACIÓN:

Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY	PESO POR NIVEL
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m	TON
TECHO 10	PESO	Bottom	128.5173	0	0	0	1524.1331	-1171.3928	128.5173
TECHO 09	PESO	Bottom	485.2812	0	0	0	4640.1897	-4568.7534	356.7639
TECHO 08	PESO	Bottom	842.0451	0	0	5.23E-07	7756.2463	-7966.1139	356.7639
TECHO 07	PESO	Bottom	1198.809	0	0	6.85E-07	10872.3029	-11363.4745	356.7639
TECHO 06	PESO	Bottom	1555.5729	0	0	7.29E-07	13988.3594	-14760.835	356.7639
TECHO 05	PESO	Bottom	1912.3368	0	0	8.10E-07	17104.416	-18158.1956	356.7639
TECHO 04	PESO	Bottom	2269.1007	0	0	8.61E-07	20220.4726	-21555.5561	356.7639
TECHO 03	PESO	Bottom	2625.8646	0	0	9.29E-07	23336.5292	-24952.9167	356.7639
TECHO 02	PESO	Bottom	2982.6285	0	0	9.50E-07	26452.5858	-28350.2773	356.7639
TECHO 01	PESO	Bottom	3337.75	0	0	9.58E-07	29565.3575	-31718.1562	355.1215
SOTANO	PESO	Bottom	3767.5502	0	0	9.64E-07	33681.9075	-35916.4955	429.8002
									3767.5502

Tabla N° 171: Peso de la edificación
 Elaboración propia

RATIO PESO/AREA		
PESO	356.7639	
AREA	245.79	
	1.45149884	ton/m2

*Tabla N° 172: Ratio
 Elaboración propia*

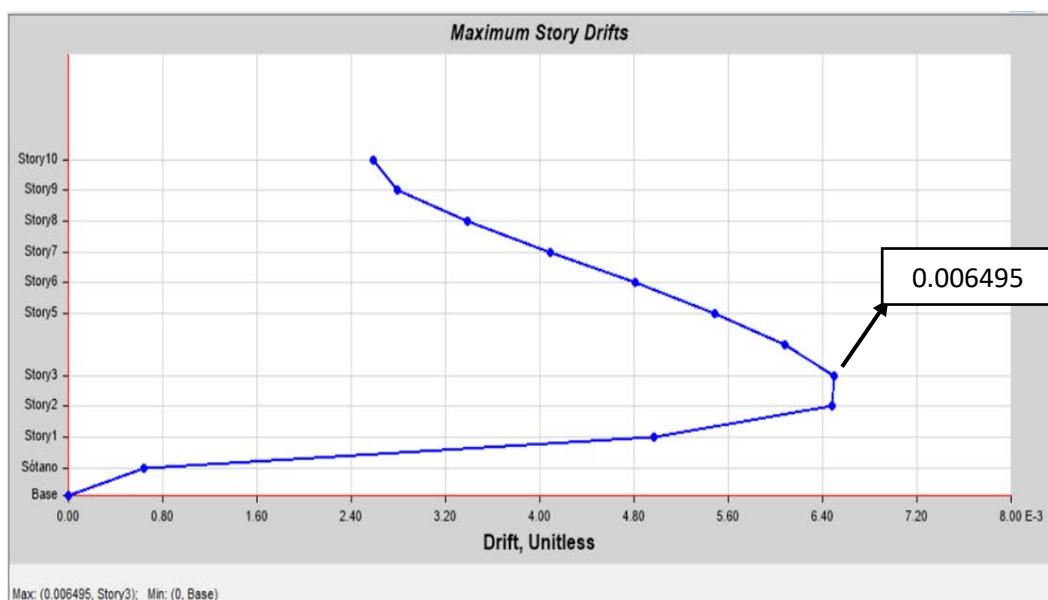
6.4.6.2. ANALISIS DINAMICO ESPECTRAL

Como se estipuló anteriormente, este es el análisis que nos proporcionará resultados necesarios. A continuación, se presentan:

DERIVAS EN X-X

DERIVAS X-X							
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
Story10	DERIVA XX Max	X	0.00259	26	11.1	19.78	30.5
Story9	DERIVA XX Max	X	0.00279	26	11.1	19.78	27.7
Story8	DERIVA XX Max	X	0.003389	26	11.1	19.78	24.9
Story7	DERIVA XX Max	X	0.004092	26	11.1	19.78	22.1
Story6	DERIVA XX Max	X	0.004806	26	11.1	19.78	19.3
Story5	DERIVA XX Max	X	0.005487	26	11.1	19.78	16.5
Story4	DERIVA XX Max	X	0.006082	26	11.1	19.78	13.7
Story3	DERIVA XX Max	X	0.006495	26	11.1	19.78	10.9
Story2	DERIVA XX Max	X	0.006482	26	11.1	19.78	8.1
Story1	DERIVA XX Max	X	0.004967	26	11.1	19.78	5.3
Sótano	DERIVA XX Max	X	0.000644	7	19.55	19.93	2.5

*Tabla N° 173: Derivas en X-X – Sistema Disipadores SLB
 Elaboración propia*



*Figura N° 187: Derivas en X-X – Sistema Disipadores SLB
 Elaboración propia*

DERIVAS EN Y-Y

DERIVA Y-Y							
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
Story10	DERIVA YY Max	Y	0.000231	32	5.95	16.78	30.5
Story9	DERIVA YY Max	Y	0.000258	36	0	7.35	27.7
Story8	DERIVA YY Max	Y	0.000231	38	19.55	8.825	24.9
Story7	DERIVA YY Max	Y	0.000223	30	19.55	2	22.1
Story6	DERIVA YY Max	Y	0.000222	38	19.55	8.825	19.3
Story5	DERIVA YY Max	Y	0.000222	38	19.55	8.825	16.5
Story4	DERIVA YY Max	Y	0.000223	38	19.55	8.825	13.7
Story3	DERIVA YY Max	Y	0.000232	38	19.55	8.825	10.9
Story2	DERIVA YY Max	Y	0.00029	38	19.55	8.825	8.1
Story1	DERIVA YY Max	Y	0.000198	38	19.55	8.825	5.3
Sótano	DERIVA YY Max	Y	2.10E-05	3	-0.15	2	2.5

Tabla N° 174: Derivas en Y-Y – Sistema Disipadores SLB
 Elaboración propia

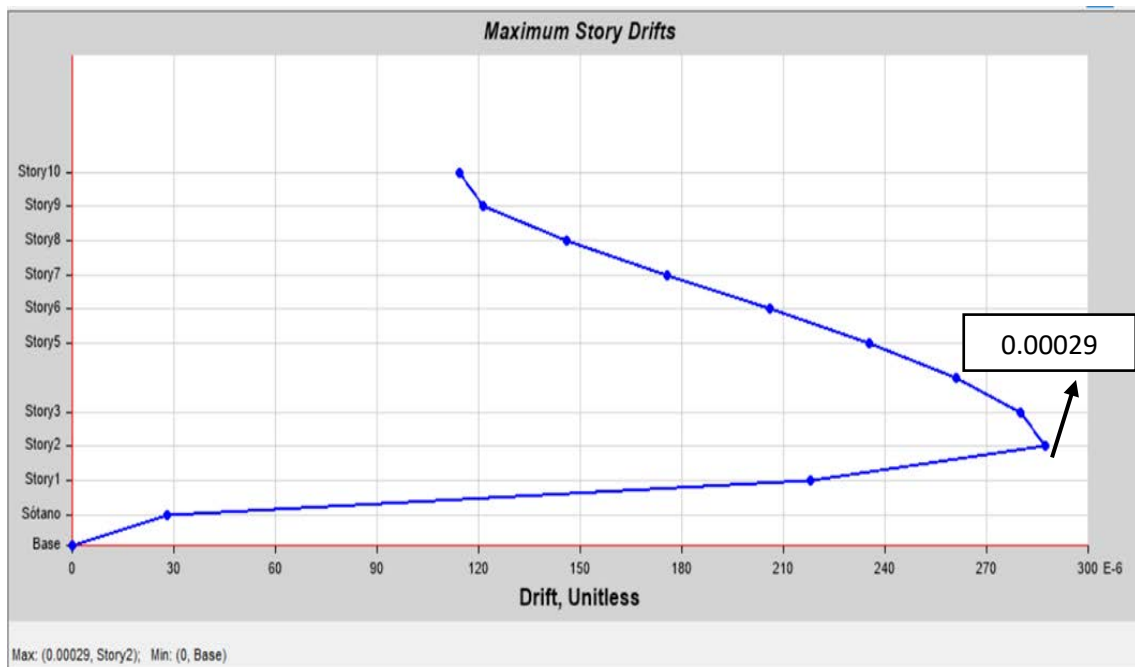


Figura N° 188: Derivas en Y-Y – Sistema Disipadores SLB
 Elaboración propia

COMPROBAMOS TORSIÓN

Esto significa que la ratio por hallar debe ser mayor a 1.20



Torsión en X-X

TORSIÓN X-X										OBSERVACION
Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label	Max Loc X	Max Loc Y	Max Loc Z	
							m	m	m	
TECHO 10	DERIVAXX Max	Diaph D techo 10 X	0.00259	0.002195	1.18	26	1110	1978	3050	TORSION
TECHO 09	DERIVAXX Max	Diaph D techo 09 X	0.00279	0.00234	1.192	26	1110	1978	2770	TORSION
TECHO 08	DERIVAXX Max	Diaph D techo 08 X	0.003389	0.002788	1.215	26	1110	1978	2490	TORSION
TECHO 07	DERIVAXX Max	Diaph D techo 07 X	0.004092	0.003301	1.24	26	1110	1978	2210	TORSION
TECHO 06	DERIVAXX Max	Diaph D techo 06 X	0.004806	0.003821	1.258	26	1110	1978	1930	TORSION
TECHO 05	DERIVAXX Max	Diaph D techo 05 X	0.005487	0.00431	1.273	26	1110	1978	1650	TORSION
TECHO 04	DERIVAXX Max	Diaph D techo 04 X	0.006082	0.004727	1.287	26	1110	1978	1370	TORSION
TECHO 03	DERIVAXX Max	Diaph D techo 03 X	0.006495	0.00499	1.302	26	1110	1978	1090	TORSION
TECHO 02	DERIVAXX Max	Diaph D techo 02 X	0.006482	0.004905	1.322	26	1110	1978	810	TORSION
TECHO 01	DERIVAXX Max	Diaph D techo 01 X	0.004967	0.003738	1.329	26	1110	1978	530	TORSION

Tabla N° 175: Verificación de torsión X-X
 Elaboración propia

Por lo tanto, Rx de diseño es:

$$R_x \text{ diseño} = R_0 * I_a * I_p = 7 * 1 * 0.75 = 5.25$$

Irregularidad solo en GEOMETRÍA Y TORSIÓN

Torsión en Y-Y

TORSIÓN Y-Y										OBSERVACION
Story	Load Case/Combo	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label	Max Loc X	Max Loc Y	Max Loc Z	
							m	m	m	
TECHO 10	DERIVAYY Max	Diaph D techo 10 Y	0.000231	0.000229	1.01	20	1195	200	3050	TORSION
TECHO 09	DERIVAYY Max	Diaph D techo 09 Y	0.000258	0.00024	1.072	36	0	735	2770	TORSION
TECHO 08	DERIVAYY Max	Diaph D techo 08 Y	0.000231	0.000216	1.066	36	0	735	2490	TORSION
TECHO 07	DERIVAYY Max	Diaph D techo 07 Y	0.000223	0.00021	1.061	36	0	735	2210	TORSION
TECHO 06	DERIVAYY Max	Diaph D techo 06 Y	0.000222	0.000208	1.066	36	0	735	1930	TORSION
TECHO 05	DERIVAYY Max	Diaph D techo 05 Y	0.000222	0.000206	1.077	29	0	200	1650	TORSION
TECHO 04	DERIVAYY Max	Diaph D techo 04 Y	0.000223	0.000204	1.096	36	0	735	1370	TORSION
TECHO 03	DERIVAYY Max	Diaph D techo 03 Y	0.000232	0.000203	1.14	29	0	200	1090	TORSION
TECHO 02	DERIVAYY Max	Diaph D techo 02 Y	0.00029	0.000234	1.236	36	0	735	810	TORSION
TECHO 01	DERIVAYY Max	Diaph D techo 01 Y	0.000198	0.000166	1.196	36	0	735	530	TORSION

Tabla N° 176: Verificación de torsión Y-Y
 Elaboración propia

Por lo tanto, Ry de diseño es:

$$R_y \text{ diseño} = R_0 * I_a * I_p = 7 * 1 * 0.75 = 5.25$$

Irregularidad en GEOMETRIA

FUERZA CORTANTE MINIMO EN LA BASE

En primer lugar, se compararán los análisis de tal manera que podamos comprobar que el análisis dinámico sea el correcto. Con la tabla anterior de modos de vibración



y con la siguiente tabla resumen podemos decir que el análisis dinámico no es el adecuado, ya que no es el 90% del análisis estático y que se halló un factor escala que podemos usar para modificar este, con el nuevo análisis dinámico se obtuvo:

Z=	0.45	Zona 4							
U=	1	Vivienda							
S=	1.1	S2							
TP=	1	s							
TL=	1.6	s							
CX=	2.5	TX=	0.514	VX=ZUCxS/Rx	0.2357143	3337.75	786.755357	473.1945	1.4963822 Irregular
CY=	2.5	TY=	0.034	VY=ZUCyS/Ry	0.2357143	3337.75	786.755357	564.5309	1.25428 Irregular
Rx=	5.25	peso		Cx/Rx>0.125	0.4761905	CUMPLE			
Ry=	5.25	peso y torsion		Cy/Ry>0.125	0.4761905	CUMPLE			

*Tabla N° 177: Resultados de comprobar los análisis
 Elaboración propia*

Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
TECHO 10	SISXX Max	Bottom	0	32.8284	2.1076	414.4441	6.3229	98.4853
TECHO 10	SISYY Max	Bottom	0	5.6853	42.2607	459.1755	126.7822	17.0558
TECHO 09	SISXX Max	Bottom	0	148.3884	7.1146	1520.1624	25.6948	509.843
TECHO 09	SISYY Max	Bottom	0	9.623	186.7899	2094.015	641.7183	41.2449
TECHO 08	SISXX Max	Bottom	0	256.7188	11.1595	2554.8739	56.3554	1221.8736
TECHO 08	SISYY Max	Bottom	0	8.6786	319.4572	3594.4556	1526.8344	60.043
TECHO 07	SISXX Max	Bottom	0	347.2128	13.9082	3425.6389	94.1817	2182.2476
TECHO 07	SISYY Max	Bottom	0	8.9343	426.3895	4796.0694	2704.5938	64.1683
TECHO 06	SISXX Max	Bottom	0	422.5634	15.9711	4152.9151	136.6094	3346.8966
TECHO 06	SISYY Max	Bottom	5.65E-07	15.9501	513.1813	5765.4195	4114.9063	71.3948
TECHO 05	SISXX Max	Bottom	0	484.499	17.8766	4749.7595	182.6205	4676.8786
TECHO 05	SISYY Max	Bottom	8.24E-07	21.346	583.7274	6549.765	5709.884	110.412
TECHO 04	SISXX Max	Bottom	0	533.9058	19.8779	5223.409	232.3055	6136.9448
TECHO 04	SISYY Max	Bottom	1.04E-06	22.939	640.0461	7172.7743	7449.5786	169.7597
TECHO 03	SISXX Max	Bottom	0	570.6268	21.8218	5572.4905	286.1017	7693.6437
TECHO 03	SISYY Max	Bottom	1.19E-06	24.2065	682.941	7646.6976	9298.6933	234.8852
TECHO 02	SISXX Max	Bottom	0	594.331	23.3469	5793.7543	343.9767	9314.5168
TECHO 02	SISYY Max	Bottom	1.31E-06	27.7608	711.9397	7967.7178	11224.244	304.7682
TECHO 01	SISXX Max	Bottom	0	604.0605	24.068	5883.1324	404.9924	10967.354
TECHO 01	SISYY Max	Bottom	1.34E-06	30.3941	724.8838	8109.8436	13192.428	380.7198
SOTANO	SISXX Max	Bottom	0	367.8853	38.5479	3154.2811	414.5027	9870.4949
SOTANO	SISYY Max	Bottom	1.33E-06	15.8296	334.9525	2783.4165	12190.201	378.1709

*Tabla N° 178: Cortante dinámica
 Elaboración propia*

6.4.7. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

6.4.7.1. DISEÑO DE VIGAS

- **PREDIMENSIONAMIENTO**

En capítulos anteriores se explicó el proceso del Predimensionamiento, aquí pondremos los valores obtenidos basándonos en este método, habiendo hecho uso del software Mathcad Prime 5.0.0.0.

VIGA EN X

$$VX = 50.00 \text{ cm} \times 25.00 \text{ cm}$$

VIGA EN Y

$$VY = 50.00 \text{ cm} \times 25.00 \text{ cm}$$

- **DISEÑO**

Se ha diseñado usando el software Mathcad Prime 5.0.0.0. como en el capítulo anterior, de igual manera se adjuntarán las hojas de cálculo en los anexos.

