



UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO EN MARCOS  
ARRIOSTRADOS CONCÉNTRICAMENTE, SEGÚN NCH433.**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

SERGIO ANDRÉS JILBERTO GÁLVEZ

**PROFESOR GUÍA:**

EDUARDO NUÑEZ CASTELLANOS

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:**

RICARDO HERRERA MARDONES

FABIÁN ROJAS BARRALES

SANTIAGO DE CHILE

2020

RESUMEN DE MEMORIA PARA OPTAR AL  
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
POR: SERGIO A. JILBERTO GÁLVEZ  
FECHA: ENERO 2020  
PROFESOR GUÍA: EDUARDO NUÑEZ

## **ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO SÍSMICO EN MARCOS ARRIOSTRADOS CONCÉNTRICAMENTE, SEGÚN NCH433.**

Dado el desarrollo de la ingeniería sísmica en Chile a principios de los años 30 con los primeros códigos de diseño sísmico, las primeras tipologías predominantes empezaron a surgir, siendo el hormigón el gran dominador de la fauna si a edificios se refiere. En la actualidad, el acero ha jugado un papel preponderante en el sector industrial, principalmente en la industria minera, pero no ha incursionado de forma completa en el diseño de edificios, abarcando solo materialidades mixtas como es la Gran Torre de Santiago, cuyo núcleo es de hormigón y sus losas son sostenidas por bielas de acero para combatir el efecto Creep del concreto. Una muestra clara de ello es que, al examinar la normativa chilena, no hay grandes manuales de diseño o estudios recabados respecto a este material en cuestión.

En esta investigación, se estimaron parámetros de diseño sísmico para edificios en acero con los cuales se pretende contribuir a esta pequeña base de datos existente, con el fin de dar un sustento teórico y proyectar en el tiempo el diseño en cuestión. En específico, este estudio se centró en los marcos especiales arriostrados concéntricamente (SCBF) los cuales son tipologías que controlan de forma efectiva el desplazamiento de pisos debido a su alta rigidez lateral y son comúnmente usados en países desarrollados con solicitaciones sísmicas importantes tales como Estados Unidos y Japón.

Particularmente, se estudiaron 9 arquetipos, que correspondieron a estructuras SCBF en 2-D, bajo la zona sísmica 3 y los suelos tipo C, D y E dados por la norma de Diseño Sísmico de Edificios NCh433, dando un total de 27 modelos a analizar. Complementado lo anterior, se usaron las normas internacionales AISC360 y AISC341, para el diseño de elementos estructurales y las provisiones sísmicas, respectivamente. Una vez dado el cumplimiento de diseño normativo de estos edificios, se analizó su comportamiento No Lineal Estático, denominado Pushover, bajo las metodologías dadas por el manual FEMA P695 y el uso de software SAP2000. Cabe destacar, que el diseño por capacidad de los edificios previo análisis no lineal, se hizo de forma manual y no a través de los outputs de diseño del software, de tal manera que se puedan tener claros los criterios de diseño de los modelos.

Los resultados obtenidos, de una forma global, señalan la existencia de sobredimensionamiento de los elementos estructurales, dados los valores de 3 parámetros sísmicos estudiados: Sobrerresistencia,  $\Omega$ ; Ductilidad,  $\mu$ , y Factor de Modificación de Respuesta, R. Los valores arrojados detallan que, para estructuras de baja y mediana altura, las consideraciones sísmicas son óptimas dado que aceptan menos daño, es decir, se obtiene un Factor de Modificación más alto que el dado por norma, sin embargo, para edificios altos, se acepta más daño, estando debajo de los valores normados, de tal forma que la probabilidad de colapso de una estructura de este tipo es alta.

*A mi abuelita y a mi tata, por su amor infinito,  
No estaría aquí sin ustedes.  
A Giselle, por creer tanto en mí, y darme ese amor  
Que difícilmente lo encontraré en otro lugar.*

# Agradecimientos

A mi tata que está en algún lugar de este plano existencial. Te fuiste cuando recién partía este camino, sin embargo, fuiste el empuje constante para poder dar lo mejor de mí y cuidar a mi familia.

A mi abuelita, por su infinito amor de madre y ser mi sustento constante. Por creer siempre en mí. Agradezco tenerte junto a mí en esta instancia.

A mi tía por apoyarme a cada momento. Por ahorrar peso a peso, y dedicarla a mis necesidades. Por ser no solo un sustento económico, si no, uno de gran cariño en los momentos que necesité.

A mi mamá y a mis hermanos. Gracias mamá por despertarme cada mañana en estos últimos meses donde no tenía una gota de energía y debía seguir con el trabajo y la tesis. Gracias por acercarte cada vez más a mí. Gracias hermanos por estar conmigo, por quererme y darme ese abrazo único de recibimiento cuando llego a mi casa.

A Giselle. Te agradezco tu confianza y tu fe en mí, y todo el amor y paciencia que me has dado para culminar este camino. Me sobran las palabras (*“Me sobró el resto/desde el primer beso...”*), dado que es muy importante para mí que tú estés aquí presente.

A Sol y a Doriane. Por estar en los momentos más difíciles, por darme esa felicidad, compañía y cariños sinceros que solo un alma inocente como la de ustedes puede dar.

A mis amigos, a muchos que han pasado y ya no están, a muchos que acompañan desde la distancia. A los que han estado presentes desde mis inicios en el Bachillerato, como a los que me han ayudado mucho en este último tiempo.

A Rodrigo, por el apoyo, la fe y el afecto que me has brindado. A Cristian y Allison, que formaron gran parte de este camino en la universidad. A Michelle, a Cata, a Víctor (y Dianita) y a Gonzalo, a quienes los conocí en el último tiempo, pero les guardo un cariño y respeto muy grande. A Javi Bustos por estar ahí sin pedirle nada. A Alejandro por ayudarme y acompañarme en mis debates académicos constantemente. A Luis por abrirme las puertas de su casa y facilitarme lo que necesitara para poder sacar este trabajo. A Willy y familia también, por estar preocupados y pendientes de mí, sin conocerme tanto, con una gran disposición.

A mis colegas de Elecnor Chile. Tanto a mi jefe como a mi equipo de trabajo que han comprendido mis destiempos y han tenido confianza en mis aptitudes profesionales. A Julián y su esposa, la señora Dulce, por brindarme su tiempo, cariño y vasta experiencia, siempre dispuestos. Sus consejos los valoro muchísimo.

A Eduardo Núñez, porque más que un profesor guía ha sido un apoyo moral muy fuerte en este último tiempo. Le agradezco la confianza que ha tenido en mí, las arengas telefónicas constantes, la paciencia infinita que me ha tenido y al consejo preciso en mi tesis. Al profesor Ricardo Herrera y al profesor Fabián Rojas, por su gran ayuda y disposición hacia mi persona.

Una plana de agradecimientos es poco para más de 10 años de estancia en mi querida universidad. En ellos, experimenté etapas complicadas de mi vida, donde muchas veces pensé en no seguir, pero nunca faltó la palabra precisa, o el cariño inesperado y desinteresado, que le dieron más sentido a lo que estaba haciendo. He aprendido a valorarme. Infinitas gracias.

# Tabla de Contenido

Capítulo 1: Introducción.....	1
1.1    Introducción General .....	1
1.2    Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo General .....	2
1.2.2 Objetivos Específicos .....	2
1.3 Organización del Trabajo .....	2
Capítulo 2: Marco Teórico .....	3
2.1 Marcos Arriostrados Concéntricamente (SBF) .....	3
2.2 Estudios Previos .....	4
2.2.1 Estado del Arte de Arriostramientos en Estructuras de Acero – Alejandro Durán (2017) .....	4
2.2.2 Performance-Based Seismic Demand Assessment of Concentrically Braced Steel Frame Buildings - Chui-Hsin Chen (2010) .....	4
2.2.3 Análisis del efecto de las modificaciones de la norma NCh2369 en el diseño y desempeño de estructuras industriales de acero – Leandro Zúñiga (2017).....	5
2.3 Normativa de diseño.....	6
2.3.1 Diseño sísmico de edificios, NCh433 .....	6
2.3.2. Disposiciones generales y combinaciones de cargas.....	8
2.3.3 Especificaciones para edificios de acero estructural AISC 360 [3].....	9
2.3.4 Disposiciones sísmicas para edificios de acero estructural AISC 341 [4] .....	9
2.4 Metodología FEMA.....	10
2.4.1 Desarrollo Conceptual del sistema .....	10
2.4.2 Información requerida del sistema .....	11
2.4.3 Desarrollo de arquetipos.....	11
2.4.4 Desarrollo de modelos no lineales.....	12
2.4.5 Análisis no lineales.....	12
2.5 Análisis no lineal .....	12
2.5.1 Análisis no lineal estático o Pushover .....	12
2.6 Bilinealización Curva de Demanda FEMA 356.....	14
Capítulo 3: Diseño Estructural .....	16
3.1 Sistema Estructural.....	16

3.2 Materiales .....	16
3.3 Cargas Estáticas.....	17
3.4 Espectro de diseño.....	17
3.5 Diseño de estructura .....	18
3.5.1 Columnas.....	19
3.5.2 Vigas.....	24
3.5.3 Riostras .....	34
3.5.4 Análisis de parámetros sísmicos según NCh433.....	39
3.5.4.2 Análisis Modal Espectral.....	39
3.5.4.2 Derivas.....	40
3.5.4.3 Participación Modal.....	46
3.5.4.3 NCh433 – Anexo D [1]. .....	48
Capítulo 4: Análisis no lineal estático .....	49
4.1 Consideraciones Generales.....	49
4.2 Resultados Obtenidos .....	49
4.2.1 Curva de capacidad.....	49
4.2.2 Sobrerresistencia $\Omega$ , Ductilidad $\mu$ y Factor de modificación de respuesta R .....	62
Capítulo 5: Análisis de resultados .....	70
5.1 Consideraciones de diseño.....	70
5.2 Análisis no lineal estático.....	70
Capítulo 6: Conclusiones.....	73
6.1 Resumen y Conclusiones.....	73
6.2 Recomendaciones y trabajos futuros .....	75
Bibliografía.....	76
Anexos .....	78
Anexo 1. Corroboración Flexo-compresión Vigas.....	78
Anexo 2. Programa en entorno MATLAB – Bilinealización de Curva de Demanda. ....	126
Anexo 3. Perfil Biosísmico de Matriz de Simulación. ....	130

# Índice de Tablas

Tabla 2- 1 Parámetros de acuerdo a tipo de suelo.....	6
Tabla 2- 2 Valores de aceleración máxima .....	7
Tabla 2 - 3 Valor del coeficiente I.....	7
Tabla 3- 1 Cantidad de arquetipos y sus pisos respectivos.....	16
Tabla 3- 2 Tipos de cargas gravitacionales .....	17
Tabla 3- 3 Columnas y Resistencias Arquetipo 1. ....	19
Tabla 3- 4 Columnas y Resistencias Arquetipo 2. ....	19
Tabla 3- 5 Columnas y Resistencias Arquetipo 3. ....	20
Tabla 3- 6 Columnas y Resistencias Arquetipo 4. ....	20
Tabla 3- 7 Columnas y Resistencias Arquetipo 5. ....	20
Tabla 3- 8 Columnas y Resistencias Arquetipo 6. ....	21
Tabla 3- 9 Columnas y Resistencias Arquetipo 7. ....	21
Tabla 3- 10 Columnas y Resistencias Arquetipo 8. ....	22
Tabla 3- 11 Columnas y Resistencias Arquetipo 9. ....	23
Tabla 3- 12 Vigas y Resistencias Arquetipo 1. ....	24
Tabla 3- 13 Vigas y Resistencias Arquetipo 1. ....	24
Tabla 3- 14 Vigas y Resistencias Arquetipo 2. ....	24
Tabla 3- 15 Vigas y Resistencias Arquetipo 2. ....	24
Tabla 3- 16 Vigas y Resistencias Arquetipo 3. ....	25
Tabla 3- 17 Vigas y Resistencias Arquetipo 3. ....	25
Tabla 3- 18 Vigas y Resistencias Arquetipo 4. ....	25
Tabla 3- 19 Vigas y Resistencias Arquetipo 4. ....	26
Tabla 3- 20 Vigas y Resistencias Arquetipo 5. ....	26
Tabla 3- 21 Vigas y Resistencias Arquetipo 5. ....	27
Tabla 3- 22 Vigas y Resistencias Arquetipo 6. ....	27
Tabla 3- 23 Vigas y Resistencias Arquetipo 6. ....	28
Tabla 3- 24 Vigas y Resistencias Arquetipo 7. ....	28
Tabla 3- 25 Vigas y Resistencias Arquetipo 7. ....	29
Tabla 3- 26 Vigas y Resistencias Arquetipo 8. ....	30
Tabla 3- 27 Vigas y Resistencias Arquetipo 8. ....	31
Tabla 3- 28 Vigas y Resistencias Arquetipo 9. ....	32
Tabla 3- 29 Vigas y Resistencias Arquetipo 9. ....	33
Tabla 3- 30 Riostras y Resistencias Arquetipo 1.....	34
Tabla 3- 31 Riostras y Resistencias Arquetipo 2.....	34
Tabla 3- 32 Riostras y Resistencias Arquetipo 3.....	34
Tabla 3- 33 Riostras y Resistencias Arquetipo 4.....	35
Tabla 3- 34 Riostras y Resistencias Arquetipo 5.....	35
Tabla 3- 35 Riostras y Resistencias Arquetipo 6.....	36
Tabla 3- 36 Riostras y Resistencias Arquetipo 7.....	36
Tabla 3- 37 Riostras y Resistencias Arquetipo 8.....	37
Tabla 3- 38 Riostras y Resistencias Arquetipo 9.....	38
Tabla 3- 39 Parámetros Sísmicos Arquetipo 1.....	39

Tabla 3- 40 Parámetros Sísmicos Arquetipo 2.....	39
Tabla 3- 41 Parámetros Sísmicos Arquetipo 3.....	39
Tabla 3- 42 Parámetros Sísmicos Arquetipo 4.....	39
Tabla 3- 43 Parámetros Sísmicos Arquetipo 1.....	39
Tabla 3- 44 Parámetros Sísmicos Arquetipo 6.....	40
Tabla 3- 45 Parámetros Sísmicos Arquetipo 7.....	40
Tabla 3- 46 Parámetros Sísmicos Arquetipo 8.....	40
Tabla 3- 47 Parámetros Sísmicos Arquetipo 9.....	40
Tabla 3- 48 Desplazamientos Arquetipo 1.....	40
Tabla 3- 49 Desplazamientos Arquetipo 2.....	41
Tabla 3- 50 Desplazamientos Arquetipo 3.....	41
Tabla 3- 51 Desplazamientos Arquetipo 4.....	41
Tabla 3- 52 Desplazamientos Arquetipo 5.....	42
Tabla 3- 53 Desplazamientos Arquetipo 6.....	42
Tabla 3- 54 Desplazamientos Arquetipo 7.....	43
Tabla 3- 55 Desplazamientos Arquetipo 8.....	44
Tabla 3- 56 Desplazamientos Arquetipo 9.....	45
Tabla 3- 57 Participación Modal Arquetipo 1.....	46
Tabla 3- 58 Participación Modal Arquetipo 2.....	46
Tabla 3- 59 Participación Modal Arquetipo 3.....	46
Tabla 3- 60 Participación Modal Arquetipo 4.....	46
Tabla 3- 61 Participación Modal Arquetipo 5.....	47
Tabla 3- 62 Participación Modal Arquetipo 6.....	47
Tabla 3- 63 Participación Modal Arquetipo 7.....	47
Tabla 3- 64 Participación Modal Arquetipo 8.....	47
Tabla 3- 65 Participación Modal Arquetipo 9.....	47
Tabla 4- 1 Parámetros Sísmicos Arquetipo 1.....	62
Tabla 4- 2 Parámetros Sísmicos Arquetipo 2.....	62
Tabla 4- 3 Parámetros Sísmicos Arquetipo 3.....	63
Tabla 4- 4 Parámetros Sísmicos Arquetipo 4.....	63
Tabla 4- 5 Parámetros Sísmicos Arquetipo 5.....	63
Tabla 4- 6 Parámetros Sísmicos Arquetipo 6.....	63
Tabla 4- 7 Parámetros Sísmicos Arquetipo 7.....	63
Tabla 4- 8 Parámetros Sísmicos Arquetipo 8.....	63
Tabla 4- 9 Parámetros Sísmicos Arquetipo 9.....	64
Tabla Anexo 1- 1 Flexocompresión Viga Arquetipo 1 Suelo C.....	78
Tabla Anexo 1- 2 Flexocompresión Viga Arquetipo 1 Suelo D.....	78
Tabla Anexo 1- 3 Flexocompresión Viga Arquetipo 1 Suelo E.....	78
Tabla Anexo 1- 4 Flexocompresión Viga Arquetipo 2 Suelo C Nivel 1.....	79
Tabla Anexo 1- 5 Flexocompresión Viga Arquetipo 2 Suelo C Nivel 2.....	79
Tabla Anexo 1- 6 Flexocompresión Viga Arquetipo 2 Suelo D Nivel 1.....	79
Tabla Anexo 1- 7 Flexocompresión Viga Arquetipo 2 Suelo D Nivel 2.....	80
Tabla Anexo 1- 8 Flexocompresión Viga Arquetipo 2 Suelo E Nivel 1.....	80
Tabla Anexo 1- 9 Flexocompresión Viga Arquetipo 2 Suelo E Nivel 2.....	80
Tabla Anexo 1- 10 Flexocompresión Viga Arquetipo 3 Suelo C Nivel 1.....	81





Tabla Anexo 1- 101 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 2. ....	111
Tabla Anexo 1- 102 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 3. ....	111
Tabla Anexo 1- 103 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 4. ....	112
Tabla Anexo 1- 104 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 5. ....	112
Tabla Anexo 1- 105 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 6. ....	112
Tabla Anexo 1- 106 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 7. ....	113
Tabla Anexo 1- 107 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 8. ....	113
Tabla Anexo 1- 108 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 9. ....	113
Tabla Anexo 1- 109 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 10. ....	114
Tabla Anexo 1- 110 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 11. ....	114
Tabla Anexo 1- 111 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 12. ....	114
Tabla Anexo 1- 112 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 1.....	115
Tabla Anexo 1- 113 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 2.....	115
Tabla Anexo 1- 114 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 3.....	115
Tabla Anexo 1- 115 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 4.....	116
Tabla Anexo 1- 116 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 5.....	116
Tabla Anexo 1- 117 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 6.....	116
Tabla Anexo 1- 118 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 7.....	117
Tabla Anexo 1- 119 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 8.....	117
Tabla Anexo 1- 120 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 9.....	117
Tabla Anexo 1- 121 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 10.....	118
Tabla Anexo 1- 122 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 11.....	118
Tabla Anexo 1- 123 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 12.....	118
Tabla Anexo 1- 124 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 13.....	119
Tabla Anexo 1- 125 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 14.....	119
Tabla Anexo 1- 126 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 15.....	119
Tabla Anexo 1- 127 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 16.....	120
Tabla Anexo 1- 128 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 1. ....	120
Tabla Anexo 1- 129 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 2. ....	120
Tabla Anexo 1- 130 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 3. ....	121
Tabla Anexo 1- 131 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 4. ....	121
Tabla Anexo 1- 132 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 5. ....	121
Tabla Anexo 1- 133 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 6. ....	122
Tabla Anexo 1- 134 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 7. ....	122
Tabla Anexo 1- 135 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 8. ....	122
Tabla Anexo 1- 136 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 9. ....	123
Tabla Anexo 1- 137 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 10. ....	123
Tabla Anexo 1- 138 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 11. ....	123
Tabla Anexo 1- 139 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 12. ....	124
Tabla Anexo 1- 140 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 13. ....	124
Tabla Anexo 1- 141 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 14. ....	124
Tabla Anexo 1- 142 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 15. ....	125
Tabla Anexo 1- 143 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 16. ....	125
Tabla Anexo 3 - 1 Datos obtenidos para cálculo de perfil Biosísmico. ....	130

# Índice de Ilustraciones

Imagen 2- 1 Distintas tipologías de marcos arriostrados concéntricamente .....	3
Imagen 2- 2 Tipologías estructurales estudiadas.....	11
Imagen 2- 3 Curva Pushover idealizada.....	13
Imagen 2- 4 Valores para factor Co dados por ASCE 41-13[10].....	14
Imagen 3- 1 Espectro de diseño NCh433 para suelos estudiados y zona sísmica III.....	18
Imagen 3- 2 Comparación Estudio NCh433 Apéndice D respecto a los datos obtenidos en este estudio.....	48
Imagen 4- 1 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 1_3_C.....	50
Imagen 4- 2 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 1_3_D.....	50
Imagen 4- 3 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 1_3_E.....	51
Imagen 4- 4 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 2_3_C.....	51
Imagen 4- 5 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 2_3_D.....	52
Imagen 4- 6 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 2_3_E.....	52
Imagen 4- 7 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 3_3_C.....	53
Imagen 4- 8 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 3_3_D.....	53
Imagen 4- 9 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 3_3_E.....	54
Imagen 4- 10 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 4_3_C.....	54
Imagen 4- 11 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 4_3_D.....	55
Imagen 4- 12 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 4_3_E.....	55
Imagen 4- 13 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 5_3_C.....	56
Imagen 4- 14 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 5_3_D.....	56
Imagen 4- 15 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 5_3_E.....	57
Imagen 4- 16 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 6_3_C.....	57
Imagen 4- 17 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 6_3_D.....	58
Imagen 4- 18 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 6_3_E.....	58
Imagen 4- 19 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 7_3_C.....	59
Imagen 4- 20 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 7_3_D.....	59
Imagen 4- 21 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 7_3_E.....	60
Imagen 4- 22 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 8_3_C.....	60
Imagen 4- 23 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 8_3_D.....	61
Imagen 4- 24 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 9_3_C.....	61
Imagen 4- 25 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 9_3_D.....	62
Imagen 4- 26 Sobrerresistencia Suelo C.....	64
Imagen 4- 27 Sobrerresistencia Suelo D.....	64
Imagen 4- 28 Sobrerresistencia Suelo E.....	65
Imagen 4- 29 Ductilidad Suelo C.....	65
Imagen 4- 30 Ductilidad Suelo D.....	66
Imagen 4- 31 Ductilidad Suelo E.....	66
Imagen 4- 32 Factor de Reducción de Respuesta Suelo C.....	67
Imagen 4- 33 Factor de Reducción de Respuesta Suelo D.....	67
Imagen 4- 34 Factor de Reducción de Respuesta Suelo E.....	68

Imagen 4- 35 Ductilidad vs Período Suelo C. ....	68
Imagen 4- 36 Ductilidad vs Período Suelo D. ....	69
Imagen 4- 37 Ductilidad vs Período Suelo E. ....	69

# Capítulo 1: Introducción

## 1.1 Introducción General

El presente trabajo de título aborda la ingeniería sismorresistente en acero, bajo parámetros normativos de diseño sísmico a nivel nacional. Por lo anterior, esta temática se puede dividir en dos grandes tópicos: Diseño en Estructuras de Acero y Diseño Sísmico de Estructuras.

Dentro de las tipologías estructurales en acero se encuentran tres sistemas frecuentemente usados: Marcos a Momento (MF), Marcos Concéntricamente Arriostrados (SBF), y Marcos Excéntricamente Arriostrados (EBF). Cada uno de estos marcos posee una configuración particular debido a una respuesta esperada por el diseñador, la cual se debe a la interacción de esta estructura con las solicitaciones de diseño. Para este trabajo de título se estudiarán los sistemas arriostrados concéntricamente, caracterizados por una elevada rigidez lateral debido a su arriostramiento, sin embargo, la estabilidad de esta estructura puede verse afectada por el pandeo de sus riostras debido a esfuerzos de compresión. Debido a lo anteriormente expuesto, existen distintas configuraciones de arriostramiento concéntrico, tales como arriostramientos en “K”, tipo Chevron, entre otros, que se comentarán en las secciones posteriores.

Por otro lado, el presente trabajo de título está enfocado en el estudio de las estructuras de acero diseñadas mediante la norma chilena NCh.433 de Diseño Sísmico de Edificios. En particular, el diseño de estructuras de acero de uso habitacional, de oficina o de uso público (como hospitales, estadios o bibliotecas), no están presentes - o no son comunes - en la fauna estructural chilena debido a la incursión temprana del hormigón armado en la ingeniería nacional a principios del siglo pasado, de este modo se manejan consideraciones de diseño más acotadas, específicamente relacionadas al factor de reducción dada una tipología estructural en acero.

De este modo, los enfoques técnicos y de diseño estructural en acero, en este ámbito, pueden presentar cierta flexibilidad tanto en los criterios de diseño, o en la justificación de los cálculos de diseño, como en su demostración. Siendo las estructuras de acero concebidas y desarrolladas de forma avanzada fuera del país, éste sería un horizonte al cual gustaría de acceder, profundizar y desarrollar.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Estimar los parámetros de diseño sísmico en marcos arriostrados concéntricamente, según NCh.433[1], tales como el factor de reducción de respuesta  $R$ , factor de sobrerresistencia  $\Omega$  y ductilidad  $\mu$ .

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

El presente trabajo posee tres (3) objetivos específicos, los cuales son descritos a continuación:

- Diseñar 27 prototipos de estructuras en 2D ubicadas en zona sísmica 3 y suelos tipo C, D y E, de acuerdo con norma NCh.433[1].
- Evaluar el comportamiento no lineal estático de los prototipos según FEMA P695[2].
- Comparar los resultados obtenidos.

## **1.3 Organización del Trabajo**

El presente informe está compuesto de 6 capítulos, los cuales se describirán a continuación:

- Capítulo 2 – Marco Teórico: Consiste en la revisión bibliográfica necesaria para este trabajo, que abarcan desde estudios respecto a diseño sismorresistente en estructuras de acero como aspectos normativos relativos a diseño estructural. De esto último, se presentan las disposiciones sísmicas exigidas por la NCh433 [1], la verificación de cada uno de los elementos según AISC360 [3], los criterios de diseño por capacidad según AISC341 [4] y la metodología general para el análisis no lineal estático de cada una de las estructuras de acuerdo con FEMA P695 [2].
- Capítulo 3 – Diseño estructural: Se muestran los criterios de diseño de estructuras a estudiar para diferentes combinaciones de suelo y zona sísmica de acuerdo con NCh433 [1]. Además, este diseño es complementado de acuerdo con los requerimientos de diseño por capacidad según AISC341 [3] y la verificación de elementos estructurales según AISC360 [2].
- Capítulo 4 – Análisis No Lineal Estático: Se expondrán las consideraciones para el desarrollo del análisis no lineal estático, como a su vez, se mostrarán los principales resultados obtenidos a partir de este análisis.
- Capítulo 5 – Resultados y Comparaciones: Se expondrán de forma sintética los resultados de los capítulos anteriores los cuales serán analizados e interpretados, de tal manera de contrastar estos resultados con lo establecido por la NCh.433.
- Capítulo 6 – Conclusiones y Recomendaciones: Finalmente, se mostrarán las conclusiones a partir del estudio del desempeño sísmico de los arquetipos estructurales diseñados, presentando, además, recomendaciones de diseño y posibles futuros estudios respecto a la tipología estructural analizada y su relación con la normativa vigente.

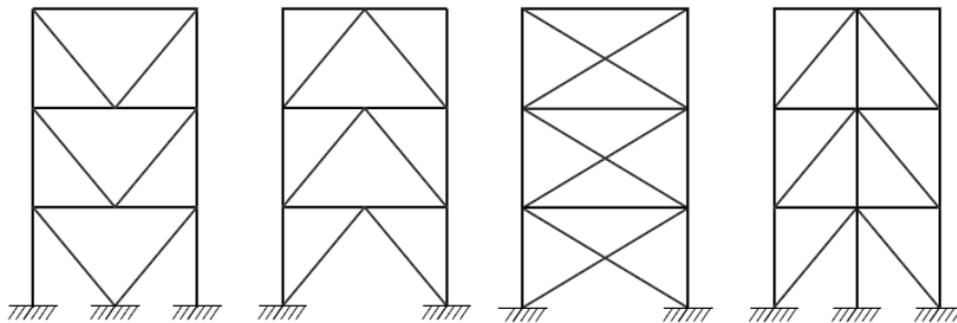
## Capítulo 2: Marco Teórico

### 2.1 Marcos Arriostrados Concéntricamente (SBF)

Como se mencionaba en secciones anteriores, los marcos de acero con arriostramiento concéntrico se caracterizan por otorgar resistencia y rigidez lateral, en especial a edificios de baja y mediana altura. Esta solución estructural es proporcionada porque los ejes centrales de los miembros componentes se cortan en un punto [5], de esta forma compone una estructura reticulada, y como en este tipo de estructuras imperan los esfuerzos axiales, las acciones laterales de viento y sismo inducidas se reducen a este tipo de esfuerzos. Cabe destacar que, al poseer una elevada rigidez lateral, los desplazamientos laterales de piso se pueden controlar adecuadamente, y con ello, dar con el cumplimiento que demanda la normativa.

Debido a los grandes eventos sísmicos ocurridos especialmente en los años 90 como lo fue Northridge (USA, 1994) y Kobe (Japón, 1995), y en conjunto a investigaciones experimentales, se generaron criterios sismorresistente más detallados para el buen desempeño de las estructuras con especial énfasis en las conexiones y empalmes como, además, en el diseño de los miembros y configuración de las riostras. Por el alcance y delimitación del presente trabajo, se dará especial énfasis en los miembros de este sistema estructural.

Se entiende por “miembros” a las columnas, vigas y riostras, donde estas últimas tienen distintas configuraciones geométricas dependiendo de las solicitaciones a las cuales se encuentre sometido el pórtico en cuestión. En la Imagen 2-1, se muestran las configuraciones de riostra más usadas.



*Imagen 2- 1 Distintas tipologías de marcos arriostrados concéntricamente*

Respecto a las riostras, estos son los miembros estructurales que deben disipar energía mediante el desarrollo de las deformaciones inelásticas, en especial, ante sismos severos, es decir, esfuerzos cíclicos de tracción y compresión (los cuales inducen las deformaciones inelásticas). Adicionalmente, los esfuerzos cíclicos de compresión inducen los pandeos globales y locales que, en conjunto con las deformaciones de carácter axial por tracción, originan fracturas en el material debido a la fatiga por bajo ciclaje [5]. Es de especial atención, diseñar por capacidad estos elementos, tal como lo indica la AISC 341[4].

Existen otras clasificaciones de marcos arriostrados concéntricamente en función de su nivel de desempeño tales como los OCBF (Marcos Ordinarios Arriostrados Concéntricamente) en donde las bases de diseño se enfocan en arriostramientos con mayor rigidez y resistencia minimizando las

demandas inelásticas [8]; BRBF (Marcos con Riostras de Pandeo Restringido) marcos los cuales poseen una estructuración y materialidad particular para sus arriostramientos, donde se usan camisas de acero, rellenos con un material de confinamiento y un núcleo de acero, y de esta forma se disipa mayor cantidad de energía y se gana mayor ductilidad [5]. Para este trabajo de título se utilizará un marco tipo SCBF (Marco Especial Arriostrado Concéntricamente), los cuales tienen requisitos más estrictos que los OCBF a pesar de tener las mismas tipologías de arriostramiento, sin embargo, se utiliza un factor de respuesta (R) mayor, reduciendo el corte basal y ganando mayor ductilidad frente a altas demandas sísmicas para sismos severos [8], guardando mayores exigencias para el diseño de conexiones y con ello, asegurar que el primer elemento que falle sea el arriostramiento, es decir, su elemento fusible.

Por último, las configuraciones de riostras cuyas configuraciones corresponden a V o V invertida, son usualmente usadas en edificios y estructuras industriales, y consisten en riostras cuyo vértice de arriostramiento no coincide con un nudo viga-columna, conectándose a la parte central de la viga, de este modo, exige a la viga una gran capacidad a flexión en rango inelástico, dependiendo además de la capacidad a tracción y compresión de las riostras mismas. Esta configuración estructural se estudiará en los modelos a realizar en el presente trabajo, bajo el parámetro de arriostramientos en X en dos niveles.

## **2.2 Estudios Previos**

### **2.2.1 Estado del Arte de Arriostramientos en Estructuras de Acero – Alejandro Durán (2017)**

El estudio realizado por Alejandro Durán [6], tuvo como objetivo crear una base de datos actualizada sobre los estudios referentes a arriostramientos convencionales, recopilando diversas publicaciones recientes y considerando estudios tanto experimentales como de análisis numérico, con el fin de determinar las áreas de investigación deficitarias y analizar la brecha entre los resultados de estas investigaciones y las actuales disposiciones de diseño.

Dentro de las conclusiones obtenidas de este estudio fue que el principal problema que presentan los arriostramientos es su comportamiento histerético asimétrico ante cargas axiales cíclicas, esto debido al pandeo que sufren ante esfuerzos de compresión. Además, el pandeo estaría influenciado, principalmente, por la razón de esbeltez y la razón ancho-espesor del arriostramiento, ya que, al aumentar estos parámetros, la probabilidad de sufrir pandeo es mayor, aunque hay algunas excepciones al variar ambos parámetros en forma conjunta.

### **2.2.2 Performance-Based Seismic Demand Assessment of Concentrically Braced Steel Frame Buildings - Chui-Hsin Chen (2010)**

El trabajo de título para optar a Doctor en Filosofía elaborado por Chui-Hsin Chen [7], tiene como objetivo realizar la evaluación de la demanda sísmica de estructuras de acero con arriostramiento concéntrico, utilizando los sistemas estructurales SCBFs y BRBFs, considerando 2, 3, 6, 12 y 16 niveles en cada uno de ellos. Para ello se utilizó la normativa AISC 360-16 [3] y la metodología indicada en el documento FEMA P695 [2], junto al programa computacional OpenSees.

