



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA

**EJEMPLO COMPARATIVO DEL
COMPORTAMIENTO DINÁMICO Y DEL
COSTO DE UNA ESTRUCTURA INDUSTRIAL –
MINERA, CON Y SIN USO DE RIOSTRAS DE
PANDEO RESTRINGIDO (BRB) SEGÚN EL
MARCO NORMATIVO NCH 2369:2003 –
RECOMENDACIONES Y COMENTARIOS**

CARLOS ANDRÉS ARRATE LETELIER

Informe de actividad de graduación para optar al grado de
Magíster en Ingeniería Estructural y Geotécnica

Profesor Supervisor:

MIGUEL ANDRÉS MEDALLA RIQUELME

Santiago de Chile, Noviembre, 2016.

caarrate@uc.cl



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA

**EJEMPLO COMPARATIVO DEL
COMPORTAMIENTO DINÁMICO Y DEL
COSTO DE UNA ESTRUCTURA INDUSTRIAL –
MINERA, CON Y SIN USO DE RIOSTRAS DE
PANDEO RESTRINGIDO (BRB) SEGÚN EL
MARCO NORMATIVO NCH 2369:2003 –
RECOMENDACIONES Y COMENTARIOS**

CARLOS ANDRÉS ARRATE LETELIER

Informe de actividad de graduación presentada a la comisión evaluadora,
integrada por los profesores:

MIGUEL MEDALLA RIQUELME

JORGE VÁSQUEZ PINILLOS

PEDRO HIDALGO OYANEDEL

DIEGO LÓPEZ – GARCÍA GONZÁLEZ

Para completar las exigencias del grado de
Magíster en Ingeniería Estructural y Geotécnica

Santiago de Chile, Noviembre, 2016.
(caarrate@uc.cl)

A mi familia, amigos y hermanos,
quienes me han apoyado a lo largo de
la vida. A mi hijo Felipe, quien
siempre me ha brindado toda su
alegría, amor y confianza, en especial
a mi polola Paola... porque sin su
paciencia y ayuda esto no hubiera sido
posible

AGRADECIMIENTOS

Mi gratitud al ingeniero y profesor Miguel Medalla, quien ha guiado este proyecto, compartiendo su conocimiento, enseñando no solo la técnica, sino que además la práctica y sus experiencias. A RFA Ingenieros; en especial a su gerente de ingeniería Hernán González Rivera y a su jefe del departamento de ingeniería Karl Cerda Marchant, quienes me incentivaron a realizar mis estudios de magister, además de otorgar todo su apoyo para cursarlo con éxito. A CoreBrace; a su presidente Dieter Klohn y su ingeniero senior María Eugenia Chumbita, quienes han prestado de forma desinteresada el apoyo técnico necesario para el desarrollo “realista” de este documento. Al ingeniero Carlos Peña, quien cada vez que he necesitado de su consejo o ayuda, me la ha brindado de forma espontánea y sin reservas. Al ingeniero Esteban Rios, mi amigo y compañero de alma máter, quien me apoyo en la revisión de los códigos computacionales realizados en este documento. Y por último a mis compañeros, los ingenieros: Cristian Henríquez, Javier Berrios y José Wilches, mis nuevos amigos, quienes me han acompañado en esta aventura.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
I INTRODUCCIÓN.....	1
II ASPECTOS GENERALES.....	2
II.1 Objetivos	2
II.2 Metodología	3
III MARCO TEÓRICO	5
III.1 Riostras de pandeo restringido BRB.....	5
III.1.1 Parámetros y Metodologías relevantes para el diseño de aplicación de dispositivos BRB	13
III.2 Concepto de Razón Modal de Amortiguamiento Crítico “ ξ ”	18
III.3 Concepto de Factor de modificación Modal de la Respuesta “R”	20
III.4 ASCE/SEI 7-10 (ANSI/AISC 341-10) v/s NCh 2369.Of2003, diferencias de filosofía y validez de uso en la realidad chilena.....	21
III.4.1 Diferencias en la filosofía y la búsqueda de objetivos entre ASCE/SEI 7-10 (ANSI/AISC 341-10) v/s NCh 2369.Of2003.....	22
III.4.2 Diferencias en los niveles de demanda y su definición	23
IV DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL EN ESTUDIO	28
IV.1 Proceso de obtención del molibdeno como mena secundaria de la gran minera del cobre y descripción del horno tostador de pisos Nichols – Herreshoff	28
IV.2 Descripción de la estructura a analizar en este documento: la torre principal de la nave del roaster.....	31
V CONSIDERACIONES GENERALES EN LA MODELACIÓN DE LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES EN ESTUDIO	36
VI DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS EN ESTUDIO CONSIDERANDO EL USO DE ANÁLISIS MODAL ESPECTRAL (PRACTICA USUAL DE DISEÑO).....	40
VI.1 Disposiciones normativas NCh 2369.Of2003 consideradas (Capítulo 8.3 Marcos Arriostrados)	41

VI.2 Metodología para el diseño y especificación de los dispositivos BRB en estructuras, utilizando solicitaciones sísmicas reducidas	42
VI.3 Consideraciones para el diseño utilizando NCh 2369Of.2003, marco tradicional concéntrico	46
VI.4 Consideraciones para el diseño de marco concéntrico con BRB, considerando los parámetros de pre diseño de los dispositivos.	47
VI.5 Consideraciones para el diseño de marco concéntrico con BRB CoreBrace®.....	48
VI.6 Diseño de la torre principal de la nave del roaster considerando como alternativa de estructuración al sistema de marco concéntrico tradicional.....	50
VI.6.1 Descripción de la estructura y su perfilería	50
VI.6.2 Modelación de la estructura.....	51
VI.6.3 Descripción de las cargas, combinaciones de diseño, definición de la masa sísmica y parámetros del análisis modal espectral	53
VI.6.4 Descripción de la participación modal de masa del sistema.....	53
VI.6.5 Cortes basales (estados puros).....	54
VI.6.6 Verificación del diseño de los elementos de acero	55
VI.6.7 Verificación de la serviciabilidad (desplazamientos laterales máximos)	56
VI.7 Diseño de la torre principal de la nave del roaster considerando como alternativa de estructuración al sistema de marco concéntrico con el uso de sistemas BRB en toda su altura, a través de los parámetros de BRB considerados para su pre diseño.....	58
VI.7.1 Descripción de la estructura y su perfilería	58
VI.7.2 Modelación de la estructura.....	60
VI.7.3 Descripción de las cargas, combinaciones de diseño, definición de la masa sísmica y parámetros del análisis modal espectral	62
VI.7.4 Descripción de la participación modal de masa del sistema.....	63
VI.7.5 Cortes basales (estados puros).....	63
VI.7.6 Verificación del diseño de los elementos de acero	64
VI.7.7 Verificación de la serviciabilidad (desplazamientos laterales máximos)	66
VI.7.8 Cálculo de la capacidad nominal requerida por los dispositivos BRB y la comparativa con su capacidad efectivamente dispuesta	67

VI.7.9	Propiedades mecánicas y de capacidad para los distintos tipos de dispositivos BRB dispuestos en la estructura	70
VI.7.10	Calculo de la capacidad ultima requerida en las columnas de fachada para asegurar la predominancia de su comportamiento elástico ante la fluencia de todos los dispositivos BRB.....	71
VI.8	Diseño de la torre principal de la nave del roaster considerando como alternativa de estructuración al sistema de marco concéntrico con el uso de sistemas BRB en toda su altura, a través de los parámetros de BRB otorgados por CoreBrace® para la estructura	76
VI.8.1	Descripción de la estructura y su perfilería	76
VI.8.2	Modelación de la estructura.....	78
VI.8.3	Descripción de las cargas, combinaciones de diseño, definición de la masa sísmica y parámetros del análisis modal espectral	80
VI.8.4	Descripción de la participación modal de masa del sistema.....	81
VI.8.5	Cortes basales (estados puros).....	81
VI.8.6	Verificación del diseño de los elementos de acero	83
VI.8.7	Verificación de la serviciabilidad (desplazamientos laterales máximos)	84
VI.8.8	Calculo de la capacidad nominal requerida por los dispositivos BRB y la comparativa con su capacidad efectivamente dispuesta	86
VI.8.9	Propiedades mecánicas y de capacidad para los distintos tipos de dispositivos BRB dispuestos en la estructura	89
VI.8.10	Calculo de la capacidad ultima requerida en las columnas de fachada para asegurar la predominancia de su comportamiento elástico ante la fluencia de todos los dispositivos BRB.....	90
VII	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA A TRAVÉS DEL USO DE ANÁLISIS NO LINEAL	95
VII.1	Descripción de los comportamientos no lineales “tipo” considerados para este estudio	95
VII.1.1	Descripción del comportamiento no lineal “tipo” de las riostras convencionales.....	96
VII.1.2	Descripción del comportamiento no lineal “tipo” de las BRB.	107

VII.1.3	Descripción del comportamiento no lineal “tipo” de las columnas	109
VII.2	Parámetros seleccionados para la modelación del comportamiento no lineal de los elementos	112
VII.2.1	Parámetros seleccionados para la modelación del comportamiento no lineal de columnas	112
VII.2.2	Definición de los parámetros de comportamiento no lineal de las riostras convencionales	113
VII.2.3	Definición de los parámetros de comportamiento no lineal de los dispositivos BRB CoreBrace®	116
VII.3	Consideraciones para la realización de los análisis no lineales tiempo v/s historia de las estructuras	122
VII.4	Definiciones utilitarias necesarias para el correcto análisis de los resultados obtenidos	123
VII.4.1	Colapso estructural	123
VII.4.2	Efectos P- δ y P- Δ en su influencia en el comportamiento no lineal y los mecanismos de colapso	125
VII.5	Resultados de comportamiento obtenidos del estudio de la estructura con el uso de riostras convencionales	129
VII.5.1	Relación corte basal v/s desplazamiento de la estructura....	129
VII.5.2	DRIFT y desplazamientos; máximos y residuales	139
VII.5.3	Corte basal y momentos volcantes desarrollados por la estructura.....	167
VII.5.4	Comportamiento de las riostras convencionales	177
VII.5.5	Comportamiento de las columnas	206
VII.6	Resultados de comportamiento obtenidos del estudio de la estructura con el uso de dispositivos BRB CoreBrace®	236
VII.6.1	Relación corte basal v/s desplazamiento de la estructura....	236
VII.6.2	DRIFT y desplazamientos; máximos y residuales	246
VII.6.3	Corte basal y momentos volcantes desarrollados por la estructura.....	274
VII.6.4	Comportamiento de los dispositivos BRB CoreBrace®	284
VII.6.5	Comportamiento de las columnas	304

VIII	ANÁLISIS DE COSTOS PARA REALIZACIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE LA TORRE PRINCIPAL DEL EDIFICIO DE LA NAVE DEL ROASTER	325
VIII.1	Diseño de fundación considerado para la estimación de costos	325
VIII.2	Diseño de conexiones y pisos considerados para la estimación de costos.....	326
VIII.3	Tiempo de construcción considerado para la estimación de costos....	326
VIII.4	Presupuesto estimativo de la torre principal de la nave del roaster, considerando el uso de Riostras tradicionales.....	327
VIII.5	Presupuesto estimativo de la torre principal de la nave del roaster, considerando el uso de dispositivos BRB CoreBrace® según el diseño lineal dispuestos en toda su altura.	329
VIII.5.1	Cotización de los dispositivos BRB CoreBrace®	331
IX	CONCLUSIONES Y COMENTARIOS	334
IX.1	CON RESPECTO AL DISEÑO	334
IX.2	CON RESPECTO AL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO	335
IX.3	CON RESPECTO AL COSTO DE LOS PROYECTOS DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN.....	349
IX.4	COMENTARIOS Y CONCLUSIONES FINALES	350
X	ANEXO A: CRITERIOS PARA LA REALIZACIÓN DEL DISEÑO DE LA TORRE PRINCIPAL DE LA NAVE DEL ROASTER.....	352
X.1	Materiales	352
X.2	Parámetros para la definición de la sollicitación sísmica.....	352
X.3	Cargas de diseño consideradas.....	352
X.4	Combinaciones de diseño.....	353
X.5	Diseño de acero	353
X.6	Diseño de BRB.....	353
XI	ANEXO B: PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE ACELEROGRAMAS COMPATIBLES A ESPECTROS DE PSEUDO RESPUESTA.....	355
XII	ANEXO C: REGISTROS DE ACELERACIÓN SELECCIONADOS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE ESTUDIO: CONSIDERACIONES Y	

RESULTADOS DE SU POSTPROCESO DE COMPATIBILIZACIÓN A ESPECTROS DE PSEUDO RESPUESTA.....	359
XII.1 Constitución DLE X	363
XII.2 Constitución DLE Y	365
XII.3 Constitución OLE X	367
XII.4 Constitución OLE Y	369
XII.5 Constitución MCE X.....	371
XII.6 Constitución MCE Y.....	373
XII.7 Llolleo DLE X	375
XII.8 Llolleo DLE Y	377
XII.9 Llolleo OLE X	379
XII.10 Llolleo OLE Y	381
XII.11 Llolleo MCE X	383
XII.12 Llolleo MCE Y	385
XII.13 Talca DLE X	387
XII.14 Talca DLE Y	389
XII.15 Talca OLE X	391
XII.16 Talca OLE Y	393
XII.17 Talca MCE X	395
XII.18 Talca MCE Y	397
XIII ANEXO D: RELATO HISTÓRICO DE LA ELABORACIÓN DE LA NORMA NCH2369OF.2003.....	399
XIV ANEXO E: BONUS: DESCRIPCIÓN DEL CONCEPTO DE ACELERACIÓN EFECTIVA “AO”.....	404
XV ANEXO F: BONUS: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE HOMOLOGACIÓN ESTADÍSTICA, EN TÉRMINOS DE SOLICITACIÓN BASAL EQUIVALENTE, ENTRE LOS ESPECTROS DE LA NORMA NCH2369 V/S NCH2745	407
XVI ANEXO G: PROGRAMAS DESARROLLADOS PARA LA GENERACIÓN DE REGISTROS COMPATIBLES	412
XVI.1 Artificial_Earthquake.m.....	412
XVI.2 ASCE_SEI7.m	421

XVI.3 NCH433_DS61.m.....	425
XVI.4 NCH2745.m.....	427
XVI.5 Integrador_ecuacion_estado.m	429
XVI.6 Spectrum3.m	430
XVI.7 Tripart_RR2.m.....	431

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla III.4.2.a NCh2369Of2003: Tabla 5.6 - Valores máximos del factor de modificación de la respuesta para estructuras de acero [elaboración propia].....	24
Tabla III.4.2.b NCh2369Of2003: Tabla 5.5 - Valores de la razón de amortiguamiento crítica para estructuras de acero [elaboración propia]	25
Tabla III.4.2.c ASCE7-10: Tabla 12.2-1 - Coeficientes y factores de diseño para sistemas sismo resistentes arriostrados de acero [elaboración propia]	26
Tabla III.4.2.d ASCE7-10: Tabla 15.4-1 - Parámetros sísmicos para estructuras industriales similares a edificios para estructuras de acero arriostradas [elaboración propia].....	27
Tabla VI.6.4.a Relación de la participación de la masa modal [elaboración propia]	54
Tabla VI.6.5.a Estados puros y coeficientes sísmicos de diseño [elaboración propia]...	55
Tabla VI.6.6.a Valores relevantes del diseño de acero según ANSI/AISC 360:2010 [elaboración propia].....	56
Tabla VI.7.4.a Relación de la participación de la masa modal [elaboración propia]	63
Tabla VI.7.5.a Estados puros y coeficientes sísmicos de diseño [elaboración propia]...	64
Tabla VI.7.6.a Valores relevantes del diseño de acero según ANSI/AISC 360:2010 [elaboración propia].....	65
Tabla VI.7.8.a Comparativa de la capacidad nominal de fluencia requerida de los dispositivos BRB, con respecto a su capacidad efectivamente instalada en el diseño [elaboración propia].....	68
Tabla VI.7.9.a Parámetros de diseño de las BRB [elaboración propia].....	70
Tabla VI.7.10.a Análisis de la sollicitación esperada en las columnas de la fachada de la estructura, considerando la capacidad esperada de las BRB [elaboración propia] 72	

Tabla VI.7.10.b Análisis de la capacidad otorgada a las columnas de la fachada de la estructura, con respecto a la capacidad esperada de las BRB [elaboración propia].....	73
Tabla VI.8.4.a Relación de la participación de la masa modal [elaboración propia]	81
Tabla VI.8.5.a Estados puros y coeficientes sísmicos de diseño [elaboración propia]...	82
Tabla VI.8.6.a Valores relevantes del diseño de acero según ANSI/AISC 360:2010 [elaboración propia].....	83
Tabla VI.8.8.a Comparativa de la capacidad nominal de fluencia requerida de los dispositivos BRB, con respecto a su capacidad efectivamente instalada en el diseño [elaboración propia].....	87
Tabla VI.8.9.a Parámetros de diseño de las BRB CoreBrace® [elaboración propia]	89
Tabla VI.8.10.a Análisis de la sollicitación esperada en las columnas de la fachada de la estructura, considerando la capacidad esperada de las BRB [elaboración propia]	91
Tabla VI.8.10.b Análisis de la capacidad otorgada a las columnas de la fachada de la estructura, con respecto a la capacidad esperada de las BRB [elaboración propia].....	92
Tabla VII.1.1.a Tabla de valores asociados al modelo de histéresis pivot, para el modelamiento de ciclo de histéresis de riostras convencionales según el valor de esbeltez del elemento [elaboración propia]	106
Tabla VII.2.1.a Rotulas P-M2-M3 en las columnas de la estructura convencional [elaboración propia].....	112
Tabla VII.2.1.b Rotulas P-M2-M3 en las columnas de la estructura con el uso de dispositivos BRB CoreBrace® [elaboración propia].....	112
Tabla VII.2.2.a Parámetros asociados a la curva esqueleto para riostras del tipo HN25x42.4 de 3.0 [m] de largo utilizadas en la estructura convencional [elaboración propia].....	113

Tabla VII.2.2.b Parámetros asociados a la curva esqueleto para riostras del tipo HN30x73.9 de 3.0 [m] de largo utilizadas en la estructura convencional [elaboración propia].....	114
Tabla VII.2.2.c Parámetros asociados a la histéresis Pivot asociada a riostras del tipo HN25x42.4 de 3.0 [m] de largo utilizadas en la estructura convencional [elaboración propia].....	115
Tabla VII.2.2.d Parámetros asociados a la histéresis Pivot asociada a riostras del tipo HN30x73.9 de 3.0 [m] de largo utilizadas en la estructura convencional [elaboración propia].....	115
Tabla VII.2.3.a Rigidez de los dispositivos BRB CoreBrace® [CoreBrace®, 2016]	116
Tabla VII.2.3.b Propiedades mecánicas de los dispositivos BRB [CoreBrace®, 2016].....	117
Tabla VII.2.3.c Curvas esqueleto de los dispositivos BRB [CoreBrace®, 2016]	118
Tabla VII.2.3.d Propiedades lineales equivalentes y propiedades no lineales para histéresis Bouc Wen de los BRB 1/2 [CoreBrace®, 2016].....	119
Tabla VII.2.3.e Propiedades lineales equivalentes y propiedades no lineales para histéresis Bouc Wen de los BRB 2/2 [CoreBrace®, 2016].....	120
Tabla VII.5.4.a Identificación de las riostras convencionales en las tablas de resultados [elaboración propia].....	178
Tabla VII.5.4.b Relación entre la deformación máxima de compresión desarrollada por las riostras convencionales y su deformación de pandeo, Constitución DLE [elaboración propia].....	179
Tabla VII.5.4.c Detección del comportamiento no lineal en riostras convencionales, Constitución DLE [elaboración propia]	180
Tabla VII.5.4.d Relación entre la deformación máxima de compresión desarrollada por las riostras convencionales y su deformación de pandeo, Constitución MCE [elaboración propia].....	182

Tabla VII.5.4.e Detección del comportamiento no lineal en riostras convencionales, Constitución MCE [elaboración propia].....	183
Tabla VII.5.4.f Relación entre la deformación máxima de compresión desarrollada por las riostras convencionales y su deformación de pandeo, Constitución OLE [elaboración propia].....	185
Tabla VII.5.4.g Detección del comportamiento no lineal en riostras convencionales, Constitución OLE [elaboración propia]	186
Tabla VII.5.4.h Relación entre la deformación máxima de compresión desarrollada por las riostras convencionales y su deformación de pandeo, Talca DLE [elaboración propia].....	188
Tabla VII.5.4.i Detección del comportamiento no lineal en riostras convencionales, Talca DLE [elaboración propia].....	189
Tabla VII.5.4.j Relación entre la deformación máxima de compresión desarrollada por las riostras convencionales y su deformación de pandeo, Talca MCE [elaboración propia].....	191
Tabla VII.5.4.k Detección del comportamiento no lineal en riostras convencionales, Talca MCE [elaboración propia].....	192
Tabla VII.5.4.l Relación entre la deformación máxima de compresión desarrollada por las riostras convencionales y su deformación de pandeo, Talca OLE [elaboración propia].....	194
Tabla VII.5.4.m Detección del comportamiento no lineal en riostras convencionales, Talca OLE [elaboración propia]	195
Tabla VII.5.4.n Relación entre la deformación máxima de compresión desarrollada por las riostras convencionales y su deformación de pandeo, Llolleo DLE [elaboración propia].....	197
Tabla VII.5.4.o Detección del comportamiento no lineal en riostras convencionales, Llolleo DLE [elaboración propia]	198

Tabla VII.5.4.p Relación entre la deformación máxima de compresión desarrollada por las riostras convencionales y su deformación de pandeo, Llolleo MCE [elaboración propia].....	200
Tabla VII.5.4.q Detección del comportamiento no lineal en riostras convencionales, Llolleo MCE [elaboración propia]	201
Tabla VII.5.4.r Relación entre la deformación máxima de compresión desarrollada por las riostras convencionales y su deformación de pandeo, Llolleo OLE [elaboración propia].....	203
Tabla VII.5.4.s Detección del comportamiento no lineal en riostras convencionales, Llolleo OLE [elaboración propia]	204
Tabla VII.5.5.a Identificación de las columnas en las tablas de resultados [elaboración propia].....	207
Tabla VII.5.5.b Deformación residual observada, estructura con el uso de riostras convencionales, Constitución DLE [elaboración propia]	209
Tabla VII.5.5.c Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de riostras convencionales, según el criterio establecido para este documento, Constitución DLE [elaboración propia].....	210
Tabla VII.5.5.d Deformación residual observada, estructura con el uso de riostras convencionales, Constitución MCE [elaboración propia]	212
Tabla VII.5.5.e Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de riostras convencionales, según el criterio establecido para este documento, Constitución MCE [elaboración propia].....	213
Tabla VII.5.5.f Deformación residual observada, estructura con el uso de riostras convencionales, Constitución OLE [elaboración propia]	215
Tabla VII.5.5.g Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de riostras convencionales, según el criterio establecido para este documento, Constitución OLE [elaboración propia].....	216

Tabla VII.5.5.h Deformación residual observada, estructura con el uso de riostras convencionales, Talca DLE [elaboración propia]	218
Tabla VII.5.5.i Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de riostras convencionales, según el criterio establecido para este documento, Talca DLE [elaboración propia]	219
Tabla VII.5.5.j Deformación residual observada, estructura con el uso de riostras convencionales, Talca MCE [elaboración propia].....	221
Tabla VII.5.5.k Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de riostras convencionales, según el criterio establecido para este documento, Talca MCE [elaboración propia]	222
Tabla VII.5.5.l Deformación residual observada, estructura con el uso de riostras convencionales, Talca OLE [elaboración propia]	224
Tabla VII.5.5.m Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de riostras convencionales, según el criterio establecido para este documento, Talca OLE [elaboración propia]	225
Tabla VII.5.5.n Deformación residual observada, estructura con el uso de riostras convencionales, Lolleo DLE [elaboración propia].....	227
Tabla VII.5.5.o Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de riostras convencionales, según el criterio establecido para este documento, Lolleo DLE [elaboración propia].....	228
Tabla VII.5.5.p Deformación residual observada, estructura con el uso de riostras convencionales, Lolleo MCE [elaboración propia].....	230
Tabla VII.5.5.q Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de riostras convencionales, según el criterio establecido para este documento, Lolleo MCE [elaboración propia].....	231
Tabla VII.5.5.r Deformación residual observada, estructura con el uso de riostras convencionales, Lolleo OLE [elaboración propia].....	233

Tabla VII.5.5.s Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de riostras convencionales, según el criterio establecido para este documento, Lollole OLE [elaboración propia]	234
Tabla VII.6.4.a Identificación de los dispositivos en las tablas de resultados [elaboración propia].....	285
Tabla VII.6.4.b Relación entre la deformación máxima desarrollada por los dispositivos y la deformación de fluencia, Constitución DLE [elaboración propia].....	286
Tabla VII.6.4.c Relación entre la deformación máxima desarrollada por los dispositivos y la deformación de fluencia, Constitución MCE [elaboración propia]	288
Tabla VII.6.4.d Relación entre la deformación máxima desarrollada por los dispositivos y la deformación de fluencia, Constitución OLE [elaboración propia].....	290
Tabla VII.6.4.e Relación entre la deformación máxima desarrollada por los dispositivos y la deformación de fluencia, Talca DLE [elaboración propia]	292
Tabla VII.6.4.f Relación entre la deformación máxima desarrollada por los dispositivos y la deformación de fluencia, Talca MCE [elaboración propia]	294
Tabla VII.6.4.g Relación entre la deformación máxima desarrollada por los dispositivos y la deformación de fluencia, Talca OLE [elaboración propia]	296
Tabla VII.6.4.h Relación entre la deformación máxima desarrollada por los dispositivos y la deformación de fluencia, Lollole DLE [elaboración propia].....	298
Tabla VII.6.4.i Relación entre la deformación máxima desarrollada por los dispositivos y la deformación de fluencia, Lollole MCE [elaboración propia].....	300
Tabla VII.6.4.j Relación entre la deformación máxima desarrollada por los dispositivos y la deformación de fluencia, Lollole OLE [elaboración propia].....	302
Tabla VII.6.5.a Identificación de las columnas en las tablas de resultados [elaboración propia].....	305
Tabla VII.6.5.b Deformación residual observada, estructura con el uso de dispositivos BRB, Constitución DLE [elaboración propia]	307

Tabla VII.6.5.c Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de dispositivos BRB, según el criterio establecido para este documento, Constitución DLE [elaboración propia].....	308
Tabla VII.6.5.d Deformación residual observada, estructura con el uso de dispositivos BRB, Constitución MCE [elaboración propia].....	309
Tabla VII.6.5.e Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de dispositivos BRB, según el criterio establecido para este documento, Constitución MCE [elaboración propia].....	310
Tabla VII.6.5.f Deformación residual observada, estructura con el uso de dispositivos BRB, Constitución OLE [elaboración propia]	311
Tabla VII.6.5.g Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de dispositivos BRB, según el criterio establecido para este documento, Constitución OLE [elaboración propia].....	312
Tabla VII.6.5.h Deformación residual observada, estructura con el uso de dispositivos BRB, Talca DLE [elaboración propia]	313
Tabla VII.6.5.i Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de dispositivos BRB, según el criterio establecido para este documento, Talca DLE [elaboración propia]	314
Tabla VII.6.5.j Deformación residual observada, estructura con el uso de dispositivos BRB, Talca MCE [elaboración propia]	315
Tabla VII.6.5.k Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de dispositivos BRB, según el criterio establecido para este documento, Talca MCE [elaboración propia]	316
Tabla VII.6.5.l Deformación residual observada, estructura con el uso de dispositivos BRB, Talca OLE [elaboración propia]	317
Tabla VII.6.5.m Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de dispositivos BRB, según el criterio establecido para este documento, Talca OLE [elaboración propia]	318

Tabla VII.6.5.n Deformación residual observada, estructura con el uso de dispositivos BRB, Lollole DLE [elaboración propia]	319
Tabla VII.6.5.o Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de dispositivos BRB, según el criterio establecido para este documento, Lollole DLE [elaboración propia]	320
Tabla VII.6.5.p Deformación residual observada, estructura con el uso de dispositivos BRB, Lollole MCE [elaboración propia]	321
Tabla VII.6.5.q Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de dispositivos, según el criterio establecido para este documento, Lollole MCE [elaboración propia]	322
Tabla VII.6.5.r Deformación residual observada, estructura con el uso de dispositivos BRB, Lollole OLE [elaboración propia]	323
Tabla VII.6.5.s Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de dispositivos BRB, según el criterio establecido para este documento, Lollole OLE [elaboración propia]	324
Tabla IX.2.a Comparación del corte basal y el momento volcante desarrollado por la estructura con BRB c/r a la estructura con el uso de riostras convencionales y el corte de diseño [elaboración propia]	336
Tabla IX.2.b Comparación del porcentaje de riostras convencionales que se espera que presenten comportamiento no lineal según piso y evento sísmico [elaboración propia].....	346
Tabla IX.2.c Comparación del porcentaje de columnas que presentaron daño residual no despreciable, según piso y evento sísmico [elaboración propia]	348
Tabla X.4.a Combinaciones para el diseño de las estructuras [elaboración propia].....	353
Tabla XII.a Cuadro resumen de la caracterización de las señales obtenidas del postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia].....	362
Tabla XV.a Tabla de proposición de equivalencia entre los factores de modificación de la respuesta “R” de NCh 2369.Of2003 v/s NCh 2745.Of2013 [Arrate, 2015].	411

Tabla XV.b Tabla de proposición de equivalencia entre los límites de desplazamientos y desplazamientos esperados de NCh 2369.Of2003 v/s NCh 2745.Of2013 [Arrate, 2015]..... 411

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura III.1.a Mapa Conceptual de los sistemas de resistencia estructural ante solicitaciones sísmicas [elaboración propia]	6
Figura III.1.b Analogía hidráulica (a) Estructura convencional (b) con aisladores (c) con disipadores [Crisafulli, 2014]	7
Figura III.1.c Esquema referencial de la modificación de la respuesta debido a sistemas de aislación sísmica [CDT, 2012].....	7
Figura III.1.d Esquema referencial de la modificación de la respuesta debido a sistemas de disipación sísmica [CDT, 2012]	8
Figura III.1.e Esquema del dispositivo BRB “típico” [Crisafulli, 2014].....	9
Figura III.1.f Referencia esquemática de una BRB Star Seismic TM [http://www.starseismic.net].....	9
Figura III.1.g Comparación del comportamiento de histéresis de la riostra de pandeo restringido v/s riostra convencional [Crisafulli, 2014].....	9
Figura III.1.h Curva esqueleto “típica” considerada en el comportamiento de riostras de pandeo restringido [Crisafulli, 2014].....	10
Figura III.1.i Retrofit biblioteca Marriott, Universidad de Utah, EE.UU. [Crisafulli, 2014]	13
Figura III.1.1.a Esquema de los segmentos de un dispositivo BRB para el cálculo de la rigidez pre fluencia. [PEER, 2002].....	14
Figura III.1.1.b Macro modelo de análisis estructural de BRB [Crisafulli, 2014].....	14
Figura III.1.1.c Esquema de los segmentos de un dispositivo BRB para el cálculo de la rigidez pre fluencia. [PEER, 2002].....	15
Figura III.1.1.d Degradación de la rigidez post fluencia para el ensayo realizado, etapa 1, etapa 3 & etapa 5. [PEER, 2002].....	15

Figura III.1.1.f Esquema referencia marco arriostrado por BRB. [PEER, 2002]	17
Figura III.1.1.g Curva esqueleto considerada en el análisis estructural. [ANSI/AISC 341, 2010].....	17
Figura III.3.a Esquema referencial coeficientes y factores de diseño sismo resistente ASCE/SEI 7-10 [Crisafulli, 2014].....	21
Figura IV.1.a Esquema referencial de un horno tostador de pisos Nichols – Herreshoff [Meza, 2011].....	31
Figura IV.2.a Estructura “típica” de los distintos diafragmas de piso de la estructura de la torre principal de la nave del Roaster [elaboración propia].....	32
Figura IV.2.b Estructura “típica” de los marcos interiores de la estructura de la torre principal de la nave del Roaster [elaboración propia]	33
Figura IV.2.c Estructura “típica” de los marcos exteriores de la estructura de la torre principal de la nave del Roaster, considerando el uso de riostras convencionales [elaboración propia].....	34
Figura IV.2.d Estructura “típica” de los marcos exteriores de la estructura de la torre principal de la nave del Roaster, considerando el uso de BRB en toda su altura [elaboración propia].....	35
Figura V.a Descripción “típica” de un elemento “frame”, y sus ejes locales en un plano tridimensional [CSI, 2016]	37
Figura VI.2.a Imagen referencial del cálculo de la demanda en columnas debido a la fluencia de los dispositivos BRB, solución hiperestática v/s simplificación, en la cual se desprecia el aporte de las BRB inferiores en el nudo en el cual se realiza el equilibrio [elaboración propia]	45
Figura VI.5.a Espectros de pseudo aceleraciones de diseño NCh 2369Of.2003 considerados para el diseño de las estructuras [elaboración propia]	49
Figura VI.6.2.a Planta de piso “tipo”, incluyendo la disposición de los arrostros de piso con posición y conectividad [elaboración propia]	51

Figura VI.6.2.b Disposición de columnas en planta [elaboración propia].....	52
Figura VI.6.2.c Isométrico del modelo FEM de la estructura considerando marco concéntrico tradicional [elaboración propia].....	52
Figura VI.6.2.d Elevación “tipo” exterior (derecha) y corte “tipo” interior (izquierda) [elaboración propia].....	53
Figura VI.6.7.a Serviciabilidad: Desplazamiento máximo lateral debido al estado sísmico [elaboración propia].....	57
Figura VI.6.7.b Serviciabilidad: Desplazamiento relativo máximo lateral debido al estado sísmico [elaboración propia].....	57
Figura VI.7.2.a Planta de piso “tipo”, incluyendo la disposición de los arrostramientos de piso con posición y conectividad [elaboración propia]	60
Figura VI.7.2.b Disposición de columnas en planta [elaboración propia].....	61
Figura VI.7.2.c Isométrico del modelo FEM de la estructura considerando BRB [elaboración propia].....	61
Figura VI.7.2.d Elevación “tipo” exterior (derecha) y corte “tipo” interior (izquierda) [elaboración propia].....	62
Figura VI.7.7.a Serviciabilidad: Desplazamiento máximo lateral debido al estado sísmico [elaboración propia].....	66
Figura VI.7.7.b Serviciabilidad: Desplazamiento relativo máximo lateral debido al estado sísmico [elaboración propia].....	67
Figura VI.7.8.a Demanda de diseño de las BRB v/s la capacidad elástica instalada [elaboración propia].....	69
Figura VI.7.8.b Relación entre la demanda de diseño de las BRB v/s la capacidad elástica instalada [elaboración propia].....	69
Figura VI.7.10.a Solicitación de diseño por capacidad esperada de las BRB sobre las columnas externas de la fachada v/s la capacidad nominal a compresión instalada [elaboración propia].....	74

Figura VI.7.10.b Solicitación de diseño por capacidad esperada de las BRB sobre las columnas interiores de la fachada v/s la capacidad nominal a compresión instalada [elaboración propia].....	74
Figura VI.7.10.c Relación entre la solicitud de diseño por capacidad esperada de las BRB sobre las columnas exteriores de la fachada v/s la capacidad nominal a compresión instalada [elaboración propia].....	75
Figura VI.7.10.d Relación entre la solicitud de diseño por capacidad esperada de las BRB sobre las columnas interiores de la fachada v/s la capacidad nominal a compresión instalada [elaboración propia].....	75
Figura VI.8.2.a Planta de piso “tipo”, incluyendo la disposición de los arrostramientos de piso con posición y conectividad [elaboración propia]	78
Figura VI.8.2.b Disposición de columnas en planta [elaboración propia].....	79
Figura VI.8.2.c Isométrico del modelo FEM de la estructura considerando BRB CoreBrace® [elaboración propia].....	79
Figura VI.8.2.d Elevación “tipo” exterior (derecha) y corte “tipo” interior (izquierda) [elaboración propia].....	80
Figura VI.8.7.a Serviciabilidad: Desplazamiento máximo lateral debido al estado sísmico [elaboración propia].....	85
Figura VI.8.7.b Serviciabilidad: Desplazamiento relativo máximo lateral debido al estado sísmico [elaboración propia].....	85
Figura VI.8.8.a Demanda de diseño de las BRB v/s la capacidad elástica instalada [elaboración propia].....	88
Figura VI.8.8.b Relación entre la demanda de diseño de las BRB v/s la capacidad elástica instalada [elaboración propia].....	88
Figura VI.8.10.a Solicitación de diseño por capacidad esperada de las BRB sobre las columnas externas de la fachada v/s la capacidad nominal a compresión instalada [elaboración propia].....	93

Figura VI.8.10.b Solicitación de diseño por capacidad esperada de las BRB sobre las columnas interiores de la fachada v/s la capacidad nominal a compresión instalada [elaboración propia].....	93
Figura VI.8.10.c Relación entre la solicitud de diseño por capacidad esperada de las BRB sobre las columnas exteriores de la fachada v/s la capacidad nominal a compresión instalada [elaboración propia].....	94
Figura VI.8.10.d Relación entre la solicitud de diseño por capacidad esperada de las BRB sobre las columnas interiores de la fachada v/s la capacidad nominal a compresión instalada [elaboración propia].....	94
Figura VII.1.1.a Comportamiento cíclico de arriostras convencionales con radios de esbeltez (l/r) de 120, 80 y 40: (a, b, c) corresponde a la fuerza axial v/s la curva histeretica de desplazamiento axial; (d, e, f) corresponde a fuerza axial v/s desplazamiento lateral (Black, 1980, Universidad de California, Berkeley) [Bruneau, Uang, Sabelli, 2011]	96
Figura VII.1.1.b Ejemplo de histéresis de una riostra convencional ante carga axial cíclica [Bruneau, Uang, Sabelli, 2011]	97
Figura VII.1.1.c Pandeo elástico v/s pandeo inelástico para un elemento H, considerando a la izquierda condiciones cinemáticas de rotulado – rotulado y a la derecha condiciones cinemáticas de rotulado - empotrado (Black, 1980, Universidad de California, Berkeley) [Bruneau, Uang, Sabelli, 2011]	100
Figura VII.1.1.d Ciclos de histéresis asociados al pandeo inelástico de riostras convencionales en condición rotulada – rotulada, para $\lambda=80$ (Black, 1980, Universidad de California, Berkeley) [Bruneau, Uang, Sabelli, 2011]	101
Figura VII.1.1.e Envoltente de los ciclos de histéresis asociados al pandeo inelástico de riostras convencionales en condición rotulada – rotulada, para $\lambda=40$, $\lambda=80$ y $\lambda=120$ (Black, 1980, Universidad de California, Berkeley) [Bruneau, Uang, Sabelli, 2011]	101
Figura VII.1.1.f Factor de correlación entre las resistencias residuales de compresión pos pandeo y las resistencias a las compresiones de pandeo efectivas para el acero	

ASTM A36, considerando su fluencia esperada (SEAOC, 1990) [elaboración propia].....	102
Figura VII.1.1.g Curva esqueleto normalizada para $\lambda=40$, considerando lo establecido por Black en 1980 [elaboración propia].....	103
Figura VII.1.1.h Curva esqueleto normalizada para $\lambda=80$, considerando lo establecido por Black en 1980 [elaboración propia].....	103
Figura VII.1.1.i Curva esqueleto normalizada para $\lambda=120$, considerando lo establecido por Black en 1980 [elaboración propia]	104
Figura VII.1.1.j Curva característica del modelo de histéresis “Pivot” [CSI, 2016]	104
Figura VII.1.1.k Izquierda: puntos de designación de la histéresis pivot. Derecha: representación gráfica de las reglas de carga y descarga de la histéresis pivot [Dowell, Seible y Wilson, 1998]	105
Figura VII.1.2.a Comportamiento de una riostra convencional v/S BRB [Bruneau, Uang, Sabelli, 2011].....	107
Figura VII.1.2.b Ciclo de respuesta para la prueba de 4 especímenes (Itawa, Universidad de Kanagawa, 2000) [Bruneau, Uang, Sabelli, 2011]	108
Figura VII.1.3.a Curva de comportamiento mecánico ingenieril nominal y modificada por R_y & R_u perteneciente al acero ASTM A36, utilizada en la modelación de los elementos metálicos convencionales de este documento [elaboración propia]...	111
Figura VII.1.3.b Discretización seleccionada ($3 \times 2 + 1$, default) para la elaboración de rotulas de fibra en perfiles metálicos del tipo “H”, a la izquierda la discretización transversal del área y a la derecha el esquema de discretización numérica equivalente [elaboración propia]	111
Figura VII.2.2.a Curva esqueleto interpolada y modificada por la ecuación de la SEAOC de 1990 para riostras del tipo HN25x42.4 de 3.0 [m] de largo [elaboración propia].....	113

Figura VII.2.2.b Curva esqueleto interpolada y modificada por la ecuación de la SEAOC de 1990 para riostras del tipo HN30x73.9 de 3.0 [m] de largo [elaboración propia].....	114
Figura VII.2.3.a Curva esqueleto, y rigidez secante asociada a un DRIFT de 2%, para histéresis Cinemática de los BRB del primer piso [CoreBrace®, 2016].....	121
Figura VII.2.3.b Curva esqueleto, y rigidez secante asociada a un DRIFT de 2%, para histéresis Cinemática de los BRB de los pisos superiores [CoreBrace®, 2016].	121
Figura VII.4.1.a Imagen referencial de un edificio bajo estado de colapso [FEMA, 2012].....	124
Figura VII.4.2.a Ejemplo de modificación de la demanda flexural, en una viga isostática, simplemente apoyada, debido a la aplicación de una carga axial P, y el efecto P- δ [CSI, 2016]	126
Figura VII.4.2.b Ejemplo de modificación de la demanda flexural, en una columna isostática, empotrada, debido a la aplicación de una carga axial P, y el efecto P- Δ (considerando desplazamiento lateral del nodo superior despreciable) [CSI, 2016].....	127
Figura VII.4.2.c Ejemplo de modificación de la demanda flexural, en una columna isostática, empotrada, debido a la aplicación de una carga axial P, y el efecto P- δ (considerando deformación interior del elemento despreciable) [CSI, 2016].....	127
Figura VII.4.2.d Ejemplo de modificación de la demanda flexural en una columna isostática, empotrada, debido a la aplicación de una carga axial P, efecto P- δ y efecto P- Δ [CSI, 2016]	127
Figura VII.4.2.e Ejemplo de modificación de la curva esqueleto, en una columna doblemente empotrada, bajo efecto P- Δ , con respecto al desplazamiento lateral (efecto P- δ despreciable en este tipo de columnas) [CSI, 2016]	128
Figura VII.5.1.a Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Constitución DLE, estructura con riostras estándar [elaboración propia].....	130

Figura VII.5.1.b Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Constitución MCE, estructura con riostras estándar [elaboración propia].....	131
Figura VII.5.1.c Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Constitución OLE, estructura con riostras estándar [elaboración propia].....	132
Figura VII.5.1.d Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Talca DLE, estructura con riostras estándar [elaboración propia]	133
Figura VII.5.1.e Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Talca MCE, estructura con riostras estándar [elaboración propia]	134
Figura VII.5.1.f Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Talca OLE, estructura con riostras estándar [elaboración propia]	135
Figura VII.5.1.g Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Llolleo DLE, estructura con riostras estándar [elaboración propia].....	136
Figura VII.5.1.h Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Llolleo MCE, estructura con riostras estándar [elaboración propia].....	137
Figura VII.5.1.i Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Llolleo OLE, estructura con riostras estándar [elaboración propia].....	138
Figura VII.5.2.a Comportamiento del desplazamiento relativo de piso, estructura con riostras estándar, Constitución DLE [elaboración propia]	140
Figura VII.5.2.b Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Constitución DLE [elaboración propia]	141
Figura VII.5.2.c DRIFT; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Constitución DLE [elaboración propia].....	142
Figura VII.5.2.d Comportamiento del desplazamiento relativo de piso, estructura con riostras estándar, Constitución MCE [elaboración propia]	143

Figura VII.5.2.e Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Constitución MCE [elaboración propia]	144
Figura VII.5.2.f DRIFT; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Constitución MCE [elaboración propia].....	145
Figura VII.5.2.g Comportamiento del desplazamiento relativo de piso, estructura con riostras estándar, Constitución OLE [elaboración propia]	146
Figura VII.5.2.h Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Constitución OLE [elaboración propia]	147
Figura VII.5.2.i DRIFT; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Constitución OLE [elaboración propia].....	148
Figura VII.5.2.j Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Talca DLE [elaboración propia]	149
Figura VII.5.2.k Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Talca DLE [elaboración propia]	150
Figura VII.5.2.l DRIFT; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Talca DLE [elaboración propia]	151
Figura VII.5.2.m Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Talca MCE [elaboración propia]	152
Figura VII.5.2.n Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Talca MCE [elaboración propia]	153
Figura VII.5.2.o DRIFT; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Talca MCE [elaboración propia]	154
Figura VII.5.2.p Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Talca OLE [elaboración propia]	155
Figura VII.5.2.q Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Talca OLE [elaboración propia]	156

Figura VII.5.2.r DRIFT; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Talca OLE [elaboración propia]	157
Figura VII.5.2.s Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Lollole DLE [elaboración propia]	158
Figura VII.5.2.t Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Lollole DLE [elaboración propia]	159
Figura VII.5.2.u DRIFT; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Lollole DLE [elaboración propia]	160
Figura VII.5.2.v Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Lollole MCE [elaboración propia]	161
Figura VII.5.2.w Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Lollole MCE [elaboración propia]	162
Figura VII.5.2.x DRIFT; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Lollole MCE [elaboración propia]	163
Figura VII.5.2.y Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Lollole OLE [elaboración propia]	164
Figura VII.5.2.z Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Lollole OLE [elaboración propia]	165
Figura VII.5.2.aa DRIFT; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Lollole OLE [elaboración propia]	166
Figura VII.5.3.a Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras convencionales ante la acción del evento sísmico Constitución DLE [elaboración propia]	168
Figura VII.5.3.b Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras convencionales ante la acción del evento sísmico Constitución MCE [elaboración propia]	169

Figura VII.5.3.c Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras convencionales ante la acción del evento sísmico Constitución OLE [elaboración propia]	170
Figura VII.5.3.d Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras convencionales ante la acción del evento sísmico Talca DLE [elaboración propia]	171
Figura VII.5.3.e Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras convencionales ante la acción del evento sísmico Talca MCE [elaboración propia]	172
Figura VII.5.3.f Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras convencionales ante la acción del evento sísmico Talca OLE [elaboración propia]	173
Figura VII.5.3.g Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras convencionales ante la acción del evento sísmico Lollle DLE [elaboración propia]	174
Figura VII.5.3.h Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras convencionales ante la acción del evento sísmico Lollle MCE [elaboración propia]	175
Figura VII.5.3.i Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras convencionales ante la acción del evento sísmico Lollle OLE [elaboración propia]	176
Figura VII.5.4.b Riostra convencional con la mayor relación entre deformación máxima de compresión y deformación de pandeo detectada, evento: Constitución DLE [elaboración propia].....	181
Figura VII.5.4.c Riostra convencional con la mayor relación entre deformación máxima de compresión y deformación de pandeo detectada, evento: Constitución MCE [elaboración propia].....	184

Figura VII.5.4.d Riostra convencional con la mayor relación entre deformación máxima de compresión y deformación de pandeo detectada, evento: Constitución OLE [elaboración propia].....	187
Figura VII.5.4.e Riostra convencional con la mayor relación entre deformación máxima de compresión y deformación de pandeo detectada, evento: Talca DLE [elaboración propia].....	190
Figura VII.5.4.f Riostra convencional con la mayor relación entre deformación máxima de compresión y deformación de pandeo detectada, evento: Talca MCE [elaboración propia].....	193
Figura VII.5.4.g Riostra convencional con la mayor relación entre deformación máxima de compresión y deformación de pandeo detectada, evento: Talca OLE [elaboración propia].....	196
Figura VII.5.4.h Riostra convencional con la mayor relación entre deformación máxima de compresión y deformación de pandeo detectada, evento: Llolleo DLE [elaboración propia].....	199
Figura VII.5.4.i Riostra convencional con la mayor relación entre deformación máxima de compresión y deformación de pandeo detectada, evento: Llolleo MCE [elaboración propia].....	202
Figura VII.5.4.j Riostra convencional con la mayor relación entre deformación máxima de compresión y deformación de pandeo detectada, evento: Llolleo OLE [elaboración propia].....	205
Figura VII.5.5.b Columna con la mayor deformación residual detectada, estructura con uso de riostras convencionales, Constitución DLE [elaboración propia].....	211
Figura VII.5.5.c Columna con la mayor deformación residual detectada, estructura con uso de riostras convencionales, Constitución MCE [elaboración propia].....	214
Figura VII.5.5.d Columna con la mayor deformación residual detectada, estructura con uso de riostras convencionales, Constitución OLE [elaboración propia].....	217
Figura VII.5.5.e Columna con la mayor deformación residual detectada, estructura con uso de riostras convencionales, Talca DLE [elaboración propia]	220

Figura VII.5.5.f Columna con la mayor deformación residual detectada, estructura con uso de riostras convencionales, Talca MCE [elaboración propia]	223
Figura VII.5.5.g Columna con la mayor deformación residual detectada, estructura con uso de riostras convencionales, Talca OLE [elaboración propia]	226
Figura VII.5.5.h Columna con la mayor deformación residual detectada, estructura con uso de riostras convencionales, Llolleo DLE [elaboración propia].....	229
Figura VII.5.5.i Columna con la mayor deformación residual detectada, estructura con uso de riostras convencionales, Llolleo OLE [elaboración propia].....	232
Figura VII.5.5.j Columna con la mayor deformación residual detectada, estructura con uso de riostras convencionales, Llolleo OLE [elaboración propia].....	235
Figura VII.6.1.a Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Constitución DLE, estructura con BRB [elaboración propia].....	237
Figura VII.6.1.b Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Constitución MCE, estructura con BRB [elaboración propia].....	238
Figura VII.6.1.c Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Constitución OLE, estructura con BRB [elaboración propia].....	239
Figura VII.6.1.d Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Talca DLE, estructura con BRB [elaboración propia]	240
Figura VII.6.1.f Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Talca MCE, estructura con BRB [elaboración propia]	241
Figura VII.6.1.g Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Talca OLE, estructura con BRB [elaboración propia]	242
Figura VII.6.1.h Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Llolleo DLE, estructura con BRB [elaboración propia].....	243
Figura VII.6.1.i Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Llolleo MCE, estructura con BRB [elaboración propia].....	244

Figura VII.6.1.j Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Llolleo OLE, estructura con BRB [elaboración propia].....	245
Figura VII.6.2.a Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Constitución DLE [elaboración propia]	247
Figura VII.6.2.b Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Constitución DLE [elaboración propia]	248
Figura VII.6.2.c DRIFT; máximos y residuales, estructura con BRB, Constitución DLE [elaboración propia].....	249
Figura VII.6.2.d Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Constitución MCE [elaboración propia].....	250
Figura VII.6.2.f DRIFT; máximos y residuales, estructura con BRB, Constitución MCE [elaboración propia].....	252
Figura VII.6.2.g Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Constitución OLE [elaboración propia]	253
Figura VII.6.2.i DRIFT; máximos y residuales, estructura con BRB, Constitución MCE [elaboración propia].....	255
Figura VII.6.2.j Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Talca DLE [elaboración propia]	256
Figura VII.6.2.l DRIFT; máximos y residuales, estructura con BRB, Talca DLE [elaboración propia].....	258
Figura VII.6.2.m Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Talca MCE [elaboración propia]	259
Figura VII.6.2.o DRIFT; máximos y residuales, estructura con BRB, Talca MCE [elaboración propia].....	261
Figura VII.6.2.p Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Talca OLE [elaboración propia]	262

Figura VII.6.2.r DRIFT; máximos y residuales, estructura con BRB, Talca OLE [elaboración propia].....	264
Figura VII.6.2.s Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Lollole DLE [elaboración propia]	265
Figura VII.6.2.u DRIFT; máximos y residuales, estructura con BRB, Lollole DLE [elaboración propia].....	267
Figura VII.6.2.v Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Lollole MCE [elaboración propia]	268
Figura VII.6.2.x DRIFT; máximos y residuales, estructura con BRB, Lollole MCE [elaboración propia].....	270
Figura VII.6.2.y Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Lollole OLE [elaboración propia]	271
Figura VII.6.2.aa DRIFT; máximos y residuales, estructura con BRB, Lollole OLE [elaboración propia].....	273
Figura VII.6.3.a Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras de pandeo restringido CoreBrace® ante la acción del evento sísmico Constitución DLE [elaboración propia]	275
Figura VII.6.3.b Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras de pandeo restringido CoreBrace® ante la acción del evento sísmico Constitución MCE [elaboración propia]	276
Figura VII.6.3.c Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras de pandeo restringido CoreBrace® ante la acción del evento sísmico Constitución OLE [elaboración propia]	277
Figura VII.6.3.d Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras de pandeo restringido CoreBrace® ante la acción del evento sísmico Talca DLE [elaboración propia]	278

Figura VII.6.3.e Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras de pandeo restringido CoreBrace® ante la acción del evento sísmico Talca MCE [elaboración propia]	279
Figura VII.6.3.f Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras de pandeo restringido CoreBrace® ante la acción del evento sísmico Talca OLE [elaboración propia]	280
Figura VII.6.3.g Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras de pandeo restringido CoreBrace® ante la acción del evento sísmico Llole DLE [elaboración propia]	281
Figura VII.6.3.h Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras de pandeo restringido CoreBrace® ante la acción del evento sísmico Llole MCE [elaboración propia]	282
Figura VII.6.3.i Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras de pandeo restringido CoreBrace® ante la acción del evento sísmico Llole OLE [elaboración propia]	283
Figura VIII.1.a Disposición en planta del sistema de fundación supuesto para los casos de estudio de este documento [elaboración propia]	325
Figura IX.2.a Comparación de los DRIFT máximos esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento DLE [elaboración propia]	338
Figura IX.2.b Comparación de los DRIFT máximos esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento MCE [elaboración propia]	338
Figura IX.2.c Comparación de los DRIFT máximos esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento OLE [elaboración propia]	339
Figura IX.2.d Comparación de los desplazamientos máximos esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento DLE [elaboración propia]	339
Figura IX.2.e Comparación de los desplazamientos máximos esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento MCE [elaboración propia]	340

Figura IX.2.f Comparación de los desplazamientos máximos esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento OLE [elaboración propia]	340
Figura IX.2.g Comparación de los DRIFT residuales esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento DLE [elaboración propia].....	341
Figura IX.2.h Comparación de los DRIFT residuales esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento MCE [elaboración propia]	342
Figura IX.2.i Comparación de los DRIFT residuales esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento OLE [elaboración propia].....	342
Figura IX.2.j Comparación de los desplazamientos residuales esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento DLE [elaboración propia]	343
Figura IX.2.k Comparación de los desplazamientos residuales esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento MCE [elaboración propia]	343
Figura IX.2.l Comparación de los desplazamientos residuales esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento OLE [elaboración propia]	344
Figura X.6.a Sección de referencia para el diseño de BRB [elaboración propia].....	354
Figura XI.a Mapa Conceptual del proceso de elaboración de acelerogramas sintéticos compatibles con espectros de respuesta, parte 1 [elaboración propia]	356
Figura XI.b Mapa Conceptual del proceso de elaboración de acelerogramas sintéticos compatibles con espectros de respuesta, parte 2 [elaboración propia]	357
Figura XI.c Imagen referencial del resultado final del proceso de elaboración de acelerogramas sintéticos compatibles con espectros de respuesta [Saragoni & Hart, 1974].....	358
Figura XII.a Registros procesados de aceleración, en la estación de Talca, del terremoto del 27/02/2010, canales perpendiculares [RENADIC, 2016]	360
Figura XII.b Registros procesados de aceleración, en la estación de Llolleo, del terremoto del 27/02/2010, canales perpendiculares [RENADIC, 2016].....	361

Figura XII.c Registros procesados de aceleración, en la estación de Constitución, del terremoto del 27/02/2010, canales perpendiculares [RENADIC, 2016]	361
Figura XII.1.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]	363
Figura XII.1.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia].....	363
Figura XII.1.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	364
Figura XII.1.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	364
Figura XII.2.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]	365
Figura XII.2.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia].....	365
Figura XII.2.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	366
Figura XII.2.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	366
Figura XII.3.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]	367
Figura XII.3.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia].....	367
Figura XII.3.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	368
Figura XII.3.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	368

Figura XII.4.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]	369
Figura XII.4.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia].....	369
Figura XII.4.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	370
Figura XII.4.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	370
Figura XII.5.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]	371
Figura XII.5.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia].....	371
Figura XII.5.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	372
Figura XII.5.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	372
Figura XII.6.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]	373
Figura XII.6.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia].....	373
Figura XII.6.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	374
Figura XII.6.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia].....	374
Figura XII.7.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]	375

Figura XII.7.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia].....	375
Figura XII.7.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	376
Figura XII.7.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia].....	376
Figura XII.8.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]	377
Figura XII.8.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia].....	377
Figura XII.8.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	378
Figura XII.8.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia].....	378
Figura XII.9.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]	379
Figura XII.9.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia].....	379
Figura XII.9.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	380
Figura XII.9.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia].....	380
Figura XII.10.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]	381
Figura XII.10.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]	381

Figura XII.10.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	382
Figura XII.10.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia].....	382
Figura XII.11.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]	383
Figura XII.11.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia].....	383
Figura XII.11.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	384
Figura XII.11.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	384
Figura XII.12.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]	385
Figura XII.12.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]	385
Figura XII.12.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	386
Figura XII.12.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	386
Figura XII.13.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]	387
Figura XII.13.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia].....	387
Figura XII.13.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	388 388

Figura XII.13.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	388
Figura XII.14.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]	389
Figura XII.14.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]	389
Figura XII.14.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el..	390
espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	390
Figura XII.14.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	390
Figura XII.15.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]	391
Figura XII.15.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]	391
Figura XII.15.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el..	392
espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	392
Figura XII.15.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	392
Figura XII.16.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]	393
Figura XII.16.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]	393
Figura XII.16.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el..	394
espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	394

Figura XII.16.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	394
Figura XII.17.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]	395
Figura XII.17.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]	395
Figura XII.17.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el..	396
espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	396
Figura XII.17.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	396
Figura XII.18.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]	397
Figura XII.18.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]	397
Figura XII.18.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el..	398
espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	398
Figura XII.18.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]	398
Figura XIII.a.a Espectro de respuesta NCh2369 para I=1.0, R=2.0 y R=3.0 (incluyendo corte mínimo) v/s Espectro de respuesta RFA para Huachipato [INN, 2003]	400
Figura XIV.a Esquema referencial de la definición de aceleración efectiva “Ao” (EPA) [ATC-40, 1996]	404
Figura XIV.b Curvas de iso - aceleración para una probabilidad de excedencia de 10% en 50 años y zonificación NCh 2369.Of2003 [Álvarez & Fischer, 2001]	406

Figura XV.a Comparativa, espectros de respuesta elásticos de aceleraciones y desplazamientos, NCh 2369.Of2003 v/s NCh 2745.Of2013, $\xi=5\%$, $M_m=1$, $I=1.2$, zona 2, $R=5$, suelo I [Arrate, 2015]	409
Figura XV.b Comparativa, espectros de respuesta elásticos de aceleraciones y desplazamientos, NCh 2369.Of2003 v/s NCh 2745.Of2013, $\xi=5\%$, $M_m=1$, $I=1.2$, zona 2, $R=5$, suelo II [Arrate, 2015]	410
Figura XV.c Comparativa, espectros de respuesta elásticos de aceleraciones y desplazamientos, NCh 2369.Of2003 v/s NCh 2745.Of2013, $\xi=5\%$, $M_m=1$, $I=1.2$, zona 2, $R=5$, suelo III [Arrate, 2015].....	410

RESUMEN

El siguiente documento consta de los principales resultados, análisis estructurales, análisis económicos y comentarios establecidos de la comparación del diseño de la torre principal de una nave industrial encargada de albergar un equipo tostador de molibdeno, considerando el uso de la estructuración de marco arriostrado concéntrico, según lo estipulado por la norma NCh2369Of.2003 y la opción de diseño considerando marco arriostrado con el uso de riostras de pandeo restringido. Lo anterior es realizado considerando el comportamiento no lineal; presente en columnas, riostras de pandeo restringido y riostras convencionales, ante la acción de los acelerogramas de Constitución, Talca y Lolleo, obtenidos en el terremoto del 27 de febrero de 2010, en la región del Maule. El estudio considera la compatibilización de dichos acelerogramas a la demanda establecida por la norma NCh2745Of.2013, siendo escalada para considerar eventos del tipo OLE, DLE y MCE.

De lo anterior, se concluye el desempeño superior de la estructura considerando el uso de riostras de pandeo restringido; con respecto a la estructura de marco concéntrico diseñada según las disposiciones normativas, además de detectar múltiples falencias en el desempeño de la estructura con uso de riostras convencionales, las cuales presentan grandes contradicciones con los objetivos de diseño estipulados en la norma NCh2369Of.2003, considerada en la elaboración de su diseño.

ABSTRACT

The following document consists of the main results obtained from the structural analyzes, economic analysis and established comments of the comparison of the design of the main tower of an industrial's structure in charge of housing a roaster equipment of molybdenum, considering the use of concentric braced frames according indicated by the standard of seismic's design NCh2369Of.2003 versus the use of buckling-restrained braced frames. This is done considering non-linear behavior present in columns, braces of restricted buckling and conventional braces, produced by the action of the accelerograms of Constitution, Talca and Lolleo, obtained in the earthquake of 27 of February of 2010, in the region of Maule. The study considers the compatibilization of these accelerograms to the demand established by the standard NCh2745Of.2013, being scalded to consider events of type OLE, DLE and MCE.

From the above, it's conclude the superior performance of the structure considering the use of Buckling Restrained Braces with respect to the concentric braced frames structure designed according to the standard dispositions. Additionally multiple performance failures are detected in the structure with the use of conventional braces, which present great contradictions with the design objectives established by the standard NCh2369Of.2003.

I INTRODUCCIÓN

Después del terremoto del Maule (Epicentro: 35°54'32"S 72°43'59"O) producido el sábado 27 de febrero de 2010 a las 03:34:08 hora local (UTC-3), el cual alcanzó una magnitud de 8.8 M_W , se inicia un proceso de revisión, modificación y actualización de las normas competentes al diseño estructural en Chile, el cual contempla la revisión de la actual norma de diseño de estructuras industriales NCh 2369.Of2003. Bajo ese concepto, el estudio de nuevas tecnologías de protección sísmica promete otorgar un valioso aporte a la forma de diseñar estructuras industriales en Chile, pudiendo generar estructuras con costos similares o inferiores a la actual práctica, logrando un mayor nivel de protección para los equipos, menores niveles de daño residual y menores tiempos asociados a reparación de daños, afectando de manera positiva al sector industrial, el cual constantemente se encuentra demandando mejoras en los niveles de seguridad y de protección de sus operaciones. Con el ánimo de generar una contribución al avance del estado del arte del diseño chileno, este documento estudia el comportamiento de una estructura industrial – minera representativa de la práctica chilena, en la cual se analizara las implicancias asociadas a la implementación de riostras de pandeo restringidos (desde ahora denominadas BRB) con respecto a la estructuración tradicional sin el uso de esta tecnología, con lo cual se espera establecer conclusiones con respecto a los beneficios de su inclusión en los diseños.

II ASPECTOS GENERALES

II.1 Objetivos

Considerando el estudio de una estructura industrial minera chilena, de vital importancia para las operaciones de la planta en la que se encuentre, como es el caso de las torres principales de las naves industriales que albergan equipos tipo “roaster” en las plantas de refinación de molibdeno, de las cuales existen ejemplos emblemáticos en el país, se pretende:

- a) Poder determinar el comportamiento dinámico de la torre principal de la nave del roaster, considerando una estructuración de marco arriostrado concéntrico, con el uso de riostras estándar, la metodología de diseño espectral modal y los requisitos de diseño establecidos por la norma NCh 2369:2003, considerando como niveles de demanda de estudio, el espectro establecido por la norma NCh2745:2013, para la demanda sísmica de diseño ($x 1.0$), la demanda sísmica de un sismo habitual ($x 0.6$), y la demanda sísmica de un evento máximo creíble ($x 1.5$).
- b) Poder determinar el comportamiento dinámico de la torre principal de la nave del roaster, considerando una estructuración de marco arriostrado concéntrico, con el uso de riostras de pandeo restringido, considerando los parámetros directamente estipulados por el proveedor (CoreBrace®), la metodología de diseño espectral modal y los requisitos de diseño establecidos por la norma NCh 2369:2003, considerando como niveles de demanda de estudio, el espectro establecido por la norma NCh2745:2013, para la demanda sísmica de diseño ($x 1.0$), la demanda sísmica de un sismo habitual ($x 0.6$), y la demanda sísmica de un evento máximo creíble ($x 1.5$).
- c) Realizar un análisis económico que permita determinar el impacto en los costos del proyecto de ingeniería de diseño y construcción de la torre principal de la nave

que alberga el roster, considerando el uso de riostras de pandeo restringido, con respecto al uso de riostras convencionales.

- d) Establecer resultados, conclusiones, y comentarios con respecto a la conveniencia del uso de un sistema estructural considerando el uso de riostras de pandeo restringido, con respecto al uso de riostras convencionales.

II.2 Metodología

Considerando el estudio de una estructura industrial minera metálica, comúnmente observada como torre principal en naves industriales que alberguen equipos del tipo roaster, la cual posee 16 pisos, y 41.48 [m] de altura, de sección exterior de 15 [m] x 15 [m] y una sección interior de 7.5 [m] x 7.5 [m], diseñada para ser utilizada como apoyo de los servicios de mantenimiento de un equipo roaster de molibdeno, del tipo Nichols – Herreshoff de 45 [m] de altura, se pretende:

- a) Realizar el diseño estructural de la torre principal de la nave encargada de albergar el equipo roaster, considerando una estructuración de marcos concéntricamente arriostrados, convencionales, según la metodología de diseño espectral modal reducido y consideraciones estipuladas en la norma NCh 2369:2003.
- b) Realizar el diseño estructural de la torre principal de la nave encargada de albergar el equipo roaster, considerando una estructuración de marcos concéntricamente arriostrados, con el uso de riostras de pandeo restringido, a través del uso de parámetros estimativos y el uso de parámetros establecidos por proveedor (CoreBrace®), según la metodología de diseño espectral modal reducido y consideraciones estipuladas en la norma NCh 2369:2003, y lo estipulado en la literatura relacionada a este tipo de riostras, considerando alguna metodología de diseño aplicable al diseño de BRB en el país.

- c) Realizar el estudio del comportamiento dinámico de la estructura considerando el uso de riostras convencionales y riostras de pandeo restringido estipuladas por proveedor (CoreBrace®), a través de la modelación no lineal de los principales elementos susceptibles a degradaciones importantes, ante la excitación de los registros de aceleración de las estaciones de Constitución, Lolleo y Talca, obtenidos del terremoto del Maule, compatibilizadas al espectro elástico de demanda establecido por NCh2745:2013, según los parámetros propios de cada estructuración, escalado a la probabilidad de excedencia comúnmente atribuible a un evento sísmico habitual, de diseño y máximo creíble.

- d) Realizar el estudio económico del costo del proyecto de ingeniería de detalles y construcción de la torre principal de la nave que alberga el roaster

- e) Realizar considerando lo anterior; conclusiones y comentarios que ayuden al lector de este documento a poder formar un juicio crítico de la conveniencia de considerar la utilización de riostras de pandeo restringido en la realización de proyectos de la índole industrial minero, a través de las diferencias en el comportamiento dinámico “esperado”, en los daños residuales posterior a un evento sísmico importante, además del cómo afecta el nivel de seguridad de las operaciones y el costo económico de dicha opción de diseño.

III MARCO TEÓRICO

III.1 Riostras de pandeo restringido BRB

Desde hace un par de décadas la Ingeniería Sísmica se ha enfocado en la búsqueda y desarrollo de distintas metodologías, sistemas y dispositivos para mejorar el desempeño de las estructuras expuestas a solicitaciones sísmicas, buscando prever y evitar los daños asociados a la exposición de las estructuras a este tipo de eventos a través de la mejora de su comportamiento dinámico. Debido a lo anterior con el tiempo se han desarrollado distintos dispositivos; los denominados sistemas de protección sísmica, los cuales, si son correctamente implementados, logran disminuir el daño estructural. Una importante rama de los sistemas de protección sísmica es la dedicada a la disipación de la energía impuesta en un evento sísmico sobre las estructuras, modificando sus respuestas en búsqueda de la disminución del daño residual, además de concentrar dicho daño en segmentos predeterminados de la estructura facilitando su reparación, es en este punto donde se puede encontrar las riostras de pandeo restringido (buckling restrained braces, BRB)

Las BRB son sistemas de disipación sísmica pasiva de extrusión de materiales, conformadas por un núcleo de acero envuelto en una camisa generalmente de mortero de fisuración y una cubierta metálica, donde el núcleo puede adoptar distintas configuraciones como lo son las secciones circulares, rectangulares, cuadradas y cruciformes. Entre el núcleo de acero y el mortero de fisuración se posiciona una capa antiadherente que permite al núcleo dilatarse libremente (longitudinalmente) de forma independiente respecto al mortero de fisuración, pero que además posea el espesor y flexibilidad necesarios para permitir la dilatación lateral del núcleo por efecto de poisson, pero sin permitir el pandeo global del núcleo.

A continuación, se presenta un diagrama conceptual el cual contiene la clasificación de los sistemas de resistencia estructural ante solicitaciones sísmicas, en el cual se puede identificar la clasificación en la cual se encuentran los sistemas de BRB:

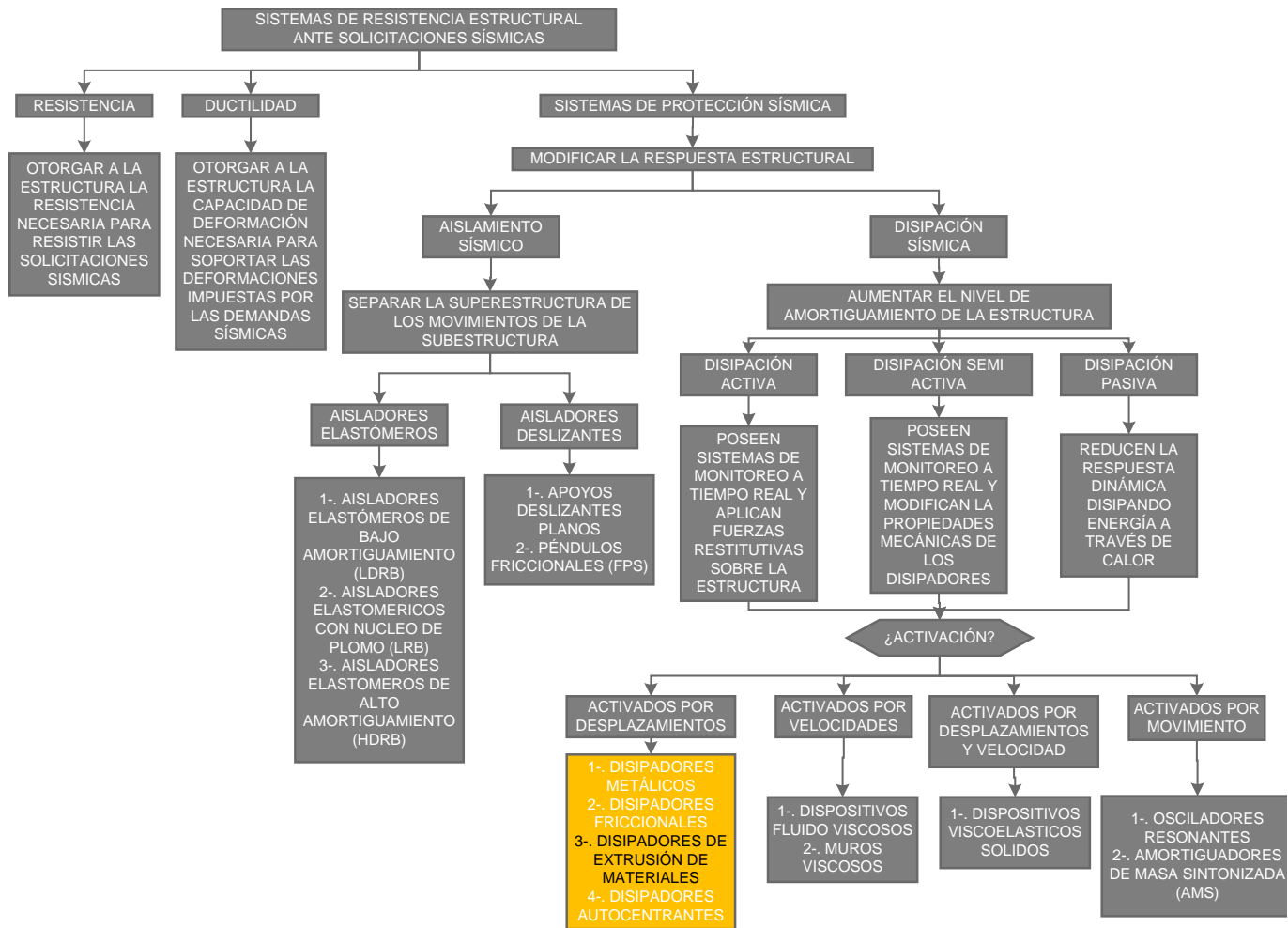


Figura III.1.a Mapa Conceptual de los sistemas de resistencia estructural ante solicitaciones sísmicas [elaboración propia]

El siguiente esquema presenta en términos “energéticos”, la diferencia entre la forma en la cual disipa energía una estructura de carácter convencional, con respecto a estructuras en las cuales se ha incorporado sistemas de aislamiento sísmico, o disipación de energía:

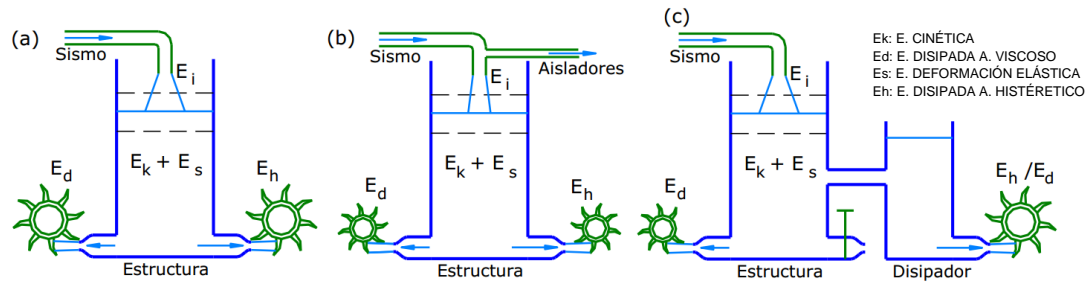


Figura III.1.b Analogía hidráulica (a) Estructura convencional (b) con aisladores (c) con disipadores [Crisafulli, 2014]

Si bien incorporar sistemas de aislamiento sísmico o disipación de energía en estructuras significa alterar la rigidez, en conjunto con el amortiguamiento asociado, la diferencia se origina en los objetivos primarios perseguidos por cada tecnología.

En el caso del uso de los sistemas de aislamiento sísmico, su objetivo es poder concentrar la demanda de deformación sísmica en el sistema de aislación, disminuyendo así las deformaciones de los elementos sobre el sistema de aislación, y con ello la demanda de resistencia. Su correcto uso implica el aumento de la flexibilidad de la estructura, obteniendo relaciones entre la masa y su rigidez en las cuales se disminuye considerablemente la demanda de resistencia en los elementos estructurales:

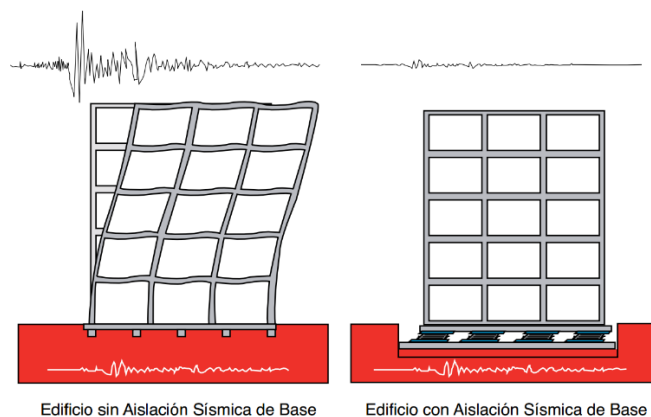


Figura III.1.c Esquema referencial de la modificación de la respuesta debido a sistemas de aislación sísmica [CDT, 2012]

Por el contrario, el uso de sistemas de disipación de energía busca aumentar el amortiguamiento estructural, lo cual no necesariamente significa una flexibilización de la estructura, aumentando la “resistencia natural” al desplazamiento ocasionado por las fuerzas sísmicas, disminuyendo así las deformaciones de los elementos de la estructura, y con ello la demanda de resistencia.

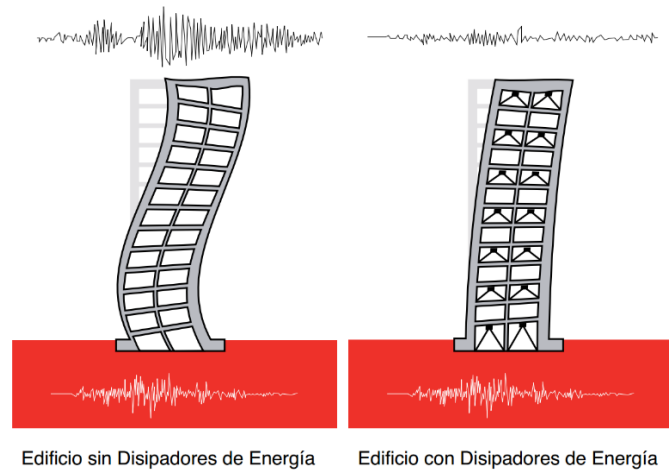


Figura III.1.d Esquema referencial de la modificación de la respuesta debido a sistemas de disipación sísmica [CDT, 2012]

Es en esta última categoría donde podemos encontrar a las BRB, las cuales son sistemas creados para moderar la respuesta estructural a través de la extrusión de material en el núcleo de los dispositivos, los cuales están preparados para generar una respuesta en fluencia de forma estable, tanto para tracción, como para compresión, generando una mayor disipación de energía, en forma de calor y sonido, aumentando así el amortiguamiento intrínseco de la estructura.

A continuación, algunas imágenes descriptivas de lo que son la composición “típica” de las BRB:

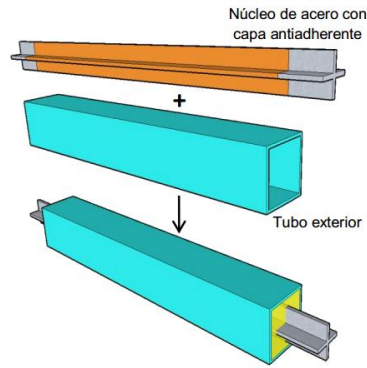


Figura III.1.e Esquema del dispositivo BRB “típico” [Crisafulli, 2014]

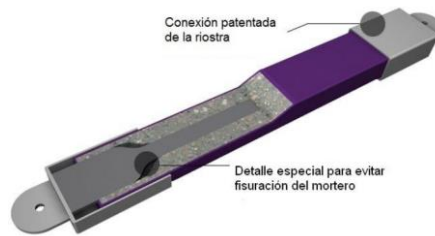


Figura III.1.f Referencia esquemática de una BRB Star Seismic™
[<http://www.starseismic.net>]

La capacidad de fluir tanto en tracción como en compresión, evitando la ocurrencia del pandeo global o local, se traduce en ciclos de histéresis más simétricos, sin degradaciones espontáneas de rigidez y con una mayor capacidad de disipación de energía.

A continuación, se presentan imágenes representativas de las diferencias entre los ciclos de histéresis “típico” de una riostra convencional con respecto a los de las BRB, incluyendo la curva esqueleto “típica” presentada por riostras del tipo BRB.

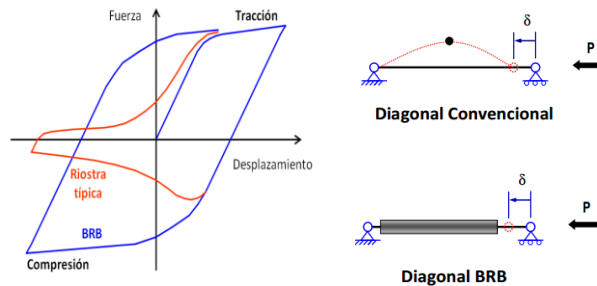


Figura III.1.g Comparación del comportamiento de histéresis de la riostra de pandeo restringido v/s riostra convencional [Crisafulli, 2014]

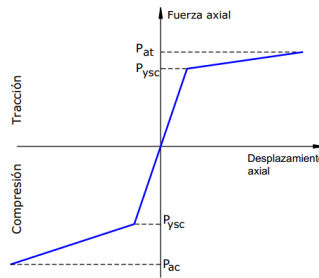


Figura III.1.h Curva esqueleto “típica” considerada en el comportamiento de riostras de pandeo restringido [Crisafulli, 2014]

El diseño de BRB considera principalmente los siguientes estados límites:

- Pandeo global del núcleo de acero
- Pandeo global del núcleo de acero en modos superiores (rippling)
- Pandeo torsional del núcleo en los extremos libres del mortero de figuración o en zonas de transición
- Pandeo local del núcleo en los extremos libres del mortero de figuración o en zonas de transición
- Falla de las conexiones entre las BRB y la estructura

El origen de la idea de utilizar acero en fluencia como mecanismo de disipación de energía, nace de la investigación realizada por Kelly en 1972 y Skinner en el 1975. Dicha idea ya ha sido implementada en países como Japón, donde el uso de dispositivos BRB se han estado implementado desde el año 1987, donde desde aquel entonces hasta el año 2002 ya existían más de 200 estructuras en las cuales se había implemento el uso de BRB.

La primera aplicación de dispositivos BRB para sistemas estructurales en Estados Unidos de América fue desarrollada en uno de los paper de la 69th Convención Anual de la SEAOC (Structural Engineers Association of California) en Vancouver, BC del año 2000. Ya en el año 2005, los sistemas con BRB fueron incorporados por primera vez en el código ANSI/AISC 341. Ya en el año 2008, en Estados Unidos de América, existían más de 100 estructuras con el uso de dispositivos BRB, alcanzando un número mayor a los 1.500 dispositivos instalados.

Cabe mencionar que los principales diseños de dispositivos BRB son patentados, por lo cual su diseño se debe encargar a proveedores externos, donde se destacan los siguientes:

- Core Brace TM (<http://www.corebrace.com/>)
- Star Seismic TM (<http://www.starseismic.net/>)
- Nippon Steel & Sumitomo Metal TM (<http://www.nssmc.com/>)

El uso de BRB permite añadir simultáneamente rigidez y amortiguamiento a las estructuras. Importante es mencionar que debido al confinamiento provisto por el mortero de figuración se puede desarrollar resistencias superiores en compresión respecto de las desarrolladas en tracción.

Entre las ventajas del uso de este tipo de dispositivos se puede encontrar lo siguiente:

- Este tipo de disipadores es durable en el tiempo sin verse afectados mayormente por el número de ciclos de carga y descarga (siempre que se controle la deformación máxima de estos), o efectos a cambios climáticos, además de ser de fácil reemplazo en las estructuras.
- En comparación con los marcos especiales de momento, los marcos arrostrados con el uso de BRB exhiben alta rigidez lateral elástica en movimientos sísmicos de baja “intensidad”, por lo que es fácil de satisfacer los requisitos de deriva establecidos en la normativa.
- El uso de sistemas BRB elimina el pandeo debido a la carga axial, presente en el uso de riostras convencionales, fluyendo tanto en tensión y compresión, proporcionando de este modo la disipación de energía más grande y estable eventos sísmicos de “alta” intensidad.
- Los proveedores de BRB proveen sistemas de instalación económica, a través de conexiones rotuladas o apernadas, eliminando la soldadura en terreno y su correspondiente inspección en terreno.

- Los dispositivos BRB actúan como “fusibles” reemplazables, lo que minimiza el daño a otros elementos y facilitando la reparación de las estructuras después de eventos sísmicos.
- Los dispositivos BRB ofrecen flexibilidad de diseño, debido a que tanto la resistencia y rigidez se pueden ajustar fácilmente. Además, de facilitar la modelación del comportamiento inelástico de las estructuras.
- Para la rehabilitación sísmica, el uso de dispositivos BRB puede ser más ventajoso que el sistema de arriostramientos convencional, debido a que su uso permite controlar de mejor manera los requerimientos adicionales de refuerzos en el sistema de fundaciones y sistemas de diafragma en estructuras existentes.

Entre las desventajas del uso de este tipo de dispositivos se puede encontrar lo siguiente:

- La mayoría de los dispositivos BRB, son elaborados de forma patentada, lo cual encarece su adquisición.
- Si no se controla adecuadamente la calidad del material a utilizar en el núcleo dúctil, se puede producir una gran imprecisión en el valor de la resistencia a la fluencia, encareciendo el costo de la estructura.
- La tolerancia de posicionamiento de los dispositivos en terreno, generalmente son menores al posicionamiento de riostras convencionales, requiriendo generalmente la realización de ajustes en terreno.
- Ante eventos sísmicos con una gran deformación, los dispositivos BRB pueden presentar altos niveles de deformación residual, a menos que se cuente con mecanismos de recentrado.
- Su uso requiere establecer criterios para el reemplazo de los dispositivos, los cuales dependerán de cada caso en particular



Figura III.1.i Retrofit biblioteca Marriott, Universidad de Utah, EE.UU. [Crisafulli, 2014]

Es claro que este documento no pretende profundizar en la teoría de materiales, ni en la teoría de estabilidad de pandeo asociada al diseño de BRB, en gran medida por que como se ha dicho antes existen diversos proveedores los cuales se encargan de la fabricación de los dispositivos, luego para efectos de este documento lo que sí es relevante es establecer los parámetros “clave” para la implementación de estos dispositivos en diseños estructurales.

III.1.1 Parámetros y Metodologías relevantes para el diseño de aplicación de dispositivos BRB

a) Rigidez pre fluencia de las BRB (rigidez elástica)

$$K_{e_{Total}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{K_i} + 2 * \frac{1}{K_{con}} + 2 * \frac{1}{K_{tr}}\right)}$$

- K_i : Rigidez axial del corazón de acero.
- K_{con} : Rigidez axial del sistema de conexión en los extremos de la BRB.
- K_{tr} : Rigidez axial de la zona de transición entre corazón de acero y las zonas de conexión

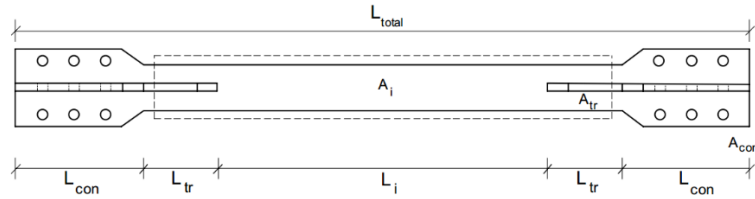


Figura III.1.1.a Esquema de los segmentos de un dispositivo BRB para el cálculo de la rigidez pre fluencia. [PEER, 2002]

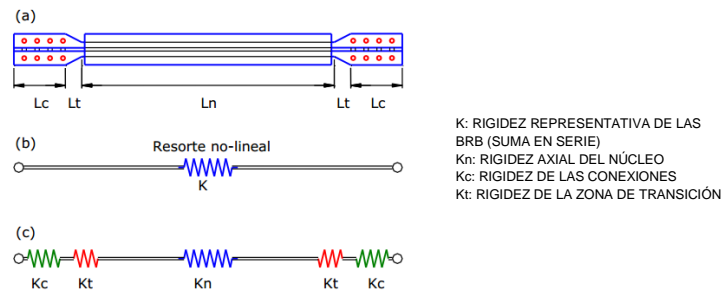


Figura III.1.1.b Macro modelo de análisis estructural de BRB [Crisafulli, 2014]

b) Rigidez post fluencia de las BRB (rigidez tangente, secundaria)

La rigidez post fluencia de las BRB, es la rigidez que puede considerarse como “estable” después de producida la plastificación del corazón de acero, su valor es directamente dependiente del nivel de degradación lo cual depende del número de ciclos y la historia de sollicitación sobre el dispositivo. Como forma referencial a continuación se muestra un ensayo realizado por el PEER (Pacific Earthquake Engineering Research Center), el cual contempla un historial de sollicitación de desplazamiento a amplitud constante impuesto en los extremos de un dispositivo BRB. El proceso se realiza en 5 etapas de carga donde en cada etapa se ejerce a su vez de 5 ciclos de carga, donde después de terminada cada etapa se “reacomoda” la BRB para que inicie la siguiente etapa de carga considerando desplazamiento inicial y carga impuesta nula, lo cual busca establecer la degradación del dispositivo ante el ciclaje de distintos eventos de carga.

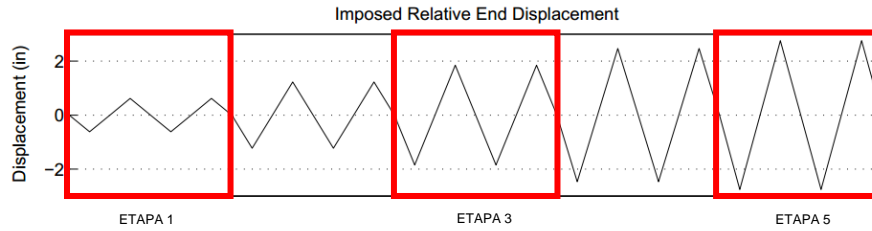


Figura III.1.1.c Esquema de los segmentos de un dispositivo BRB para el cálculo de la rigidez pre fluencia. [PEER, 2002]

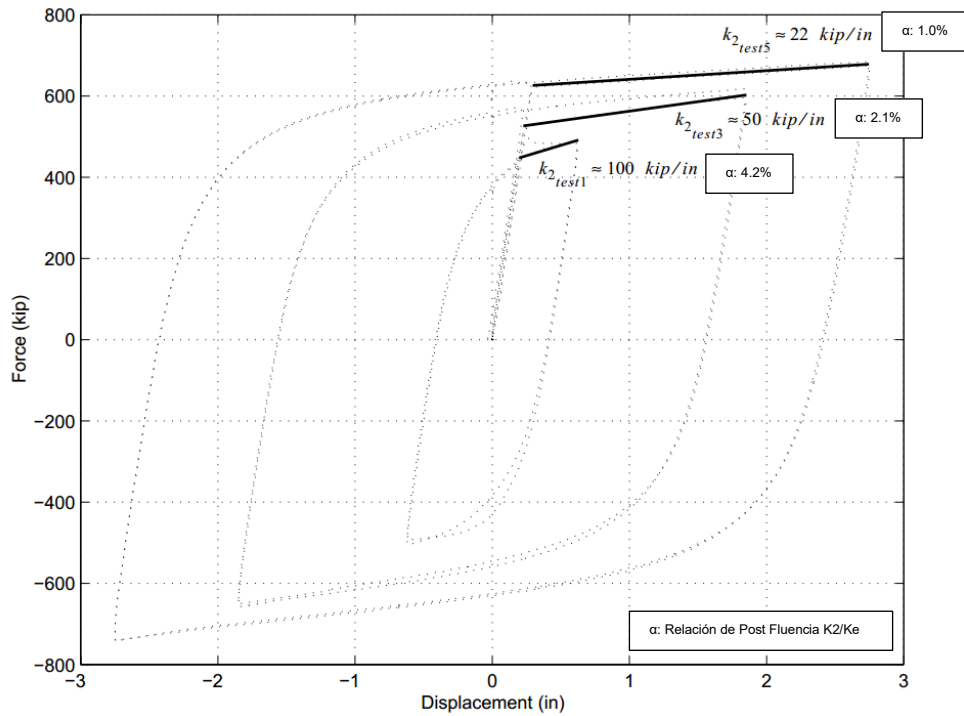


Figura III.1.1.d Degradación de la rigidez post fluencia para el ensayo realizado, etapa 1, etapa 3 & etapa 5. [PEER, 2002]

Cabe mencionar que para valores de diseño es razonable considerar a la relación de post fluencia α cercano a 2.5%

- c) Modelamiento macroscópico del comportamiento histeretico de un dispositivo BRB

Un modelo adecuado para representar el ciclo histeretico producido por un dispositivo BRB es el denominado Bouc-Wen:

$$P(t) = \alpha * K_e * u(t) + (1 - \alpha) * K_e * u_y * z(t)$$

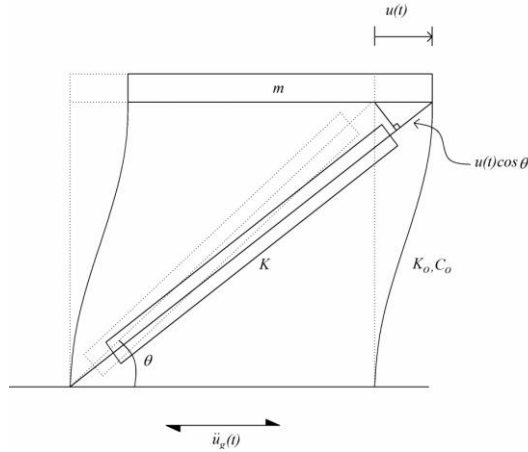
- $P(t)$: Fuerza restitutiva asociada a la deformación axial de la BRB.
- K_e : Rigidez pre fluencia de la BRB (elástica).
- $u(t)$: Deformación axial de la BRB en cada instante de tiempo.
- α : Relación entre la rigidez axial de post fluencia y la rigidez elástica (generalmente 0.025).
- u_y : Deformación axial de fluencia de la BRB.
- $z(t)$: Cuantificador de la dimensión histeretica (memoria de deformación), se define a través de la siguiente ecuación diferencial:

$$u_y * \dot{z}(t) + \gamma |\dot{u}(t)| * z(t) * |z(t)|^{n-1} + \beta * \dot{u}(t) * |z(t)|^n + \dot{u}(t) = 0$$

- β, γ, n : Parámetros de forma que controlan el ciclo de histéresis
 - γ : $1 - \beta$
 - n : Parámetro que determina la zona de transición entre la rigidez pre fluencia y la rigidez post fluencia. Para valores mayores a 10, la relación puede considerarse bilineal

El modelo fue originalmente desarrollado por Bouc en 1971 considerando $n=1$ y posteriormente extendido por Wen en 1975 y 1976

A modo de ejemplo, suponiendo un sistema de un marco plano arriostrado por una BRB dispuesta de forma diagonal central, la ecuación dominante del sistema seria la siguiente:



$$m * \ddot{u}(t) + C_o * \dot{u}(t) + K_o * u(t) + P(t) * \cos(\theta) = -m * \ddot{u}_g(t)$$

Figura III.1.1.f Esquema referencia marco arriostrado por BRB. [PEER, 2002]

d) Curva esqueleto representativo para dispositivos BRB (FEMA 450)

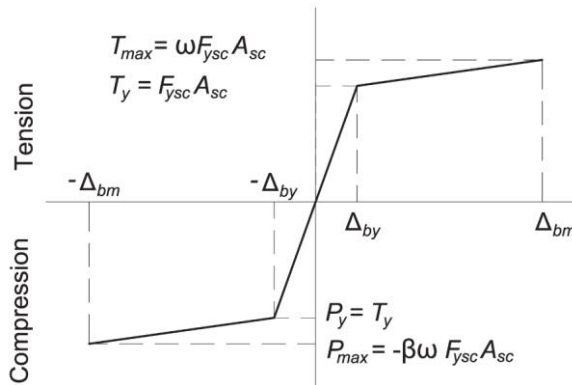


Figura III.1.1.g Curva esqueleto considerada en el análisis estructural. [ANSI/AISC 341, 2010]

- β : Relación entre la fuerza de compresión ultima probable y la fuerza de tracción ultima probable del dispositivo BRB, considerando una deformación asociada a 200% del DRIFT de diseño esperado en el piso de instalación del dispositivo (mayor o igual a 1.0).
- ω : Relación entre fuerza axial de fluencia probable en tracción y la fuerza axial ultima probable de tracción en el dispositivo BRB, considerando una deformación asociada a 200% del DRIFT de diseño esperado en el piso de instalación del dispositivo (generalmente cercano a 1.25).

- A_{sc} : Área neta del corazón de acero del dispositivo BRB.
- F_{ysc} : Tensión de fluencia esperada del corazón de acero del dispositivo BRB
(Generalmente en la practica $38 \text{ ksi (262 MPa)} \leq F_{ysc} \leq 46 \text{ ksi (317MPa)}$).

Para implementación en el análisis estructural, se deben utilizar los valores nominales de la tensión de fluencia y ruptura del acero en el corazón del dispositivo mayorados por los parámetros R_y y R_u para convertirlos en valores “tensiones esperadas”.

- e) Cálculo del área requerida en el corazón de acero del dispositivo BRB

Para el diseño y dimensionamiento del área del corazón de acero del dispositivo BRB se debe considerar lo siguiente

$$P_{uLRFD} \leq \phi * A_{sc} * F_{ysc}$$

- P_u LRFD : Solicitaciones últimas en el dispositivo BRB (LRFD)
- ϕ : Coeficiente de reducción LRFD de la capacidad axial del dispositivo BRB (0.9).
- A_{sc} : Área neta del corazón de acero del dispositivo BRB.
- F_{ysc} : Valor nominal de la tensión de fluencia del acero en el corazón del dispositivo BRB (Sin considerar R_y).

III.2 Concepto de Razón Modal de Amortiguamiento Crítico “ ξ ”

Primeramente, antes de hablar de “razón de amortiguamiento” es necesario definir el concepto de amortiguamiento en dinámica estructural. El amortiguamiento se define normalmente como el medio por el cual la respuesta estructural de un sistema expuesto a solicitaciones dinámicas es reducida debido a las pérdidas de energía producidas en forma de sonido, calor, etc. Por motivos de conveniencia en el diseño, además del reconocimiento del uso del análisis modal espectral, típicamente este amortiguamiento es supuesto como de naturaleza viscosa y expresada como un porcentaje del amortiguamiento crítico de cada modo de vibrar de la estructura, lo cual es denominado como “razón de amortiguamiento”

Una primera fuente de amortiguamiento es el “amortiguamiento en los materiales” asociados a las pérdidas de energía debidas a los ciclos de histéresis, donde típicamente para el acero se pueden alcanzar valores entre 4% al 20% del amortiguamiento crítico (dependiendo del nivel de deformación), mientras en el hormigón pueden alcanzar valores entre 25% al 50% en condiciones de plasticidad. Una segunda fuente de amortiguamiento es el “amortiguamiento estructural” asociado a la reducción de la respuesta debido a incursiones no lineales acotadas en la estructura, como lo son la fisuración del hormigón al trabajar en fase tres (sin grandes deformaciones), el deslizamiento entre placas de conexiones metálicas de fricción, el aplastamiento de pernos en conexiones, entre otros, donde este tipo de amortiguamiento puede alcanzar valores entre 2% (estructuras metálicas soldadas) al 5% (estructuras de hormigón armado) de la razón crítica de amortiguamiento.

Históricamente el valor de las razones de amortiguamiento en estructuras ha sido estimado utilizando mediciones en variadas estructuras de carácter similar, para registros de baja amplitud en los cuales las estructuras han sido deformadas, pero que tuvieron incursiones de carácter no lineal muy limitadas (“comportamiento lineal”), asociándose casi exclusivamente al denominado “amortiguamiento estructural”. El mayor grupo de registros de respuestas analizados para este fin fue el obtenido en California, con más de 50 estructuras de múltiples pisos en el área de Los Ángeles durante el terremoto de San Fernando en 1971, más de 40 estructuras en la bahía de Monterey y en la bahía de San Francisco durante el terremoto de Loma Prieta en 1989 y más de 100 estructuras en el área de Los Ángeles durante el terremoto de Northridge en 1994. Típicamente es este amortiguamiento el que ha sido utilizado en los códigos de diseño, donde típicamente el seleccionado es el definido por Newmark, calibrado para esfuerzos solicitantes no mayores a $\frac{1}{2}$ del punto de fluencia.

Luego la “razón crítica de amortiguamiento” asociada a los códigos de diseño, incluyendo la NCh 2369.Of2003, está relacionada en términos prácticos con el valor del “amortiguamiento estructural” asociado a solicitaciones no mayores a $\frac{1}{2}$ del punto de fluencia, relegando la importancia del amortiguamiento histerético al factor “R” de

modificación de la respuesta, generando que la razón de amortiguamiento estipulada en los códigos sea principalmente dependiente de la materialidad utilizada y el tipo de conexión entre los elementos y no del tipo de estructuración o detallamiento.

Con respecto a lo anterior cabe mencionar que, según distintas investigaciones, como la realizada por Zareian y Medina en el 2009 o la realizada por Chopra y McKenna en 2015, indican que considerar el “amortiguamiento estructural” como un valor constante de razón de amortiguamiento crítico inicial de un sistema, puede implicar subestimar la respuesta estructural. Lo anterior es debido a que el valor del amortiguamiento crítico disminuye a medida que las estructuras incurren en comportamientos no lineales, debido a la “degradación” de la rigidez, lo cual es fácilmente apreciable en modelos de amortiguamiento aproximado como lo es el de Rayleigh, en los cuales se puede apreciar claramente la dependencia entre la matriz de rigidez y de amortiguamiento de una estructura. Luego como regla práctica, para evitar el constante recalcado de la matriz de amortiguamiento, se recomienda para el estudio “no lineal” de estructuras, la consideración del “amortiguamiento estructural” como un valor de la razón crítica de amortiguamiento inicial de una estructura no mayor a 2%.

III.3 Concepto de Factor de modificación Modal de la Respuesta “R”

El concepto del factor de modificación de la respuesta se introdujo en la década de los 60, a través de las investigaciones realizadas por Veletsos & Newmark en 1960 y Veletsos 1965. A partir de los resultados obtenidos del análisis dinámico de estructuras simples con comportamiento elasto - plástico se propuso que el espectro inelástico para diseño podría representarse a través de una cierta aproximación a partir del espectro elástico. De esta forma es posible reducir la demanda sísmica de diseño determinada a través del espectro elástico para considerar la capacidad de disipación de energía de la estructura, disipación asociada al amortiguamiento histerético por comportamiento no lineal. Para ello se consideró como la principal variable de definición del factor “R” a la ductilidad de desplazamiento de la estructura “ μ ”.

De forma referencial a continuación se muestra la relación entre la respuesta lineal y la respuesta real plástica considerada comúnmente en los códigos de diseño, la incidencia de la sobrerresistencia de materiales en la estructura y la relación entre los desplazamientos elásticos establecidos para las cargas de diseño reducidas por el factor de modificación modal de la respuesta “R” y los desplazamientos reales de la estructura, según el esquema de parámetros de la norma ASCE-7

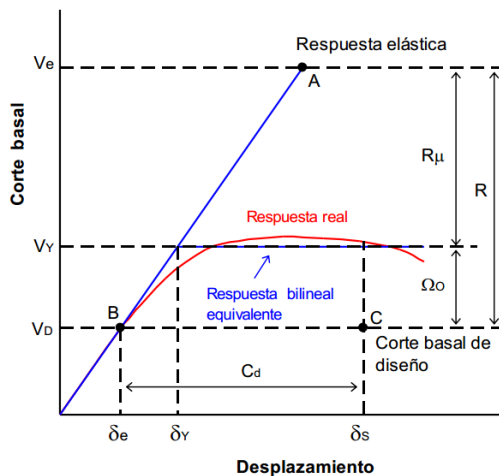


Figura III.3.a Esquema referencial coeficientes y factores de diseño sismo resistente ASCE/SEI 7-10 [Crisafulli, 2014]

III.4 ASCE/SEI 7-10 (ANSI/AISC 341-10) v/s NCh 2369.Of2003, diferencias de filosofía y validez de uso en la realidad chilena

Es una consideración de uso común en la práctica chilena de elaboración de los criterios de diseño para estructuras industriales y/o requerimientos de licitación, considerar que la norma de diseño chileno de industrias es compatible con el uso de las disposiciones para estructuras sísmicas establecidas por AISC 341 y exigir que las estructuras cumplan de forma simultánea con ambas, sin embargo, las disposiciones chilenas difieren desde su génesis con respecto a la americana, lo cual se traduce en la búsqueda de objetivos distintos, considerando metodologías distintas, las cuales la mayoría de las veces implican la imposibilidad de cumplir ambas normas en simultáneo, o con estructuras sobredimensionadas que no cumplen los objetivos filosóficos de ninguna de las normas, repercutiendo fuertemente en el costo final de la obra, motivo por el cual es importante

establecer las diferencias existentes entre ambas, con lo cual se podrá explicar el porqué es necesario la incorporación de las nuevas tecnologías de protección sísmica bajo los estándares chilenos y no simplemente utilizar los americanos ya existentes.

III.4.1 Diferencias en la filosofía y la búsqueda de objetivos entre ASCE/SEI 7-10 (ANSI/AISC 341-10) v/s NCh 2369.Of2003

El siguiente acápite se basa en el acápite establecido por el ingeniero Carlos Peña, como profesor guía del documento:

ILLANES, R. y PEÑA, C (2015) Análisis Inelástico de Estructuras Industriales Arriostradas – Análisis Pos-Pandeo de Configuración Cruz y V Invertida. *Memoria Para Optar al Título de Ingeniero Civil*, Universidad Andrés Bello, Santiago, Chile.

El código ASCE/SEI 7-10 es un documento que nace de un fuerte contenido teórico, resultados de numerosas investigaciones y de la evolución de las disposiciones sísmicas establecidas por la Asociación de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC) pero que sin embargo no posee una gran experiencia en sismos severos reales, por lo cual carece de calibraciones generadas por la experiencia. Su objetivo es proveer de una moderada demanda a los elementos estructurales a través de la consideración de incursiones inelásticas considerables. Cabe destacar que en su generación considera aspectos propios de su sismo génesis como lo es la duración de sus eventos sísmicos, contenido de frecuencia, PGA, intensidad de Arias, entre otros, lo cual contrasta con la realidad sismogénica chilena, aspecto que influye considerablemente en la respuesta no lineal de las estructuras.

La norma NCh 2369 es un documento recopilativo de los criterios de diseño sismorresistentes utilizados durante los 40 años anteriores a su oficialización en el 2003, la cual considera la experiencia nacional ante variados eventos sísmicos nacionales anteriores a su oficialización incluyendo el terremoto de Valdivia 1960 ($9.5 M_W$), Algarrobo 1985 ($8.0 M_W$), y sobrellevando con éxito eventos sísmicos importantes como el terremoto del Maule 2010 ($8.8 M_W$) y el terremoto de Iquique 2014 ($8.2 M_W$). Su

objetivo es controlar la incursión inelástica de los elementos considerando mayores resistencias laterales que lo establecido por su par americana.

III.4.2 Diferencias en los niveles de demanda y su definición

De la comparación de los espectros de respuesta elásticos de ASCE 7 v/s los de NCh 2369 se tienen poseen un orden similar en lo que a demanda se refiere, sin embargo la diferencia para el ámbito del diseño se produce al momento de seleccionar los coeficientes de modificación de la respuesta estructural "R" y la razón de amortiguamiento crítica " ξ " donde para sistemas estructurales homólogos entre ambas normas, el factor "R" es considerablemente mayor en la norma americana respecto de la chilena, implicando que la primera considera niveles de sollicitación (o resistencia de la estructura) menores a la normativa nacional. En cuanto a la selección del factor " ξ " se tiene que la norma americana considera exclusivamente un valor de 5%, mientras la norma chilena considera valores de 2%, 3% y 5% según la solución de conectividad de los elementos de la estructura y la materialidad de sus elementos, esto es un aspecto no menor debido a que el uso de un valor de " ξ " menor a 5% puede traducirse en algunos casos en cambios de la sollicitación tan significativos como lo hace el valor de "R". Otro factor a considerar es que las combinaciones de cargas de la NCh 2369 difieren de las utilizadas por los americanos, lo que se agrega al hecho que la incorporación del sismo vertical en ambas normas se realiza de forma distinta y que las sollicitaciones mínimas (corte basal) para el diseño de la norma chilena es mayor al establecido en la americana, con lo cual se puede concluir que para estructuras homologas la demanda de resistencia en la norma chilena es sustancialmente mayor a su par americana, lo cual es congruente con el hecho que la norma chilena busca limitar las incursiones inelásticas en los elementos de la estructura.

Tabla III.4.2.a NCh2369Of2003: Tabla 5.6 - Valores máximos del factor de modificación de la respuesta para estructuras de acero [elaboración propia]

NCh2369Of2003: Tabla 5.6 - Valores máximos del factor de modificación de la respuesta

Sistema resistente		R
1	Estructuras diseñadas para permanecer elásticas	1
2	Otra estructura no incluidas o asimilables a las de esta lista 1)	2
3	Estructura de acero	
3.1	Edificios y estructuras de marcos dúctiles de acero con elementos no estructurales dilatados	5
3.2	Edificios y estructuras de marcos dúctiles de acero con elementos no estructurales no dilatados e incorporados en el modelo estructural	3
3.3	Edificios y estructuras de marcos arriostrados, con anclajes dúctiles	5
3.3	Edificios industriales de un piso, con o sin puente grúa, sin arriostramientos continuo de techo	5
3.5	Edificios industriales de un piso, sin puente grúa, sin arriostramientos continuo de techo, que satisfacen 11.1.2	3
3.6	Naves de acero livianas que satisfacen las condiciones de 11.2.1	4
3.7	Estructuras de péndulo invertido 2)	3
3.8	Estructuras sísmicas isostáticas	3
3.9	Estructuras de plancha o manto de acero, cuyo comportamiento sísmico está controlado por el fenómeno de pandeo local	3
4	Estructuras de hormigón armado	
4.1	Edificio de estructuras de marcos dúctiles de hormigón armado con elementos no estructurales dilatados	5
4.2	Edificios y estructuras de marcos dúctiles de hormigón armado con elementos no estructurales no dilatados e incorporados en el modelo estructural	3
4.3	Edificios y estructuras de hormigón armado, con muros de corte	5
4.4	Edificios industriales de un piso, con o sin puente grúa, y con arriostramientos continuo de techo	5
4.5	Edificios industriales de un piso, sin puente grúa, sin arriostramientos continuo de techo, que satisfacen 11.1.2	3

(continua)

Tabla III.4.2.b NCh2369Of2003: Tabla 5.5 - Valores de la razón de amortiguamiento crítica para estructuras de acero [elaboración propia]

NCh2369Of2003: Tabla 5.5 - Razones de amortiguamiento

Sistema resistente	ξ
Manto de acero soldado; chimeneas, silos, tolvas, tanques a presión, torres de proceso, cañerías, etc.	0,02
Manto de acero apernado o remachado	0,03
Marcos de acero soldados con o sin arriostramientos	0,02
Marcos de acero con uniones de terreno apernadas, con o sin arriostramientos	0,03
Estructuras de hormigón armado y albañilería	0,05
Estructuras prefabricadas de hormigón armado puramente gravitacionales	0,05
Estructuras prefabricadas de hormigón armado con uniones húmedas, no dilatadas de los elementos no estructurales e incorporados en el modelo estructural	0,05
Estructuras prefabricadas de hormigón armado con uniones humedad dilatadas de los elementos no estructurales	0,03
Estructuras prefabricadas de hormigón armado con uniones secas, dilatadas y no dilatadas:	
Con conexiones apernadas y conexiones mediante barras embebidas en mortero de relleno	0,03
Con conexiones soldadas	0,02
Otras estructuras no incluidas o asimilables a las de esta lista	0,02
NOTAS	
1) En caso que se use un análisis con interacción suelo estructura en que resulten valores de la razón de amortiguamiento del primer modo mayores que los indicados en esta tabla, el incremento de esta razón no podrá ser superior al 50% de los valores indicados. Los valores para los restantes modos deben ser los indicados en esta tabla	
2) En caso de duda sobre la clasificación de un sistema resistente, debe aplicarse la disposición 4.7	

Tabla III.4.2.c ASCE7-10: Tabla 12.2-1 - Coeficientes y factores de diseño para sistemas sismo resistentes arriostrados de acero [elaboración propia]

Tabla 12.2-1 ASCE7-10 Coeficientes y factores de diseño para sistemas sismo resistentes

Tipología de estructura industrial	Requisitos de detallamiento ASCE 7	R	Ω_0	Cd	Sistemas estructurales y sus límites de altura, hn, (pies) a				
					B	C	D	E	F
B. Sistemas de marcos arriostrados									
1. Marcos de acero excéntricamente arriostrados	14.1	8	2	4	NL	NL	160	160	100
2. Marcos de acero concéntricamente arriostrados, de categoría especial	14.1	6	2	5	NL	NL	160	160	100
3. Marcos de acero concéntricamente arriostrados, de categoría ordinaria	14.1	3 1/4	2	3 1/4	NL	NL	35	35	NP
10. Marcos compuestos de acero y hormigón excéntricamente arriostrados	14.3	8	2 1/2	4	NL	NL	160	160	100
11. Marcos compuestos de acero y hormigón concéntricamente arriostrados, de categoría especial	14.3	5	2	4 1/2	NL	NL	160	160	100
12. Marcos compuestos de acero y hormigón concéntricamente arriostrados, de categoría ordinaria	14.3	3	2	3	NL	NL	NP	NP	NP
13. Muros de corte compuestos de placas de acero y hormigón	14.4	6 1/2	2 1/2	5 1/2	NL	NL	160	160	100
14. Muros de corte compuestos de acero y hormigón, categoría especial	14.5	6	2 1/2	5	NL	NL	160	160	100
15. Muros de corte compuestos de acero y hormigón, categoría ordinaria	14.6	5	2 1/2	4 1/2	NL	NL	NP	NP	NP
25. Marcos arriostrados con BRB	14.1	8	2 1/2	5	NL	NL	160	160	100
26. Muros de placas de acero, categoría especial	14.1	7	2	6	NL	NL	160	160	100

NL= No posee limite

NP= No permitido

Tabla III.4.2.d ASCE7-10: Tabla 15.4-1 - Parámetros sísmicos para estructuras industriales similares a edificios para estructuras de acero arriostradas [elaboración propia]

Tabla 15.4-1 ASCE7-10 Parámetros sísmicos para estructuras industriales similares a edificios

Tipología de estructura industrial	Requisitos de detallamiento	Sistemas estructurales y sus límites de altura, hn, (pies) a								
		R	Ω_0	Cd	B	C	D	E	F	
Sistemas de marcos arriostrados										
Marcos especiales de acero concéntricamente arriostrados	AISC 341	6	2	5	NL	NL	160	160	100	
Marcos ordinarios de acero concéntricamente arriostrados	AISC 341	3,25	2	3,25	NL	NL	35 b	35 b	NP b	
Con límite de aumento de altura	AISC 341	2,5	2	2,5	NL	NL	160	160	160	
Sin límite de aumento de altura	AISC 360	1,5	1	1,5	NL	NL	NL	NL	NL	

NL= No posee limite

NP= No permitido

b: Marcos arriostrados ordinarios de acero están permitidos en bastidores de tuberías de hasta 65 pies (20 m)

IV DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL EN ESTUDIO

IV.1 Proceso de obtención del molibdeno como mena secundaria de la gran minera del cobre y descripción del horno tostador de pisos Nichols – Herreshoff

El procedimiento empleado para obtener el cobre, en la gran minería, depende del tipo de mineral donde proceda el metal; el cual puede ser oxidado o sulfurado:

- En el caso de los minerales oxidados, el tratamiento aplicado al mineral es denominado lixiviación. En la lixiviación, grandes trozos del mineral se reducen en tamaño, a través de chancadores, a trozos de poco más de 1 cm de dimensión. Posteriormente, el mineral fragmentado es tratado con ácido sulfúrico para producir sulfato de cobre (II). El cobre contenido en estas disoluciones se extrae a través de un proceso de electrólisis, en el cual el cobre se deposita en cátodos, constituidos por láminas delgadas del mismo metal. Los cátodos, que alcanzan un peso cercano a los 70 [kgf], pasan a un proceso de fundición para posteriormente ser vaciados en moldes de diferentes tamaños y formas, para luego ser exportado
- En el caso de los minerales sulfurados, el tratamiento aplicado al mineral es denominado flotación. En la flotación, grandes trozos del mineral se reducen en tamaño, a través de chancadores, a trozos de poco más de 1 cm de dimensión, para posteriormente ser pulverizado a través de una vía húmeda. El cobre reducido a partículas muy pequeñas, es sometido a un proceso de flotación, con el objetivo de poder concentrarlo, a través del uso de agentes reactivos como aceites minerales o detergentes, para luego ser filtrado a través de celdas de flotación, donde a través de depósitos, el mineral de cobre flota en forma de espuma por un sistema de agitación y de aire comprimido.

Es en este último proceso; flotación, una vez repetido varias veces se logra un concentrado el cual posee entre 35% a 40% de cobre y 1% de molibdeno, siendo en dicho momento donde el concentrado es sometido a un proceso de flotación diferencial para separar la

molibdenita del concentrado. La molibdenita, también llamada moly, es posteriormente secada y tostada en una planta térmica, a través de un proceso denominado tostación, transformándose en óxido de molibdeno, el que luego se comercializa.

El molibdeno constituye uno de los principales productos mineros de exportación en Chile, representando el año 2010 cerca del 4% del valor total de las exportaciones mineras (15.6 USD/lb), ligado fuertemente a la industria de la fabricación de aceros especiales, como el acero inoxidable.

Prácticamente todo el molibdeno utilizado para aplicaciones metalúrgicas, así como para el uso en productos químicos, proviene de la tostación de concentrados de moly, la cual se efectúa en hornos de piso del tipo Nichols-Herreshoff a temperaturas entre los 600°C a 700 °C.

La realización del proceso de tostación de la molibdenita, es un proceso de oxidación exotérmico con reacciones heterogéneas solido-gas, en donde el contacto de las partículas de MoS_2 con el O_2 produce:

1. Una reacción global de oxidación MoO_3 (denominado óxido grado técnico) y una reacción de MoO_2 como un producto intermedio.
2. Una reacción de oxidación posterior que transforma el MoO_2 formado en la etapa anterior a MoO_3

Lo anterior se produce en el interior del horno, en el cual se puede identificar 4 zonas a través de los pisos:

- Zona 1: Precalentamiento concentrado con ignición reactivos flotación e inicio de la transformación del MoS_2 a MoO_3 .
- Zona 2: El MoS_2 se transforma a MoO_2 mientras el MoO_3 permanece en un mínimo.
- Zona 3: El MoS_2 tiende a desaparecer y el MoO_2 oxida rápidamente a MoO_3 .
- Zona 4: Usa para ajustar el contenido del azufre residual bajo 0,1 %.

Con respecto a este equipo y su funcionamiento, se puede destacar que:

- La oxidación del MoS_2 a MoO_3 no es uniforme en términos de generación de calor ya que la más alta temperatura se encuentra en los pisos intermedios.
- El control de la reacción y la temperatura de tostación puede ser alcanzada por disminución de la cantidad de O_2 en la fase gas.
- En los pisos inferiores se requiere el agregado de combustible para mantener la temperatura por sobre los $550\text{ }^\circ\text{C}$.
- Los hornos de tostación de pisos tienen un número de pisos que oscila entre 12 a 16, con un diámetro entre 6 – 7 m. El árbol central rota entre 0,29 – 0,87 rpm.
- Quemadores a gas (petróleo diésel) se encuentran generalmente en los pisos 2, 4, 6, 8, 9, 10 y 11, donde normalmente operan sólo los tres últimos. Adicionalmente, el tostador posee puertas de trabajo e inspección, más ductos de salida y gases en ambos lados.
- El término del proceso se detecta en la calcina por el cambio de coloración de un color rojizo a amarillo pálido.

Este tipo de equipos, además de poseer un gran tamaño y variados accesos en altura, están cubiertos externamente por una capa de ladrillos refractarios, los cuales son utilizados para evitar la pérdida de calor del tostador (roaster)

A continuación, se muestra una imagen con una descripción “típica” de un horno de tostador de pisos Nichols – Herreshoff.

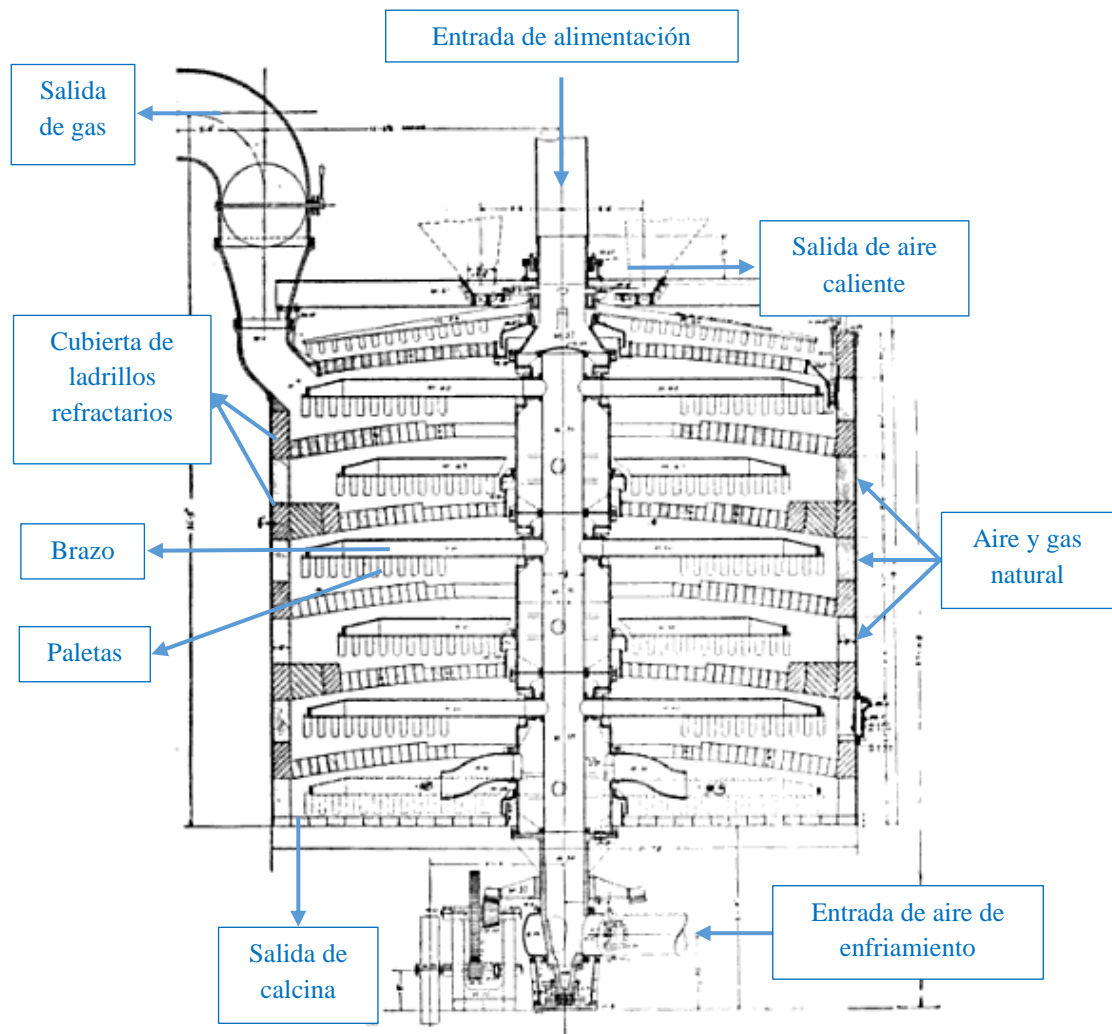


Figura IV.1.a Esquema referencial de un horno tostador de pisos Nichols – Herreshoff
 [Meza, 2011]

IV.2 Descripción de la estructura a analizar en este documento: la torre principal de la nave del roaster.

La torre principal, en una nave de tostación, tiene como objetivo albergar en su interior al equipo tostador en el cual se produce la transformación de la molibdenita en óxido de molibdeno, permitiendo el acceso exterior a todos sus pisos para labores de mantención y reparación, en particular para facilitar el recambio de los ladrillos refractarios exteriores. Para consideraciones de este documento, se considera el estudio de una torre industrial

metálica, apropiada para albergar un tostador del tipo Nichols – Herreshoff, con un diámetro exterior de 6 [m] y una altura máxima de 45 [m], el que se asumirá capaz de funcionar “estructuralmente” de forma independiente a la estructura de la torre. Según lo anterior, se considerará una torre principal que posee una sección geométrica exterior de 15 [m] x 15 [m] y una sección geométrica interior de 7.5 [m] x 7.5 [m], además de una altura total de 41.48 [m], conformada por 15 pisos de 2.44 [m] de altura y un primer piso de doble altura, la cual será preliminarmente analizada considerando en su perímetro exterior el uso de marcos concéntricos de riostras tradicionales, considerando lo establecido en la norma NCh2369Of.2003, además del uso de marcos concéntricos con dispositivos BRB en toda su altura, con el uso de criterios asociados a la norma NCh2369Of.2003, los cuales serán debidamente detallados más adelante. A continuación, una descripción gráfica de los casos preliminares de diseño a estudiar:

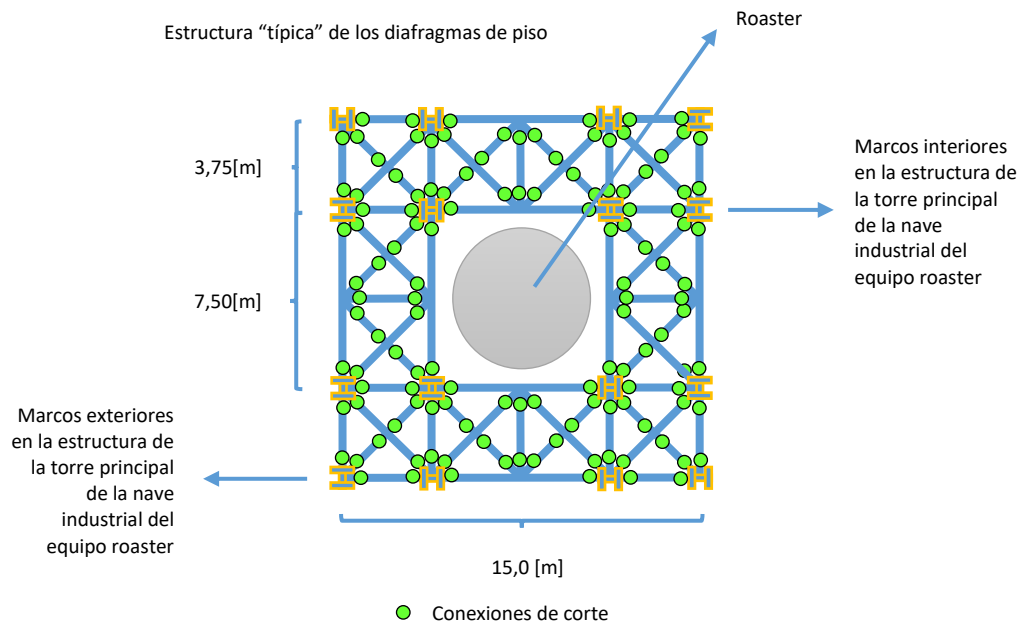


Figura IV.2.a Estructura “típica” de los distintos diafragmas de piso de la estructura de la torre principal de la nave del Roaster [elaboración propia]

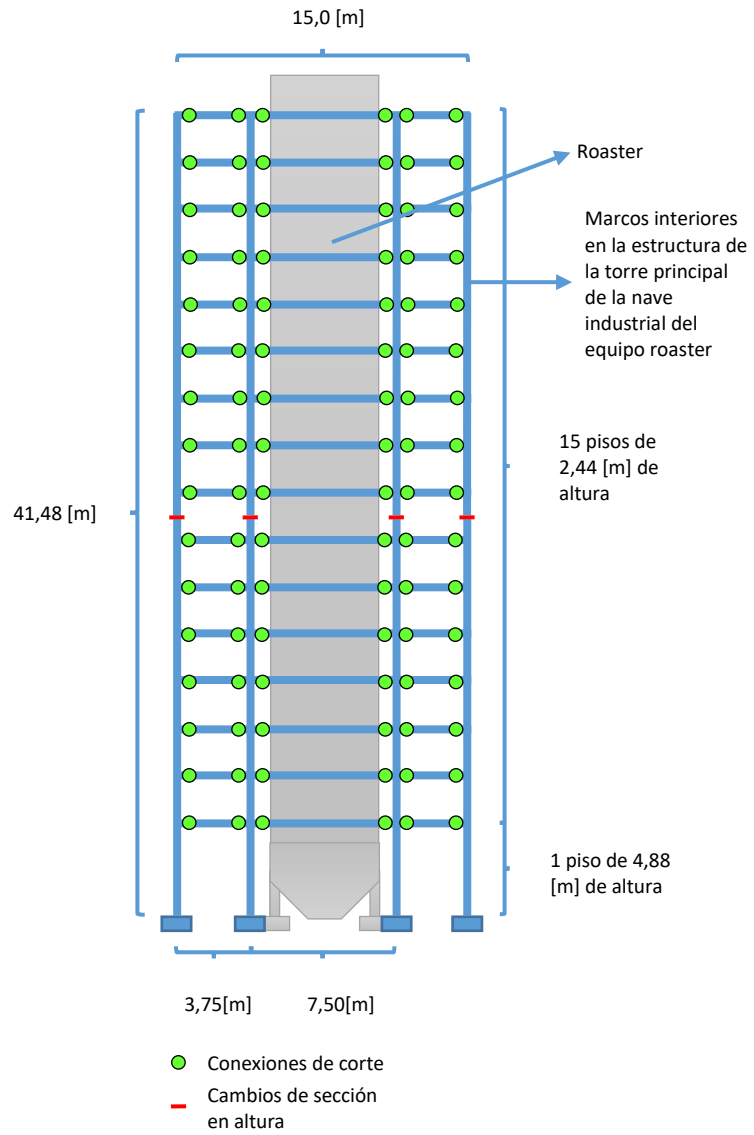


Figura IV.2.b Estructura “típica” de los marcos interiores de la estructura de la torre principal de la nave del Roaster [elaboración propia]

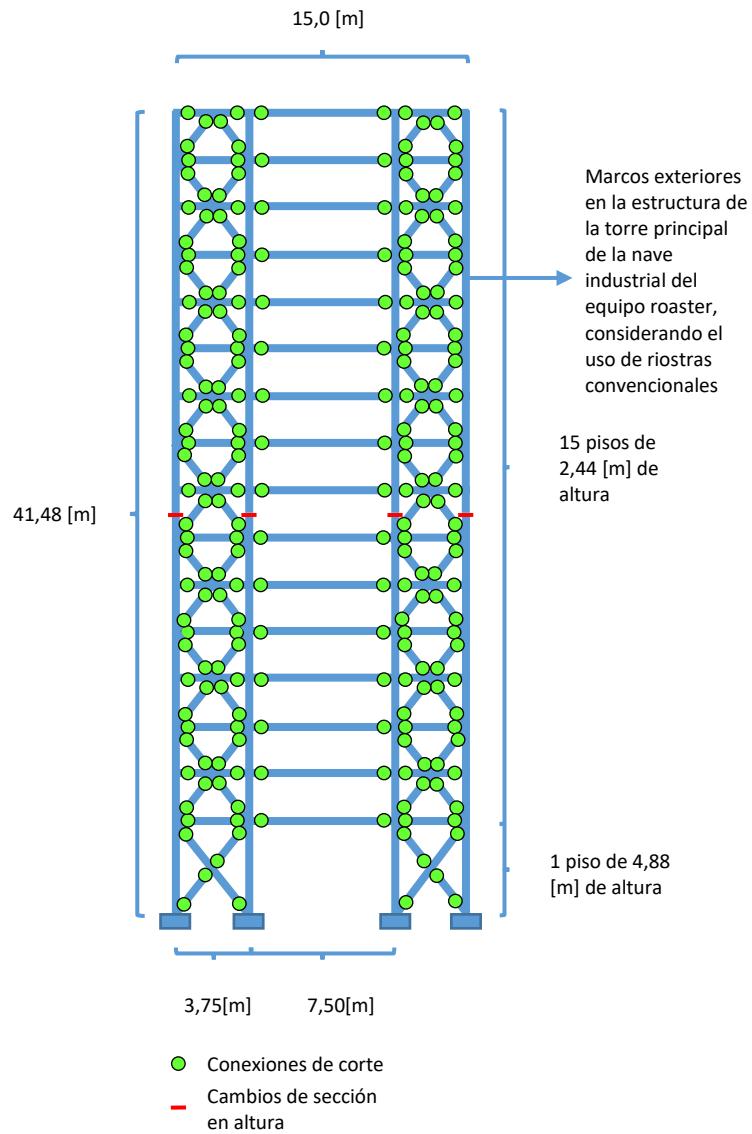


Figura IV.2.c Estructura “típica” de los marcos exteriores de la estructura de la torre principal de la nave del Roaster, considerando el uso de riostras convencionales
 [elaboración propia]

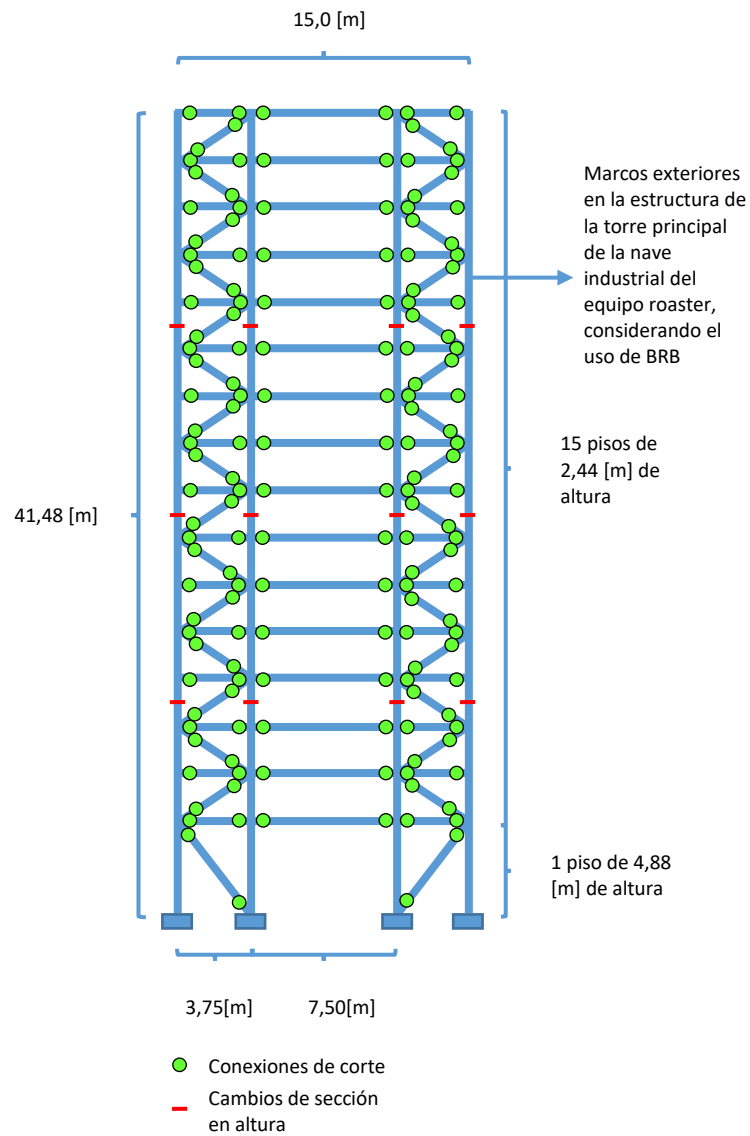


Figura IV.2.d Estructura “típica” de los marcos exteriores de la estructura de la torre principal de la nave del Roaster, considerando el uso de BRB en toda su altura
[elaboración propia]

V CONSIDERACIONES GENERALES EN LA MODELACIÓN DE LOS SISTEMAS ESTRUCTURALES EN ESTUDIO

En la realización de los análisis estructurales de la torre principal, se considera el uso del programa CSI SAP 2000 (v18.1.1), por ser el software de mayor uso en el ámbito de la consultoría chilena, como forma de poder contemplar sus ventajas y limitaciones en la realización de este documento. En cuando a los parámetros mecánicos propios de los dispositivos BRB, se considera el uso de valores estimativos para el diseño, además de los parámetros estipulados por el proveedor CoreBrace® quien otorga apoyo técnico en la realización de este estudio.

Con respecto a las consideraciones de sobrecarga, masa sísmica, combinaciones de diseño, parámetros para el diseño basado en el análisis espectral modal, entre otros, se considera lo especificado en el capítulo:

- Anexo A: Criterios para la realización del diseño de la torre principal de la nave del roaster.

En cuanto a los elementos con los cuales se elaborarán los modelos para el estudio de las estructuras, estos serán constituidos a través de elementos FEM tipo “frame”. Los elementos “frame” está formulados para modelar elementos rectos de sección transversal arbitraria, constante o variable, pudiendo representar deformaciones axiales, deformaciones perpendiculares al eje del elemento, además de giros, todo bajo el supuesto de “secciones planas”. Dicho tipo de elementos está constituido de dos nodos, uno en cada extremo, formando un tramo recto, el cual posteriormente se subdivide en distintos tramos de igual largo, según la cantidad que sea indicada, para poder generar las funciones de interpolación con las cuales se pueda aproximar su deformación. Este tipo de elemento es particularmente adecuado para modelar elementos de carácter “esbelto”, donde el ancho y alto de la sección transversal pueden ser considerado de “orden similar”, mientras el largo del elemento, es varias veces mayor a los dos anteriores.

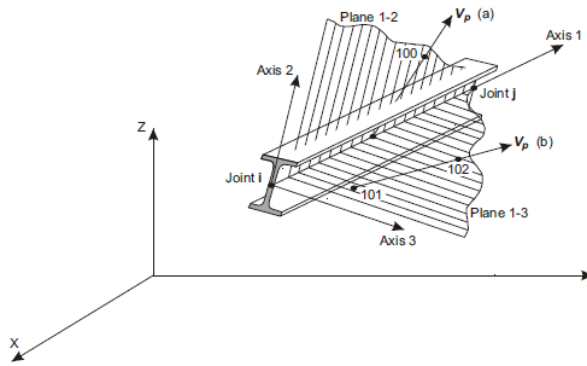


Figura V.a Descripción “típica” de un elemento “frame”, y sus ejes locales en un plano tridimensional [CSI, 2016]

Los modelos elaborados para el desarrollo de este documento, no consideran el uso de “frame element end offsets” o “cachos rígidos” para representar la rigidez propia de los nudos en el encuentro entre los elementos, por considerar que, para las estructuras a estudiar a lo largo de este documento, dicho efecto puede ser despreciado.

Con respecto a los diafragmas de piso, no se considera el uso de ningún “constraint” o “transformación cinemática”, para asignar propiedades cinemáticas adicionales a los diafragmas, considerando la rigidez otorgada por los elementos que los constituyen como las más apropiadas para los objetivos de este documento.

De forma adicional cabe mencionar que la elaboración de la matriz de masa, se realiza considerando la condición tributaria de cada nodo, sin realizar ningún tipo de “condensación cinemática” de la masa en los distintos pisos de la estructura.

La consideración de la excentricidad accidental no será contemplada en la realización del análisis de las estructuras, debido a que se considera que el caso de diseño dispuesto en los criterios de diseño, en particular su consideración de masa sísmica, es el caso crítico de estudio. En cuanto a la excentricidad incidental, se considera la excentricidad propia de la estructuración de cada estructura.

Con respecto a la realización de los análisis del tipo espectral modal, se considerará lo siguiente:

- Combinación modal: CQC.
- Base modal: Eigen vectores (autovectores)
- Consideración de la razón de amortiguamiento: Constante.

Cabe mencionar que en cuanto a los arriostramientos dispuestos en “X”, se considera que el punto de conexión intermedio actúa como un punto atiesado, el cual sirve para delimitar el largo de pandeo de los elementos en compresión. Si bien esta consideración puede ser considerada cuestionable, ya que en estricto rigor los elementos en tracción deben deformarse lateralmente para poder dar el sustento requerido para ser considerado como un puntal de arriostramiento, esta consideración es esta establecida en la norma NCh2369, por lo cual se ha elegido respetar dicho precepto para no entrar en contradicción con la norma chilena.

Con respecto al estudio del comportamiento no lineal de las estructuras, se tendrá en cuenta:

- La exclusión del análisis del comportamiento no lineal de riostras de piso, por establecer que su diseño debe asegurar su comportamiento predominantemente “lineal”, además de considerar que este no afecta mayormente a la estabilidad lateral de la estructura.
- La exclusión del comportamiento no lineal de vigas de piso, las cuales, al estar conectadas a través de conexiones de corte, poseen un diseño determinado principalmente por las condiciones de cargas estáticas, para el cual se debe asegurar que su comportamiento sea predominantemente “lineal”.
- La consideración del comportamiento mecánico esperado de los materiales; considerando los valores nominales del comportamiento del acero estructural amplificado por R_y y R_u , además de los parámetros establecidos por CoreBrace® en el caso de los dispositivos BRB.

- La consideración de que el diseño de fundaciones es el adecuado para asegurar que los asentamientos diferenciales de los apoyos de la estructura puedan ser considerados de carácter “despreciable”.
- La consideración que el diseño de conexiones es el adecuado para generar el completo traspaso de solicitaciones entre los distintos elementos, según los grados de libertad para los cuales su diseño ofrece restricción.

Mayor detalle de las consideraciones establecidas para los análisis de comportamiento tiempo historia no lineal de las estructuras serán debidamente detallados a través del capítulo:

- Estudio del comportamiento dinámico de las estructuras a través del uso de análisis no lineal.

VI DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS EN ESTUDIO CONSIDERANDO EL USO DE ANÁLISIS MODAL ESPECTRAL (PRACTICA USUAL DE DISEÑO)

En este capítulo se desarrolla diseño “tradicional” según la práctica chilena para una estructura tridimensional de un edificio de apoyo para la operación de un equipo minero tipo Roaster, considerando el uso de riostras tradicionales según: lo especificado en la NCh2369.Of2003. De forma adicional, considerara el diseño Roaster considerando el uso de BRB, utilizando en primera medida el uso de propiedades aproximadas usuales para su diseño y de forma final el uso de BRB CoreBrace® y sus propiedades testeadas. Lo anterior se realiza considerando el análisis modal espectral para la definición de las solicitaciones sísmicas, con el uso del procedimiento de combinación cuadrática completa (CQC). En el caso de diseño considerado el uso de BRB es claro que esta tipología estructural no está considerada dentro del marco normativo, por lo cual en rigor debe ser asimilada a la categoría de “edificios y estructuras de marcos arriostrados, con anclajes dúctiles” o “otras estructuras no incluidas o asimilables a las de esta lista” sin embargo en virtud y reconocimiento al comportamiento de las BRB se diseñaran en esta primera etapa considerando un factor de modificación de respuesta $R=5$ y una razón de amortiguamiento modal $\xi=0.05$ que son los máximos valores para parámetros reductores de respuesta reconocidos en el marco normativo. De forma adicional, cabe mencionar que debido a que los dispositivos BRB no están afectas a pandeo debido a la carga axial, además de que su capacidad de reducir la respuesta dinámica se basa en su comportamiento no lineal, no se considerara el punto 8.3.6 de la NCh2369Of.2003 en su diseño, evitando así limitar la relación entre la demanda reducida de resistencia y la capacidad de las BRB al 80%, permitiendo diseñarlas de la forma más acotada posible.

Cabe mencionar que para poder obtener estructuras que representen de forma realista el comportamiento no lineal esperado según las disposiciones se tomara de forma adicional las siguientes consideraciones:

- Se generarán diseños que cumplan con lo normativamente impuesto, pero con relaciones de solicitaciones v/s capacidad nominal acotadas, para no caer en

sobredimensionamientos que distorsionen la relación de rigidez y capacidad entre los elementos de la estructura.

- Se supondrá que el diseño de conectividad cumple con todos los requisitos de ductilidad y resistencia necesarios para que las “fallas” de la estructura se concentren en las zonas esperadas por la NCh 2369.
- Para la formulación de las relaciones no lineales en los elementos, se considerará el uso del factor R_y y R_u propios del acero utilizado. En el caso de las BRB CoreBrace®, se considerará lo estipulado por el proveedor.

VI.1 Disposiciones normativas NCh 2369.Of2003 consideradas (Capítulo 8.3 Marcos Arriostrados)

- (8.3.1) “No se permiten configuraciones con diagonales que solo trabajen en tracción...”.
- (8.3.2) “En una línea resistente cualquiera debe existir diagonales que trabajen en tracción y compresión, La resistencia proporcionada por las diagonales traccionadas, para cada sentido de la acción sísmica, debe ser como mínimo un 30% del esfuerzo de corte de la línea resistente en el nivel correspondiente”.
- (8.3.3) “Los elementos de sistemas sismorresistentes verticales que trabajen en compresión, deben tener relaciones ancho/espesor menor que λ_r según tabla 8.1 (*secciones no esbeltas*). La esbeltez (*global*) del elemento debe ser menor que”:

$$\lambda_r \leq 1.5\pi \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

Donde:

- E : Modulo de young del acero.
- F_y : Fluencia nominal del acero.
- (8.3.4) “Las diagonales (*riostros*) en X deben conectar en el punto de cruce. Dicho punto se podrá considerar como fijo en la dirección perpendicular al plano de las diagonales para los efectos de determinar la longitud de pandeo de la pieza (*en ambos ejes*), cuando una de las diagonales sea continua”.

- (8.3.5)“En edificios industriales con arrostramiento en V o V invertida, las vigas deben ser continuas sobre el punto de intersección con las diagonales, y se deben diseñar para resistir las cargas verticales suponiendo que no se apoyan en las diagonales. Por su parte, las diagonales deben ser capaces de soportar las cargas de peso propio y sobrecargas inducidas por la viga, más las cargas sísmicas provenientes del análisis amplificado por 1,5. Las alas inferior y superior de las vigas se deben diseñar para soportar una carga transversal ubicada en el punto de intersección con las diagonales igual al 2% de la resistencia nominal del ala, es decir:”

$$P_u \geq 2\%(F_y * b_f * t)$$

Donde:

- F_y : Fluencia nominal del acero.
- b_f : Ancho de ala.
- t : Espesor de ala
- (8.3.6) “El esfuerzo sísmico en las diagonales comprimidas, debe ser menor o igual al 80% de la capacidad resistente definida en la especificación de diseño de acero (*combinaciones con cargas eventuales sísmicas*)”.
- (8.3.7)“No se permite disponer de arrostramientos en K, en que las diagonales se intersectan en un punto intermedio de la columna, a menos que en ese punto exista un puntal que forma parte del sistema de arrostramiento”.
- (8.3.8)“Las disposiciones 8.3.3, 8.3.5 y 8.3.6 no se aplican a arrostramientos cuyos esfuerzos provenientes de las cargas sísmicas mayoradas sean inferiores a un tercio de los esfuerzos de la combinación que controla el dimensionamiento”

VI.2 Metodología para el diseño y especificación de los dispositivos BRB en estructuras, utilizando solicitaciones sísmicas reducidas

Si bien en la actualidad la normativa chilena no posee procedimiento normativo para el diseño de estructuras con sistemas BRB, y tampoco existe una normativa oficial para el diseño de estructuras con dispositivos de disipación de energía, se puede utilizar como referencia la literatura, la normativa internacional vigente al respecto, en conjunto con

uso del “criterio ingenieril” y el uso de buenos preceptos, para generar reglas simples con las cuales se pueda realizar el diseño de estructuras con el uso de dispositivos BRB.

A continuación, se expondrá la metodología de diseño empleada para diseñar estructuras con el uso de BRB, a partir de la demanda establecida por un análisis espectral modal de demanda (considerando un factor de modificación de la respuesta $R=5$ & $\xi=5\%$):

1. Se establece la geometría y estructuración de la estructura
2. Se dimensiona los elementos considerando la realización de análisis espectral modal, considerando el valor del factor de modificación de la respuesta “R” y razón crítica de amortiguamiento “ ξ ” preestablecidos (Si bien la norma NCh2369 no posee valores específicos para el diseño de estructuras con BRB, se considera los máximos parámetros normativos para la reducción de la respuesta)
3. Se dimensiona el área transversal del núcleo dúctil de los dispositivos BRB considerando las fuerzas reducidas de la siguiente forma:

$$Pu \approx 0.9 * A_{sc} * Fy$$

Donde:

- A_{sc} : Área transversal del núcleo dúctil
 - Fy : Fluencia nominal del acero del núcleo dúctil
 - Pu : Fuerza axial máxima (en valor absoluto), proveniente de las combinaciones de diseño LRFD, considerando las cargas sísmicas del análisis espectral modal reducido.
4. Se establece la rigidez axial de los dispositivos BRB considerando el área transversal del núcleo dúctil, el largo total del dispositivo y el factor de modificación del largo seleccionado para el pre diseño o el establecido por el proveedor del dispositivo:

$$K_{axial} = KF * \frac{E * A_{sc}}{Lwp} \quad ; \quad KF \approx \frac{Lwp}{Lsc} \approx \frac{1}{0.7}$$

Donde:

- A_{sc} : Área transversal del núcleo dúctil
- E : Modulo de Young del acero del dispositivo.
- Lwp : Largo del dispositivo BRB

- L_{sc} : Largo del núcleo dúctil

5. Se dimensionan las columnas y vigas convencionales de forma de asegurar su comportamiento “elástico”, bajo condiciones de fluencia de los dispositivos BRB, según la siguiente relación LRFD:

$$\phi P_n \geq P_{u_{estatico}} + P_{u_{BRB}}$$

$$\phi M_n \geq M_{u_{estatico}} + M_{u_{BRB}}$$

$$\phi V_n \geq V_{u_{estatico}} + V_{u_{BRB}}$$

Donde:

- P_u estático : Demanda axial ultima LRFD en las columnas y vigas, considerando las cargas de carácter estático.
- M_u estática : Demanda de momento ultimo LRFD en las columnas y vigas, considerando las cargas de carácter estático.
- V_u estático : Demanda de corte ultimo LRFD en las columnas y vigas, considerando las cargas de carácter estático.
- ϕ : Factor de reducción de la resistencia según el tipo de demanda analizada
- P_u BRB : Demanda axial ultima en las columnas y vigas debido a la fluencia simultanea de todos los dispositivos BRB.
- M_u BRB : Demanda de momento último en las columnas y vigas, debido a la fluencia simultanea de todos los dispositivos BRB.
- V_u BRB : Demanda de corte último en las columnas y vigas, debido a la fluencia simultanea de todos los dispositivos BRB.