El análisis no ha hecho variar el tamaño de las vigas y hemos quedado con los siguientes valores

VIGA EN X

$$VX = 75.00 \text{ cm} \times 30.00 \text{ cm}$$

VIGA EN Y

$$VY = 60.00 \text{ cm} \times 35.00 \text{ cm}$$

Datos necesarios:

$$F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F'y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Phi} = 0.90$$

DISEÑO DE VIGA EN X – 75X30

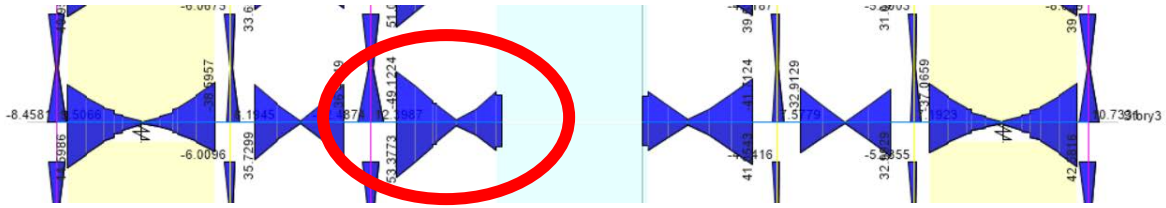


Figura N° 189: Diagrama de Momento Flector

Elaboración propia



Figura N° 190: Diseño de acero basado en el programa ETABS

Elaboración propia

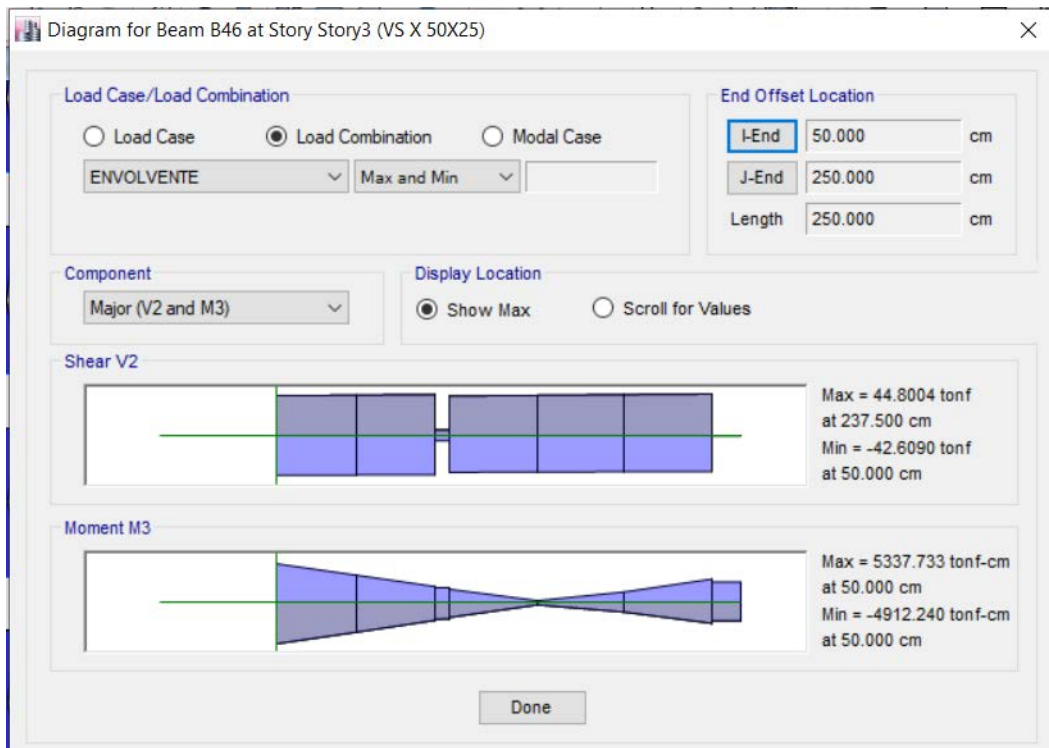


Figura N° 191: Diagrama de Momentos Máximos

Elaboración propia

Momentos máximos:

M máximo izquierdo = 53.3773×10^5 tonf-m

M mínimo izquierdo = 49.1224×10^5 tonf-m



M máximo derecho = 23.9966×10^5 tonf-m

M mínimo derecho = 25.6676×10^5 tonf-m

Cuantía mecánica:

W máximo izquierda = 0.214

W máximo derecha = 0.095

Cuantía de acero:

P máximo izquierda = 0.011

P máximo derecha = 0.005

Área de acero:

As máximo izquierda = 22.762

As máximo derecha = 10.137

Trabajamos bajo la siguiente condición:

Si el área de acero requerida sale:

ÁREA DE ACERO	DIAMETRO DE BARRA
0.00 – 5.00 cm ²	1/2" – 5/8"
5.00 – 10.00 cm ²	5/8" – 3/4"
10.00 cm ² – a más	3/4" – 1"

*Tabla N° 179: Área de acero
 Elaboración propia*

Acero mínimo:

$$A_{smin} := \left(0.7 \cdot \frac{\sqrt{f'c}}{f'y} \right) \cdot b \cdot d = 5$$

Acero longitudinal (-):

As = 4 barras de 1" = 20.40 cm²

Acero longitudinal (+):

As = 4 barras de 1" = 20.40 cm²

El acero colocado en la parte superior cumple y supera lo estipulado por Etabs.

Comprobamos dimensiones:

Recubrimiento = 4.00 cm

Estribo = 0.95 cm

Diámetro de la barra = 2.54 cm

$$B = 2 * 4 + 0.95 * 2 + 4 * 2.54 + 3 * x$$

$$B = 30.00 \text{ cm}$$

X = 3.31, lo cual es mayor que 2.54 cm (el mínimo)

DISEÑO POR CORTE

$$V_u \leq \phi V_n$$

Donde:

V_u = Demanda sísmica del análisis

V_n = Capacidad Resistente del área transversal

Phi = Factor de reducción de resistencia = 0.85

$$B = 30.00$$

$$D = 71.00$$

$$V_c := 0.53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot \frac{d}{1000} = 16.359$$

$$V_u := 41.4097$$

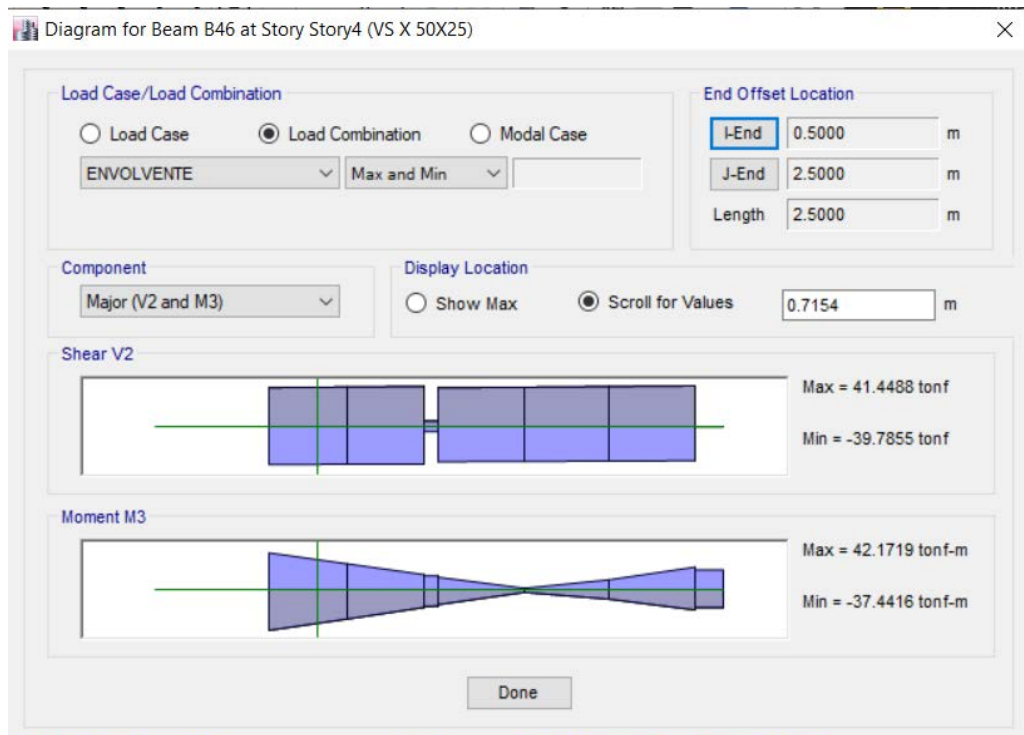


Figura N° 192: Diagrama de Fuerza Cortante
 Elaboración propia

$$V_s := \frac{V_u}{\phi} - V_c = 32.358 \quad f'y := 4200$$

$$V_n := V_s + V_c = 48.717 \quad A_v := 1.29$$

$$s := A_v \cdot f'y \cdot \frac{d}{V_s \cdot 1000} = 11.888$$

La norma nos dice, ya que el resultado sobra, basándonos en el Art. 21.4.4.4.

$$z_c := 2 \cdot h = 150 \quad db1 := 1.59 \quad db2 := 0.95$$

$$s_{0.1} := \frac{d}{4} = 17.75 \quad s_{0.2} := 10 \cdot db1 = 15.9$$

$$s_{0.3} := 24 \cdot db2 = 22.8 \quad s_{0.4} := 30$$

$$s_{0final} := 10 \quad \#estribos := \frac{z_c}{s_{0final}} = 15$$

En la zona de confinamiento

$$V_s := Av \cdot f'y \cdot \frac{d}{s_{final} \cdot 1000} = 38.468$$

$$\phi V_n := \phi \cdot (V_c + V_s) = 46.603 \quad Vu \leq \phi V_n \dots\dots\dots \text{CUMPLE}$$

En la zona de no confinamiento

$$V_s := Av \cdot f'y \cdot \frac{d}{10 \cdot 1000} = 38.468$$

$$\phi V_n := \phi \cdot (V_c + V_s) = 46.603 \quad Vu \leq \phi V_n \dots\dots\dots \text{CUMPLE}$$

Usar: 1/2" 1 @ 0.05cm, rto @ 0.10cm

DISEÑO DE VIGA EN Y – 60X35

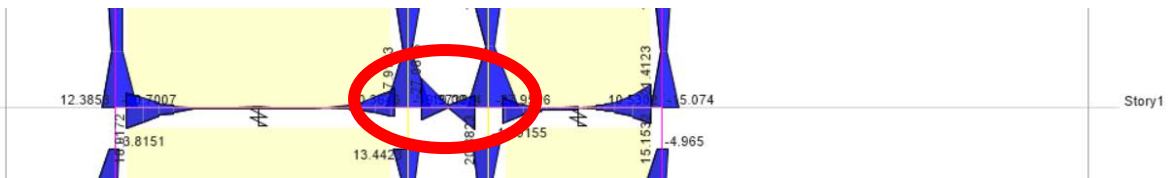


Figura N° 193: Diagrama de Momento Flector
 Elaboración propia



Figura N° 194: Diseño de acero basado en el programa ETABS
 Elaboración propia

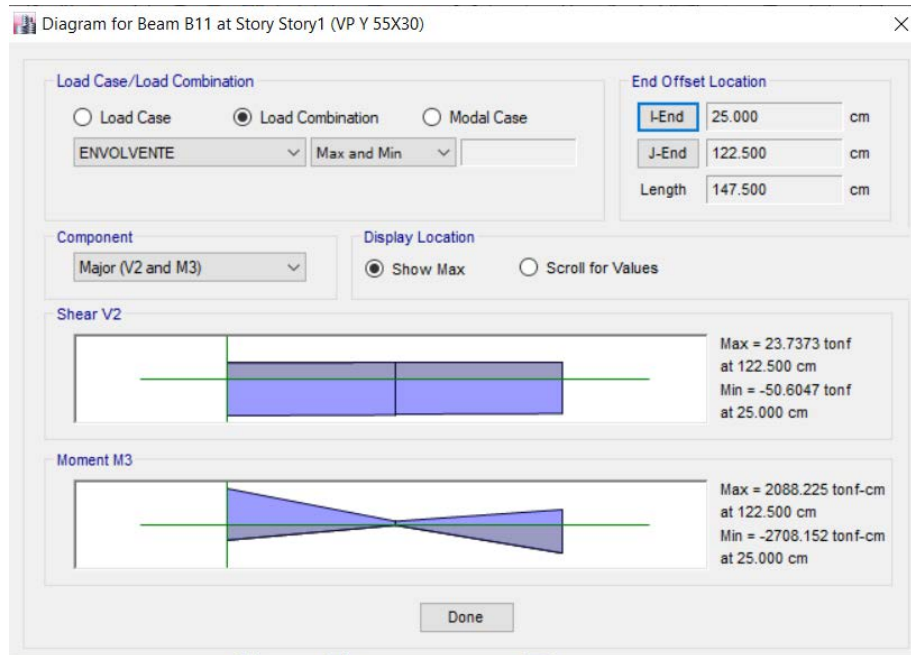


Figura N° 195: Diagrama de Momentos Máximos
Elaboración propia

Momentos máximos:

M máximo izquierdo = 11.2731×10^5 tonf-m

M mínimo izquierdo = 2.1613×10^5 tonf-m

M máximo derecho = 20.9560×10^5 tonf-m

M mínimo derecho = 1.0615×10^5 tonf-m

Cuantía mecánica:

W máximo izquierda = 0.143

W máximo derecha = 0.108

Cuantía de acero:

P máximo izquierda = 0.007

P máximo derecha = 0.005

Área de acero:

As máximo izquierda = 13.972

As máximo derecha = 10.537

Trabajamos bajo la siguiente condición:

Si el área de acero requerida sale:

ÁREA DE ACERO	DIAMETRO DE BARRA
0.00 – 5.00 cm ²	1/2" – 5/8"
5.00 – 10.00 cm ²	5/8" – 3/4"
10.00 cm ² – a más	3/4" – 1"

Tabla N° 180: Área de acero
 Elaboración propia

Acero mínimo:

$$A_{smin} := \left(0.7 \cdot \frac{\sqrt{f'c}}{f'y} \right) \cdot b \cdot d = 4.734$$

Acero longitudinal (-):

$$A_s = 3 \text{ barras de } 1" = 15.30 \text{ cm}^2$$

Acero longitudinal (+):

$$A_s = 3 \text{ barras de } 1" = 15.30 \text{ cm}^2$$

El acero colocado en la parte superior cumple y supera lo estipulado por Etabs.

Comprobamos dimensiones:

$$\text{Recubrimiento} = 4.00 \text{ cm}$$

$$\text{Estribo} = 0.95 \text{ cm}$$

$$\text{Diámetro de la barra} = 2.54 \text{ cm}$$

$$B = 2 \cdot 4 + 0.95 \cdot 2 + 3 \cdot 2.54 + 2 \cdot x$$

$$B = 35.00 \text{ cm}$$

$$X = 8.74, \text{ lo cual es mayor que } 2.54 \text{ cm (el mínimo)}$$

DISEÑO POR CORTE

$$V_u \leq \phi V_n$$

Donde:

V_u = Demanda sísmica del análisis

V_n = Capacidad Resistente del área transversal

Φ = Factor de reducción de resistencia = 0.85

$B = 35.00$

$D = 56.00$

$$V_c := 0.53 \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot \frac{d}{1000} = 12.903$$

$$V_u := 22.1259$$

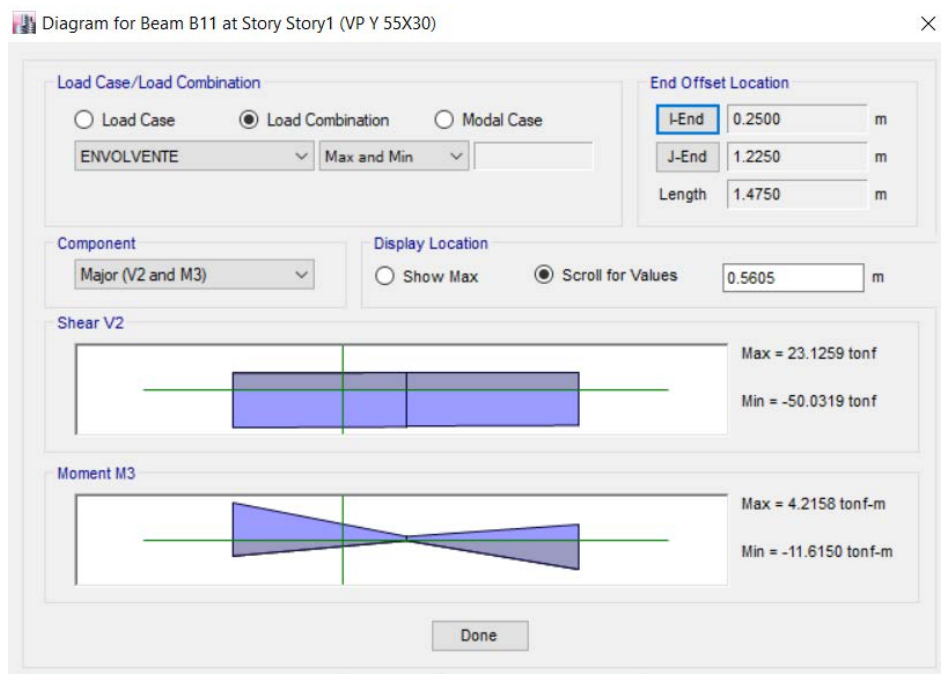


Figura N° 196: Diagrama de Fuerza Cortante
 Elaboración propia

$$V_s := \frac{V_u}{\Phi} - V_c = 13.127$$

$$f'_y := 4200$$

$$V_n := V_s + V_c = 26.03$$

$$A_v := 0.95$$

$$s := A_v \cdot f'_y \cdot \frac{d}{V_s \cdot 1000} = 17.021$$



La norma nos dice, ya que el resultado sobra, basándonos en el Art. 21.4.4.4.

$$z_c := 2 \cdot h = 120 \quad db1 := 1.59 \quad db2 := 0.95$$

$$s_{0.1} := \frac{d}{4} = 14 \quad s_{0.2} := 10 \cdot db1 = 15.9$$

$$s_{0.3} := 24 \cdot db2 = 22.8 \quad s_{0.4} := 30$$

$$s_{final} := 10 \quad \#estribos := \frac{z_c}{s_{final}} = 12$$

$$s1 := \frac{d}{2} = 28$$

En la zona de confinamiento

$$V_s := A_v \cdot f'_y \cdot \frac{d}{s_{final} \cdot 1000} = 22.344$$

$$\phi V_n := \phi \cdot (V_c + V_s) = 29.96 \quad V_u \leq \phi V_n \dots\dots\dots \text{CUMPLE}$$

En la zona de no confinamiento

$$V_s := A_v \cdot f'_y \cdot \frac{d}{15 \cdot 1000} = 14.896$$

$$\phi V_n := \phi \cdot (V_c + V_s) = 23.629 \quad V_u \leq \phi V_n \dots\dots\dots \text{CUMPLE}$$

Usar: 3/8" 1@0.05cm, 12@0.10, rto@0.15cm

6.4.7.2. DISEÑO DE COLUMNAS

- **PREDIMENSIONAMIENTO**

En capítulos anteriores se explicó el proceso del Predimensionamiento, aquí pondremos los valores obtenidos basándonos en este método, habiendo hecho uso del software Mathcad Prime 5.0.0.0.



COLUMNAS CENTRADAS

CC = 40.00 cm x 40.00 cm

COLUMNAS EXCENTRICAS

CEX = 50.00 cm x 50.00 cm

COLUMNAS ESQUINADAS

CES = 30.00 x 30.00 cm

- **DISEÑO**

Se ha diseñado usando el software Mathcad Prime 5.0.0.0. como en el capítulo anterior, de igual manera se adjuntarán las hojas de cálculo en los anexos.

El análisis no ha hecho variar el tamaño de las columnas y hemos quedado con los siguientes valores

COLUMNAS CENTRADAS

CC = 90.00 cm x 50.00 cm

COLUMNAS EXCENTRICAS

CEX = 90.00 cm x 50.00 cm

COLUMNAS ESQUINADAS

CES = 100.00 x 60.00 cm

- **DISEÑO DE LA CURVA DE INTERACCIÓN**

En el capítulo anterior se explica la formación de esta curva así que en este capítulo no se considerará.

- **DISEÑO DE COLUMNAS**

Se explicó en el capítulo anterior, el cálculo de los puntos de la curva de interacción con el uso del software Mathcad Prime, ahora se dispondrá a trabajar con los datos necesario.