Las principales conclusiones obtenidas son que en general los modelos BRBF poseen una mayor demanda de deriva en comparación con el sistema SCBF, debido al periodo fundamental más largo del sistema BRBF, sin embargo, el sistema estructural SCBF presenta niveles más débiles en comparación a la resistencia de los niveles en el sistema BRBF.

Además, se observa que, para los sistemas arriostrados con un periodo corto, especialmente para el sistema SCBF, existe una mayor probabilidad de colapso que los sistemas de marcos arriostrados con periodos más largos. La reducción del factor R para este sistema estructural ayuda a obtener una respuesta elástica significativa y reducir la demanda de deriva de los marcos arriostrados.

Los análisis de los arquetipos estructurales muestran que, para las estructuras SCBF de 3 niveles la deformación tiende a concentrarse en el piso inferior, para las SCBF de 6 niveles se tiene una mayor deriva en el nivel del techo, y para las SCBF de 16 pisos el mayor nivel de deriva ocurre en los niveles intermedios.

Una comparación entre los arquetipos de SCBF y los arquetipos de BRBF, muestra que la demanda de ductilidad en los BRBF es generalmente menor en varios de sus niveles que en los SCBF. La menor demanda de ductilidad del arriostramiento y el mejor rendimiento de ductilidad de los arquetipos BRBF conducen a un sistema estructural de resistencia sísmica más confiable en comparación con los SCBF.

La fractura del arriostramiento reduce significativamente la resistencia lateral y la rigidez de los edificios, aumentando la probabilidad de colapso de estos. Si bien los edificios arriostrados más altos cumplen más fácil con los criterios de seguridad de prevención de colapso indicado en el documento FEMA P695, la mayor cantidad del daño tiende a concentrarse en unos pocos niveles.

### **2.2.3 Análisis del efecto de las modificaciones de la norma NCh2369 en el diseño y desempeño de estructuras industriales de acero – Leandro Zúñiga (2017)**

Si bien este estudio se basa en el diseño sísmico de carácter industrial, los resultados obtenidos son orientativos a la hora de analizar los resultados por obtener y que se describirá a continuación.

El estudio realizado por Leandro Zúñiga [8], se basa en modelar tres estructuras industriales de acero, utilizando marcos arriostrados concéntricamente, realizando su diseño paralelamente con la normativa NCh2369 vigente e incluyendo las modificaciones propuestas, para luego realizar la evaluación de su desempeño de acuerdo con la metodología indicada en el documento FEMA P695, incluyendo la no linealidad de arriostramientos, rótulas plásticas y pernos de anclaje.

Las modificaciones propuestas incluyen la eliminación del requisito de sobrerresistencia en arriostramientos, la incorporación del requisito de sobrerresistencia en columnas y en el cálculo de vigas y arriostramientos tipo V o V-invertida.

Dentro de las conclusiones obtenidas con su estudio, se tiene que, al considerar las modificaciones propuestas con la metodología, se obtuvieron mejoras en el desempeño, dadas principalmente por la ductilidad del sistema, donde se obtuvieron incrementos en las 3 estructuras estudiadas. Por otra parte, la sobrerresistencia también presentó variaciones, pero de un orden menor al de la ductilidad. Las modificaciones propuestas aumentan la sobrerresistencia en columnas y mejoran la ductilidad

de arriostramientos, por lo que se debe estudiar los efectos que tiene en el diseño el uso de un factor R menor.

## 2.3 Normativa de diseño

### 2.3.1 Diseño sísmico de edificios, NCh433

El diseño de estructuras del presente trabajo se realizará siguiendo las disposiciones de diseño dictadas por la NCh.433 modificada en 2012 [1], la cual contiene los cambios impuestos por el D.S. N°61 post terremoto del año 2010, vigente desde el año 2011.

La norma aborda el Diseño Sísmico en Edificios de carácter habitacional, y establece dos modalidades de análisis dependiendo de las características del edificio a diseñar. La primera metodología corresponde al Análisis Estático, análisis el cual considera edificios de una altura no superior a los 20 metros, 5 pisos como máximo, estructuras de categoría ocupacional I o II, zona sísmica 1, entre otras variables.

La segunda metodología, y más usada, corresponde al análisis modal espectral de la estructura en conjunto con un espectro de diseño. Considera estructuras que poseen modos normales de vibración tradicionales, como a su vez, amortiguamientos del orden del 5% del amortiguamiento crítico. Por otro lado, se debe considerar la suma de todas las masas equivalentes mayor o igual al 90% de la masa total, de este modo, los modos normales a tomar en cuenta se deben corresponder con lo anterior.

#### 2.3.1.1 Análisis modal espectral

De acuerdo el tipo de suelo, zona sísmica, período de vibración y categoría del edificio, se determina la resistencia sísmica de la estructura de acuerdo con el espectro de diseño de pseudo-aceleraciones que se muestra a continuación. El espectro de diseño está dado por:

$$S_a = \frac{SA_o\alpha}{\left(\frac{R^*}{T}\right)} \quad (2.1)$$

Donde S es el parámetro que depende del tipo de suelo y se determina de la siguiente forma:

Tabla 2- 1 Parámetros de acuerdo a tipo de suelo.

Tipo de Suelo	S	To	T'	n	p
A	0,90	0,15	0,20	1,00	2,00
B	1,00	0,30	0,35	1,33	1,50
C	1,05	0,40	0,45	1,40	1,60
D	1,20	0,75	0,85	1,80	1,00
E	1,30	1,20	1,35	1,80	1,00

Para la aceleración efectiva máxima del suelo,  $A_o$ :

Tabla 2- 2 Valores de aceleración máxima

Zona Sísmica	$A_o$
1	0,20g
2	0,30g
3	0,40g

En tanto, para el coeficiente relativo a la importancia, uso y riesgo del edificio, I, se tiene:

Tabla 2 - 3 Valor del coeficiente I.

Categoría	I
I	0,6
II	1,0
III	1,2
IV	1,2

Por último, se tiene el factor de amplificación  $\alpha$  y el factor de reducción  $R^*$ , que dependen de los períodos de vibración:

$$\alpha = \frac{1+4,5 \left(\frac{T_n}{T_o}\right)^p}{1+\left(\frac{T_n}{T_o}\right)^3} \quad (2.2)$$

$$R^* = 1 + \frac{T^*}{0.10 T_o + \frac{T^*}{R_o}} \quad (2.3)$$

Donde p y  $T_o$ , se obtienen de la Tabla 2-1.  $T_n$  corresponde al período de modo de vibración del modo n,  $T^*$  corresponde al período del modo con mayor masa traslacional equivalente en la dirección de análisis.

### 2.3.1.2 Factor de modificación de respuesta

Según las disposiciones del punto 5.1 de NCh.433[1], y de acuerdo con un marco de tipo concéntrico especial se tiene que el factor de reducción estático es igual a 5.5, mientras tanto, el factor de reducción modal es de 8. Estos valores se contrastarán posteriormente con los valores obtenidos de los análisis de cada parámetro sísmico.

### 2.3.1.3. Corte basal máximo y mínimo

El esfuerzo de corte horizontal en la base está dado por la siguiente ecuación:

$$Q_o = CIP \quad (2.4)$$

Donde  $I$  se obtiene de la tabla 2-3,  $P$  es el peso sísmico de la estructura sobre el nivel basal y  $C$  corresponde al coeficiente sísmico calculado como:

$$C = \frac{2,75SA_0}{gR} \left( \frac{T'}{T^*} \right)^n \quad (2.5)$$

El corte basal no puede ser superior a:

$$Q_{omax} = C_{max}IP \quad (2.6)$$

A su vez, tampoco puede ser menor a:

$$Q_{omin} = C_{min}IP \quad (2.7)$$

En donde el coeficiente sísmico mínimo está dado por:

$$C_{min} = \frac{A_0S}{6g} \quad (2.8)$$

Por último, el coeficiente sísmico máximo está dado por la tabla 6.4 de la NCh433[1], correlacionado a un factor de reducción. Para el caso estudiado es igual a:

$$C_{máx} = \frac{0,40A_0S}{g} \quad (2.9)$$

#### 2.3.1.4. Derivas sísmicas

De acuerdo con la sección 5.9 de NCh.433[1] se establece que el desplazamiento relativo máximo entre dos pisos consecutivos, medido desde el centro de masa en cada una de las direcciones de análisis, no debe superar la altura de entrepiso ponderada por 0,002.

#### 2.3.2. Disposiciones generales y combinaciones de cargas

Las cargas solicitantes a las estructuras diseñadas seguirán las combinaciones de la norma NCh.3171 en su versión más actualizada, de acuerdo con la filosofía LRFD de resistencia última.

Las combinaciones por utilizar serán [9]:

- 1) 1,4D
- 2) 1,2D + 1,6L + 0,5(Lr o S o R)
- 3) 1,2D + 1,6(Lr o S o R) + L
- 4) 1,2D + 1,6(Lr o S o R) + 0,8W
- 5) 1,2D + 1,2D + 1,6W + L + 0,5(Lr o S o R)
- 6) 1,2D + 1,4E + L + 0,2S

7)  $0,9D + 1,6W$

8)  $0,9D + 1,4E$

Donde las variables expuestas anteriormente corresponden a:

- D: Cargas permanentes o muertas.
- L: Sobrecarga de uso o cargas vivas.
- Lr: Sobrecarga de uso en techo.
- S: Carga de nieve.
- R: Carga de lluvia.
- W: Carga de viento.

### **2.3.3 Especificaciones para edificios de acero estructural AISC 360 [3]**

Esta normativa entrega los procedimientos de verificación de elementos estructurales en acero, dada una sollicitación en particular.

Cabe mencionar que los elementos columnas serán verificadas a compresión, los elementos viga verificadas a compresión, flexión, corte y flexo-compresión, y las riostras a compresión.

### **2.3.4 Disposiciones sísmicas para edificios de acero estructural AISC 341 [4]**

Las bases de diseño dadas por AISC 341 para marcos arriostrados concéntricos especiales (en inglés, SCBF), son que para este tipo de estructura se proporcione una significativa capacidad de deformación inelástica a través del pandeo y cedencia del arriostramiento en tensión.

#### **2.3.4.1 Requerimientos de ductilidad**

El punto F3.5a indica que los requerimientos ancho-espesor indicados en la sección D1.1 de la norma AISC 341 [3] para cada elemento son los siguientes:

- Las diagonales deben ser diseñados como elementos de alta ductilidad.
- Las columnas deben diseñarse como elementos de moderada ductilidad.
- Las vigas se deben diseñar como elementos de alta ductilidad.

#### **2.3.4.2 Análisis estructural por capacidad**

De acuerdo a la norma AISC 341, globalmente, se debe considerar que la viga es continua entre vanos, como a su vez, garantizar que la columna sea dominada por esfuerzos de compresión a pesar de verse sometida a flexión, de tal forma que se garantice la rigidez lateral del sistema.

En primer lugar, se debe corroborar el comportamiento y la resistencia de la riostra. Al aplicar el requerimiento de la Sección D1.1 mencionada anteriormente, se deben cumplir los requisitos de

esbeltez dados por AISC 360[3]. Posteriormente, se deben hacer las corroboraciones de resistencia a compresión dada por la norma mencionada anteriormente. Al resistir la sollicitación dada por el peso muerto y la carga sísmica, se aplican las consideraciones del capítulo F, sub-capítulo F2.3, en donde se debe calcular la tracción esperada (2.10), compresión esperada (2.11) y compresión por post pandeo (2.12) que entrega la riostra al sistema de columnas y vigas. Las ecuaciones se describen a continuación:

$$T_e = R_y F_y A_g \quad (2.10)$$

$$P_{ne} = 1.14 F_{cre} A_g \quad (2.11)$$

$$P_{ne} = 0.3 P_{ne} \quad (2.12)$$

Donde  $R_y$ , es el valor esperado de acuerdo con la calidad de acero a utilizar;  $F_y$ , la cedencia de acuerdo con la calidad de acero a utilizar;  $F_{cre}$ , el esfuerzo crítico a compresión esperado; y  $A_g$ , el área bruta de la riostra.

Una vez calculados estos valores, los esfuerzos de tracción y compresión se distribuyen por componente vertical y horizontal, y, además, en dos estados: tracción y compresión esperada, tracción y compresión por post pandeo. Estos esfuerzos entregarán las sollicitaciones sísmicas a las columnas y vigas según corresponda, debiendo diseñarse estos elementos de acuerdo con AISC 360.

## **2.4 Metodología FEMA**

En base a la metodología detallada en el informe FEMA P695 [2] se realiza la evaluación del desempeño sísmico de la estructura. Esta metodología cuenta con distintas etapas, las cuales se detallarán brevemente a continuación.

### **2.4.1 Desarrollo Conceptual del sistema**

La primera etapa tiene por objetivo el desarrollo conceptual del sistema, en el cual se define el sistema sismorresistente, la caracterización de los materiales, los mecanismos de disipación de energía y el rango de aplicación del modelo. En esta memoria se utiliza como sistema sismorresistente un marco SCBF, en la cual el mecanismo de disipación de energía es la riostra, la cual funciona como su elemento fusible estructural.

## 2.4.2 Información requerida del sistema

La segunda etapa consiste en la obtención de información de carácter tanto experimental como analítica, de este modo lograr una predicción confiable de la respuesta del sistema estructural. Dentro de estos parámetros se encuentra la calidad de los materiales, los estados de carga junto a sus combinaciones y los criterios de diseño, entre otros.

En esta memoria se utiliza una calidad de acero de ASTM A992 en vigas y columnas, y en riostras ASTM A500, que se detallarán en el próximo capítulo. Las combinaciones de carga son las indicadas en el punto 2.3.2. y los criterios de diseños con los estipulados en las normas indicadas en la sección 2.3.

## 2.4.3 Desarrollo de arquetipos

La tercera etapa contempla el desarrollo de los arquetipos de estudio, en función de su geometría y distribución de carga, para definir las posibles estructuraciones a estudiar.

Para este trabajo, se analiza una estructura específica, la cual es definida previo al estudio. En este caso se cuenta con 9 arquetipos, divididos en 3 grupos de 3 tipologías, organizadas en baja, mediana y gran altura. La estructura está compuesta por 5 vanos de 6 metros de ancho y una cantidad de vanos verticales de altura 4 metros y que su cantidad dependerá de la cantidad de pisos de la estructura. De estos, el segundo y cuarto vano horizontal corresponden al sistema sismorresistente SCBF. Se considera una conexión rígida entre columnas. La estructura se sustenta en apoyos simples.

Cabe destacar que, la nomenclatura de los modelos es alfanumérica, donde el primer número es el número del arquetipo, el siguiente es la zona sísmica, y le prosigue una letra que corresponde al tipo de suelo.

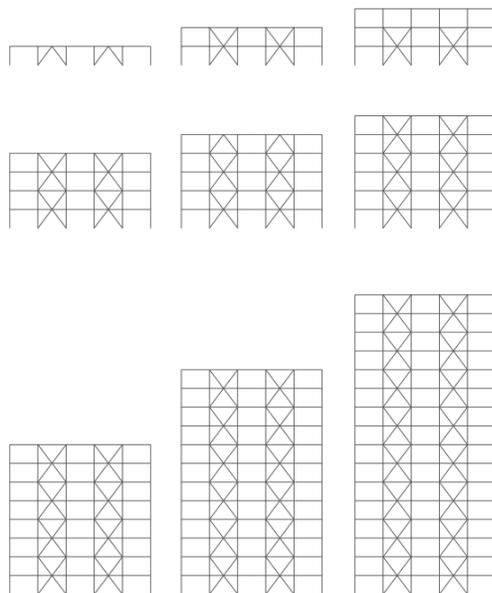


Imagen 2- 2 Tipologías estructurales estudiadas.

#### **2.4.4 Desarrollo de modelos no lineales**

La cuarta etapa corresponde al desarrollo de los modelos no lineales, en la cual se definen los modelos no lineales a utilizar junto con los modos de falla. De este modo, se realiza la evaluación probabilística de colapso de la estructura.

El desarrollo de los modelos se realizó en el programa SAP2000 v19.2.1, el cual define las rotulas plásticas de los elementos en base al documento de procedimientos no lineales ASCE41-13 [10]. En esta memoria se desarrollaron 25 modelos no lineales, divididos por tipología estructural y tipo de suelo.

#### **2.4.5 Análisis no lineales**

La quinta etapa corresponde al análisis no lineal de los modelos. En esta memoria se realizan análisis no lineales estáticos (Pushover) en la cual se representa la no linealidad del elemento con la formación de rotulas plásticas.

Los métodos de análisis no lineales estáticos tienen como objetivo validar el comportamiento de los modelos no lineales, además de obtener información estadística de la ductilidad, factor de reducción y sobrerresistencia.

### **2.5 Análisis no lineal**

Como se mencionó en el punto 2.4.5, para el estudio del desempeño sísmico de la estructura modelada se realiza un análisis no lineal estático. Para esto, FEMA P695 [4] considera una combinación de cargas gravitacional no lineal (CGNL) que actúe en los arquetipos al momento de realizar los análisis no lineales. Además, se ordena incluir los efectos de segundo orden asociados en esta combinación de cargas. La combinación de cargas gravitacional no lineal (CGNL) se indica en la siguiente expresión.

$$1,05D + 0,25L \quad (2.13)$$

#### **2.5.1 Análisis no lineal estático o Pushover**

Este análisis consiste en aplicar fuerzas laterales en el centro de masa de cada piso, de manera creciente verticalmente, hasta alcanzar un determinado desplazamiento de techo en base a un punto de control. Estas fuerzas laterales deben ser proporcionales al desplazamiento del modo fundamental de la estructura en el piso analizado, como se indica en la siguiente expresión.

$$F_x \propto m_x \phi_{1,x} \quad (2.14)$$

Con  $F_x$  la fuerza lateral aplicada,  $m_x$  la masa del piso y  $\phi_{1,x}$  el desplazamiento del modo fundamental de la estructura del piso analizado.

En este trabajo, el punto de control para medir el desplazamiento del techo corresponde al nodo de la esquina superior izquierda del último nivel.

Es necesario definir y asignar las rótulas plásticas por medio de sus propiedades y criterios de aceptación dado que el modelo a desarrollar tiene como objetivo determinar correctamente las zonas donde incursiona inelásticamente la estructura. Por simple inspección, los mayores esfuerzos sísmicos deberían predominar en los extremos de cada elemento. Dado lo anterior, se definen las rótulas de acuerdo al tipo de elemento presente: para vigas, sabiendo que el esfuerzo de corte no es predominante, se considerará la formación de rótulas por flexocompresión en el eje fuerte. Para columnas, como también no se desarrollan esfuerzos de corte considerables, se asignan rótulas formadas por esfuerzos de compresión. Por último, y el más importante a observar por ser el elemento fusible del sistema estructural, las riostras se eligen rótulas por compresión ubicadas a la mitad de longitud total, debido a que esa zona se desarrollará el pandeo.

Luego de realizar el análisis no lineal estático, se obtiene la curva de capacidad, la cual determina el corte basal en base al desplazamiento de techo de la estructura. A continuación, se muestra la curva pushover idealizada.

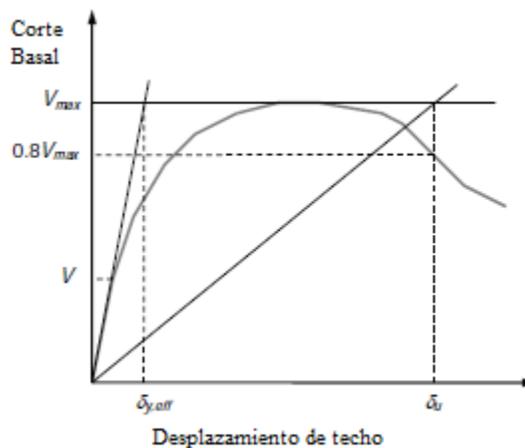


Imagen 2- 3 Curva Pushover idealizada.

Utilizando los resultados obtenidos de este análisis, se determina el factor de sobrerresistencia  $\Omega$ , el cual corresponde al cociente entre el corte basal máximo obtenido de la curva de capacidad y el corte basal de diseño, como se indica en la ecuación 2.18.

$$\Omega = \frac{V_{max}}{V_{diseño}} \quad (2.15)$$

Por otro lado, se determina el factor de modificación de respuesta R a partir de la sobrerresistencia de la estructura  $\Omega$  y el factor de ductilidad  $R_\mu$ .

$$R = \Omega R_\mu \quad (2.16)$$

$$R_\mu = \frac{V_E}{V_{max}} \quad (2.17)$$

Donde  $V_E$  corresponde al corte elástico de la estructura.

Por último, de los mismos resultados de la curva de capacidad obtenida, se calcula ductilidad:

$$\mu = \frac{\delta_u}{\delta_{y,eff}} \quad (2.18)$$

Donde el numerador corresponde al desplazamiento último de la curva de capacidad, y el denominador al desplazamiento efectivo de fluencia de la curva misma, dada Imagen 2-6.

De acuerdo con ASCE 41-13 [10], se calcula  $\delta_{y,eff}$ :

$$\delta_{y,eff} = C_o \frac{V_{max}}{W} \frac{g}{\pi^2} T^2 \quad (2.19)$$

Con W, el peso sísmico de la estructura, y T, correspondiente al período modal predominante.

Para el factor de modificación, Co, queda definido en la tabla 7-5 de ASCE 41-13 [10] como sigue:

**Table 7-5. Values for Modification Factor  $C_o$**

Number of Stories	Shear Buildings*		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.  
\*Buildings in which, for all stories, story drift decreases with increasing height.

Imagen 2-4 Valores para factor Co dados por ASCE 41-13[10].

## 2.6 Bilinealización Curva de Demanda FEMA 356

Para comparar la curva obtenida mediante el análisis anterior, se construye una curva bilineal idealizada dados los criterios de igualación de áreas dictados por ASCE/FEMA 356 [11]. Este método consta en que la energía disipada por la estructura, calculada como el área bajo la curva pushover, sea igual al área de energía disipada dada por la curva idealizada en un sistema elastoplástico. A continuación, se describirán los pasos a seguir para calcular esta curva bilineal.

1. Se calcula el área bajo la curva obtenida del análisis en 2.4.
2. Se obtienen los valores últimos de desplazamiento y corte basal, Du y Vu, respectivamente.
3. Se estima un valor arbitrario correspondiente al cortante basal de fluencia (Vy), el cual es redefinido en un proceso iterativo al igualar las áreas de la curva pushover con el área de la curva bilineal idealizada.

4. Teniendo como origen la coordenada (0,0), se traza una línea al valor correspondiente al 60% del cortante basal de fluencia indicado anteriormente,  $0.6V_y$ . En base a este punto, se elige un desplazamiento denominado  $0.6D_y$ .
5. Teniendo el par coordenado de desplazamiento y cortante basal de fluencia al 60%, se calcula la pendiente inicial de la curva bilineal,  $K_e$ .
6. Con esta pendiente, se calcula el desplazamiento de fluencia, de acuerdo al valor de  $V_y$ , y asumiendo un comportamiento elástico.
7. Para el cálculo del segundo tramo, basta proyectar una recta desde la coordenada  $(D_u, V_u)$  a la coordenada  $(D_y, V_y)$ .
8. Se calcula el área bajo la curva bilineal y se compara dándose un error ( $\epsilon$ ) del 0.00001.
9. Se comparan las áreas calculadas con el porcentaje de tolerancia definido anteriormente. De no cumplirse, se recalcula  $V_y$  ponderándolo por la razón de las áreas.

Para mayor detalles, revisar el apartado Anexo 2, donde se especifica el procedimiento analítico en software MATLAB.

## Capítulo 3: Diseño Estructural

### 3.1 Sistema Estructural

Como se menciona en el segundo capítulo de esta memoria, los arquetipos corresponden a marcos sismorresistentes SBCF modelados en 2D de acuerdo con la Imagen 2-3, dando un total de 9 arquetipos. Cada arquetipo tendrá un total de 5 vanos, donde solo dos serán arriostrados concéntricamente. Cada arquetipo tendrá una configuración de pisos determinada que se especifica a continuación en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1 Cantidad de arquetipos y sus pisos respectivos.

N° de Arquetipo	N° de pisos
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	8
8	12
9	16

Por otro lado, se deben tener en consideración las siguientes limitaciones y alcances en el diseño estructural:

- El tipo de arriostramiento corresponderá al tipo X de dos niveles, tal como se ilustra en la Imagen 2-2.
- Se diseñarán edificios cuyo uso será de tipo habitacional u oficina.
- No se considera el estudio de las conexiones en marcos arriostrados concéntricamente.

### 3.2 Materiales

Se utiliza acero ASTM A992 para el diseño de todos los perfiles viga y columna de los elementos de la estructura. Las propiedades de este tipo de acero son las siguientes:

- Tensión mínima de fluencia ( $F_y$ ) = 3,45 [tonf/cm<sup>2</sup>]
- Tensión máxima de fluencia ( $F_u$ ) = 4,48 [tonf/cm<sup>2</sup>]
- Factor para la tensión de fluencia esperada ( $R_y$ ) = 1,1
- Peso específico ( $\gamma$ ) = 7,85 [tonf/cm<sup>3</sup>]
- Perfiles americanos tipo W, laminados.

En tanto, para riostras se utiliza ASTM A500 gr.B cuyas propiedades son las siguientes:

- Tensión mínima de fluencia ( $F_y$ ) = 2,90 [tonf/cm<sup>2</sup>]
- Tensión máxima de fluencia ( $F_u$ ) = 4,00 [tonf/cm<sup>2</sup>]
- Factor para la tensión de fluencia esperada ( $R_y$ ) = 1,3
- Peso específico ( $\gamma$ ) = 7,85 [tonf/cm<sup>3</sup>]
- Perfiles americanos tubulares tipo HSS.

En el ámbito nacional, el uso de perfiles metálicos se limita a la fabricación de perfiles de alma abierta a partir de planchas soldadas y perfiles conformados en frío generalmente en construcciones de baja altura y calidad ASTM A36. Sin embargo, cuando el proyecto requiere la incorporación de perfiles laminados, tubulares HSS o con calidad de acero distinta al ASTM A36, estos son importados y verificada su calidad según NCh203 [12] y NCh3518 [13]. Esta práctica ha sido corroborada con importantes maestranzas del sector.

### 3.3 Cargas Estáticas

Las cargas estáticas utilizadas para el diseño estructural son la carga gravitacional y la sobrecarga de uso, las cuales actúan en cada nivel de la estructura. Los valores de las cargas utilizadas se especifican a continuación:

*Tabla 3- 2 Tipos de cargas gravitacionales*

Tipo de carga gravitacional	Valor [tonf/m]
Carga permanente (D)	3,00
Sobrecarga de uso (L)	1,50
Carga permanente en techo (Dr)	2,30
Sobrecarga de uso en techo (L)	0,60

### 3.4 Espectro de diseño

El espectro de diseño de la estructura se calcula en base a lo indicado en el punto 2.3.1.1. El tipo de suelo para el desarrollo del diseño de la estructura es de tipo C, D y E, mientras que la zona sísmica a considerar para calcular el espectro de diseño es la zona III. A continuación, se muestra el espectro de diseño utilizado en base a la norma NCh433 [1] junto a la tabla de valores utilizados para su realización.

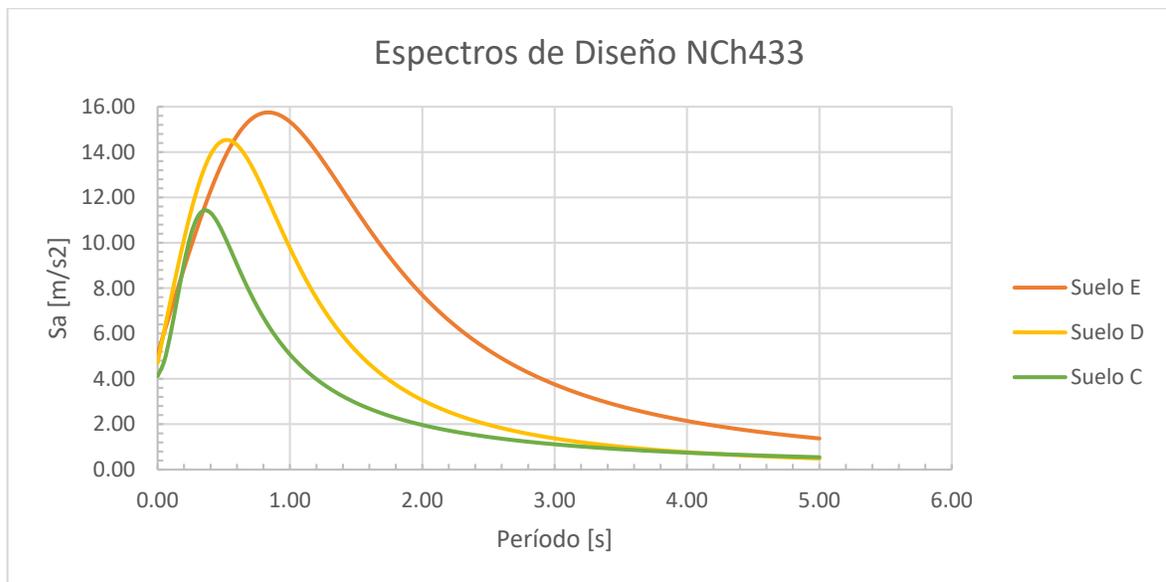


Imagen 3- 1 Espectro de diseño NCh433 para suelos estudiados y zona sísmica III

### 3.5 Diseño de estructura

Dado el desarrollo de diseño sísmico y diseño por capacidad de cada elemento, el proceso es de carácter iterativo por lo que a continuación se describirá el paso a paso del procedimiento de diseño.

En primer lugar, se eligen perfiles preliminares para cada uno de los elementos de la estructura en base a distintos criterios. Para las vigas se seleccionaron perfiles de altura de al menos 1/20 de su luz, y que este tuviera una altura mayor a su ancho. Por otro lado, para las columnas se eligieron perfiles robustos y cuadrados. Para las diagonales se inició con un perfil de uso común en el diseño de acuerdo con la cantidad de pisos de la estructura.

La distribución de los perfiles es la siguientes:

- Diagonales: 1 tipo de perfil cada dos pisos, para todos los tipos de arquetipos.
- Columnas: 1 tipo de perfil para los arquetipos 1 al 5. En arquetipo 6 y 7, 1 perfil para la primera mitad de pisos y otro para los restantes. En arquetipo 8, se distribuyeron cada 3 pisos. En arquetipo 9, se distribuyeron cada 3 pisos, y luego en los últimos 4.
- Vigas: mismo criterio que para columnas.

Luego de la selección preliminar de perfiles para los elementos, se deben verificar las condiciones estipuladas por el marco regulatorio de norma sísmica para la deriva de techo, indicada en el punto 2.3.1.4. De no cumplirse, se deben cambiar los perfiles utilizados.

A medida que se cumpla con la deriva, paralelamente se verifica que la diagonal tenga un factor de utilización lo más cercano a 1,0. De no cumplirse, se deben cambiar los perfiles cuidando de que las columnas y las vigas no posean un factor de utilización que sobrepase la resistencia nominal de éstos, pero por, sobre todo, que se siga cumpliendo la deriva de pisos estipulada.

Complementariamente a lo anterior se tuvo como criterio que el factor de utilización de la riostra en el piso “n” sea siempre mayor que el del piso “n+1”, y así sucesivamente, garantizando una

correcta distribución de las fallas y de los pesos de los elementos. Si los valores de utilización estaban al límite, se dio un margen de un 5% si se sobrepasaba el valor de una unidad (también se aplicó cuando correspondió a las utilizations de columnas y vigas). También se dio cumplimiento a que los perfiles de las columnas y vigas, tuvieran un peso descendente a medida que se iba subiendo en los pisos. Por último, para asegurar factibilidad de estudios futuros en 3-D, se diseñaron columnas y vigas de tal forma que la viga cupiera dentro del alma de la columna.

La siguiente etapa consiste en verificar los requerimientos de resistencia de cada elemento según lo indicado en el punto 2.3.3 y el punto 2.3.4, el cual indica que debe realizarse un diseño por capacidad del elemento fusible de la estructura, que en este caso corresponde a la diagonal. Como se mencionaba anteriormente, el factor de utilización de la riostra debe acercarse a un valor de 1,0, pero condicionada al cumplimiento de derivas. Además, siguiendo el diseño por capacidad, la riostra es el elemento fusible del sistema estructural el cual da las cargas sísmicas a los elementos viga y columna. Para calcular esta sollicitación, se realiza en planilla Excel de acuerdo a AISC341[4] y no por los outputs de diseño de SAP2000. De este software, por lo tanto, se obtendrán las sollicitaciones por carga muerta en todos los elementos del sistema, y además, las sollicitaciones sísmicas sobre la riostra, como también, los parámetros del análisis modal de la estructura.

Una vez terminado este procedimiento, se obtienen los perfiles para cada elemento estructural que a continuación se expondrán. Estos se categorizarán por arquetipo y tipo de suelo, se analizarán de acuerdo con AISC360[3] y sus respectivas resistencias y factores de utilización.

### 3.5.1 Columnas

A continuación, se expondrán los perfiles columnas elegidos por cada arquetipo. Cabe recordar que, para este elemento estructural solo se analizó en compresión.

Tabla 3- 3 Columnas y Resistencias Arquetipo 1.

Arquetipo	Modelo	Nivel	Perfil Columna	Pu [tonf]	$\Phi P_n$ [tonf]	FUp
1	3_C	1	W12x106	8.10	527.98	0.02
	3_D	1	W12x106	8.13	527.98	0.02
	3_E	1	W12x120	9.07	598.79	0.02

Tabla 3- 4 Columnas y Resistencias Arquetipo 2.