Cabe mencionar que la demanda ultima relacionada con la fluencia simultanea de los dispositivos BRB en la estructura, no necesita ser amplificada por un coeficiente de amplificación de la carga LRFD, debido a que dicha demanda queda determinada directamente por las propiedades mecánicas del núcleo dúctil, por lo cual la fluencia del núcleo debe ser determinada considerando valores “realistas” de la fluencia máxima esperada (utilizando “ R_y ”), o el valor de tensión de fluencia recomendado por el proveedor. Para lo anterior es habitual considerar la simplificación de cálculo en la cual se desprecia el aporte de los dispositivos

BRB posicionados bajo el nudo en el cual se calcula el equilibrio de fuerzas. Esta hipótesis es aplicada en los cálculos de diseño de la estructura con dispositivos BRB a través del análisis espectral modal de demanda reducidas.

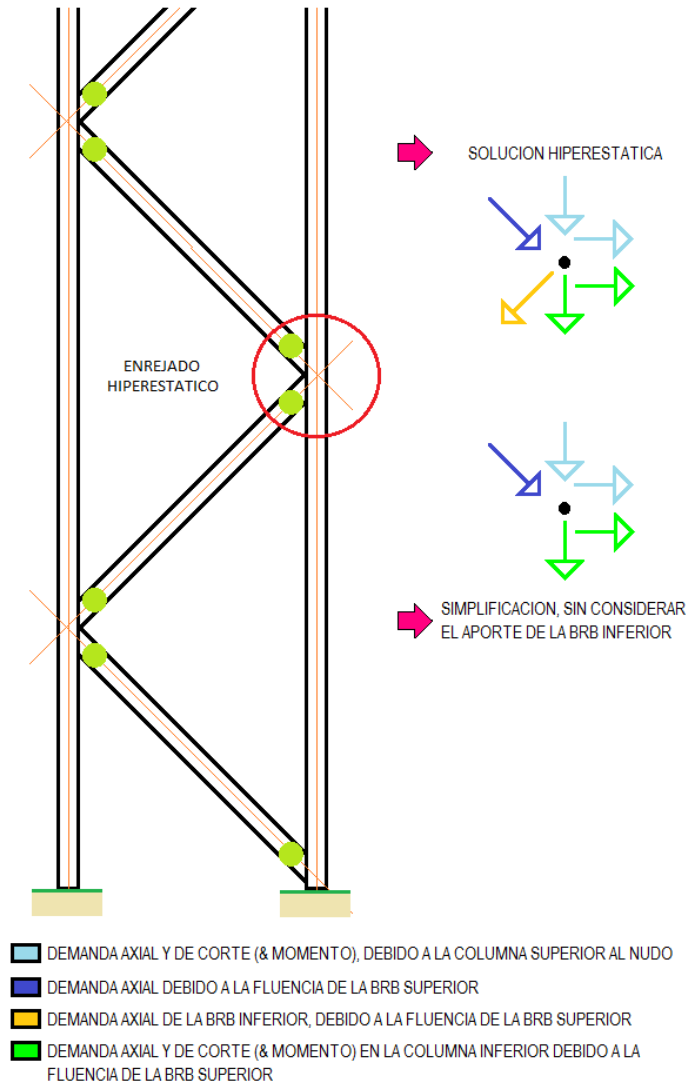


Figura VI.2.a Imagen referencial del cálculo de la demanda en columnas debido a la fluencia de los dispositivos BRB, solución hiperestática v/s simplificación, en la cual se desprecia el aporte de las BRB inferiores en el nudo en el cual se realiza el equilibrio

[elaboración propia]

De forma adicional, y para compensar de alguna manera las simplificaciones realizadas en el cálculo de la demanda axial de diseño sobre las columnas, además del enfoque conservador de considerar la fluencia simultanea de todos los

dispositivos BRB sobre las columnas, se permitirá para efectos de diseño, considerar una relación entre las demandas impuestas en las columnas, y su resistencia, con un valor permitido de hasta 105%, lo cual en la práctica de la ingeniería es un valor razonable para aprobar como “correcto” el diseño de cualquier elemento.

6. Si bien es claro que este procedimiento exige no respetar el punto 8.3.6 de la norma NCh2369Of.2003, además de la utilización “no normativa” de $R=5$ & $\xi=5\%$, los puntos restantes de la normativa deben ser respetados, incluyendo los relacionados a los máximos desplazamientos permitidos y el corte mínimo.
7. Los pasos anteriores se repiten iterativamente hasta lograr un diseño satisfactorio en el cual los valores obtenidos del análisis se puedan considerar “estables” ante nuevas iteraciones de ajustes de las propiedades

VI.3 Consideraciones para el diseño utilizando NCh 2369Of.2003, marco tradicional concéntrico

A continuación, los principales parámetros considerados para el desarrollo del diseño de la estructura considerando el uso de riostras tradicionales:

- | | |
|---|--------------------------|
| a. Zona Sísmica | : III ($A_o = 0.4$ [g]) |
| b. Suelo | : II |
| c. Clase de importancia | : C1 ($I=1.2$) |
| d. Razón de amortiguamiento crítico | : 0.03 |
| e. Factor de modificación de la respuesta “R” | : 5.0 |
| f. Coeficiente de corte máximo | : 0.276 [peso sísmico] |
| g. Coeficiente de corte mínimo | : 0.120 [peso sísmico] |
| h. Calculo de desplazamientos | : NCh2369.Of2003 |
| i. Relación de amplificación Q_o/Q_{min} | : 0.45 |
| j. Coef. Amplificación despl. Sísmicos “R1” | : 2.5 |
| <i>(R1 considera Q_o/Q_{min}, punto h)</i> | |
| k. Desplazamientos máximos | : 0,015 h |
| l. No considera efecto P-Delta ($d_{max} < 0,015$ h) | |

m. No considera sismo vertical NCh 2369Of.2003 (5.1.1.a) (cargas permanentes < 75% de la carga total)

n. Masa sísmica:

i. Peso propio, equipos y terminaciones : 100%

ii. Carga viva : 50%

iii. Carga de techo : 50%

(Carga de viva del techo, no asociada únicamente a mantenciones)

VI.4 Consideraciones para el diseño de marco concéntrico con BRB, considerando los parámetros de pre diseño de los dispositivos.

A continuación, los principales parámetros considerados para el desarrollo del diseño de la estructura considerando el uso de BRB, a través del uso de los parámetros “supuestos” o de “pre diseño”, descritos en el capítulo:

- Anexo A: Criterios para la realización del diseño de la torre principal de la nave del roaster.

a. Zona Sísmica : III ($A_0 = 0.4$ [g])

b. Suelo : II

c. Clase de importancia : C1 ($I=1.2$)

d. Razón de amortiguamiento crítico : 0.05

(Max. normativo)

e. Factor de modificación de la respuesta “R” : 5.0

(Max. normativo)

f. I_x Coeficiente de corte máximo : 0.216 [peso sísmico]

g. I_x Coeficiente de corte mínimo : 0.120 [peso sísmico]

h. Relación de amplificación Q_0/Q_{min} : 0.34

i. Coef. Amplificación despl. Sísmicos “R1” : 2.5

(R1 considera Q_0/Q_{min} , punto h)

j. Desplazamientos máximos : 0,015 h

k. No considera efecto P-Delta ($d_{max} < 0,015 h$)

l. No considera sismo vertical NCh2369Of.2003 (5.1.1.a) (cargas permanentes < 75% de la carga total)

m. Masa sísmica:

iv. Peso propio, equipos y terminaciones : 100%

v. Carga viva : 50%

vi. Carga de techo : 50%

(Carga de viva del techo, no asociada únicamente a mantenciones)

VI.5 Consideraciones para el diseño de marco concéntrico con BRB CoreBrace®

A continuación, los principales parámetros considerados para el desarrollo del diseño de la estructura considerando el uso de BRB, a través del uso de los parámetros estipulados por el proveedor CoreBrace®:

a. Zona Sísmica : III ($A_0 = 0.4$ [g])

b. Suelo : II

c. Clase de importancia : C1 ($I=1.2$)

d. Razón de amortiguamiento crítico : 0.05

(Max. normativo)

e. Factor de modificación de la respuesta “R” : 5.0

(Max. normativo)

f. I_x Coeficiente de corte máximo : 0.216 [peso sísmico]

g. I_x Coeficiente de corte mínimo : 0.120 [peso sísmico]

h. Relación de amplificación Q_0/Q_{min} : 0.40

i. Coef. Amplificación despl. Sísmicos “R1” : 2.5

j. Desplazamientos máximos : 0,015 h

k. No considera efecto P-Delta ($d_{max} < 0,015$ h)

l. No considera sismo vertical NCh 2369Of.2003 (5.1.1.a) (cargas permanentes < 75% de la carga total)

m. Masa sísmica:

vii. Peso propio, equipos y terminaciones : 100%

viii. Carga viva : 50%

ix. Carga de techo : 50%

(Carga de viva del techo, no asociada únicamente a mantenciones)

A continuación, se presenta una figura en la cual se expresa la diferencia entre los espectros de pseudo aceleraciones de respuesta horizontales de diseño para la estructura con el uso de riostras convencionales, con respecto a la estructura con el uso de dispositivos BRB:

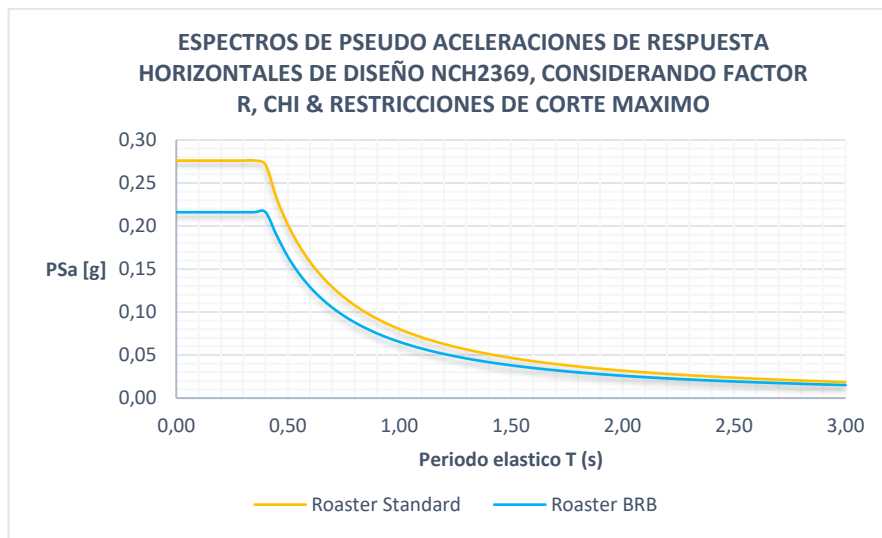


Figura VI.5.a Espectros de pseudo aceleraciones de diseño NCh 2369Of.2003 considerados para el diseño de las estructuras [elaboración propia]

VI.6 Diseño de la torre principal de la nave del roaster considerando como alternativa de estructuración al sistema de marco concéntrico tradicional

VI.6.1 Descripción de la estructura y su perfilería

La siguiente estructuración, corresponde a todo lo previamente mencionado en el subcapítulo:

- Descripción de la estructura a analizar en este documento: la torre principal de la nave del roaster.
 - a) Modulación General
 - Tipología estructura: ICBF (cap. 8, NCh2369, Marcos Arriostrados)
 - Altura total: 41.48 [m]
 - N° Pisos: 16
 - Altura “tipo” de piso: 2.44 [m]
 - Primer piso: Doble altura
 - Ancho de base: 15 [m]
 - Vano central: 7.5 [m]
 - Separación entre columnas: 3.75 [m]
 - Cambio de perfilería: Centro 8° piso
 - Simetría doble.
 - Columnas continuas.
 - Vigas y riostras rotuladas.
 - Núcleo hueco.
 - Arrostramiento exterior
 - b) Perfilería Superior
 - Columnas exteriores: HN35x91.5
 - Columnas interiores: HN40x147
 - Vigas: IN40x87.8
 - Puntales de piso: IN25x43.4

- Riostras de piso: XL8x7.07 (2x L8x7.07)
 - Riostras exteriores: HN25x42.4
- c) Perfilera Inferior
- Columnas exteriores: HN35x166
 - Columnas interiores: HN50x306
 - Vigas: IN40x87.8
 - Puntales de piso: IN25x43.4
 - Riostras de piso: XL8x7.07 (2x L8x7.07)
 - Riostras exteriores: HN30x73.9

VI.6.2 Modelación de la estructura

La modelación de la estructura es realizada según lo estipulado en el capítulo:

- Consideraciones de modelación de los sistemas estructurales en estudio.

A continuación, se muestran imágenes de la modelación FEM realizada:

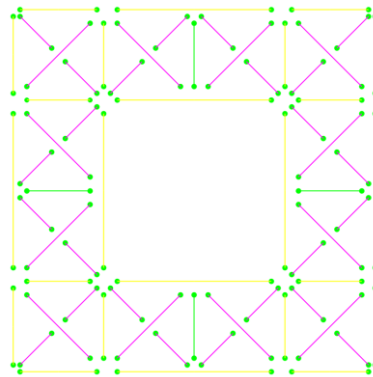


Figura VI.6.2.a Planta de piso “tipo”, incluyendo la disposición de los arrostramientos de piso con posición y conectividad [elaboración propia]

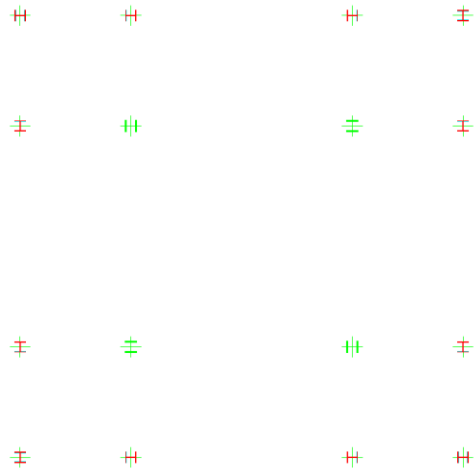


Figura VI.6.2.b Disposición de columnas en planta [elaboración propia]

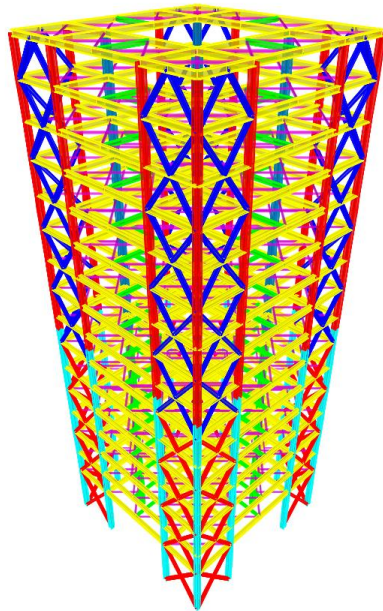


Figura VI.6.2.c Isométrico del modelo FEM de la estructura considerando marco concéntrico tradicional [elaboración propia]

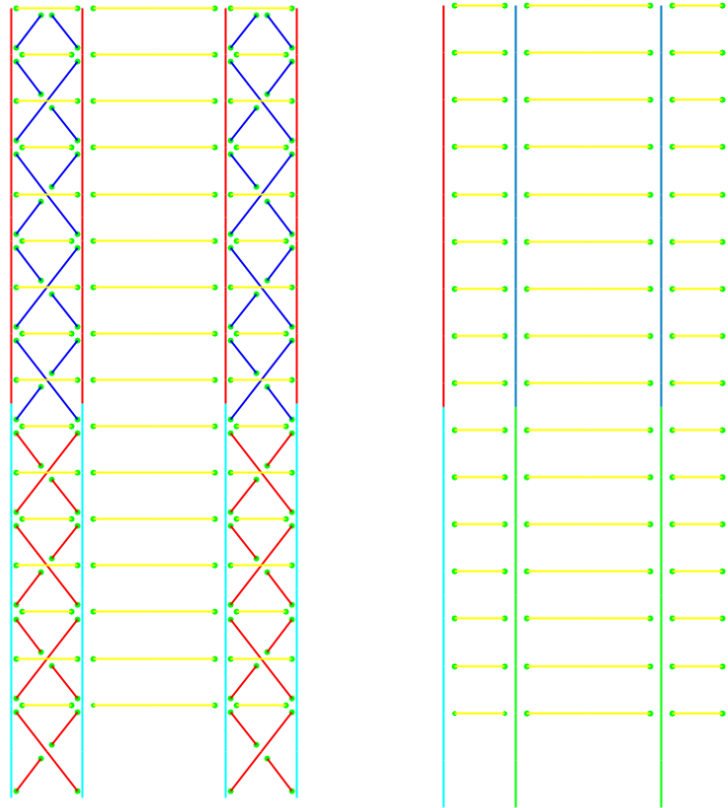


Figura VI.6.2.d Elevación “tipo” exterior (derecha) y corte “tipo” interior (izquierda)
[elaboración propia]

VI.6.3 Descripción de las cargas, combinaciones de diseño, definición de la masa sísmica y parámetros del análisis modal espectral

La modelación considera todo lo estipulado en el capítulo:

- Anexo A: Criterios para la realización del diseño de la torre principal de la nave del roaster.

VI.6.4 Descripción de la participación modal de masa del sistema

A continuación, la descripción de participación de masa modal del sistema:

Tabla VI.6.4.a Relación de la participación de la masa modal [elaboración propia]

Marco Concéntrico Tradicional: Relación de la participación de la masa modal (Eigenvectors)								
Modo	Periodo	Masa modal			Masa modal acumulada			Comentario
	[s]	X	Y	Z	X	Y	Z	
1	2,03	65,2%	1,2%	0,0%	65,2%	1,2%	0,0%	Modo Fundamental X
2	2,03	1,2%	65,2%	0,0%	66,4%	66,4%	0,0%	Modo Fundamental Y
3	1,14	0,0%	0,0%	0,0%	66,4%	66,4%	0,0%	-
4	0,46	0,6%	21,2%	0,0%	67,0%	87,6%	0,0%	-
5	0,46	21,2%	0,6%	0,0%	88,2%	88,2%	0,0%	-
6	0,27	0,0%	0,0%	0,0%	88,2%	88,2%	0,0%	-
7	0,24	0,0%	0,0%	26,3%	88,2%	88,2%	26,3%	-
8	0,23	5,3%	1,3%	0,0%	93,5%	89,5%	26,3%	-
9	0,23	1,3%	5,3%	0,0%	94,8%	94,8%	26,3%	-
10	0,22	0,0%	0,0%	0,0%	94,8%	94,8%	26,3%	-
11	0,22	0,0%	0,0%	0,0%	94,8%	94,8%	26,3%	-
12	0,21	0,0%	0,0%	27,4%	94,8%	94,8%	53,8%	-
13	0,21	0,0%	0,0%	0,0%	94,9%	94,8%	53,8%	-
14	0,21	0,0%	0,0%	0,0%	94,9%	94,9%	53,8%	-
15	0,20	0,0%	0,0%	2,8%	94,9%	94,9%	56,6%	-
16	0,20	0,0%	0,0%	0,0%	94,9%	94,9%	56,6%	-
17	0,20	0,0%	0,0%	0,0%	94,9%	94,9%	56,6%	-
18	0,20	0,0%	0,0%	0,6%	94,9%	94,9%	57,1%	-
19	0,20	0,0%	0,0%	0,0%	94,9%	94,9%	57,1%	-
20	0,20	0,0%	0,0%	0,4%	94,9%	94,9%	57,5%	Masa acumulada para el análisis

VI.6.5 Cortes basales (estados puros)

A continuación, se estipulan las reacciones en la base de la estructura ante la acción de los “estados puros”, obtenidos a través del análisis estructural. Cabe mencionar que, en los resultados mostrados, ya se han incluido amplificación de la carga sísmica necesaria para obtener al menos la demanda mínima de resistencia establecida por la NCh2369 para las cargas sísmicas (corte mínimo), además de previamente indicado en el subcapítulo:

- Consideraciones para el diseño utilizando NCh 2369Of.2003, marco tradicional concéntrico

Tabla VI.6.5.a Estados puros y coeficientes sísmicos de diseño [elaboración propia]

Marco Concéntrico Tradicional: Reacciones en la base								
Caso de carga	Tipo de caso de carga	Tipo de paso	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
			[Tonf]	[Tonf]	[Tonf]	[Tonf-m]	[Tonf-m]	[Tonf-m]
D	Lineal		0	0	628,33	0	0	0
L	Lineal		0	0	3796,88	0	0	0
Lr	Lineal		0	0	84,38	0	0	0
Ex NCH2369	Modal Espectral	Max	308,57	92,57	0	1229,90	4099,67	0
Ey NCH2369	Modal Espectral	Max	92,57	308,57	0	4099,68	1229,90	0

Ex NCH2369 DEF	Modal Espectral	Max	771,43	0	0	0	10249,21	0
Ey NCH2369 DEF	Modal Espectral	Max	0	771,43	0	10249,21	0	0

Peso sísmico	Peso sísmico	2568,95	2568,95	2568,95
	Coef. Sísmico X	0,120	0,036	
	Coef. Sísmico Y	0,036	0,120	

VI.6.6 Verificación del diseño de los elementos de acero

A continuación, se realiza la verificación del diseño considerando lo estipulado en el capítulo y subcapítulo:

- Anexo A: Criterios para la realización del diseño de la torre principal de la nave del roaster.
- Disposiciones normativas NCh 2369.Of2003 consideradas (Capítulo 8.3 Marcos Arriostrados)

Tabla VI.6.6.a Valores relevantes del diseño de acero según ANSI/AISC 360:2010
[elaboración propia]

Sección	PMM					V mayor		V menor		
	Max Rel D/C	Combinación	Max Rel D/C Paxial	Max Rel D/C Mmayor	Max Rel D/C Mmenor	Max Rel D/C Vmayor	Combinación	Max Rel D/C Vmenor	Combinación	
HN35X91.5	83,17%	2369_LRFD1-2	74,35%	6,94%	6,98%	1,74%	2369_LRFD1-1	0,26%	2369_LRFD1-1	
HN35X166	88,22%	2369_LRFD1-2	85,71%	4,28%	1,54%	2,24%	2369_LRFD1-1	0,23%	2369_LRFD1-1	
HN40X147	91,27%	3171_LRFD2	91,16%	0,90%	3,21%	1,58%	2369_LRFD1-1	0,22%	2369_LRFD1-1	
HN50X306	85,53%	3171_LRFD2	85,42%	0,10%	0,12%	1,55%	2369_LRFD1-1	0,20%	2369_LRFD1-1	
IN40X87.8	82,34%	3171_LRFD2	25,45%	79,07%	6,01%	42,08%	3171_LRFD2	0,34%	2369_LRFD1-1	
IN25X43.4	86,44%	3171_LRFD2	0,39%	86,05%	0,00%	39,32%	3171_LRFD2	0,00%	2369_LRFD1-1	
XL8X7.07	60,70%	2369_LRFD1-2	38,21%	23,09%	2,86%	0,63%	3171_LRFD1	0,05%	3171_LRFD1	
HN25X42.4	67,71%	2369_LRFD1-2	58,16%	9,22%	2,55%	1,82%	2369_LRFD1-1	0,18%	2369_LRFD1-1	Riostra
HN30X73.9	74,74%	2369_LRFD1-2	67,62%	9,19%	2,20%	2,44%	2369_LRFD1-1	0,19%	2369_LRFD1-1	Riostra

*Torsión despreciable

Cabe mencionar que el “sobre dimensionamiento” de las riostras convencionales, obedece a lo estipulado en el punto 8.3.6, de la norma NCh2369.

VI.6.7 Verificación de la serviciabilidad (desplazamientos laterales máximos)

A continuación, se verifica los desplazamientos laterales máximos, considerando las amplificaciones de la carga sísmica necesaria para obtener al menos la demanda sísmica mínima, según lo establecido en el capítulo 6 de la norma NCh2369, según lo previamente indicado en el subcapítulo:

- Consideraciones para el diseño utilizando NCh 2369Of.2003, marco tradicional concéntrico

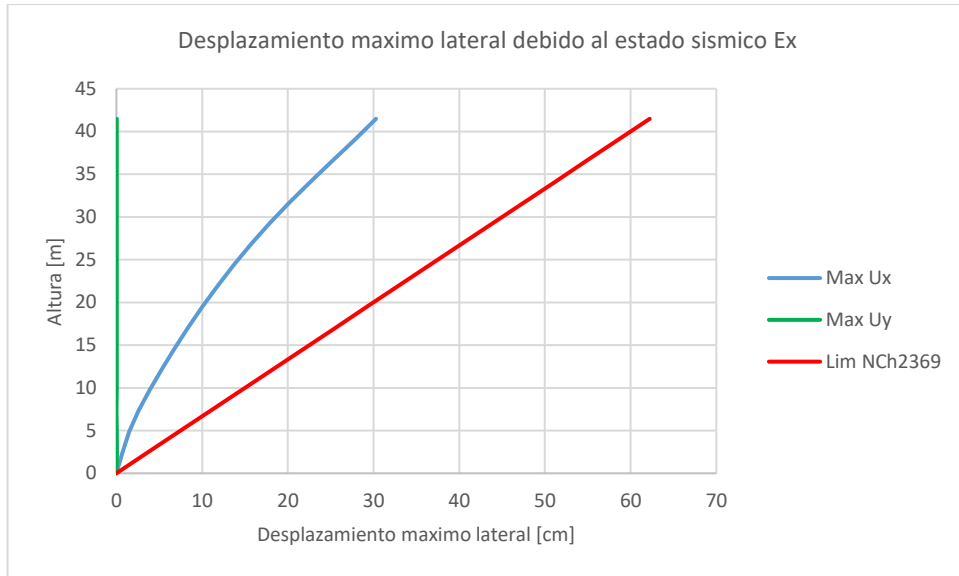


Figura VI.6.7.a Serviciabilidad: Desplazamiento máximo lateral debido al estado sísmico [elaboración propia]



Figura VI.6.7.b Serviciabilidad: Desplazamiento relativo máximo lateral debido al estado sísmico [elaboración propia]

VI.7 Diseño de la torre principal de la nave del roaster considerando como alternativa de estructuración al sistema de marco concéntrico con el uso de sistemas BRB en toda su altura, a través de los parámetros de BRB considerados para su pre diseño

VI.7.1 Descripción de la estructura y su perfilería

La siguiente estructuración, corresponde a todo lo previamente mencionado en el subcapítulo:

- Descripción de la estructura a analizar en este documento: la torre principal de la nave del roaster.
 - a) Modulación General
 - Tipología estructura: BRBF (cap. 8, NCh2369, Marcos Arriostrados, $R=5$, $\xi=5\%$), + Diseño de columnas de fachada por capacidad esperada de las BRB
 - Altura total: 41.48 [m]
 - N° Pisos: 16
 - Altura “tipo” de piso: 2.44 [m]
 - Primer piso: Doble altura
 - Ancho de base: 15 [m]
 - Vano central: 7.5 [m]
 - Separación entre columnas: 3.75 [m]
 - Cambio de perfilería: Centro 4° piso
Centro 8° piso
Centro 12° piso
 - Simetría doble.
 - Columnas continuas.
 - Vigas y riostras rotuladas.
 - Núcleo hueco.
 - Arrostramiento exterior

- b) Perfilería 1º/4
- Col fachada ext: HE70x70x6.5x5
 - Col fachada int: HE55x55x4.5x4
 - Columnas interiores: HN50x306
 - Vigas: IN40x87.8
 - Puntales de piso: IN25x43.4
 - Riostras de piso: XL8x7.07 (2x L8x7.07)
 - Riostras exteriores: BRB
- c) Perfilería 2º/4
- Col fachada ext: HE57x57x4.2x4
 - Col fachada int: HN50x336
 - Columnas interiores: HN50x306
 - Vigas: IN40x87.8
 - Puntales de piso: IN25x43.4
 - Riostras de piso: XL8x7.07 (2x L8x7.07)
 - Riostras exteriores: BRB
- d) Perfilería 3º/4
- Col fachada ext: HN50x336
 - Col fachada int: HN50x208
 - Columnas interiores: HN40x147
 - Vigas: IN40x87.8
 - Puntales de piso: IN25x43.4
 - Riostras de piso: XL8x7.07 (2x L8x7.07)
 - Riostras exteriores: BRB
- e) Perfilería 4º/4
- Col fachada ext: HN40x135
 - Col fachada int: HN40x123
 - Columnas interiores: HN40x147
 - Vigas: IN40x87.8
 - Puntales de piso: IN25x43.4

- Riostras de piso: XL8x7.07 (2x L8x7.07)
- Riostras exteriores: BRB

Definición de las columnas “HE”:

HE altura x ancho x espesor de alas x espesor de alma

VI.7.2 Modelación de la estructura

La modelación de la estructura es realizada según lo estipulado en el capítulo:

- Consideraciones de modelación de los sistemas estructurales en estudio.

A continuación, se muestran imágenes de la modelación FEM realizada:

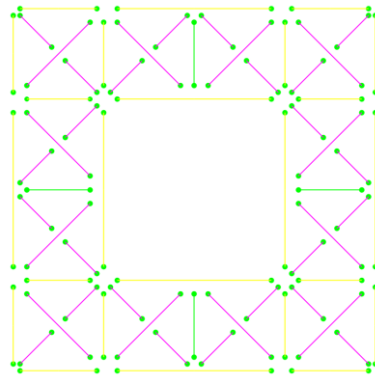


Figura VI.7.2.a Planta de piso “tipo”, incluyendo la disposición de los arrostramientos de piso con posición y conectividad [elaboración propia]

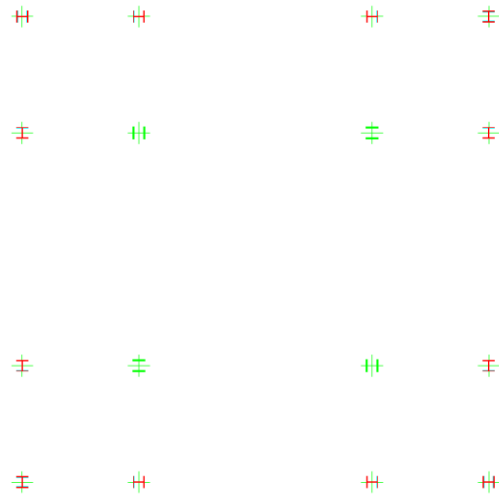


Figura VI.7.2.b Disposición de columnas en planta [elaboración propia]

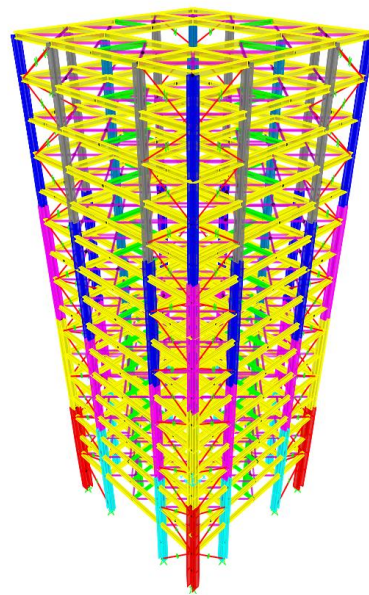


Figura VI.7.2.c Isométrico del modelo FEM de la estructura considerando BRB [elaboración propia]

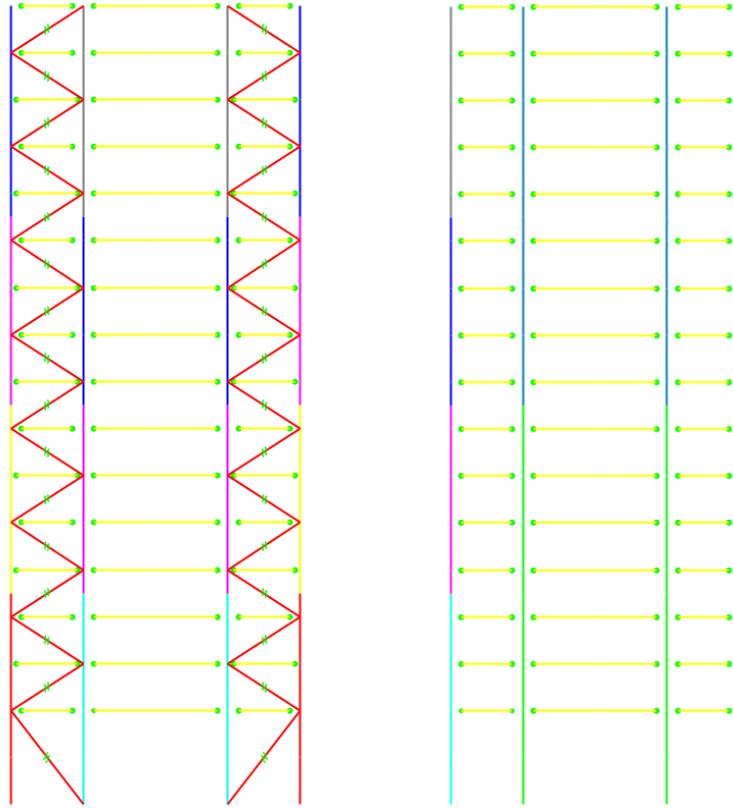


Figura VI.7.2.d Elevación “tipo” exterior (derecha) y corte “tipo” interior (izquierda)
[elaboración propia]

VI.7.3 Descripción de las cargas, combinaciones de diseño, definición de la masa sísmica y parámetros del análisis modal espectral

La modelación considera todo lo estipulado en el capítulo:

- Anexo A: Criterios para la realización del diseño de la torre principal de la nave del roaster.

VI.7.4 Descripción de la participación modal de masa del sistema

A continuación, la descripción de participación de masa modal del sistema:

Tabla VI.7.4.a Relación de la participación de la masa modal [elaboración propia]

Marco BRB: Relación de la participación de la masa modal (Eigenvectors)								
Modo	Periodo	Masa modal			Masa modal acumulada			Comentario
	[s]	X	Y	Z	X	Y	Z	
1	1,51	6,92%	63,30%	2,91E-19	6,92%	63,30%	2,91E-19	Modo Fundamental Y
2	1,51	63,30%	6,92%	1,08E-19	70,22%	70,22%	3,99E-19	Modo Fundamental X
3	0,94	5,43E-19	1,10E-20	4,72E-10	70,22%	70,22%	4,72E-10	-
4	0,47	0,01%	19,36%	2,61E-15	70,22%	89,58%	4,72E-10	-
5	0,47	19,36%	0,01%	3,32E-15	89,59%	89,59%	4,72E-10	-
6	0,31	3,94E-19	1,10E-19	1,12E-09	89,59%	89,59%	1,59E-09	-
7	0,26	3,43%	1,98%	5,22E-16	93,01%	91,57%	1,59E-09	-
8	0,26	1,98%	3,43%	5,21E-17	94,99%	94,99%	1,59E-09	-
9	0,23	1,70E-18	5,25E-16	24,00%	94,99%	94,99%	24,00%	-
10	0,21	1,14E-08	7,70E-10	8,48E-15	94,99%	94,99%	24,00%	-
11	0,21	7,69E-10	1,14E-08	4,74E-14	94,99%	94,99%	24,00%	-
12	0,20	1,01E-14	1,75E-14	17,48%	94,99%	94,99%	41,48%	-
13	0,20	0,00%	0,00%	1,87E-15	95,00%	95,00%	41,48%	-
14	0,20	0,00%	0,00%	5,96E-16	95,00%	95,00%	41,48%	-
15	0,20	2,05E-15	2,57E-14	2,59%	95,00%	95,00%	44,07%	-
16	0,20	2,44E-15	1,86E-14	8,57E-14	95,00%	95,00%	44,07%	-
17	0,20	4,62E-13	1,78E-11	4,82E-16	95,00%	95,00%	44,07%	-
18	0,20	1,81E-11	1,05E-12	2,09E-17	95,00%	95,00%	44,07%	-
19	0,20	3,24E-14	4,29E-17	0,45%	95,00%	95,00%	44,52%	-
20	0,19	1,98E-16	2,12E-14	0,27%	95,00%	95,00%	44,80%	Masa acumulada para el análisis

VI.7.5 Cortes basales (estados puros)

A continuación, se estipulan las reacciones en la base de la estructura ante la acción de los “estados puros”, obtenidos a través del análisis estructural. Cabe mencionar que, en los resultados mostrados, ya se han incluido amplificación de la carga sísmica necesaria para obtener al menos la demanda mínima de resistencia establecida por la NCh2369 para las cargas sísmicas (corte mínimo), además de previamente indicado en el subcapítulo:

- Consideraciones para el diseño de marco concéntrico con BRB, considerando los parámetros de pre diseño de los dispositivos.

Tabla VI.7.5.a Estados puros y coeficientes sísmicos de diseño [elaboración propia]

Marco BRB: Reacciones en la base								
Caso de carga	Tipo de caso de carga	Tipo de paso	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
			[Tonf]	[Tonf]	[Tonf]	[Tonf-m]	[Tonf-m]	[Tonf-m]
D	Lineal		0	0	737,15	0	0	0
L	Lineal		0	0	3796,88	0	0	0
Lr	Lineal		0	0	84,38	0	0	0
Ex NCH2369	Modal Espectral	Max	321,37	96,42	0,00021	1674,64	5581,47	0
Ey NCH2369	Modal Espectral	Max	96,42	321,37	0,00021	5581,47	1674,64	0
Ex NCH2369 DEF	Modal Espectral	Max	818,78	0	0	0	14233,28	0
Ey NCH2369 DEF	Modal Espectral	Max	0	818,78	0	14233,28	0	0

Peso sísmico	Peso sísmico	2677,78	2677,78	2677,78
	Coef. Sísmico X	0,120	0,036	
	Coef. Sísmico Y	0,036	0,120	

VI.7.6 Verificación del diseño de los elementos de acero

A continuación, se realiza la verificación del diseño considerando lo estipulado en el capítulo y subcapítulo:

- Anexo A: Criterios para la realización del diseño de la torre principal de la nave del roaster.
- Metodología para el diseño y especificación de los dispositivos BRB en estructuras, utilizando solicitaciones sísmicas reducidas.

Tabla VI.7.6.a Valores relevantes del diseño de acero según ANSI/AISC 360:2010
[elaboración propia]

Sección	PMM					V mayor		V menor		
	Max Rel D/C	Combinación	Max Rel D/C Paxial	Max Rel D/C Mmayor	Max Rel D/C Mmenor	Max Rel D/C Vmayor	Combinación	Max Rel D/C Vmenor	Combinación	
HN50X306	85,53%	3171_LRFD2	85,53%	0,05%	0,09%	1,23%	2369_LRFD1-1	0,15%	2369_LRFD1-1	
HN40X147	91,31%	3171_LRFD2	91,11%	1,23%	4,97%	2,14%	2369_LRFD1-1	0,37%	2369_LRFD1-1	
IN40X87.8	79,91%	3171_LRFD2	1,96%	78,72%	0,09%	42,08%	3171_LRFD2	0,35%	2369_LRFD1-1	
IN25X43.4	86,38%	3171_LRFD2	0,33%	86,04%	0,00%	39,32%	3171_LRFD2	0,00%	2369_LRFD1-1	
XL8X7.07	56,51%	2369_LRFD1-1	34,68%	21,88%	2,74%	0,63%	3171_LRFD1	0,05%	3171_LRFD1	
HE70X70X6.5X5	15,85%	2369_LRFD1-1	9,55%	4,64%	1,71%	1,71%	2369_LRFD1-1	0,44%	2369_LRFD1-1	COLUMNA FACHADA
HE57X57X4.2X4	26,95%	2369_LRFD1-1	20,57%	5,33%	1,71%	0,96%	2369_LRFD1-1	0,27%	3171_LRFD2	COLUMNA FACHADA
HE55X55X4.5X4	34,92%	2369_LRFD1-1	31,27%	3,17%	0,62%	1,14%	2369_LRFD1-1	0,11%	2369_LRFD1-1	COLUMNA FACHADA
HN50X336	42,71%	2369_LRFD1-1	37,87%	5,43%	1,70%	2,22%	2369_LRFD1-1	0,27%	2369_LRFD1-1	COLUMNA FACHADA
HN50X208	50,74%	2369_LRFD1-1	42,39%	6,31%	2,04%	2,10%	2369_LRFD1-1	0,15%	2369_LRFD1-1	COLUMNA FACHADA
HN40X135	31,76%	2369_LRFD1-1	23,31%	3,62%	6,54%	2,43%	2369_LRFD1-1	0,49%	2369_LRFD1-1	COLUMNA FACHADA
HN40X123	44,36%	2369_LRFD1-1	36,99%	5,60%	5,35%	2,16%	2369_LRFD1-1	0,28%	2369_LRFD1-1	COLUMNA FACHADA

*Torsión despreciable

Cabe mencionar que el “sobre dimensionamiento” de las columnas de fachada, obedece a lo estipulado en el punto 5, del subcapítulo:

- Metodología para el diseño y especificación de los dispositivos BRB en estructuras, utilizando solicitaciones sísmicas reducidas.

Donde las columnas son diseñadas para “asegurar” su comportamiento lineal ante la fluencia de los dispositivos BRB.

Otro aspecto importante a mencionar es el uso de columnas HE, las cuales al igual que las vigas IE, obedecen a perfiles especiales no especificados en el manual del Instituto Chileno del Acero, lo que en este caso es necesario debido a que no se posee perfil H disponible en el manual, capaz de asegurar el comportamiento “predominantemente lineal” de las columnas de fachada en las cuales se posicionaron los dispositivos BRB.

La lectura correcta del nombre del perfil es la siguiente:

VI.7.7 Verificación de la serviciabilidad (desplazamientos laterales máximos)

A continuación, se verifica los desplazamientos laterales máximos, considerando las amplificaciones de la carga sísmica necesaria para obtener al menos la demanda sísmica mínima, según lo establecido en el capítulo 6 de la norma NCh2369, según lo previamente indicado en el subcapítulo:

- Consideraciones para el diseño de marco concéntrico con BRB, considerando los parámetros de pre diseño de los dispositivos.

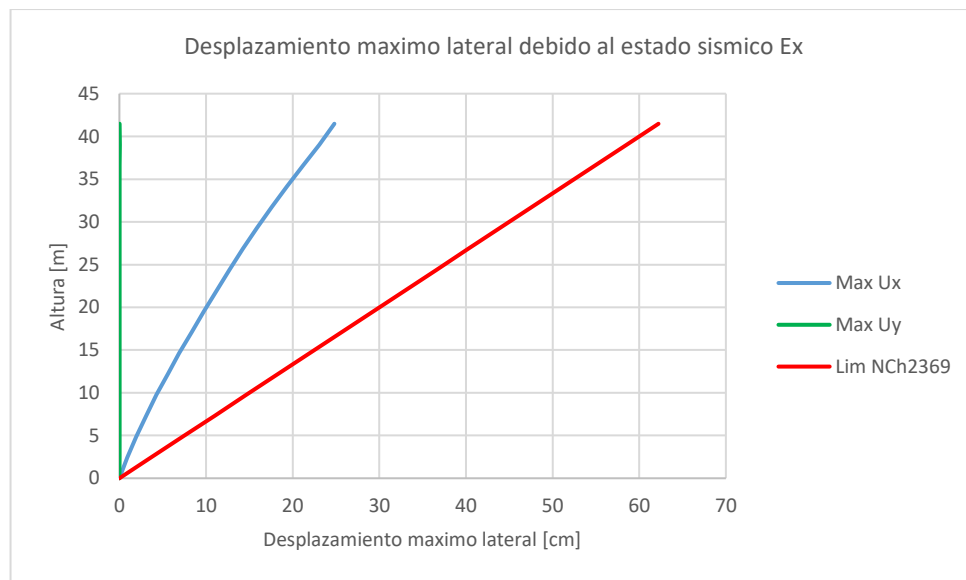


Figura VI.7.7.a Serviciabilidad: Desplazamiento máximo lateral debido al estado sísmico [elaboración propia]

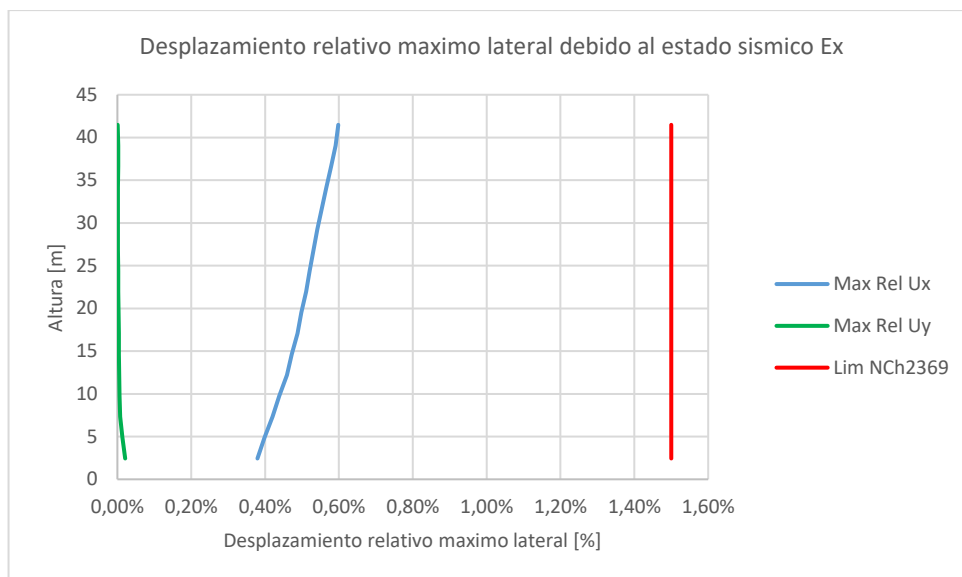


Figura VI.7.7.b Serviciabilidad: Desplazamiento relativo máximo lateral debido al estado sísmico [elaboración propia]

VI.7.8 **Calculo de la capacidad nominal requerida por los dispositivos BRB y la comparativa con su capacidad efectivamente dispuesta**

En este subcapítulo se presentará el paso final del proceso iterativo de cálculo de la capacidad nominal requerida por los dispositivos BRB, considerando la demanda proveniente del análisis modal espectral reducido y el aporte de rigidez de los dispositivos en la estructura.

Cabe mencionar que, si bien se presentara una capacidad nominal dispuesta, no se hará mención de los parámetros mecánicos y físicos considerados en los dispositivos para lograr dicha resistencia en este subcapítulo, debido a que serán debidamente indicados en el subcapítulo posterior:

- Propiedades mecánicas y de capacidad para los distintos tipos de dispositivos BRB dispuestos en la estructura

Tabla VI.7.8.a Comparativa de la capacidad nominal de fluencia requerida de los dispositivos BRB, con respecto a su capacidad efectivamente instalada en el diseño
[elaboración propia]

		ϕP_n & ϕT_n	P_u & T_u	D/C
		(Tonf)	(Tonf)	%
BRB01	1	170,85	161,87	94,7%
BRB02	2	100,23	95,37	95,1%
BRB03	3	91,12	86,69	95,1%
BRB04	4	91,12	86,33	94,7%
BRB05	5	72,90	69,13	94,8%
BRB06	6	72,90	68,66	94,2%
BRB07	7	60,37	56,89	94,2%
BRB08	8	60,37	56,92	94,3%
BRB09	9	60,37	55,17	91,4%
BRB10	10	60,37	56,85	94,2%
BRB11	11	60,37	56,98	94,4%
BRB12	12	60,37	58,12	96,3%
BRB13	13	55,81	53,26	95,4%
BRB14	14	50,12	48,22	96,2%
BRB15	15	28,47	27,34	96,0%
BRB16	16	8,43	7,93	94,1%

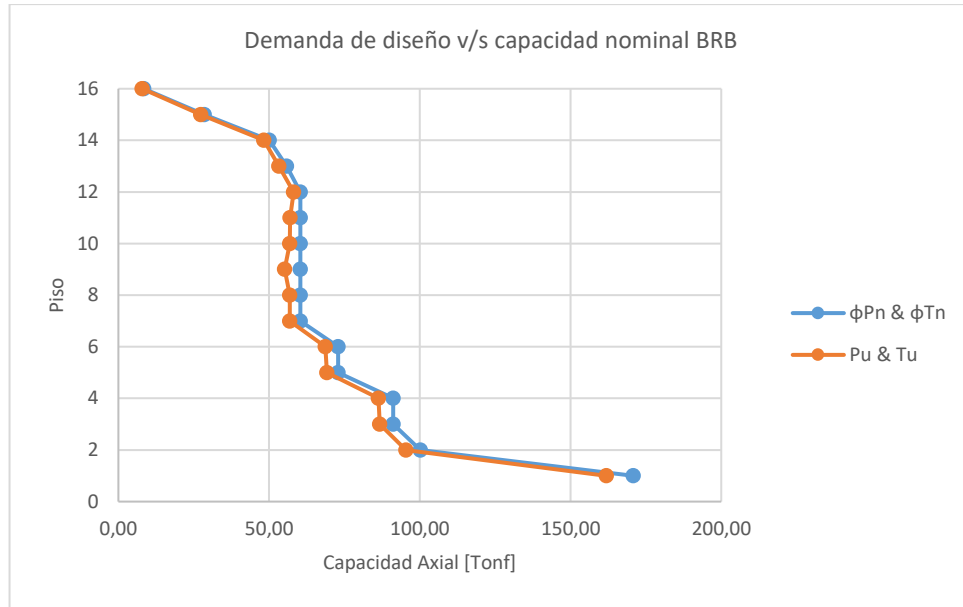


Figura VI.7.8.a Demanda de diseño de las BRB v/s la capacidad elástica instalada [elaboración propia]

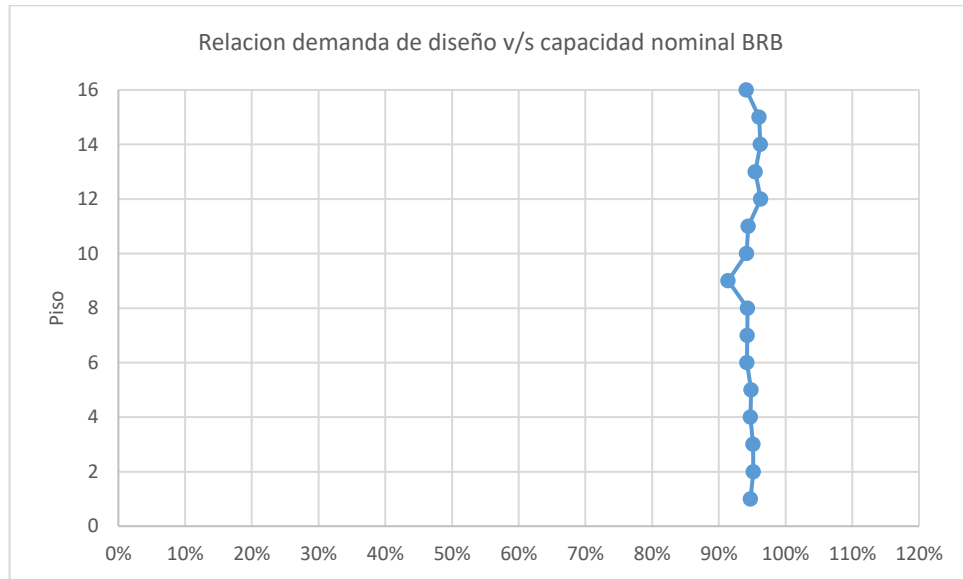


Figura VI.7.8.b Relación entre la demanda de diseño de las BRB v/s la capacidad elástica instalada [elaboración propia]

VI.7.9 Propiedades mecánicas y de capacidad para los distintos tipos de dispositivos BRB dispuestos en la estructura

A continuación, las propiedades mecánicas y la capacidad nominal admisible final de los distintos tipos de dispositivos:

Tabla VI.7.9.a Parámetros de diseño de las BRB [elaboración propia]

	L Total	L Yield	KF	L Yield	A Core	E Core	A Concrete	A Cover	Weight aprox	Mass aprox	Linear Stiffness	φPn & φTn
	(m)	%		(m)	(cm ²)	(cm)	(cm ²)	(cm ²)	(kgf)	(kgf*s ² /m)	(Tonf/m)	(Tonf)
BRB01	6,15	70%	1,429	4,31	75,0	2,61	553,36	30,44	952,57	97,10	35495,54	170,85
BRB02	4,47	70%	1,429	3,13	44,0	2,00	324,64	23,40	419,87	42,80	28646,05	100,23
BRB03	4,47	70%	1,429	3,13	40,0	1,91	295,13	22,33	384,29	39,17	26041,86	91,12
BRB04	4,47	70%	1,429	3,13	40,0	1,91	295,13	22,33	384,29	39,17	26041,86	91,12
BRB05	4,47	70%	1,429	3,13	32,0	1,71	236,10	20,01	312,71	31,88	20833,49	72,90
BRB06	4,47	70%	1,429	3,13	32,0	1,71	236,10	20,01	312,71	31,88	20833,49	72,90
BRB07	4,47	70%	1,429	3,13	26,5	1,55	195,52	18,24	263,07	26,82	17252,73	60,37
BRB08	4,47	70%	1,429	3,13	26,5	1,55	195,52	18,24	263,07	26,82	17252,73	60,37
BRB09	4,47	70%	1,429	3,13	26,5	1,55	195,52	18,24	263,07	26,82	17252,73	60,37
BRB10	4,47	70%	1,429	3,13	26,5	1,55	195,52	18,24	263,07	26,82	17252,73	60,37
BRB11	4,47	70%	1,429	3,13	26,5	1,55	195,52	18,24	263,07	26,82	17252,73	60,37
BRB12	4,47	70%	1,429	3,13	26,5	1,55	195,52	18,24	263,07	26,82	17252,73	60,37
BRB13	4,47	70%	1,429	3,13	24,5	1,49	180,77	17,55	244,91	24,97	15950,64	55,81
BRB14	4,47	70%	1,429	3,13	22,0	1,41	162,32	16,65	222,11	22,64	14323,02	50,12
BRB15	4,47	70%	1,429	3,13	12,5	1,07	92,23	12,64	134,01	13,66	8138,08	28,47
BRB16	4,47	70%	1,429	3,13	3,7	0,58	27,30	7,04	47,78	4,87	2408,87	8,43

*El peso aproximado solo considera el peso del núcleo dúctil y su camisa (aproximación)

VI.7.10 Cálculo de la capacidad última requerida en las columnas de fachada para asegurar la predominancia de su comportamiento elástico ante la fluencia de todos los dispositivos BRB

A continuación, se expondrá los principales resultados de la etapa final del proceso iterativo de cálculo de la capacidad nominal requerida en las columnas de fachada de la estructura, donde se posicionan los dispositivos BRB, considerando las solicitaciones de carácter estático, según las combinaciones de carga LRFD para considerar la variabilidad de las cargas, más la suma de la cargas sísmicas, asociadas a la fluencia acumulada de los distintos dispositivos BRB posicionados en altura para una mismo elemento columna, según la simplificación establecida en el subcapítulo:

- Metodología para el diseño y especificación de los dispositivos BRB en estructuras, utilizando solicitaciones sísmicas reducidas

La descripción de los datos entregados en la tabla de “análisis de la solicitación esperada en las columnas de la fachada de la estructura, considerando la capacidad esperada de las BRB” es la siguiente:

- Columna 1: Piso de la estructura.
- Columna 2: Angulo de los dispositivos BRB con respecto a la horizontal.
- Columna 3: Nombre del elemento columna (en promedio 10.98 [m]).
- Columna 4: Demandada sísmica de la fluencia los dispositivos BRB, sobre las columnas por piso. (en columnas interiores se tiene un solo dispositivo por piso, y en las columnas de esquina, dos dispositivos por piso).
- Columna 5: Demanda sísmica, acumulada directamente en el elemento columna.
- Columna 6: Demanda sísmica acumulada, incluyendo las columnas superiores.
- Columna 7: Demanda estática acumulada LRFD, incluyendo columnas superiores.
- Columna 8: Demanda total acumulada, incluyendo columnas superiores.

Tabla VI.7.10.a Análisis de la solicitación esperada en las columnas de la fachada de la estructura, considerando la capacidad esperada de las BRB [elaboración propia]

Capacidad requerida para las columnas ϕP_n (considerando fluencia simultanea de las BRB)														
		Angulo (°)	Col Ext						Col Int					
			2XBRB (Tonf)	Eq (Tonf)	Σ Eq (Tonf)	St (Tonf)	Pu (Tonf)		BRB (Tonf)	Eq (Tonf)	Σ Eq (Tonf)	St (Tonf)	Pu (Tonf)	
BRB01	1	52,5	C1Ext	451,57	965,08	2148,24	355,55	2503,79	C1Int	225,78	399,72	1074,12	333,24	1407,35
BRB02	2	33,1	C1Ext	182,21										
BRB03	3	33,1	C1Ext	165,65										
BRB04	4	33,1	C1Ext	165,65										
BRB05	5	33,1	C2Ext	132,52	484,53	1183,15	299,72	1482,87	C2Int	66,26	270,22	674,40	251,17	925,57
BRB06	6	33,1	C2Ext	132,52										
BRB07	7	33,1	C2Ext	109,74										
BRB08	8	33,1	C2Ext	109,74										
BRB09	9	33,1	C3Ext	109,74	438,97	698,63	200,24	898,87	C3Int	54,87	219,49	404,19	163,32	567,51
BRB10	10	33,1	C3Ext	109,74										
BRB11	11	33,1	C3Ext	109,74										
BRB12	12	33,1	C3Ext	109,74										
BRB13	13	33,1	C4Ext	101,46	259,66	259,66	87,25	346,91	C4Int	50,73	184,70	184,70	83,21	267,91
BRB14	14	33,1	C4Ext	91,11										
BRB15	15	33,1	C4Ext	51,77										
BRB16	16	33,1	C4Ext	15,32										

Con la demanda anteriormente expuesta, la última del proceso de iteración, es con la cual se procede a verificar finalmente el diseño de las columnas de la fachada de la estructura, generando relaciones entre la demanda y la capacidad de los perfiles seleccionados, según lo que se muestra a continuación:

Tabla VI.7.10.b Análisis de la capacidad otorgada a las columnas de la fachada de la estructura, con respecto a la capacidad esperada de las BRB [elaboración propia]

Análisis de la capacidad otorgada a las columnas (considerando fluencia simultanea de las BRB)											
		Col Ext				Col Int					
		Perfil	Pu (Tonf)	ϕ Pn (Tonf)	D/C			Perfil	Pu (Tonf)	ϕ Pn (Tonf)	D/C
BRB01	1	C1Ext	HE70x70x6.5x5	2503,79	2614,74	95,8%	C1Int	HE55x55x4.5x4	1407,35	1444,92	97,4%
BRB02	2	C1Ext					C1Int				
BRB03	3	C1Ext					C1Int				
BRB04	4	C1Ext					C2Int				
BRB05	5	C2Ext	HE57x57x4.2x4	1482,87	1508,80	98,3%	C2Int	HN50x336	925,57	953,43	97,1%
BRB06	6	C2Ext					C2Int				
BRB07	7	C2Ext					C2Int				
BRB08	8	C2Ext					C3Int				
BRB09	9	C3Ext	HN50x336	898,87	953,43	94,3%	C3Int	HN50x208	567,51	588,66	96,4%
BRB10	10	C3Ext					C3Int				
BRB11	11	C3Ext					C3Int				
BRB12	12	C3Ext					C4Int				
BRB13	13	C4Ext	HN40x135	346,91	379,14	91,5%	C4Int	HN40x123	267,91	345,84	77,5%
BRB14	14	C4Ext					C4Int				
BRB15	15	C4Ext					C4Int				
BRB16	16	C4Ext					C4Int				

Cabe destacar que, en la selección de los perfiles, se buscó que la relación entre la demanda y la capacidad de las columnas fuera lo más cercano a 1.0. Lo anterior responde a que mientras más grande sean los perfiles, más rígidos se vuelven, generando que estos disminuyan las solicitaciones horizontales de desplazamientos en los dispositivos BRB y con ello su desempeño, por lo cual se prefirió acotar este efecto al máximo posible.

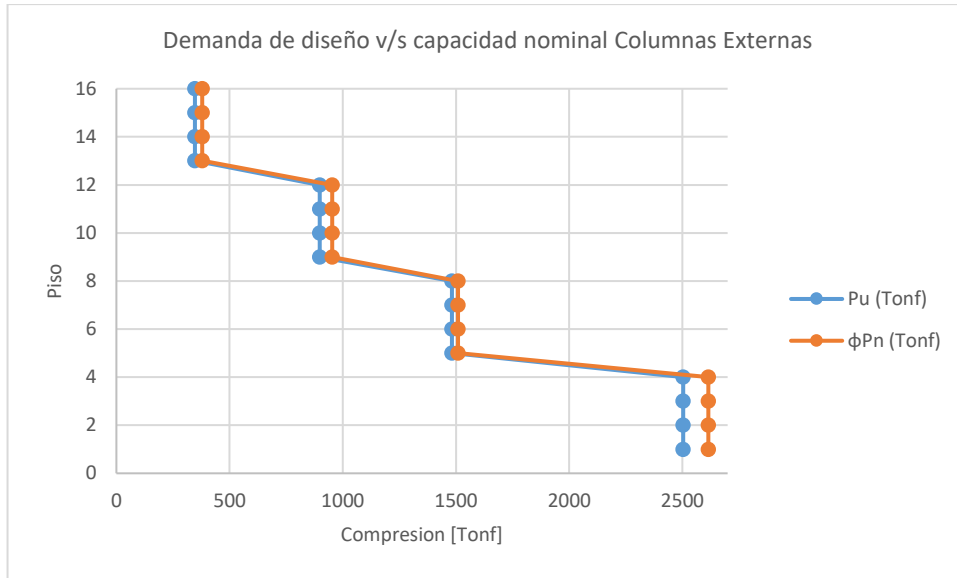


Figura VI.7.10.a Solicitación de diseño por capacidad esperada de las BRB sobre las columnas externas de la fachada v/s la capacidad nominal a compresión instalada [elaboración propia]

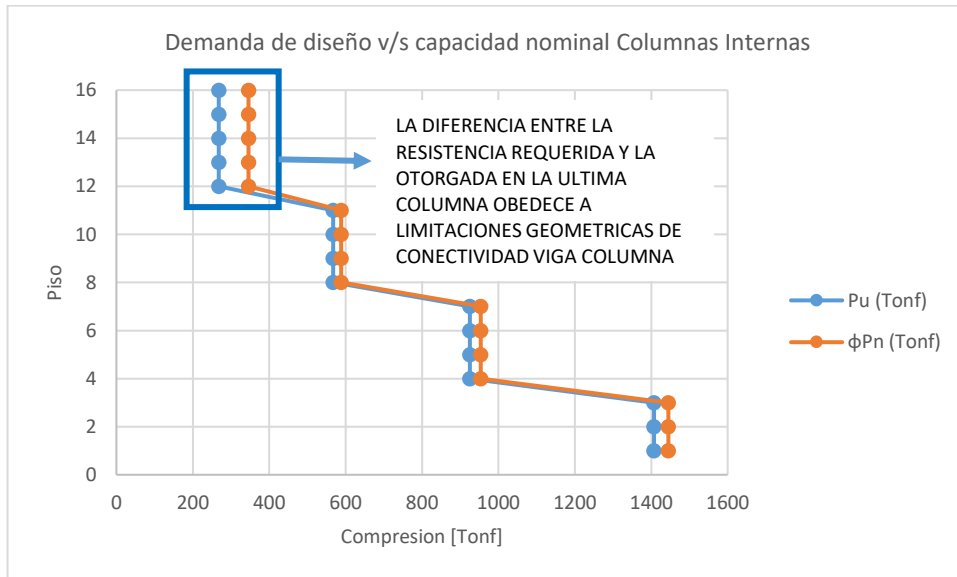


Figura VI.7.10.b Solicitación de diseño por capacidad esperada de las BRB sobre las columnas interiores de la fachada v/s la capacidad nominal a compresión instalada [elaboración propia]

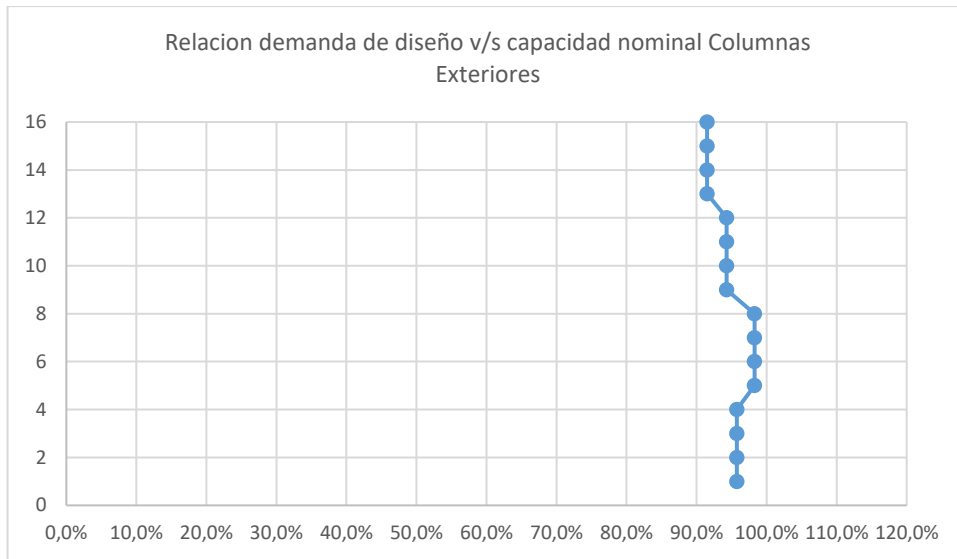


Figura VI.7.10.c Relación entre la sollicitación de diseño por capacidad esperada de las BRB sobre las columnas exteriores de la fachada v/s la capacidad nominal a compresión instalada [elaboración propia]

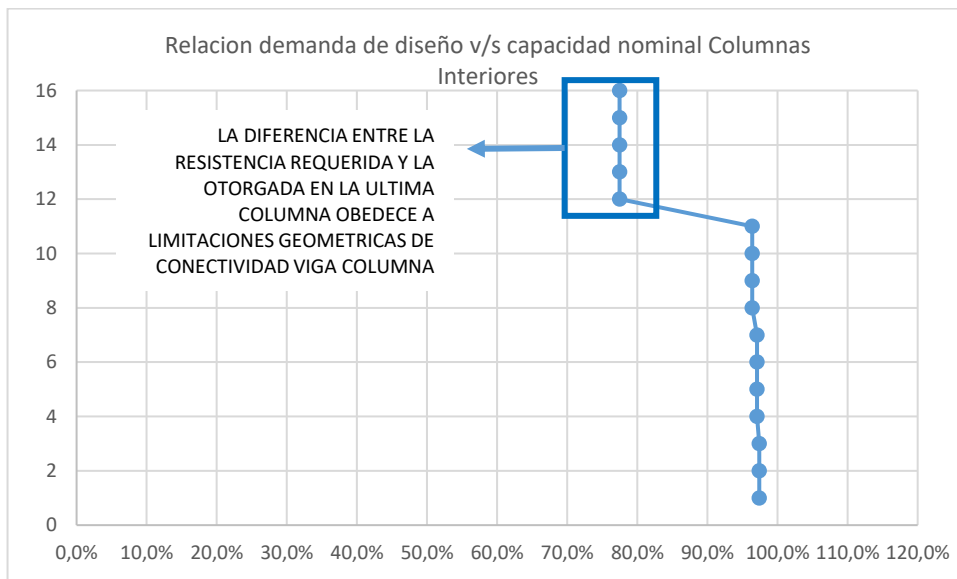


Figura VI.7.10.d Relación entre la sollicitación de diseño por capacidad esperada de las BRB sobre las columnas interiores de la fachada v/s la capacidad nominal a compresión instalada [elaboración propia]

VI.8 Diseño de la torre principal de la nave del roaster considerando como alternativa de estructuración al sistema de marco concéntrico con el uso de sistemas BRB en toda su altura, a través de los parámetros de BRB otorgados por CoreBrace® para la estructura

VI.8.1 Descripción de la estructura y su perfilería

La siguiente estructuración, corresponde a todo lo previamente mencionado en el subcapítulo:

- Descripción de la estructura a analizar en este documento: la torre principal de la nave del roaster.
 - a) Modulación General
 - Tipología estructura: BRBF (cap. 8, NCh2369, Marcos Arriostrados, $R=5$, $\xi=5\%$), + Diseño de columnas de fachada por capacidad esperada de las BRB
 - Parámetros BRB: CoreBrace®
 - Altura total: 41.48 [m]
 - N° Pisos: 16
 - Altura “tipo” de piso: 2.44 [m]
 - Primer piso: Doble altura
 - Ancho de base: 15 [m]
 - Vano central: 7.5 [m]
 - Separación entre columnas: 3.75 [m]
 - Cambio de perfilería: Centro 4° piso
Centro 8° piso
Centro 12° piso
 - Simetría doble.
 - Columnas continuas.
 - Vigas y riostras rotuladas.
 - Núcleo hueco.

- Arrostramiento exterior

- b) Perfilería 1º/4
 - Col fachada ext: HE70x70x5x4.5
 - Col fachada int: HN50x462
 - Columnas interiores: HN50x306
 - Vigas: IN40x87.8
 - Puntales de piso: IN25x43.4
 - Riostras de piso: XL8x7.07 (2x L8x7.07)
 - Riostras exteriores: BRB CoreBrace®

- c) Perfilería 2º/4
 - Col fachada ext: HN50x462
 - Col fachada int: HN50x269
 - Columnas interiores: HN50x306
 - Vigas: IN40x87.8
 - Puntales de piso: IN25x43.4
 - Riostras de piso: XL8x7.07 (2x L8x7.07)
 - Riostras exteriores: BRB CoreBrace®

- d) Perfilería 3º/4
 - Col fachada ext: HN50x269
 - Col fachada int: HN40x172
 - Columnas interiores: HN40x147
 - Vigas: IN40x87.8
 - Puntales de piso: IN25x43.4
 - Riostras de piso: XL8x7.07 (2x L8x7.07)
 - Riostras exteriores: BRB CoreBrace®

- e) Perfilería 4º/4
 - Col fachada ext: HN40x123
 - Col fachada int: HN40x123
 - Columnas interiores: HN40x147

- Vigas: IN40x87.8
- Puntales de piso: IN25x43.4
- Riostras de piso: XL8x7.07 (2x L8x7.07)
- Riostras exteriores: BRB CoreBrace®

Definición de las columnas “HE”:

HE altura x ancho x espesor de alas x espesor de alma

VI.8.2 Modelación de la estructura

La modelación de la estructura es realizada según lo estipulado en el capítulo:

- Consideraciones de modelación de los sistemas estructurales en estudio.

A continuación, se muestran imágenes de la modelación FEM realizada:

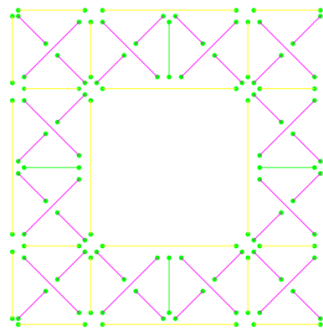


Figura VI.8.2.a Planta de piso “tipo”, incluyendo la disposición de los arrostramientos de piso con posición y conectividad [elaboración propia]

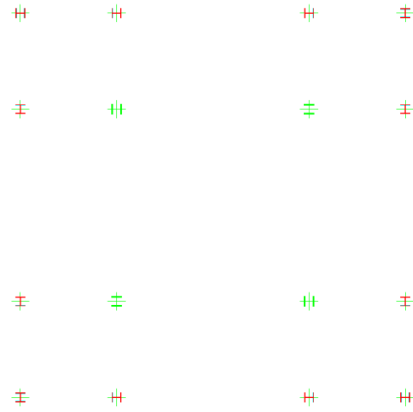


Figura VI.8.2.b Disposición de columnas en planta [elaboración propia]

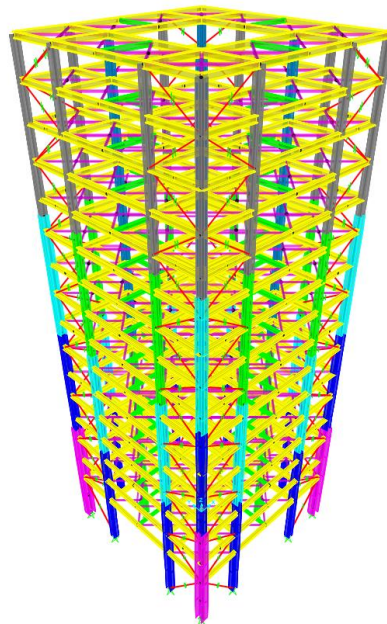


Figura VI.8.2.c Isométrico del modelo FEM de la estructura considerando BRB CoreBrace® [elaboración propia]

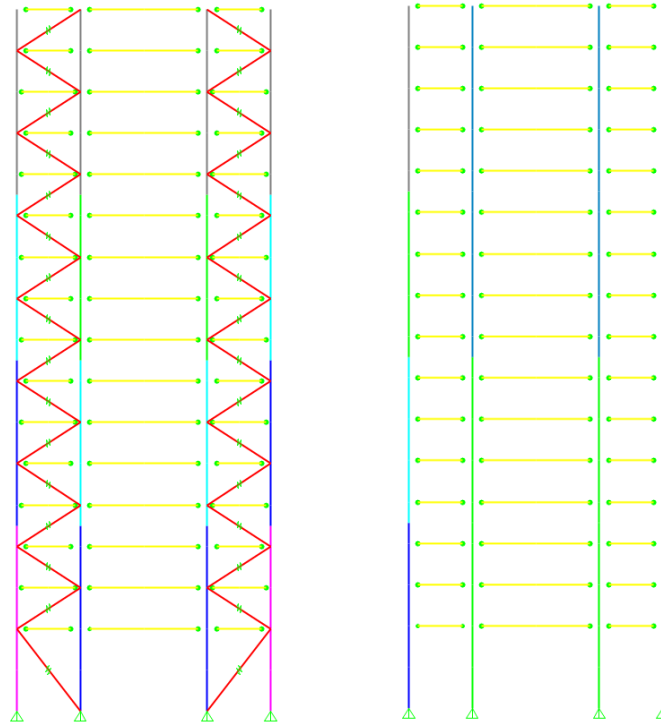


Figura VI.8.2.d Elevación “tipo” exterior (derecha) y corte “tipo” interior (izquierda)
[elaboración propia]

VI.8.3 Descripción de las cargas, combinaciones de diseño, definición de la masa sísmica y parámetros del análisis modal espectral

La modelación considera todo lo estipulado en el capítulo:

- Anexo A: Criterios para la realización del diseño de la torre principal de la nave del roaster.

VI.8.4 Descripción de la participación modal de masa del sistema

A continuación, la descripción de participación de masa modal del sistema:

Tabla VI.8.4.a Relación de la participación de la masa modal [elaboración propia]

Marco BRB CoreBrace®: Relación de la participación de la masa modal (Eigenvectors)								
Modo	Periodo	Masa modal			Masa modal acumulada			Comentario
	[s]	X	Y	Z	X	Y	Z	
1	1,76	65,86%	0,004958	1,41E-16	65,86%	0,50%	1,41E-16	Modo Fundamental X
2	1,76	0,004958	65,86%	5,50E-17	66,35%	66,35%	1,96E-16	Modo Fundamental X
3	1,06	5,74E-17	1,69E-18	6,54E-10	66,35%	66,35%	6,54E-10	-
4	0,51	0,04%	21,99%	4,34E-16	66,39%	88,34%	6,54E-10	-
5	0,51	21,99%	0,04%	5,49E-16	88,38%	88,38%	6,54E-10	-
6	0,32	4,64E-15	9,57E-15	3,72E-09	88,38%	88,38%	4,38E-09	-
7	0,27	4,79E-02	1,67E-02	1,28E-14	93,16%	90,05%	4,38E-09	-
8	0,27	1,67%	4,79%	4,02E-17	94,83%	94,83%	4,38E-09	-
9	0,24	5,67E-16	1,51E-16	2,55E-01	94,83%	94,83%	25,49%	-
10	0,22	4,72E-08	5,70E-10	3,23E-15	94,83%	94,83%	25,49%	-
11	0,22	5,86E-10	4,74E-08	1,30E-13	94,83%	94,83%	25,49%	-
12	0,21	1,72E-14	1,60E-13	21,66%	94,83%	94,83%	47,15%	-
13	0,20	0,00%	2,50E-04	1,90E-14	94,83%	94,86%	47,15%	-
14	0,20	2,50E-04	0,00%	5,04E-14	94,86%	94,86%	47,15%	-
15	0,20	6,57E-14	6,91E-13	2,77%	94,86%	94,86%	49,92%	-
16	0,20	8,10E-13	3,64E-13	2,22E-15	94,86%	94,86%	49,92%	-
17	0,20	3,50E-09	2,37E-08	2,86E-15	94,86%	94,86%	49,92%	-
18	0,20	2,37E-08	3,75E-09	1,60E-16	94,86%	94,86%	49,92%	-
19	0,20	6,66E-13	5,16E-14	0,53%	94,86%	94,86%	50,45%	-
20	0,20	3,07E-16	2,52E-13	0,34%	94,86%	94,86%	50,79%	Masa acumulada para el análisis

VI.8.5 Cortes basales (estados puros)

A continuación, se estipulan las reacciones en la base de la estructura ante la acción de los “estados puros”, obtenidos a través del análisis estructural. Cabe mencionar que, en los resultados mostrados, ya se han incluido amplificación de la carga sísmica necesaria para obtener al menos la demanda mínima de resistencia establecida por la NCh2369 para las cargas sísmicas (corte mínimo), además de previamente indicado en el subcapítulo:

- Consideraciones para el diseño de marco concéntrico con BRB, considerando los parámetros de pre diseño de los dispositivos.

Tabla VI.8.5.a Estados puros y coeficientes sísmicos de diseño [elaboración propia]

Marco BRB CoreBrace®: Reacciones en la base								
Caso de carga	Tipo de caso de carga	Tipo de paso	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
			[Tonf]	[Tonf]	[Tonf]	[Tonf-m]	[Tonf-m]	[Tonf-m]
D	Lineal		0	0	694,808	0	0	0
L	Lineal		0	0	3796,88	0	0	0
Lr	Lineal		0	0	84,375	0	0	0
Ex NCH2369	Modal Espectral	Max	316,245	94,885	0	1451,89	4839,05	0
Ey NCH2369	Modal Espectral	Max	94,8851	316,244	0	4839,05	1451,89	0

Ex NCH2369 DEF	Modal Espectral	Max	790,61	0	0	0	12097,63	0
Ey NCH2369 DEF	Modal Espectral	Max	0	790,61	0	12097,63	0	0

Peso sísmico	Peso sísmico	2635,43	2635,43	2635,43
	Coef. Sísmico X	0,120	0,036	
	Coef. Sísmico Y	0,036	0,120	

VI.8.6 Verificación del diseño de los elementos de acero

A continuación, se realiza la verificación del diseño considerando lo estipulado en el capítulo y subcapítulo:

- Anexo A: Criterios para la realización del diseño de la torre principal de la nave del roaster.
- Metodología para el diseño y especificación de los dispositivos BRB en estructuras, utilizando solicitaciones sísmicas reducidas.

Tabla VI.8.6.a Valores relevantes del diseño de acero según ANSI/AISC 360:2010
[elaboración propia]

Sección	PMM					V mayor		V menor		
	Max Rel D/C	Combinación	Max Rel D/C P axial	Max Rel D/C M mayor	Max Rel D/C M menor	Max Rel D/C V mayor	Combinación	Max Rel D/C V menor	Combinación	
HN40X147	91,38%	3171_LRFD2	91,16%	1,54%	5,61%	2,39%	2369_LRFD1-1	0,40%	2369_LRFD1-1	
HN50X306	85,54%	3171_LRFD2	85,42%	0,09%	0,14%	1,33%	2369_LRFD1-1	0,15%	2369_LRFD1-1	
IN40X87.8	80,61%	3171_LRFD2	2,87%	78,71%	0,13%	42,08%	3171_LRFD2	0,36%	2369_LRFD1-1	
IN25X43.4	86,58%	3171_LRFD2	0,51%	86,07%	0,00%	39,32%	3171_LRFD2	0,00%	2369_LRFD1-1	
XL8X7.07	56,34%	2369_LRFD1-2	35,22%	22,08%	2,77%	0,63%	3171_LRFD1	0,05%	3171_LRFD1	
HN40X123	40,25%	2369_LRFD1-1	35,43%	3,57%	6,30%	2,06%	2369_LRFD1-1	0,42%	2369_LRFD1-1	COLUMNA FACHADA
HN40X172	52,91%	2369_LRFD1-1	45,63%	5,59%	1,71%	2,33%	2369_LRFD1-1	0,16%	2369_LRFD1-1	COLUMNA FACHADA
HN50X269	44,87%	2369_LRFD1-1	40,48%	4,54%	5,35%	1,85%	2369_LRFD1-1	0,26%	2369_LRFD1-1	COLUMNA FACHADA
HN50X462	34,26%	2369_LRFD1-1	31,99%	3,55%	1,18%	1,70%	2369_LRFD1-1	0,21%	3171_LRFD2	COLUMNA FACHADA
HE70X70X5X4.5	23,28%	2369_LRFD1-1	20,39%	2,45%	0,94%	0,98%	3171_LRFD2	0,24%	3171_LRFD2	COLUMNA FACHADA

*Torsión despreciable

Cabe mencionar que el “sobre dimensionamiento” de las columnas de fachada, obedece a lo estipulado en el punto 5, del subcapítulo:

- Metodología para el diseño y especificación de los dispositivos BRB en estructuras, utilizando solicitaciones sísmicas reducidas.

Donde las columnas son diseñadas para “asegurar” su comportamiento lineal ante la fluencia de los dispositivos BRB.

Otro aspecto importante a mencionar es el uso de columnas HE, las cuales al igual que las vigas IE, obedecen a perfiles especiales no especificados en el manual del Instituto Chileno del Acero, lo que en este caso es necesario debido a que no se posee perfil H disponible en el manual, capaz de asegurar el comportamiento “predominantemente lineal” de las columnas de fachada en las cuales se posicionaron los dispositivos BRB. La lectura correcta del nombre del perfil es la siguiente:

HE altura x ancho x espesor de alas x espesor de alma

VI.8.7 Verificación de la serviciabilidad (desplazamientos laterales máximos)

A continuación, se verifica los desplazamientos laterales máximos, considerando las amplificaciones de la carga sísmica necesaria para obtener al menos la demanda sísmica mínima, según lo establecido en el capítulo 6 de la norma NCh2369, según lo previamente indicado en el subcapítulo:

- Consideraciones para el diseño de marco concéntrico con BRB, considerando los parámetros de pre diseño de los dispositivos.

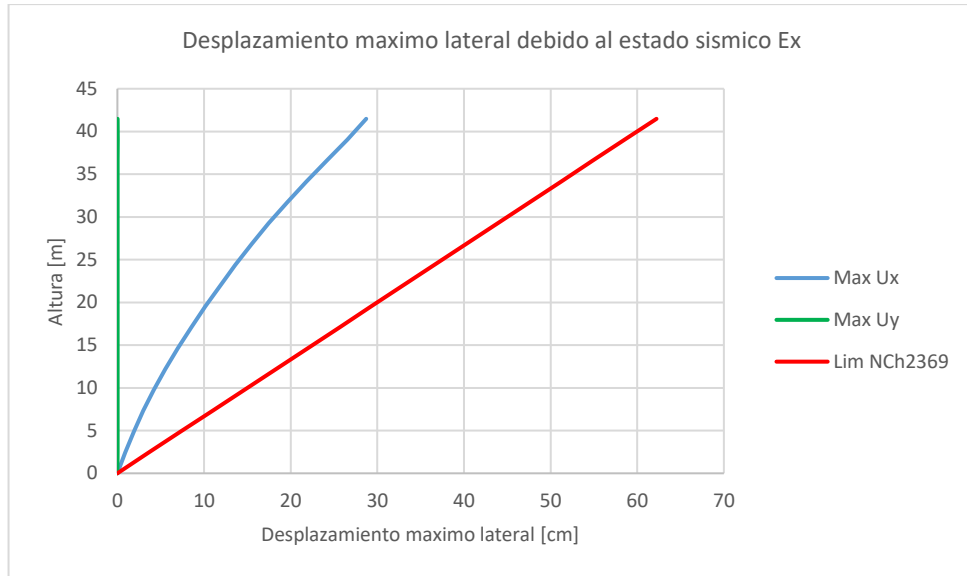


Figura VI.8.7.a Serviciabilidad: Desplazamiento máximo lateral debido al estado sísmico [elaboración propia]

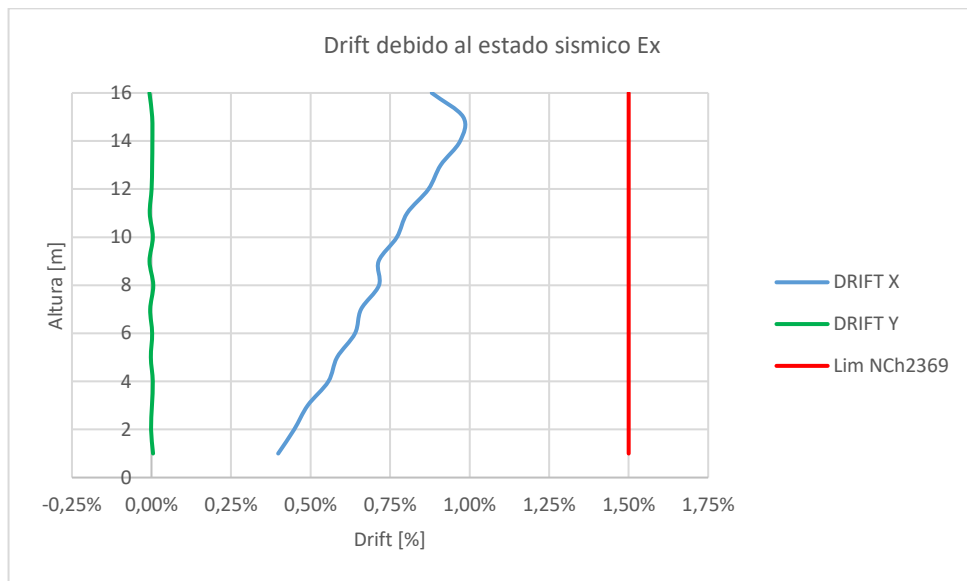


Figura VI.8.7.b Serviciabilidad: Desplazamiento relativo máximo lateral debido al estado sísmico [elaboración propia]

VI.8.8 Cálculo de la capacidad nominal requerida por los dispositivos BRB y la comparativa con su capacidad efectivamente dispuesta

En este subcapítulo se presentará el paso final del proceso iterativo de cálculo de la capacidad nominal requerida por los dispositivos BRB, considerando la demanda proveniente del análisis modal espectral reducido y el aporte de rigidez de los dispositivos en la estructura.

Cabe mencionar que, si bien se presentara una capacidad nominal dispuesta, no se hará mención de los parámetros mecánicos y físicos considerados en los dispositivos para lograr dicha resistencia en este subcapítulo, debido a que serán debidamente indicados en el subcapítulo posterior:

- Propiedades mecánicas y de capacidad para los distintos tipos de dispositivos BRB dispuestos en la estructura

Tabla VI.8.8.a Comparativa de la capacidad nominal de fluencia requerida de los dispositivos BRB, con respecto a su capacidad efectivamente instalada en el diseño
[elaboración propia]

		ϕP_n & ϕT_n	P_u & T_u	D/C
		(Tonf)	(Tonf)	%
BRB01	1	175,25	152,70	87,1%
BRB02	2	112,47	102,91	91,5%
BRB03	3	98,21	85,42	87,0%
BRB04	4	96,92	83,64	86,3%
BRB05	5	76,24	65,13	85,4%
BRB06	6	76,24	65,43	85,8%
BRB07	7	61,47	51,57	83,9%
BRB08	8	61,47	52,20	84,9%
BRB09	9	61,47	47,10	76,6%
BRB10	10	61,47	50,17	81,6%
BRB11	11	61,47	49,32	80,2%
BRB12	12	61,47	52,82	85,9%
BRB13	13	60,16	49,91	83,0%
BRB14	14	51,00	45,10	88,4%
BRB15	15	28,77	26,01	90,4%
BRB16	16	17,00	10,33	60,8%

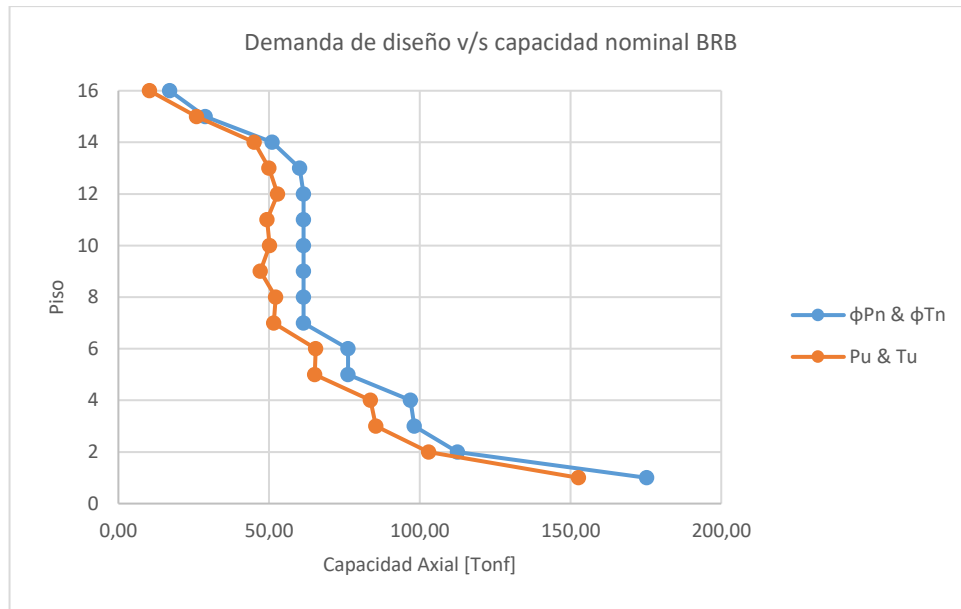


Figura VI.8.8.a Demanda de diseño de las BRB v/s la capacidad elástica instalada [elaboración propia]

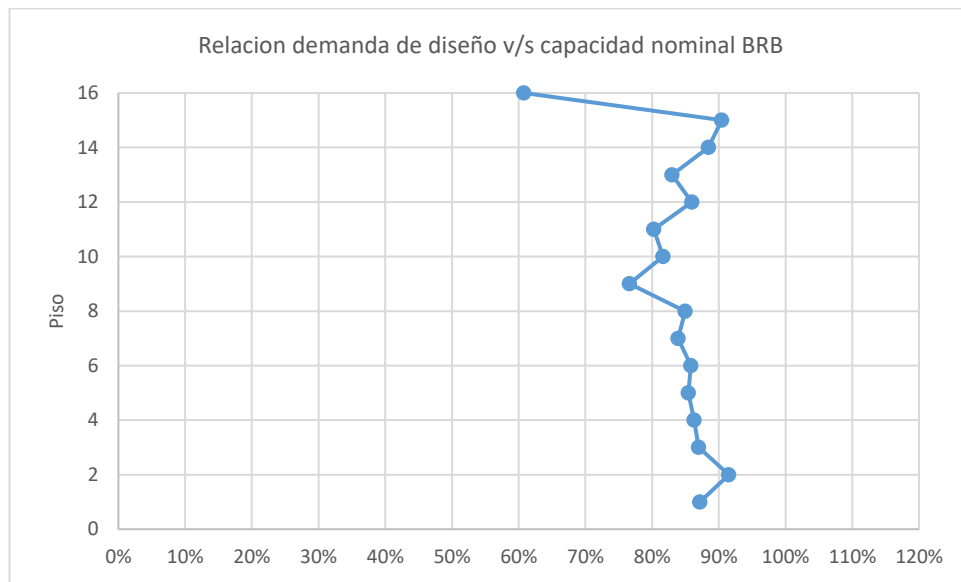


Figura VI.8.8.b Relación entre la demanda de diseño de las BRB v/s la capacidad elástica instalada [elaboración propia]

VI.8.9 Propiedades mecánicas y de capacidad para los distintos tipos de dispositivos BRB dispuestos en la estructura

A continuación, las propiedades mecánicas y la capacidad nominal admisible final de los distintos tipos de dispositivos:

Tabla VI.8.9.a Parámetros de diseño de las BRB CoreBrace® [elaboración propia]

	L Total	L Yield	KF	L Yield	A Core	E Core	A Concrete	A Cover	Weight aprox	Mass aprox	Linear Stiffness	φPn & φTn
	(m)	%		(m)	(cm ²)	(cm)	(cm ²)	(cm ²)	(kgf)	(kgf*s ² /m)	(Tonf/m)	(Tonf)
BRB01	6,15	53%	1,547	3,24	67,0	2,47	494,34	28,79	644,81	65,73	42112,81	175,25
BRB02	4,47	39%	1,857	1,75	43,0	1,98	317,26	23,14	229,55	23,40	50122,42	112,47
BRB03	4,47	45%	1,705	2,01	38,0	1,86	280,37	21,77	234,67	23,92	38632,61	98,21
BRB04	4,47	45%	1,708	2,01	37,5	1,85	276,68	21,63	231,81	23,63	38124,29	96,92
BRB05	4,47	47%	1,642	2,11	29,5	1,64	217,66	19,23	195,57	19,94	28499,15	76,24
BRB06	4,47	47%	1,642	2,11	29,5	1,64	217,66	19,23	195,57	19,94	28499,15	76,24
BRB07	4,47	50%	1,575	2,23	23,5	1,46	173,39	17,20	167,84	17,11	21495,38	61,47
BRB08	4,47	50%	1,575	2,23	23,5	1,46	173,39	17,20	167,84	17,11	21495,38	61,47
BRB09	4,47	50%	1,570	2,24	23,5	1,46	173,39	17,20	168,71	17,20	21383,68	61,47
BRB10	4,47	50%	1,575	2,23	23,5	1,46	173,39	17,20	167,84	17,11	21495,38	61,47
BRB11	4,47	50%	1,575	2,23	23,5	1,46	173,39	17,20	167,84	17,11	21495,38	61,47
BRB12	4,47	50%	1,570	2,24	23,5	1,46	173,39	17,20	168,71	17,20	21383,68	61,47
BRB13	4,47	50%	1,573	2,24	23,0	1,45	169,70	17,02	165,45	16,87	20928,71	60,16
BRB14	4,47	51%	1,565	2,28	19,5	1,33	143,87	15,70	144,90	14,77	17451,24	51,00
BRB15	4,47	43%	1,731	1,91	11,0	1,00	81,16	11,88	73,06	7,45	11742,00	28,77
BRB16	4,47	42%	1,943	1,87	6,5	0,77	47,96	9,22	45,44	4,63	7094,47	17,00

*El peso aproximado solo considera el peso del núcleo dúctil y su camisa (aproximación)

VI.8.10 Cálculo de la capacidad última requerida en las columnas de fachada para asegurar la predominancia de su comportamiento elástico ante la fluencia de todos los dispositivos BRB

A continuación, se expondrá los principales resultados de la etapa final del proceso iterativo de cálculo de la capacidad nominal requerida en las columnas de fachada de la estructura, donde se posicionan los dispositivos BRB, considerando las solicitaciones de carácter estático, según las combinaciones de carga LRFD para considerar la variabilidad de las cargas, más la suma de las cargas sísmicas, asociadas a la fluencia acumulada de los distintos dispositivos BRB posicionados en altura para una mismo elemento columna, según la simplificación establecida en el subcapítulo:

- Metodología para el diseño y especificación de los dispositivos BRB en estructuras, utilizando solicitaciones sísmicas reducidas.

La descripción de los datos entregados en la tabla de “análisis de la solicitación esperada en las columnas de la fachada de la estructura, considerando la capacidad esperada de las BRB” es la siguiente:

- Columna 1: Piso de la estructura.
- Columna 2: Angulo de los dispositivos BRB con respecto a la horizontal.
- Columna 3: Nombre del elemento columna (en promedio 10.98 [m]).
- Columna 4: Demandada sísmica de la fluencia los dispositivos BRB, sobre las columnas por piso. (en columnas interiores se tiene un solo dispositivo por piso, y en las columnas de esquina, dos dispositivos por piso).
- Columna 5: Demanda sísmica, acumulada directamente en el elemento columna.
- Columna 6: Demanda sísmica acumulada, incluyendo las columnas superiores.
- Columna 7: Demanda estática acumulada LRFD, incluyendo columnas superiores.
- Columna 8: Demanda total acumulada, incluyendo columnas superiores.

Tabla VI.8.10.a Análisis de la solicitación esperada en las columnas de la fachada de la estructura, considerando la capacidad esperada de las BRB [elaboración propia]

Capacidad requerida para las columnas ϕP_n (considerando fluencia simultanea de las BRB)														
		Angulo (°)	Col Ext						Col Int					
			2XBRB (Tonf)	Eq (Tonf)	Σ Eq (Tonf)	St (Tonf)	Pu (Tonf)		BRB (Tonf)	Eq (Tonf)	Σ Eq (Tonf)	St (Tonf)	Pu (Tonf)	
BRB01	1	52,5	C1Ext	373,74	824,95	1819,82	345,80	2165,62	C1Int	186,87	341,39	909,91	330,31	1240,22
BRB02	2	33,1	C1Ext	164,98					C1Int	82,49				
BRB03	3	33,1	C1Ext	144,06					C1Int	72,03				
BRB04	4	33,1	C1Ext	142,17					C2Int	71,08				
BRB05	5	33,1	C2Ext	111,84	404,00	994,87	298,11	1292,98	C2Int	55,92	228,00	568,52	248,27	816,79
BRB06	6	33,1	C2Ext	111,84					C2Int	55,92				
BRB07	7	33,1	C2Ext	90,16					C2Int	45,08				
BRB08	8	33,1	C2Ext	90,16					C3Int	45,08				
BRB09	9	33,1	C3Ext	90,16	360,66	590,86	197,44	788,30	C3Int	45,08	180,33	340,51	161,01	501,52
BRB10	10	33,1	C3Ext	90,16					C3Int	45,08				
BRB11	11	33,1	C3Ext	90,16					C3Int	45,08				
BRB12	12	33,1	C3Ext	90,16					C4Int	45,08				
BRB13	13	33,1	C4Ext	88,25	230,21	230,21	86,49	316,70	C4Int	44,12	160,19	160,19	83,33	243,51
BRB14	14	33,1	C4Ext	74,82					C4Int	37,41				
BRB15	15	33,1	C4Ext	42,20					C4Int	21,10				
BRB16	16	33,1	C4Ext	24,94					C4Int	12,47				

Con la demanda anteriormente expuesta, la última del proceso de iteración, es con la cual se procede a verificar finalmente el diseño de las columnas de la fachada de la estructura, generando relaciones entre la demanda y la capacidad de los perfiles seleccionados, según lo que se muestra a continuación:

Tabla VI.8.10.b Análisis de la capacidad otorgada a las columnas de la fachada de la estructura, con respecto a la capacidad esperada de las BRB [elaboración propia]

Análisis de la capacidad otorgada a las columnas (considerando fluencia simultanea de las BRB)											
		Col Ext				Col Int					
		Perfil	Pu (Tonf)	ϕP_n (Tonf)	D/C	Perfil	Pu (Tonf)	ϕP_n (Tonf)	D/C		
BRB01	1	C1Ext	HE70X70X5X4.5	2165,62	2117,71	102,3%	C1Int	HN50X462	1240,22	1247,77	99,4%
BRB02	2	C1Ext					C1Int				
BRB03	3	C1Ext					C1Int				
BRB04	4	C1Ext					C2Int				
BRB05	5	C2Ext	HN50X462	1292,98	1247,77	103,6%	C2Int	HN50X269	816,79	778,50	104,9%
BRB06	6	C2Ext					C2Int				
BRB07	7	C2Ext					C2Int				
BRB08	8	C2Ext					C3Int				
BRB09	9	C3Ext	HN50X269	788,30	763,24	103,3%	C3Int	HN40X172	501,52	483,48	103,7%
BRB10	10	C3Ext					C3Int				
BRB11	11	C3Ext					C3Int				
BRB12	12	C3Ext					C4Int				
BRB13	13	C4Ext	HN40X123	316,70	379,14	83,5%	C4Int	HN40X123	243,51	345,84	70,4%
BRB14	14	C4Ext					C4Int				
BRB15	15	C4Ext					C4Int				
BRB16	16	C4Ext					C4Int				

Cabe destacar que, en la selección de los perfiles, se buscó que la relación entre la demanda y la capacidad de las columnas fuera lo más cercano a 1.0. Lo anterior responde a que mientras más grande sean los perfiles, más rígidos se vuelven, generando que estos disminuyan las solicitaciones horizontales de desplazamientos en los dispositivos BRB y con ello su desempeño, por lo cual se prefirió acotar este efecto al máximo posible.

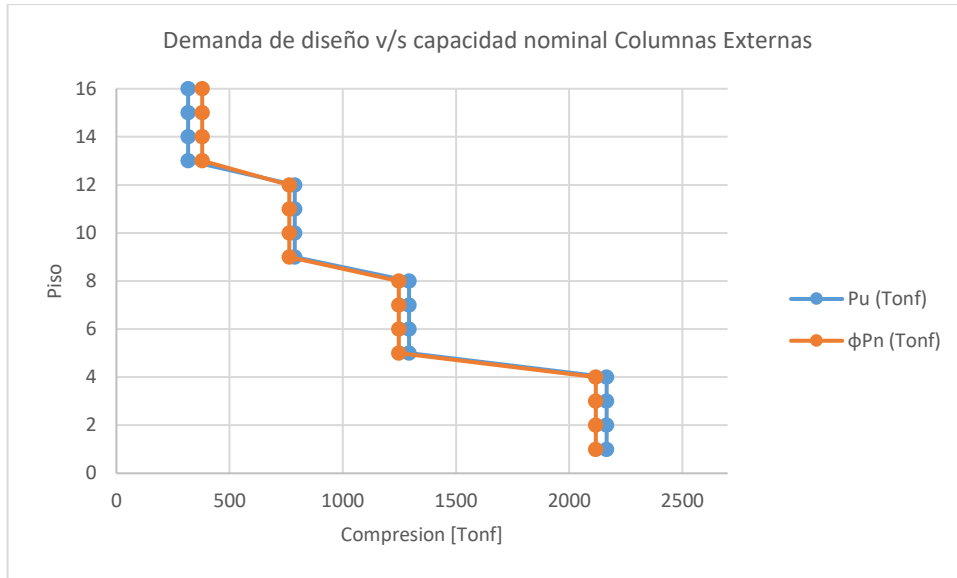


Figura VI.8.10.a Solicitación de diseño por capacidad esperada de las BRB sobre las columnas externas de la fachada v/s la capacidad nominal a compresión instalada [elaboración propia]

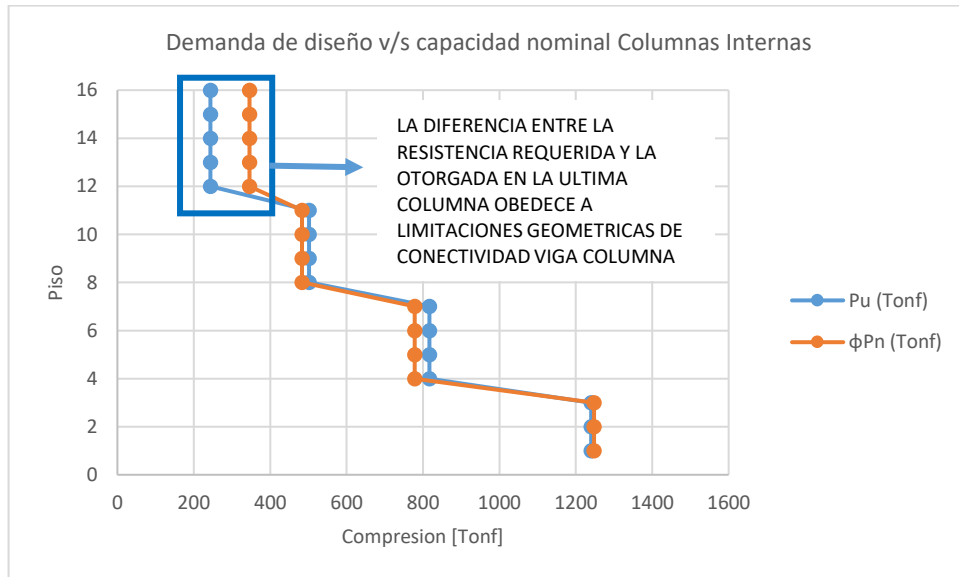


Figura VI.8.10.b Solicitación de diseño por capacidad esperada de las BRB sobre las columnas interiores de la fachada v/s la capacidad nominal a compresión instalada [elaboración propia]

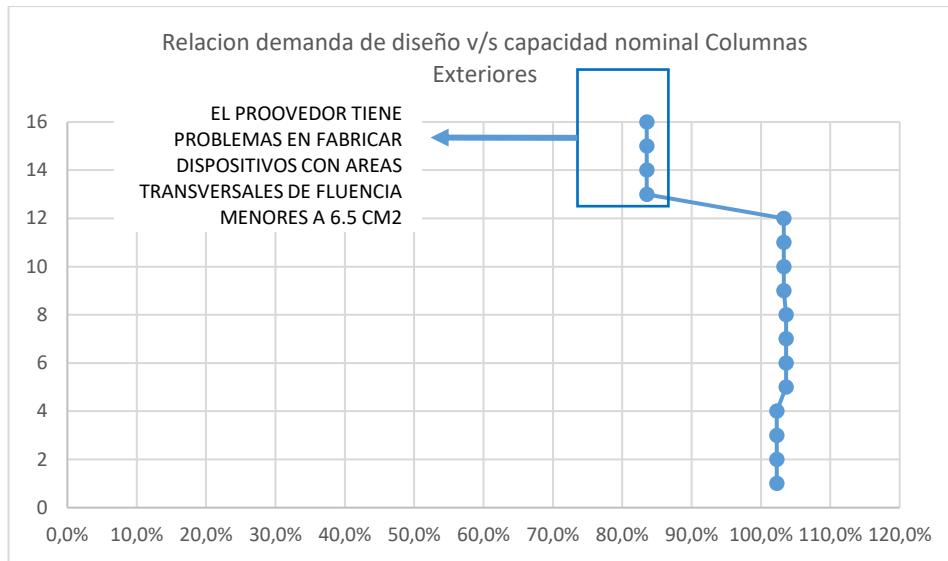


Figura VI.8.10.c Relación entre la sollicitación de diseño por capacidad esperada de las BRB sobre las columnas exteriores de la fachada v/s la capacidad nominal a compresión instalada [elaboración propia]

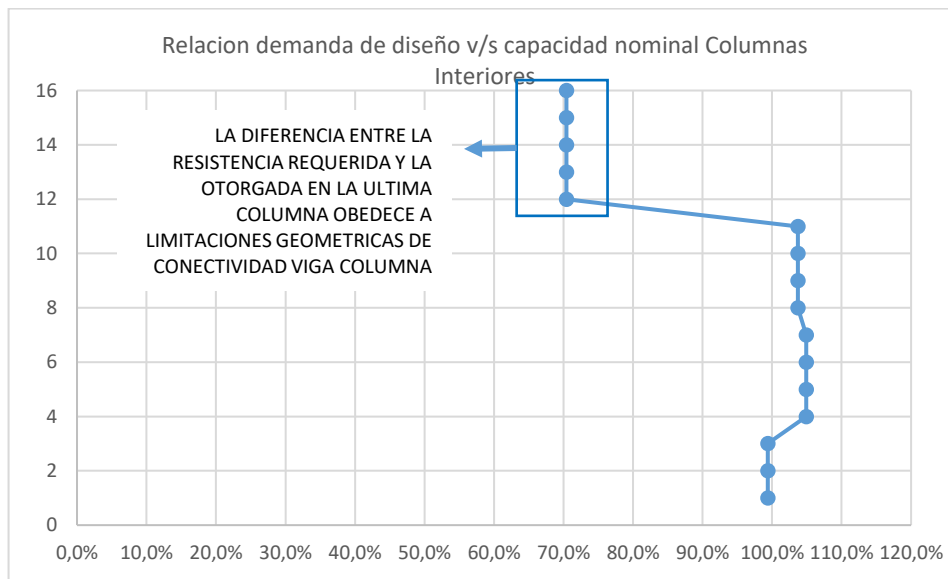


Figura VI.8.10.d Relación entre la sollicitación de diseño por capacidad esperada de las BRB sobre las columnas interiores de la fachada v/s la capacidad nominal a compresión instalada [elaboración propia]

VII ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE LA ESTRUCTURA A TRAVÉS DEL USO DE ANÁLISIS NO LINEAL

VII.1 Descripción de los comportamientos no lineales “tipo” considerados para este estudio

A través del siguiente punto se describe las metodologías implementadas en este estudio para poder representar de una manera satisfactoria el comportamiento no lineal de los distintos elementos, de cada una de las estructuras, que se estudien de forma “no lineal” a lo largo de este documento.

Lo anterior es importante debido a que los resultados obtenidos en análisis de este tipo son altamente dependientes de la forma en la cual se “modela” su comportamiento, por lo cual es de gran importancia establecer de forma previa y clara cada uno de los supuestos y consideraciones realizados previo a la realización de los análisis.

Se menciona además que los “modelos de comportamiento” establecidos a lo largo de este documento son considerados como los más apropiados para la búsqueda de los objetivos de este estudio; considerando los recursos computacionales requeridos, el estado de avance del conocimiento y confiabilidad que otorgan sus resultados, por lo cual no se descarta que puedan existir resultados más “precisos” o “exactos” de la predicción del comportamiento y desempeño de las estructuras, a través de la utilización de modelos alternativos a los aquí considerados.

Cabe mencionar, en forma de adelanto de las conclusiones establecidas al final de este documento, que las ventajas comparativas de realizar el diseño de estructuras con dispositivos BRB considerando parámetros provistos directamente por el proveedor, considerando costo, como eficiencia del diseño hacen que este no sea comparable con el diseño considerando parámetros supuestos para los dispositivos BRB, motivo por el cual este capítulo se centrara en el comportamiento dinámico no lineal de la estructura con

riostros convencionales y de la estructura con dispositivos BRB CoreBrace®, sin considerar la estructura con dispositivos BRB con parámetros supuestos.

VII.1.1 Descripción del comportamiento no lineal “tipo” de las riostras convencionales

La descripción del comportamiento no lineal de los elementos riostra convencionales, para efectos prácticos de este estudio, se ha realizado considerando como referencia los resultados obtenidos por Black en 1980 (con el permiso del Earthquake Engineering Research Center at UC Berkeley) ante ensayos de diferentes riostras convencionales sometidas demandas axiales cíclicas.

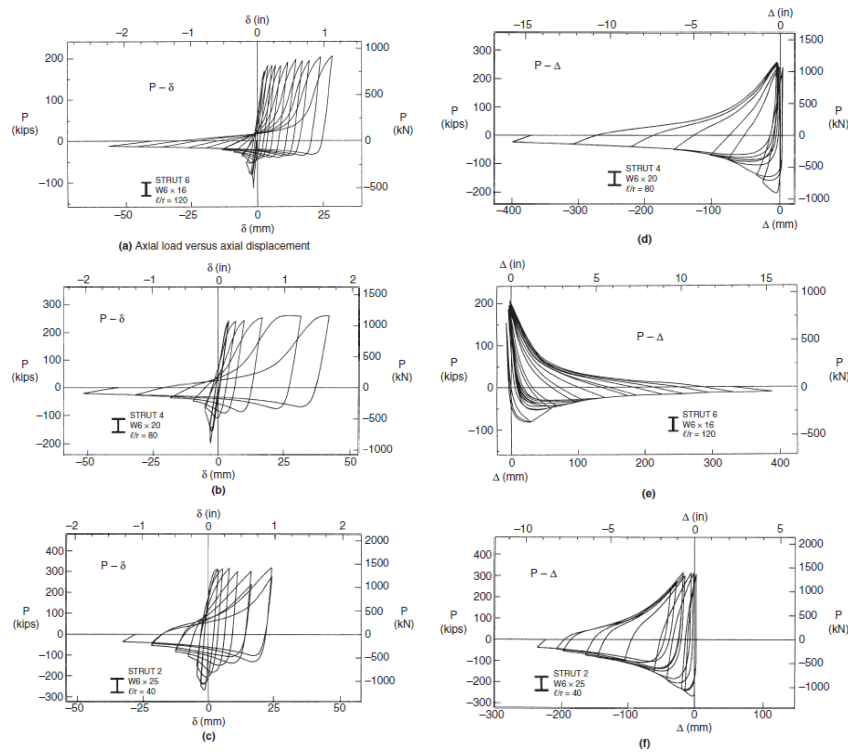


Figura VII.1.1.a Comportamiento cíclico de arriostras convencionales con radios de esbeltez (l/r) de 120, 80 y 40: (a, b, c) corresponde a la fuerza axial v/s la curva histeretica de desplazamiento axial; (d, e, f) corresponde a fuerza axial v/s desplazamiento lateral (Black, 1980, Universidad de California, Berkeley) [Bruneau, Uang, Sabelli, 2011]

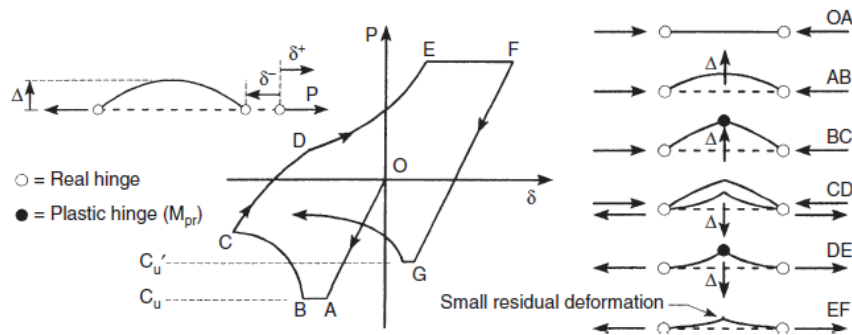


Figura VII.1.1.b Ejemplo de histéresis de una riostra convencional ante carga axial cíclica [Bruneau, Uang, Sabelli, 2011]

Ante lo anterior, es importante mencionar que la forma aproximada la constitutiva inelástica del pandeo de las riostras convencionales depende principalmente de 3 factores:

- Geometría de la sección transversal:** afecta el comportamiento estructural de los elementos, su grado de influencia debe ser medido considerando varios aspectos. Uno de ellos es la eficiencia de la sección, la que en el caso de dos secciones con igualdad de área transversal se cuantifica a través del radio de giro; así por ejemplo secciones cerradas tipo HSS presentan ventajas comparativas frente a secciones I, canales o ángulos, donde estas ventajas son principalmente asociadas a la económica de material; asociadas a cargas pseudo estáticas, lo cual no necesariamente significa que posean un mejor comportamiento ante demandas cíclicas. Otro aspecto fundamental es la compacidad de la sección, medida a través de la relación ancho/espesor de sus elementos conformantes, debido a que se vincula directamente con los problemas de pandeo local, donde secciones con elementos más compactos presentan mayor capacidad de disipar energía y de evitar fracturas, o deformaciones asociadas al pandeo local. partir de resultados experimentales obtenidos en un extenso proyecto de investigación, Black en 1980,

proponen el siguiente agrupamiento de secciones para riostras de acero, ordenadas en forma decreciente según su desempeño:

- Tubos de sección circular
- Tubos de sección rectangular
- Secciones I
- Secciones T
- Secciones "doble ángulo"

Estudios posteriores realizados por Goel y sus colaboradores (según se indica en los comentarios de ANSI/AISC 341-10) mostraron que las secciones tubulares son susceptibles de fractura por concentración de deformaciones en la zona central. Los tubos de sección rectangular con relaciones anchura-espesor elevadas son los que presentan mayor riesgo, de ahí la importancia de respetar las limitaciones indicadas en las especificaciones de diseño.

- **Vinculación cinemática del apoyo:** afectan la deformada de pandeo y por ende la longitud efectiva “KL”, usada para determinar la resistencia. Los estudios realizados por Black en 1980 mostraron que la deformada en rango inelástico, luego de producido el pandeo, es similar a la deformada elástica, observándose a través de ensayos cíclicos que a medida que se aumenta el número de ciclos, la curvatura de la riostra tiende a concentrarse en la rótula plástica ubicada en la zona central. En el caso de riostras formadas por secciones I y tubos circulares, se observó un relativo incremento del área de los ciclos de histéresis, mientras que en el caso de riostras formadas por dos perfiles ángulo no se detectaron diferencias al cambiar las condiciones de vinculación de los extremos.
- **Esbeltez global del elemento (λ):** es el parámetro más importante con respecto a lo que el comportamiento cíclico se refiere, e influye significativamente no sólo en la resistencia a compresión, sino también en la resistencia post pandeo y en su degradación debido a los ciclos de carga y descarga. Bruneau en 1998 clasifican a las riostras en tres grupos:

- esbeltas
- intermedias
- robustas o poco esbeltas.

Las riostras esbeltas son aquellas en que la tensión crítica de pandeo elástico es menor que el 50% de la tensión de fluencia. Si se acepta como válida la ecuación de Euler para calcular la tensión crítica, esta condición puede expresarse en términos de esbeltez como:

$$\lambda \geq \frac{2020}{\sqrt{f_y}}$$

Donde:

- F_y : es la tensión de fluencia en MPa. (En el caso del acero ASTM A36, se tiene que esto se cumple para $\lambda \geq 130$)

Las riostras esbeltas se caracterizan por su pérdida significativa de resistencia y rigidez por causa del pandeo, baja rigidez tangente para carga $P=0$ y por sus deformaciones residuales, donde estos efectos negativos son acentuados y al retomar la carga en tracción, produciendo un rápido aumento de la rigidez axial del elemento, efecto similar al de una carga de impacto, lo que puede originar daño en la riostra y en sus conexiones. Las riostras robustas son aquellas cuya respuesta en compresión está controlada por la fluencia y el pandeo local, donde la rótula plástica se forma en el centro de la riostra, reduciendo su capacidad debido al pandeo local, y disminuyendo su capacidad de disipar energía. El valor límite de esbeltez para definir el rango de las riostras robustas depende de la relación anchura-espesor de la sección y de las características de la relación tensión-deformación del acero. No obstante, puede definirse aproximadamente que esta categoría comprende riostras con $\lambda < 60$ para el acero ASTM A36 y $\lambda < 50$ para aceros de grado 50. Los ciclos histeréticos de las riostras robustas se caracterizan por tener mayor área y menor degradación que los correspondientes a riostras intermedias y esbeltas. Finalmente, las riostras intermedias, como su nombre lo indica, exhiben un comportamiento comprendido entre las otras dos categorías. Estudios realizados por Tang y Goel en 1989 sobre riostras formadas

por secciones tubulares indican que el número de ciclos para producir la fractura de una riostra aumenta, generalmente, con el incremento de la esbeltez de la riostra. Esta es una de las principales razones por la que los límites de esbeltez se han incrementado paulatinamente en las dos últimas décadas. Actualmente, se permite el uso de riostras con esbeltez menor o igual a 200 (condicionado a que se apliquen criterios de diseño por capacidad). Este valor, para el caso de riostras de acero ASTM A36 es casi el doble del permitido en las especificaciones AISC del año 1992.

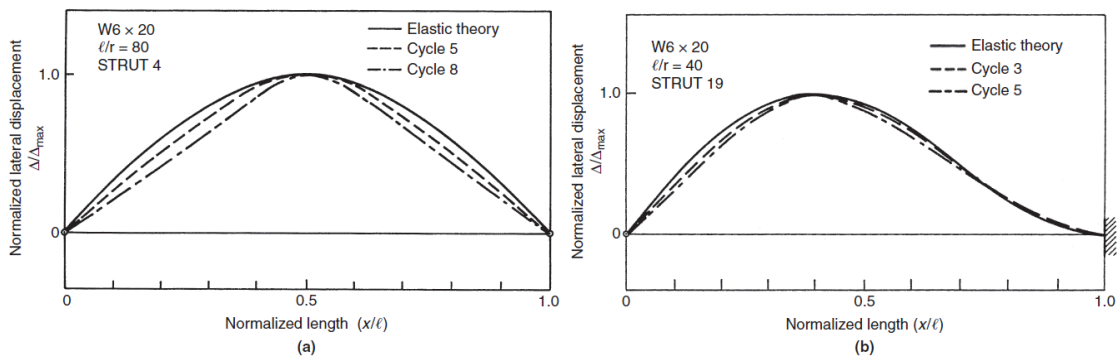


Figura VII.1.1.c Pandeo elástico v/s pandeo inelástico para un elemento H, considerando a la izquierda condiciones cinemáticas de rotulado – rotulado y a la derecha condiciones cinemáticas de rotulado - empotrado (Black, 1980, Universidad de California, Berkeley) [Bruneau, Uang, Sabelli, 2011]

Luego considerando lo todo lo anterior y los resultados obtenidos por Black, es posible un modelo que describa el comportamiento no lineal de los elementos riostra convencionales ante el pandeo inelástico.

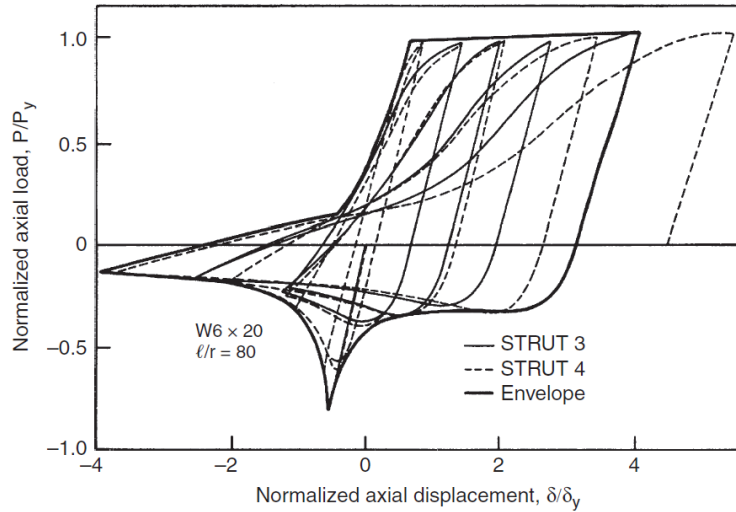


Figura VII.1.1.d Ciclos de histéresis asociados al pandeo inelástico de riostras convencionales en condición rotulada – rotulada, para $\lambda=80$ (Black, 1980, Universidad de California, Berkeley) [Bruneau, Uang, Sabelli, 2011]

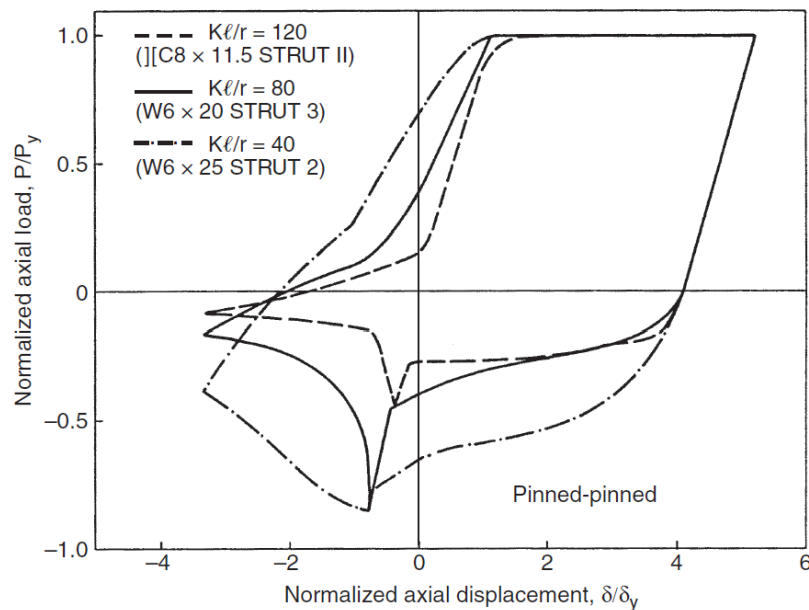


Figura VII.1.1.e Envoltura de los ciclos de histéresis asociados al pandeo inelástico de riostras convencionales en condición rotulada – rotulada, para $\lambda=40$, $\lambda=80$ y $\lambda=120$ (Black, 1980, Universidad de California, Berkeley) [Bruneau, Uang, Sabelli, 2011]

Luego en base a las curvas anteriormente señaladas para $\lambda=40$, $\lambda=80$ y $\lambda=12$, considerando interpolación lineal entre sus coordenadas, es posible trazar curvas esqueleto que describan un patrón general que permitan elaborar constitutivas inelásticas necesarias para describir el comportamiento del pandeo inelástico en riostras convencionales. Sin embargo, es necesario poder verificar que se cumpla los valores esperados de las resistencias a las compresiones de pandeo efectivas “Cr” y las resistencias residuales de compresión pos pandeo “Cr’”. Para lo anterior es posible considerar la expresión establecida por la SEAOC en 1990 (Structural Engineers Association of California), para establecer un factor de correlación entre las resistencias residuales de compresión pos pandeo y las resistencias a las compresiones de pandeo efectivas, el cual denominaremos “ αc ”.

$$Cr' = \frac{Cr}{1 + 0.5 \left(\frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{0.5 * Fy}{E}} \right)} \quad (SEAOC 1990)$$

$$\therefore \alpha c = \frac{Cr'}{Cr} = \left(1 + \lambda \left(\frac{0.5}{\pi} \sqrt{\frac{0.5 * Fy}{E}} \right) \right)^{-1}$$

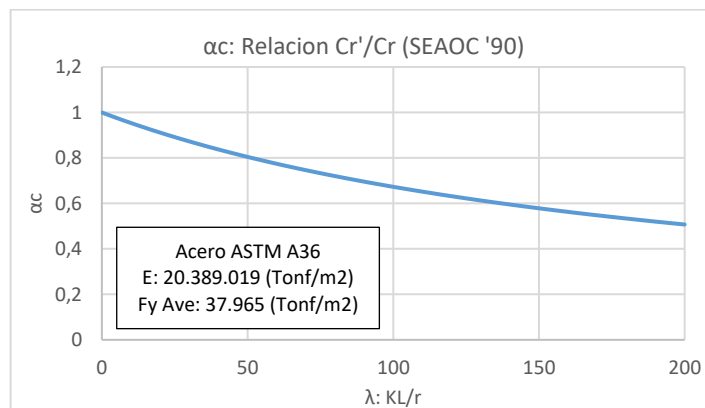


Figura VII.1.1.f Factor de correlación entre las resistencias residuales de compresión pos pandeo y las resistencias a las compresiones de pandeo efectivas para el acero ASTM A36, considerando su fluencia esperada (SEAOC, 1990) [elaboración propia]

	λ	
		P/P_y
	40	
	δ/δ_y	P/P_y
1	-4,50	-0,380
2	-4,25	-0,380
3	-3,80	-0,390
4	-3,35	-0,420
5	-1,90	-0,700
6	-1,45	-0,800
7	-0,80	-0,870
8	0,00	0,000
9	0,95	0,950
10	1,10	0,975
11	1,40	1,000
12	5,35	1,000

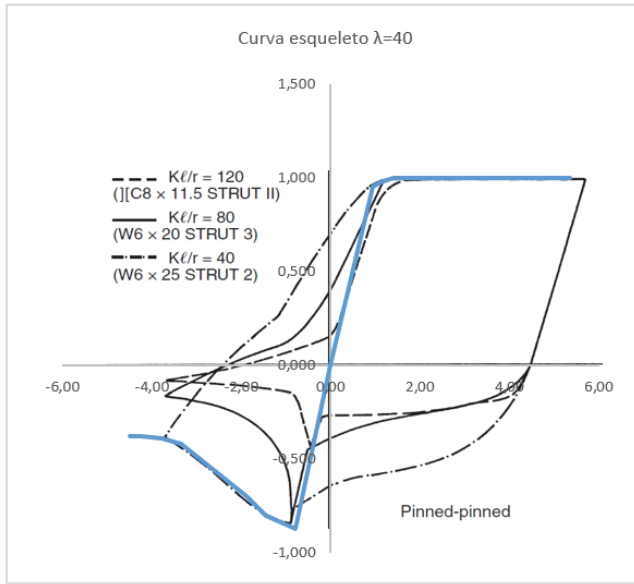


Figura VII.1.1.g Curva esqueleto normalizada para $\lambda=40$, considerando lo establecido por Black en 1980 [elaboración propia]

	λ	
		P/P_y
	80	
	δ/δ_y	P/P_y
1	-4,50	-0,180
2	-4,25	-0,180
3	-3,80	-0,180
4	-3,35	-0,180
5	-2,20	-0,230
6	-1,30	-0,360
7	-0,75	-0,600
8	-0,70	-0,770
9	0,00	0,000
10	1,15	0,980
11	1,40	1,000
12	5,35	1,000

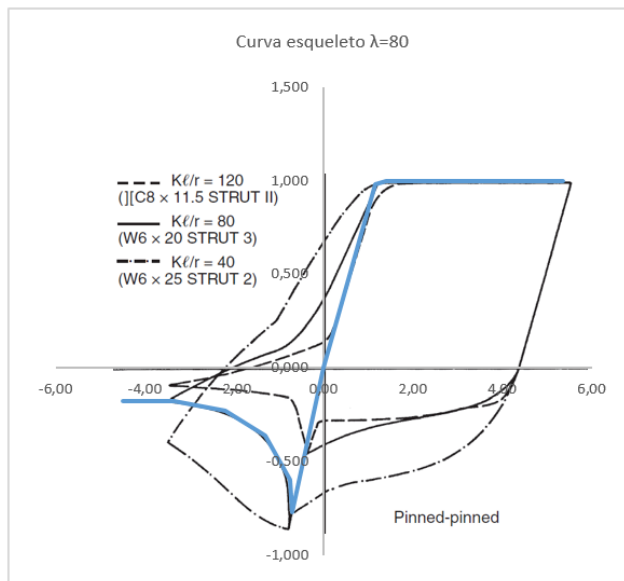


Figura VII.1.1.h Curva esqueleto normalizada para $\lambda=80$, considerando lo establecido por Black en 1980 [elaboración propia]

	λ	
	120	
	δ/δ_y	P/P_y
1	-4,50	-0,090
2	-4,25	-0,090
3	-3,80	-0,090
4	-3,35	-0,090
5	-1,10	-0,140
6	-0,75	-0,180
7	-0,55	-0,250
8	-0,30	-0,450
9	0,00	0,000
10	1,05	0,900
11	1,70	1,000
12	5,35	1,000

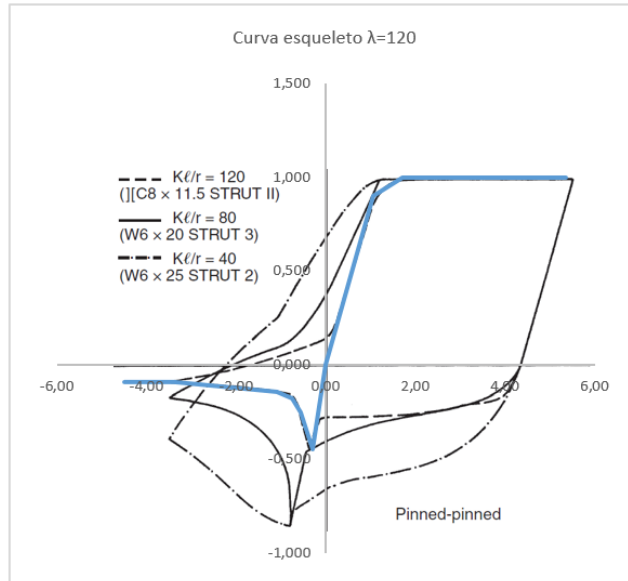


Figura VII.1.1.i Curva esqueleto normalizada para $\lambda=120$, considerando lo establecido por Black en 1980 [elaboración propia]

Una vez establecida la curva esqueleto característica, que represente el comportamiento de un elemento riostra, es necesario establecer el carácter del comportamiento del ciclo de histéresis asociado al elemento, lo cual para motivos de este estudio se considerará como adecuada una modelación tipo “pivot”, el cual se expone a continuación:

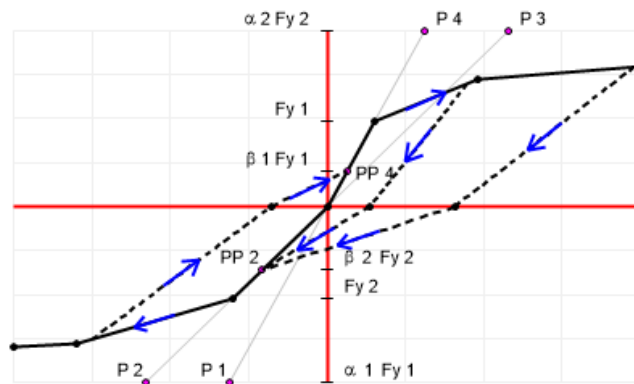


Figura VII.1.1.j Curva característica del modelo de histéresis “Pivot” [CSI, 2016]

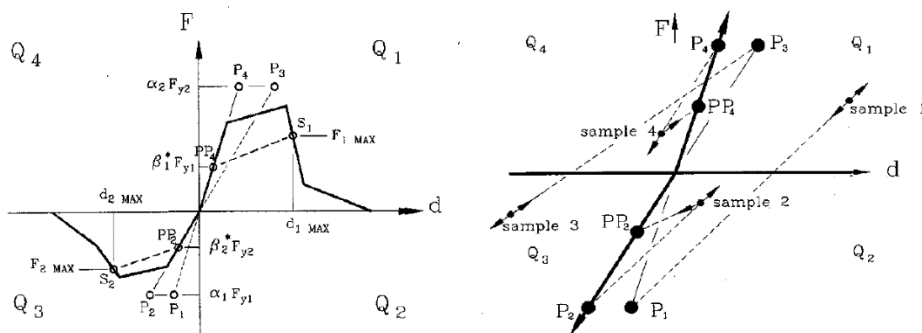


Figura VII.1.1.k Izquierda: puntos de designación de la histéresis pivot. Derecha: representación gráfica de las reglas de carga y descarga de la histéresis pivot [Dowell, Seible y Wilson, 1998]

- **$\alpha 1$** : Localiza el punto de pivote utilizado para la descarga de las fuerzas positivas hasta cero. La descarga se produce hacia un punto en la prolongación de la línea elástica negativa, pero a un valor de fuerza negativa de $\alpha 1$ veces la fuerza de fluencia positiva.
- **$\alpha 2$** : Localiza el punto de pivote utilizado para la descarga de las fuerzas negativas hasta cero. La descarga se produce hacia un punto en la prolongación de la línea elástica negativa, pero a un valor de fuerza positiva de $\alpha 2$ veces la fuerza de fluencia negativa.
- **$\beta 1$** : Localiza el punto de intersección de carga en tracción, en el cual se encuentran la traza de carga asociada a la carga en tracción que nace el origen, con la traza de carga asociada a la descarga del ciclo de histéresis en compresión. ($0 \leq \beta 1 \leq 1$).
- **$\beta 2$** : Localiza el punto de intersección de carga en compresión, en el cual se encuentran la traza de carga asociada a la carga en compresión que nace el origen, con la traza de carga asociada a la descarga del ciclo de histéresis en tracción. ($0 \leq \beta 2 \leq 1$).
- **η** : Coeficiente que determina la degradación del valor de las deformaciones elásticas, después de que se producen deformaciones plásticas ($0 \leq \eta \leq 1$).
- **Fy1**: Fuerza de fluencia en tracción efectiva.
- **Fy2**: Fuerza de compresión de pandeo efectiva.

Luego para la modelación de riostras convencionales en este documento, se considerará la curva esqueleto que corresponda a cada uno de los elementos, donde los parámetros de la histéresis pivot, son obtenidos visualmente de los ensayos realizados por Black en 1980 para las distintas esbelteces ensayadas, donde para valores de esbelteces intermedios, los valores serán interpolados. Si bien esta metodología puede considerarse como aproximada, para los objetivos de este documento se pueden considerar como una aproximación apropiada.

Tabla VII.1.1.a Tabla de valores asociados al modelo de histéresis pivot, para el modelamiento de ciclo de histéresis de riostras convencionales según el valor de esbeltez del elemento [elaboración propia]

	$\lambda=40$	$\lambda=80$	$\lambda=120$
α_1	20,00	20,00	20,00
α_2	20,00	20,00	20,00
β_1	1,00	0,50	0,10
β_2	0,70	0,45	0,30
η	0,00	0,00	0,00
* No se considera degradación de la capacidad de deformación lineal post deformación plástica, debido a que se encuentra incluido en la limitación de la curva esqueleto en compresión estipulada por la ecuación de la SEAOC 1990			
* Para valores intermedios de esbeltez los valores se obtienen a través de interpolación lineal			

VII.1.2 Descripción del comportamiento no lineal “tipo” de las BRB

La descripción del comportamiento no lineal de los elementos BRB es de una caracterización mucho más sencilla que el caso de las riostras convencionales, ya que se puede observar simetría “aproximada” con respecto al origen, entre las situaciones de compresión y tracción.

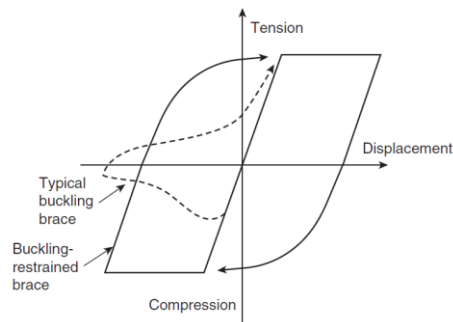


Figura VII.1.2.a Comportamiento de una riostra convencional v/S BRB [Bruneau, Uang, Sabelli, 2011]

La calidad de dicha simetría es altamente dependiente del tipo de sección transversal considerada para la BRB, y en particular el grado de confinamiento que se otorga al núcleo dúctil. Ensayos realizados por Itawa, en el 2000 ponen a prueba el desempeño de 4 especímenes distintos, en los cuales se puede observar la clara influencia de lo anterior:

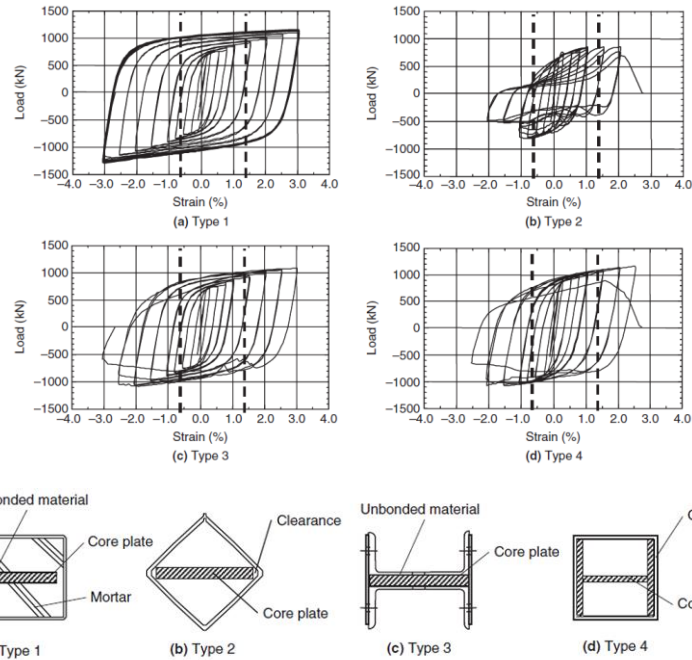


Figura VII.1.2.b Ciclo de respuesta para la prueba de 4 especímenes (Itawa, Universidad de Kanagawa, 2000) [Bruneau, Uang, Sabelli, 2011]

Con respecto a esto, CoreBrace® considera el uso de BRB del tipo 1, por lo cual se observa un grado de simetría bastante logrado, lo cual abre la posibilidad de modelar estos dispositivos a través de dos formas:

- Modelo histerético Bouc-Wen: cuenta con la posibilidad de modelar la degradación progresiva de la rigidez tangente entre los tramos de funcionamiento elástico y de plastificación del material. Su mayor limitante es que modela ciclo de histéresis completamente simétrico con respecto al origen, siendo incapaz de modelar las pequeñas diferencias que se producen entre la fluencia en tracción y la fluencia en compresión, debido al efecto de confinamiento del núcleo dúctil
- Modelo histerético Cinemático, considerando la curva esqueleto asociada: cuenta con la posibilidad de modelar de forma correcta las diferencias que pudieran existir, en la curva esqueleto, asociadas a los tramos de tracción y compresión. Su mayor limitante es no poder modelar la degradación progresiva de la rigidez

tangente entre los tramos de funcionamiento elástico y de plastificación del material, generando un punto de “fluencia instantánea”.

Si bien el proveedor CoreBrace® otorga los parámetros necesarios para poder modelar el comportamiento de sus dispositivos de ambas formas, considerando el gran grado de simetría con respecto al origen que posee sus productos, en conjunto con la clara degradación progresiva de la degradación que muestran los ensayos realizados a distintos dispositivos BRB en la historia, para fines de este estudio, se considerara que la modelación a través del modelo Bouc-Wen, es apropiado para los fines de este documento.

VII.1.3 Descripción del comportamiento no lineal “tipo” de las columnas

La descripción del comportamiento no lineal de los elementos columna, en este estudio, se ha realizado a través de la utilización de rotulas del tipo fibra (Fiber hinge); considerando la utilización de la curva de comportamiento mecánico “típica” del acero ASTM A36 (acero con el cual se ha diseñado las columnas), un largo máximo de rotula plástica de 2 veces la altura máxima del elemento y un inicio del comportamiento plástico en el punto de conexión entre las columnas, vigas y riostras, o BRB según sea el caso, es capaz de describir adecuadamente el comportamiento de dichos elementos ante solicitaciones de tipo compresión biaxial (P-M2-M3).

Los modelos de rotula tipo Fibra se caracterizan por ser particularmente útiles para describir el comportamiento de elementos “esbeltos”, donde las deformaciones por corte se pueden considerar despreciables. Su particular enfoque, en el cual la sección transversal de los elementos es discretizada en una serie de fibras las cuales se extienden longitudinalmente a lo largo del largo plástico definido para la rótula. Dependiendo de las propiedades mecánicas consideradas para el material del cual es considerado el elemento y el área transversal tributaria asociada a cada fibra, cada una de estas posee una relación de tensión-deformación que define su comportamiento. La integración del

comportamiento de las fibras sobre la sección transversal, y la consideración de su largo plástico de rotula es capaz de ofrecer un modelo del comportamiento ante la compresión – tracción biaxial del elemento. Los modelos del tipo fibra son más precisos que los modelos tipo CALSTRANS, debido a que cada fibra es capaz de representar el comportamiento no lineal de su sección transversal asociada, la cual no necesariamente es igual sus otras fibras contiguas, además de poder representar de mejor forma el comportamiento no lineal del material, considerando no solo su fluencia, sino que adicionalmente sus endurecimientos y relajamientos. La principal ventaja de los modelos de fibra es que son más precisos en cuanto a la relación momento – rotación y deformación, ya que esta cambia automáticamente en relación al comportamiento no lineal de cada fibra en cada momento. Otra de ventaja relevante de este tipo de modelos, es que son ideales para modelar problemas de comportamiento dinámico, debido a que captan muy bien la histéresis no lineal en las rotulas. Sin embargo cabe mencionar que los modelos de rotula tipo “fibra” consideran que la sección analizada es lo suficientemente compacta para desarrollar la máxima no linealidad de todas sus fibras, no considerando fenómenos tales como el pandeo local en las secciones, o la falla por pandeo global del elemento, por lo cual es importante que los elementos a modelar con este tipo de rotulas no posean fallas por pandeo, además de corroborar que al final del análisis, las rotaciones máximas desarrolladas no superen los límites asociados a su compacidad local.

Para poder concretar todo lo anterior, es importante establecer las constitutivas de material adecuadas para la correcta representación del comportamiento de los materiales, por lo cual para el desarrollo de este documento se ha escogido considerar la curva de tensión v/s deformación, ingenieril típica del acero ASTM A36, la cual no considera la disminución del área neta a medida que el material se expone a fluencia, en conjunto con la consideración que ante carga cíclica, dicha constitutiva presenta un comportamiento histerético del tipo “cinemático”.

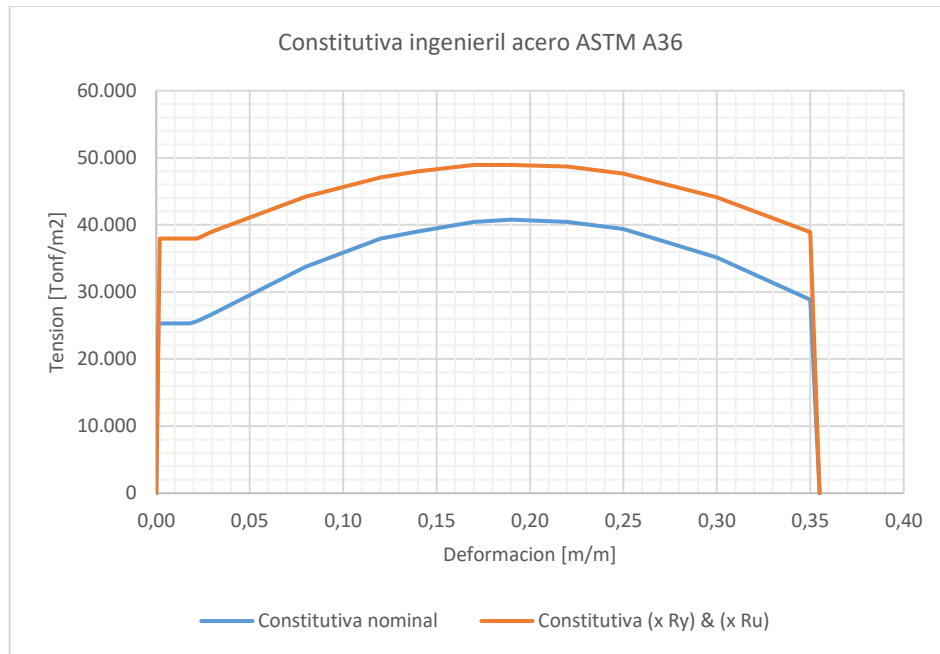


Figura VII.1.3.a Curva de comportamiento mecánico ingenieril nominal y modificada por R_y & R_u perteneciente al acero ASTM A36, utilizada en la modelación de los elementos metálicos convencionales de este documento [elaboración propia]

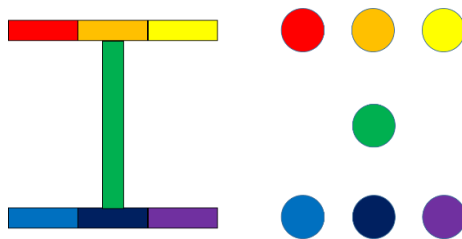


Figura VII.1.3.b Discretización seleccionada ($3 \times 2 + 1$, default) para la elaboración de rotulas de fibra en perfiles metálicos del tipo “H”, a la izquierda la discretización transversal del área y a la derecha el esquema de discretización numérica equivalente [elaboración propia]

VII.2 Parámetros seleccionados para la modelación del comportamiento no lineal de los elementos

Este capítulo estipula los parámetros seleccionados para representar el comportamiento no lineal e histérico de los distintos elementos de las estructuras estudiadas, según todo lo estipulado en el capítulo:

- Descripción de los comportamientos no lineales “tipo” considerados para este estudio.

VII.2.1 Parámetros seleccionados para la modelación del comportamiento no lineal de columnas

Tabla VII.2.1.a Rotulas P-M2-M3 en las columnas de la estructura convencional
[elaboración propia]

Estructura Convencional		
Columnas	Acero	Rotula de fibra P-M2-M3
HN35x91.5	ASTM A 36	70 cm
HN35x166	ASTM A 36	70 cm
HN40x147	ASTM A 36	80 cm
HN50x306	ASTM A 36	100 cm

Tabla VII.2.1.b Rotulas P-M2-M3 en las columnas de la estructura con el uso de dispositivos BRB CoreBrace® [elaboración propia]

Estructura BRB CoreBrace®		
Columnas	Acero	Rotula de fibra P-M2-M3
HE70x70x5x4.5	ASTM A 36	140 cm
HN50x462	ASTM A 36	100 cm
HN50x306	ASTM A 36	100 cm
HN50x269	ASTM A 36	100 cm
HN40x172	ASTM A 37	80 cm
HN40x147	ASTM A 38	80 cm
HN40x123	ASTM A 39	80 cm

VII.2.2 Definición de los parámetros de comportamiento no lineal de las riostras convencionales

Tabla VII.2.2.a Parámetros asociados a la curva esqueleto para riostras del tipo HN25x42.4 de 3.0 [m] de largo utilizadas en la estructura convencional [elaboración propia]

Acero ASTM A36			λ	49,5	
			δ/δ_y	P/Py	
E	20.389.019	Tonf/m2	1	-4,50	-0,250
Fy Ry	37.966	Tonf/m2	2	-4,25	-0,250
α_r	0,806		3	-3,80	-0,256
Tr Fy Ry	205,015	Tonf	4	-3,35	-0,273
Cr Fy Ry	153,230	Tonf	5	-0,80	-0,603
Cr* α_r /Tr	0,603		6	-0,75	-0,575
Cr'/Tr sin ajustar	0,801		7	-0,55	-0,451
Factor ajuste	0,752		8	-0,30	-0,246
			9	0,00	0,000
			10	1,05	0,922
			11	1,70	1,000
			12	5,35	1,000

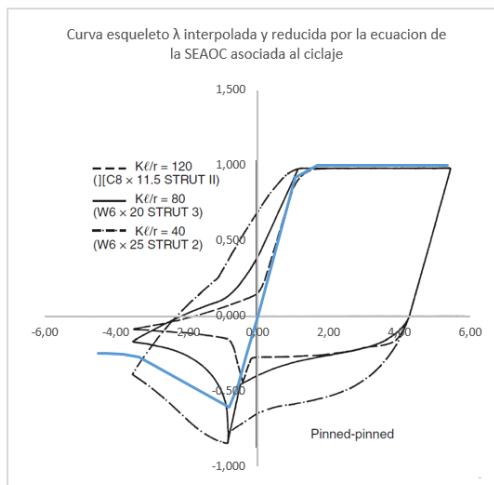


Figura VII.2.2.a Curva esqueleto interpolada y modificada por la ecuación de la SEAOC de 1990 para riostras del tipo HN25x42.4 de 3.0 [m] de largo [elaboración propia]

Tabla VII.2.2.b Parámetros asociados a la curva esqueleto para riostras del tipo HN30x73.9 de 3.0 [m] de largo utilizadas en la estructura convencional [elaboración propia]

Acero ASTM A36			λ	40,5	
			δ/δ_y	P/P_y	
E	20.389.019	Tonf/m2	1	-4,50	-0,320
Fy Ry	37.966	Tonf/m2	2	-4,25	-0,320
α_r	0,836		3	-3,80	-0,328
Tr Fy Ry	357,258	Tonf	4	-3,35	-0,353
Cr Fy Ry	313,802	Tonf	5	-0,80	-0,734
Cr* α_r /Tr	0,734		6	-0,75	-0,689
Cr'/Tr sin ajustar	0,866		7	-0,55	-0,507
Factor ajuste	0,847		8	-0,30	-0,276
			9	0,00	0,000
			10	1,05	0,930
			11	1,70	1,000
			12	5,35	1,000

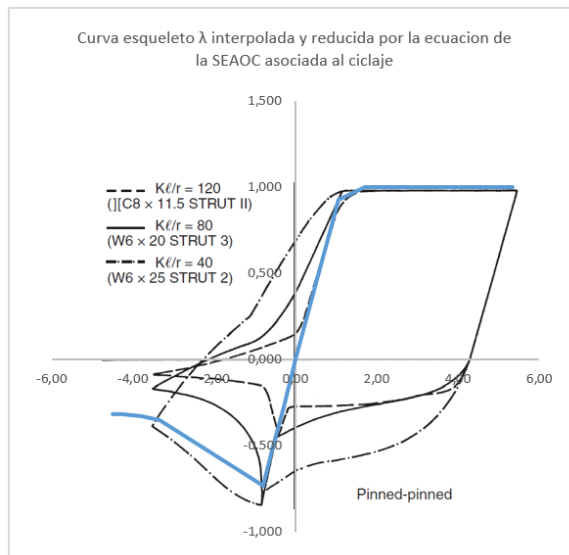


Figura VII.2.2.b Curva esqueleto interpolada y modificada por la ecuación de la SEAOC de 1990 para riostras del tipo HN30x73.9 de 3.0 [m] de largo [elaboración propia]

Tabla VII.2.2.c Parámetros asociados a la histéresis Pivot asociada a riostras del tipo HN25x42.4 de 3.0 [m] de largo utilizadas en la estructura convencional [elaboración propia]

λ	49,47
α_1	20,00
α_2	20,00
β_1	0,88
β_2	0,64
η	0,00

Tabla VII.2.2.d Parámetros asociados a la histéresis Pivot asociada a riostras del tipo HN30x73.9 de 3.0 [m] de largo utilizadas en la estructura convencional [elaboración propia]

λ	40,53
α_1	20,00
α_2	20,00
β_1	0,99
β_2	0,70
η	0,00

Cabe mencionar que la obtención de los parámetros del ciclo de histéresis Pivot, es realizada considerando los resultados experimentales de los ensayos realizados por Black en 1980, previa a la aplicación de la ecuación de la SEAOC de 1990. Lo anterior es debido a que la ecuación es generada de forma posterior a la realizados de los ensayos de histéresis, por lo cual no se posee información de cómo el alto ciclaje puede o no influir en comportamiento del ciclo de histéresis en el tiempo. Para efectos de este documento se considera que el supuesto es razonable ante la falta de antecedentes, es importante establecer la importancia de realizar más ensayos de similares características a los realizados por Black, considerando perfiles chilenos, y sus

imperfecciones de fabricación, además del alto ciclaje asociado a los eventos sísmicos de índole subductiva y gran duración.