COLUMNA CC 90X50

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	511.7931	0	511.7931	0
2	511.7931	15.8289	511.7931	-15.8289
3	511.3482	24.3531	511.3482	-24.3531
4	461.0614	31.7848	461.0614	-31.7848
5	408.7552	37.8278	408.7552	-37.8278
6	353.6249	42.5915	353.6249	-42.5915
7	294.3725	46.2524	294.3725	-46.2524
8	230.0662	49.1148	230.0662	-49.1148
9	210.9332	52.8839	210.9332	-52.8839
10	184.0454	56.6945	184.0454	-56.6945
11	127.2421	55.6735	127.2421	-55.6735
12	68.6158	46.8685	68.6158	-46.8685
13	-2.9363	34.1878	-2.9363	-34.1878
14	-123.7434	10.8221	-123.7434	-10.8221
15	-170.1	0	-170.1	0

Tabla N° 181: Datos para el ángulo 0° y 180°
 Elaboración propia

PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	511.7931	0	511.7931	0
2	511.7931	29.8303	511.7931	-29.8303
3	511.7931	45.5863	511.3482	-45.5863
4	464.6172	59.0306	461.0614	-59.0306
5	414.8594	70.2908	408.7552	-70.2908
6	362.619	79.557	353.6249	-79.557
7	306.8596	87.1253	294.3725	-87.1253
8	247.1798	93.4829	230.0662	-93.4829
9	228.1	101.5447	210.9332	-101.5447
10	203.6165	110.4361	184.0454	-110.4361
11	154.8244	112.2484	127.2421	-112.2484
12	100.1079	100.6743	68.6158	-100.6743
13	40.0382	81.6714	-2.9363	-81.6714
14	-46.4305	49.5095	-123.7434	-49.5095
15	-170.1	0	-170.1	0

Tabla N° 182: Datos para el ángulo 90° y 270°
 Elaboración propia



Story	Column	Unique Name	Load Case/Combo	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
TECHO 01	C13	13	Dead	0	-118.1067	3.4743	-0.3318	-0.0708	-0.4403	4.3642
TECHO 01	C13	13	Live	0	-44.1732	1.5162	0.2042	-0.021	0.2494	1.9048
TECHO 01	C13	13	SISXX Max	0	49.1199	9.5894	16.985	1.8805	29.7324	13.676
TECHO 01	C13	13	SISYY Max	0	26.8941	5.365	1.1951	0.1504	2.062	7.9172

Tabla N° 183: Resultados obtenidos del programa Etabs
 Elaboración propia

COMBINACIONES DE DISEÑO					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
	GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	240.44382	-0.19244	9.34804
SIS XX		1.25(CM+CV)+SISXX	251.969775	29.493775	21.51225
		1.25(CM+CV)-SISXX	153.729975	-29.971025	-5.83975
		0.9CM+SISXX	155.41593	29.33613	17.60378
		0.9CM-SISXX	57.17613	-30.12867	-9.74822
SISYY		1.25(CM+CV)+SISYY	229.743975	1.823375	15.75345
		1.25(CM+CV)-SISYY	175.955775	-2.300625	-0.08095
		0.9CM+SISYY	133.19013	1.66573	11.84498
		0.9CM-SISYY	79.40193	-2.45827	-3.98942

Tabla N° 184: Combinaciones de diseño
 Elaboración propia

SISMO XX					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
	GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	240.44382	-0.19244	9.34804
SISXX POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	251.96978	29.493775	21.51225
		1.25(CM+CV)-SISXX	153.72998	-29.971025	-5.83975
		0.9CM+SISXX	155.41593	29.33613	17.60378
		0.9CM-SISXX	57.17613	-30.12867	-9.74822
SISXX NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	251.96978	-29.493775	-21.51225
		1.25(CM+CV)-SISXX	153.72998	29.971025	5.83975
		0.9CM+SISXX	155.41593	-29.33613	-17.60378
		0.9CM-SISXX	57.17613	30.12867	9.74822

Tabla N° 185: Combinaciones para sismo en X-X
 Elaboración propia

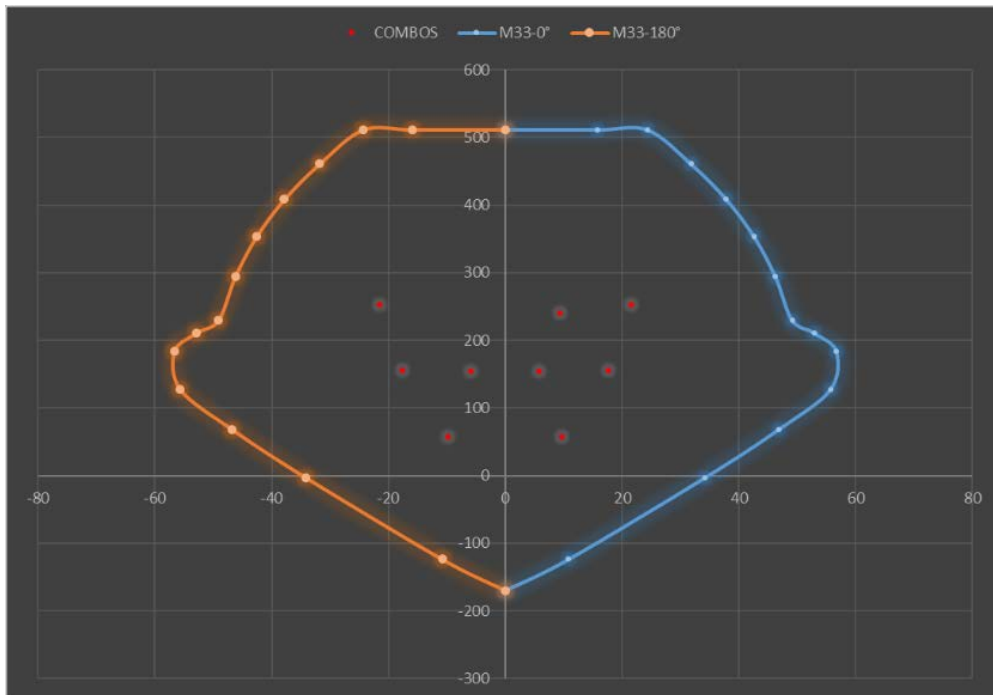


Figura N° 197: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°
Elaboración propia

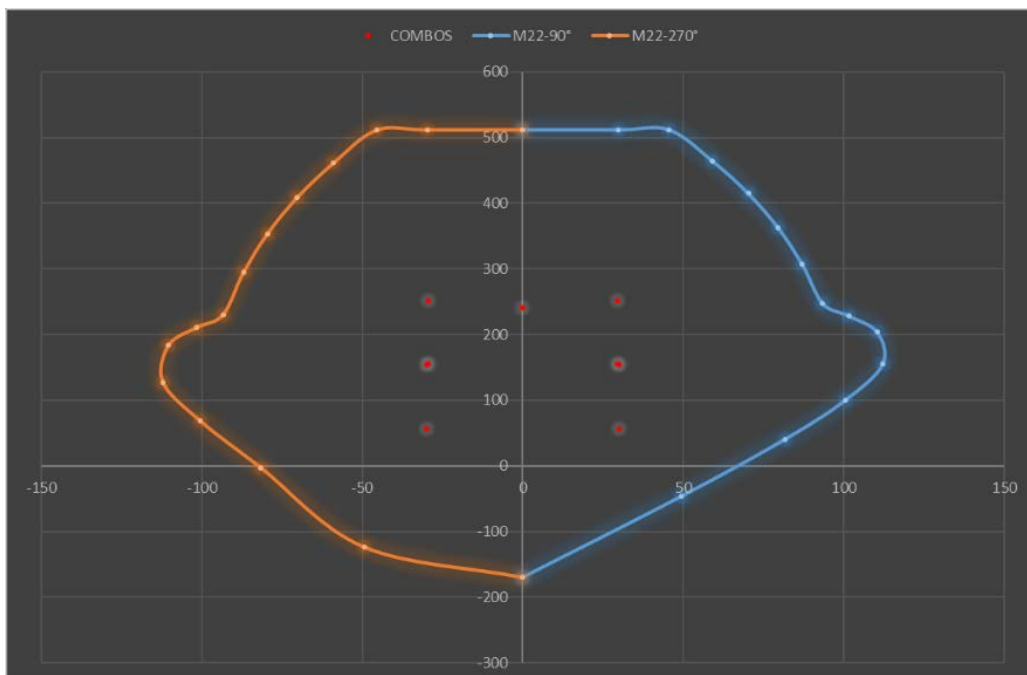


Figura N° 198: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

SISMO YY					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	240.44382	-0.19244	9.34804
SISYY POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	229.74398	1.823375	15.75345
		1.25(CM+CV)-SISYY	175.95578	-2.300625	-0.08095
		0.9CM+SISYY	133.19013	1.66573	11.84498
		0.9CM-SISYY	79.40193	-2.45827	-3.98942
SISYY NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	229.74398	-1.823375	-15.75345
		1.25(CM+CV)-SISYY	175.95578	2.300625	0.08095
		0.9CM+SISYY	133.19013	-1.66573	-11.84498
		0.9CM-SISYY	79.40193	2.45827	3.98942

Tabla N° 186: Combinaciones para sismo en Y-Y
 Elaboración propia

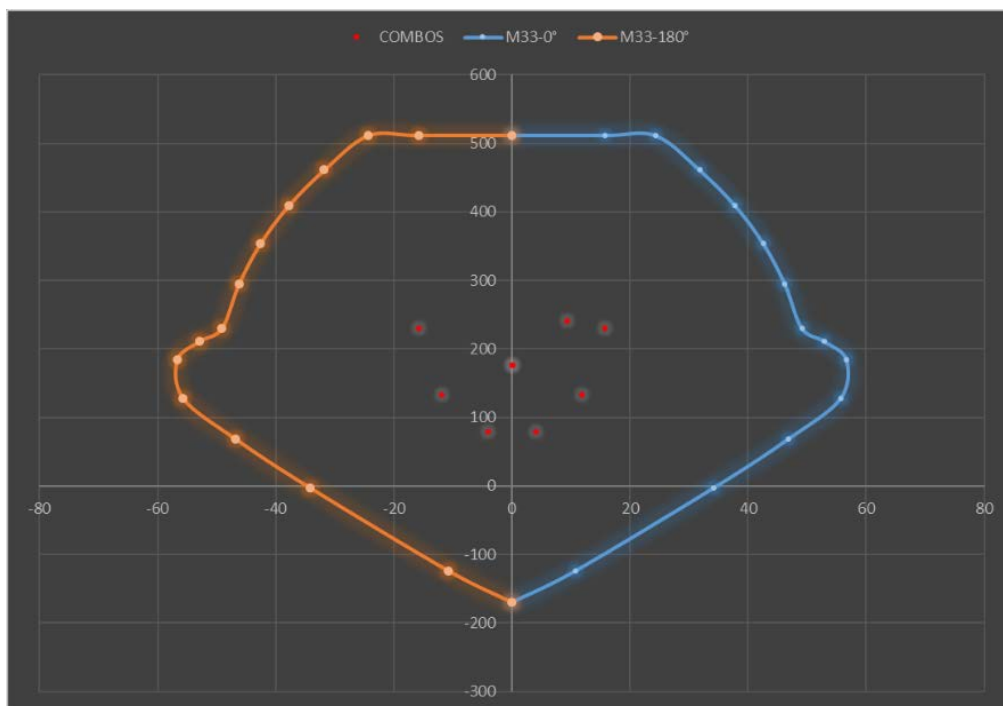


Figura N° 199: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

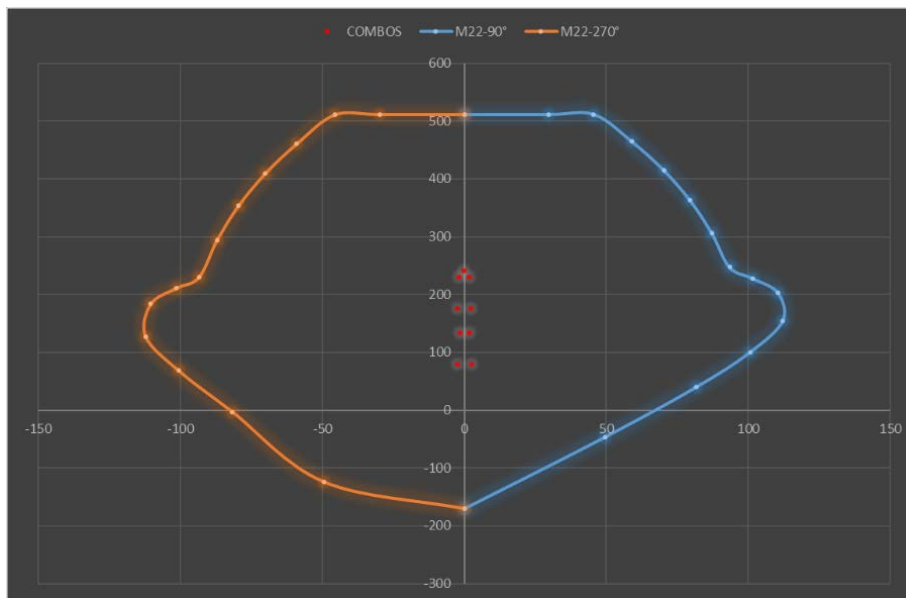


Figura N° 200: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°
 Elaboración propia

Con esto concluimos que el acero propuesto encaja perfectamente dentro de la curva de interacción, por consiguiente, cumple con todas las combinaciones de cargas dada por la E060 Concreto Armado y E030 Diseño Sismorresistente

COLUMNA CEx 90X50

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	ϕP_n	ϕM_n	ϕP_n	ϕM_n
1	511.7931	0	511.7931	0
2	511.7931	16.245	511.7931	-16.245
3	510.6402	24.8092	510.6402	-24.8092
4	460.4125	32.319	460.4125	-32.319
5	408.1793	38.4584	408.1793	-38.4584
6	353.1412	43.344	353.1412	-43.344
7	294.0095	47.1643	294.0095	-47.1643
8	229.6064	50.2437	229.6064	-50.2437
9	212.0172	54.1373	212.0172	-54.1373
10	187.6969	58.0987	187.6969	-58.0987
11	134.8956	57.1131	134.8956	-57.1131
12	75.4164	48.1455	75.4164	-48.1455
13	2.132	35.1395	2.132	-35.1395
14	-123.6909	10.8319	-123.6909	-10.8319
15	-170.1	0	-170.1	0

Tabla N° 187: Datos para el ángulo 0° y 180°
 Elaboración propia



PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	511.7931	0	511.7931	0
2	511.7931	28.3797	511.7931	-28.3797
3	511.7931	43.8466	510.6402	-43.8466
4	467.4095	56.9451	460.4125	-56.9451
5	417.5406	67.7842	408.1793	-67.7842
6	366.2061	76.3916	353.1412	-76.3916
7	310.27	83.2901	294.0095	-83.2901
8	249.0509	88.7613	229.6064	-88.7613
9	225.6783	96.7476	212.0172	-96.7476
10	195.0035	105.8529	187.6969	-105.8529
11	151.1608	106.1292	134.8956	-106.1292
12	84.0503	92.1428	75.4164	-92.1428
13	17.3897	72.8889	2.132	-72.8889
14	-61.4748	43.6757	-123.6909	-43.6757
15	-170.1	0	-170.1	0

Tabla N° 188: Datos para el ángulo 90° y 270°
 Elaboración propia

Story	Column	Unique Name	Load	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
TECHO 01	C13	13	Dead	0	-124.8621	-2.3889	-0.8478	-0.0708	-1.032	-3.4631
TECHO 01	C13	13	Live	0	-39.9339	-0.7157	-0.5109	-0.021	-0.6014	-1.0771
TECHO 01	C13	13	SISXX Max	0	168.236	13.1903	8.6374	1.8805	15.2895	14.7968
TECHO 01	C13	13	SISYY Max	0	17.5488	3.8941	0.548	0.1504	0.9571	4.3544

Tabla N° 189: Resultados obtenidos del programa Etabs
 Elaboración propia

COMBINACIONES DE DISEÑO					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
	GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	242.69457	-2.46718	-6.67941
SIS XX		1.25(CM+CV)+SISXX	374.231	13.24775	9.12155
		1.25(CM+CV)-SISXX	37.759	-17.33125	-20.47205
		0.9CM+SISXX	280.61189	14.3607	11.68001
		0.9CM-SISXX	-55.86011	-16.2183	-17.91359
SISYY		1.25(CM+CV)+SISYY	223.5438	-1.08465	-1.32085
		1.25(CM+CV)-SISYY	188.4462	-2.99885	-10.02965
		0.9CM+SISYY	129.92469	0.0283	1.23761
		0.9CM-SISYY	94.82709	-1.8859	-7.47119

Tabla N° 190: Combinaciones de diseño
 Elaboración propia

SISMO XX					
	COMBINACIONES	P	M22	M33	
GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	242.69457	-2.46718	-6.67941	
SISXX POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	374.231	13.24775	9.12155	
	1.25(CM+CV)-SISXX	37.759	-17.33125	-20.47205	
	0.9CM+SISXX	280.61189	14.3607	11.68001	
	0.9CM-SISXX	-55.86011	-16.2183	-17.91359	
SISXX NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	374.231	-13.24775	-9.12155	
	1.25(CM+CV)-SISXX	37.759	17.33125	20.47205	
	0.9CM+SISXX	280.61189	-14.3607	-11.68001	
	0.9CM-SISXX	-55.86011	16.2183	17.91359	

Tabla N° 191: Combinaciones para sismo en X-X
 Elaboración propia

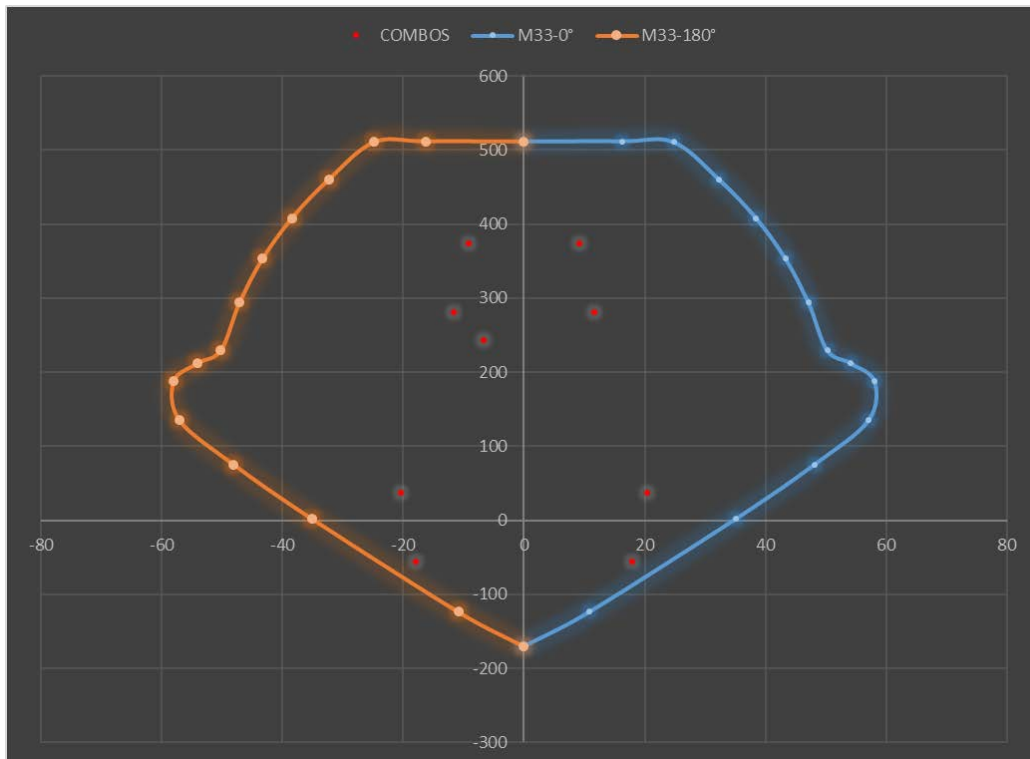


Figura N° 201: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

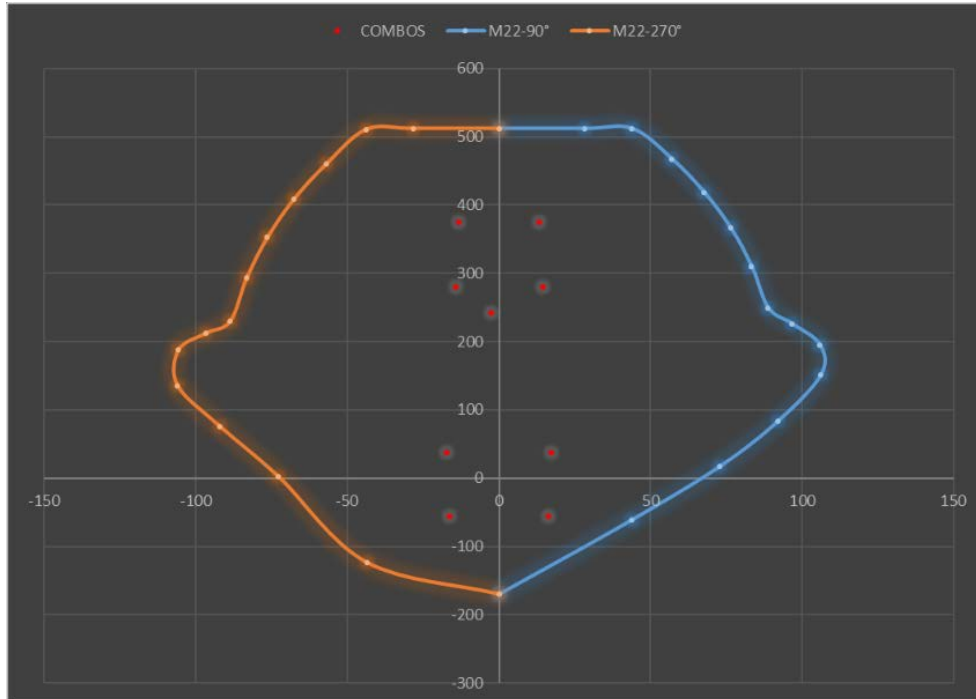


Figura N° 202: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
 Elaboración propia