Arquetipo	Modelo	Nivel	Perfil Columna	Pu [tonf]	$\Phi P_n$ [tonf]	FUp
2	3_C	1	W12x120	91.41	598.79	0.15
		2		74.17		0.12
	3_D	1	W12x120	91.41	598.79	0.15
		2		74.17		0.12
	3_E	1	W12x120	115.34	598.79	0.19
		2		89.75		0.12

Tabla 3- 5 Columnas y Resistencias Arquetipo 3.

Arquetipo	Modelo	Nivel	Perfil Columna	Pu [tonf]	ΦPn [tonf]	FUp
3	3_C	1	W12x252	147.91	1283.87	0.12
		2		118.82		0.09
		3		17.70		0.01
	3_D	1	W12x252	174.34	1283.87	0.14
		2		134.33		0.10
		3		21.27		0.02
	3_E	1	W12x252	174.34	1283.87	0.14
		2		134.33		0.10
		3		21.27		0.02

Tabla 3- 6 Columnas y Resistencias Arquetipo 4.

Arquetipo	Modelo	Nivel	Perfil Columna	Pu [tonf]	ΦPn [tonf]	FUp
4	3_C	1	W12x252	282.97	1283.87	0.22
		2		243.03		0.19
		3		130.26		0.1
		4		95.38		0.07
	3_D	1	W12x252	282.97	1283.87	0.22
		2		243.03		0.19
		3		130.26		0.1
		4		95.38		0.07
	3_E	1	W12x252	346.30	1283.87	0.27
		2		297.60		0.23
		3		152.40		0.12
		4		112.46		0.09

Tabla 3- 7 Columnas y Resistencias Arquetipo 5.

Arquetipo	Modelo	Nivel	Perfil Columna	Pu [tonf]	ΦPn [tonf]	FUp
5	3_C	1	W12x252	340.64	1283.87	0.27
		2		300.70		0.23
		3		187.88		0.15
		4		147.94		0.12
		5		34.95		0.03
	3_D	1	W12x305	409.70	1566.25	0.26
		2		355.81		0.23
		3		230.58		0.15
		4		181.42		0.12
		5		35.43		0.02
	3_E	1	W12x305	491.62	1566.25	0.31
		2		425.25		0.27

		3		263.57		0.17
		4		197.20		0.13
		5		35.43		0.02

Tabla 3- 8 Columnas y Resistencias Arquetipo 6.

Arquetipo	Modelo	Nivel	Perfil Columna	Pu [tonf]	$\Phi P_n$ [tonf]	FUp
6	3_C	1	W12x305	509.97	1566.25	0.33
		2		456.07		0.29
		3		330.90		0.21
		4	W12x252	276.99	1283.87	0.22
		5		152.40		0.22
		6		112.46		0.20
	3_D	1	W12x305	649.20	1566.25	0.41
		2		582.83		0.37
		3		421.11		0.27
		4	W12x252	354.73	1283.87	0.28
		5		193.61		0.28
		6		144.90		0.27
	3_E	1	W12x305	653.32	1566.25	0.42
		2		584.74		0.37
		3		421.11		0.27
		4	W12x252	354.73	1283.87	0.28
		5		193.61		0.28
		6		144.90		0.29

Tabla 3- 9 Columnas y Resistencias Arquetipo 7.

Arquetipo	Modelo	Nivel	Perfil Columna	Pu [tonf]	$\Phi P_n$ [tonf]	FUp
7	3_C	1	W12x305	493.74	1566.25	0.32
		2		454.83		0.29
		3		369.98		0.24
		4		348.64		0.22
		5	W12x252	258.52	1283.87	0.27
		6		218.96		0.27
		7		130.26		0.10
		8		95.38		0.07
	3_D	1	W12x305	988.27	1566.25	0.63
		2		904.45		0.58
		3		732.54		0.47
		4		666.00		0.43
		5	W12x252	488.63	1283.87	0.52

		6		403.26		0.52
		7		226.61		0.18
		8		160.70		0.13
	3_E	1	W12x336	1734.47	1321.58	0.76
		2			1173.42	0.68
		3			954.90	0.55
		4			827.51	0.48
		5			602.30	0.48
		6			452.85	0.48
		7			227.92	0.13
		8			161.66	0.09

Tabla 3- 10 Columnas y Resistencias Arquetipo 8.

Arquetipo	Modelo	Nivel	Perfil Columna	Pu [tonf]	ΦPn [tonf]	FUp
8	3_C	1	W14x370	13401.00	2007.54	0.67
		2		1255.26		0.63
		3		1125.83		0.56
		4	W14x342	1026.84	1857.44	0.55
		5		885.39		0.48
		6		799.88		0.43
		7	W12x336	663.79	1734.47	0.39
		8		578.34		0.34
		9		442.33		0.26
		10		356.88		0.21
		11		220.87		0.13
		12		135.41		0.08
	3_D	1	W14x370	2007.54	1481.89	0.74
		2			1382.52	0.69
		3			1229.91	0.61
		4	W14x342	1857.44	1130.50	0.61
		5			979.19	0.53
		6			880.04	0.47
		7	W12x336	1734.47	734.04	0.43
		8			634.95	0.37
		9			489.27	0.28
		10			390.19	0.23
		11			244.33	0.14
		12			145.24	0.08

Tabla 3- 11 Columnas y Resistencias Arquetipo 9.

Arquetipo	Modelo	Nivel	Perfil Columna	Pu [tonf]	ΦPn [tonf]	FUp	
9	3_C	1	W14x605	3336.13	3312.62	1.01	
		2		3136.13		0.95	
		3		2877.15		0.87	
		4	W14x500	2678.58	2725.13	0.98	
		5		2417.05		0.89	
		6		2218.48		0.81	
		7		1957.28		0.72	
		8		1758.74		0.65	
		9	1488.01	0.55			
		10	W12x336	1349.46	1734.47	0.78	
		11		1117.29		0.65	
		12		967.84		0.56	
		13	W12x210	742.83	1059.05	0.70	
		14		594.34		0.56	
		15		371.23		0.35	
		16		222.75		0.21	
	3_D	3_D	1	W14x605	3336.13	3312.62	1.01
			2		3136.13		0.95
			3		2877.15		0.87
			4	W14x500	2678.58	2725.13	0.98
			5		2417.05		0.89
			6		2218.48		0.81
			7		1957.28		0.72
			8		1758.74		0.65
			9	1488.01	0.55		
			10	W12x336	1349.46	1734.47	0.78
			11		1117.29		0.65
			12		967.84		0.56
			13	W12x210	742.83	1059.05	0.70
			14		594.34		0.56
			15		371.23		0.35
			16		222.75		0.21

### 3.5.2 Vigas

A continuación, se expondrán los perfiles viga elegidos por cada arquetipo. Cabe recordar que, para este elemento estructural se analizaron las resistencias a compresión, flexión, corte y flexocompresión, donde las tablas correspondientes a este último se adjuntan en los anexos.

Tabla 3- 12 Vigas y Resistencias Arquetipo 1.

Arq.	Modelo	Niv.	Perfil Viga	Pu [tonf]	$\Phi P_n$ [tonf]	FUp	Vu [tonf]	$\Phi V_n$ [tonf]	FUv
1	3_C	1	W12x96	17.11	375.46	0.05	23.09	85.55	0.27
	3_D	1	W12x96	17.11	375.46	0.05	23.11	85.55	0.27
	3_E	1	W12x106	19.50	417.68	0.05	26.29	96.37	0.27

Tabla 3- 13 Vigas y Resistencias Arquetipo 1.

Arq.	Modelo	Arq.	Perfil Viga	Mu [tonf]	$\Phi M_n$ [tonf]	FUm
1	3_C	1	W12x96	68.58	76.21	0.90
	3_D	1	W12x96	68.63	76.21	0.90
	3_E	1	W12x106	78.2	85.03	0.92

Tabla 3- 14 Vigas y Resistencias Arquetipo 2.

Arq.	Modelo	Niv.	Perfil Viga	Pu [tonf]	$\Phi P_n$ [tonf]	FUp	Vu [tonf]	$\Phi V_n$ [tonf]	FUv
2	3_C	1	W12x96	0.00	375.46	0.00	0.29	85.55	0.00
		2		25.34		0.07			0.54
	3_D	1	W12x96	0.00	375.46	0.00	0.29	85.55	0.00
		2		21.19		0.07			0.54
	3_E	1	W12x96	0.00	375.46	0.00	0.29	85.55	0.00
		2		30.24		0.08			0.54

Tabla 3- 15 Vigas y Resistencias Arquetipo 2.

Arq.	Modelo	Arq.	Perfil Viga	Mu [tonf]	$\Phi M_n$ [tonf]	FUm
2	3_C	1	W12x96	0.13	76.21	0.00
		2		0.72		0.01
	3_D	1	W12x96	0.13	76.21	0.00
		2		0.72		0.01
	3_E	1	W12x96	0.13	76.21	0.00
		2		0.72		0.01

Tabla 3- 16 Vigas y Resistencias Arquetipo 3.

Arq.	Modelo	Niv.	Perfil Viga	Pu [tonf]	$\Phi Pn$ [tonf]	FUp	Vu [tonf]	$\Phi Vn$ [tonf]	FUv
3	3_C	1	W12x210	0.00	863.33	0.00	0.60	236.04	0.00
		2		50.66		0.06	1.18		0.01
		3		54.09		0.06	56.70		0.27
	3_D	1	W12x230	0.00	952.24	0.00	0.66	238.56	0.00
		2		58.24		0.06	1.30		0.01
		3		61.28		0.06	64.38		0.27
	3_E	1	W12x230	0.00	952.24	0.00	0.66	238.56	0.00
		2		58.24		0.06	1.30		0.01
		3		61.28		0.06	64.38		0.27

Tabla 3- 17 Vigas y Resistencias Arquetipo 3.

Arq.	Modelo	Arq.	Perfil Viga	Mu [tonf]	$\Phi Mn$ [tonf]	FUm
3	3_C	1	W12x210	0.34	180.42	0.00
		2		1.55		0.01
		3		168.40		0.93
	3_D	1	W12x230	0.38	200.12	0.00
		2		1.70		0.01
		3		191.31		0.96
	3_E	1	W12x230	0.38	200.12	0.00
		2		1.70		0.01
		3		191.31		0.96

Tabla 3- 18 Vigas y Resistencias Arquetipo 4.

Arq.	Modelo	Niv.	Perfil Viga	Pu [tonf]	$\Phi Pn$ [tonf]	FUp	Vu [tonf]	$\Phi Vn$ [tonf]	FUv
4	3_C	1	W12x210	0.00	863.33	0.00	0.59	236.04	0
		2		67.41		0.08	1.18		0.01
		3		0.00		0.00	0.60		0
		4		30.79		0.04	1.18		0.01
	3_D	1	W12x210	0.00	863.33	0.00	0.59	236.04	0
		2		67.41		0.08	1.18		0.01
		3		0.00		0.00	0.60		0
		4		30.79		0.04	1.18		0.01
	3_E	1	W12x210	0.00	863.33	0.00	0.61	236.04	0
		2		84.42		0.10	1.18		0.01
		3		0.00		0.00	0.59		0
		4		36.62		0.04	1.18		0.01

Tabla 3- 19 Vigas y Resistencias Arquetipo 4.

Arq.	Modelo	Arq.	Perfil Viga	Mu [tonf]	$\Phi$ Mn [tonf]	FUm
4	3_C	1	W12x210	0.33	180.42	0.00
		2		1.55		0.01
		3		0.35		0.00
		4		1.55		0.01
	3_D	1	W12x210	0.33	180.42	0.00
		2		1.55		0.01
		3		0.35		0.00
		4		1.55		0.01
	3_E	1	W12x210	0.31	180.42	0.00
		2		1.55		0.01
		3		0.33		0.00
		4		1.55		0.01

Tabla 3- 20 Vigas y Resistencias Arquetipo 5.

Arq.	Modelo	Niv.	Perfil Viga	Pu [tonf]	$\Phi$ Pn [tonf]	FUp	Vu [tonf]	$\Phi$ Vn [tonf]	FUv
5	3_C	1	W12x210	0.00	863.33	0.00	0.59	236.04	0.00
		2		73.24		0.08	1.18		0.01
		3		0.00		0.00	0.59		0.00
		4		67.41		0.08	1.18		0.01
		5		46.46		0.05	62.61		1.03
	3_D	1	W12x230	0.00	952.24	0.00	0.65	238.56	0.00
		2		87.30		0.09	1.30		0.01
		3		0.00		0.00	0.66		0.00
		4		78.59		0.08	1.30		0.01
		5		46.46		0.05	62.70		0.93
	3_E	1	W12x230	0.00	952.24	0.00	0.66	238.56	0.00
		2		103.56		0.11	1.30		0.01
		3		0.00		0.00	0.66		0.00
		4		82.57		0.09	1.30		0.01
		5		46.46		0.05	62.70		0.93

Tabla 3- 21 Vigas y Resistencias Arquetipo 5.

Arq.	Modelo	Arq.	Perfil Viga	Mu [tonf]	$\Phi M_n$ [tonf]	FUm
5	3_C	1	W12x210	0.33	180.42	0.00
		2		1.55		0.01
		3		0.33		0.00
		4		1.55		0.01
		5		186.27		0.29
	3_D	1	W12x230	0.36	200.12	0.00
		2		1.68		0.01
		3		0.35		0.00
		4		1.25		0.01
		5		186.34		0.26
	3_E	1	W12x230	0.34	200.12	0.00
		2		1.68		0.01
		3		0.34		0.00
		4		1.25		0.01
		5		186.34		0.26

Tabla 3- 22 Vigas y Resistencias Arquetipo 6.

Arq.	Modelo	Niv.	Perfil Viga	Pu [tonf]	$\Phi P_n$ [tonf]	FUp	Vu [tonf]	$\Phi V_n$ [tonf]	FUV
6	3_C	1	W12x230	0.00	952.24	0.00	0.66	238.56	0.00
		2		79.01		0.08	1.30		0.01
		3		0.00		0.00	0.66		0.00
		4	W12x210	76.12	863.33	0.09	1.18	236.04	0.01
		5		0.00		0.00	0.59		0.00
		6		36.62		0.04	1.18		0.01
	3_D	1	W12x230	0.00	952.24	0.00	0.66	238.56	0.00
		2		103.56		0.11	1.30		0.01
		3		0.00		0.00	0.65		0.00
		4	W12x210	99.58	863.33	0.12	1.18	236.04	0.01
		5		0.00		0.00	0.61		0.00
		6		47.80		0.06	1.18		0.01
	3_E	1	W12x230	0.00	952.24	0.00	0.66	238.56	0.00
		2		104.03		0.11	1.30		0.01
		3		0.00		0.00	0.65		0.00
		4	W12x210	99.58	863.33	0.12	1.18	236.04	0.01
		5		0.00		0.00	0.61		0.00
		6		47.80		0.06	1.18		0.01

Tabla 3- 23 Vigas y Resistencias Arquetipo 6.

Arq.	Modelo	Arq.	Perfil Viga	Mu [tonf]	$\Phi$ Mn [tonf]	FUm
6	3_C	1	W12x230	0.36	200.12	0.00
		2		1.68		0.01
		3		0.38		0.00
		4	W12x210	1.55	180.42	0.01
		5		0.33		0.00
		6		1.55		0.01
	3_D	1	W12x230	0.34	200.12	0.00
		2		1.68		0.01
		3		0.35		0.00
		4	W12x210	1.55	180.42	0.01
		5		0.31		0.00
		6		1.55		0.01
	3_E	1	W12x230	0.34	200.12	0.00
		2		1.68		0.01
		3		0.35		0.00
		4	W12x210	1.55	180.42	0.01
		5		0.31		0.00
		6		1.55		0.01

Tabla 3- 24 Vigas y Resistencias Arquetipo 7.

Arq.	Modelo	Niv.	Perfil Viga	Pu [tonf]	$\Phi$ Pn [tonf]	FUp	Vu [tonf]	$\Phi$ Vn [tonf]	FUv
7	3_C	1	W12x230	0.00	952.24	0.00	0.68	238.56	0.00
		2		35.69		0.06	1.30		0.01
		3		0.00		0.00	0.68		0.00
		4		35.81		0.06	1.30		0.01
		5	W12x210	0.00	863.33	0.00	0.61	236.04	0.00
		6		40.32		0.07	1.18		0.01
		7		0.00		0.00	0.60		0.00
		8		22.35		0.04	1.18		0.01
	3_D	1	W12x230	0.00	952.24	0.00	0.67	238.56	0.00
		2		67.46		0.12	1.30		0.01
		3		0.00		0.00	0.67		0.00
		4		67.46		0.12	1.30		0.01
		5	W12x210	0.00	863.33	0.00	0.62	236.04	0.00
		6		68.92		0.12	1.18		0.01
		7		0.00		0.00	0.61		0.00
		8		35.19		0.06	1.18		0.01
	3_E	1	W12x252	0.00	1047.81	0.00	0.74	264.05	0.00
		2		55.04		0.13	1.42		0.01
		3		0.00		0.00	0.73		0.00
		4		55.04		0.13	1.42		0.01

	5	W12x230	0.00	952.24	0.00	0.68	238.56	0.00
	6		62.71		0.12	1.30		0.01
	7		0.00		0.00	0.66		0.00
	8		35.19		0.05	1.30		0.01

Tabla 3- 25 Vigas y Resistencias Arquetipo 7.

Arq.	Modelo	Arq.	Perfil Viga	Mu [tonf]	$\Phi$ Mn [tonf]	FUm
7	3_C	1	W12x230	0.41	200.12	0.00
		2		1.68		0.01
		3		0.41		0.00
		4		1.68		0.01
		5	W12x210	0.36	180.42	0.00
		6		1.55		0.01
		7		0.35		0.00
		8		1.55		0.01
	3_D	1	W12x230	0.33	200.12	0.00
		2		1.68		0.01
		3		0.33		0.00
		4		1.68		0.01
		5	W12x210	0.29	180.42	0.00
		6		1.55		0.01
		7		0.30		0.00
		8		1.55		0.01
	3_E	1	W12x252	0.35	221.89	0.00
		2		1.83		0.01
		3		0.35		0.00
		4		1.83		0.01
		5	W12x230	0.31	200.12	0.00
		6		1.68		0.01
		7		0.34		0.00
		8		1.68		0.01

Tabla 3- 26 Vigas y Resistencias Arquetipo 8.

Arq.	Modelo	Niv.	Perfil Viga	Pu [tonf]	$\Phi P_n$ [tonf]	FUp	Vu [tonf]	$\Phi V_n$ [tonf]	FUv	
8	3_C	1	W12x336	0.00	1411.06	0.00	1.02	366.23	0.00	
		2		79.56		0.06	1.89		0.01	
		3		0.00		0.00	1.04		0.00	
		4		79.56		0.06	1.89		0.01	
		5		0.00		0.00	1.02		0.00	
		6		79.56		0.06	1.89		0.01	
		7	W12x230	0.00	952.24	0.00	0.65	238.56	0.00	
		8		79.56		0.08	1.30		0.01	
		9		0.00		0.00	0.65		0.00	
		10		79.56		0.06	1.30		0.01	
		11		0.00		0.00	0.65		0.00	
		12		39.78		0.03	1.30		0.00	
	3_D	W12x336	1	W12x336	0.00	1411.06	0.00	1.02	366.23	0.00
			2		83.85		0.06	1.89		0.01
			3		0.00		0.00	1.04		0.00
			4		83.85		0.06	1.89		0.01
			5		0.00		0.00	1.02		0.00
			6		83.85		0.06	1.89		0.01
		7	W12x230	0.00	952.24	0.00	0.65	238.56	0.00	
		8		83.85		0.09	1.30		0.01	
		9		0.00		0.00	0.65		0.00	
		10		83.85		0.07	1.30		0.01	
		11		0.00		0.00	0.65		0.00	
		12		41.93		0.03	1.30		0.00	

Tabla 3- 27 Vigas y Resistencias Arquetipo 8.

Arq.	Modelo	Arq.	Perfil Viga	Mu [tonf]	$\Phi$ Mn [tonf]	FUm
8	3_C	1	W12x336	0.61	277.09	0.00
		2		2.43		0.01
		3		0.63		0.00
		4		2.43		0.01
		5		0.61		0.00
		6		2.43		0.01
		7	W12x230	0.36	200.12	0.00
		8		1.68		0.01
		9		0.36		0.00
		10		1.68		0.01
		11		0.36		0.00
		12		1.68		0.01
	3_D	1	W12x336	0.61	277.09	0.00
		2		2.42		0.01
		3		0.63		0.00
		4		2.43		0.01
		5		0.61		0.00
		6		2.43		0.01
		7	W12x230	0.36	200.12	0.00
		8		1.68		0.01
		9		0.36		0.00
		10		1.68		0.01
		11		0.36		0.00
		12		1.68		0.01

Tabla 3- 28 Vigas y Resistencias Arquetipo 9.

Arq.	Modelo	Niv.	Perfil Viga	Pu [tonf]	$\Phi$ Pn [tonf]	FUp	Vu [tonf]	$\Phi$ Vn [tonf]	FUv	
9	3_C	1	W12x336	0.00	1411.06	0.00	0.96	366.23	0.00	
		2		1467.29		0.10	1.89		0.01	
		3		0.00		0.00	1.00		0.00	
		4		1467.29		0.10	1.89		0.01	
		5		0.00		0.00	0.95		0.00	
		6		1467.29		0.10	1.89		0.01	
		7	W12x230	0.00	952.24	0.00	0.67	238.56	0.00	
		8		1393.10		0.15	1.30		0.01	
		9		0.00		0.00	0.66		0.00	
		10		1318.92		0.14	1.30		0.01	
		11		0.00		0.00	0.68		0.00	
		12		65.95		0.07	1.30		0.01	
		13	W12x152	0.00	601.63	0.00	0.47	145.97	0.00	
		14		1318.92		0.22	0.86		0.01	
		15		0.00		0.00	0.47		0.00	
		16		65.95		0.11	0.86		0.01	
	3_D	W12x336	1	1411.06	0.00	1411.06	0.00	0.96	366.23	0.00
			2		1467.29		0.10	1.89		0.01
			3		0.00		0.00	1.00		0.00
			4		1467.29		0.10	1.89		0.01
			5		0.00		0.00	0.95		0.00
			6		1467.29		0.10	1.89		0.01
		7	W12x230	0.00	952.24	0.00	0.67	238.56	0.00	
		8		1393.10		0.15	1.30		0.01	
		9		0.00		0.00	0.66		0.00	
		10		1318.92		0.14	1.30		0.01	
		11		0.00		0.00	0.68		0.00	
		12		65.95		0.07	1.30		0.01	
		13	W12x152	0.00	601.63	0.00	0.47	145.97	0.00	
		14		1318.92		0.22	0.86		0.01	
		15		0.00		0.00	0.47		0.00	
		16		65.95		0.11	0.86		0.01	

Tabla 3- 29 Vigas y Resistencias Arquetipo 9.

Arq.	Modelo	Arq.	Perfil Viga	Mu [tonf]	ΦMn [tonf]	FUm
9	3_C	1	W12x336	0.49	277.09	0.00
		2		2.38		0.01
		3		0.56		0.00
		4		2.37		0.01
		5		0.50		0.00
		6		2.37		0.01
		7	W12x230	0.30	200.12	0.00
		8		1.62		0.01
		9		0.35		0.00
		10		1.68		0.01
		11		0.31		0.00
		12		1.68		0.01
		13	W12x152	0.19	107.15	0.00
		14		1.13		0.01
		15		0.19		0.00
		16		1.13		0.01
	3_D	W12x336	1	277.09	0.49	0.00
			2		2.38	0.01
			3		0.56	0.00
			4		2.37	0.01
			5		0.50	0.00
			6		2.37	0.01
		7	W12x230	0.30	200.12	0.00
		8		1.62		0.01
		9		0.35		0.00
		10		1.68		0.01
		11		0.31		0.00
		12		1.68		0.01
		13	W12x152	0.19	107.15	0.00
		14		1.13		0.01
		15		0.19		0.00
		16		1.13		0.01

### 3.5.3 Riostras

A continuación, se expondrán los perfiles riostra elegidos por cada arquetipo. Cabe recordar que, para este elemento estructural solo se analizó en compresión.

Tabla 3- 30 Riostras y Resistencias Arquetipo 1.

Arquetipo	Modelo	Nivel	Perfil Riostra	Pu [tonf]	$\Phi Pn$ [tonf]	FUp
1	3_C	1	HSS3.500x0.0.188	5.75	6.70	0.85
	3_D	1	HSS3.500x0.0.188	6.47	6.70	0.97
	3_E	1	HSS3.500x0.216	7.03	7.53	0.93

Tabla 3- 31 Riostras y Resistencias Arquetipo 2.

Arquetipo	Modelo	Nivel	Perfil Riostra	Pu [tonf]	$\Phi Pn$ [tonf]	FUp
2	3_C	1	HSS4.000x0.313	13.81	15.62	0.88
		2		7.41		0.47
	3_D	1	HSS4.000x0.313	15.73	15.62	1.01
		2		8.46		0.54
	3_E	1	HSS4.500x0.337	17.15	23.87	0.72
		2		9.07		0.38

Tabla 3- 32 Riostras y Resistencias Arquetipo 3.

Arquetipo	Modelo	Nivel	Perfil Riostra	Pu [tonf]	$\Phi Pn$ [tonf]	FUp
3	3_C	1	HSS4.500x0.375	23.82	26.00	0.92
		2		18.61		0.72
		3	HSS4.500x0.188	9.39	14.61	0.64
	3_D	1	HSS5.000x0.375	27.34	36.48	0.75
		2		21.01		0.58
		3	HSS4.500x0.237	10.78	18.09	0.60
	3_E	1	HSS5.000x0.375	29.57	36.48	0.81
		2		22.74		0.62
		3	HSS4.500x0.237	11.65	18.09	0.64

Tabla 3- 33 Riostras y Resistencias Arquetipo 4.

Arquetipo	Modelo	Nivel	Perfil Riostra	Pu [tonf]	ΦPn [tonf]	FUp
4	3_C	1	HSS5.000x0.375	33.07	36.48	0.91
		2		27.62		0.76
		3	HSS5.000x0.312	19.70	31.41	0.63
		4		10.09		0.32
	3_D	1	HSS5.000x0.375	37.83	36.48	1.04
		2		31.73		0.87
		3	HSS5.000x0.312	22.52	31.41	0.72
		4		11.48		0.37
	3_E	1	HSS5.000x0.500	41.25	45.32	0.91
		2		34.93		0.77
		3	HSS5.000x0.375	24.67	36.48	0.68
		4		12.55		0.34

Tabla 3- 34 Riostras y Resistencias Arquetipo 5.

Arquetipo	Modelo	Nivel	Perfil Riostra	Pu [tonf]	ΦPn [tonf]	FUp
5	3_C	1	HSS5.000x0.375	33.99	36.48	0.93
		2		29.16		0.80
		3	HSS5.000x0.375	25.18		0.69
		4		16.78		0.46
		5	HSS5.000x0.312	8.71		31.41
	3_D	1	HSS5.500x0.375	49.26	47.60	1.03
		2		41.88		0.88
		3	HSS5.000x0.500	36.96	45.32	0.82
		4		24.23		0.53
		5	HSS5.000x0.312	11.65	31.41	0.37
	3_E	1	HSS5.500x0.500	53.65	60.04	0.89
		2		46.48		0.77
		3	HSS5.500x0.500	40.00		0.67
		4		27.19		0.45
		5	HSS5.000x0.312	12.82		31.41

Tabla 3- 35 Riostras y Resistencias Arquetipo 6.

Arquetipo	Modelo	Nivel	Perfil Riostra	Pu [tonf]	$\Phi Pn$ [tonf]	FUp		
6	3_C	1	HSS5.500x0.375	34.40	47.6	0.72		
		2		29.92		0.63		
		3		27.91		0.59		
		4		21.33		0.45		
		5	HSS5.000x0.375	15.12	36.48	0.41		
		6		7.42		0.20		
	3_D	1	HSS5.500x0.500	60.13	60.04	1.00		
		2		53.11		0.88		
		3		49.44		0.82		
		4		38.00		0.63		
		5	HSS5.000x0.500	26.26	45.32	0.58		
		6		12.26		0.27		
	3_E	1	HSS5.563x0.500	64.99	61.78	1.05		
		2		57.10		0.93		
		3	HSS5.500x0.500	53.51	60.04	0.89		
		4		41.21		0.69		
		5		HSS5.000x0.500		28.33	45.32	0.63
		6				13.18		0.29

Tabla 3- 36 Riostras y Resistencias Arquetipo 7.

Arquetipo	Modelo	Nivel	Perfil Riostra	Pu [tonf]	$\Phi Pn$ [tonf]	FUp
7	3_C	1	HSS5.563x0.258	29.92	35.06	0.85
		2		26.05		0.74
		3		25.28		0.72
		4		21.01		0.60
		5	HSS5.500x0.258	19.75	34.21	0.58
		6		15.41		0.45
		7	HSS5.000x0.312	11.93	31.41	0.38
		8		6.00		0.19
	3_D	1	HSS6.000x0.500	72.41	74.66	0.97
		2		64.44		0.86
		3		64.75		0.87
		4		54.43		0.73
		5		49.37		0.66
		6		37.38		0.50
		7	HSS5.500x0.500	25.90	60.04	0.43
8	11.99	0.20				
3_E	1	HSS7.500x0.500	91.30	120.31	0.76	

		2		80.90		0.67
		3		82.77		0.69
		4		69.23		0.58
		5		62.90		0.52
		6		47.91		0.40
		7		HSS5.500x0.500		31.39
		8	15.62		0.26	

Tabla 3- 37 Riostras y Resistencias Arquetipo 8.

Arquetipo	Modelo	Nivel	Perfil Riostra	Pu [tonf]	$\Phi Pn$ [tonf]	FUp
8	3_C	1	HSS7.000x0.312	47.63	68.80	0.69
		2		41.33		0.60
		3		40.69		0.59
		4		33.25		0.48
		5		32.39		0.47
		6		26.94		0.39
		7		28.04		0.41
		8		24.94		0.36
		9		25.24		0.37
		10		20.48		0.30
		11		15.88		0.23
		12		8.20		0.12
	3_D	1	HSS7.500x0.312	54.54	78.36	0.70
		2		47.47		0.61
		3		48.29		0.62
		4		40.22		0.51
		5		39.98		0.51
		6		33.47		0.43
		7		33.94		0.43
		8		29.40		0.38
		9		28.45		0.36
		10		22.39		0.29
		11		16.78		0.21
		12		8.47		0.11

Tabla 3- 38 Riostras y Resistencias Arquetipo 9.

Arquetipo	Modelo	Nivel	Perfil Riostra	Pu [tonf]	$\Phi Pn$ [tonf]	FUp
9	3_C	1	HSS8.625x0.500	65.96	153.45	0.43
		2		57.84		0.38
		3		58.44		0.38
		4		48.96		0.32
		5		46.84		0.31
		6		37.75		0.25
		7		36.13		0.24
		8		30.11		0.20
		9	HSS7.500x0.500	30.88	120.31	0.26
		10		27.81		0.23
		11		31.51		0.26
		12		28.37		0.24
		13		29.46		0.24
		14		24.10		0.20
		15		18.52		0.15
		16		8.54		0.07
	3_D	HSS8.625x0.500	1	153.45	75.19	0.49
			2		65.87	0.43
			3		67.52	0.44
			4		56.74	0.37
			5		55.04	0.36
			6		44.39	0.29
			7		42.85	0.28
			8		35.65	0.23
		9	HSS7.500x0.500	36.53	120.31	0.30
		10		32.86		0.27
		11		36.74		0.31
		12		32.85		0.27
		13		33.34		0.28
		14		26.87		0.22
		15		20.24		0.17
		16		9.22		0.08

### 3.5.4 Análisis de parámetros sísmicos según NCh433

#### 3.5.4.2 Análisis Modal Espectral

Utilizando los perfiles seleccionados en las tablas expuestas anteriormente, se realiza un análisis sísmico en base a la NCh433[1], obteniendo los valores del periodo fundamental, el peso sísmico, el corte basal elástico y el corte basal dado por norma, como a su vez el porcentaje de corte basal respecto al peso sísmico.

Tabla 3- 39 Parámetros Sísmicos Arquetipo 1.

Arquetipo	Modelo	Período [s]	PS [tonf]	Qe [tonf]	Qb [tonf]	Qb(%PS) [tonf]
1	3_C	0.208620	76.30	70.13	12.82	16.80
	3_D	0.208620	76.30	78.10	14.65	19.20
	3_E	0.195499	76.66	66.45	15.95	20.81

Tabla 3- 40 Parámetros Sísmicos Arquetipo 2.

Arquetipo	Modelo	Período [s]	PS [tonf]	Qe [tonf]	Qb [tonf]	Qb(%PS) [tonf]
2	ARQ_3_C	0.269665	197.13	199.91	33.12	16.80
	ARQ_3_D	0.269665	197.13	220.84	37.85	19.20
	ARQ_3_E	0.245529	197.29	182.50	41.04	20.80

Tabla 3- 41 Parámetros Sísmicos Arquetipo 3.

Arquetipo	Modelo	Período [s]	PS [tonf]	Qe [tonf]	Qb [tonf]	Qb(%PS) [tonf]
3	ARQ_3_C	0.361719	333.89	335.22	56.09	16.80
	ARQ_3_D	0.340806	335.20	388.61	64.36	19.20
	ARQ_3_E	0.340806	335.20	337.19	69.72	20.80

Tabla 3- 42 Parámetros Sísmicos Arquetipo 4.

Arquetipo	Modelo	Período [s]	PS [tonf]	Qe [tonf]	Qb [tonf]	Qb(%PS) [tonf]
4	ARQ_3_C	0.453257	460.07	438.00	76.99	16.73
	ARQ_3_D	0.453257	460.07	575.76	88.33	19.20
	ARQ_3_E	0.407496	460.56	491.51	95.80	20.80

Tabla 3- 43 Parámetros Sísmicos Arquetipo 1.