VII.2.3 Definición de los parámetros de comportamiento no lineal de los dispositivos BRB CoreBrace®

Los parámetros expuestos en este capítulo, son los parámetros otorgados por el proveedor CoreBrace® para los dispositivos dispuestos en el diseño de la torre principal del edificio del roaster, en toda su altura.

Tabla VII.2.3.a Rigidez de los dispositivos BRB CoreBrace® [CoreBrace®, 2016]

	Stiffness Properties CoreBrace®												ELF Overstrength	
	Yielding Core				End Zone Properties			WP to WP					β	ω
	A _{sc}	BRB _L	BRB _L	K _{sc}	A _{EZ}	L _{EZ}	K _{EZ}	W _{WP}	H _{WP}	L _{WP}	K _{EFF}	K _F		
	cm ²	m	Lwp	Tonf/m	cm ²	m	Tonf/m	m	m	m	Tonf/m	K _{EFF} /K _{sc-WP}		
BRB1	67,00	3,24	0,53	42113	265,62	2,91	186069	3,75	4,88	6,15	34340	1,55	1,11	1,27
BRB2	43,00	1,75	0,39	50122	177,38	2,72	132734	3,75	2,44	4,47	36383	1,86	1,12	1,24
BRB3	38,00	2,01	0,45	38632	151,74	2,47	125341	3,75	2,44	4,47	29531	1,71	1,17	1,23
BRB4	37,50	2,01	0,45	38124	150,89	2,47	124635	3,75	2,44	4,47	29194	1,71	1,17	1,23
BRB5	29,50	2,11	0,47	28499	113,40	2,36	97829	3,75	2,44	4,47	22070	1,64	1,17	1,21
BRB6	29,50	2,11	0,47	28499	113,40	2,36	97829	3,75	2,44	4,47	22070	1,64	1,17	1,21
BRB7	23,50	2,23	0,50	21495	86,26	2,24	78350	3,75	2,44	4,47	16868	1,57	1,17	1,19
BRB8	23,50	2,23	0,50	21495	86,26	2,24	78350	3,75	2,44	4,47	16868	1,57	1,17	1,19
BRB9	23,50	2,24	0,50	21384	86,07	2,23	78580	3,75	2,44	4,47	16809	1,57	1,17	1,18
BRB10	23,50	2,23	0,50	21495	86,26	2,24	78350	3,75	2,44	4,47	16868	1,57	1,17	1,19
BRB11	23,50	2,23	0,50	21495	86,26	2,24	78350	3,75	2,44	4,47	16868	1,57	1,17	1,19
BRB12	23,50	2,24	0,50	21384	86,07	2,23	78580	3,75	2,44	4,47	16809	1,57	1,17	1,18
BRB13	23,00	2,24	0,50	20929	85,23	2,23	77809	3,75	2,44	4,47	16493	1,57	1,17	1,18
BRB14	19,50	2,28	0,51	17451	73,74	2,20	68474	3,75	2,44	4,47	13907	1,56	1,17	1,18
BRB15	10,50	1,91	0,43	11208	39,90	2,56	31728	3,75	2,44	4,47	8282	1,73	1,30	1,62
BRB16	6,50	1,87	0,42	7094	38,97	2,61	30492	3,75	2,44	4,47	5755	1,94	1,30	1,64

Tabla VII.2.3.b Propiedades mecánicas de los dispositivos BRB [CoreBrace®, 2016]

Mechanical Properties CoreBrace®						
Base Forces on: $F_{y,ave}$ (promedio)						
	$F_{y,sc,min}$	$F_{y,sc,avg}$	$F_{y,sc,max}$	P_y	$D_{y-Actual}$	K_{Core}
	Tonf/m2	Tonf/m2	Tonf/m2	Tonf	cm	Tonf/m
BRB1	26717	29529	32341	197,8	0,470	42113
BRB2	26717	29529	32341	127,0	0,253	50122
BRB3	26717	29177	31638	110,9	0,287	38632
BRB4	26717	29177	31638	109,4	0,287	38124
BRB5	26717	29177	31638	86,1	0,302	28499
BRB6	26717	29177	31638	86,1	0,302	28499
BRB7	26717	29529	32341	69,4	0,323	21495
BRB8	26717	29529	32341	69,4	0,323	21495
BRB9	26717	29529	32341	69,4	0,325	21384
BRB10	26717	29529	32341	69,4	0,323	21495
BRB11	26717	29529	32341	69,4	0,323	21495
BRB12	26717	29529	32341	69,4	0,325	21384
BRB13	26717	29529	32341	67,9	0,325	20929
BRB14	26717	29529	32341	57,6	0,330	17451
BRB15	26717	29529	32341	31,0	0,277	11208
BRB16	26717	29529	32341	19,2	0,271	7094

Tabla VII.2.3.c Curvas esqueleto de los dispositivos BRB [CoreBrace®, 2016]

Link Hinge Property Data CoreBrace® (SF=Scale Factor)																						
	Stress SF	Strain SF	Force SF	Disp SF	-E		-D		-C		-B		A		B		C		D		E	
	Tonf/m2	m/m	Tonf	cm	F/SF	D/SF	F/SF	D/SF	F/SF	D/SF	F/SF	D/SF	F/SF	D/SF	F/SF	D/SF	F/SF	D/SF	F/SF	D/SF	F/SF	D/SF
BRB1	29529	0,0014	197,8438	0,4698	-1,76	-20,57	-1,42	-11,17	-1,13	-5,83	-1,00	-1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,06	5,83	1,26	11,17	1,44	20,57
BRB2	29529	0,0014	126,9744	0,2533	-1,98	-17,07	-1,72	-14,57	-1,30	-6,63	-1,00	-1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,13	6,63	1,25	9,30	1,44	17,07
BRB3	29177	0,0014	110,8741	0,2870	-1,98	-17,07	-1,72	-14,57	-1,30	-6,63	-1,00	-1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,13	6,63	1,25	9,30	1,44	17,07
BRB4	29177	0,0014	109,4152	0,2870	-1,98	-17,07	-1,72	-14,57	-1,30	-6,63	-1,00	-1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,13	6,63	1,25	9,30	1,44	17,07
BRB5	29177	0,0014	86,0733	0,3020	-1,98	-17,07	-1,72	-14,57	-1,30	-6,63	-1,00	-1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,13	6,63	1,25	9,30	1,44	17,07
BRB6	29177	0,0014	86,0733	0,3020	-1,98	-17,07	-1,72	-14,57	-1,30	-6,63	-1,00	-1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,13	6,63	1,25	9,30	1,44	17,07
BRB7	29529	0,0014	69,3930	0,3228	-1,98	-17,07	-1,72	-14,57	-1,30	-6,63	-1,00	-1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,13	6,63	1,25	9,30	1,44	17,07
BRB8	29529	0,0014	69,3930	0,3228	-1,98	-17,07	-1,72	-14,57	-1,30	-6,63	-1,00	-1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,13	6,63	1,25	9,30	1,44	17,07
BRB9	29529	0,0014	69,3930	0,3245	-1,98	-17,07	-1,72	-14,57	-1,30	-6,63	-1,00	-1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,13	6,63	1,25	9,30	1,44	17,07
BRB10	29529	0,0014	69,3930	0,3228	-1,98	-17,07	-1,72	-14,57	-1,30	-6,63	-1,00	-1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,13	6,63	1,25	9,30	1,44	17,07
BRB11	29529	0,0014	69,3930	0,3228	-1,98	-17,07	-1,72	-14,57	-1,30	-6,63	-1,00	-1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,13	6,63	1,25	9,30	1,44	17,07
BRB12	29529	0,0014	69,3930	0,3245	-1,98	-17,07	-1,72	-14,57	-1,30	-6,63	-1,00	-1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,13	6,63	1,25	9,30	1,44	17,07
BRB13	29529	0,0014	67,9165	0,3245	-1,98	-17,07	-1,72	-14,57	-1,30	-6,63	-1,00	-1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,13	6,63	1,25	9,30	1,44	17,07
BRB14	29529	0,0014	57,5814	0,3300	-1,98	-17,07	-1,72	-14,57	-1,30	-6,63	-1,00	-1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,13	6,63	1,25	9,30	1,44	17,07
BRB15	29529	0,0014	31,0054	0,2766	-1,98	-17,07	-1,72	-14,57	-1,30	-6,63	-1,00	-1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,13	6,63	1,25	9,30	1,44	17,07
BRB16	29529	0,0014	19,1938	0,2705	-1,98	-17,07	-1,72	-14,57	-1,30	-6,63	-1,00	-1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,13	6,63	1,25	9,30	1,44	17,07

Tabla VII.2.3.d Propiedades lineales equivalentes y propiedades no lineales para histéresis Bouc Wen de los BRB 1/2 [CoreBrace®, 2016]

NLLink DIRECTIONAL PROPERTIES CoreBrace® (1/2)													
Linear Properties													
	DRIFT 0.5%							DRIFT 1.5%					
	Angle	Axial Disp	Axial Disp	Axial	Eff Stiff Secant	Eff Stiff Secant	Eff Stiff Secant	Axial Disp	Axial Disp	Axial	Eff Stiff Secant	Eff Stiff Secant	Eff Stiff Secant
	(°)	in	cm	Strain	(C) Tonf/m	(T) Tonf/m	(Prom) Tonf/m	in	cm	Strain	(C) Tonf/m	(T) Tonf/m	(Prom) Tonf/m
BRB1	52,46	1,05	2,65	0,82%	- 9.198,93	7.876,61	8.537,77	3,14	7,96	2,45%	- 4.632,87	3.536,17	4.084,52
BRB2	33,05	0,41	1,04	0,60%	- 14.125,54	12.274,11	13.199,83	1,23	3,13	1,79%	- 6.289,53	5.333,94	5.811,74
BRB3	33,05	0,47	1,20	0,60%	- 10.755,08	9.345,23	10.050,15	1,42	3,59	1,79%	- 4.789,20	4.061,42	4.425,31
BRB4	33,05	0,47	1,20	0,60%	- 10.613,56	9.222,26	9.917,91	1,42	3,59	1,79%	- 4.726,18	4.007,98	4.367,08
BRB5	33,05	0,50	1,26	0,60%	- 7.929,92	6.890,14	7.410,03	1,49	3,78	1,79%	- 3.531,75	2.994,85	3.263,30
BRB6	33,05	0,50	1,26	0,60%	- 7.929,92	6.890,14	7.410,03	1,49	3,78	1,79%	- 3.531,75	2.994,85	3.263,30
BRB7	33,05	0,52	1,33	0,60%	- 6.064,92	5.270,47	5.667,70	1,57	3,99	1,79%	- 2.699,45	2.289,67	2.494,56
BRB8	33,05	0,52	1,33	0,60%	- 6.064,92	5.270,47	5.667,70	1,57	3,99	1,79%	- 2.699,45	2.289,67	2.494,56
BRB9	33,05	0,53	1,34	0,60%	- 6.027,73	5.237,77	5.632,75	1,58	4,01	1,79%	- 2.683,71	2.276,03	2.479,87
BRB10	33,05	0,52	1,33	0,60%	- 6.064,92	5.270,47	5.667,70	1,57	3,99	1,79%	- 2.699,45	2.289,67	2.494,56
BRB11	33,05	0,52	1,33	0,60%	- 6.064,92	5.270,47	5.667,70	1,57	3,99	1,79%	- 2.699,45	2.289,67	2.494,56
BRB12	33,05	0,53	1,34	0,60%	- 6.027,73	5.237,77	5.632,75	1,58	4,01	1,79%	- 2.683,71	2.276,03	2.479,87
BRB13	33,05	0,53	1,34	0,60%	- 5.899,48	5.126,33	5.512,91	1,58	4,01	1,79%	- 2.626,61	2.227,61	2.427,11
BRB14	33,05	0,54	1,36	0,60%	- 4.910,39	4.266,28	4.588,34	1,61	4,09	1,79%	- 2.187,51	1.854,76	2.021,14
BRB15	33,05	0,45	1,14	0,60%	- 3.163,05	2.748,76	2.955,90	1,35	3,42	1,79%	- 1.407,76	1.194,09	1.300,92
BRB16	33,05	0,44	1,12	0,60%	- 1.996,37	1.734,51	1.865,44	1,32	3,35	1,79%	- 889,33	754,06	821,70

Tabla VII.2.3.e Propiedades lineales equivalentes y propiedades no lineales para histéresis Bouc Wen de los BRB 2/2 [CoreBrace®, 2016]

NLLink DIRECTIONAL PROPERTIES CoreBrace® (2/2)											
Linear Properties								No Linear Properties			
DRIFT 2.0%											
Angle	Axial Disp	Axial Disp	Axial	Eff Stiff Secant	Eff Stiff Secant	Eff Stiff Secant	Stiffness	Yield force	Post Yield	Yielding Exponent	
(°)	in	cm	Strain	(C) Tonf/m	(T) Tonf/m	(Prom) Tonf/m	Tonf/m	Tonf	Stiff Ratio		
BRB1	52,46	4,19	10,64	3,28%	- 3.002,35	2.411,72	2.707,03	42.112,74	197,84	0,034	2,0
BRB2	33,05	1,65	4,18	2,39%	- 5.552,51	4.311,68	4.932,10	50.122,11	126,97	0,034	2,0
BRB3	33,05	1,89	4,80	2,39%	- 4.226,33	3.277,82	3.752,08	38.632,37	110,87	0,034	2,0
BRB4	33,05	1,89	4,80	2,39%	- 4.170,73	3.234,69	3.702,71	38.124,05	109,42	0,034	2,0
BRB5	33,05	1,99	5,05	2,39%	- 3.118,73	2.420,44	2.769,58	28.498,98	86,07	0,034	2,0
BRB6	33,05	1,99	5,05	2,39%	- 3.118,73	2.420,44	2.769,58	28.498,98	86,07	0,034	2,0
BRB7	33,05	2,09	5,32	2,39%	- 2.382,16	1.851,36	2.116,76	21.495,25	69,39	0,034	2,0
BRB8	33,05	2,09	5,32	2,39%	- 2.382,16	1.851,36	2.116,76	21.495,25	69,39	0,034	2,0
BRB9	33,05	2,11	5,35	2,39%	- 2.369,04	1.839,93	2.104,48	21.383,55	69,39	0,034	2,0
BRB10	33,05	2,09	5,32	2,39%	- 2.382,16	1.851,36	2.116,76	21.495,25	69,39	0,034	2,0
BRB11	33,05	2,09	5,32	2,39%	- 2.382,16	1.851,36	2.116,76	21.495,25	69,39	0,034	2,0
BRB12	33,05	2,11	5,35	2,39%	- 2.369,04	1.839,93	2.104,48	21.383,55	69,39	0,034	2,0
BRB13	33,05	2,11	5,35	2,39%	- 2.318,64	1.800,78	2.059,71	20.928,58	67,92	0,034	2,0
BRB14	33,05	2,15	5,45	2,39%	- 1.932,23	1.498,73	1.715,48	17.451,13	57,58	0,034	2,0
BRB15	33,05	1,80	4,57	2,39%	- 1.240,95	962,45	1.101,70	11.208,21	31,01	0,034	2,0
BRB16	33,05	1,76	4,47	2,39%	- 785,53	609,33	697,43	7.094,43	19,19	0,034	2,0

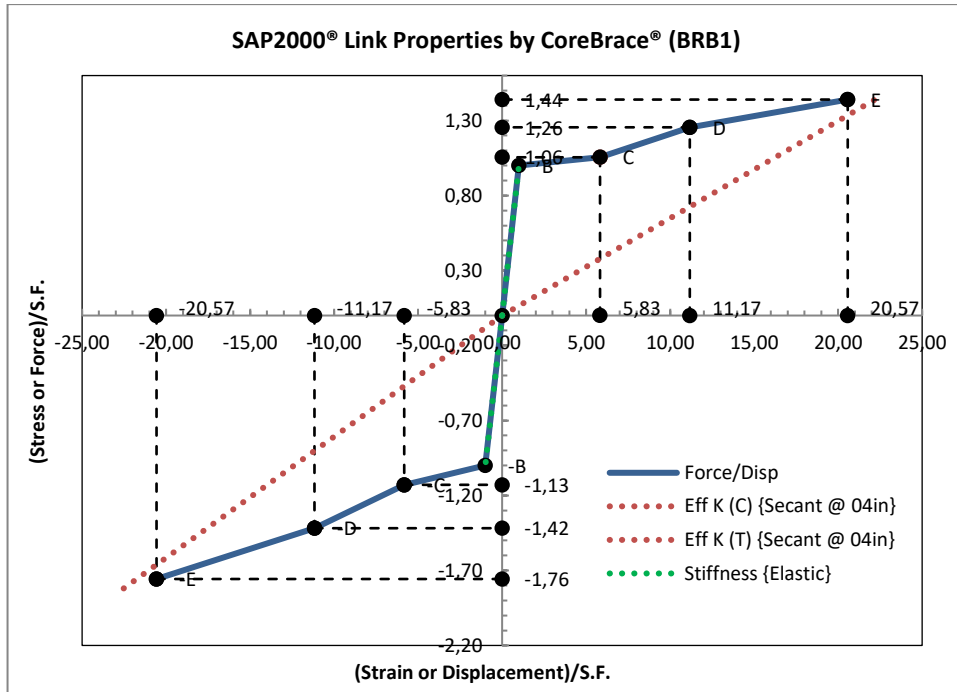


Figura VII.2.3.a Curva esqueleto, y rigidez secante asociada a un DRIFT de 2%, para histéresis Cinemática de los BRB del primer piso [CoreBrace®, 2016]

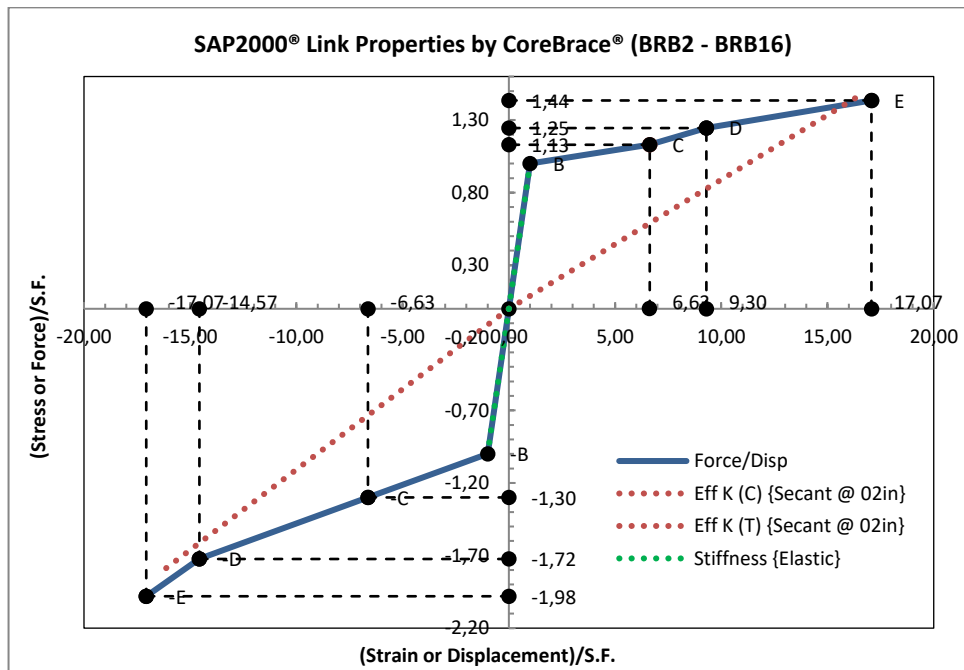


Figura VII.2.3.b Curva esqueleto, y rigidez secante asociada a un DRIFT de 2%, para histéresis Cinemática de los BRB de los pisos superiores [CoreBrace®, 2016]

VII.3 Consideraciones para la realización de los análisis no lineales tiempo v/s historia de las estructuras

- Condiciones iniciales de rigidez y deformación:
 - “Dead + 0.5 Live”.
- No linealidad considerada en el análisis:
 - No lineal en materiales más P- δ y P- Δ .
- Método de integración:
 - Integración directa.
- Paso de tiempo para la integración:
 - 0,005 [s] (semillas de aceleración registradas a 200 [Hz])
- Tiempo total de análisis considerado:
 - Duración del registro [s]:
 - Constitución: 143,2 [s].
 - Llole: 147,7 [s].
 - Talca: 124,5 [s].
- Matriz de amortiguamiento:
 - Amortiguamiento de Rayleigh del 2%, asociando a los 2 principales modos fundamentales de vibrar de cada estructura.
- Método de integración:
 - Integración directa.
- Casos de análisis:
 - “Dead + 0.5 Live + Evento sísmico”.
- Eventos sísmicos de estudio:
 - Semillas de aceleración registradas durante el terremoto del 27 de febrero del 2010, compatibilizadas a espectros de respuesta pseudo velocidad NCh 2745, zona sísmica III, suelo II, de razón crítica de amortiguamiento de 5% modificados por x 1.5 para considerar el evento sismo máximo creíble esperado, x 1.0 para considerar el evento sísmico de diseño y x 0.6 para considerar el evento ordinario o de servicio.

- Constitución DLE (x 1.0, canal 1 + canal 2).
- Constitución MCE (x 1.5, canal 1 + canal 2).
- Constitución OLE (x 0.6, canal 1 + canal 2).
- Llolleo DLE (x 1.0, canal 1 + canal 2).
- Llolleo MCE (x 1.5, canal 1 + canal 2).
- Llolleo OLE (x 0.6, canal 1 + canal 2).
- Talca DLE (x 1.0, canal 1 + canal 2).
- Talca MCE (x 1.5, canal 1 + canal 2).
- Talca OLE (x 0.6, canal 1 + canal 2).

VII.4 Definiciones utilitarias necesarias para el correcto análisis de los resultados obtenidos

Debido al tenor de los resultados obtenidos de las evaluaciones de comportamiento no lineal de las estructuras, es necesario establecer la definición del concepto de “colapso estructural” como es entendido internacionalmente y su aplicación directa ante las distintas limitaciones de los análisis realizados en este documento:

VII.4.1 Colapso estructural

La siguiente definición es obtenida del documento:

- FEMA (2012) *FEMA P-58-1, NEHRP Seismic performance assessment of buildings volume 1 - methodology*, Washington D.C., Estados Unidos de América.

El colapso estructural se encuentra asociado generalmente la pérdida local o global de la capacidad de una estructura de resistir cargas verticales, o la falla de su sistema de traspaso de cargas debidas a la gravedad. Analíticamente, el colapso se evidencia por la inestabilidad numérica, una amplia respuesta de desplazamiento lateral, o

demandas de resistencia de cargas de gravedad que exceden la capacidad de los componentes que las transmiten.

En el caso de las simulaciones de un evento de colapso, se requiere técnicas soluciones explícitas, asociadas al cálculo directo de esfuerzos, las cuales están disponibles en pocos paquetes de software comerciales. Los típicos softwares analíticos utilizados en las oficinas de ingeniería emplean técnicas de solución implícitos, los cuales calculan los esfuerzos a través del cálculo de las deformaciones, siendo incapaces de realizar dicha tarea. Como resultado de esta incapacidad, se asume que el “colapso estructural” ocurre cuando se produce una inestabilidad numérica, cuando los desplazamientos laterales exceden el rango de validez del modelo, o cuando se exceden los criterios de falla previamente definidos. Luego la pérdida de la capacidad resistente ante la acción de carga vertical es predicha por la excesiva demanda de fuerza o deformación en los componentes estructurales encargados de transmitir dichas demandas.



Figura VII.4.1.a Imagen referencial de un edificio bajo estado de colapso [FEMA, 2012]

Luego, debido a la incapacidad del programa SAP2000, de poder modelar el fenómeno del “colapso estructural”, se considerará para términos de esta investigación, como colapso estructural como una inestabilidad numérica que evite la convergencia de análisis, para algún paso de tiempo, considerando como restricción que el tamaño de paso mínimo a utilizar en la búsqueda de la convergencia un valor de 10^{-6} [s], donde la inestabilidad numérica puede ocurrir debido a que alguno de los elementos encargados otorgar la estabilidad estructural vertical (columnas) es solicitado de manera excesiva (P-M2-M3) sobrepasando su capacidad, generando deformaciones excesivas en el elemento o en la estructura, o simplemente porque la convergencia no puede ser alcanzada con un tamaño de paso de tiempo mayor a la restricción impuesta, evitando que se pueda continuar con el proceso numérico de cálculo. De forma adicional cabe mencionar que bajo la filosofía de diseño sismo resistente chile, cualquier tipo de comportamiento no lineal detectado en las columnas puede ser identificado como un “evento de colapso”, sin que esto signifique el colapso total o parcial de la estructura.

De forma adicional, cabe destacar que SAP2000 no posee las herramientas necesarias para establecer los mecanismos de colapso de una estructura, por lo cual, si bien eventualmente puede identificar el inicio de un evento de colapso, es incapaz de determinar si dicho evento se traduce en un colapso “parcial” o “total” de la estructura analizada.

VII.4.2 Efectos P- δ y P- Δ en su influencia en el comportamiento no lineal y los mecanismos de colapso

- **Efecto P- δ :** Asociado a la deformación local relativa de los segmentos intermedios de un elemento, con respecto al eje recto imaginario que une a los dos nodos extremos del mismo elemento. Típicamente asociado a desplazamientos de pandeo global, principalmente en columnas esbeltez, este efecto puede modificar

las demandas flexurales, al considerar un aumento o disminución de estas, asociado a la deformación relativa de los segmentos interiores y la demanda axial sobre el elemento.

- **Efecto P-Δ:** Asociado a desplazamientos relativos entre los nodos extremos de un elemento. Su efecto sobre el análisis y modelamiento de estructuras bajo consideraciones no lineales puede ser crítico, principalmente asociado a columnas, donde las cargas de naturaleza gravitacional en conjunto con los desplazamientos laterales entre nodos extremos, se traducen en una modificación de las demandas flexurales, contribuyendo a una pérdida de resistencia lateral, pudiendo generar deformaciones residuales, e inestabilidades dinámicas.

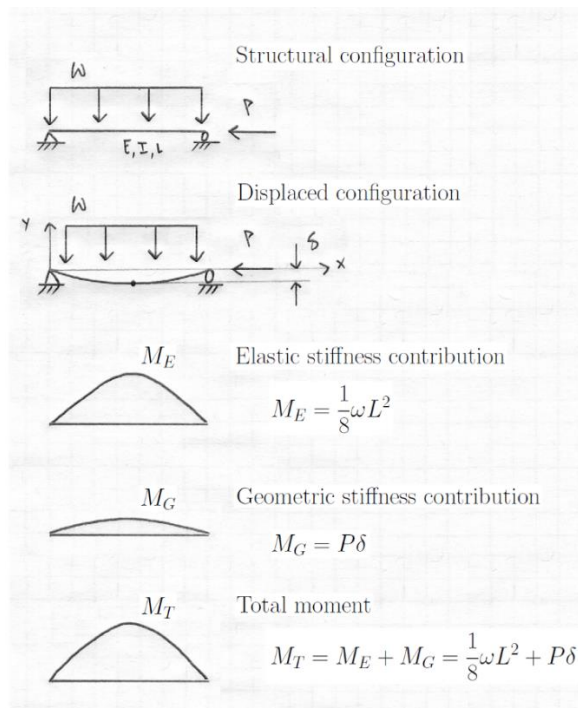


Figura VII.4.2.a Ejemplo de modificación de la demanda flexural, en una viga isostática, simplemente apoyada, debido a la aplicación de una carga axial P, y el efecto P-δ [CSI, 2016]

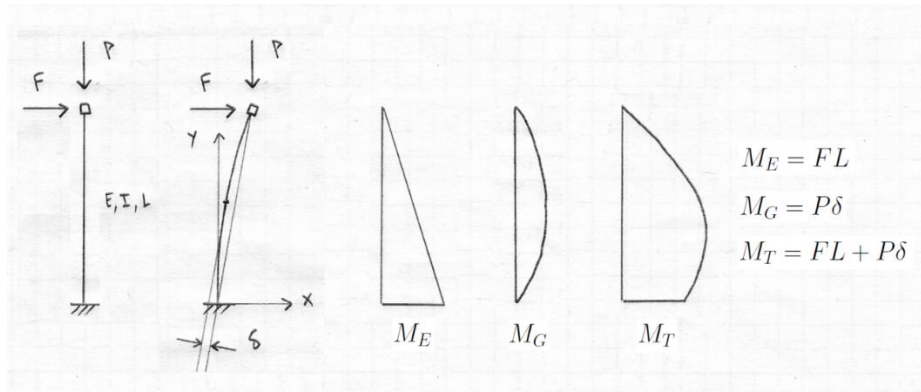


Figura VII.4.2.b Ejemplo de modificación de la demanda flexural, en una columna isostática, empotrada, debido a la aplicación de una carga axial P, y el efecto P-Δ (considerando desplazamiento lateral del nodo superior despreciable) [CSI, 2016]

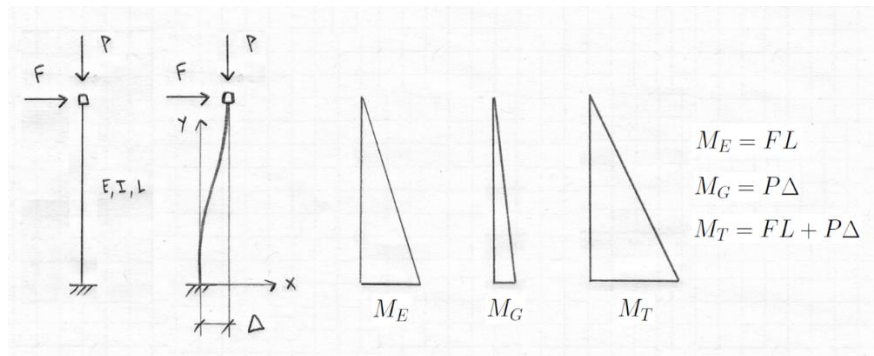


Figura VII.4.2.c Ejemplo de modificación de la demanda flexural, en una columna isostática, empotrada, debido a la aplicación de una carga axial P, y el efecto P-δ (considerando deformación interior del elemento despreciable) [CSI, 2016]

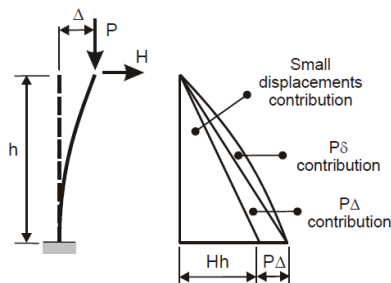


Figura VII.4.2.d Ejemplo de modificación de la demanda flexural en una columna isostática, empotrada, debido a la aplicación de una carga axial P, efecto P-δ y efecto P-Δ [CSI, 2016]

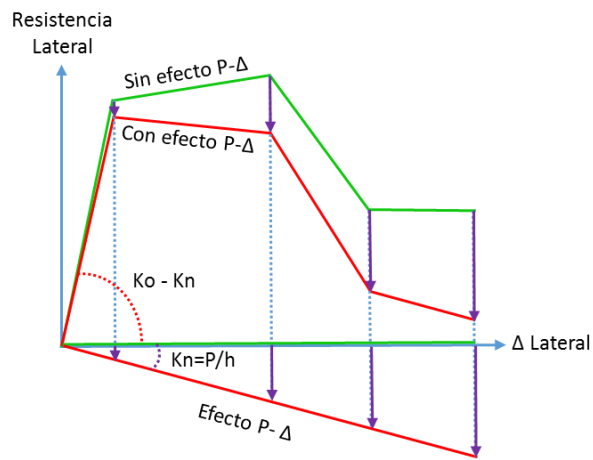
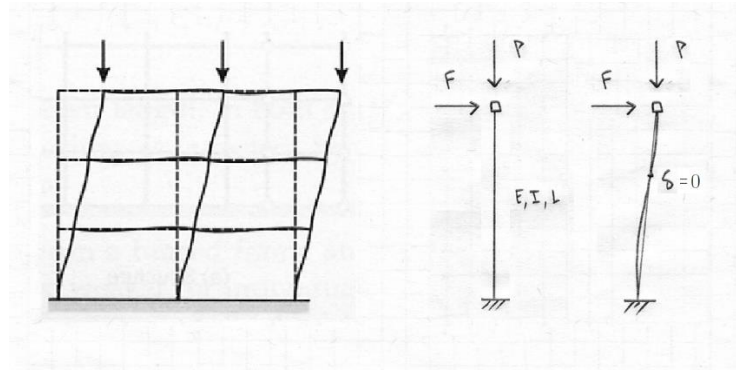


Figura VII.4.2.e Ejemplo de modificación de la curva esqueleto, en una columna doblemente empotrada, bajo efecto P- Δ , con respecto al desplazamiento lateral (efecto P- δ despreciable en este tipo de columnas) [CSI, 2016]

VII.5 Resultados de comportamiento obtenidos del estudio de la estructura con el uso de riostras convencionales

Este capítulo consta de los resultados más relevantes obtenidos del estudio del comportamiento de la estructura con el uso de riostras convencionales ante la acción de los eventos sísmicos DLE, MCE y OLE, según todo lo anteriormente expuesto en este documento y sus anexos, en particular el capítulo VII.

Los resultados son presentados en forma de tablas y gráficos con el fin de facilitar su comprensión, y evitar una extensión innecesaria de este documento.

Dichos resultados son expuestos a través de los siguientes puntos:

- Relación corte basal v/s desplazamiento de la estructura
- DRIFT y desplazamientos; máximos y residuales
- Corte basal y momentos volcantes desarrollados por la estructura
- Comportamiento de las riostras convencionales
- Comportamiento de las columnas

Este capítulo solo se referirá a los resultados directamente obtenidos del estudio del comportamiento. Las conclusiones y comentarios obtenidos del desarrollo de lo anterior, serán directamente expuestas en el capítulo:

- IX Conclusiones y comentarios

VII.5.1 Relación corte basal v/s desplazamiento de la estructura

El siguiente subcapítulo presenta la relación obtenida entre el corte basal desarrollado y el desplazamiento de piso de la estructura, para cada evento sísmico considerado en este documento.

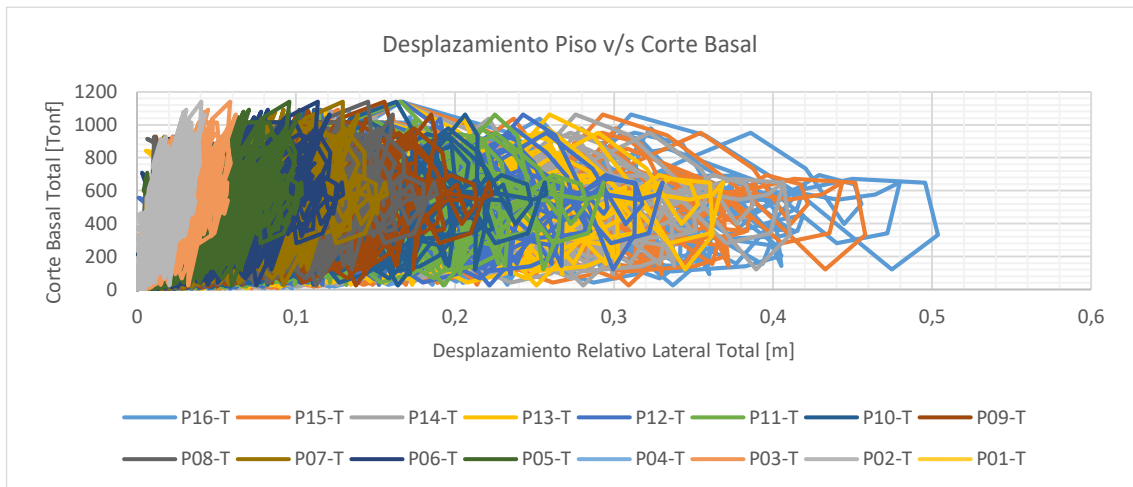
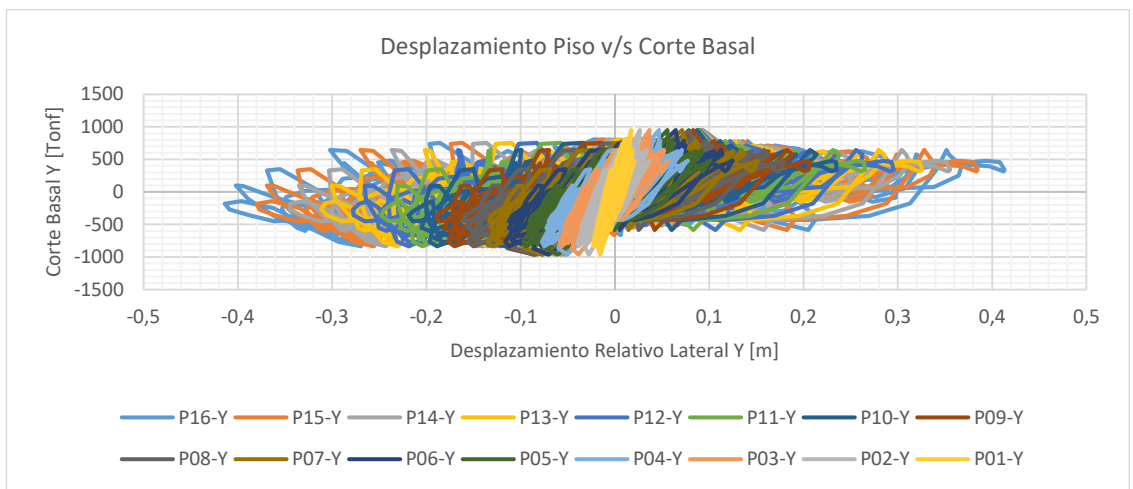
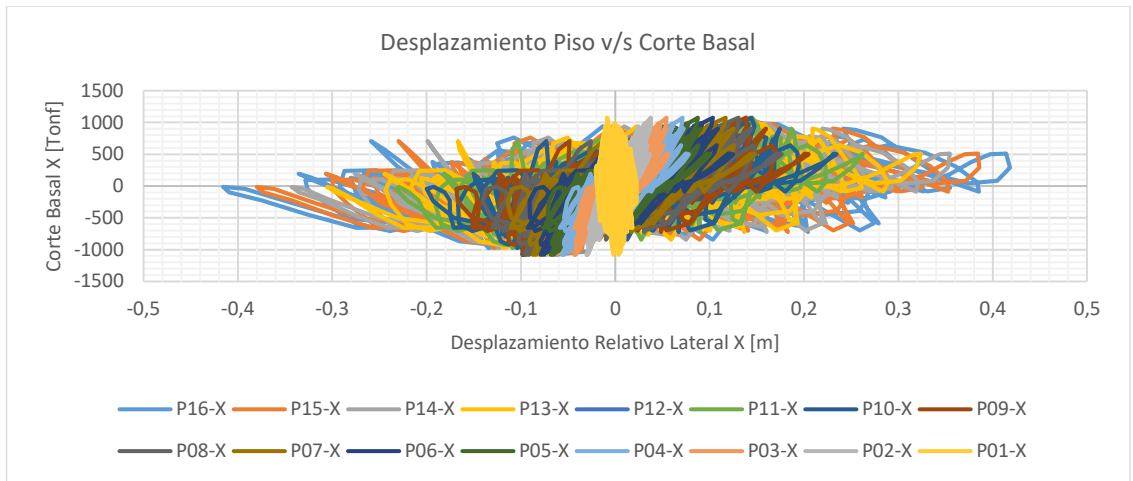


Figura VII.5.1.a Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Constitución DLE, estructura con riostras estándar [elaboración propia]

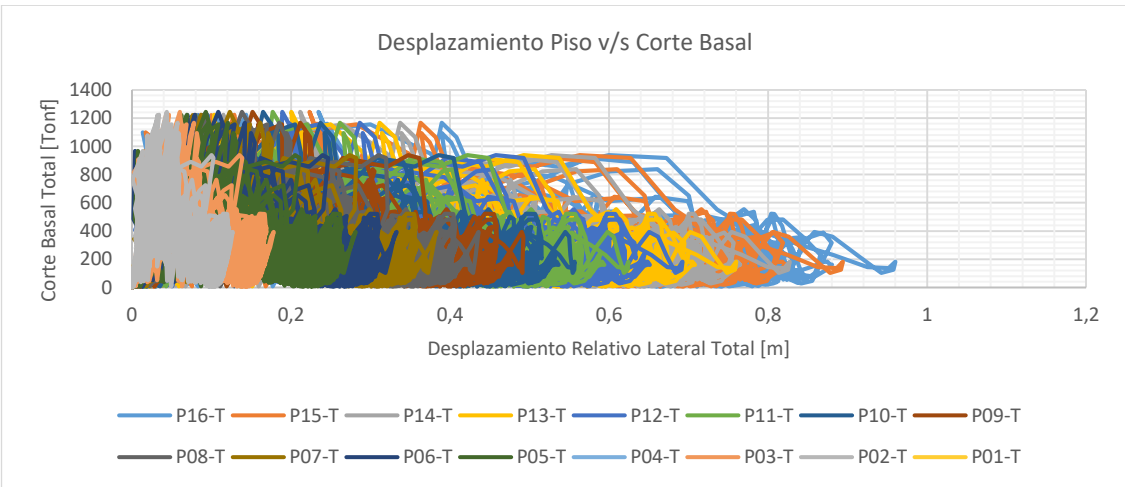
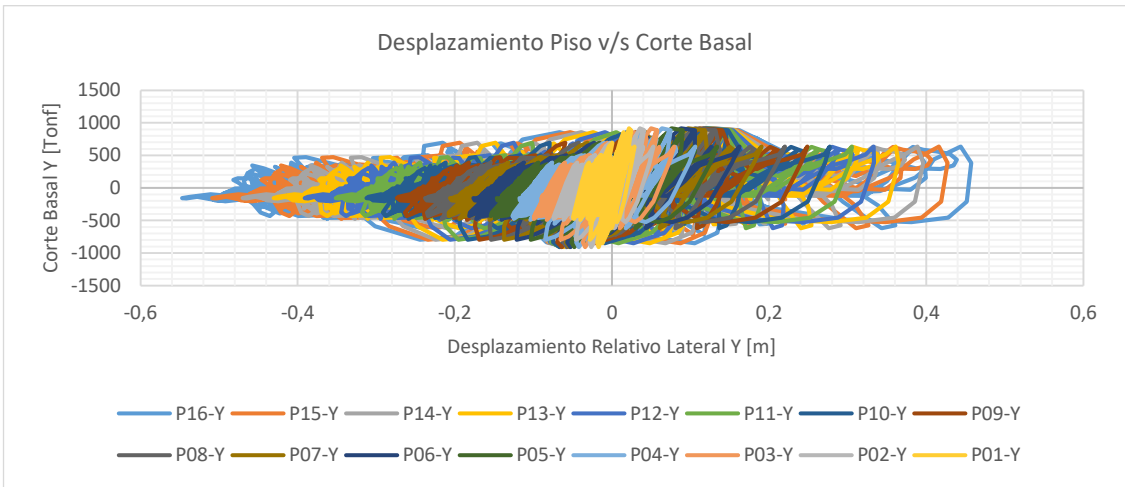
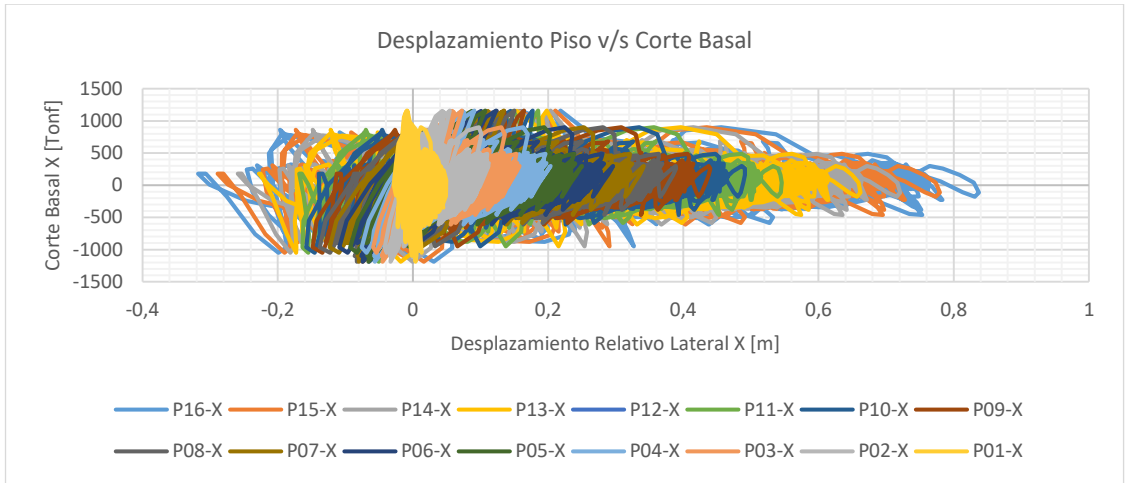


Figura VII.5.1.b Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Constitución MCE, estructura con riostras estándar [elaboración propia]

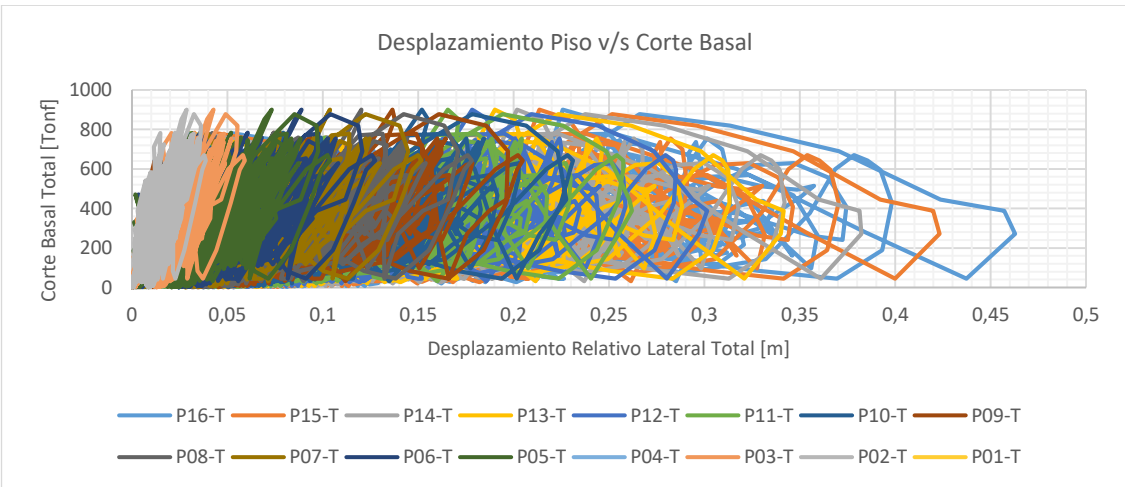
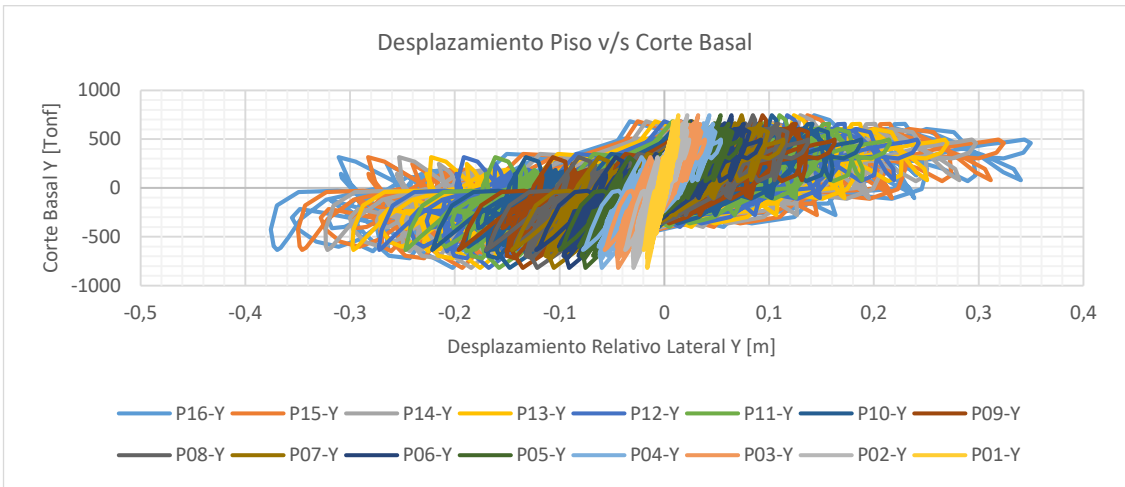
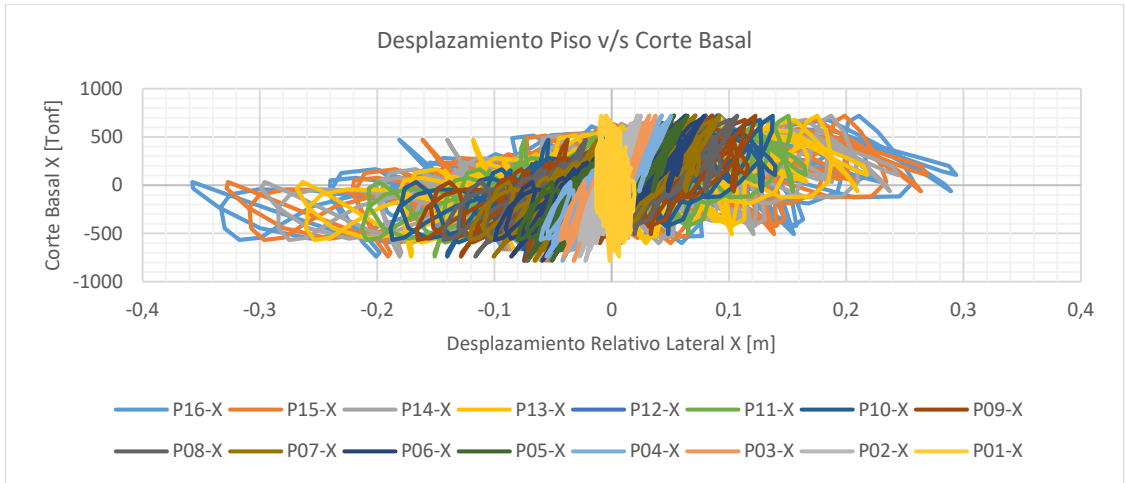


Figura VII.5.1.c Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Constitución OLE, estructura con riostras estándar [elaboración propia]

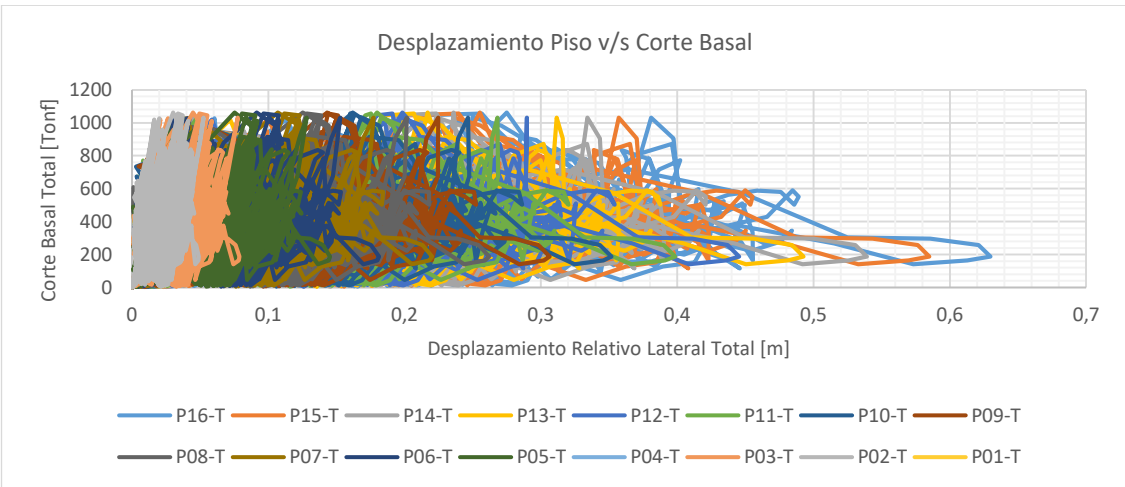
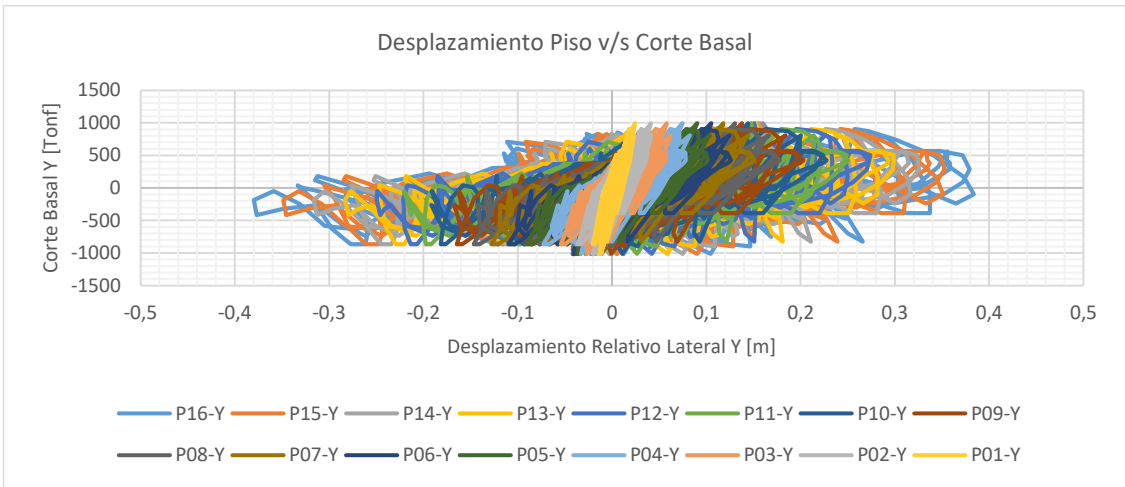
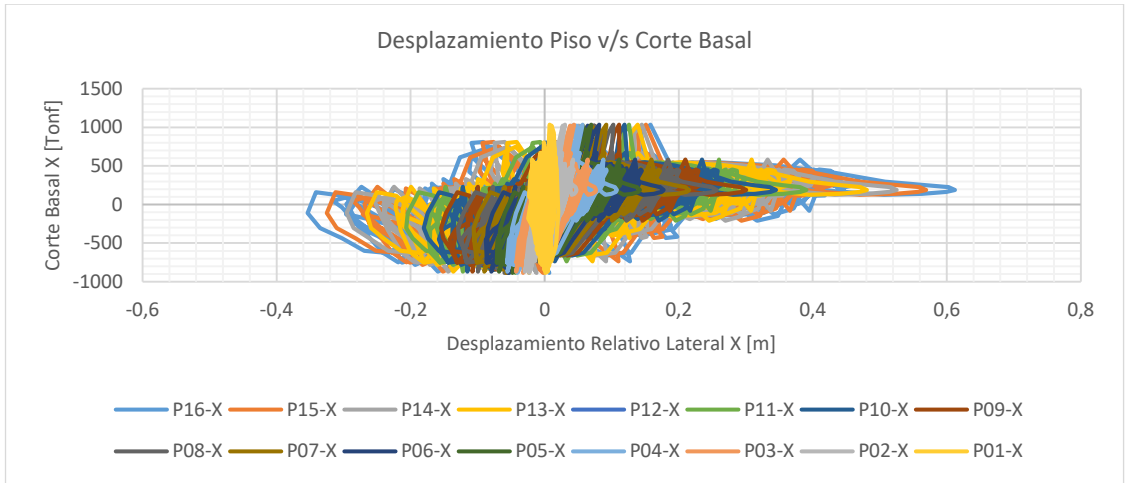


Figura VII.5.1.d Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Talca DLE, estructura con riostras estándar [elaboración propia]

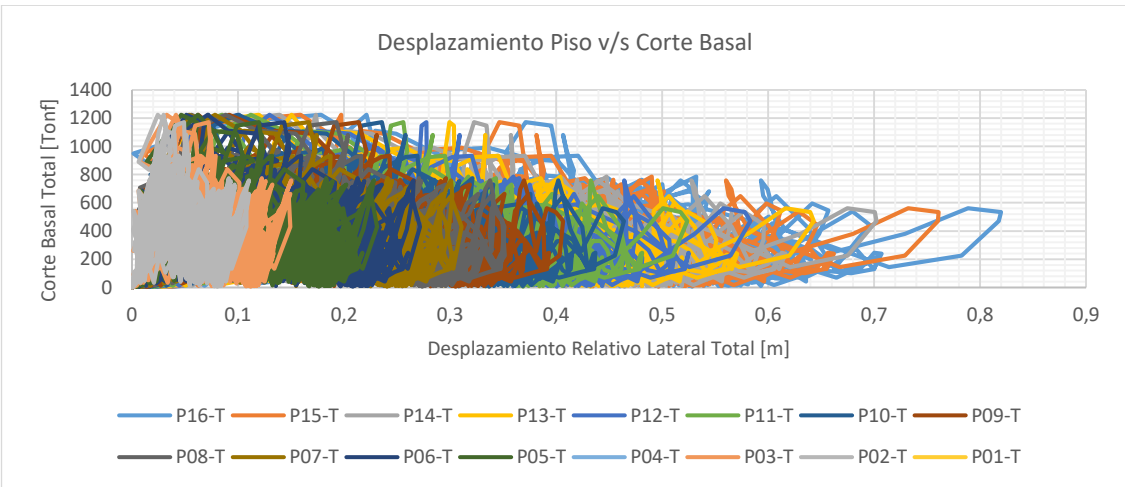
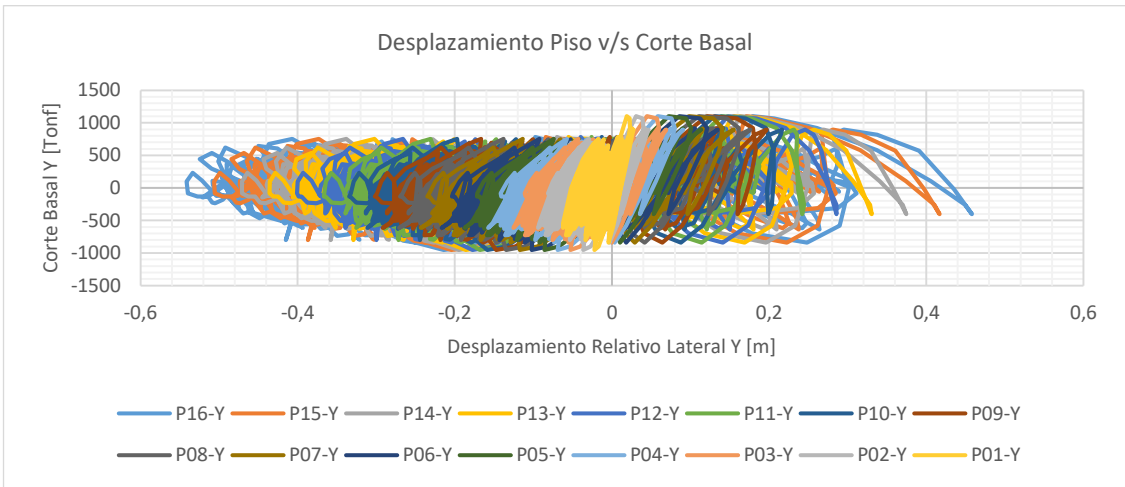
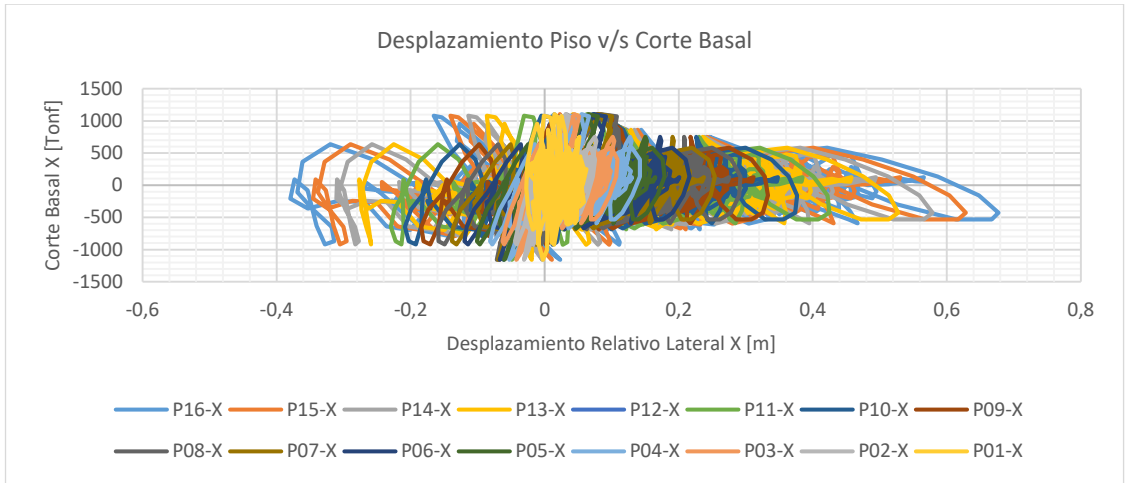


Figura VII.5.1.e Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Talca MCE, estructura con riostras estándar [elaboración propia]

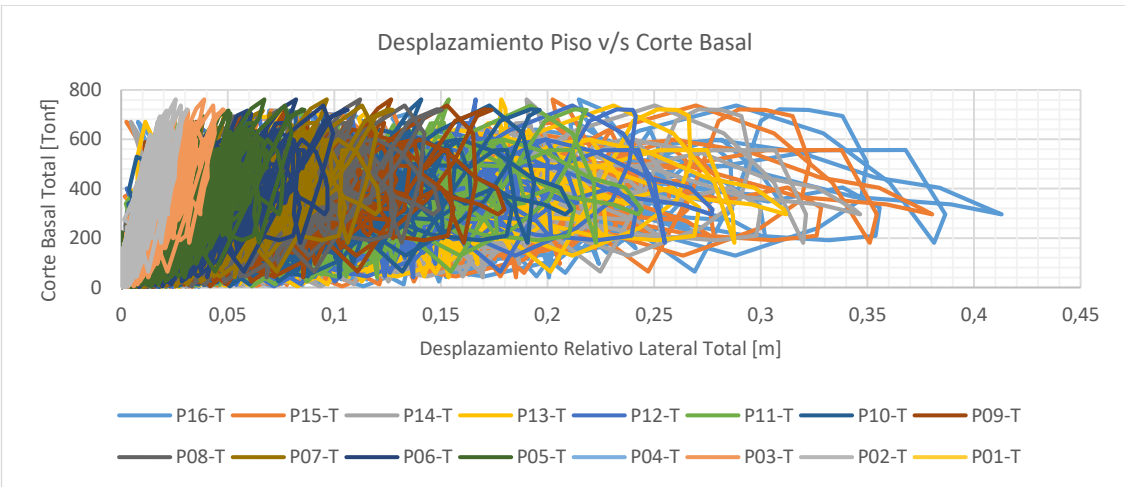
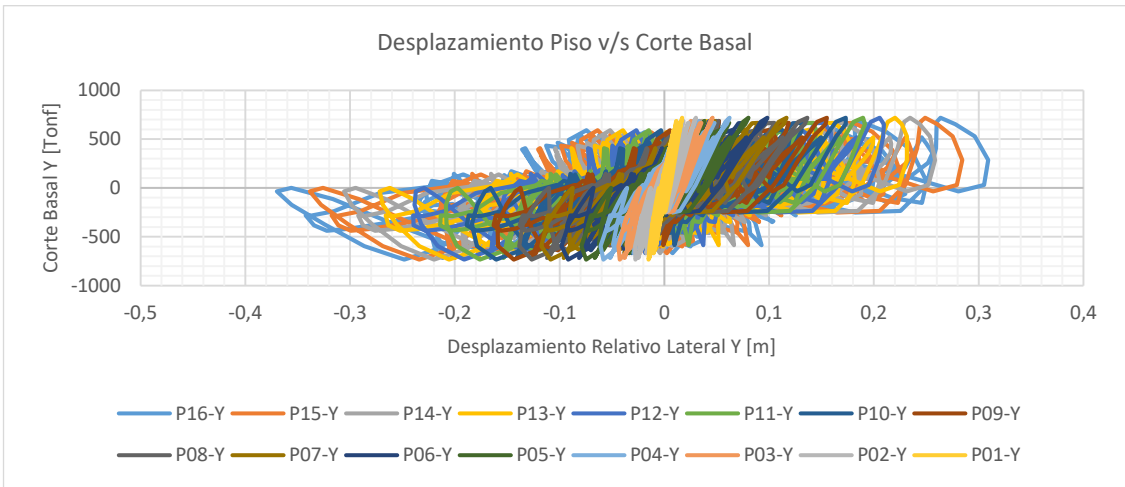
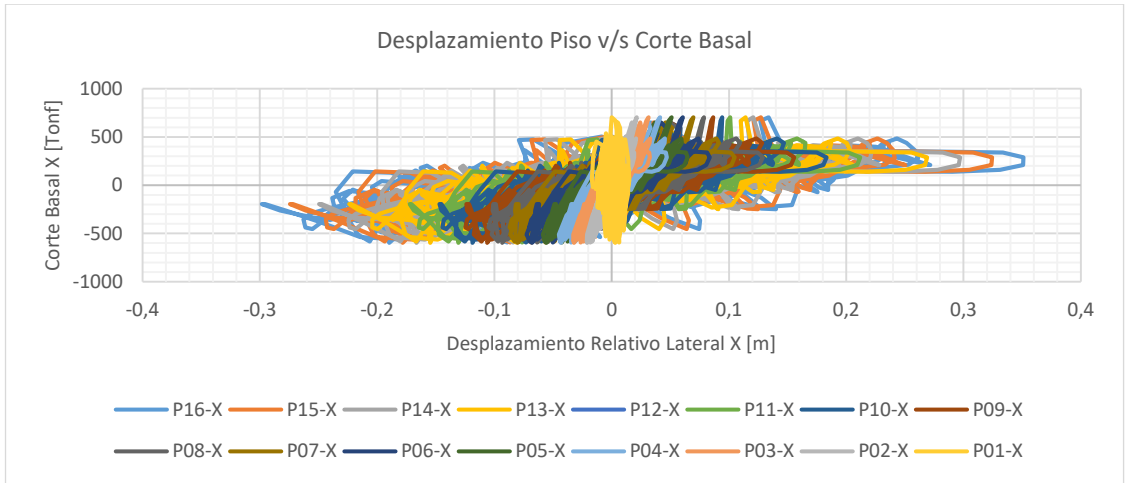


Figura VII.5.1.f Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Talca OLE, estructura con riostras estándar [elaboración propia]

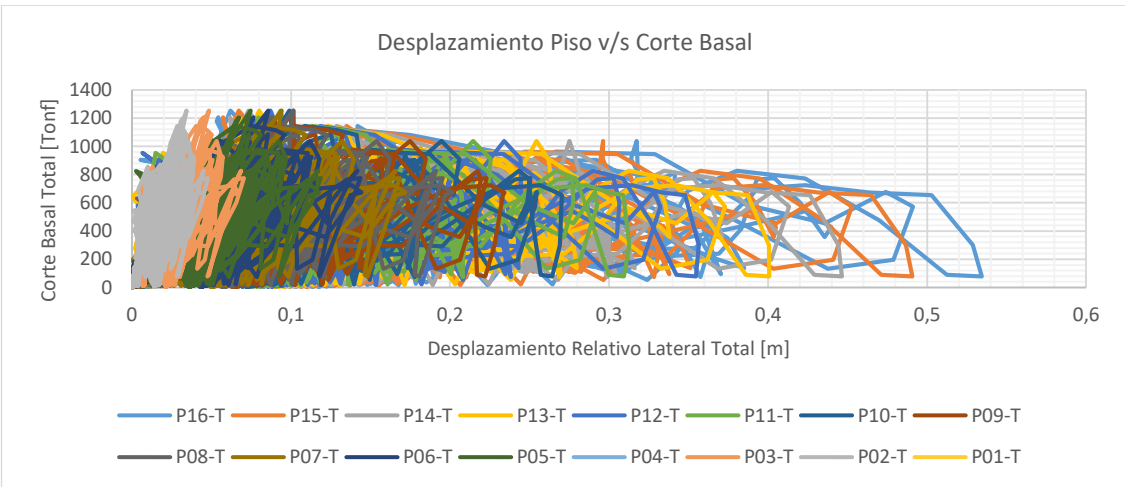
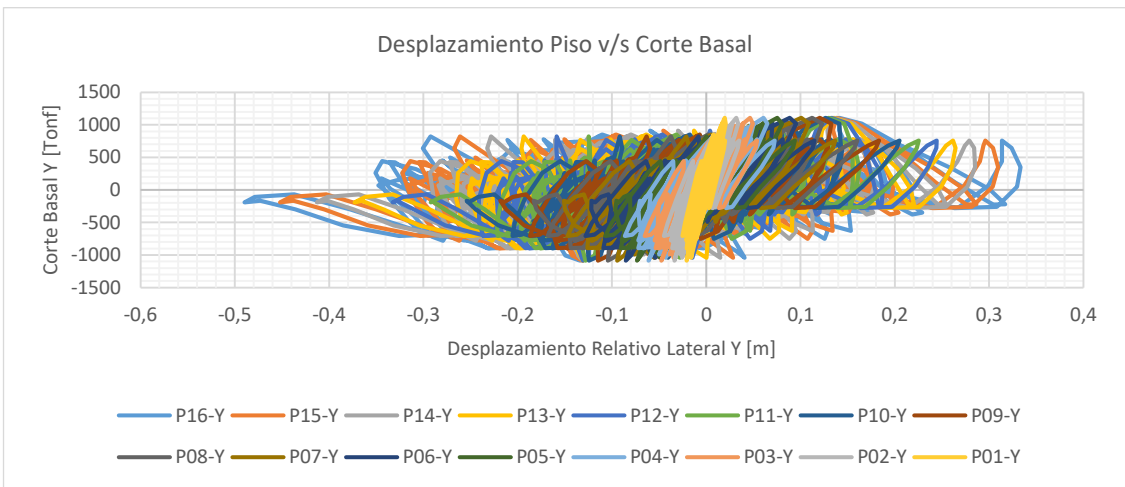
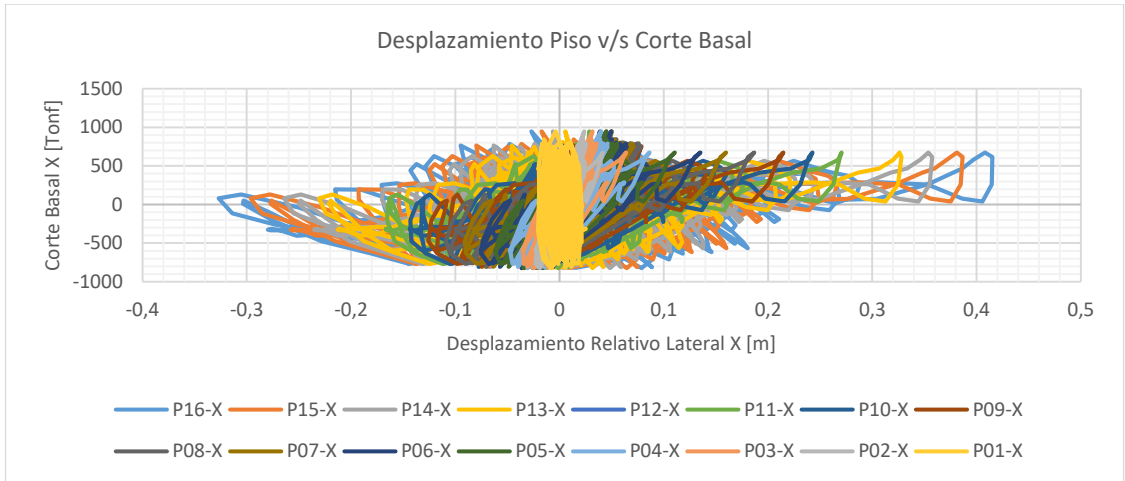


Figura VII.5.1.g Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Lollole DLE, estructura con riostras estándar [elaboración propia]

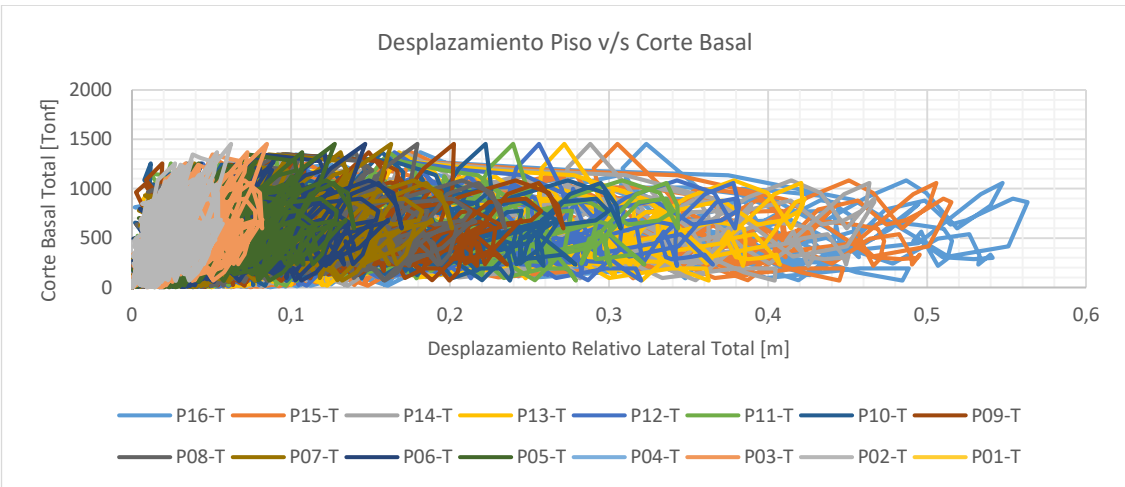
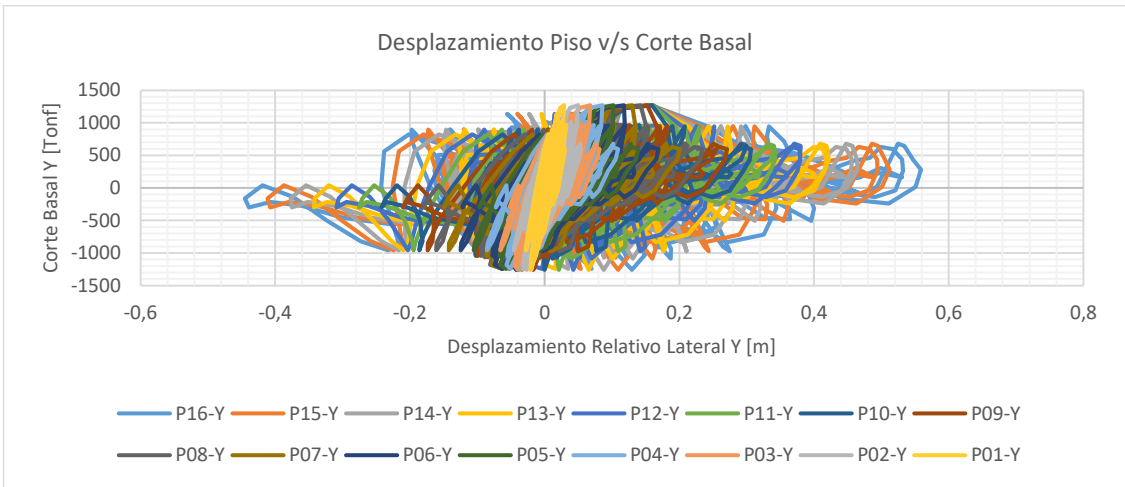
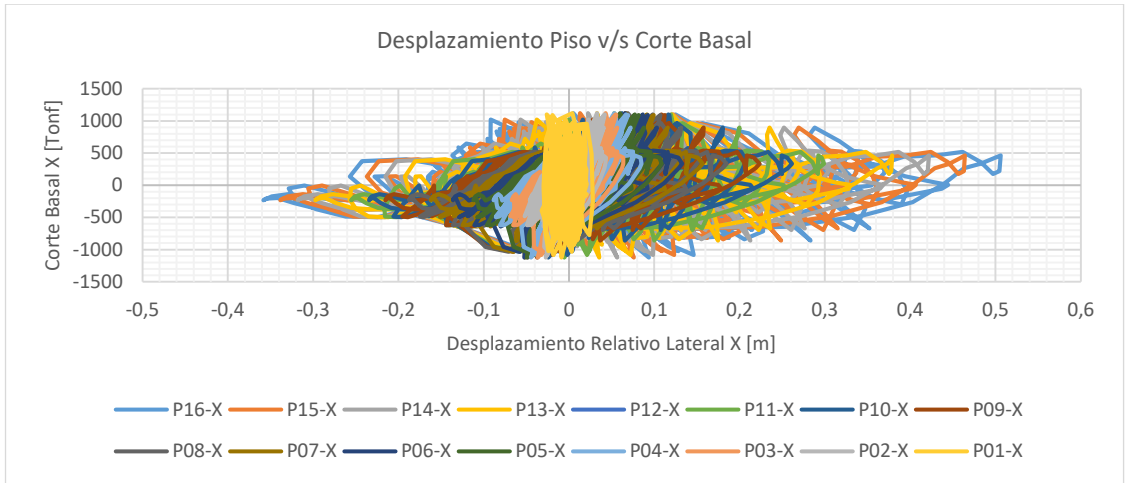


Figura VII.5.1.h Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Lollole MCE, estructura con riostras estándar [elaboración propia]

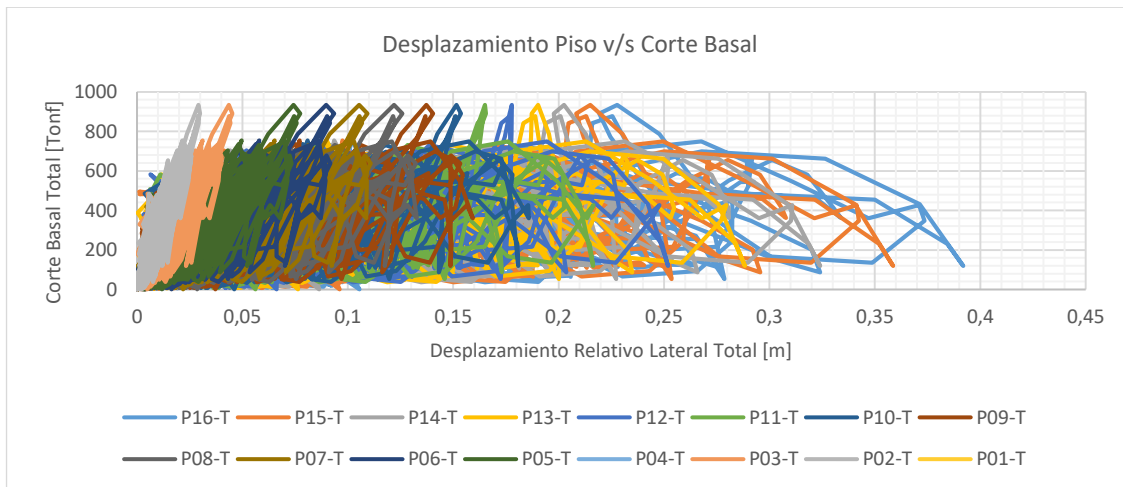
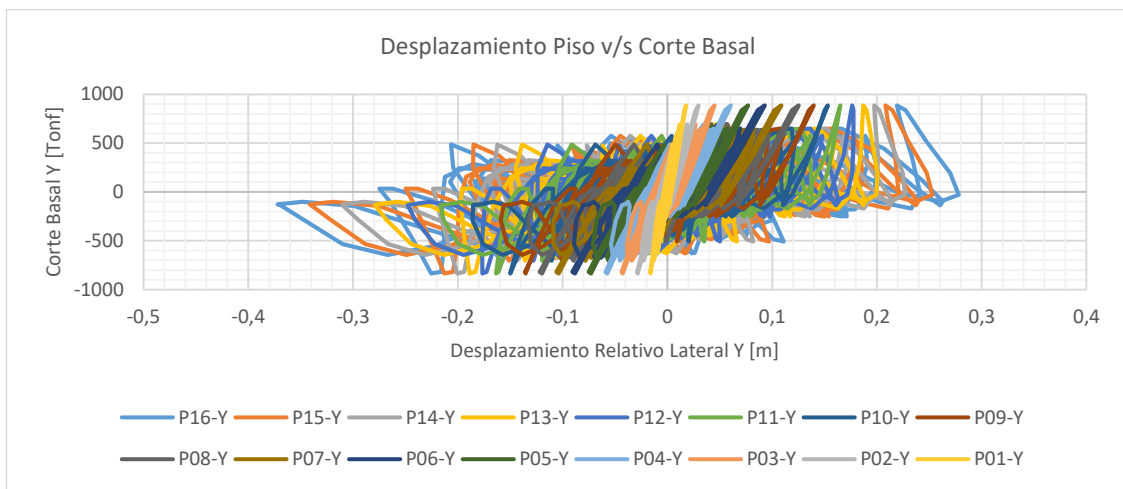
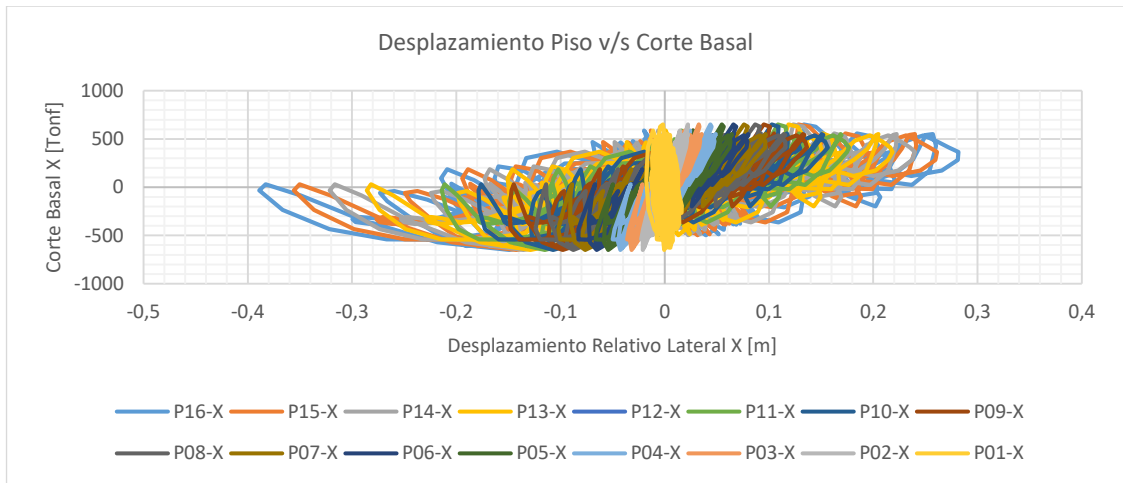


Figura VII.5.1.i Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Llolleo OLE, estructura con riostras estándar [elaboración propia]

VII.5.2 DRIFT y desplazamientos; máximos y residuales

El siguiente subcapítulo presenta el comportamiento tiempo historia de los desplazamientos, además de DRIFT y desplazamientos máximos observados considerando la acción todos los eventos sísmicos de estudio.

De forma adicional, incluye el DRIFT y los desplazamientos residuales observados posterior a la acción de cada evento sísmico.

*DRIFT: Deriva máxima de dos puntos de un piso; uno superior y uno inferior, ante el efecto de una demanda de desplazamiento lateral, como podría ser un evento sísmico, o de viento, entre otros.

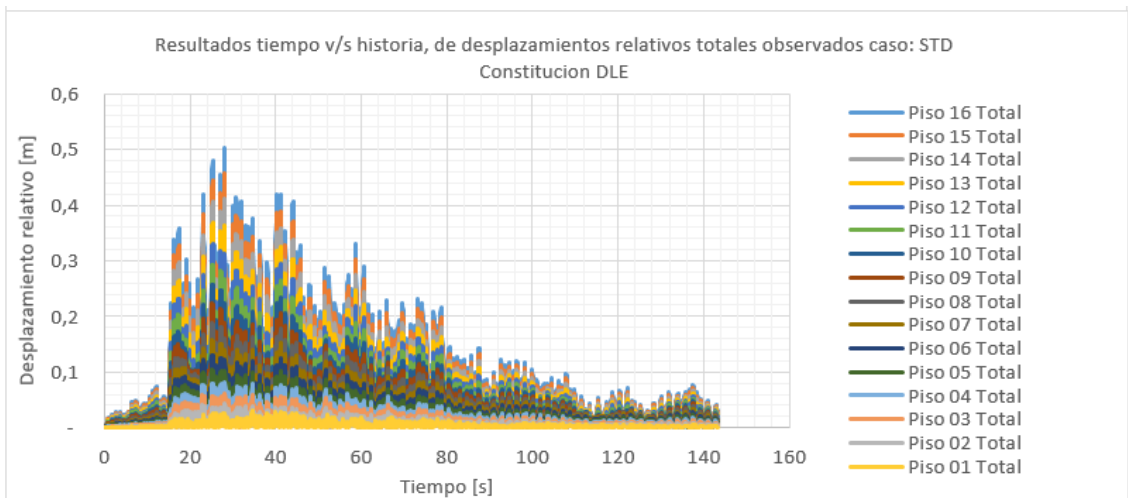
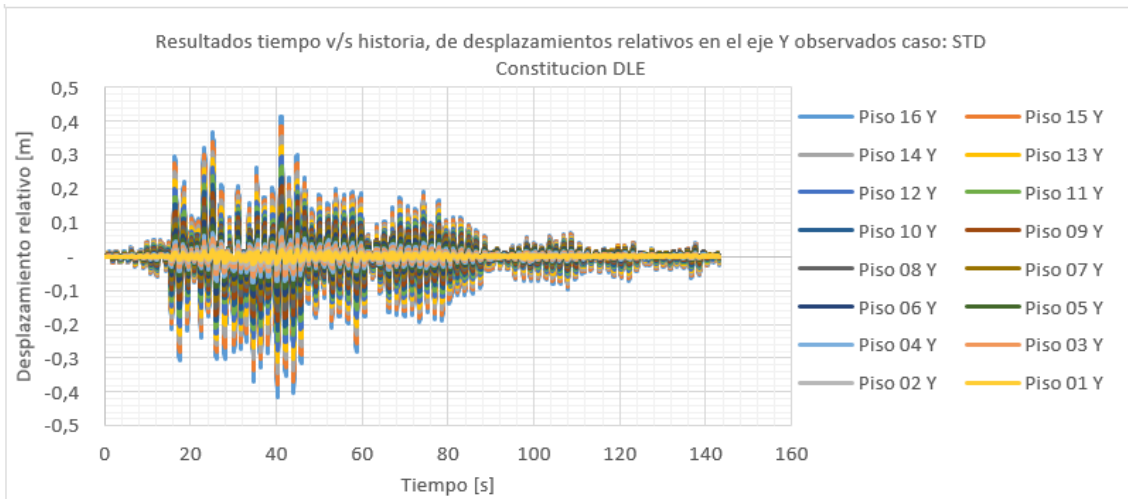
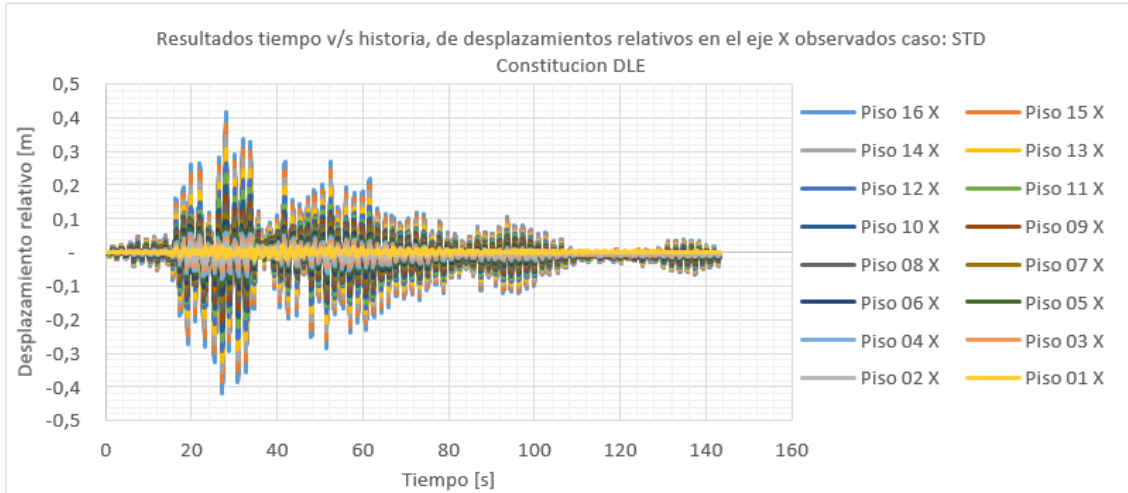


Figura VII.5.2.a Comportamiento del desplazamiento relativo de piso, estructura con riostras estándar, Constitución DLE [elaboración propia]

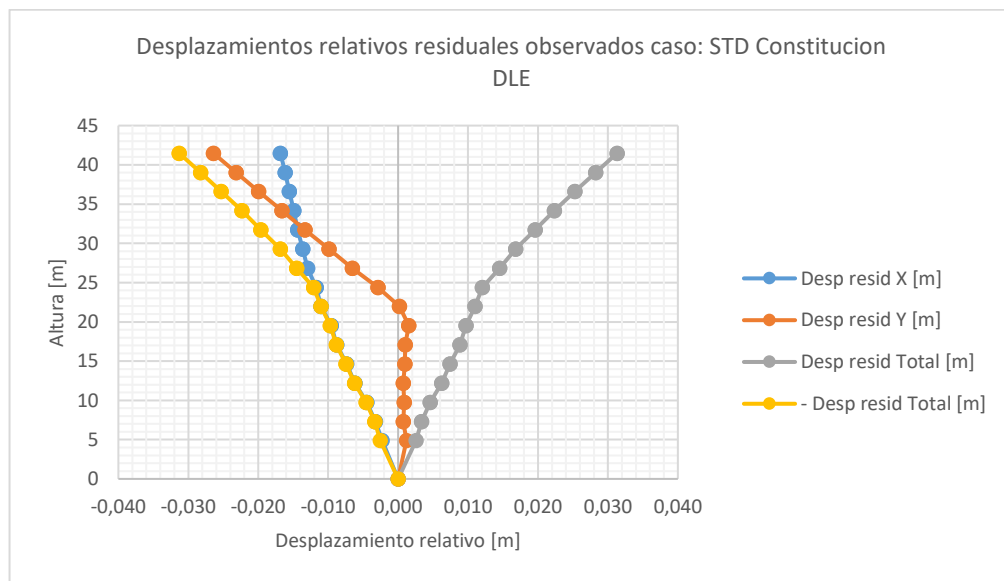
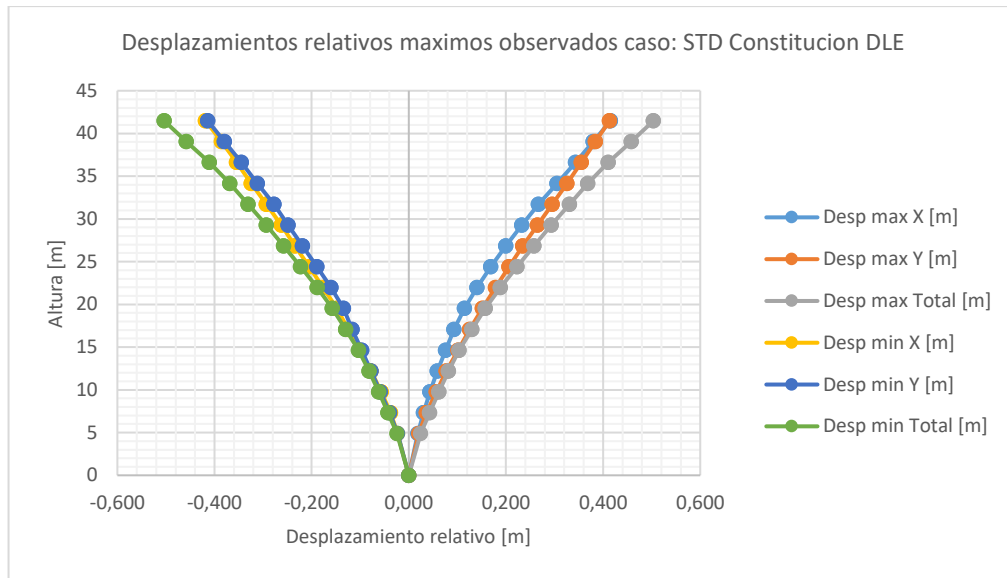


Figura VII.5.2.b Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Constitución DLE [elaboración propia]

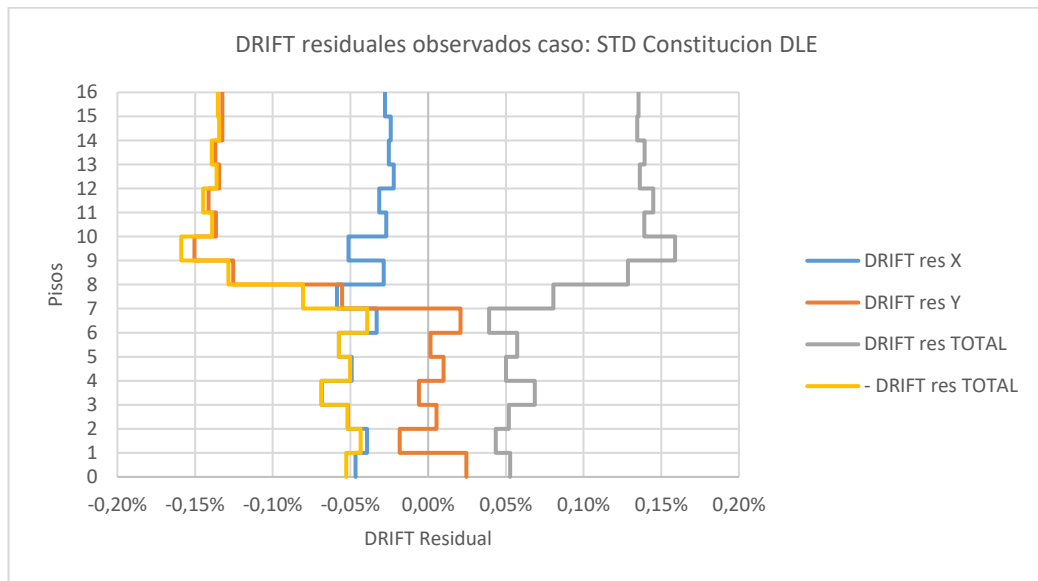
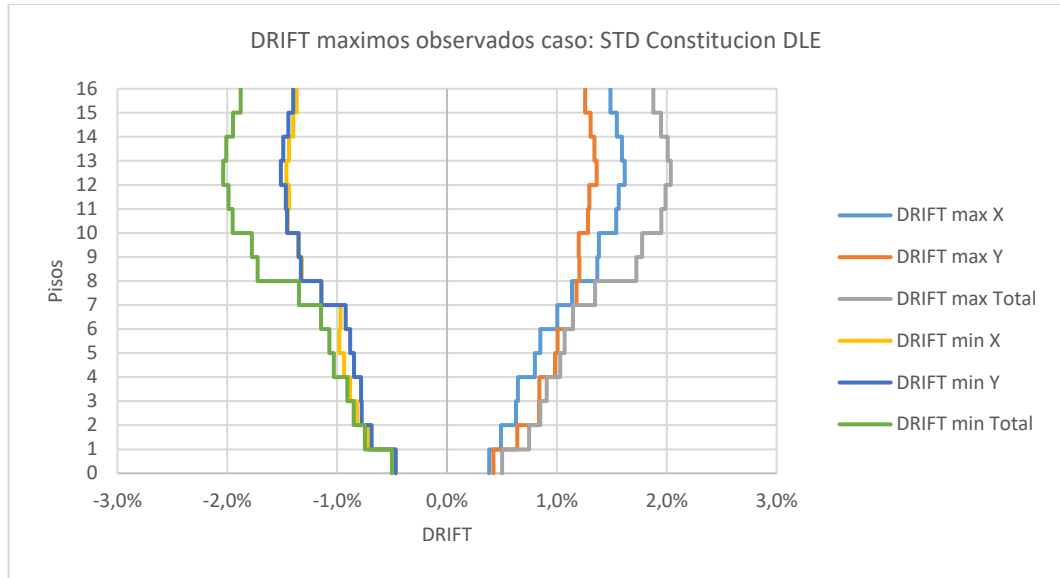


Figura VII.5.2.c DRIFT; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Constitución DLE [elaboración propia]

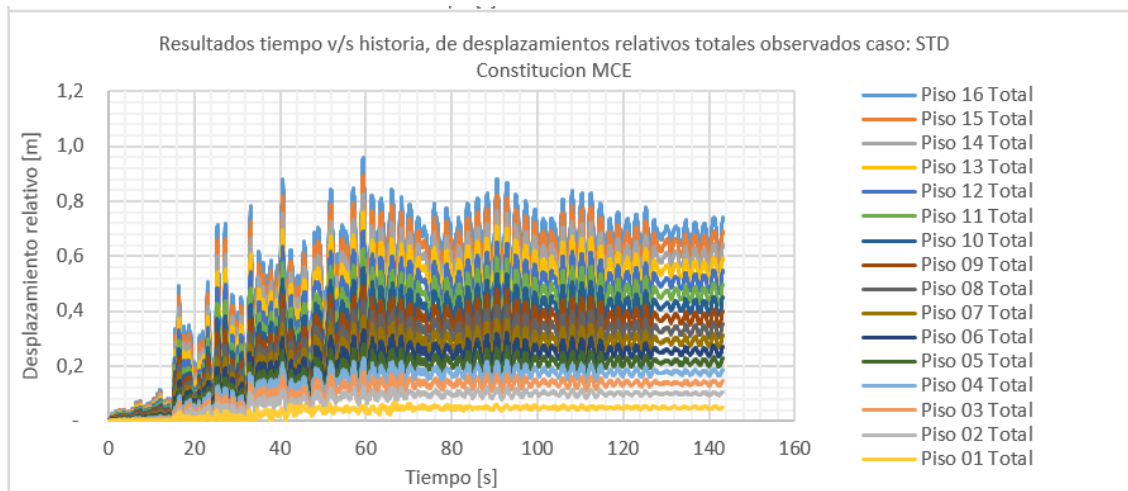
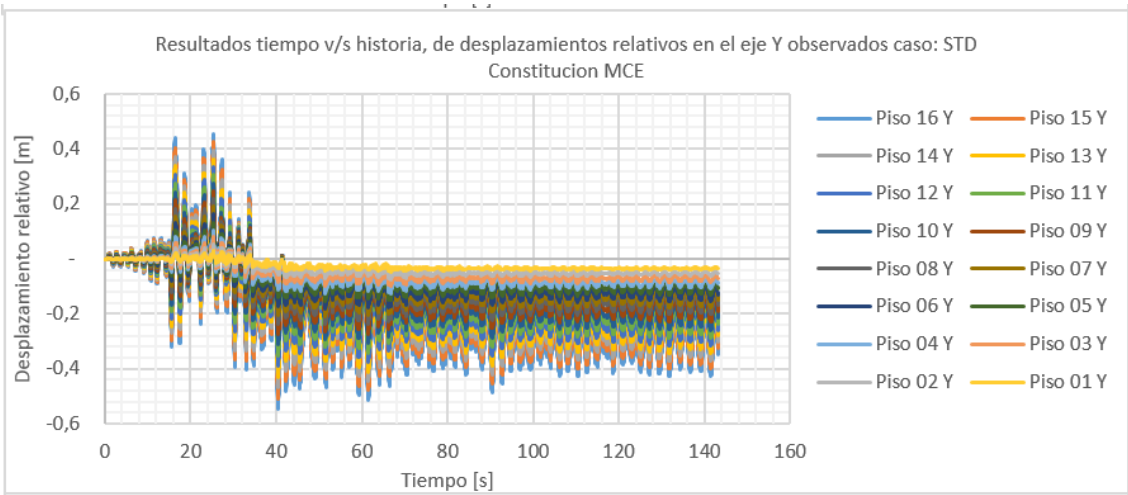
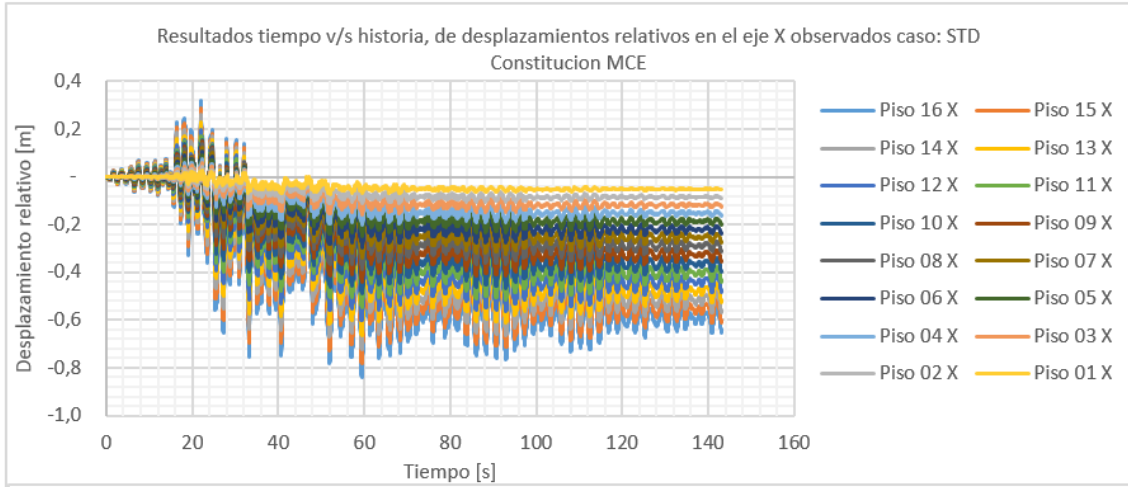


Figura VII.5.2.d Comportamiento del desplazamiento relativo de piso, estructura con riostras estándar, Constitución MCE [elaboración propia]

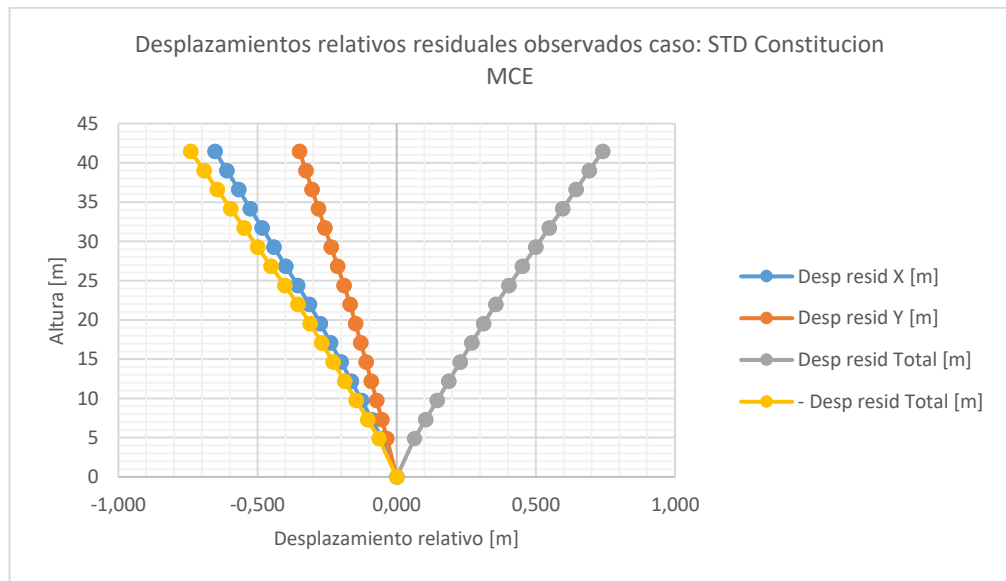
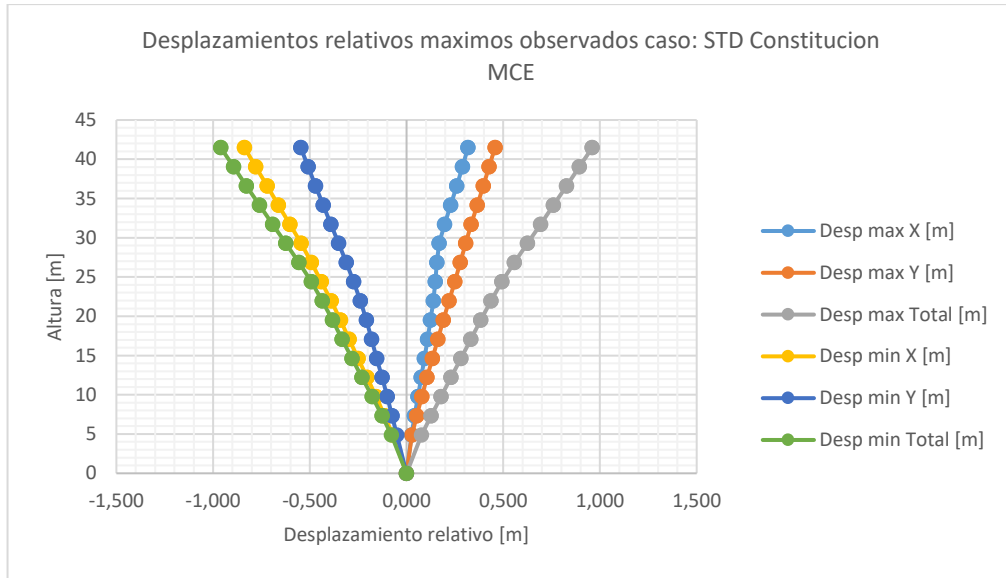


Figura VII.5.2.e Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Constitución MCE [elaboración propia]

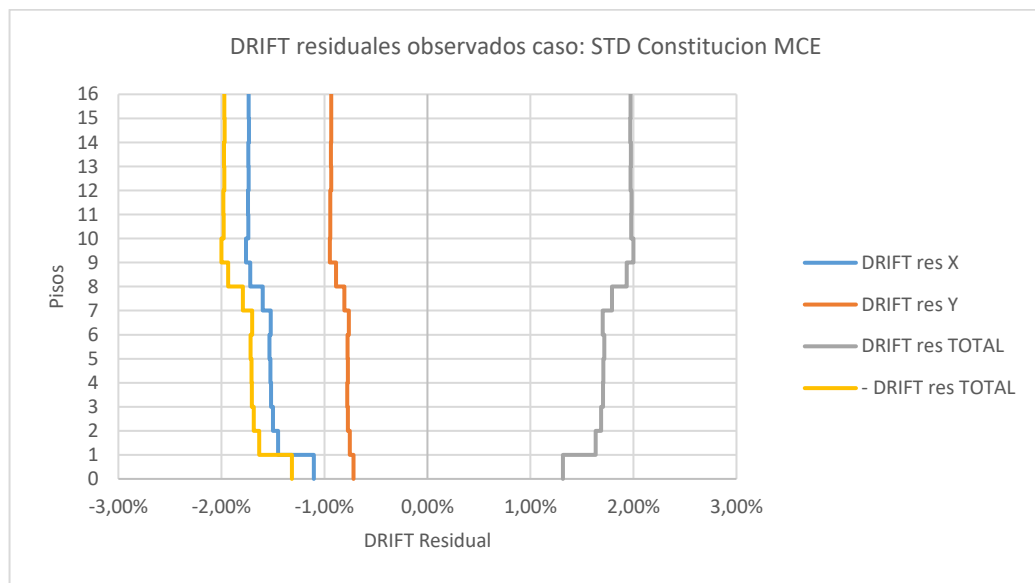
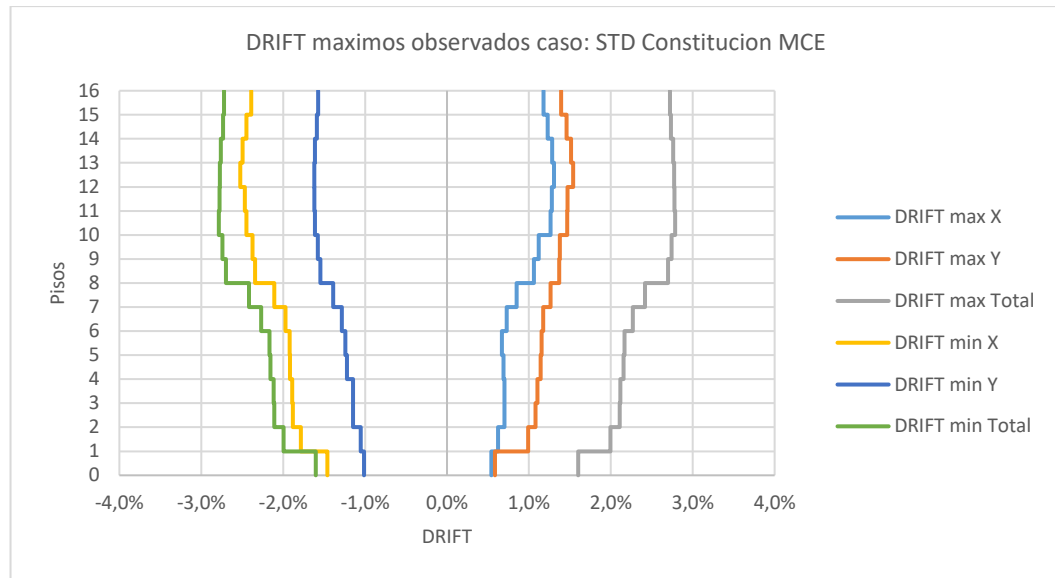


Figura VII.5.2.f DRIFT; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Constitución MCE [elaboración propia]

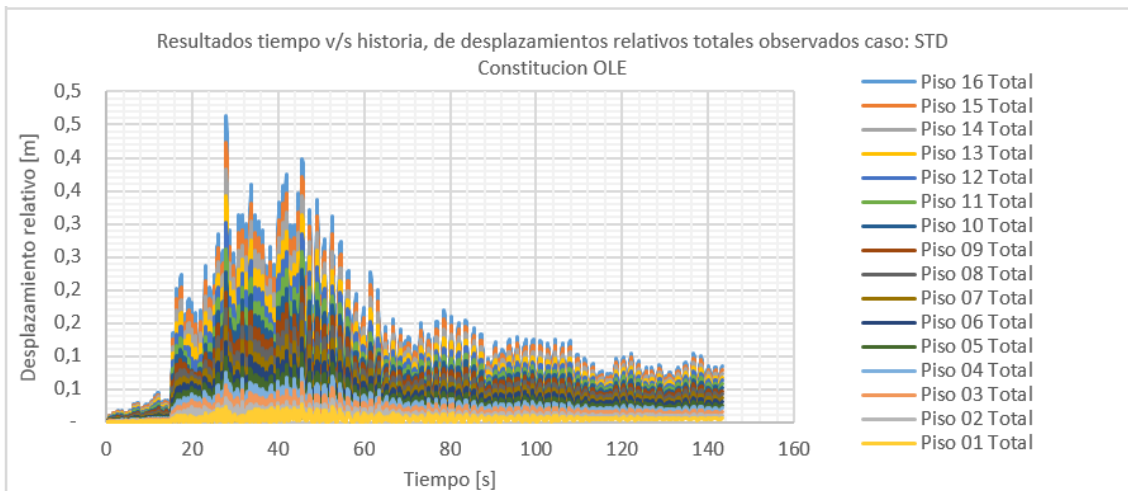
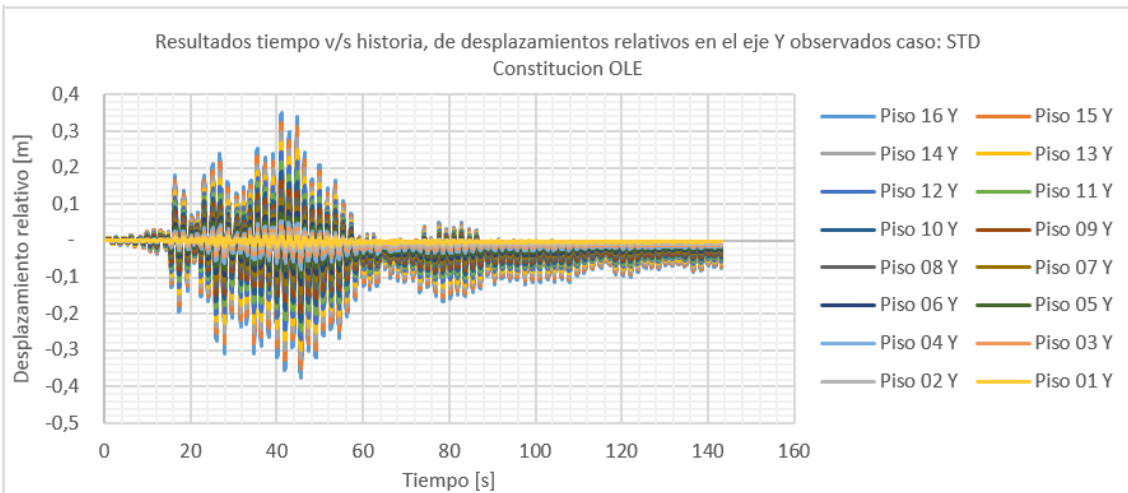
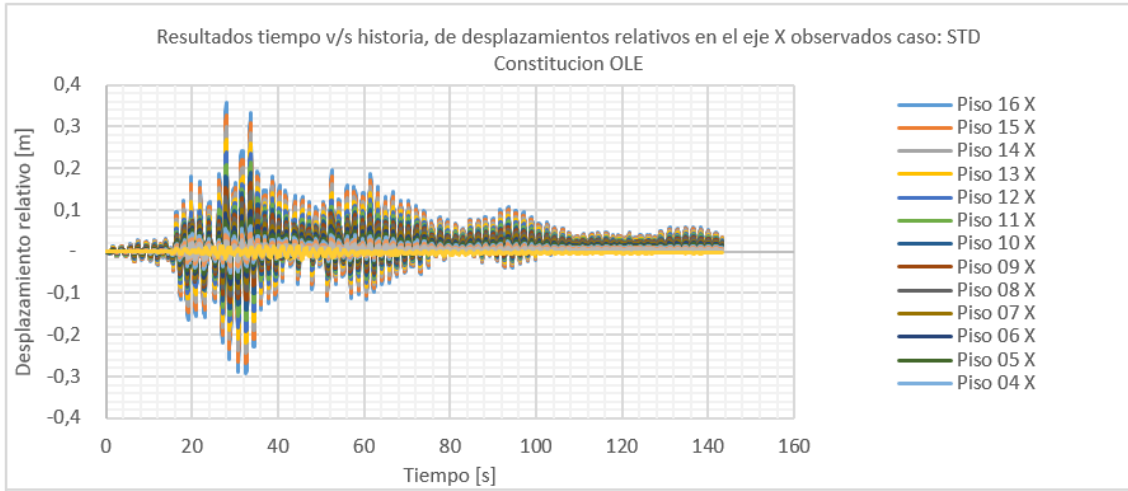


Figura VII.5.2.g Comportamiento del desplazamiento relativo de piso, estructura con riostras estándar, Constitución OLE [elaboración propia]

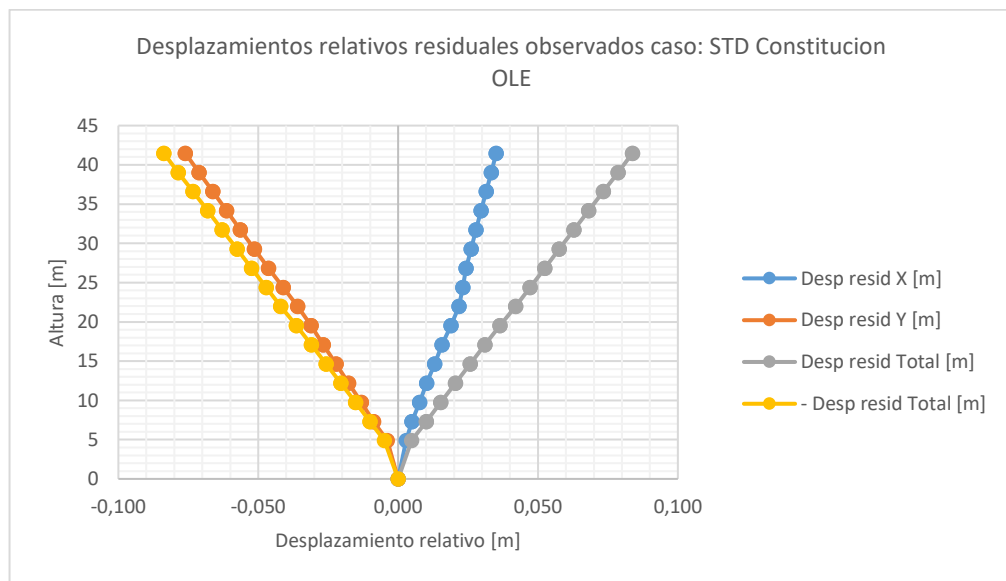
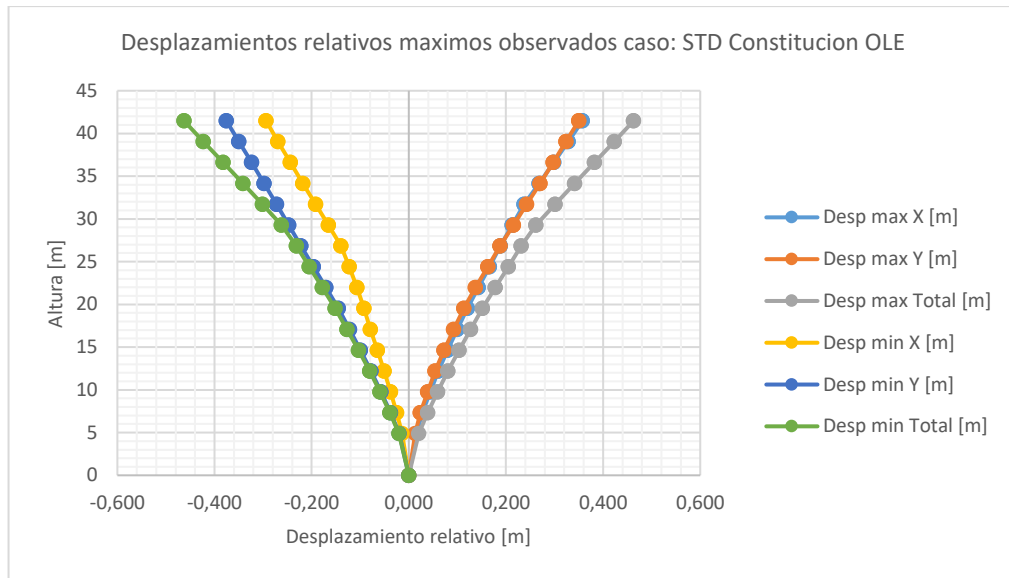


Figura VII.5.2.h Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Constitución OLE [elaboración propia]

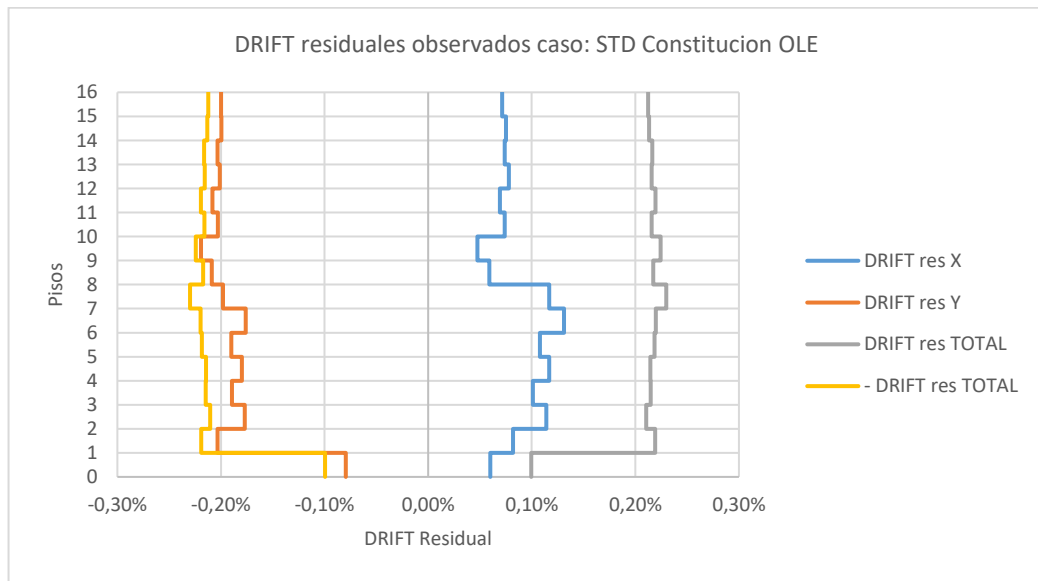
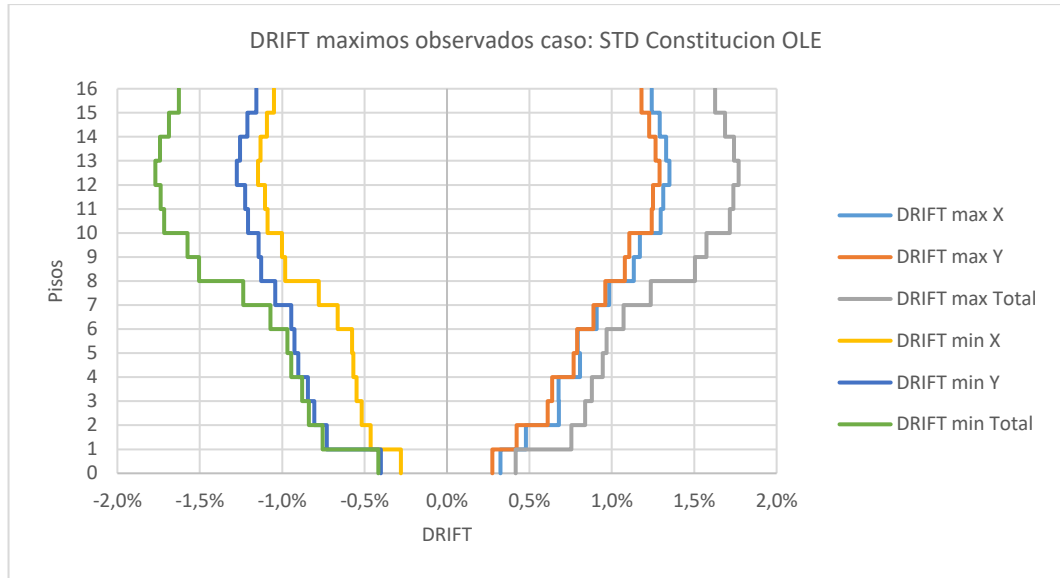


Figura VII.5.2.i DRIFT; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Constitución OLE [elaboración propia]

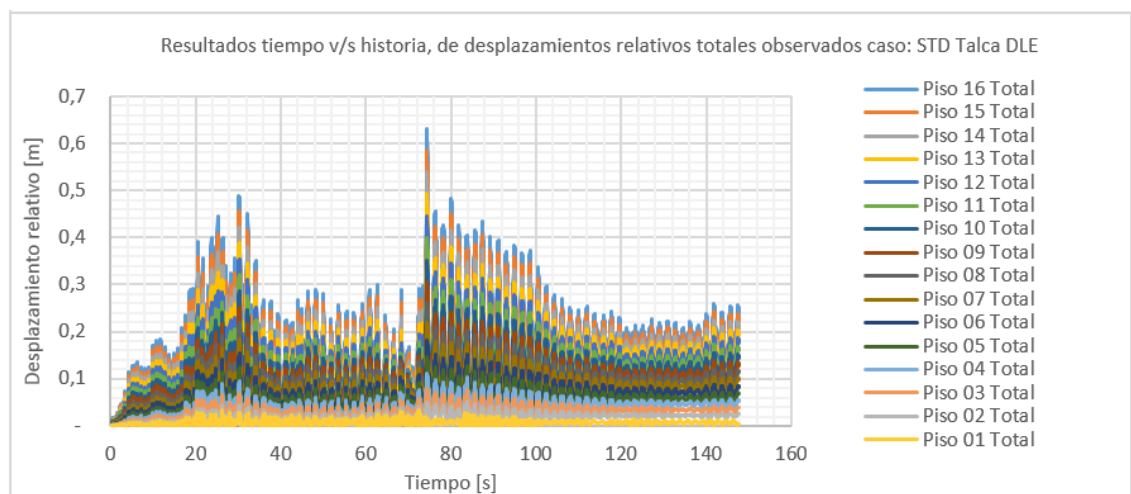
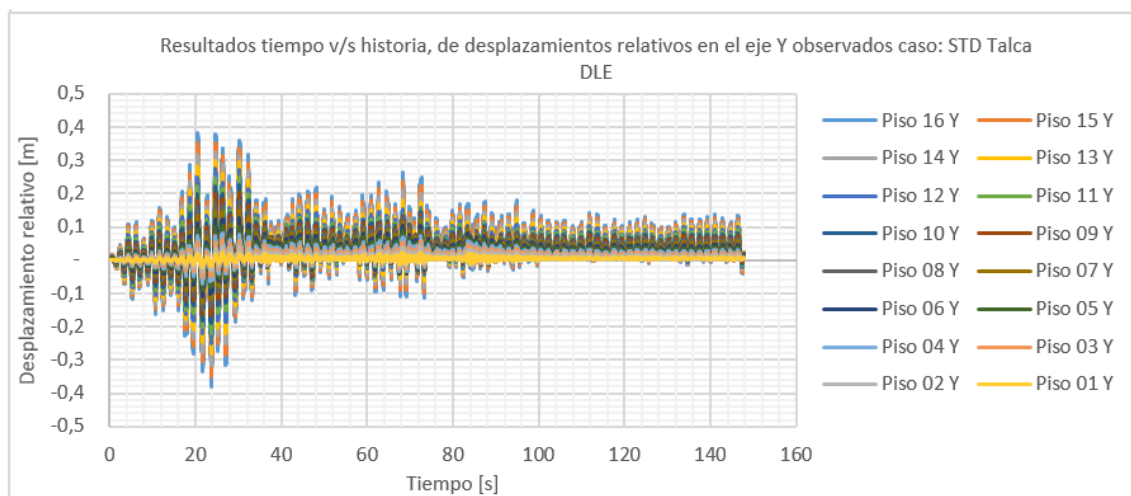
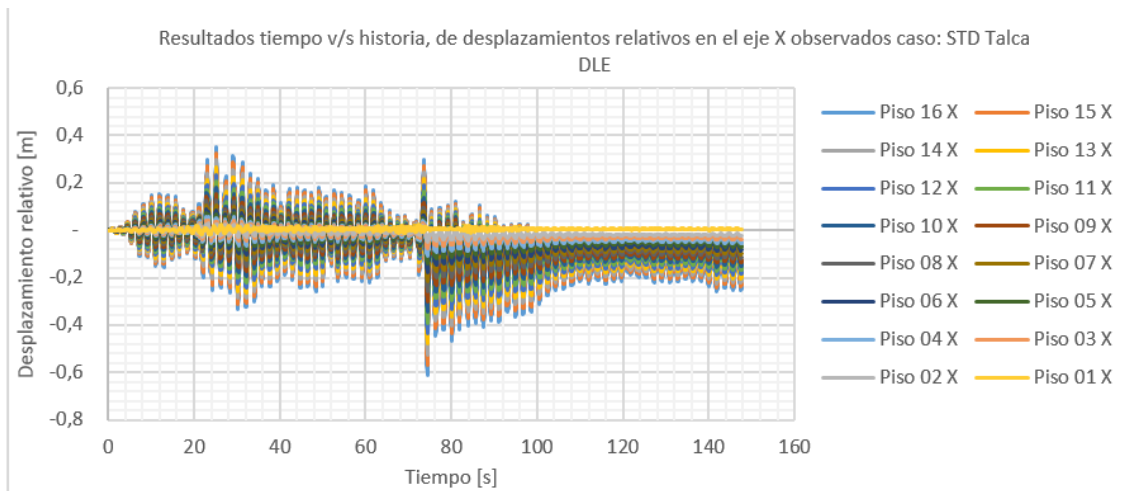


Figura VII.5.2.j Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Talca DLE [elaboración propia]

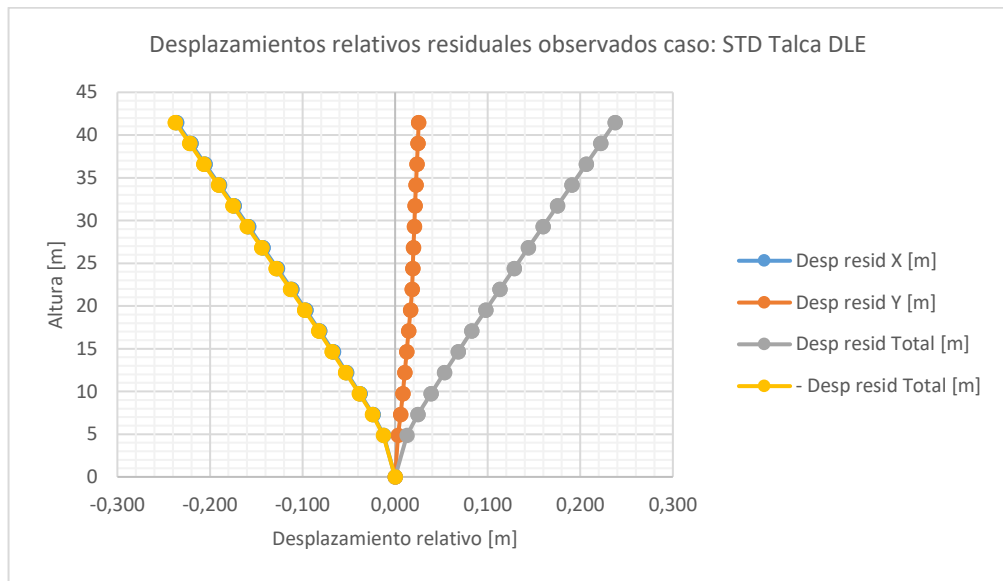
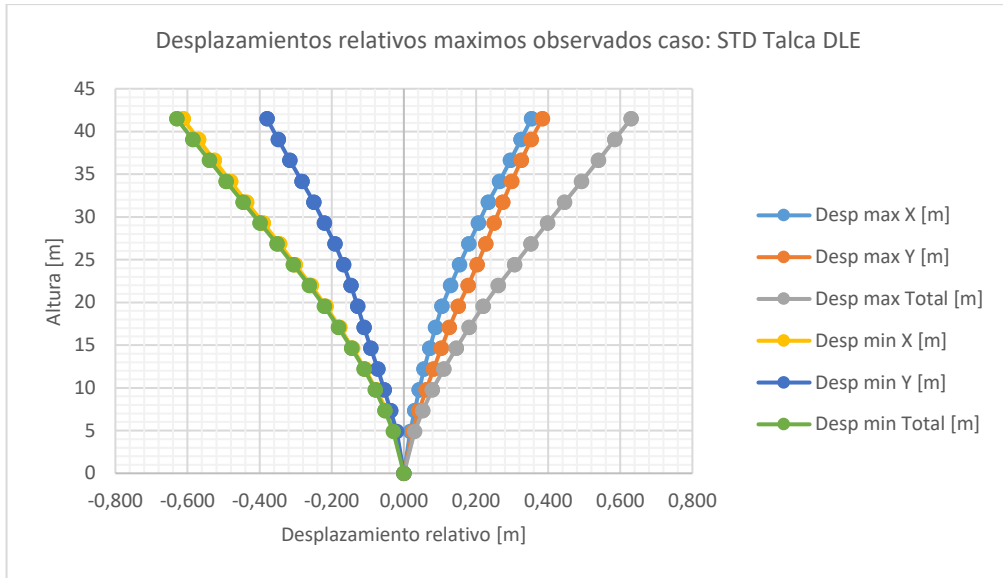


Figura VII.5.2.k Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Talca DLE [elaboración propia]

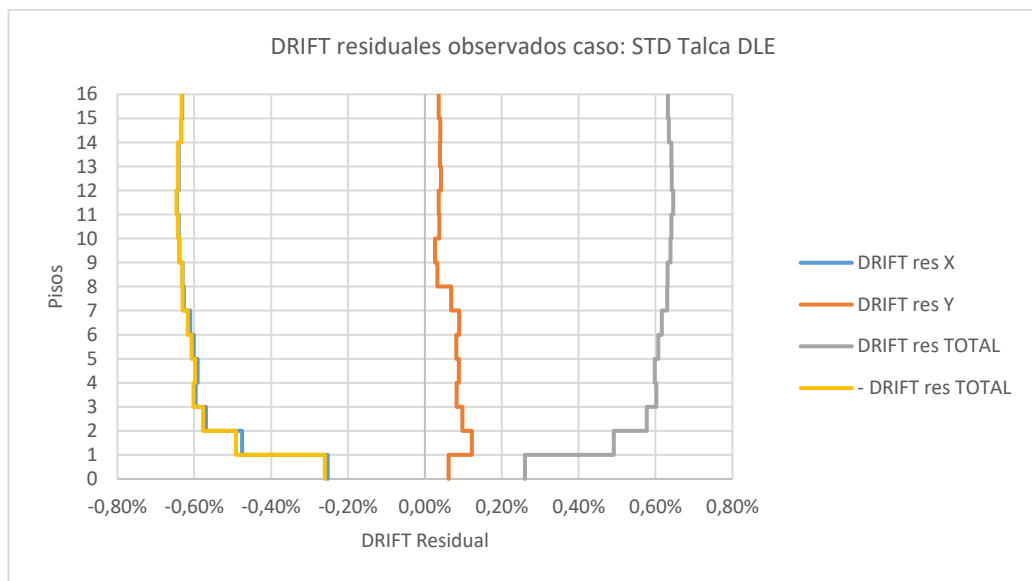
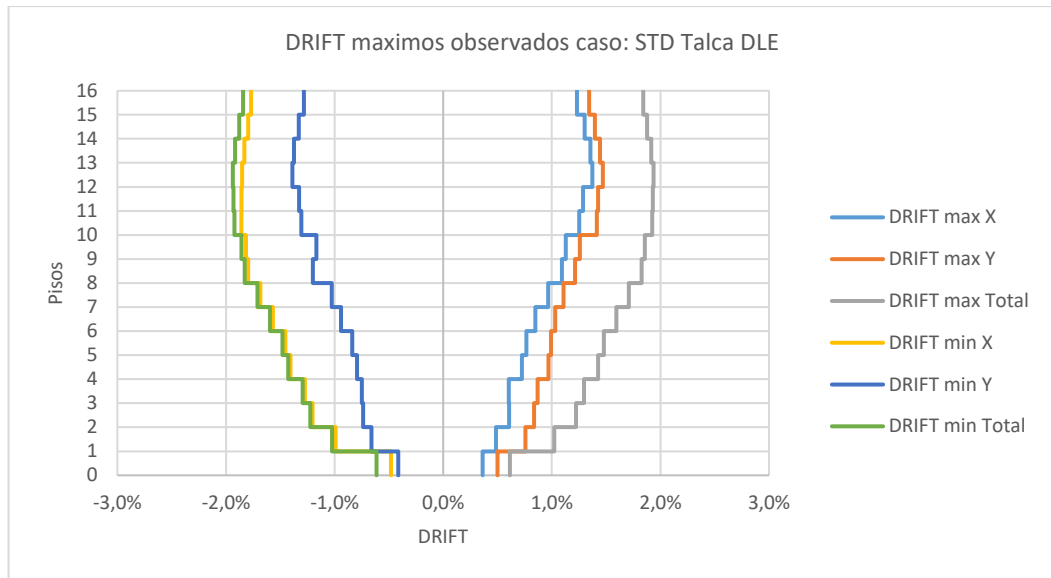


Figura VII.5.2.1 DRIFT; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Talca DLE [elaboración propia]

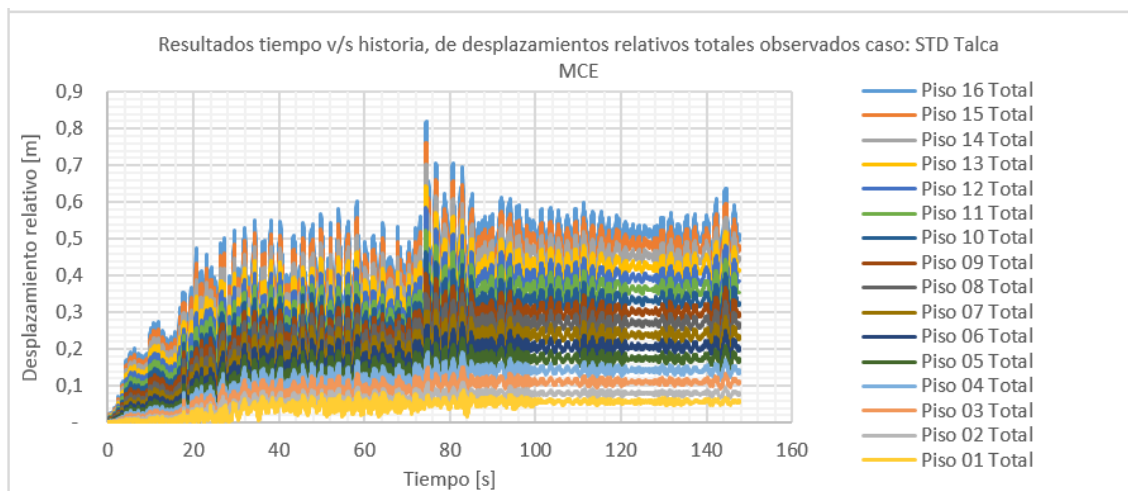
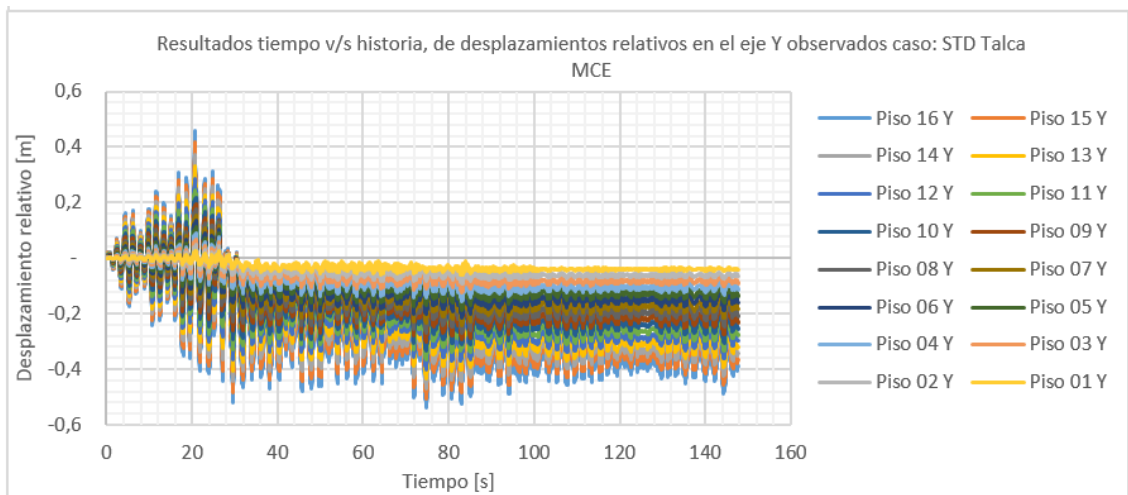
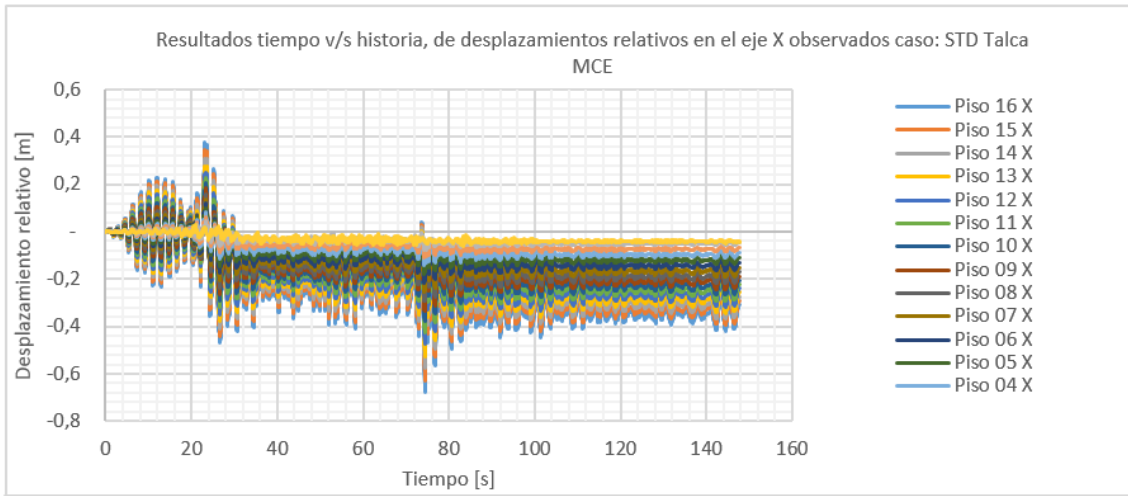


Figura VII.5.2.m Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Talca MCE [elaboración propia]

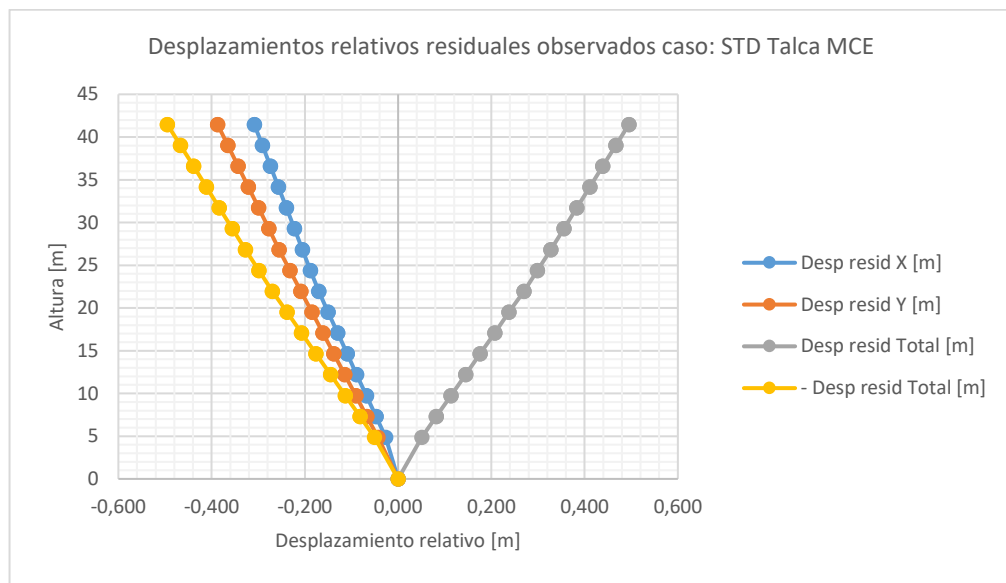
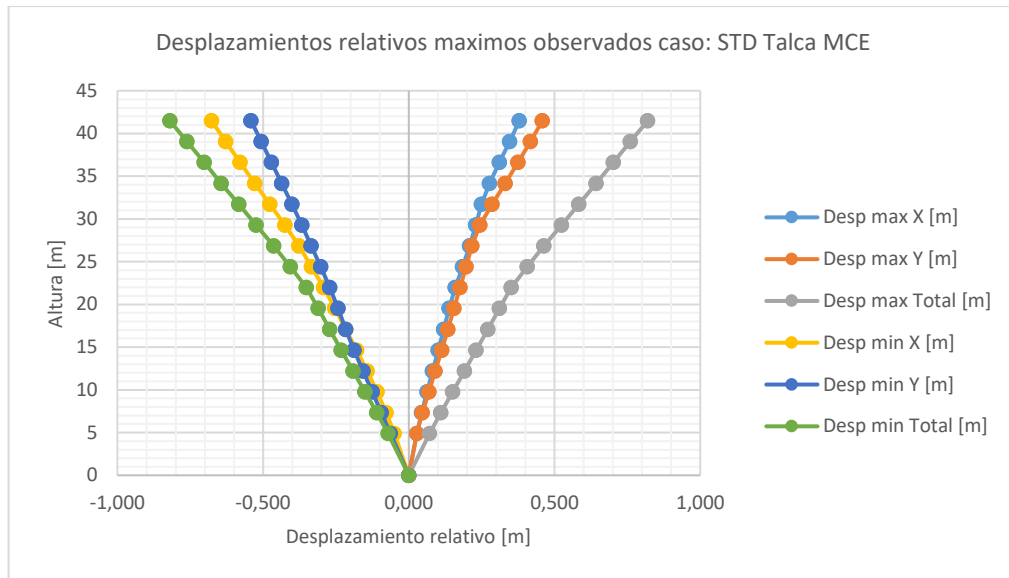


Figura VII.5.2.n Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Talca MCE [elaboración propia]

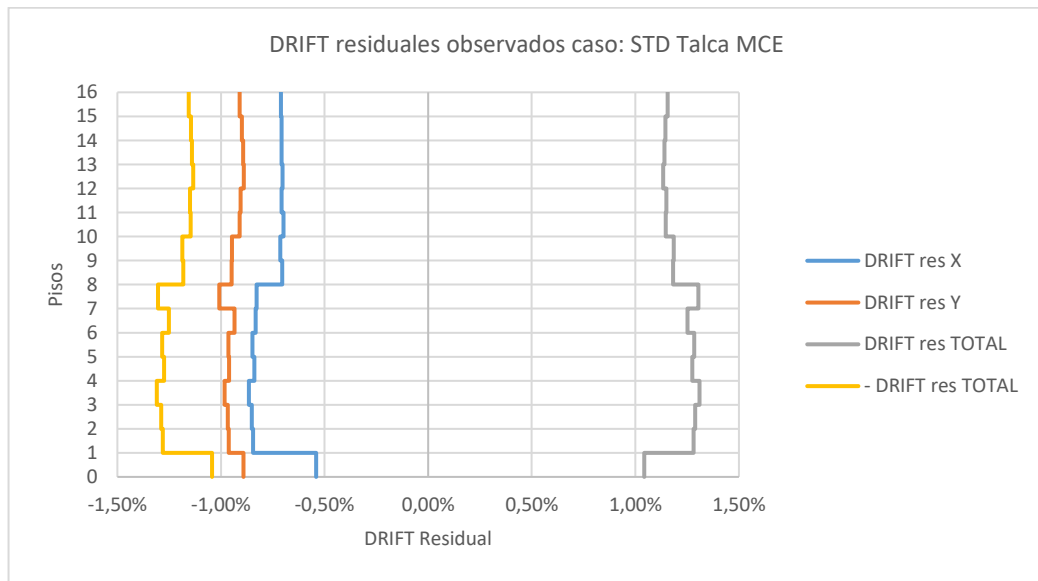
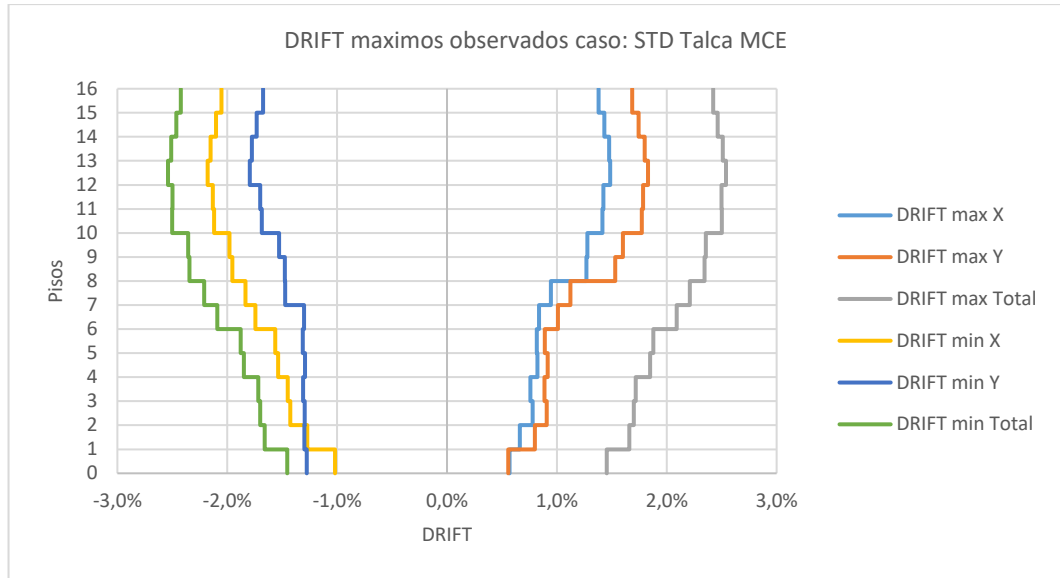