SISMO YY					
	COMBINACIONES	P	M22	M33	
GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	242.69457	-2.46718	-6.67941	
SISYY POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	223.5438	-1.08465	-1.32085	
	1.25(CM+CV)-SISYY	188.4462	-2.99885	-10.02965	
	0.9CM+SISYY	129.92469	0.0283	1.23761	
	0.9CM-SISYY	94.82709	-1.8859	-7.47119	
SISYY NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	223.5438	1.08465	1.32085	
	1.25(CM+CV)-SISYY	188.4462	2.99885	10.02965	
	0.9CM+SISYY	129.92469	-0.0283	-1.23761	
	0.9CM-SISYY	94.82709	1.8859	7.47119	

Tabla N° 192: Combinaciones para sismo en Y-Y
 Elaboración propia

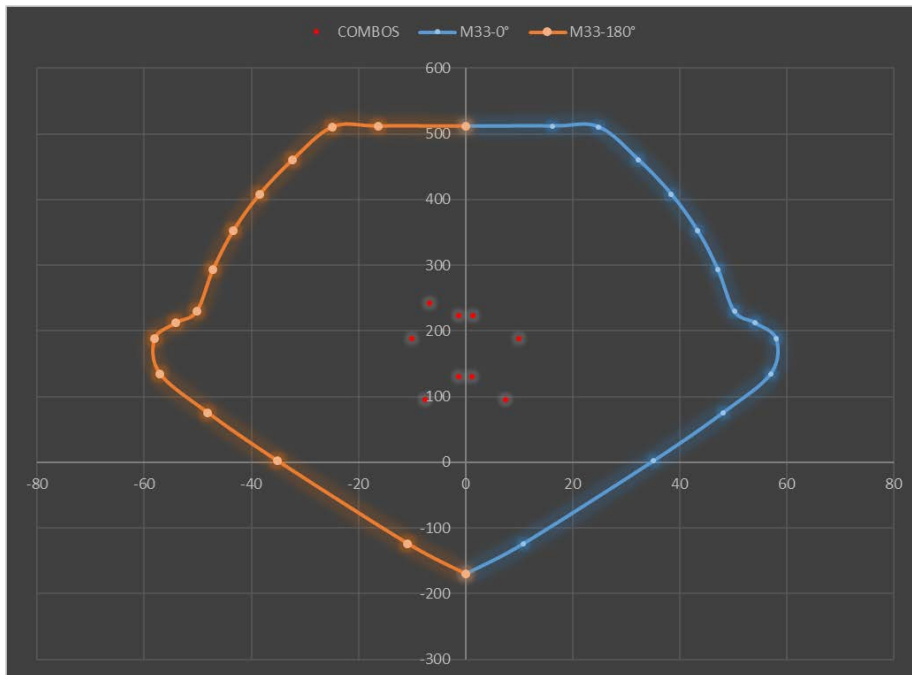


Figura N° 203: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°
Elaboración propia

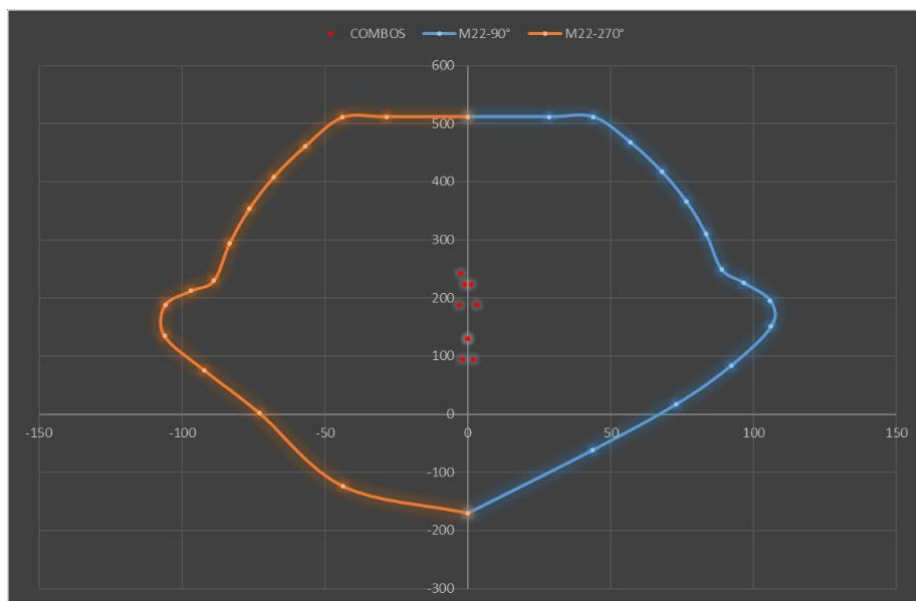


Figura N° 204: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

Con esto concluimos que el acero propuesto encaja perfectamente dentro de la curva de interacción, por consiguiente, cumple con todas las combinaciones de cargas dada por la E060 Concreto Armado y E030 Diseño Sismorresistente

COLUMNA CEs 100x60

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	682.3908	0	682.3908	0
2	682.3908	26.1325	682.3908	-26.1325
3	682.3908	39.6723	682.3908	-39.6723
4	617.233	51.5715	617.233	-51.5715
5	548.7067	61.3523	548.7067	-61.3523
6	477.5704	69.1075	477.5704	-69.1075
7	400.2369	75.2676	400.2369	-75.2676
8	314.9944	80.2165	314.9944	-80.2165
9	288.0011	86.9035	288.0011	-86.9035
10	253.5808	94.5419	253.5808	-94.5419
11	199.6449	94.0607	199.6449	-94.0607
12	104.9608	79.126	104.9608	-79.126
13	12.5426	59.834	12.5426	-59.834
14	-126.7899	26.4461	-126.7899	-26.4461
15	-226.8	0	-226.8	0

Tabla N° 193: Datos para el ángulo 0° y 180°
 Elaboración propia

PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	682.3908	0	682.3908	0
2	682.3908	42.3424	682.3908	-42.3424
3	682.3908	65.3589	682.3908	-65.3589
4	624.5293	84.953	617.233	-84.953
5	559.6073	100.8645	548.7067	-100.8645
6	490.2392	113.9022	477.5704	-113.9022
7	416.2185	124.2519	400.2369	-124.2519
8	336.3146	132.518	314.9944	-132.518
9	304.2186	145.0331	288.0011	-145.0331
10	265.283	158.1272	253.5808	-158.1272
11	203.5179	158.8169	199.6449	-158.8169
12	119.1966	138.6099	104.9608	-138.6099
13	22.8063	108.583	12.5426	-108.583
14	-79.2366	66.4521	-126.7899	-66.4521
15	-226.8	0	-226.8	0

Tabla N° 194: Datos para el ángulo 90° y 270°
 Elaboración propia



Story	Column	Unique Name	Load	Station	P	V2	V3	T	M2	M3
TECHO 01	C13	13	Dead	0	-147.0947	0.7631	-1.0535	-0.1303	-1.3365	1.4431
TECHO 01	C13	13	Live	0	-48.2756	0.3517	-0.2323	-0.0387	-0.2532	0.5884
TECHO 01	C13	13	SISXX Max	0	42.7211	9.5102	53.4191	3.4628	85.8793	14.2432
TECHO 01	C13	13	SISYY Max	0	36.9561	9.2313	1.6694	0.277	2.7227	14.2318

Tabla N° 195: Resultados obtenidos del programa Etabs
 Elaboración propia

COMBINACIONES DE DISEÑO					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
	GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	288.0011	-2.30154	3.02062
SIS XX		1.25(CM+CV)+SISXX	286.933975	83.892175	16.782575
		1.25(CM+CV)-SISXX	201.491775	-87.866425	-11.703825
		0.9CM+SISXX	175.10633	84.67645	15.54199
		0.9CM-SISXX	89.66413	-87.08215	-12.94441
SISYY		1.25(CM+CV)+SISYY	281.168975	0.735575	16.771175
		1.25(CM+CV)-SISYY	207.256775	-4.709825	-11.692425
		0.9CM+SISYY	169.34133	1.51985	15.53059
		0.9CM-SISYY	95.42913	-3.92555	-12.93301

Tabla N° 196: Combinaciones de diseño
 Elaboración propia

SISMO XX					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
	GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	288.0011	-2.30154	3.02062
SISXX POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	286.93398	83.892175	16.782575
		1.25(CM+CV)-SISXX	201.49178	-87.866425	-11.703825
		0.9CM+SISXX	175.10633	84.67645	15.54199
		0.9CM-SISXX	89.66413	-87.08215	-12.94441
SISXX NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISXX	286.93398	-83.892175	-16.782575
		1.25(CM+CV)-SISXX	201.49178	87.866425	11.703825
		0.9CM+SISXX	175.10633	-84.67645	-15.54199
		0.9CM-SISXX	89.66413	87.08215	12.94441

Tabla N° 197: Combinaciones para sismo en X-X
 Elaboración propia

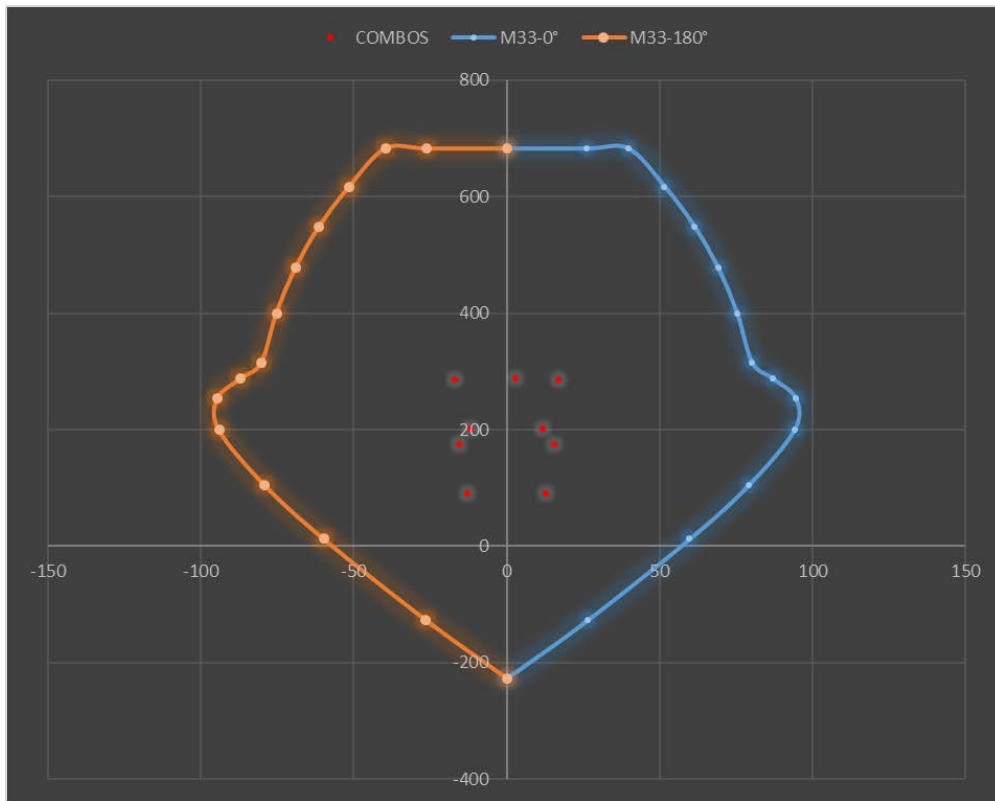


Figura N° 205: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°
Elaboración propia

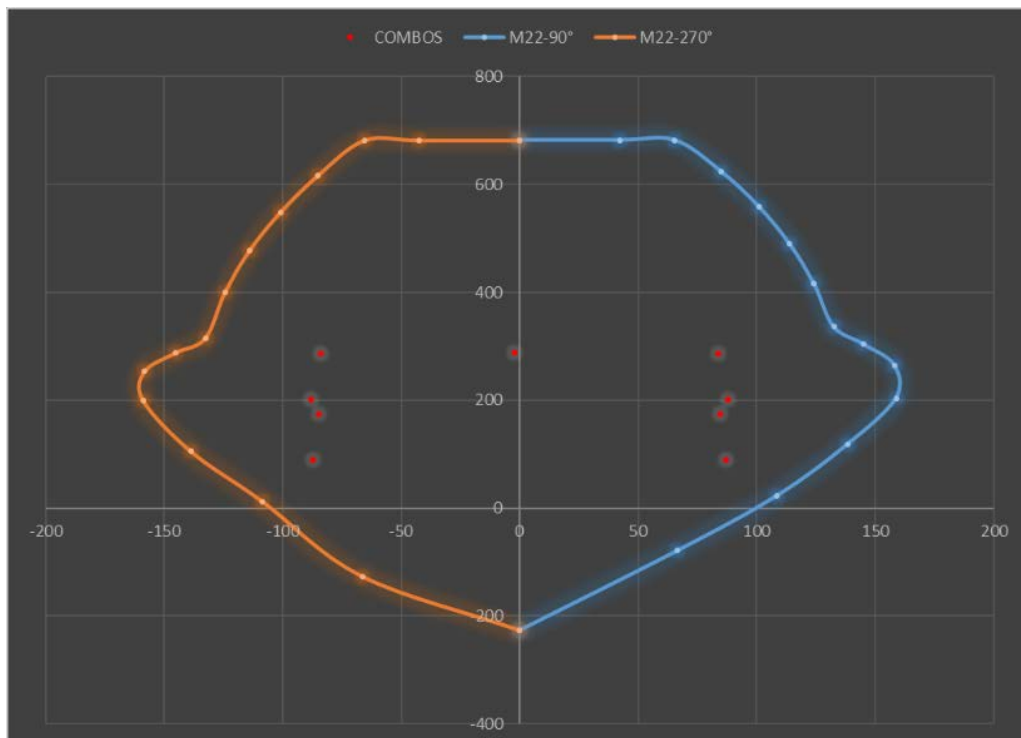


Figura N° 206: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

SISMO YY					
	COMBINACIONES	P	M22	M33	
GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	288.0011	-2.30154	3.02062	
SISYY POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	281.16898	0.735575	16.771175	
	1.25(CM+CV)-SISYY	207.25678	-4.709825	-11.692425	
	0.9CM+SISYY	169.34133	1.51985	15.53059	
	0.9CM-SISYY	95.42913	-3.92555	-12.93301	
SISYY NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	281.16898	-0.735575	-16.771175	
	1.25(CM+CV)-SISYY	207.25678	4.709825	11.692425	
	0.9CM+SISYY	169.34133	-1.51985	-15.53059	
	0.9CM-SISYY	95.42913	3.92555	12.93301	

Tabla N° 198: Combinaciones para sismo en Y-Y
 Elaboración propia



Figura N° 207: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

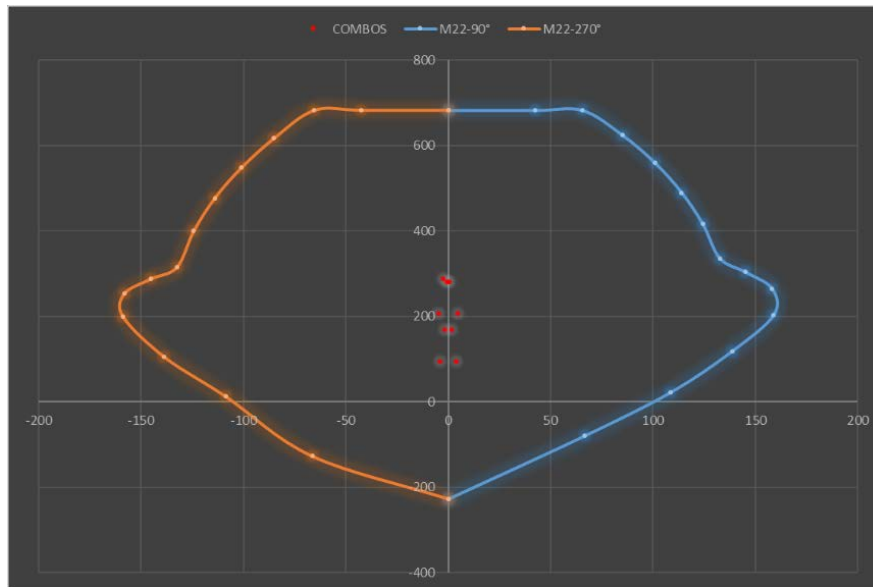


Figura N° 208: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°
 Elaboración propia

Con esto concluimos que el acero propuesto encaja perfectamente dentro de la curva de interacción, por consiguiente, cumple con todas las combinaciones de cargas dada por la E060 Concreto Armado y E030 Diseño Sismorresistente

6.4.7.3. DISEÑO DE PLACAS

PLACA ASCENSOR

PUNTOS	M33 0°		M33 180°	
	ϕP_n	ϕM_n	ϕP_n	ϕM_n
1	1940.2164	12.9776	1940.2164	12.9776
2	1940.2164	306.1805	1626.4711	-647.7508
3	1940.2164	427.8295	1457.5895	-760.1952
4	1940.2164	540.4798	1275.009	-855.9449
5	1940.2164	649.8271	1079.5874	-933.6701
6	1827.8524	761.4212	866.9134	-995.9625
7	1649.4183	909.1342	630.9511	-1046.2116
8	1452.7253	1050.3188	362.0835	-1090.1972
9	1401.3709	1273.1132	176.0935	-1150.9117
10	1362.532	1507.0206	-31.1334	-1164.7248
11	1210.7753	1670.6827	-233.5831	-1128.1558
12	959.782	1618.6911	-432.5252	-937.8794
13	709.7393	1491.7512	-592.2431	-726.7221
14	322.9696	1210.463	-808.4363	-400.2018
15	-1028.16	-18.7666	-1028.16	-18.7666

Tabla N° 199: Datos para el ángulo 0° y 180°
 Elaboración propia

PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	1940.2164	-76.1499	1940.2164	-76.1499
2	1859.5974	493.4919	1626.4711	-625.0681
3	1588.8478	744.239	1457.5895	-879.5082
4	1513.3754	809.5143	1275.009	-924.9181
5	1427.8857	879.1581	1079.5874	-972.9507
6	1330.1531	955.365	866.9134	-1024.805
7	1215.2703	1042.3956	630.9511	-1083.8178
8	1074.5238	1146.6984	362.0835	-1154.0002
9	1054.2777	1218.2963	176.0935	-1300.8696
10	1034.0315	1289.8942	-31.1334	-1367.4476
11	1013.7853	1361.4922	-233.5831	-1434.0257
12	993.5391	1433.0901	-432.5252	-1500.6037
13	973.2929	1504.688	-592.2431	-1383.2615
14	169.6622	1001.7369	-808.4363	-849.4371
15	-1028.16	110.1183	-1028.16	110.1183