Arquetipo	Modelo	Período [s]	PS [tonf]	Qe [tonf]	Qb [tonf]	Qb(%PS) [tonf]
5	ARQ_3_C	0.569587	586.09	478.58	78.14	13.33
	ARQ_3_D	0.531374	595.04	751.15	114.25	19.20
	ARQ_3_E	0.486059	595.56	681.56	123.88	20.80

Tabla 3- 44 Parámetros Sísmicos Arquetipo 6.

Arquetipo	Modelo	Período [s]	PS [tonf]	Qe [tonf]	Qb [tonf]	Qb(%PS) [tonf]
6	ARQ_3_C	0.664374	717.45	501.22	78.33	10.92
	ARQ_3_D	0.598724	718.50	855.14	137.95	19.20
	ARQ_3_E	0.597131	718.52	874.51	149.45	20.80

Tabla 3- 45 Parámetros Sísmicos Arquetipo 7.

Arquetipo	Modelo	Período [s]	PS [tonf]	Qe [tonf]	Qb [tonf]	Qb(%PS) [tonf]
7	ARQ_3_C	1.066249	969.91	401.48	67.89	7.00
	ARQ_3_D	0.834804	973.18	926.73	163.88	16.84
	ARQ_3_E	0.768710	989.27	1210.76	205.77	20.80

Tabla 3- 46 Parámetros Sísmicos Arquetipo 8.

Arquetipo	Modelo	Período [s]	PS [tonf]	Qe [tonf]	Qb [tonf]	Qb(%PS) [tonf]
8	ARQ_3_C	1.551574	1513.93	434.23	105.98	7.00
	ARQ_3_D	1.551574	1513.93	687.24	1211.14	80.00

Tabla 3- 47 Parámetros Sísmicos Arquetipo 9.

Arquetipo	Modelo	Período [s]	PS [tonf]	Qe [tonf]	Qb [tonf]	Qb(%PS) [tonf]
9	ARQ_3_C	1.866054	2059.70	551.47	144.18	7.00
	ARQ_3_D	1.866054	2059.70	823.02	164.78	8.00

### 3.5.4.2 Derivas

A continuación, se exponen los desplazamientos de piso  $\delta$ , los desplazamientos entre dos pisos sucesivos  $\Delta$  y, por último, la deriva de piso  $\Delta/h$ .

Tabla 3- 48 Desplazamientos Arquetipo 1.

Arquetipo	Modelo	Nivel	$\delta$ [m]	$\Delta$ [m]	$\Delta/h$ [-]
1	3_C	1	0.0019	0.0019	0.0005
	3_D	1	0.0022	0.0022	0.0005
	3_E	1	0.0021	0.0021	0.0005

Tabla 3- 49 Desplazamientos Arquetipo 2.

Arquetipo	Modelo	Nivel	$\delta$ [m]	$\Delta$ [m]	$\Delta/h$ [-]
2	3_C	1	0.0025	0.0025	0.0006
		2	0.0040	0.0015	0.0004
	3_D	1	0.0029	0.0029	0.0007
		2	0.0046	0.0017	0.0004
	3_E	1	0.0026	0.0026	0.0006
		2	0.0041	0.0015	0.0004

Tabla 3- 50 Desplazamientos Arquetipo 3.

Arquetipo	Modelo	Nivel	$\delta$ [m]	$\Delta$ [m]	$\Delta/h$ [-]
3	3_C	1	0.0032	0.0032	0.0008
		2	0.0060	0.0028	0.0007
		3	0.0086	0.0026	0.0006
	3_D	1	0.0033	0.0033	0.0008
		2	0.0061	0.0028	0.0007
		3	0.0086	0.0024	0.0006
	3_E	1	0.0036	0.0036	0.0009
		2	0.0066	0.0031	0.0008
		3	0.0093	0.0026	0.0007

Tabla 3- 51 Desplazamientos Arquetipo 4.

Arquetipo	Modelo	Nivel	$\delta$ [m]	$\Delta$ [m]	$\Delta/h$ [-]
4	3_C	1	0.0040	0.0040	0.0010
		2	0.0079	0.0039	0.0010
		3	0.0112	0.0033	0.0008
		4	0.0132	0.0020	0.0005
	3_D	1	0.0046	0.0046	0.0011
		2	0.0091	0.0045	0.0011
		3	0.0129	0.0038	0.0009
		4	0.0151	0.0023	0.0006
	3_E	1	0.0046	0.0046	0.0011
		2	0.0091	0.0045	0.0011
		3	0.0129	0.0038	0.0009
		4	0.0151	0.0023	0.0006

Tabla 3- 52 Desplazamientos Arquetipo 5.

Arquetipo	Modelo	Nivel	$\delta$ [m]	$\Delta$ [m]	$\Delta/h$ [-]
5	3_C	1	0.0041	0.0041	0.0010
		2	0.0083	0.0043	0.0011
		3	0.0120	0.0037	0.0009
		4	0.0149	0.0029	0.0007
		5	0.0170	0.0020	0.0005
	3_D	1	0.0054	0.0054	0.0013
		2	0.0109	0.0055	0.0014
		3	0.0151	0.0043	0.0011
		4	0.0185	0.0033	0.0008
		5	0.0211	0.0027	0.0007
	3_E	1	0.0045	0.0045	0.0011
		2	0.0094	0.0049	0.0012
		3	0.0136	0.0043	0.0011
		4	0.0171	0.0035	0.0009
		5	0.0200	0.0029	0.0007

Tabla 3- 53 Desplazamientos Arquetipo 6.

Arquetipo	Modelo	Nivel	$\delta$ [m]	$\Delta$ [m]	$\Delta/h$ [-]
6	3_C	1	0.0037	0.0037	0.0009
		2	0.0077	0.0040	0.0010
		3	0.0114	0.0037	0.0009
		4	0.0148	0.0034	0.0008
		5	0.0176	0.0028	0.0007
		6	0.0195	0.0019	0.0005
	3_D	1	0.0050	0.0050	0.0013
		2	0.0108	0.0058	0.0014
		3	0.0163	0.0054	0.0014
		4	0.0213	0.0051	0.0013
		5	0.0256	0.0043	0.0011
		6	0.0287	0.0031	0.0008
	3_E	1	0.0054	0.0054	0.0014
		2	0.0116	0.0062	0.0016
		3	0.0175	0.0059	0.0015
		4	0.0230	0.0055	0.0014
		5	0.0277	0.0047	0.0012
		6	0.0310	0.0033	0.0008

Tabla 3- 54 Desplazamientos Arquetipo 7.

Arquetipo	Modelo	Nivel	$\delta$ [m]	$\Delta$ [m]	$\Delta/h$ [-]
7	3_C	1	0.0045	0.0045	0.0011
		2	0.0093	0.0048	0.0012
		3	0.0139	0.0046	0.0011
		4	0.0183	0.0044	0.0011
		5	0.0224	0.0040	0.0010
		6	0.0260	0.0036	0.0009
		7	0.0289	0.0029	0.0007
		8	0.0312	0.0023	0.0006
	3_D	1	0.0055	0.0055	0.0014
		2	0.0126	0.0071	0.0018
		3	0.0197	0.0071	0.0018
		4	0.0273	0.0076	0.0019
		5	0.0344	0.0071	0.0018
		6	0.0413	0.0069	0.0017
		7	0.0474	0.0062	0.0015
		8	0.0525	0.0051	0.0013
	3_E	1	0.0055	0.0055	0.0014
		2	0.0129	0.0074	0.0019
		3	0.0203	0.0075	0.0019
		4	0.0285	0.0082	0.0020
		5	0.0363	0.0078	0.0019
		6	0.0437	0.0075	0.0019
		7	0.0509	0.0072	0.0018
		8	0.0569	0.0060	0.0015

Tabla 3- 55 Desplazamientos Arquetipo 8.

Arquetipo	Modelo	Nivel	$\delta$ [m]	$\Delta$ [m]	$\Delta/h$ [-]
8	3_C	1	0.0047	0.0047	0.0012
		2	0.0099	0.0052	0.0013
		3	0.0149	0.0051	0.0013
		4	0.0202	0.0053	0.0013
		5	0.0253	0.0051	0.0013
		6	0.0305	0.0052	0.0013
		7	0.0358	0.0052	0.0013
		8	0.0411	0.0054	0.0013
		9	0.0464	0.0053	0.0013
		10	0.0516	0.0052	0.0013
		11	0.0565	0.0049	0.0012
		12	0.0609	0.0045	0.0011
	3_D	1	0.0054	0.0054	0.0013
		2	0.0116	0.0063	0.0016
		3	0.0179	0.0063	0.0016
		4	0.0247	0.0068	0.0017
		5	0.0314	0.0067	0.0017
		6	0.0383	0.0069	0.0017
		7	0.0452	0.0069	0.0017
		8	0.0521	0.0070	0.0017
		9	0.0589	0.0068	0.0017
		10	0.0654	0.0065	0.0016
		11	0.0715	0.0061	0.0015
		12	0.0770	0.0055	0.0014

Tabla 3- 56 Desplazamientos Arquetipo 9.

Arquetipo	Modelo	Nivel	$\delta$ [m]	$\Delta$ [m]	$\Delta/h$ [-]
9	3_C	1	0.0033	0.0033	0.0008
		2	0.0071	0.0038	0.0010
		3	0.0110	0.0039	0.0010
		4	0.0152	0.0042	0.0010
		5	0.0194	0.0042	0.0010
		6	0.0238	0.0044	0.0011
		7	0.0282	0.0044	0.0011
		8	0.0328	0.0046	0.0012
		9	0.0377	0.0049	0.0012
		10	0.0429	0.0052	0.0013
		11	0.0483	0.0054	0.0013
		12	0.0540	0.0057	0.0014
		13	0.0598	0.0058	0.0015
		14	0.0658	0.0060	0.0015
		15	0.0717	0.0059	0.0015
		16	0.0774	0.0057	0.0014
	3_D	1	0.0038	0.0038	0.0009
		2	0.0083	0.0045	0.0011
		3	0.0130	0.0047	0.0012
		4	0.0181	0.0051	0.0013
		5	0.0233	0.0052	0.0013
		6	0.0288	0.0055	0.0014
		7	0.0343	0.0056	0.0014
		8	0.0402	0.0059	0.0015
		9	0.0464	0.0062	0.0016
		10	0.0530	0.0066	0.0017
		11	0.0598	0.0068	0.0017
		12	0.0669	0.0071	0.0018
		13	0.0741	0.0072	0.0018
		14	0.0814	0.0073	0.0018
		15	0.0886	0.0072	0.0018
		16	0.0956	0.0070	0.0017

### 3.5.4.3 Participación Modal

A continuación, se exponen los valores de participación modal de cada estructura de acuerdo a los modos participantes, y en donde se asegure más del 90% dado por norma [1].

Tabla 3- 57 Participación Modal Arquetipo 1.

Arquetipo	Modelo	Modo 1		Sum X Total [%]
		T [s]	Sum X [%]	
1	3_C	0.208620	100	100
	3_D	0.208620	100	100
	3_E	0.195499	100	100

Tabla 3- 58 Participación Modal Arquetipo 2.

Arquetipo	Modelo	Modo 1		Sum X Total [%]
		T [s]	Sum X [%]	
2	3_C	0.269665	94.9	94.9
	3_D	0.269665	94.9	94.9
	3_E	0.245529	94.8	94.8

Tabla 3- 59 Participación Modal Arquetipo 3.

Arquetipo	Modelo	Modo 1		Modo 2		Sum X Total [%]
		T [s]	Sum X [%]	T [s]	Sum X [%]	
3	3_C	0.361719	87.6	0.145525	10.4	98.0
	3_D	0.340806	88.2	0.134998	9.9	98.1
	3_E	0.340806	88.2	0.134998	9.9	98.1

Tabla 3- 60 Participación Modal Arquetipo 4.

Arquetipo	Modelo	Modo 1		Modo 2		Sum X Total [%]
		T [s]	Sum X [%]	T [s]	Sum X [%]	
4	3_C	0.453257	86.5	0.159912	10.9	97.4
	3_D	0.453257	86.5	0.159912	10.9	97.4
	3_E	0.407496	85.2	0.146534	12.1	97.3

Tabla 3- 61 Participación Modal Arquetipo 5.

Arquetipo	Modelo	Modo 1		Modo 2		Sum X Total [%]
		T [s]	Sum X [%]	T [s]	Sum X [%]	
5	3_C	0.569587	85	0.194896	11.3	96.3
	3_D	0.531374	86.2	0.181969	10.1	96.3
	3_E	0.486059	84	0.171520	11.6	95.6

Tabla 3- 62 Participación Modal Arquetipo 6.

Arquetipo	Modelo	Modo 1		Modo 2		Sum X Total [%]
		T [s]	Sum X [%]	T [s]	Sum X [%]	
6	3_C	0.664374	83	0.225656	12.4	95.4
	3_D	0.598724	81.9	0.203299	13.4	95.3
	3_E	0.597131	81.7	0.202791	13.5	95.2

Tabla 3- 63 Participación Modal Arquetipo 7.

Arquetipo	Modelo	Modo 1		Modo 2		Sum X Total [%]
		T [s]	Sum X [%]	T [s]	Sum X [%]	
7	3_C	1.066249	81.3	0.349868	13	94.3
	3_D	0.834804	77.7	0.269856	16	93.7
	3_E	0.768710	76.8	0.247173	16.5	93.3

Tabla 3- 64 Participación Modal Arquetipo 8.

Arquetipo	Modelo	Modo 1		Modo 2		Sum X Total [%]
		T [s]	Sum X [%]	T [s]	Sum X [%]	
8	3_C	1.551574	74.8	0.475562	17.3	92.1
	3_D	1.551574	74.8	0.475562	17.3	92.1

Tabla 3- 65 Participación Modal Arquetipo 9.

Arquetipo	Modelo	Modo 1		Modo 2		Modo 3		Sum X Total [%]
		T [s]	Sum X [%]	T [s]	Sum X [%]	T [s]	Sum X [%]	
9	3_C	1.866054	68.2	0.531039	21.1	0.268195	5.1	94.4
	3_D	1.866054	68.2	0.531039	21.1	0.268195	5.1	94.4

### 3.5.4.3 NCh433 – Anexo D [1].

Ocurrido el terremoto de Concepción de 2010, y las posteriores modificaciones a esta norma debido a este evento sísmológico, se agregaron Apéndices informativos gracias a los estudios de ingenieros e ingenieras vinculadas al comité técnico de esta norma. Un estudio nombrado en esta sección, es el estudio de 2622 edificios reales en donde se realizó el perfil biosísmico de éstos. Se observa el comportamiento máximo de desplazamiento relativo de entrepiso (medido en el centro de gravedad) versus la altura sobre el período, calculado con fuerzas sísmicas reducidas. Con ello se pudieron hacer correlaciones respecto a la rigidez o flexibilidad de los edificios diseñados bajo el marco regulatorio nacional. Si bien, los estudios de casos son en edificios de hormigón, resulta interesante contrastar los resultados de este trabajo en el espacio muestral que se mostrará en la siguiente figura.

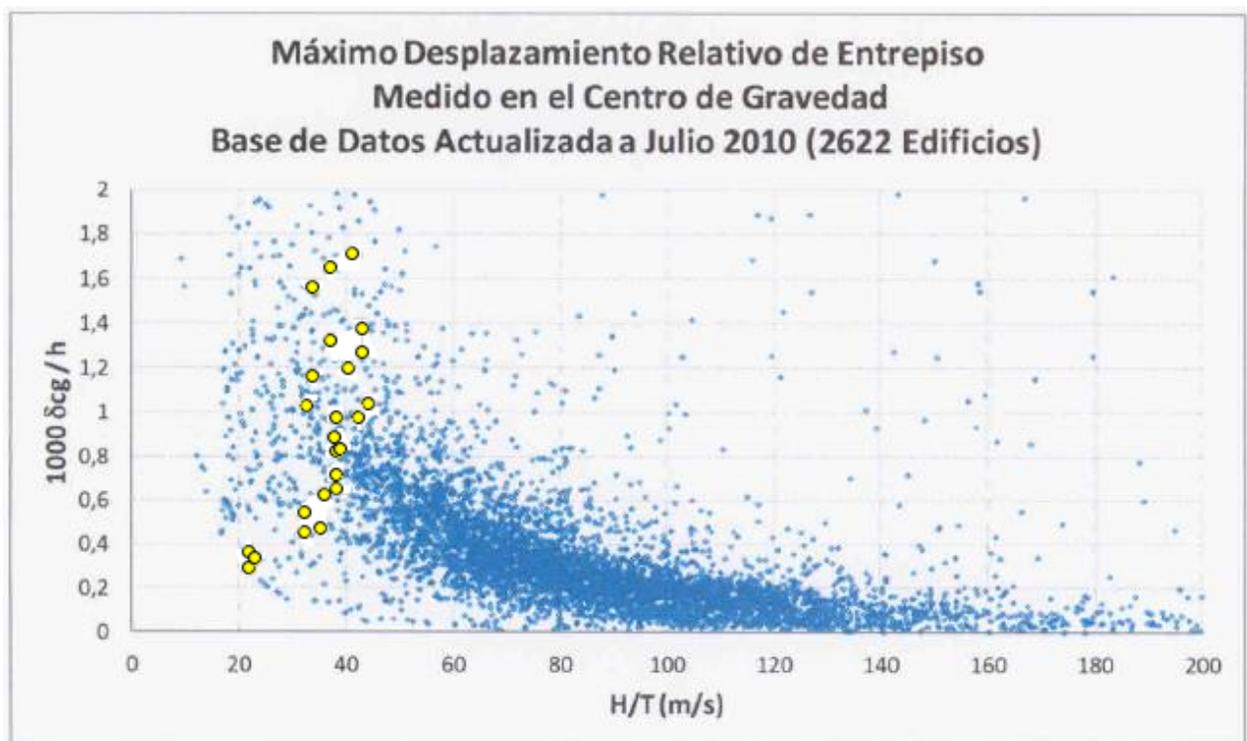


Imagen 3- 2 Comparación Estudio NCh433 Apéndice D respecto a los datos obtenidos en este estudio.

Se adjunta tabla de los datos expuestos en Anexo 3.

## **Capítulo 4: Análisis no lineal estático**

### **4.1 Consideraciones Generales**

Se utilizó el programa SAP2000V19.2.1 para la realización del análisis no lineal estático, en el cual se hizo uso de las rótulas plásticas indicadas en el punto 2.4.4, además del patrón de cargas gravitacionales estipulada en el punto (2.13) con la incorporación de los efectos  $P - \Delta$ .

Además, como se mencionó en el punto 2.5.1, se aplica una carga lateral incremental proporcional a la forma modal fundamental, como se señala en la ecuación (2.14), lo cual permite la incursión de la estructura en el rango no lineal.

### **4.2 Resultados Obtenidos**

Como se mencionó anteriormente, el alcance de este estudio es estimar los parámetros de diseño sísmicos de cada modelo. Para ello, primero, se obtendrán las curvas de capacidad de cada arquetipo dadas por software, y posteriormente, se procesarán los datos para estimar de acuerdo al Capítulo 3, cada uno de los parámetros de interés.

#### **4.2.1 Curva de capacidad**

A partir del análisis no lineal estático se obtuvieron las curvas de capacidad para cada arquetipo y que se exponen a continuación. Además, se agregan las curvas bilineales idealizadas bajo la metodología mencionada en la sección 2.6.

Cabe destacar, que cada gráfico se apoya en un esquema equivalente a cada arquetipo estudiado, en donde se muestra la evolución consecutiva de la formación de rótulas a fluencia (de color amarillo) y la primera rótula que falla (de color rojo). Estas se enumeraron y se ubicaron espacialmente en cada riostra estudiada.

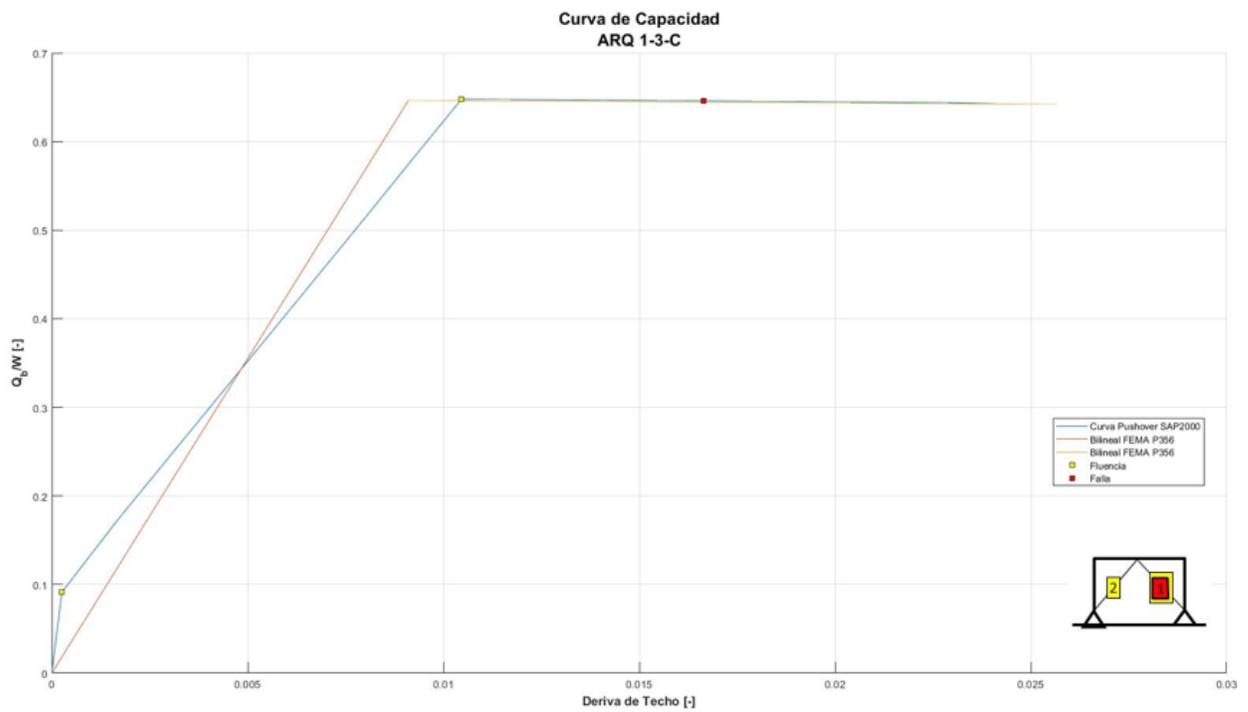


Imagen 4- 1 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 1\_3\_C.

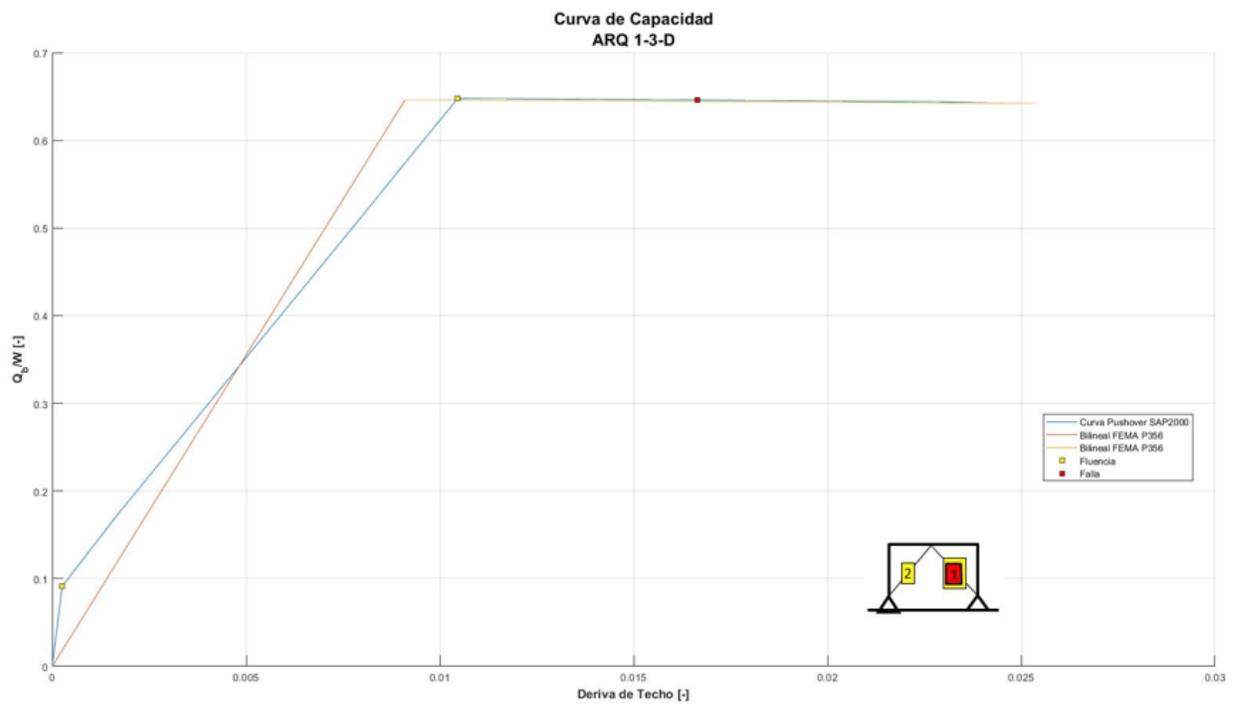


Imagen 4- 2 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 1\_3\_D.

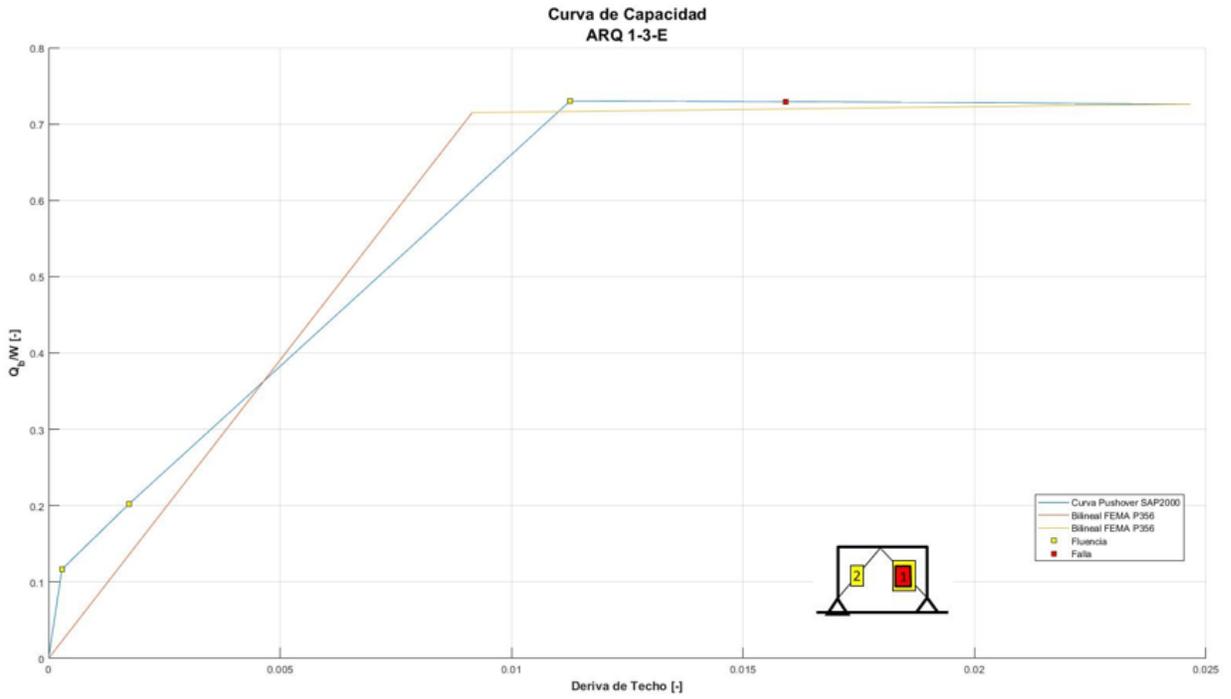


Imagen 4- 3 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 1\_3\_E.

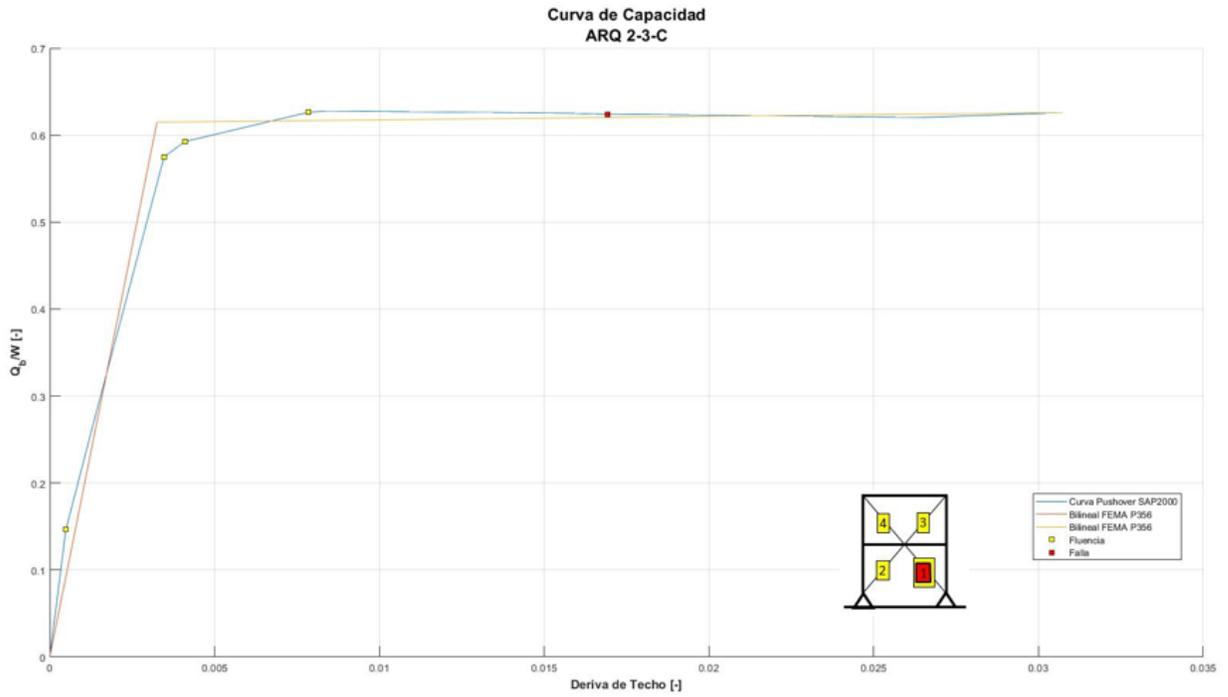


Imagen 4- 4 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 2\_3\_C.

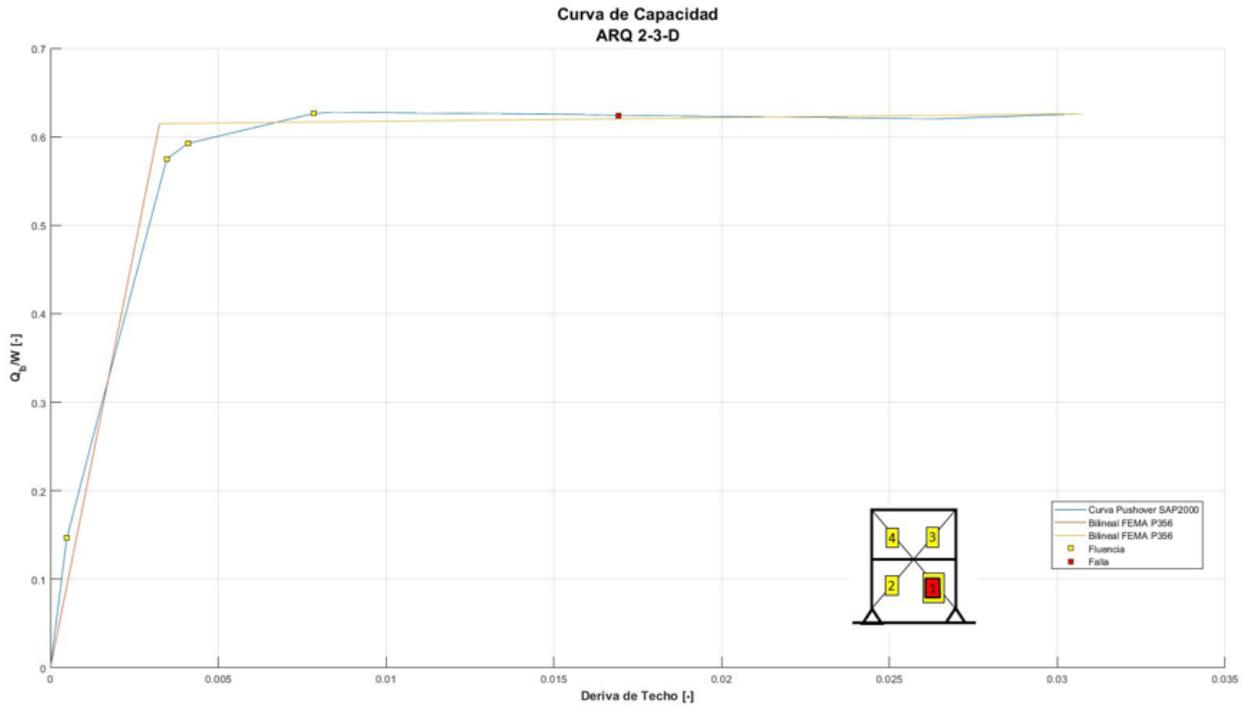


Imagen 4- 5 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 2\_3\_D.