Figura VII.5.2.o DRIFT; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Talca MCE [elaboración propia]

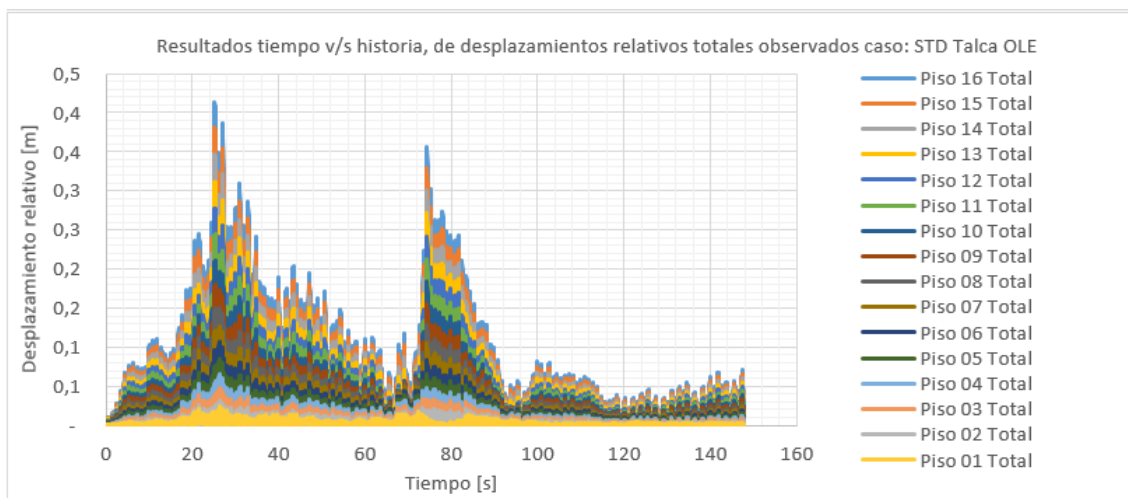
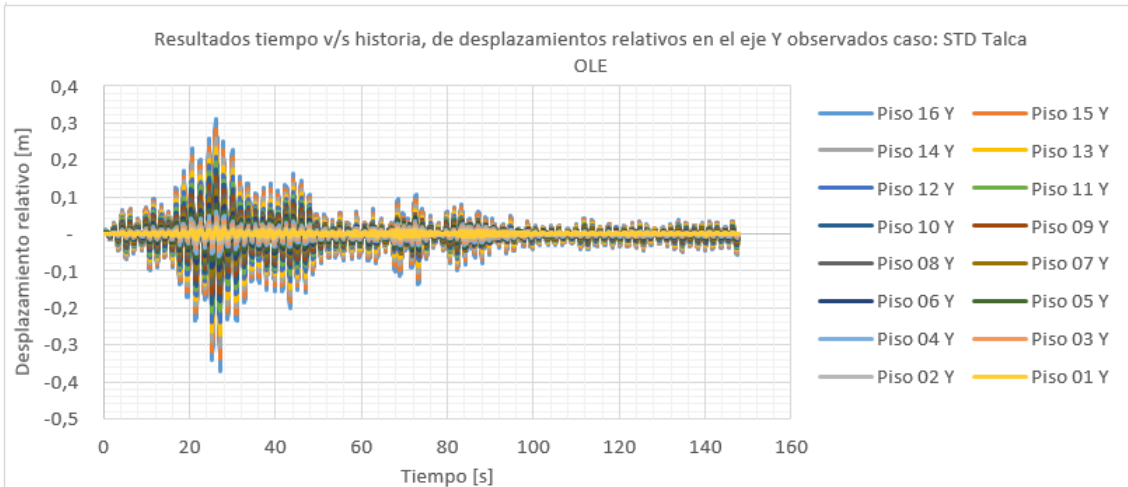
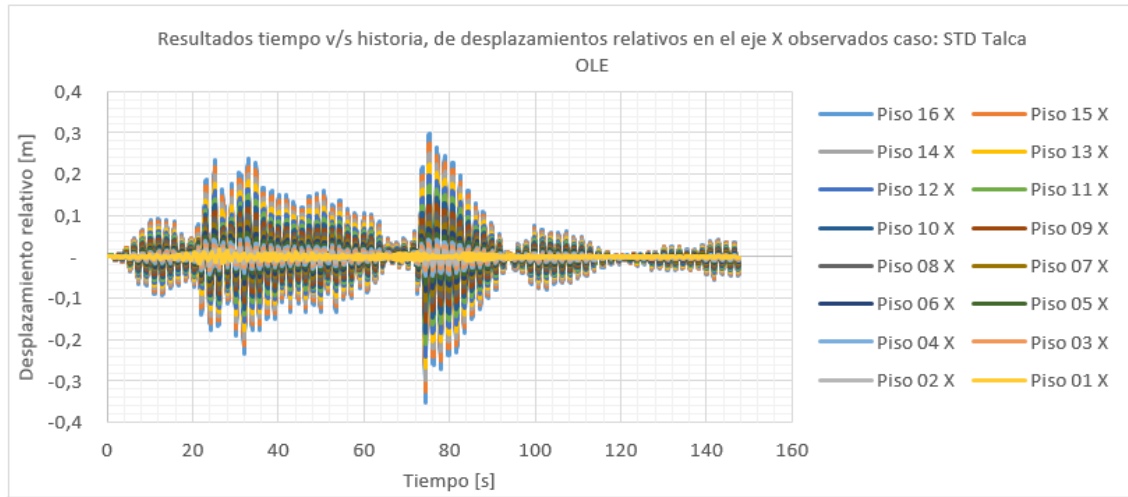


Figura VII.5.2.p Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Talca OLE [elaboración propia]

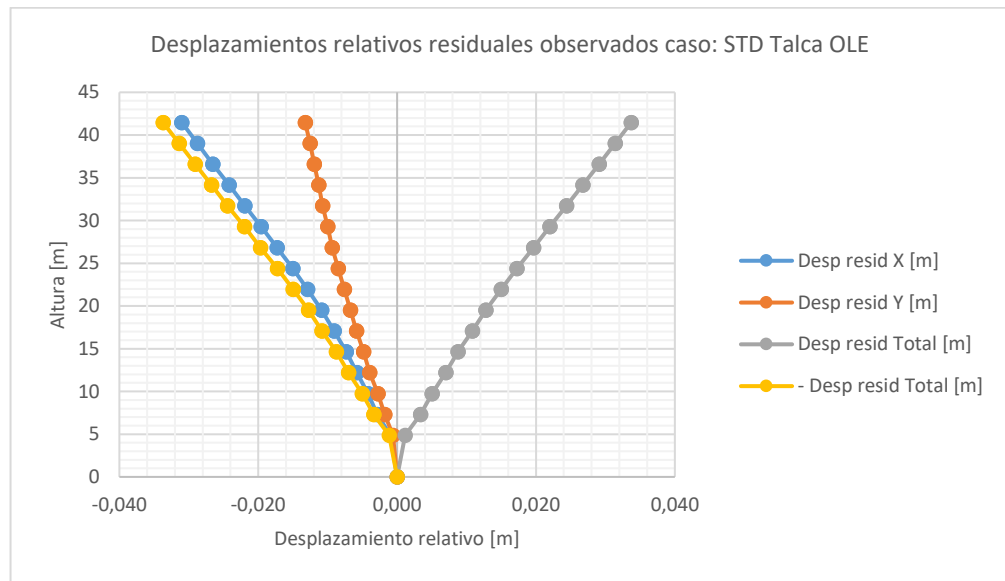
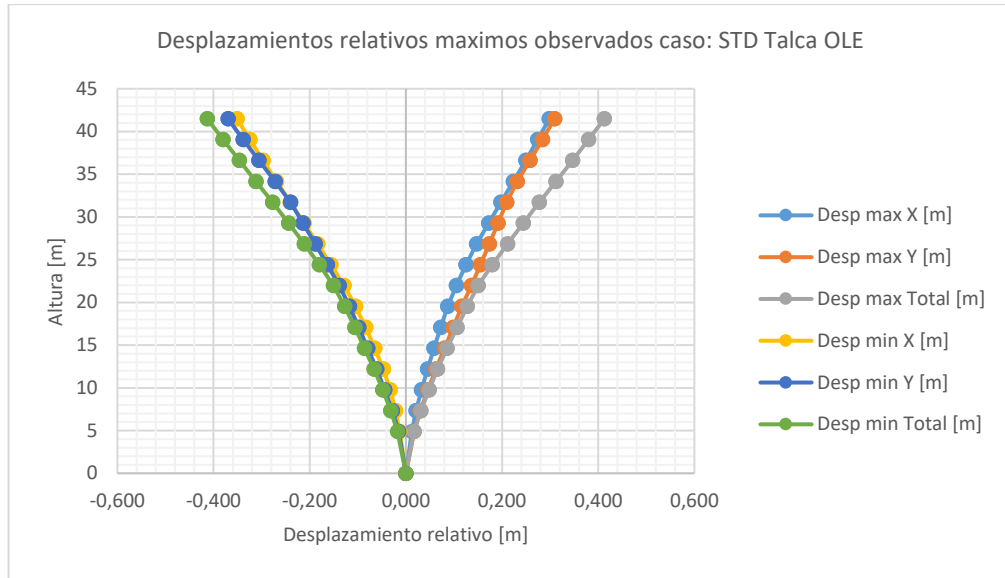


Figura VII.5.2.q Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Talca OLE [elaboración propia]

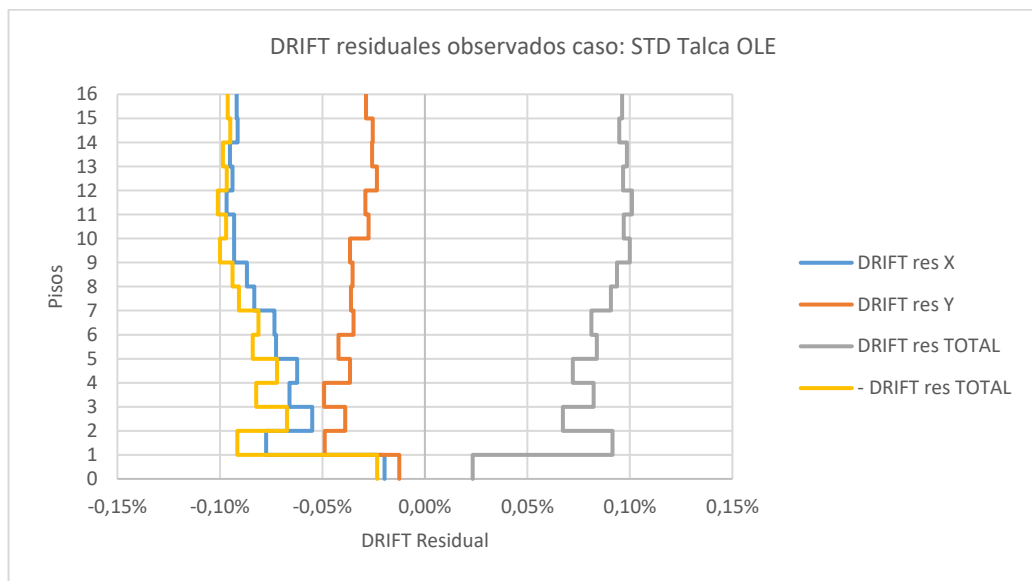
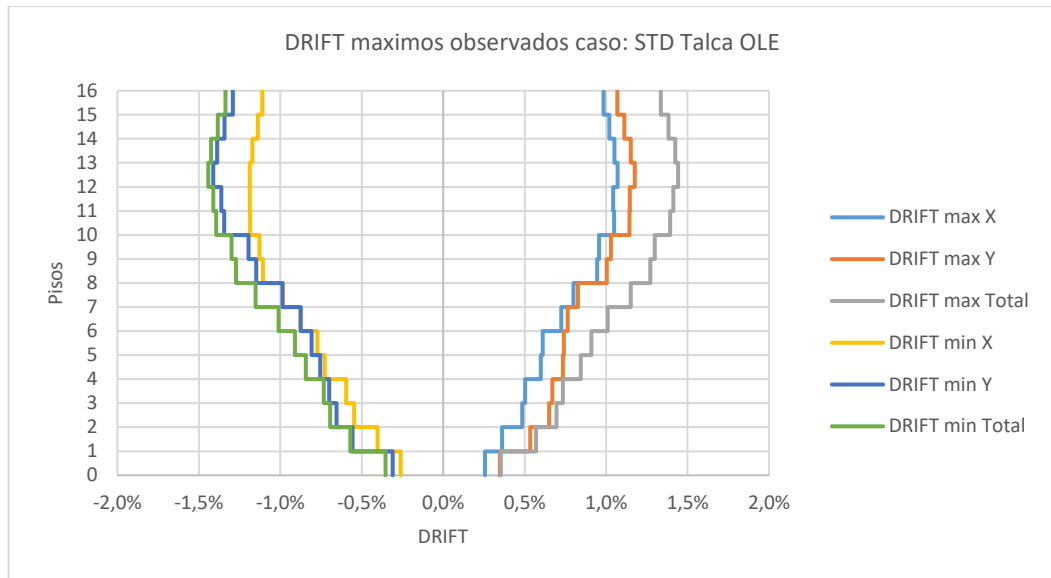


Figura VII.5.2.r DRIFT; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Talca OLE [elaboración propia]

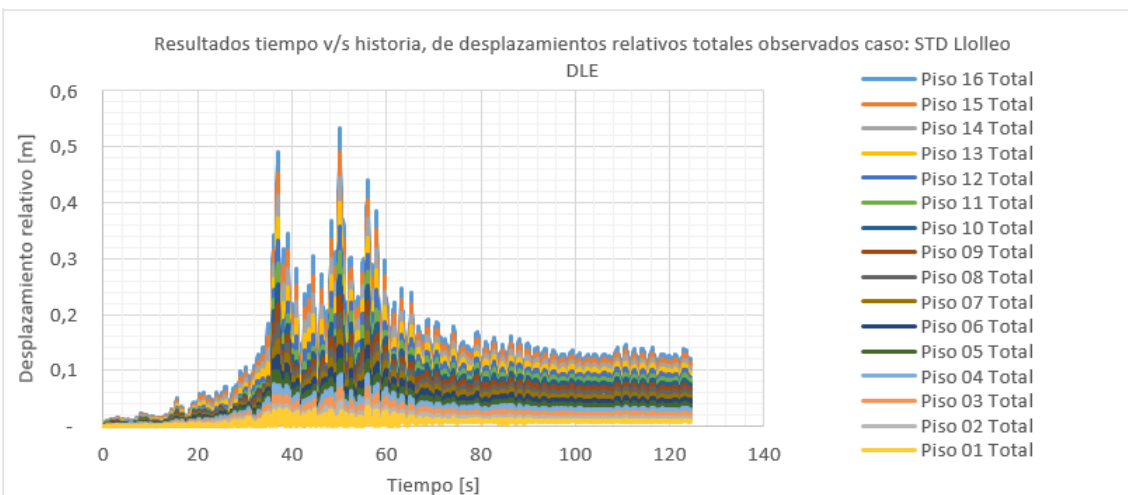
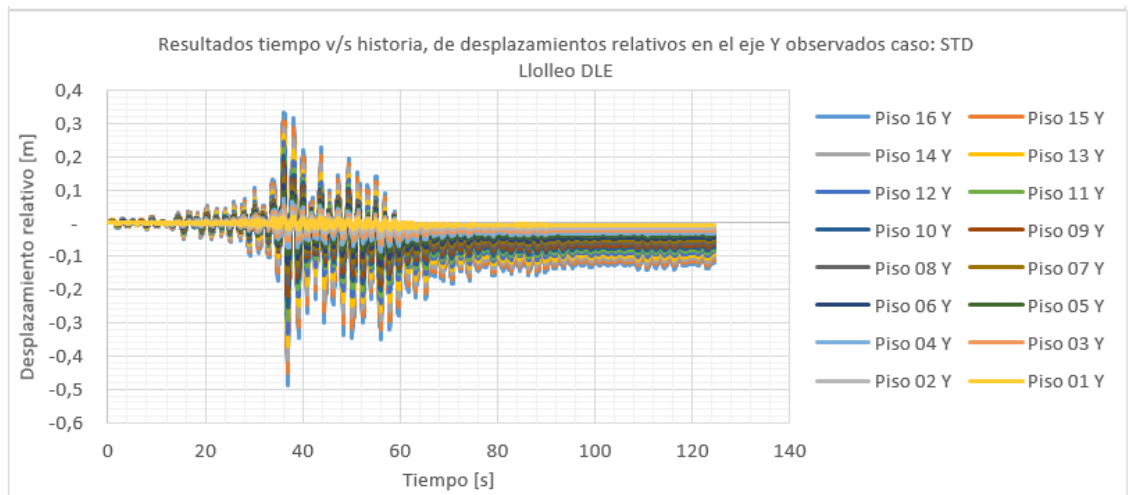
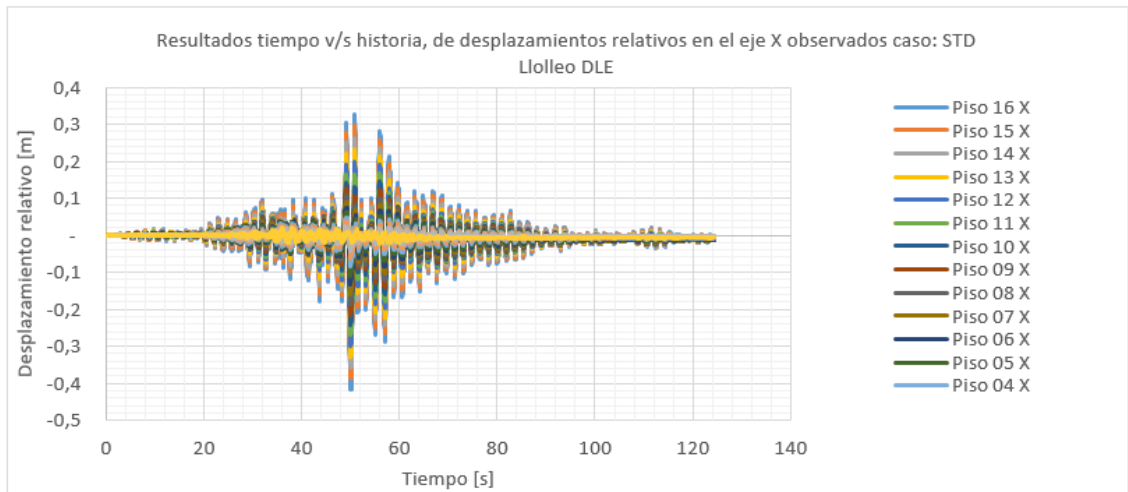


Figura VII.5.2.s Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Lollole DLE [elaboración propia]

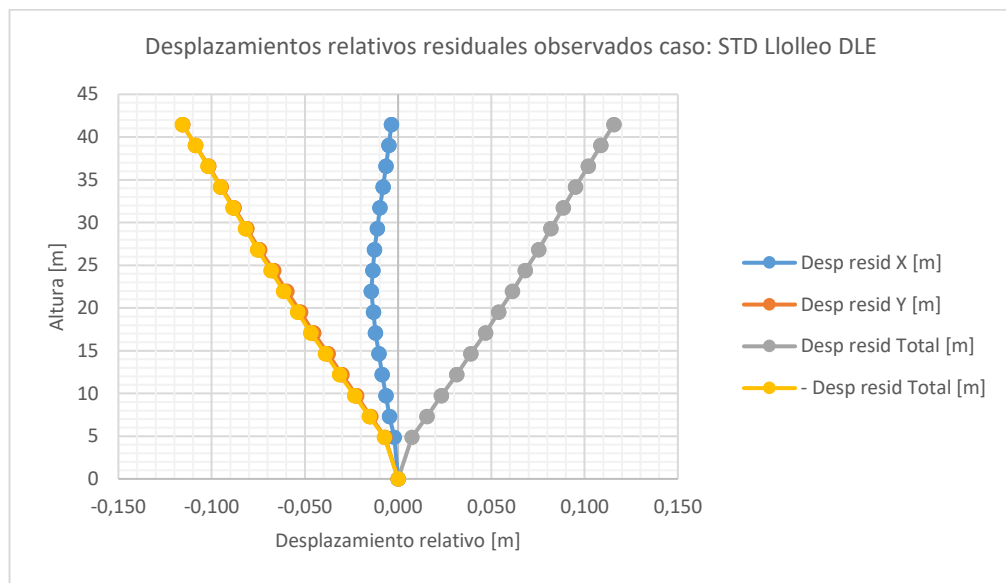
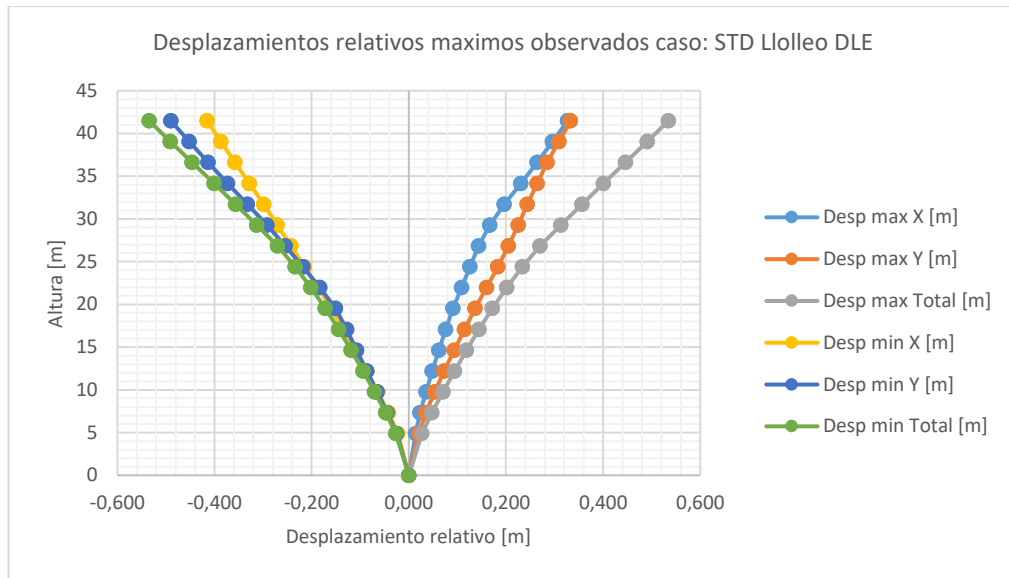


Figura VII.5.2.t Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Lolloe DLE [elaboración propia]

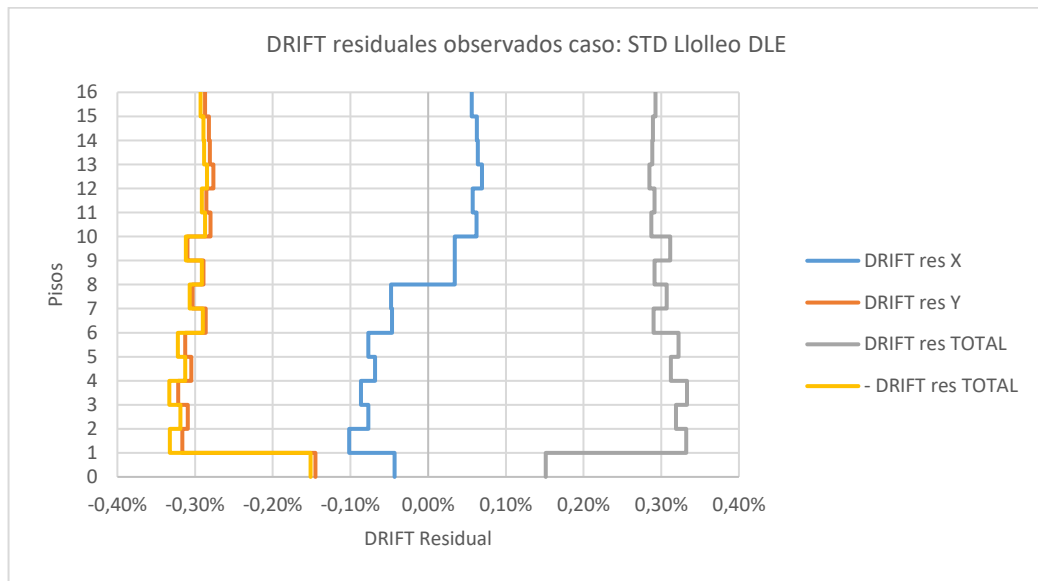
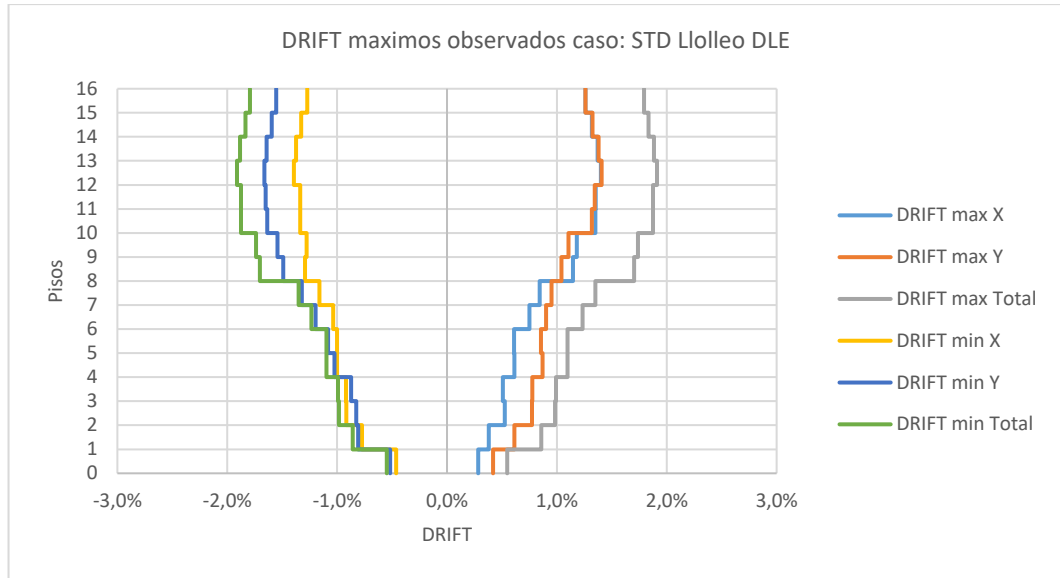


Figura VII.5.2.u DRIFT; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Lollole DLE [elaboración propia]

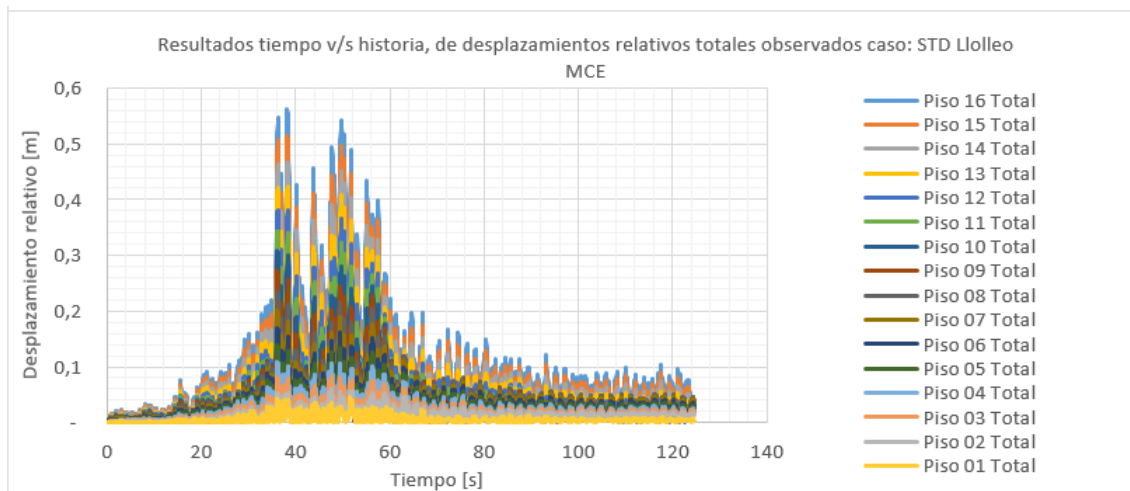
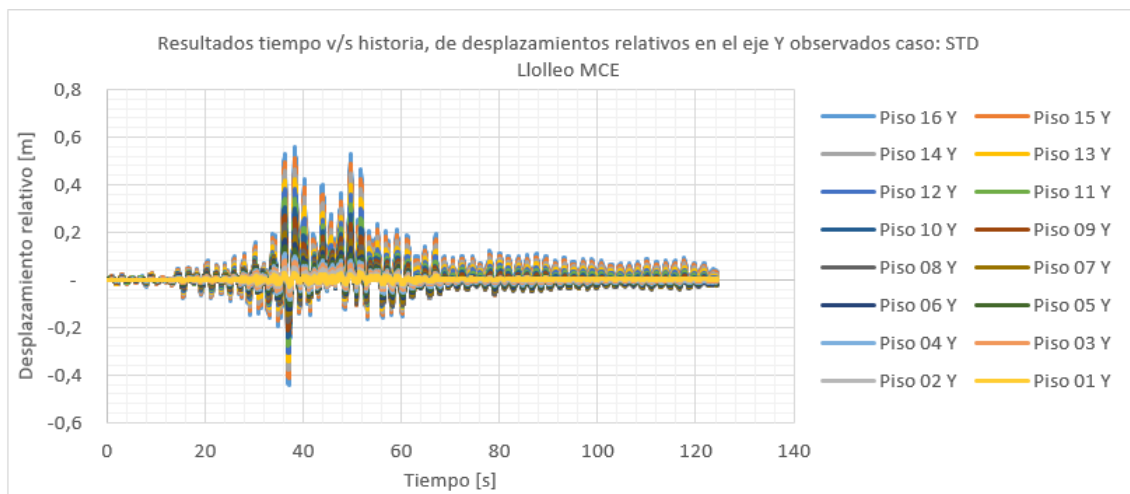
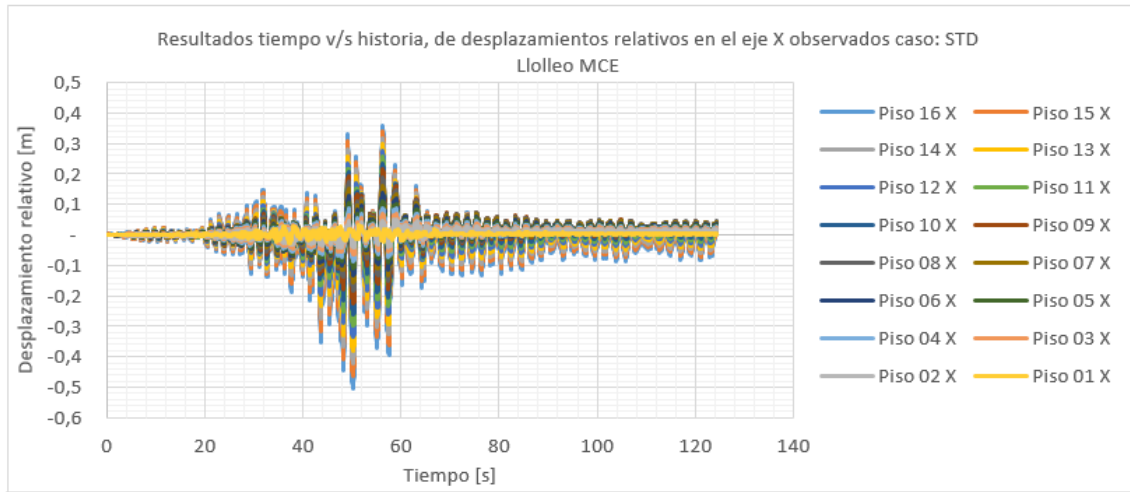


Figura VII.5.2.v Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Llolleo MCE [elaboración propia]

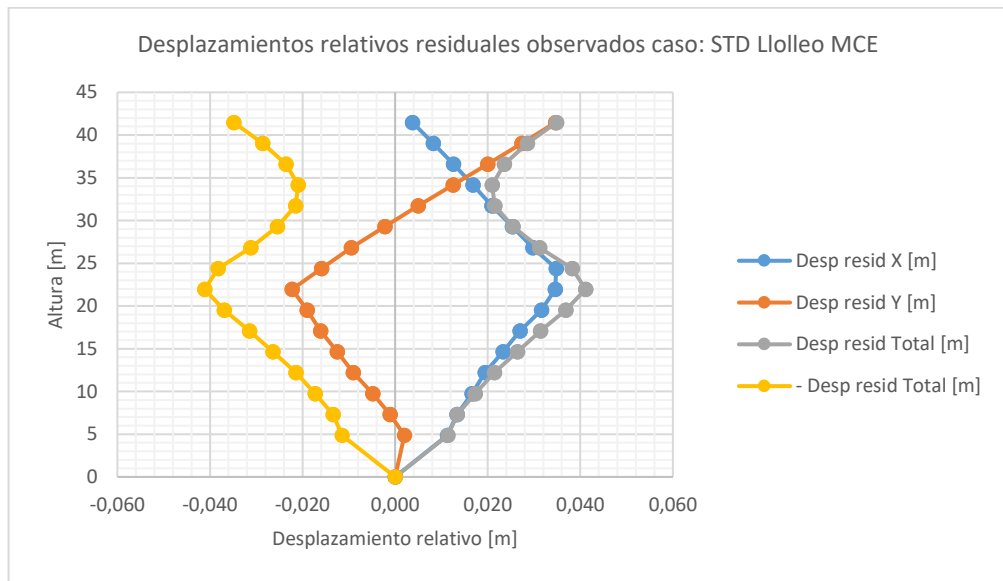
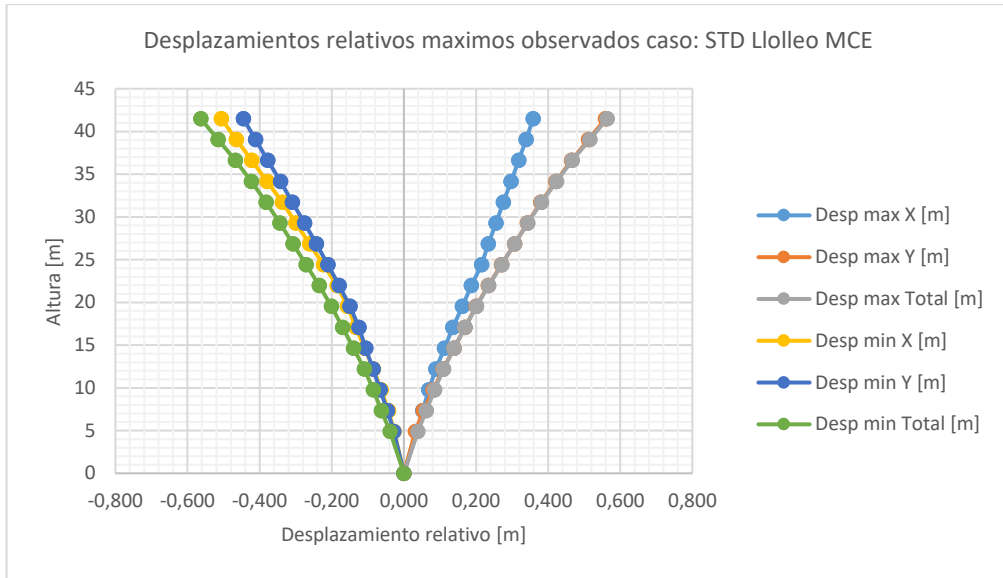


Figura VII.5.2.w Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Lolloleo MCE [elaboración propia]

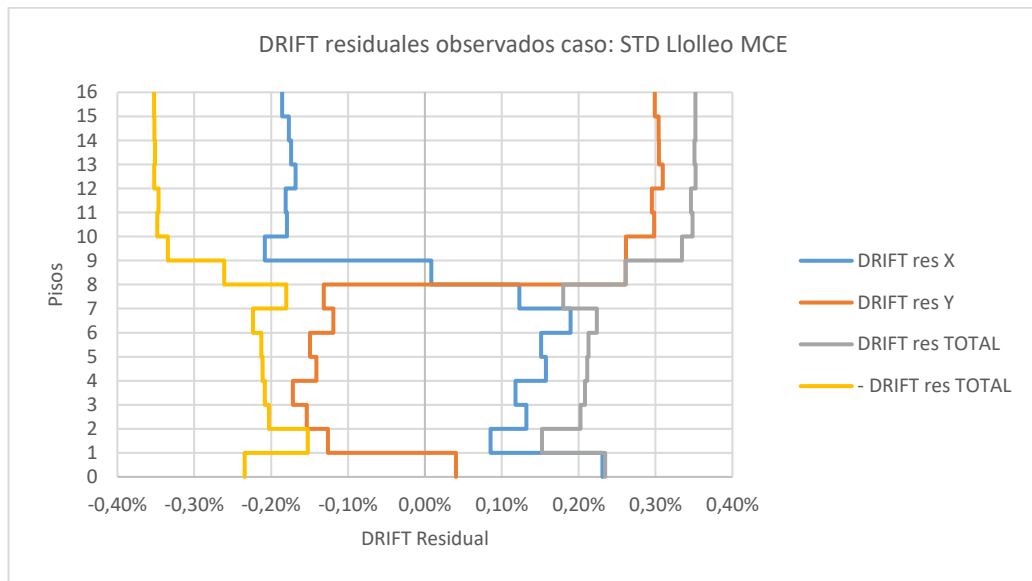
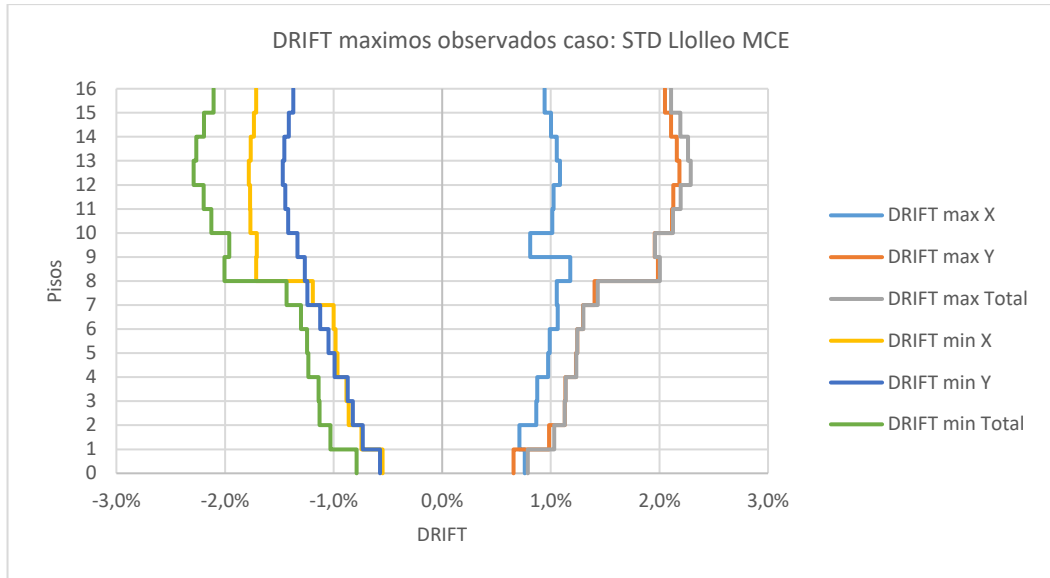


Figura VII.5.2.x DRIFT; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Lolloe MCE [elaboración propia]

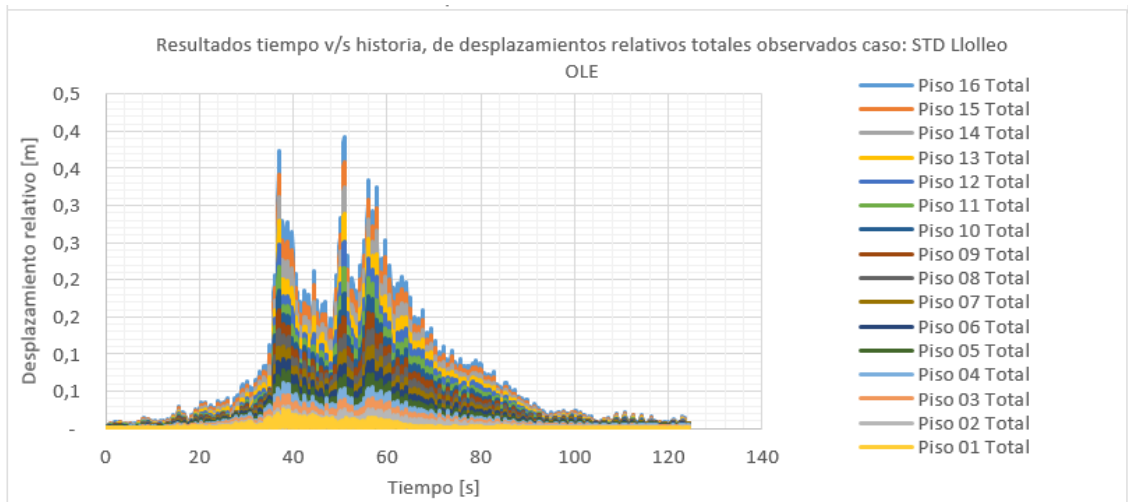
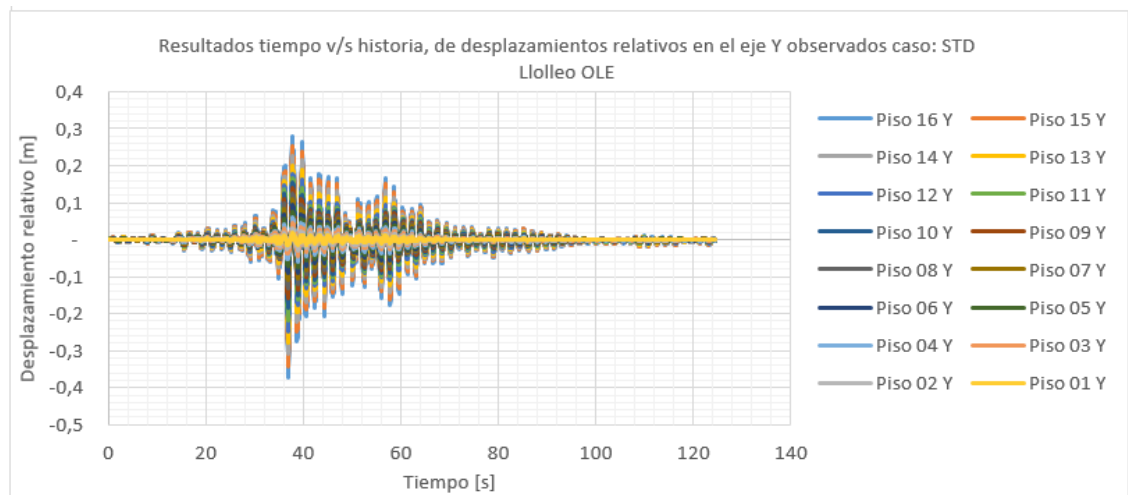
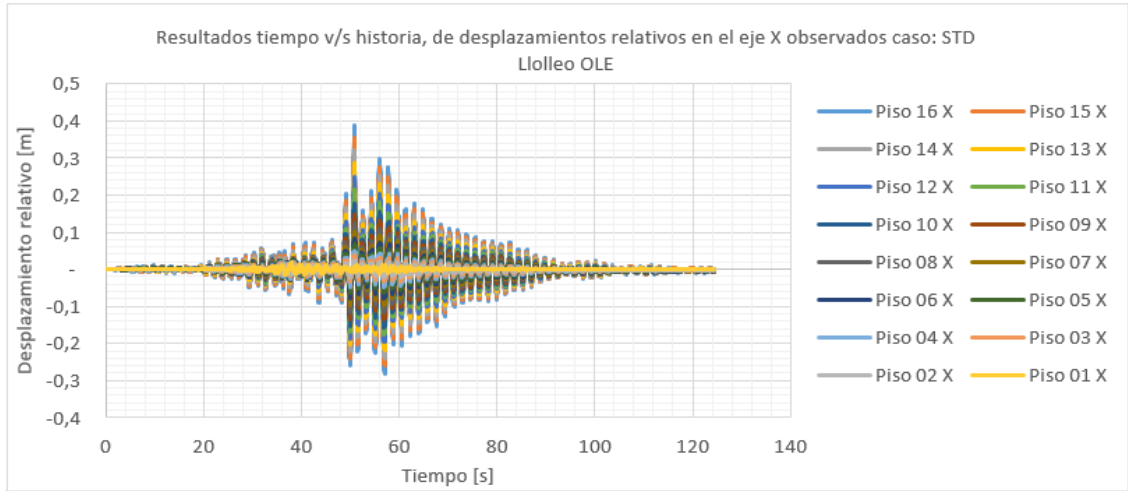


Figura VII.5.2.y Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Lollole OLE [elaboración propia]

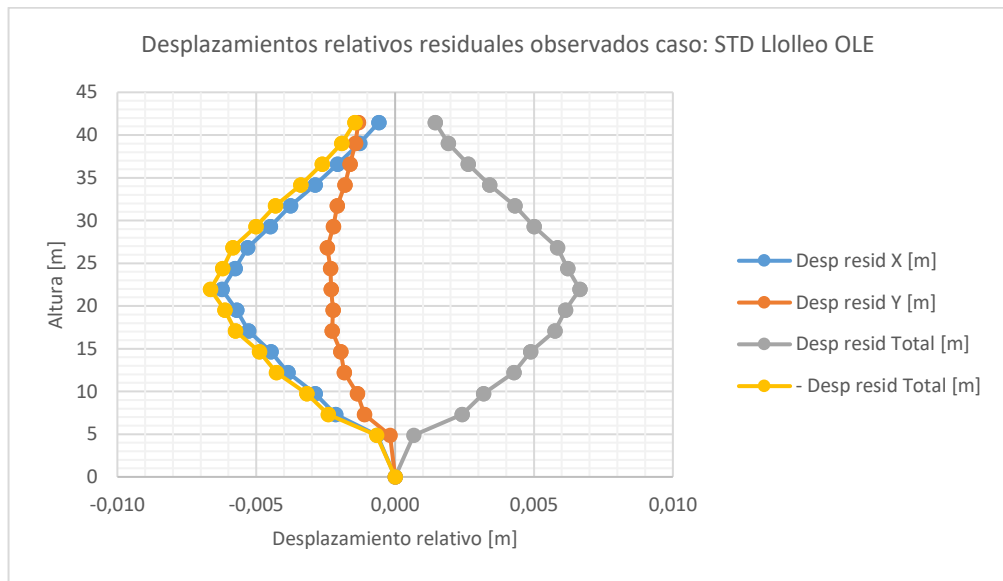
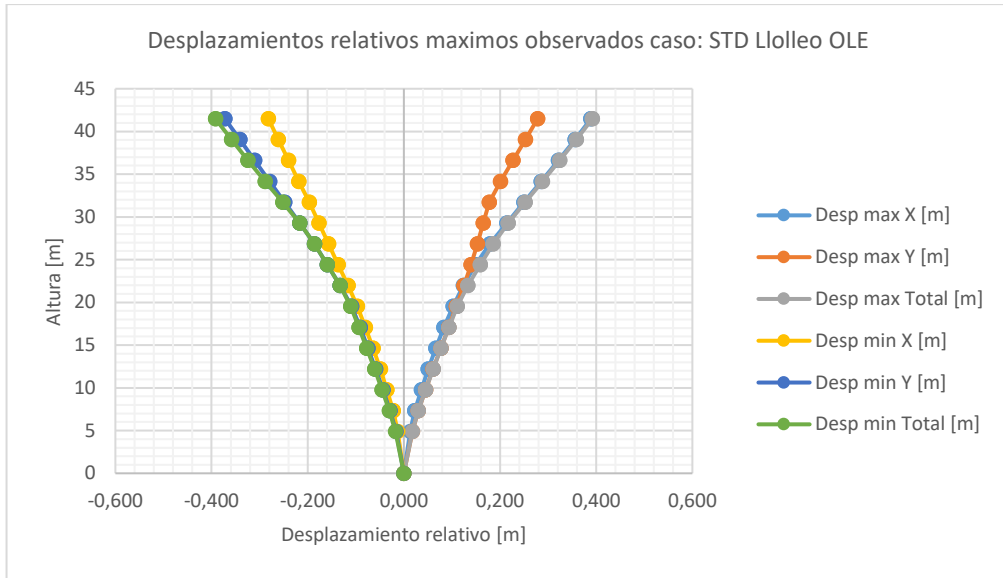


Figura VII.5.2.z Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Lollole OLE [elaboración propia]

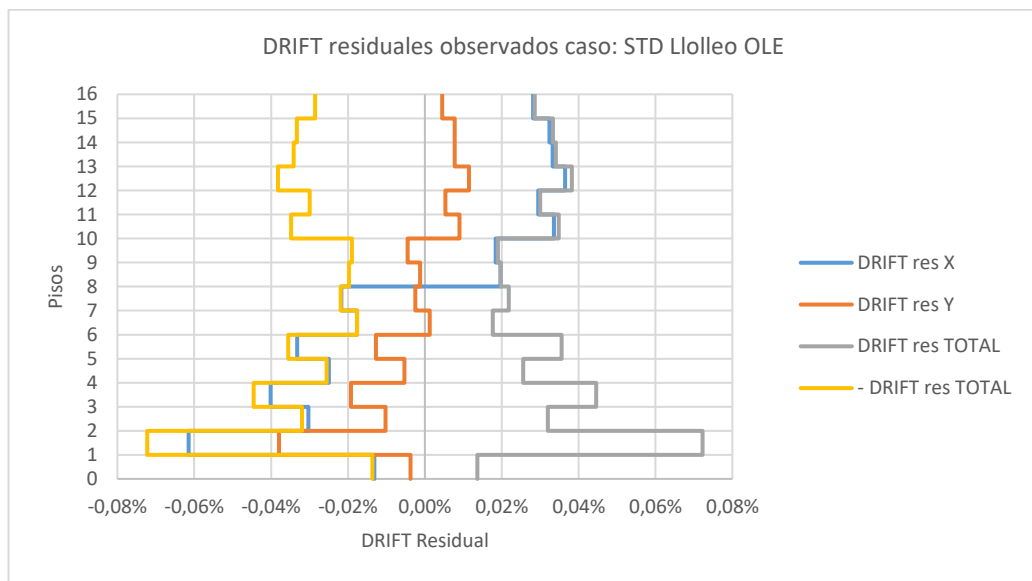
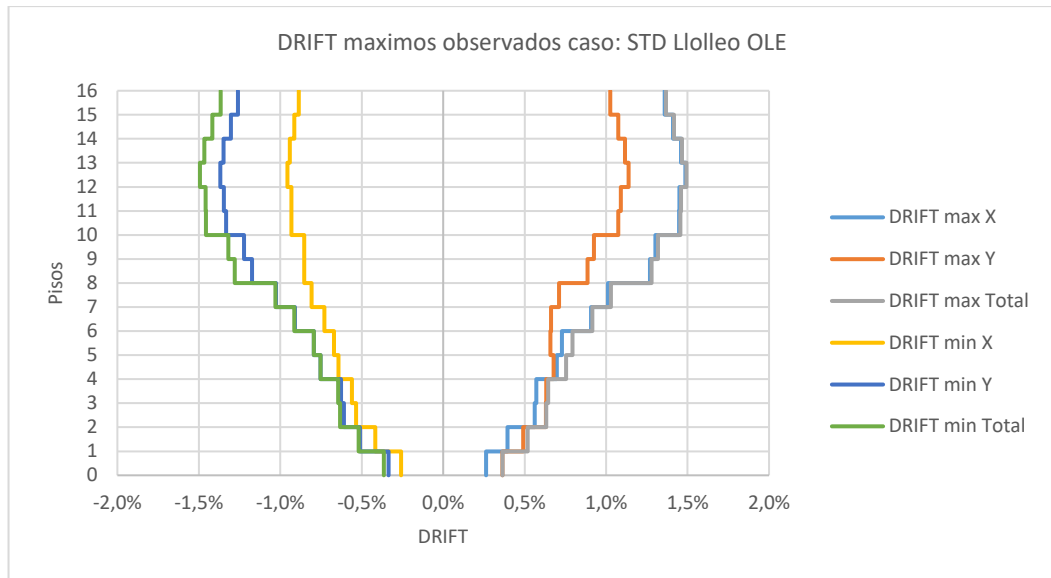
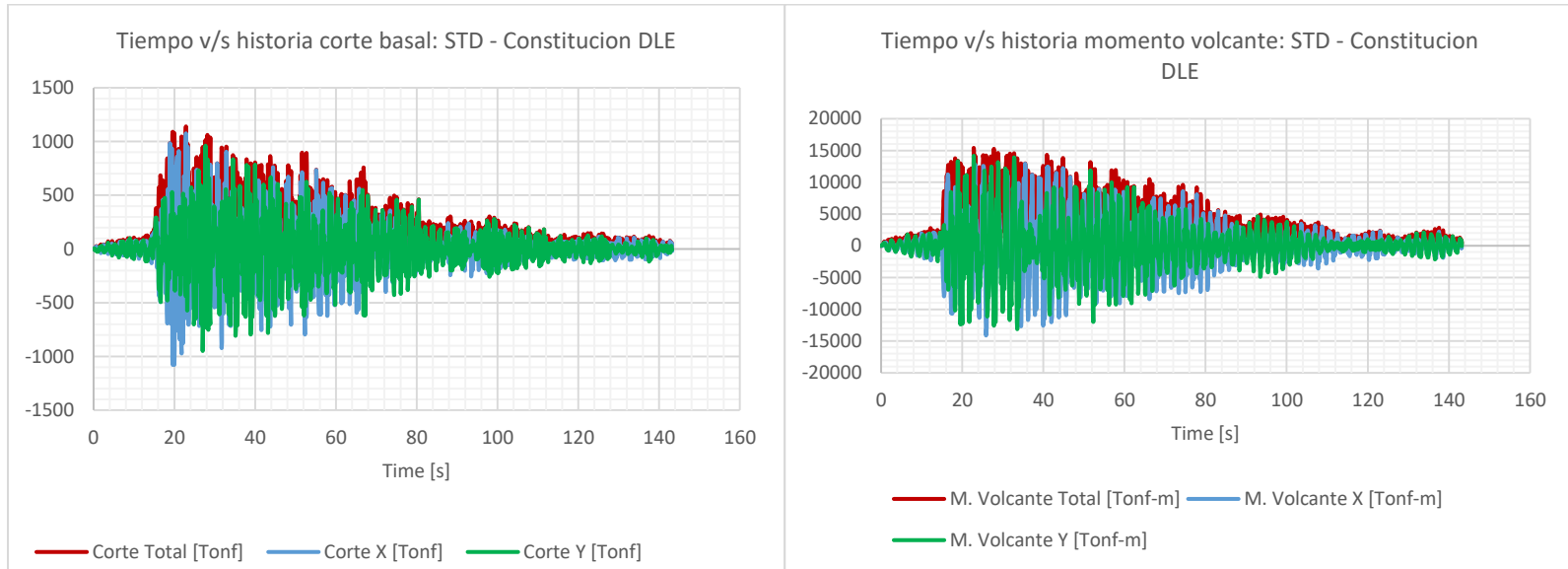


Figura VII.5.2.aa DRIFT; máximos y residuales, estructura con riostras estándar, Lollole OLE [elaboración propia]

VII.5.3 Corte basal y momentos volcantes desarrollados por la estructura

El siguiente subcapítulo presenta el comportamiento tiempo historia de los cortes basales y momentos volcantes desarrollados por la estructura considerando la acción todos los eventos sísmicos de estudio.

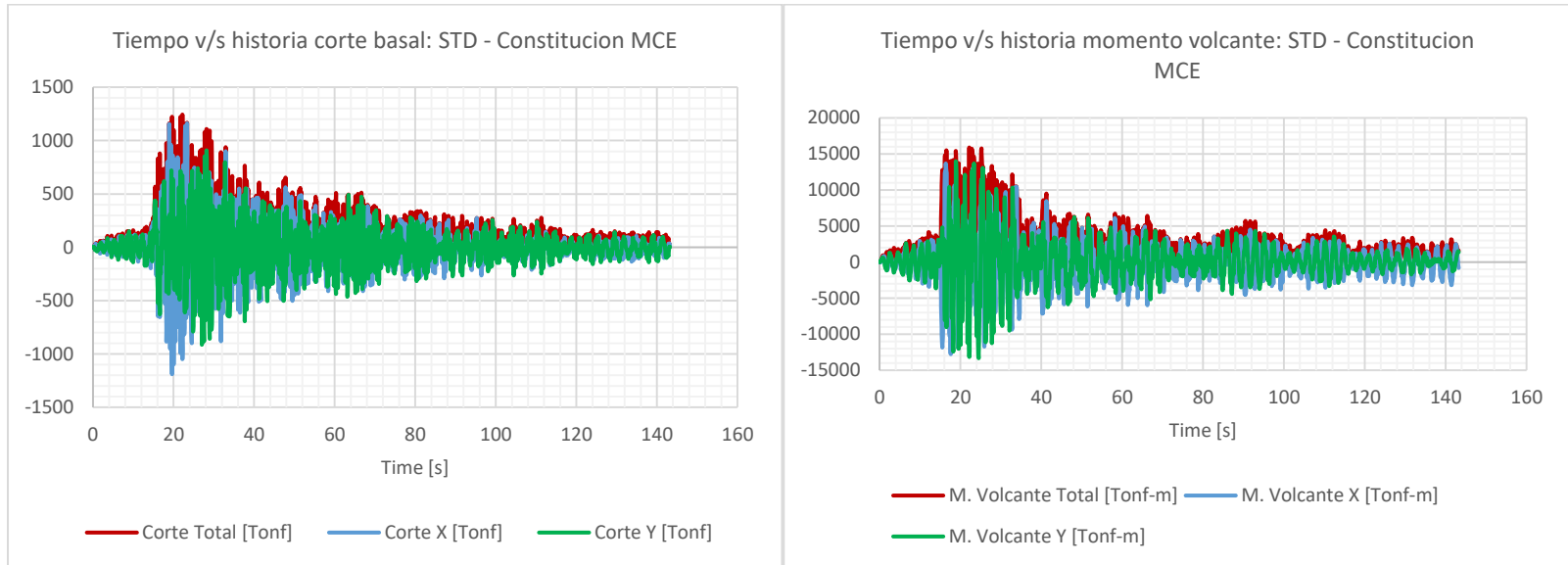


	Tiempo [s]	Valor Max	Tiempo [s]	Valor Min		Tiempo [s]	Valor Max	Tiempo [s]	Valor Min
Corte X [Tonf]	22,85	1075,99	19,60	-1079,31	M. Volcante X [Tonf-m]	35,55	12914,84	25,90	-14135,81
Corte Y [Tonf]	27,70	962,44	27,05	-949,95	M. Volcante Y [Tonf-m]	22,85	14144,58	33,55	-13138,05
Corte Total [Tonf]	22,85	1140,90			M. Volcante Total [Tonf-m]	22,85	15402,80		

Tiempo [s] max	143,20
----------------	--------

Tiempo [s] max	143,20
----------------	--------

Figura VII.5.3.a Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras convencionales ante la acción del evento sísmico Constitución DLE [elaboración propia]



	Tiempo [s]	Valor Max	Tiempo [s]	Valor Min		Tiempo [s]	Valor Max	Tiempo [s]	Valor Min
Corte X [Tonf]	23,35	1161,05	19,60	-1189,41	M. Volcante X [Tonf-m]	16,40	13687,54	17,60	-12766,13
Corte Y [Tonf]	28,20	908,96	27,05	-914,08	M. Volcante Y [Tonf-m]	18,90	13974,74	24,50	-13331,18
Corte Total [Tonf]	22,20	1244,57			M. Volcante Total [Tonf-m]	22,20	15892,33		

Tiempo [s] max	143,20
----------------	--------

Tiempo [s] max	143,20
----------------	--------

Figura VII.5.3.b Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras convencionales ante la acción del evento sísmico Constitución MCE [elaboración propia]

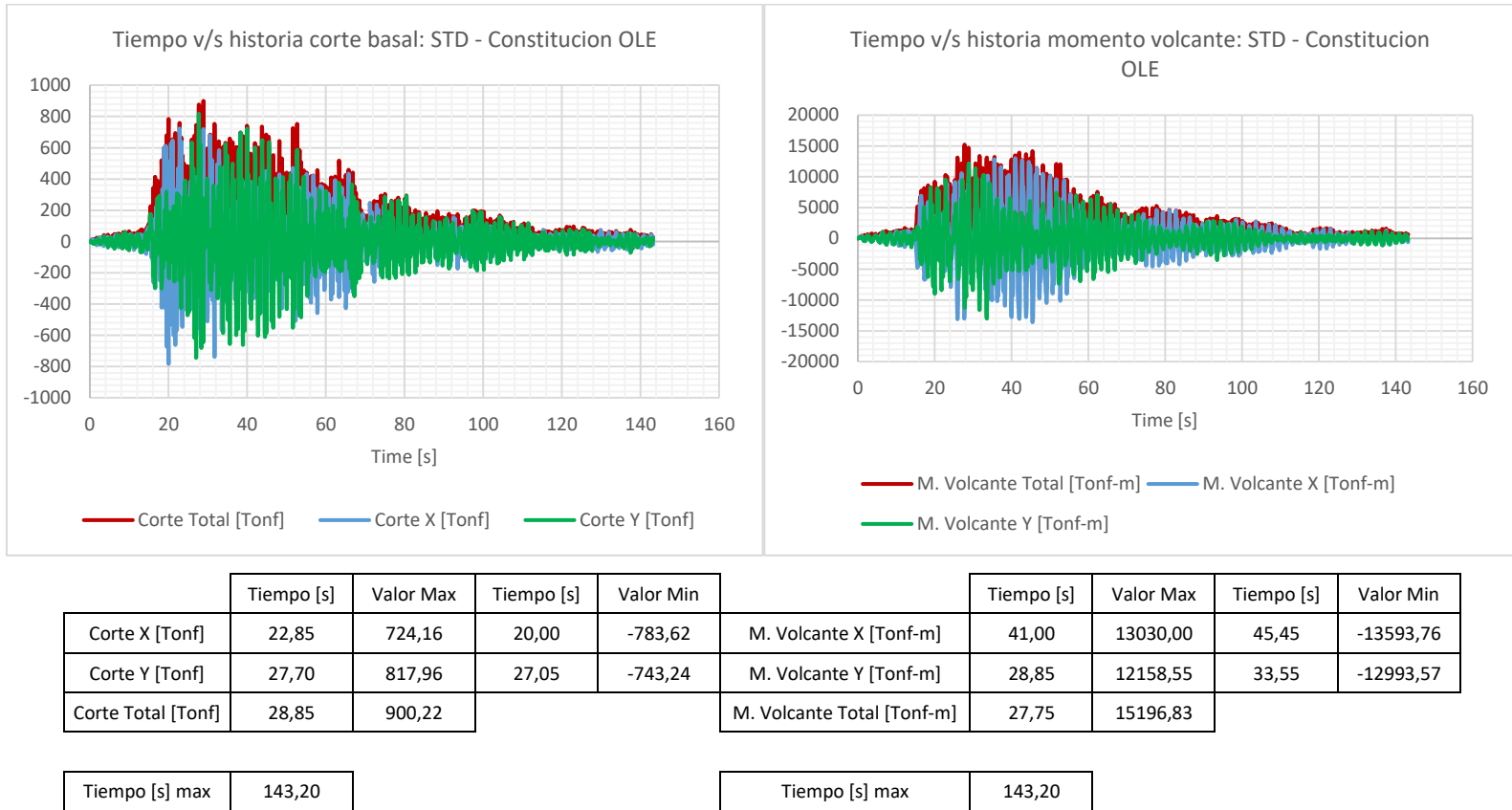
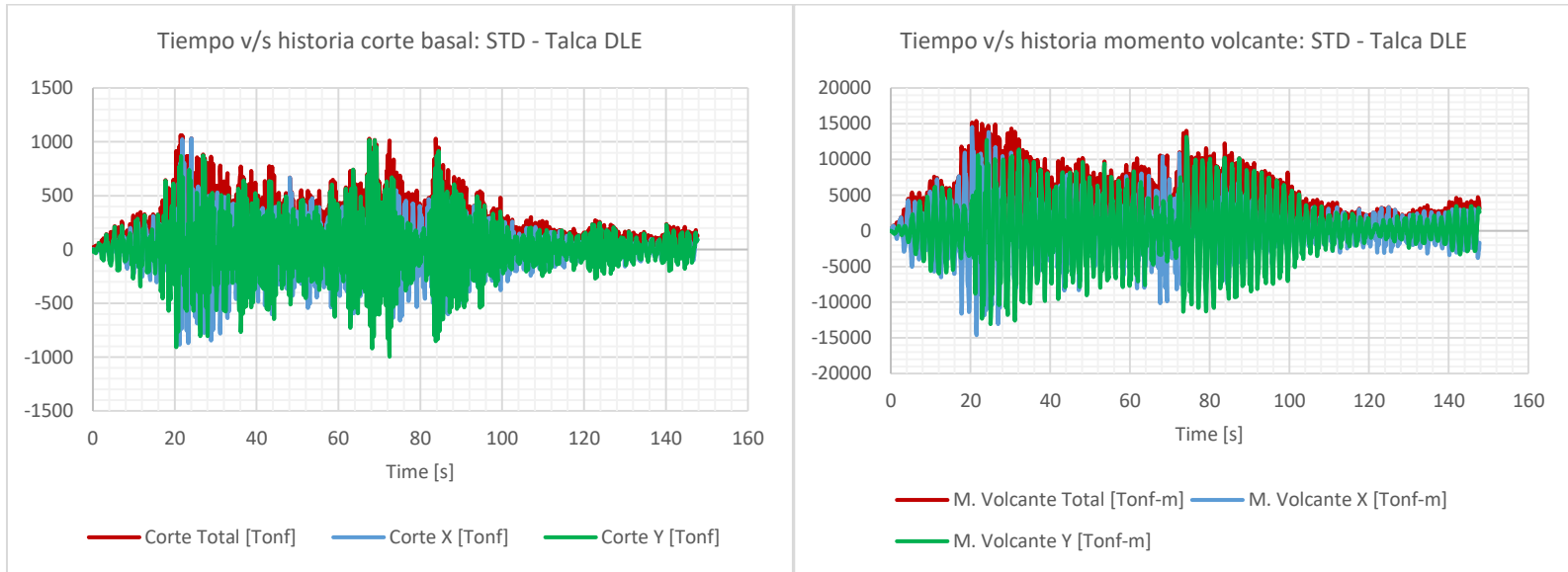


Figura VII.5.3.c Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras convencionales ante la acción del evento sísmico Constitución OLE [elaboración propia]

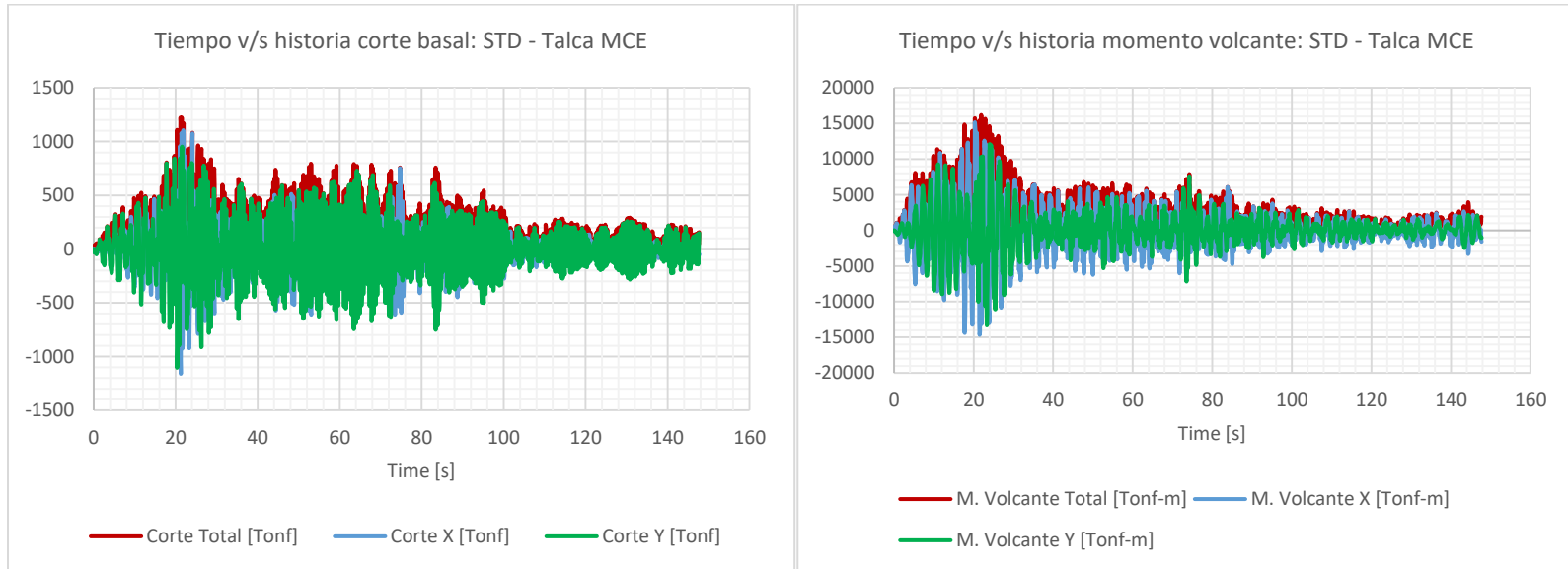


	Tiempo [s]	Valor Max	Tiempo [s]	Valor Min		Tiempo [s]	Valor Max	Tiempo [s]	Valor Min
Corte X [Tonf]	24,05	1032,91	21,20	-885,07	M. Volcante X [Tonf-m]	20,40	14548,78	21,50	-14597,28
Corte Y [Tonf]	67,55	1019,04	72,45	-996,41	M. Volcante Y [Tonf-m]	74,20	13168,82	25,05	-13044,58
Corte Total [Tonf]	21,45	1061,34			M. Volcante Total [Tonf-m]	21,45	15384,75		

Tiempo [s] max	147,70
----------------	--------

Tiempo [s] max	147,70
----------------	--------

Figura VII.5.3.d Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras convencionales ante la acción del evento sísmico Talca DLE [elaboración propia]

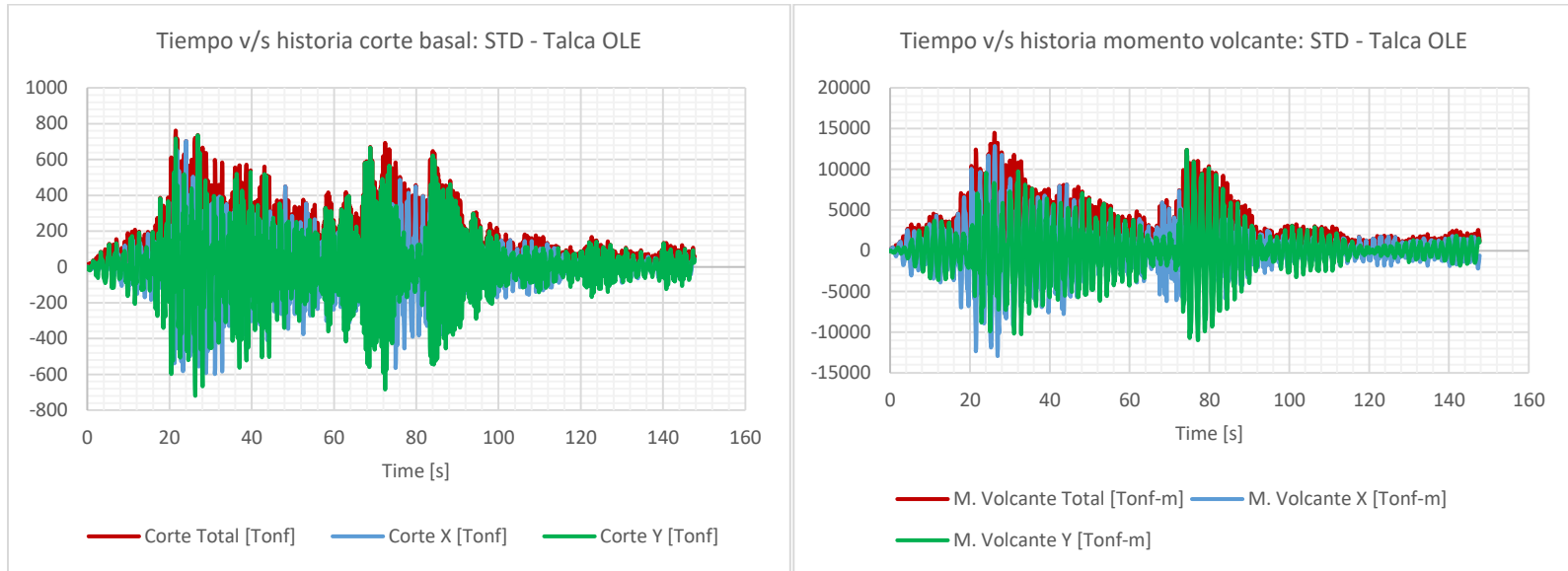


	Tiempo [s]	Valor Max	Tiempo [s]	Valor Min		Tiempo [s]	Valor Max	Tiempo [s]	Valor Min
Corte X [Tonf]	21,85	1106,70	21,20	-1160,38	M. Volcante X [Tonf-m]	20,35	15144,01	21,50	-14635,78
Corte Y [Tonf]	21,55	952,23	20,35	-1102,77	M. Volcante Y [Tonf-m]	24,05	12115,66	23,30	-13329,63
Corte Total [Tonf]	21,15	1224,10			M. Volcante Total [Tonf-m]	21,90	16201,20		

Tiempo [s] max	147,70
----------------	--------

Tiempo [s] max	147,70
----------------	--------

Figura VII.5.3.e Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras convencionales ante la acción del evento sísmico Talca MCE [elaboración propia]



	Tiempo [s]	Valor Max	Tiempo [s]	Valor Min		Tiempo [s]	Valor Max	Tiempo [s]	Valor Min
Corte X [Tonf]	24,05	703,33	31,05	-597,14	M. Volcante X [Tonf-m]	26,25	12876,09	26,90	-12923,78
Corte Y [Tonf]	26,90	735,57	26,25	-718,69	M. Volcante Y [Tonf-m]	74,30	12390,31	77,10	-10981,81
Corte Total [Tonf]	21,50	760,84			M. Volcante Total [Tonf-m]	26,15	14476,91		

Tiempo [s] max	147,70
----------------	--------

Tiempo [s] max	147,70
----------------	--------

Figura VII.5.3.f Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras convencionales ante la acción del evento sísmico Talca OLE [elaboración propia]

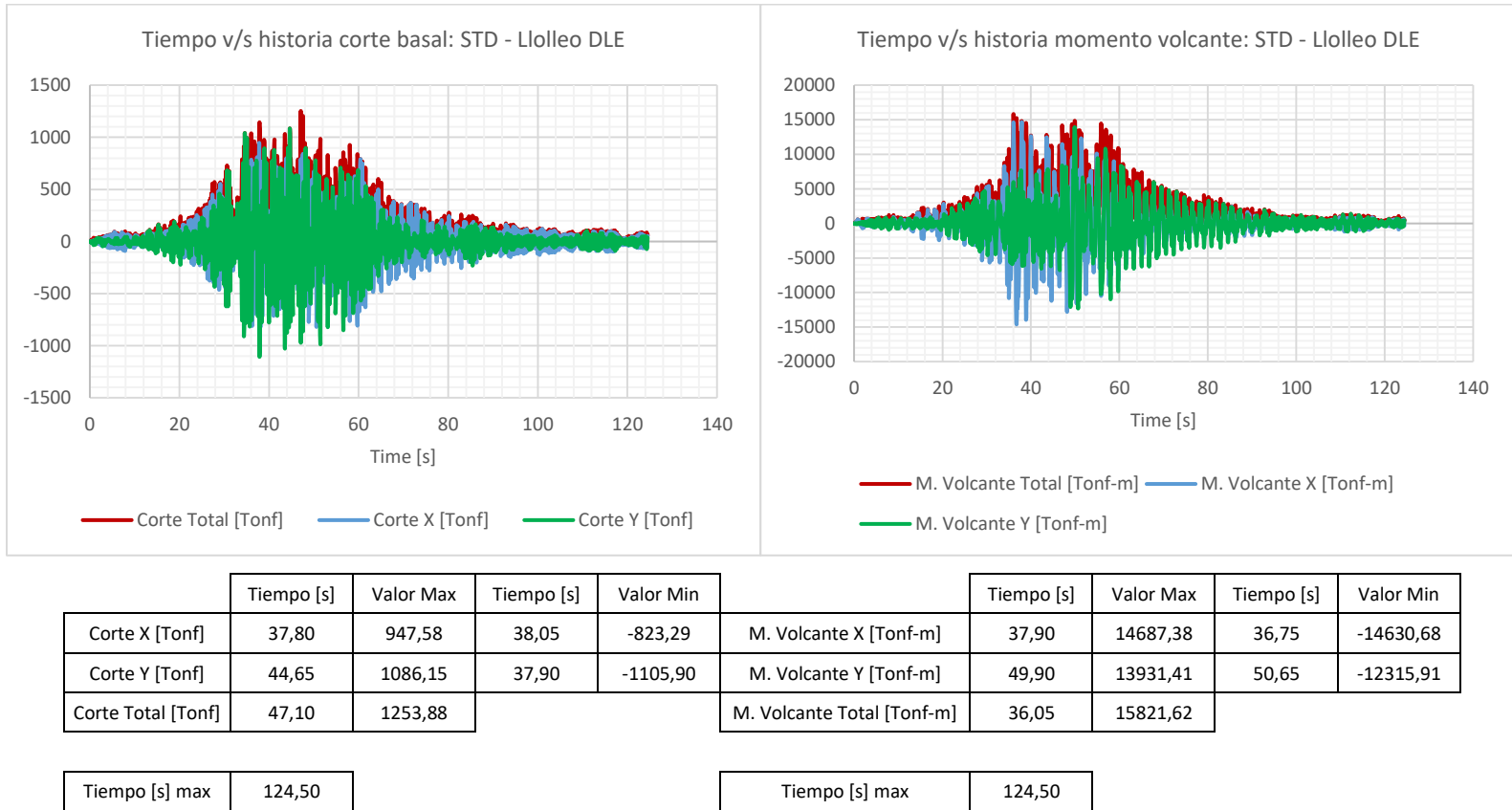
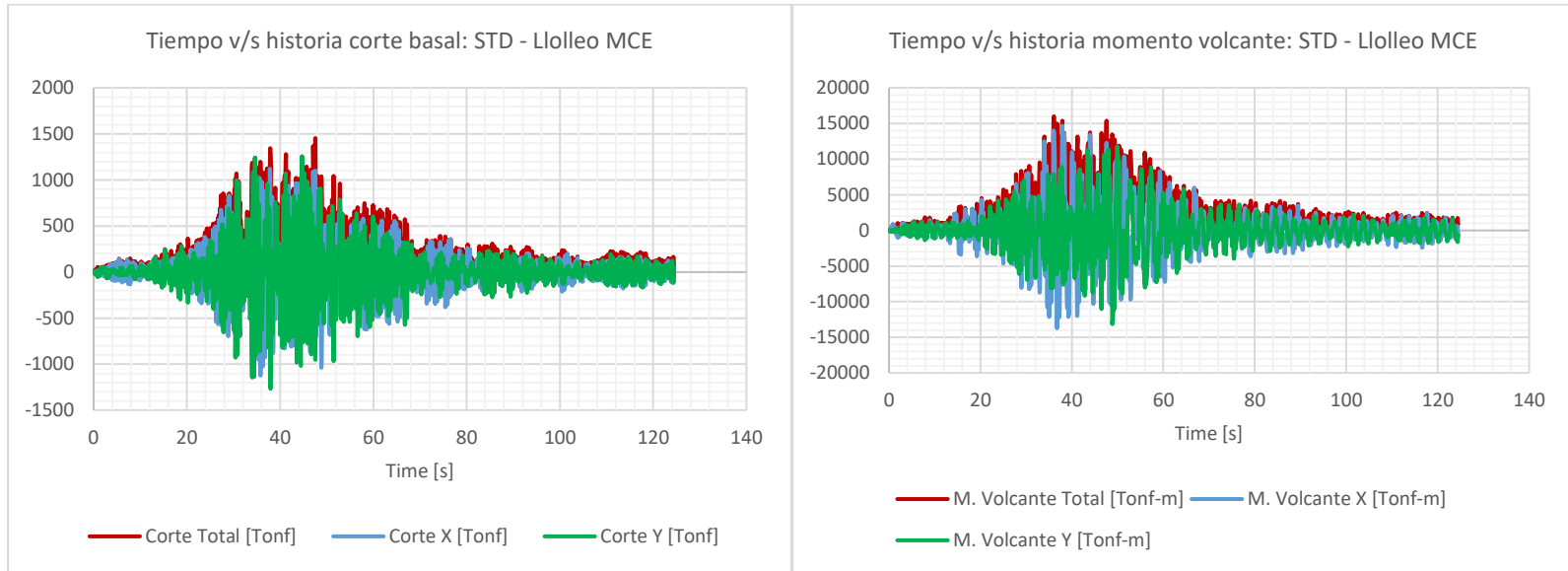


Figura VII.5.3.g Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras convencionales ante la acción del evento sísmico Llolleo DLE [elaboración propia]



	Tiempo [s]	Valor Max	Tiempo [s]	Valor Min		Tiempo [s]	Valor Max	Tiempo [s]	Valor Min
Corte X [Tonf]	37,80	1122,50	35,80	-1123,40	M. Volcante X [Tonf-m]	37,90	14670,10	36,75	-13705,53
Corte Y [Tonf]	44,70	1256,37	37,95	-1268,11	M. Volcante Y [Tonf-m]	49,95	11777,50	48,85	-13160,80
Corte Total [Tonf]	47,55	1454,15			M. Volcante Total [Tonf-m]	36,05	15987,54		

Tiempo [s] max	124,50
----------------	--------

Tiempo [s] max	124,50
----------------	--------

Figura VII.5.3.h Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras convencionales ante la acción del evento sísmico Lollole MCE [elaboración propia]

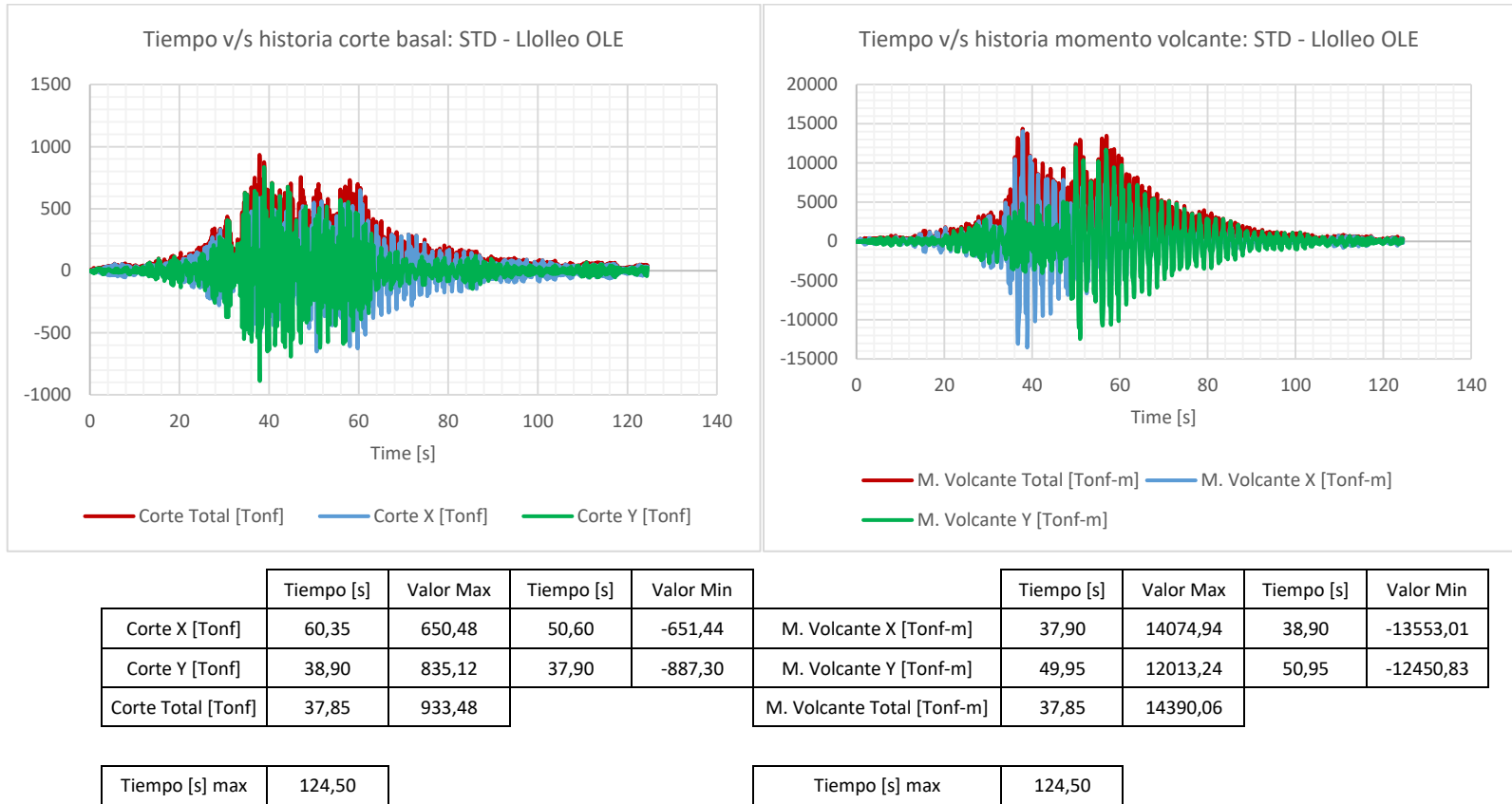


Figura VII.5.3.i Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras convencionales ante la acción del evento sísmico Llolleo OLE [elaboración propia]

VII.5.4 Comportamiento de las riostras convencionales

El siguiente subcapítulo presenta la relación entre la deformación máxima observada en compresión, con respecto a la deformación teórica de pandeo, utilizando lo anterior como indicador de la presencia de comportamiento no lineal de riostras convencionales. De forma adicional, determina la presencia de comportamiento no lineal en las distintas riostras, como consecuencia de la acción de cada uno de los eventos sísmicos en estudio.

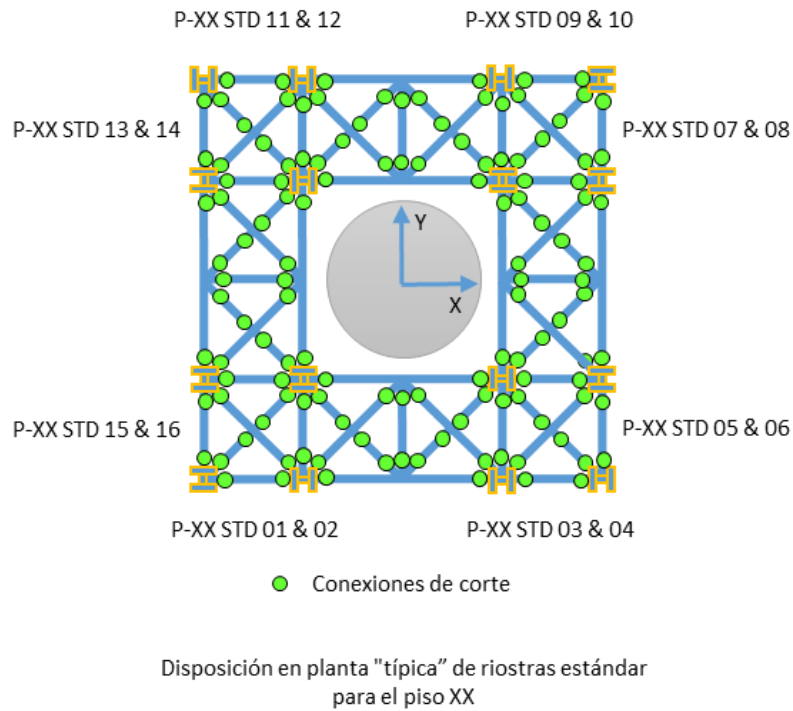


Figura VII.5.4.a Disposición en planta "típica" de las riostras convencionales, piso XX [elaboración propia]

Tabla VII.5.4.a Identificación de las riostras convencionales en las tablas de resultados [elaboración propia]

Disposición de las riostras convencionales																
Piso	Plano Y=-7,5 [m]				Plano X=7,5 [m]				Plano Y=7,5 [m]				Plano X=-7,5 [m]			
16	P-16 STD 01	P-16 STD 02	P-16 STD 03	P-16 STD 04	P-16 STD 05	P-16 STD 06	P-16 STD 07	P-16 STD 08	P-16 STD 09	P-16 STD 10	P-16 STD 11	P-16 STD 12	P-16 STD 13	P-16 STD 14	P-16 STD 15	P-16 STD 16
15	P-15 STD 01	P-15 STD 02	P-15 STD 03	P-15 STD 04	P-15 STD 05	P-15 STD 06	P-15 STD 07	P-15 STD 08	P-15 STD 09	P-15 STD 10	P-15 STD 11	P-15 STD 12	P-15 STD 13	P-15 STD 14	P-15 STD 15	P-15 STD 16
14	P-14 STD 01	P-14 STD 02	P-14 STD 03	P-14 STD 04	P-14 STD 05	P-14 STD 06	P-14 STD 07	P-14 STD 08	P-14 STD 09	P-14 STD 10	P-14 STD 11	P-14 STD 12	P-14 STD 13	P-14 STD 14	P-14 STD 15	P-14 STD 16
13	P-13 STD 01	P-13 STD 02	P-13 STD 03	P-13 STD 04	P-13 STD 05	P-13 STD 06	P-13 STD 07	P-13 STD 08	P-13 STD 09	P-13 STD 10	P-13 STD 11	P-13 STD 12	P-13 STD 13	P-13 STD 14	P-13 STD 15	P-13 STD 16
12	P-12 STD 01	P-12 STD 02	P-12 STD 03	P-12 STD 04	P-12 STD 05	P-12 STD 06	P-12 STD 07	P-12 STD 08	P-12 STD 09	P-12 STD 10	P-12 STD 11	P-12 STD 12	P-12 STD 13	P-12 STD 14	P-12 STD 15	P-12 STD 16
11	P-11 STD 01	P-11 STD 02	P-11 STD 03	P-11 STD 04	P-11 STD 05	P-11 STD 06	P-11 STD 07	P-11 STD 08	P-11 STD 09	P-11 STD 10	P-11 STD 11	P-11 STD 12	P-11 STD 13	P-11 STD 14	P-11 STD 15	P-11 STD 16
10	P-10 STD 01	P-10 STD 02	P-10 STD 03	P-10 STD 04	P-10 STD 05	P-10 STD 06	P-10 STD 07	P-10 STD 08	P-10 STD 09	P-10 STD 10	P-10 STD 11	P-10 STD 12	P-10 STD 13	P-10 STD 14	P-10 STD 15	P-10 STD 16
9	P-09 STD 01	P-09 STD 02	P-09 STD 03	P-09 STD 04	P-09 STD 05	P-09 STD 06	P-09 STD 07	P-09 STD 08	P-09 STD 09	P-09 STD 10	P-09 STD 11	P-09 STD 12	P-09 STD 13	P-09 STD 14	P-09 STD 15	P-09 STD 16
8	P-08 STD 01	P-08 STD 02	P-08 STD 03	P-08 STD 04	P-08 STD 05	P-08 STD 06	P-08 STD 07	P-08 STD 08	P-08 STD 09	P-08 STD 10	P-08 STD 11	P-08 STD 12	P-08 STD 13	P-08 STD 14	P-08 STD 15	P-08 STD 16
7	P-07 STD 01	P-07 STD 02	P-07 STD 03	P-07 STD 04	P-07 STD 05	P-07 STD 06	P-07 STD 07	P-07 STD 08	P-07 STD 09	P-07 STD 10	P-07 STD 11	P-07 STD 12	P-07 STD 13	P-07 STD 14	P-07 STD 15	P-07 STD 16
6	P-06 STD 01	P-06 STD 02	P-06 STD 03	P-06 STD 04	P-06 STD 05	P-06 STD 06	P-06 STD 07	P-06 STD 08	P-06 STD 09	P-06 STD 10	P-06 STD 11	P-06 STD 12	P-06 STD 13	P-06 STD 14	P-06 STD 15	P-06 STD 16
5	P-05 STD 01	P-05 STD 02	P-05 STD 03	P-05 STD 04	P-05 STD 05	P-05 STD 06	P-05 STD 07	P-05 STD 08	P-05 STD 09	P-05 STD 10	P-05 STD 11	P-05 STD 12	P-05 STD 13	P-05 STD 14	P-05 STD 15	P-05 STD 16
4	P-04 STD 01	P-04 STD 02	P-04 STD 03	P-04 STD 04	P-04 STD 05	P-04 STD 06	P-04 STD 07	P-04 STD 08	P-04 STD 09	P-04 STD 10	P-04 STD 11	P-04 STD 12	P-04 STD 13	P-04 STD 14	P-04 STD 15	P-04 STD 16
3	P-03 STD 01	P-03 STD 02	P-03 STD 03	P-03 STD 04	P-03 STD 05	P-03 STD 06	P-03 STD 07	P-03 STD 08	P-03 STD 09	P-03 STD 10	P-03 STD 11	P-03 STD 12	P-03 STD 13	P-03 STD 14	P-03 STD 15	P-03 STD 16
2	P-02 STD 01	P-02 STD 02	P-02 STD 03	P-02 STD 04	P-02 STD 05	P-02 STD 06	P-02 STD 07	P-02 STD 08	P-02 STD 09	P-02 STD 10	P-02 STD 11	P-02 STD 12	P-02 STD 13	P-02 STD 14	P-02 STD 15	P-02 STD 16
1	P-01 STD 01	P-01 STD 02	P-01 STD 03	P-01 STD 04	P-01 STD 05	P-01 STD 06	P-01 STD 07	P-01 STD 08	P-01 STD 09	P-01 STD 10	P-01 STD 11	P-01 STD 12	P-01 STD 13	P-01 STD 14	P-01 STD 15	P-01 STD 16

Tabla VII.5.4.b Relación entre la deformación máxima de compresión desarrollada por las riostras convencionales y su deformación de pandeo, Constitución DLE [elaboración propia]

Piso	Relación $\epsilon_{max}/\epsilon_p$ de las riostras convencionales															
	Plano Y=-7,5 [m]				Plano X=7,5 [m]				Plano Y=7,5 [m]				Plano X=-7,5 [m]			
16	0,225	0,194	0,202	0,188	0,196	0,200	0,224	0,241	0,228	0,196	0,211	0,244	0,215	0,184	0,211	0,232
15	0,474	0,429	0,419	0,437	0,400	0,359	0,479	0,500	0,503	0,482	0,407	0,424	0,393	0,382	0,437	0,488
14	0,661	0,716	0,661	0,674	0,566	0,589	0,707	0,716	0,724	0,713	0,631	0,631	0,559	0,571	0,714	0,685
13	0,856	0,702	0,738	0,833	0,769	0,613	0,722	0,900	0,851	0,733	0,714	0,794	0,757	0,648	0,734	0,889
12	0,842	0,930	0,896	0,859	0,730	0,860	1,016	0,814	0,850	0,950	0,894	0,877	0,782	0,881	0,960	0,876
11	0,975	0,703	0,749	0,896	0,945	0,641	0,731	1,028	1,022	0,729	0,761	0,910	0,980	0,724	0,707	0,974
10	0,806	1,065	0,903	0,796	0,674	0,950	0,938	0,867	0,840	1,103	0,911	0,801	0,794	0,985	0,953	0,796
9	1,146	0,833	0,983	1,149	1,246	0,878	0,974	1,401	1,065	1,355	0,927	0,934	1,317	0,916	1,020	1,133
8	0,779	1,340	1,048	1,559	1,021	1,008	2,622	0,980	0,972	1,691	1,447	0,979	0,966	1,198	1,233	0,845
7	0,523	0,483	0,482	0,548	0,506	0,490	0,468	0,524	0,559	0,492	0,496	0,499	0,462	0,414	0,439	0,572
6	0,634	0,584	0,557	0,532	0,592	0,550	0,574	0,562	0,608	0,606	0,541	0,541	0,478	0,519	0,616	0,577
5	0,768	0,727	0,583	0,664	0,622	0,627	0,550	0,726	0,783	0,650	0,585	0,656	0,566	0,545	0,670	0,822
4	0,848	0,878	0,744	0,701	0,730	0,707	0,788	0,684	0,730	0,872	0,758	0,680	0,645	0,633	0,940	0,796
3	1,009	0,848	0,768	0,848	0,784	0,735	0,754	0,875	0,957	0,781	0,770	0,866	0,736	0,759	0,803	1,043
2	0,988	1,075	0,928	0,889	0,871	0,876	0,964	0,843	0,876	1,001	0,955	0,921	0,885	0,784	1,108	0,920
1	1,431	1,732	1,631	1,307	1,263	1,393	1,721	1,614	1,968	1,690	1,766	1,195	2,081	2,180	1,379	1,358

Tabla VII.5.4.c Detección del comportamiento no lineal en riostras convencionales, Constitución DLE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Riostras Convencionales															Comportamiento No Lineal	
	Plano Y=-7,5 [m]				Plano X=7,5 [m]				Plano Y=7,5 [m]				Plano X=-7,5 [m]				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6%
11	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	13%
10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	13%
9	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	56%
8	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	63%
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	13%
2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	19%
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	18%

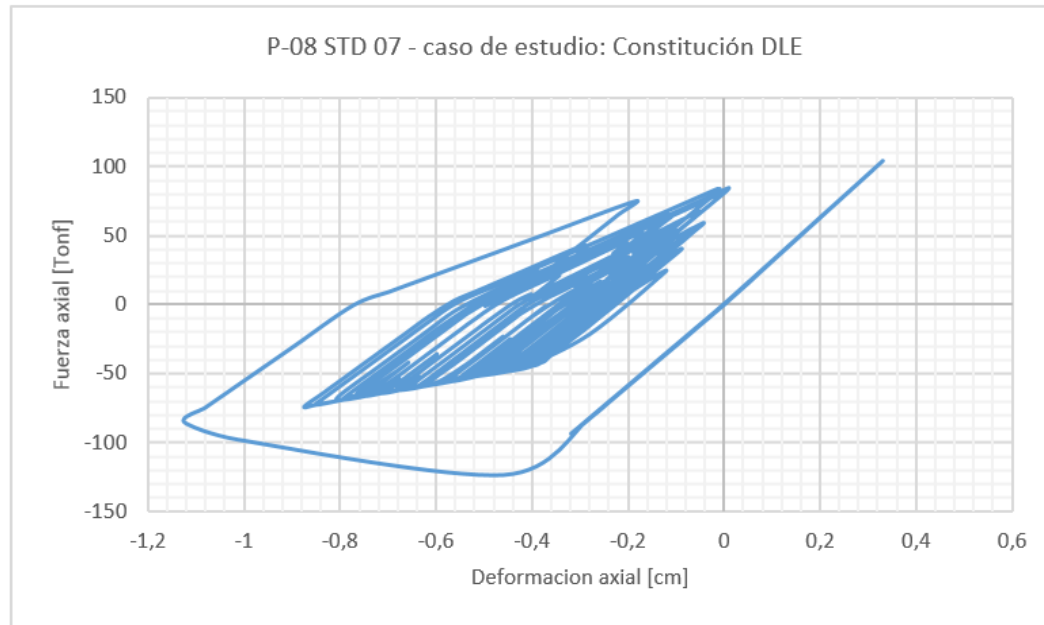


Figura VII.5.4.b Riostra convencional con la mayor relación entre deformación máxima de compresión y deformación de pandeo detectada, evento: Constitución DLE [elaboración propia]

Tabla VII.5.4.d Relación entre la deformación máxima de compresión desarrollada por las riostras convencionales y su deformación de pandeo, Constitución MCE [elaboración propia]

Piso	Relación $\epsilon_{max}/\epsilon_p$ de las riostras convencionales															
	Plano Y=-7,5 [m]				Plano X=7,5 [m]				Plano Y=7,5 [m]				Plano X=-7,5 [m]			
16	0,247	0,213	0,204	0,215	0,225	0,212	0,253	0,232	0,261	0,226	0,218	0,252	0,219	0,238	0,226	0,260
15	0,561	0,509	0,448	0,463	0,463	0,411	0,444	0,523	0,612	0,574	0,509	0,544	0,466	0,460	0,471	0,499
14	0,748	0,865	0,719	0,685	0,617	0,682	0,755	0,671	0,884	0,856	0,797	0,806	0,683	0,662	0,729	0,732
13	1,034	0,751	0,762	0,888	0,825	0,636	0,723	0,944	1,032	0,858	0,845	0,992	0,820	0,704	0,778	0,915
12	0,919	1,043	0,964	0,901	0,743	0,888	1,142	0,864	0,898	1,051	1,043	0,999	0,885	0,954	1,007	0,945
11	1,007	0,824	0,745	0,989	0,948	0,636	0,737	1,170	1,088	0,795	0,871	1,075	1,032	0,791	0,752	1,028
10	1,012	1,191	1,004	0,876	0,708	1,002	0,982	0,805	1,008	1,147	1,095	1,164	0,813	0,999	0,982	0,810
9	3,446	0,963	4,764	3,185	2,066	1,220	1,758	1,982	1,395	1,823	1,707	1,121	1,815	0,971	2,590	1,480
8	0,977	1,808	0,991	1,233	1,066	1,027	1,613	0,962	2,209	3,545	1,286	0,833	1,221	1,137	2,682	1,027
7	0,552	0,563	0,449	0,489	0,532	0,467	0,502	0,542	0,614	0,545	0,455	0,499	0,527	0,478	0,543	0,583
6	0,648	0,616	0,556	0,547	0,559	0,586	0,608	0,582	0,653	0,687	0,594	0,576	0,572	0,530	0,596	0,634
5	0,810	0,717	0,632	0,753	0,680	0,620	0,610	0,777	0,831	0,678	0,714	0,767	0,612	0,591	0,664	0,718
4	0,832	0,924	0,848	0,801	0,735	0,785	0,869	0,694	0,810	0,899	0,890	0,845	0,721	0,677	0,846	0,798
3	1,072	0,943	0,878	0,952	0,913	0,869	0,718	0,993	1,037	0,889	0,926	1,035	0,749	0,823	0,989	0,844
2	1,025	1,521	1,020	1,033	0,964	1,000	1,112	0,788	1,021	1,332	1,081	1,204	0,921	0,816	1,049	0,993
1	11,281	13,812	6,754	6,985	4,264	1,785	3,856	1,568	7,586	6,562	5,462	2,858	8,815	14,579	8,878	14,117

Tabla VII.5.4.e Detección del comportamiento no lineal en riostras convencionales, Constitución MCE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Riostras Convencionales																Comportamiento No Lineal
	Plano Y=-7,5 [m]				Plano X=7,5 [m]				Plano Y=7,5 [m]				Plano X=-7,5 [m]				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	13%
12	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	31%
11	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	38%
10	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	50%
9	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	88%
8	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	75%
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	19%
2	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	69%
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	30%

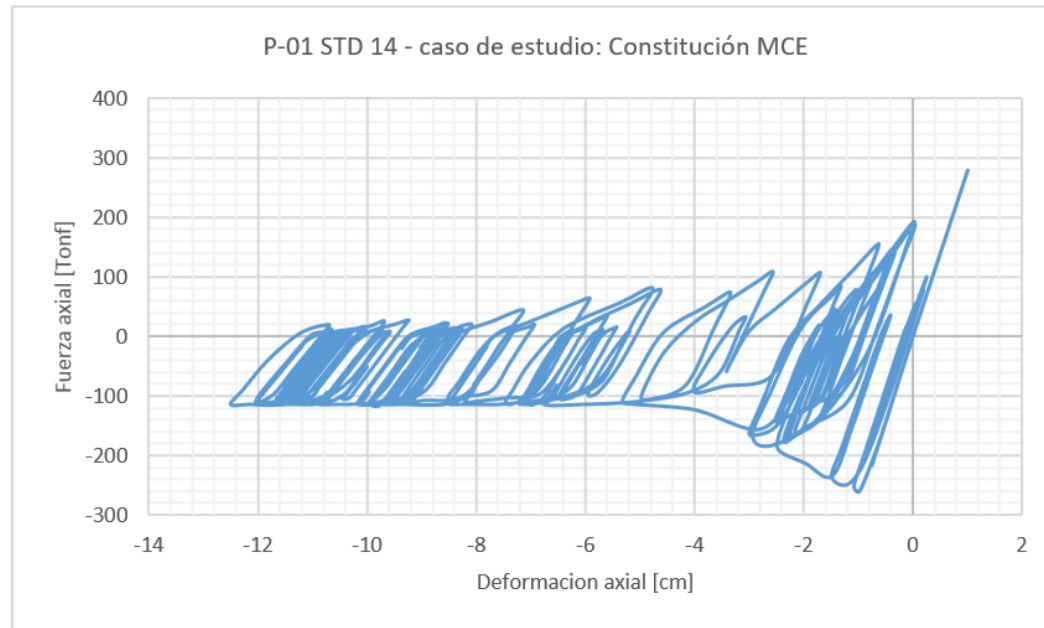


Figura VII.5.4.c Riostra convencional con la mayor relación entre deformación máxima de compresión y deformación de pandeo detectada, evento: Constitución MCE [elaboración propia]

Tabla VII.5.4.f Relación entre la deformación máxima de compresión desarrollada por las riostras convencionales y su deformación de pandeo, Constitución OLE [elaboración propia]

Piso	Relación $\epsilon_{max}/\epsilon_p$ de las riostras convencionales															
	Plano Y=-7,5 [m]				Plano X=7,5 [m]				Plano Y=7,5 [m]				Plano X=-7,5 [m]			
16	0,208	0,177	0,140	0,154	0,152	0,140	0,191	0,223	0,190	0,183	0,139	0,166	0,166	0,139	0,179	0,192
15	0,409	0,386	0,300	0,308	0,278	0,266	0,422	0,447	0,406	0,344	0,268	0,293	0,288	0,281	0,383	0,411
14	0,601	0,586	0,464	0,484	0,447	0,457	0,628	0,631	0,531	0,598	0,481	0,416	0,454	0,449	0,613	0,590
13	0,766	0,650	0,532	0,581	0,595	0,525	0,645	0,808	0,779	0,573	0,473	0,599	0,582	0,517	0,634	0,784
12	0,772	0,848	0,616	0,589	0,619	0,691	0,877	0,748	0,675	0,880	0,662	0,560	0,611	0,675	0,873	0,762
11	0,924	0,655	0,494	0,668	0,715	0,566	0,633	0,916	0,939	0,601	0,532	0,675	0,685	0,559	0,645	0,912
10	0,679	0,986	0,712	0,561	0,618	0,746	0,906	0,735	0,686	0,916	0,721	0,630	0,600	0,697	0,917	0,707
9	1,023	0,605	0,601	0,730	0,692	0,535	0,754	1,084	1,029	0,826	0,565	0,709	0,699	0,588	0,758	0,973
8	0,674	0,983	0,752	0,640	0,593	0,754	1,167	0,747	0,761	1,042	0,827	0,558	0,632	0,740	0,944	0,782
7	0,496	0,418	0,356	0,462	0,464	0,396	0,362	0,482	0,507	0,393	0,315	0,459	0,488	0,381	0,435	0,502
6	0,498	0,554	0,484	0,414	0,470	0,506	0,545	0,451	0,465	0,546	0,475	0,380	0,453	0,553	0,594	0,535
5	0,620	0,519	0,454	0,515	0,553	0,495	0,527	0,644	0,620	0,495	0,453	0,496	0,620	0,459	0,538	0,718
4	0,619	0,686	0,575	0,536	0,600	0,608	0,723	0,652	0,577	0,678	0,577	0,522	0,537	0,683	0,786	0,635
3	0,774	0,579	0,571	0,608	0,671	0,640	0,650	0,789	0,745	0,596	0,552	0,661	0,707	0,567	0,608	0,849
2	0,646	0,829	0,659	0,647	0,733	0,748	0,870	0,733	0,659	0,822	0,735	0,626	0,647	0,773	0,910	0,683
1	0,926	1,055	0,807	0,829	0,922	0,909	1,321	1,189	0,925	0,807	0,999	0,707	0,916	0,954	0,995	0,695

Tabla VII.5.4.g Detección del comportamiento no lineal en riostras convencionales, Constitución OLE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Riostras Convencionales															Comportamiento No Lineal	
	Plano Y=-7,5 [m]				Plano X=7,5 [m]				Plano Y=7,5 [m]				Plano X=-7,5 [m]				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
9	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	19%
8	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	13%
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	19%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	3%

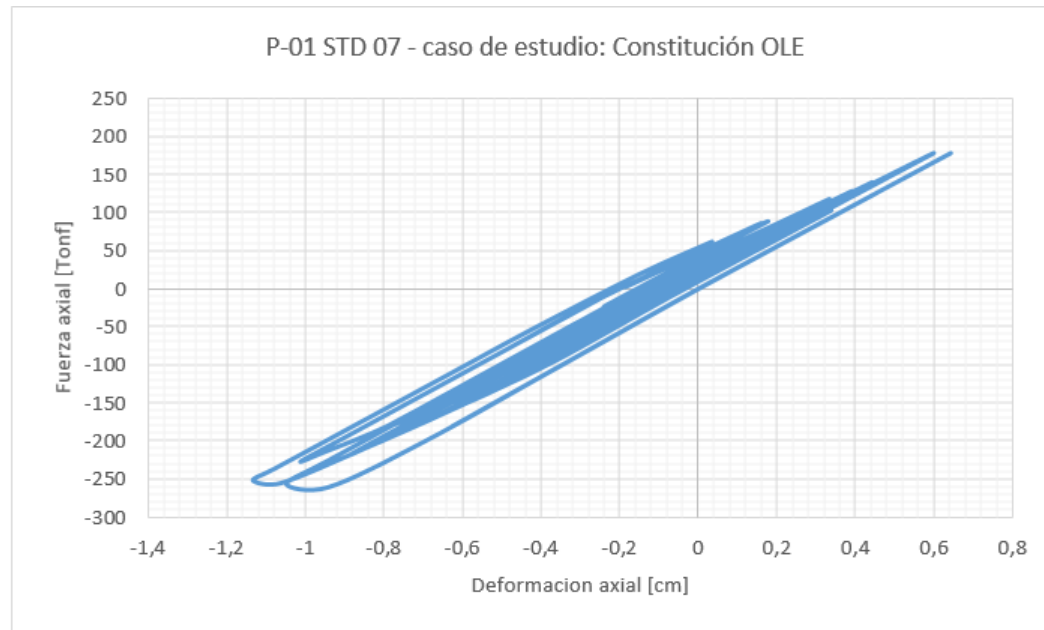


Figura VII.5.4.d Riostra convencional con la mayor relación entre deformación máxima de compresión y deformación de pandeo detectada, evento: Constitución OLE [elaboración propia]

Tabla VII.5.4.h Relación entre la deformación máxima de compresión desarrollada por las riostras convencionales y su deformación de pandeo, Talca DLE [elaboración propia]

Relación $\epsilon_{max}/\epsilon_p$ de las riostras convencionales																
Piso	Plano Y=-7,5 [m]				Plano X=7,5 [m]				Plano Y=7,5 [m]				Plano X=-7,5 [m]			
16	0,240	0,213	0,198	0,230	0,208	0,178	0,184	0,203	0,225	0,195	0,194	0,198	0,210	0,182	0,191	0,223
15	0,432	0,416	0,401	0,419	0,415	0,415	0,441	0,463	0,424	0,406	0,439	0,449	0,437	0,420	0,452	0,470
14	0,654	0,640	0,656	0,618	0,655	0,658	0,681	0,664	0,646	0,632	0,662	0,685	0,669	0,654	0,691	0,703
13	0,803	0,697	0,676	0,802	0,812	0,736	0,686	0,837	0,789	0,695	0,724	0,820	0,807	0,714	0,737	0,847
12	0,747	0,888	0,877	0,766	0,830	0,855	0,896	0,849	0,774	0,850	0,869	0,819	0,771	0,872	0,915	0,853
11	0,883	0,629	0,648	0,869	0,830	0,670	0,761	0,901	0,844	0,684	0,620	0,832	0,877	0,668	0,750	0,908
10	0,776	0,915	0,825	0,714	0,635	0,915	0,966	0,824	0,732	0,846	0,817	0,683	0,683	1,008	0,958	0,805
9	0,848	0,981	0,857	0,851	0,992	0,725	0,875	0,989	0,886	0,637	0,686	0,780	1,138	0,608	0,842	1,010
8	0,942	1,924	0,926	0,851	0,919	0,940	1,478	0,886	0,725	0,907	0,760	0,826	0,728	1,257	1,156	0,907
7	0,649	0,430	0,459	0,543	0,516	0,547	0,429	0,560	0,566	0,475	0,439	0,523	0,556	0,470	0,451	0,571
6	0,536	0,655	0,614	0,554	0,631	0,503	0,618	0,507	0,543	0,624	0,596	0,545	0,557	0,524	0,571	0,515
5	0,703	0,543	0,610	0,799	0,611	0,639	0,611	0,706	0,654	0,510	0,638	0,662	0,649	0,624	0,555	0,659
4	0,635	0,764	0,901	0,701	0,763	0,725	0,794	0,710	0,573	0,725	0,752	0,737	0,725	0,739	0,739	0,696
3	0,879	0,708	0,700	0,983	0,840	0,796	0,832	0,821	0,751	0,699	0,752	0,878	0,848	0,760	0,826	0,970
2	0,894	0,947	1,228	0,803	0,922	0,925	0,935	0,892	0,778	0,935	1,008	0,871	0,880	0,954	1,137	0,926
1	1,208	1,287	1,991	1,741	1,720	1,608	1,237	0,968	1,183	1,253	1,903	1,427	1,287	1,212	2,342	1,748

Tabla VII.5.4.i Detección del comportamiento no lineal en riostras convencionales, Talca DLE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Riostras Convencionales																Comportamiento No Lineal
	Plano Y=-7,5 [m]				Plano X=7,5 [m]				Plano Y=7,5 [m]				Plano X=-7,5 [m]				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	6%
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	13%
8	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	25%
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	19%
1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	94%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	10%

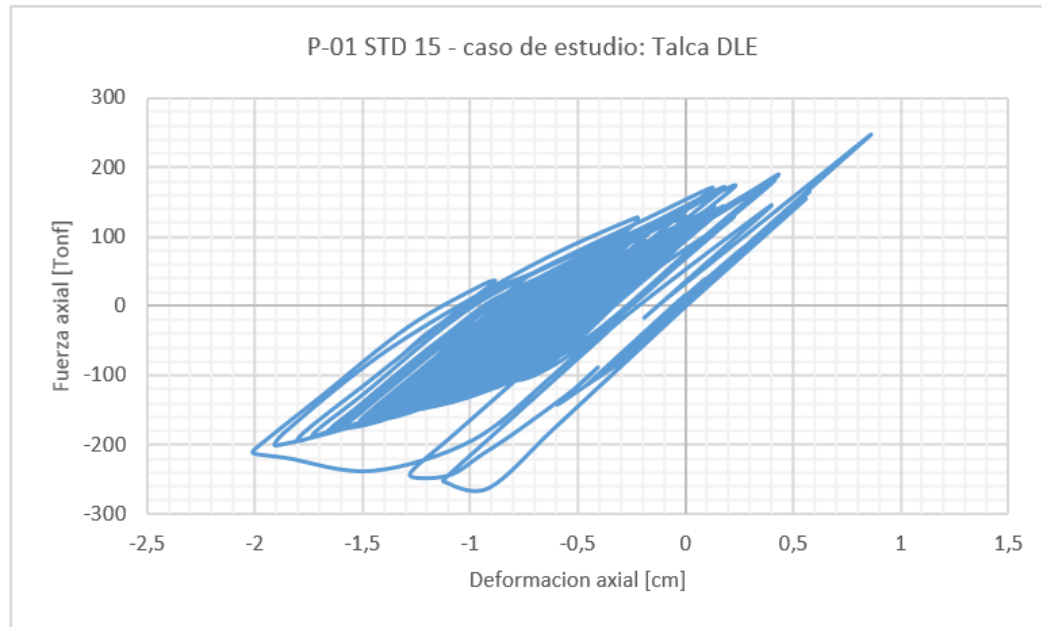


Figura VII.5.4.e Riostra convencional con la mayor relación entre deformación máxima de compresión y deformación de pandeo detectada, evento: Talca DLE [elaboración propia]

Tabla VII.5.4.j Relación entre la deformación máxima de compresión desarrollada por las riostras convencionales y su deformación de pandeo, Talca MCE [elaboración propia]

Relación $\epsilon_{max}/\epsilon_p$ de las riostras convencionales																
Piso	Plano Y=-7,5 [m]				Plano X=7,5 [m]				Plano Y=7,5 [m]				Plano X=-7,5 [m]			
16	0,247	0,248	0,194	0,227	0,219	0,216	0,202	0,217	0,261	0,227	0,195	0,212	0,258	0,223	0,200	0,232
15	0,521	0,490	0,466	0,497	0,426	0,413	0,428	0,504	0,502	0,475	0,488	0,503	0,425	0,404	0,489	0,532
14	0,706	0,729	0,733	0,741	0,645	0,628	0,756	0,635	0,756	0,733	0,781	0,751	0,593	0,642	0,750	0,737
13	0,939	0,774	0,782	0,943	0,777	0,682	0,689	0,952	0,949	0,806	0,759	0,930	0,794	0,699	0,723	0,935
12	0,877	1,039	0,994	0,863	0,800	0,866	0,981	0,883	0,940	1,023	1,002	0,860	0,869	0,888	0,946	0,829
11	1,024	0,739	0,675	0,986	0,913	0,694	0,798	0,968	1,001	0,810	0,705	0,943	0,918	0,782	0,680	0,944
10	0,861	0,984	0,946	0,797	0,708	0,944	0,962	0,895	0,808	0,934	0,933	0,838	0,841	0,947	0,898	0,807
9	1,723	2,672	1,059	0,966	1,046	1,200	0,885	1,133	0,981	0,810	0,915	1,301	1,029	0,944	1,090	1,249
8	0,929	1,858	2,593	1,316	1,886	1,964	3,214	1,057	0,724	0,975	1,468	0,905	0,962	2,219	1,425	2,324
7	0,561	0,472	0,567	0,609	0,577	0,570	0,455	0,640	0,538	0,464	0,497	0,592	0,597	0,537	0,576	0,522
6	0,504	0,595	0,729	0,667	0,687	0,549	0,594	0,548	0,546	0,548	0,653	0,612	0,658	0,589	0,532	0,623
5	0,747	0,622	0,665	0,972	0,681	0,723	0,627	0,728	0,599	0,620	0,722	0,832	0,772	0,700	0,605	0,656
4	0,739	0,840	1,048	0,730	0,846	0,787	0,831	0,760	0,730	0,711	0,931	0,829	0,853	0,870	0,754	0,745
3	0,981	0,797	0,820	1,014	0,899	0,814	0,832	0,945	0,841	0,840	0,853	1,083	0,995	0,966	0,773	0,825
2	0,938	1,193	1,761	0,950	0,923	1,001	1,051	0,996	0,972	0,933	1,153	0,953	1,433	1,085	0,910	0,883
1	12,052	6,764	10,898	5,017	4,294	1,884	5,124	1,960	4,062	3,009	4,161	2,835	7,977	6,426	11,065	9,054

Tabla VII.5.4.k Detección del comportamiento no lineal en riostras convencionales, Talca MCE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Riostras Convencionales																Comportamiento No Lineal
	Plano Y=-7,5 [m]				Plano X=7,5 [m]				Plano Y=7,5 [m]				Plano X=-7,5 [m]				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	19%
11	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	13%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
9	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	63%
8	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	69%
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6%
3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	13%
2	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	44%
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	20%

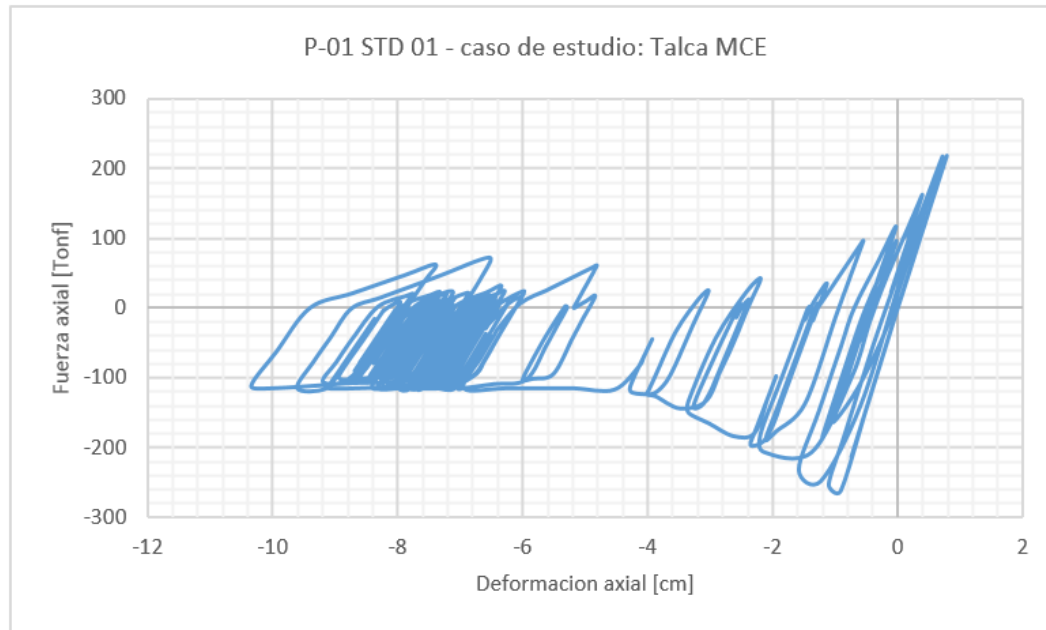


Figura VII.5.4.f Riostra convencional con la mayor relación entre deformación máxima de compresión y deformación de pandeo detectada, evento: Talca MCE [elaboración propia]

Tabla VII.5.4.1 Relación entre la deformación máxima de compresión desarrollada por las riostras convencionales y su deformación de pandeo, Talca OLE [elaboración propia]

Piso	Relación $\epsilon_{max}/\epsilon_p$ de las riostras convencionales															
	Plano Y=-7,5 [m]				Plano X=7,5 [m]				Plano Y=7,5 [m]				Plano X=-7,5 [m]			
16	0,157	0,150	0,160	0,172	0,149	0,123	0,131	0,158	0,165	0,138	0,153	0,181	0,144	0,124	0,132	0,151
15	0,296	0,284	0,254	0,290	0,307	0,291	0,285	0,295	0,296	0,282	0,300	0,303	0,319	0,313	0,306	0,314
14	0,435	0,456	0,460	0,398	0,471	0,482	0,478	0,454	0,432	0,430	0,442	0,467	0,492	0,476	0,490	0,513
13	0,566	0,460	0,425	0,566	0,602	0,530	0,512	0,619	0,533	0,461	0,498	0,547	0,624	0,523	0,598	0,643
12	0,491	0,662	0,624	0,460	0,609	0,658	0,720	0,637	0,541	0,598	0,579	0,552	0,569	0,712	0,729	0,710
11	0,728	0,486	0,446	0,631	0,677	0,549	0,614	0,763	0,698	0,488	0,496	0,581	0,738	0,528	0,645	0,812
10	0,568	0,798	0,639	0,497	0,551	0,681	0,819	0,710	0,557	0,784	0,630	0,605	0,553	0,756	0,909	0,691
9	0,776	0,535	0,492	0,623	0,603	0,566	0,607	0,823	0,775	0,506	0,586	0,580	0,673	0,485	0,614	0,878
8	0,587	0,822	0,686	0,544	0,652	0,555	0,876	0,651	0,566	0,803	0,586	0,652	0,577	0,647	0,872	0,680
7	0,514	0,318	0,353	0,385	0,359	0,431	0,392	0,498	0,507	0,370	0,346	0,346	0,329	0,363	0,353	0,550
6	0,373	0,550	0,418	0,410	0,519	0,425	0,557	0,467	0,424	0,550	0,399	0,393	0,440	0,402	0,567	0,406
5	0,572	0,377	0,398	0,464	0,486	0,552	0,455	0,640	0,591	0,407	0,452	0,443	0,494	0,494	0,420	0,554
4	0,438	0,630	0,545	0,444	0,642	0,555	0,698	0,523	0,449	0,637	0,498	0,522	0,590	0,589	0,634	0,512
3	0,656	0,466	0,504	0,629	0,607	0,618	0,553	0,683	0,653	0,420	0,516	0,577	0,645	0,623	0,525	0,672
2	0,553	0,707	0,676	0,574	0,671	0,685	0,773	0,630	0,490	0,710	0,605	0,561	0,715	0,719	0,767	0,616
1	0,641	0,824	0,745	0,683	0,688	0,760	0,921	0,878	0,609	0,665	0,798	0,673	0,746	0,795	0,977	0,851

Tabla VII.5.4.m Detección del comportamiento no lineal en riostras convencionales, Talca OLE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Riostras Convencionales																Comportamiento No Lineal	
	Plano Y=-7,5 [m]				Plano X=7,5 [m]				Plano Y=7,5 [m]				Plano X=-7,5 [m]					
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																	TOTAL	0%

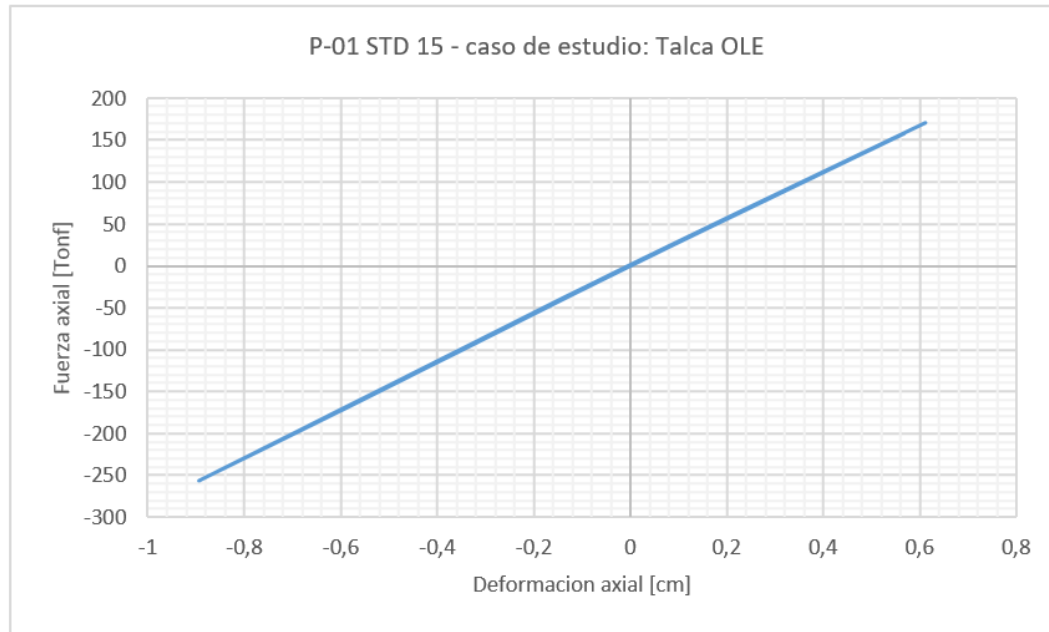


Figura VII.5.4.g Riostra convencional con la mayor relación entre deformación máxima de compresión y deformación de pandeo detectada, evento: Talca OLE [elaboración propia]

Tabla VII.5.4.n Relación entre la deformación máxima de compresión desarrollada por las riostras convencionales y su deformación de pandeo, Lollole DLE [elaboración propia]

Relación e_{max}/e_p de las riostras convencionales																
Piso	Plano Y=-7,5 [m]				Plano X=7,5 [m]				Plano Y=7,5 [m]				Plano X=-7,5 [m]			
16	0,249	0,225	0,207	0,211	0,205	0,191	0,230	0,266	0,238	0,232	0,199	0,222	0,223	0,193	0,217	0,205
15	0,525	0,486	0,405	0,421	0,507	0,485	0,513	0,545	0,529	0,449	0,397	0,418	0,459	0,411	0,432	0,509
14	0,715	0,728	0,619	0,619	0,742	0,731	0,754	0,754	0,641	0,765	0,635	0,595	0,637	0,707	0,741	0,684
13	0,902	0,689	0,643	0,791	0,865	0,755	0,738	0,939	0,959	0,652	0,611	0,777	0,832	0,712	0,753	0,932
12	0,741	0,909	0,887	0,783	0,899	0,940	0,991	0,841	0,831	0,974	0,880	0,699	0,846	0,934	0,987	0,901
11	0,867	0,679	0,720	0,952	0,969	0,830	0,727	0,965	0,925	0,835	0,591	0,954	0,946	0,743	0,744	0,976
10	0,746	0,933	0,975	0,801	0,867	0,943	0,937	0,777	0,996	0,967	0,960	0,674	0,797	0,916	0,963	0,821
9	1,239	1,063	0,688	0,975	0,958	0,793	1,245	0,997	0,917	1,057	0,936	1,039	1,166	1,021	0,695	0,899
8	0,981	1,921	0,945	0,784	0,857	0,881	1,095	0,937	0,889	1,373	1,538	1,004	1,195	2,124	0,950	0,736
7	0,511	0,393	0,444	0,482	0,454	0,466	0,544	0,506	0,518	0,398	0,458	0,495	0,521	0,473	0,477	0,549
6	0,505	0,530	0,534	0,531	0,541	0,540	0,563	0,666	0,496	0,555	0,563	0,528	0,593	0,528	0,615	0,580
5	0,641	0,615	0,590	0,651	0,677	0,625	0,666	0,662	0,707	0,580	0,505	0,660	0,635	0,696	0,648	0,716
4	0,728	0,720	0,714	0,728	0,724	0,758	0,787	0,792	0,699	0,810	0,706	0,605	0,838	0,767	0,771	0,772
3	0,866	0,715	0,829	0,801	0,858	0,798	0,850	0,896	0,948	0,655	0,704	0,830	0,878	0,904	0,784	0,880
2	0,807	0,905	0,879	0,954	0,923	0,942	0,987	0,951	0,736	1,015	0,911	0,808	1,016	0,972	0,979	0,883
1	1,023	1,602	1,674	1,977	1,393	1,433	2,071	1,719	1,024	1,168	1,222	0,967	1,910	1,657	1,476	0,966

Tabla VII.5.4.o Detección del comportamiento no lineal en riostras convencionales, Llolleo DLE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Riostras Convencionales																Comportamiento No Lineal
	Plano Y=-7,5 [m]				Plano X=7,5 [m]				Plano Y=7,5 [m]				Plano X=-7,5 [m]				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
9	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	44%
8	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	44%
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	13%
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	88%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	12%

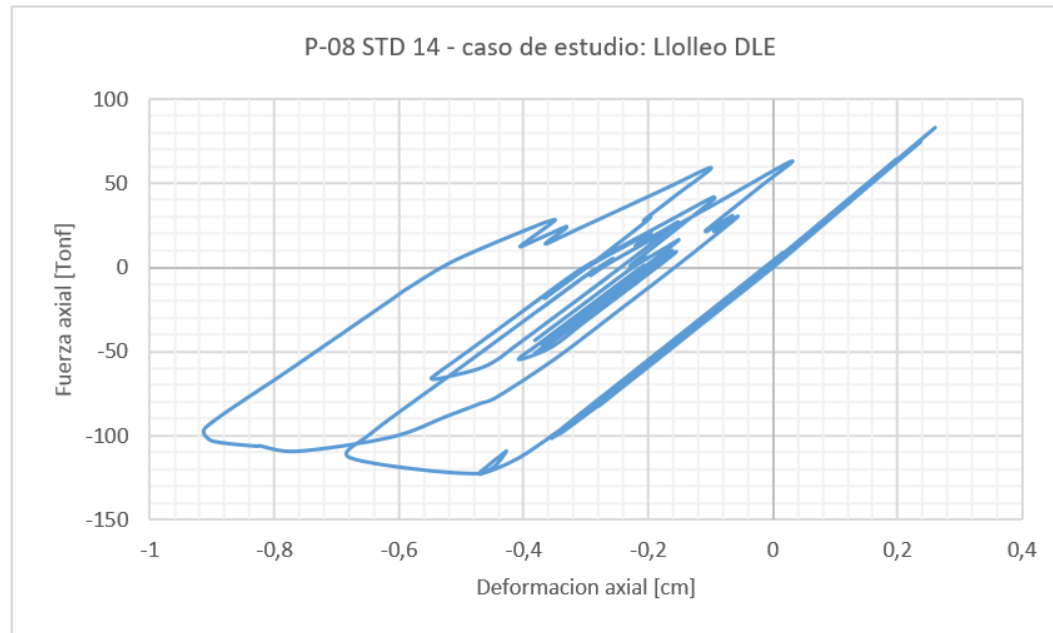


Figura VII.5.4.h Riostra convencional con la mayor relación entre deformación máxima de compresión y deformación de pandeo detectada, evento: Lollole DLE [elaboración propia]

Tabla VII.5.4.p Relación entre la deformación máxima de compresión desarrollada por las riostras convencionales y su deformación de pandeo, Llolleo MCE [elaboración propia]

Piso	Relación $\epsilon_{max}/\epsilon_p$ de las riostras convencionales															
	Plano Y=-7,5 [m]				Plano X=7,5 [m]				Plano Y=7,5 [m]				Plano X=-7,5 [m]			
16	0,279	0,242	0,232	0,243	0,268	0,233	0,278	0,317	0,263	0,251	0,233	0,256	0,255	0,223	0,278	0,255
15	0,620	0,566	0,502	0,527	0,570	0,538	0,586	0,646	0,596	0,515	0,479	0,533	0,540	0,513	0,545	0,619
14	0,871	0,858	0,767	0,788	0,867	0,830	0,866	0,864	0,751	0,882	0,821	0,716	0,834	0,805	0,910	0,786
13	1,045	0,838	0,819	0,964	0,974	0,882	0,848	1,028	1,118	0,762	0,789	1,013	0,961	0,882	0,823	1,082
12	0,929	1,042	1,000	0,900	0,956	1,032	1,037	0,937	0,981	1,093	1,069	0,878	0,978	1,042	1,016	0,873
11	0,978	0,815	0,672	0,988	1,023	0,820	0,814	1,042	1,058	0,892	0,688	1,041	1,036	0,885	0,771	1,011
10	0,901	1,004	0,930	0,718	0,826	1,034	0,980	0,962	1,273	1,097	0,965	0,720	0,954	1,054	0,957	0,807
9	1,365	1,086	0,934	1,479	3,182	2,247	1,398	1,770	4,448	6,165	1,482	3,229	2,854	2,153	2,453	2,538
8	1,181	1,610	1,862	1,229	1,072	1,859	1,191	1,153	1,026	2,035	1,302	1,099	1,548	1,666	1,313	1,248
7	0,486	0,493	0,475	0,581	0,502	0,552	0,570	0,559	0,567	0,610	0,443	0,496	0,523	0,513	0,597	0,552
6	0,607	0,597	0,655	0,570	0,697	0,547	0,636	0,695	0,713	0,681	0,590	0,566	0,653	0,537	0,579	0,704
5	0,799	0,693	0,618	0,773	0,739	0,791	0,787	0,797	0,921	0,732	0,609	0,844	0,770	0,765	0,774	0,779
4	0,843	0,864	0,860	0,743	0,913	0,854	0,861	0,923	0,869	1,015	0,956	0,724	0,910	0,890	0,871	0,876
3	1,022	0,907	0,859	1,000	0,976	0,978	0,983	1,027	1,028	1,014	0,876	1,020	1,037	0,929	0,921	1,009
2	1,011	1,091	1,242	1,023	1,095	1,736	1,105	1,603	0,984	1,880	1,738	0,909	1,837	1,414	1,601	1,111
1	1,947	4,019	2,862	3,825	2,722	3,348	3,625	3,604	2,251	4,247	3,311	3,579	2,911	2,996	3,365	2,995

Tabla VII.5.4.q Detección del comportamiento no lineal en riostras convencionales, Llolleo MCE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Riostras Convencionales																Comportamiento No Lineal
	Plano Y=-7,5 [m]				Plano X=7,5 [m]				Plano Y=7,5 [m]				Plano X=-7,5 [m]				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	31%
12	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	50%
11	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	38%
10	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	31%
9	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	94%
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6%
3	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	44%
2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	88%
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	36%

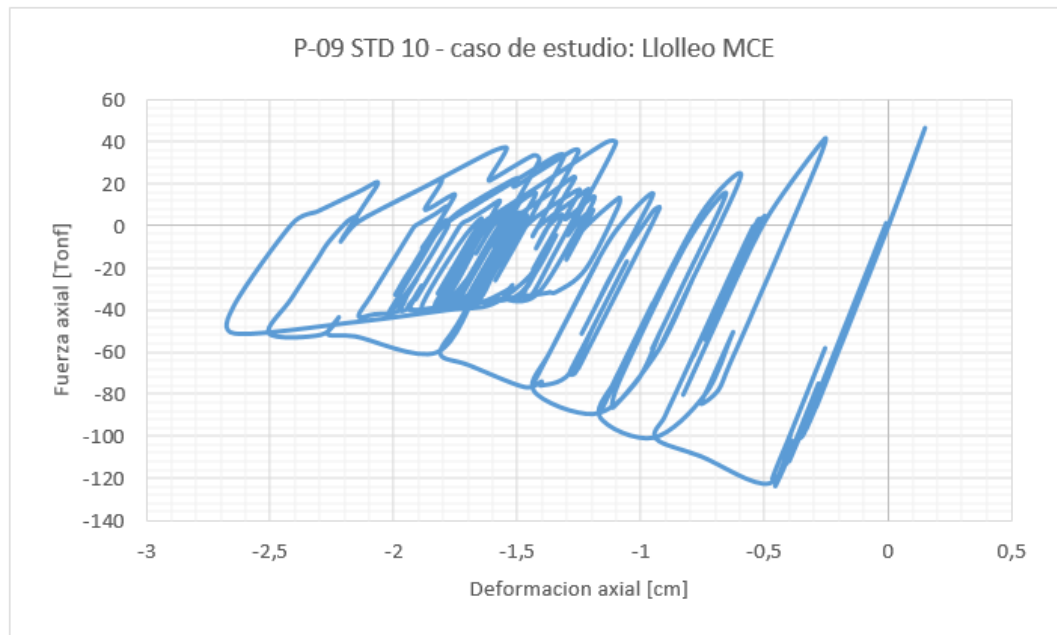


Figura VII.5.4.i Riostra convencional con la mayor relación entre deformación máxima de compresión y deformación de pandeo detectada, evento: Lollole MCE [elaboración propia]

Tabla VII.5.4.r Relación entre la deformación máxima de compresión desarrollada por las riostras convencionales y su deformación de pandeo, Lollole OLE [elaboración propia]

Relación $\epsilon_{max}/\epsilon_p$ de las riostras convencionales																
Piso	Plano Y=-7,5 [m]				Plano X=7,5 [m]				Plano Y=7,5 [m]				Plano X=-7,5 [m]			
16	0,174	0,174	0,137	0,162	0,154	0,161	0,153	0,168	0,196	0,166	0,142	0,155	0,185	0,157	0,145	0,173
15	0,336	0,313	0,284	0,300	0,301	0,298	0,317	0,334	0,338	0,325	0,263	0,279	0,310	0,304	0,336	0,355
14	0,468	0,476	0,463	0,477	0,458	0,478	0,524	0,496	0,491	0,481	0,469	0,398	0,490	0,468	0,518	0,527
13	0,614	0,485	0,560	0,643	0,589	0,513	0,542	0,671	0,639	0,577	0,480	0,644	0,580	0,538	0,563	0,668
12	0,584	0,740	0,747	0,691	0,604	0,645	0,786	0,622	0,711	0,724	0,783	0,580	0,582	0,624	0,748	0,651
11	0,801	0,600	0,654	0,821	0,644	0,608	0,567	0,845	0,796	0,691	0,556	0,855	0,620	0,540	0,580	0,807
10	0,663	0,886	0,856	0,713	0,684	0,645	0,880	0,607	0,799	0,848	0,922	0,585	0,587	0,648	0,815	0,610
9	0,928	0,664	0,600	0,776	0,576	0,618	0,528	0,811	0,792	0,696	0,547	0,903	0,611	0,499	0,539	0,753
8	0,751	0,942	0,704	0,661	0,683	0,615	0,818	0,643	0,667	0,714	0,865	0,598	0,592	0,675	0,746	0,602
7	0,443	0,374	0,414	0,409	0,374	0,358	0,417	0,432	0,457	0,330	0,375	0,387	0,384	0,386	0,387	0,435
6	0,437	0,489	0,478	0,495	0,407	0,432	0,496	0,519	0,418	0,507	0,466	0,444	0,479	0,424	0,499	0,499
5	0,523	0,426	0,484	0,516	0,525	0,480	0,554	0,586	0,529	0,460	0,408	0,532	0,528	0,520	0,567	0,595
4	0,507	0,574	0,584	0,563	0,581	0,627	0,689	0,666	0,550	0,602	0,599	0,486	0,623	0,630	0,680	0,681
3	0,625	0,508	0,504	0,595	0,675	0,610	0,666	0,772	0,704	0,541	0,530	0,616	0,709	0,654	0,671	0,766
2	0,581	0,659	0,646	0,565	0,688	0,770	0,857	0,762	0,616	0,761	0,660	0,612	0,750	0,795	0,847	0,758
1	0,595	0,754	0,718	0,699	0,764	0,873	0,945	0,802	0,705	0,752	0,835	0,698	0,845	0,820	0,961	0,789

Tabla VII.5.4.s Detección del comportamiento no lineal en riostras convencionales, Lollole OLE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Riostras Convencionales																Comportamiento No Lineal
	Plano Y=-7,5 [m]				Plano X=7,5 [m]				Plano Y=7,5 [m]				Plano X=-7,5 [m]				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	0%

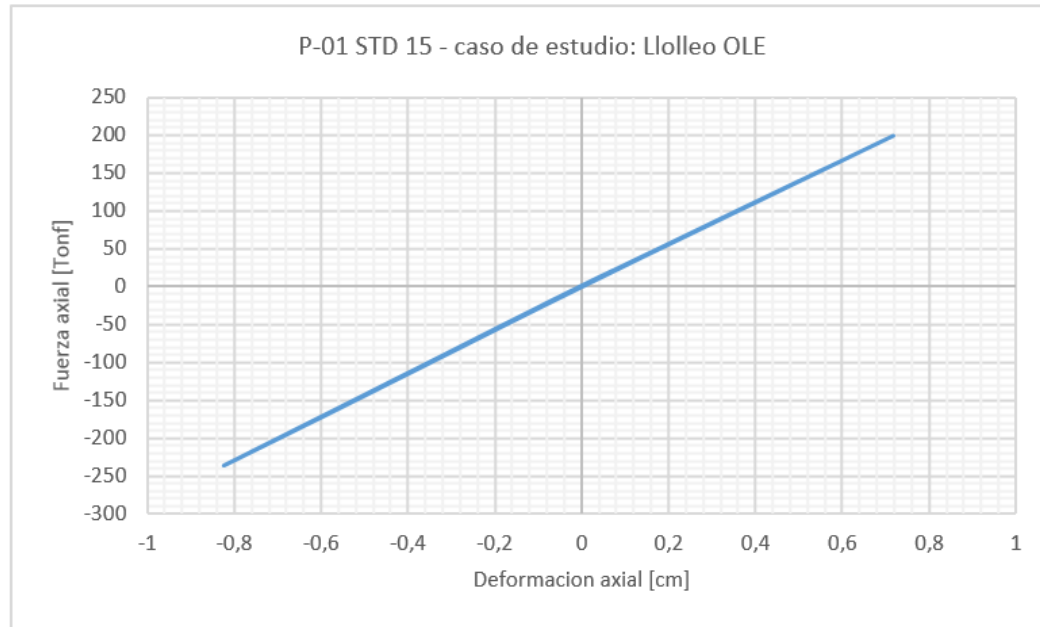
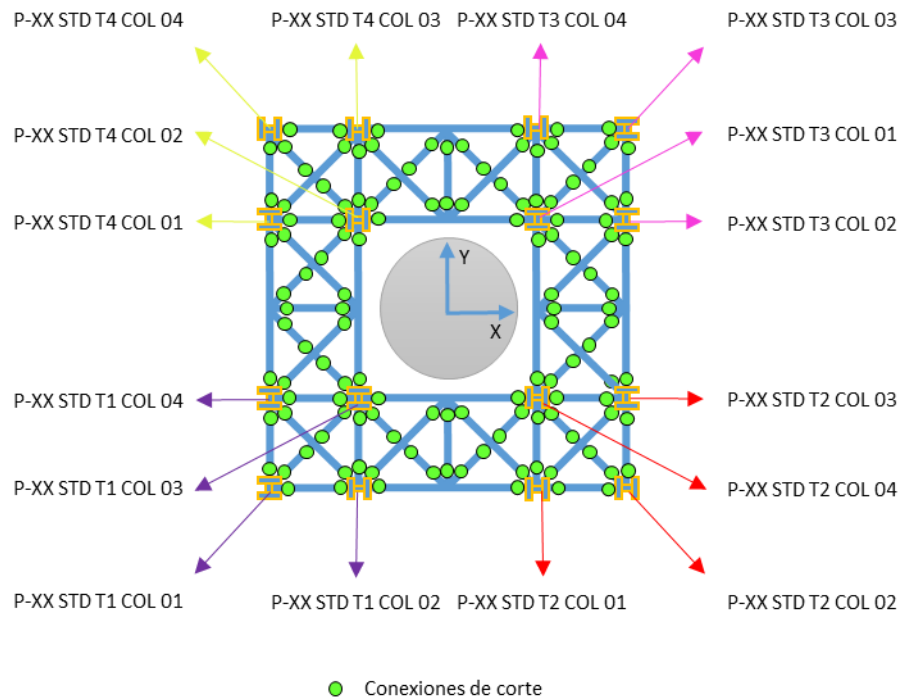


Figura VII.5.4.j Riostra convencional con la mayor relación entre deformación máxima de compresión y deformación de pandeo detectada, evento: Lollole OLE [elaboración propia]

VII.5.5 Comportamiento de las columnas

El siguiente subcapítulo presenta la detección de daños residuales importantes en las columnas, a través de la evaluación de la deformación axial residual observada en compresión, con respecto a la deformación teórica de pandeo debido a la ineficiencia del control de los desplazamientos laterales sobre la estructura. Se considera que cualquier columna que presente deformación axial residual mayor a la deformación de pandeo ha sufrido comportamiento no lineal que modifica de forma no despreciable la capacidad axial soportante del elemento. Considerando que esta es una estructura arriostrada, donde la posible no linealidad en las columnas puede ser asociada principalmente a demandas axiales, este parámetro de comportamiento es considerado como “aceptable” considerando los objetivos de estudio de este documento.