Tabla N° 200: Datos para el ángulo 90° y 270°
 Elaboración propia

Story	Pier	Load	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
Sótano	ASCENSOR	CARGA	Bottom	-357.3728	0.1148	-1.3038	-1.1944	16.4483	-4.7322
Sótano	ASCENSOR	CARGA VIVA	Bottom	-107.2607	0.4309	-0.4649	-0.601	6.4371	-2.5395
Sótano	ASCENSOR	SISXX Max	Bottom	25.2388	45.209	1.747	4.8667	113.3116	352.9955
Sótano	ASCENSOR	SISYY Max	Bottom	147.6325	1.5442	2.9906	4.7977	116.1222	29.9815

Tabla N° 201: Resultados obtenidos del programa Etabs
 Elaboración propia

COMBINACIONES DE DISEÑO					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
GRAVEDAD		1.4CM+1.7CV	682.66511	33.97069	-10.94223
SIS XX		1.25(CM+CV)+SISXX	606.030675	141.91835	343.905875
		1.25(CM+CV)-SISXX	555.553075	-84.70485	-362.085125
		0.9CM+SISXX	346.87432	128.11507	348.73652
		0.9CM-SISXX	296.39672	-98.50813	-357.25448
SISYY		1.25(CM+CV)+SISYY	728.424375	144.72895	20.891875
		1.25(CM+CV)-SISYY	433.159375	-87.51545	-39.071125
		0.9CM+SISYY	469.26802	130.92567	25.72252
		0.9CM-SISYY	174.00302	-101.31873	-34.24048

Tabla N° 202: Combinaciones de diseño
 Elaboración propia

SISMO XX					
	COMBINACIONES	P	M22	M33	
GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	682.66511	33.97069	-10.94223	
SISXX POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	606.03068	141.91835	343.90588	
	1.25(CM+CV)-SISXX	555.55308	-84.70485	-362.08513	
	0.9CM+SISXX	346.87432	128.11507	348.73652	
	0.9CM-SISXX	296.39672	-98.50813	-357.25448	
SISXX NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	606.03068	-141.91835	-343.90588	
	1.25(CM+CV)-SISXX	555.55308	84.70485	362.08513	
	0.9CM+SISXX	346.87432	-128.11507	-348.73652	
	0.9CM-SISXX	296.39672	98.50813	357.25448	

Tabla N° 203: Combinaciones para sismo en X-X
 Elaboración propia

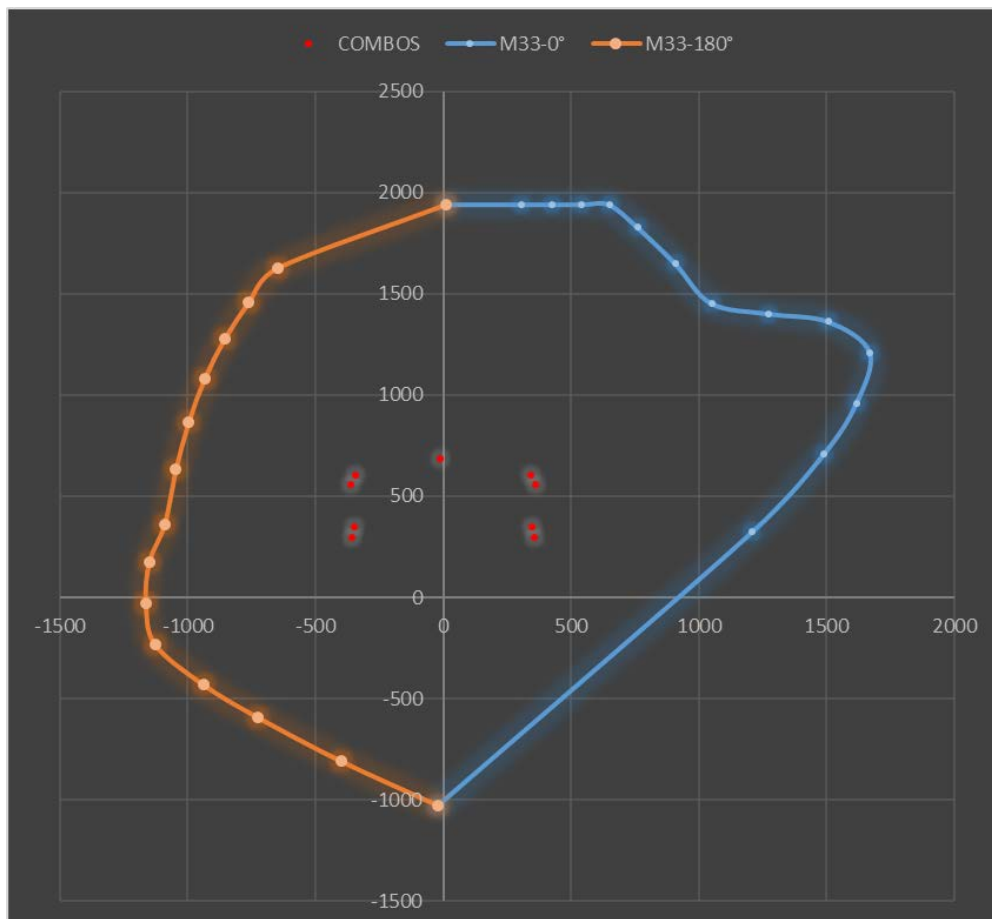


Figura N° 209: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

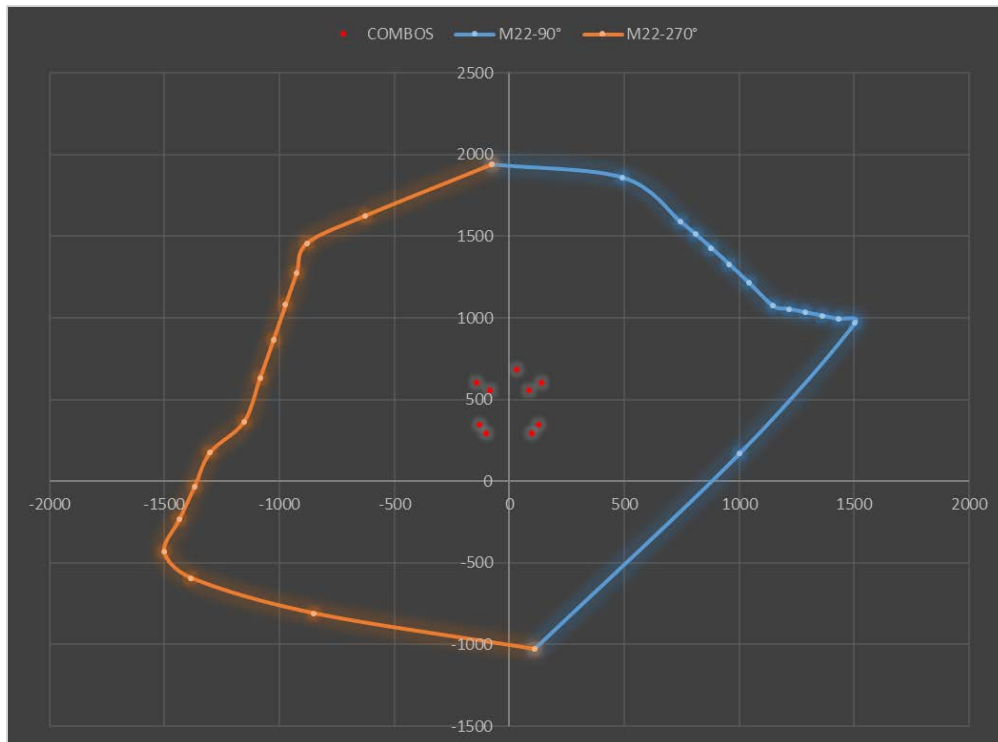
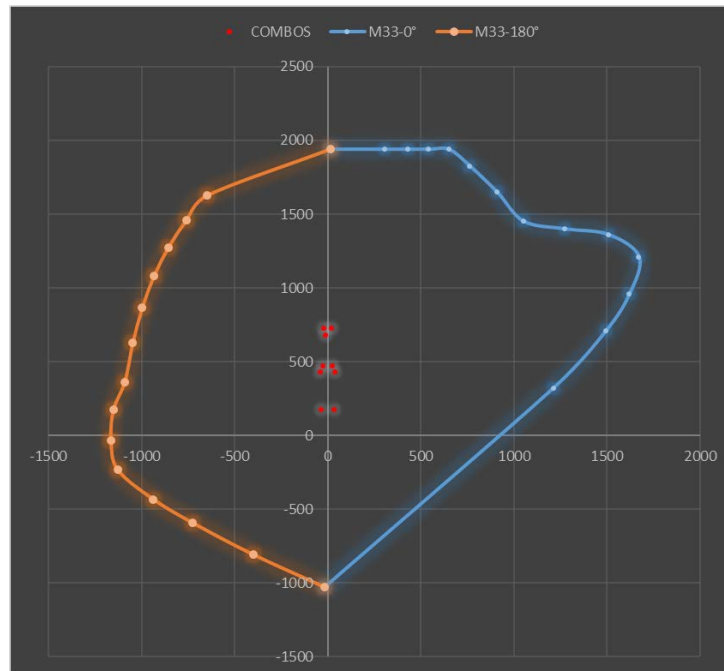


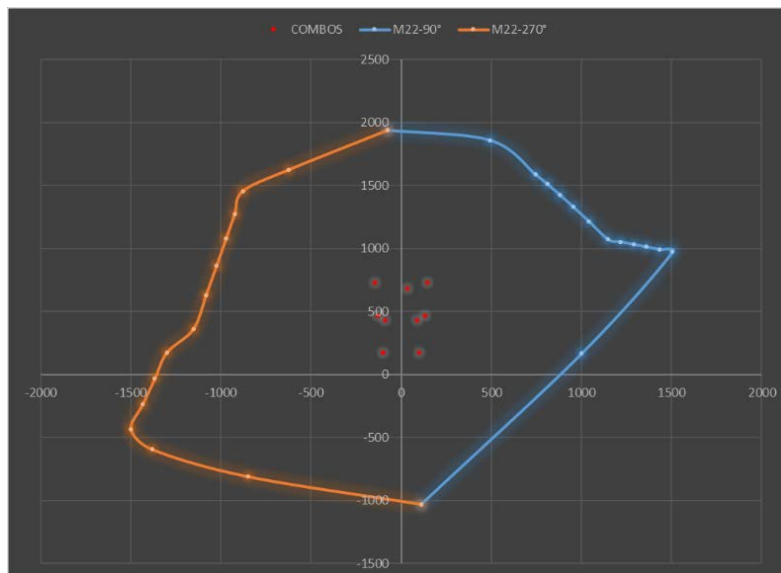
Figura N° 210: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
 Elaboración propia

SISMO YY					
		COMBINACIONES	P	M22	M33
	GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	682.66511	33.97069	-10.94223
SISYY POSITIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	728.42438	144.72895	20.891875
		1.25(CM+CV)-SISYY	433.15938	-87.51545	-39.071125
		0.9CM+SISYY	469.26802	130.92567	25.72252
		0.9CM-SISYY	174.00302	-101.31873	-34.24048
SISYY NEGATIVO		1.25(CM+CV)+SISYY	728.42438	-144.72895	-20.891875
		1.25(CM+CV)-SISYY	433.15938	87.51545	39.071125
		0.9CM+SISYY	469.26802	-130.92567	-25.72252
		0.9CM-SISYY	174.00302	101.31873	34.24048

Tabla N° 204: Combinaciones para sismo en Y-Y
 Elaboración propia



*Figura N° 211: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°
Elaboración propia*



*Figura N° 212: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia*

Con esto concluimos que el acero propuesto encaja perfectamente dentro de la curva de interacción, por consiguiente, cumple con todas las combinaciones de cargas dada por la E060 Concreto Armado y E030 Diseño Sismorresistente



PLACA ESCALERA

PUNTOS	M33		M33	
	0°		180°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	5385.198	6.5013	5385.198	6.5013
2	5385.198	865.0708	5385.198	-854.8365
3	5385.198	1115.6227	5385.198	-1106.854
4	4266.8023	3423.0348	4226.1178	-3456.625
5	3676.7193	4134.892	3666.7085	-4128.5405
6	3451.7422	4368.9518	3438.7746	-4364.169
7	3187.4328	4611.6486	3171.3226	-4609.5765
8	2856.5131	4864.6262	2835.5636	-4866.7405
9	2731.8364	5643.0381	2705.3822	-5649.4497
10	2686.956	6169.0529	2663.4984	-6173.8173
11	2642.0757	6695.0678	2621.6146	-6698.1848
12	1517.8145	5349.2732	1450.3775	-5294.2605
13	-1169.6475	1749.2321	-1176.4599	-1769.4284
14	-1966.7041	594.5066	-1959.1764	-630.553
15	-2268	-9.4014	-2268	-9.4014

Tabla N° 205: Datos para el ángulo 0° y 180°
 Elaboración propia

PUNTOS	M22		M22	
	90°		270°	
	ϕPn	ϕMn	ϕPn	ϕMn
1	5385.198	-935.3287	5385.198	-935.3287
2	4454.1647	4704.5327	5385.198	-3165.1504
3	4051.9394	5526.6721	5385.198	-4304.6602
4	3622.0072	6263.4878	4226.1178	-5336.8782
5	3162.1959	6919.0467	3666.7085	-6261.004
6	2663.4262	7512.3874	3438.7746	-7089.6286
7	2110.6006	8073.6509	3171.3226	-7840.8249
8	1481.1523	8649.7035	2835.5636	-8541.8635
9	1162.5294	9460.2459	2705.3822	-9875.6631
10	852.5718	10187.098	2663.4984	-11057.0945
11	417.6886	10231.0126	2621.6146	-12238.526
12	-99.1513	9028.6415	1450.3775	-11746.727
13	-636.8365	7471.6649	-1176.4599	-10898.1903
14	-1255.7946	5330.3599	-1959.1764	-9442.5628
15	-2268	1352.554	-2268	1352.554

Tabla N° 206: Datos para el ángulo 90° y 270°
 Elaboración propia

Story	Pier	Load	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
Sótano	ESCALERA	CARGA MUERTA	Bottom	-779.5733	-14.3173	-4.8169	13.8236	26.3756	517.5882
Sótano	ESCALERA	CARGA VIVA	Bottom	-227.3518	-5.8927	-1.726	5.1553	10.8642	184.3641
Sótano	ESCALERA	SISXX Max	Bottom	66.8654	17.7022	93.5341	259.8098	690.406	328.6536
Sótano	ESCALERA	SISYY Max	Bottom	351.8302	67.8046	4.4122	18.128	91.6057	3002.5148

Tabla N° 207: Resultados obtenidos del programa Etabs
 Elaboración propia

COMBINACIONES DE DISEÑO					
	COMBINACIONES	P	M22	M33	
GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	1477.90068	55.39498	1038.04245	
SIS XX	1.25(CM+CV)+SISXX	1325.521775	736.95575	1206.09398	
	1.25(CM+CV)-SISXX	1191.790975	-643.85625	548.786775	
	0.9CM+SISXX	768.48137	714.14404	794.48298	
	0.9CM-SISXX	634.75057	-666.66796	137.17578	
SISYY	1.25(CM+CV)+SISYY	1610.486575	138.15545	3879.95518	
	1.25(CM+CV)-SISYY	906.826175	-45.05595	-2125.07443	
	0.9CM+SISYY	1053.44617	115.34374	3468.34418	
	0.9CM-SISYY	349.78577	-67.86766	-2536.68542	

Tabla N° 208: Combinaciones de diseño
 Elaboración propia

SISMO XX					
	COMBINACIONES	P	M22	M33	
GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	1477.9007	55.39498	1038.0425	
SISXX POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	1325.5218	736.95575	1206.094	
	1.25(CM+CV)-SISXX	1191.791	-643.85625	548.78678	
	0.9CM+SISXX	768.48137	714.14404	794.48298	
	0.9CM-SISXX	634.75057	-666.66796	137.17578	
SISXX NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISXX	1325.5218	-736.95575	-1206.094	
	1.25(CM+CV)-SISXX	1191.791	643.85625	-548.78678	
	0.9CM+SISXX	768.48137	-714.14404	-794.48298	
	0.9CM-SISXX	634.75057	666.66796	-137.17578	

Tabla N° 209: Combinaciones para sismo en X-X
 Elaboración propia

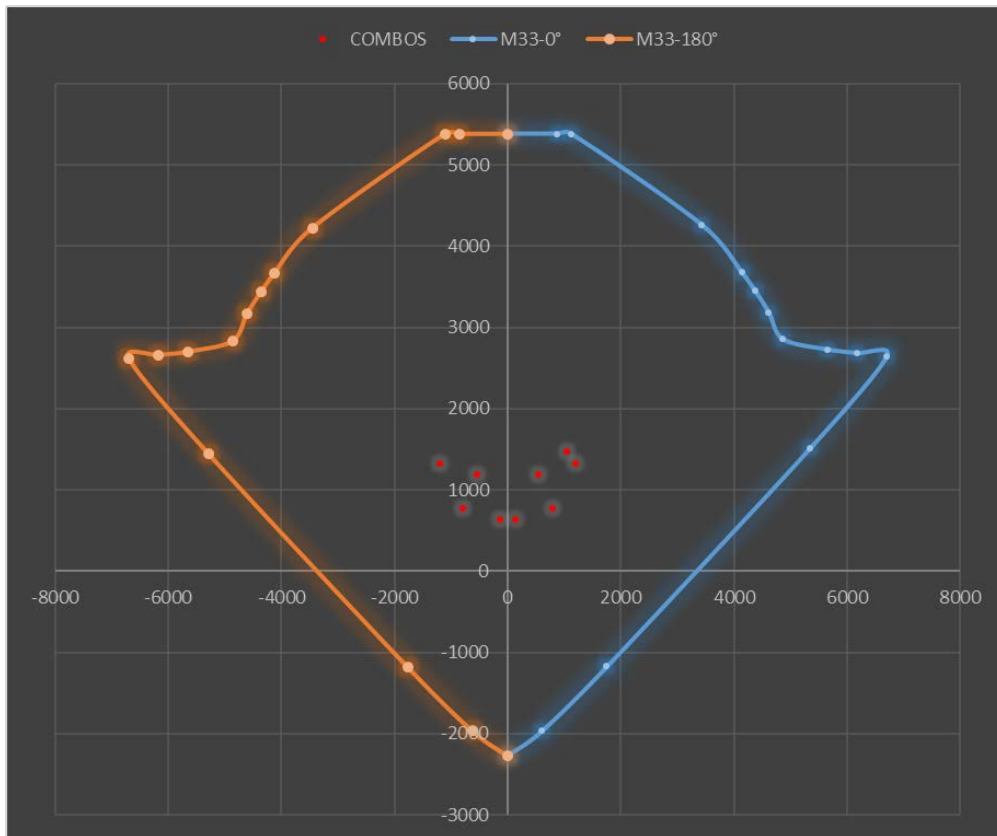


Figura N° 213: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 0° y 180°
Elaboración propia