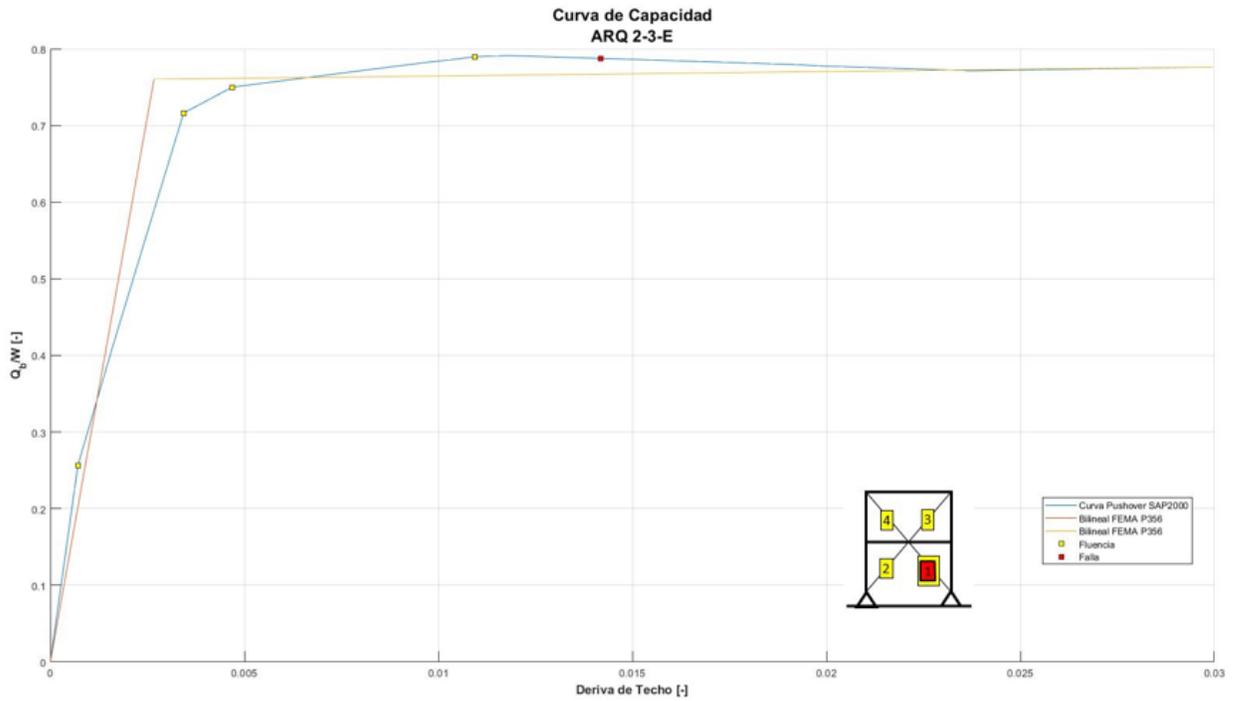


Imagen 4- 6 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 2\_3\_E.

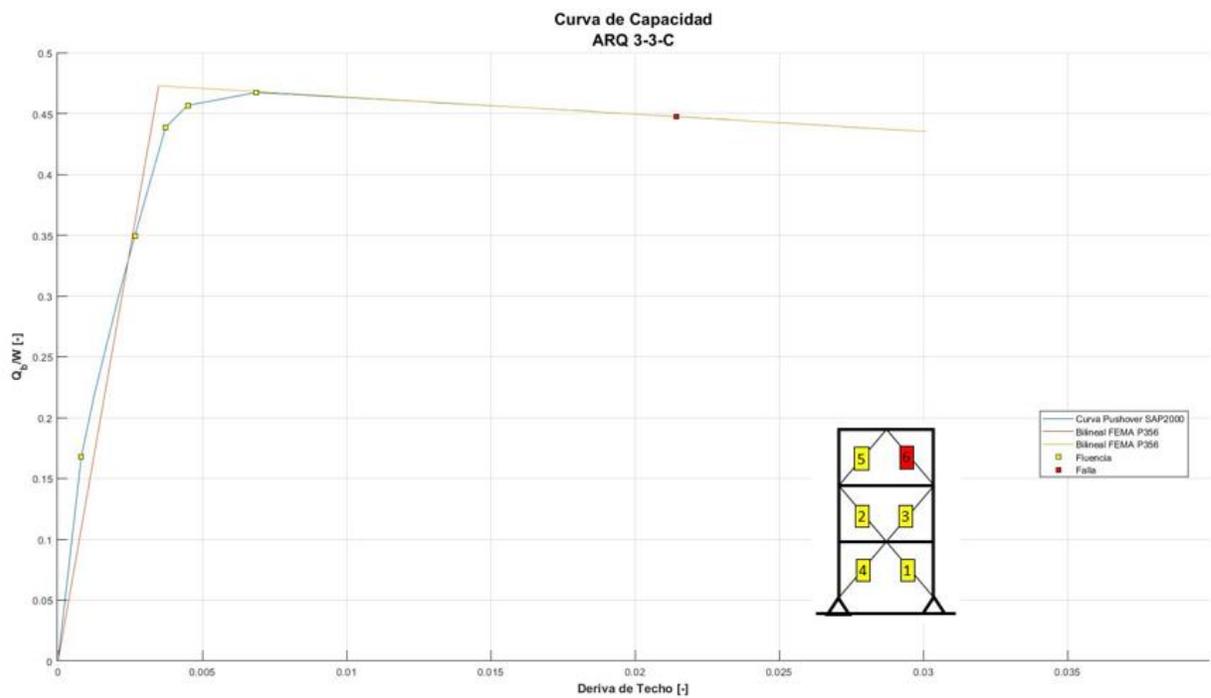


Imagen 4- 7 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 3\_3\_C.

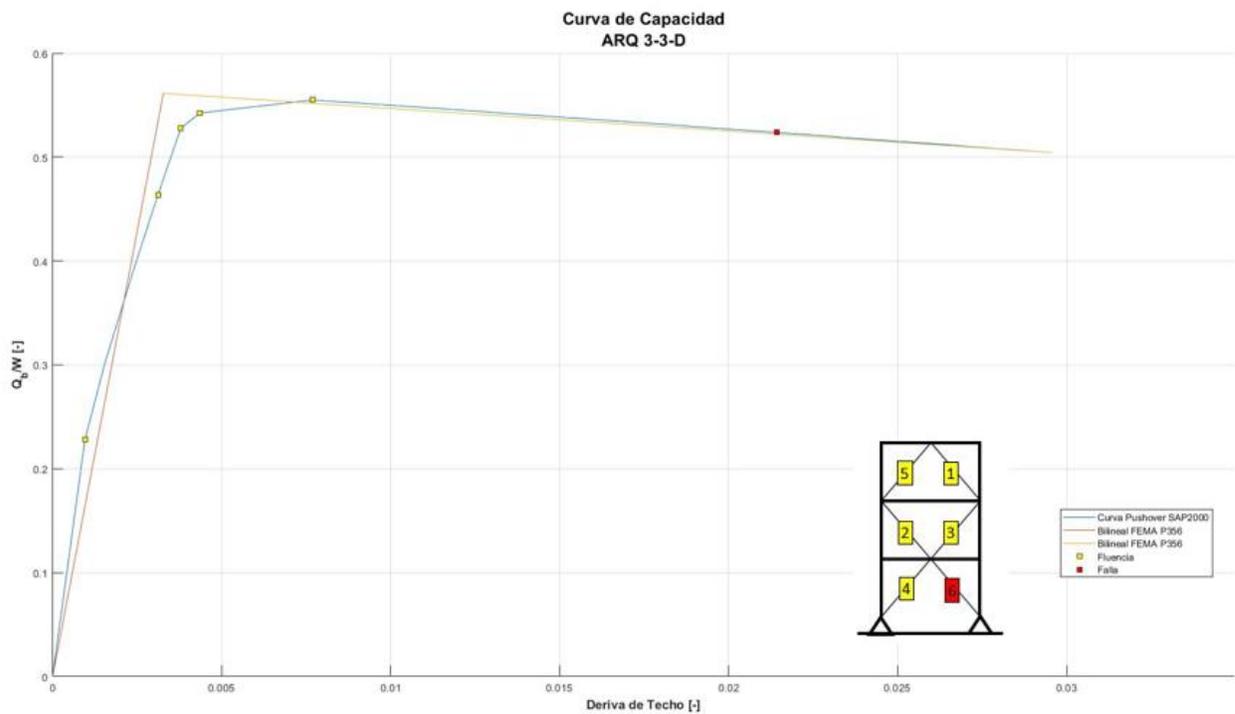


Imagen 4- 8 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 3\_3\_D.

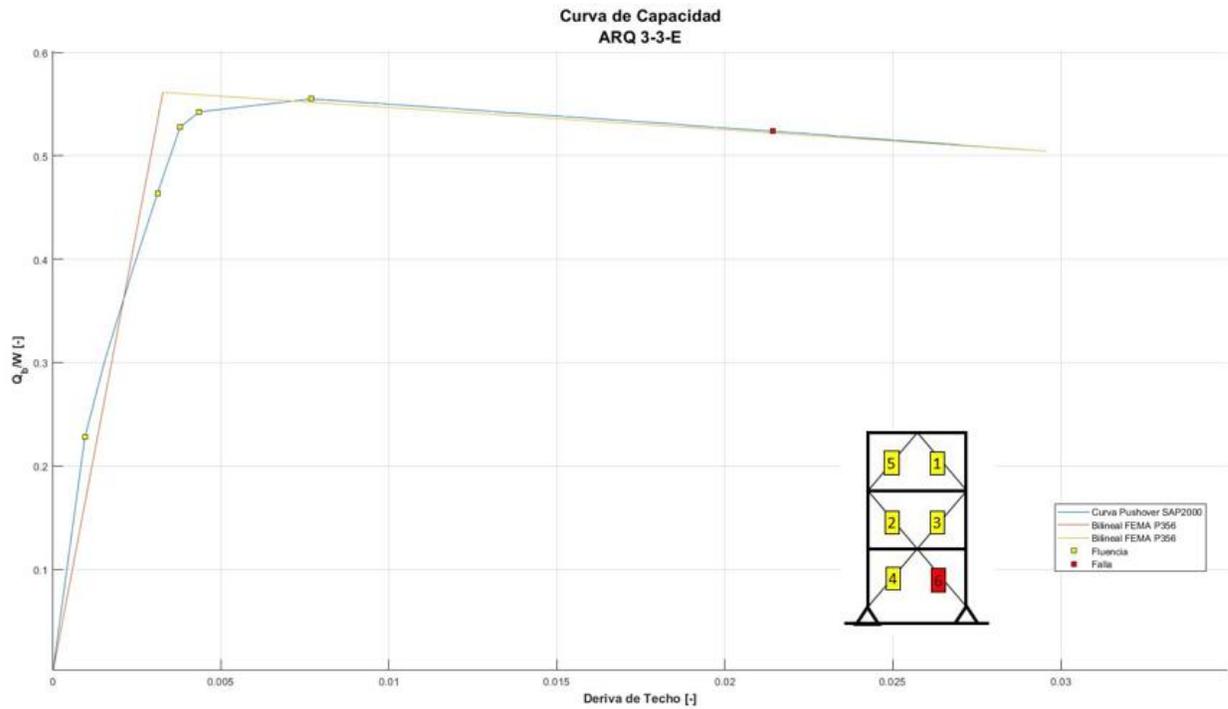


Imagen 4- 9 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 3\_3\_E.

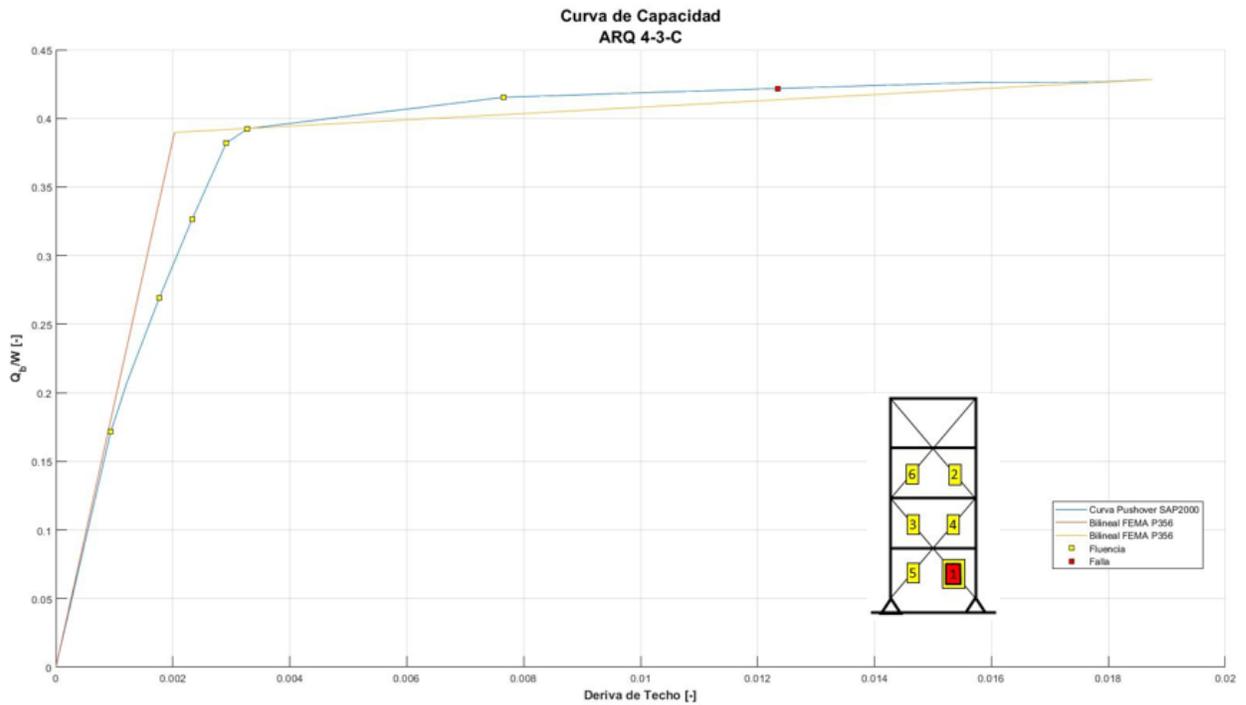


Imagen 4- 10 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 4\_3\_C.

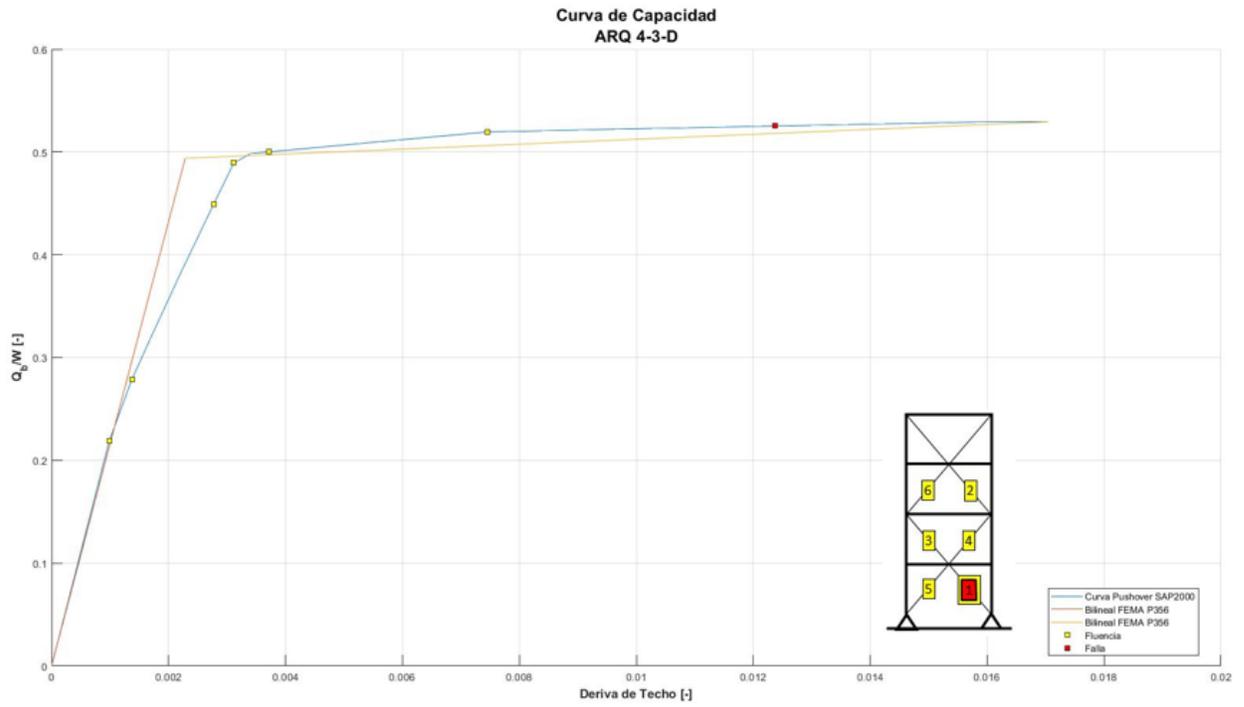


Imagen 4- 11 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 4\_3\_D.

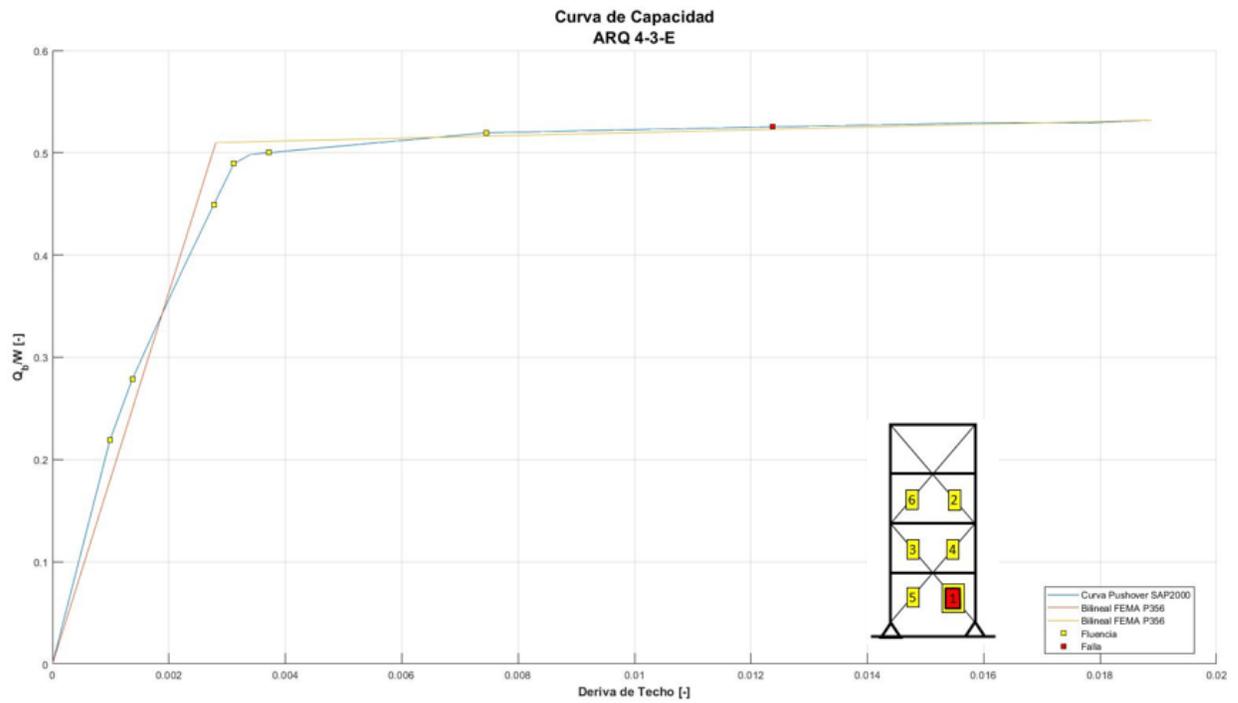


Imagen 4- 12 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 4\_3\_E.

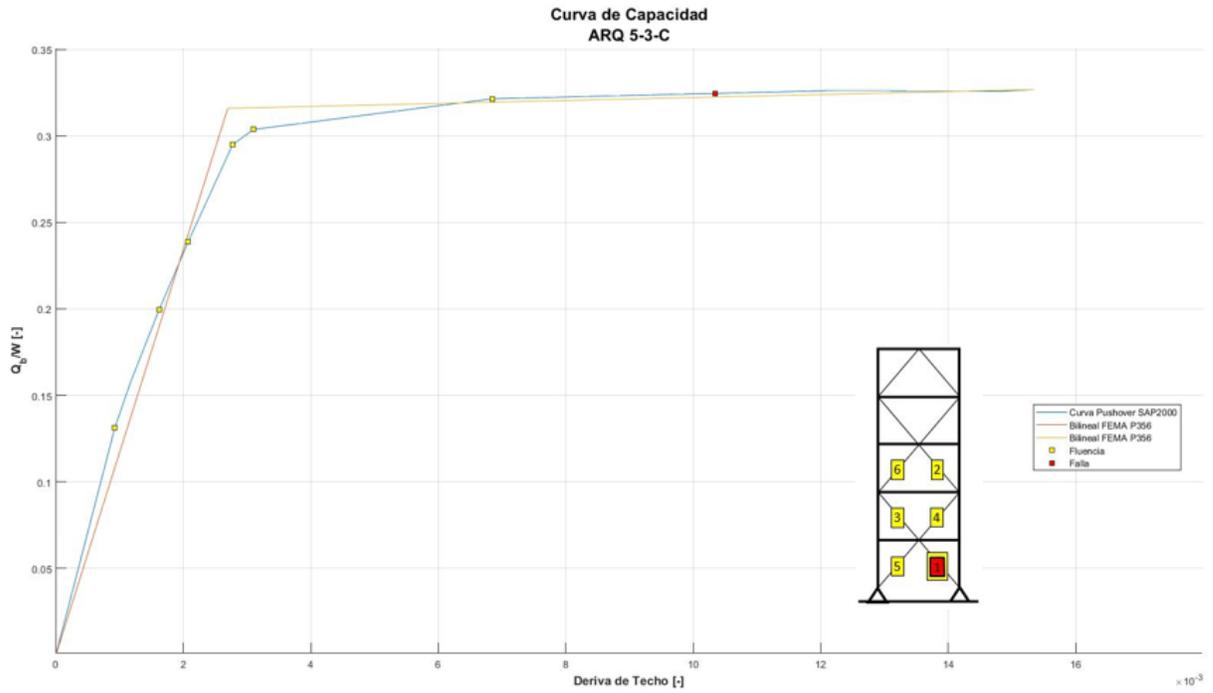


Imagen 4- 13 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 5\_3\_C.

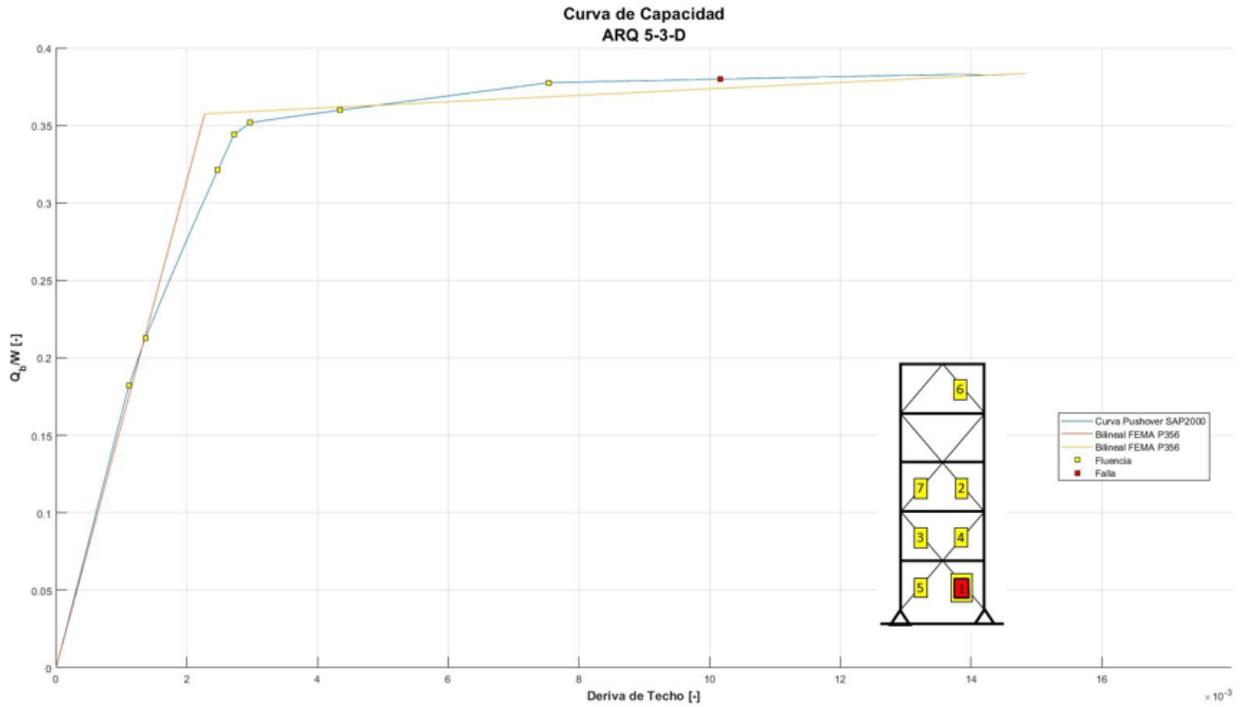


Imagen 4- 14 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 5\_3\_D.

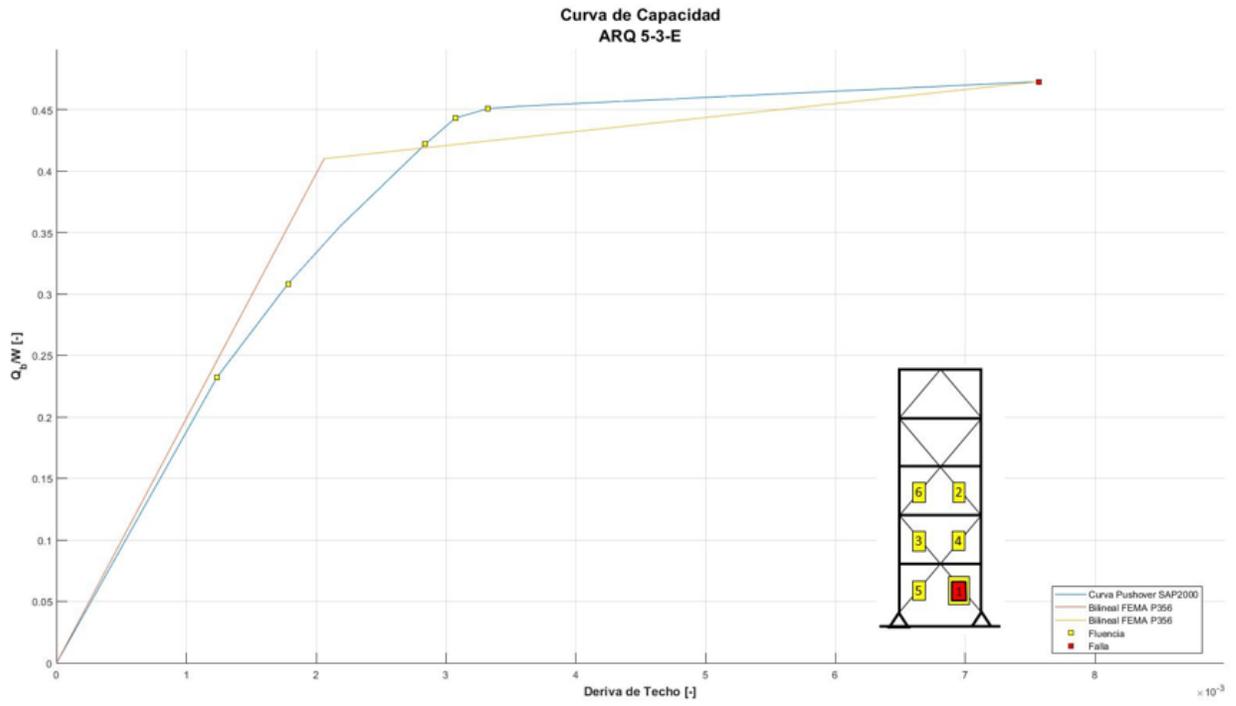


Imagen 4- 15 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 5\_3\_E.

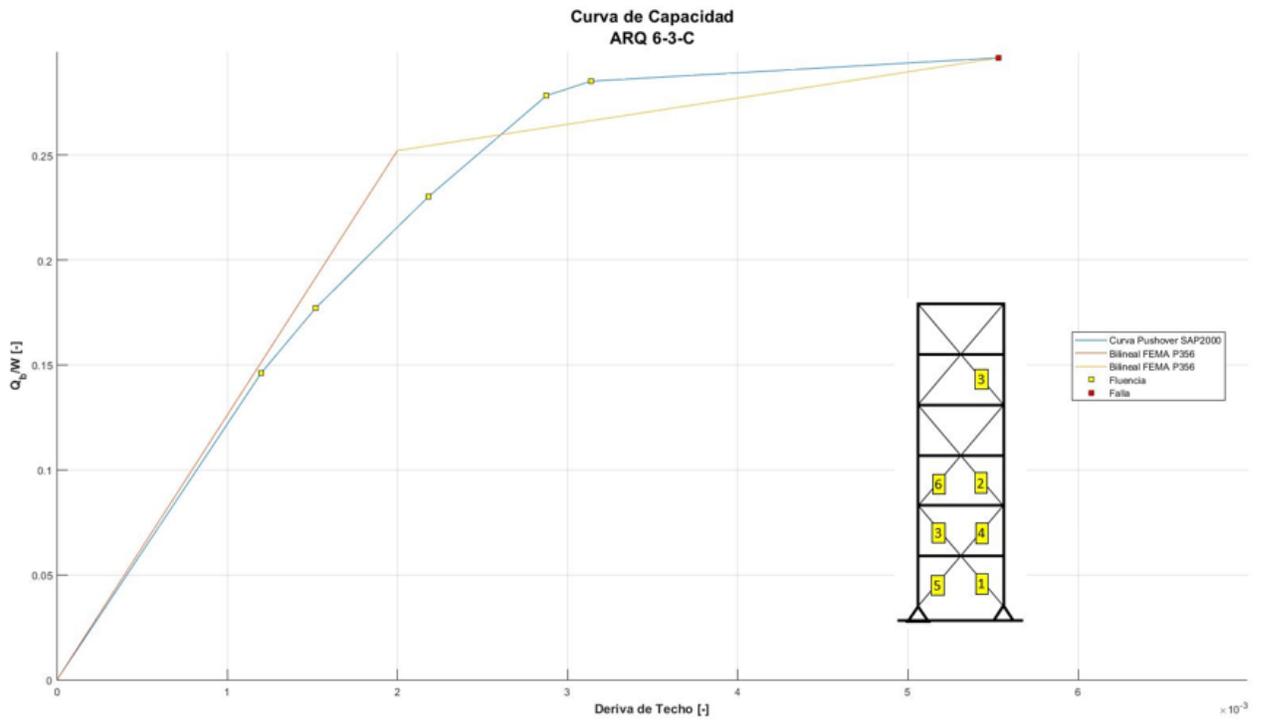


Imagen 4- 16 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 6\_3\_C.

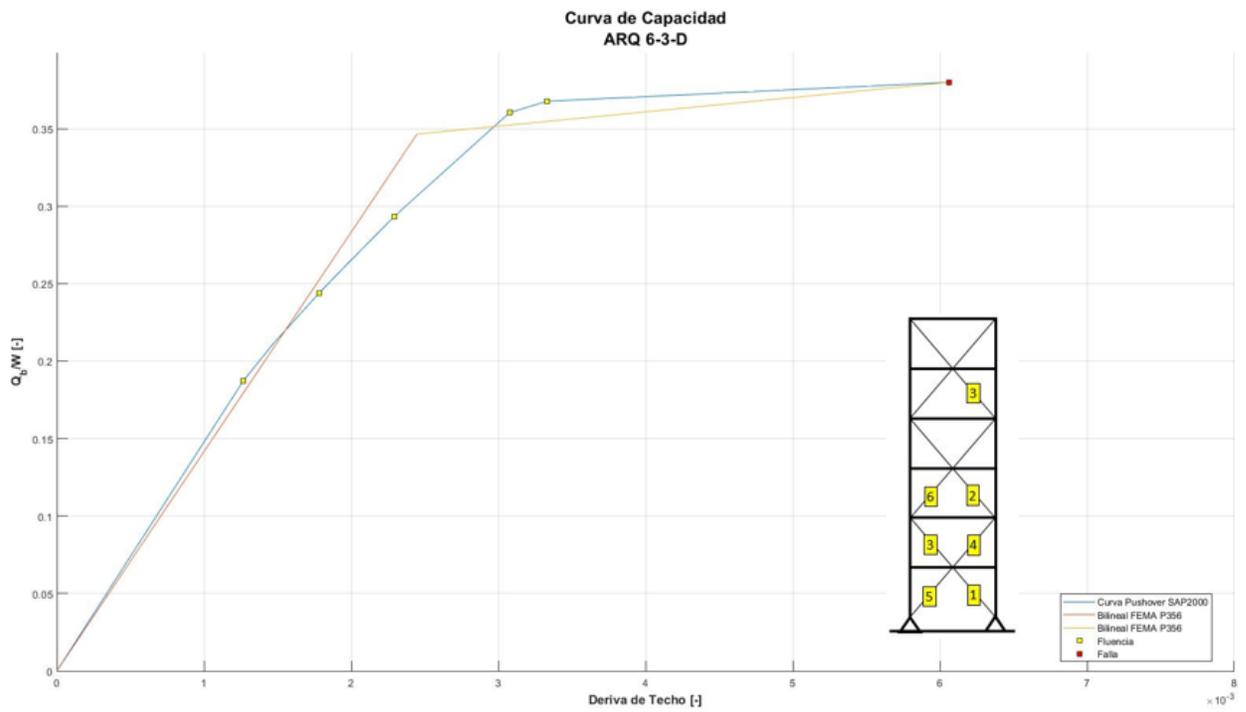


Imagen 4- 17 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 6\_3\_D.