Disposición en planta "típica" de las columnas para el piso XX

Figura VII.5.5.a Disposición en planta "típica" de columnas, para la estructura que considera el uso de riostras convencionales, piso XX [elaboración propia]

Tabla VII.5.5.a Identificación de las columnas en las tablas de resultados [elaboración propia]

Disposición de las columnas																
Piso	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4			
16	P-16 STD T1 COL 01	P-16 STD T1 COL 02	P-16 STD T1 COL 03	P-16 STD T1 COL 04	P-16 STD T2 COL 01	P-16 STD T2 COL 02	P-16 STD T2 COL 03	P-16 STD T2 COL 04	P-16 STD T3 COL 01	P-16 STD T3 COL 02	P-16 STD T3 COL 03	P-16 STD T3 COL 04	P-16 STD T4 COL 01	P-16 STD T4 COL 02	P-16 STD T4 COL 03	P-16 STD T4 COL 04
15	P-15 STD T1 COL 01	P-15 STD T1 COL 02	P-15 STD T1 COL 03	P-15 STD T1 COL 04	P-15 STD T2 COL 01	P-15 STD T2 COL 02	P-15 STD T2 COL 03	P-15 STD T2 COL 04	P-15 STD T3 COL 01	P-15 STD T3 COL 02	P-15 STD T3 COL 03	P-15 STD T3 COL 04	P-15 STD T4 COL 01	P-15 STD T4 COL 02	P-15 STD T4 COL 03	P-15 STD T4 COL 04
14	P-14 STD T1 COL 01	P-14 STD T1 COL 02	P-14 STD T1 COL 03	P-14 STD T1 COL 04	P-14 STD T2 COL 01	P-14 STD T2 COL 02	P-14 STD T2 COL 03	P-14 STD T2 COL 04	P-14 STD T3 COL 01	P-14 STD T3 COL 02	P-14 STD T3 COL 03	P-14 STD T3 COL 04	P-14 STD T4 COL 01	P-14 STD T4 COL 02	P-14 STD T4 COL 03	P-14 STD T4 COL 04
13	P-13 STD T1 COL 01	P-13 STD T1 COL 02	P-13 STD T1 COL 03	P-13 STD T1 COL 04	P-13 STD T2 COL 01	P-13 STD T2 COL 02	P-13 STD T2 COL 03	P-13 STD T2 COL 04	P-13 STD T3 COL 01	P-13 STD T3 COL 02	P-13 STD T3 COL 03	P-13 STD T3 COL 04	P-13 STD T4 COL 01	P-13 STD T4 COL 02	P-13 STD T4 COL 03	P-13 STD T4 COL 04
12-1	P-12-1 STD T1 COL 01	P-12-1 STD T1 COL 02	P-12-1 STD T1 COL 03	P-12-1 STD T1 COL 04	P-12-1 STD T2 COL 01	P-12-1 STD T2 COL 02	P-12-1 STD T2 COL 03	P-12-1 STD T2 COL 04	P-12-1 STD T3 COL 01	P-12-1 STD T3 COL 02	P-12-1 STD T3 COL 03	P-12-1 STD T3 COL 04	P-12-1 STD T4 COL 01	P-12-1 STD T4 COL 02	P-12-1 STD T4 COL 03	P-12-1 STD T4 COL 04
12-2	P-12-2 STD T1 COL 01	P-12-2 STD T1 COL 02	P-12-2 STD T1 COL 03	P-12-2 STD T1 COL 04	P-12-2 STD T2 COL 01	P-12-2 STD T2 COL 02	P-12-2 STD T2 COL 03	P-12-2 STD T2 COL 04	P-12-2 STD T3 COL 01	P-12-2 STD T3 COL 02	P-12-2 STD T3 COL 03	P-12-2 STD T3 COL 04	P-12-2 STD T4 COL 01	P-12-2 STD T4 COL 02	P-12-2 STD T4 COL 03	P-12-2 STD T4 COL 04
11	P-11 STD T1 COL 01	P-11 STD T1 COL 02	P-11 STD T1 COL 03	P-11 STD T1 COL 04	P-11 STD T2 COL 01	P-11 STD T2 COL 02	P-11 STD T2 COL 03	P-11 STD T2 COL 04	P-11 STD T3 COL 01	P-11 STD T3 COL 02	P-11 STD T3 COL 03	P-11 STD T3 COL 04	P-11 STD T4 COL 01	P-11 STD T4 COL 02	P-11 STD T4 COL 03	P-11 STD T4 COL 04
10	P-10 STD T1 COL 01	P-10 STD T1 COL 02	P-10 STD T1 COL 03	P-10 STD T1 COL 04	P-10 STD T2 COL 01	P-10 STD T2 COL 02	P-10 STD T2 COL 03	P-10 STD T2 COL 04	P-10 STD T3 COL 01	P-10 STD T3 COL 02	P-10 STD T3 COL 03	P-10 STD T3 COL 04	P-10 STD T4 COL 01	P-10 STD T4 COL 02	P-10 STD T4 COL 03	P-10 STD T4 COL 04
09	P-09 STD T1 COL 01	P-09 STD T1 COL 02	P-09 STD T1 COL 03	P-09 STD T1 COL 04	P-09 STD T2 COL 01	P-09 STD T2 COL 02	P-09 STD T2 COL 03	P-09 STD T2 COL 04	P-09 STD T3 COL 01	P-09 STD T3 COL 02	P-09 STD T3 COL 03	P-09 STD T3 COL 04	P-09 STD T4 COL 01	P-09 STD T4 COL 02	P-09 STD T4 COL 03	P-09 STD T4 COL 04
08-1	P-08-1 STD T1 COL 01	P-08-1 STD T1 COL 02	P-08-1 STD T1 COL 03	P-08-1 STD T1 COL 04	P-08-1 STD T2 COL 01	P-08-1 STD T2 COL 02	P-08-1 STD T2 COL 03	P-08-1 STD T2 COL 04	P-08-1 STD T3 COL 01	P-08-1 STD T3 COL 02	P-08-1 STD T3 COL 03	P-08-1 STD T3 COL 04	P-08-1 STD T4 COL 01	P-08-1 STD T4 COL 02	P-08-1 STD T4 COL 03	P-08-1 STD T4 COL 04
08-2	P-08-2 STD T1 COL 01	P-08-2 STD T1 COL 02	P-08-2 STD T1 COL 03	P-08-2 STD T1 COL 04	P-08-2 STD T2 COL 01	P-08-2 STD T2 COL 02	P-08-2 STD T2 COL 03	P-08-2 STD T2 COL 04	P-08-2 STD T3 COL 01	P-08-2 STD T3 COL 02	P-08-2 STD T3 COL 03	P-08-2 STD T3 COL 04	P-08-2 STD T4 COL 01	P-08-2 STD T4 COL 02	P-08-2 STD T4 COL 03	P-08-2 STD T4 COL 04

07	P-07 STD T1 COL 01	P-07 STD T1 COL 02	P-07 STD T1 COL 03	P-07 STD T1 COL 04	P-07 STD T2 COL 01	P-07 STD T2 COL 02	P-07 STD T2 COL 03	P-07 STD T2 COL 04	P-07 STD T3 COL 01	P-07 STD T3 COL 02	P-07 STD T3 COL 03	P-07 STD T3 COL 04	P-07 STD T4 COL 01	P-07 STD T4 COL 02	P-07 STD T4 COL 03	P-07 STD T4 COL 04
06	P-06 STD T1 COL 01	P-06 STD T1 COL 02	P-06 STD T1 COL 03	P-06 STD T1 COL 04	P-06 STD T2 COL 01	P-06 STD T2 COL 02	P-06 STD T2 COL 03	P-06 STD T2 COL 04	P-06 STD T3 COL 01	P-06 STD T3 COL 02	P-06 STD T3 COL 03	P-06 STD T3 COL 04	P-06 STD T4 COL 01	P-06 STD T4 COL 02	P-06 STD T4 COL 03	P-06 STD T4 COL 04
05	P-05 STD T1 COL 01	P-05 STD T1 COL 02	P-05 STD T1 COL 03	P-05 STD T1 COL 04	P-05 STD T2 COL 01	P-05 STD T2 COL 02	P-05 STD T2 COL 03	P-05 STD T2 COL 04	P-05 STD T3 COL 01	P-05 STD T3 COL 02	P-05 STD T3 COL 03	P-05 STD T3 COL 04	P-05 STD T4 COL 01	P-05 STD T4 COL 02	P-05 STD T4 COL 03	P-05 STD T4 COL 04
04-1	P-04-1 STD T1 COL 01	P-04-1 STD T1 COL 02	P-04-1 STD T1 COL 03	P-04-1 STD T1 COL 04	P-04-1 STD T2 COL 01	P-04-1 STD T2 COL 02	P-04-1 STD T2 COL 03	P-04-1 STD T2 COL 04	P-04-1 STD T3 COL 01	P-04-1 STD T3 COL 02	P-04-1 STD T3 COL 03	P-04-1 STD T3 COL 04	P-04-1 STD T4 COL 01	P-04-1 STD T4 COL 02	P-04-1 STD T4 COL 03	P-04-1 STD T4 COL 04
04-2	P-04-2 STD T1 COL 01	P-04-2 STD T1 COL 02	P-04-2 STD T1 COL 03	P-04-2 STD T1 COL 04	P-04-2 STD T2 COL 01	P-04-2 STD T2 COL 02	P-04-2 STD T2 COL 03	P-04-2 STD T2 COL 04	P-04-2 STD T3 COL 01	P-04-2 STD T3 COL 02	P-04-2 STD T3 COL 03	P-04-2 STD T3 COL 04	P-04-2 STD T4 COL 01	P-04-2 STD T4 COL 02	P-04-2 STD T4 COL 03	P-04-2 STD T4 COL 04
03	P-03 STD T1 COL 01	P-03 STD T1 COL 02	P-03 STD T1 COL 03	P-03 STD T1 COL 04	P-03 STD T2 COL 01	P-03 STD T2 COL 02	P-03 STD T2 COL 03	P-03 STD T2 COL 04	P-03 STD T3 COL 01	P-03 STD T3 COL 02	P-03 STD T3 COL 03	P-03 STD T3 COL 04	P-03 STD T4 COL 01	P-03 STD T4 COL 02	P-03 STD T4 COL 03	P-03 STD T4 COL 04
02	P-02 STD T1 COL 01	P-02 STD T1 COL 02	P-02 STD T1 COL 03	P-02 STD T1 COL 04	P-02 STD T2 COL 01	P-02 STD T2 COL 02	P-02 STD T2 COL 03	P-02 STD T2 COL 04	P-02 STD T3 COL 01	P-02 STD T3 COL 02	P-02 STD T3 COL 03	P-02 STD T3 COL 04	P-02 STD T4 COL 01	P-02 STD T4 COL 02	P-02 STD T4 COL 03	P-02 STD T4 COL 04
01-1	P-01-1 STD T1 COL 01	P-01-1 STD T1 COL 02	P-01-1 STD T1 COL 03	P-01-1 STD T1 COL 04	P-01-1 STD T2 COL 01	P-01-1 STD T2 COL 02	P-01-1 STD T2 COL 03	P-01-1 STD T2 COL 04	P-01-1 STD T3 COL 01	P-01-1 STD T3 COL 02	P-01-1 STD T3 COL 03	P-01-1 STD T3 COL 04	P-01-1 STD T4 COL 01	P-01-1 STD T4 COL 02	P-01-1 STD T4 COL 03	P-01-1 STD T4 COL 04
01-2	P-01-2 STD T1 COL 01	P-01-2 STD T1 COL 02	P-01-2 STD T1 COL 03	P-01-2 STD T1 COL 04	P-01-2 STD T2 COL 01	P-01-2 STD T2 COL 02	P-01-2 STD T2 COL 03	P-01-2 STD T2 COL 04	P-01-2 STD T3 COL 01	P-01-2 STD T3 COL 02	P-01-2 STD T3 COL 03	P-01-2 STD T3 COL 04	P-01-2 STD T4 COL 01	P-01-2 STD T4 COL 02	P-01-2 STD T4 COL 03	P-01-2 STD T4 COL 04

Tabla VII.5.5.b Deformación residual observada, estructura con el uso de riostras convencionales, Constitución DLE
[elaboración propia]

Piso	Deformación residual capturada [cm]															
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4			
16	0,000	0,001	0,005	0,001	0,001	0,000	0,001	0,005	0,005	0,001	0,000	0,001	0,001	0,005	0,001	0,000
15	0,003	0,003	0,010	0,001	0,004	0,002	0,002	0,010	0,010	0,002	0,004	0,001	0,003	0,010	0,002	0,003
14	0,004	0,004	0,015	0,003	0,005	0,002	0,004	0,015	0,015	0,004	0,004	0,002	0,004	0,015	0,003	0,003
13	0,009	0,005	0,020	0,000	0,008	0,004	0,003	0,020	0,020	0,005	0,009	0,000	0,006	0,020	0,003	0,006
12-1	0,005	0,003	0,012	0,001	0,005	0,002	0,002	0,012	0,012	0,003	0,005	0,001	0,004	0,012	0,002	0,003
12-2	0,005	0,003	0,013	0,001	0,005	0,002	0,002	0,012	0,012	0,003	0,005	0,001	0,004	0,013	0,002	0,003
11	0,017	0,007	0,031	0,002	0,014	0,005	0,004	0,030	0,030	0,006	0,017	0,001	0,010	0,031	0,003	0,010
10	0,017	0,008	0,035	0,001	0,015	0,006	0,006	0,035	0,036	0,004	0,017	0,000	0,012	0,035	0,004	0,010
09	0,021	0,112	0,040	0,034	0,066	0,396	0,004	0,040	0,040	0,243	0,009	0,068	0,210	0,040	0,184	0,100
08-1	0,019	0,336	0,023	0,301	0,338	0,231	0,092	0,023	0,023	0,534	0,005	0,448	0,226	0,023	0,313	0,077
08-2	0,006	0,002	0,011	0,002	0,004	0,002	0,000	0,011	0,011	0,001	0,006	0,001	0,002	0,011	0,001	0,002
07	0,015	0,007	0,025	0,002	0,013	0,007	0,002	0,025	0,025	0,005	0,015	0,001	0,009	0,025	0,002	0,010
06	0,016	0,007	0,028	0,001	0,014	0,007	0,002	0,028	0,028	0,005	0,015	0,002	0,010	0,028	0,003	0,010
05	0,016	0,009	0,031	0,000	0,013	0,011	0,000	0,031	0,031	0,005	0,016	0,004	0,010	0,031	0,003	0,012
04-1	0,008	0,005	0,017	0,000	0,007	0,006	0,001	0,017	0,017	0,003	0,008	0,002	0,005	0,017	0,002	0,006
04-2	0,008	0,005	0,017	0,000	0,007	0,006	0,001	0,017	0,017	0,003	0,008	0,002	0,005	0,017	0,002	0,006
03	0,026	0,017	0,036	0,000	0,013	0,016	0,003	0,036	0,036	0,004	0,017	0,000	0,008	0,036	0,004	0,017
02	0,017	0,064	0,038	0,088	0,014	0,016	0,173	0,038	0,038	0,115	0,005	0,261	0,050	0,038	0,005	0,017
01-1	0,175	0,272	0,041	0,069	0,114	0,136	0,252	0,041	0,041	0,018	0,269	0,369	0,729	0,041	0,601	0,584
01-2	0,135	0,251	0,041	0,049	0,026	0,172	0,147	0,041	0,041	0,082	0,226	0,345	0,559	0,041	0,393	0,421

Tabla VII.5.5.c Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de riostras convencionales, según el criterio establecido para este documento, Constitución DLE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Columnas																Comportamiento No Lineal
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
09	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6%
08-1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	50%
08-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
01-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	25%
01-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	25%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones residuales mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	5,3%

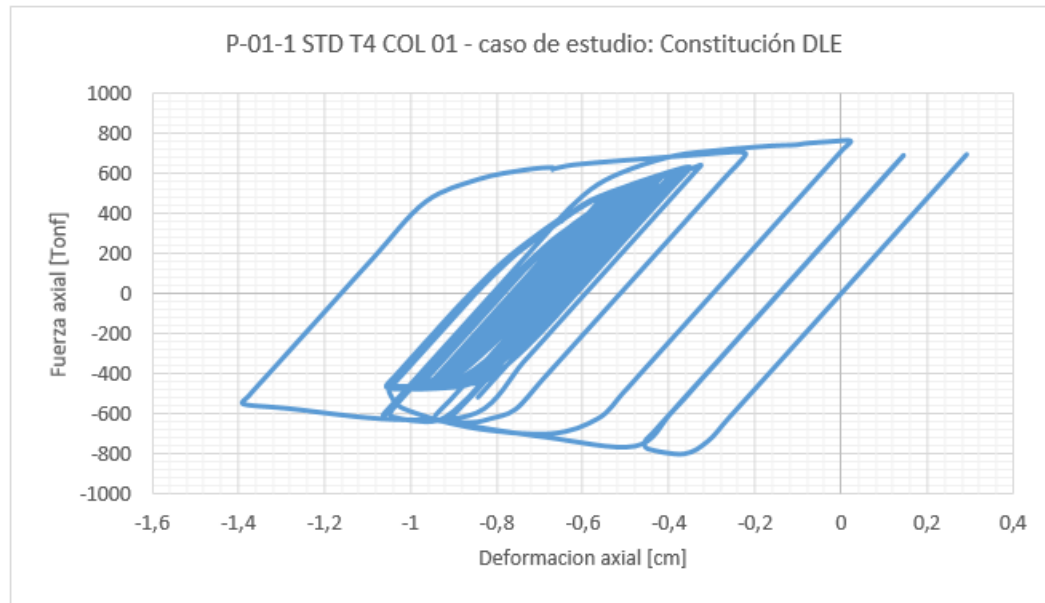


Figura VII.5.5.b Columna con la mayor deformación residual detectada, estructura con uso de riostras convencionales,
Constitución DLE [elaboración propia]

Tabla VII.5.5.d Deformación residual observada, estructura con el uso de riostras convencionales, Constitución MCE
[elaboración propia]

Piso	Deformación residual capturada [cm]															
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4			
16	0,000	0,001	0,005	0,001	0,001	0,000	0,001	0,005	0,005	0,001	0,000	0,002	0,001	0,005	0,001	0,000
15	0,004	0,002	0,010	0,001	0,003	0,001	0,003	0,010	0,010	0,002	0,004	0,001	0,003	0,010	0,001	0,004
14	0,004	0,003	0,016	0,003	0,005	0,002	0,004	0,015	0,015	0,004	0,004	0,002	0,004	0,015	0,002	0,004
13	0,012	0,002	0,021	0,000	0,008	0,002	0,005	0,020	0,020	0,005	0,008	0,001	0,006	0,020	0,000	0,008
12-1	0,006	0,008	0,002	0,001	0,003	0,006	0,005	0,003	0,001	0,008	0,008	0,011	0,004	0,000	0,014	0,004
12-2	0,006	0,001	0,013	0,001	0,004	0,006	0,005	0,003	0,001	0,008	0,008	0,011	0,004	0,013	0,001	0,004
11	0,024	0,034	0,074	0,003	0,046	0,000	0,008	0,067	0,076	0,003	0,014	0,055	0,009	0,083	0,054	0,017
10	0,024	0,014	0,036	0,002	0,036	0,029	0,042	0,071	0,081	0,033	0,063	0,055	0,011	0,036	0,003	0,017
09	0,405	0,282	0,042	0,424	0,959	0,796	0,031	0,040	0,040	0,288	0,031	0,184	0,218	0,041	0,254	0,223
08-1	0,255	0,355	0,015	0,785	0,773	0,200	0,177	0,016	0,014	0,498	0,084	1,098	0,414	0,012	0,267	0,061
08-2	0,007	0,001	0,012	0,003	0,001	0,008	0,005	0,005	0,002	0,007	0,007	0,010	0,002	0,012	0,003	0,005
07	0,022	0,029	0,060	0,002	0,036	0,004	0,002	0,051	0,060	0,006	0,009	0,046	0,010	0,068	0,042	0,016
06	0,022	0,000	0,029	0,001	0,036	0,023	0,025	0,053	0,062	0,037	0,045	0,046	0,011	0,029	0,005	0,016
05	0,023	0,000	0,031	0,002	0,014	0,030	0,020	0,031	0,031	0,037	0,041	0,011	0,014	0,031	0,007	0,018
04-1	0,011	0,007	0,009	0,001	0,002	0,002	0,006	0,011	0,008	0,004	0,006	0,008	0,007	0,007	0,015	0,009
04-2	0,011	0,000	0,017	0,001	0,002	0,002	0,006	0,011	0,008	0,004	0,006	0,002	0,007	0,017	0,003	0,009
03	0,060	0,051	0,069	0,003	0,032	0,019	0,010	0,060	0,068	0,006	0,001	0,053	0,015	0,077	0,035	0,009
02	0,012	0,496	0,040	0,464	0,043	0,005	0,268	0,062	0,069	0,190	0,032	0,213	0,497	0,039	0,001	0,017
01-1	1,146	0,160	0,042	2,836	2,990	0,011	0,349	0,041	0,041	0,415	0,203	2,312	4,111	0,042	0,290	1,329
01-2	0,822	0,228	0,042	1,918	1,777	0,807	0,434	0,041	0,041	0,625	0,257	1,975	2,385	0,042	0,229	0,947

Tabla VII.5.5.e Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de riostras convencionales, según el criterio establecido para este documento, Constitución MCE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Columnas																Comportamiento No Lineal
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
09	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25%
08-1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	63%
08-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
02	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	19%
01-1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	50%
01-2	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	56%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones residuales mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	10,6%

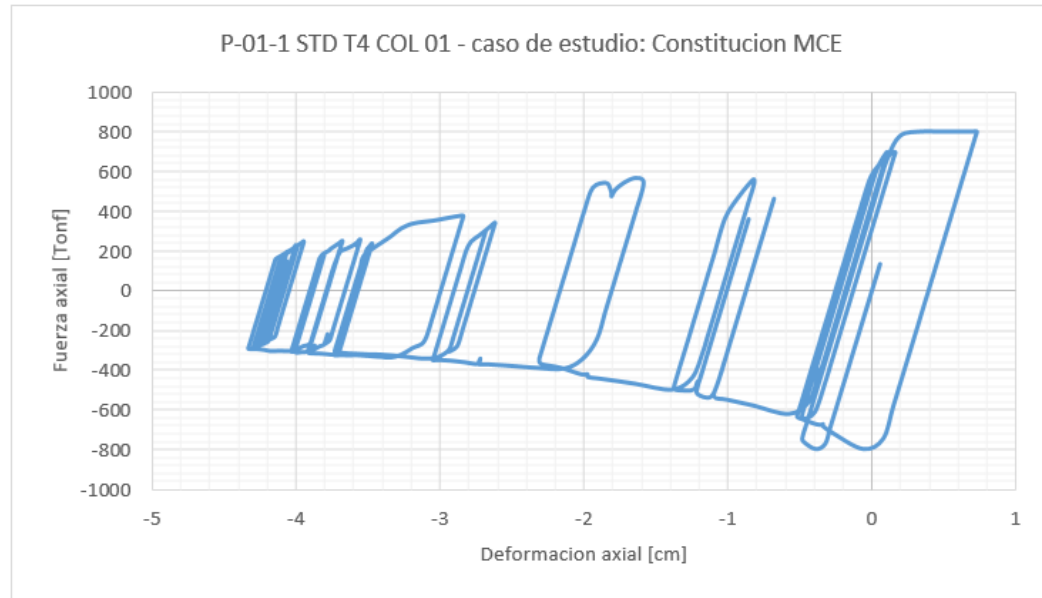


Figura VII.5.5.c Columna con la mayor deformación residual detectada, estructura con uso de riostras convencionales, Constitución MCE [elaboración propia]

Tabla VII.5.5.f Deformación residual observada, estructura con el uso de riostras convencionales, Constitución OLE
[elaboración propia]

Piso	Deformación residual capturada [cm]																
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4				
16	0,000	0,001	0,005	0,001	0,001	0,000	0,001	0,005	0,005	0,001	0,000	0,001	0,001	0,001	0,005	0,001	0,000
15	0,003	0,003	0,010	0,001	0,003	0,002	0,002	0,010	0,010	0,002	0,004	0,001	0,003	0,010	0,002	0,003	
14	0,003	0,004	0,015	0,003	0,005	0,002	0,004	0,015	0,015	0,004	0,004	0,002	0,004	0,015	0,003	0,003	
13	0,008	0,005	0,020	0,002	0,007	0,004	0,004	0,020	0,020	0,004	0,009	0,001	0,007	0,020	0,003	0,005	
12-1	0,004	0,003	0,012	0,002	0,004	0,002	0,002	0,012	0,012	0,003	0,005	0,001	0,004	0,012	0,002	0,003	
12-2	0,004	0,003	0,013	0,001	0,004	0,002	0,002	0,012	0,012	0,003	0,005	0,001	0,004	0,013	0,002	0,003	
11	0,015	0,008	0,031	0,000	0,012	0,007	0,004	0,031	0,031	0,006	0,017	0,000	0,010	0,031	0,004	0,008	
10	0,015	0,008	0,035	0,002	0,013	0,008	0,007	0,036	0,036	0,008	0,018	0,001	0,012	0,035	0,005	0,008	
09	0,019	0,026	0,040	0,139	0,015	0,003	0,002	0,040	0,040	0,081	0,019	0,307	0,013	0,040	0,002	0,007	
08-1	0,010	0,082	0,022	0,158	0,008	0,004	0,008	0,022	0,022	0,181	0,009	0,247	0,005	0,022	0,002	0,000	
08-2	0,005	0,003	0,011	0,001	0,004	0,003	0,001	0,011	0,011	0,001	0,005	0,002	0,004	0,011	0,001	0,004	
07	0,013	0,008	0,026	0,000	0,010	0,008	0,003	0,026	0,026	0,007	0,014	0,000	0,010	0,026	0,004	0,008	
06	0,013	0,008	0,028	0,001	0,011	0,008	0,004	0,029	0,029	0,008	0,014	0,001	0,011	0,028	0,004	0,008	
05	0,014	0,009	0,031	0,001	0,010	0,012	0,003	0,031	0,031	0,009	0,016	0,000	0,011	0,031	0,003	0,010	
04-1	0,007	0,005	0,016	0,001	0,006	0,006	0,002	0,016	0,016	0,005	0,007	0,000	0,006	0,016	0,002	0,005	
04-2	0,007	0,005	0,017	0,001	0,005	0,006	0,002	0,016	0,016	0,005	0,007	0,000	0,006	0,017	0,002	0,005	
03	0,024	0,012	0,036	0,000	0,011	0,018	0,001	0,036	0,036	0,008	0,022	0,002	0,011	0,036	0,002	0,017	
02	0,018	0,003	0,038	0,001	0,012	0,018	0,002	0,039	0,039	0,006	0,023	0,001	0,012	0,038	0,003	0,018	
01-1	0,021	0,301	0,041	0,204	0,035	0,113	0,033	0,041	0,041	0,514	0,027	0,028	0,481	0,041	0,372	0,013	
01-2	0,021	0,243	0,041	0,287	0,007	0,113	0,066	0,041	0,041	0,335	0,026	0,006	0,308	0,041	0,278	0,010	

Tabla VII.5.5.g Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de riostras convencionales, según el criterio establecido para este documento, Constitución OLE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Columnas																Comportamiento No Lineal
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6%
08-1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	19%
08-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
01-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	19%
01-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	13%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones residuales mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	2,8%

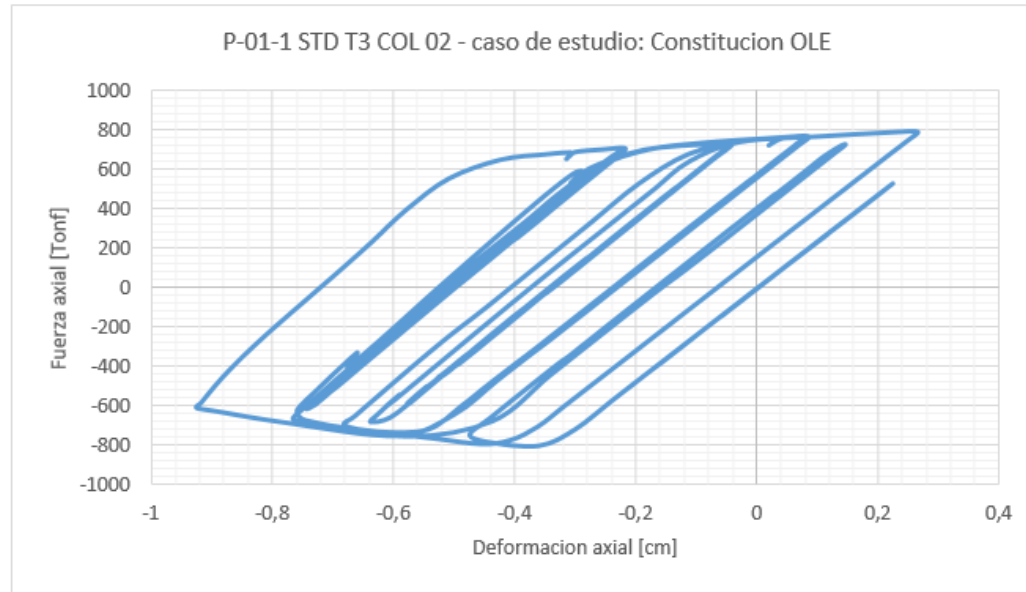


Figura VII.5.5.d Columna con la mayor deformación residual detectada, estructura con uso de riostras convencionales,
Constitución OLE [elaboración propia]

Tabla VII.5.5.h Deformación residual observada, estructura con el uso de riostras convencionales, Talca DLE [elaboración propia]

Piso	Deformación residual capturada [cm]															
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4			
16	0,000	0,001	0,005	0,001	0,001	0,000	0,001	0,005	0,005	0,001	0,000	0,001	0,001	0,005	0,001	0,000
15	0,004	0,000	0,010	0,003	0,002	0,004	0,001	0,010	0,010	0,001	0,003	0,003	0,003	0,010	0,002	0,003
14	0,004	0,002	0,015	0,005	0,004	0,004	0,003	0,015	0,015	0,002	0,004	0,005	0,005	0,015	0,003	0,003
13	0,011	0,002	0,020	0,006	0,005	0,008	0,002	0,020	0,020	0,001	0,006	0,008	0,006	0,020	0,002	0,007
12-1	0,005	0,002	0,011	0,004	0,002	0,002	0,000	0,011	0,011	0,000	0,002	0,003	0,004	0,011	0,000	0,003
12-2	0,005	0,000	0,013	0,004	0,002	0,002	0,000	0,011	0,011	0,000	0,002	0,003	0,004	0,013	0,002	0,003
11	0,023	0,002	0,037	0,007	0,015	0,014	0,000	0,036	0,036	0,000	0,009	0,018	0,010	0,036	0,005	0,012
10	0,023	0,007	0,035	0,008	0,016	0,021	0,008	0,041	0,041	0,006	0,014	0,020	0,012	0,035	0,001	0,012
09	0,025	0,357	0,040	0,041	0,166	0,023	0,005	0,040	0,040	0,077	0,013	0,056	0,072	0,040	0,012	0,016
08-1	0,006	0,359	0,021	0,268	0,189	0,004	0,090	0,021	0,021	0,308	0,002	0,017	0,215	0,021	0,037	0,008
08-2	0,010	0,006	0,011	0,001	0,001	0,004	0,002	0,010	0,010	0,002	0,001	0,004	0,004	0,011	0,001	0,004
07	0,025	0,004	0,031	0,005	0,019	0,011	0,003	0,031	0,030	0,002	0,006	0,018	0,015	0,031	0,001	0,011
06	0,025	0,010	0,028	0,006	0,019	0,018	0,003	0,034	0,033	0,008	0,011	0,018	0,016	0,028	0,005	0,011
05	0,029	0,013	0,031	0,007	0,020	0,018	0,001	0,031	0,031	0,008	0,013	0,015	0,024	0,031	0,011	0,012
04-1	0,014	0,007	0,015	0,004	0,009	0,005	0,004	0,015	0,015	0,001	0,003	0,007	0,012	0,015	0,006	0,006
04-2	0,014	0,006	0,017	0,004	0,009	0,005	0,004	0,015	0,015	0,001	0,003	0,007	0,012	0,017	0,005	0,006
03	0,024	0,015	0,041	0,004	0,025	0,008	0,013	0,041	0,040	0,000	0,005	0,014	0,033	0,040	0,010	0,011
02	0,035	0,061	0,038	0,219	0,365	0,057	0,019	0,042	0,041	0,197	0,008	0,586	0,033	0,038	0,014	0,012
01-1	0,069	0,690	0,041	0,621	0,935	0,060	0,575	0,041	0,041	0,304	0,081	0,633	0,233	0,041	0,409	0,440
01-2	0,061	0,713	0,041	0,530	0,772	0,070	0,396	0,041	0,041	0,141	0,071	0,641	0,291	0,041	0,442	0,324

Tabla VII.5.5.i Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de riostras convencionales, según el criterio establecido para este documento, Talca DLE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Columnas																Comportamiento No Lineal	
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4					
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
09	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6%
08-1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	31%
08-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
02	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	13%
01-1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	50%
01-2	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	44%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones residuales mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																	TOTAL	7,2%

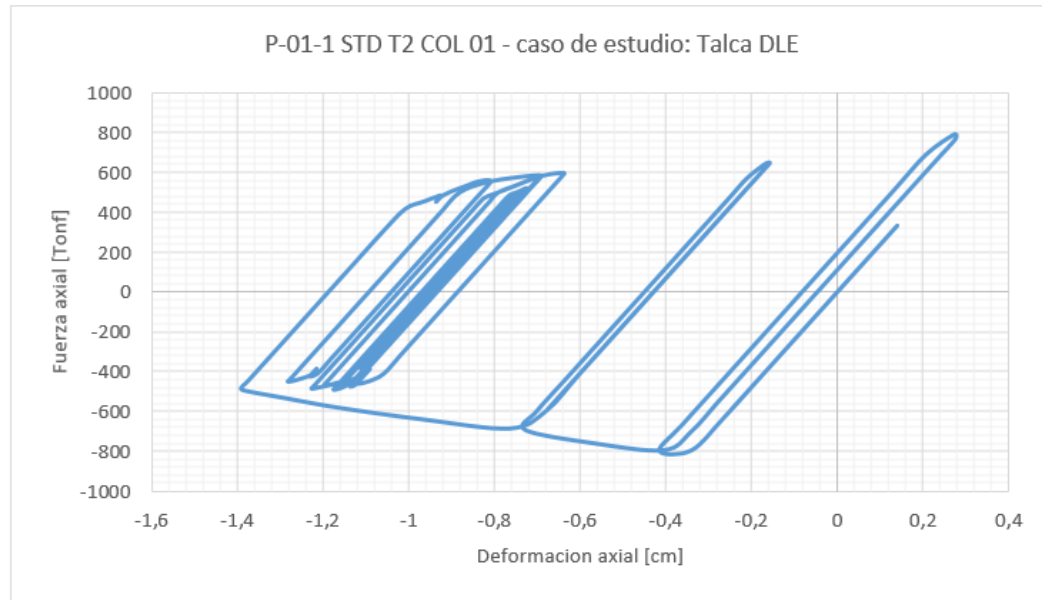


Figura VII.5.5.e Columna con la mayor deformación residual detectada, estructura con uso de riostras convencionales, Talca DLE [elaboración propia]

Tabla VII.5.5.j Deformación residual observada, estructura con el uso de riostras convencionales, Talca MCE [elaboración propia]

Piso	Deformación residual capturada [cm]															
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4			
16	0,000	0,001	0,005	0,001	0,001	0,000	0,001	0,005	0,005	0,001	0,000	0,001	0,001	0,005	0,001	0,000
15	0,004	0,000	0,010	0,003	0,000	0,003	0,005	0,010	0,010	0,001	0,003	0,003	0,000	0,010	0,004	0,004
14	0,004	0,002	0,015	0,004	0,002	0,003	0,006	0,015	0,015	0,003	0,003	0,005	0,001	0,015	0,005	0,004
13	0,007	0,000	0,020	0,008	0,001	0,004	0,012	0,020	0,020	0,001	0,009	0,006	0,004	0,020	0,008	0,011
12-1	0,004	0,003	0,009	0,005	0,004	0,002	0,003	0,009	0,009	0,004	0,001	0,000	0,001	0,009	0,001	0,005
12-2	0,004	0,001	0,013	0,005	0,004	0,002	0,003	0,009	0,009	0,004	0,001	0,000	0,001	0,013	0,005	0,005
11	0,013	0,013	0,046	0,010	0,012	0,007	0,020	0,046	0,046	0,003	0,016	0,024	0,009	0,046	0,022	0,019
10	0,013	0,005	0,036	0,012	0,011	0,024	0,039	0,052	0,052	0,012	0,034	0,026	0,008	0,035	0,004	0,019
09	0,249	0,666	0,041	0,208	0,174	0,346	0,101	0,040	0,040	0,054	0,081	0,289	0,101	0,040	0,170	0,031
08-1	0,135	0,550	0,018	0,502	0,421	0,298	0,390	0,018	0,018	0,468	0,057	0,024	0,259	0,018	0,366	0,019
08-2	0,003	0,001	0,012	0,001	0,008	0,004	0,001	0,006	0,006	0,006	0,000	0,002	0,004	0,011	0,003	0,006
07	0,011	0,024	0,045	0,006	0,016	0,012	0,013	0,045	0,045	0,003	0,014	0,023	0,004	0,045	0,028	0,015
06	0,011	0,005	0,028	0,007	0,017	0,032	0,034	0,048	0,048	0,023	0,034	0,024	0,003	0,028	0,010	0,015
05	0,012	0,009	0,031	0,004	0,004	0,038	0,030	0,031	0,031	0,028	0,036	0,001	0,001	0,031	0,008	0,016
04-1	0,006	0,000	0,012	0,002	0,007	0,004	0,000	0,012	0,012	0,000	0,003	0,004	0,001	0,012	0,001	0,008
04-2	0,006	0,005	0,017	0,002	0,007	0,004	0,000	0,012	0,012	0,000	0,003	0,004	0,001	0,017	0,004	0,008
03	0,005	0,035	0,057	0,004	0,014	0,027	0,005	0,056	0,056	0,012	0,015	0,013	0,000	0,057	0,024	0,013
02	0,004	0,281	0,039	0,200	0,037	0,024	0,008	0,059	0,058	0,137	0,033	0,290	0,325	0,039	0,052	0,021
01-1	1,157	0,053	0,042	0,569	0,955	1,262	0,018	0,041	0,041	1,160	0,287	1,732	2,640	0,041	0,256	1,406
01-2	1,048	0,032	0,042	0,413	0,902	0,977	0,032	0,041	0,041	0,487	0,307	1,386	1,728	0,041	0,316	1,110

Tabla VII.5.5.k Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de riostras convencionales, según el criterio establecido para este documento, Talca MCE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Columnas																Comportamiento No Lineal
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
09	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13%
08-1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	50%
08-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6%
01-1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	50%
01-2	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	63%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones residuales mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	9,1%

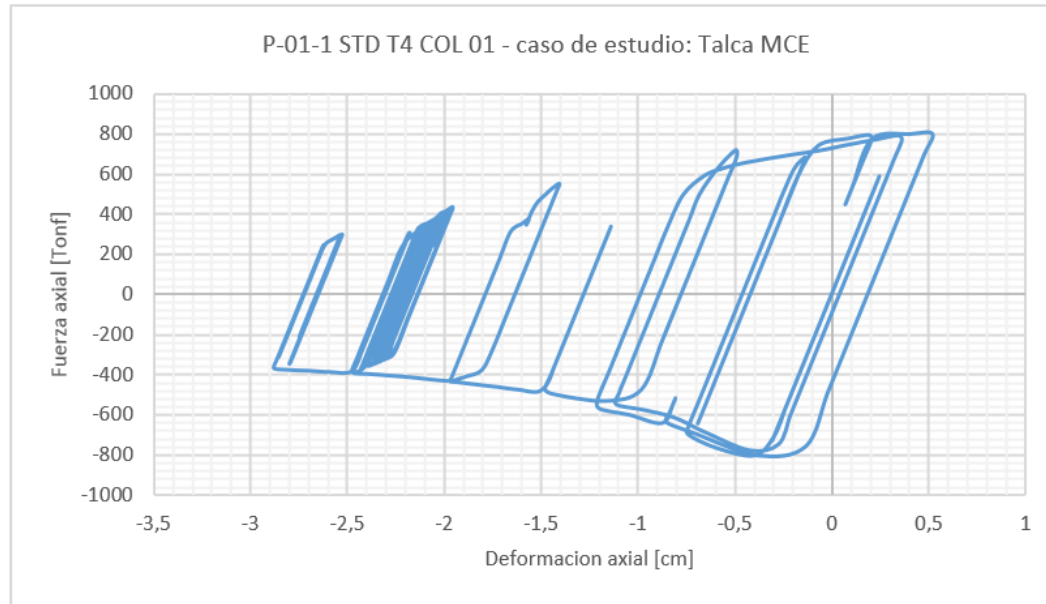


Figura VII.5.5.f Columna con la mayor deformación residual detectada, estructura con uso de riostras convencionales, Talca MCE [elaboración propia]

Tabla VII.5.5.1 Deformación residual observada, estructura con el uso de riostras convencionales, Talca OLE [elaboración propia]

Piso	Deformación residual capturada [cm]															
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4			
16	0,000	0,001	0,005	0,001	0,001	0,000	0,001	0,005	0,005	0,001	0,000	0,001	0,001	0,005	0,001	0,000
15	0,002	0,002	0,010	0,003	0,003	0,003	0,002	0,010	0,010	0,002	0,003	0,003	0,002	0,010	0,002	0,003
14	0,003	0,004	0,015	0,005	0,004	0,003	0,004	0,015	0,015	0,003	0,003	0,004	0,004	0,015	0,004	0,003
13	0,005	0,003	0,020	0,007	0,006	0,004	0,005	0,020	0,020	0,003	0,006	0,006	0,005	0,020	0,004	0,006
12-1	0,003	0,002	0,013	0,004	0,004	0,002	0,003	0,013	0,013	0,002	0,003	0,004	0,003	0,013	0,003	0,003
12-2	0,003	0,002	0,013	0,004	0,004	0,002	0,003	0,013	0,013	0,002	0,003	0,004	0,003	0,013	0,003	0,003
11	0,008	0,004	0,030	0,010	0,010	0,006	0,007	0,030	0,030	0,004	0,008	0,011	0,007	0,030	0,005	0,010
10	0,008	0,006	0,035	0,011	0,012	0,006	0,008	0,035	0,035	0,005	0,008	0,012	0,009	0,035	0,006	0,010
09	0,013	0,004	0,040	0,020	0,015	0,007	0,008	0,040	0,040	0,000	0,010	0,015	0,004	0,040	0,005	0,014
08-1	0,006	0,002	0,023	0,016	0,008	0,004	0,005	0,023	0,023	0,015	0,005	0,008	0,015	0,023	0,003	0,007
08-2	0,004	0,002	0,011	0,004	0,005	0,002	0,003	0,011	0,011	0,002	0,003	0,004	0,003	0,011	0,002	0,004
07	0,010	0,002	0,025	0,008	0,012	0,005	0,005	0,025	0,025	0,004	0,007	0,010	0,009	0,025	0,003	0,009
06	0,010	0,003	0,028	0,009	0,012	0,005	0,005	0,028	0,028	0,005	0,007	0,011	0,010	0,028	0,003	0,009
05	0,015	0,001	0,031	0,008	0,015	0,007	0,004	0,031	0,031	0,004	0,011	0,010	0,013	0,031	0,002	0,010
04-1	0,007	0,001	0,017	0,005	0,008	0,003	0,002	0,017	0,017	0,002	0,005	0,006	0,007	0,017	0,001	0,005
04-2	0,007	0,001	0,017	0,004	0,008	0,003	0,002	0,017	0,017	0,002	0,005	0,006	0,007	0,017	0,001	0,005
03	0,015	0,001	0,036	0,004	0,018	0,009	0,002	0,036	0,036	0,001	0,016	0,010	0,017	0,036	0,000	0,012
02	0,022	0,000	0,038	0,000	0,019	0,009	0,003	0,038	0,038	0,085	0,016	0,011	0,018	0,038	0,001	0,012
01-1	0,028	0,100	0,041	0,084	0,033	0,010	0,009	0,041	0,041	0,155	0,015	0,207	0,020	0,041	0,002	0,009
01-2	0,028	0,070	0,041	0,051	0,013	0,010	0,001	0,041	0,041	0,121	0,015	0,142	0,022	0,041	0,002	0,013

Tabla VII.5.5.m Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de riostras convencionales, según el criterio establecido para este documento, Talca OLE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Columnas																Comportamiento No Lineal
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones residuales mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	0

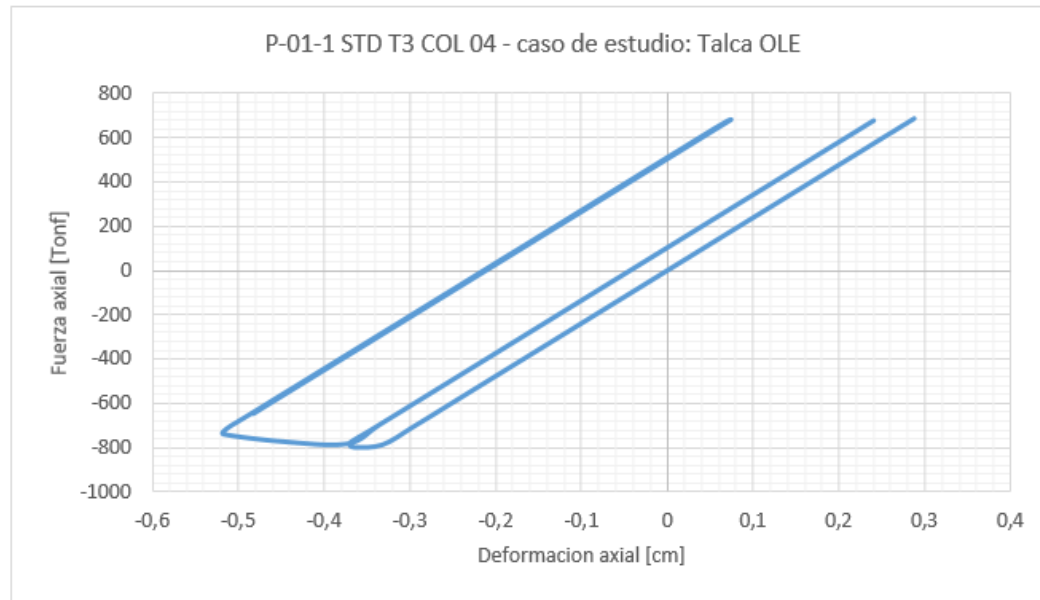


Figura VII.5.5.g Columna con la mayor deformación residual detectada, estructura con uso de riostras convencionales, Talca OLE [elaboración propia]

*Deformación residual menor (2 [mm]), por lo cual se considera que este elemento no ha experimentado comportamiento no lineal importante, siendo consecuente con el criterio establecido para la realización de este estudio.

Tabla VII.5.5.n Deformación residual observada, estructura con el uso de riostras convencionales, Lolloe DLE [elaboración propia]

Piso	Deformación residual capturada [cm]															
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4			
16	0,000	0,001	0,005	0,001	0,001	0,000	0,001	0,005	0,005	0,001	0,000	0,001	0,001	0,005	0,001	0,000
15	0,003	0,002	0,010	0,002	0,001	0,004	0,003	0,010	0,010	0,002	0,004	0,001	0,001	0,010	0,003	0,003
14	0,004	0,003	0,015	0,004	0,002	0,004	0,005	0,015	0,015	0,003	0,004	0,003	0,003	0,015	0,004	0,003
13	0,006	0,004	0,020	0,005	0,001	0,009	0,007	0,020	0,020	0,002	0,011	0,001	0,001	0,020	0,006	0,007
12-1	0,003	0,002	0,012	0,003	0,000	0,004	0,004	0,012	0,012	0,002	0,005	0,001	0,001	0,012	0,004	0,004
12-2	0,003	0,003	0,013	0,003	0,000	0,004	0,004	0,012	0,012	0,002	0,005	0,001	0,001	0,013	0,004	0,004
11	0,011	0,006	0,032	0,006	0,002	0,016	0,009	0,031	0,031	0,001	0,021	0,001	0,000	0,032	0,010	0,012
10	0,012	0,006	0,035	0,007	0,001	0,017	0,012	0,036	0,036	0,003	0,023	0,000	0,002	0,035	0,011	0,012
09	0,025	0,552	0,040	0,162	0,176	0,002	0,028	0,040	0,040	0,019	0,026	0,119	0,124	0,040	0,371	0,078
08-1	0,021	0,475	0,022	0,241	0,008	0,008	0,310	0,022	0,022	0,369	0,009	0,148	0,480	0,022	0,374	0,051
08-2	0,004	0,001	0,011	0,002	0,002	0,007	0,002	0,011	0,011	0,001	0,008	0,001	0,001	0,011	0,001	0,004
07	0,012	0,005	0,027	0,006	0,001	0,014	0,008	0,026	0,026	0,003	0,017	0,001	0,002	0,027	0,008	0,013
06	0,012	0,004	0,028	0,007	0,000	0,016	0,010	0,029	0,029	0,005	0,018	0,002	0,002	0,028	0,007	0,013
05	0,012	0,002	0,031	0,008	0,001	0,016	0,010	0,031	0,031	0,007	0,017	0,003	0,005	0,031	0,007	0,013
04-1	0,006	0,006	0,016	0,004	0,001	0,007	0,004	0,016	0,016	0,003	0,007	0,002	0,003	0,016	0,004	0,006
04-2	0,006	0,003	0,017	0,004	0,001	0,007	0,004	0,016	0,016	0,003	0,007	0,002	0,003	0,017	0,004	0,006
03	0,012	0,004	0,037	0,015	0,005	0,016	0,010	0,037	0,037	0,006	0,017	0,006	0,007	0,037	0,005	0,015
02	0,017	0,075	0,038	0,011	0,120	0,008	0,011	0,039	0,039	0,083	0,019	0,007	0,111	0,038	0,002	0,015
01-1	0,250	0,226	0,041	0,257	0,585	0,473	0,029	0,041	0,041	0,546	0,049	0,324	0,626	0,041	0,067	0,048
01-2	0,223	0,180	0,041	0,335	0,485	0,363	0,112	0,041	0,041	0,457	0,036	0,225	0,471	0,041	0,168	0,029

Tabla VII.5.5.o Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de riostras convencionales, según el criterio establecido para este documento, Llolleo DLE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Columnas																Comportamiento No Lineal
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
09	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	13%
08-1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	38%
08-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
01-1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	31%
01-2	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	31%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones residuales mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	5,6%

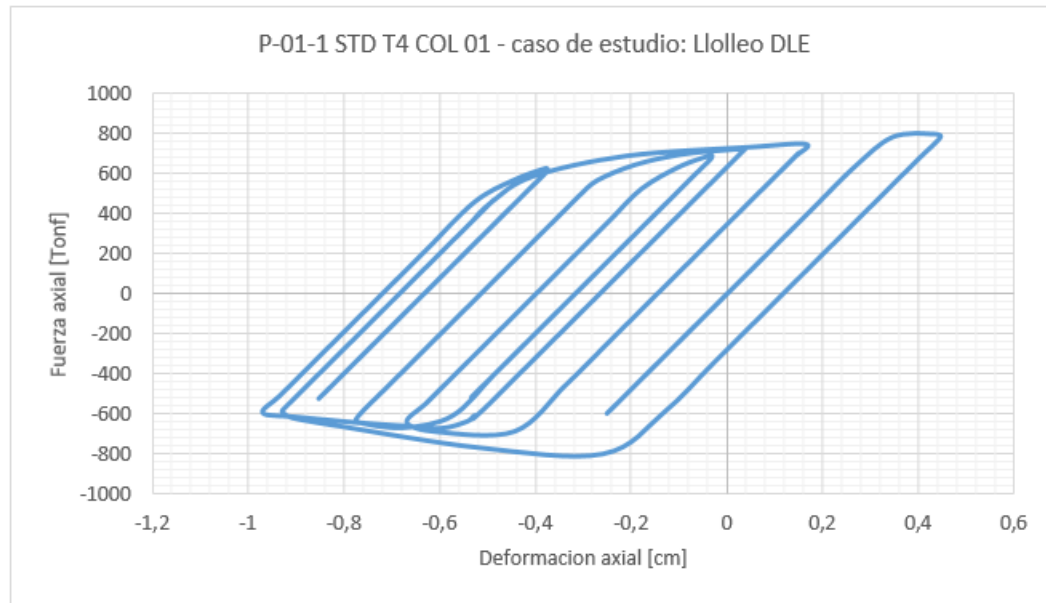


Figura VII.5.5.h Columna con la mayor deformación residual detectada, estructura con uso de riostras convencionales, Lolloleo DLE [elaboración propia]

Tabla VII.5.5.p Deformación residual observada, estructura con el uso de riostras convencionales, Llolleo MCE [elaboración propia]

Piso	Deformación residual capturada [cm]															
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4			
16	0,000	0,001	0,005	0,001	0,001	0,000	0,001	0,005	0,005	0,001	0,000	0,001	0,001	0,005	0,001	0,000
15	0,005	0,001	0,010	0,001	0,001	0,002	0,004	0,010	0,010	0,002	0,004	0,001	0,001	0,010	0,003	0,003
14	0,005	0,003	0,015	0,003	0,002	0,003	0,006	0,015	0,015	0,004	0,005	0,002	0,002	0,015	0,005	0,003
13	0,010	0,003	0,020	0,002	0,001	0,005	0,010	0,020	0,020	0,003	0,013	0,002	0,001	0,020	0,008	0,007
12-1	0,005	0,002	0,012	0,002	0,000	0,002	0,005	0,012	0,012	0,002	0,006	0,000	0,001	0,012	0,004	0,003
12-2	0,005	0,002	0,013	0,002	0,000	0,002	0,005	0,012	0,012	0,002	0,006	0,000	0,001	0,013	0,004	0,003
11	0,018	0,007	0,031	0,006	0,004	0,011	0,020	0,031	0,031	0,006	0,024	0,010	0,008	0,031	0,009	0,005
10	0,018	0,004	0,035	0,023	0,006	0,012	0,011	0,036	0,036	0,002	0,026	0,034	0,028	0,035	0,002	0,004
09	0,375	0,031	0,040	0,636	0,255	0,150	0,788	0,040	0,040	0,607	0,658	1,757	0,318	0,040	0,203	1,002
08-1	0,108	0,624	0,023	0,824	0,562	0,044	0,845	0,023	0,023	0,275	0,253	1,024	0,694	0,023	0,282	0,393
08-2	0,004	0,001	0,011	0,001	0,004	0,003	0,004	0,011	0,011	0,000	0,006	0,003	0,003	0,011	0,003	0,001
07	0,013	0,007	0,026	0,002	0,004	0,015	0,010	0,026	0,026	0,004	0,019	0,003	0,001	0,026	0,011	0,011
06	0,013	0,007	0,028	0,002	0,003	0,016	0,011	0,028	0,028	0,006	0,020	0,003	0,000	0,028	0,011	0,012
05	0,013	0,011	0,031	0,001	0,002	0,019	0,008	0,031	0,031	0,006	0,023	0,004	0,000	0,031	0,010	0,014
04-1	0,007	0,006	0,017	0,001	0,000	0,009	0,004	0,017	0,016	0,003	0,011	0,002	0,000	0,017	0,006	0,007
04-2	0,007	0,006	0,017	0,001	0,001	0,009	0,004	0,017	0,016	0,003	0,011	0,002	0,000	0,017	0,006	0,007
03	0,011	0,010	0,036	0,006	0,001	0,020	0,008	0,036	0,036	0,004	0,023	0,008	0,002	0,036	0,005	0,016
02	0,016	0,361	0,038	0,259	0,124	0,120	0,330	0,039	0,039	0,320	0,015	0,262	0,301	0,038	0,435	0,012
01-1	0,850	0,324	0,041	0,785	0,660	0,589	0,594	0,041	0,041	0,455	0,733	0,485	0,791	0,041	0,071	0,890
01-2	0,672	0,342	0,041	0,699	0,538	0,661	0,598	0,041	0,041	0,614	0,750	0,413	0,564	0,041	0,054	0,683

Tabla VII.5.5.q Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de riostras convencionales, según el criterio establecido para este documento, Llolleo MCE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Columnas																Comportamiento No Lineal
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
09	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	50%
08-1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	63%
08-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
02	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	25%
01-1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	69%
01-2	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	69%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones residuales mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	13,8%

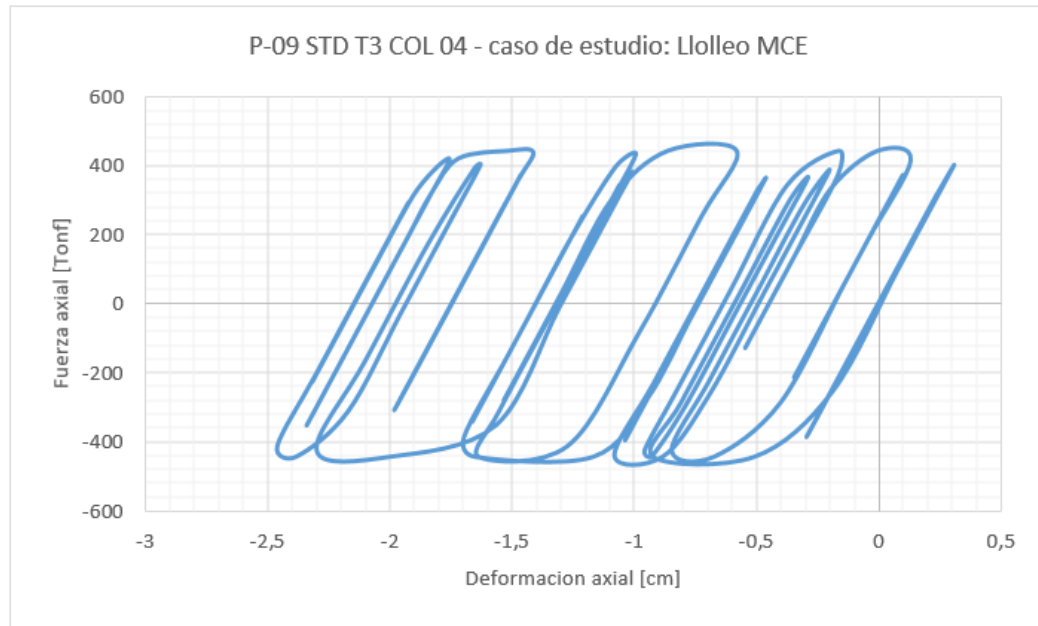


Figura VII.5.5.i Columna con la mayor deformación residual detectada, estructura con uso de riostras convencionales, Lollole OLE [elaboración propia]

Tabla VII.5.5.r Deformación residual observada, estructura con el uso de riostras convencionales, Llolleo OLE [elaboración propia]

Piso	Deformación residual capturada [cm]															
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4			
16	0,000	0,001	0,005	0,001	0,001	0,000	0,001	0,005	0,005	0,001	0,000	0,001	0,001	0,005	0,001	0,000
15	0,003	0,002	0,010	0,003	0,001	0,003	0,003	0,010	0,010	0,003	0,003	0,002	0,002	0,010	0,003	0,003
14	0,003	0,004	0,015	0,004	0,003	0,003	0,005	0,015	0,015	0,004	0,003	0,003	0,004	0,015	0,004	0,003
13	0,005	0,004	0,020	0,006	0,002	0,006	0,007	0,020	0,020	0,004	0,008	0,003	0,004	0,020	0,006	0,006
12-1	0,002	0,003	0,013	0,004	0,002	0,003	0,004	0,013	0,013	0,003	0,004	0,002	0,003	0,013	0,004	0,003
12-2	0,002	0,003	0,013	0,004	0,002	0,003	0,004	0,013	0,013	0,003	0,004	0,002	0,003	0,013	0,004	0,003
11	0,007	0,006	0,030	0,009	0,002	0,010	0,011	0,030	0,030	0,006	0,013	0,003	0,005	0,030	0,008	0,009
10	0,007	0,008	0,035	0,011	0,003	0,010	0,012	0,035	0,035	0,007	0,013	0,004	0,007	0,035	0,010	0,009
09	0,008	0,107	0,040	0,010	0,006	0,014	0,014	0,040	0,040	0,013	0,018	0,009	0,007	0,040	0,100	0,011
08-1	0,004	0,129	0,023	0,002	0,002	0,007	0,008	0,023	0,023	0,050	0,009	0,003	0,004	0,023	0,118	0,005
08-2	0,002	0,002	0,011	0,004	0,001	0,004	0,004	0,011	0,011	0,002	0,005	0,001	0,002	0,011	0,002	0,003
07	0,007	0,006	0,025	0,008	0,003	0,009	0,009	0,025	0,025	0,005	0,012	0,003	0,005	0,025	0,007	0,009
06	0,007	0,007	0,028	0,009	0,004	0,009	0,010	0,028	0,028	0,006	0,012	0,004	0,006	0,028	0,008	0,009
05	0,010	0,006	0,031	0,008	0,006	0,010	0,009	0,031	0,031	0,006	0,014	0,004	0,007	0,031	0,007	0,011
04-1	0,005	0,004	0,017	0,004	0,003	0,005	0,005	0,017	0,017	0,004	0,007	0,003	0,004	0,017	0,004	0,006
04-2	0,005	0,004	0,017	0,004	0,003	0,005	0,005	0,017	0,017	0,004	0,007	0,003	0,004	0,017	0,004	0,006
03	0,011	0,002	0,036	0,007	0,008	0,014	0,008	0,036	0,036	0,006	0,019	0,004	0,008	0,036	0,004	0,016
02	0,017	0,006	0,038	0,008	0,009	0,014	0,008	0,038	0,038	0,007	0,019	0,005	0,009	0,038	0,005	0,017
01-1	0,022	0,034	0,041	0,092	0,112	0,015	0,052	0,041	0,041	0,135	0,018	0,213	0,089	0,041	0,075	0,019
01-2	0,022	0,037	0,041	0,076	0,085	0,015	0,038	0,041	0,041	0,107	0,018	0,159	0,068	0,041	0,053	0,020

Tabla VII.5.5.s Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de riostras convencionales, según el criterio establecido para este documento, Llolleo OLE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Columnas																Comportamiento No Lineal
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
08-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
08-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
01-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
01-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones residuales mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	0,0%

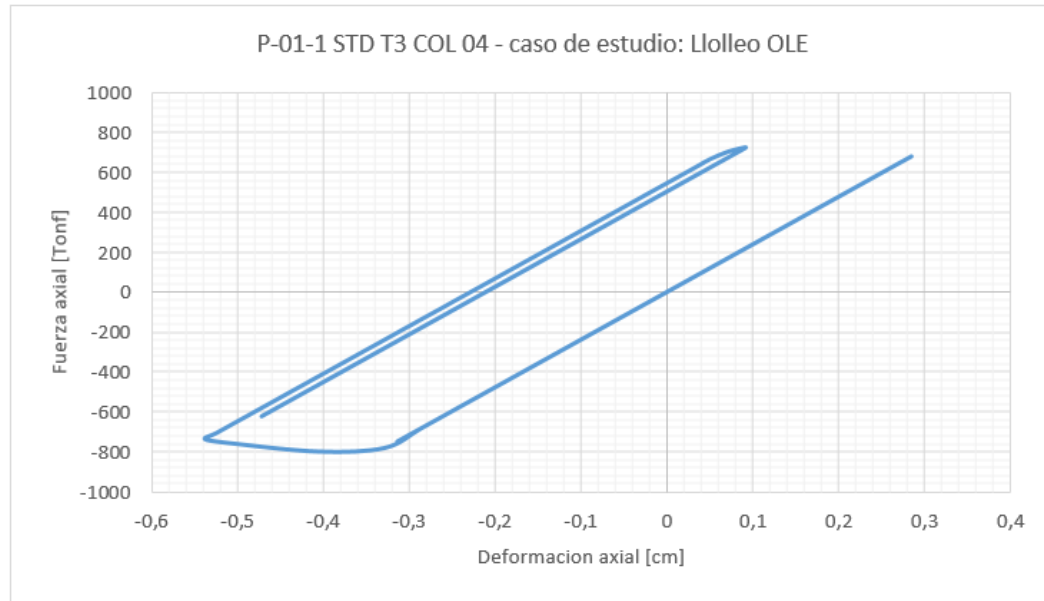


Figura VII.5.5.j Columna con la mayor deformación residual detectada, estructura con uso de riostras convencionales, Lolloleo OLE [elaboración propia]

*Deformación residual menor (2 [mm]), por lo cual se considera que este elemento no ha experimentado comportamiento no lineal importante, siendo consecuente con el criterio establecido para la realización de este estudio.

VII.6 Resultados de comportamiento obtenidos del estudio de la estructura con el uso de dispositivos BRB CoreBrace®

Este capítulo consta de los resultados más relevantes obtenidos del estudio del comportamiento de la estructura con el uso de riostras de pandeo restringido CoreBrace® ante la acción de los eventos sísmicos DLE, MCE y OLE, según todo lo anteriormente expuesto en este documento y sus anexos, en particular el capítulo VII.

Los resultados son presentados en forma de tablas y gráficos con el fin de facilitar su comprensión, y evitar una extensión innecesaria de este documento.

Dichos resultados son expuestos a través de los siguientes puntos:

- Relación corte basal v/s desplazamiento de la estructura
- DRIFT y desplazamientos; máximos y residuales
- Corte basal y momentos volcantes desarrollados por la estructura
- Comportamiento de los dispositivos BRB CoreBrace®
- Comportamiento de las columnas

Este capítulo solo se referirá a los resultados directamente obtenidos del estudio del comportamiento. Las conclusiones y comentarios obtenidos del desarrollo de lo anterior, serán directamente expuestas en el capítulo:

- IX Conclusiones y comentarios

VII.6.1 Relación corte basal v/s desplazamiento de la estructura

El siguiente subcapítulo presenta la relación obtenida entre el corte basal desarrollado y el desplazamiento de piso de la estructura, para cada evento sísmico considerado en este documento.

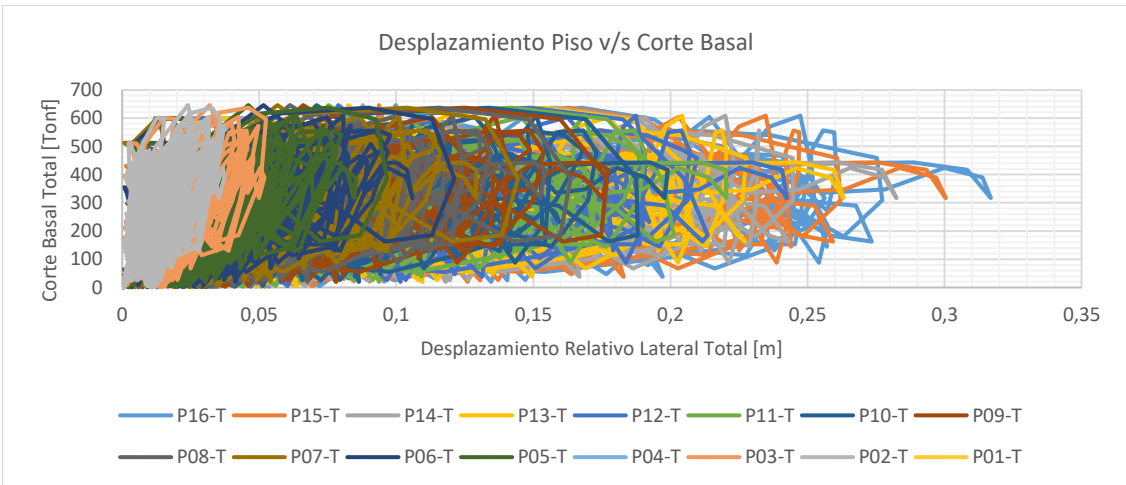
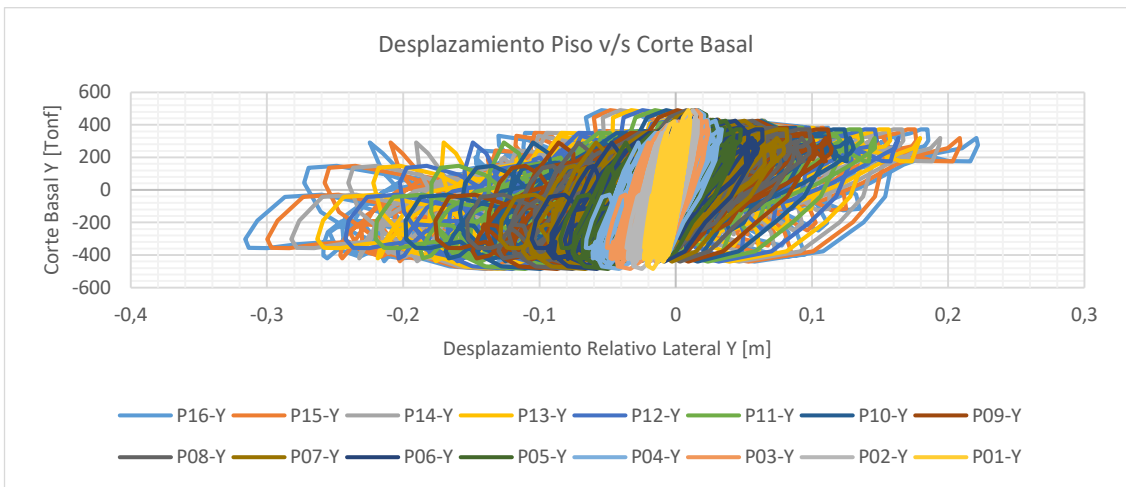
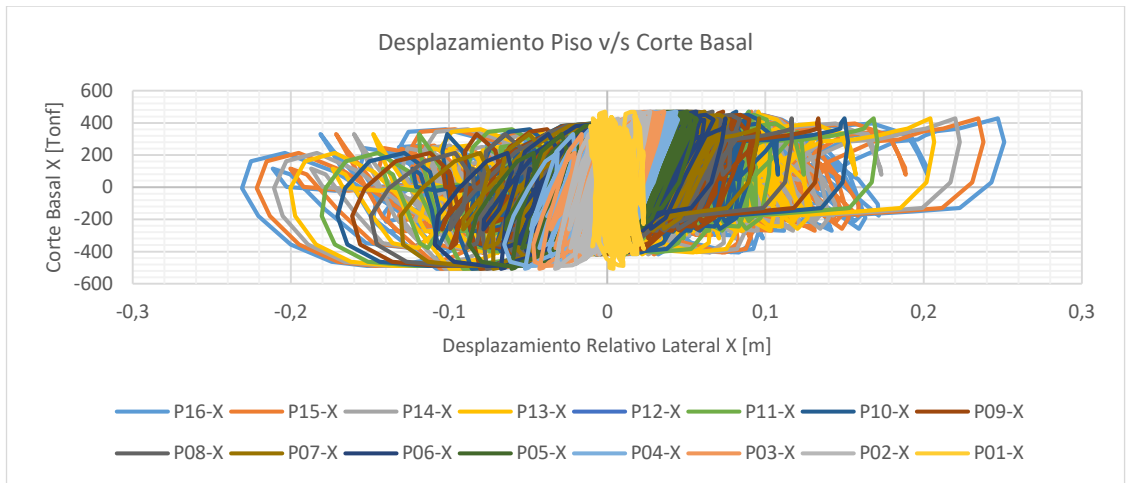


Figura VII.6.1.a Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Constitución DLE, estructura con BRB [elaboración propia]

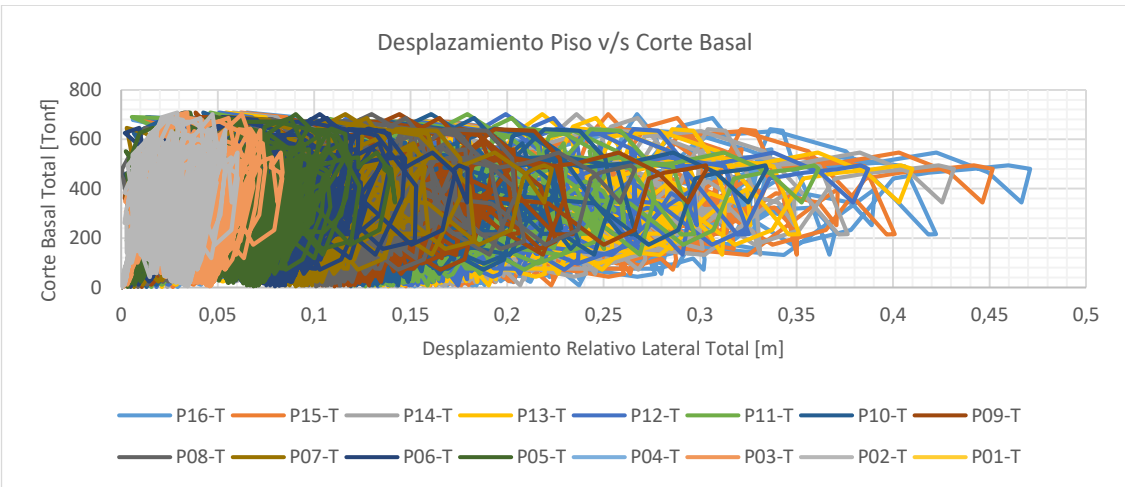
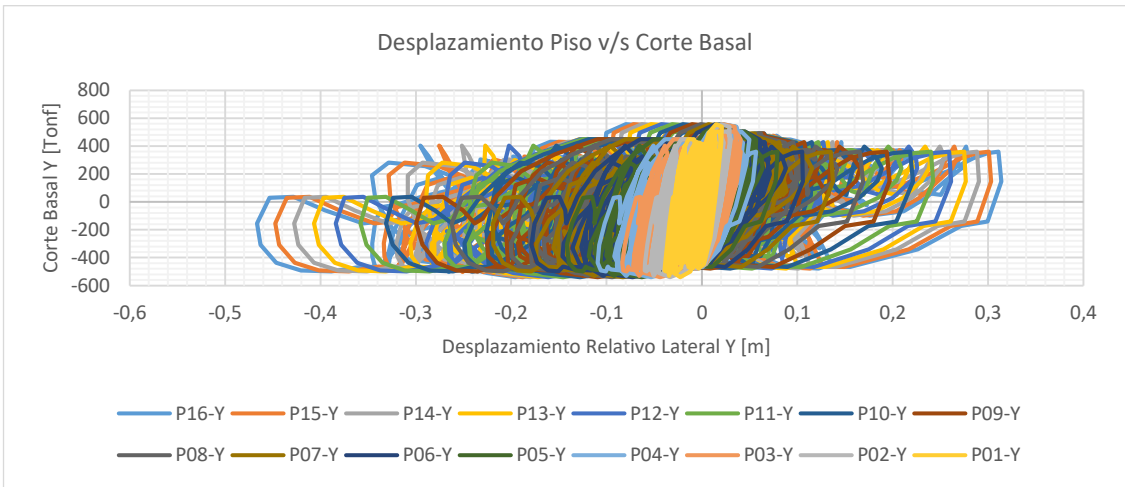
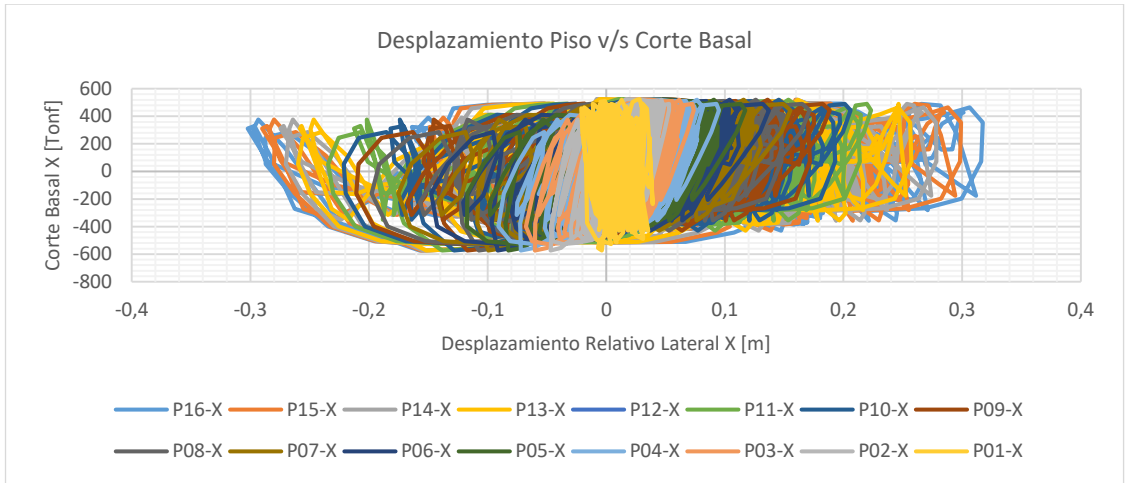


Figura VII.6.1.b Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Constitución MCE, estructura con BRB [elaboración propia]

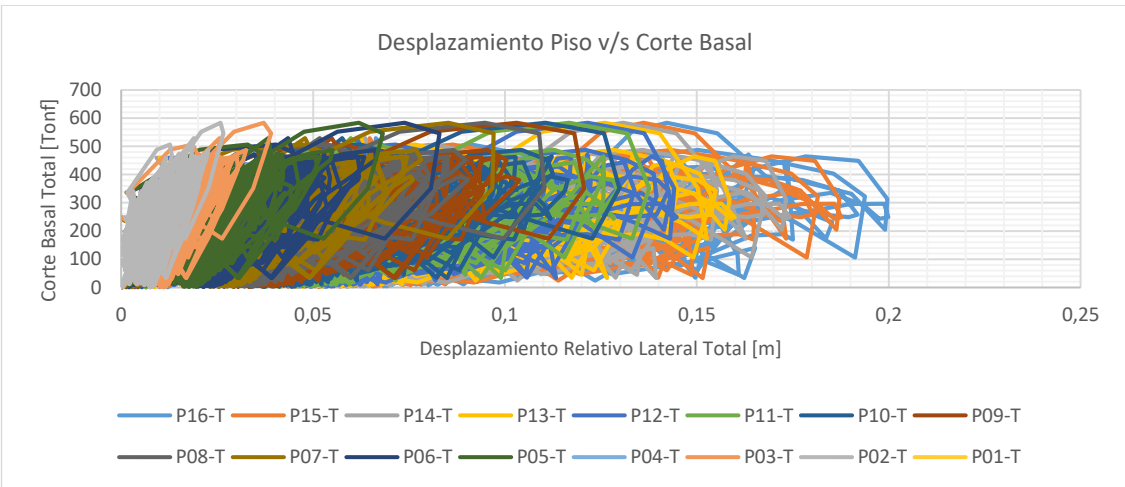
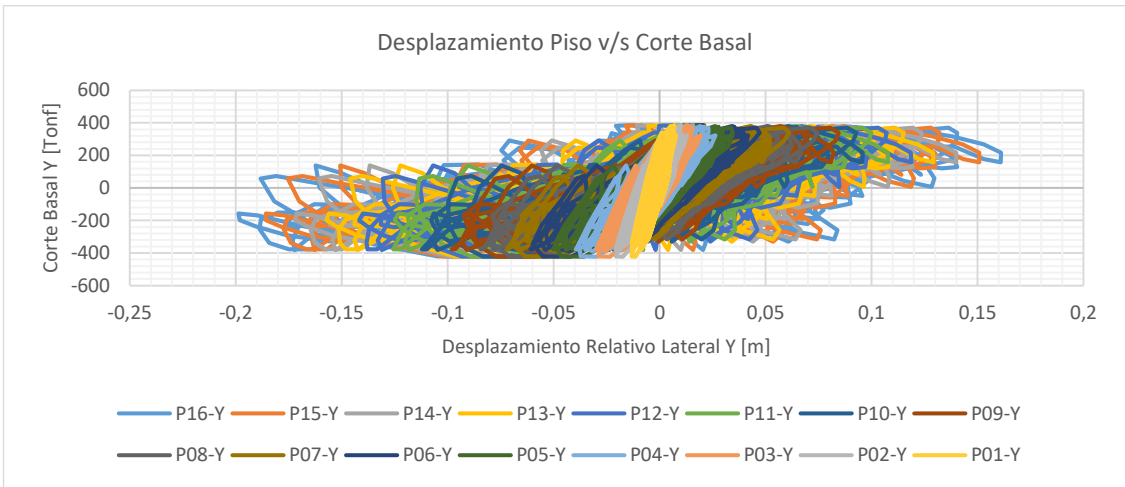
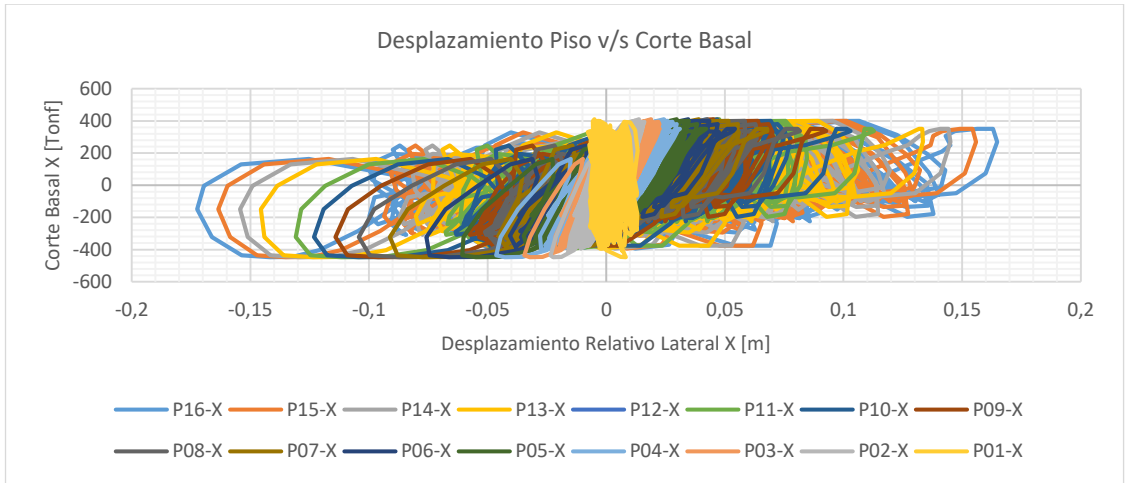


Figura VII.6.1.c Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Constitución OLE, estructura con BRB [elaboración propia]

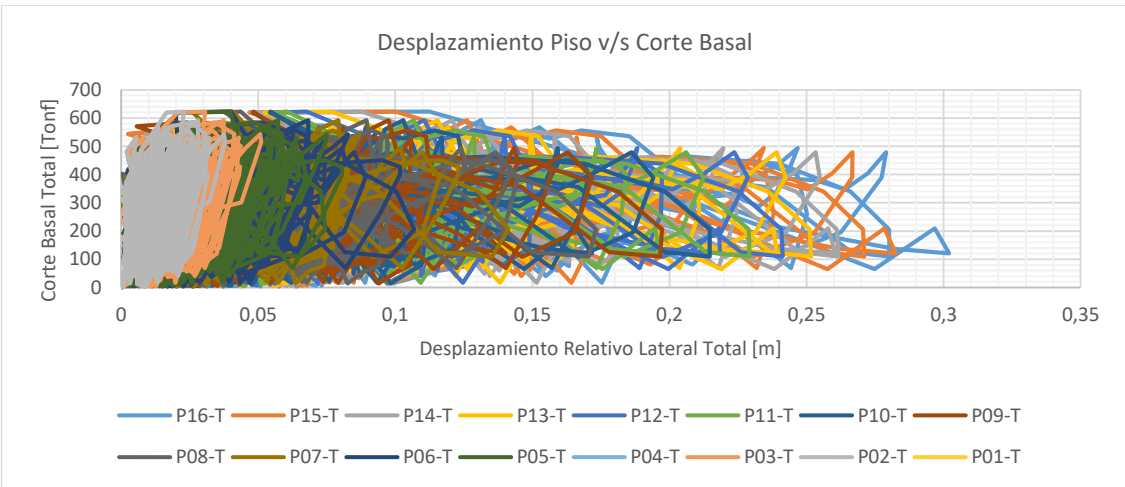
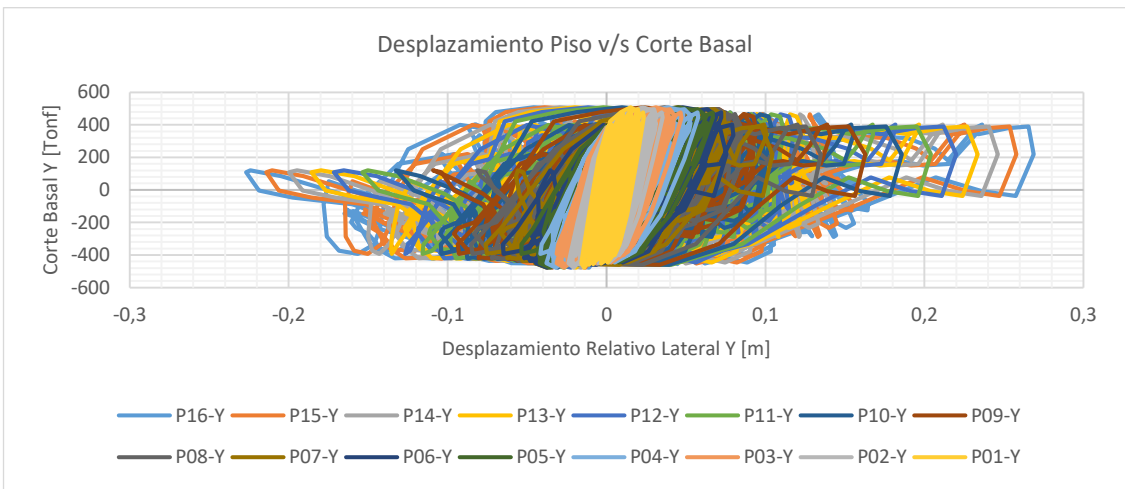
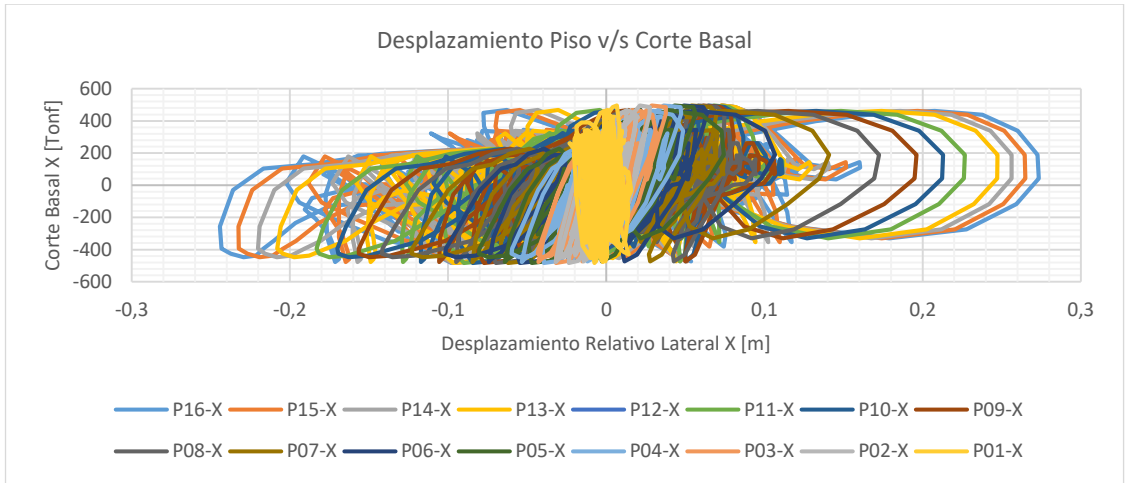


Figura VII.6.1.d Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Talca DLE, estructura con BRB [elaboración propia]

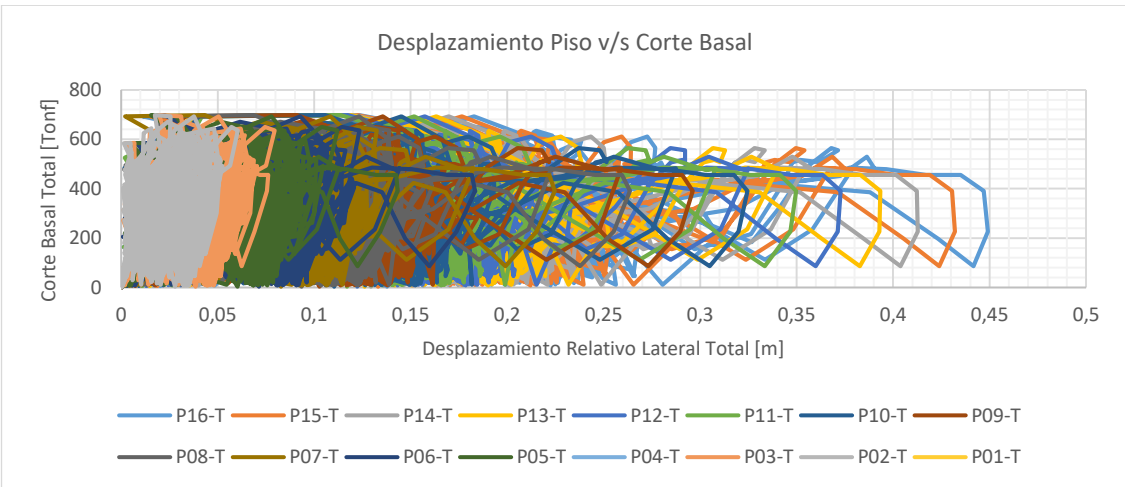
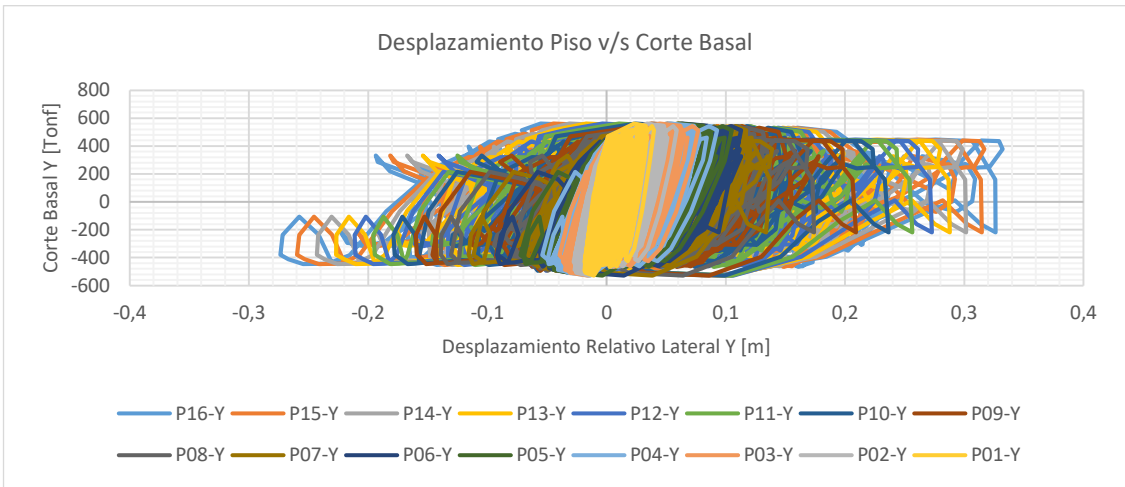
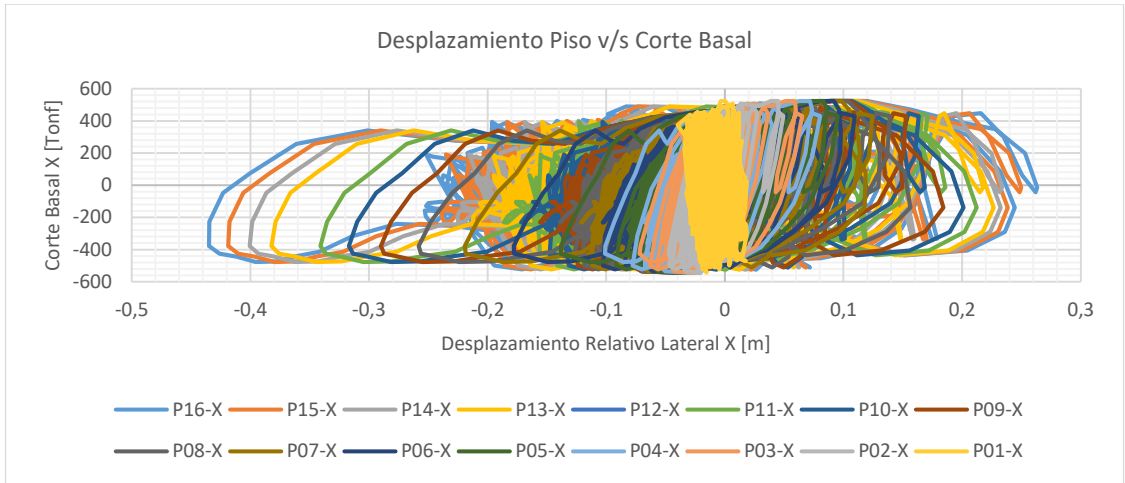


Figura VII.6.1.f Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Talca MCE, estructura con BRB [elaboración propia]

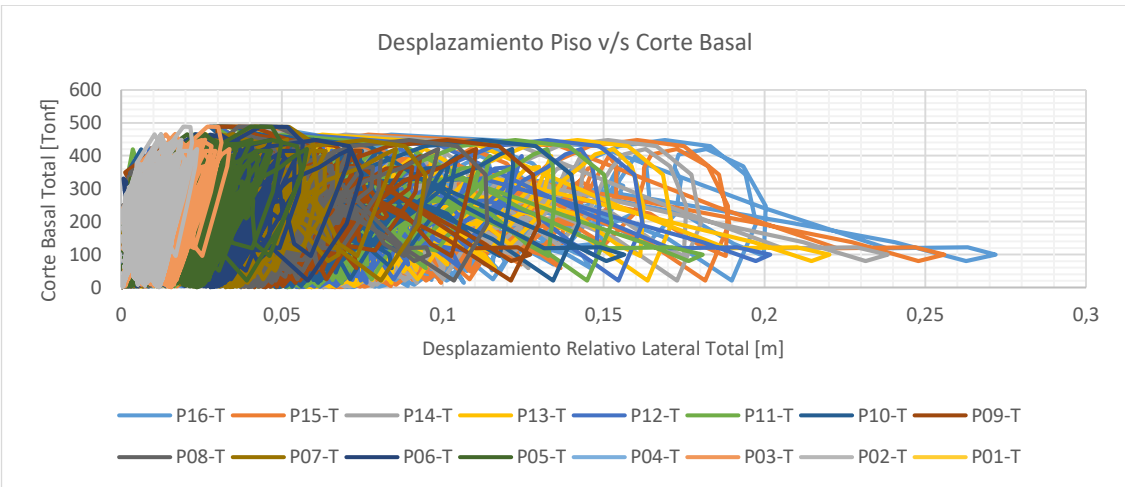
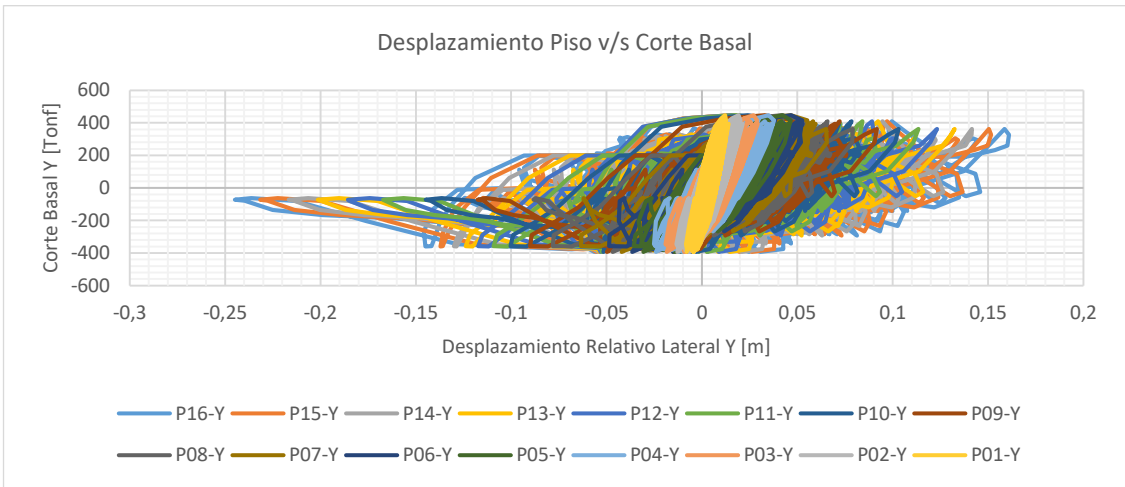
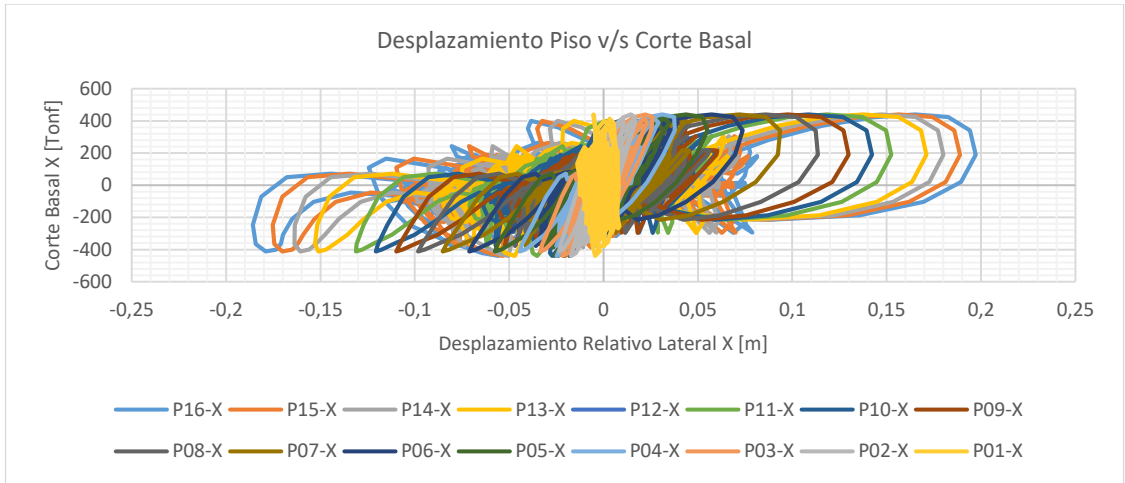


Figura VII.6.1.g Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Talca OLE, estructura con BRB [elaboración propia]

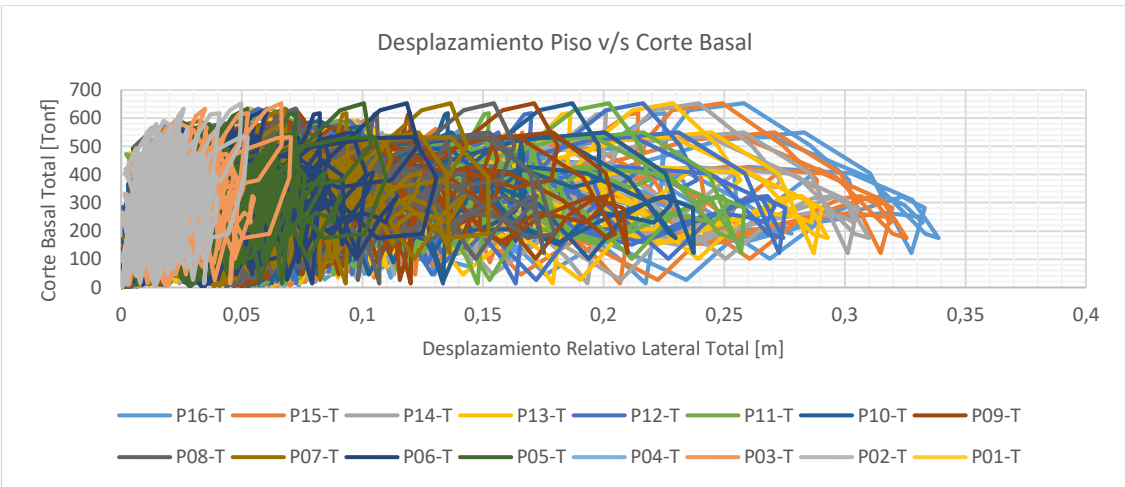
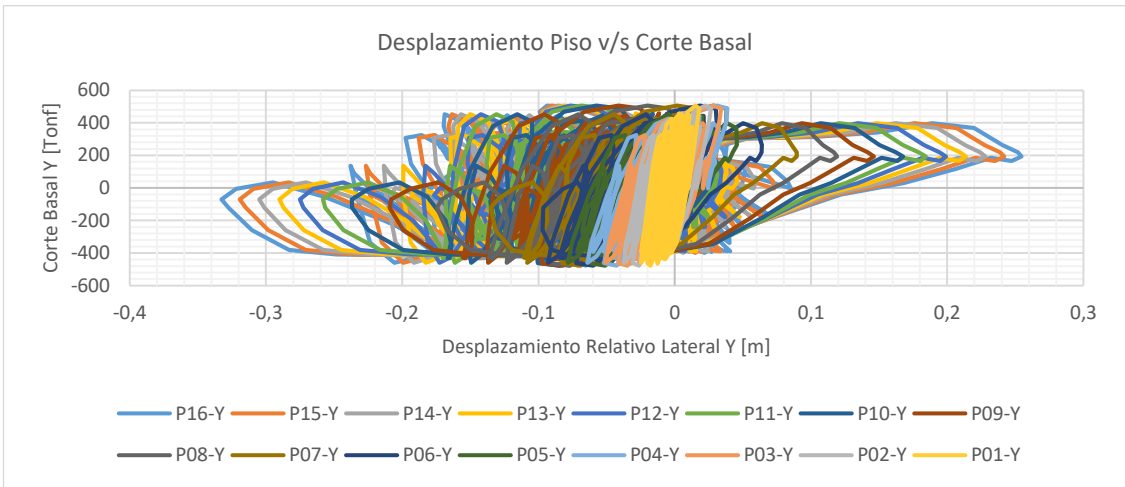
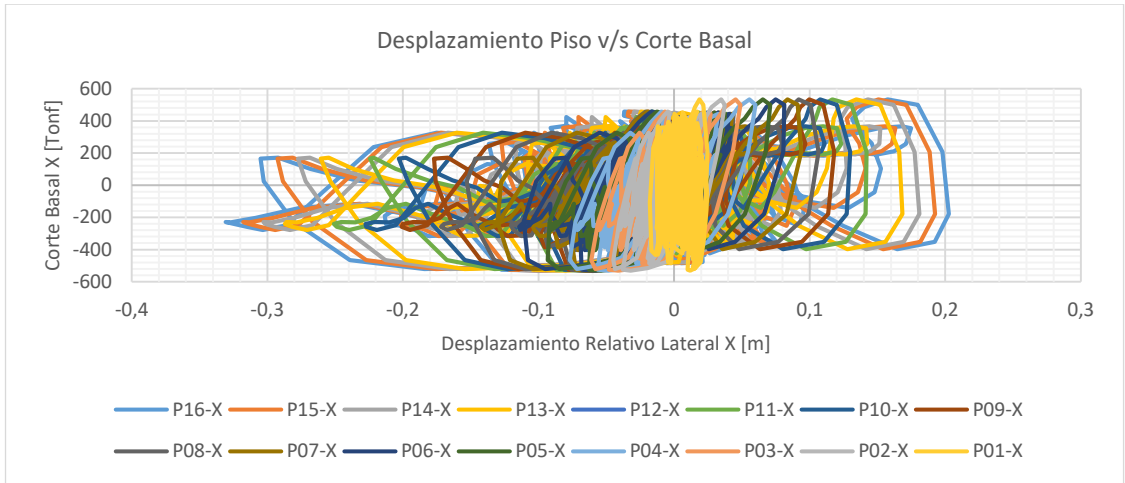


Figura VII.6.1.h Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Lollole DLE, estructura con BRB [elaboración propia]

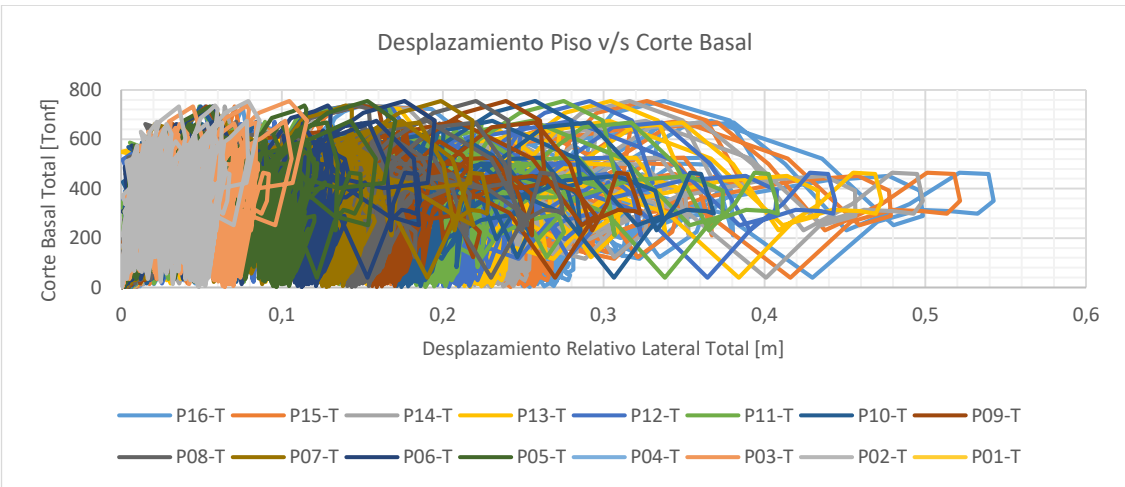
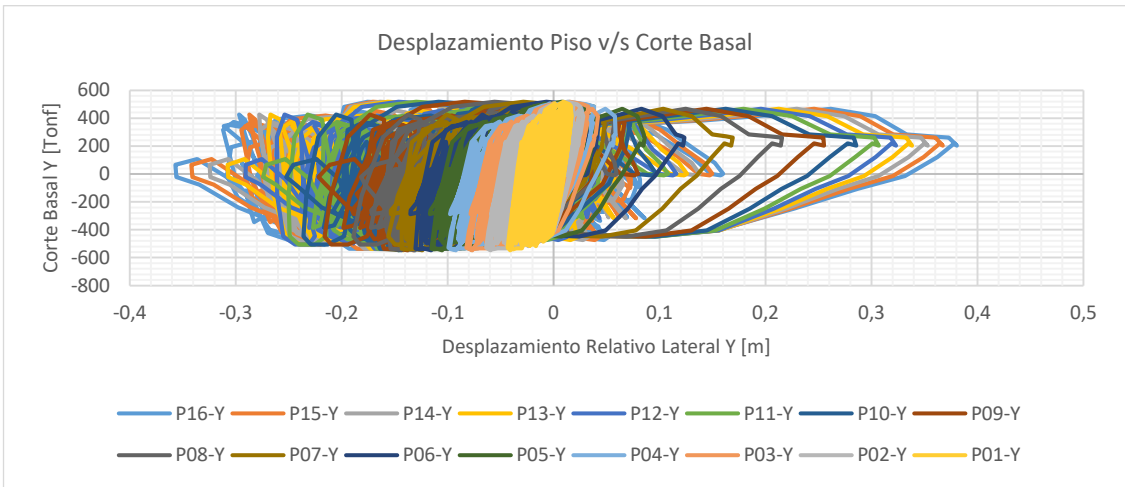
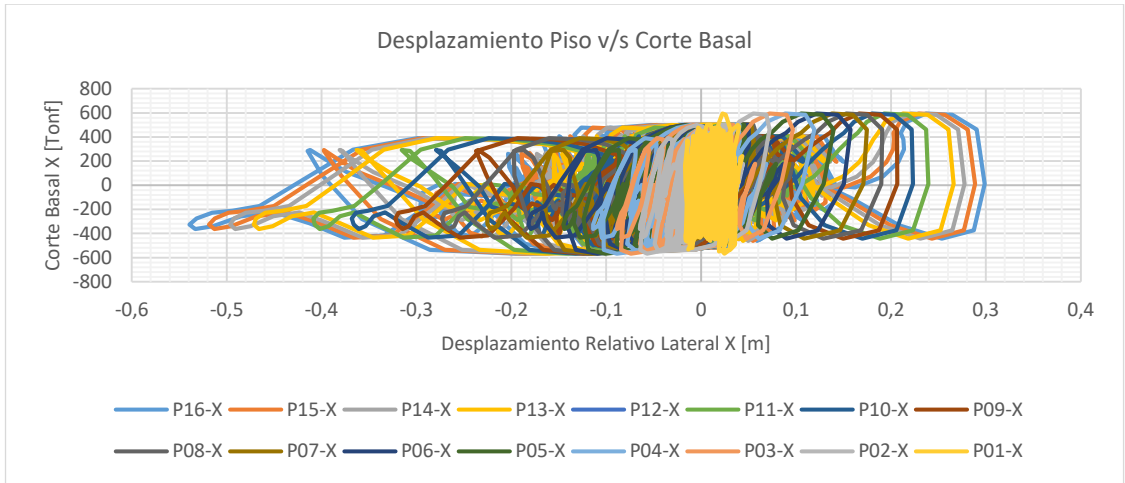


Figura VII.6.1.i Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Lollole MCE, estructura con BRB [elaboración propia]

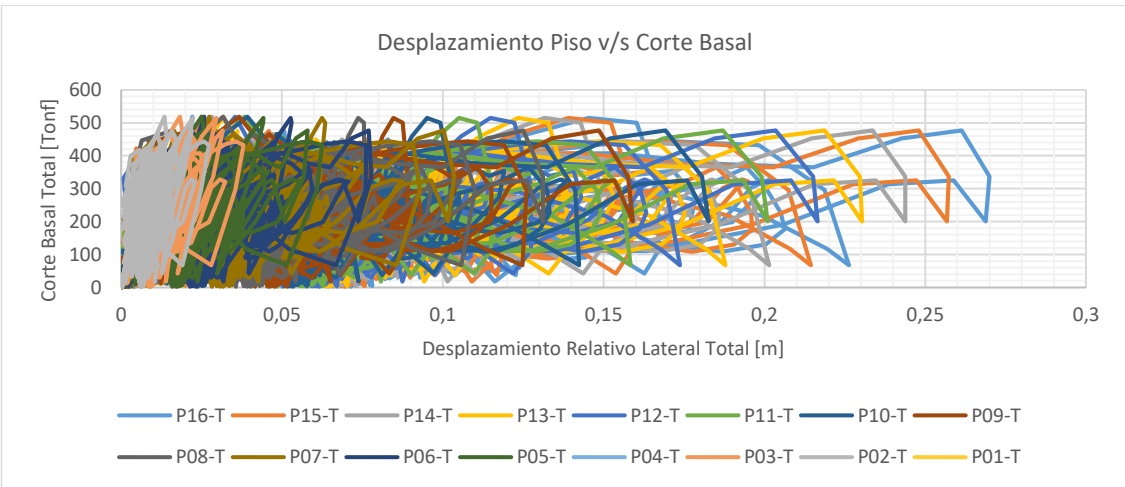
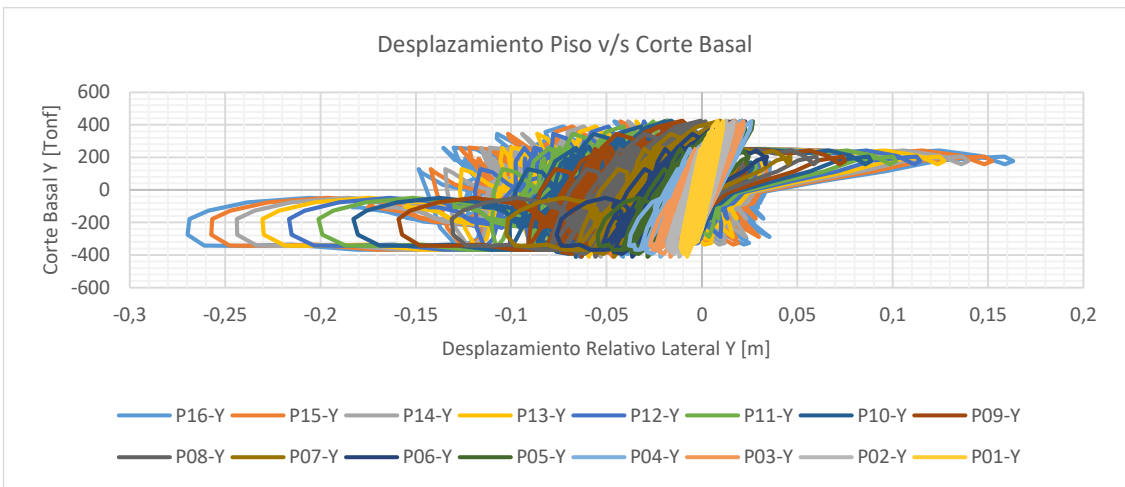
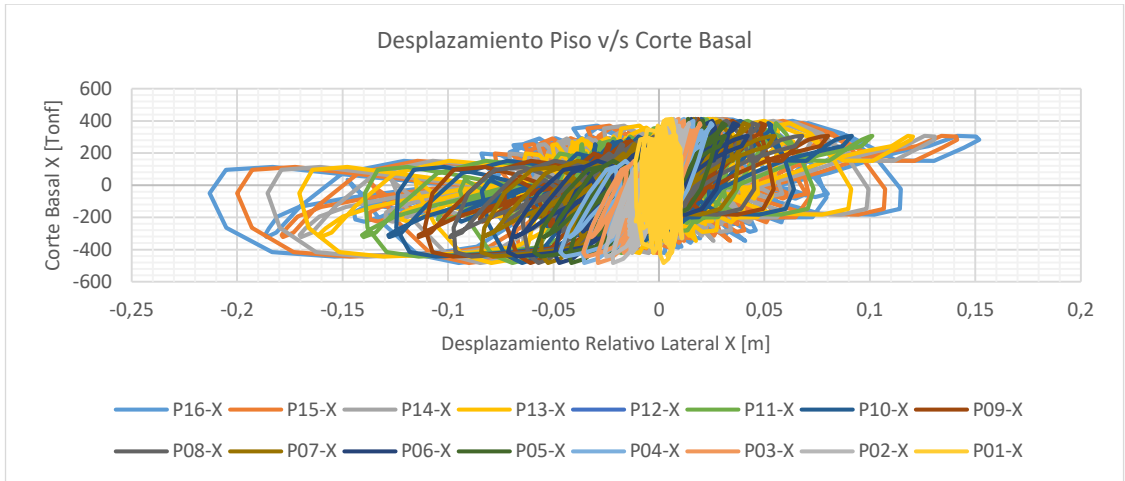


Figura VII.6.1.j Desplazamiento relativo de piso v/s Corte Basal ante la acción del evento sísmico Lollole OLE, estructura con BRB [elaboración propia]

VII.6.2 DRIFT y desplazamientos; máximos y residuales

El siguiente subcapítulo presenta el comportamiento tiempo historia de los desplazamientos, además de DRIFT y desplazamientos máximos observados considerando la acción todos los eventos sísmicos de estudio.

De forma adicional, incluye el DRIFT y los desplazamientos residuales observados posterior a la acción de cada evento sísmico.

*DRIFT: Deriva máxima de dos puntos de un piso; uno superior y uno inferior, ante el efecto de una demanda de desplazamiento lateral, como podría ser un evento sísmico, o de viento, entre otros.

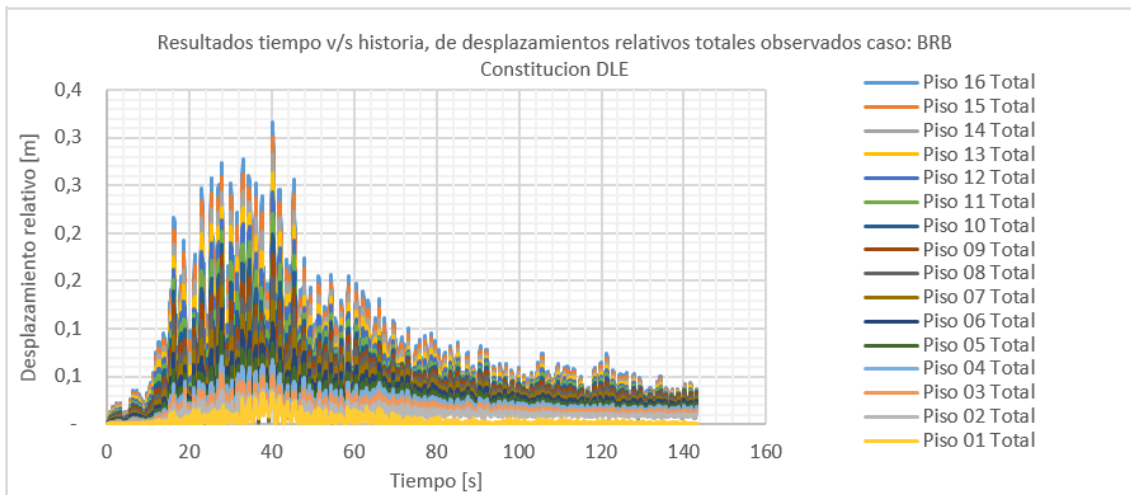
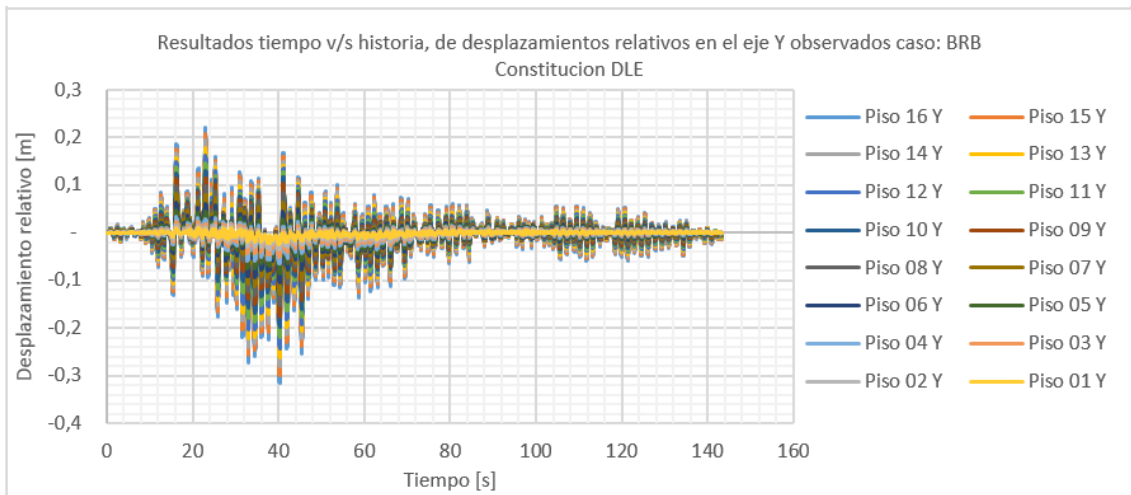
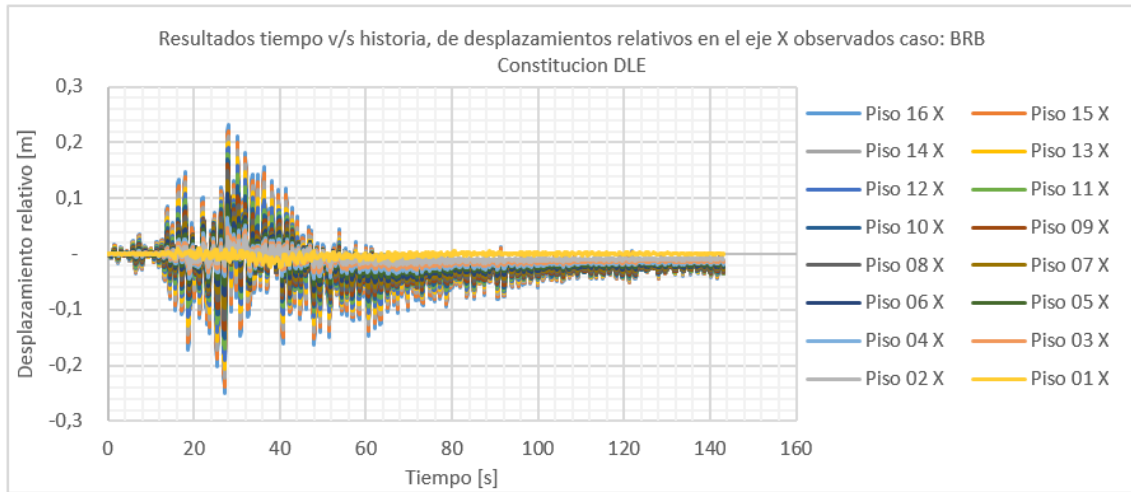


Figura VII.6.2.a Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Constitución DLE [elaboración propia]

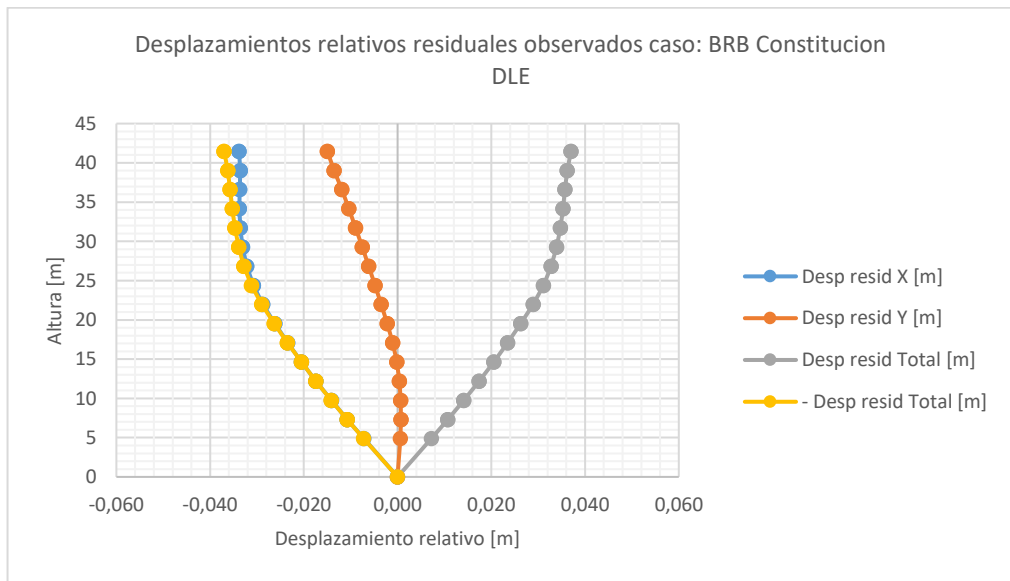
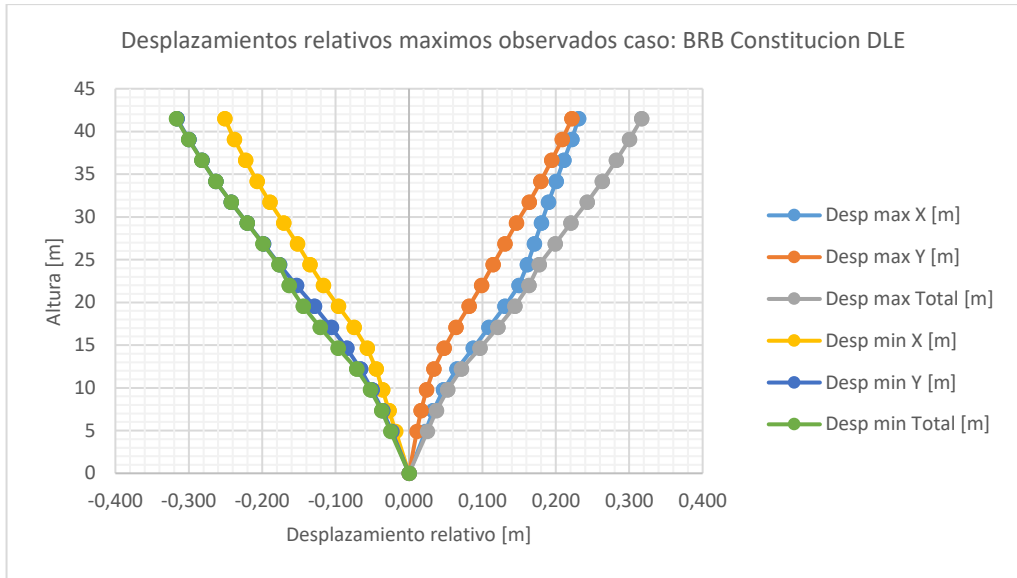


Figura VII.6.2.b Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Constitución DLE [elaboración propia]

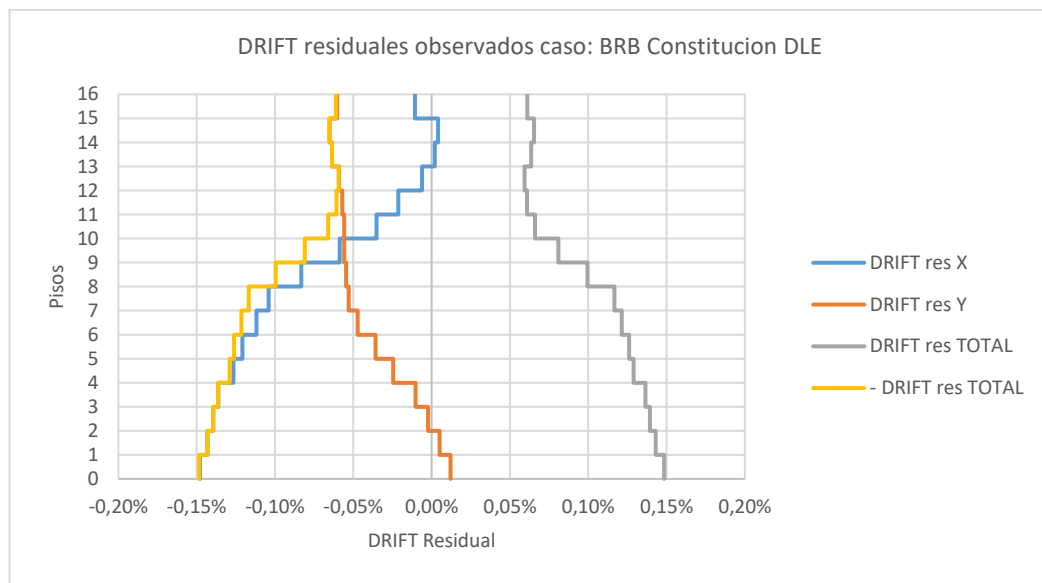
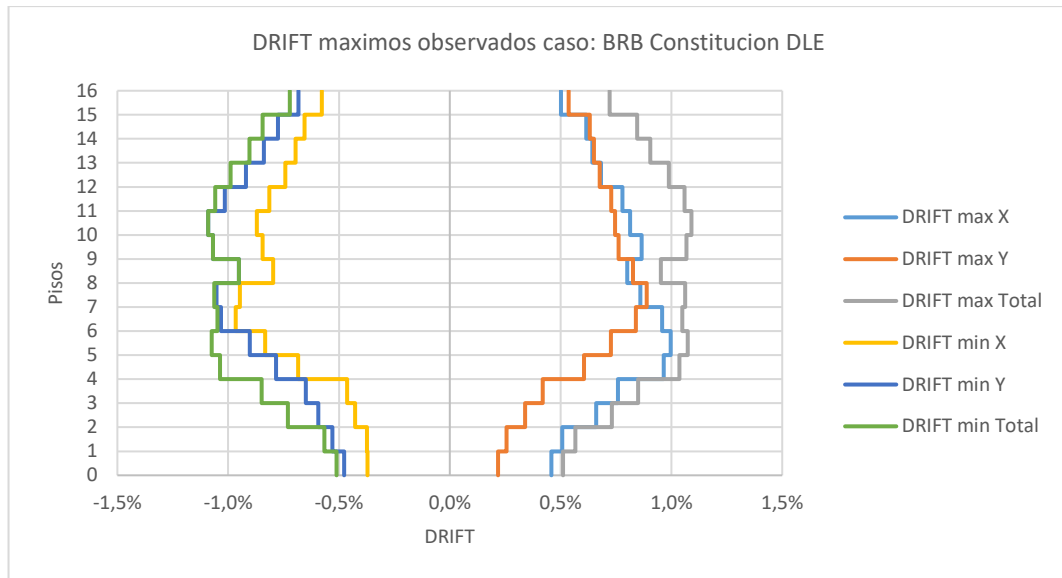


Figura VII.6.2.c DRIFT; máximos y residuales, estructura con BRB, Constitución DLE
[elaboración propia]

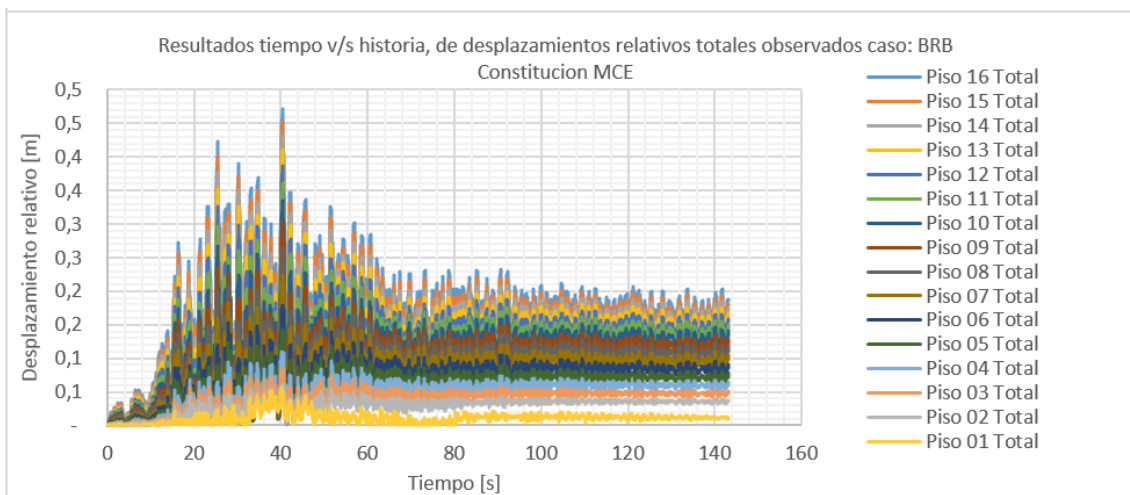
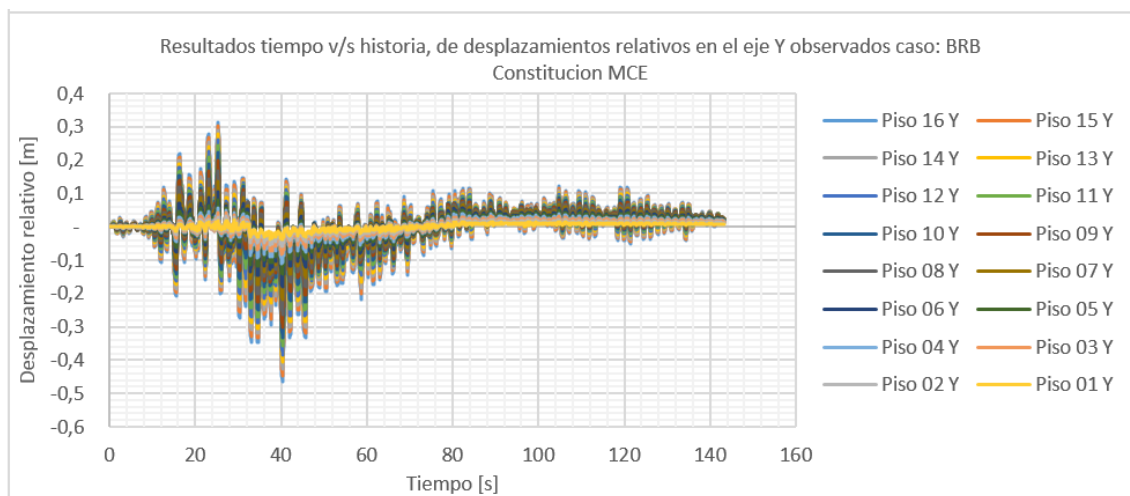
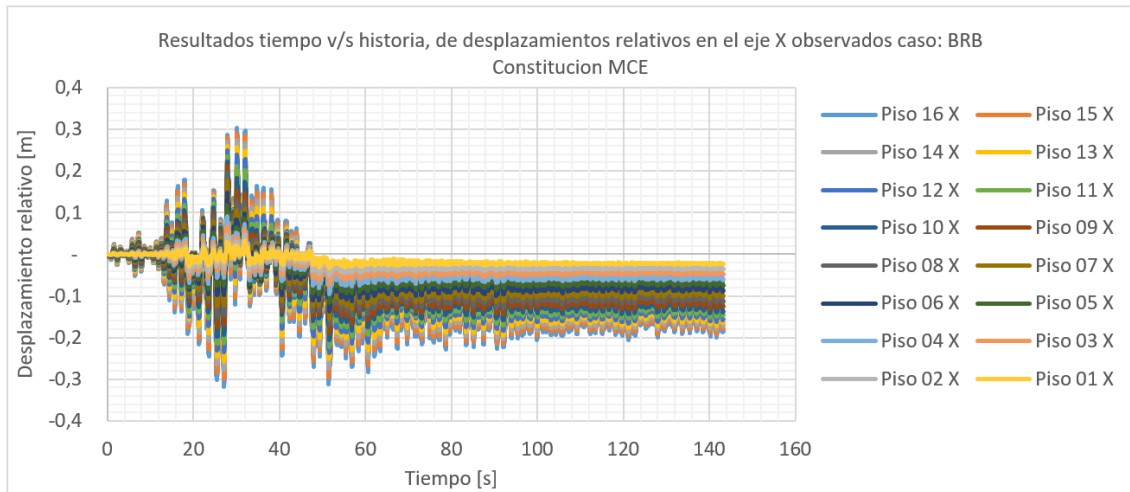


Figura VII.6.2.d Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Constitución MCE [elaboración propia]

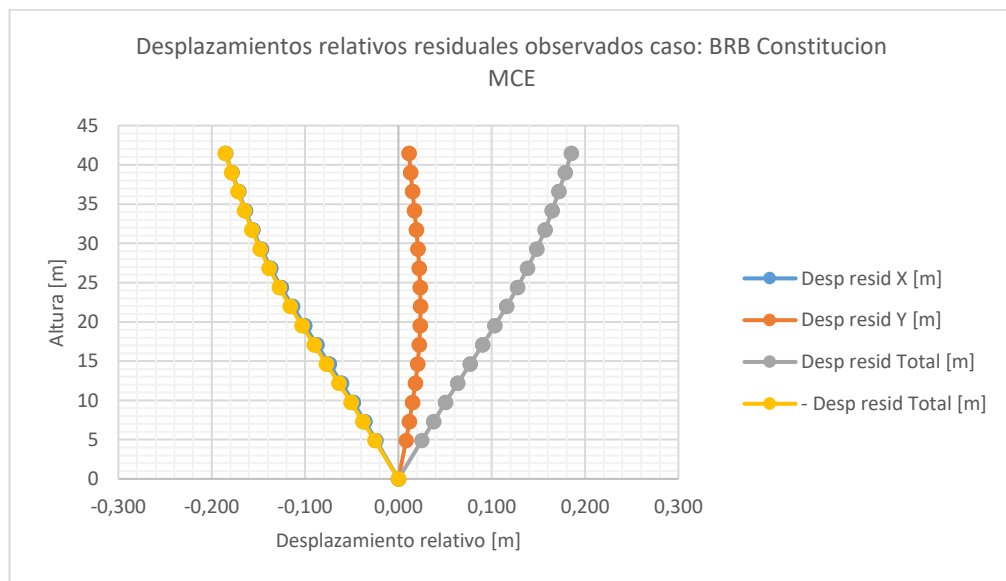
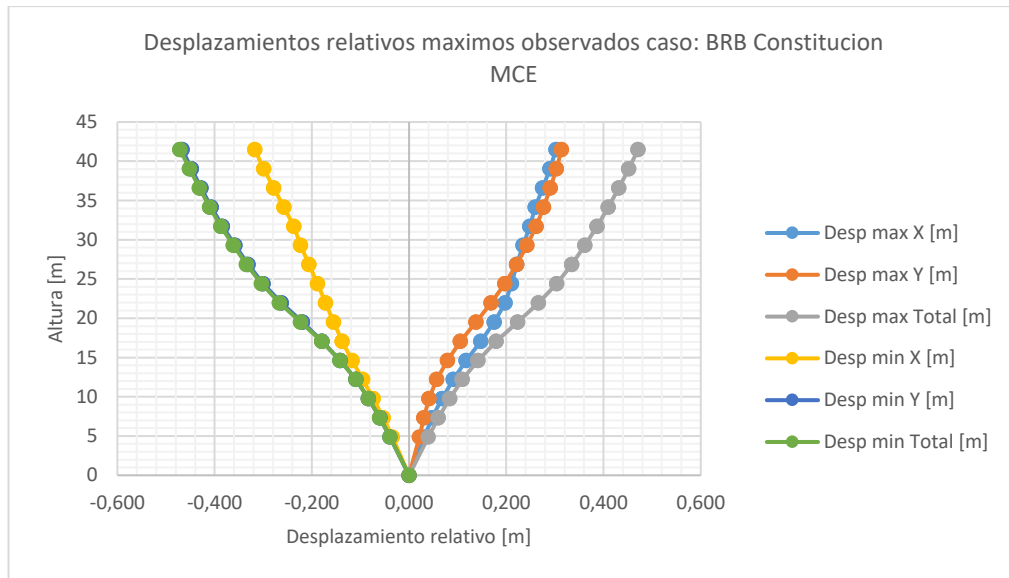


Figura VII.6.2.e Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Constitución MCE [elaboración propia]

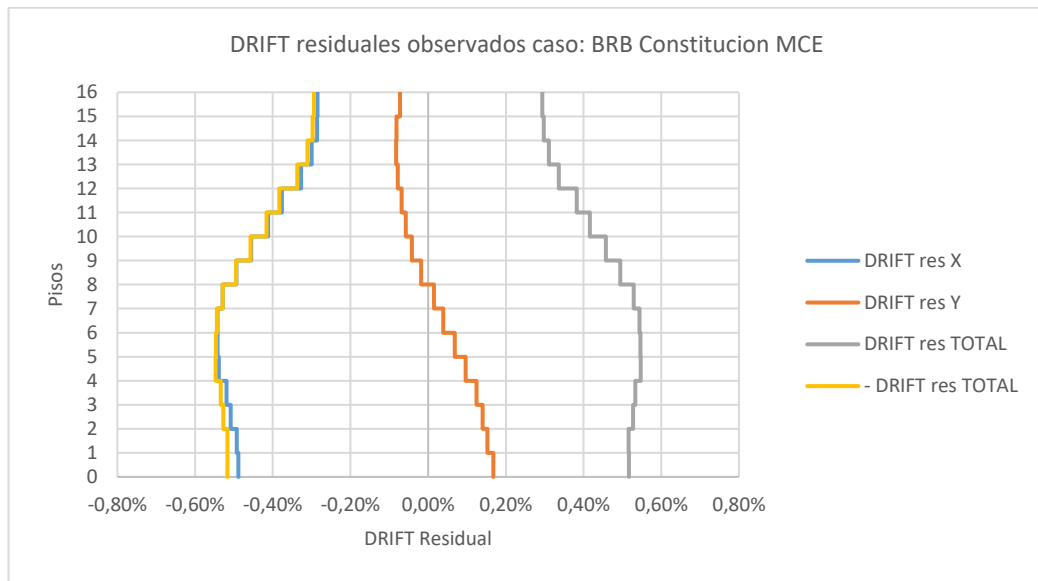
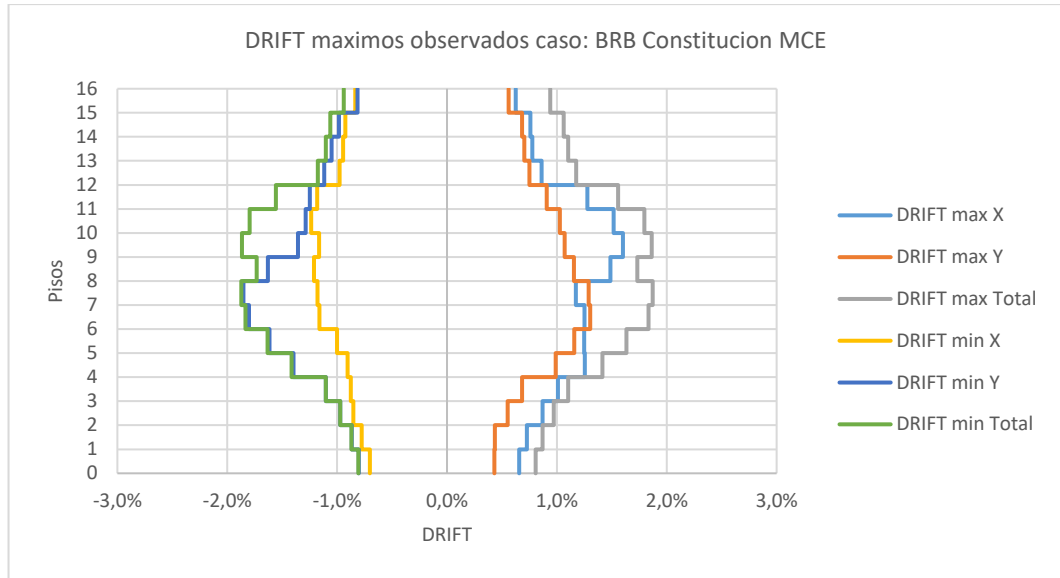


Figura VII.6.2.f DRIFT; máximos y residuales, estructura con BRB, Constitución MCE
[elaboración propia]

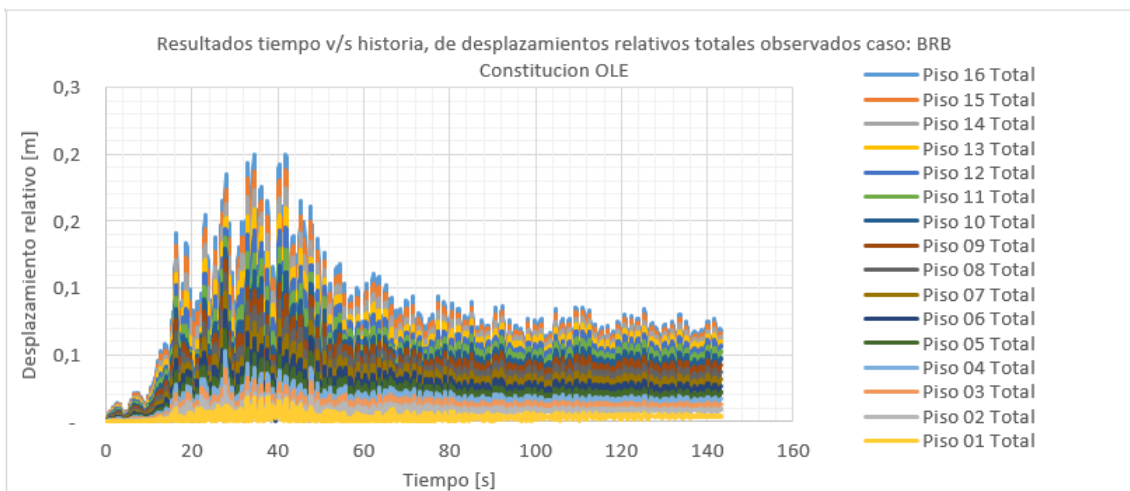
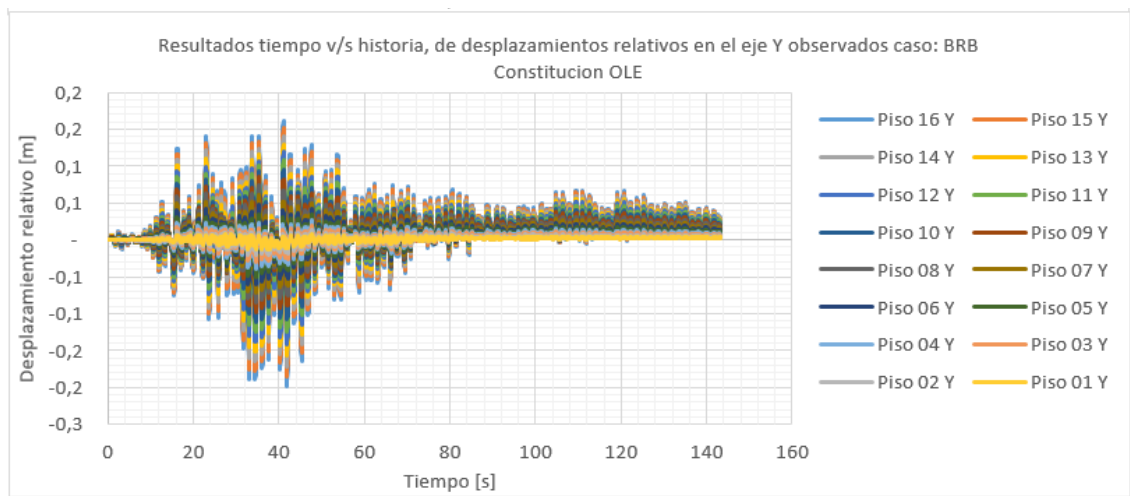
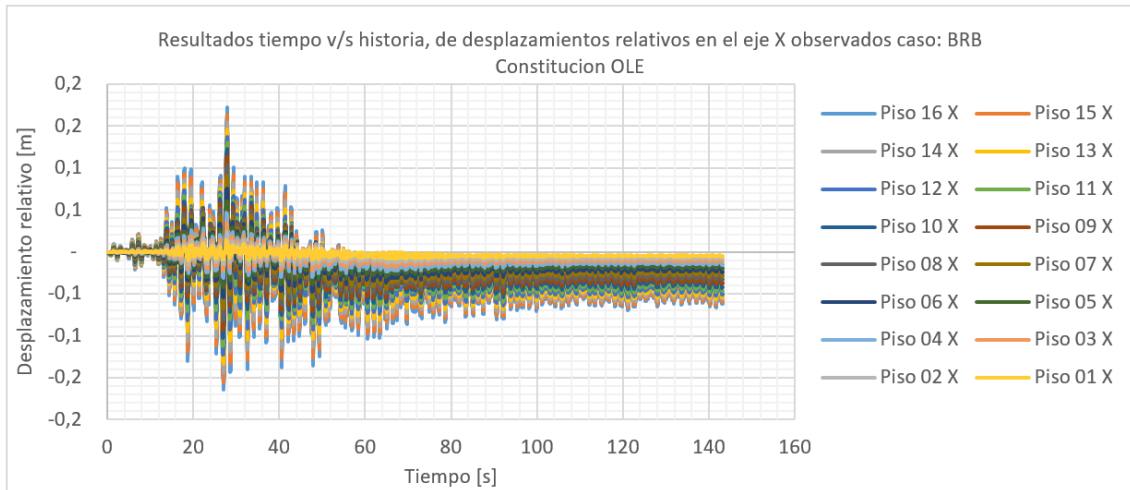


Figura VII.6.2.g Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Constitución OLE [elaboración propia]

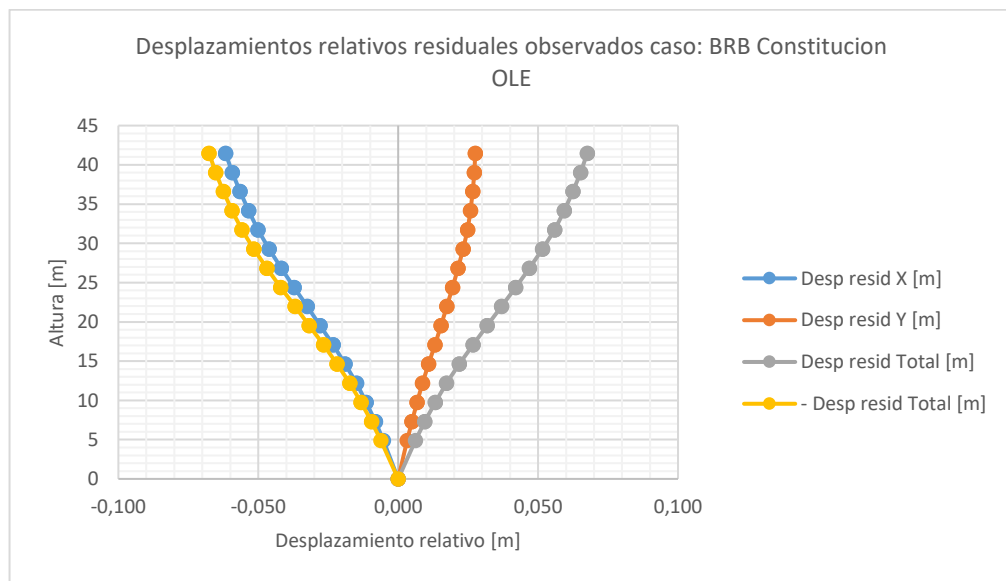
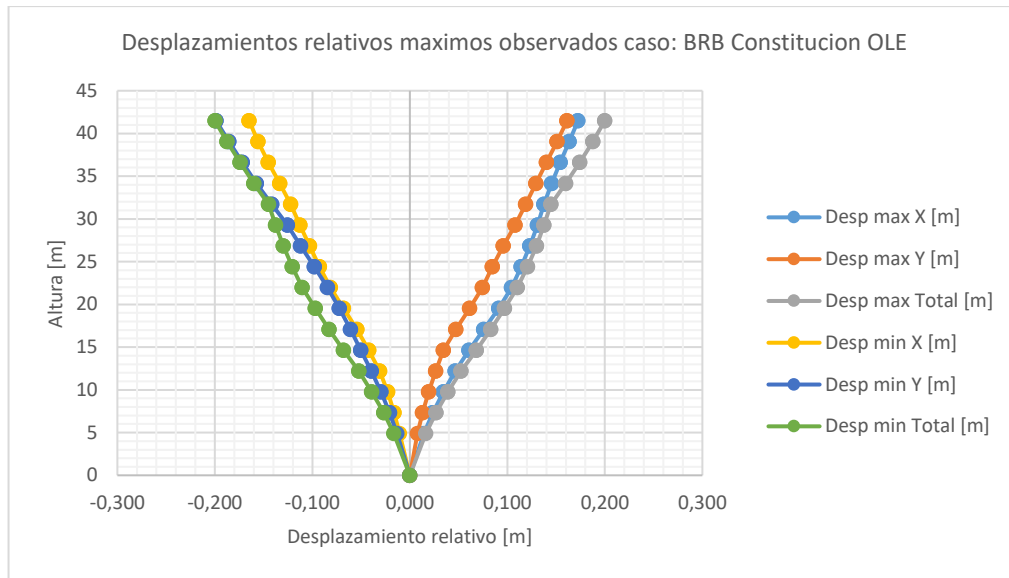


Figura VII.6.2.h Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Constitución OLE [elaboración propia]

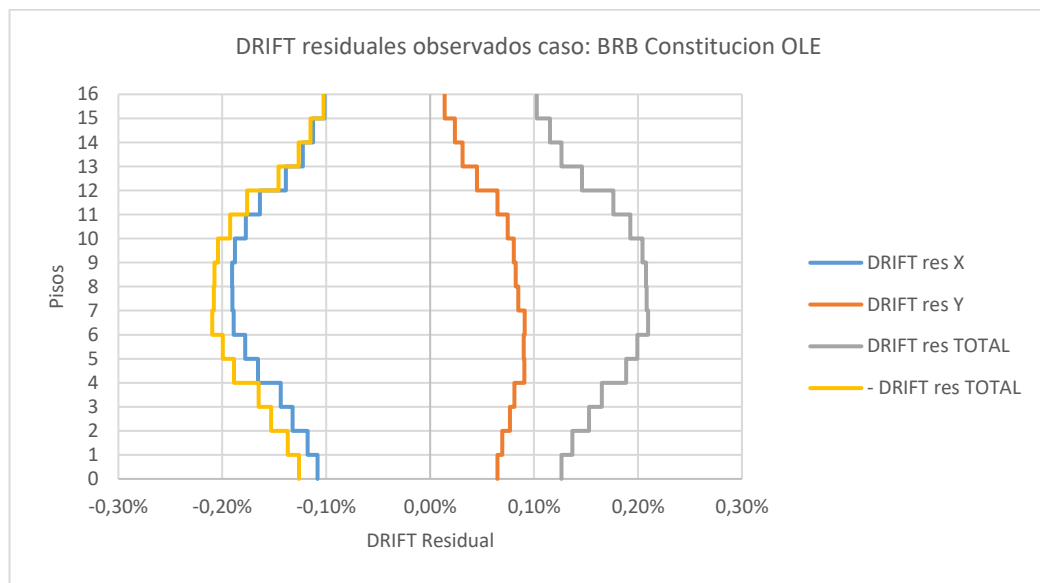
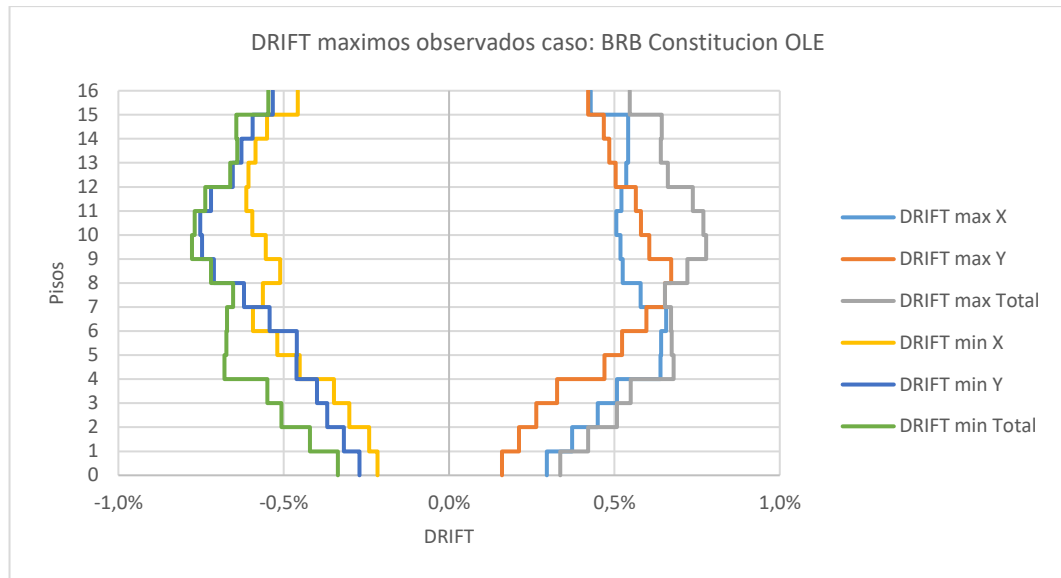