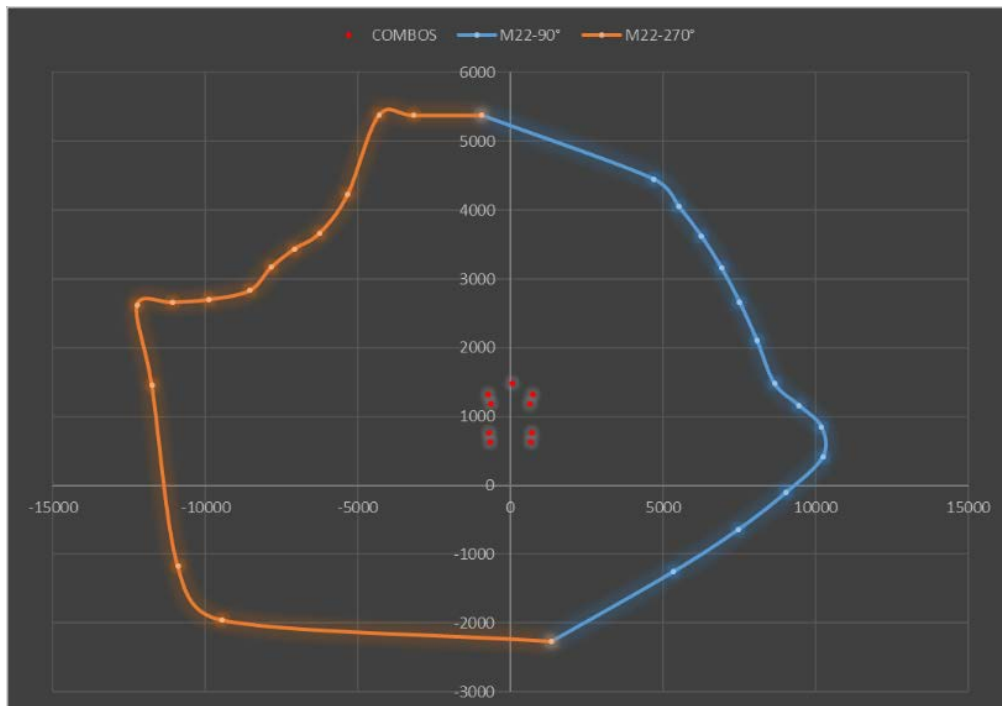


Figura N° 214: Resultados del sismo XX para la curva de los ángulos 90° y 270°
Elaboración propia

SISMO YY					
	COMBINACIONES	P	M22	M33	
GRAVEDAD	1.4CM+1.7CV	1477.9007	55.39498	1038.0425	
SISYY POSITIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	1610.4866	138.15545	3879.9552	
	1.25(CM+CV)-SISYY	906.82618	-45.05595	-2125.0744	
	0.9CM+SISYY	1053.4462	115.34374	3468.3442	
	0.9CM-SISYY	349.78577	-67.86766	-2536.6854	
SISYY NEGATIVO	1.25(CM+CV)+SISYY	1610.4866	-138.15545	-3879.9552	
	1.25(CM+CV)-SISYY	906.82618	45.05595	2125.0744	
	0.9CM+SISYY	1053.4462	-115.34374	-3468.3442	
	0.9CM-SISYY	349.78577	67.86766	2536.6854	

Tabla N° 210: Combinaciones para sismo en Y-Y
 Elaboración propia

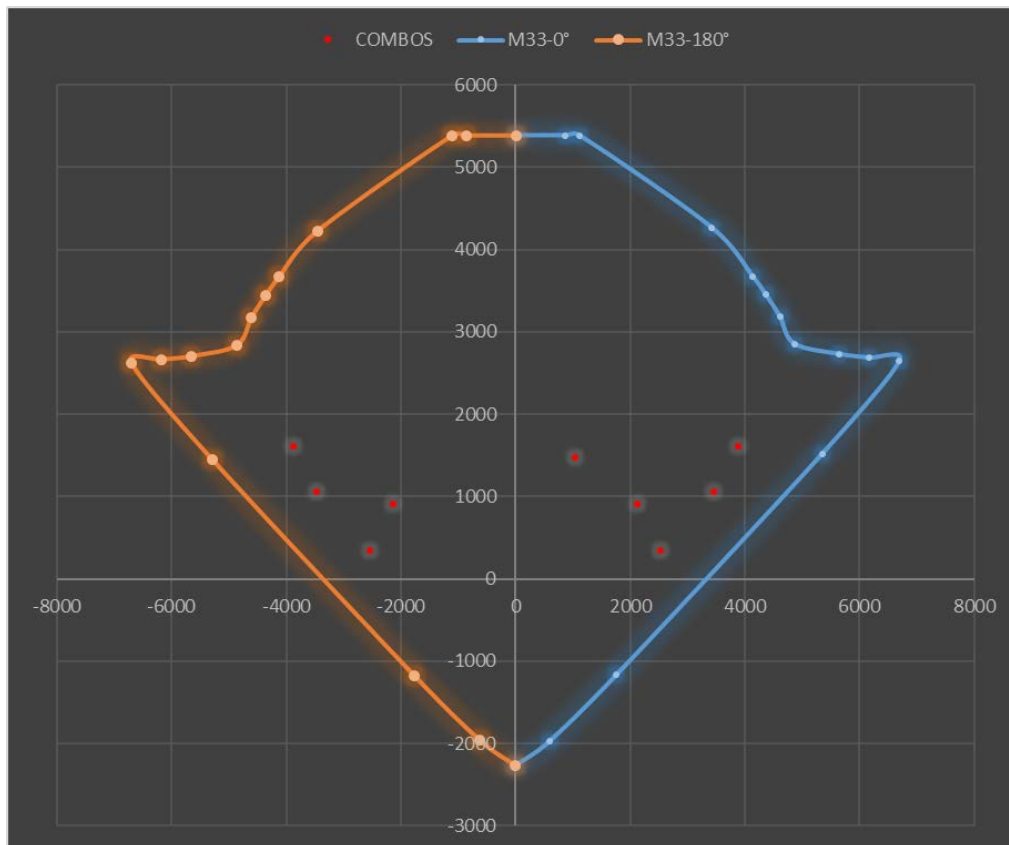


Figura N° 215: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 0° y 180°
 Elaboración propia

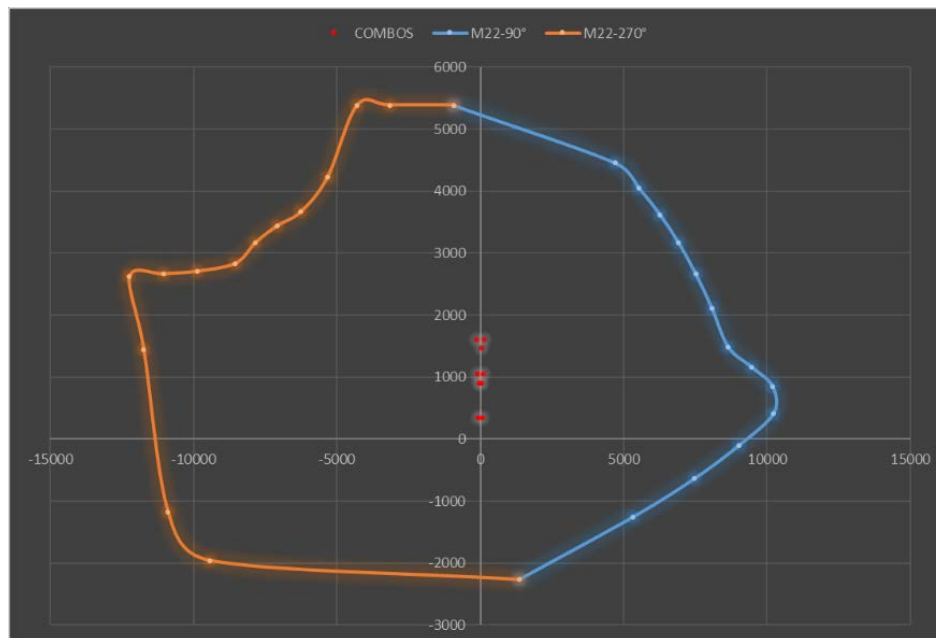


Figura N° 216: Resultados del sismo YY para la curva de los ángulos 90° y 270°
 Elaboración propia

Con esto concluimos que el acero propuesto encaja perfectamente dentro de la curva de interacción, por consiguiente, cumple con todas las combinaciones de cargas dada por la E060 Concreto Armado y E030 Diseño Sismorresistente

6.4.7.4. DISEÑO DE LOSAS ALIGERADAS

Se considerará una losa aligerada de 0.25m de altura, basándonos en su predimensionamiento

DISEÑO POR FLEXIÓN

$$\phi := 0.9$$

Momento positivo

$$Mu := 601.81 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$As := \frac{0.85 \cdot f'c \cdot b \cdot d}{fy} - \sqrt{\frac{1.7 \cdot f'c \cdot b}{fy^2} \cdot \left(\frac{0.85 \cdot f'c \cdot b \cdot d^2}{2} - \frac{Mu}{\phi} \right)} = 0.731 \text{ cm}^2$$

Momento negativo

$$Mu := 437.46 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$A_s := \frac{0.85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d}{f_y} - \sqrt{\frac{1.7 \cdot f'_c \cdot b}{f_y^2} \cdot \left(\frac{0.85 \cdot f'_c \cdot b \cdot d^2}{2} - \frac{Mu}{\phi} \right)} = 0.542 \text{ cm}^2$$

Se usará acero continuo de 1/2"

DISEÑO POR CORTE

$$b_w := 0.1 \text{ m}$$

$$V_c := 1.1 \cdot 0.85 \cdot 0.53 \cdot \sqrt{\frac{f'_c}{1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}} \cdot 1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \cdot b_w \cdot d = 1.58 \text{ tonnef}$$

$$V_u := 0.9376 \text{ tonnef}$$

Cumple por corte con todo

Diseño para acero por temperatura

$$A_{st} := 0.0018 \cdot b \cdot h = 0.9 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} := \frac{14}{\frac{f_y}{1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}} \cdot b \cdot h = 1.667 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, serán barras de 3/8" a 0.25m

DISEÑO POR PROGRAMA SAP2000

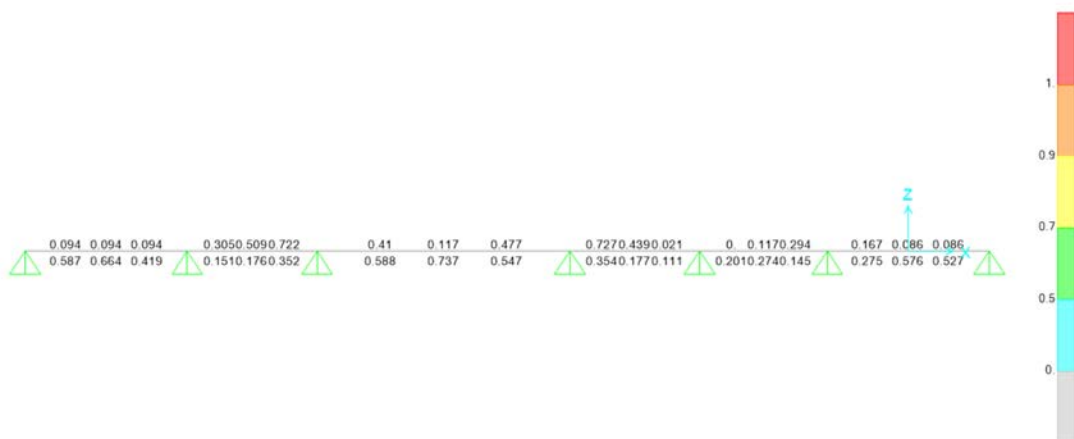


Figura N° 217: Diseño de acero de una Losa Aligerada
 Elaboración propia

En la figura N° 217, se puede observar que el área de acero más alta se encuentra en los tramos extremos donde es 0.737cm^2 , cumpliendo con nuestro diseño por medios de fórmulas ya establecidas.

6.4.8. ANALISIS PUSH OVER

Como se observó en el capítulo anterior, se deben obtener las Story Response de los sismos evaluados en ambas direcciones con el fin de obtener las fuerzas laterales que necesitamos para el análisis push over

FUERZAS LATERALES EN X

Story	Elevation	Location	X - Dir	Fx	Flat - X (PUSH)
	m		tonf	tonf	
TECHO 10	30.7	Top	35.8614	35.8614	2.05
TECHO 09	27.7	Top	149.4255	113.5641	6.51
TECHO 08	24.9	Top	267.0731	117.6476	6.74
TECHO 07	22.1	Top	371.6315	104.5584	5.99
TECHO 06	19.3	Top	462.433	90.8015	5.20
TECHO 05	16.5	Top	539.6597	77.2267	4.43
TECHO 04	13.7	Top	603.3751	63.7154	3.65
TECHO 03	10.9	Top	652.8397	49.4646	2.83
TECHO 02	8.1	Top	686.6772	33.8375	1.94
TECHO 01	5.3	Top	704.1292	17.452	1
SOTANO	2.5	Top	706.9544	2.8252	0.00

*Tabla N° 211: Fuerzas laterales en X
 Elaboración propia*

FUERZAS LATERALES EN Y

Story	Elevation	Location	Y - Dir	Fx	Flat - Y (PUSH)
	m		tonf	tonf	
TECHO 10	30.7	Top	24.627	24.627	2.04
TECHO 09	27.7	Top	125.7191	101.0921	8.38
TECHO 08	24.9	Top	229.1407	103.4216	8.58
TECHO 07	22.1	Top	320.9056	91.7649	7.61
TECHO 06	19.3	Top	399.9324	79.0268	6.55
TECHO 05	16.5	Top	465.3657	65.4333	5.43
TECHO 04	13.7	Top	516.7358	51.3701	4.26
TECHO 03	10.9	Top	554.083	37.3472	3.10
TECHO 02	8.1	Top	578.0853	24.0023	1.99
TECHO 01	5.3	Top	590.1451	12.0598	1
SOTANO	2.5	Top	592.3017	2.1566	0.00

*Tabla N° 212: Fuerzas laterales en Y
 Elaboración propia*

Luego de hallar estas fuerzas, se incorporarán al programa, el cual nos ayudará a determinar las rótulas plásticas de la estructura, a continuación, se muestran los resultados que arroja Etabs

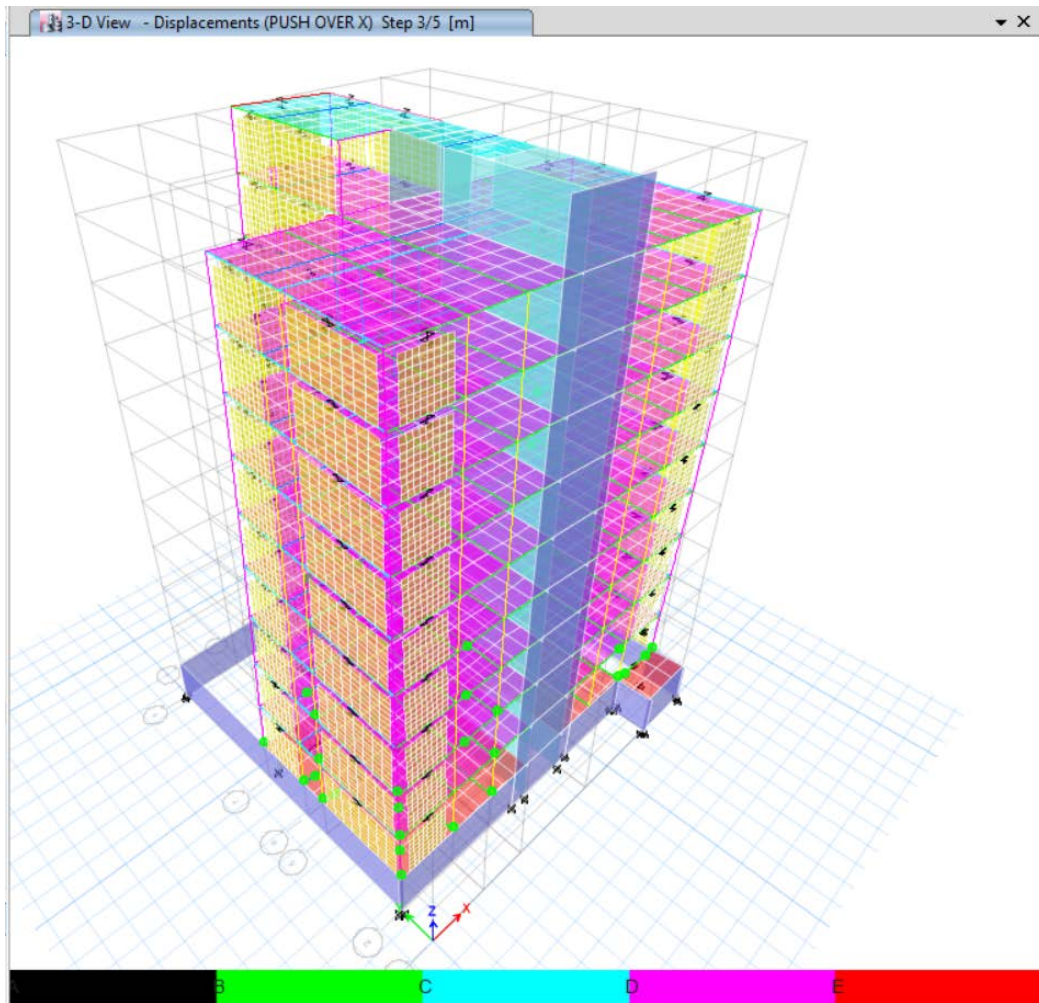


Figura N° 218: Formación de las rótulas plásticas del Análisis Push Over X
 Elaboración propia

RÓTULAS EN X		
ESTADO	A - IO	LS - CP
N°	2071	1

Tabla N° 213: Rótulas plásticas en sistemas con disipadores SLB en Push Over XX
 Elaboración propia

Observando los resultados obtenidos, nos percatamos que la estructura llega al daño grave, de igual manera que con el sistema de muros estructurales en Push

Over Y, solo que, con menos número de rótulas, de igual modo, no surge el colapso. Vale aclarar que, en este sentido, los disipadores no son iguales a los muros estructurales en cantidad y se puede observar en este caso un mejor comportamiento.

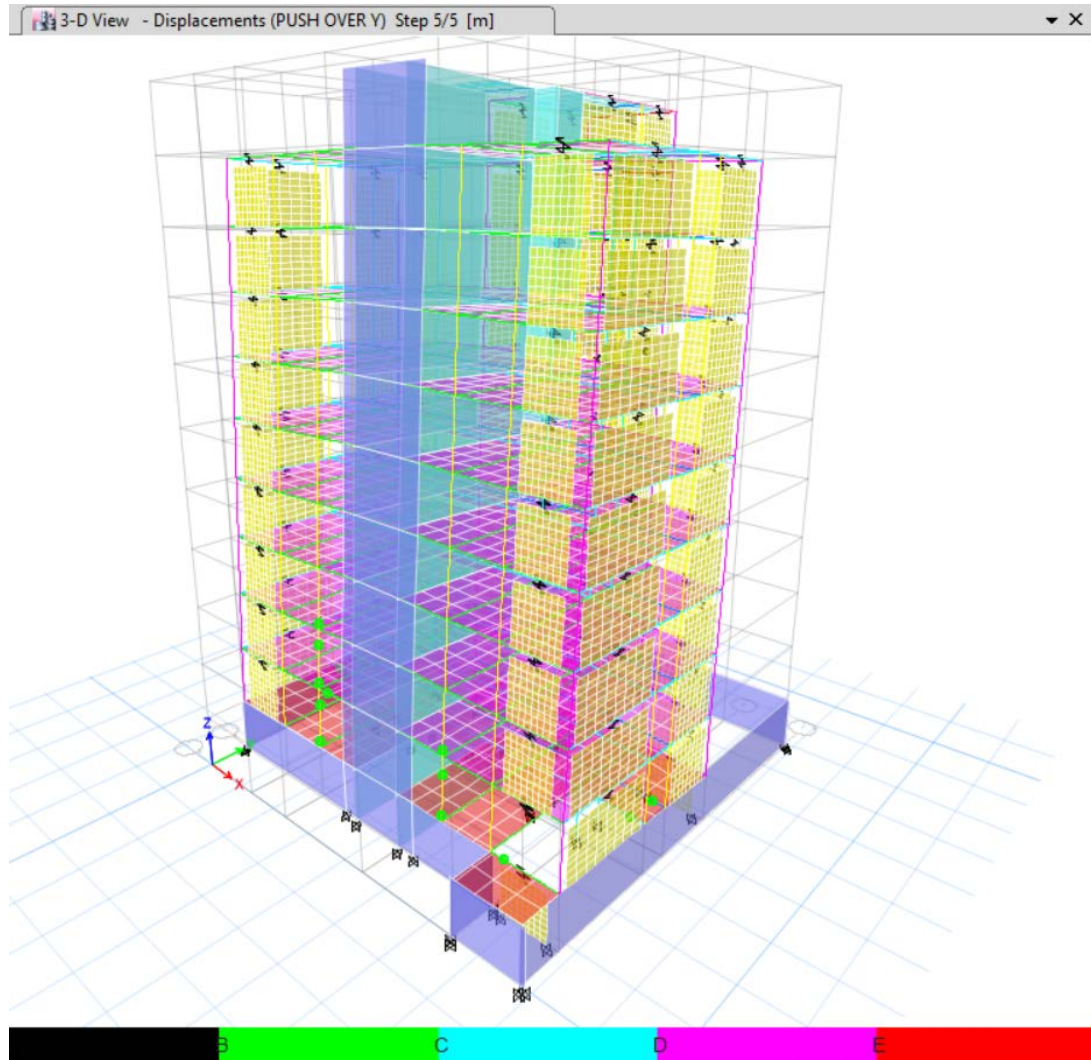


Figura N° 219: Formación de las rótulas plásticas del Análisis Push Over Y
 Elaboración propia

RÓTULAS EN Y

ESTADO	A - IO
N°	2072

Tabla N° 214: Rótulas plásticas en sistemas con disipadores SLB en Push Over YY
 Elaboración propia

Con estos resultados, se puede observar que la estructura se encuentra en la Ocupación inmediata debido a que no forma rótulas en otro estado, lo cual no se ha visto en el otro sistema, permitiendo ver que este es el más adecuado.