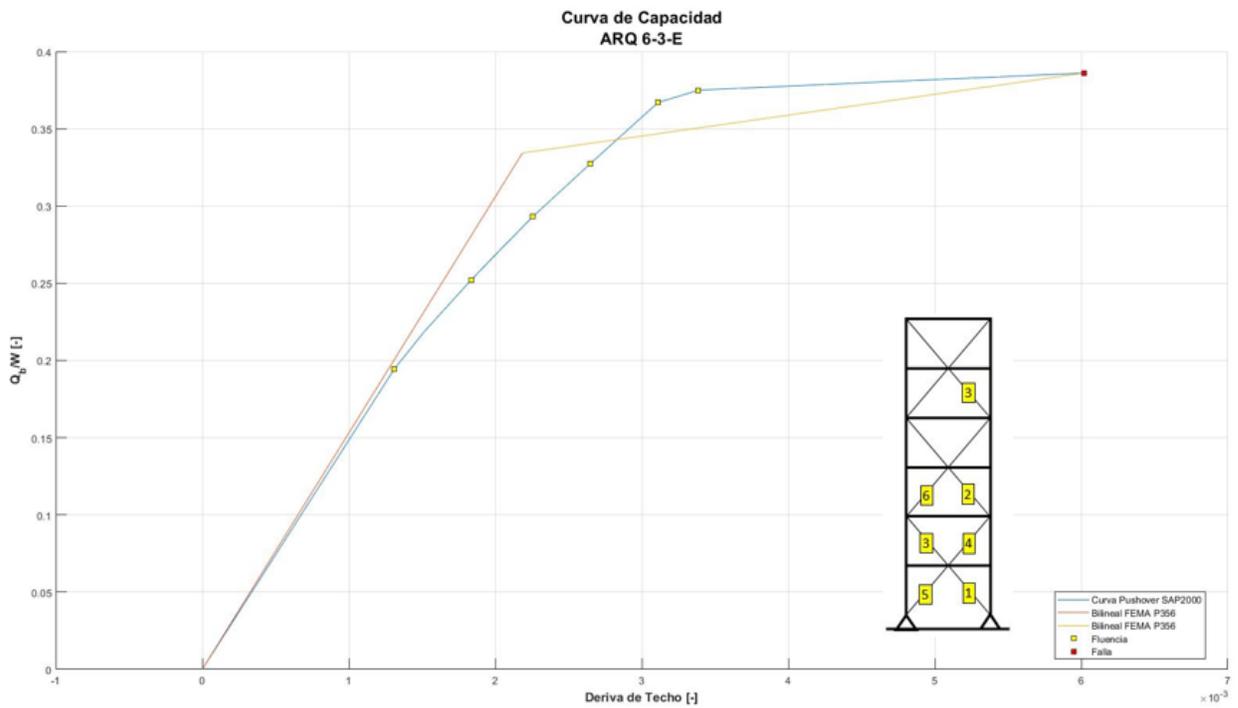


Imagen 4- 18 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 6\_3\_E.

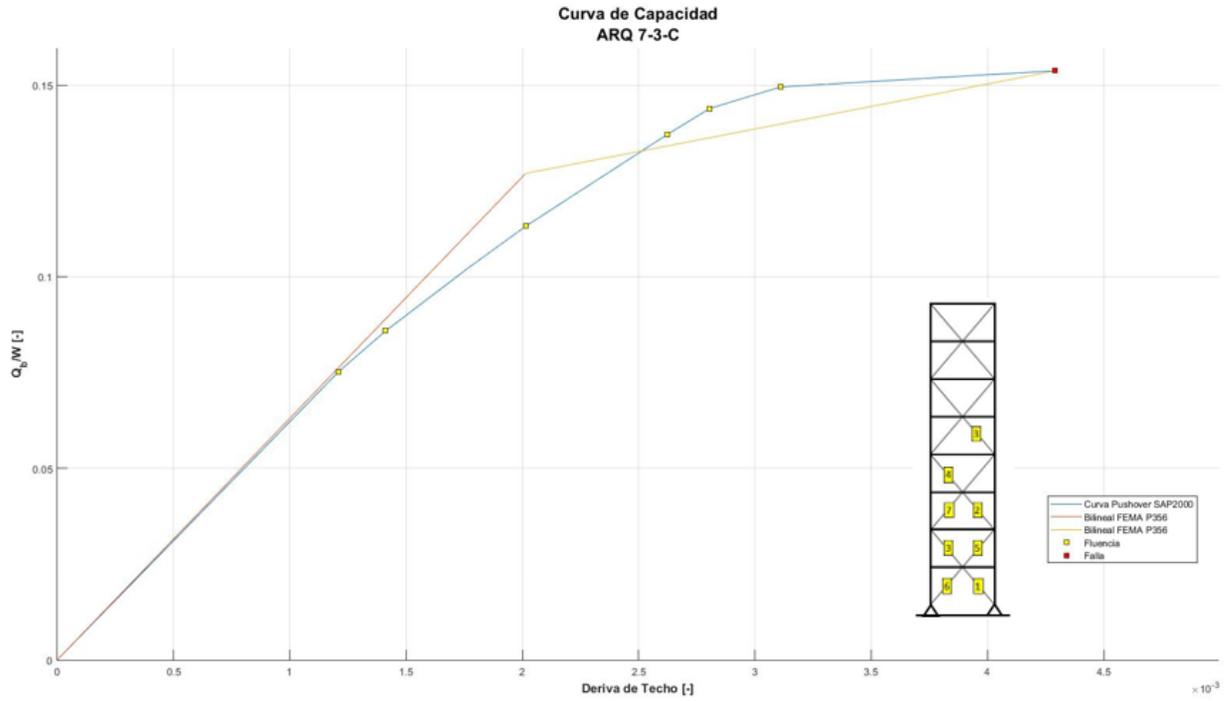


Imagen 4- 19 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 7\_3\_C.

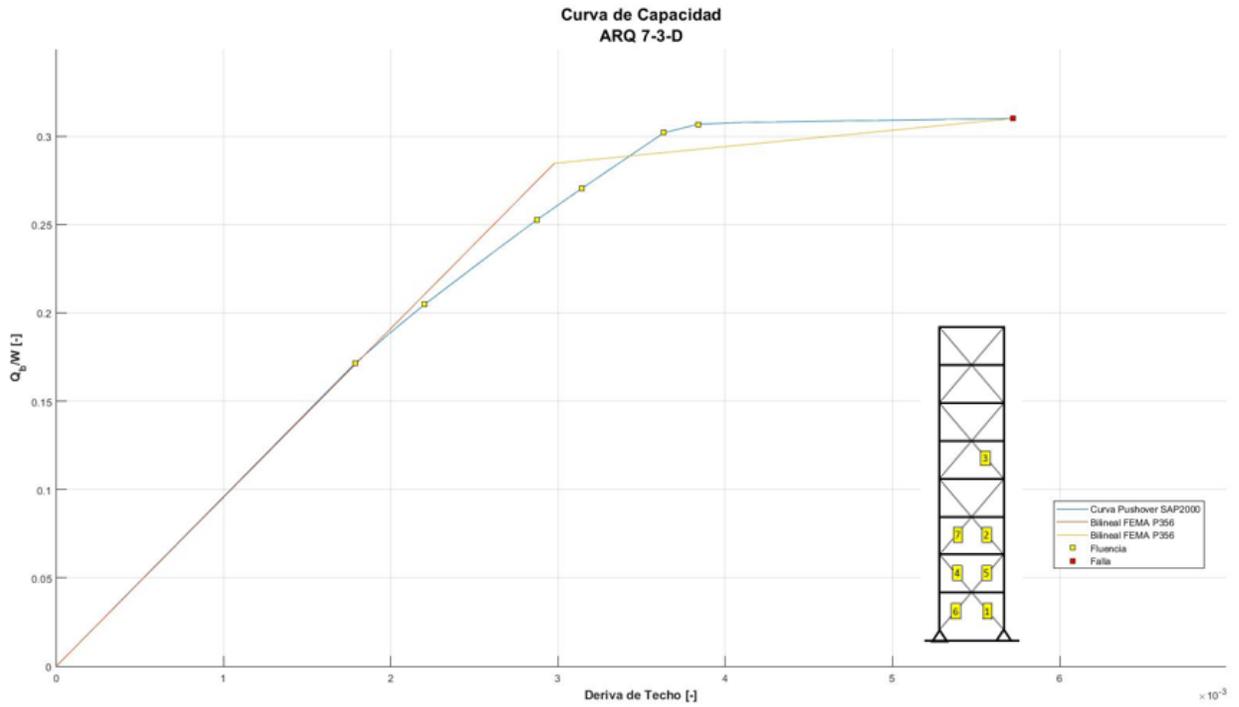


Imagen 4- 20 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 7\_3\_D.

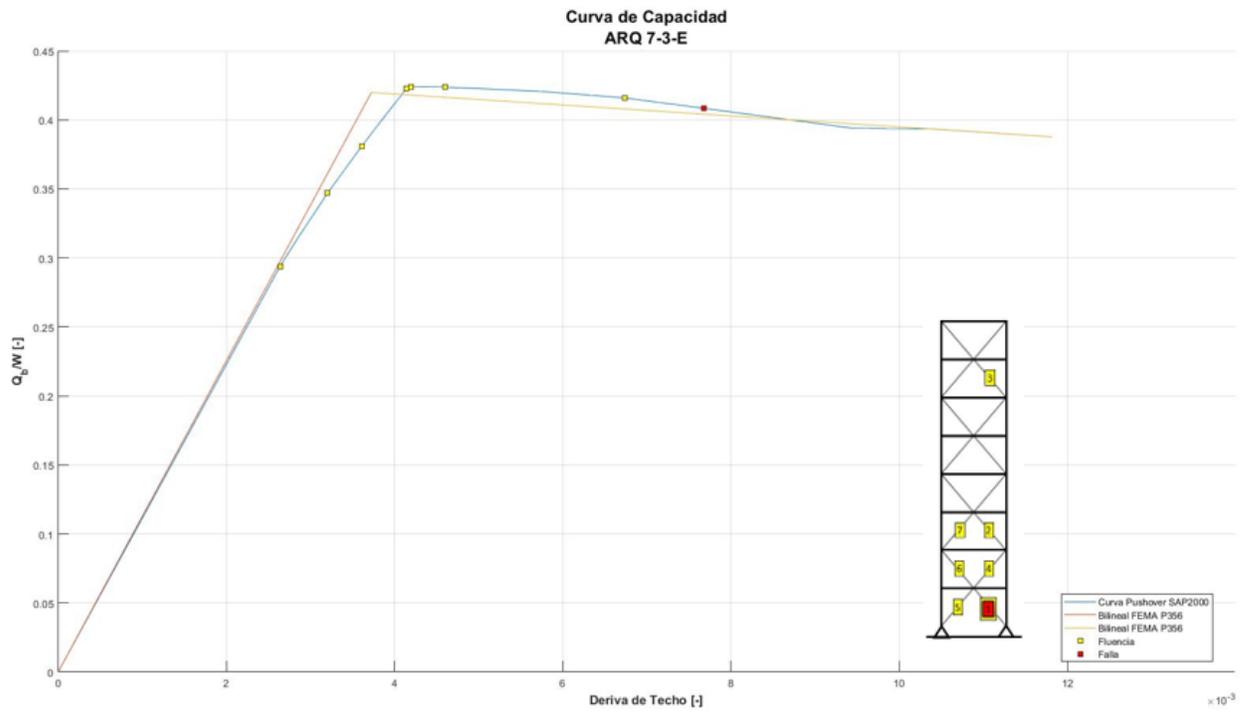


Imagen 4- 21 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 7\_3\_E.

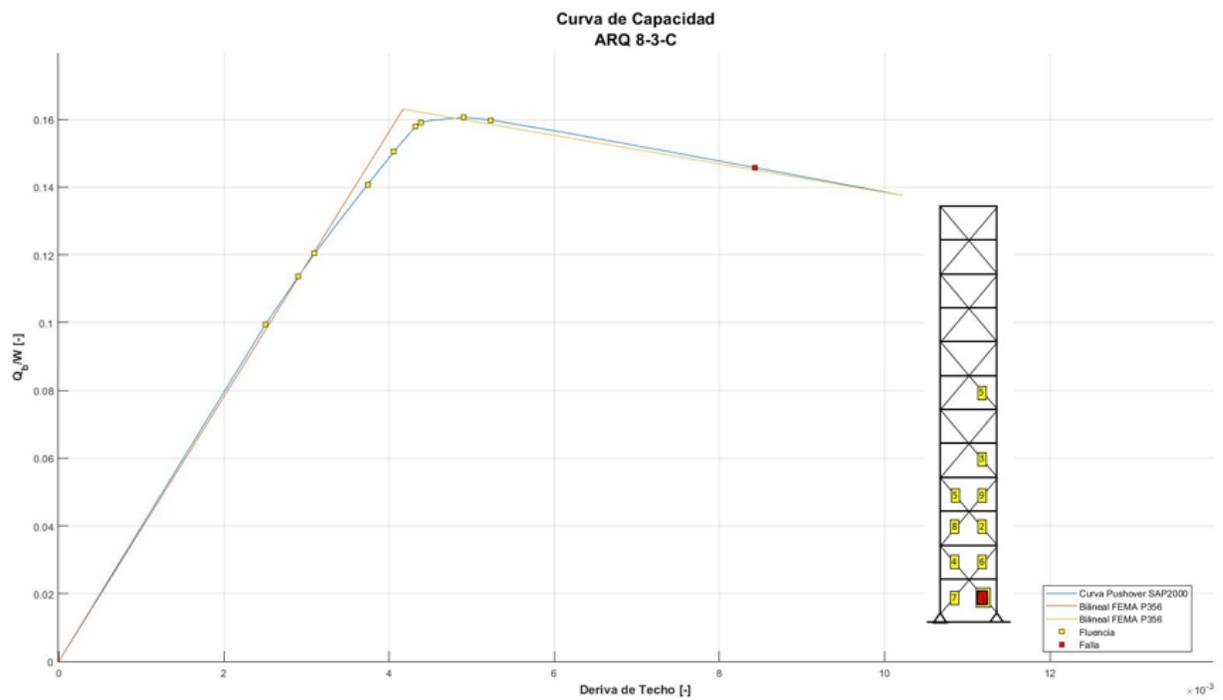


Imagen 4- 22 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 8\_3\_C.

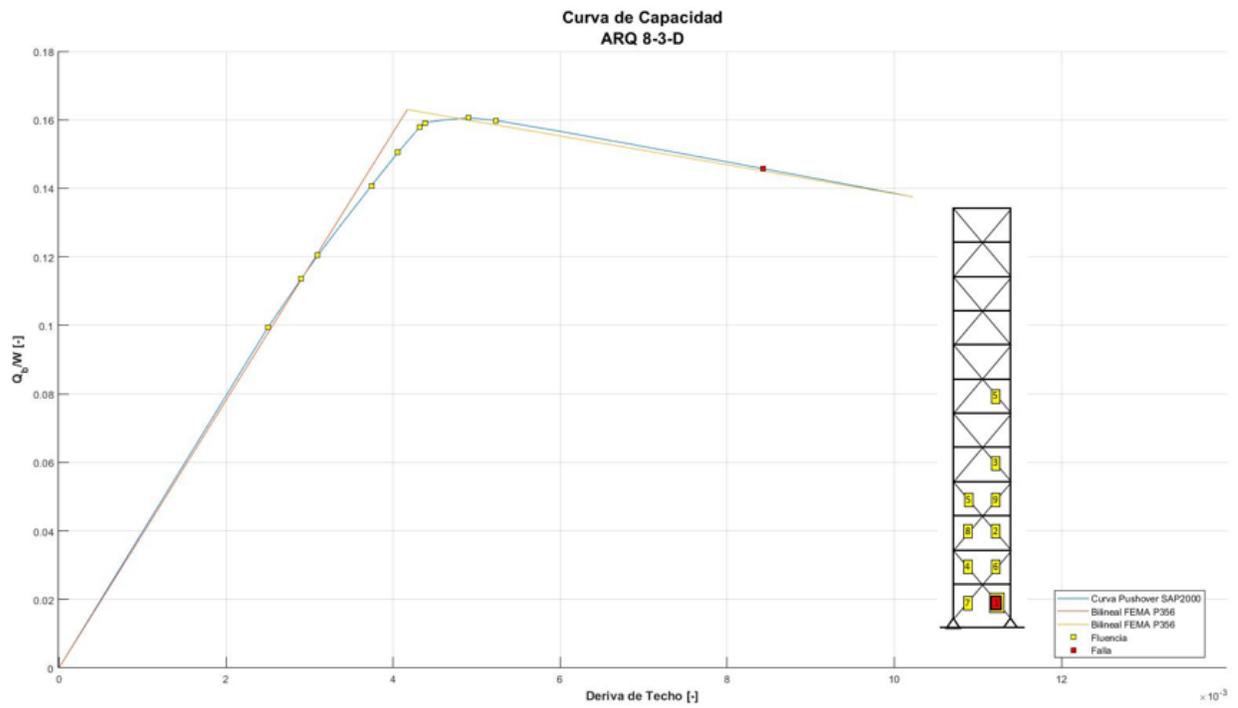


Imagen 4- 23 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 8\_3\_D.

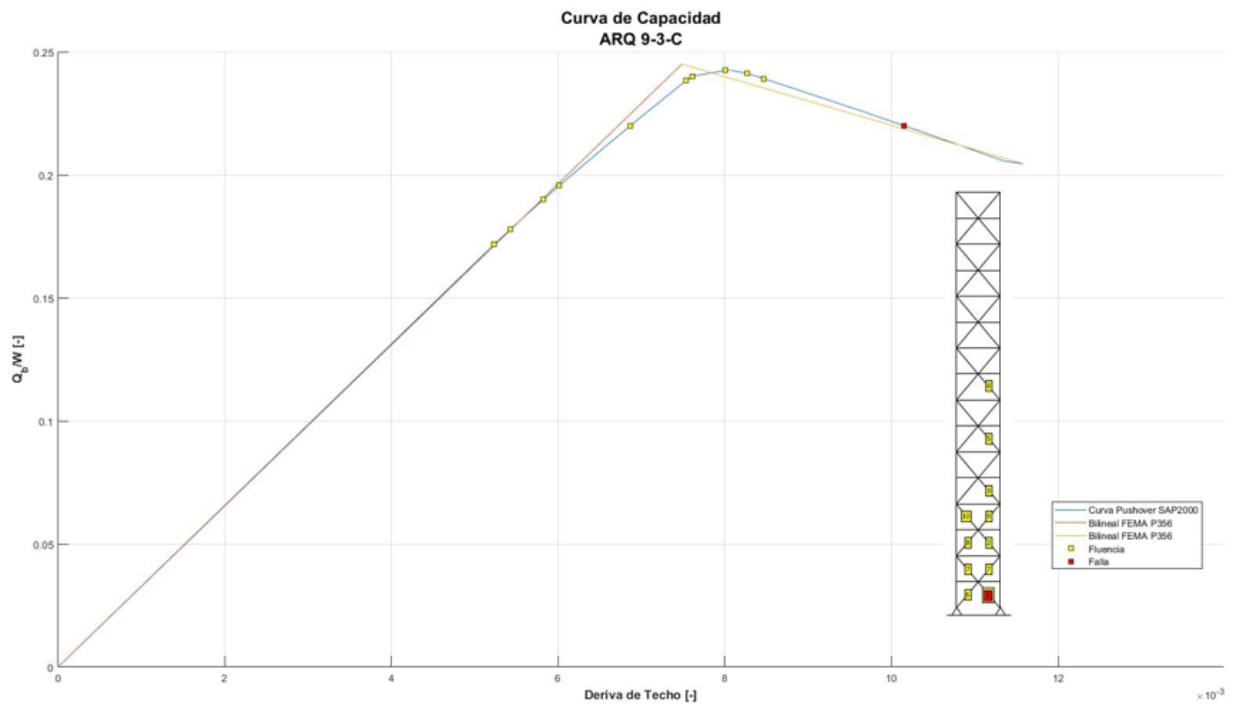


Imagen 4- 24 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 9\_3\_C.

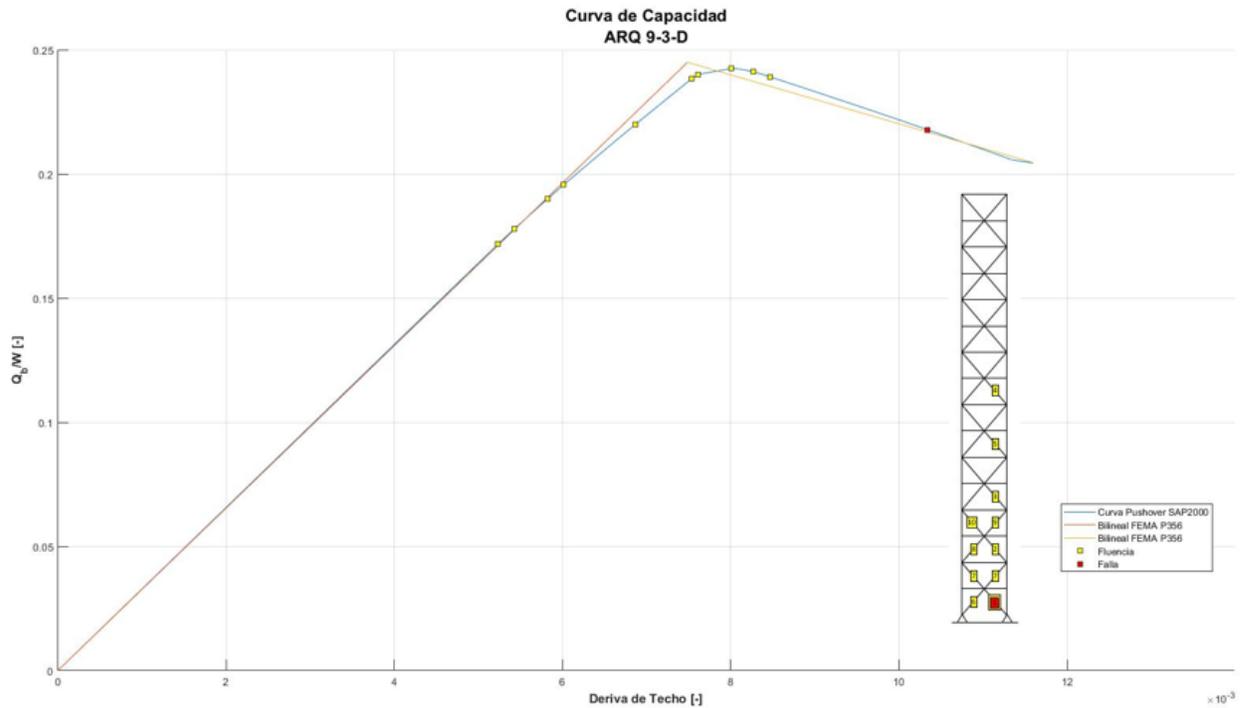


Imagen 4- 25 Curva de capacidad y Bilinealización Arquetipo 9\_3\_D.

#### 4.2.2 Sobrerresistencia $\Omega$ , Ductilidad $\mu$ y Factor de modificación de respuesta $R$

Dada las relaciones y ecuaciones (2.15) a (2.19), se calculan los parámetros sísmicos para cada uno de los arquetipos que se expondrán a continuación.

Tabla 4- 1 Parámetros Sísmicos Arquetipo 1.

Arq.	Mod.	$\delta y, \text{eff}$ [m]	$\delta u$ [m]	$0.8Q_{\text{máx}}$ [tonf]	$Q_{\text{máx}}$ [tonf]	$R\mu$ [-]	$\Omega$ [-]	$\mu$ [-]	$R$ [-]
1	3_C	0.0364	0.1027	39.54	49.43	1.42	4.10	2.82	5.47
	3_D	0.0364	0.1016	39.54	49.43	1.58	3.37	2.79	5.33
	3_E	0.0364	0.0987	44.79	55.99	1.19	3.51	2.71	4.17

Tabla 4- 2 Parámetros Sísmicos Arquetipo 2.

Arq.	Mod.	$\delta y, \text{eff}$ [m]	$\delta u$ [m]	$0.8Q_{\text{máx}}$ [tonf]	$Q_{\text{máx}}$ [tonf]	$R\mu$ [-]	$\Omega$ [-]	$\mu$ [-]	$R$ [-]
2	3_C	0.0264	0.2459	98.99	123.74	1.62	3.74	9.31	6.04
	3_D	0.0264	0.2459	98.99	123.74	1.78	3.27	9.31	5.83
	3_E	0.0216	0.2397	124.89	156.11	1.17	3.80	11.10	4.45

Tabla 4- 3 Parámetros Sísmicos Arquetipo 3.

Arq.	Mod.	$\delta y, \text{eff}$ [m]	$\delta u$ [m]	$0.8Q_{\text{máx}}$ [tonf]	$Q_{\text{máx}}$ [tonf]	$R_{\mu}$ [-]	$\Omega$ [-]	$\mu$ [-]	$R$ [-]
3	3_C	0.0420	0.3613	124.82	156.02	2.15	2.78	8.60	5.98
	3_D	0.0396	0.3551	148.82	186.02	2.09	2.89	8.97	6.04
	3_E	0.0396	0.3551	148.82	186.02	1.81	2.67	8.97	4.84

Tabla 4- 4 Parámetros Sísmicos Arquetipo 4.

Arq.	Mod.	$\delta y, \text{eff}$ [m]	$\delta u$ [m]	$0.8Q_{\text{máx}}$ [tonf]	$Q_{\text{máx}}$ [tonf]	$R_{\mu}$ [-]	$\Omega$ [-]	$\mu$ [-]	$R$ [-]
4	3_C	0.0320	0.3001	157.65	197.07	2.22	2.56	9.38	5.69
	3_D	0.0368	0.3001	157.65	197.07	2.92	2.23	8.16	6.52
	3_E	0.0272	0.3021	195.94	244.92	2.01	2.56	11.11	5.13

Tabla 4- 5 Parámetros Sísmicos Arquetipo 5.

Arq.	Mod.	$\delta y, \text{eff}$ [m]	$\delta u$ [m]	$0.8Q_{\text{máx}}$ [tonf]	$Q_{\text{máx}}$ [tonf]	$R_{\mu}$ [-]	$\Omega$ [-]	$\mu$ [-]	$R$ [-]
5	3_C	0.0540	0.5000	153.19	191.48	2.50	2.45	9.26	6.12
	3_D	0.0460	0.3877	182.61	228.27	3.29	2.00	8.43	6.57
	3_E	0.0420	0.1513	225.16	281.45	2.42	2.27	3.60	5.50

Tabla 4- 6 Parámetros Sísmicos Arquetipo 6.

Arq.	Mod.	$\delta y, \text{eff}$ [m]	$\delta u$ [m]	$0.8Q_{\text{máx}}$ [tonf]	$Q_{\text{máx}}$ [tonf]	$R_{\mu}$ [-]	$\Omega$ [-]	$\mu$ [-]	$R$ [-]
6	3_C	0.0480	0.1328	170.10	212.63	2.36	2.71	2.77	6.40
	3_D	0.0576	0.1455	218.40	273.00	3.13	1.98	2.53	6.20
	3_E	0.0528	0.1445	221.94	277.43	3.15	1.86	2.74	5.85

Tabla 4- 7 Parámetros Sísmicos Arquetipo 7.

Arq.	Mod.	$\delta y, \text{eff}$ [m]	$\delta u$ [m]	$0.8Q_{\text{máx}}$ [tonf]	$Q_{\text{máx}}$ [tonf]	$R_{\mu}$ [-]	$\Omega$ [-]	$\mu$ [-]	$R$ [-]
7	3_C	0.0640	0.1373	119.26	149.07	2.69	2.20	2.15	5.91
	3_D	0.0960	0.1830	241.34	301.68	3.07	1.84	1.91	5.65
	3_E	0.1184	0.3784	335.62	419.53	2.89	2.04	3.20	5.88

Tabla 4- 8 Parámetros Sísmicos Arquetipo 8.

Arq.	Mod.	$\delta y, \text{eff}$ [m]	$\delta u$ [m]	$0.8Q_{\text{máx}}$ [tonf]	$Q_{\text{máx}}$ [tonf]	$R_{\mu}$ [-]	$\Omega$ [-]	$\mu$ [-]	$R$ [-]
8	3_C	0.2016	0.4910	194.51	243.14	1.79	2.29	2.44	4.10
	3_D	0.2016	0.4910	194.51	243.14	2.83	2.01	2.44	5.67

Tabla 4- 9 Parámetros Sísmicos Arquetipo 9.

Arq.	Mod.	$\delta y, \text{eff}$ [m]	$\delta u$ [m]	$0.8Q_{\text{máx}}$ [tonf]	$Q_{\text{máx}}$ [tonf]	$R_{\mu}$ [-]	$\Omega$ [-]	$\mu$ [-]	$R$ [-]
9	3_C	0.4800	0.7418	399.43	499.29	1.10	3.46	1.55	3.82
	3_D	0.4800	0.7424	399.42	499.28	1.65	3.03	1.55	4.99

Dados los valores de sobrerresistencia, ductilidad y factor de modificación de respuesta, se obtienen gráficos para poder entender sus correlaciones o no correlaciones existentes que se expondrán a continuación.

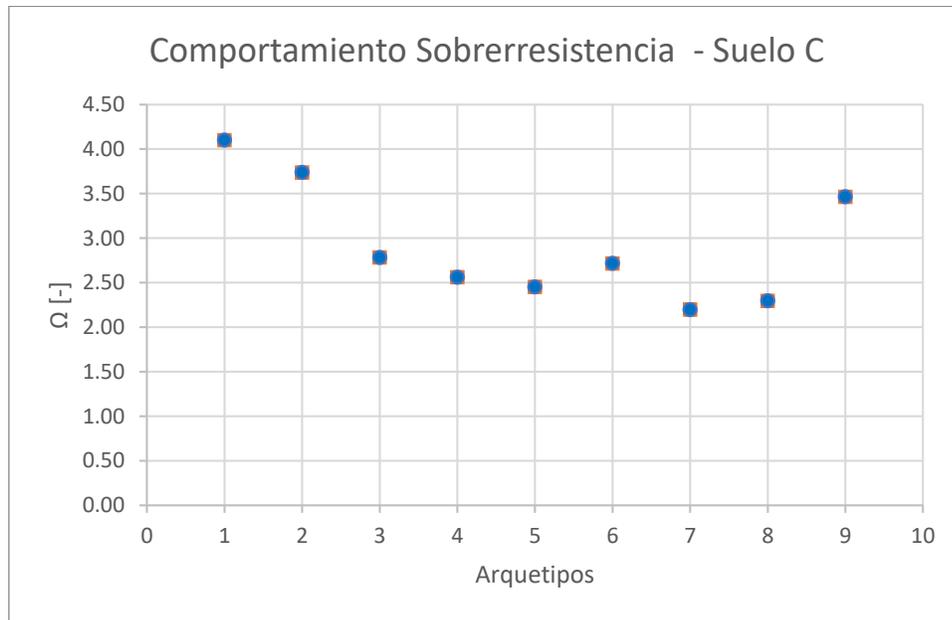


Imagen 4- 26 Sobrerresistencia Suelo C.