Figura VII.6.2.i DRIFT; máximos y residuales, estructura con BRB, Constitución MCE
[elaboración propia]

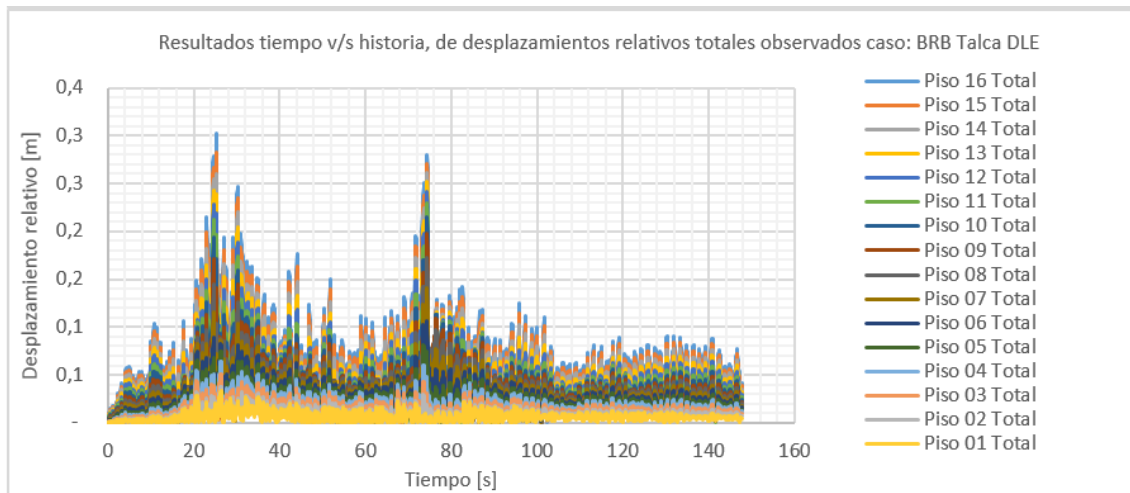
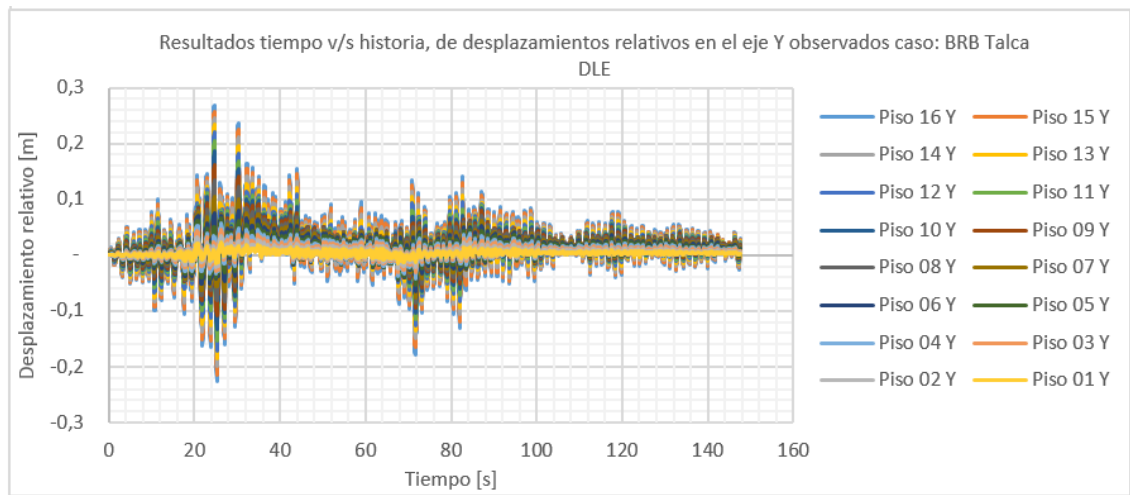
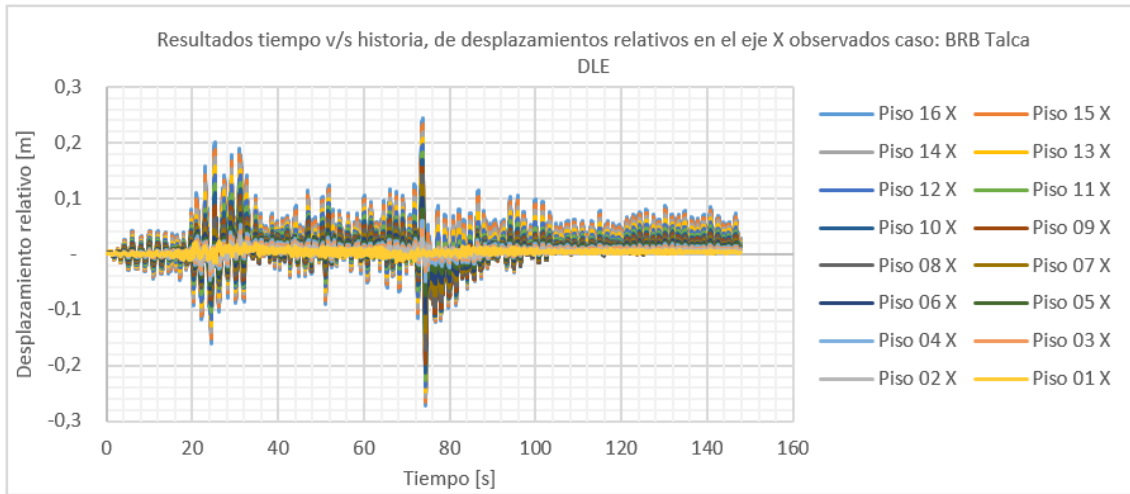


Figura VII.6.2.j Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Talca DLE [elaboración propia]

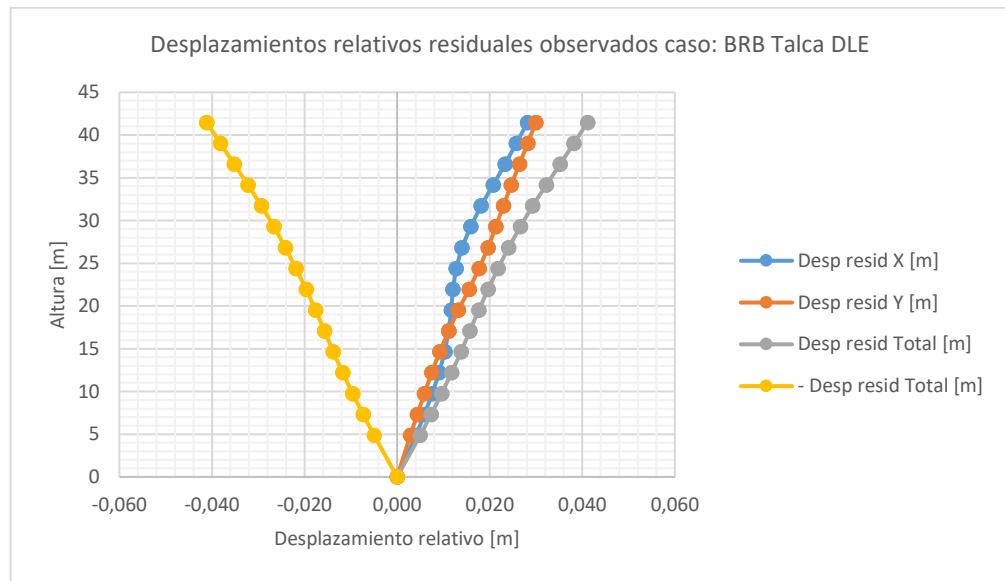
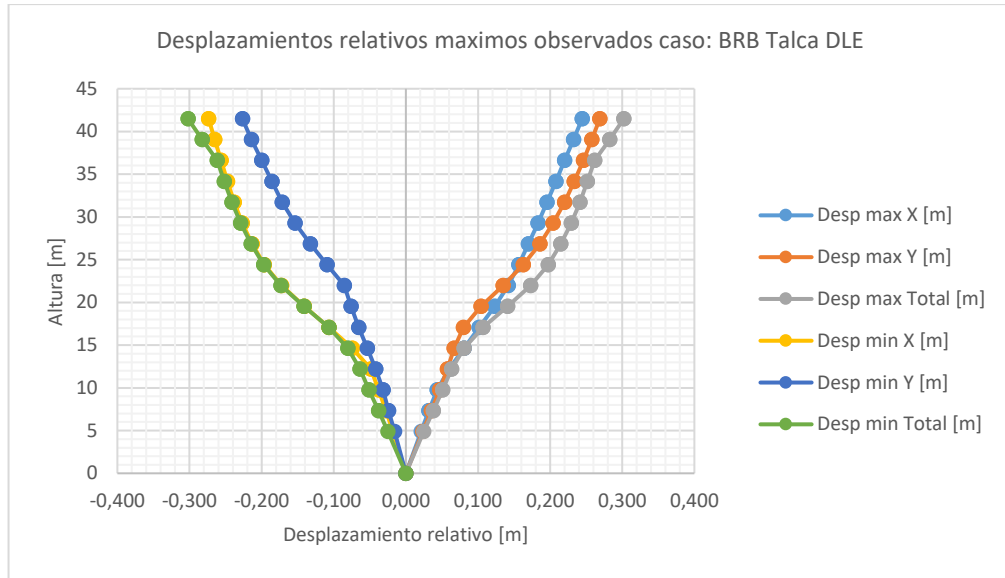


Figura VII.6.2.k Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Talca DLE [elaboración propia]

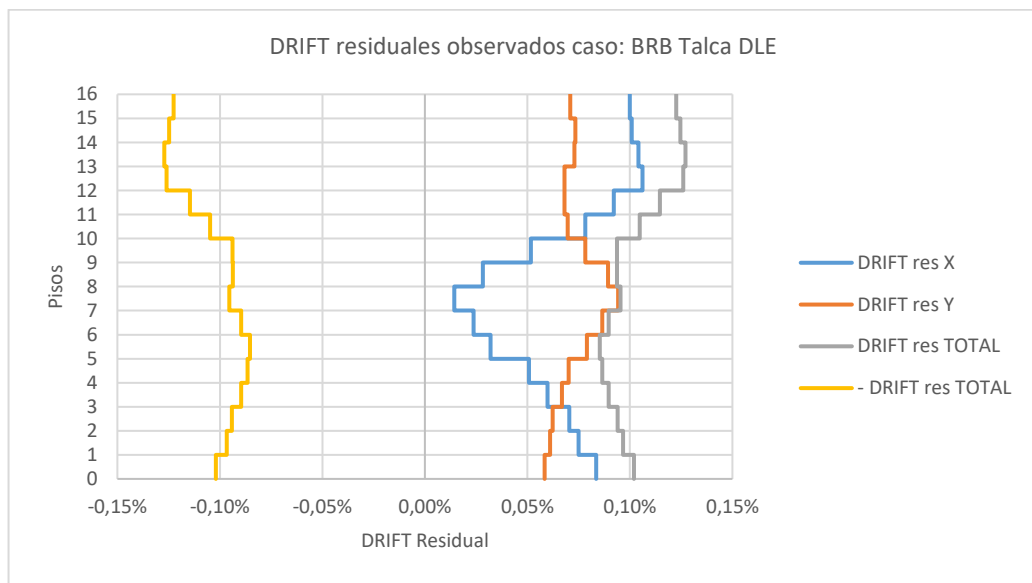
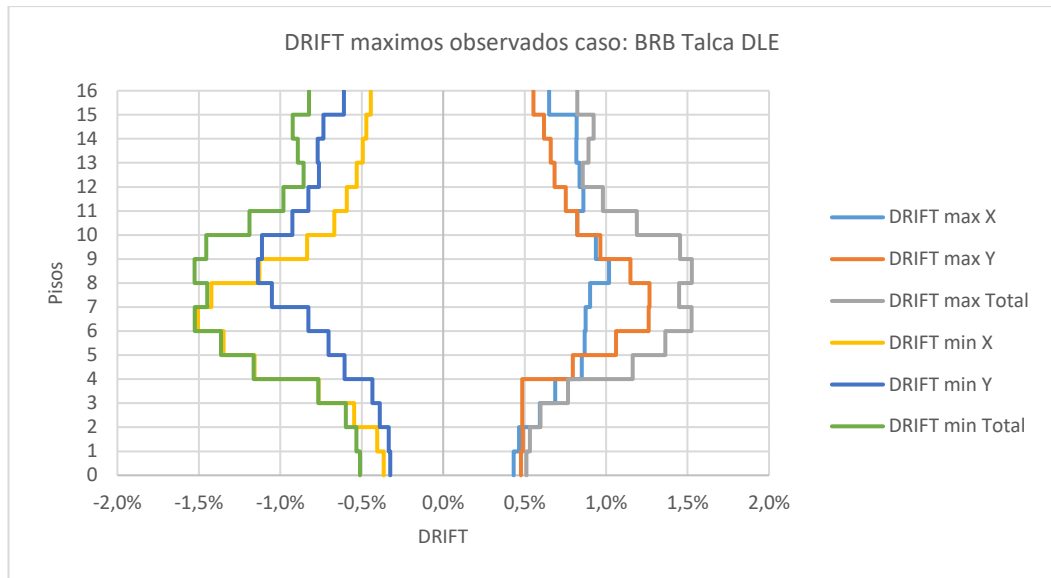


Figura VII.6.2.1 DRIFT; máximos y residuales, estructura con BRB, Talca DLE
[elaboración propia]

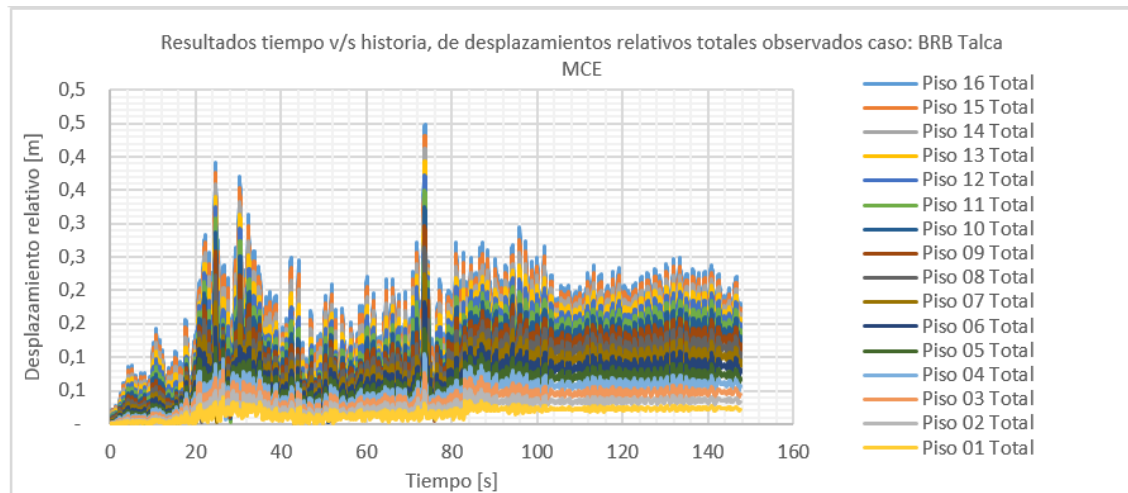
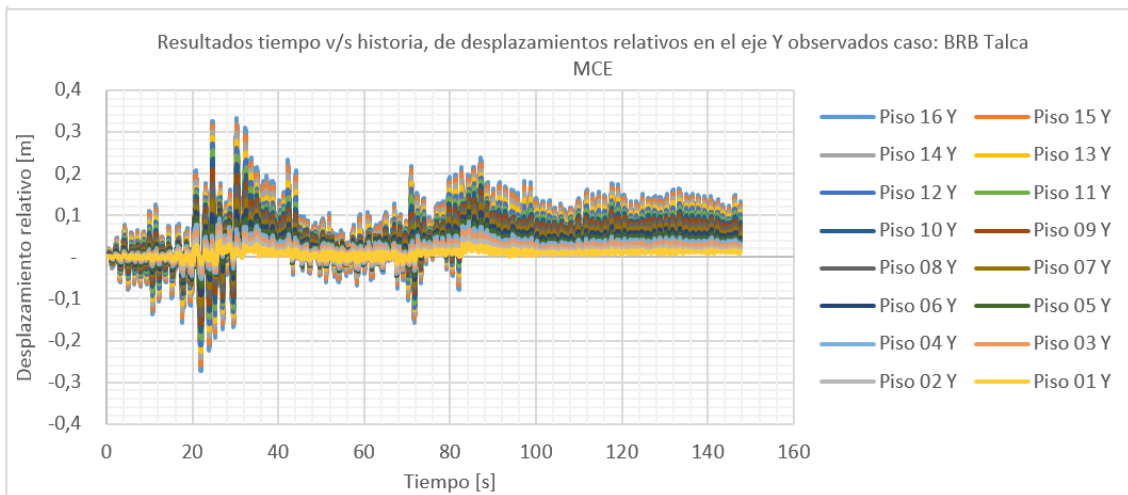
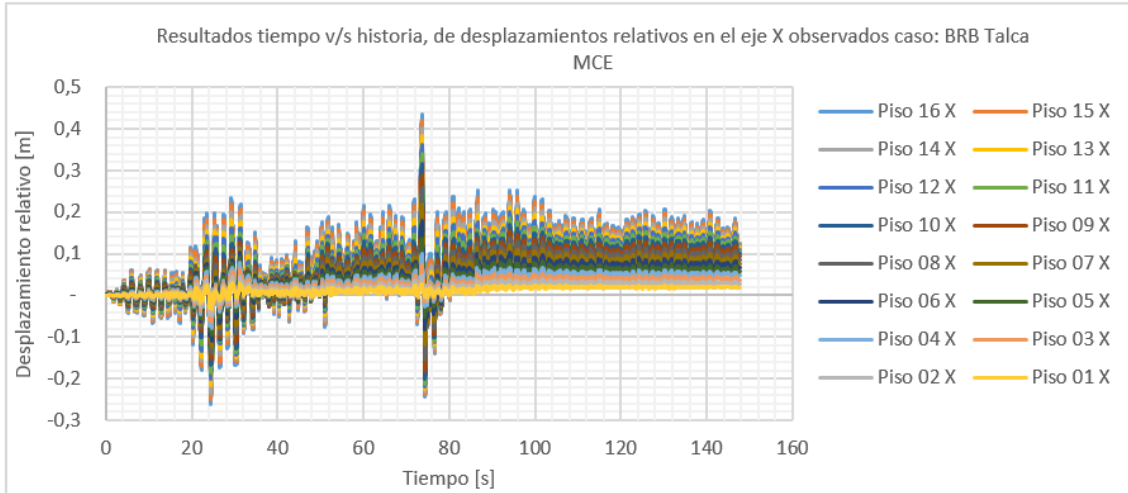


Figura VII.6.2.m Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Talca MCE [elaboración propia]

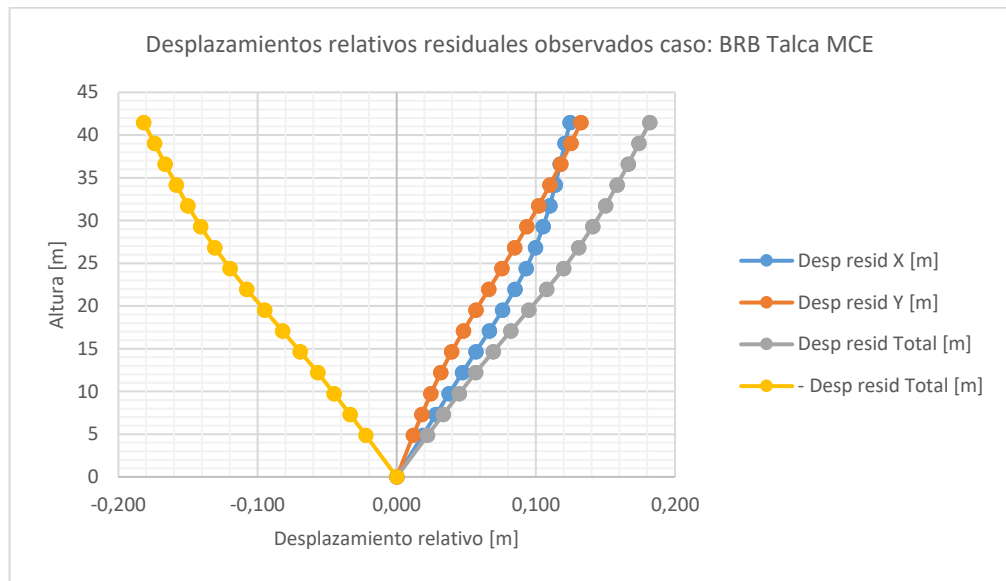
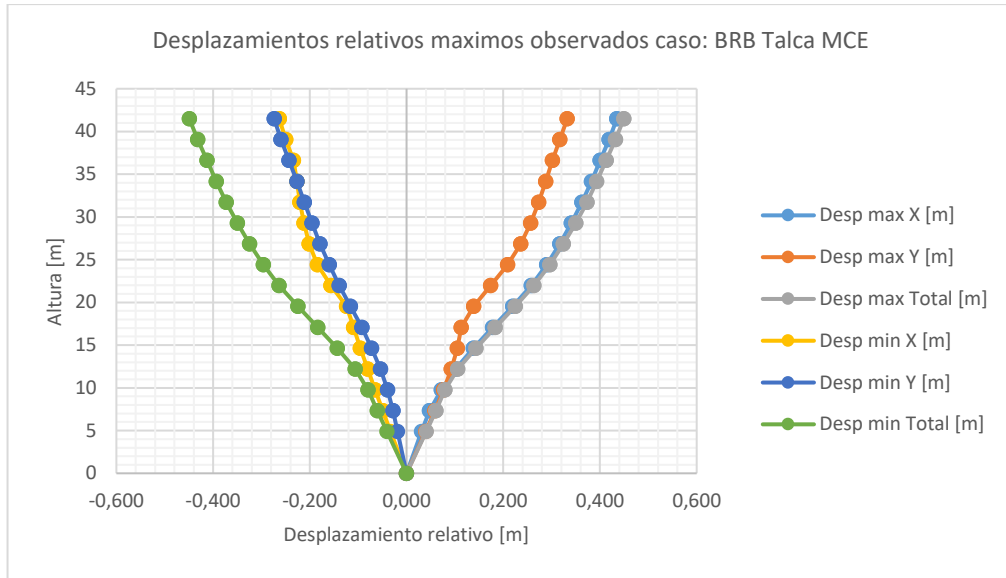


Figura VII.6.2.n Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Talca MCE [elaboración propia]

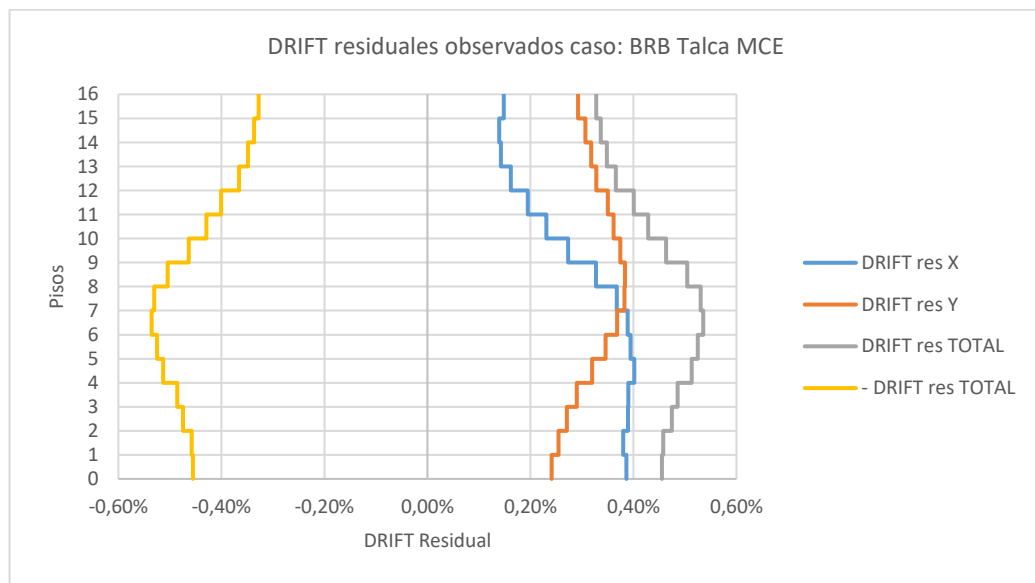
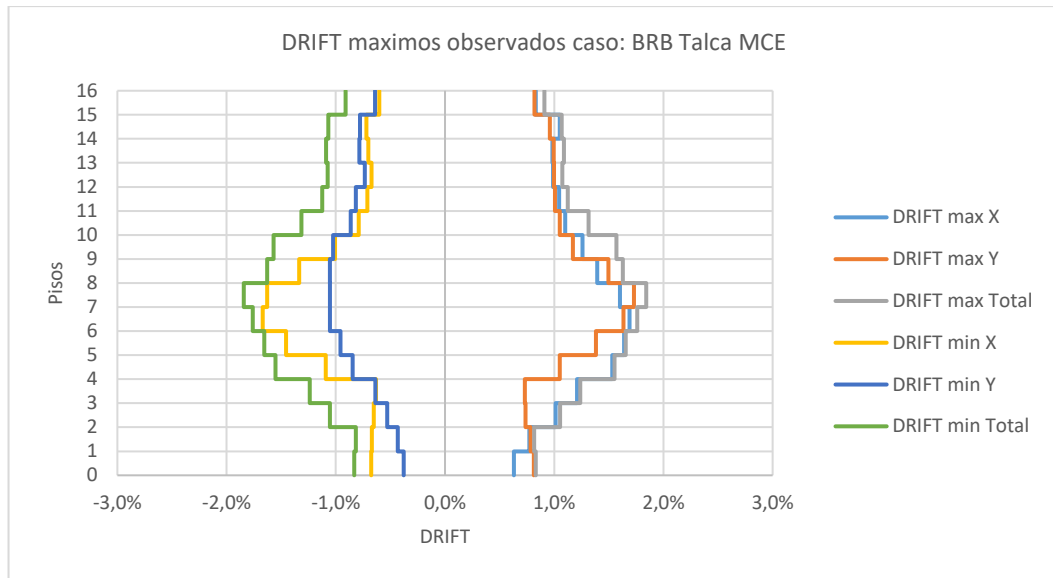


Figura VII.6.2.o DRIFT; máximos y residuales, estructura con BRB, Talca MCE
[elaboración propia]

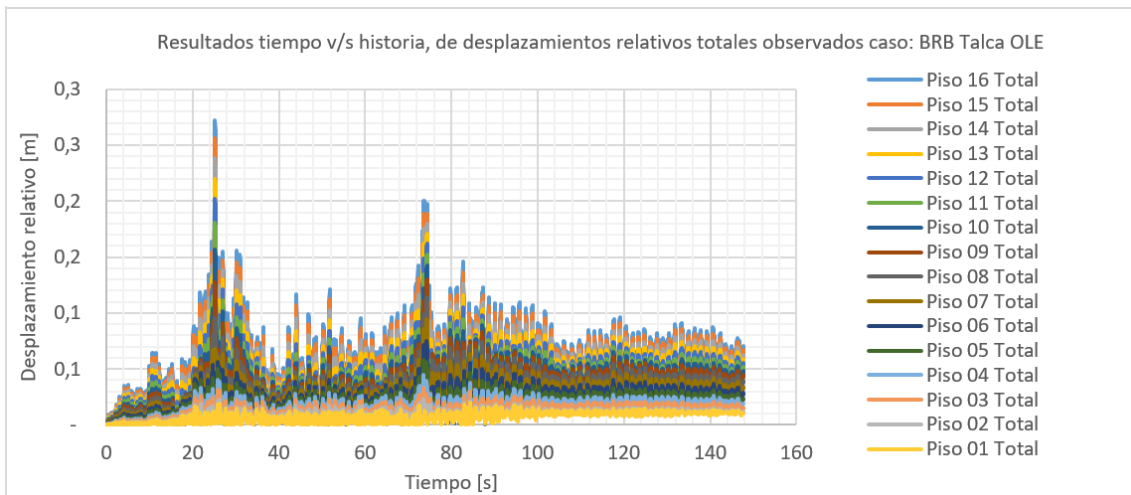
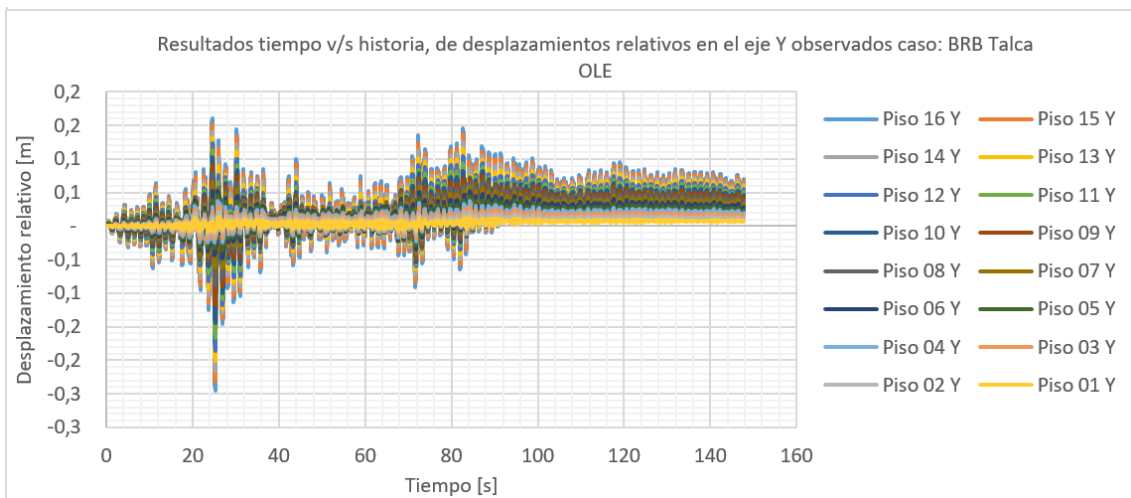
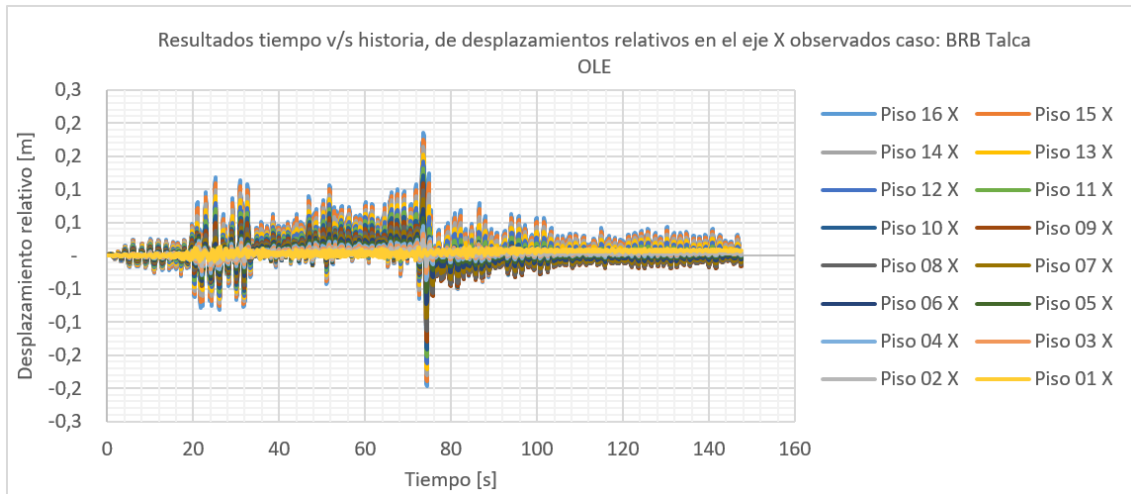


Figura VII.6.2.p Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Talca OLE [elaboración propia]

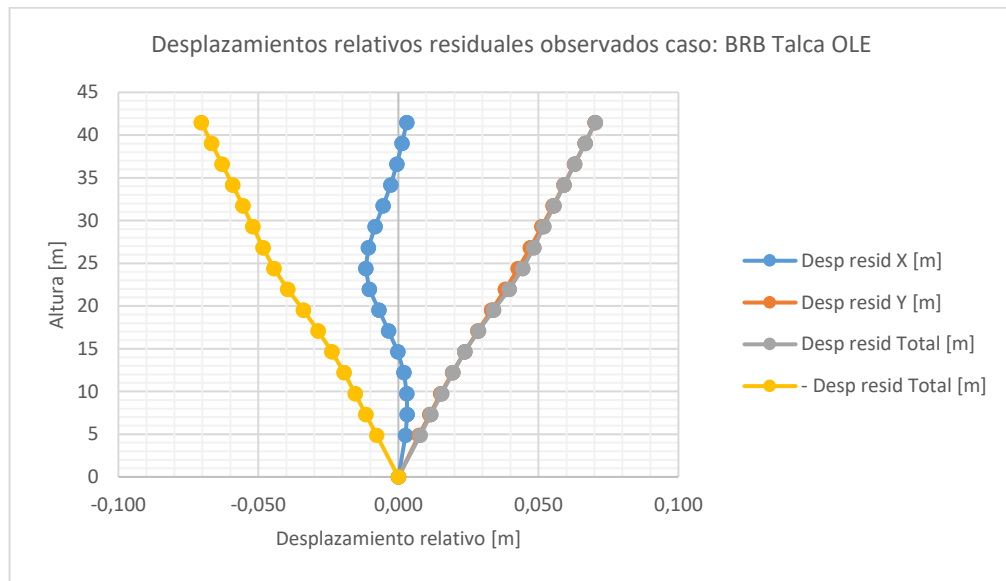
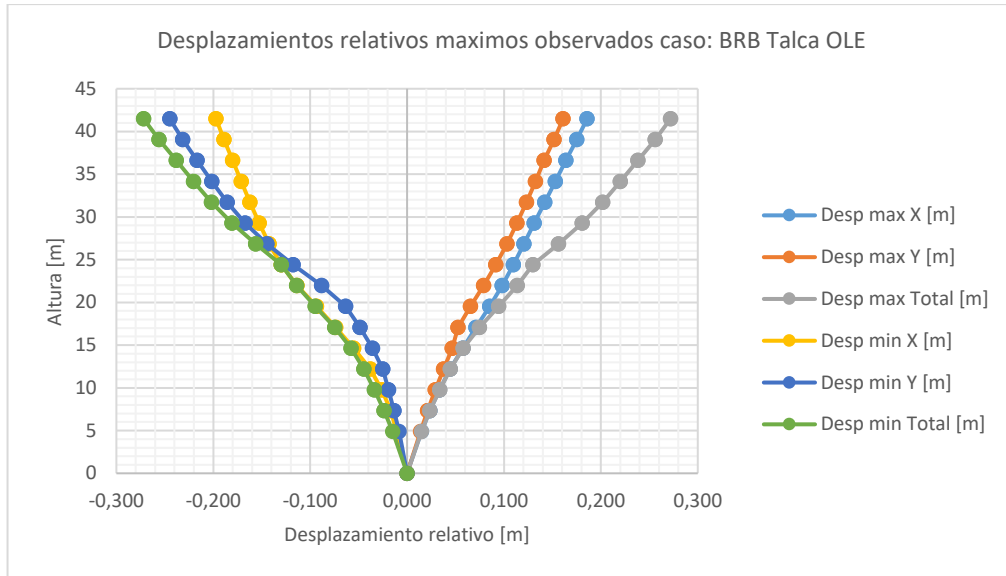


Figura VII.6.2.q Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Talca OLE [elaboración propia]

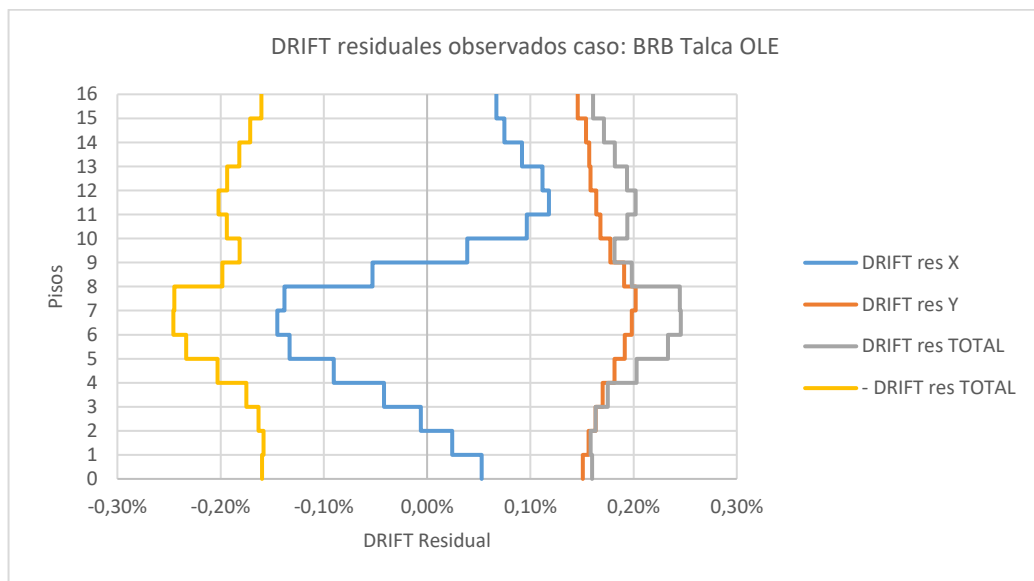
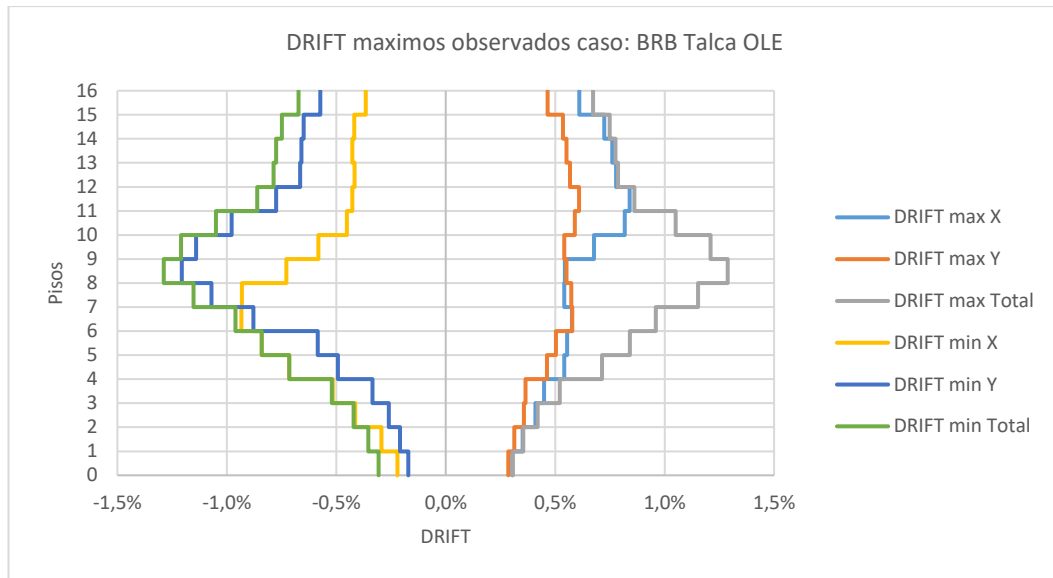


Figura VII.6.2.r DRIFT; máximos y residuales, estructura con BRB, Talca OLE
[elaboración propia]

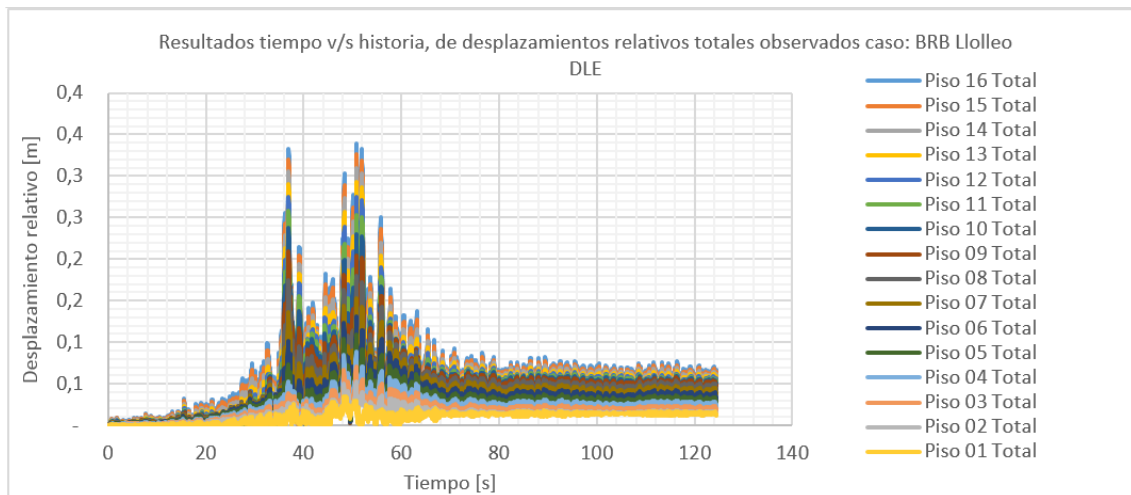
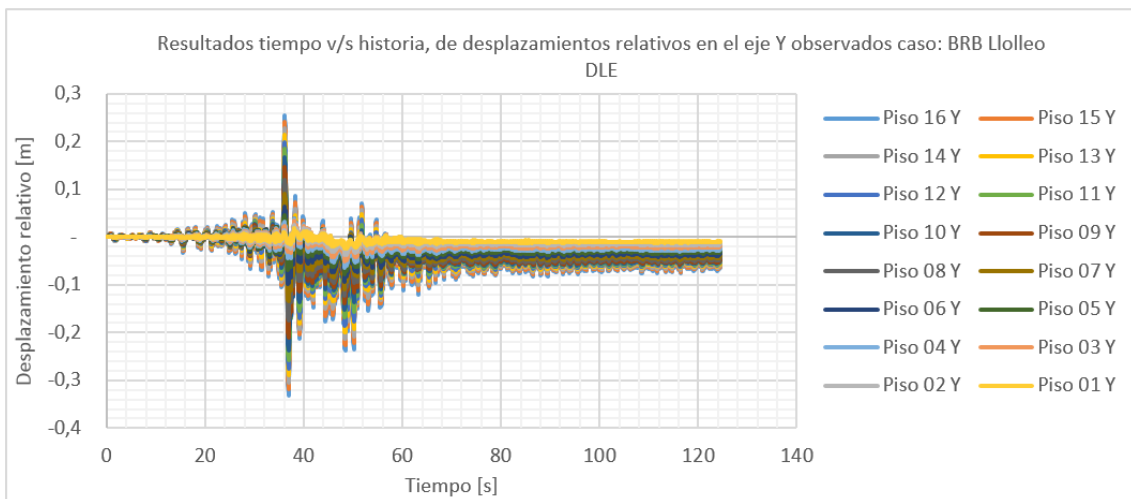
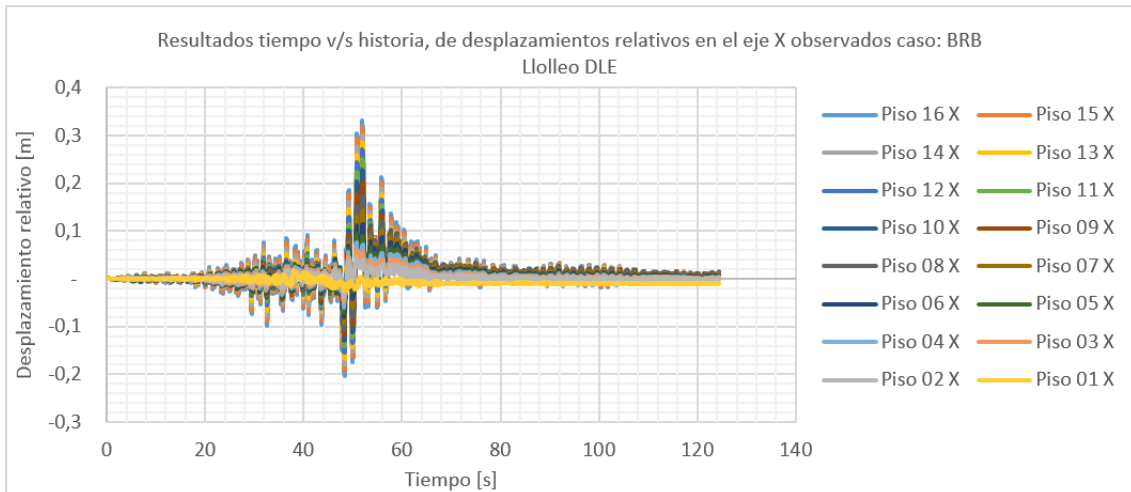


Figura VII.6.2.s Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Lollole DLE [elaboración propia]

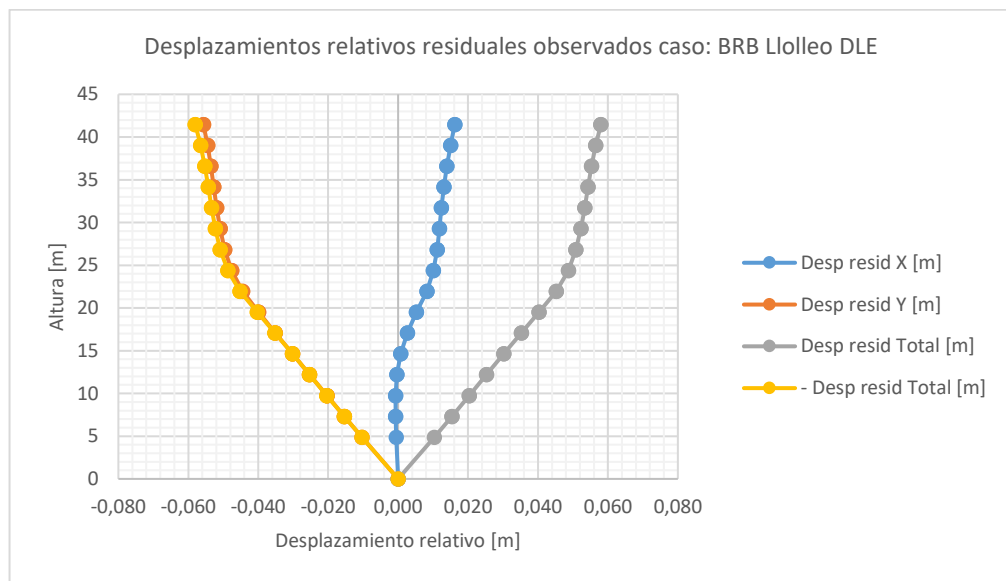
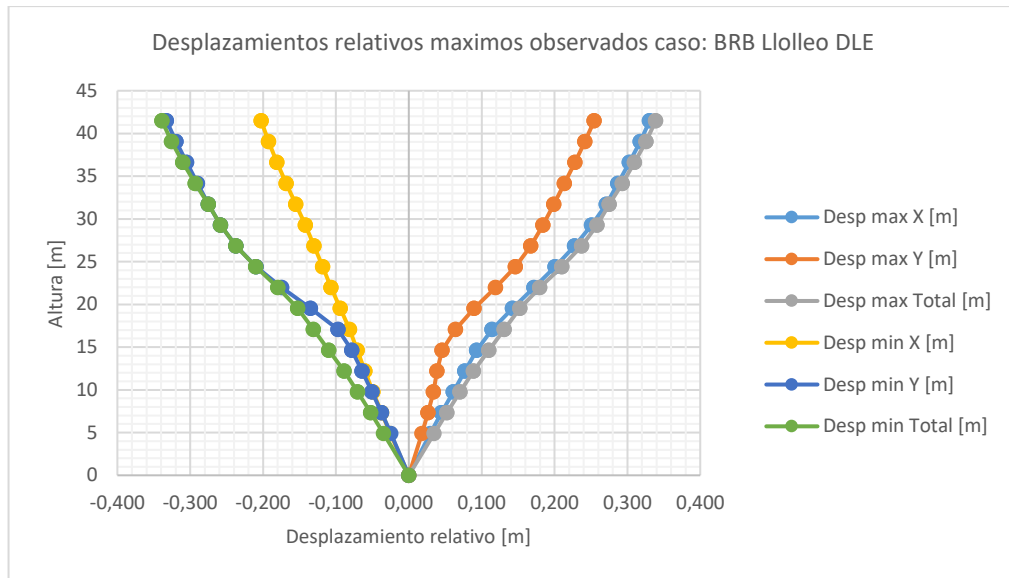


Figura VII.6.2.t Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Lollole DLE [elaboración propia]

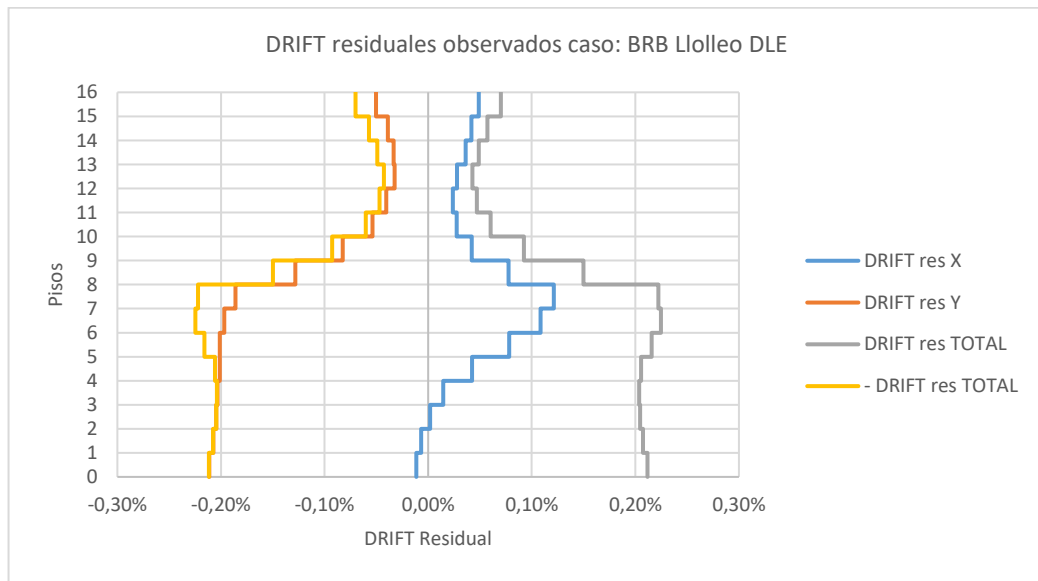
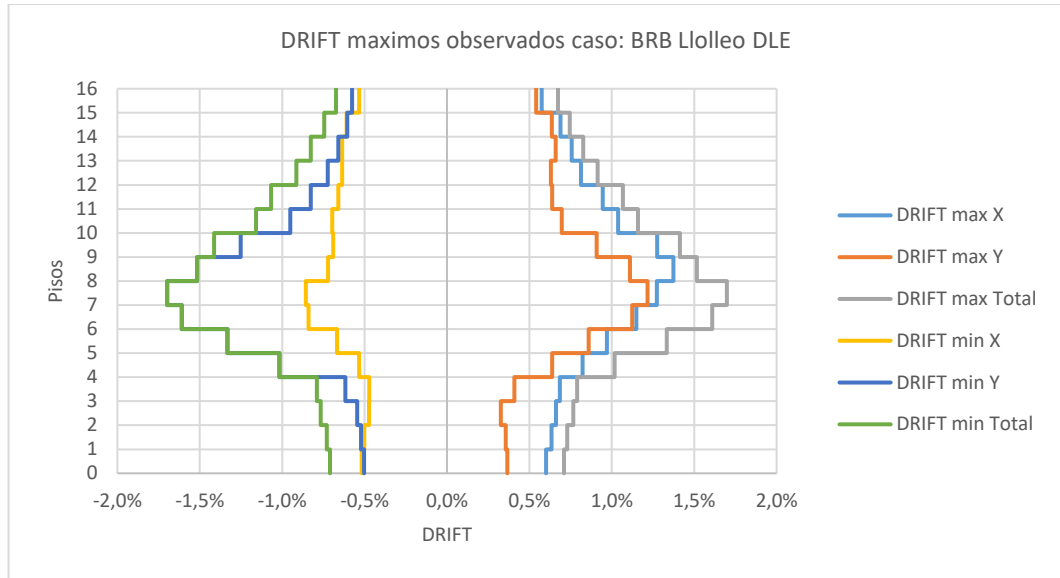


Figura VII.6.2.u DRIFT; máximos y residuales, estructura con BRB, Lollole DLE
[elaboración propia]

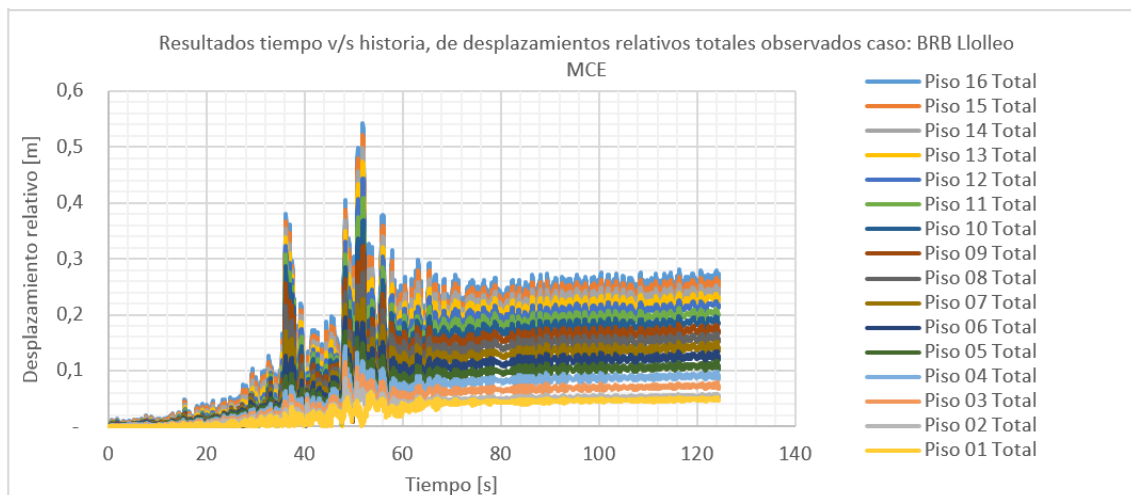
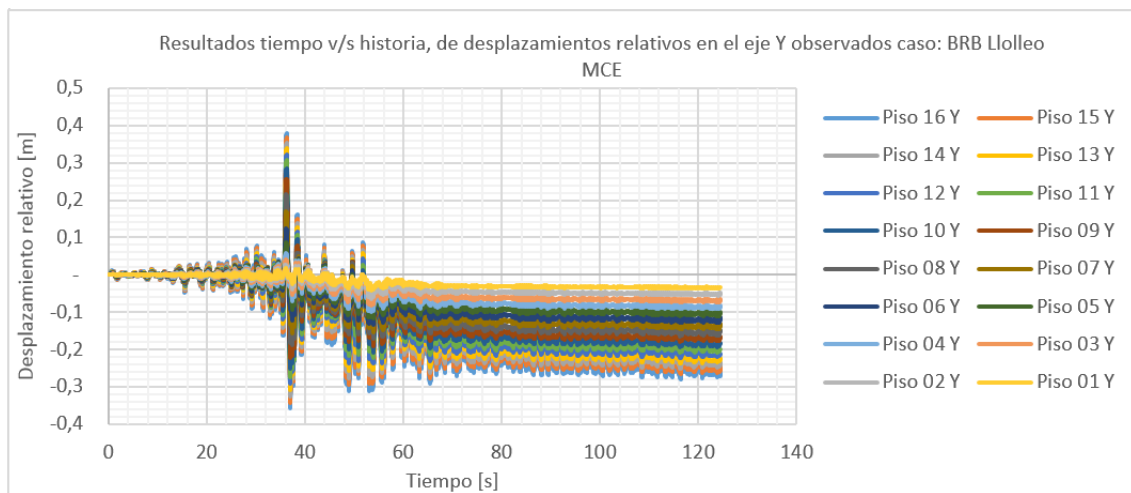
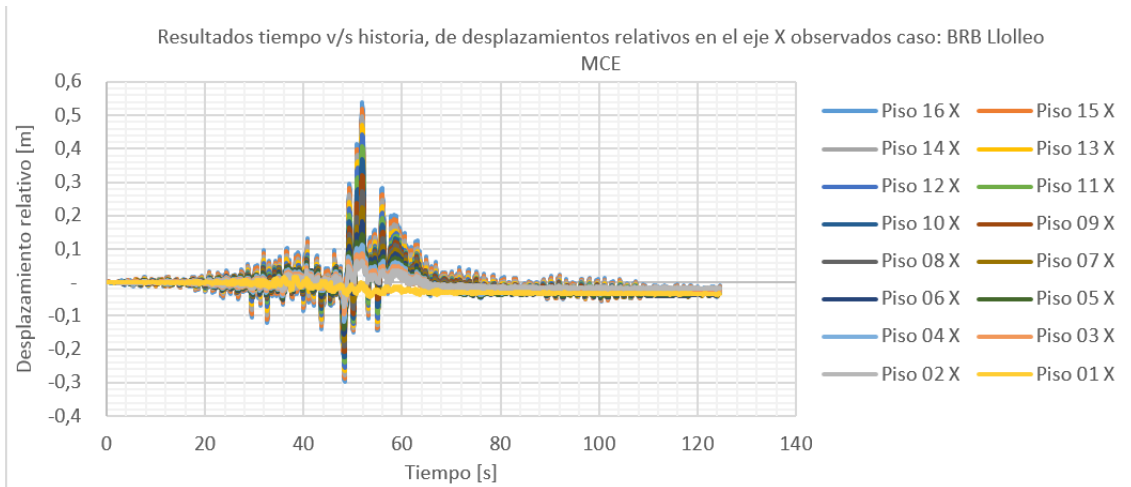


Figura VII.6.2.v Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Llolleo MCE [elaboración propia]

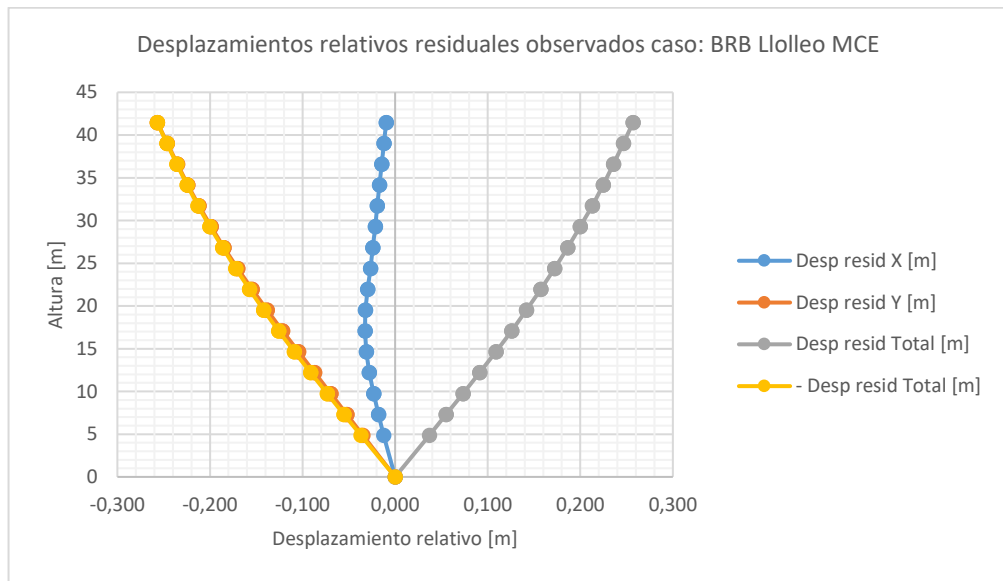
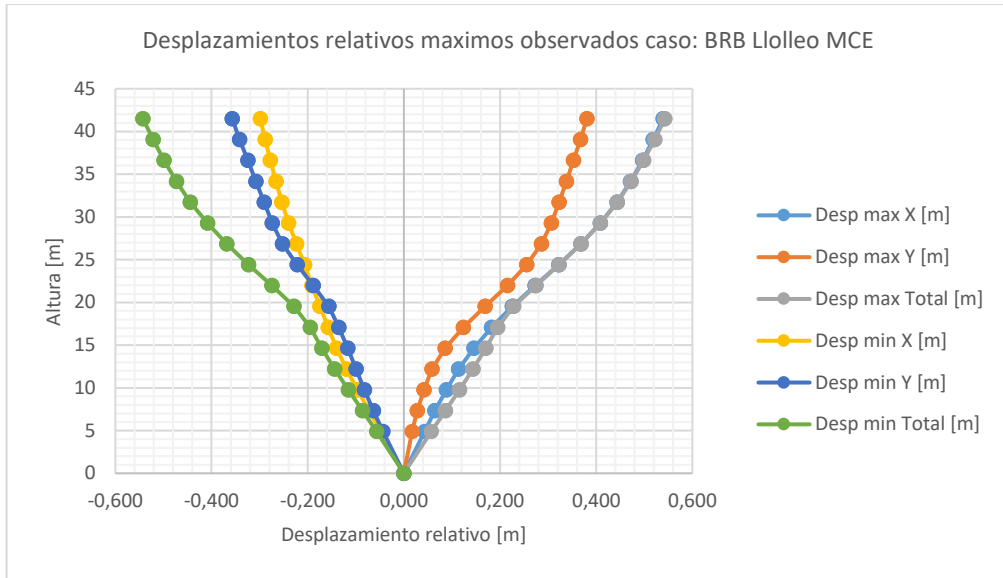


Figura VII.6.2.w Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Lollole MCE [elaboración propia]

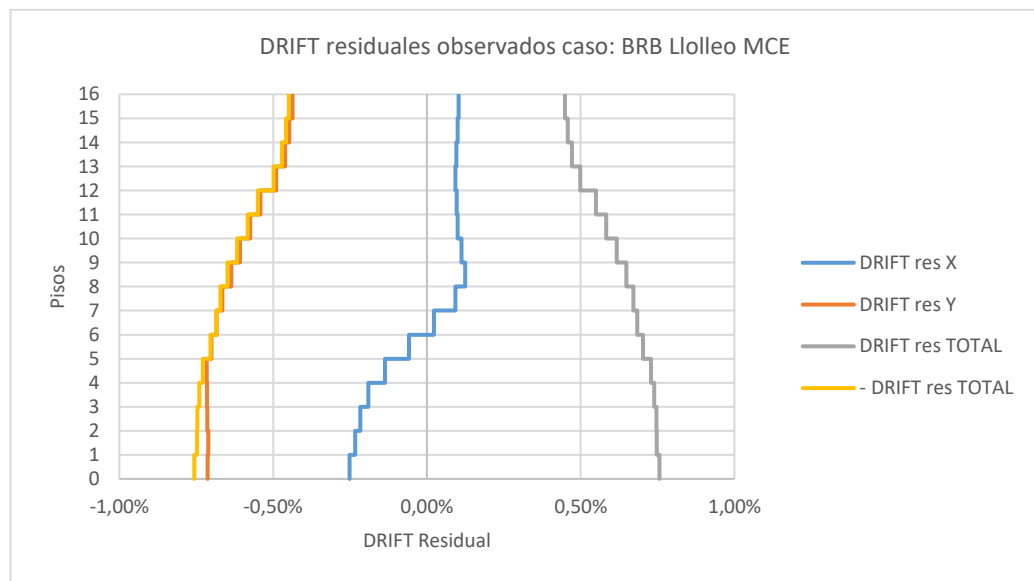
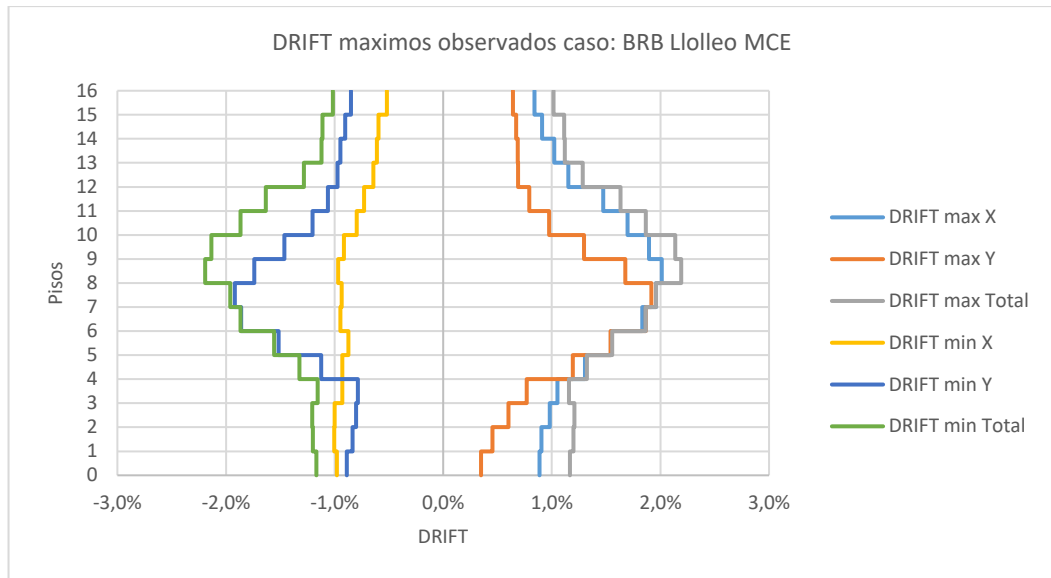


Figura VII.6.2.x DRIFT; máximos y residuales, estructura con BRB, Lollole MCE
[elaboración propia]

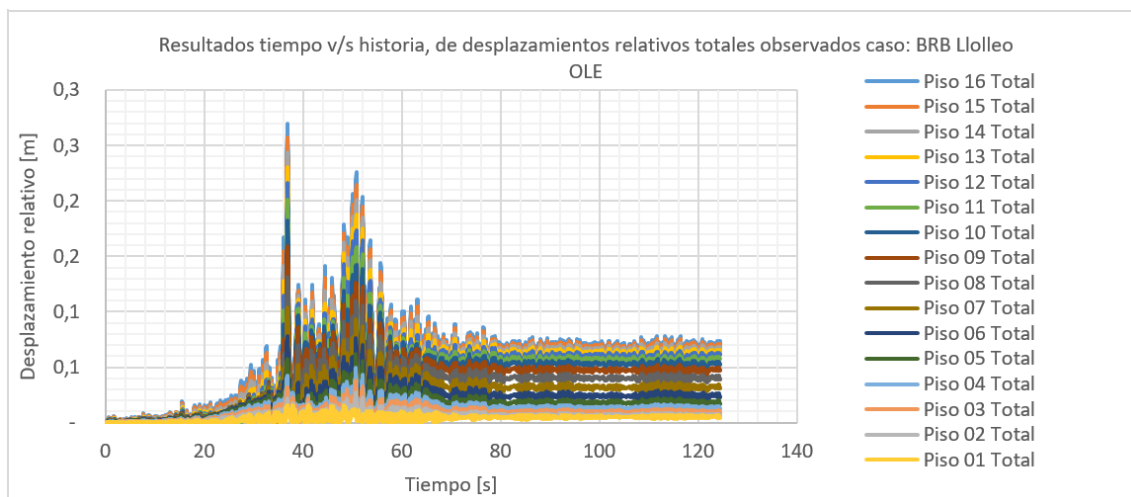
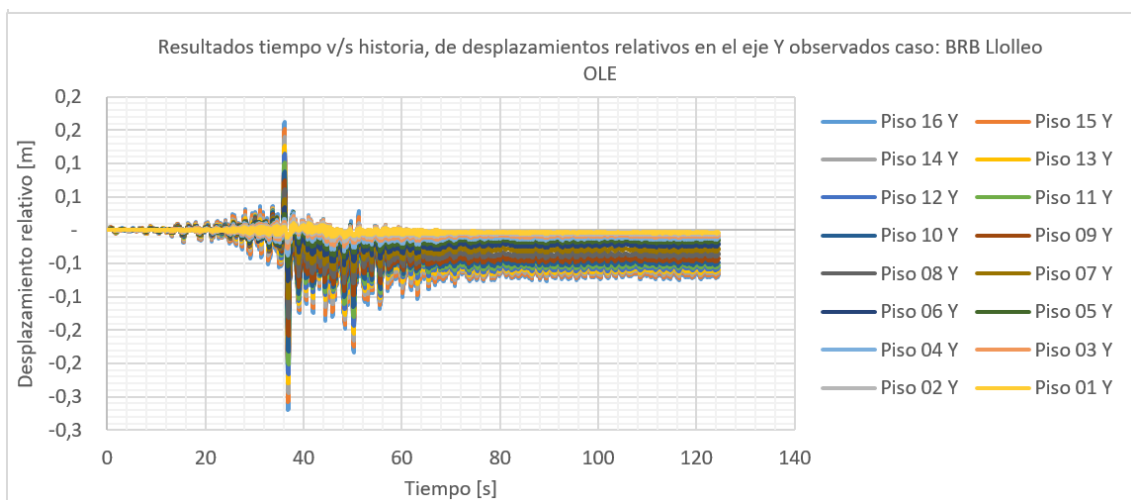
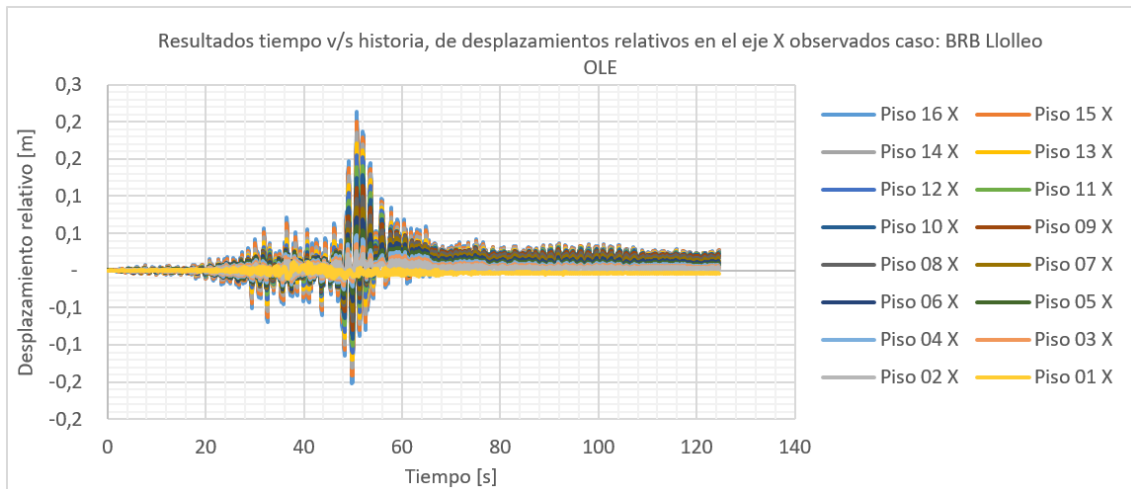


Figura VII.6.2.y Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Lollole OLE [elaboración propia]

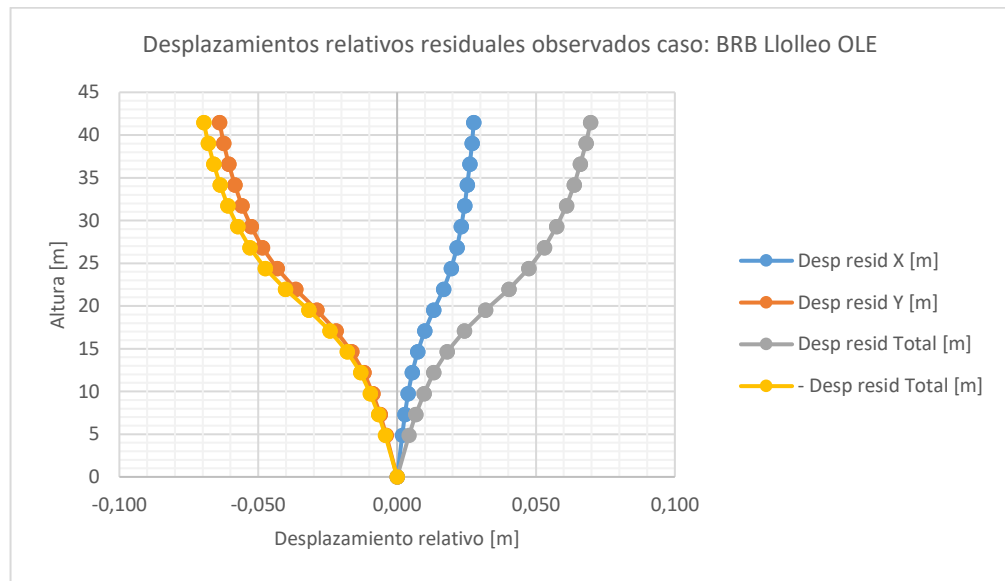
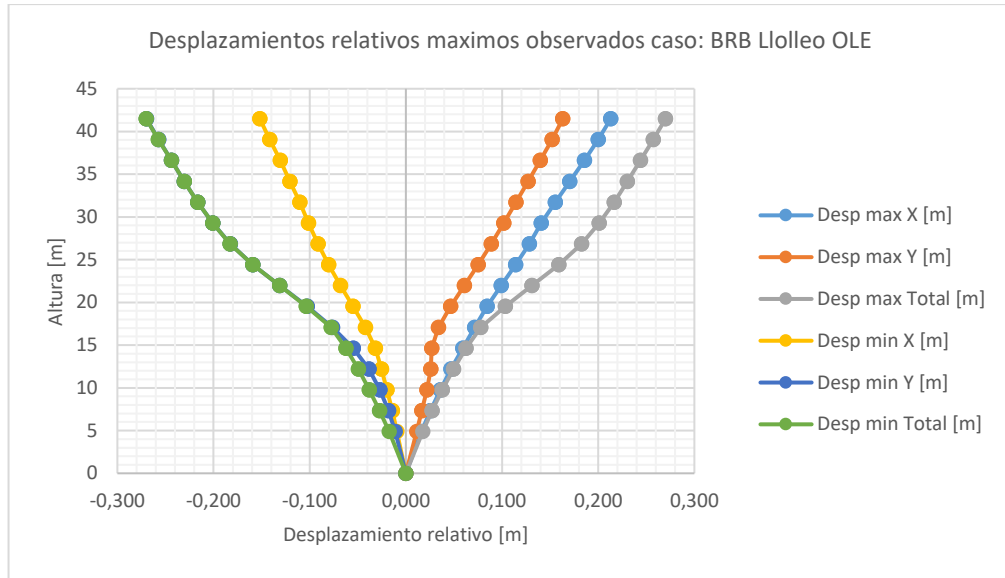


Figura VII.6.2.z Desplazamiento relativo de piso; máximos y residuales, estructura con BRB, Lollole OLE [elaboración propia]

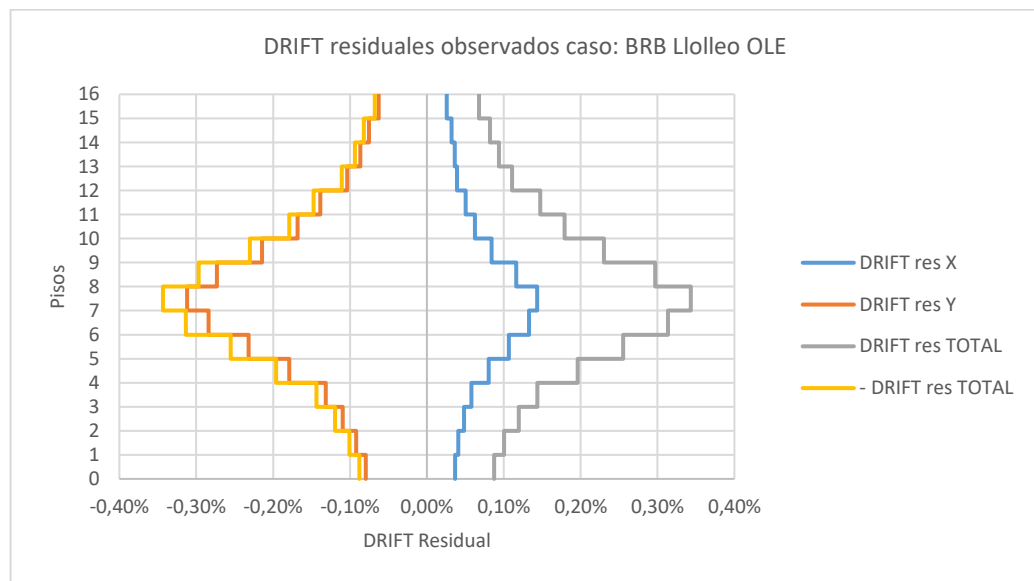
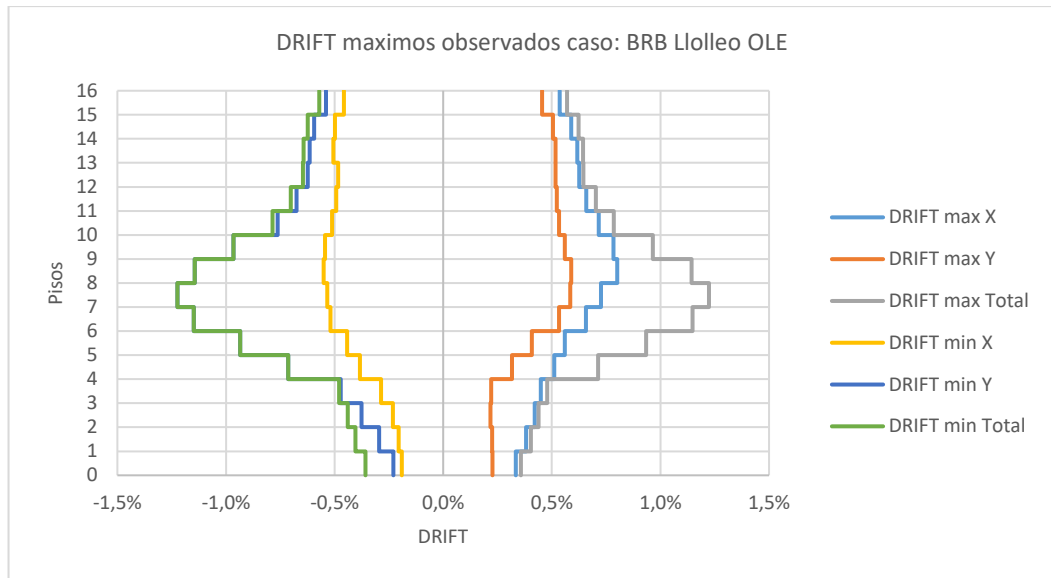
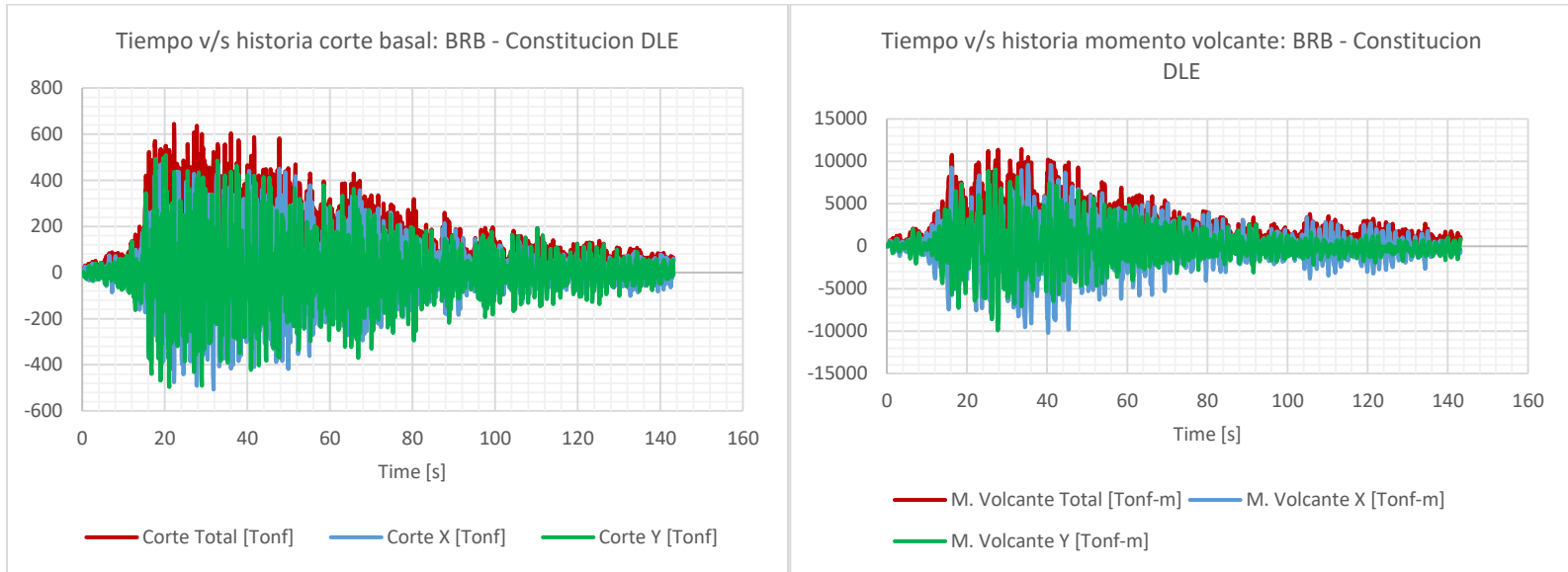


Figura VII.6.2.aa DRIFT; máximos y residuales, estructura con BRB, Lollole OLE
[elaboración propia]

VII.6.3 Corte basal y momentos volcantes desarrollados por la estructura

El siguiente subcapítulo presenta el comportamiento tiempo historia de los cortes basales y momentos volcantes desarrollados por la estructura considerando la acción todos los eventos sísmicos de estudio.

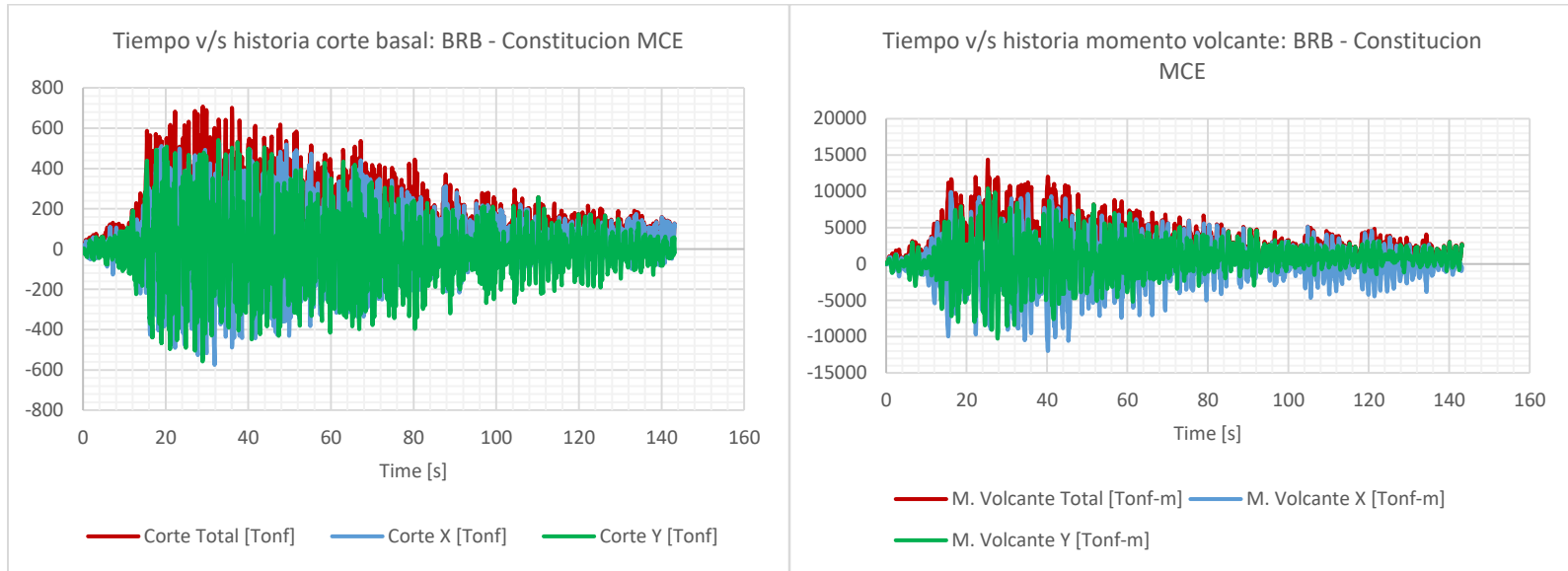


	Tiempo [s]	Valor Max	Tiempo [s]	Valor Min		Tiempo [s]	Valor Max	Tiempo [s]	Valor Min
Corte X [Tonf]	19,00	469,55	31,85	-507,07	M. Volcante X [Tonf-m]	35,25	9608,69	40,25	-10194,56
Corte Y [Tonf]	20,22	507,87	21,06	-494,36	M. Volcante Y [Tonf-m]	27,10	9074,55	27,70	-9919,66
Corte Total [Tonf]	22,25	645,21			M. Volcante Total [Tonf-m]	33,60	11444,15		

Tiempo [s] max	143,20
----------------	--------

Tiempo [s] max	143,20
----------------	--------

Figura VII.6.3.a Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras de pandeo restringido CoreBrace® ante la acción del evento sísmico Constitución DLE [elaboración propia]

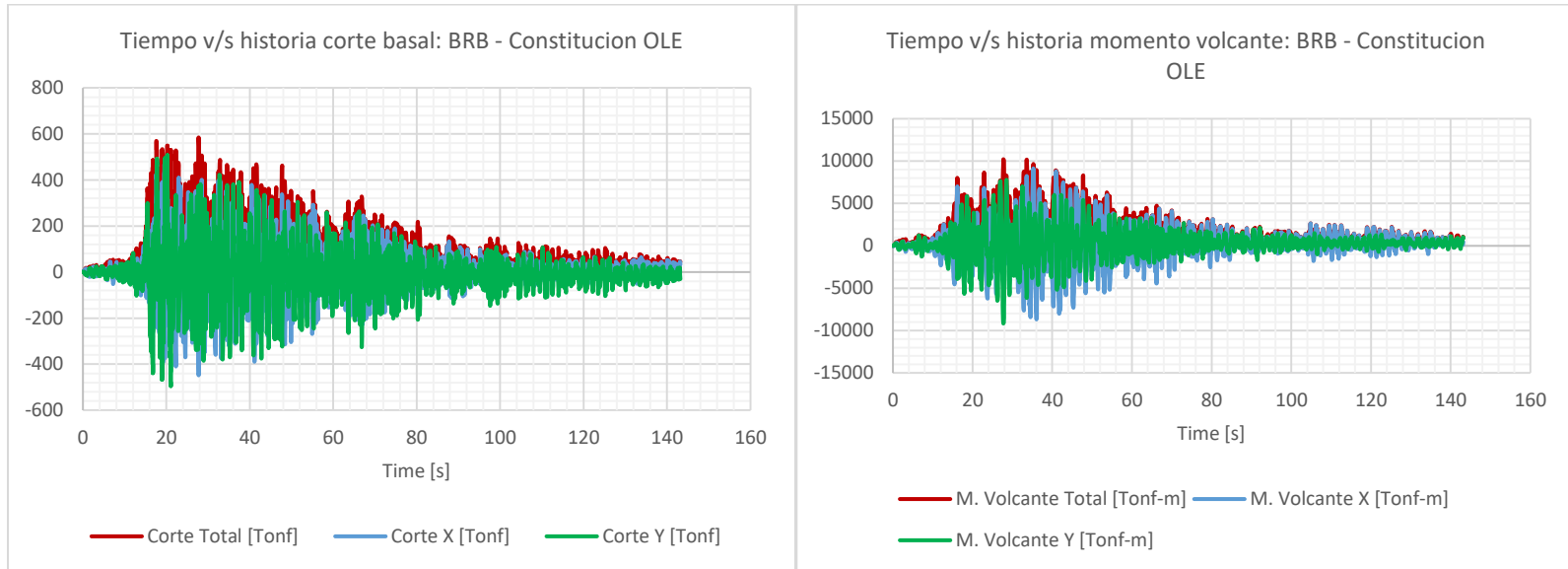


	Tiempo [s]	Valor Max	Tiempo [s]	Valor Min		Tiempo [s]	Valor Max	Tiempo [s]	Valor Min
Corte X [Tonf]	32,900	525,13	31,850	-574,55	M. Volcante X [Tonf-m]	25,3	9916,5492	40,2	-11991,065
Corte Y [Tonf]	32,750	540,68	28,950	-556,76	M. Volcante Y [Tonf-m]	25,3	10419,539	27,7	-10271,772
Corte Total [Tonf]	29,000	707,75			M. Volcante Total [Tonf-m]	25,300	14.384,18		

Tiempo [s] max	143,200
----------------	---------

Tiempo [s] max	143,200
----------------	---------

Figura VII.6.3.b Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras de pandeo restringido CoreBrace® ante la acción del evento sísmico Constitución MCE [elaboración propia]

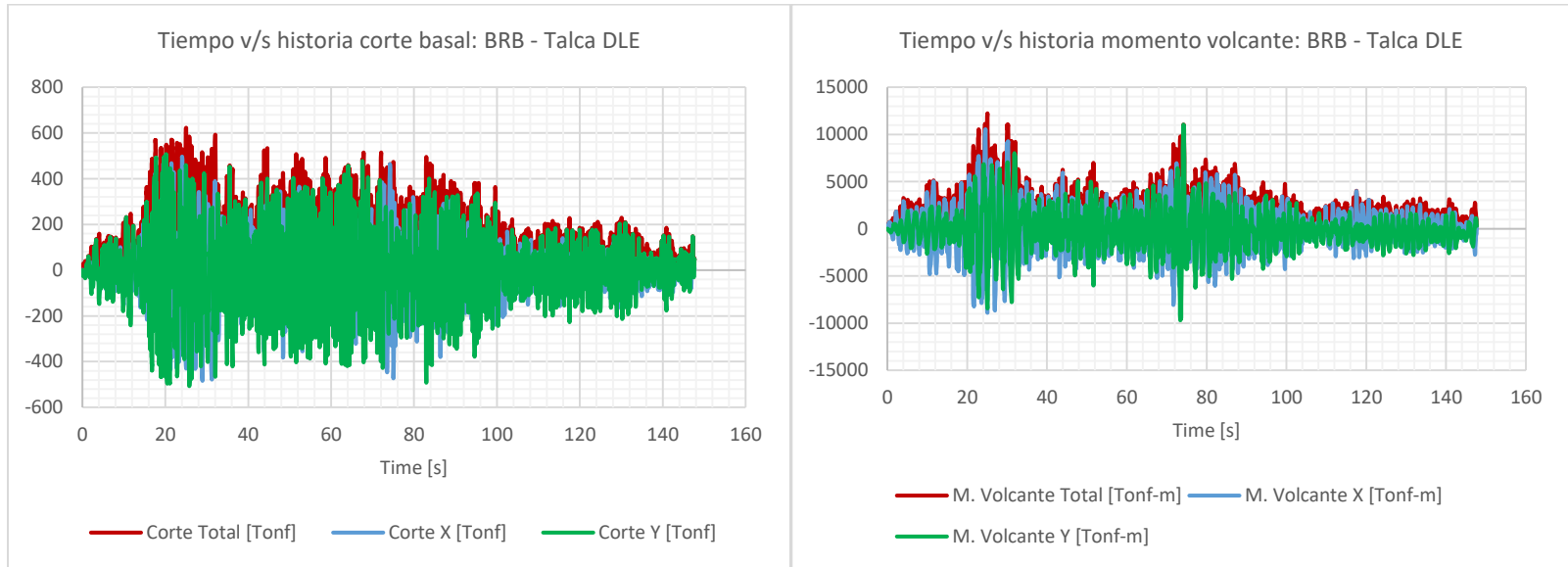


	Tiempo [s]	Valor Max	Tiempo [s]	Valor Min		Tiempo [s]	Valor Max	Tiempo [s]	Valor Min
Corte X [Tonf]	19,55	468,46	27,75	-448,03	M. Volcante X [Tonf-m]	35,25	9123,65	36,05	-8674,21
Corte Y [Tonf]	20,22	507,87	21,06	-494,36	M. Volcante Y [Tonf-m]	28,50	7776,48	27,70	-9178,75
Corte Total [Tonf]	27,75	583,86			M. Volcante Total [Tonf-m]	27,75	10213,33		

Tiempo [s] max	143,20
----------------	--------

Tiempo [s] max	143,20
----------------	--------

Figura VII.6.3.c Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras de pandeo restringido CoreBrace® ante la acción del evento sísmico Constitución OLE [elaboración propia]

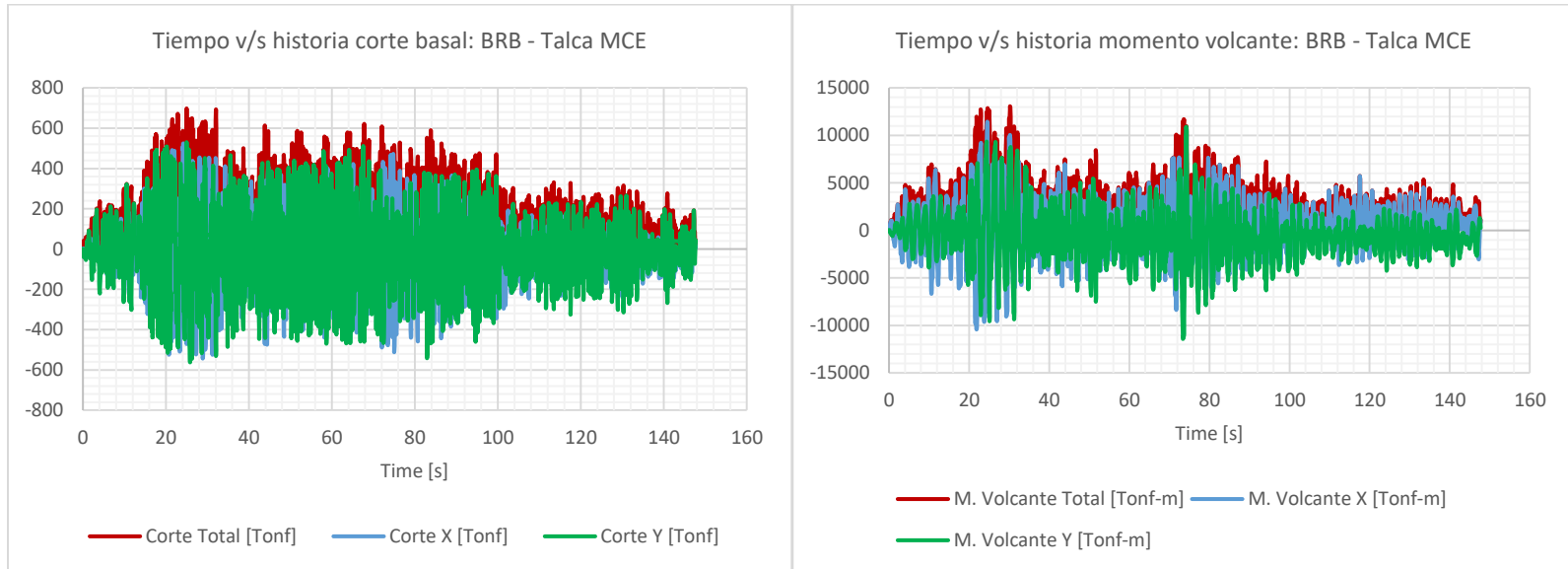


	Timeo [s]	Valor Max	Timeo [s]	Valor Min		Timeo [s]	Valor Max	Timeo [s]	Valor Min
Corte X [Tonf]	24,05	496,46	28,95	-483,29	M. Volcante X [Tonf-m]	24,60	10549,79	25,05	-8886,60
Corte Y [Tonf]	20,22	507,87	25,80	-507,09	M. Volcante Y [Tonf-m]	74,20	11034,03	73,40	-9682,24
Corte Total [Tonf]	25,00	623,15			M. Volcante Total [Tonf-m]	25,05	12241,54		

Timeo [s] max	147,70
---------------	--------

Timeo [s] max	147,70
---------------	--------

Figura VII.6.3.d Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras de pandeo restringido CoreBrace® ante la acción del evento sísmico Talca DLE [elaboración propia]

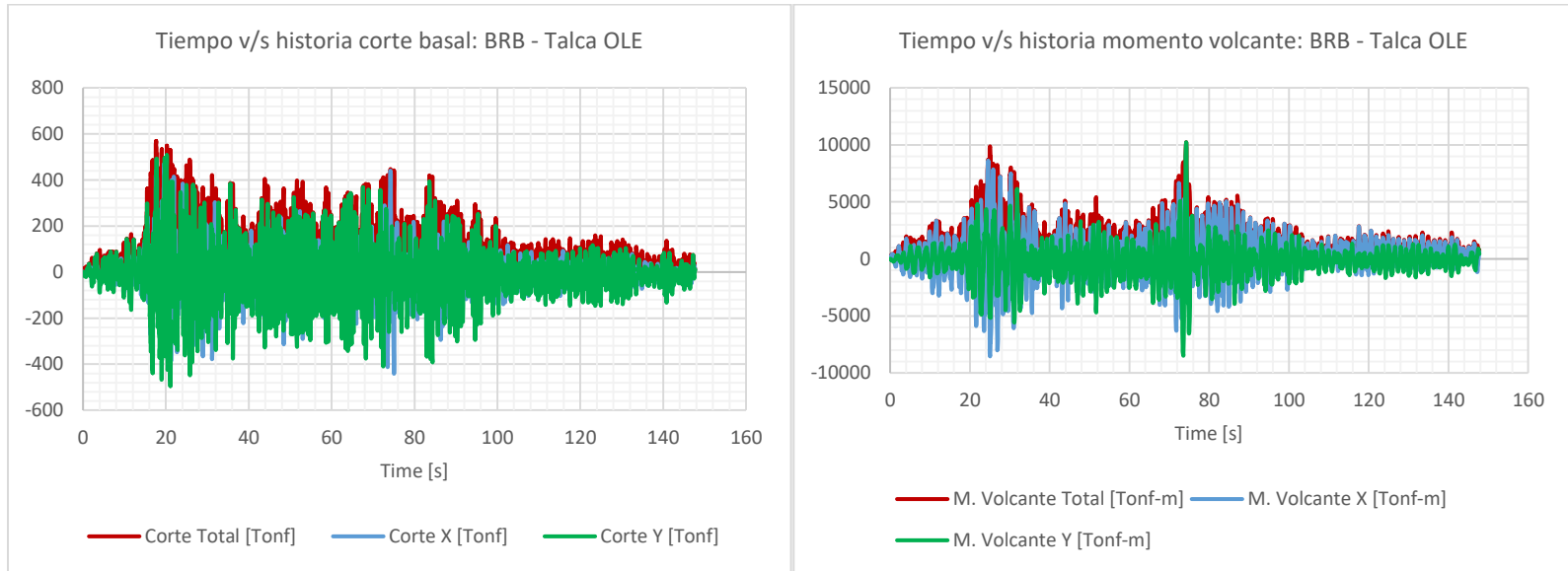


	Timeo [s]	Valor Max	Timeo [s]	Valor Min		Timeo [s]	Valor Max	Timeo [s]	Valor Min
Corte X [Tonf]	24,15	524,47	28,90	-542,73	M. Volcante X [Tonf-m]	24,55	11448,55	21,85	-10432,40
Corte Y [Tonf]	24,95	529,81	25,80	-561,82	M. Volcante Y [Tonf-m]	74,25	10899,61	73,40	-11433,43
Corte Total [Tonf]	24,95	698,00			M. Volcante Total [Tonf-m]	30,25	13059,97		

Timeo [s] max	147,70
---------------	--------

Timeo [s] max	147,70
---------------	--------

Figura VII.6.3.e Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras de pando restringido CoreBrace® ante la acción del evento sísmico Talca MCE [elaboración propia]

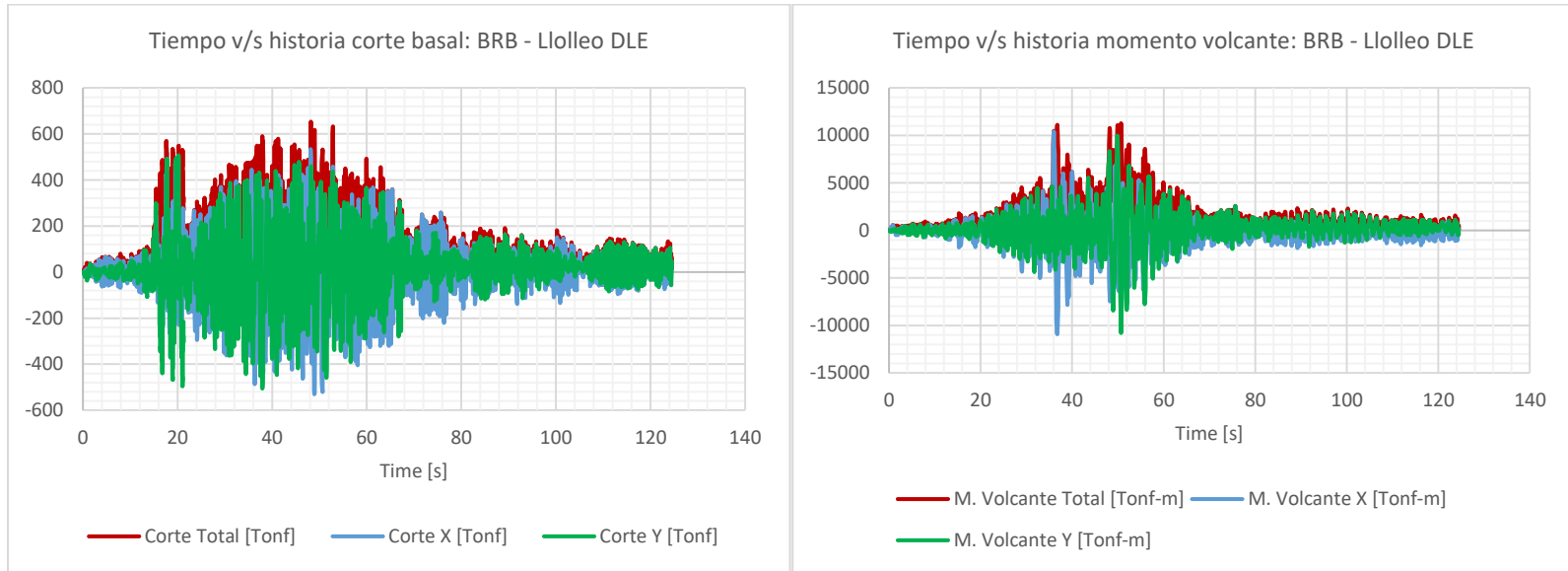


	Tiempo [s]	Valor Max	Tiempo [s]	Valor Min		Tiempo [s]	Valor Max	Tiempo [s]	Valor Min
Corte X [Tonf]	19,55	468,46	75,05	-440,87	M. Volcante X [Tonf-m]	24,60	8620,24	25,05	-8531,12
Corte Y [Tonf]	20,22	507,87	21,06	-494,36	M. Volcante Y [Tonf-m]	74,25	10219,11	73,50	-8474,89
Corte Total [Tonf]	17,63	569,63			M. Volcante Total [Tonf-m]	74,25	10224,38		

Tiempo [s] max	147,70
----------------	--------

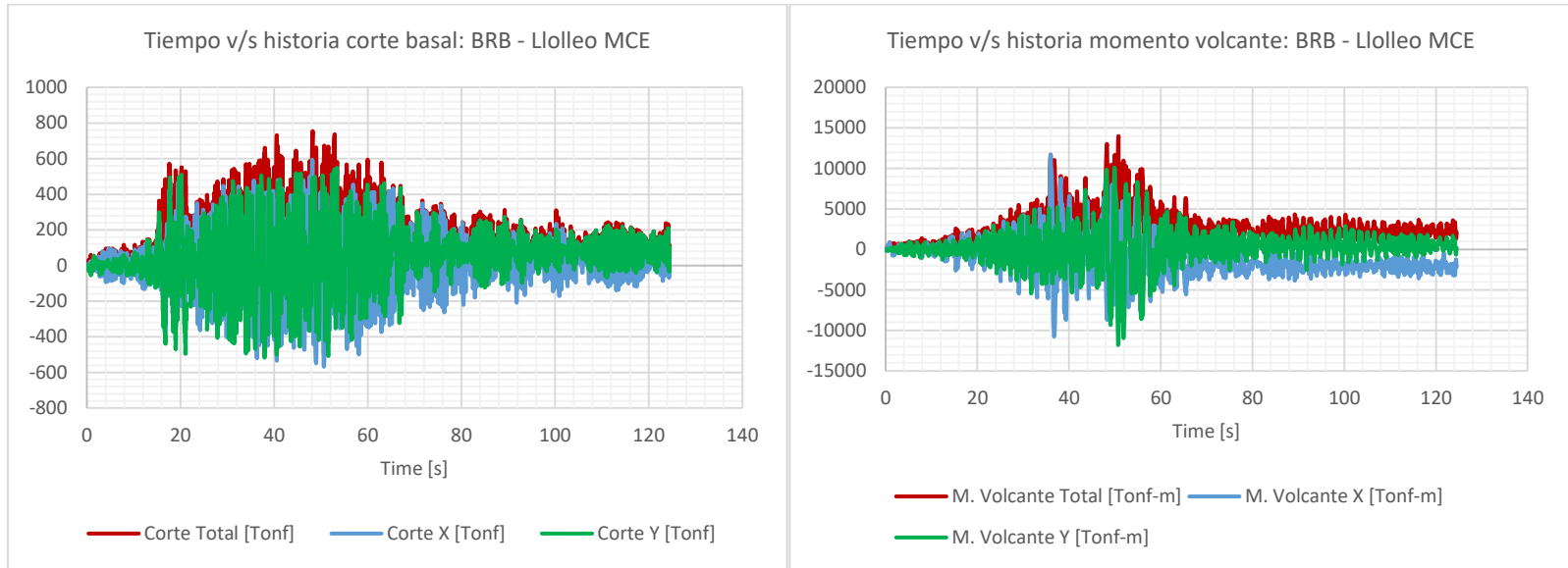
Tiempo [s] max	147,70
----------------	--------

Figura VII.6.3.f Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras de pandeo restringido CoreBrace® ante la acción del evento sísmico Talca OLE [elaboración propia]



	Timeo [s]	Valor Max	Timeo [s]	Valor Min		Timeo [s]	Valor Max	Timeo [s]	Valor Min
Corte X [Tonf]	48,15	533,28	48,95	-530,53	M. Volcante X [Tonf-m]	36,00	10406,58	36,75	-10933,64
Corte Y [Tonf]	20,22	507,87	37,95	-506,27	M. Volcante Y [Tonf-m]	49,90	9960,41	50,70	-10802,68
Corte Total [Tonf]	48,20	652,72			M. Volcante Total [Tonf-m]	50,70	11274,33		

Figura VII.6.3.g Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras de pandeo restringido CoreBrace® ante la acción del evento sísmico Lollole DLE [elaboración propia]

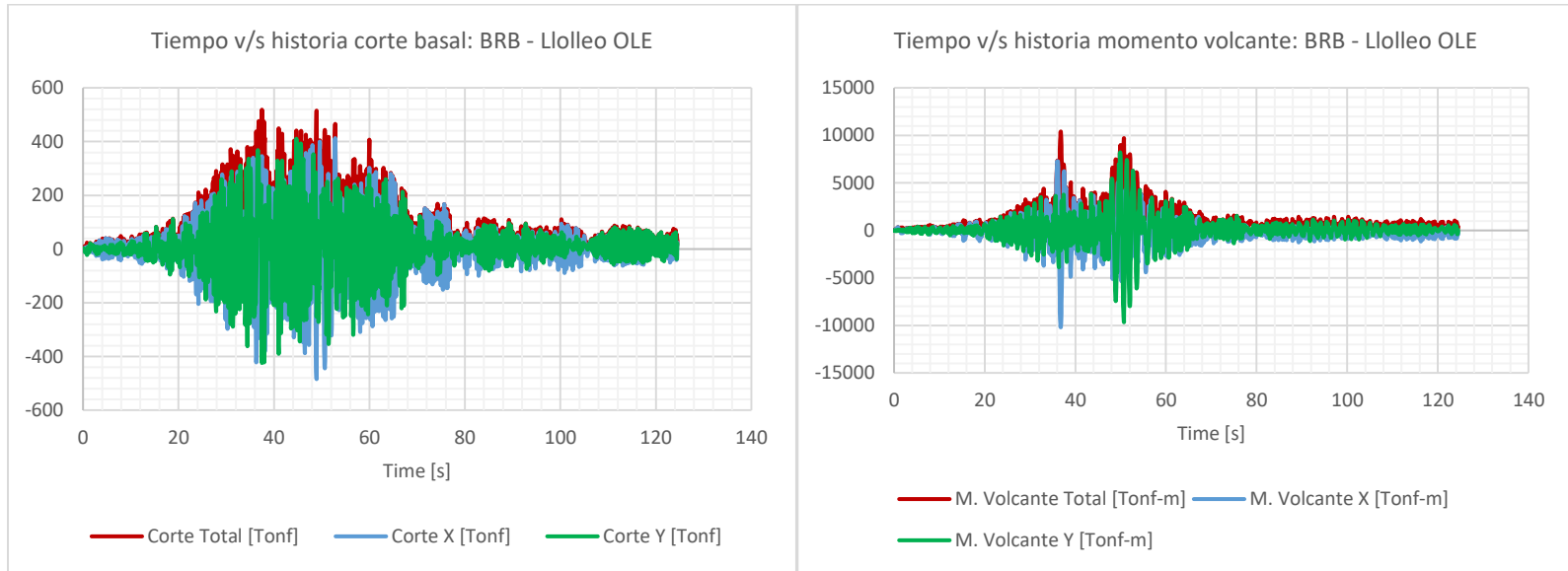


	Timeo [s]	Valor Max	Timeo [s]	Valor Min		Timeo [s]	Valor Max	Timeo [s]	Valor Min
Corte X [Tonf]	48,15	593,84	50,65	-568,61	M. Volcante X [Tonf-m]	36,00	11684,75	36,75	-10765,05
Corte Y [Tonf]	53,40	547,66	37,95	-517,41	M. Volcante Y [Tonf-m]	49,90	10109,32	50,70	-11788,45
Corte Total [Tonf]	48,20	754,84			M. Volcante Total [Tonf-m]	50,75	13992,91		

Timeo [s] max	124,50
---------------	--------

Timeo [s] max	124,50
---------------	--------

Figura VII.6.3.h Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras de pandeo restringido CoreBrace® ante la acción del evento sísmico Lollole MCE [elaboración propia]



	Timeo [s]	Valor Max	Timeo [s]	Valor Min		Timeo [s]	Valor Max	Timeo [s]	Valor Min
Corte X [Tonf]	52,80	413,08	48,90	-483,99	M. Volcante X [Tonf-m]	36,00	7296,28	36,80	-10192,63
Corte Y [Tonf]	44,70	410,70	37,50	-424,45	M. Volcante Y [Tonf-m]	49,90	8207,68	50,70	-9675,60
Corte Total [Tonf]	37,45	518,11			M. Volcante Total [Tonf-m]	36,80	10404,20		

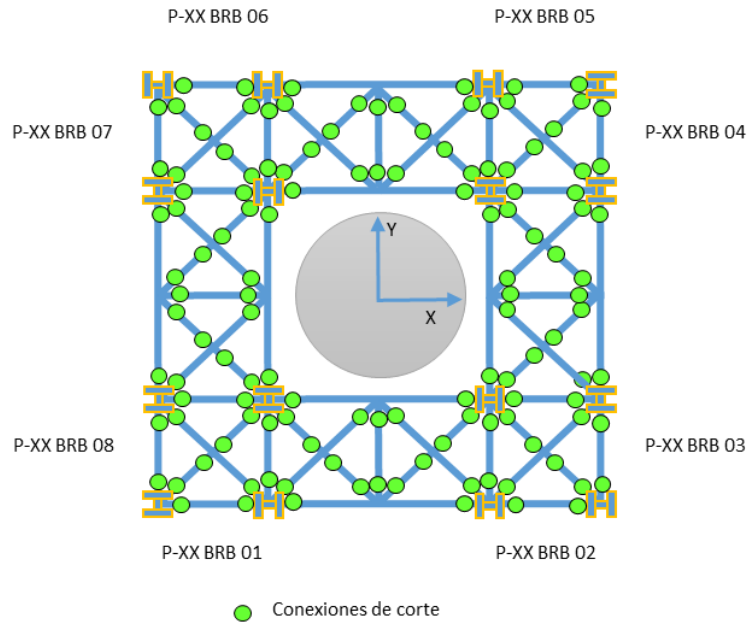
Timeo [s] max	124,50
---------------	--------

Timeo [s] max	124,50
---------------	--------

Figura VII.6.3.i Comportamiento tiempo historia del corte basal y el momento volcante, en la estructura con el uso de riostras de pandeo restringido CoreBrace® ante la acción del evento sísmico Llolleo OLE [elaboración propia]

VII.6.4 Comportamiento de los dispositivos BRB CoreBrace®

El siguiente subcapítulo presenta la relación entre la deformación máxima observada, con respecto a la deformación teórica de fluencia, utilizando lo anterior como indicador de la presencia de comportamiento no lineal de los dispositivos BRB.



Disposición en planta "típica" de los dispositivos BRB para el piso XX

Figura VII.6.4.a Disposición en planta "típica" de los dispositivos BRB CoreBrace®
piso XX, [elaboración propia]

Tabla VII.6.4.a Identificación de los dispositivos en las tablas de resultados
[elaboración propia]

Disposición de dispositivos BRB CoreBrace®								
Piso	Plano Y=-7,5 [m]		Plano X=7,5 [m]		Plano Y=7,5 [m]		Plano X=-7,5 [m]	
16	P-16 BRB 01	P-16 BRB 02	P-16 BRB 03	P-16 BRB 04	P-16 BRB 05	P-16 BRB 06	P-16 BRB 07	P-16 BRB 08
15	P-15 BRB 01	P-15 BRB 02	P-15 BRB 03	P-15 BRB 04	P-15 BRB 05	P-15 BRB 06	P-15 BRB 07	P-15 BRB 08
14	P-14 BRB 01	P-14 BRB 02	P-14 BRB 03	P-14 BRB 04	P-14 BRB 05	P-14 BRB 06	P-14 BRB 07	P-14 BRB 08
13	P-13 BRB 01	P-13 BRB 02	P-13 BRB 03	P-13 BRB 04	P-13 BRB 05	P-13 BRB 06	P-13 BRB 07	P-13 BRB 08
12	P-12 BRB 01	P-12 BRB 02	P-12 BRB 03	P-12 BRB 04	P-12 BRB 05	P-12 BRB 06	P-12 BRB 07	P-12 BRB 08
11	P-11 BRB 01	P-11 BRB 02	P-11 BRB 03	P-11 BRB 04	P-11 BRB 05	P-11 BRB 06	P-11 BRB 07	P-11 BRB 08
10	P-10 BRB 01	P-10 BRB 02	P-10 BRB 03	P-10 BRB 04	P-10 BRB 05	P-10 BRB 06	P-10 BRB 07	P-10 BRB 08
9	P-09 BRB 01	P-09 BRB 02	P-09 BRB 03	P-09 BRB 04	P-09 BRB 05	P-09 BRB 06	P-09 BRB 07	P-09 BRB 08
8	P-08 BRB 01	P-08 BRB 02	P-08 BRB 03	P-08 BRB 04	P-08 BRB 05	P-08 BRB 06	P-08 BRB 07	P-08 BRB 08
7	P-07 BRB 01	P-07 BRB 02	P-07 BRB 03	P-07 BRB 04	P-07 BRB 05	P-07 BRB 06	P-07 BRB 07	P-07 BRB 08
6	P-06 BRB 01	P-06 BRB 02	P-06 BRB 03	P-06 BRB 04	P-06 BRB 05	P-06 BRB 06	P-06 BRB 07	P-06 BRB 08
5	P-05 BRB 01	P-05 BRB 02	P-05 BRB 03	P-05 BRB 04	P-05 BRB 05	P-05 BRB 06	P-05 BRB 07	P-05 BRB 08
4	P-04 BRB 01	P-04 BRB 02	P-04 BRB 03	P-04 BRB 04	P-04 BRB 05	P-04 BRB 06	P-04 BRB 07	P-04 BRB 08
3	P-03 BRB 01	P-03 BRB 02	P-03 BRB 03	P-03 BRB 04	P-03 BRB 05	P-03 BRB 06	P-03 BRB 07	P-03 BRB 08
2	P-02 BRB 01	P-02 BRB 02	P-02 BRB 03	P-02 BRB 04	P-02 BRB 05	P-02 BRB 06	P-02 BRB 07	P-02 BRB 08
1	P-01 BRB 01	P-01 BRB 02	P-01 BRB 03	P-01 BRB 04	P-01 BRB 05	P-01 BRB 06	P-01 BRB 07	P-01 BRB 08

Tabla VII.6.4.b Relación entre la deformación máxima desarrollada por los dispositivos y la deformación de fluencia, Constitución DLE [elaboración propia]

Piso	Relación $\epsilon_{max}/\epsilon_y$ de los dispositivos BRB							
	Plano Y=-7,5 [m]		Plano X=7,5 [m]		Plano Y=7,5 [m]		Plano X=-7,5 [m]	
16	2,122	1,664	2,087	1,805	1,818	2,051	1,431	2,619
15	2,588	2,466	2,754	2,867	2,466	2,621	2,127	3,639
14	2,445	2,301	2,838	2,824	1,827	2,356	2,284	3,507
13	2,754	2,691	3,477	3,576	2,204	2,728	3,018	4,177
12	3,033	3,334	4,235	3,959	2,888	3,543	3,739	4,625
11	3,495	3,635	4,765	3,902	3,672	4,032	4,396	4,464
10	3,484	3,723	4,806	3,850	4,092	3,657	4,379	4,479
9	3,162	3,510	4,328	3,622	3,579	3,614	4,032	4,069
8	4,359	4,257	5,193	4,295	3,830	4,618	4,813	4,808
7	4,444	4,798	5,175	4,464	4,325	4,779	4,971	4,797
6	4,567	5,388	4,563	3,858	5,011	5,107	4,265	4,280
5	4,768	5,501	4,119	3,748	4,996	5,427	4,025	3,983
4	3,689	4,497	3,486	3,130	4,001	4,320	3,338	3,436
3	3,405	4,078	3,383	3,247	3,540	4,081	3,397	3,384
2	2,938	3,477	3,438	3,536	3,175	3,382	3,351	3,767
1	2,686	2,784	2,799	3,007	2,693	2,912	2,913	3,001

* Cabe recordar que los dispositivos del primer piso poseen un largo dúctil que en promedio es el doble al largo de los dispositivos de los pisos superiores

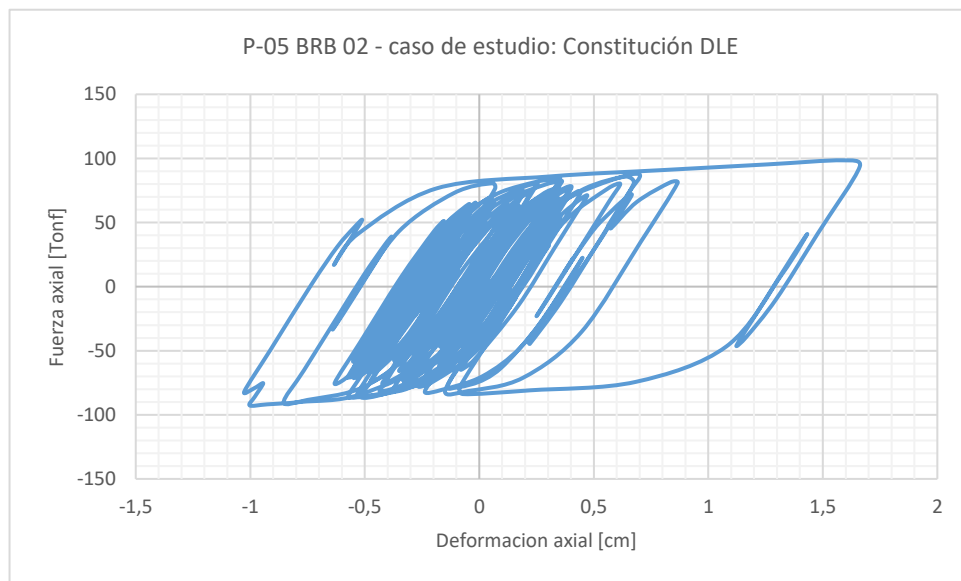
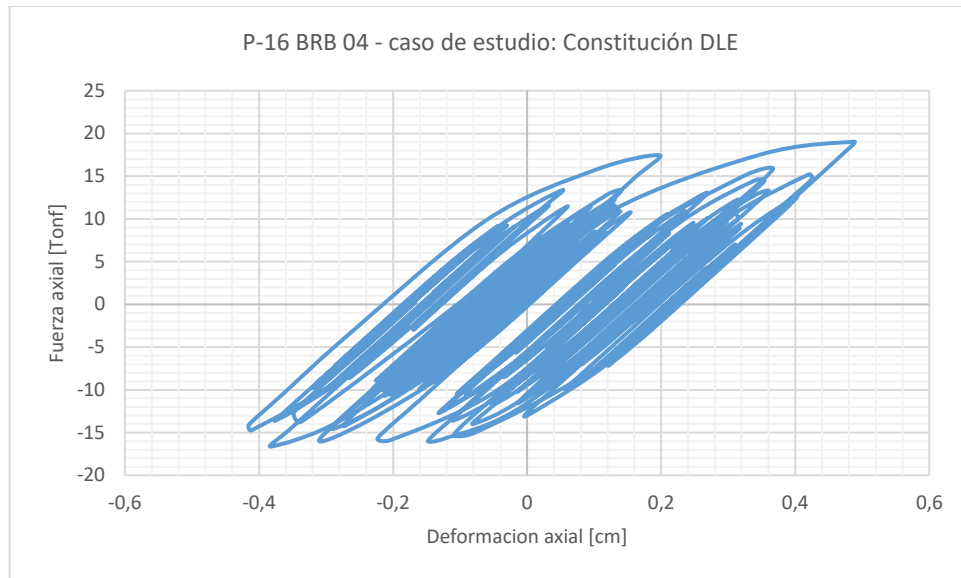


Figura VII.6.4.b Ciclo de histéresis del dispositivo con menor comportamiento inelástico (arriba) y con mayor comportamiento inelástico (abajo); Constitución DLE [elaboración propia]

Tabla VII.6.4.c Relación entre la deformación máxima desarrollada por los dispositivos y la deformación de fluencia, Constitución MCE [elaboración propia]

Piso	Relación $\epsilon_{max}/\epsilon_y$ de los dispositivos BRB							
	Plano Y=-7,5 [m]		Plano X=7,5 [m]		Plano Y=7,5 [m]		Plano X=-7,5 [m]	
16	3,227	2,889	2,839	2,676	2,474	3,637	2,193	3,529
15	4,087	4,093	4,291	4,352	4,093	4,594	3,679	5,125
14	3,587	3,395	4,091	4,011	2,975	4,020	3,537	4,699
13	3,780	3,812	4,679	4,720	3,552	4,183	4,224	5,313
12	5,083	6,782	5,496	5,022	5,741	6,298	5,015	5,688
11	6,843	8,460	6,063	5,136	7,351	8,145	5,727	5,606
10	7,210	8,912	6,762	5,771	7,821	8,471	6,286	6,315
9	6,931	8,173	8,394	7,616	7,355	7,923	8,094	8,006
8	5,811	6,060	9,919	8,900	5,493	6,054	9,451	9,398
7	5,694	6,577	9,839	9,092	5,944	6,328	9,622	9,334
6	6,263	7,063	9,121	8,327	6,637	6,663	8,743	8,726
5	6,612	7,431	8,047	7,529	6,748	7,284	7,920	7,660
4	5,485	6,101	6,318	5,966	5,735	5,841	6,055	6,209
3	5,372	5,585	5,803	5,706	5,490	5,665	5,731	5,744
2	5,594	5,600	5,941	5,854	5,622	5,960	5,750	5,998
1	4,152	4,313	4,764	4,871	4,381	4,409	4,810	4,775

* Cabe recordar que los dispositivos del primer piso poseen un largo dúctil que en promedio es el doble al largo de los dispositivos de los pisos superiores

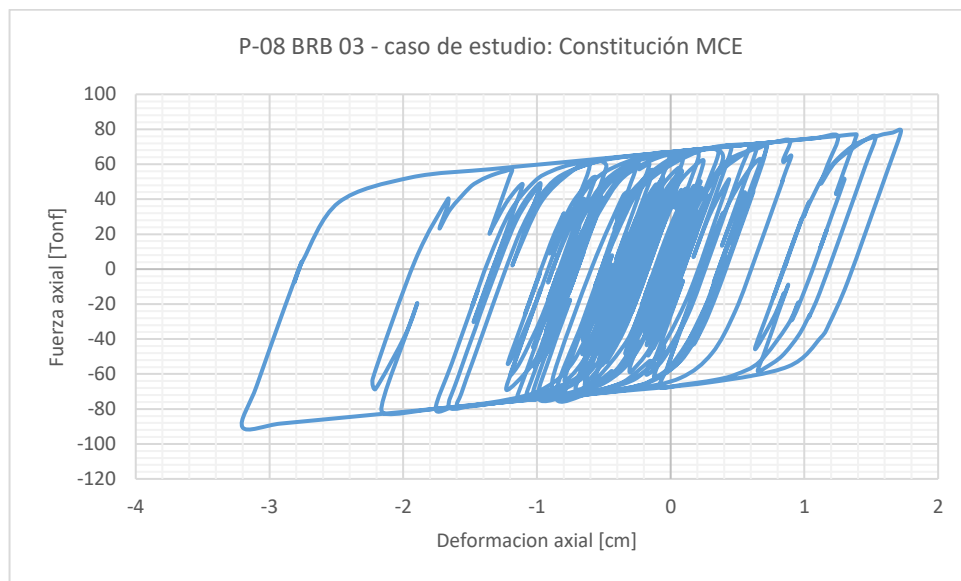
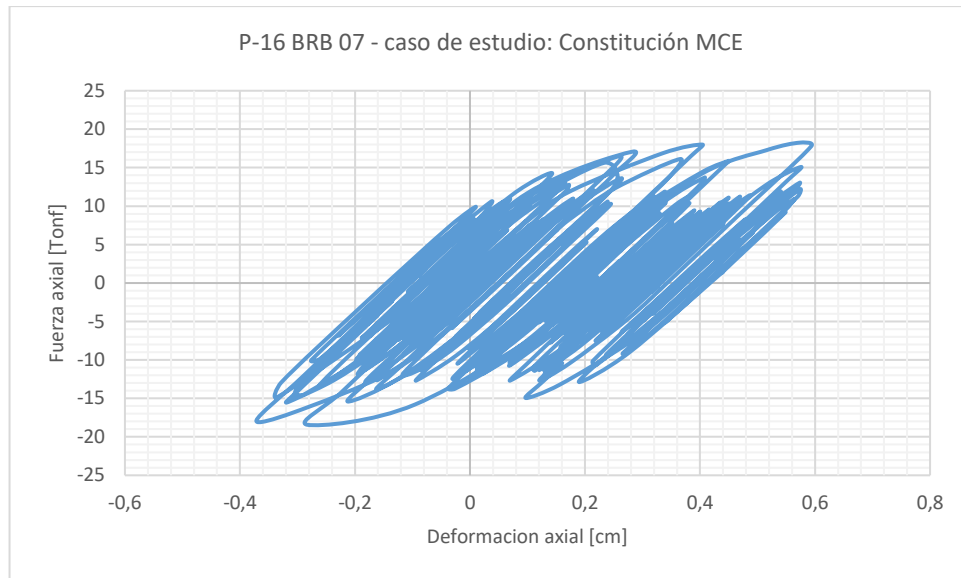


Figura VII.6.4.c Ciclo de histéresis del dispositivo con menor comportamiento inelástico (arriba) y con mayor comportamiento inelástico (abajo); Constitución MCE [elaboración propia]

Tabla VII.6.4.d Relación entre la deformación máxima desarrollada por los dispositivos y la deformación de fluencia, Constitución OLE [elaboración propia]

Piso	Relación $\epsilon_{max}/\epsilon_y$ de los dispositivos BRB							
	Plano Y=-7,5 [m]		Plano X=7,5 [m]		Plano Y=7,5 [m]		Plano X=-7,5 [m]	
16	1,482	1,219	1,200	1,101	1,026	1,547	1,211	1,808
15	1,913	1,902	1,697	1,698	1,902	1,968	1,798	2,388
14	1,684	1,606	1,566	1,495	1,559	1,787	1,597	2,032
13	1,783	1,533	1,898	1,660	1,686	2,020	1,646	2,188
12	1,951	1,507	2,453	1,971	1,709	2,094	1,882	2,547
11	1,882	1,796	2,813	2,076	1,511	2,053	2,352	2,555
10	1,816	1,881	2,728	1,985	1,405	2,030	2,217	2,526
9	1,770	1,882	2,535	2,208	1,393	1,858	2,264	2,513
8	2,351	2,159	2,266	2,221	1,909	2,382	2,378	2,051
7	2,613	2,864	2,285	2,439	2,512	2,603	2,189	2,156
6	2,397	3,077	1,983	2,156	2,752	2,739	1,910	1,842
5	2,701	3,324	2,343	2,083	2,862	3,174	2,194	2,053
4	2,038	2,645	2,071	1,682	2,269	2,410	1,846	1,918
3	2,009	2,570	2,046	1,898	2,076	2,499	1,984	1,969
2	1,892	2,425	1,961	1,880	2,043	2,261	1,815	2,031
1	1,529	1,746	1,576	1,706	1,465	1,802	1,643	1,641

* Cabe recordar que los dispositivos del primer piso poseen un largo dúctil que en promedio es el doble al largo de los dispositivos de los pisos superiores

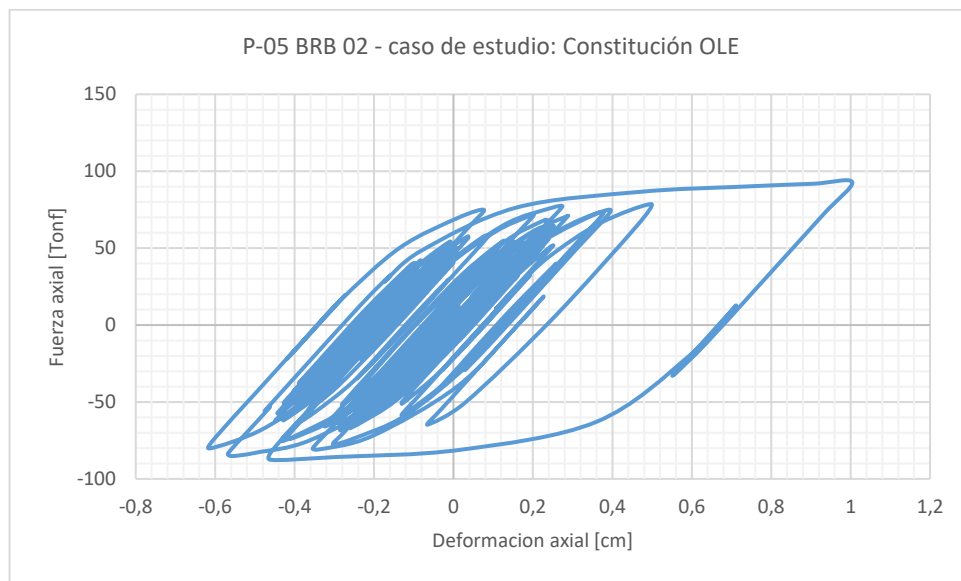
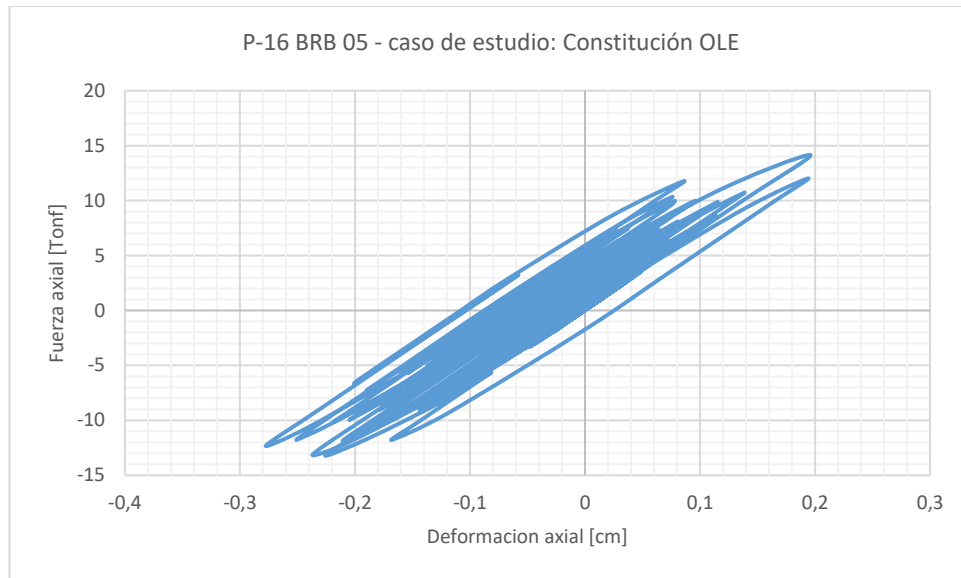


Figura VII.6.4.d Ciclo de histéresis del dispositivo con menor comportamiento inelástico (arriba) y con mayor comportamiento inelástico (abajo); Constitución OLE [elaboración propia]

Tabla VII.6.4.e Relación entre la deformación máxima desarrollada por los dispositivos y la deformación de fluencia, Talca DLE [elaboración propia]

Piso	Relación $\epsilon_{max}/\epsilon_y$ de los dispositivos BRB							
	Plano Y=-7,5 [m]		Plano X=7,5 [m]		Plano Y=7,5 [m]		Plano X=-7,5 [m]	
16	1,314	2,288	1,898	1,676	1,918	1,631	1,665	2,266
15	2,908	3,239	2,736	2,582	3,239	2,517	2,310	3,102
14	2,766	2,892	2,266	2,431	3,322	2,264	2,015	2,432
13	3,077	3,201	2,352	2,621	3,542	2,627	2,177	2,312
12	2,883	3,833	2,972	2,832	3,422	3,200	2,358	3,268
11	2,902	3,740	3,191	3,971	3,309	3,211	2,676	4,432
10	3,993	4,259	4,184	4,982	3,561	3,771	3,649	5,506
9	5,494	4,980	4,481	5,501	5,233	5,232	4,831	5,850
8	7,267	6,530	5,470	6,312	6,926	7,107	5,889	5,836
7	8,019	7,426	5,847	6,460	7,901	7,809	6,079	6,171
6	7,583	6,993	4,956	5,723	7,325	7,495	5,283	5,319
5	6,523	6,134	3,726	4,230	6,496	6,389	3,829	4,032
4	4,171	3,841	2,481	2,975	4,012	4,171	2,708	2,747
3	3,295	3,340	2,881	3,359	3,270	3,181	2,944	3,297
2	2,825	3,088	3,224	3,739	2,867	2,937	3,395	3,595
1	2,462	2,648	2,754	3,013	2,408	2,715	2,703	3,083

* Cabe recordar que los dispositivos del primer piso poseen un largo dúctil que en promedio es el doble al largo de los dispositivos de los pisos superiores

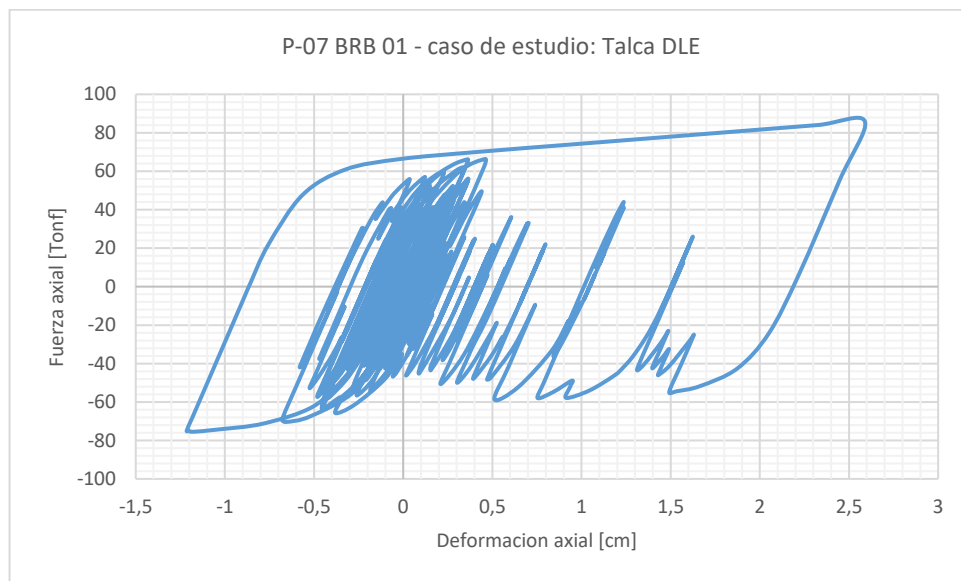
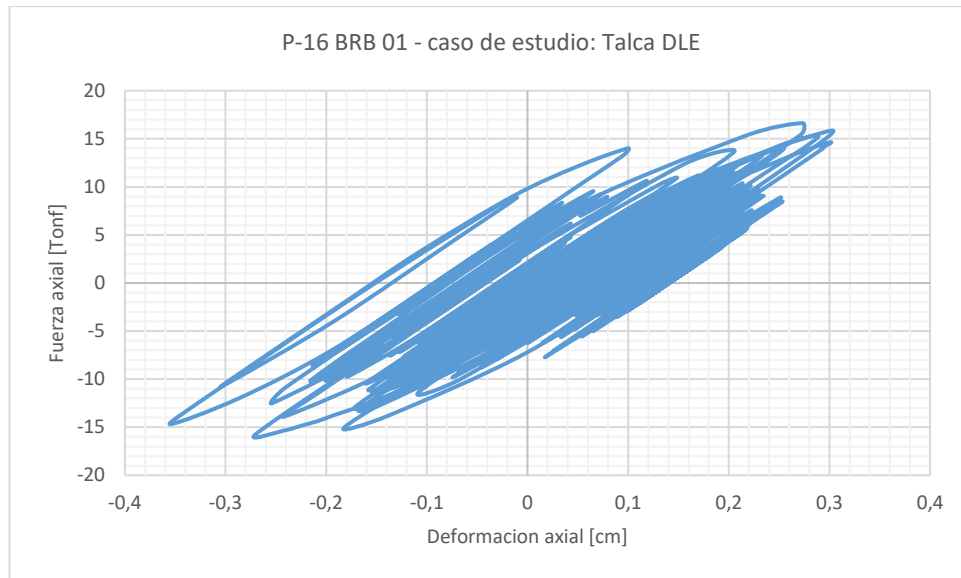


Figura VII.6.4.e Ciclo de histéresis del dispositivo con menor comportamiento inelástico (arriba) y con mayor comportamiento inelástico (abajo); Talca DLE [elaboración propia]

Tabla VII.6.4.f Relación entre la deformación máxima desarrollada por los dispositivos y la deformación de fluencia, Talca MCE [elaboración propia]

Piso	Relación $\epsilon_{max}/\epsilon_y$ de los dispositivos BRB							
	Plano Y=-7,5 [m]		Plano X=7,5 [m]		Plano Y=7,5 [m]		Plano X=-7,5 [m]	
16	2,447	3,407	2,251	3,195	2,997	2,640	2,949	2,887
15	3,957	4,750	3,466	4,478	4,750	3,983	3,979	3,715
14	3,634	3,753	2,938	3,884	4,220	3,054	3,502	3,207
13	4,140	3,753	3,075	3,931	4,627	3,204	3,544	3,336
12	3,709	4,327	3,287	4,565	4,210	3,625	3,815	3,898
11	4,697	5,517	3,670	4,964	5,067	5,102	4,121	4,547
10	5,345	6,525	4,273	5,809	5,773	6,048	4,744	5,299
9	6,717	7,086	6,539	7,796	6,803	6,812	6,809	7,356
8	8,785	8,137	8,180	9,677	8,456	8,757	8,556	9,086
7	8,989	8,573	8,054	9,210	8,892	8,845	8,199	8,876
6	8,904	9,038	6,629	8,019	9,214	8,574	6,928	7,555
5	8,819	8,568	5,004	6,107	8,877	8,381	5,056	5,879
4	7,005	7,026	3,920	4,395	7,217	6,728	4,264	4,180
3	6,242	6,002	4,411	5,151	6,265	5,915	4,578	5,027
2	5,232	5,238	5,452	6,113	5,375	5,047	5,562	5,899
1	3,814	4,272	4,776	5,149	3,791	4,151	4,670	5,184

* Cabe recordar que los dispositivos del primer piso poseen un largo dúctil que en promedio es el doble al largo de los dispositivos de los pisos superiores

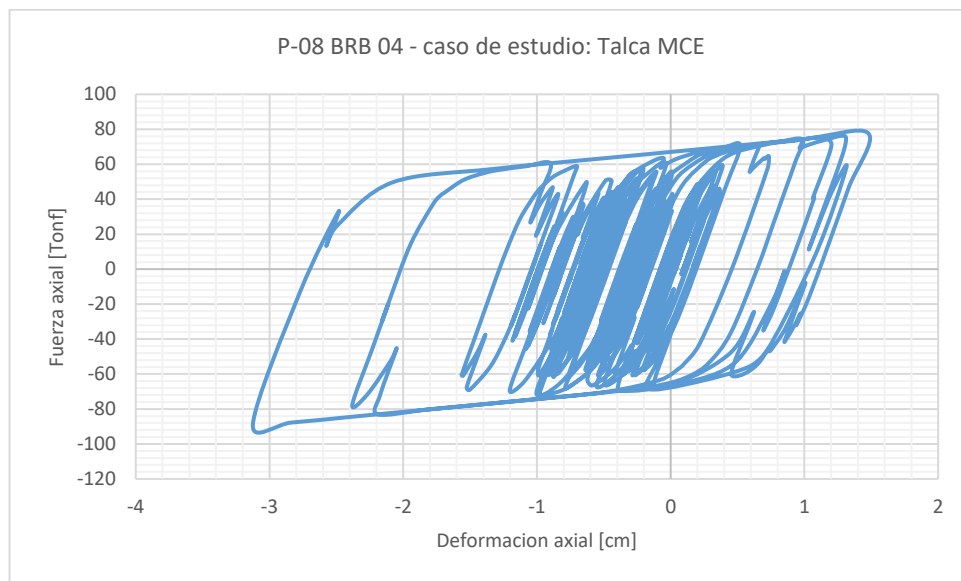
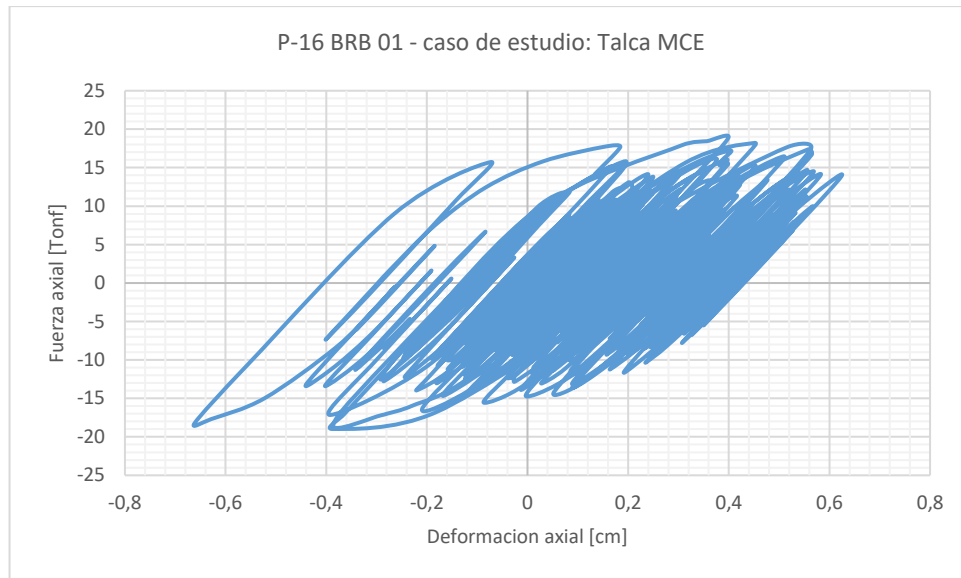


Figura VII.6.4.f Ciclo de histéresis del dispositivo con menor comportamiento inelástico (arriba) y con mayor comportamiento inelástico (abajo); Talca MCE [elaboración propia]

Tabla VII.6.4.g Relación entre la deformación máxima desarrollada por los dispositivos y la deformación de fluencia, Talca OLE [elaboración propia]

Piso	Relación $\epsilon_{max}/\epsilon_y$ de los dispositivos BRB							
	Plano Y=-7,5 [m]		Plano X=7,5 [m]		Plano Y=7,5 [m]		Plano X=-7,5 [m]	
16	1,184	2,016	1,201	1,478	2,044	1,122	1,424	1,635
15	1,444	2,500	1,486	1,624	2,500	1,807	1,524	1,967
14	1,324	2,326	1,302	1,455	1,940	1,714	1,392	1,702
13	1,678	2,586	1,354	1,493	2,212	2,056	1,632	1,861
12	2,193	3,074	1,816	2,218	2,779	2,495	1,965	2,793
11	2,321	3,098	3,197	3,795	2,792	2,628	2,772	4,245
10	2,097	2,438	4,459	4,826	2,214	1,914	3,963	5,332
9	3,114	2,495	4,820	5,475	2,748	2,877	4,479	5,811
8	4,295	3,658	4,311	4,654	3,868	4,115	3,888	5,085
7	4,541	4,041	3,320	3,919	4,288	4,335	3,076	4,183
6	4,084	3,633	2,567	2,184	3,753	4,016	2,232	2,538
5	3,589	3,289	2,308	2,230	3,456	3,468	2,168	2,396
4	2,350	2,223	1,574	1,915	2,133	2,396	1,824	1,692
3	2,047	2,184	1,760	2,006	2,089	2,080	1,850	1,921
2	1,972	2,201	1,852	2,158	2,097	2,011	2,005	1,980
1	1,737	1,723	1,626	1,715	1,654	1,757	1,583	1,757

* Cabe recordar que los dispositivos del primer piso poseen un largo dúctil que en promedio es el doble al largo de los dispositivos de los pisos superiores * El cálculo no considera el largo de conexión

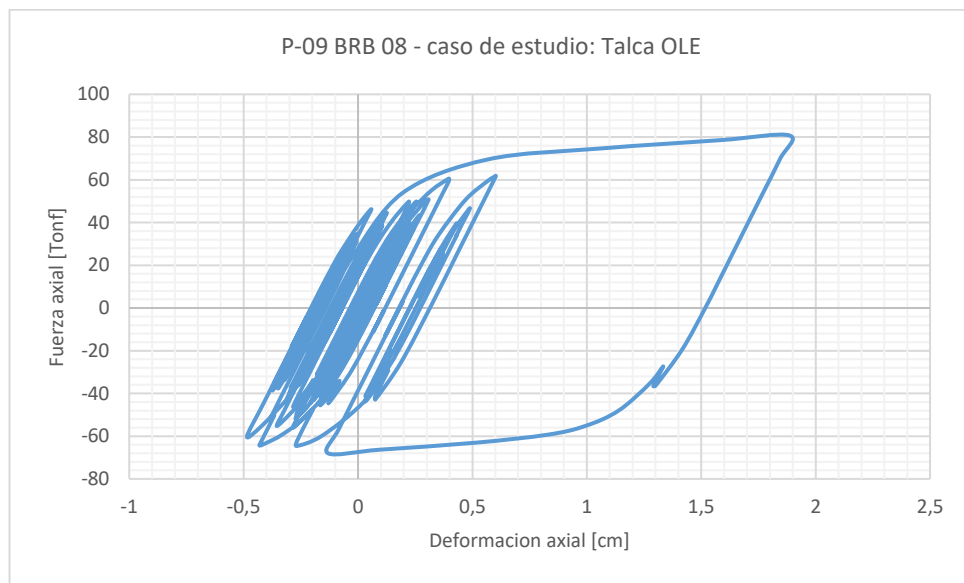
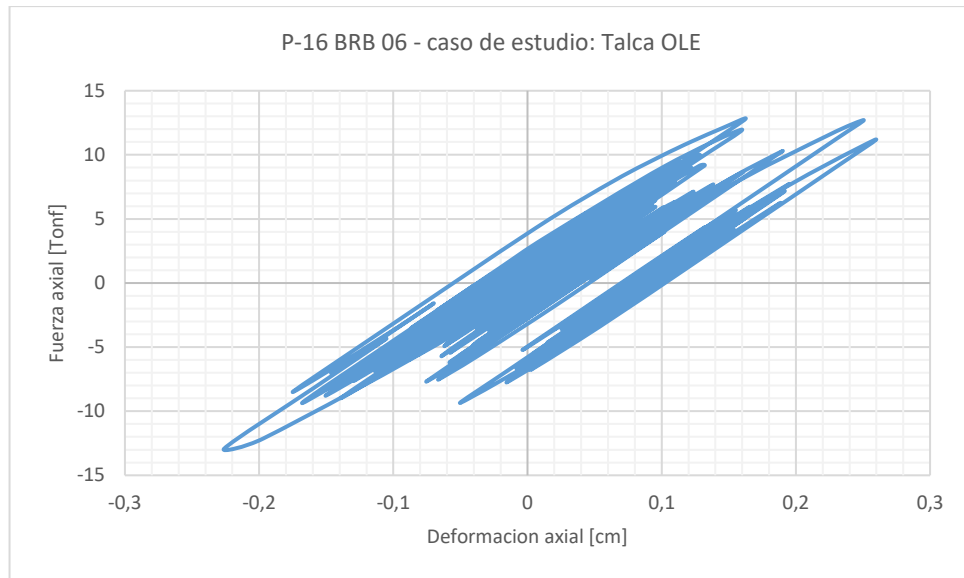


Figura VII.6.4.g Ciclo de histéresis del dispositivo con menor comportamiento inelástico (arriba) y con mayor comportamiento inelástico (abajo); Talca OLE [elaboración propia]

Tabla VII.6.4.h Relación entre la deformación máxima desarrollada por los dispositivos y la deformación de fluencia, Lolloo DLE [elaboración propia]

Piso	Relación $\epsilon_{max}/\epsilon_y$ de los dispositivos BRB							
	Plano Y=-7,5 [m]		Plano X=7,5 [m]		Plano Y=7,5 [m]		Plano X=-7,5 [m]	
16	2,338	2,350	2,441	1,336	1,787	1,755	1,737	2,153
15	3,086	2,798	3,275	2,176	2,798	2,653	2,620	2,935
14	2,795	2,451	3,125	1,962	2,433	2,174	2,547	2,630
13	3,179	2,393	3,633	2,561	2,952	2,149	3,146	3,145
12	3,393	3,175	3,879	3,348	3,841	2,682	3,338	3,985
11	4,009	4,871	4,030	3,722	4,606	4,522	3,600	4,237
10	5,335	6,367	5,543	5,143	5,994	5,957	5,053	5,697
9	6,250	7,136	7,254	7,085	6,741	6,919	6,930	7,454
8	5,638	6,346	8,649	8,166	6,224	6,026	8,201	8,652
7	5,554	5,631	8,365	8,126	5,948	5,497	8,150	8,386
6	4,769	4,814	7,078	6,787	5,261	4,582	6,723	7,177
5	4,221	4,173	5,387	5,273	4,501	4,146	5,263	5,428
4	3,414	3,570	3,429	3,037	3,773	3,455	3,236	3,277
3	3,502	3,750	3,620	3,236	3,684	3,783	3,598	3,355
2	3,834	4,225	3,875	3,622	4,101	4,175	3,758	3,833
1	3,433	3,521	3,207	3,196	3,450	3,661	3,303	3,174

* Cabe recordar que los dispositivos del primer piso poseen un largo dúctil que en promedio es el doble al largo de los dispositivos de los pisos superiores

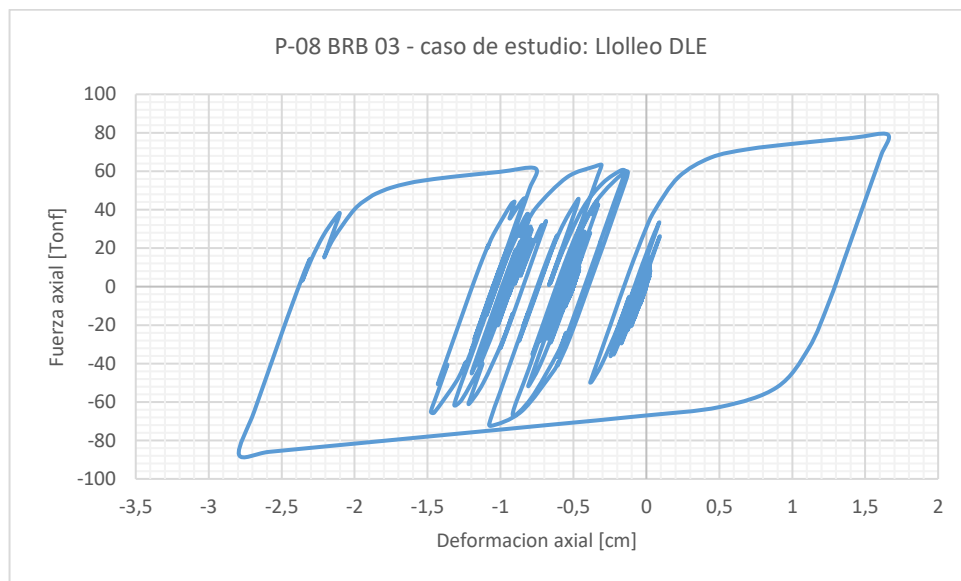
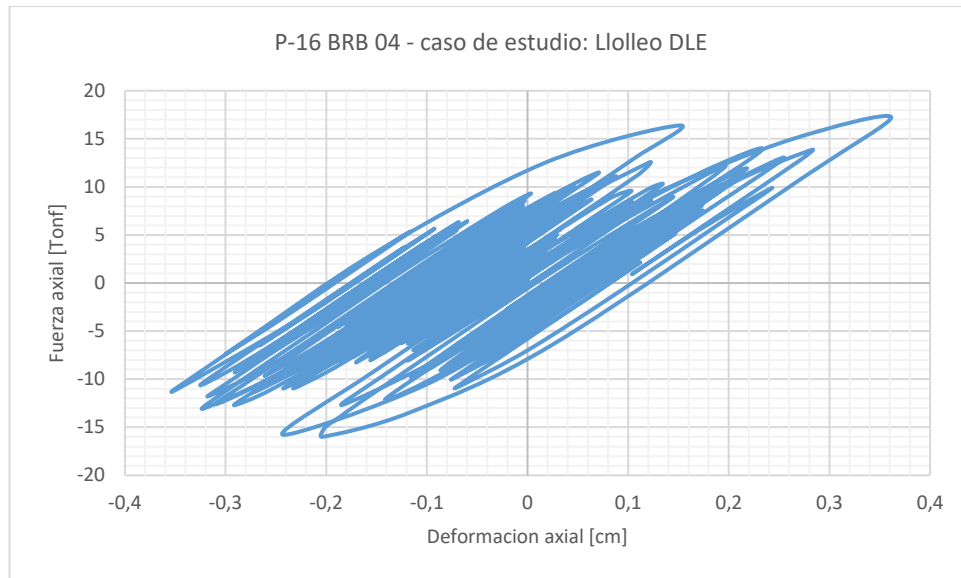


Figura VII.6.4.h Ciclo de histéresis del dispositivo con menor comportamiento inelástico (arriba) y con mayor comportamiento inelástico (abajo); Lollole DLE [elaboración propia]

Tabla VII.6.4.i Relación entre la deformación máxima desarrollada por los dispositivos y la deformación de fluencia, Llolleo MCE [elaboración propia]

Piso	Relación $\epsilon_{max}/\epsilon_y$ de los dispositivos BRB							
	Plano Y=-7,5 [m]		Plano X=7,5 [m]		Plano Y=7,5 [m]		Plano X=-7,5 [m]	
16	2,161	3,112	4,056	3,203	2,885	2,793	3,221	3,880
15	3,055	3,820	5,203	4,034	3,820	3,408	4,295	4,656
14	2,811	3,260	4,713	3,262	3,387	2,655	3,915	3,794
13	4,015	3,949	5,067	4,014	4,524	3,364	4,364	4,504
12	6,037	5,807	5,456	4,528	6,619	5,187	4,832	5,021
11	7,770	8,596	6,011	5,276	8,200	8,142	5,533	5,720
10	9,283	10,796	7,150	6,670	9,883	10,235	6,589	7,197
9	10,034	11,075	8,413	8,329	10,334	10,769	8,035	8,635
8	10,033	10,023	9,780	9,840	10,489	9,497	9,836	9,787
7	9,647	9,453	9,708	9,705	9,835	9,180	9,717	9,726
6	8,365	8,289	8,261	8,500	8,722	7,871	8,364	8,217
5	7,294	7,022	6,293	6,457	7,402	6,861	6,484	6,386
4	5,872	5,936	5,073	4,717	6,113	5,680	4,880	5,020
3	6,307	5,825	5,442	5,171	6,491	5,794	5,400	5,252
2	7,249	6,595	6,548	6,223	7,361	7,046	6,398	6,405
1	5,922	5,635	5,420	5,498	6,233	5,707	5,506	5,437

* Cabe recordar que los dispositivos del primer piso poseen un largo dúctil que en promedio es el doble al largo de los dispositivos de los pisos superiores

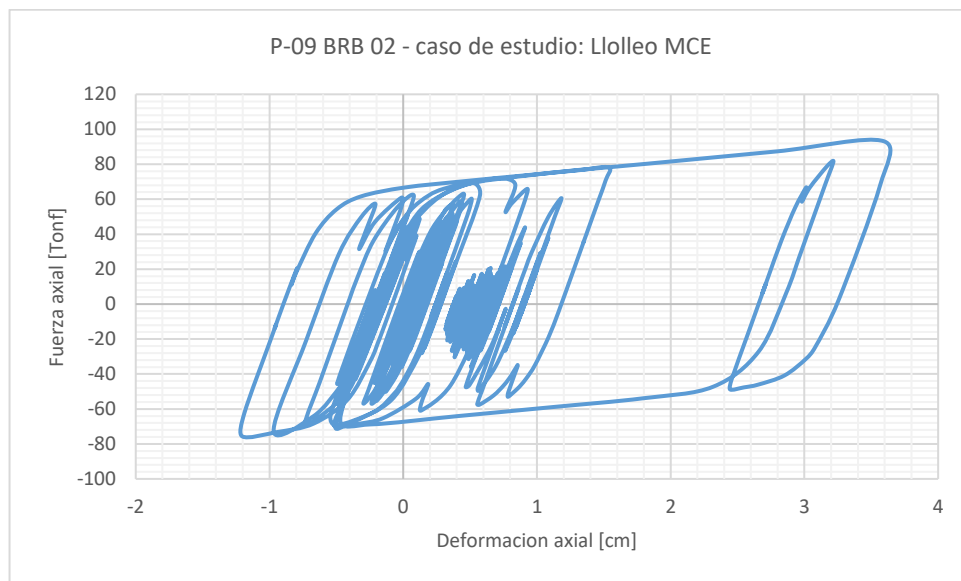
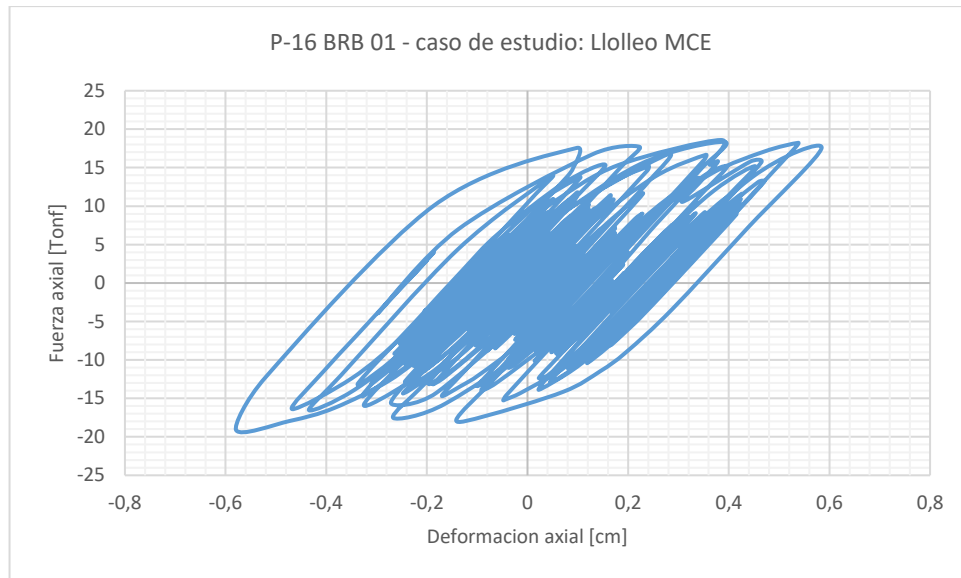


Figura VII.6.4.i Ciclo de histéresis del dispositivo con menor comportamiento inelástico (arriba) y con mayor comportamiento inelástico (abajo); Llolleo MCE [elaboración propia]

Tabla VII.6.4.j Relación entre la deformación máxima desarrollada por los dispositivos y la deformación de fluencia, L1olleo OLE [elaboración propia]

Piso	Relación e_{max}/e_y de los dispositivos BRB							
	Plano Y=-7,5 [m]		Plano X=7,5 [m]		Plano Y=7,5 [m]		Plano X=-7,5 [m]	
16	1,153	1,601	1,519	1,226	1,415	1,243	1,124	1,077
15	1,341	1,803	1,990	1,566	1,803	1,592	1,735	1,603
14	1,143	1,578	1,752	1,410	1,444	1,366	1,576	1,494
13	1,223	1,561	1,962	1,317	1,493	1,317	1,552	1,724
12	1,372	2,046	2,361	1,636	1,801	1,380	1,691	2,128
11	2,127	2,744	2,636	2,047	2,500	2,178	2,071	2,428
10	2,688	3,294	3,694	3,145	3,108	2,669	3,168	3,580
9	2,813	3,282	4,994	4,649	3,076	2,804	4,613	4,931
8	2,466	2,960	5,862	5,323	2,827	2,410	5,391	5,692
7	2,588	2,802	5,568	5,237	2,794	2,449	5,279	5,425
6	2,202	2,468	4,513	4,127	2,471	2,036	4,129	4,415
5	2,233	2,380	3,420	3,220	2,316	2,141	3,236	3,304
4	1,824	2,019	1,920	1,793	1,970	1,696	1,634	1,976
3	2,017	2,131	1,808	1,638	1,983	1,956	1,619	1,665
2	2,090	2,311	1,779	1,595	2,133	2,035	1,602	1,573
1	1,924	1,887	1,394	1,368	1,771	1,852	1,392	1,418

* Cabe recordar que los dispositivos del primer piso poseen un largo dúctil que en promedio es el doble al largo de los dispositivos de los pisos superiores

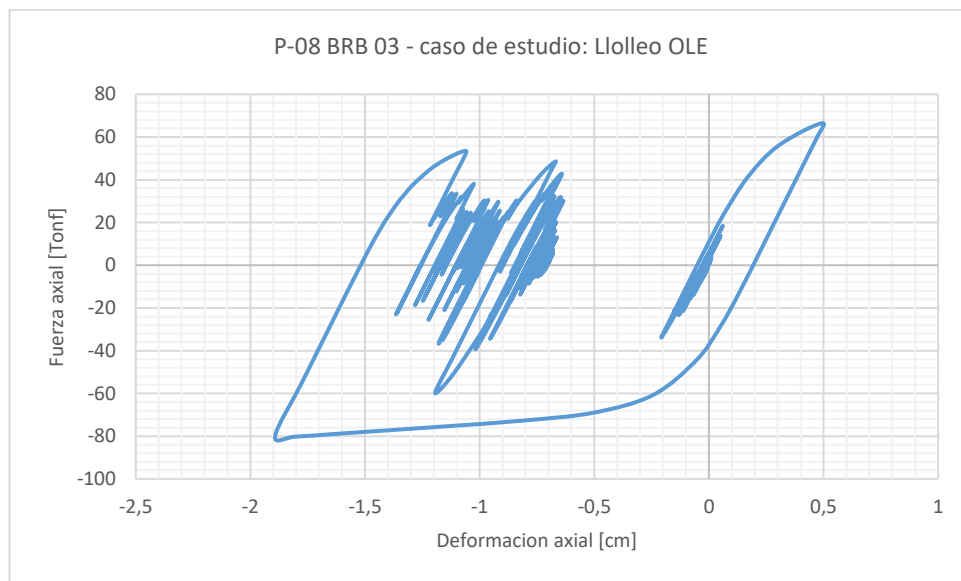
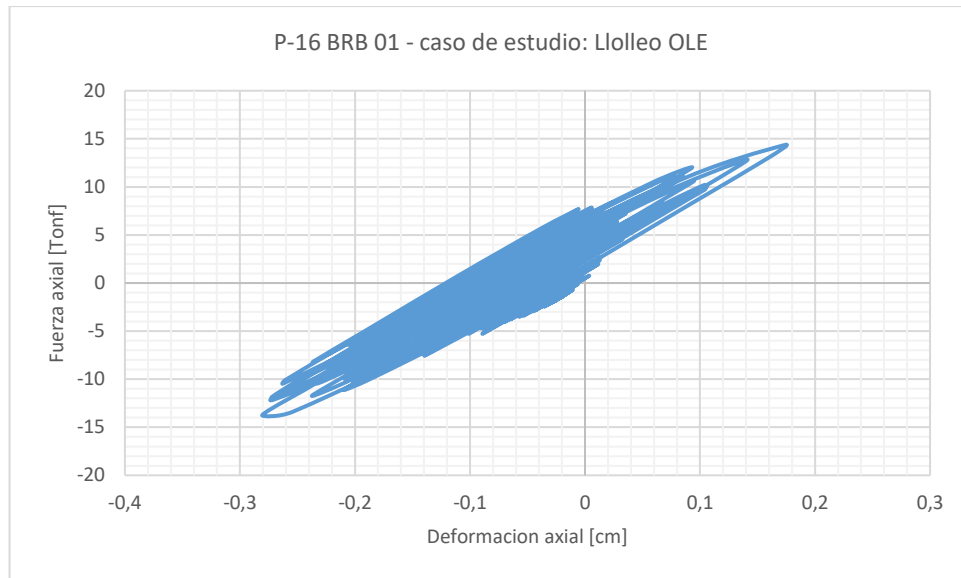


Figura VII.6.4.j Ciclo de histéresis del dispositivo con menor comportamiento inelástico (arriba) y con mayor comportamiento inelástico (abajo); Lollole OLE [elaboración propia]

VII.6.5 Comportamiento de las columnas

El siguiente subcapítulo presenta la detección de daños residuales importantes en las columnas, a través de la evaluación de la deformación axial residual observada en compresión, con respecto a la deformación teórica de pandeo debido a la ineficiencia del control de los desplazamientos laterales sobre la estructura. Se considera que cualquier columna que presente deformación axial residual mayor a la deformación de pandeo ha sufrido comportamiento no lineal que modifica de forma no despreciable la capacidad axial soportante del elemento. Considerando que esta es una estructura arriostrada, donde la posible no linealidad en las columnas puede ser asociada principalmente a demandas axiales, este parámetro de comportamiento es considerado como “aceptable” considerando los objetivos de estudio de este documento.