Se puede observar que para el análisis Push Over en X la formación de las rótulas plásticas se da en las columnas y en Y se dan en las vigas de los primeros pisos.

A continuación, se presentan las gráficas Push Over obtenidas y las comparativas con el FEMA 440 y el ASCE 7-14:

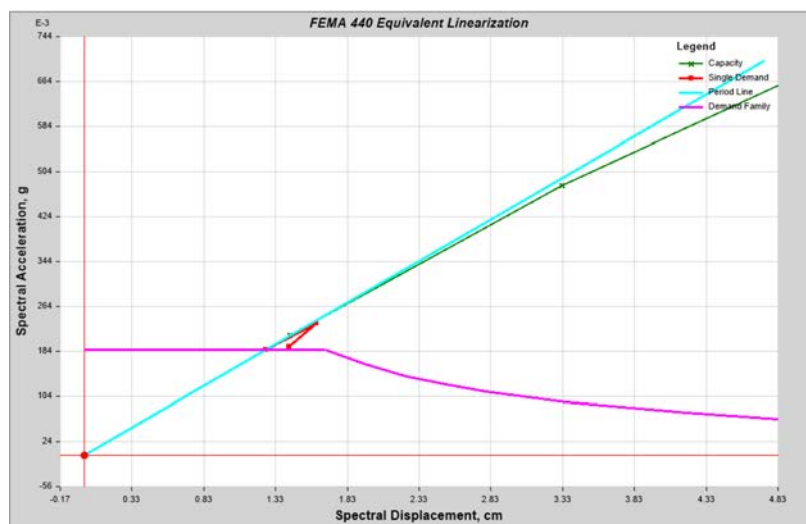


Figura N° 220: Resultados Push Over en X – FEMA 440
 Elaboración propia

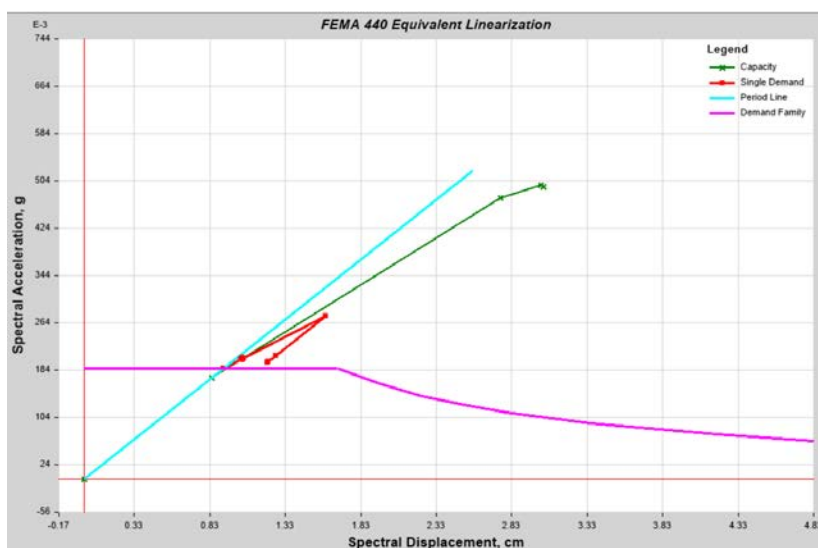


Figura N° 221: Resultados Push Over en Y – FEMA 440
 Elaboración propia

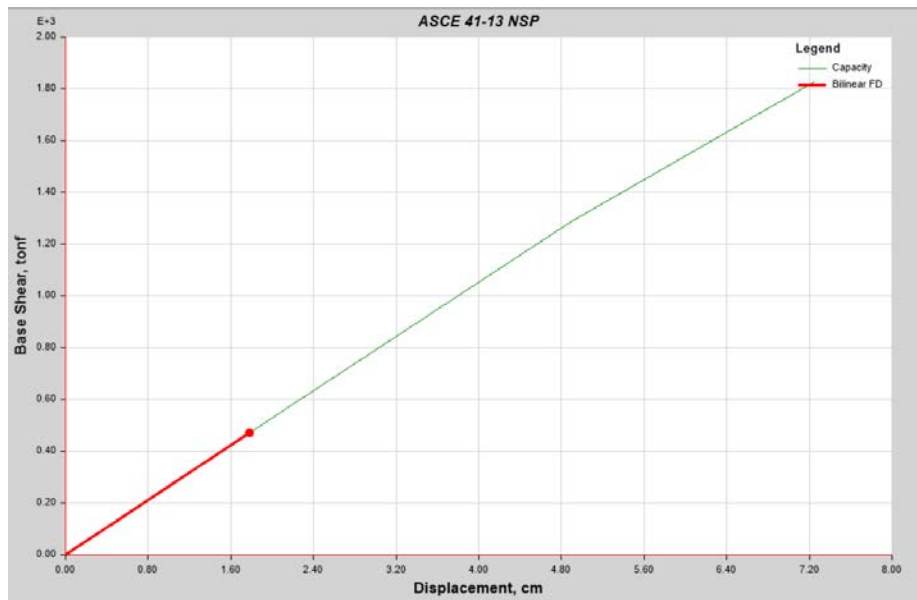


Figura N° 222: Resultados Push Over en X – ASCE 41 – 13
Elaboración propia

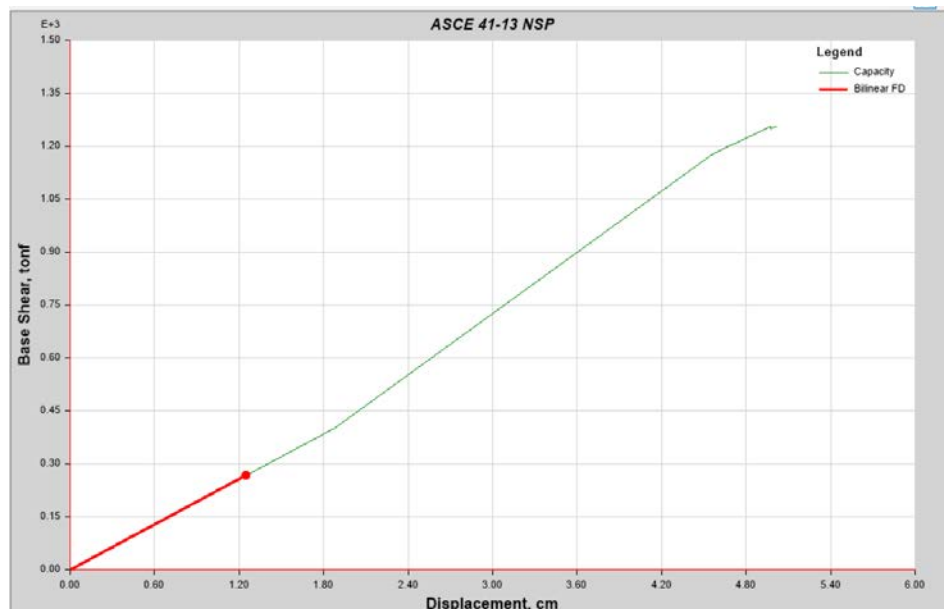


Figura N° 223: Resultados Push Over en Y – ASCE 41 – 13
Elaboración propia

6.4.8.1. VERIFICACION DE DESPLAZAMIENTOS DE LOS DISIPADORES SLB

Se necesita verificar que los desplazamientos presentes en los SLB cumplan y sean menores que el que causa que el alma del disipador pandee, este valor se encuentra en la tabla de especificaciones, en la notación D_a en mm.

Usamos el disipador SL50_5 con el que tenemos que el valor D_a es 83.79mm

Se presenta una tabla resumen con los desplazamientos más representativos de la estructura para los SLB, la tabla completa se encontrará en los anexos.

Link	Desplazamiento	Link	Desplazamiento
K41	5.273	K97	14.425
K50	5.396	K106	10.78
K54	6.322	K109	9.355
K55	7.623	K110	10.309
K64	6.707	K111	15.887
K67	6.476	K1	11.655
K68	7.886	K4	8.349
K69	10.03	K6	8.994
K78	8.099	K7	15.868
K81	7.868	K121	8.348
K82	9.183	K122	8.348
K83	12.354	K125	8.805
K92	9.517	K3	5.494
K95	8.925	K142	5.163
K96	10.095	K143	5.223

*Tabla N° 215: Desplazamientos de SLB
 Elaboración propia*

Nos podemos percatar que ninguno de los desplazamientos supera el valor de D_a .

6.4.8.2. VERIFICACION DE FUERZA DE CORTE DE LOS DISIPADORES SLB

Partimos a verificar ahora la fuerza máxima que está ligada al D_a que corresponde, en este caso F_{max} es 1022.00 Kn o 104.21 tonf.

Se presenta la tabla resumen con las fuerzas representativas que representan los disipadores.

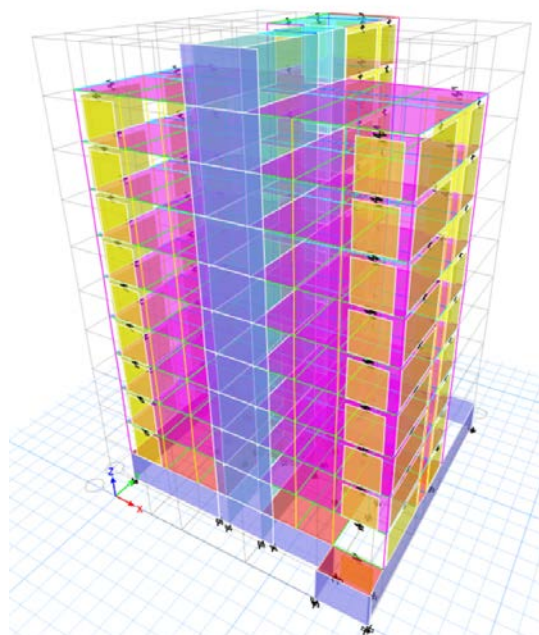
LINK	FUERZA	LINK	FUERZA
K29	14.2061	K98	15.8382
K30	10.6088	K99	36.2842
K34	15.1048	K104	29.8433
K43	14.304	K105	12.7059
K48	11.1365	K112	17.7485
K57	19.1854	K113	42.3646
K62	15.3024	K114	10.1151
K70	11.8077	K118	34.0403
K71	24.5194	K119	13.4617
K76	20.0386	K12	22.5738
K84	13.8036	K13	56.1916
K85	30.229	K16	30.5516
K90	24.9877	K19	29.7407
K91	11.4205	K20	47.6623
K128	15.7471	K21	16.771
K132	28.9253	K126	14.7168
K133	16.9543	K127	41.0474

*Tabla N° 216: Fuerzas de SLB
 Elaboración propia*

Se observa que en ningún caso los valores de las fuerzas superar a la que ocasionaría que se pandee el alma del dissipador.

6.4.9. VISTAS 3D DEL MODELO

6.4.10. MODELO CON DISIPADOR



*Figura N° 224: Modelado de estructura en Etabs con SLB
 Elaboración propia*

CAPITULO 7: RESULTADOS

7. RESULTADOS

Este punto nos indica las diferencias, bastante observables, que existen entre los muros de corte y el uso de disipadores SLB.

Primero se tomará en cuenta las derivas X-X:

DERIVAS X-X			
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Story10	DERIVA XX Max	X	0.004948
Story9	DERIVA XX Max	X	0.004807
Story8	DERIVA XX Max	X	0.005125
Story7	DERIVA XX Max	X	0.005402
Story6	DERIVA XX Max	X	0.005578
Story5	DERIVA XX Max	X	0.005577
Story4	DERIVA XX Max	X	0.005339
Story3	DERIVA XX Max	X	0.00479
Story2	DERIVA XX Max	X	0.003859
Story1	DERIVA XX Max	X	0.002298

*Tabla N° 217: Derivas X-X con muro de corte
 Elaboración propia*

DERIVAS X-X			
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Story10	DERIVA XX Max	X	0.00259
Story9	DERIVA XX Max	X	0.00279
Story8	DERIVA XX Max	X	0.003389
Story7	DERIVA XX Max	X	0.004092
Story6	DERIVA XX Max	X	0.004806
Story5	DERIVA XX Max	X	0.005487
Story4	DERIVA XX Max	X	0.006082
Story3	DERIVA XX Max	X	0.006495
Story2	DERIVA XX Max	X	0.006482
Story1	DERIVA XX Max	X	0.004967

*Tabla N° 218: Derivas X-X con SLB
 Elaboración propia*

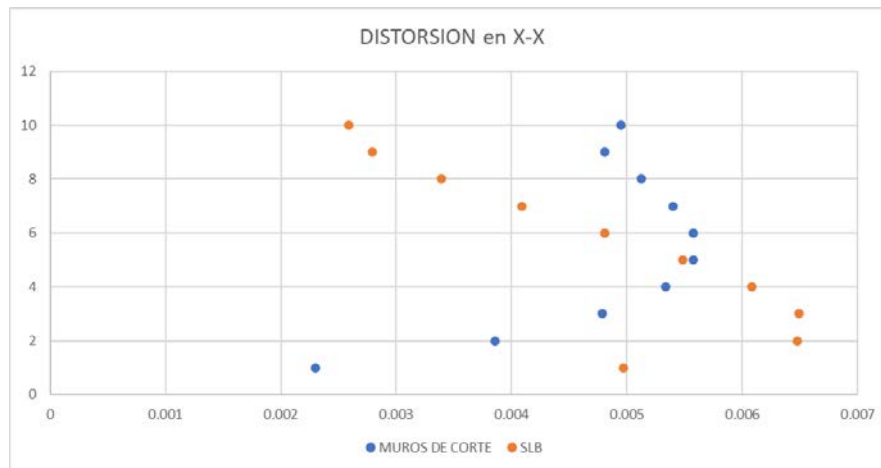


Figura N° 225: Comparativa de distorsión X-X con muros de corte y SLB
 Elaboración propia

STORY	DRIFT X-X				REDUCCIÓN O AUMENTO %	DESCRIPCION
	DRIFT MUROS (ORIGINAL)	ESTADO	DRIFT SLB	ESTADO		
1	0.002298	CUMPLE	0.004967	CUMPLE	-116.14%	Aumenta (en los 4 primeros pisos) debido que NO se posee la misma cantidad de muros como de disipadores en esta dirección, aún así, cumple con la normativa dentro de lo establecido por la norma E0.30
2	0.003859	CUMPLE	0.006482	CUMPLE	-67.97%	
3	0.00479	CUMPLE	0.006495	CUMPLE	-35.59%	
4	0.005339	CUMPLE	0.006082	CUMPLE	-13.92%	
5	0.005577	CUMPLE	0.005487	CUMPLE	1.61%	
6	0.005578	CUMPLE	0.004806	CUMPLE	13.84%	
7	0.005402	CUMPLE	0.004092	CUMPLE	24.25%	
8	0.005125	CUMPLE	0.003389	CUMPLE	33.87%	
9	0.004807	CUMPLE	0.00279	CUMPLE	41.96%	
10	0.004948	CUMPLE	0.00259	CUMPLE	47.66%	

Tabla N° 219: Resumen comparativo de las derivas en X-X
 Elaboración propia

A continuación, pasamos a las derivas en Y-Y:

DERIVA Y-Y			
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Story10	DERIVA YY Max	Y	0.001725
Story9	DERIVA YY Max	Y	0.002102
Story8	DERIVA YY Max	Y	0.00216
Story7	DERIVA YY Max	Y	0.002183
Story6	DERIVA YY Max	Y	0.002155
Story5	DERIVA YY Max	Y	0.002062
Story4	DERIVA YY Max	Y	0.001894
Story3	DERIVA YY Max	Y	0.001636
Story2	DERIVA YY Max	Y	0.001287
Story1	DERIVA YY Max	Y	0.000796

Tabla N° 220: Derivas Y-Y con muro de corte
 Elaboración propia

DERIVA Y-Y			
Story	Load Case/Combo	Direction	Drift
Story10	DERIVA YY Max	Y	0.000231
Story9	DERIVA YY Max	Y	0.000258
Story8	DERIVA YY Max	Y	0.000231
Story7	DERIVA YY Max	Y	0.000223
Story6	DERIVA YY Max	Y	0.000222
Story5	DERIVA YY Max	Y	0.000222
Story4	DERIVA YY Max	Y	0.000223
Story3	DERIVA YY Max	Y	0.000232
Story2	DERIVA YY Max	Y	0.00029
Story1	DERIVA YY Max	Y	0.000198

Tabla N° 221: Derivas Y-Y con SLB
 Elaboración propia

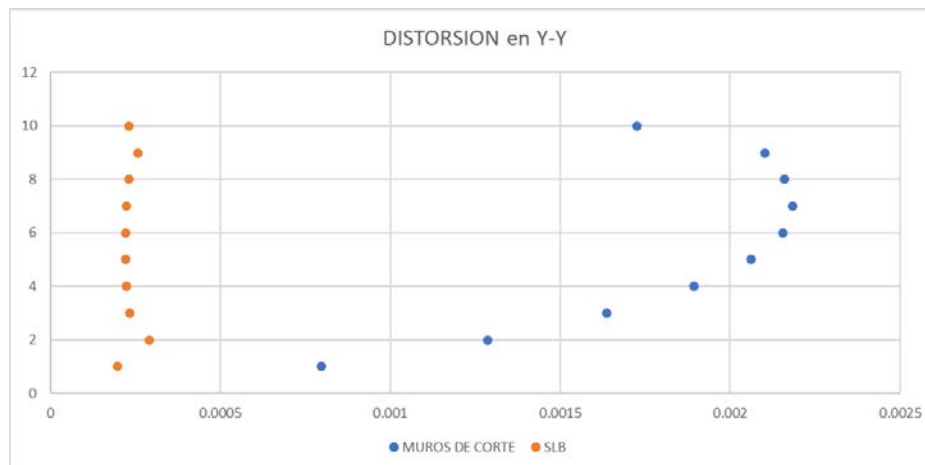


Figura N° 226: Comparativa de distorsión Y-Y con muros de corte y SLB
 Elaboración propia