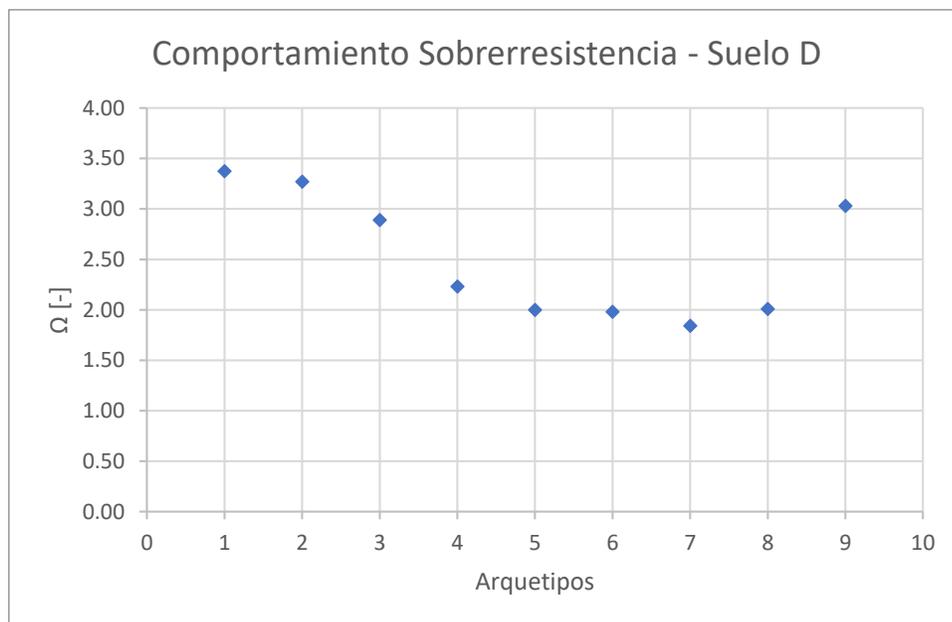
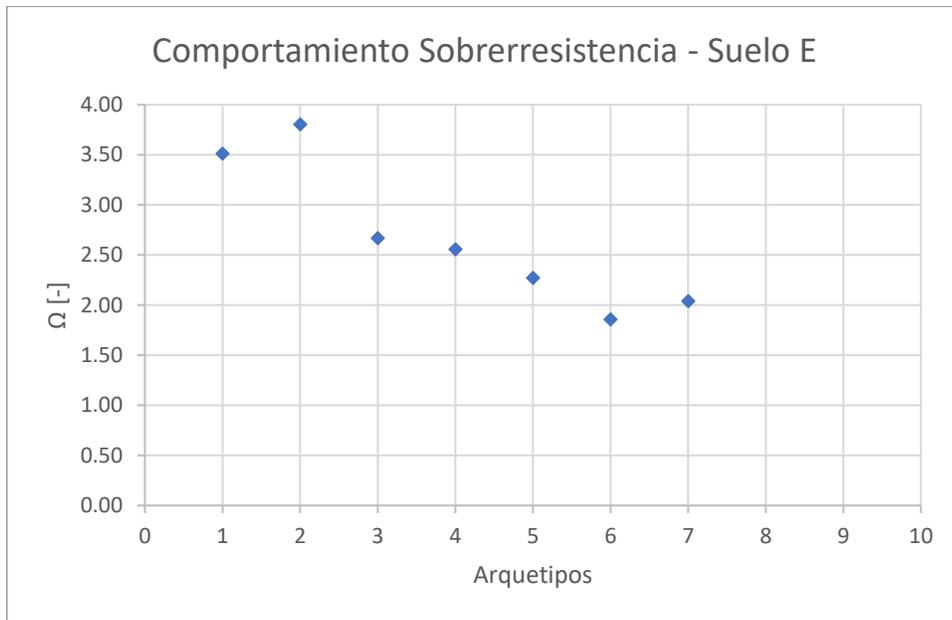
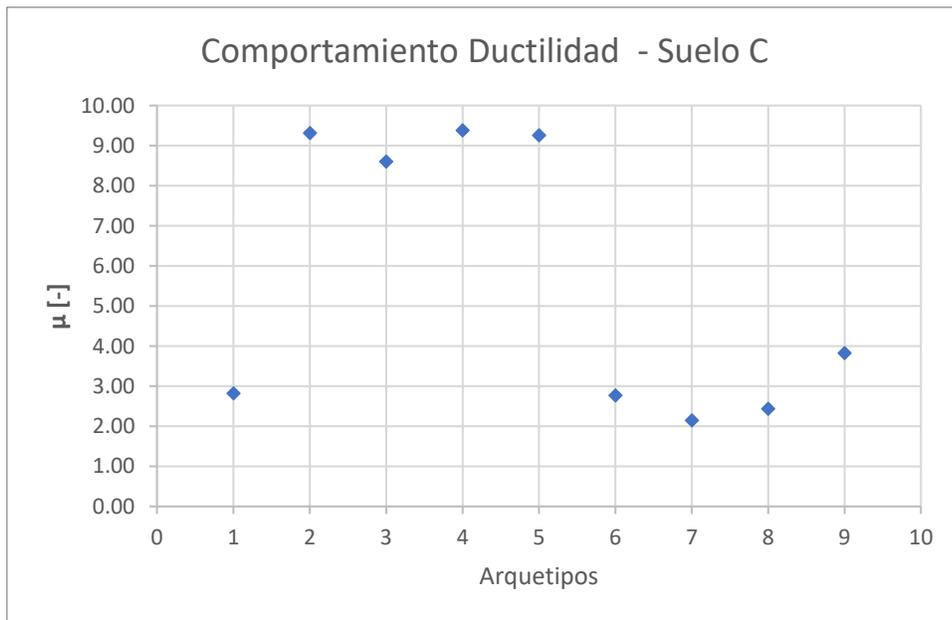


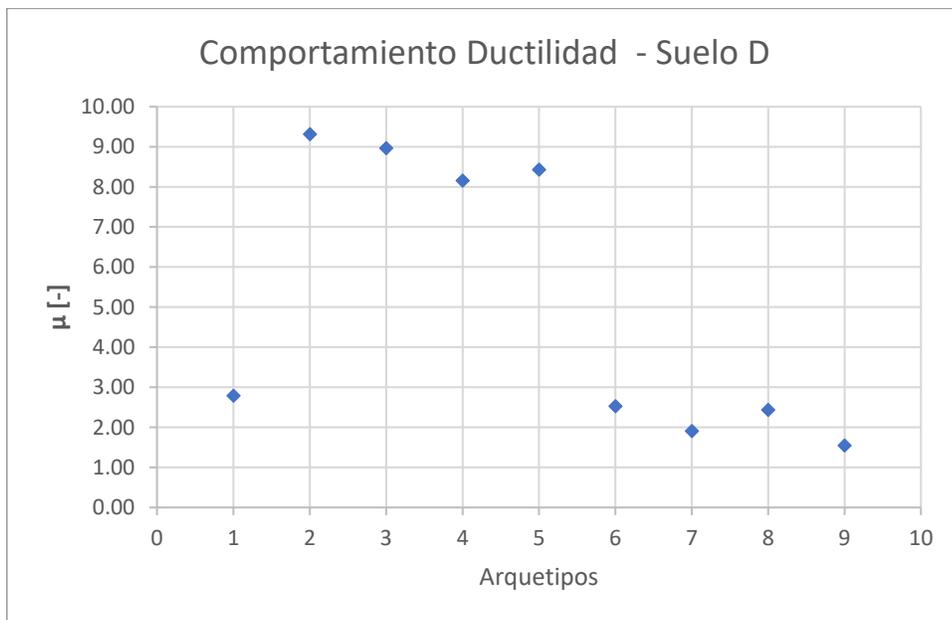
Imagen 4- 27 Sobrerresistencia Suelo D.



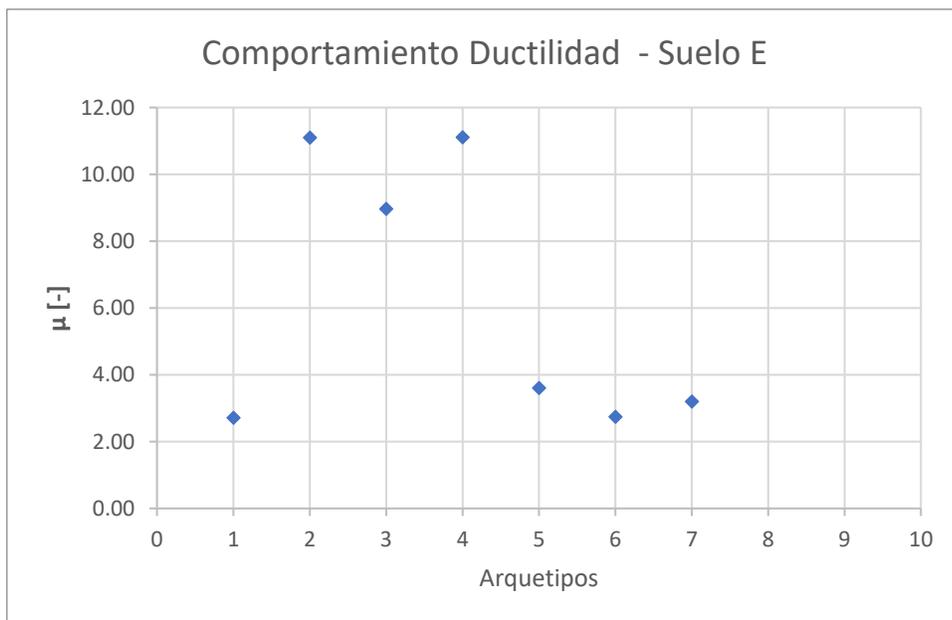
*Imagen 4- 28 Sobrerresistencia Suelo E.*



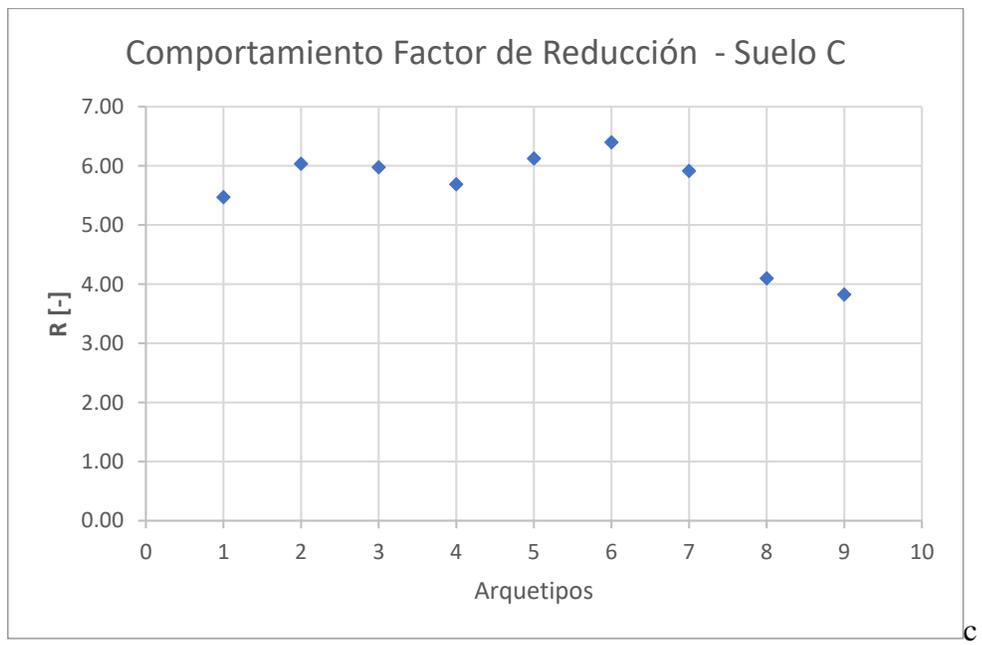
*Imagen 4- 29 Ductilidad Suelo C.*



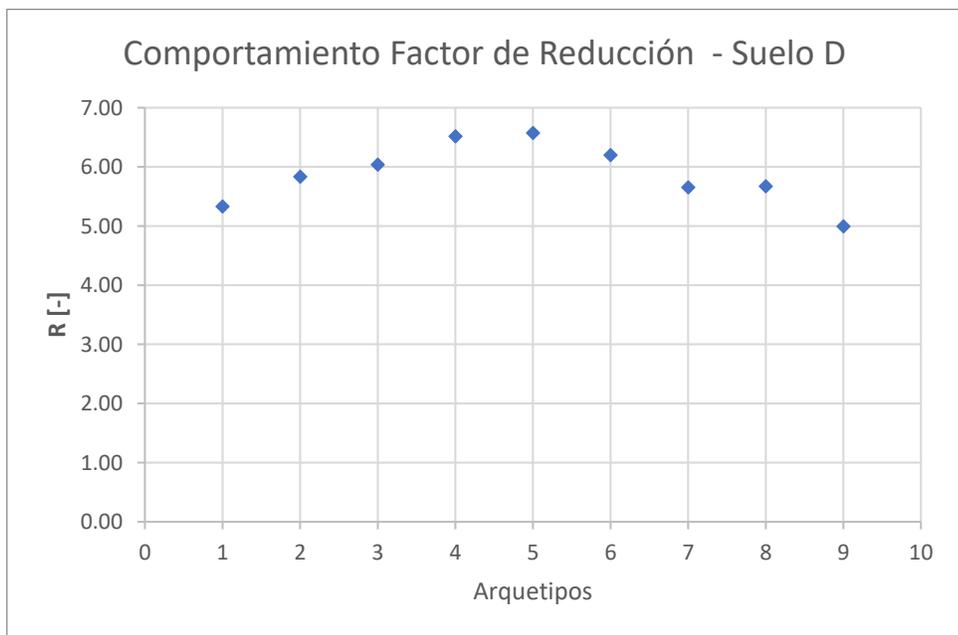
*Imagen 4- 30 Ductilidad Suelo D.*



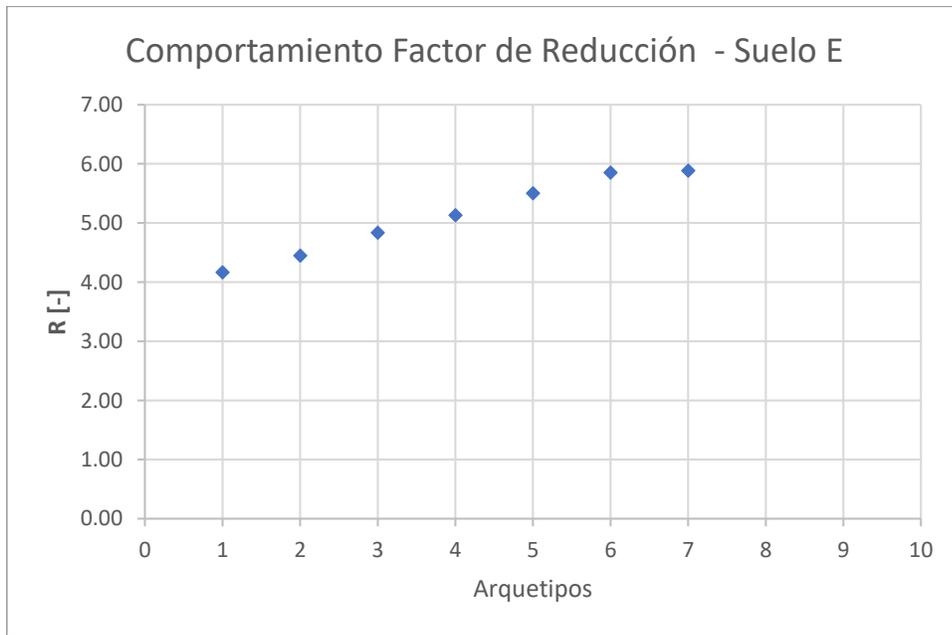
*Imagen 4- 31 Ductilidad Suelo E.*



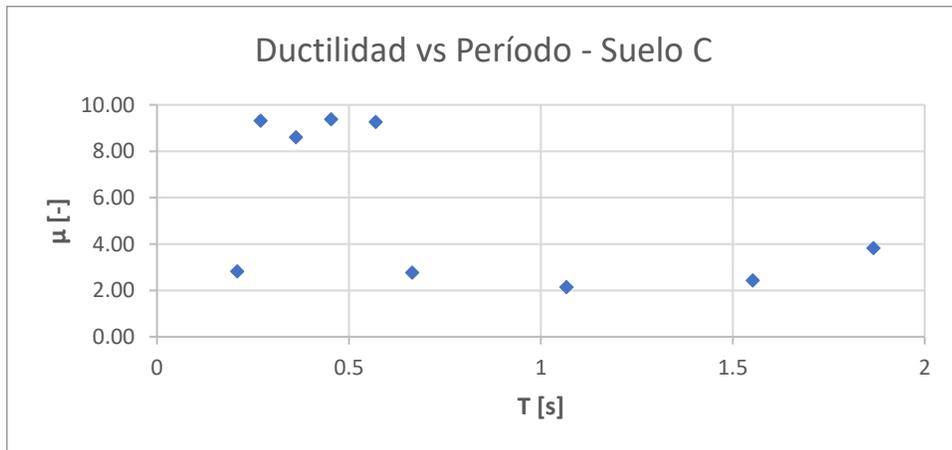
*Imagen 4- 32 Factor de Reducción de Respuesta Suelo C.*



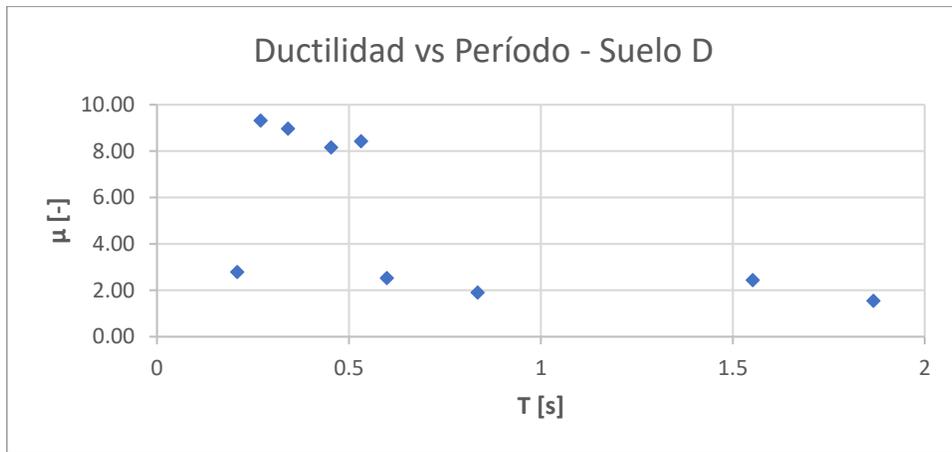
*Imagen 4- 33 Factor de Reducción de Respuesta Suelo D.*



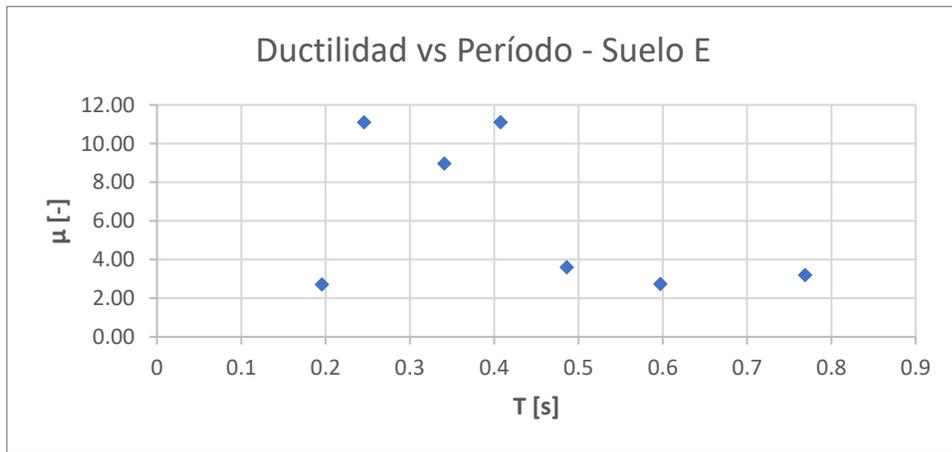
*Imagen 4- 34 Factor de Reducción de Respuesta Suelo E.*



*Imagen 4- 35 Ductilidad vs Período Suelo C.*



*Imagen 4- 36 Ductilidad vs Período Suelo D.*



*Imagen 4- 37 Ductilidad vs Período Suelo E.*

## **Capítulo 5: Análisis de resultados**

### **5.1 Consideraciones de diseño**

Para el diseño de los modelos, se consideraron dos objetivos principales los cuales eran cumplir con la normativa sísmica y obtener un factor de utilización para riostras optimizado, es decir cerca del valor 1,0. Como era de esperar, ambos objetivos no son compatibles de cumplir simultáneamente como por otra parte, el marco regulatorio de la norma domina el diseño en su totalidad. De esta forma, a medida que se incursionaba en el diseño de edificios con mayor cantidad de pisos y/o altura, el factor de utilización disminuía. Por otro lado, durante gran parte del desarrollo de los modelos, el factor de utilización de columnas y vigas era muy bajo, sobredimensionando estos elementos en gran parte de los arquetipos. Esto se debió en gran parte debido a que el factor de utilización de cada elemento de una estructura se distribuye como un líquido dentro de una red de cañerías, por lo que si tiene que pasar por una cañería que le exige mayor caudal (como lo es la exigencia del FU de la riostra), se distribuirá en menor medida en las cañerías que tengan un menor caudal (como lo es en los FU's de vigas y columnas).

Es importante destacar, que los cortes basales de diseño obtenidos por norma, fluctúan entre el 16% y el 20% del peso sísmico calculado para todos los arquetipos, en donde el menor porcentaje es para suelo C y el mayor para suelo E. Para las derivas calculadas, se cumplen en todos los casos respecto al valor dado por norma.

Para los modelos correspondientes a los arquetipos 8 y 9 en suelo E, no se incluyeron en los resultados debido a que no se encontraron perfiles adecuados a los requerimientos de diseño, e iba a obligar a sobredimensionar en exceso las columnas y las vigas de cada uno de estos modelos, en especial las columnas debido a que para esas configuraciones se castigaba con una alta demanda sísmica dado por las riostras en el diseño por capacidad.

Por otro lado, tal como lo dicta la literatura, y en el transcurso del diseño de los arquetipos, las resistencias dominantes en el sistema en su mayoría son por post pandeo.

Respecto al análisis del perfil biosísmico de los arquetipos respecto a los casos del Apéndice D, se tiene que para los primeros 5 arquetipos (baja y mediana altura) se tienen estructuras flexibles; para los arquetipos de mediana altura se obtienen estructuras flexibles para suelo C, mientras que para suelo D y E, se obtienen estructuras de rigidez normal. Por último, para estructuras de gran altura, se obtienen (a excepción de un modelo) edificios flexibles. Por otro lado, la matriz de simulación estudiada no se ubica en donde se encuentran la mayor cantidad de edificios de hormigón que, por lo general, corresponden a rigidez normal y edificios rígidos.

### **5.2 Análisis no lineal estático**

En un análisis global, las curvas de capacidad para suelo C, D y E, en la mayoría de los arquetipos analizados, salvo imperfecciones, incursionan en el rango inelástico, pero se mantienen constantes en el plateau de la curva pushover. A pesar de que este hecho deja inutilizable a la estructura, ésta

misma no pierde capacidad. Esto se debe en gran parte a las consideraciones de diseño, sobre todo al cumplimiento de derivas y optimización del FU para riostras, dado que para algunos arquetipos se usó la misma estructuración para suelos C y D, por lo que se conservaron las características modales en éstos.

Por otro lado, se observa que la curva de capacidad a medida que se incursiona en suelos de menores prestaciones, es notoriamente mayor que la que antecede. Es decir, la curva de capacidad de suelo C se encuentra por debajo de la D, y esta última, a su vez, se encuentra por debajo de la E. Esto demuestra la exigencia que imponen los criterios de diseño utilizados.

De la curva se observa además que el comportamiento elástico de los arquetipos de baja y mediana altura fueron inferiores al diseñado por norma, es decir, los cortes elásticos obtenidos por diseño son superiores a los vistos en cada una de las curvas.

Otra observación dada la formación de rótulas en cada uno de los arquetipos, es que la formación de la primera rótula (de bajo riesgo) se produce en el 90% de los casos, en el primer piso. Las formaciones de las rótulas de colapso de la estructura se generan en el primer piso de cada estructura (a excepción de arquetipo 3-3-C), correlacionados completamente al criterio de diseño de exigir un factor de utilización descendente a medida que se va subiendo en la cantidad de pisos.

Respecto a la formación de rótulas de fluencia, se van desarrollando de mayor forma respecto a la cantidad de pisos que se tengan. En general, para arquetipos de mediana y gran altura, se concentran entre los tres o los cuatro primeros pisos.

Otro punto relacionado a lo anterior, es que se cumple que el primer pandeo se desarrolla después de que los elementos fusibles generan fluencia. Además, el último elemento riostra que desarrolla pandeo, evoluciona antes o paralelamente al alcanzar la capacidad máxima de la estructura.

Para todos los pisos estudiados no se forman rótulas en columnas ni en vigas, por ende, la formación de pisos blandos y/o mecanismos por formación de rótulas en los arquetipos mencionados anteriormente, no llegan a desarrollarse. Paralelamente, la aparición de rótulas se concentra mayoritariamente en las riostras de los primeros pisos, comprobando que se les dio la rigidez suficiente a los últimos pisos sin afectar el peso y el corte de diseño de las estructuras.

Respecto a los desplazamientos comparados entre curva bilinealizada y curva de capacidad, los desplazamientos de fluencia en la curva teórica, se encuentran mucho antes que los desarrollados por el método no lineal estático lo que influye en los valores de ductilidad. Sin embargo, al tener un diseño consistente con la normativa nacional, como a su vez, un diseño desarrollado por capacidad, la formación de sus rótulas respectivas cumple con la filosofía de diseño impuesta, sumado a los valores que se describirán a continuación y que siguen dando sustento a este análisis.

Respecto a la sobrerresistencia observada en suelo C y D, en arquetipos de baja y mediana altura son mayores o igual a valor 2 el cual es un valor de referencia si se considera la norma ASCE 7 [14] para la combinación de cargas de origen sísmico. Luego para arquetipos 6 y 7, la sobrerresistencia disminuye sostenidamente, sin embargo, vuelve a subir y ser mayor o igual al valor de referencia para los arquetipos 8 y 9. Además, para suelo E, el comportamiento de la sobrerresistencia es muy similar que la de suelo C, con todos sus valores iguales o superiores a 2., pero no superiores a un valor de 3.7. Por último, para suelo C, se observa que siempre se tendrán valores sobre la referencia, lo que indica que se tienen edificios más sobredimensionados.

Respecto a la ductilidad de las estructuras en suelo C, D y E, se observa una particularidad desde el arquetipo 2 al 5, en donde se observa un peak de este valor. Esto radica en el diseño de la

estructura, entre otros factores por el control de derivas. Los primeros pisos poseían una deriva alta la cual tenía que ser reforzada con perfiles más grandes (además el primer piso es el que soporta directamente el corte basal). Por otro lado, se tiene al arquetipo de 3 y 5 pisos, en donde las vigas del último piso se ven muy afectadas dado que se concentran las riostras en su solo punto, teniendo que considerar un diseño más robusto en vigas a flexión. Cabe destacar que la distribución de valores en el resto de los arquetipos y suelos es muy similar, y se observa marcadamente que se obtienen mayores valores para los primeros arquetipos, y menores para los arquetipos de gran altura. Para períodos mayor a 0.6 [s], la ductilidad tiende a tener un comportamiento homogéneo para suelos C y D.

Respecto al factor de modificación de respuesta, para los arquetipos 1 a 7 en suelo C y D, el factor es mayor al dado por norma [1] ( $R=5.5$ ) por lo que implícitamente se acepta menor daño a la estructura. Para los arquetipos de gran altura (8 y 9), en su mayoría los valores del factor de modificación son menores a lo normado, aceptando más daño sobre la estructura, esto se puede observar notoriamente en sus curvas de capacidad. Esto es debido al criterio de diseño de los modelos, en donde se privilegió optimizar el uso de la riostra, sin darle mayor ductilidad al sistema (dado que, si se aumenta la sección de la riostra, el factor de utilización disminuye). Para suelo E, solo los arquetipos de mediana altura y arquetipo 7, se encuentran con valores aceptables al normado. Los arquetipos de baja altura, aceptan mayor daño.

Es notorio que las mayores ductilidades y sobrerresistencia de los sistemas, se concentran en los arquetipos de baja y mediana altura para suelos C y D, para luego decaer en los de gran altura, correlacionándose absolutamente con el factor de modificación de respuesta, pero a su vez, al correlacionarlo con los valores de deriva obtenidos por diseño normativo, se obtienen mayores derivas de piso a medida que se incursiona en el diseño de edificios con mayores pisos.

## Capítulo 6: Conclusiones

### 6.1 Resumen y Conclusiones

Este trabajo de título tiene por objetivo estimar los parámetros de diseño sísmico para edificios habitacionales u oficinas cuya estructuración está dado por marcos especiales arriostrados concéntricamente. Los modelos son realizados en el programa SAP2000 en 2-D, en donde no se tiene como alcance el estudio de conexiones entre elementos, pero si se consideró como criterio de diseño una correcta conexión geométrica entre los elementos viga-columna y una elección de perfiles de carácter comercial acercando lo mayor posible a la realidad en la forma de concebir este tipo de estructuras.

Para llevar a cabo esta estimación, el diseño de los modelos se hace bajo la metodología dada por la norma de diseño sísmico NCh433, eligiendo la zona sísmica de mayor demanda como a su vez, suelos de mediana a bajas prestaciones, debido a que en estudios similares y pretéritos a éste se comprobó que los suelos A y B se obtienen estructuras con similares propiedades sísmicas. El diseño de los elementos estructurales y el cálculo de sus resistencias se realiza mediante AISC360 en su última versión como, además, su diseño por capacidad está dado por las previsiones de la AISC341 en su última actualización igualmente. El análisis pushover está dado por la metodología de la curva de demanda de capacidad de FEMA P695, y que, a pesar de ser un método analítico dado en software y no con registros reales como el Tiempo-Historia, da valores aproximados coherentes con los parámetros dados por norma y por literatura. Por cierto, la definición de las rótulas plásticas utilizadas en el desarrollo de los modelos estructurales se basa en lo establecido en la ASCE41-13 [10].

Las principales conclusiones obtenidas se presentan a continuación:

1. Se cumplió con el primer objetivo específico de este trabajo el cual era diseñar los prototipos mediante NCh433, como a su vez, aplicar las previsiones sísmicas dadas por la AISC341.

Se obtuvieron perfiles de columnas y vigas excesivamente sobredimensionados (alcanzando en su valor mínimo un 1% de utilización), y riostras, que a medida que se diseñaban más pisos, se iba reduciendo su optimización de utilización. Un hecho destacable, y gracias al diseño por capacidad, es que la formación de pisos blandos no se desarrolló debido a esto.

Con esto, la sobrerresistencia de la estructura es alta, en especial y en un caso particular, para los arquetipos de baja altura, y en un segundo lugar, para los arquetipos de mediana altura. La decisión de no incursionar en suelo E para arquetipos 8 y 9, fue porque la metodología de diseño llevada a cabo producía edificios que aceptaban mayor cantidad de daño y a pesar de restringir el desplazamiento lateral (inherentemente a la estructuración dada) se obtenían derivas muy altas del orden del 3 a la mil. De esta forma, se tenía que sobredimensionar enormemente los edificios para este tipo de estructuración y en el suelo mencionado.

2. El análisis de desarrollo de rótulas demuestra que la riostra es el elemento fusible del sistema, y dado los criterios de diseño utilizados en los modelos, no alcanzan los pisos superiores, por ende, primero se corrobora el comportamiento esperado de esta tipología estructural, y segundo, se optimizó de buena forma las dimensiones de los elementos estructurales en estrecha colaboración con lo dictado por el marco regulatorio sísmico nacional. Cabe destacar que cada piso de los modelos diseñados, poseen diafragma rígido, otorgando un mejor desempeño sísmico a la estructura.
3. En términos de sobrerresistencia, para los arquetipos uno a cinco, se obtienen valores superiores a lo dictado por ASCE 7 [14] para suelos C y D, teniendo estructuras sobredimensionadas. Para suelos tipo E, la sobrerresistencia decrece y está bajo estos valores orientativos a medida que se aumentan la cantidad de pisos evaluados. A pesar de que la normativa nacional recomienda el uso de las normas dadas por AISC (y ASCE en su defecto), este valor no está incluido en el diseño nacional propiamente tal y no es un parámetro a considerar. De forma implícita, la sobrerresistencia está presente dada la experiencia profesional a la hora de diseñar, en donde se eligen los perfiles de uso común de acuerdo a la estructuración concebida. Para este trabajo, se utilizaron orientaciones de casos de estudio y/o literatura de estructuras reales diseñadas como SCBF, por lo que los valores obtenidos son relativamente cercanos a la realidad.
4. Respecto a la ductilidad, es otro de los parámetros sísmicos que no se encuentran en la normativa nacional actual, pero que sí se involucra con ésta de forma implícita a la hora de dar un factor de modificación de respuesta de acuerdo a un sistema estructural en acero. Los valores para estructuras de baja y mediana altura son altos respecto a los de gran altura, dada la optimización de la utilización del elemento fusible. Estos valores dan a entender que no se permite castigo a la estructura (acumulando energía), sobredimensionando los elementos, y, por ende, obteniendo una sobrerresistencia adecuada. Además, considerando que el diseño estructural es el adecuado (comprobado por correctas formas modales, y correctos desarrollos de rótulas por análisis no lineal estático), la normativa al restringir las derivas podría llevar a obtener valores superiores en los que la estructura se muestra incólume a estímulos sísmicos.
5. El factor de modificación de respuesta al compararlo con su par de la norma (en este caso, el de carácter modal por obvias razones), posee un valor considerablemente alto para edificios de baja y mediana altura, esto significa que aceptan menor daño que los de gran altura.
6. Respecto a la deriva de techo se observan derivas bajas para estructuras de baja y mediana altura, para todos los suelos. Sin embargo, para estructuras altas, las derivas están muy cercanas al límite establecido, concentrándose en todos los casos, en los pisos intermedios. Los valores de deriva obtenidos en la mayoría de los casos se corresponden con estructuras flexibles (de acuerdo al perfil biosísmico [27]), aunque hay que recordar que se comparan con estructuras de hormigón las cuales son más rígidas.

El sistema de arriostramientos concéntricos posee una performance bastante adecuada a la hora de enfrentar un sismo, teniendo bajas derivas respecto a lo exigido por norma, y en los casos más extremos, teniendo un 20% de corte basal de diseño sobre la estructura, de forma muy estricta. Otro punto no menor, es que las edificaciones de gran altura no poseen un diseño óptimo dado la norma debido a su bajo factor de modificación de respuesta.

En el punto 6.2 se indican sugerencias de estudios y trabajos futuros respecto a este sistema estructural.

## **6.2 Recomendaciones y trabajos futuros**

Dados los resultados obtenidos y las principales conclusiones obtenidas anteriormente, se tiene que:

- 1) Se recomienda realizar un estudio el cual abarque registros de sismos en Chile, y con ello, efectuar un análisis Tiempo-Historia para poder correlacionar lo obtenido por el Pushover. Por otro lado, ampliar para la zona sísmica 2 y observar los resultados pertinentes.
- 2) Una vez realizado lo anterior y si los resultados son conducentes, confeccionar matrices de estudio que consideren modelos en 3-D, y aplicarlo para las zonas sísmicas y suelos respectivos.
- 3) Con ello, un estudio de las conexiones viga-columna, y conexiones de riostra a elemento estructural sería de gran importancia para examinar su comportamiento sobre todo a la hora de implementar registros de sismos ocurridos en el país.