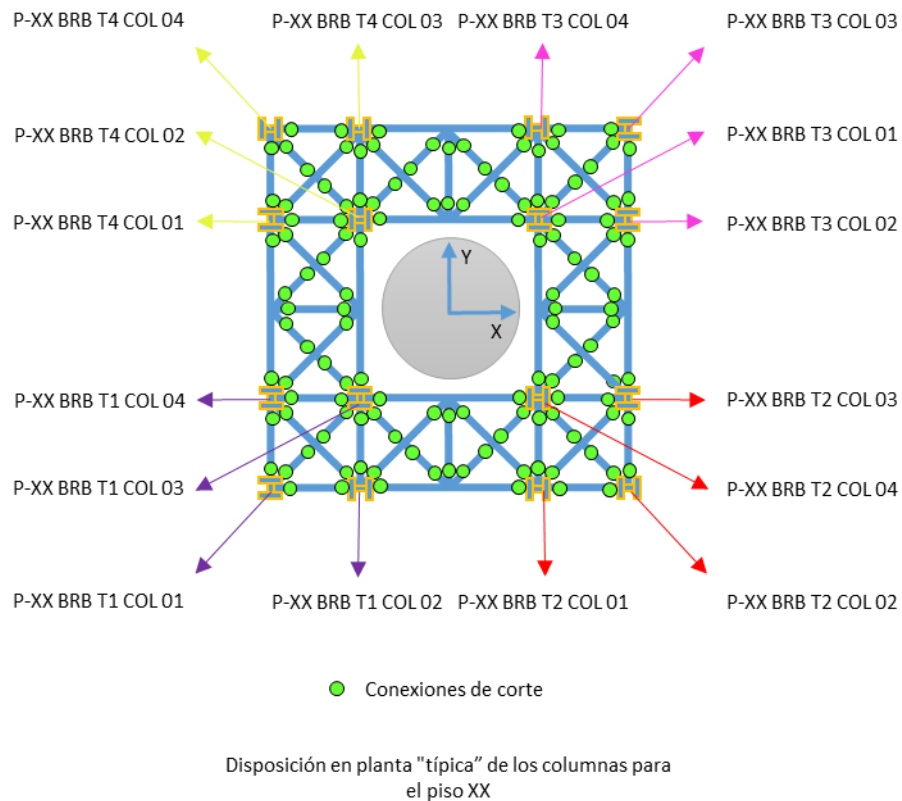


Figura VII.6.5.a Disposición en planta "típica" de columnas, para la estructura que considera el uso de dispositivos BRB, piso XX [elaboración propia]

Tabla VII.6.5.b Deformación residual observada, estructura con el uso de dispositivos BRB, Constitución DLE [elaboración propia]

Piso	Deformación residual capturada [cm]															
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4			
16	0,001	0,003	0,005	0,002	0,002	0,001	0,002	0,005	0,005	0,002	0,001	0,002	0,002	0,005	0,002	0,001
15	0,002	0,005	0,010	0,005	0,005	0,003	0,005	0,010	0,010	0,005	0,002	0,004	0,005	0,010	0,005	0,002
14	0,003	0,008	0,015	0,006	0,007	0,004	0,006	0,015	0,015	0,008	0,003	0,006	0,008	0,015	0,007	0,002
13	0,005	0,011	0,020	0,008	0,009	0,007	0,008	0,020	0,020	0,010	0,005	0,008	0,011	0,020	0,010	0,002
12-1	0,003	0,007	0,013	0,004	0,006	0,004	0,004	0,013	0,013	0,007	0,003	0,005	0,008	0,013	0,006	0,002
12-2	0,005	0,011	0,013	0,006	0,009	0,007	0,006	0,013	0,013	0,011	0,005	0,007	0,012	0,013	0,009	0,003
11	0,015	0,025	0,030	0,016	0,021	0,023	0,015	0,030	0,030	0,026	0,010	0,018	0,027	0,030	0,021	0,003
10	0,017	0,030	0,035	0,016	0,025	0,024	0,013	0,035	0,035	0,033	0,012	0,020	0,036	0,035	0,024	0,005
09	0,024	0,033	0,040	0,019	0,028	0,033	0,017	0,040	0,040	0,037	0,012	0,023	0,040	0,040	0,028	0,002
08-1	0,013	0,019	0,023	0,010	0,017	0,017	0,008	0,023	0,023	0,022	0,007	0,013	0,024	0,023	0,015	0,002
08-2	0,007	0,007	0,011	0,003	0,006	0,009	0,003	0,011	0,011	0,008	0,004	0,005	0,008	0,011	0,005	0,001
07	0,018	0,015	0,025	0,008	0,013	0,021	0,007	0,025	0,025	0,017	0,007	0,011	0,018	0,025	0,012	0,003
06	0,019	0,015	0,028	0,009	0,016	0,023	0,007	0,028	0,028	0,019	0,008	0,013	0,021	0,028	0,012	0,004
05	0,023	0,016	0,031	0,010	0,017	0,023	0,008	0,031	0,031	0,020	0,007	0,015	0,022	0,031	0,013	0,007
04-1	0,012	0,008	0,017	0,006	0,010	0,012	0,004	0,017	0,017	0,010	0,004	0,009	0,012	0,017	0,006	0,004
04-2	0,013	0,014	0,017	0,011	0,018	0,013	0,008	0,017	0,017	0,018	0,004	0,016	0,022	0,017	0,011	0,005
03	0,033	0,031	0,036	0,024	0,039	0,024	0,019	0,036	0,036	0,039	0,007	0,035	0,046	0,036	0,024	0,016
02	0,034	0,028	0,038	0,028	0,047	0,026	0,021	0,039	0,039	0,041	0,009	0,043	0,049	0,038	0,021	0,017
01	0,096	0,071	0,110	0,070	0,115	0,044	0,056	0,110	0,110	0,101	0,012	0,105	0,120	0,110	0,056	0,064

Tabla VII.6.5.c Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de dispositivos BRB, según el criterio establecido para este documento, Constitución DLE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Columnas																Comportamiento No Lineal
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
08-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
08-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones residuales mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	0,0%

Tabla VII.6.5.d Deformación residual observada, estructura con el uso de dispositivos BRB, Constitución MCE [elaboración propia]

Piso	Deformación residual capturada [cm]															
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4			
16	0,001	0,002	0,005	0,002	0,002	0,001	0,002	0,004	0,004	0,002	0,001	0,002	0,003	0,005	0,002	0,001
15	0,003	0,005	0,010	0,005	0,005	0,002	0,004	0,010	0,010	0,004	0,001	0,005	0,005	0,010	0,005	0,002
14	0,003	0,007	0,015	0,006	0,009	0,003	0,005	0,015	0,015	0,008	0,003	0,008	0,009	0,015	0,005	0,003
13	0,007	0,009	0,020	0,009	0,011	0,005	0,007	0,020	0,020	0,010	0,002	0,010	0,012	0,020	0,008	0,004
12-1	0,004	0,005	0,012	0,005	0,008	0,003	0,003	0,012	0,012	0,007	0,001	0,006	0,009	0,012	0,003	0,003
12-2	0,007	0,007	0,013	0,007	0,012	0,005	0,004	0,012	0,012	0,010	0,002	0,010	0,013	0,013	0,005	0,004
11	0,025	0,020	0,032	0,017	0,030	0,014	0,013	0,032	0,032	0,025	0,001	0,026	0,029	0,032	0,016	0,011
10	0,027	0,018	0,035	0,017	0,040	0,018	0,012	0,037	0,038	0,035	0,005	0,034	0,040	0,035	0,011	0,013
09	0,040	0,021	0,040	0,021	0,041	0,021	0,016	0,040	0,040	0,039	0,003	0,035	0,043	0,040	0,015	0,017
08-1	0,021	0,008	0,022	0,010	0,026	0,009	0,005	0,022	0,022	0,020	0,003	0,023	0,027	0,022	0,003	0,010
08-2	0,011	0,003	0,011	0,004	0,009	0,005	0,001	0,011	0,010	0,007	0,002	0,007	0,009	0,011	0,002	0,005
07	0,031	0,011	0,028	0,009	0,023	0,009	0,005	0,028	0,029	0,016	0,007	0,021	0,020	0,029	0,008	0,016
06	0,033	0,005	0,028	0,010	0,029	0,013	0,008	0,031	0,031	0,021	0,003	0,027	0,023	0,028	0,001	0,017
05	0,043	0,006	0,031	0,011	0,028	0,008	0,009	0,031	0,031	0,022	0,009	0,025	0,024	0,031	0,002	0,025
04-1	0,022	0,000	0,016	0,007	0,017	0,002	0,003	0,016	0,016	0,009	0,007	0,015	0,013	0,016	0,002	0,013
04-2	0,024	0,002	0,017	0,012	0,030	0,003	0,005	0,016	0,016	0,017	0,007	0,027	0,024	0,017	0,002	0,015
03	0,024	0,009	0,039	0,026	0,067	0,003	0,015	0,039	0,039	0,037	0,021	0,062	0,051	0,039	0,001	0,043
02	0,061	0,004	0,038	0,031	0,083	0,001	0,020	0,041	0,041	0,040	0,016	0,078	0,054	0,038	0,013	0,045
01	0,183	0,003	0,115	0,078	0,197	0,033	0,063	0,115	0,116	0,111	0,058	0,185	0,130	0,116	0,017	0,157

Tabla VII.6.5.e Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de dispositivos BRB, según el criterio establecido para este documento, Constitución MCE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Columnas																Comportamiento No Lineal
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
08-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
08-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones residuales mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	0,0%

Tabla VII.6.5.f Deformación residual observada, estructura con el uso de dispositivos BRB, Constitución OLE [elaboración propia]

Piso	Deformación residual capturada [cm]															
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4			
16	0,001	0,002	0,005	0,002	0,002	0,001	0,002	0,005	0,005	0,002	0,001	0,002	0,002	0,005	0,002	0,001
15	0,002	0,005	0,010	0,005	0,005	0,002	0,005	0,010	0,010	0,005	0,002	0,005	0,005	0,010	0,005	0,003
14	0,003	0,007	0,015	0,007	0,008	0,003	0,007	0,015	0,015	0,007	0,003	0,008	0,007	0,015	0,006	0,003
13	0,005	0,009	0,020	0,010	0,010	0,003	0,009	0,020	0,020	0,009	0,004	0,010	0,010	0,020	0,008	0,006
12-1	0,003	0,005	0,012	0,006	0,007	0,002	0,005	0,012	0,012	0,006	0,002	0,007	0,006	0,012	0,005	0,003
12-2	0,006	0,008	0,013	0,009	0,010	0,004	0,008	0,012	0,012	0,009	0,004	0,010	0,010	0,013	0,007	0,006
11	0,017	0,019	0,031	0,021	0,025	0,009	0,020	0,031	0,031	0,021	0,009	0,024	0,023	0,031	0,018	0,016
10	0,018	0,020	0,035	0,025	0,032	0,012	0,022	0,036	0,036	0,025	0,011	0,030	0,028	0,035	0,018	0,018
09	0,024	0,024	0,040	0,028	0,035	0,012	0,026	0,040	0,040	0,029	0,011	0,033	0,031	0,040	0,022	0,024
08-1	0,013	0,012	0,022	0,017	0,021	0,006	0,015	0,022	0,022	0,015	0,006	0,020	0,017	0,023	0,010	0,013
08-2	0,007	0,004	0,011	0,006	0,007	0,003	0,005	0,011	0,011	0,005	0,003	0,007	0,006	0,011	0,004	0,007
07	0,017	0,010	0,026	0,013	0,017	0,006	0,012	0,026	0,026	0,012	0,007	0,016	0,014	0,026	0,009	0,019
06	0,018	0,009	0,028	0,015	0,020	0,007	0,014	0,028	0,028	0,013	0,009	0,019	0,014	0,028	0,008	0,020
05	0,021	0,011	0,031	0,017	0,020	0,004	0,015	0,031	0,031	0,014	0,009	0,020	0,016	0,031	0,010	0,026
04-1	0,011	0,005	0,016	0,010	0,012	0,002	0,008	0,017	0,017	0,007	0,005	0,012	0,008	0,016	0,004	0,014
04-2	0,012	0,009	0,017	0,017	0,021	0,003	0,015	0,016	0,016	0,012	0,005	0,021	0,014	0,017	0,008	0,015
03	0,028	0,021	0,036	0,037	0,045	0,001	0,033	0,036	0,036	0,026	0,012	0,045	0,031	0,036	0,019	0,039
02	0,029	0,019	0,038	0,044	0,052	0,003	0,039	0,039	0,039	0,025	0,014	0,052	0,032	0,038	0,017	0,040
01	0,071	0,050	0,110	0,107	0,126	0,014	0,096	0,110	0,110	0,065	0,036	0,125	0,079	0,110	0,046	0,123

Tabla VII.6.5.g Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de dispositivos BRB, según el criterio establecido para este documento, Constitución OLE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Columnas																Comportamiento No Lineal
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
08-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
08-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones residuales mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	0,0%

Tabla VII.6.5.h Deformación residual observada, estructura con el uso de dispositivos BRB, Talca DLE [elaboración propia]

Piso	Deformación residual capturada [cm]															
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4			
16	0,001	0,002	0,005	0,003	0,002	0,001	0,003	0,005	0,005	0,002	0,001	0,002	0,002	0,005	0,003	0,001
15	0,001	0,004	0,010	0,005	0,004	0,001	0,005	0,010	0,010	0,004	0,003	0,005	0,005	0,010	0,005	0,003
14	0,002	0,005	0,015	0,011	0,006	0,002	0,010	0,015	0,015	0,003	0,004	0,009	0,004	0,015	0,008	0,004
13	0,001	0,007	0,020	0,014	0,009	0,000	0,012	0,020	0,020	0,005	0,008	0,012	0,007	0,020	0,010	0,009
12-1	0,001	0,003	0,013	0,011	0,006	0,001	0,009	0,013	0,013	0,001	0,004	0,009	0,002	0,013	0,006	0,005
12-2	0,002	0,005	0,013	0,016	0,009	0,001	0,014	0,013	0,013	0,001	0,008	0,013	0,003	0,013	0,009	0,009
11	0,003	0,013	0,030	0,036	0,021	0,004	0,032	0,030	0,030	0,006	0,022	0,029	0,011	0,030	0,021	0,029
10	0,005	0,012	0,035	0,047	0,026	0,002	0,041	0,035	0,035	0,002	0,024	0,037	0,008	0,035	0,023	0,031
09	0,005	0,015	0,040	0,051	0,030	0,005	0,045	0,040	0,040	0,006	0,030	0,041	0,012	0,040	0,027	0,041
08-1	0,003	0,008	0,023	0,029	0,017	0,002	0,025	0,023	0,023	0,003	0,016	0,023	0,006	0,023	0,015	0,021
08-2	0,002	0,003	0,011	0,010	0,006	0,001	0,009	0,011	0,011	0,001	0,009	0,008	0,002	0,011	0,005	0,011
07	0,005	0,007	0,025	0,022	0,014	0,001	0,019	0,025	0,025	0,003	0,020	0,018	0,006	0,025	0,012	0,026
06	0,006	0,008	0,028	0,024	0,015	0,000	0,020	0,028	0,028	0,004	0,021	0,020	0,007	0,028	0,013	0,027
05	0,008	0,009	0,031	0,025	0,016	0,003	0,022	0,031	0,031	0,006	0,022	0,021	0,009	0,031	0,014	0,027
04-1	0,005	0,005	0,017	0,013	0,009	0,002	0,011	0,017	0,017	0,004	0,011	0,011	0,006	0,017	0,008	0,014
04-2	0,005	0,009	0,017	0,023	0,016	0,002	0,019	0,017	0,017	0,007	0,012	0,020	0,010	0,017	0,014	0,016
03	0,029	0,022	0,036	0,048	0,034	0,011	0,040	0,036	0,036	0,016	0,024	0,042	0,023	0,036	0,030	0,029
02	0,017	0,024	0,038	0,048	0,037	0,012	0,038	0,039	0,038	0,022	0,026	0,045	0,030	0,038	0,033	0,031
01	0,060	0,062	0,110	0,116	0,093	0,051	0,095	0,110	0,110	0,058	0,048	0,110	0,077	0,110	0,082	0,056

Tabla VII.6.5.i Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de dispositivos BRB, según el criterio establecido para este documento, Talca DLE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Columnas																Comportamiento No Lineal
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
08-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
08-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones residuales mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	0,0%

Tabla VII.6.5.j Deformación residual observada, estructura con el uso de dispositivos BRB, Talca MCE [elaboración propia]

Piso	Deformación residual capturada [cm]															
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4			
16	0,001	0,002	0,005	0,003	0,001	0,001	0,003	0,004	0,004	0,001	0,001	0,002	0,002	0,005	0,003	0,001
15	0,000	0,004	0,010	0,006	0,004	0,000	0,005	0,010	0,010	0,003	0,003	0,005	0,004	0,010	0,005	0,004
14	0,001	0,004	0,015	0,014	0,006	0,001	0,013	0,015	0,015	0,000	0,005	0,010	0,001	0,015	0,008	0,005
13	0,002	0,006	0,020	0,017	0,009	0,004	0,015	0,020	0,020	0,002	0,011	0,013	0,004	0,020	0,010	0,013
12-1	0,001	0,002	0,012	0,015	0,005	0,002	0,012	0,012	0,012	0,003	0,006	0,009	0,001	0,012	0,006	0,007
12-2	0,001	0,003	0,013	0,022	0,008	0,003	0,018	0,012	0,012	0,005	0,010	0,014	0,001	0,013	0,009	0,012
11	0,009	0,012	0,032	0,047	0,022	0,017	0,042	0,032	0,032	0,005	0,034	0,035	0,001	0,032	0,024	0,042
10	0,007	0,007	0,035	0,064	0,027	0,012	0,059	0,038	0,038	0,013	0,038	0,045	0,007	0,035	0,025	0,044
09	0,012	0,011	0,040	0,068	0,028	0,021	0,063	0,040	0,040	0,009	0,050	0,046	0,003	0,040	0,028	0,059
08-1	0,005	0,004	0,022	0,041	0,015	0,012	0,034	0,022	0,022	0,010	0,023	0,026	0,003	0,022	0,014	0,031
08-2	0,003	0,002	0,011	0,014	0,005	0,007	0,012	0,010	0,010	0,004	0,012	0,009	0,001	0,011	0,005	0,017
07	0,006	0,008	0,029	0,030	0,016	0,014	0,026	0,029	0,029	0,005	0,030	0,024	0,001	0,029	0,016	0,038
06	0,005	0,005	0,028	0,033	0,018	0,009	0,032	0,031	0,031	0,002	0,035	0,026	0,001	0,028	0,013	0,040
05	0,005	0,006	0,031	0,035	0,016	0,008	0,033	0,031	0,031	0,001	0,038	0,024	0,000	0,030	0,015	0,042
04-1	0,002	0,003	0,016	0,018	0,008	0,006	0,015	0,016	0,016	0,003	0,017	0,012	0,001	0,016	0,007	0,021
04-2	0,002	0,007	0,017	0,033	0,014	0,006	0,027	0,016	0,016	0,004	0,019	0,022	0,002	0,017	0,014	0,023
03	0,029	0,019	0,038	0,068	0,035	0,007	0,057	0,039	0,039	0,004	0,041	0,051	0,007	0,038	0,034	0,046
02	0,000	0,019	0,038	0,070	0,037	0,002	0,060	0,041	0,041	0,002	0,045	0,053	0,012	0,038	0,035	0,048
01	0,010	0,056	0,115	0,167	0,090	0,024	0,154	0,115	0,115	0,020	0,111	0,127	0,034	0,115	0,091	0,098

Tabla VII.6.5.k Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de dispositivos BRB, según el criterio establecido para este documento, Talca MCE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Columnas																Comportamiento No Lineal
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
08-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
08-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones residuales mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	0,0%

Tabla VII.6.5.1 Deformación residual observada, estructura con el uso de dispositivos BRB, Talca OLE [elaboración propia]

Piso	Deformación residual capturada [cm]															
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4			
16	0,001	0,002	0,005	0,003	0,002	0,001	0,003	0,005	0,005	0,002	0,001	0,002	0,002	0,005	0,003	0,001
15	0,001	0,005	0,010	0,005	0,005	0,001	0,005	0,010	0,010	0,004	0,003	0,005	0,004	0,010	0,005	0,003
14	0,002	0,005	0,015	0,010	0,007	0,002	0,009	0,015	0,015	0,004	0,004	0,009	0,005	0,015	0,007	0,004
13	0,002	0,008	0,020	0,013	0,009	0,001	0,012	0,020	0,020	0,006	0,007	0,011	0,007	0,020	0,010	0,008
12-1	0,002	0,004	0,012	0,010	0,006	0,001	0,008	0,012	0,012	0,002	0,004	0,008	0,003	0,012	0,005	0,005
12-2	0,003	0,005	0,013	0,014	0,009	0,002	0,012	0,012	0,012	0,003	0,007	0,012	0,005	0,013	0,008	0,008
11	0,007	0,015	0,031	0,032	0,023	0,002	0,029	0,031	0,031	0,010	0,019	0,028	0,013	0,031	0,020	0,028
10	0,009	0,013	0,035	0,042	0,030	0,000	0,037	0,036	0,036	0,008	0,021	0,037	0,012	0,035	0,020	0,029
09	0,010	0,017	0,040	0,046	0,033	0,005	0,041	0,040	0,040	0,011	0,026	0,040	0,016	0,040	0,024	0,040
08-1	0,006	0,009	0,022	0,027	0,019	0,002	0,024	0,022	0,022	0,005	0,013	0,023	0,008	0,022	0,013	0,021
08-2	0,003	0,003	0,011	0,009	0,006	0,001	0,008	0,011	0,011	0,001	0,007	0,008	0,003	0,011	0,005	0,011
07	0,006	0,008	0,026	0,020	0,015	0,002	0,018	0,026	0,026	0,005	0,018	0,018	0,007	0,026	0,011	0,027
06	0,008	0,008	0,028	0,023	0,017	0,000	0,021	0,029	0,029	0,005	0,020	0,020	0,008	0,028	0,012	0,028
05	0,008	0,010	0,031	0,024	0,017	0,000	0,022	0,031	0,031	0,006	0,022	0,021	0,009	0,031	0,013	0,031
04-1	0,005	0,005	0,016	0,013	0,009	0,000	0,011	0,016	0,016	0,003	0,011	0,011	0,005	0,016	0,007	0,016
04-2	0,005	0,009	0,017	0,024	0,017	0,000	0,021	0,016	0,016	0,006	0,013	0,020	0,009	0,017	0,013	0,017
03	0,029	0,022	0,036	0,050	0,037	0,002	0,044	0,036	0,036	0,014	0,027	0,043	0,020	0,036	0,028	0,038
02	0,013	0,023	0,038	0,053	0,040	0,004	0,047	0,039	0,039	0,016	0,029	0,047	0,023	0,038	0,029	0,039
01	0,040	0,059	0,110	0,129	0,099	0,011	0,115	0,110	0,110	0,045	0,069	0,114	0,059	0,110	0,074	0,097

Tabla VII.6.5.m Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de dispositivos BRB, según el criterio establecido para este documento, Talca OLE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Columnas																Comportamiento No Lineal
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
08-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
08-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones residuales mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	0,0%

Tabla VII.6.5.n Deformación residual observada, estructura con el uso de dispositivos BRB, Lollole DLE [elaboración propia]

Piso	Deformación residual capturada [cm]															
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4			
16	0,001	0,002	0,005	0,002	0,002	0,001	0,003	0,005	0,005	0,002	0,001	0,002	0,002	0,005	0,003	0,001
15	0,002	0,005	0,010	0,005	0,005	0,002	0,005	0,010	0,010	0,005	0,003	0,005	0,004	0,010	0,005	0,002
14	0,002	0,009	0,015	0,007	0,005	0,003	0,009	0,015	0,015	0,007	0,004	0,005	0,005	0,015	0,009	0,003
13	0,002	0,011	0,020	0,009	0,007	0,006	0,011	0,020	0,020	0,010	0,008	0,008	0,008	0,020	0,012	0,003
12-1	0,001	0,008	0,013	0,006	0,003	0,003	0,008	0,013	0,013	0,006	0,004	0,004	0,004	0,013	0,009	0,002
12-2	0,002	0,012	0,013	0,009	0,004	0,006	0,012	0,013	0,013	0,009	0,007	0,005	0,006	0,013	0,013	0,004
11	0,002	0,028	0,030	0,022	0,012	0,018	0,027	0,030	0,030	0,021	0,024	0,014	0,015	0,030	0,030	0,008
10	0,004	0,036	0,035	0,026	0,011	0,020	0,033	0,035	0,035	0,024	0,026	0,014	0,016	0,035	0,038	0,010
09	0,002	0,039	0,040	0,029	0,014	0,025	0,037	0,040	0,040	0,028	0,033	0,017	0,020	0,040	0,042	0,010
08-1	0,002	0,022	0,022	0,017	0,008	0,013	0,021	0,022	0,022	0,015	0,017	0,010	0,011	0,022	0,024	0,006
08-2	0,001	0,008	0,011	0,006	0,003	0,007	0,007	0,011	0,011	0,005	0,009	0,003	0,004	0,011	0,008	0,003
07	0,004	0,017	0,026	0,013	0,008	0,015	0,016	0,026	0,026	0,012	0,020	0,009	0,009	0,026	0,019	0,010
06	0,005	0,017	0,028	0,014	0,009	0,017	0,018	0,028	0,028	0,014	0,022	0,011	0,010	0,028	0,019	0,011
05	0,010	0,019	0,031	0,016	0,010	0,018	0,019	0,031	0,031	0,015	0,020	0,012	0,012	0,031	0,020	0,012
04-1	0,006	0,009	0,016	0,008	0,006	0,009	0,009	0,016	0,016	0,009	0,010	0,007	0,007	0,016	0,010	0,007
04-2	0,006	0,017	0,017	0,014	0,011	0,010	0,016	0,016	0,016	0,016	0,011	0,013	0,013	0,017	0,018	0,007
03	0,036	0,037	0,036	0,030	0,026	0,023	0,036	0,036	0,036	0,034	0,018	0,028	0,028	0,036	0,039	0,016
02	0,023	0,035	0,038	0,028	0,032	0,025	0,034	0,039	0,039	0,042	0,020	0,035	0,035	0,038	0,037	0,018
01	0,090	0,088	0,111	0,072	0,081	0,065	0,088	0,111	0,111	0,104	0,019	0,086	0,087	0,111	0,094	0,045

Tabla VII.6.5.o Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de dispositivos BRB, según el criterio establecido para este documento, Llolleo DLE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Columnas																Comportamiento No Lineal
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
08-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
08-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones residuales mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	0,0%

Tabla VII.6.5.p Deformación residual observada, estructura con el uso de dispositivos BRB, Lollole MCE [elaboración propia]

Piso	Deformación residual capturada [cm]															
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4			
16	0,001	0,002	0,005	0,002	0,001	0,001	0,002	0,004	0,004	0,003	0,001	0,001	0,003	0,005	0,002	0,001
15	0,003	0,005	0,010	0,004	0,005	0,002	0,003	0,010	0,010	0,004	0,000	0,005	0,005	0,010	0,005	0,001
14	0,004	0,009	0,015	0,004	0,005	0,005	0,006	0,015	0,015	0,010	0,002	0,005	0,008	0,015	0,009	0,001
13	0,005	0,012	0,020	0,006	0,007	0,011	0,008	0,020	0,020	0,012	0,004	0,007	0,011	0,020	0,012	0,001
12-1	0,003	0,008	0,012	0,003	0,002	0,005	0,004	0,012	0,012	0,008	0,002	0,002	0,007	0,012	0,008	0,000
12-2	0,005	0,013	0,012	0,004	0,003	0,009	0,006	0,012	0,012	0,013	0,003	0,003	0,011	0,012	0,013	0,000
11	0,013	0,034	0,034	0,011	0,016	0,033	0,017	0,034	0,034	0,031	0,012	0,016	0,025	0,034	0,034	0,007
10	0,015	0,039	0,035	0,009	0,015	0,039	0,022	0,040	0,040	0,045	0,019	0,015	0,032	0,035	0,039	0,006
09	0,022	0,043	0,040	0,013	0,014	0,051	0,026	0,040	0,040	0,049	0,018	0,014	0,036	0,040	0,042	0,011
08-1	0,012	0,022	0,021	0,004	0,007	0,023	0,008	0,021	0,021	0,026	0,006	0,007	0,022	0,021	0,021	0,005
08-2	0,006	0,008	0,011	0,001	0,002	0,012	0,002	0,010	0,010	0,008	0,003	0,002	0,008	0,011	0,008	0,003
07	0,021	0,024	0,031	0,004	0,013	0,032	0,008	0,031	0,031	0,021	0,003	0,013	0,017	0,031	0,023	0,007
06	0,022	0,019	0,028	0,001	0,015	0,039	0,012	0,034	0,034	0,032	0,010	0,015	0,022	0,028	0,018	0,006
05	0,033	0,020	0,030	0,003	0,011	0,046	0,014	0,030	0,030	0,034	0,003	0,010	0,023	0,030	0,019	0,010
04-1	0,017	0,008	0,015	0,000	0,005	0,019	0,000	0,015	0,015	0,015	0,003	0,005	0,015	0,015	0,008	0,004
04-2	0,019	0,018	0,017	0,001	0,010	0,021	0,002	0,015	0,015	0,028	0,003	0,010	0,026	0,016	0,017	0,005
03	0,044	0,045	0,043	0,001	0,033	0,054	0,009	0,043	0,042	0,062	0,015	0,033	0,055	0,043	0,044	0,015
02	0,056	0,037	0,038	0,009	0,040	0,062	0,007	0,045	0,045	0,084	0,007	0,040	0,070	0,038	0,034	0,013
01	0,197	0,106	0,124	0,014	0,097	0,197	0,048	0,123	0,123	0,225	0,049	0,096	0,167	0,124	0,100	0,050

Tabla VII.6.5.q Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de dispositivos, según el criterio establecido para este documento, Llolleo MCE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Columnas																Comportamiento No Lineal
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
08-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
08-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones residuales mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	0,0%

Tabla VII.6.5.r Deformación residual observada, estructura con el uso de dispositivos BRB, Lollole OLE [elaboración propia]

Piso	Deformación residual capturada [cm]															
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4			
16	0,001	0,002	0,005	0,002	0,002	0,001	0,002	0,005	0,005	0,003	0,001	0,002	0,002	0,005	0,002	0,001
15	0,002	0,005	0,010	0,004	0,005	0,003	0,005	0,010	0,010	0,005	0,002	0,005	0,005	0,010	0,005	0,002
14	0,003	0,008	0,015	0,006	0,006	0,003	0,007	0,015	0,015	0,008	0,003	0,006	0,007	0,015	0,009	0,003
13	0,004	0,011	0,020	0,009	0,008	0,007	0,010	0,020	0,020	0,011	0,005	0,008	0,009	0,020	0,011	0,003
12-1	0,002	0,007	0,012	0,005	0,004	0,004	0,006	0,012	0,012	0,007	0,003	0,004	0,006	0,012	0,008	0,002
12-2	0,004	0,011	0,013	0,007	0,006	0,007	0,009	0,012	0,012	0,010	0,005	0,006	0,008	0,013	0,011	0,003
11	0,010	0,026	0,030	0,018	0,016	0,020	0,022	0,031	0,031	0,024	0,016	0,016	0,020	0,030	0,027	0,005
10	0,012	0,032	0,035	0,020	0,017	0,023	0,026	0,036	0,036	0,030	0,018	0,017	0,024	0,035	0,033	0,007
09	0,014	0,036	0,040	0,023	0,020	0,029	0,030	0,040	0,040	0,034	0,022	0,020	0,028	0,040	0,037	0,007
08-1	0,008	0,020	0,022	0,013	0,011	0,014	0,016	0,022	0,022	0,018	0,011	0,011	0,015	0,022	0,020	0,005
08-2	0,004	0,007	0,011	0,005	0,004	0,008	0,006	0,011	0,011	0,006	0,006	0,004	0,005	0,011	0,007	0,002
07	0,011	0,017	0,026	0,011	0,010	0,017	0,013	0,026	0,026	0,014	0,014	0,011	0,012	0,026	0,017	0,008
06	0,012	0,016	0,028	0,011	0,012	0,018	0,015	0,029	0,029	0,017	0,015	0,012	0,014	0,028	0,017	0,009
05	0,016	0,018	0,031	0,013	0,012	0,021	0,016	0,031	0,031	0,018	0,014	0,012	0,015	0,031	0,018	0,010
04-1	0,009	0,009	0,017	0,006	0,007	0,011	0,008	0,017	0,017	0,010	0,007	0,007	0,009	0,017	0,009	0,005
04-2	0,010	0,017	0,017	0,011	0,013	0,012	0,014	0,017	0,017	0,018	0,008	0,013	0,016	0,017	0,017	0,006
03	0,036	0,036	0,036	0,025	0,028	0,026	0,030	0,036	0,036	0,039	0,014	0,028	0,034	0,036	0,036	0,013
02	0,027	0,036	0,038	0,025	0,033	0,028	0,030	0,039	0,038	0,044	0,016	0,033	0,039	0,038	0,037	0,014
01	0,086	0,090	0,110	0,065	0,083	0,070	0,076	0,110	0,110	0,109	0,022	0,082	0,097	0,110	0,091	0,037

Tabla VII.6.5.s Detección de daños residuales relevantes en columnas de la estructura con uso de dispositivos BRB, según el criterio establecido para este documento, Llolleo OLE [elaboración propia]

Piso	Comportamiento No Lineal Detectado en Columnas																Comportamiento No Lineal
	Torre 1				Torre 2				Torre 3				Torre 4				
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
12-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
09	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
08-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
08-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
04-2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
*Se considera como límite de comportamiento lineal, deformaciones residuales mayores a la deformación de fluencia del elemento (1= Detectado; 0=No Detectado)																TOTAL	0,0%

VIII ANÁLISIS DE COSTOS PARA REALIZACIÓN DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE LA TORRE PRINCIPAL DEL EDIFICIO DE LA NAVE DEL ROASTER

VIII.1 Diseño de fundación considerado para la estimación de costos

Si bien el desarrollo de este documento no considera el diseño y estudio del sistema de fundaciones, es importante considerar algún sistema de fundación, aunque sea a nivel de ingeniería conceptual. Lo anterior es debido a que el diseño y construcción de los sistemas de fundaciones constituyen un ítem relevante en la estimación de costos de un proyecto. Debido a lo anterior este documento considera un único sistema de fundación para todos los casos de estudio, el cual se constituye por cuatro losas de fundación de hormigón G-30 (H-35), de 7.75[m] x 7.75[m] x 1.50[m] de dimensión dispuestas de forma simétrica bajo los apoyos de la súper estructura, con una cuantía de construcción de 200 kg/m³.

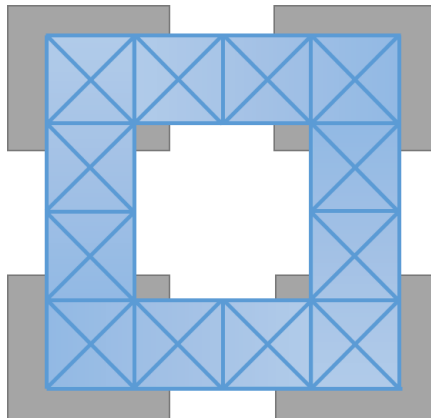


Figura VIII.1.a Disposición en planta del sistema de fundación supuesto para los casos de estudio de este documento [elaboración propia]

VIII.2 Diseño de conexiones y pisos considerados para la estimación de costos

Si bien el desarrollo de este documento no considera el diseño y estudio del sistema de conexiones y pisos, es necesario considerarlos en términos de costos, para lo cual se considera lo siguiente:

- Con respecto a los pisos industriales se supondrá que, sobre los distintos niveles de la estructura, se dispondrá vigas estáticas de apoyo para los pisos industriales, de forma perpendicular al sentido de avance de los pasillos, cada 1.875 [m] de distancia, los cuales para efectos de cotización se consideraran como 1/8 del peso de las parrillas de piso.
- Siguiendo con lo anterior, los pisos industriales se considerarán materializados con parrillas industriales para trabajo pesado, del tipo “acustermic RS/TP 34x100 n°11”, de pletina soportante de 50 [mm] x 6 [mm], acero ASTM A-1011, con pintura anticorrosiva, de 82 [kg/m²] y carga uniformemente repartida admisible de 2250 [kgf/m²], para distancias entre apoyos de 1800 [mm].
- Con respecto a las conexiones de la estructura, se considera que son realizadas considerando un diseño de capacidad, típico del arte del diseño chileno, cuyo peso puede ser asimilado para efectos de este estudio como un 7% del peso propio de los elementos estructurales metálicos.

VIII.3 Tiempo de construcción considerado para la estimación de costos

Si bien el desarrollo de este documento no considera el estudio del proceso constructivo de las distintas opciones de diseño, es necesario estipular un tiempo referencial para poder realizar los análisis de costos de una manera adecuada. Según lo anterior, debido a la similitud constructiva de todas las opciones estudiadas en este documento, se considera un tiempo de construcción de ocho meses para todas las opciones.

VIII.4 Presupuesto estimativo de la torre principal de la nave del roaster, considerando el uso de Riostras tradicionales

Presupuesto estimativo del proyecto de diseño y construcción de la torre principal de la nave del roaster, considerando el uso de riostras tradicionales, según el diseño descrito en los capítulos anteriores:



COTIZACIÓN ESCENARIO 1: ESTRUCTURA DISEÑADA SIN CONSIDERAR EL USO DE BRB

Fecha Cambio Monetario	09-10-2016
UF/CLP	\$ 26.224,30
USD/CLP	\$ 666,97

Nº	Partida	Un	Cant.	UF / Un	Total UF	USD / Un	Total USD	Incidencia
1	INSTALACIÓN DE FAENA				2.600,00		\$ 102.228,26	1,52%
1.1	Construcción de instalaciones y equipamiento	GL	1,00	1.000,00	1.000,00	\$ 39.318,56	\$ 39.318,56	0,58%
1.2	Conexión de empalmes a servicios	GL	1,00	100,00	100,00	\$ 3.931,86	\$ 3.931,86	0,06%
1.3	Movilización de equipos	GL	1,00	1.000,00	1.000,00	\$ 39.318,56	\$ 39.318,56	0,58%
1.4	Desmovilización de equipos	GL	1,00	500,00	500,00	\$ 19.659,28	\$ 19.659,28	0,29%
2	FUNDACIONES				7.818,84		\$ 307.425,59	4,57%
2.1	Excavaciones	m3	504,78	0,20	100,96	\$ 7,86	\$ 3.969,42	0,06%
2.2	Compactación sello de fundación	m2	240,25	0,05	12,37	\$ 2,02	\$ 486,28	0,01%
2.3	Emplantillado de hormigón pobre	m3	24,03	3,00	72,08	\$ 117,96	\$ 2.833,89	0,04%
2.4	Hormigón G-30	m3	360,38	5,50	1.982,06	\$ 216,25	\$ 77.931,84	1,16%

2.5	Armaduras A420H	kg	72.075,00	0,07	5.304,82	\$ 2,89	\$ 208.577,74	3,10%
2.6	Relleno controlado	m3	144,40	2,40	346,56	\$ 94,36	\$ 13.626,42	0,20%
2.7	Retiro de excedentes	m3	504,78	0,20	100,96	\$ 7,86	\$ 3.969,42	0,06%
3	ESTRUCTURA DE ACERO CONVENCIONAL				109.276,26		\$ 4.296.585,26	63,88%
3.1	Estructura metálica ASTM A36	kg	346.084,60	0,17	59.386,93	\$ 6,75	\$ 2.335.008,62	34,72%
3.2	Parrilla industrial Acustermic RS/TP 34x100 n°11	kg	221.400,00	0,17	37.991,48	\$ 6,75	\$ 1.493.770,33	22,21%
3.3	Vigas Metálicas de Piso ASTM A36	kg	27.675,00	0,17	4.748,94	\$ 6,75	\$ 186.721,29	2,78%
3.4	Conexiones ASTM A36	kg	41.661,17	0,17	7.148,91	\$ 6,75	\$ 281.085,02	4,18%
5	PROYECTO DE INGENIERÍA				1.307,34		\$ 51.402,73	0,76%
5.1	Jefe de proyecto	HH	44,40	2,30	102,12	\$ 90,43	\$ 4.015,21	0,06%
5.2	Especialista estructural senior	HH	42,70	2,10	89,67	\$ 82,57	\$ 3.525,70	0,05%
5.3	Ingeniero de proyecto	HH	237,00	1,40	331,80	\$ 55,05	\$ 13.045,90	0,19%
5.4	Proyectista estructural	HH	285,00	0,95	270,75	\$ 37,35	\$ 10.645,50	0,16%
5.5	Dibujante estructural	HH	570,00	0,90	513,00	\$ 35,39	\$ 20.170,42	0,30%
	SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS				121.002,44		\$ 4.757.641,84	70,73%
	Gastos Generales	%	25,0%		30.250,61		\$ 1.189.410,46	17,68%
	Utilidad	%	9,0%		10.890,22		\$ 428.187,77	6,37%
	Imprevistos y contingencias	%	5,0%		6.050,12		\$ 237.882,09	3,54%
	Inspección técnica de obras	GL	1,00	2.875,20	2.875,20		\$ 113.048,56	1,68%
	TOTAL				171.068,59		\$ 6.726.170,72	100,00%
		UF			171.069		171.069	
		CLP			\$ 4.486.154.084		\$ 486.154.084	
		USD			\$ 6.726.171		\$ 6.726.171	

***NOTA: COTIZACIÓN VALIDA SOLO PARA TÉRMINOS DE ESTE ESTUDIO NO CONSTITUYENTE COMO OFERTA ECONÓMICA**

VIII.5 Presupuesto estimativo de la torre principal de la nave del roaster, considerando el uso de dispositivos BRB CoreBrace® según el diseño lineal dispuestos en toda su altura.

Presupuesto estimativo del proyecto de diseño y construcción de la torre principal de la nave del roaster, considerando el uso de dispositivos BRB CoreBrace® según el diseño lineal descrito en los capítulos anteriores:



COTIZACIÓN ESCENARIO 2: ESTRUCTURA DISEÑADA CONSIDERANDO EL USO DE BRB COREBRACE®, SEGÚN DISEÑO Y DISPOSICIONES TRADICIONALES

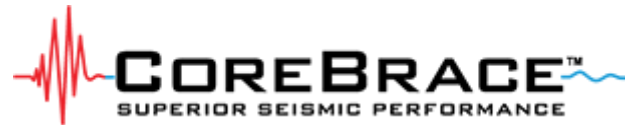
Fecha Cambio Monetario	09-10-2016
UF/CLP	\$ 26.224,30
USD/CLP	\$ 666,97

Nº	Partida	Un	Cant.	UF / Un	Total UF	USD / Un	Total USD	Incidencia	Incidencia c/r opc. sin BRB	Partida c/r opc. sin BRB
1	INSTALACIÓN DE FAENA				2.600,00		\$ 102.228,26	1,37%	1,52%	100,00%
1.1	Construcción de instalaciones y equipamiento	GL	1,00	1.000,00	1.000,00	\$ 39.318,56	\$ 39.318,56	0,53%	0,58%	100,00%
1.2	Conexión de empalmes a servicios	GL	1,00	100,00	100,00	\$ 3.931,86	\$ 3.931,86	0,05%	0,06%	100,00%
1.3	Movilización de equipos	GL	1,00	1.000,00	1.000,00	\$ 39.318,56	\$ 39.318,56	0,53%	0,58%	100,00%
1.4	Desmovilización de equipos	GL	1,00	500,00	500,00	\$ 19.659,28	\$ 19.659,28	0,26%	0,29%	100,00%
2	FUNDACIONES				7.818,84		\$ 307.425,59	4,12%	4,57%	100,00%
2.1	Excavaciones	m3	504,78	0,20	100,96	\$ 7,86	\$ 3.969,42	0,05%	0,06%	100,00%
2.2	Compactación sello de fundación	m2	240,25	0,05	12,37	\$ 2,02	\$ 486,28	0,01%	0,01%	100,00%
2.3	Emplantillado de hormigón pobre	m3	24,03	3,00	72,08	\$ 117,96	\$ 2.833,89	0,04%	0,04%	100,00%

2.4	Hormigón G-30	m3	360,38	5,50	1.982,06	\$ 216,25	\$ 77.931,84	1,04%	1,16%	100,00%
2.5	Armaduras A420H	kg	72.075,00	0,07	5.304,82	\$ 2,89	\$ 208.577,74	2,79%	3,10%	100,00%
2.6	Relleno controlado	m3	144,40	2,40	346,56	\$ 94,36	\$ 13.626,42	0,18%	0,20%	100,00%
2.7	Retiro de excedentes	m3	504,78	0,20	100,96	\$ 7,86	\$ 3.969,42	0,05%	0,06%	100,00%
3	ESTRUCTURA DE ACERO CONVENCIONAL				114.416,21		\$ 4.498.680,70	60,22%	66,88%	104,70%
3.1	Estructura metálica ASTM A36	kg	374.078,70	0,17	64.190,62	\$ 6,75	\$ 2.523.882,86	33,79%	37,52%	108,09%
3.2	Parrilla industrial Acustermic RS/TP 34x100 n°11	kg	221.400,00	0,17	37.991,48	\$ 6,75	\$ 1.493.770,33	20,00%	22,21%	100,00%
3.3	Vigas Metálicas de Piso ASTM A36	kg	27.675,00	0,17	4.748,94	\$ 6,75	\$ 186.721,29	2,50%	2,78%	100,00%
3.4	Conexiones ASTM A36	kg	43.620,76	0,17	7.485,17	\$ 6,75	\$ 294.306,21	3,94%	4,38%	104,70%
4	BRB COREBRACE®				8.209,85		\$ 322.799,39	4,32%	4,80%	
4.1	Valor neto dispositivos	Un	128,00	53,65	6.866,99	\$ 2.109,38	\$ 270.000,00	3,61%	4,01%	
4.2	I.V.A. dispositivos	Un	128,00	10,19	1.304,73	\$ 400,78	\$ 51.300,00	0,69%	0,76%	
4.3	Impuestos aduaneros dispositivos ATI	Box	3,00	1,27	3,81	\$ 50,00	\$ 150,00	0,00%	0,00%	
4.4	Despacho desde puerto a obra	Box	3,00	11,44	34,32	\$ 449,80	\$ 1.349,39	0,02%	0,02%	
5	PROYECTO DE INGENIERÍA				1.566,20		\$ 61.580,73	0,82%	0,92%	119,80%
5.1	Jefe de proyecto	HH	56,00	2,30	128,80	\$ 90,43	\$ 5.064,23	0,07%	0,08%	126,13%
5.2	Especialista estructural senior	HH	49,00	2,10	102,90	\$ 82,57	\$ 4.045,88	0,05%	0,06%	114,75%
5.3	Ingeniero de proyecto	HH	305,00	1,40	427,00	\$ 55,05	\$ 16.789,03	0,22%	0,25%	128,69%
5.4	Proyectista estructural	HH	330,00	0,95	313,50	\$ 37,35	\$ 12.326,37	0,17%	0,18%	115,79%
5.5	Proyectista estructural	HH	660,00	0,90	594,00	\$ 35,39	\$ 23.355,22	0,31%	0,35%	115,79%
SUBTOTAL COSTOS DIRECTOS					134.611,10		\$ 5.292.714,66	70,85%	78,69%	111,25%
	Gastos Generales	%	25,0%		33.652,78		\$ 1.323.178,67	17,71%	19,67%	111,25%
	Utilidad	%	9,0%		12.115,00		\$ 476.344,32	6,38%	7,08%	111,25%
	Imprevistos y contingencias	%	5,0%		6.730,56		\$ 264.635,73	3,54%	3,93%	111,25%
	Inspección técnica de obras	GL	1,00	2.875,20	2.875,20		\$ 113.048,56	1,51%	1,68%	100,00%
TOTAL					189.984,63		\$ 7.469.921,94	100,00%	111,06%	111,06%
		UF			189.985		189.985			
		CLP			\$ 4.982.213.837		\$ 4.982.213.837			
		USD			\$ 7.469.922		\$ 7.469.922			

*NOTA: COTIZACIÓN VALIDA SOLO PARA TÉRMINOS DE ESTE ESTUDIO NO CONSTITUYENTE COMO OFERTA ECONÓMICA

VIII.5.1 Cotización de los dispositivos BRB CoreBrace®



- Tipo de cotización: CIF (Cost, Insurance & Freight)
(Costo, Seguro y Flete)
- Fecha de Cotización: 23 junio 2016
- Proveedor: CoreBrace, LLC
- Direction proveedor: 5789 West Wells Park Road, West Jordan,
Utah, Estados Unidos de América.
- Web proveedor: www.corebrace.com
- Responsable de Cotización: María Eugenia Chumbita,
Senior Engineer CoreBrace®
- Monto: USD \$ 270.400
+ Impuestos + Tasas aduaneras
- Lugar del proyecto: Mejillones, Región de Antofagasta, Chile
- Lugar de despacho: Antofagasta Terminal Internacional (ATI),

Puerto de Antofagasta, Región de Antofagasta, Chile

Notas de Cotización

Dentro del alcance de esta cotización se tiene:

1. 128 dispositivos BRB (8x16), según las áreas, largos y geometrías establecidas para el proyecto, considerando conexiones empernadas.
2. La disposición de una capa de imprimación estándar, sobre la superficie expuestas de las BRB a excepción de las superficies de conexión.
3. Flete hasta Antofagasta Terminal Internacional.
4. 5 días de trabajo para realizar la descarga de los containers.
5. Cálculos de diseño para la fabricación de la conexión desde las BRB hasta el gusset.
6. Cálculos de diseño para la fabricación de la conexión desde los gusset hacia las vigas, columnas o placas donde se conectasen.
7. Preparación de las caras de las superficies de contacto de las conexiones (Superficies de clase A)

Excluidos del alcance de esta cotización se tiene:

1. Flete desde Antofagasta Terminal Internacional hasta el sitio de trabajo
2. Conexiones y pernos de conexión
3. Requerimientos de AESS (Architecturally Exposed Structural Steel)

4. Placas gusset
5. Atiesadores o placas de continuidad para gusset, almas de vigas o de columnas
6. Placas y pernos de conexión al alma de las vigas y/o columnas
7. Adaptadores para los gusset si es que fueran necesarios
8. Impuestos
9. Despacho de aduana y tarifas de importación
10. Pintura de retoque
11. Erección, posicionamiento e instalación de las BRB
12. Servicios de inspección técnica de obras
13. Control de calidad en la erección y posicionamiento de las BRB
14. Estudios de diseño
15. Maquetas
16. Modelado BIM
17. Bloqueadores de fuego
18. Proyecto de calificación de las BRB o calificación de la conexión

IX CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

IX.1 CON RESPECTO AL DISEÑO

- Del diseño normativo de las estructuras se pudo concluir que:
 - El uso de dispositivos BRB no afecta el diseño de los diafragmas de piso de la estructura.
 - La estructura con riostras convencionales es la opción más liviana de diseño (628 [Tonf]), donde la estructura con dispositivos BRB CoreBrace® (695 [Tonf]) posee un peso 11% superior a la primera opción y la opción de la estructura con dispositivos BRB, de características “supuestas” (737 [Tonf]), posee un peso 17% superior a la primera opción y 6% superior a la estructura con dispositivos BRB CoreBrace®. La diferencia de peso anteriormente mencionada radica en el diseño predominantemente elástico de las columnas de la estructura.
 - Siguiendo lo anterior y debido a que la eficiencia de los dispositivos BRB es asociada a que tan “ajustado” es el diseño de los dispositivos en conjunto con las columnas, se recomienda considerar las selecciones de un proveedor desde los inicios de la etapa de ingeniería básica. Cálculos preliminares sin su asesoría podrían ser infructuosos, implicando una pérdida innecesaria de horas. En el caso en el cual un pre diseño sea necesario para etapas de licitación de la ingeniería de detalles, se establece que si bien el diseño de la estructura con parámetros supuestos entrega resultados de peso (costos) razonables, la selección de su perfilería de las columnas y los dispositivos BRB no es aplicable a la estructura a construir.

IX.2 CON RESPECTO AL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO

- Con respecto al corte basal y el momento volcante desarrollado por las estructuras se puede concluir:
 - En general el uso de dispositivos BRB implicó, una reducción del momento volcante en un 26% del valor desarrollado por la estructura sin el uso de los dispositivos BRB.
 - De la misma forma el uso de dispositivos BRB implicó, una reducción del corte basal en un 37% del valor desarrollado por la estructura sin el uso de los dispositivos BRB.
 - Con respecto al valor de corte basal desarrollado por las estructuras ante el análisis de los eventos sísmicos de nivel equivalente a los utilizados para el diseño (DLE), se tiene que en el caso de la utilización de dispositivos BRB, se produce un valor 40% superior al considerado en el diseño, lo que puede ser asociado al uso del parámetro ϕ reductor de la resistencia, y la sobrerresistencia de elementos contiguos. Mientras en el caso de la estructura con uso de riostras tradicionales, el corte desarrollado es 160% superior al considerado en el diseño, además de poseer una desviación estándar de 20%

Tabla IX.2.a Comparación del corte basal y el momento volcante desarrollado por la estructura con BRB c/r a la estructura con el uso de riostras convencionales y el corte de diseño [elaboración propia]

		Momento Volcante [Tonf-m]			Corte Basal [Tonf]							
		STD	BRB	BRB/STD [%]	STD	BRB	STD/BRB [%]	STD THNL /Diseño	BRB THNL /Diseño		STD THNL /Diseño	BRB THNL /Diseño
Constitución	DLE	15.402,80	11.444,15	74,3%	1.140,90	645,21	56,6%	261,4%	144,3%		DLE	
	MCE	15.892,33	14.384,18	90,5%	1.244,57	707,75	56,9%	285,2%	158,2%	ε	264,0%	143,2%
	OLE	15.196,83	10.213,33	67,2%	900,22	583,86	64,9%	206,3%	130,5%	σ	22,2%	3,4%
Talca	DLE	15.384,75	12.241,54	79,6%	1.061,34	623,15	58,7%	243,2%	139,3%		MCE	
	MCE	16.201,20	13.059,97	80,6%	1.224,10	698,00	57,0%	280,5%	156,1%	ε	299,6%	161,0%
	OLE	14.476,91	10.224,38	70,6%	760,84	569,63	74,9%	174,4%	127,4%	σ	29,2%	6,8%
Llolleo	DLE	15.821,62	11.274,33	71,3%	1.253,88	652,72	52,1%	287,3%	145,9%		OLE	
	MCE	15.987,54	13.992,91	87,5%	1.454,15	754,84	51,9%	333,2%	168,8%	ε	198,2%	124,6%
	OLE	14.390,06	10.404,20	72,3%	933,48	518,11	55,5%	213,9%	115,8%	σ	21,0%	7,7%
			ε	77,1%		ε	58,7%					
			σ	8,0%		σ	7,2%					

*Valores consideran la interacción entre los sentidos perpendiculares del evento sísmico

- Con respecto a la relación observada entre el desplazamiento relativo de los pisos y el corte basal desarrollado:
 - En el caso de la estructura con uso de riostras convencionales, se observa una relación “definida” para pisos inferiores, la cual se convierte en una relación más “errática” a medida que se observa el comportamiento con respecto a los pisos superiores.
 - De forma adicional se observa en ellas el desarrollo de “ciclos de histéresis”; obtenidos de la relación entre el desplazamiento relativo de pisos y el corte basal, de carácter inestable, y gráficamente “angosto”, lo cual es una evidencia de un mal desempeño de la disipación de energía en relación a los desplazamientos observados.
 - En el caso de la estructura con el uso de BRB, se observa una relación “definida” para la mayoría de los pisos, en particular para los pisos superiores.
 - De forma adicional se observa en ellas el desarrollo de “ciclos de histéresis”; obtenidos de la relación entre el desplazamiento relativo de pisos y el corte basal, de carácter estable, y gráficamente “ancho”, lo cual es una evidencia de un buen desempeño de la disipación de energía en relación a los desplazamientos observados.

- Con respecto a los desplazamientos y DRIFT máximos esperados, según la eventualidad del sismo (DLE, MCE, OLE)
 - Del estudio de las estructuras se concluyó que el uso de BRB contribuye a un mayor control de los desplazamientos y DRIFT máximos en todos los casos estudiados, siendo mayoritariamente más eficientes en la mitad superior de la estructura.
 - Del análisis de los DRIFT y deformaciones establecidas para eventos del nivel de diseño (DLE) acuso valores ampliamente mayores a los establecidos en el diseño lineal de la estructura. Con respecto a lo anterior cabe destacar que la estructura con el uso de dispositivos BRB, se pueden esperar DRIFT no mayores al 1.5%, valor normativamente establecido para despreciar el efecto $P-\Delta$, mientras en el caso de la estructura con el

uso de riostras convencionales lo anterior no se cumple, dejando a la estructura a demandas de segundo orden no contempladas en un análisis tradicional.

- Todo lo anteriormente expresado se demuestra en las imágenes siguientes:

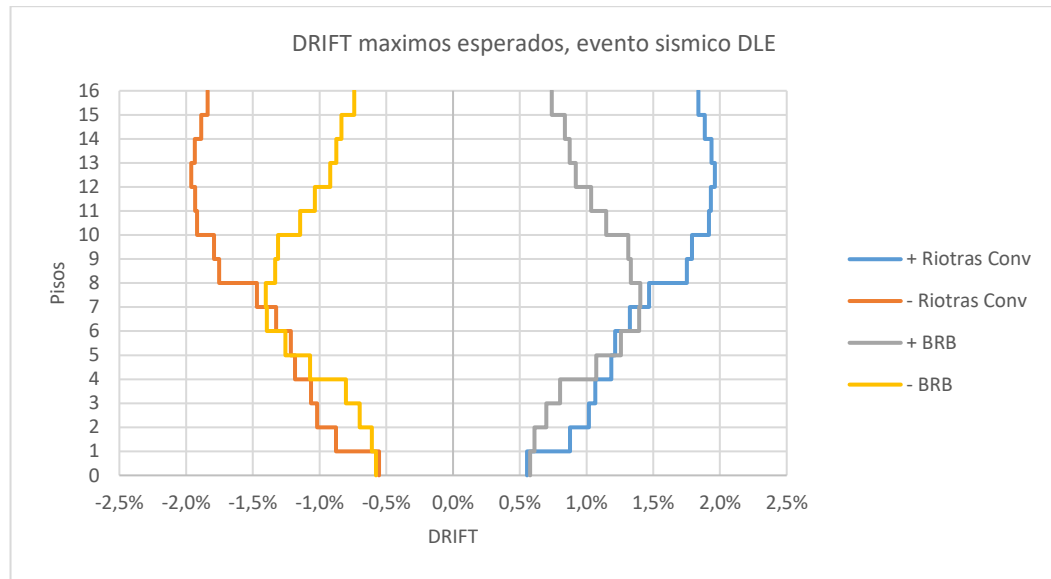


Figura IX.2.a Comparación de los DRIFT máximos esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento DLE [elaboración propia]

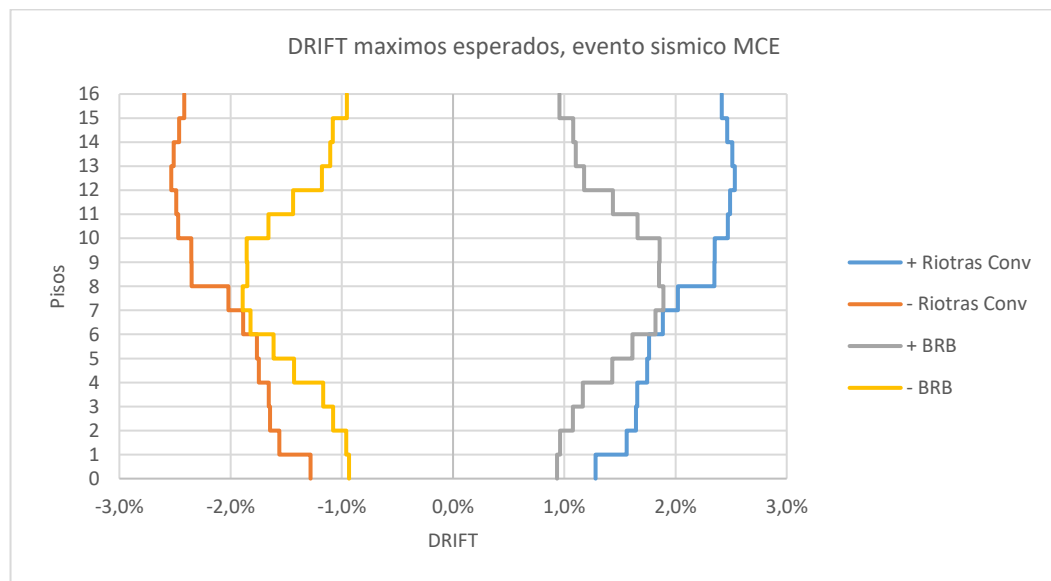


Figura IX.2.b Comparación de los DRIFT máximos esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento MCE [elaboración propia]

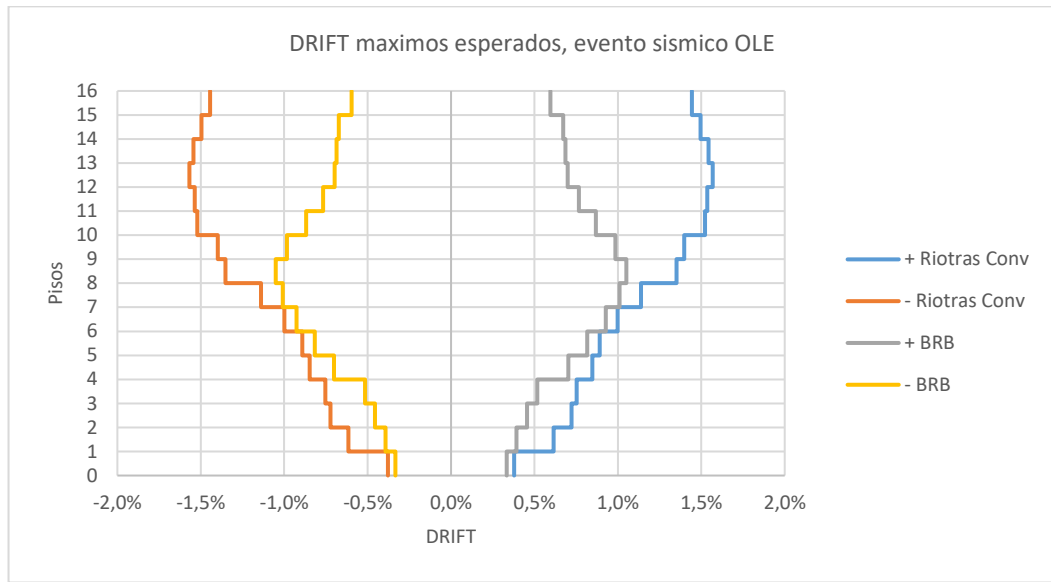


Figura IX.2.c Comparación de los DRIFT máximos esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento OLE [elaboración propia]

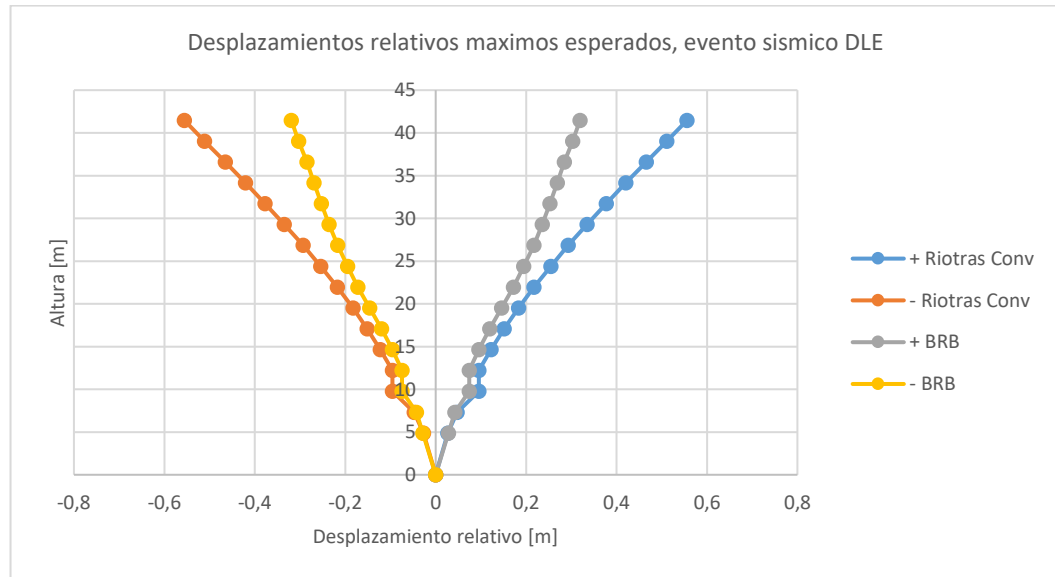


Figura IX.2.d Comparación de los desplazamientos máximos esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento DLE [elaboración propia]

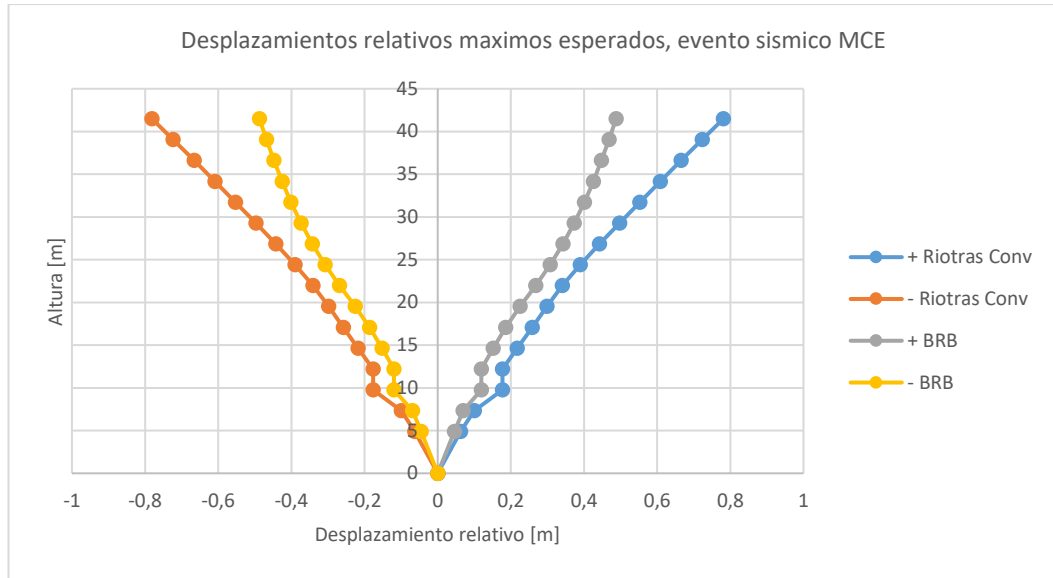


Figura IX.2.e Comparación de los desplazamientos máximos esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento MCE [elaboración propia]

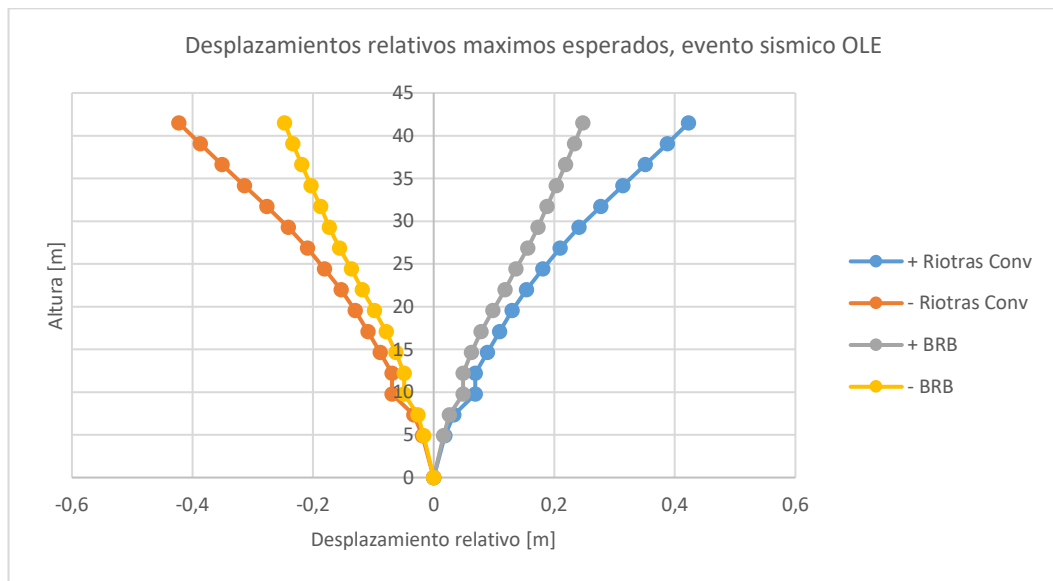


Figura IX.2.f Comparación de los desplazamientos máximos esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento OLE [elaboración propia]

- Con respecto a los desplazamientos y DRIFT residuales esperados, según la eventualidad del sismo (DLE, MCE, OLE)
 - Del estudio de las estructuras se concluyó que el uso de BRB contribuye a un mayor control de los desplazamientos y DRIFT residuales, siendo la excepción los desarrollados para eventos sísmicos OLE, lo cual obedece al comportamiento no lineal de los dispositivos BRB el cual está altamente presente en todos los tipos de eventos sísmicos analizados. Lo anterior en términos de operación es de carácter “despreciable”, donde el máximo DRIFT esperado para la estructura con BRB es del orden de 0.25%. Lo anteriormente expresado se demuestra en las imágenes siguientes:

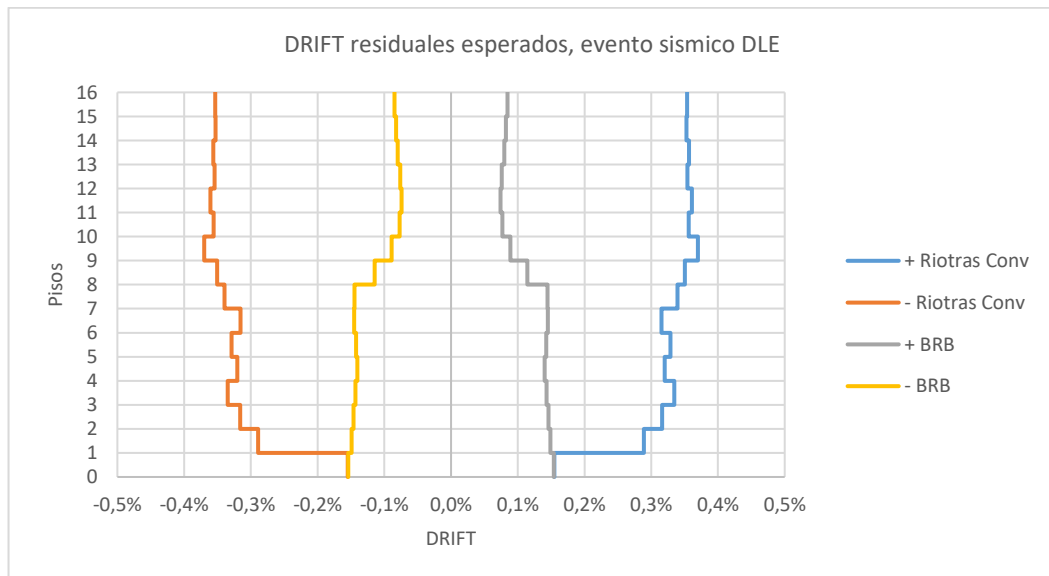


Figura IX.2.g Comparación de los DRIFT residuales esperados, estructura con BRB v/s ríostros convencionales, evento DLE [elaboración propia]

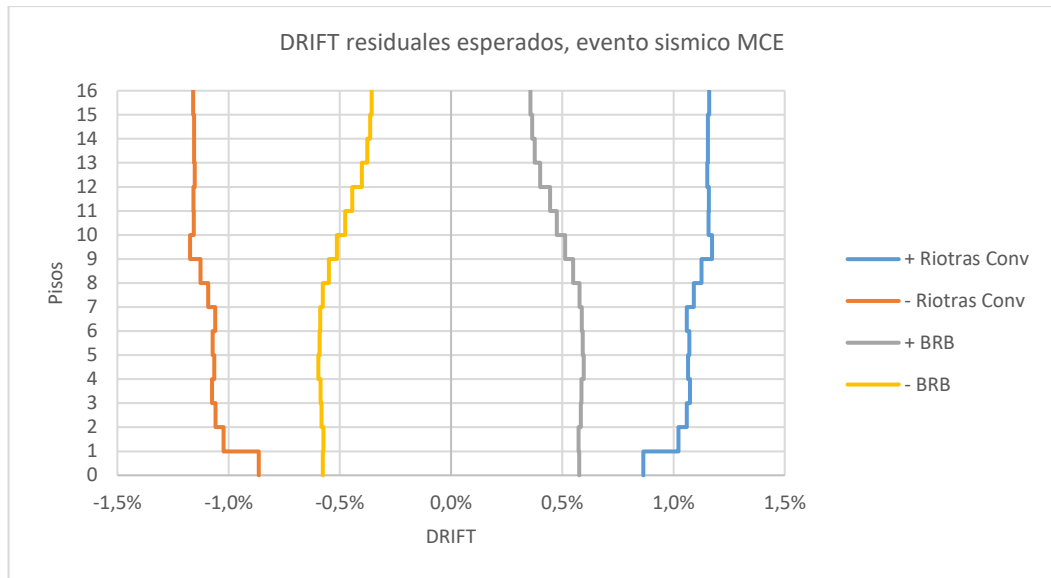


Figura IX.2.h Comparación de los DRIFT residuales esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento MCE [elaboración propia]

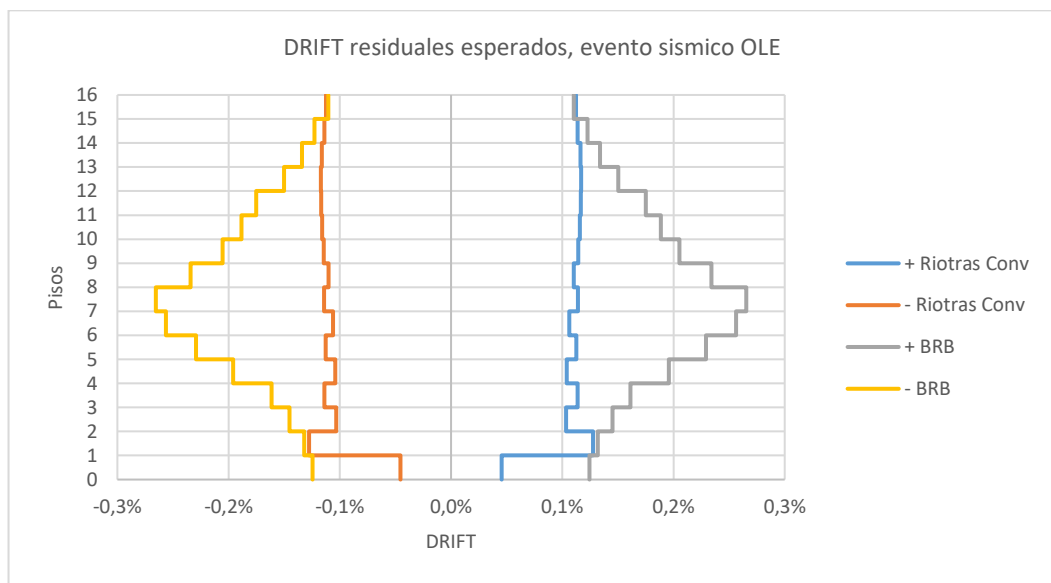


Figura IX.2.i Comparación de los DRIFT residuales esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento OLE [elaboración propia]

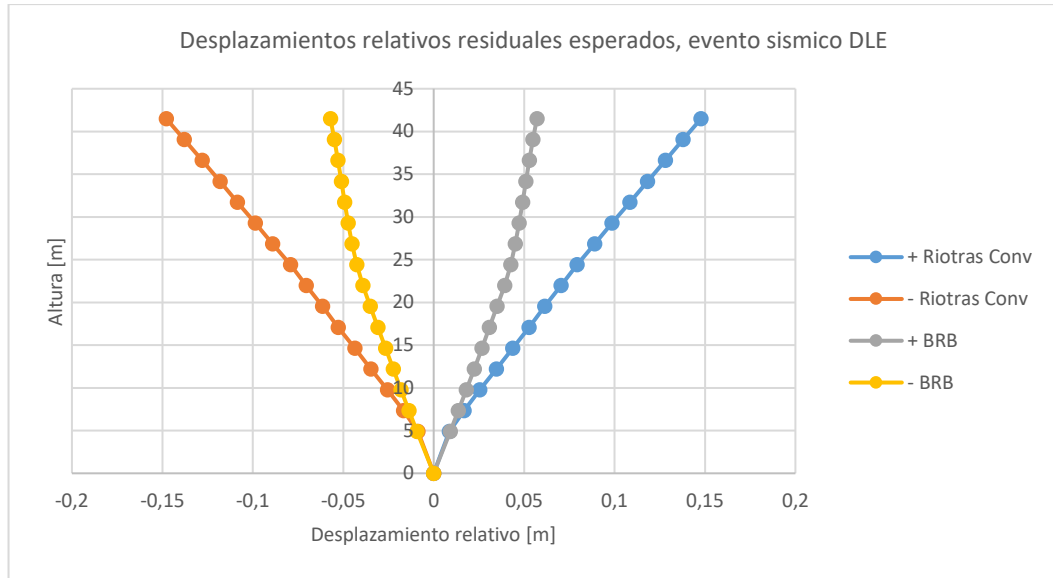


Figura IX.2.j Comparación de los desplazamientos residuales esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento DLE [elaboración propia]

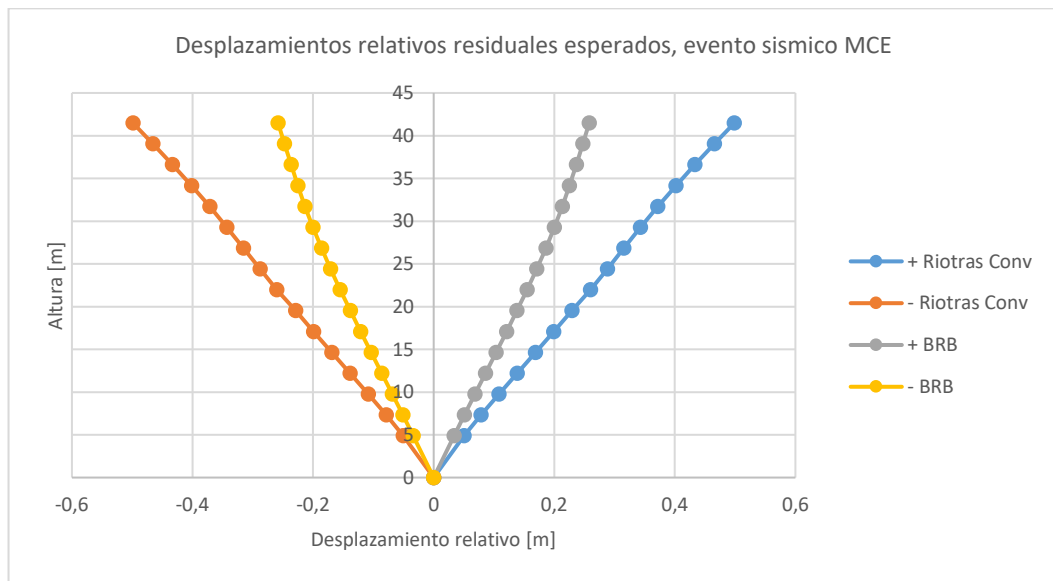


Figura IX.2.k Comparación de los desplazamientos residuales esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento MCE [elaboración propia]

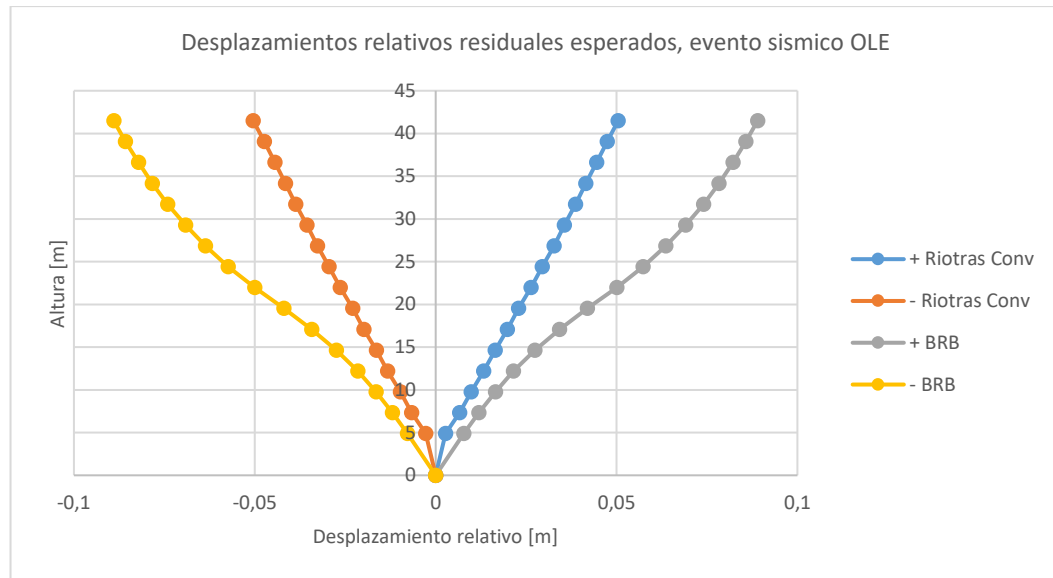


Figura IX.2.1 Comparación de los desplazamientos residuales esperados, estructura con BRB v/s riostras convencionales, evento OLE [elaboración propia]

- Con respecto a comportamiento observado en los dispositivos BRB:
 - En la estructura que considera su uso, se pudo observar que todos los dispositivos BRB presentaron algún grado de comportamiento no lineal, para todos los eventos DLE, MCE y OLE.
 - Con respecto al comportamiento no lineal observado para los eventos OLE, esto era esperado, debido a que los dispositivos se accionan ante una demanda de deformación, la cual en los eventos OLE es mayor a la “demanda supuesta” establecida por NCh 2369 para el diseño de los dispositivos.
 - El mayor comportamiento no lineal, es detectado en la zona central en altura.
 - La zona donde se pudo observar el menor comportamiento no lineal, es la asociada a la parte más alta de la estructura, seguida por el primer piso de la estructura, piso en el cual los dispositivos son más largos, además de estar dispuesto de forma más vertical.
 - En general el comportamiento no lineal máximo observado para los eventos MCE, se mantienen dentro del “orden”, de los obtenidos para los eventos DLE.

- Con respecto a comportamiento observado en riostras convencionales:
 - El comportamiento no lineal se expresa en una pequeña cantidad de las riostras convencionales de la estructura, desde una cantidad casi nula para eventos OLE, hasta casi un 30% en eventos MCE.
 - El bajo porcentaje de riostras que presentan comportamiento no lineal establece el alto grado de ineficiencia del sistema de disipar energía de forma histerética, estableciendo un riesgo para los elementos estructurales con responsabilidad de sustentar cargas de carácter gravitacional.
 - Si bien la cantidad de riostras que presentan comportamiento no lineal es bastante limitada, estas se concentran en pisos particulares, donde rápidamente se puede alcanzar la no linealidad de todas las riostras en el piso.
 - La degradación presentada es bastante “rápida” con respecto a la intensidad del evento, donde para eventos OLE, se tiene un comportamiento casi totalmente lineal, con respecto al comportamiento frente a eventos DLE donde presenta un comportamiento no lineal bastante desarrollado, hasta llegar a eventos MCE donde se alcanza la resistencia residual, logrando deformaciones en las cuales es razonable poner en duda la no existencia de la degradación total de las riostras, y con ello el posible colapso del sistema estructural.
 - A continuación, una tabla con porcentaje esperado de riostras convencionales que presenten comportamiento no lineal, según su piso e intensidad del evento sísmico:

Tabla IX.2.b Comparación del porcentaje de riostras convencionales que se espera que presenten comportamiento no lineal según piso y evento sísmico [elaboración propia]

Comportamiento No Lineal esperado			
Piso	OLE	DLE	MCE
16	0%	0%	0%
15	0%	0%	0%
14	0%	0%	0%
13	0%	0%	15%
12	0%	2%	33%
11	0%	4%	29%
10	0%	6%	27%
9	6%	38%	81%
8	4%	44%	81%
7	0%	0%	0%
6	0%	0%	0%
5	0%	0%	0%
4	0%	0%	4%
3	0%	4%	25%
2	0%	17%	67%
1	6%	94%	100%
TOTAL	1%	13%	29%

- Con respecto al daño residual significativo esperado en columnas:
 - Se observa que en el caso de la estructura con uso de dispositivos BRB las columnas no presentan daño residual significativo, para ninguno de los eventos sísmicos estudiados.
 - Con respecto a la estructura con uso de riostras convencionales, se observa que ante la acción de eventos OLE, en general las columnas no presentan daño residual, mientras que bajo la acción de eventos DLE, las estructuras presentan un bajo número de columnas con daño residual no despreciable, los cuales se concentran principalmente la zona central y la zona más baja de la estructura. Con respecto a eventos MCE, se observa que la cantidad de elementos que presentan daño residual no despreciable se duplica con respecto a lo observado en eventos DLE, concentrándose en los mismos puntos de concentración mencionados anteriormente, abarcando la mayoría de las columnas asociadas a dichos pisos.
 - Cabe mencionar que eventos DLE y MCE, presentan una baja cantidad de columnas con daño residual no despreciable, pero concentradas en muy pocos pisos, lo cual podría originar un colapso de la estructura por “piso blando”. Cabe mencionar que el software de análisis estructural SAP2000, el cual fue utilizado en la realización de este documento, no posee las capacidades necesarias para estudiar el colapso individual de los elementos y/o global de la estructura, motivo por lo cual lo anterior no pudo ser corroborado numéricamente en este documento.
 - A continuación, se presenta una tabla con el porcentaje promedio de columnas que presentaron daño residual no despreciable, según piso y tipología de evento sísmico:

Tabla IX.2.c Comparación del porcentaje de columnas que presentaron daño residual no despreciable, según piso y evento sísmico [elaboración propia]

Columnas con daño residual no despreciable esperado			
Piso (tramo)	OLE	DLE	MCE
16	0%	0%	0%
15	0%	0%	0%
14	0%	0%	0%
13	0%	0%	0%
12-1	0%	0%	0%
12-2	0%	0%	0%
11	0%	0%	0%
10	0%	0%	0%
09	2%	8%	29%
08-1	6%	40%	58%
08-2	0%	0%	0%
07	0%	0%	0%
06	0%	0%	0%
05	0%	0%	0%
04-1	0%	0%	0%
04-2	0%	0%	0%
03	0%	0%	0%
02	0%	4%	17%
01-1	6%	35%	56%
01-2	4%	33%	63%
TOTAL	1%	6%	11%

IX.3 CON RESPECTO AL COSTO DE LOS PROYECTOS DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

- El considerar el uso de dispositivos BRB en toda su altura, implica un aumento del 11% en el costo total del proyecto de diseño y construcción.
- A su vez, considerar el uso de BRB implica un aumento del 20% del costo de ingeniería si se considera la metodología de diseño modal espectral de demanda reducida.
- La incidencia del proyecto de ingeniería en el costo total del proyecto considerando el uso de riostras convencionales, como el uso de dispositivos BRB, no alcanza a superar el 1% del costo total.
- Uno de los supuestos tras la realización de los presupuestos que dieron origen al 11% de diferencia en el costo total de proyecto es considera un único diseño para la construcción del sistema de fundación para la estructura, en condiciones que el uso de dispositivos BRB reduce las demandas de volcante en las fundaciones, pudiendo disminuir la diferencia de 11% anteriormente mencionada.
- El considerar el uso de BRB en el diseño, implico un aumento del 5% en el costo de la estructura de acero convencional, más el costo de los dispositivos.
- El costo promedio de cada dispositivo BRB, considerando impuestos es de aproximadamente CLP \$2.550.000, monto que podría aumentar en caso de solicitar una menor cantidad de dispositivos, (costos CIF).

IX.4 COMENTARIOS Y CONCLUSIONES FINALES

Considerando todo lo anteriormente descrito en este documento; el análisis del comportamiento de las estructuras y costos asociados, es claro que la opción de proyecto de la estructura con utilización de dispositivos BRB es mucho más atractiva a la ofrecida por el diseño convencional; la cual por un aumento “razonable” del costo de proyecto otorga una estructura con un desempeño ampliamente superior ante los eventos sísmicos asociados al diseño y a los de carácter “eventual”, en conjunto con un comportamiento “equivalente” al ofrecido por la estructura con el uso de riostras convencionales ante eventos de carácter habitual.

Uno de los aspectos más relevantes de la opción de diseño considerando el uso de dispositivos BRB es la amplia reducción de los desplazamientos y DRIFT máximos desarrollados por la estructura, con lo cual se reduce el riesgo de golpear el equipo en su interior.

Si bien la estructura analizada en este documento cumple funciones de apoyo al mantenimiento del equipo roaster, es claro que cualquier colapso parcial o total de compromete la continuidad de operación del equipo; ya sea por la interrupción de las labores de mantenimiento, como por la posibilidad de provocar daños en el equipo en su interior, comprometiendo así gravemente la continuidad de operación de la planta.

Si bien este documento demuestra el desempeño superior de la estructura con uso de dispositivos BRB, y lo razonable del aumento de costos que significa su implementación, la recomendación de considerar esta como la mejor opción de diseño no es solo asociada a la meritocracia del desempeño propio de esta opción de diseño, sino que se ve acentuado por los problemas presentados por la estructura de diseño convencional.

Es claro que la estructura diseñada considerando el uso de riostras convencionales (ICBF) según lo dispuesto normativamente en NCh2369:2003, no es capaz de cumplir con la filosofía dispuesta en el documento normativo, generando desplazamientos mayores a la opción de diseño con dispositivos BRB, donde el análisis de comportamiento demostró

que tanto la predicción de fuerzas internas, como de desplazamientos y DRIFT de la estructura ante eventos de diseño DLE, difiere en ordenes de magnitud a lo predicho durante la realización del diseño espectral modal reducido establecido en el documento normativo.

Dentro de los principales problemas detectados resalta la incapacidad del “espectro” normativo NCh 2369 de ser predictivo en comportamiento, como es profundizado en el anexo F , además del excesivo valor asociado al factor de modificación de la respuesta “R”, además de la incongruencia de proteger la integridad de las riostras y no las columnas de la estructura, lo cual se traduce en mecanismos de disipación de la energía ineficientes, los cuales comprometen adicionalmente la resistencia ante cargas de carácter gravitacional, exponiendo a la estructura ante un eventual colapso.

Otro punto a destacar según lo observado, es el comportamiento desarrollado por la estructura convencional, la cual ante eventos OLE se comporta de forma predominantemente elástica, se degradándose rápidamente ante eventos DLE, no pudiendo asegurar la no existencia de “colapso” ante eventos MCE, lo cual claramente presenta un problema ante la naturaleza incierta de los eventos sísmicos.

Con respecto a posibles investigaciones futuras, según lo observado en este documento, se concluye dos posibles líneas de investigación futura:

- El estudio del comportamiento de estructuras tras la inclusión de sistemas de protección sísmica; a través de un foco profesional, originando metodologías de diseño aplicables en oficina y por ende en la ingeniería que trasciende el papel hacia el mundo real.
- El estudio de la correcta estimación del comportamiento de estructuras convencionales; fuerzas internas desarrolladas y desplazamientos, en conjunto con la búsqueda de mejoras en el diseño “sismo resistente” de estructuras de acero, según lo dispuesto en la norma NCh2369.

X ANEXO A: CRITERIOS PARA LA REALIZACIÓN DEL DISEÑO DE LA TORRE PRINCIPAL DE LA NAVE DEL ROASTER

X.1 Materiales

- Acero Estructural: ASTM A36
 - Densidad : 7850 [kgf/m³]
 - M. Young : 2.040.000 [kgf/cm²]
 - Fluencia : 2529 [kgf/cm²] (36 ksi)
 - Ruptura : 3793 [kgf/cm²] (54 ksi)
 - Ry : 1.5 (+50%)
 - Ru : 1.2 (+20%)

X.2 Parámetros para la definición de la sollicitación sísmica

- Zona Sísmica : III
- Tipo de suelo : II o B
- Importancia : Categoría 1
- Simultaneidad : 100% dirección principal + 30% perpendicular
- P. Sísmica : 100% D + 50% L+ 50% Lr

X.3 Cargas de diseño consideradas

- D | Dead : Peso propio de los elementos, equipos y elementos permanentes no estructurales
 - Peso propio de los elementos estructurales
 - 10% de la carga de plataforma y la carga de techo, como aproximación del peso de las conexiones y el sistema de pisos industriales sobre las plataformas
- E | Earthquake : Sismo
- L | Live : Sobrecarga de plataformas
 - 1500 [kgf/m²]
- Lr | Roof Live : Sobrecarga de techo
 - 100 [kgf/m²]

X.4 Combinaciones de diseño

- NCh 3171 condición normal + NCh2369 condición eventual sismo + **SIN** factores de reducción de carga NCh 1537

Tabla X.4.a Combinaciones para el diseño de las estructuras [elaboración propia]

	D	L	Lr	Ex NCH2369	Ey NCH2369	Comentarios
2369_LRFD1-1	1,2	0,5	0,5	1,1	-	-
2369_LRFD1-2	1,2	0,5	0,5	-	1,1	-
2369_LRFD2-1	0,9	-	-	1,1	-	-
2369_LRFD2-2	0,9	-	-	-	1,1	-
3171_LRFD1	1,4	-	-	-	-	-
3171_LRFD2	1,2	1,6	0,5	-	-	-
3171_LRFD3a	1,2	1,0	1,6	-	-	-
3171_LRFD3b	1,2	0,0	1,2	-	-	-

Masa Sísmica	100%	50%	50%
Ex NCH2369	100% Ex	30% Ey	
Ey NCH2369	100% Ey	30% Ex	

X.5 Diseño de acero

- AISC360:2010, LRFD (habitual en la práctica actual del diseño chileno) + Capítulo 8 LRFD, NCh 2369.Of2003:
 - Método de análisis a la inestabilidad: Longitud Efectiva (Fact. K)
 - Solicitaciones de segundo orden: Aproximado 2° orden (AISC)
 - Método de reducción de rigidez: Ninguno

X.6 Diseño de BRB

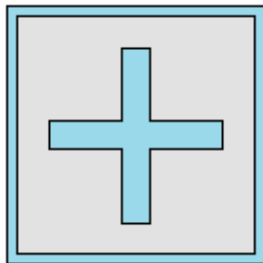
- Acero núcleo: ASTM A36
 - Densidad: 7850 [kgf/m³]
 - M. Young: 2.040.000 [kgf/cm²]
 - Fluencia nominal: 2531 [kgf/cm²]
 - Ruptura nominal: 4077 [kgf/cm²]

- Ry (AISC): 1.5 (+50%)
- Ru (AISC): 1.2 (+20%)

- Compresión máxima / Tracción máxima (pre diseño)
 - β : 1.07
- Rigidez postfluencia / Rigidez lineal (pre diseño)
 - ω : 1.30
- Largo de fluencia de la BRB (pre diseño)
 - L yield: 70% Largo total
- Corroboración parámetros BRB: CoreBrace®
 - β : Según producto CoreBrace®
 - ω : Según producto CoreBrace®
 - L yield: Según producto CoreBrace®
 - Fluencia nominal: 2672 [kgf/cm²] (testead)
 - Fluencia esperada: 3234 [kgf/cm²] (testead)

- Sección de referencia :

Sección de Referencia



*La pérdida de rigidez en las zonas de conexión y el nudo de la estructura se consideran despreciables

* Geometría referencial, en un diseño real debe concordar con las especificaciones del proveedor

** Camisa metálica de 3 mm de espesor

** Sección simétrica en X e Y

** Sección cruz (evita el pandeo torsional)

** Altura del núcleo de hormigón igual a 1,6 la altura del núcleo de acero

** Espesor de las láminas del núcleo de acero igual a 1/6 de su altura

** Núcleo ASTM A36, 25% elongación (Fy=36ksi=248MPa, Fu=58ksi=400MPa)

Figura X.6.a Sección de referencia para el diseño de BRB [elaboración propia]

XI ANEXO B: PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN DE ACELEROGRAMAS COMPATIBLES A ESPECTROS DE PSEUDO RESPUESTA

El concepto básico de generar y utilizar sismos artificiales en los análisis sísmicos fue propuesto por Housner y Jennings y posteriormente por Amin y Ang. Donde la meta era generar un conjunto de acelerogramas artificiales con los cuales obtener un conjunto de espectros de pseudo respuesta de similares características.

La simulación de sismos artificiales está basada sobre un conjunto de procesos estocásticos estacionarios bajo las asunciones realizadas por Housner, Thompson, Bycroft, Tajimi, Barstein, Rosenblueth & Bustamante, Housner & Jennings, Cornell, Arias & Petit-Laurent, Brady & Ruiz and Penzien. En sus procedimientos de simulación, la amplitud como el contenido de frecuencia son realizados bajo procesos estocásticos de carácter estacionarios.

Modelos no estacionarios en la media cuadrática de la amplitud han sido considerados por Bolotin, Amin & Ang, Shinozuka & Sato, Jennings & colaboradores y Iyengar & Iyengar. Estos procedimientos involucran el uso de una función de modulación de la amplitud y un estacionario contenido de frecuencia.

Modelos no estacionarios tanto en amplitud como en frecuencia han sido considerados por Beudet, para la síntesis de sismogramas para explosiones nucleares en computadores analógicos. Trifunac por otra parte, propone un método determinístico de simulación que incluye variación del contenido de frecuencia en el tiempo, debido a la dispersión de las ondas sísmicas de superficie.

El método utilizado en este documento es el expuesto en el libro “Dynamics of Structures”, escrito por Ray Clough y Joseph Penzien (CSI, 2003), el cual describe una metodología no estacionaria en amplitud, pero si en contenido de frecuencia, la cual es ampliamente conocida y aplicada en el ámbito de la ingeniería:

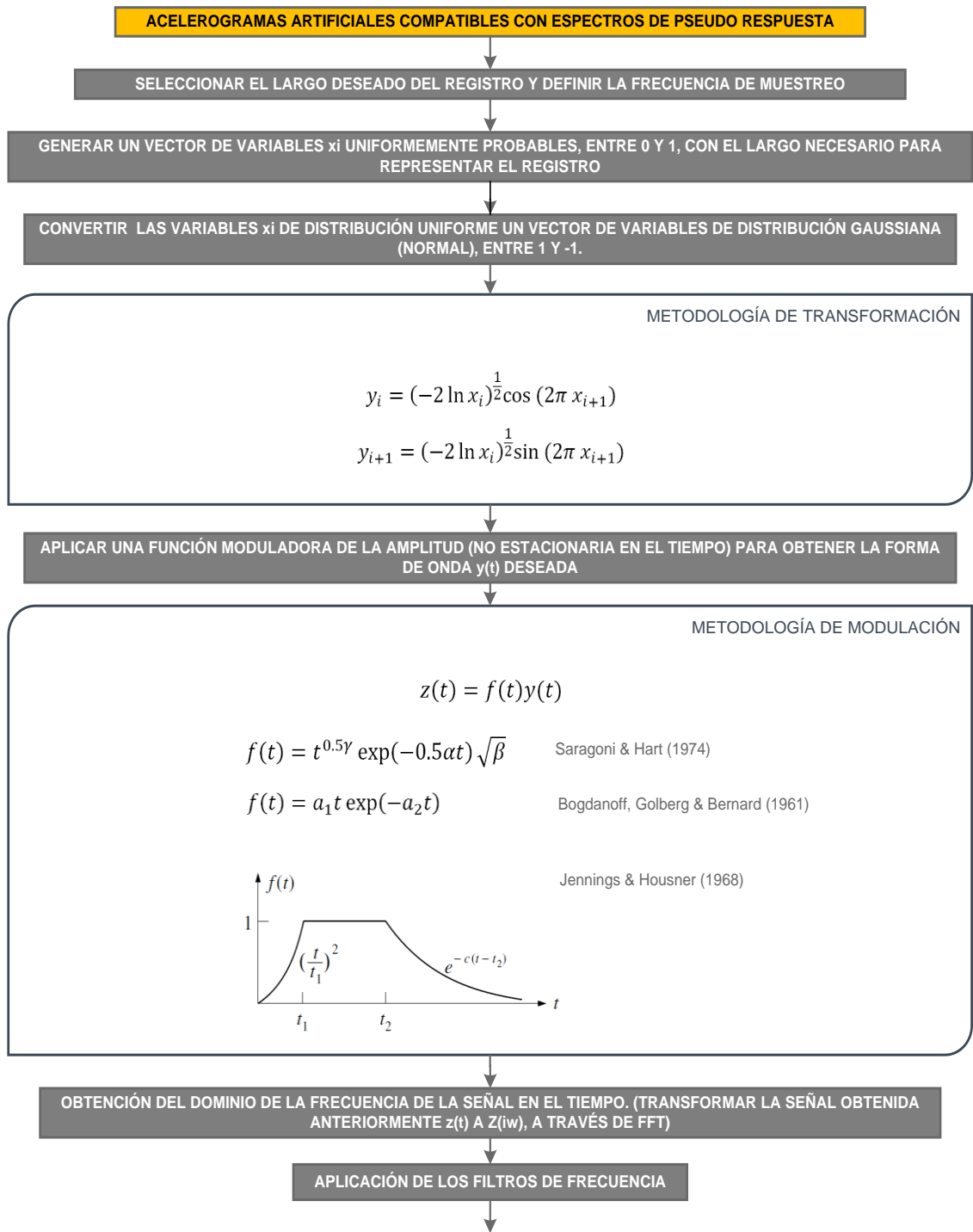


Figura XI.a Mapa Conceptual del proceso de elaboración de acelerogramas sintéticos compatibles con espectros de respuesta, parte 1 [elaboración propia]

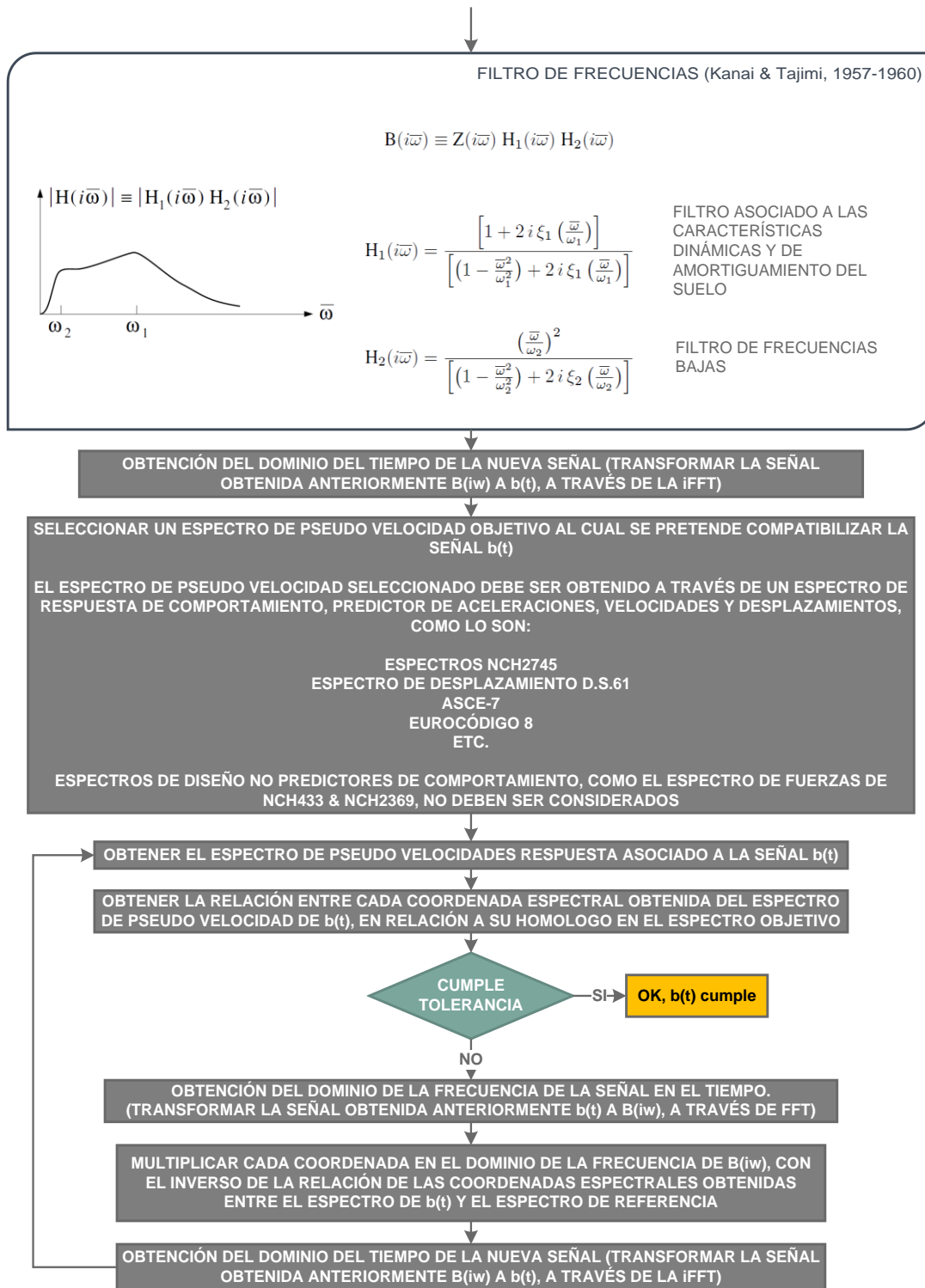


Figura XI.b Mapa Conceptual del proceso de elaboración de acelerogramas sintéticos compatibles con espectros de respuesta, parte 2 [elaboración propia]

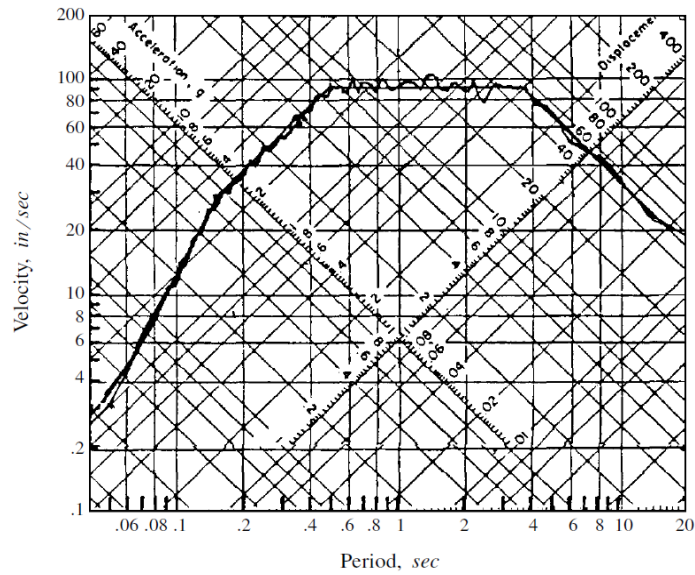


Figura XI.c Imagen referencial del resultado final del proceso de elaboración de acelerogramas sintéticos compatibles con espectros de respuesta [Saragoni & Hart, 1974]

Cabe mencionar el proceso anteriormente descrito puede ser modificado para convertir un registro semilla de una señal “real”, medida en acelerógrafo, y posteriormente corregida, para compatibilizar su espectro de respuesta con un espectro objetivo. Dicho proceso puede realizarse al introducir la semilla directamente en el segundo paso, expuesto en la figura “Mapa Conceptual del proceso de elaboración de acelerogramas sintéticos compatibles con espectros de respuesta, parte 2”.

XII ANEXO C: REGISTROS DE ACELERACIÓN SELECCIONADOS PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE ESTUDIO: CONSIDERACIONES Y RESULTADOS DE SU POSTPROCESO DE COMPATIBILIZACIÓN A ESPECTROS DE PSEUDO RESPUESTA

El siguiente capítulo, declara cuales son los registros semilla que fueron seleccionados para la realización del presente estudio, incluyendo las consideraciones y resultados del postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta, realizado previamente a su utilización en los análisis de este documento.

- Semillas de aceleraciones horizontales seleccionadas (canal 1 y 2):
 - Semilla 1: Señal Procesada RENADIC, Talca, 27/02/2010
 - Semilla 2: Señal Procesada RENADIC, Lolleo, 27/02/2010
 - Semilla 3: Señal Procesada RENADIC, Constitución, 27/02/2010
 - Las señales de canal 1 y canal 2 son perpendiculares entre sí.
 - Para efectos de este informe se considera que el proceso de corrección al cual fueron expuestas las semillas por parte de RENADIC, es “aceptable”, lo cual, si bien es cuestionable, no debiera afectar mayormente los resultados en virtud de los objetivos de este estudio.
 - Para los objetivos de este estudio, se considera como “aceptable” designar arbitrariamente al canal 1, el sentido y dirección “X” en la modelación de las estructuras, mientras al canal 2, el sentido y la dirección “Y”.

- Espectros de pseudo respuesta seleccionados para la compatibilización:
 - NCh2745,
 - Zona III,
 - Suelo 2
 - Razón crítica de amortiguamiento de $\xi = 5\%$
 - Espectro reducido por 0.6 x para obtener los eventos asociados a sismos ordinarios o de servicio:
 - Posibilidad de excedencia de 50% en 50 años

- Periodo de retorno de 72 años
- Espectro amplificado por 1.0x para obtener los eventos asociados a sismos de diseño:
 - Posibilidad de excedencia de 10% en 50 años
 - Periodo de retorno de 475 años
- Espectro amplificado por 1.5x para considerar un evento asociado a sismos de carácter máximo creíble:
 - Posibilidad de excedencia de 2% en 50 años
 - Periodo de retorno de 1911 años
- Probabilidades de excedencia y periodo de retorno según el modelo estadístico de Poisson

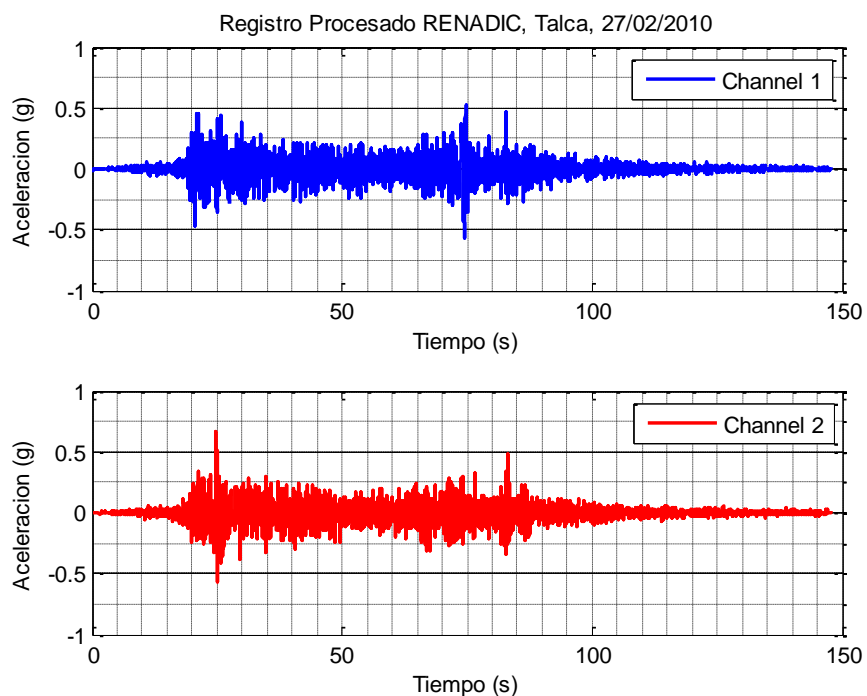


Figura XII.a Registros procesados de aceleración, en la estación de Talca, del terremoto del 27/02/2010, canales perpendiculares [RENADIC, 2016]

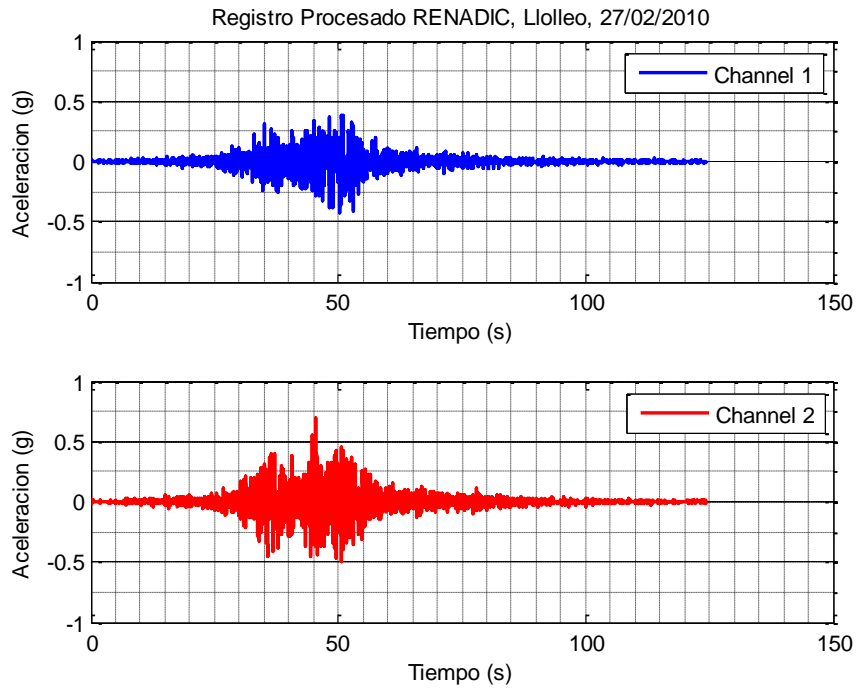


Figura XII.b Registros procesados de aceleración, en la estación de Lolloe, del terremoto del 27/02/2010, canales perpendiculares [RENADIC, 2016]

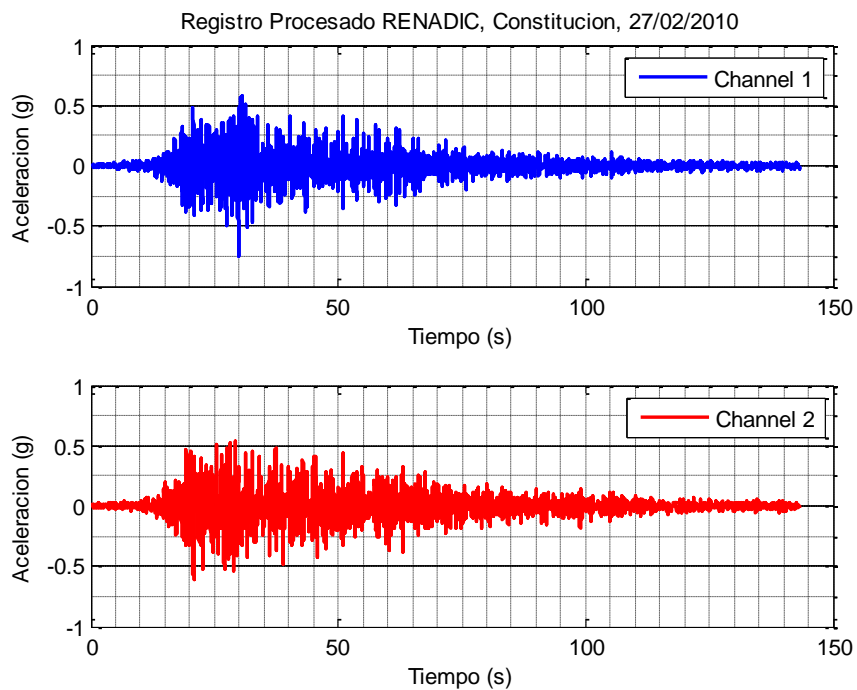


Figura XII.c Registros procesados de aceleración, en la estación de Constitución, del terremoto del 27/02/2010, canales perpendiculares [RENADIC, 2016]

De la aplicación del procedimiento de compatibilización a espectros de pseudo respuestas explicado en el capítulo “X Anexo B: Procedimiento de elaboración de acelerogramas compatibles a espectros de pseudo respuesta”, los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla XII.a Cuadro resumen de la caracterización de las señales obtenidas del postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]

	Nombre de la señal	Espectro de pseudo respuesta: NCH 2745:2013				Señales RENADIC				
		Zona Sísmica	Clasificación sísmica del suelo	Razón crítica de amortiguamiento	Multiplicador del espectro objetivo	Semilla	Canal	T (s)	Muestreo	
									Δt (s)	Hz
1	Constitución DLE X	III	2	5%	(x1.0)	Cons_ug_1	1	143,275	0,005	200
2	Constitución DLE Y	III	2	5%	(x1.0)	Cons_ug_2	2	143,275	0,005	200
3	Constitución OLE X	III	2	5%	(x0.6)	Cons_ug_1	1	143,275	0,005	200
4	Constitución OLE Y	III	2	5%	(x0.6)	Cons_ug_2	2	143,275	0,005	200
5	Constitución MCE X	III	2	5%	(x1.5)	Cons_ug_1	1	143,275	0,005	200
6	Constitución MCE Y	III	2	5%	(x1.5)	Cons_ug_2	2	143,275	0,005	200
7	Llolleo DLE X	III	2	5%	(x1.0)	Llol_ug_1	1	124,600	0,005	200
8	Llolleo DLE Y	III	2	5%	(x1.0)	Llol_ug_2	2	124,600	0,005	200
9	Llolleo OLE X	III	2	5%	(x0.6)	Llol_ug_1	1	124,600	0,005	200
10	Llolleo OLE Y	III	2	5%	(x0.6)	Llol_ug_2	2	124,600	0,005	200
11	Llolleo MCE X	III	2	5%	(x1.5)	Llol_ug_1	1	124,600	0,005	200
12	Llolleo MCE Y	III	2	5%	(x1.5)	Llol_ug_2	2	124,600	0,005	200
13	Talca DLE X	III	2	5%	(x1.0)	Talc_ug_1	1	147,775	0,005	200
14	Talca DLE Y	III	2	5%	(x1.0)	Talc_ug_2	2	147,775	0,005	200
15	Talca OLE X	III	2	5%	(x0.6)	Talc_ug_1	1	147,775	0,005	200
16	Talca OLE Y	III	2	5%	(x0.6)	Talc_ug_2	2	147,775	0,005	200
17	Talca MCE X	III	2	5%	(x1.5)	Talc_ug_1	1	147,775	0,005	200
18	Talca MCE Y	III	2	5%	(x1.5)	Talc_ug_2	2	147,775	0,005	200

XII.1 Constitución DLE X

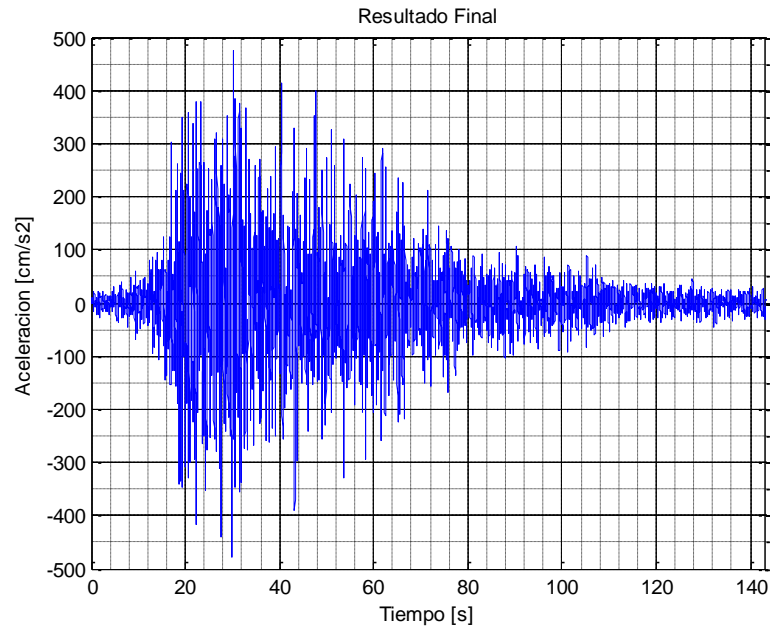


Figura XII.1.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]

Resultado Final: NCH2745 x1, Suelo=2, Zona Sismica=3, XSI=0.05, Mm=1 v/s Constitución DLE

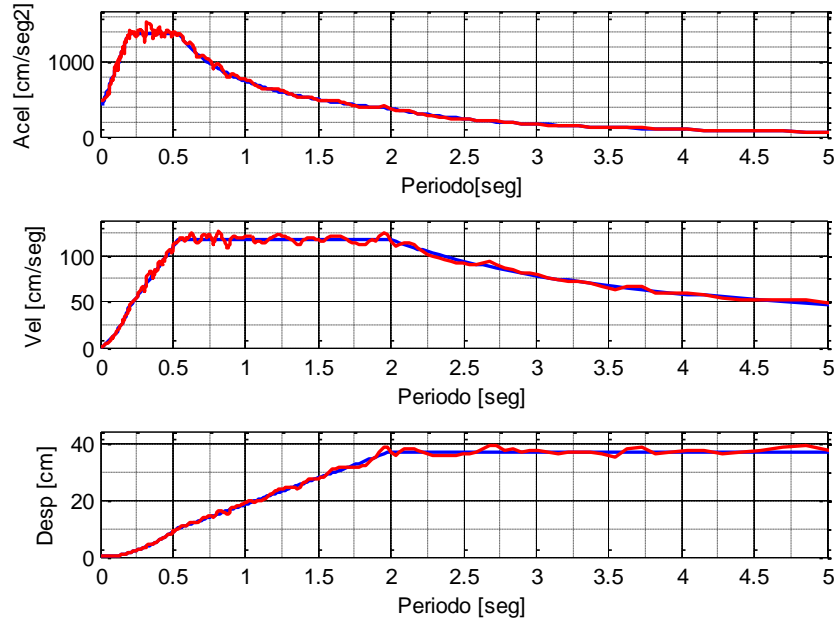


Figura XII.1.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]

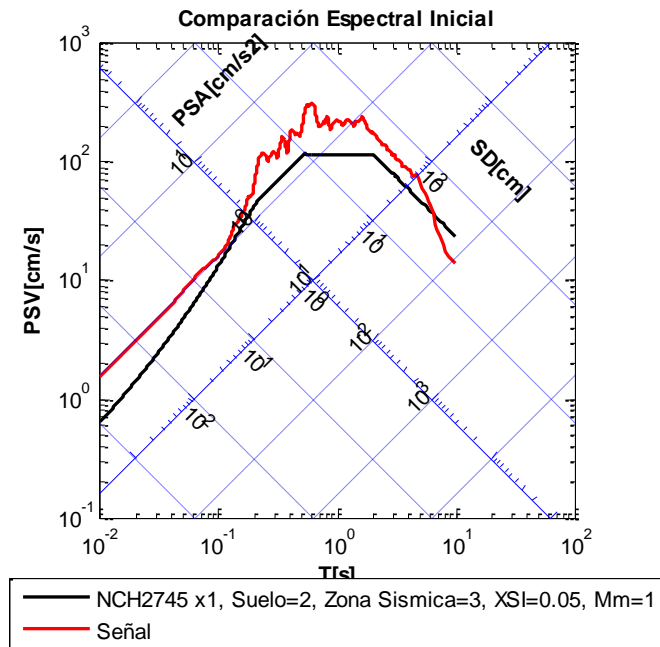


Figura XII.1.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

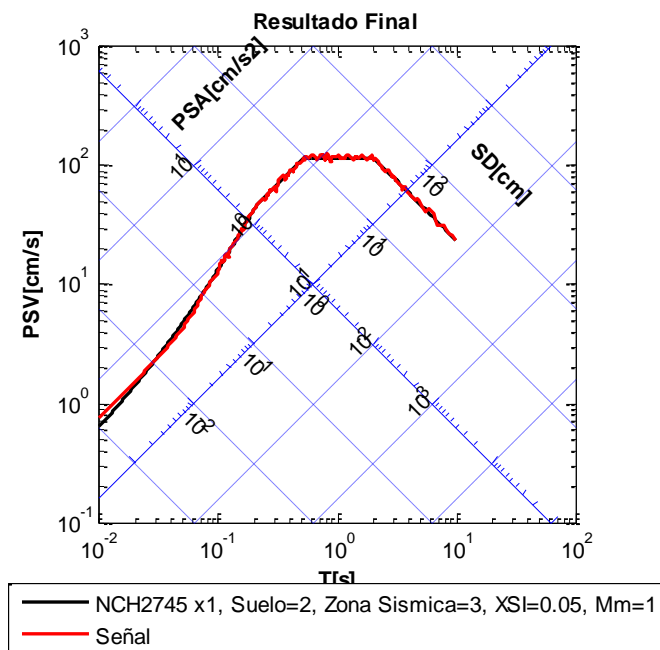


Figura XII.1.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

XII.2 Constitución DLE Y

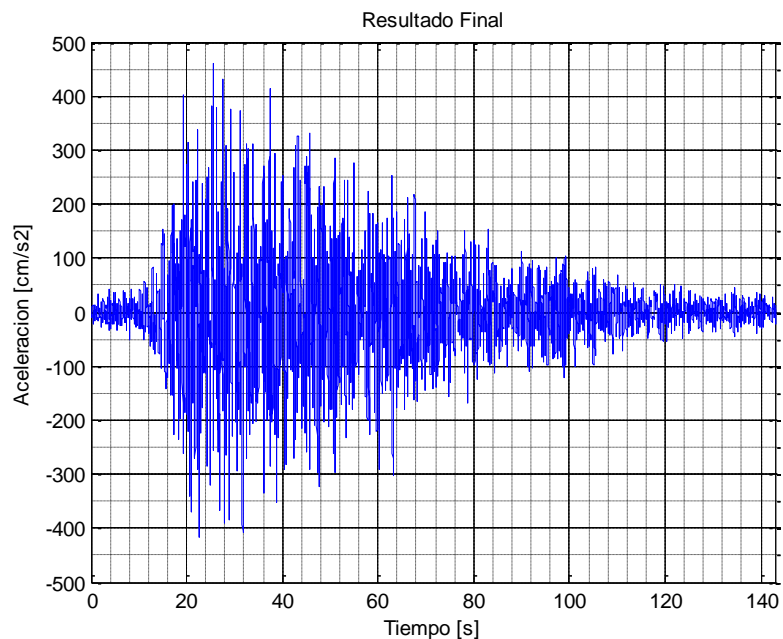


Figura XII.2.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]

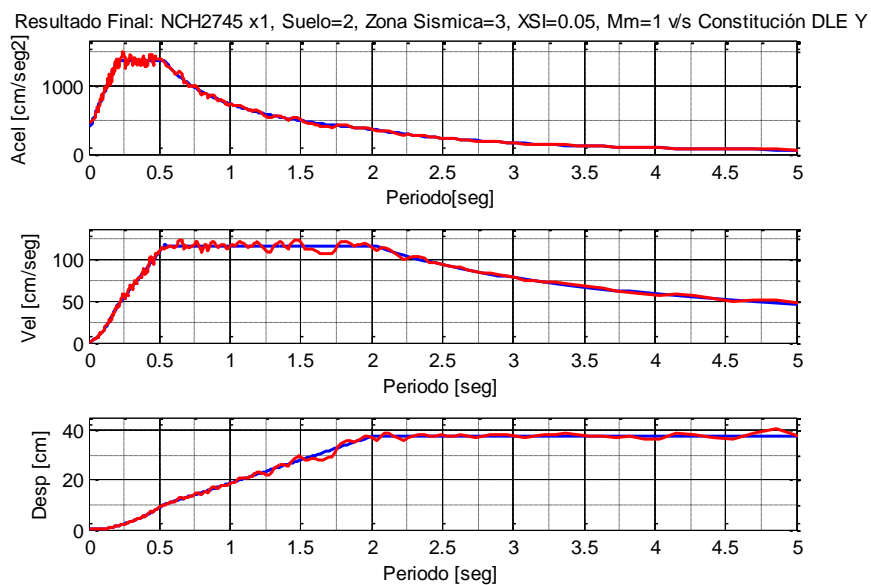


Figura XII.2.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]

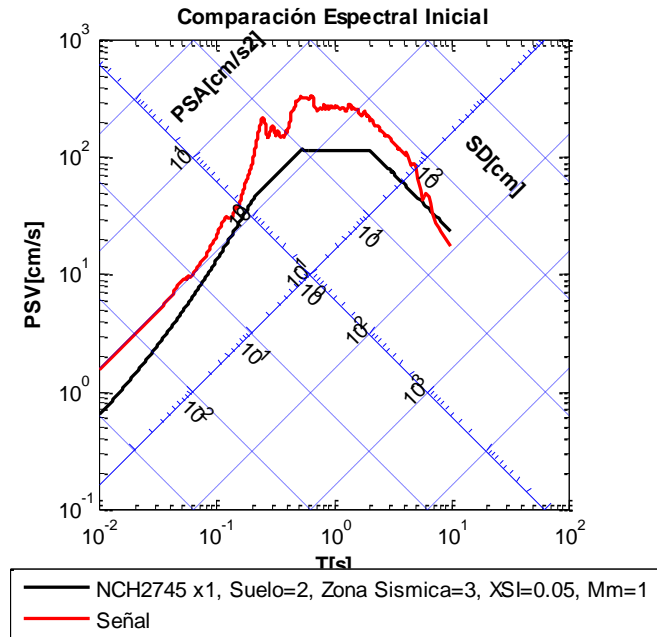


Figura XII.2.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

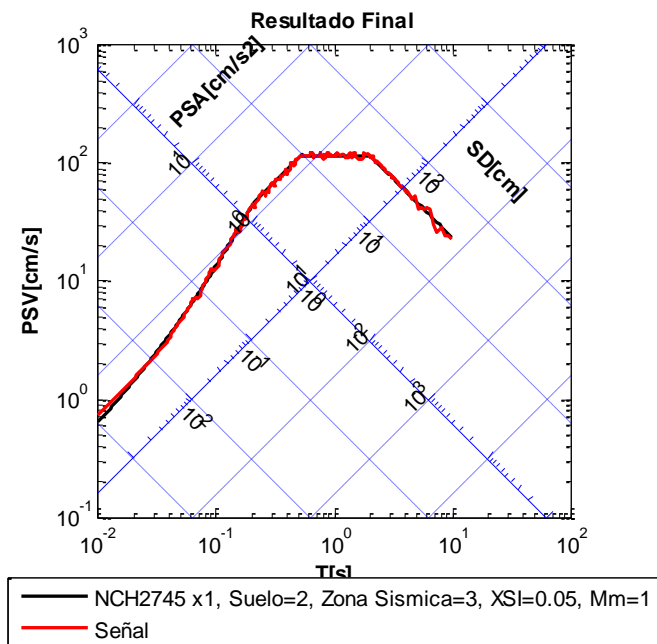


Figura XII.2.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

XII.3 Constitución OLE X

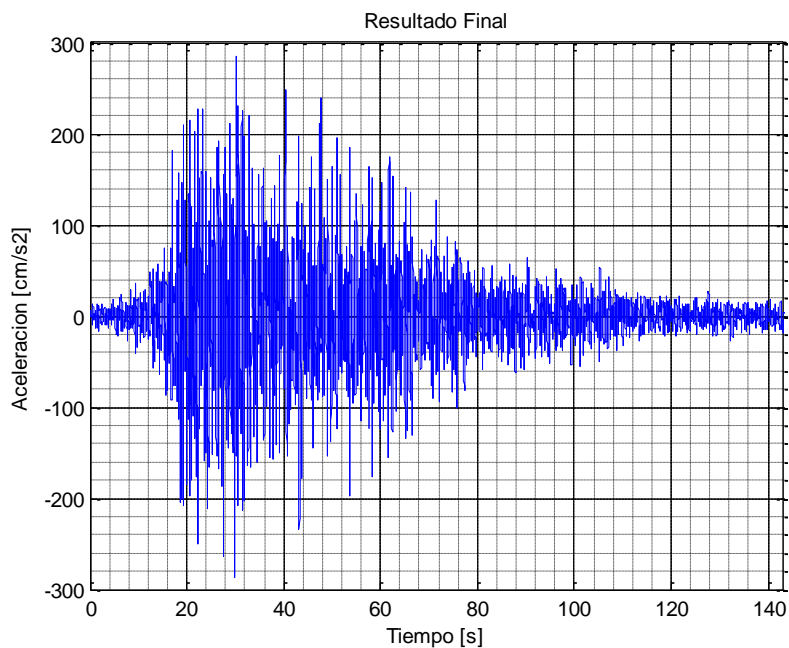


Figura XII.3.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]