STORY	DRIFT Y-Y				REDUCCIÓN O AUMENTO %	DESCRIPCION
	DRIFT MUROS (ORIGINAL)	ESTADO	DRIFT SLB	ESTADO		
1	0.000796	CUMPLE	0.000198	CUMPLE	75.13%	Disminuye debido a que se tiene la misma cantidad de disipadores y muros en esta dirección, lo cual hace muy evidente el mejor comportamiento de la estructura
2	0.001287	CUMPLE	0.00029	CUMPLE	77.47%	
3	0.001636	CUMPLE	0.000232	CUMPLE	85.82%	
4	0.001894	CUMPLE	0.000223	CUMPLE	88.23%	
5	0.002062	CUMPLE	0.000222	CUMPLE	89.23%	
6	0.002155	CUMPLE	0.000222	CUMPLE	89.70%	
7	0.002183	CUMPLE	0.000223	CUMPLE	89.78%	
8	0.00216	CUMPLE	0.000231	CUMPLE	89.31%	
9	0.002102	CUMPLE	0.000258	CUMPLE	87.73%	
10	0.001725	CUMPLE	0.000231	CUMPLE	86.61%	

Tabla N° 222: Resumen comparativo de las derivas en Y-Y
 Elaboración propia

7.1. COMPARACION DE CURVAS CAPACIDAD

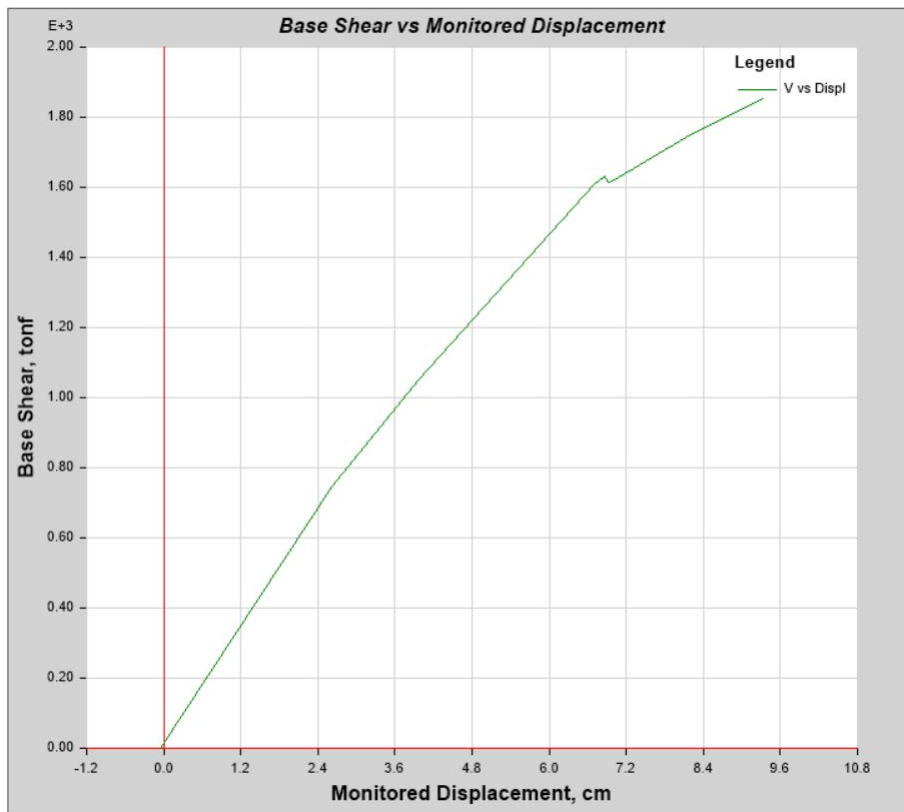


Figura N° 227: Curva de capacidad Pushover X-X con muros estructurales
Elaboración propia

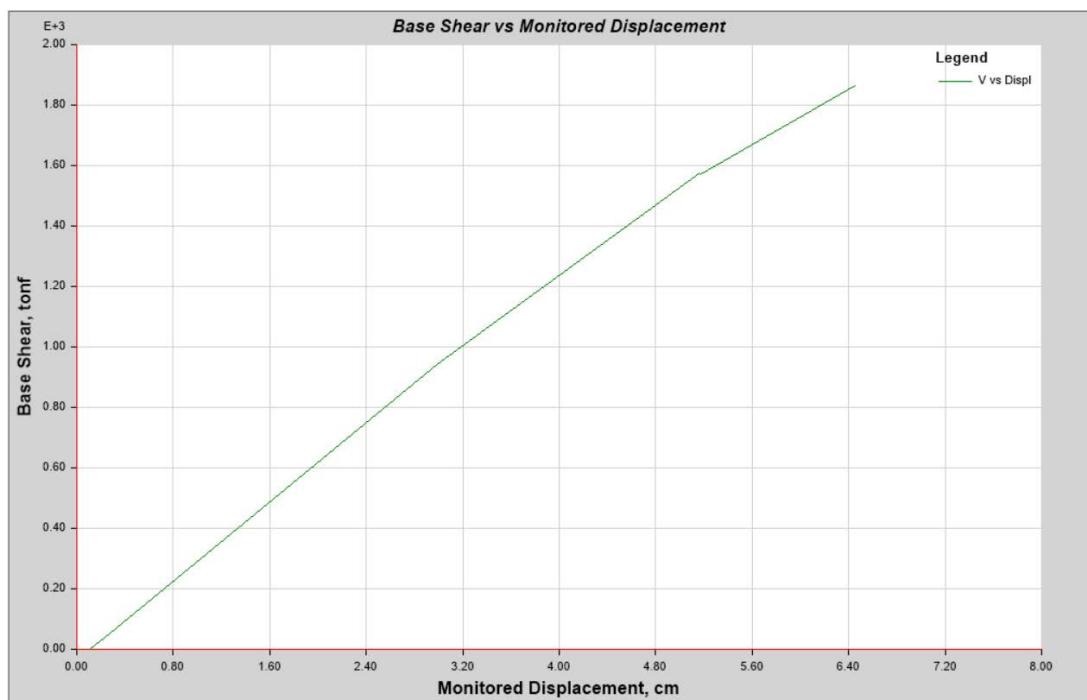


Figura N° 228: Curva de capacidad Pushover X-X con SLB
Elaboración propia

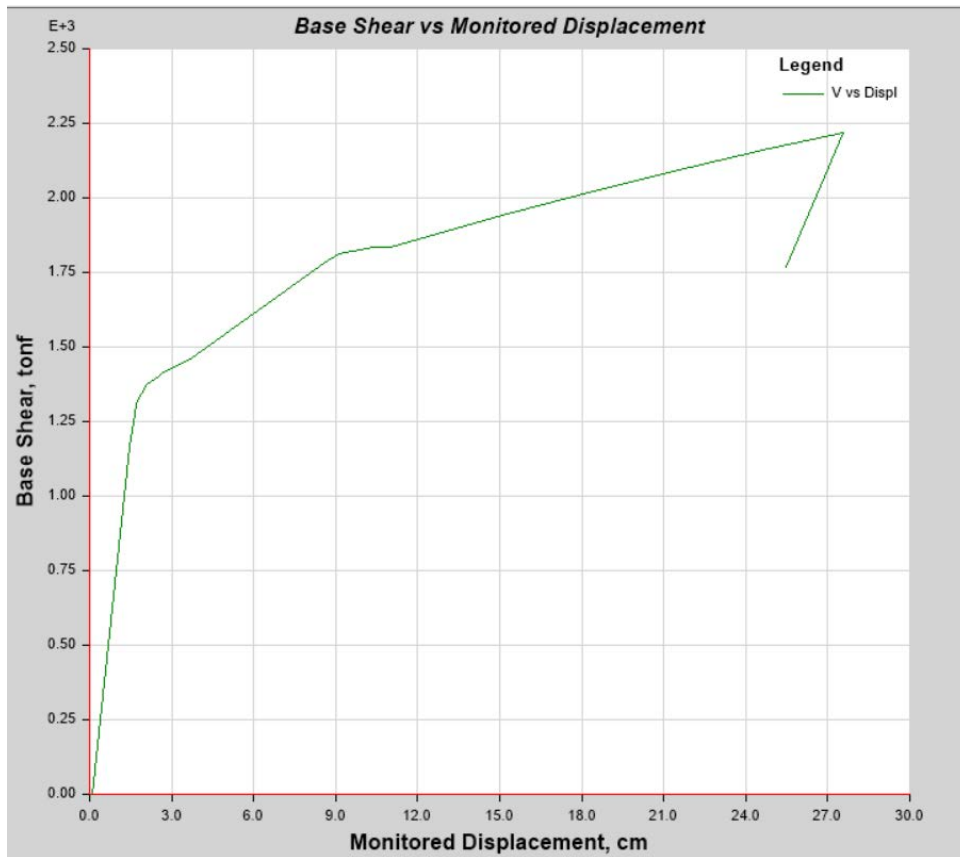


Figura N° 229: Curva de capacidad Pushover Y-Y con muros estructurales
 Elaboración propia

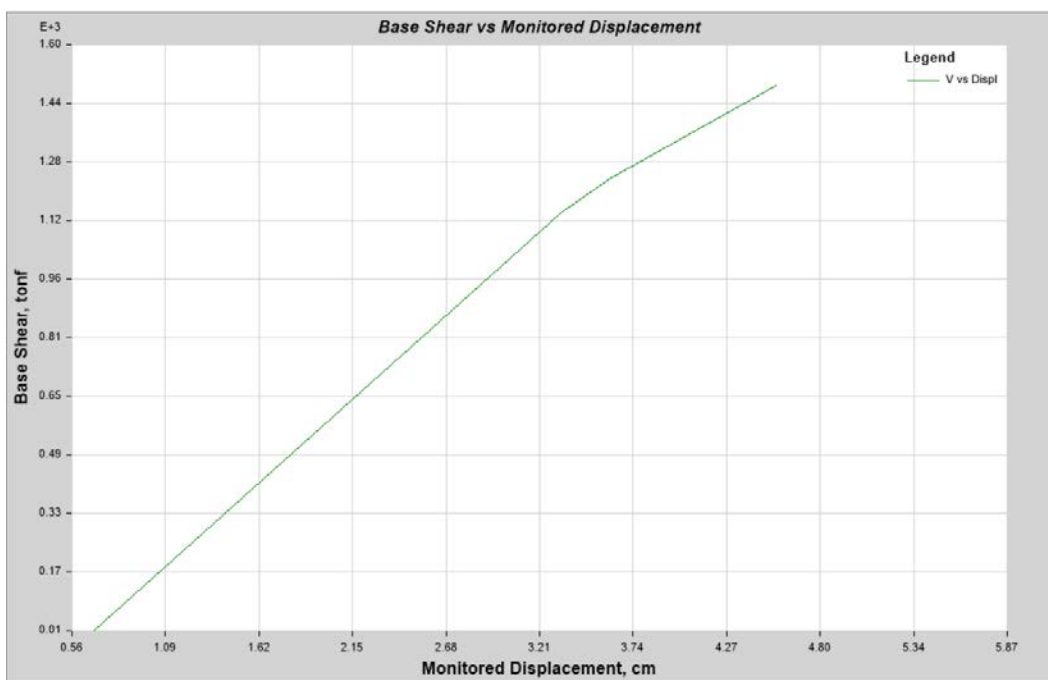


Figura N° 230: Curva de capacidad Pushover Y-Y con SLB
 Elaboración propia



CAPITULO 8: DISCUSION DE RESULTADOS

8. RESULTADOS

- Como se puede observar en el capítulo anterior, los gráficos comparativos nos muestran que los muros de corte tienen un mejor comportamiento para la dirección X-X, esto es debido a que en esta dirección existen más muros de corte que disipadores en la ubicación, como se indica en el capítulo anterior, basándonos en la arquitectura, sin embargo, ambos cumplen con las derivas establecidas por la norma E0.30: Diseño Sismorresistente, así como también la deriva máxima del edificio se encuentra en un piso más bajo teniendo los disipadores SLB.
- Para la dirección Y-Y, como podemos observar, es totalmente diferente, los disipadores SLB son mucho mejores que los muros de corte y esto es porque se tiene la misma cantidad de muros y las de SLB en esa dirección, ubicados de la misma manera, demostrado que estos son mucho más seguros.
- Al observar las gráficas anteriores, de las curvas de capacidad, se observa la continuidad de la curva en la estructura con SLB, condición que no se desarrolla igual en el reforzado con muros estructurales.
- Al utilizar SLB para el análisis, se puede observar que la capa con mayor problema de deriva es la tercera capa, lo que puede deberse a que existe un muro de contención (sótano) en el piso inferior que endurece la capa y ayuda a evitar grandes desplazamientos.
- La distribución de fuerza lateral utilizada en el AENL (empuje) afecta directamente los resultados, por lo que se ha utilizado la distribución según el primer modo de vibración recomendado según FEMA 440.

CAPITULO 9: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. CONCLUSIONES

- Las máximas derivas de entrepiso obtenidas de los dos sistemas de reforzamientos son: 5.578 mm para los muros de corte y 6.495 mm para los SLB, para la dirección X son relativamente similares sin embargo no se encontraban en igual situación, lo que difiere en la dirección Y, en la que la diferencia es muy notoria lo que señala que habrá mucho menor daño de elementos estructurales en la alternativa de disipadores SLB.
- Al observar los resultados de las rótulas obtenidas en el análisis No lineal – Push Over – se puede aseverar que el reforzamiento con SLB nos permite una formación más estable con respecto a la de muros estructurales en donde simultáneamente se pasa de IO a CP.
- La estructura con SLB es ligeramente menos pesada que la que tiene muros estructurales, lo cual resulta en que las fuerzas transmitidas a las columnas son menores, por lo tanto, las cimentaciones serán menos afectadas.

9.2. RECOMENDACIONES

- El análisis Push Over, es el más simple de los análisis estáticos no lineales, se recomienda un análisis más completo como el de tiempo – historia, a pesar de que es más complejo de usar, los resultados son más aproximados.
- Para este análisis no se tomó en cuenta la cimentación, lo cual podría llegar a variar el comportamiento de la estructura, por lo tanto, se recomienda incluir este diseño con el fin de obtener mejores resultados.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 2009 NEHRP Recommended Seismic Provisions: Design Examples, FEMA P-51; National Institute of Building Sciences, 2012; Washington
- Alarcón y Asto (2017). *“Proyecto de reforzamiento estructural del edificio multifamiliar los rosales de 10 niveles con disipadores de fluido viscoso”* (Tesis de pregrado), Facultad de Ingeniería, UPAO, Trujillo.
- Alcántara, K., Nalvarte, C. (2016). *“Desempeño estructural aplicando la norma ATC-40 para el reforzamiento del pabellón “MONOBLOCK” del instituto nacional de Salud del Niño (Breña – Lima)”*. (Tesis de pregrado), Facultad de Ingeniería, USMP, Lima.
- Almirón, E., Yndigoyen D., (2019) *“Evaluación estructural y propuesta de reforzamiento en el centro de salud Leoncio Prado, de la ciudad de Tacna”*. (Tesis de pregrado), Facultad de Ingeniería, Universidad Privada de Tacna, Tacna.
- Belizario, C., (2017). *“Reforzamiento estructural de una edificación de concreto armado de dos pisos con fines de ampliación”* (Tesis de pregrado), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.
- Bozzo, G. (2018). *“Simulación de un ensayo en mesa vibrante de una estructura con dispositivos de disipación sísmica para viviendas de bajo coste”*. (Tesis de pregrado), Escola Técnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals y Ports, UPC BARCELONATECH, Barcelona.
- Bozzo, L y Gaxiola, G. (2015). *“El concepto “Rígido – Flexible – Dúctil” y las conexiones SLB”*, Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, México

- Bozzo, L y Gaxiola, G., Gonzales, H. (2016). *“Proceso de análisis y diseño utilizando disipadores sísmicos tipo SLB”*. Luis Bozzo Estructuras y Proyectos S.L.
- Bozzo, L, Serino, G., Losanno, D., Nuzzo, I. (2015). *“A seismic – resistant Precast r.c. System equipped with Shear Link Dissipator for Residential Buildings”*. International Journal of Civil and Structural Engineering – IJCSE, España
- Bozzo, L, Serino, G., Losanno, D., Nuzzo, I. (2015). *“Simplified Nonlinear Analysis: Application to Damper – Braced Structures”*. International Journal of Civil and Structural Engineering – IJCSE, España
- Bozzo, L., Hurtado, F., (2008) *“Numerical and Experimental Analysis of a Shear Link Energy dissipator for seismic protection of buildings”*. World Conference on Earthquake Engineering. China
- Campaña, D., Guzmán, J., (2015). *“Vulnerabilidad y propuesta de reforzamiento estructural de seis estructuras de la academia de Guerra del ejército y del commando de educación y doctrina del ejército”*. (Tesis de pregrado), Facultad de Ingeniería, Universidad de las fuerzas armadas, Ecuador.
- Carranza, J., Calderon, E. (2015) *“Reforzamiento de una estructura aporticada con disipadores de fluido viscoso para un mercado en la ciudad de Trujillo”*. (Tesis de pregrado), Facultad de Ingeniería, UPAO, Trujillo.
- Choque J., Luque, E., (2019) *“Análisis estático no lineal y evaluación del desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles diseñado con la norma E0.30”*. (Tesis de pregrado), Facultad de Ingeniería, UNSA, Arequipa.
- Cormilluni, C., Quiñones, E. (2018). *“Propuesta de reforzamiento estructural de un muro de albañilería construido con unidad de arcilla blocker II – espécimen “MBATR-6”*. (Tesis de pregrado), Facultad de Ingeniería, Universidad Privada de Tacna, Tacna.

“Disipadores sísmicos en estructuras industriales: Caso Megaplanta Pucusana de corporación Lindley” (2015) Revista Costos, Capítulo Innovaciones.

Hu (2012). *Response control of seismically excited buildings: application of viscous damping and negative stiffness control algorithm* (Tesis de pregrado). Purdue University.

Herrera (2018). *Desempeño sísmico en edificaciones con aisladores elastoméricos y amortiguadores de fluido viscoso*. (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura.

Improvement of Nonlinear Static Seismic Analysis Procedures, FEMA 440; National Institute of Building Sciences, 2012; Washington

Manual de evaluación y reforzamiento sísmico para reducción de vulnerabilidad en viviendas (2015) Build Change Swisscontact. Colombia

Minimum Design Loads and Associated Criteria for Building and Other Structures; ASCE/SEI 7-16; 2017, Estados Unidos de América

Nayra A. (2017). *“Reforzamiento estructural de edificaciones familiares para el uso de entidades financieras – caso caja Arequipa – Puno”*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno.

Purca, R., (2015). *“Resumen: ATC-40 CAP 8. Procedimiento de análisis estático no lineal”*

Restrepo, J., (2019). *“Diseño por desempeño”*. University of California, San Diego, California, USA.

SENCICO, *Norma Técnica E0.30 Diseño Sismo Resistente* (2018), Perú



SENCICO, *Norma Técnica E0.60 Concreto Armado* (2017), Perú

SENCICO, *Norma Técnica E0.50 Suelos y Cimentaciones*, Perú

Torres, P. y Matango, A. (2017). *Evaluación y comparación del reforzamiento de la PUCE sede BAHIA, mediante la utilización de disipadores de energía tipo SHEAR-LINK respecto a un reforzamiento con muros de corte* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.

Ventura, E., (2019). *“Análisis del reforzamiento de edificaciones de concreto armado con disipadores de fluido viscoelástico en la ciudad de Huancayo”*. (Tesis de pregrado). Facultad de Ingeniería, Universidad Peruana Los Andes, Huancayo.

Yagual, D., *“Reforzamientos”*. Universidad Laica “Vicente Rocafuerte” de Guayaquil. Ecuador.



ANEXOS