## Bibliografía

- [1] INN (2012). Diseño Sísmico de Edificios, NCh433 of. 96, Modificada en 2012. Instituto Nacional de Normalización.
- [2] ATC (2009), “Quantification of Buildings Seismic Performance Factor”, FEMA P695, Applied Technology Council, Redwood City, C.A.
- [3] AISC (2016), “Specification for Structural Steel Buildings”, ANSI/AISC 360-16, American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois.
- [4] AISC (2016), “Seismic Provisions for Structural Steel Buildings”, ANSI/AISC 341-16, American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois.
- [5] Crisafulli, Francisco Javier (2014), “Diseño Sismorresistente de Construcciones de Acero”, Asociación Latinoamericana de Acero.
- [6] Durán Vicencio, A. (2017). “Estado del arte de arriostramientos en estructuras de acero”. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/150688>.
- [7] Chui-Hsin Chen (2010). “Performance-Based Seismic Demand Assessment of Concentrically Braced Steel Frame Buildings”, Universidad de California, Berkeley.
- [8] Durán Vicencio, A. (2017). Estado del arte de arriostramientos en estructuras de acero. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/150688>.
- [9] INN (2010). Diseño estructural – Disposiciones generales y combinaciones de cargas, NCh3171 of.2010. Instituto Nacional de Normalización.
- [10] ASCE (2014), “Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Building”, ASCE/SEI 41-13, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.
- [11] ASCE (2000). “Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings”. ASCE/FEMA 356, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.
- [12] INN (2017). Acero-Tubular de acero al carbono conformado en frío con una costura-Requisitos, NCh. 3518. Instituto Nacional de Normalización.
- [13] INN (2006). Acero para uso estructural-Requisitos, NCh.203. Instituto Nacional de Normalización.
- [14] ASCE (2016), “Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures”, ASCE/SEI 7-16, American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.
- [15] Bustos Rojas, J. (2018). Desempeño sísmico de marcos excéntricos con enlaces largos en edificaciones ubicadas en Chile. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168511>.

- [16] Calo Catota, B. (2018). Desempeño sísmico de edificaciones con marcos arriostrados excéntricamente con enlaces cortos diseñados según la NCh433. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168264>.
- [17] AISC (2012), “Seismic Design Manual, 2d Edition”, American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois.
- [18] Urzúa Arce, C. (2015). Comparación del desempeño de dos estructuras industriales de acero diseñadas según la práctica nacional y disposiciones AISC. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/137527>.
- [19] Bruneau M.; Ming Ch.; Sabelli R. (2011), “Ductile Design of Steel Structures, 2d Edition, McGraw-Hill.
- [20] ICHA (2010), “Manual de Diseño para Estructuras de Acero”, Instituto Chileno del Acero, Santiago, Chile.
- [21] CSI (2016), “CSI Analysis Reference Manual”, Computer & Structures, Inc, California, Estados Unidos.
- [22] Terán Gilmore, Amador, & Coeto Galaz, Guillermo. (2014). Dimensionado preliminar basado en rigidez de edificios altos con estructura de acero rigidizados con diagonales concéntricas. Ingeniería sísmica, (90), 34-54. Recuperado en 19 de enero de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-092X2014000100002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-092X2014000100002&lng=es&tlng=es).
- [23] R. Aguiar, Evaluación rápida de la deriva máxima de piso para calcular la vulnerabilidad sísmica de estructuras, Monograph Series in Earthquake Engineering, editor A. H. Barbat (2006). MIS57, ISBN: 84-95999-91-9 URL [https://www.scipedia.com/public/Aguiar\\_2006a](https://www.scipedia.com/public/Aguiar_2006a).
- [24] Canales Zemljic, M. (2016). Diseño y estudio numérico del desempeño sísmico de marcos con riostras de pandeo restringido. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/143715>.
- [25] Martínez Alfaro, Jorge Gustavo (2012). Caracterización de la vulnerabilidad sísmica utilizando curvas de fragilidad y matrices de probabilidad para algunas tipologías estructurales de hormigón armado. Aplicación a la ciudad de Valdivia, Región de los Ríos. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Escuela de Ingeniería en Obras Civiles. Universidad Austral de Chile.
- [26] Aldunate Barzelatto, J. (2009). Vulnerabilidad Sísmica de Edificios Chilenos de Hormigón Armado. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103390>.
- [27] Guendelman B., Tomas, Guendelman B., Mario, Lindenberg B., Jorge, 1997, Perfil Bío-Sísmico de Edificios, Congreso ACHISINA

## Anexos

### Anexo 1. Corroboración Flexo-compresión Vigas.

Tabla Anexo 1- 1 Flexocompresión Viga Arquetipo 1 Suelo C.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	17109.16
<b>Pc [kgf]</b>	417174.31
<b>Mrx [kgf*m]</b>	68583.14
<b>Mcx [kgf*m]</b>	84681.16
<b>Pr/Pc</b>	0.04
<b>Mrx/Mcx</b>	0.81
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 2 Flexocompresión Viga Arquetipo 1 Suelo D.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	17109.16
<b>Pc [kgf]</b>	417174.31
<b>Mrx [kgf*m]</b>	68631.68
<b>Mcx [kgf*m]</b>	84681.16
<b>Pr/Pc</b>	0.04
<b>Mrx/Mcx</b>	0.81
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 3 Flexocompresión Viga Arquetipo 1 Suelo E.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	19504.21
<b>Pc [kgf]</b>	464089.87
<b>Mrx [kgf*m]</b>	78202.59
<b>Mcx [kgf*m]</b>	94474.22
<b>Pr/Pc</b>	0.04
<b>Mrx/Mcx</b>	0.83
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 4 Flexocompresión Viga Arquetipo 2 Suelo C Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0.00
<b>Pc [kgf]</b>	417174.31
<b>Mrx [kgf*m]</b>	132.25
<b>Mcx [kgf*m]</b>	84681.16
<b>Pr/Pc</b>	0.00
<b>Mrx/Mcx</b>	0.00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 5 Flexocompresión Viga Arquetipo 2 Suelo C Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	25343.88
<b>Pc [kgf]</b>	417174.31
<b>Mrx [kgf*m]</b>	722.38
<b>Mcx [kgf*m]</b>	84681.16
<b>Pr/Pc</b>	0.06
<b>Mrx/Mcx</b>	0.01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 6 Flexocompresión Viga Arquetipo 2 Suelo D Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0.00
<b>Pc [kgf]</b>	417174.31
<b>Mrx [kgf*m]</b>	132.25
<b>Mcx [kgf*m]</b>	84681.16
<b>Pr/Pc</b>	0.00
<b>Mrx/Mcx</b>	0.00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 7 Flexocompresión Viga Arquetipo 2 Suelo D Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	25343.88
<b>Pc [kgf]</b>	417174.31
<b>Mrx [kgf*m]</b>	722.38
<b>Mcx [kgf*m]</b>	84681.16
<b>Pr/Pc</b>	0.06
<b>Mrx/Mcx</b>	0.01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 8 Flexocompresión Viga Arquetipo 2 Suelo E Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0.00
<b>Pc [kgf]</b>	417174.31
<b>Mrx [kgf*m]</b>	127.09
<b>Mcx [kgf*m]</b>	84681.16
<b>Pr/Pc</b>	0.00
<b>Mrx/Mcx</b>	0.00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 9 Flexocompresión Viga Arquetipo 2 Suelo E Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	30244.95
<b>Pc [kgf]</b>	417174.31
<b>Mrx [kgf*m]</b>	722.38
<b>Mcx [kgf*m]</b>	84681.16
<b>Pr/Pc</b>	0.07
<b>Mrx/Mcx</b>	0.01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 10 Flexocompresión Viga Arquetipo 3 Suelo C Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0.00
<b>Pc [kgf]</b>	959252.42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	342.46
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469.70
<b>Pr/Pc</b>	0.00
<b>Mrx/Mcx</b>	0.00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 11 Flexocompresión Viga Arquetipo 3 Suelo C Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	50659.75
<b>Pc [kgf]</b>	959252.42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550.60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469.70
<b>Pr/Pc</b>	0.05
<b>Mrx/Mcx</b>	0.01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 12 Flexocompresión Viga Arquetipo 3 Suelo C Nivel 3.

<b>Capítulo H1 - Piso 3</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	54093.43
<b>Pc [kgf]</b>	959252.42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	168404.99
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469.70
<b>Pr/Pc</b>	0.06
<b>Mrx/Mcx</b>	0.84
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 13 Flexocompresión Viga Arquetipo 3 Suelo D Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0.00
<b>Pc [kgf]</b>	1058046.88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	376.08
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360.06
<b>Pr/Pc</b>	0.00
<b>Mrx/Mcx</b>	0.00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 14 Flexocompresión Viga Arquetipo 3 Suelo D Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	58243.31
<b>Pc [kgf]</b>	1058046.88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1698.64
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360.06
<b>Pr/Pc</b>	0.06
<b>Mrx/Mcx</b>	0.01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 15 Flexocompresión Viga Arquetipo 3 Suelo D Nivel 3.

<b>Capítulo H1 - Piso 3</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	61281.84
<b>Pc [kgf]</b>	1058046.88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	191311.89
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360.06
<b>Pr/Pc</b>	0.06
<b>Mrx/Mcx</b>	0.86
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo I- 16 Flexocompresión Viga Arquetipo 3 Suelo E Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0.00
<b>Pc [kgf]</b>	1058046.88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	376.08
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360.06
<b>Pr/Pc</b>	0.00
<b>Mrx/Mcx</b>	0.00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo I- 17 Flexocompresión Viga Arquetipo 3 Suelo E Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	58243.31
<b>Pc [kgf]</b>	1058046.88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1698.64
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360.06
<b>Pr/Pc</b>	0.06
<b>Mrx/Mcx</b>	0.01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo I- 18 Flexocompresión Viga Arquetipo 3 Suelo E Nivel 3.

<b>Capítulo H1 - Piso 3</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	61281.84
<b>Pc [kgf]</b>	1058046.88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	191311.89
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360.06
<b>Pr/Pc</b>	0.06
<b>Mrx/Mcx</b>	0.86
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 19 Flexocompresión Viga Arquetipo 4 Suelo C Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	331,00
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 20 Flexocompresión Viga Arquetipo 4 Suelo C Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	67411,47
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,07
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 21 Flexocompresión Viga Arquetipo 4 Suelo C Nivel 3.

<b>Capítulo H1 - Piso 3</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	67411,47
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,07
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 22 Flexocompresión Viga Arquetipo 4 Suelo C Nivel 4.

<b>Capítulo H1 - Piso 4</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	67411,47
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,07
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 23 Flexocompresión Viga Arquetipo 4 Suelo D Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	331,00
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 24 Flexocompresión Viga Arquetipo 4 Suelo D Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	67411,47
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,07
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 25 Flexocompresión Viga Arquetipo 4 Suelo D Nivel 3.

<b>Capítulo H1 - Piso 3</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	67411,47
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,07
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 26 Flexocompresión Viga Arquetipo 4 Suelo D Nivel 4.

<b>Capítulo H1 - Piso 4</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	67411,47
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,07
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 27 Flexocompresión Viga Arquetipo 4 Suelo E Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	308,05
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo I- 28 Flexocompresión Viga Arquetipo 4 Suelo E Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	84416,77
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,09
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo I- 29 Flexocompresión Viga Arquetipo 4 Suelo E Nivel 3.

<b>Capítulo H1 - Piso 3</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	84416,77
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,09
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo I- 30 Flexocompresión Viga Arquetipo 4 Suelo E Nivel 4.

<b>Capítulo H1 - Piso 4</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	84416,77
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,09
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 31 Flexocompresión Viga Arquetipo 5 Suelo C Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	330,96
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 32 Flexocompresión Viga Arquetipo 5 Suelo C Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	73242,02
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,08
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 33 Flexocompresión Viga Arquetipo 5 Suelo C Nivel 3.

<b>Capítulo H1 - Piso 3</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	73242,02
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,08
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo I- 34 Flexocompresión Viga Arquetipo 5 Suelo C Nivel 4.

<b>Capítulo H1 - Piso 4</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	73242,02
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,08
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo I- 35 Flexocompresión Viga Arquetipo 5 Suelo C Nivel 5.

<b>Capítulo H1 - Piso 5</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	330,96
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo I- 36 Flexocompresión Viga Arquetipo 5 Suelo D Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	364,33
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 37 Flexocompresión Viga Arquetipo 5 Suelo D Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	87299,11
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1684,81
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,08
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 38 Flexocompresión Viga Arquetipo 5 Suelo D Nivel 3.

<b>Capítulo H1 - Piso 3</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	87299,11
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1684,81
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,08
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 39 Flexocompresión Viga Arquetipo 5 Suelo D Nivel 4.

<b>Capítulo H1 - Piso 4</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	87299,11
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1684,81
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,08
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 40 Flexocompresión Viga Arquetipo 5 Suelo D Nivel 5.

<b>Capítulo H1 - Piso 5</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	364,33
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 41 Flexocompresión Viga Arquetipo 5 Suelo E Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	338,50
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 42 Flexocompresión Viga Arquetipo 5 Suelo E Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	103561,05
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1684,81
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,10
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo I- 43 Flexocompresión Viga Arquetipo 5 Suelo E Nivel 3.

<b>Capítulo H1 - Piso 3</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	103561,05
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1684,81
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,10
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo I- 44 Flexocompresión Viga Arquetipo 5 Suelo E Nivel 4.

<b>Capítulo H1 - Piso 4</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	103561,05
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1684,81
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,10
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo I- 45 Flexocompresión Viga Arquetipo 5 Suelo E Nivel 5.

<b>Capítulo H1 - Piso 5</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	338,50
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 46 Flexocompresión Viga Arquetipo 6 Suelo C Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	364,33
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 47 Flexocompresión Viga Arquetipo 6 Suelo C Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	79006,69
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1684,81
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,07
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 48 Flexocompresión Viga Arquetipo 6 Suelo C Nivel 3.

<b>Capítulo H1 - Piso 3</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	376,81
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo I- 49 Flexocompresión Viga Arquetipo 6 Suelo C Nivel 4.

<b>Capítulo H1 - Piso 4</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	76124,36
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,08
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo I- 50 Flexocompresión Viga Arquetipo 6 Suelo C Nivel 5.

<b>Capítulo H1 - Piso 5</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	332,17
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo I- 51 Flexocompresión Viga Arquetipo 6 Suelo C Nivel 6.

<b>Capítulo H1 - Piso 6</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	36621,01
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,04
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 52 Flexocompresión Viga Arquetipo 6 Suelo D Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	338,50
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 53 Flexocompresión Viga Arquetipo 6 Suelo D Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	103561,05
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1684,81
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,10
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 54 Flexocompresión Viga Arquetipo 6 Suelo D Nivel 3.

<b>Capítulo H1 - Piso 3</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	351,40
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 55 Flexocompresión Viga Arquetipo 6 Suelo D Nivel 4.

<b>Capítulo H1 - Piso 4</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	99576,28
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,10
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 56 Flexocompresión Viga Arquetipo 6 Suelo D Nivel 5.

<b>Capítulo H1 - Piso 5</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	309,26
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 57 Flexocompresión Viga Arquetipo 6 Suelo D Nivel 6.

<b>Capítulo H1 - Piso 6</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	47795,76
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,05
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 58 Flexocompresión Viga Arquetipo 6 Suelo E Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	337,44
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 59 Flexocompresión Viga Arquetipo 6 Suelo E Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	104032,52
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1684,81
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,10
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 60 Flexocompresión Viga Arquetipo 6 Suelo E Nivel 3.

<b>Capítulo H1 - Piso 3</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	351,40
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 61 Flexocompresión Viga Arquetipo 6 Suelo E Nivel 4.

<b>Capítulo H1 - Piso 4</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	99576,28
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,10
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 62 Flexocompresión Viga Arquetipo 6 Suelo E Nivel 5.

<b>Capítulo H1 - Piso 5</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	309,26
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 63 Flexocompresión Viga Arquetipo 6 Suelo E Nivel 6.

<b>Capítulo H1 - Piso 6</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	47795,76
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,05
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 64 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo C Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	406,49
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 65 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo C Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	55625,26
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1684,81
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,05
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 66 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo C Nivel 3.

<b>Capítulo H1 - Piso 3</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	407,16
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 67 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo C Nivel 4.

<b>Capítulo H1 - Piso 4</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	55437,36
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1684,81
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,05
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 68 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo C Nivel 5.

<b>Capítulo H1 - Piso 5</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	358,39
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 69 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo C Nivel 6.

<b>Capítulo H1 - Piso 6</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	58415,18
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,06
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 70 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo C Nivel 7.

<b>Capítulo H1 - Piso 7</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	349,86
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 71 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo E Nivel 8.

<b>Capítulo H1 - Piso 8</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	30790,46
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,03
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 72 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo D Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	330,52
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 73 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo D Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	110862,40
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1684,81
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,10
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 74 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo D Nivel 3.

<b>Capítulo H1 - Piso 3</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	331,25
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 75 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo D Nivel 4.

<b>Capítulo H1 - Piso 4</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	110862,40
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1684,81
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,10
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 76 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo D Nivel 5.

<b>Capítulo H1 - Piso 5</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	294,08
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 77 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo D Nivel 6.

<b>Capítulo H1 - Piso 6</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	107211,72
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,11
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 78 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo D Nivel 7.

<b>Capítulo H1 - Piso 7</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	301,26
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 79 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo D Nivel 8.

<b>Capítulo H1 - Piso 8</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	51780,52
<b>Pc [kgf]</b>	959252,42
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1550,60
<b>Mcx [kgf*m]</b>	200469,70
<b>Pr/Pc</b>	0,05
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 80 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo E Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1164233,41
<b>Mrx [kgf*m]</b>	350,50
<b>Mcx [kgf*m]</b>	246554,68
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 81 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo E Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	131891,74
<b>Pc [kgf]</b>	1164233,41
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1833,24
<b>Mcx [kgf*m]</b>	246554,68
<b>Pr/Pc</b>	0,11
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 82 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo E Nivel 3.

<b>Capítulo H1 - Piso 3</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1164233,41
<b>Mrx [kgf*m]</b>	351,26
<b>Mcx [kgf*m]</b>	246554,68
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 83 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo E Nivel 4.

<b>Capítulo H1 - Piso 4</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	131891,74
<b>Pc [kgf]</b>	1164233,41
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1833,24
<b>Mcx [kgf*m]</b>	246554,68
<b>Pr/Pc</b>	0,11
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 84 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo E Nivel 5.

<b>Capítulo H1 - Piso 5</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	313,15
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 85 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo E Nivel 6.

<b>Capítulo H1 - Piso 6</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	117726,39
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1677,17
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,11
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 86 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo E Nivel 7.

<b>Capítulo H1 - Piso 7</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	339,46
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 87 Flexocompresión Viga Arquetipo 7 Suelo E Nivel 8.

<b>Capítulo H1 - Piso 8</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	51780,52
<b>Pc [kgf]</b>	1058046,88
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1677,17
<b>Mcx [kgf*m]</b>	222360,06
<b>Pr/Pc</b>	0,05
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 88 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo C Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	609,92
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 89 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo C Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	79558,55
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	2423,14
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,05
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 90 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo C Nivel 3.

<b>Capítulo H1 - Piso 3</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	633,12
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 91 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo C Nivel 4.

<b>Capítulo H1 - Piso 4</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	79558,55
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	2432,03
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,05
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 92 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo C Nivel 5.

<b>Capítulo H1 - Piso 5</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	611,56
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 93 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo C Nivel 6.

<b>Capítulo H1 - Piso 6</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	79558,55
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	2432,03
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,05
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo I- 94 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo C Nivel 7.

<b>Capítulo H1 - Piso 7</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1043466,74
<b>Mrx [kgf*m]</b>	356,39
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo I- 95 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo C Nivel 8.

<b>Capítulo H1 - Piso 8</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	79558,55
<b>Pc [kgf]</b>	1043466,74
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1677,17
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,08
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo I- 96 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo C Nivel 9.

<b>Capítulo H1 - Piso 9</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1043466,74
<b>Mrx [kgf*m]</b>	356,15
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 97 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo C Nivel 10.

<b>Capítulo H1 - Piso 10</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	79558,55
<b>Pc [kgf]</b>	1043466,74
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1677,17
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,08
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 98 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo C Nivel 11.

<b>Capítulo H1 - Piso 11</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1043466,74
<b>Mrx [kgf*m]</b>	356,72
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 99 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo C Nivel 12.

<b>Capítulo H1 - Piso 12</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	39779,27
<b>Pc [kgf]</b>	1043466,74
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1677,17
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,04
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 100 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	609,92
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 101 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	83851,84
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	2423,14
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,05
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 102 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 3.

<b>Capítulo H1 - Piso 3</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	633,12
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 103 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 4.

<b>Capítulo H1 - Piso 4</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	83851,84
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	2432,03
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,05
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 104 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 5.

<b>Capítulo H1 - Piso 5</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	611,56
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 105 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 6.

<b>Capítulo H1 - Piso 6</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	83851,84
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	2432,03
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,05
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 106 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 7.

<b>Capítulo H1 - Piso 7</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1043466,74
<b>Mrx [kgf*m]</b>	356,39
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 107 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 8.

<b>Capítulo H1 - Piso 8</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	83851,84
<b>Pc [kgf]</b>	1043466,74
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1677,17
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,08
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 108 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 9.

<b>Capítulo H1 - Piso 9</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1043466,74
<b>Mrx [kgf*m]</b>	356,15
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 109 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 10.

<b>Capítulo H1 - Piso 10</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	83851,84
<b>Pc [kgf]</b>	1361181,11
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1677,17
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,06
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 110 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 11.

<b>Capítulo H1 - Piso 11</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1361181,11
<b>Mrx [kgf*m]</b>	356,72
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 111 Flexocompresión Viga Arquetipo 8 Suelo D Nivel 12.

<b>Capítulo H1 - Piso 12</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	41925,92
<b>Pc [kgf]</b>	1361181,11
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1677,17
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,03
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 112 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	494,30
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 113 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	146728,76
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	2337,53
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,09
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 114 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 3.

<b>Capítulo H1 - Piso 3</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	555,38
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 115 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 4.

<b>Capítulo H1 - Piso 4</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	146728,76
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	2365,84
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,09
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 116 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 5.

<b>Capítulo H1 - Piso 5</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	497,03
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 117 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 6.

<b>Capítulo H1 - Piso 6</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	146728,76
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	2365,84
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,09
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 118 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 7.

<b>Capítulo H1 - Piso 7</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1043466,74
<b>Mrx [kgf*m]</b>	301,08
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 119 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 8.

<b>Capítulo H1 - Piso 8</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	139310,25
<b>Pc [kgf]</b>	1043466,74
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1621,13
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,13
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 120 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 9.

<b>Capítulo H1 - Piso 9</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1043466,74
<b>Mrx [kgf*m]</b>	352,75
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 121 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 10.

<b>Capítulo H1 - Piso 10</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	131891,74
<b>Pc [kgf]</b>	1361181,11
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1677,17
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,10
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 122 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 11.

<b>Capítulo H1 - Piso 11</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1361181,11
<b>Mrx [kgf*m]</b>	313,25
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 123 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 12.

<b>Capítulo H1 - Piso 12</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	65945,87
<b>Pc [kgf]</b>	1361181,11
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1677,17
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,05
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 124 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 13.

<b>Capítulo H1 - Piso 13</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	668480,28
<b>Mrx [kgf*m]</b>	189,00
<b>Mcx [kgf*m]</b>	107147,60
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 125 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 14.

<b>Capítulo H1 - Piso 14</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	131891,74
<b>Pc [kgf]</b>	668480,28
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1128,67
<b>Mcx [kgf*m]</b>	107147,60
<b>Pr/Pc</b>	0,20
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 126 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 15.

<b>Capítulo H1 - Piso 15</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	668480,28
<b>Mrx [kgf*m]</b>	189,22
<b>Mcx [kgf*m]</b>	107147,60
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 127 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo C Nivel 16.

<b>Capítulo H1 - Piso 16</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	65945,87
<b>Pc [kgf]</b>	668480,28
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1128,67
<b>Mcx [kgf*m]</b>	107147,60
<b>Pr/Pc</b>	0,10
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 128 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 1.

<b>Capítulo H1 - Piso 1</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	494,30
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 129 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 2.

<b>Capítulo H1 - Piso 2</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	146728,76
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	2337,53
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,09
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 130 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 3.

<b>Capítulo H1 - Piso 3</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	555,38
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 131 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 4.

<b>Capítulo H1 - Piso 4</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	146728,76
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	2365,84
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,09
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 132 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 5.

<b>Capítulo H1 - Piso 5</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	497,03
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 133 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 6.

<b>Capítulo H1 - Piso 6</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	146728,76
<b>Pc [kgf]</b>	1567841,90
<b>Mrx [kgf*m]</b>	2365,84
<b>Mcx [kgf*m]</b>	277085,99
<b>Pr/Pc</b>	0,09
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 134 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 7.

<b>Capítulo H1 - Piso 7</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1043466,74
<b>Mrx [kgf*m]</b>	301,08
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 135 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 8.

<b>Capítulo H1 - Piso 8</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	139310,25
<b>Pc [kgf]</b>	1043466,74
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1621,13
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,13
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 136 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 9.

<b>Capítulo H1 - Piso 9</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1043466,74
<b>Mrx [kgf*m]</b>	352,75
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 137 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 10.

<b>Capítulo H1 - Piso 10</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	131891,74
<b>Pc [kgf]</b>	1361181,11
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1677,17
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,10
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 138 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 11.

<b>Capítulo H1 - Piso 11</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	1361181,11
<b>Mrx [kgf*m]</b>	313,25
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 139 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 12.

<b>Capítulo H1 - Piso 12</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	65945,87
<b>Pc [kgf]</b>	1361181,11
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1677,17
<b>Mcx [kgf*m]</b>	179155,39
<b>Pr/Pc</b>	0,05
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 140 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 13.

<b>Capítulo H1 - Piso 13</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	668480,28
<b>Mrx [kgf*m]</b>	189,00
<b>Mcx [kgf*m]</b>	107147,60
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 141 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 14.

<b>Capítulo H1 - Piso 14</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	131891,74
<b>Pc [kgf]</b>	668480,28
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1128,67
<b>Mcx [kgf*m]</b>	107147,60
<b>Pr/Pc</b>	0,20
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 142 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 15.

<b>Capítulo H1 - Piso 15</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	0,00
<b>Pc [kgf]</b>	668480,28
<b>Mrx [kgf*m]</b>	189,22
<b>Mcx [kgf*m]</b>	107147,60
<b>Pr/Pc</b>	0,00
<b>Mrx/Mcx</b>	0,00
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

Tabla Anexo 1- 143 Flexocompresión Viga Arquetipo 9 Suelo D Nivel 16.

<b>Capítulo H1 - Piso 16</b>	
<b>Pr [kgf]</b>	65945,87
<b>Pc [kgf]</b>	668480,28
<b>Mrx [kgf*m]</b>	1128,67
<b>Mcx [kgf*m]</b>	107147,60
<b>Pr/Pc</b>	0,10
<b>Mrx/Mcx</b>	0,01
<b>Cumple H1-1a?</b>	Cumple
<b>Cumple H1-1b?</b>	Cumple
<b>Cumplimiento Cap. H</b>	Cumple

## Anexo 2. Programa en entorno MATLAB – Bilinealización de Curva de Demanda.

```
%Ejemplo Arquetipo 5 Bilinealización por Igualación de Áreas

tic
clear all;
clc

%Criterio de las Áreas Iguales

%Alturas arquetipos
Alturas=load('Altura_Total.txt'); %Valores fijos para cada arquetipo

%Pesos Sísmicos
Pesos_c=load('Pesos c.txt'); %Peso Sísmico Suelo C por cada arquetipo
%Pesos_d=load('Pesos d.txt'); %Peso Sísmico Suelo D por cada arquetipo
%Pesos_e=load('Pesos e.txt'); %Peso Sísmico Suelo E por cada arquetipo

%Ingreso de matriz desplazamiento de techo vs corte basal
%Curvas de Demanda
CD=load('P5c.txt');
%CD=load('P5d.txt');
%CD=load('P5e.txt');

V=CD(:,2)./Pesos_c(5,:); %Corte normalizado dividido por peso sísmico de
arquetipo suelo c
%V=CD(:,2)./Pesos_d(5,:); %Corte normalizado dividido por peso sísmico de
arquetipo suelo d
%V=CD(:,2)./Pesos_e(5,:); %Corte normalizado dividido por peso sísmico de
arquetipo suelo e
d=CD(:,1)./Alturas(5,:); %Deriva de techo

%Definición de desplazamiento último (du) y corte último (Vu)

%Vu=max(V);
n=length(V);
Vu=V(n);
%di=find(abs(V-Vu)<0.0001); %Busca el índice para el cual se tiene Vu
du=d(n);%Con el índice anterior ubica la abscisa correspondiente

%Área bajo la curva de demanda

Acd=trapz(d,V);

%Cálculo primer tramo bilineal

%Primer paso: dar valor arbitrario de Vy en kgf

Vy=V(10);%Valor de ajuste manual

%Tercer paso: de acuerdo a Vy, calcular 0.6*Vy y 0.6*dy

Vy_06=0.6*Vy;
```

```

k=find(abs(V-Vy_06)<0.05);%Buscar posición en el arreglo de Vy
dy_6=d(k);%Valor límite de d respecto a Vy
dy_06=max(dy_6);

%Cuarto paso: Cálculo de pendiente inicial Ke

Ke=Vy_06/dy_06;

%Quinto paso:

Dy=Vy/Ke;

%Sexto paso: Cálculo Factor reductor alfa

alfa=((Vu/Vy)-1)/((Vu/Dy)-1);

%Cálculo área bilineal

Xa=[0,Dy];
Ya=[0,Vy];

Aa=trapz(Xa,Ya);

Xb=[Dy,du];
Yb=[Vy,Vu];

Ab=trapz(Xb,Yb);

Abilineal=Aa+Ab;

%Iteración

%Tolerancia

e1=10^-4;
a=0;
for i=1:100000
    a=0+i;

    %error
    e=((abs(Acd-Abilineal))/Acd)*100;

    if(e>e1)
        Vy=Vy*(Acd/Abilineal);
        Vy_06=0.6*Vy;
        k=find(abs(V-Vy_06)<0.05);
        dk=d(k);
        dy_06=d(k);

        alph=((Vu/Vy)-1)/((Vu/Dy)-1);

        Xa=[0,Dy];
        Ya=[0,Vy];

        Aa=trapz(Xa,Ya);

```

```

Xb=[Dy,du];
Yb=[Vy,Vu];

Ab=trapz (Xb,Yb);

Albilin=Aa+Ab;

end

Xa=[0,Dy];
Ya=[0,Vy];
Xb=[Dy,du];
Yb=[Vy,Vu];
alfa=alph;
Abilineal=Albilin;
end

stepsc=load('P5cf.txt');%puntos de fluencia y falla en la curva de capacidad
%stepsc=load('P5df.txt');
%stepsc=load('P5ef.txt');

figure(1)
hold on
grid on
plot(d,V)
plot(Xa,Ya)
plot(Xb,Yb)

%


---



plot(stepsc(1,1)./Alturas(5,:),stepsc(1,2)./Pesos_c(5:),'s','MarkerSize',7,'M
arkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','y')
plot(stepsc(7,1)./Alturas(5,:),stepsc(7,2)./Pesos_c(5:),'s','MarkerSize',7,'M
arkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','r')
plot(stepsc(2,1)./Alturas(5,:),stepsc(2,2)./Pesos_c(5:),'s','MarkerSize',7,'M
arkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','y')
plot(stepsc(3,1)./Alturas(5,:),stepsc(3,2)./Pesos_c(5:),'s','MarkerSize',7,'M
arkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','y')
plot(stepsc(4,1)./Alturas(5,:),stepsc(4,2)./Pesos_c(5:),'s','MarkerSize',7,'M
arkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','y')
plot(stepsc(5,1)./Alturas(5,:),stepsc(5,2)./Pesos_c(5:),'s','MarkerSize',7,'M
arkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','y')
plot(stepsc(6,1)./Alturas(5,:),stepsc(6,2)./Pesos_c(5:),'s','MarkerSize',7,'M
arkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','y')
%


---



title({'Curva de Capacidad';'ARQ 5-3-C'},'fontsize',16,'fontweight','bold')
%title({'Curva de Capacidad';'ARQ 5-3-D'},'fontsize',16,'fontweight','bold')
%title({'Curva de Capacidad';'ARQ 5-3-E'},'fontsize',16,'fontweight','bold')
xlabel('Deriva de Techo [-]','fontsize',12,'fontweight','bold')

```

```
ylabel('Q_b/W [-]','fontsize',12,'fontweight','bold')
legend('Curva Pushover SAP2000','Bilineal FEMA P356','Bilineal FEMA
P356','Fluencia','Falla')
legend('Location','best')

hold off

toc
```

### Anexo 3. Perfil Biosísmico de Matriz de Simulación.

Tabla Anexo 3 - 1 Datos obtenidos para cálculo de perfil Biosísmico.

<b>1000*máx <math>\Delta/h</math> [-]</b>	<b>H/T [m/s]</b>
0.47	19.17
0.54	19.17
0.51	20.46
0.63	29.67
0.72	29.67
0.65	32.58
0.80	33.17
0.83	35.21
0.89	35.21
1.00	35.30
1.15	35.30
1.15	39.26
1.06	35.11
1.37	37.64
1.21	41.15
1.00	36.12
1.45	40.09
1.56	40.19
1.20	30.01
1.89	38.33
2.05	41.63
1.34	30.94
1.74	30.94
1.50	34.30
1.84	34.30