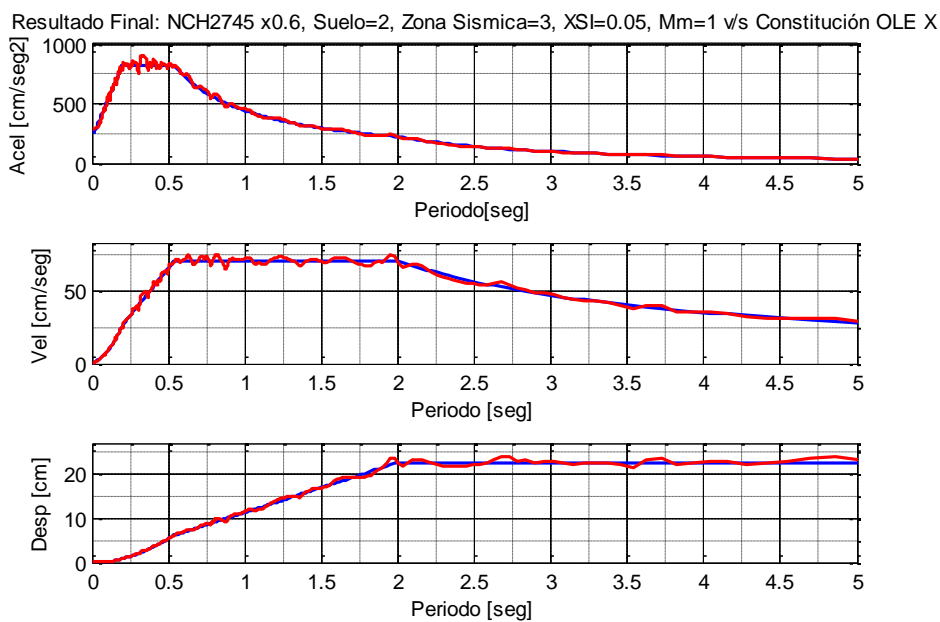


Figura XII.3.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]

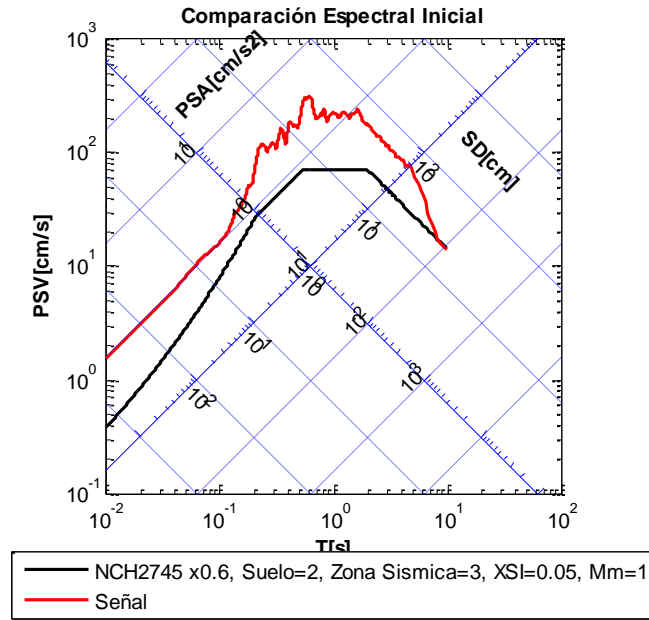


Figura XII.3.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

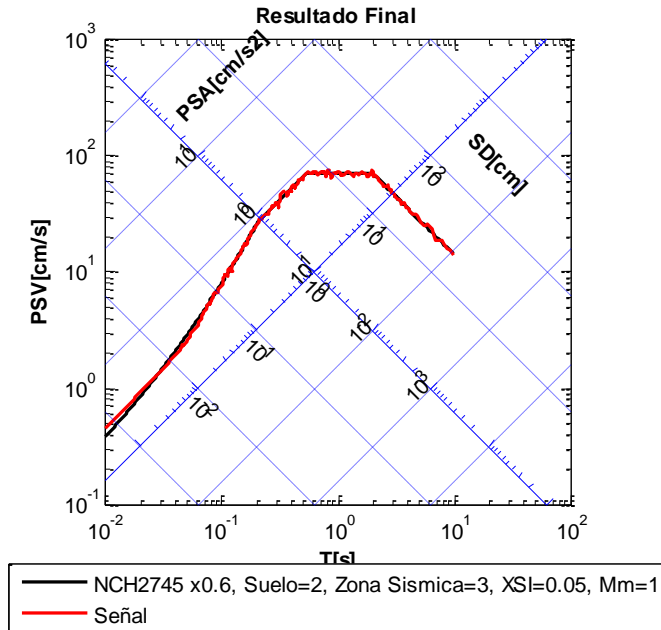


Figura XII.3.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

XII.4 Constitución OLE Y

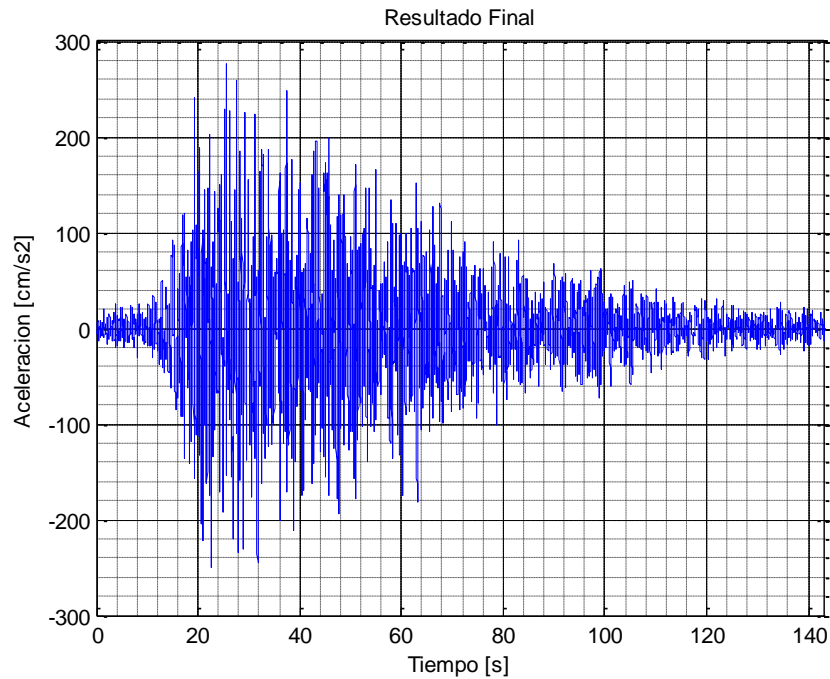


Figura XII.4.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]

Resultado Final: NCH2745 x0.6, Suelo=2, Zona Sismica=3, XSI=0.05, Mm=1 v/s Constitución OLE Y

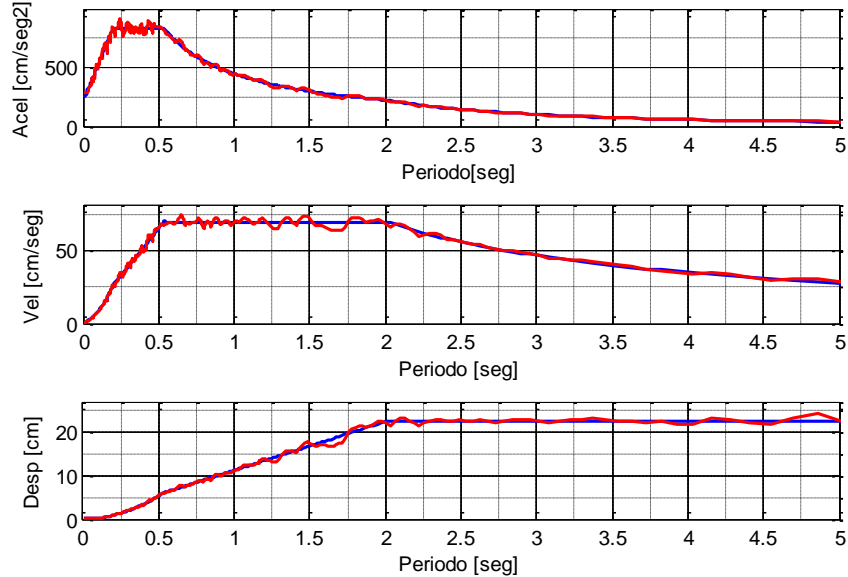


Figura XII.4.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]

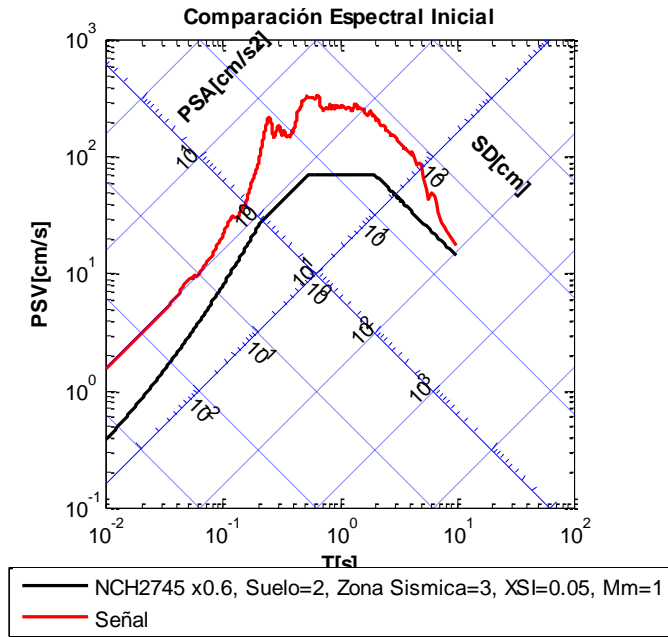


Figura XII.4.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

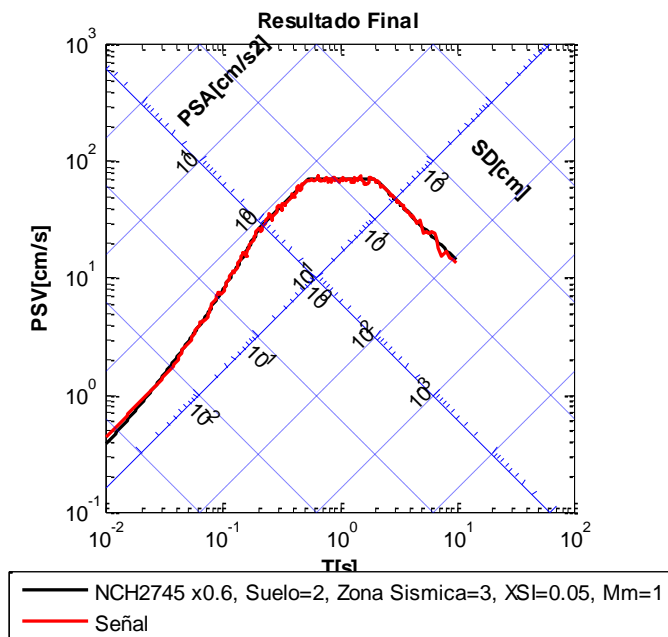


Figura XII.4.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

XII.5 Constitución MCE X

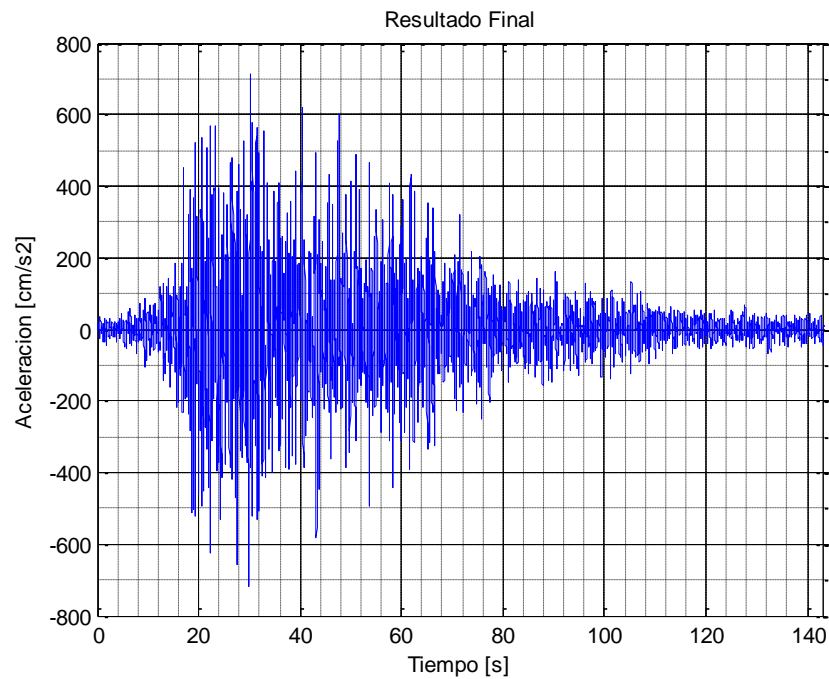


Figura XII.5.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]

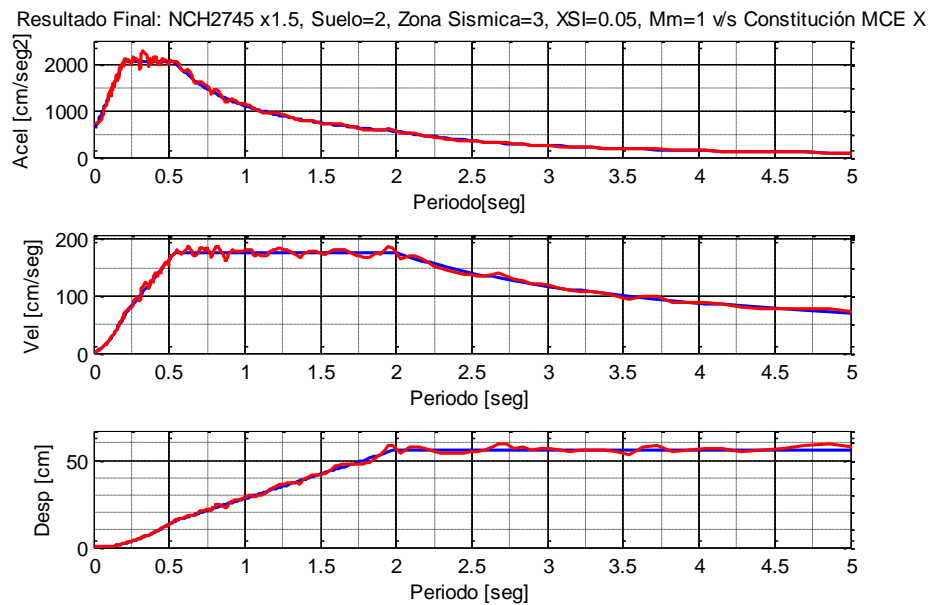


Figura XII.5.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]

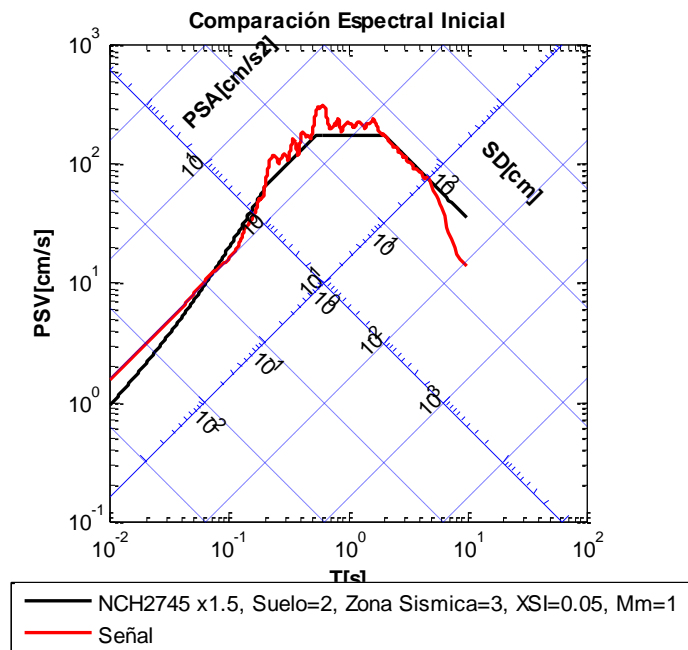


Figura XII.5.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

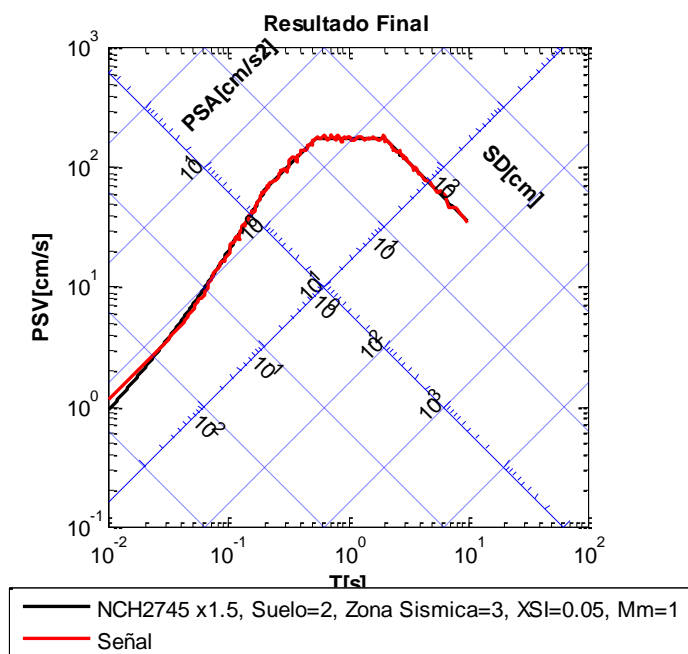


Figura XII.5.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

XII.6 Constitución MCE Y

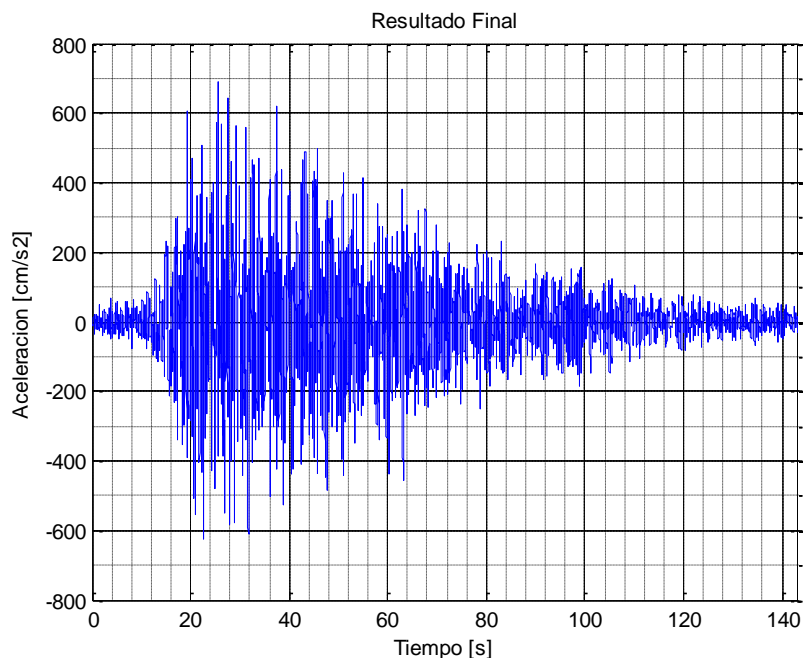


Figura XII.6.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]

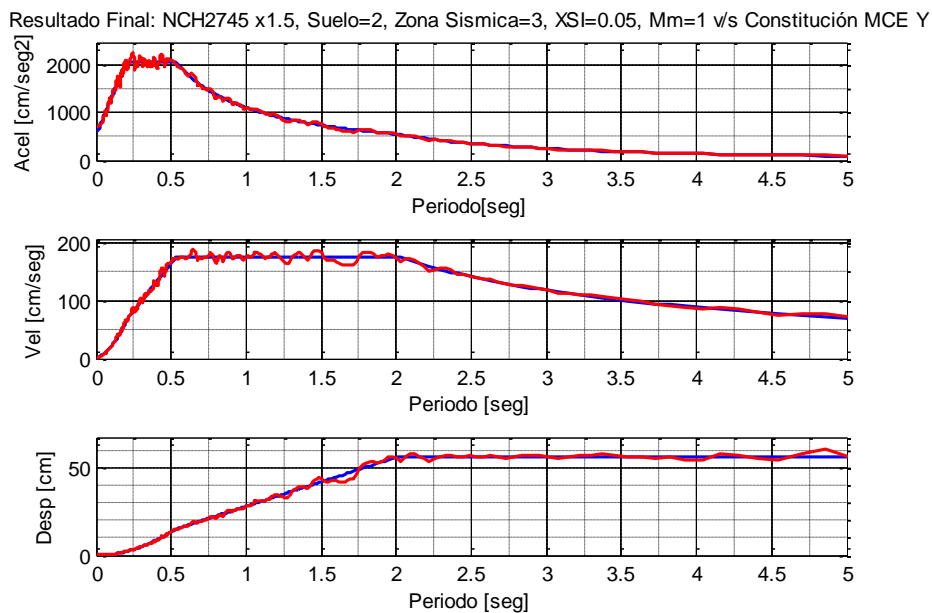


Figura XII.6.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]

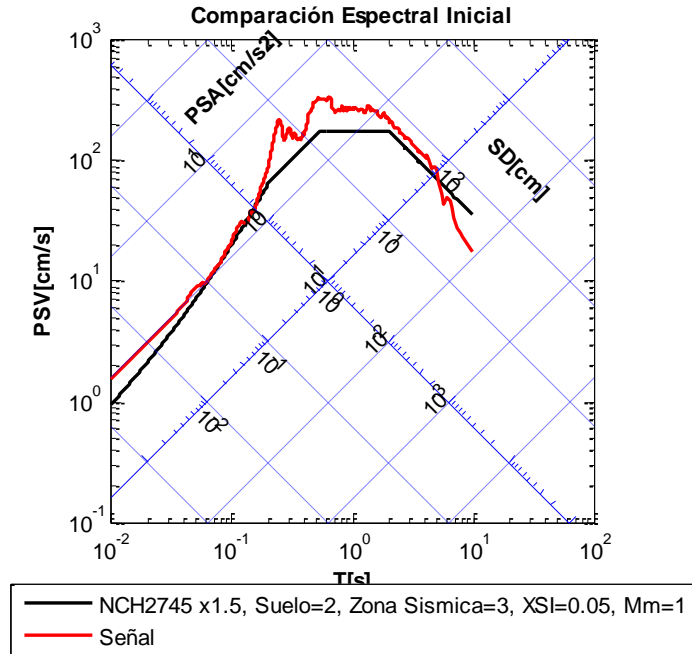


Figura XII.6.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

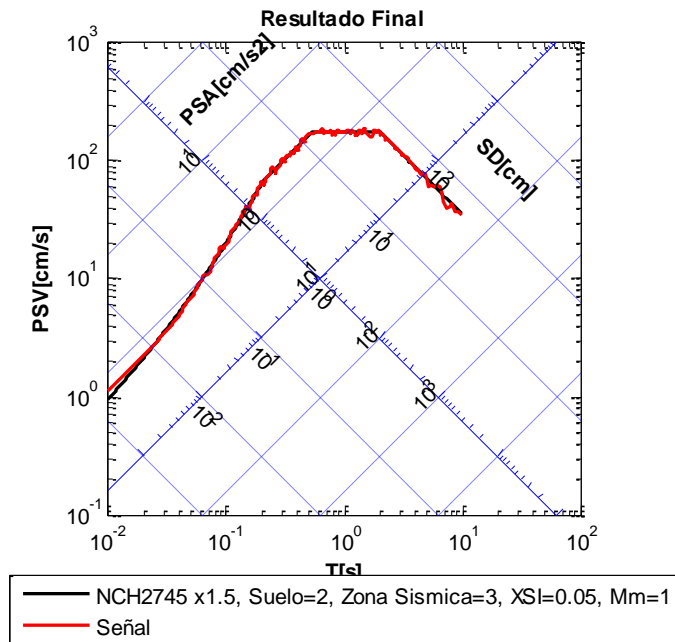


Figura XII.6.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

XII.7 Lollole DLE X

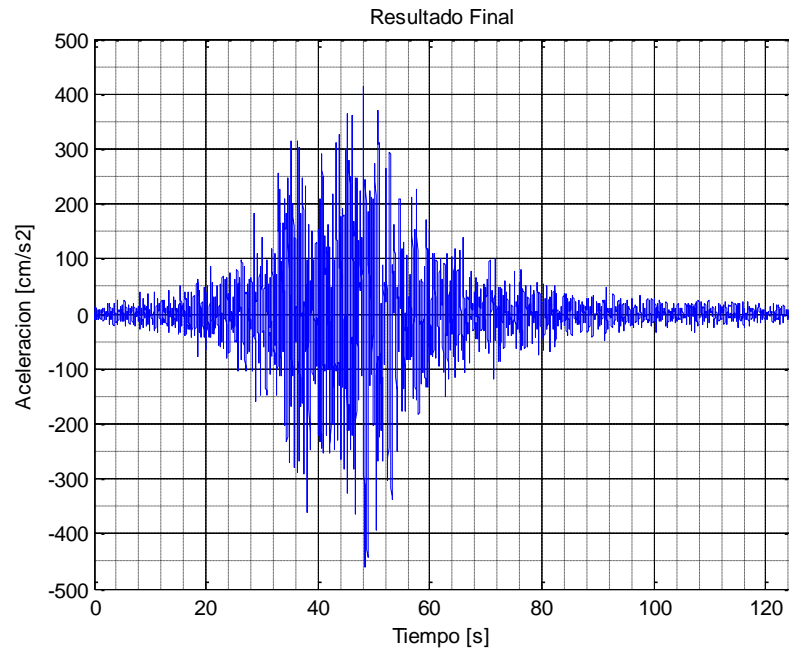


Figura XII.7.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]

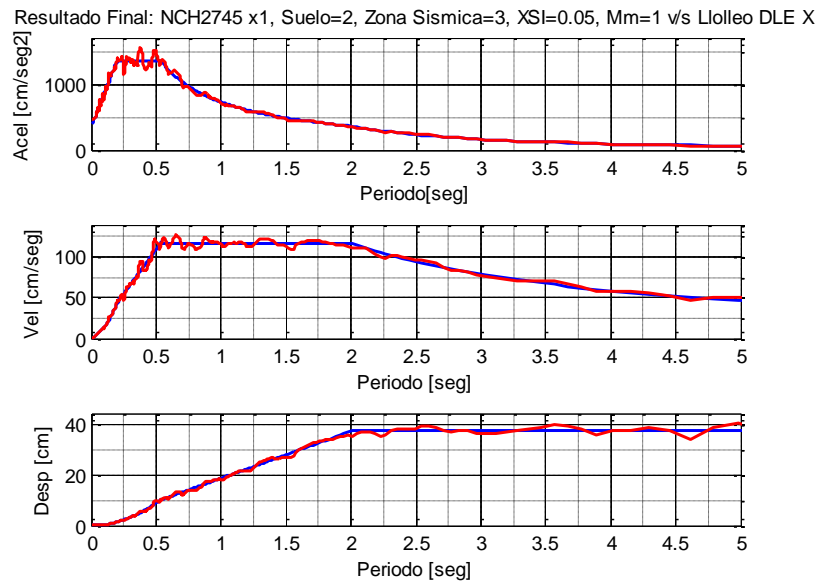


Figura XII.7.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]

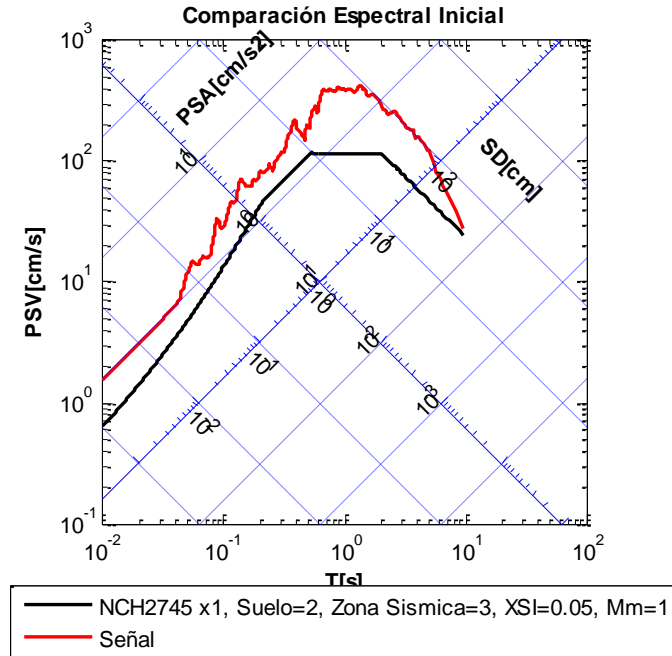


Figura XII.7.c Comparación espectral triglogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

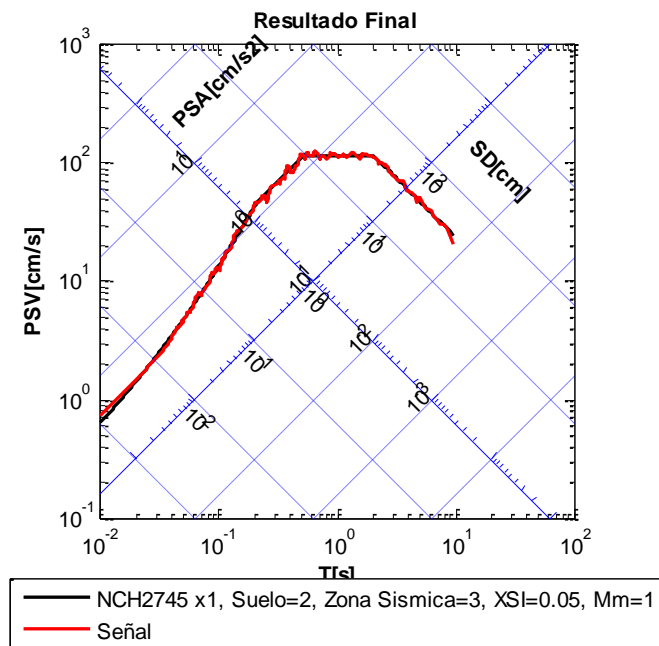


Figura XII.7.d Comparación espectral triglogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

XII.8 Llolleo DLE Y

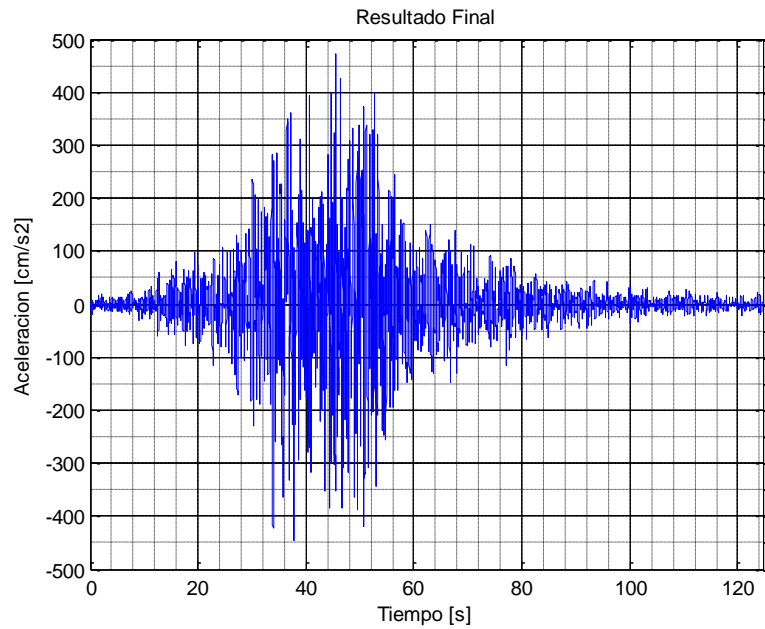


Figura XII.8.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]

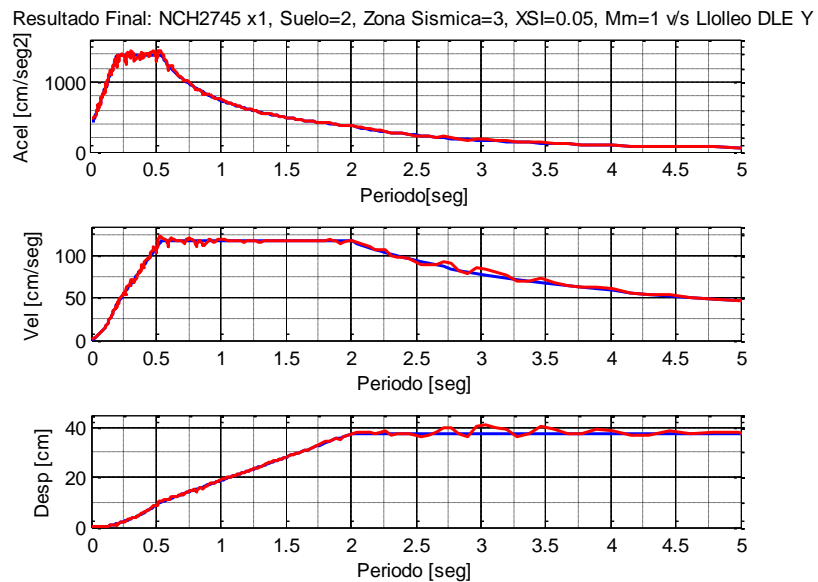


Figura XII.8.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]

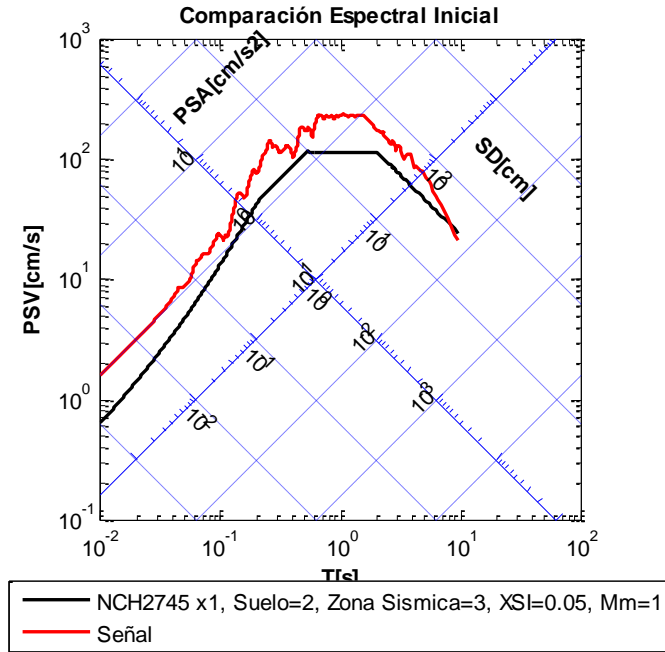


Figura XII.8.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

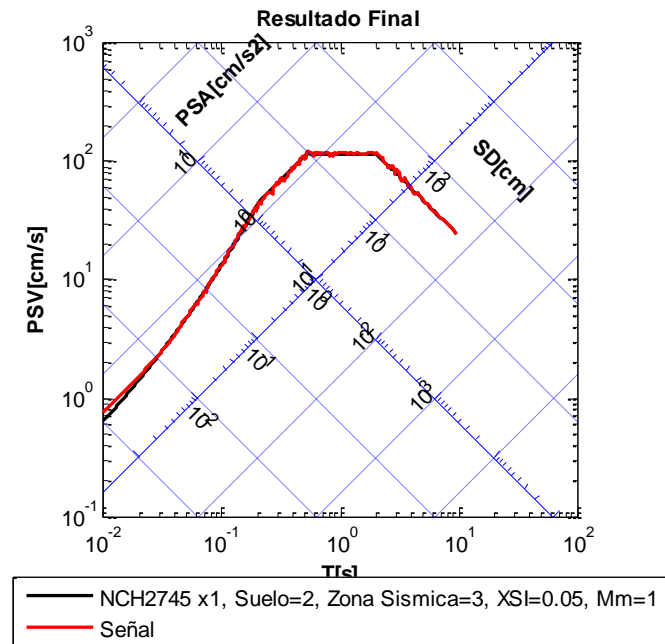


Figura XII.8.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

XII.9 Llolleo OLE X

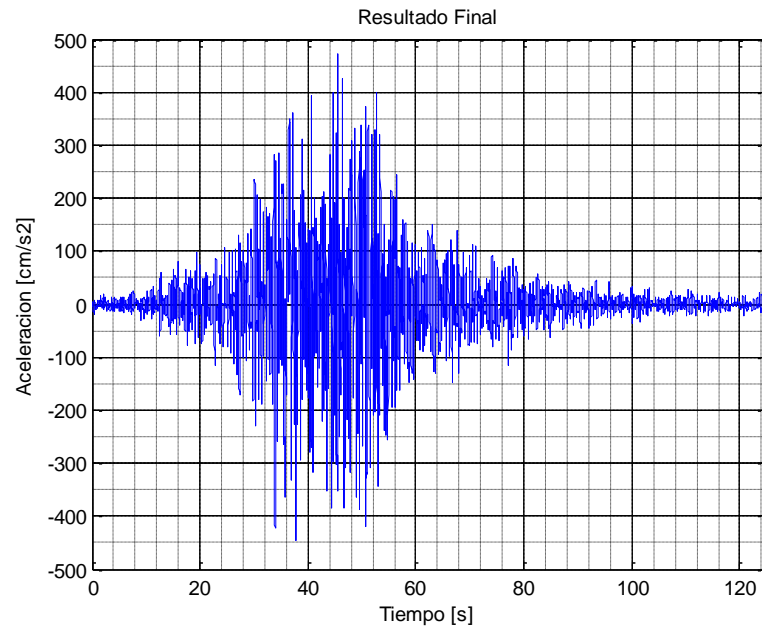


Figura XII.9.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]

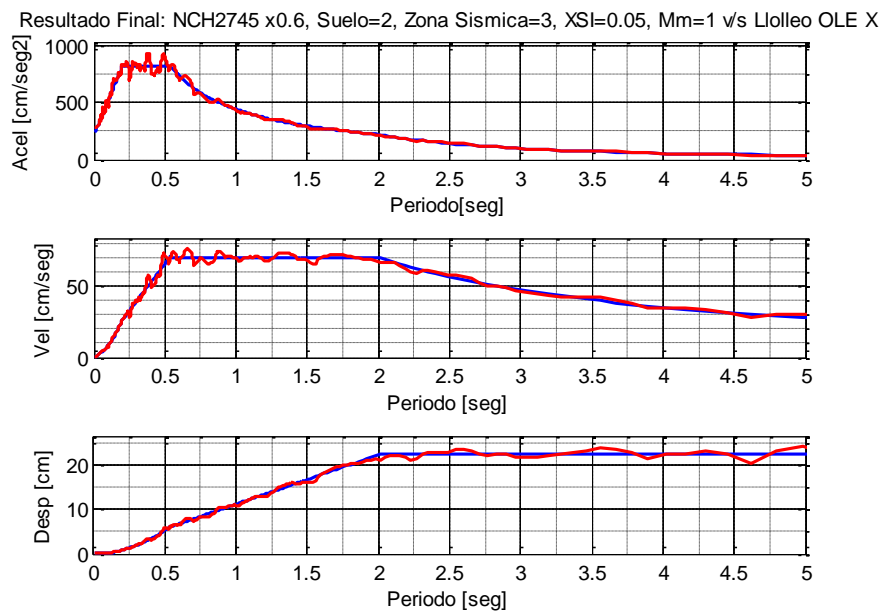


Figura XII.9.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]

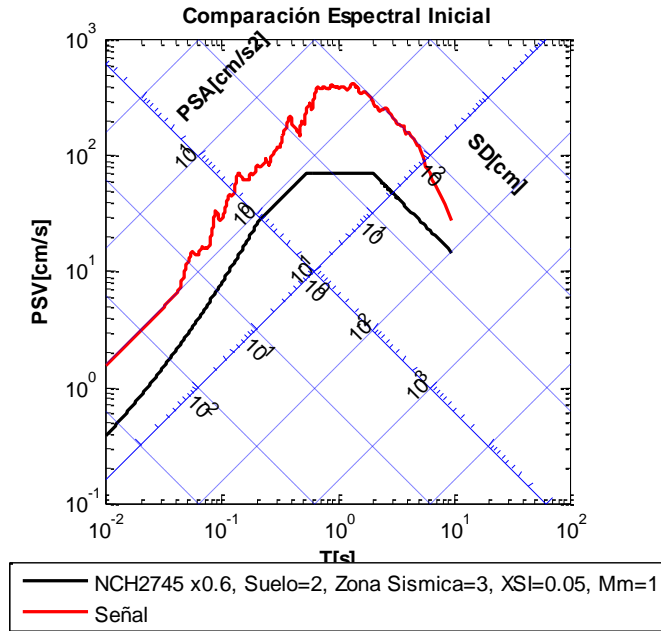


Figura XII.9.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

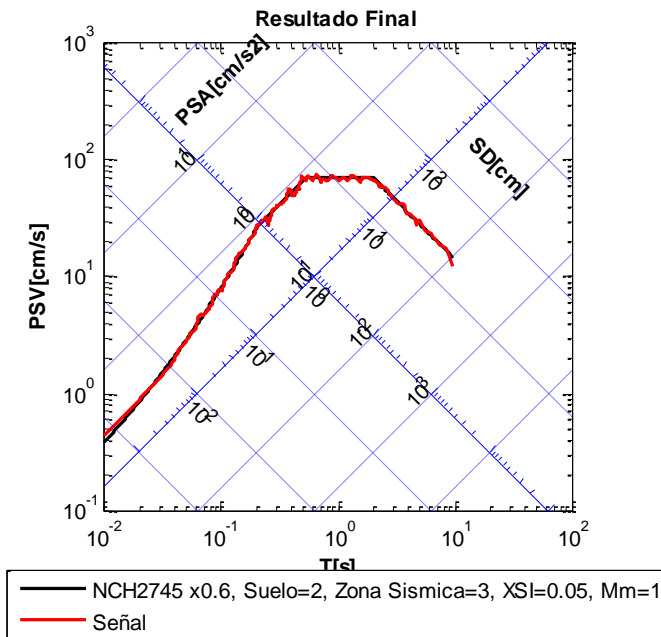


Figura XII.9.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

XII.10 Llolleo OLE Y

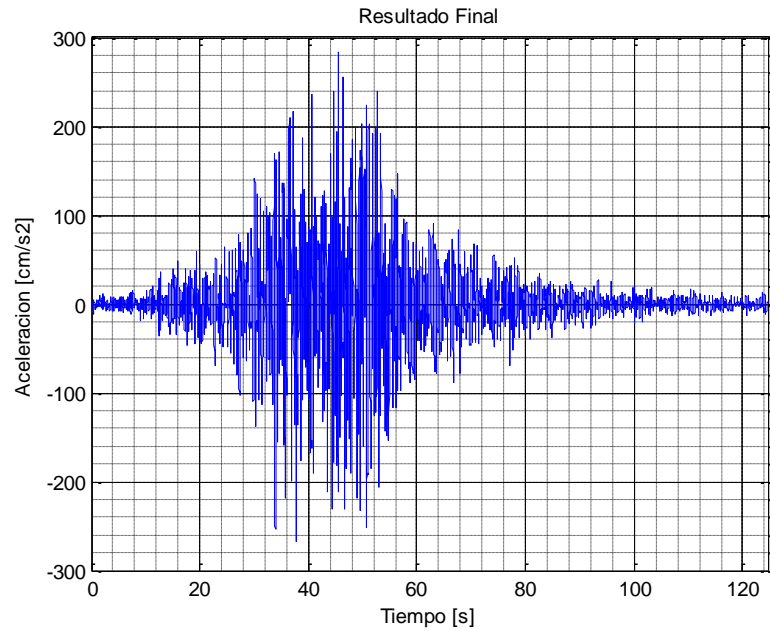


Figura XII.10.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]

Resultado Final: NCH2745 x0.6, Suelo=2, Zona Sismica=3, XSI=0.05, Mm=1 v/s Llolleo OLE Y

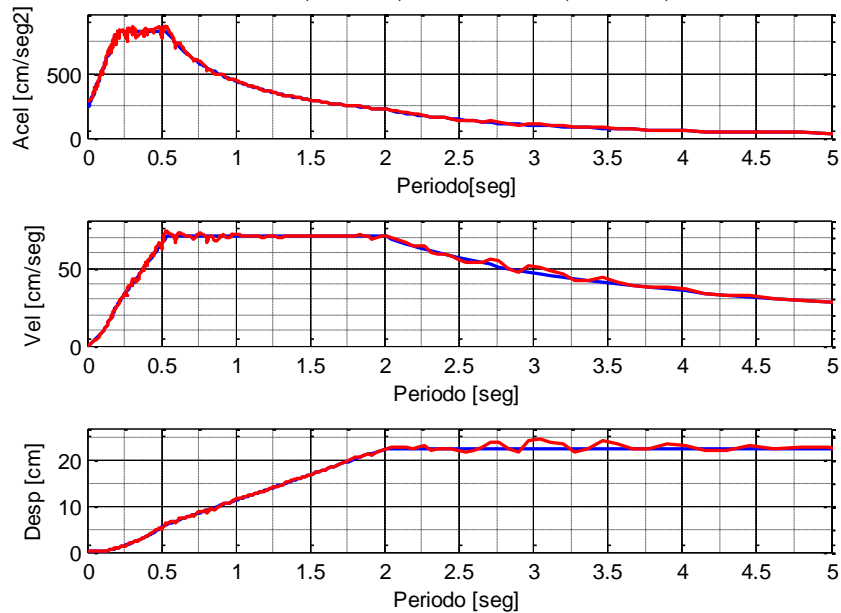


Figura XII.10.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]

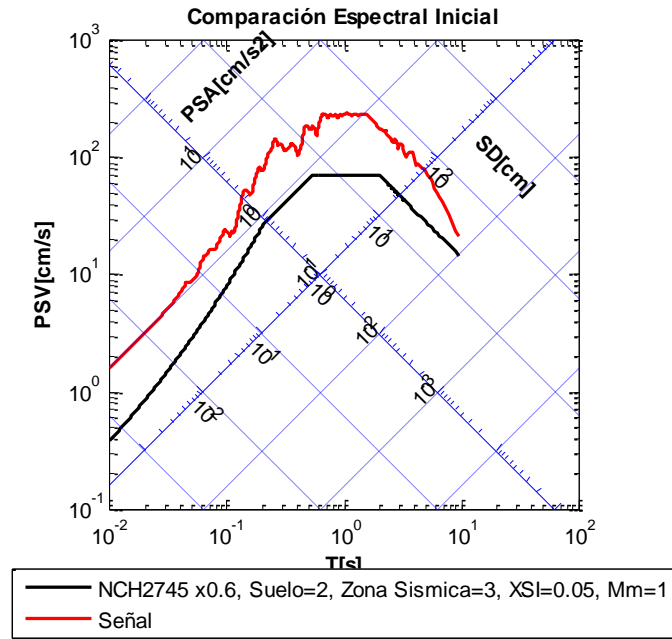


Figura XII.10.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

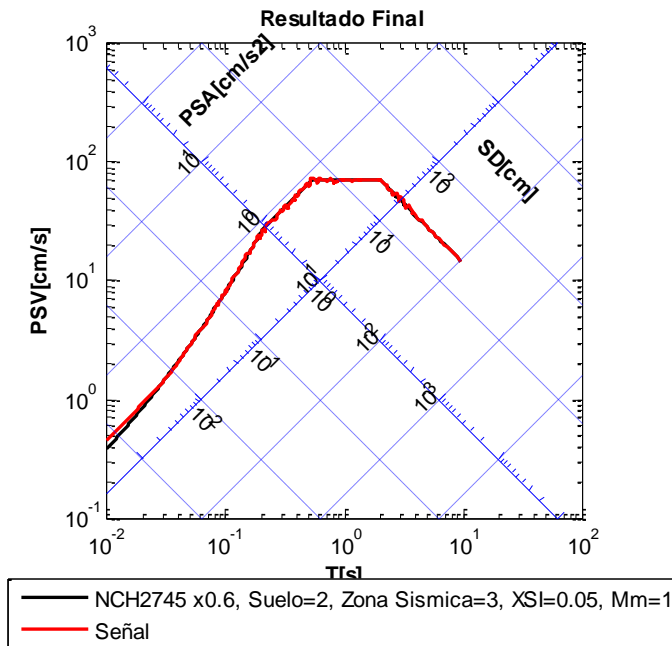


Figura XII.10.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

XII.11 Lollole MCE X

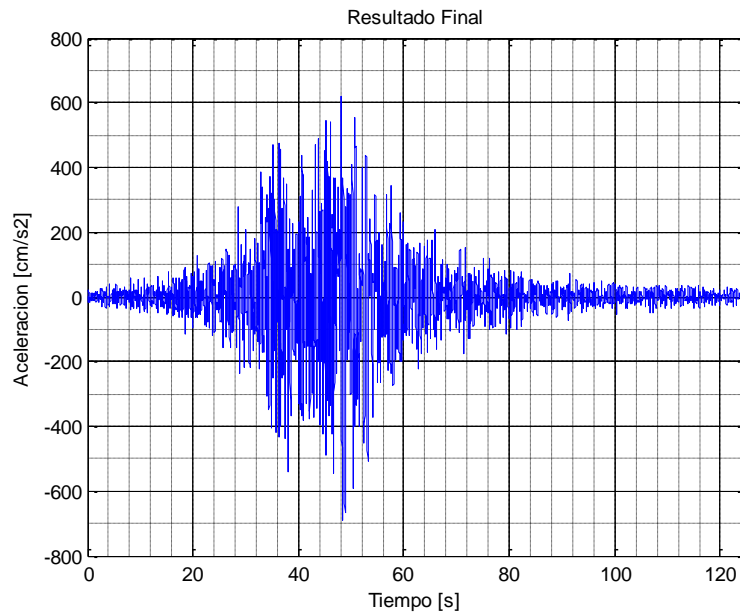


Figura XII.11.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]

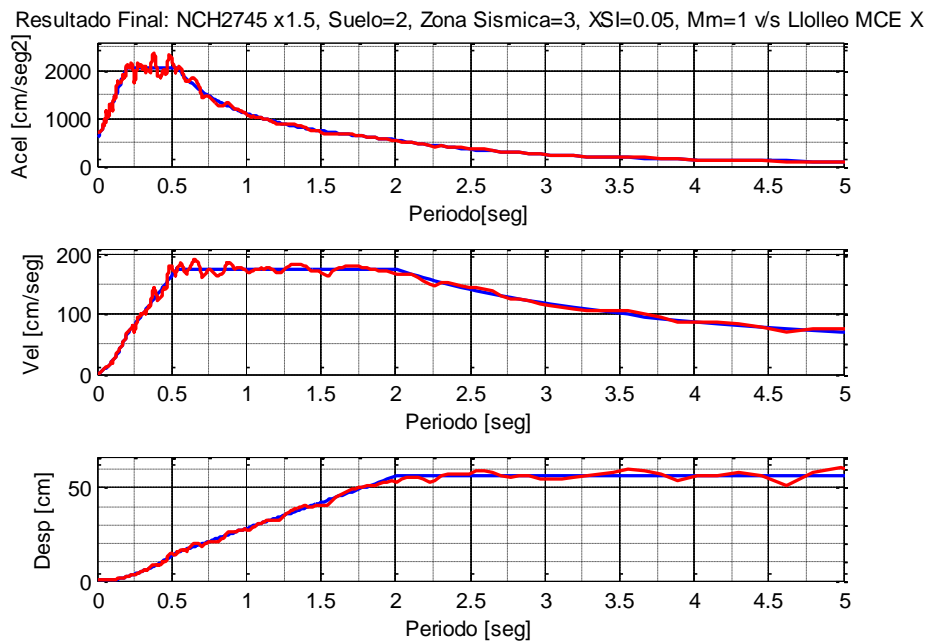


Figura XII.11.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]

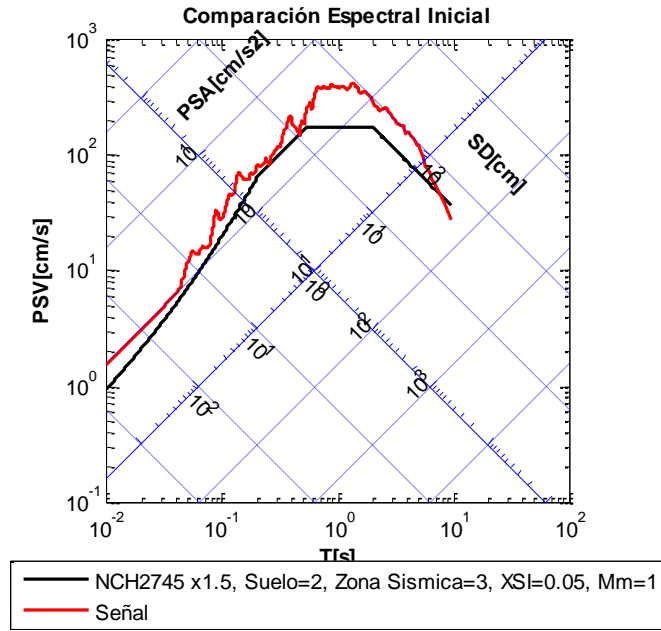


Figura XII.11.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

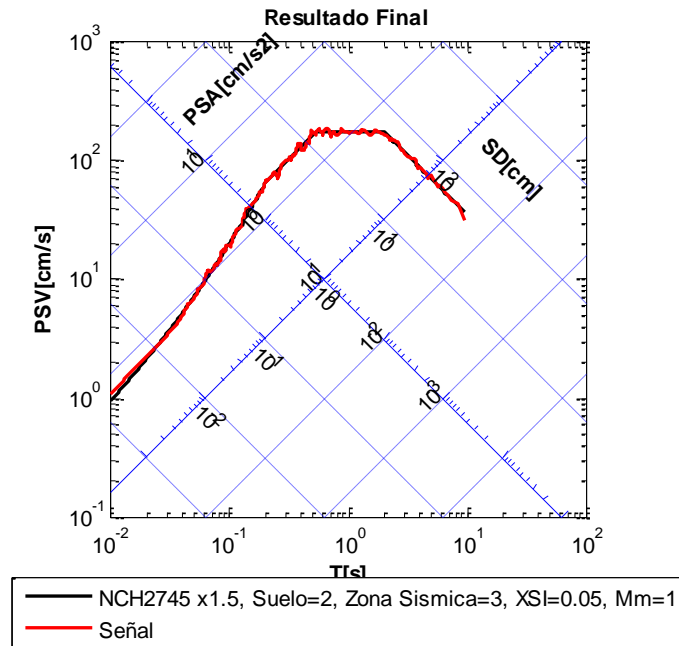


Figura XII.11.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

XII.12 Lloleo MCE Y

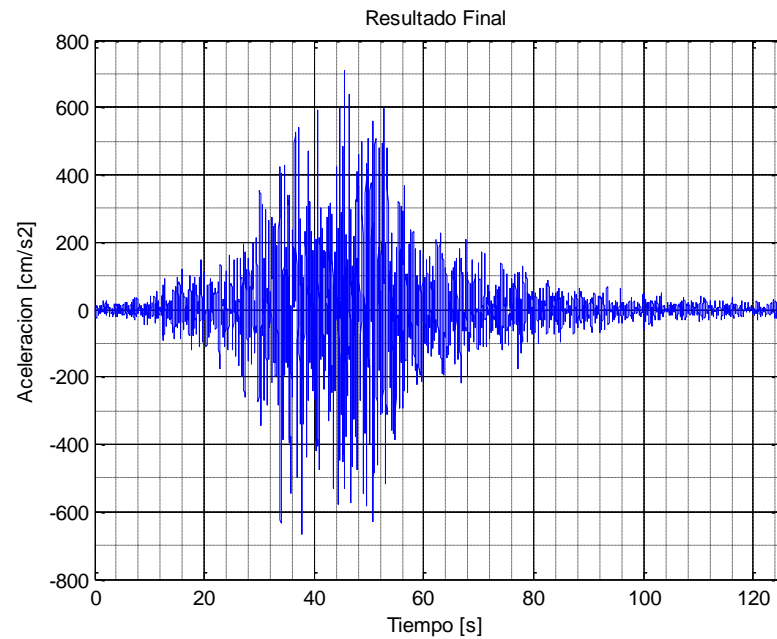


Figura XII.12.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]

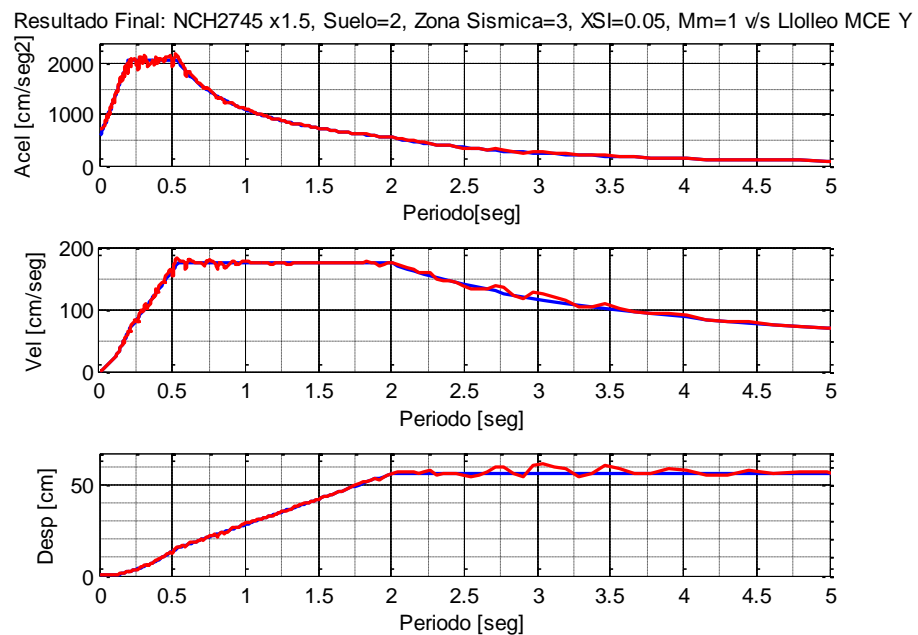


Figura XII.12.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]

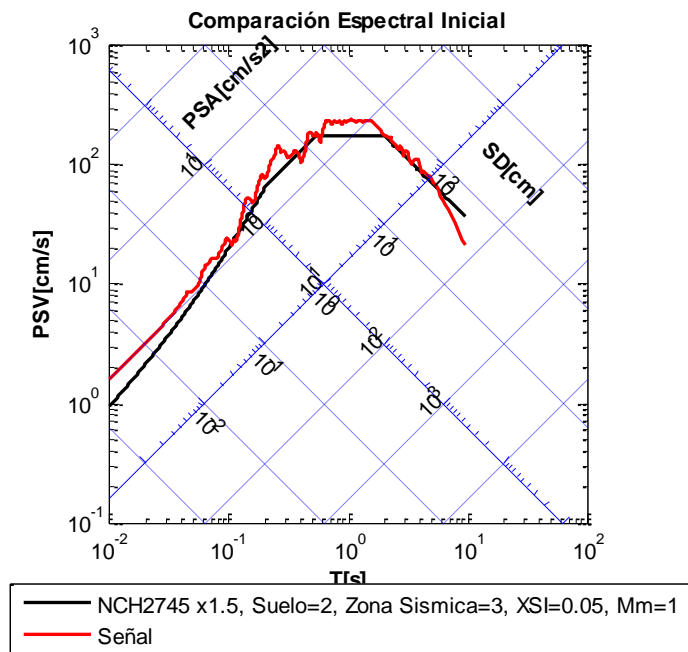


Figura XII.12.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

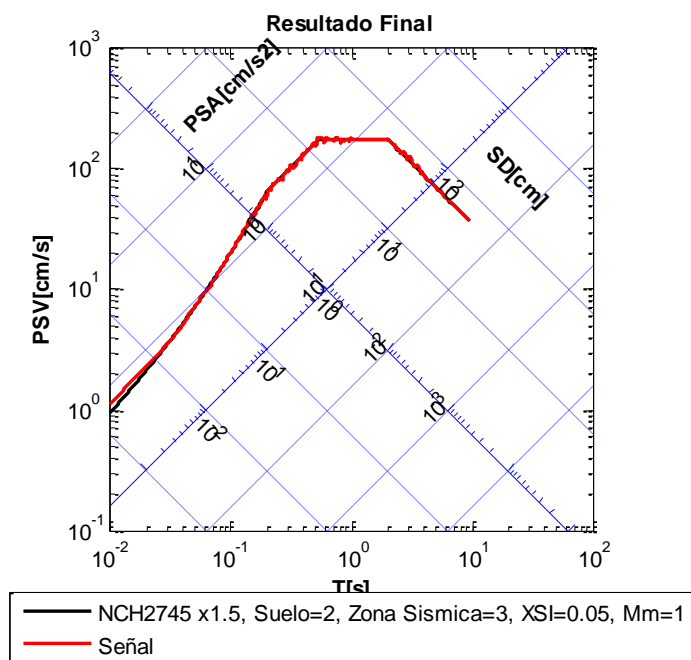


Figura XII.12.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

XII.13 Talca DLE X

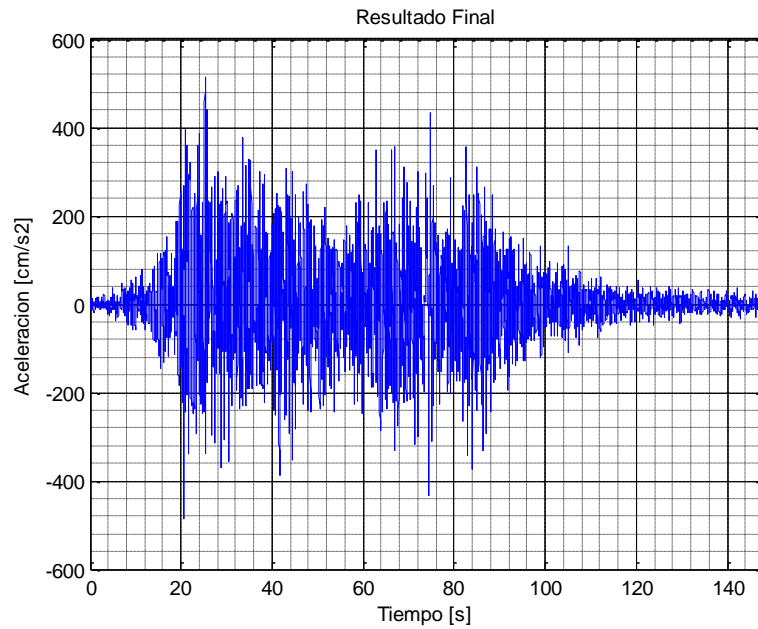


Figura XII.13.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]

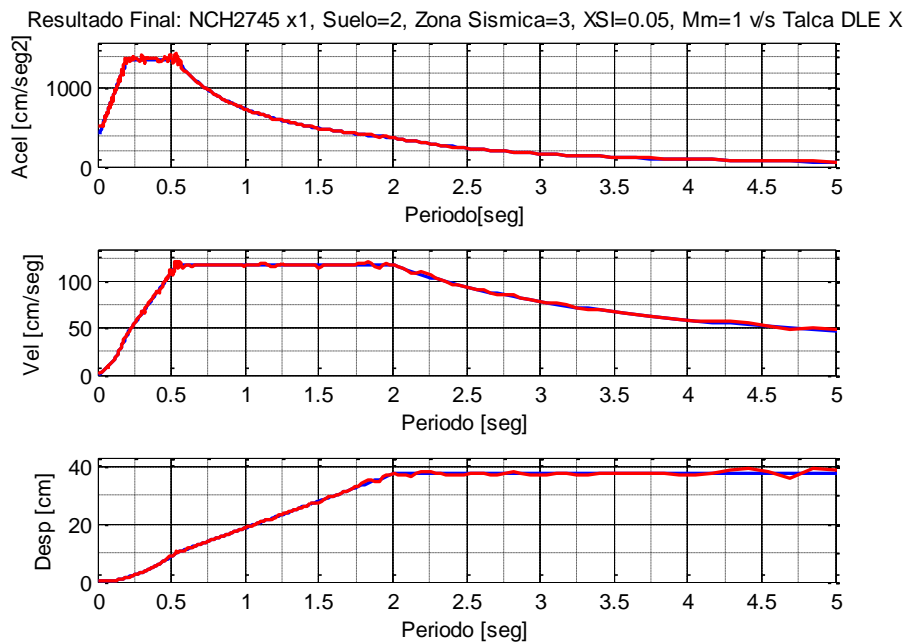


Figura XII.13.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]

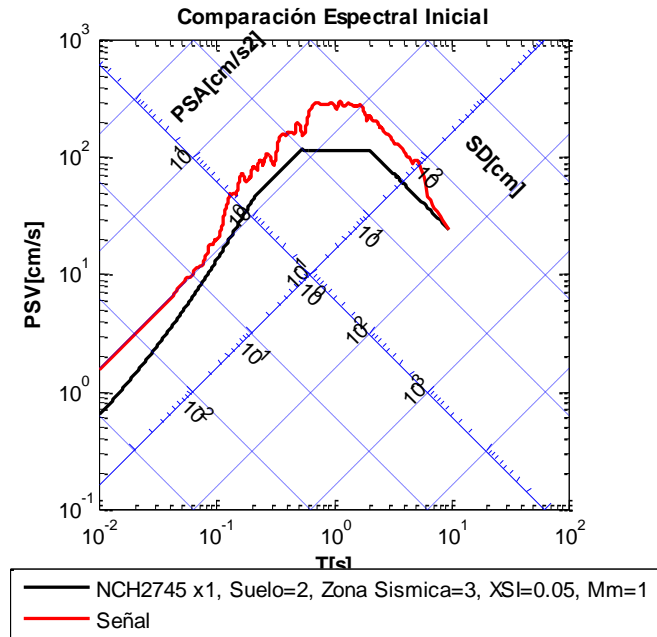


Figura XII.13.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

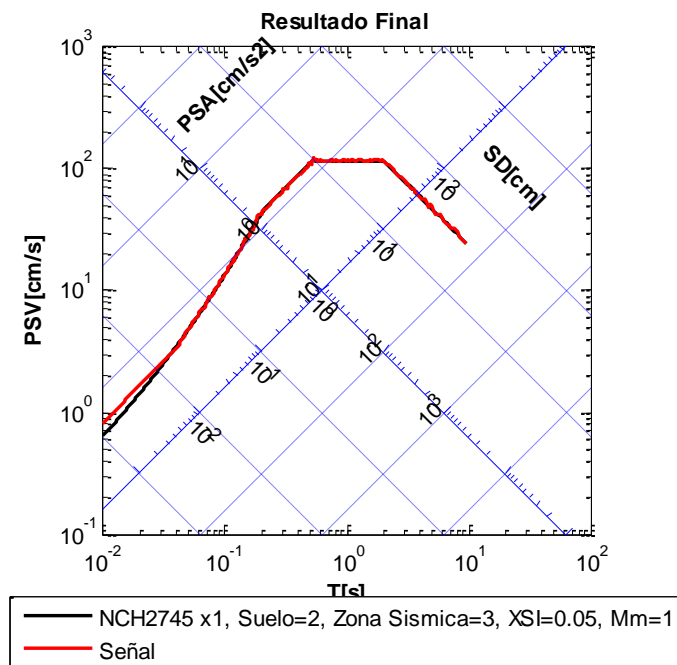


Figura XII.13.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

XII.14 Talca DLE Y

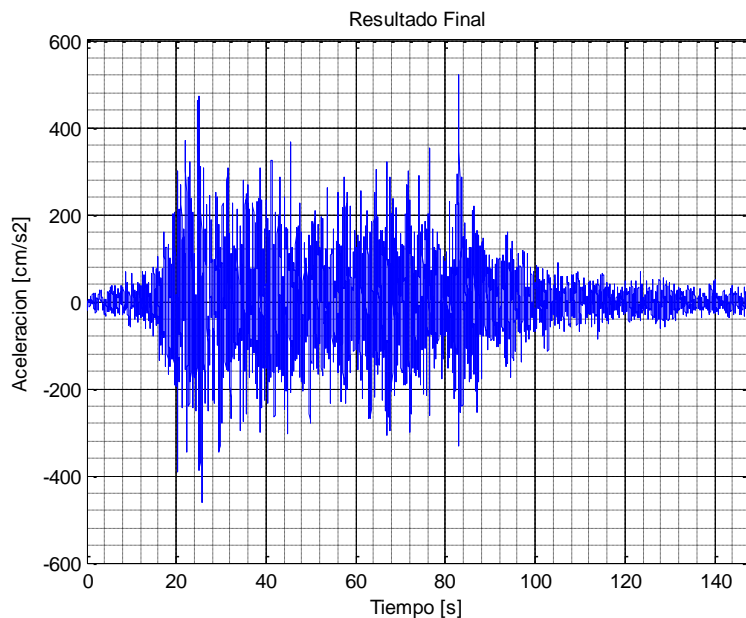


Figura XII.14.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]

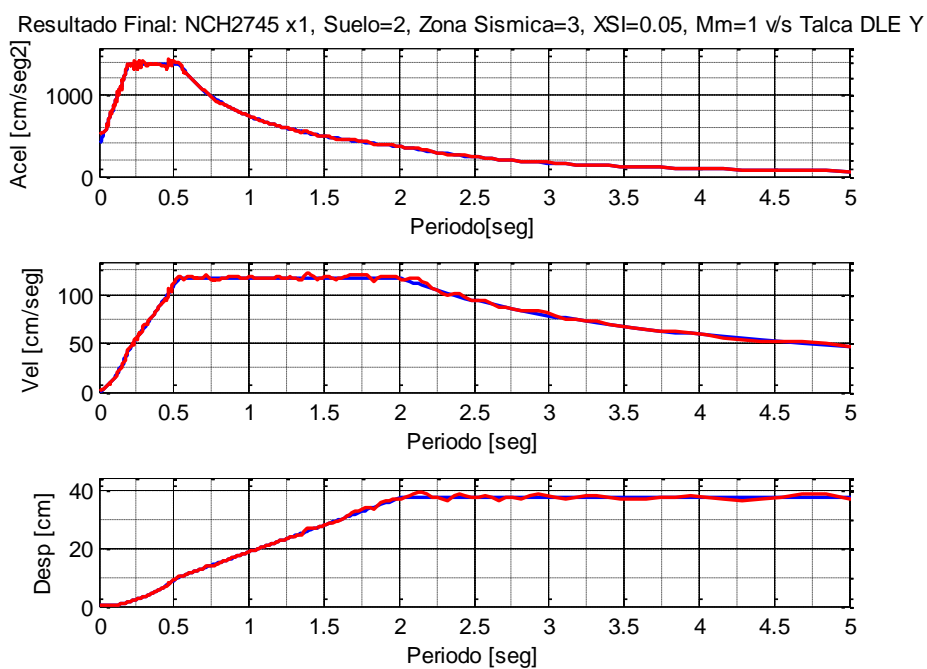


Figura XII.14.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]

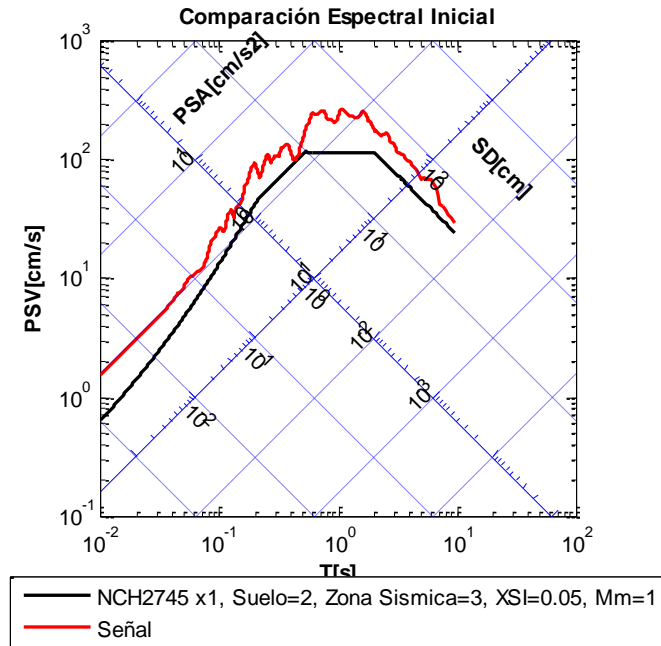


Figura XII.14.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

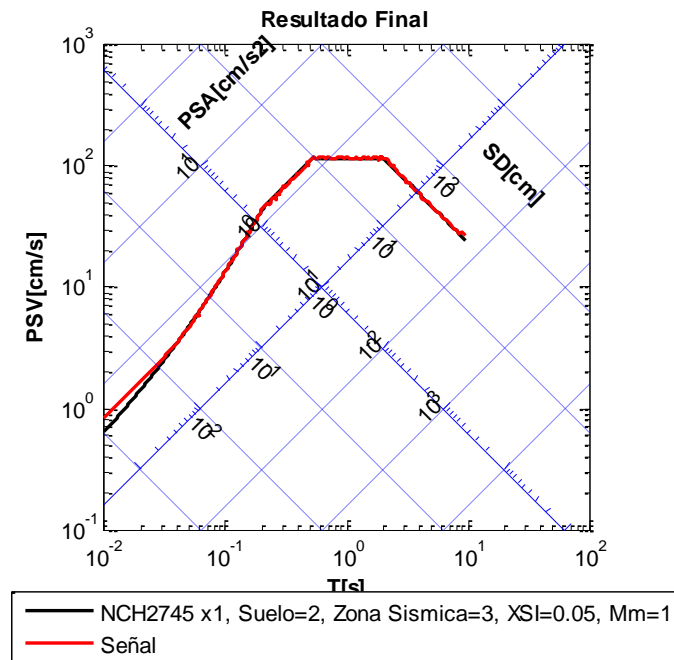


Figura XII.14.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

XII.15 Talca OLE X

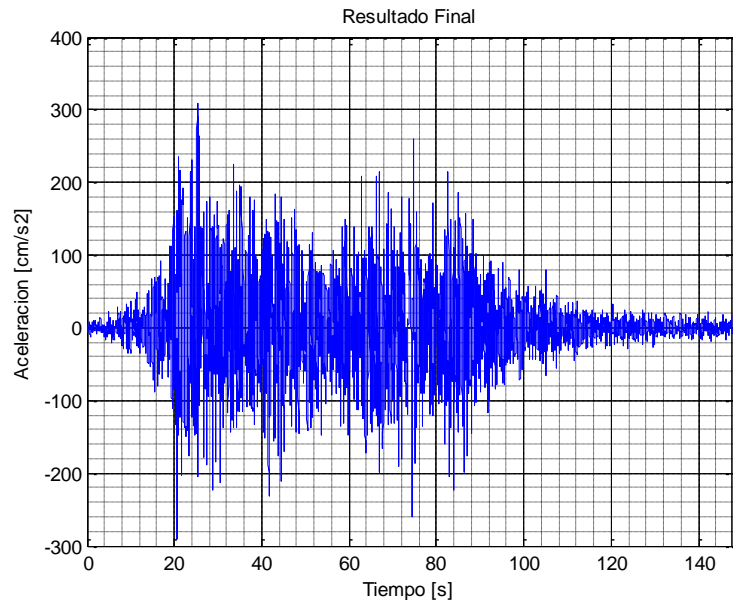


Figura XII.15.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]

Resultado Final: NCH2745 x0.6, Suelo=2, Zona Sismica=3, XSI=0.05, Mm=1 v/s Talca OLE X

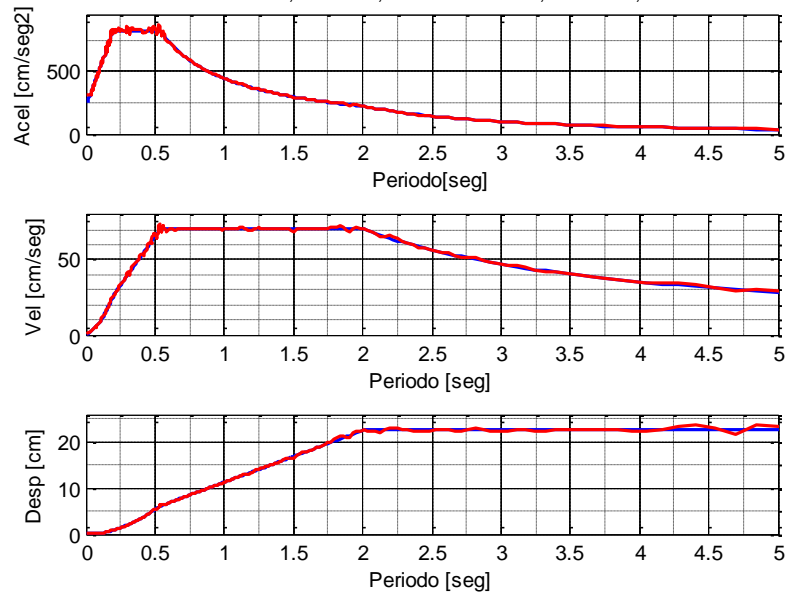


Figura XII.15.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]

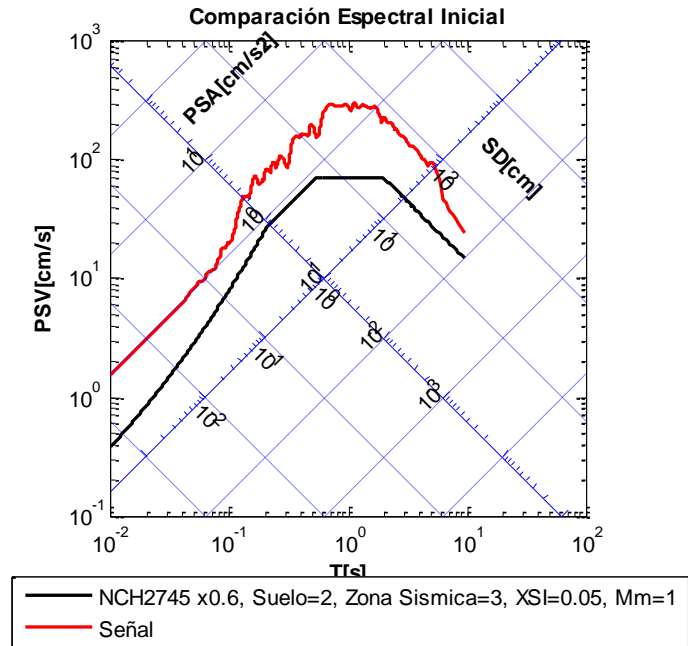


Figura XII.15.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

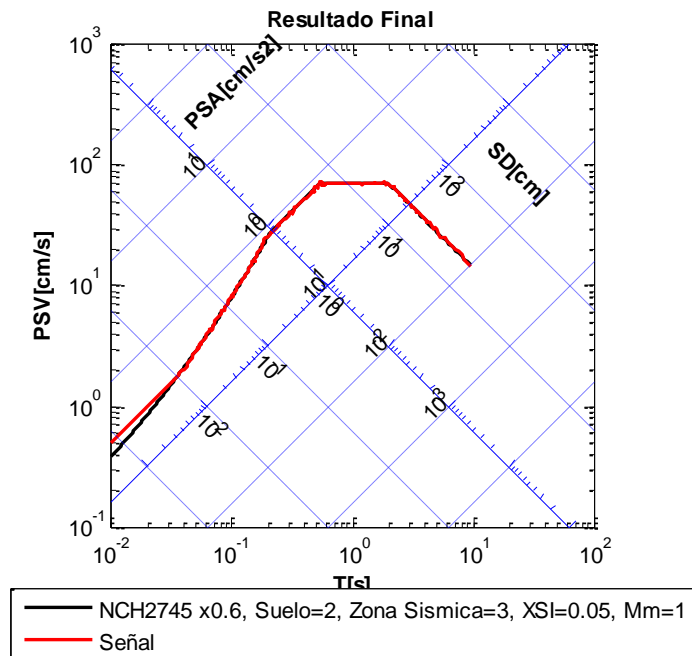


Figura XII.15.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

XII.16 Talca OLE Y

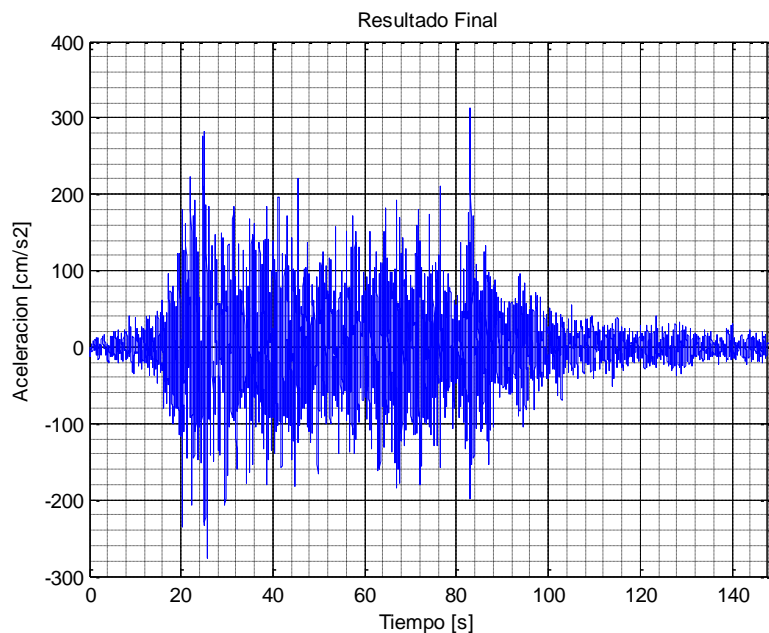


Figura XII.16.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]

Resultado Final: NCH2745 x0.6, Suelo=2, Zona Sismica=3, XSI=0.05, Mm=1 v/s Talca OLE Y

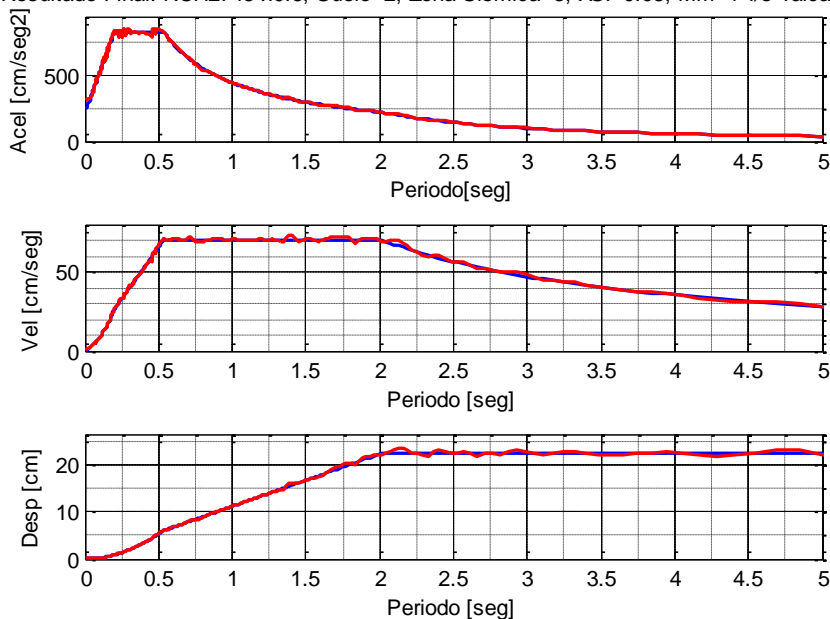


Figura XII.16.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]

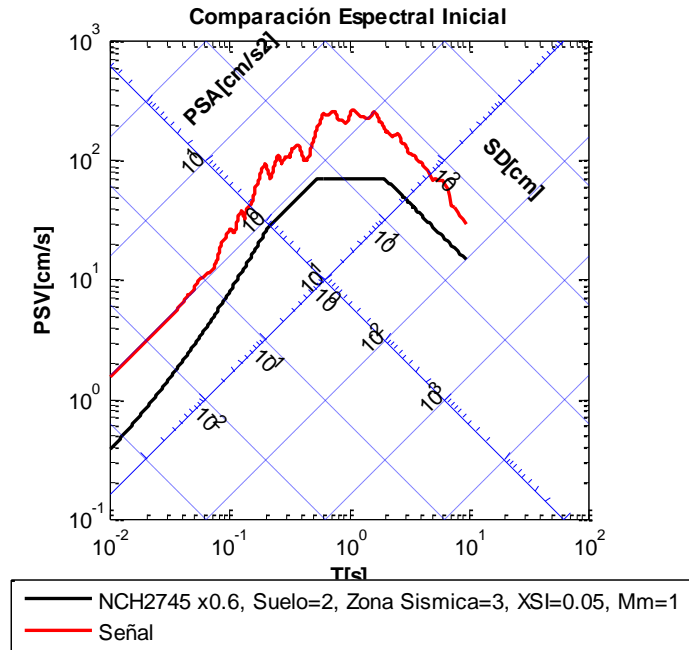


Figura XII.16.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

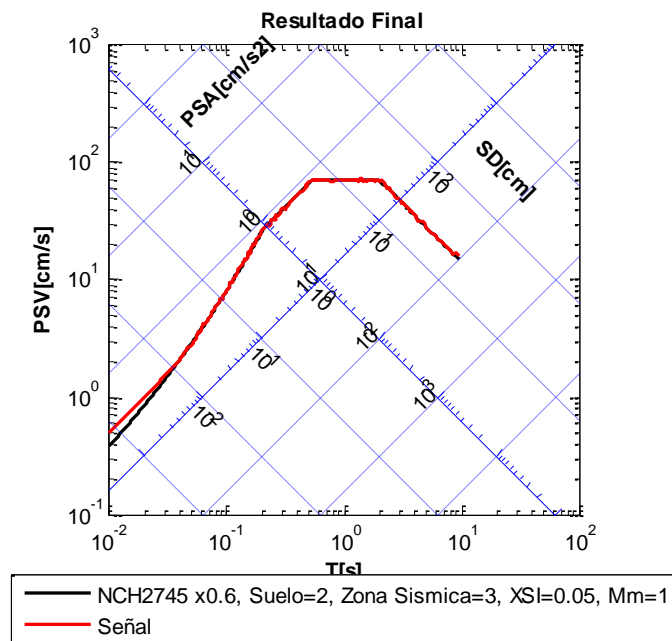


Figura XII.16.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

XII.17 Talca MCE X

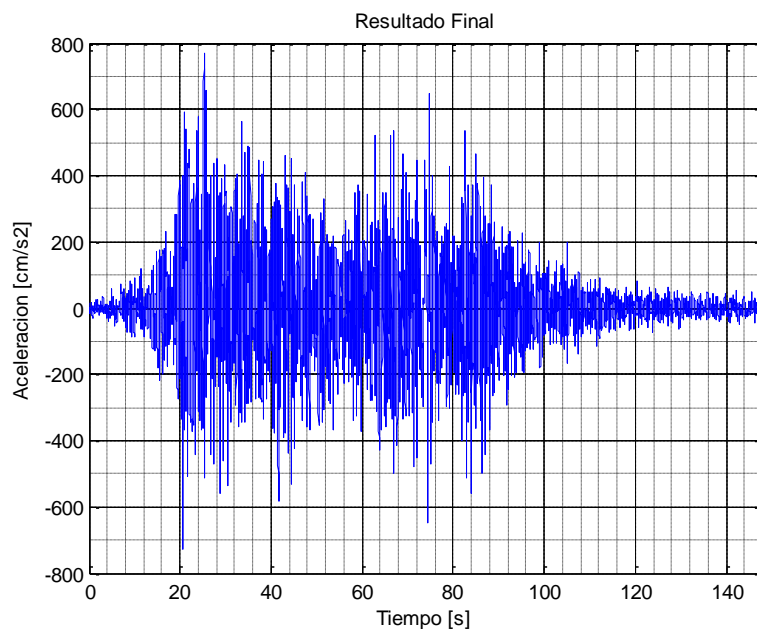


Figura XII.17.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]

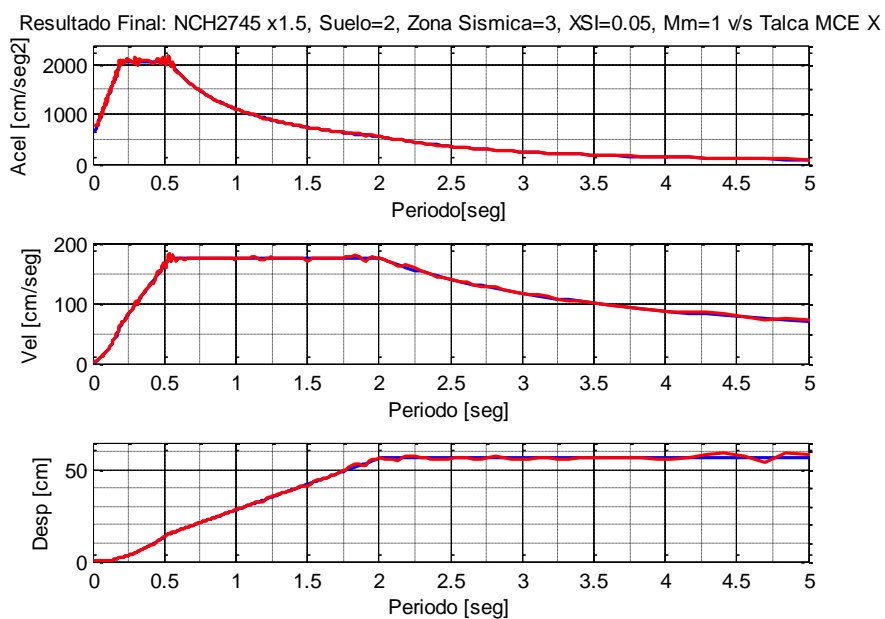


Figura XII.17.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]

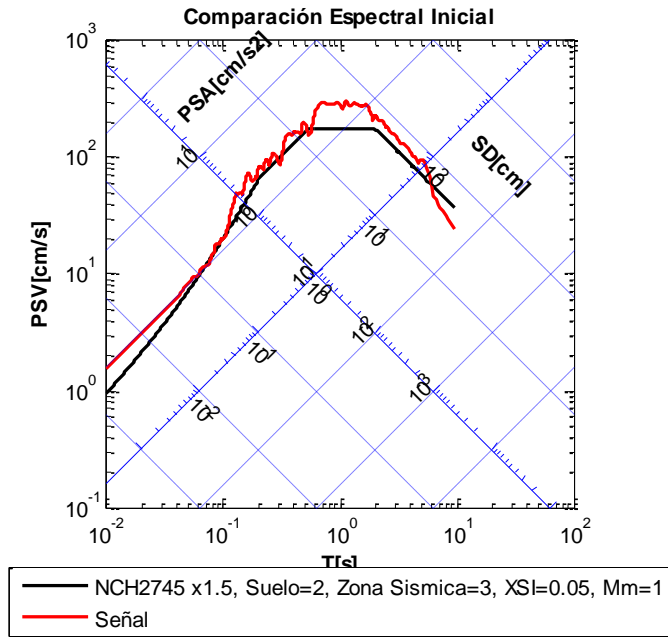


Figura XII.17.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

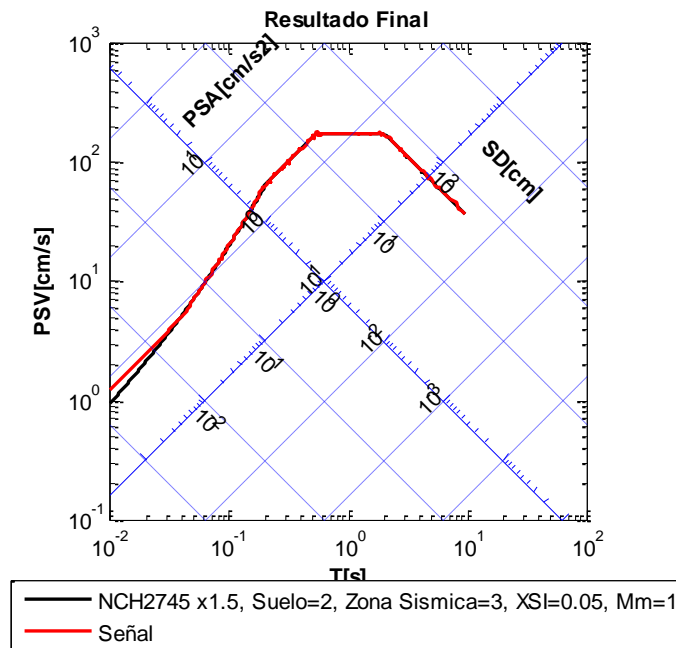


Figura XII.17.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

XII.18 Talca MCE Y

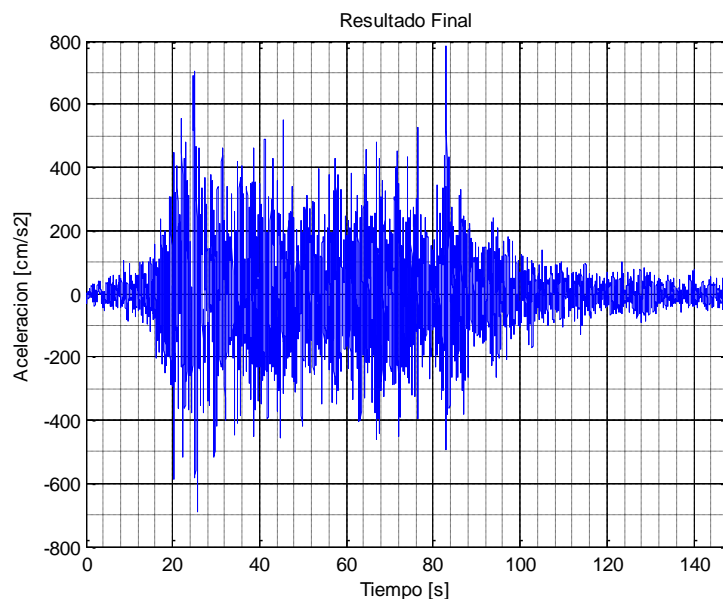


Figura XII.18.a Señal de aceleración modificada por el postproceso de compatibilización a espectros de pseudo respuesta [elaboración propia]

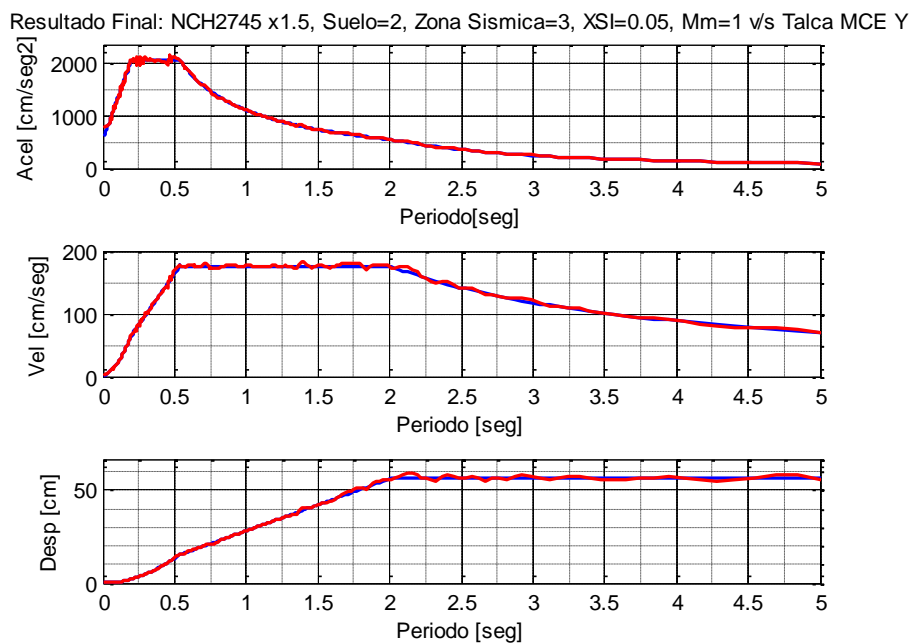


Figura XII.18.b Resultado final de la compatibilización con respecto a PSA, PSV y SD [elaboración propia]

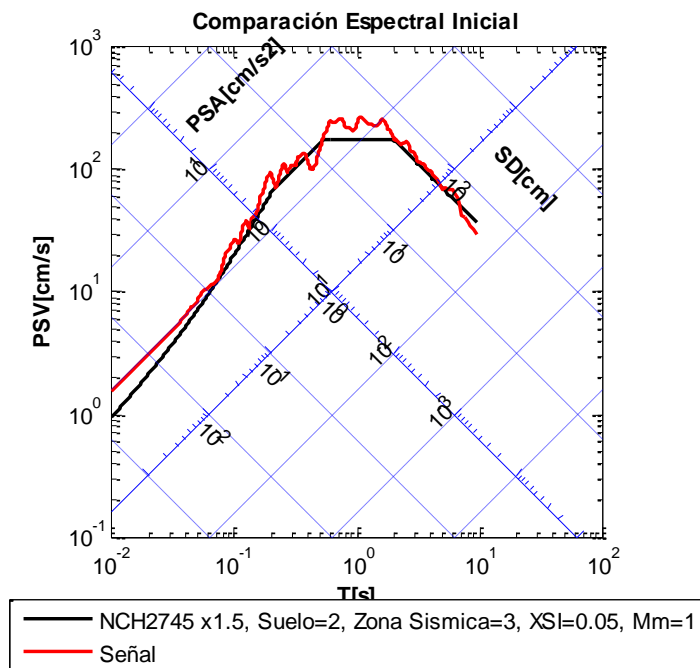


Figura XII.18.c Comparación espectral trilogaritmica entre la señal original y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

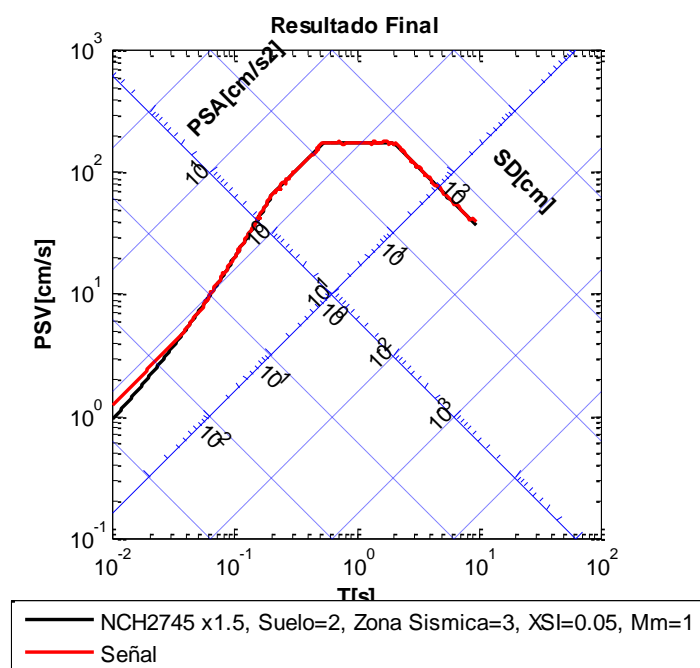


Figura XII.18.d Comparación espectral trilogaritmica entre la señal postprocesada y el espectro de pseudo respuestas objetivo [elaboración propia]

XIII ANEXO D: RELATO HISTÓRICO DE LA ELABORACIÓN DE LA NORMA NCH2369OF.2003

El siguiente acápite se basa en el relato de Don Ramón Montecinos:

MONTECINOS, R. (2015) Evaluación de la norma NCh 2369.Of2003: Diez Años de uso. *XI Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Sísmica ACHISINA*. 18-20 Marzo, Santiago, Chile.

La norma “NCh 2369Of.2003: Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales” es un documento oficializado en 2003 pero cuya preparación duro cerca de diez años y donde su génesis comienza 30 años antes de su fecha de oficialización. Su primer esbozo provino en el año 1976, en el marco de las Segundas Jornadas de ACHISINA de la mano de Don Elías Arce.

La ingeniería en estructuras de industrias se inicia en Chile a mediados del siglo XX, a través de CORFO y especialmente con el proyecto de la siderúrgica Huachipato, propiedad de CAP. A partir de esa experiencia y el buen desempeño de las estructuras del área industria en Concepción, en particular Huachipato, con respecto a los terremotos de mayo de 1960 se establece un modelo de ingeniería sismo resistente que se consolidara en los años venideros a través de las nacientes empresas de ingeniería, aplicándose en los años '70 en los proyectos de la naciente CODELCO, e integrándose en los '80 a los proyectos de privados que poco a poco se abrieron camino en el escenario económico.

Este periodo es fuertemente marcado por tres hechos relevantes:

- El terremoto del 3 de marzo de 1985 entrego registros de una calidad suficiente para ser analizados.
- Grandes desarrollos en la industria de las celulosas y la minera son realizados casi en su totalidad por ingeniería chilena.
- Instalación definitiva en Chile de empresas internacionales de ingeniería, las cuales irrumpen en el mercado por medio de la compra o la fusión con firmas nacionales

Lo anterior genera y moldea el ambiente necesario para la redacción de la NCh2369.

a) Documentos precursores

- **Criterios de diseño empresas chilenas:** A mediados de los '60 y al alero de iniciativas CORFO, nacientes empresas nacionales (CADE – IDEPE, RFA Ingenieros, ARZE Benrath y otras) generaron extensos y completos criterios de diseño que fueron cristalizando una manera común de trabajar.
- **Paper de John Blume (1963) y Espectro de respuesta RFA:** Blume realizó un estudio detallado de la respuesta al sismo de Mayo de 1960 de un conjunto de estructura industriales sencillas en la Siderúrgica de Huachipato, estudio que si bien no obtiene la respuesta correcta de dichas estructuras, genero un espectro empírico de respuesta (o desempeño) que permitió a Don Rodrigo Flores Álvarez establecer con una buena base el “espectro RFA”, el espectro de mayor difusión y uso desde los '70 hasta el 2003. El trabajo de Don Rodrigo Flores, independiente de su valioso resultado, empujo una visión del diseño anclada en lo realmente vivido de las estructuras, más allá de la especulación teórica.

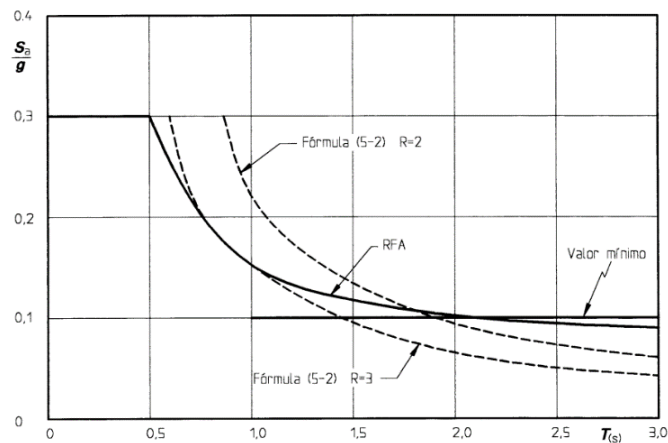


Figura C.2 - Espectros de diseño para Huachipato
(Zona 3 $A_0=0,4 g$ Suelo II $I=1,0$)

Figura XIII.a).a Espectro de respuesta NCh2369 para $I=1.0$, $R=2.0$ y $R=3.0$ (incluyendo corte mínimo) v/s Espectro de respuesta RFA para Huachipato [INN, 2003]

- **CD-7 CODELCO – Chuquicamata: Criterios de diseño civil – estructural:** Documento donde su primera emisión fue realizada comienzo de los '80, con la participación de Don Rodolfo Saragoni (y otros), hasta su última revisión a fines de los '90.
- **Norma NCh 433:** La información, conceptos y texto de la norma NCh 433 desde su primera emisión oficial en 1972, han sido utilizados en los diseños industriales, considerando modificaciones que consideren la diferencia en “ductilidad” y “continuidad operaciones” siendo un documento de compañía para el diseño de estas instalaciones industriales.
- **Documentos o criterios de diseño de origen extranjero:** AISE standard N°13, AISC (ASD) 1969, 1978 y 1989, ACI 318-71 y posteriores.
- **Documentación recogida de los sismos 1960, 1965, 1971 y 1985:** Documentos, registros y publicaciones que constituyeron el material base para la comprensión de la acción sísmica y el desempeño de las estructuras industriales chilenas ante estos.

b) Contexto del diseño sismo resistente de minería e industria en Chile hasta el 2003.

- **Una comunidad profesional pequeña en un país pequeño y pobre:** Como una comunidad profesional pequeña, se produce con dinamismo el intercambio de conocimientos provocando de forma casi natural alineamientos en los procedimientos, construyendo de forma natural una “ideología de diseño”.
- **Medios de análisis limitados:** Hasta fines de los '80 el diseño se realizaba de manera casi exclusivamente manual, siendo las herramientas fundamentales de análisis el “marco plano” y el “análisis modal espectral lineal” en estructuras con “diafragma rígido”. El uso de modelos simples se transformó en la regla, lo que se tradujo en la necesidad de generar estructuras sencillas además de una profunda comprensión de su comportamiento.
- **Uso casi exclusivo de normativas americanas:** Los diseños de hormigón armado se realizan principalmente con ACI 318 y los diseños de acero con AISC o AISI. Esto desemboca en un gran dominio de estas normativas donde el mundo

profesional logra un mayor nivel conocimiento técnico y teórico al del mundo académico universitario, en especial a lo relativo a estructuras de acero. Con el tiempo estos documentos se van acomodando a la realidad nacional.

- **Diseño sísmico a través del método lineal estático equivalente y el espectro RFA:** Incluso en estructuras en que su geometría y configuración permitían un análisis dinámico sencillo, el método de diseño preferido era el método estático. Esto generó una cierta indiferencia frente a las nuevas herramientas de análisis, cuyos resultados eran cercanos al método estático, imponiendo este último en el diseño final. Desde el punto de vista ideológico, la comunidad del diseño industrial – minero ha mostrado ser escéptica a nuevas metodologías de análisis, confiando más en conceptos de “sana estructuración” que en un “buen análisis”, sin gran interés en la definición o modificación la acción sísmica, pero con gran atención en la estructuración y el oficio.
- **Equipos profesionales generalistas de diseño estructural:** En todas las áreas: minerías, siderurgia, celulosa, etc... las instalaciones fueron diseñadas por los mismos equipos de ingenieros, generando una visión transversal común que permeó el ámbito profesional. Además, debido a lo limitado de los equipos de trabajo, era común que el mismo grupo de ingenieros encargados de diseñar la superestructura, diseñaran la infraestructura, lo cual se tradujo en una visión integrada de la estructura como un todo.
- **Principios de estructuración simples generalmente aceptados por todos los actores:** Los principios de una buena estructuración son conocidos y compartidos por todos los pertenecientes al rubro, desde los libros de diseño hasta charlas con ingenieros de experiencia, compartiendo criterios como: estructuras sencillas, simétricas en lo posible y siempre redundantes, con pocas irregularidades, conexiones diseñadas por capacidad, etc. Lo anterior desemboca en que todos los actores que participan generalmente en los proyectos: ingenieros de otras especialidades, ingenieros procesistas, especialistas en lay-out, etc. comienzan a aceptar las recomendaciones de diseño e implementación de un conjunto de ingenieros estructurales respetados, lo que ha conducido a reflejar los principios preestablecidos en diseños reales.

- **Experiencia de los sismos históricos recogida por las mismas empresas de diseño:** Los sismos en nuestra realidad nacional son eventos de carácter “periódico” donde las industrias del país siempre han necesitado de visitas técnicas post evento, ya sea con el objeto de confirmar o descartar daños, tomar medidas paliativas, determinar reparaciones o participar en evaluaciones para los seguros comprometidos. Debido al tamaño limitado de la comunidad de ingenieros especialistas en estructuras, no era poco común que todas esas tareas las hayan realizado casi los mismos equipos de ingenieros que participaron en los diseños originales produciendo un contacto con el desempeño real de las estructuras de forma inmediata, lo que hasta el día de hoy ha permitido una constante retroalimentación.

XIV ANEXO E: BONUS: DESCRIPCIÓN DEL CONCEPTO DE ACELERACIÓN EFECTIVA “AO”

Este es un concepto que no interfiere de forma directa en el análisis de fondo de este documento, pero que sin embargo vale la pena aclarar. Según lo establecido en la NCh 2369.Of2003 C4.2, el concepto adoptado en Chile para la definición de “Ao” proviene de lo originalmente propuesto por el Applied Technology Council, EE.UU. (ATC). El ATC define el concepto de aceleración efectiva como la aceleración promedio de los espectros elásticos de respuesta obtenidos considerando una razón crítica de amortiguamiento de 5%, (además de un periodo de retorno y una zona de riesgo determinado), para un periodo fundamental de 0.3 [s] (o la aceleración media medida entre los periodos 0.1 [s] a 0.5 [s] según la NCh 2369), promedio que luego es dividido por 2.5 reduciéndolo al 40% de su valor original. Luego es importante destacar que la aceleración promedio utilizada corresponde al valor de pseudo aceleración en el plateau de los espectros de Newmark, perteneciente a la zona de amplificación de las aceleraciones.

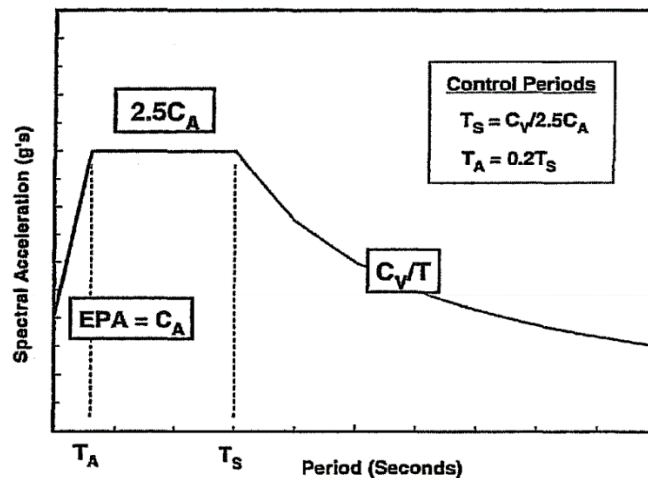


Figura XIV.a Esquema referencial de la definición de aceleración efectiva “Ao” (EPA)
[ATC-40, 1996]

Con respecto a lo anterior es importante hay que aclarar que los espectros de respuesta considerados en las distintas normativas como lo es el ATC-40 o la NCh 2360.Of2003 hacen alusión a las pseudo aceleraciones de la estructura considerando como marco de referencia un marco inercial inamovible en el tiempo. Luego es claro

que, en términos académicos, estructuras de rigidez infinita (periodo ~ 0 [s]) poseen aceleraciones diferenciales entre la estructura y el suelo nulas, donde la aceleración máxima que debiera adoptar, debiera ser la aceleración máxima del suelo, sin embargo “Ao” no tiene relación conceptual con la aceleración máxima del suelo, o PGA (Peak Ground Acceleration) y solo responde a una aceleración de “conceso” establecida por el sistema normativo que la adopto. Luego de lo investigado por Álvarez y Fischer (2001) se observa que para las 3 zonas sísmicas definidas en la NCh 433 y NCh 2369, las curvas de iso - aceleración (PGA) obtenidas considerando una probabilidad de excedencia de 10% en 50% pueden alcanzan valores que se pueden relacionar “numéricamente” a valores de 1.3 Ao a 1.5 Ao dependiendo de la localización, si se considera una probabilidad de excedencia de 10% en 50 años, que es la misma probabilidad de excedencia para la cual fue conceptualmente concebida la NCh 2369 y la NCh 433.

Lo anterior es especialmente relevante en caso de ser necesario establecer el PGA de forma preliminar, como es el caso de diseño de muros de contención, donde considerando una probabilidad de 10% en 50 años es razonable considerar preliminarmente el valor del PGA como 1.5 Ao.

Cabe mencionar que, en la actualidad, diversos autores han realizado distintas investigaciones proporcionando mapas de amenaza sísmica más refinados que lo publicado por Álvarez y Fischer (2001), por lo cual se considera que este tema esta aun en desarrollo.

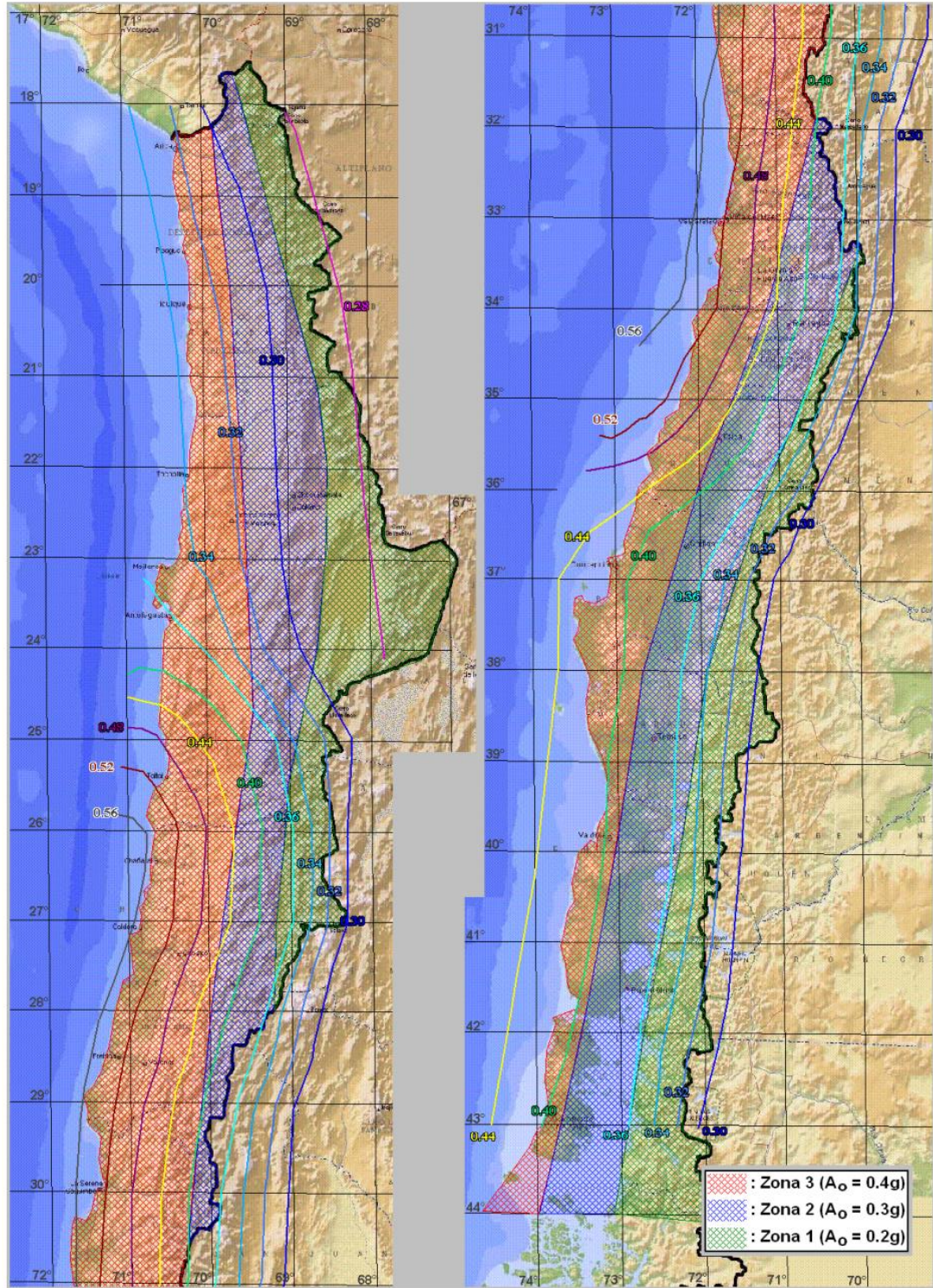


Figura XIV.b Curvas de iso - aceleración para una probabilidad de excedencia de 10% en 50 años y zonificación NCh 2369.Of2003 [Álvarez & Fischer, 2001]

XV ANEXO F: BONUS: DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE HOMOLOGACIÓN ESTADÍSTICA, EN TÉRMINOS DE SOLICITACIÓN BASAL EQUIVALENTE, ENTRE LOS ESPECTROS DE LA NORMA NCH2369 V/S NCH2745

A medida que los avances tecnológico han permitido introducir nuevas tecnologías en el diseño de estructuras, en conjunto mientras sucedía la recolección de nuevos antecedentes entregados por los últimos eventos sismológicos producidos en el país, favorecido por la mayor instrumentación, además del cambio de paradigma en el arte del diseño de estructuras chileno, el cual poco a poco está volcándose desde una visión puramente enfocada en la resistencia, hacia una perspectiva equilibrada entre ductilidad y resistencia, se ha podido establecer que el espectro estipulado en NCh2369 en conjunto con sus parámetros y disposiciones de diseño, otorgan niveles de resistencia que permiten un comportamiento predominantemente lineal ante eventos sísmicos, no es capaz de describir de una manera adecuada el comportamiento de las estructuras, en cuando a la predicción de aceleraciones, velocidades o desplazamientos, motivo por el cual se ha iniciado estudios para poder determinar una correcta función espectral que pueda predecir de manera más cercana el comportamiento estructural, además de la búsqueda de nuevas disposiciones enfocadas a evitar el comportamiento elastofrágil en estructuras industriales.

Considerando lo anterior, en la actualidad, el comité de anteproyecto de actualización de la NCh2369, organizado por el Instituto de la Construcción, ha evaluado dentro de los espectros normativamente disponibles en Chile buscando cual es el que ha predicho de mejor manera los desplazamientos observados en el terremoto del terremoto del Maule, considerando como el más apropiado el estipulado por la norma NCh 2745.Of2013, considerando su predicción de comportamiento como la más apropiada ante los antecedentes del terremoto del Maule, además de facilitar el ingreso de nuevas tecnologías en el diseño de industrias, como el uso de aisladores.

Una vez establecido el espectro de referencia, con respecto al comportamiento estructural, es necesario establecer una relación entre los parámetros de diseño para mantener el nivel

de resistencia establecido actualmente por NCh 2369, el cual ha demostrado ser apropiado para la realización de diseños sismorresistentes. Ante lo anterior, considerando los aspectos referentes a la resistencia requerida, es posible ajustar dos parámetros:

- El factor de modificación asociado a la razón crítica de amortiguamiento
- El factor de modificación de la respuesta

Con respecto al factor de reducción asociado a la razón crítica de amortiguamiento, se tiene que las expresiones establecidas en NCh 2369 y NCh 2745 son “aproximadamente equivalentes en resultados” para rangos de 2% a 5%, los cuales son los establecidos actualmente en NCh 2369, por lo cual lo más efectivo es ajustar en relación al factor de modificación de la respuesta “R”. Hay que mencionar que, si bien es imposible ajustar la resistencia de forma exacta a la actualmente establecida en NCh 2369, considerando un factor de modificación de la respuesta constante, es posible estimar un valor estadístico equivalente, con la seguridad que uno desee para un tramo de periodos, luego la siguiente equivalencia estadística es elaborada considerando los siguientes puntos:

- Considera el estudio de periodos entre 0 [s] y 1.5 [s], rango en el cual se encuentra la mayoría de las estructuras industriales.
- Considera la homologación entre NCh 2745 considerando $M_m=1$, y NCh2369 considerando $I=1.2$, como parámetros habituales respectivamente para el diseño de estructuras industriales.
- Considera la homologación entre NCh 2745 elástico y NCh 2396 amplificado por el factor “R” utilizado para su elaboración y selección del corte máximo.
- Considera que el valor del factor de modificación de la respuesta para los espectros NCh 2745 pueden obtenerse a través de los factores de modificación de la respuesta equivalentes de NCh 2369, a través de la utilización de un factor de modificación adicional, el cual denominaremos α .
- El valor de α es calculado considerando el valor promedio, dentro del rango de periodos en estudio, de la relación entre las coordenadas espectrales de NCh 2369

y NCh 2745, restando el valor de la desviación estándar obtenida, como coeficiente de seguridad

- Si bien los valores obtenidos no son conservadores para todos los valores de periodos, principalmente los extremadamente rígidos, otorgan valores conservadores para la gran mayoría, considerándose apropiados para la homologación de diseño.

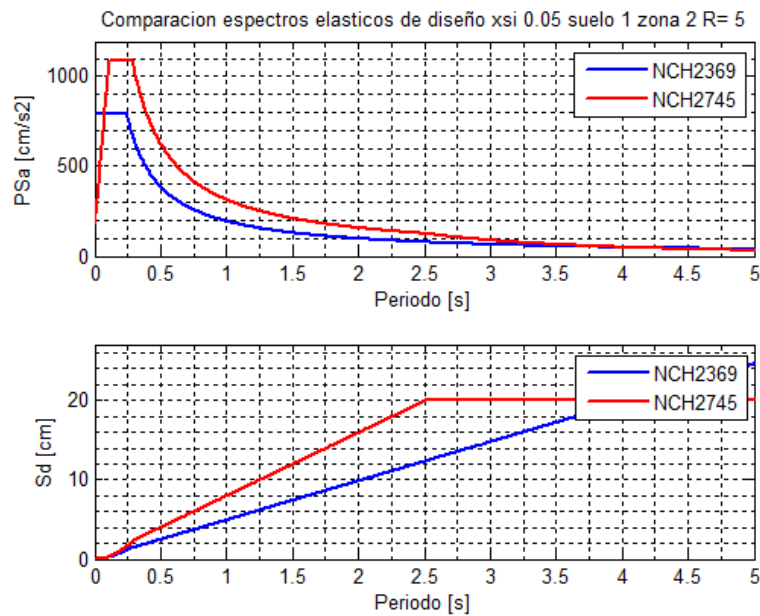


Figura XV.a Comparativa, espectros de respuesta elástica de aceleraciones y desplazamientos, NCh 2369.Of2003 v/s NCh 2745.Of2013, $\xi=5\%$, $M_m=1$, $I=1.2$, zona 2, $R=5$, suelo I [Arrate, 2015]

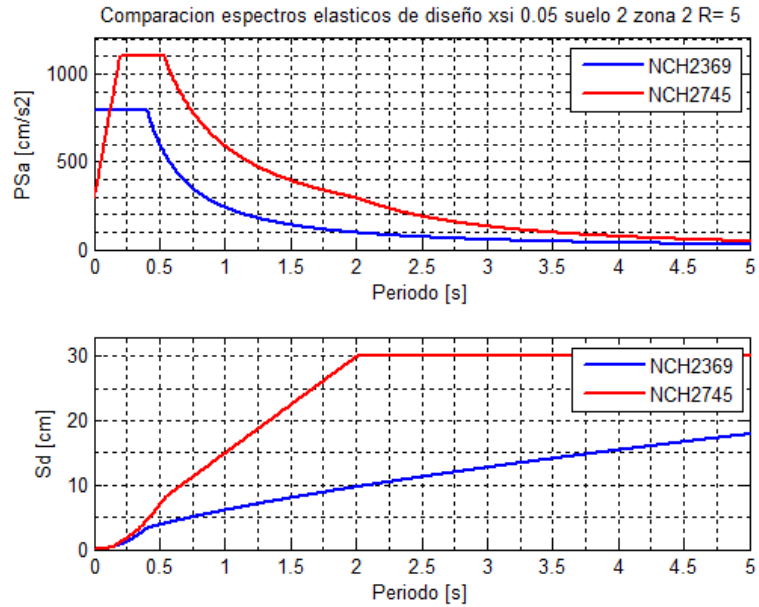


Figura XV.b Comparativa, espectros de respuesta elásticos de aceleraciones y desplazamientos, NCh 2369.Of2003 v/s NCh 2745.Of2013, xsi=5%, Mm=1, I=1.2, zona 2, R=5, suelo II [Arrate, 2015]

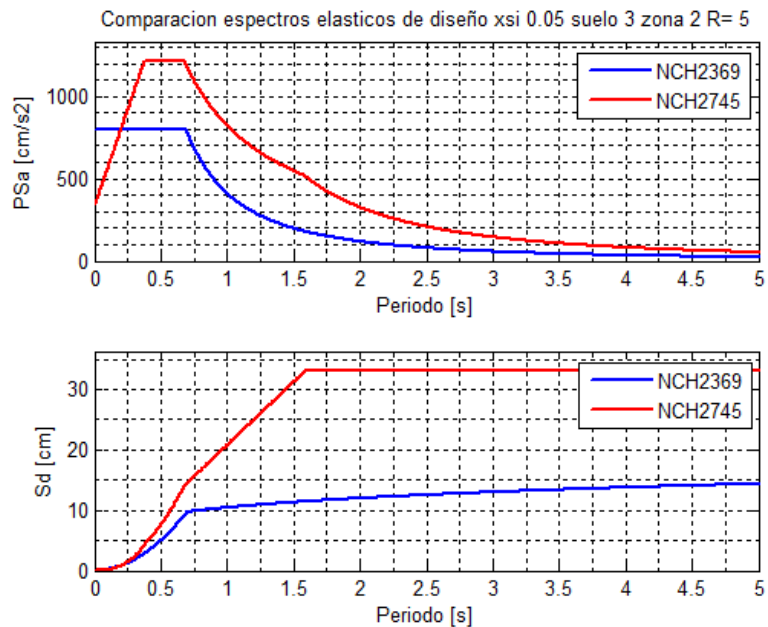


Figura XV.c Comparativa, espectros de respuesta elásticos de aceleraciones y desplazamientos, NCh 2369.Of2003 v/s NCh 2745.Of2013, xsi=5%, Mm=1, I=1.2, zona 2, R=5, suelo III [Arrate, 2015]

Tabla XV.a Tabla de proposición de equivalencia entre los factores de modificación de la respuesta “R” de NCh 2369.Of2003 v/s NCh 2745.Of2013 [Arrate, 2015]

R NCH 2369	Promedio de Media de relación NCH2745 v/s NCH 2369	Promedio de Desviación Estándar NCH2745 v/s NCH 2369	Promedio de Promedio Ajustado NCH2745 v/s NCH 2369	R equivalente NCH2745	Proposición de Equivalencia	
					R Espectro NCh 2369	R Espectro NCh 2745
1	2,171	0,282	2,043	2,043	1,0	2,0
2	1,913	0,372	1,727	3,453	2,0	3,5
3	1,907	0,379	1,717	5,15	3,0	5,0
4	1,884	0,404	1,678	6,71	4,0	6,5
5	1,872	0,418	1,656	8,279	5,0	8,0

Tabla XV.b Tabla de proposición de equivalencia entre los límites de desplazamientos y desplazamientos esperados de NCh 2369.Of2003 v/s NCh 2745.Of2013 [Arrate, 2015]

Factor R NCh2369	Promedio de Media de relación NCH2745 v/s NCH 2369	Promedio de Desviación Estándar NCH2745 v/s NCH 2369	Promedio de Promedio Ajustado inferior NCH2745 v/s NCH 2369	Proposición de equivalencia límites de desplazamiento	Proposición de equivalencia desplazamientos esperados
1	2,171	0,282	2,043	En el caso de querer mantener los desplazamientos actualmente observados de NCh2369, aumentar sus actuales límites de desplazamiento en 75%	Se estima que NCh2745 estima desplazamiento del orden del 200% que NCh2369
2	1,913	0,372	1,727		
3	1,907	0,379	1,717		
4	1,884	0,404	1,678		
5	1,872	0,418	1,656		
Promedio	1,949	0,371	1,764		

Cabe mencionar de forma adicional que debido a que el espectro de la norma NCh 2745 es un espectro de carácter predictivo, implica que los parámetros aquí establecidos pueden ser directamente aplicados a espectros provenientes de estudios de riesgo sísmico, en búsqueda de establecer niveles de seguridad homólogos a los desarrollados en NCh 2369, mientras que la directa aplicación de los factores de modificación de la respuesta de NCh2369 y sus límites de desplazamiento, conducen a estructuras extraordinariamente sobredimensionadas en rigidez y resistencia.

XVI ANEXO G: PROGRAMAS DESARROLLADOS PARA LA GENERACIÓN DE REGISTROS COMPATIBLES

A continuación, se adjuntan las rutinas desarrolladas para la elaboración de los registros compatibles a espectros de pseudo respuesta según lo establecido en el capítulo:

- Anexo B: Procedimiento de elaboración de acelerogramas compatibles con espectros de pseudo respuesta

Cabe mencionar que las rutinas desarrolladas, fueron elaboradas utilizando el programa Matlab R2013a, por lo cual no se puede asegurar preliminarmente su compatibilidad en versiones anteriores.

XVI.1 Artificial_Earthquake.m

Programa principal, el cual está encargado de realizar la compatibilización de las señales de aceleración, semillas o artificiales, en lo que respecta a su respuesta, con respecto a espectros de pseudo respuesta objetivos:

```
%function [b,dt,PSAa,PSVa,SDa,Ta]=Artificial_Earthquake()
%Programa que genera registros de aceleración compatibles a espectros de pseudo
%respuestas a partir de una señal de ruido blanco o una señal semilla

%b= Señal de aceleracion ajustada al espectro de respuesta de pseudo velocidades
%dt= Frecuencia de muestreo de la señal corregida
%PSAa= Espectro de pseudo aceleraciones asociado a la señal compatible
%PSVa= Espectro de pseudo velocidades asociado a la señal compatible
%SDa= Espectro de desplazamientos asociado a la señal compatible
%Ta= Periodos asociados a los espectros

%Limpieza del Workspace
%clc
%clear all
%close all

disp(' ')
disp('Artificial Earthquake @')
disp(' ')
disp('Programa realizado por CARLOS ANDRÉS ARRATE LETELIER 2016')
disp('Metodología propuesta por Ray W. Clough & Joseph Penzien')
disp('Dynamics of Structures, Third Edition, CSI 1995')
disp(' ')

clock1=clock;
disp([' Fecha Inicio :
',num2str(clock1(1,3)), '/',num2str(clock1(1,2)), '/',num2str(clock1(1,1)), ' -
',num2str(clock1(1,4)), ':',num2str(clock1(1,5)), ':',num2str(clock1(1,6))])
disp(' ')
tic;
```

```

disp('Seleccione el origen de la señal')
disp(' 1 para señal de ruido blanco')
disp(' 2 para registro semilla')
disp(' ')

origen=input('Selección: ');
disp(' ')

if origen==1
    %Definicion y formacion de la señal de ruido blanco

    nombre=input('Ingrese el nombre de la señal sintética a generar: ','s');
    disp(' ')

    disp('Seleccione el tipo de distribucion aleatoria de la señal: ')
    disp(' 1 para distribucion normal MATLAB')
    disp(' 2 para distribucion normal Ray W. Clough & Joseph Penzien')
    disp(' ')
    dist=input('Selección: ');
    disp(' ')

    disp('Seleccione el tipo de funcion de forma de la señal')
    disp(' 1 para crecimiento cuadratico, plateau & decrecimiento exponencial "c"')
    disp(' [P.C. Jennings, G.W. Housner & N.C. Tai, CALTECH 1968]')
    disp(' 2 para funcion de coeficientes a1 & a2')
    disp(' [J.L. Bogdanoff, J.E. Goldberg & M.C. Bernard, 1961]')
    disp(' 3 para funcion de coeficientes gamma, alpha y beta')
    disp(' [G.R. Saragoni & G.C. Hart, 1974]')
    disp(' ')
    met_dist=input('Selección: ');
    disp(' ')

    dt=input(' Intervalos de tiempo para el muestreo de la señal (s): ');

    if met_dist==1
        t1=input(' Duración de la región de crecimiento (s): '); %t1=18 s E
    Cruz
        t2=input(' Duración de la región de fuerte (s): '); %t2=50 s
        t3=input(' Duración de la región de decrecimiento (s): '); %
        c=input(' Ingreso del factor de decrecimiento exponencial: '); %c=0.16

        N1=floor(t1/dt);
        N2=floor(t2/dt);
        N3=floor(t3/dt);
        N=(N1+N2+N3);
        tmax=N*dt;

        t=0:dt:(N-1)*dt; %Vector de tiempo
        f1=(t(1:N1)./t(N1)).^2; %Vector de factor de forma region
    crecimiento
        f2=ones(1,N2); %Vector de factor de forma region fuerte
        f3=exp(-c*(t(N1+N2+1:N)-t(N1+N2))); %Vector de factor de forma region
    decrecimiento
        f=[f1 f2 f3]; %Vector de factor de forma
        f=f/norm(f,inf);

    elseif met_dist==2
        tmax=input(' Tiempo estimado para la señal (s): ');
        a1=input(' Coeficiente a1: '); %a1=0.45 San
    Fernando, California
        a2=input(' Coeficiente a2: '); %a2=1/6 San
    Fernando, California

        N=floor(tmax/dt);
        tmax=N*dt;

        t=0:dt:(N-1)*dt; %Vector de tiempo
        f=zeros(1,size(t,2)); %Vector de factor de forma
        for k=2:size(t,2)
            f(1,k)=a1*t(1,k)*exp(-a2*t(1,k));
        end
    end
end

```

```

f=f/norm(f,inf);

    elseif met_dist==3
tmax=input(' Tiempo estimado para la señal (s): ');
gamma=input(' Coeficiente gamma: ');
alpha=input(' Coeficiente alpha: ');
beta=input(' Coeficiente beta: ');

N=floor(tmax/dt);
tmax=N*dt;

t=0:dt:(N-1)*dt; %Vector de tiempo
f=zeros(1,size(t,2)); %Vector de factor de forma
for k=2:size(t,2)
    f(1,k)=t(1,k)^(0.5*gamma)*exp(-0.5*alpha*t(1,k))*beta^(0.5);
end
f=f/norm(f,inf);

end
disp(' ')
disp([' Tiempo máximo considerado para la señal:
',num2str(tmax),' (s)'])
disp([' Numero de pasos de muestreo: ',num2str(N)])
disp(' ')

%DISTRIBUCION NORMAL


---


if dist==1 %Variables aleatorias de distribucion normal
    x=randn(1,N);
elseif dist==2
    x=rand(1,N);
    for k=1:N/2
        y1=x(1,2*k-1);
        y2=x(1,2*k);
        x(1,2*k-1)=(-2*log(y1))^0.5*cos(2*pi*y2);
        x(1,2*k)=(-2*log(y1))^0.5*sin(2*pi*y2);
    end
    clear y1
    clear y2
end
x(1,1)=0; %La coordenada inicial es zero
%


---


z=x.*f; %Señal no estacionaria
z=z/norm(z,inf);

%Ploteo Señal
figure
plot(t,z,t,f,'r',t,-f,'r','LineWidth',1)
grid on
grid minor
title('Señal semilla de ruido blanco generada')
xlabel('Tiempo [s]');
ylabel('Aceleracion [cm/s2]');
xlim([0 tmax])
hold on

%Acomodos requeridos para la eficiencia del programa
%pow2(nextpow2(N)); %Largo extendido a las
proxima potencia de 2 para mejorar la eficiencia del algoritmo
NN=N;
Z=fft(z,NN); %Señal en frecuencia
fs=1/dt; %Frecuencia de muestreo
w=(0:NN-1)*(fs/NN); %Rango de frecuencia
explorada
ww=(-NN/2:NN/2-1)*(fs/NN); %Rango de frecuencia
explorada centrada
Nyquist=fs/2; %Frecuencia Nyquist
gZ=fftshift(Z)/NN*2; %Señal para graficar
POWER=sqrt(imag(gZ).*imag(gZ)+real(gZ).*real(gZ)); %Amplitud de Fourier

%Grafica del espectro de amplitud de fourier

```

```

figure
plot(ww,POWER,'LineWidth',2)
grid on
grid minor
title('Señal semilla de ruido blanco generada')
xlabel('Frecuencia [Hz]');
ylabel('Amplitud de Fourier');
xlim([min((-N/2:N/2-1)*(fs/N)) max((-N/2:N/2-1)*(fs/N))])
hold on

%FILTRO DE FRECUENCIAS _____

disp('Selección de las frecuencias características del filtro de frecuencia')
disp('(K. Kanai, University of Tokio 1957, H. Tajimi WCEE 1960)')
disp(' ')

disp(' Ingrese la mayor frecuencia w1 (rad/seg)');
w1=input(' (Frecuencia predominante del suelo): '); %15.6 condicion de
suelo firme B
disp(' ')
disp(' Ingrese el amortiguamiento asociado xsi1');
xsi1=input(' (Amortiguamiento caracteristico del suelo): '); %0.6 condicion de
suelo firme B
disp(' ')
disp(' Ingrese la menor frecuencia w2 (rad/seg)');
w2=input(' (Filtro de baja frecuencia): '); %3.12 (0.2 w1)
disp(' ')
disp(' Ingrese el amortiguamiento asociado xsi2');
xsi2=input(' (Filtro de baja frecuencia): '); %0.05
disp(' ')

H1=zeros(size(Z)); %Funcion de caracteristicas dinamicas del terreno
H2=zeros(size(Z)); %Funcion filtro de baja frecuencia

clear i
for k=1:size(Z,2)
H1(1,k)=(1+2i*xsi1*(w(1,k)/w1))/((1-w(1,k)^2/w1^2)+2i*xsi1*(w(1,k)/w1));
H2(1,k)=((w(1,k)/w2)^2)/((1-w(1,k)^2/w2^2)+2i*xsi2*(w(1,k)/w2));
end
H1(1,floor(size(gZ,2)/2-1)+1)=0; %Se elimina posibles indeterminaciones en el 0 de
las frecuencias
H2(1,floor(size(gZ,2)/2-1)+1)=0;

%Ploteo de la funcion de filtro de frecuencias

figure
plot(w,abs(H1.*H2),'LineWidth',2)
grid on
grid minor
title('Valor absoluto de la función "filtro de frecuencias"')
xlabel('Frecuencia [Hz]');
ylabel('|H(iw)| = |H1(iw)H2(iw)|');
xlim([0 2.5*w1])
hold on

%CORRECCION EN FRECUENCIA Y REGRESO AL DOMINIO DEL TIEMPO _____

H12=H1.*H2;
HH12=H12;
H12(1,1:floor(N/2))=HH12(1,floor(N/2)+1:N);
H12(1,floor(N/2)+1:N)=HH12(1,1:floor(N/2));
clear HH12

B=Z.*H12; %Correccion de frecuencias de la señal
b=ifft(B,N); %Señal corregida en el dominio del tiempo

%
_____

elseif origen==2
%Definicion y formacion de la señal semilla
nombre=input(' Ingrese el nombre del registro semilla: ','s');

```

```

disp(' ')
disp('Seleccione el tipo de semilla (señal de aceleración) a ingresar: ')
disp(' 1 para una señal de solo aceleraciones [cm/s2] con un dt [s]')
disp(' (vector columna de registro de aceleración + dt)')
disp(' 2 para una señal de aceleraciones [cm/s2] en conjunto con el ')
disp(' tiempo transcurrido [s]')
disp(' (matriz Nx2, donde la primera columna es la secuencia temporal')
disp(' con dt constante y la segunda columna el registro de aceleración)')
disp(' ')
sem=input('Selección: ');
disp(' ')

if sem==1
    z=input(' Ingrese el nombre de la variable asociada al registro semilla: ');
    dt=input(' Intervalos de tiempo para el de muestreo de la señal (s): ');
    disp(' ')
    N=size(z,1);
    tmax=N*dt;
    t=0:dt:(N-1)*dt;
    z=z';
elseif sem==2
    z=input(' Ingrese el nombre de la variable asociada al registro semilla: ');
    disp(' ')
    N=size(z,1);
    tmax=max(z(:,2));
    dt=tmax/(N-1);
    t=0:dt:(N-1)*dt;
    z=z(:,2)';
    disp(' ')
    disp([' Intervalos de tiempo para el muestreo de la señal: ',num2str(dt),
(s)'])
end

disp([' Tiempo máximo considerado para la señal: ',num2str(tmax), '(s)'])
disp([' Numero de pasos de muestreo: ',num2str(N)])
disp(' ')

%Ploteo Señal
figure
plot(t,z,'LineWidth',1)
grid on
grid minor
title(nombre)
xlabel('Tiempo [s]');
ylabel('Aceleracion [cm/s2]');
xlim([0 tmax])
hold on

%Acomodos requeridos para la eficiencia del programa
%NN=pow2(nextpow2(N)); %Largo extendido a las
proxima potencia de 2 para mejorar la eficiencia del algoritmo
NN=N;
Z=fft(z,NN); %Señal en frecuencia
fs=1/dt; %Frecuencias de muestreo
w=(0:NN-1)*(fs/NN); %Rango de frecuencia
explorada
ww=(-NN/2:NN/2-1)*(fs/NN); %Rango de frecuencia
explorada centrada
Nyquist=fs/2; %Frecuencia Nyquist
gZ=fftshift(Z)/NN*2; %Señal para graficar
POWER=sqrt(imag(gZ).*imag(gZ)+real(gZ).*real(gZ)); %Amplitud de Fourier

%Grafica del espectro de amplitud de fourier
figure
plot(ww,POWER,'LineWidth',2)
grid on
grid minor
title(nombre)
xlabel('Frecuencia [Hz]');
ylabel('Amplitud de Fourier');
xlim([min((-N/2:N/2-1)*(fs/N)) max((-N/2:N/2-1)*(fs/N))])
hold on

```



```

        b=z;
    end

%Definicion del dominio del periodo de la señal

%Localizacion de una frecuencia nula

T=1./w;           %Rango del periodo explorado
TT=abs(1./ww);   %Rango del periodo explorado centrado
T_=TT(1:round(NN/2)); %Vector de periodos

%NORMALIZACION DE LA SEÑAL A 1 G _____

b=real(b)./max(max(real(b)), -min(real(b)))*981; %Señal de aceleracion normalizada a 1 g
(981 cm/s2)

%Ploteo Señal
figure
plot(t,real(b),'LineWidth',1)
grid on
grid minor
title('Señal semilla de aceleración escalada a 1[G]')
xlabel('Tiempo [s]');
ylabel('Aceleración [cm/s2]');
xlim([0 tmax])
hold on

%PARAMETROS ESPECTRALES _____

% disp('Seleccione la diferencia minima que debe existir para considerar ')
%dif=input('el valor de periodo distinto de otro (recomendado, 0.00001 (s)) :');
%disp(' ')
dif=0;

disp('Seleccione el espectro de diseño a homologar: ')
disp(' 1 para NCH2745:2013')
disp(' 2 para NCH433:1996 MOD2009 + D.S.61 (SD)')
disp(' 3 para ASCE-SEI7:2010')
disp(' 4 para espectro especial')
disp(' (matriz Nx2, donde la primera columna es la secuencia de periodos')
disp(' y la segunda columna el espectro de pseudo aceleraciones [cm/s2])')
disp(' aceleraciones [cm/s2])')
disp(' [NOTA: EL VECTOR PERIODOS TIENE QUE ESTAR AJUSTADO SEGUN LA')
disp(' FRECUENCIA NQUIST DE LA SEÑAL DE ACELERACION UTILIZADA,')
disp(' CONSIDERANDO FRECUENCIAS EQUIDISTANTES ENTRE SI... MAS AYUDA REVISAR:')
disp(' https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/fft.html ]')

disp(' ')
spc=input('Selección: ');
disp(' ')

disp('Seleccione el coeficiente de modificación del espectro: ')
disp(' NOTA:')
disp(' 1.0 -> Para mantener el sismo de diseño')
disp(' 0.6 -> Para originar el sismo frecuente')
disp(' 1.5 -> Para originar el sismo máximo creíble')
disp(' ò el valor positivo que se desee')
disp(' ')
X=input('Selección: ');
disp(' ')

if spc==1
    disp(' Ingrese la clasificación sísmica del suelo ')
    soil=input(' (1,2,3): ');
    disp(' Ingrese Zona sísmica ')
    zone=input(' (1,2,3): ');
    xsi=input(' Ingrese Razón crítica de amortiguamiento: ');
    disp(' ')
    Mm=1;

[PSA,SD,Te,TMAX] = NCH2745(soil,Mm,zone,xsi,T_,dif);

```

```

PSA=PSA*X_; %Se escala el espectro
SD=SD*X_; %Se escala el espectro
PSV=PSA./(2*pi./Te);
namespec=strcat('NCH2745 x',num2str(X_),', Suelo=',num2str(soil,1),', Zona
Sismica=',num2str(zone,1),', XSI=',num2str(xsi,3),', Mm=1');

elseif spc==2
    disp(' Ingrese la clasificación sísmica del suelo ')
    soil=input(' (A,B,C,D): ','s');
    disp(' Ingrese Zona sísmica ')
    zone=input(' (1,2,3): ');
    disp(' Ingrese Categoría de Ocupación ')
    cat=input(' (I,II,III,IV): ','s');
    disp(' ')

    [PSA,SD,Te,TMAX] = NCH433_DS61(soil,zone,cat,T_,dif);
    clear PSA; %El espectro de fuerzas de la NCh433 se descarta al no ser
predictivo
    SD=SD*X_; %Se escala el espectro
    PSV=SD.*(2*pi./Te);
    PSA=PSV.*(2*pi./Te);
    namespec=strcat('NCH433+DS61 x',num2str(X_),', Suelo=',soil,', Zona
Sismica=',num2str(zone,1),', Cat. de Ocupación=',cat,', XSI=0.05');
    xsi=0.05;

elseif spc==3
    disp(' Ingrese la clasificación sísmica del suelo ')
    soil=input(' (A,B,C,D,E): ','s');
    disp(' Ingrese parametro de respuesta espectral de ')
    disp(' aceleracion para periodos cortos SS considerando ')
    SS=input(' xsi=5% (G): ');
    disp(' Ingrese parametro de respuesta espectral de ')
    disp(' aceleracion para periodo de 1 [s] S1 considerando ')
    S1=input(' xsi=5% (G): ');
    disp(' Ingrese periodo de transicion entre la zona de ')
    disp(' amplificacion de velocidades y desplazamientos TL(s): ');
    Tl=input(' Ingrese Categoría de Riesgo (amplificacion espectro) ');
    cat=input(' (I,II,III,IV): ','s');
    disp(' Ingrese PGA (cm/s2) para ajuste segun efecto de sitio ');
    PGA=input(' (Segun lo establecido en ASCE-7 Capitulo 21)');
    disp(' ')

    [PSA,SD,Te,TMAX,PGAm] = ASCE_SEI7(SS*981,S1*981,soil,PGA,Tl,cat,T_,dif);
    PSA=PSA*X_; %Se escala el espectro
    SD=SD*X_; %Se escala el espectro
    PSV=PSA./(2*pi./Te);
    namespec=strcat('ASCE/SEI-7:2010 x',num2str(X_),', Suelo=',soil,',
SS=',num2str(SS,2),', S1=',num2str(S1,2),', Cat. de Riesgo=',cat,', XSI=0.05');
    xsi=0.05;

elseif spc==4
    PSA=input(' Ingrese el nombre de la variable asociada al espectro: ');
    namespec=input(' Ingrese el nombre del espectro considerado: ','s');
    xsi=input(' Ingrese la razon critica de amortiguamiento: ','s');
    disp(' Ingrese el valor de periodo maximo para el cual esta');
    TMAX=input(' definido el espectro: ','s');
    disp(' ')

    Te=PSA(:,1)';
    PSA=PSA(:,2) '*X_';
    PSA=PSA*X_; %Se escala el espectro
    PSV=PSA./(2*pi./Te);
    SD=PSV./(2*pi./Te);
    namespec=strcat(namespec,' x',num2str(X_),', XSI=',xsi);
end

% GRAFICA DEL ESPECTRO OBJETIVO


---


figure
subplot(3,1,1)
plot(Te,PSA,'b','LineWidth',1.5)
grid on

```

```

grid minor
title(namespec);
xlabel('Periodo[seg]')
ylabel('Acel [cm/seg2]')
xlim([0 5])
ylim([0 1.1*max(PSA)])

subplot(3,1,2)
plot(Te,PSV,'r','LineWidth',1.5)
grid on
grid minor
xlabel('Periodo [seg]')
ylabel('Vel [cm/seg]')
xlim([0 5])
ylim([0 1.1*max(PSV)])

subplot(3,1,3)
plot(Te,SD,'k','LineWidth',1.5)
grid on
grid minor
xlabel('Periodo [seg]')
ylabel('Desp [cm]')
xlim([0 5])
ylim([0 1.1*max(SD)])

hold on

% COMPARACION INICIAL
_____  

[PSAa,PSVa,SDa,Ta]=Spectrum3(xsi,real(b),dt,T_,TMAX,dif);

Tripart_RR2(Ta,PSV,PSVa,namespec,'Señal','Comparación Espectral Inicial')

% VARIABLES INICIALES DEL CICLO DE ITERACION
_____  

Delta_max=max((PSVa-PSV)./PSV);           %Inicializacion de variables de relacion
Delta_min=min((PSVa-PSV)./PSV);           %Inicializacion de variables de relacion

% disp('Seleccione la tolerancia de convergencia admisible entre el ')
%Tol=input('espectro de la señal y el de referencia (recomendado, 0.05) :');
%disp(' ')

% CICLO DE ITERACION
_____  

Delta1=zeros(1,size(T_,2));
Delta1(1,1:size(PSV,2))=PSV./PSVa; %Invertir al orden de frecuencias
Delta2=Delta1;
Delta2=Delta2(1,2:size(Delta2,2));
Delta1=fliplr(Delta1);

if round(NN/2)==NN/2 %Señal de numeros pares
    Delta=[Delta1 0 Delta2];
else
    Delta=[Delta1 Delta2];
end

PASO=0; %Indica el numero de paso de la iteracion

while Delta_max>(0.20) || Delta_min<(-0.20)

    B=fft(b); %Dominio de la frecuencia de la señal
    B=B.*Delta;

    b=ifft(B); %Dominio del tiempo de la señal modificada, con largo extendido a
potencia de 2

    [PSAa,PSVa,SDa,Ta]=Spectrum3(xsi,real(b),dt,T_,TMAX,dif);

    Delta1=zeros(1,size(T_,2));
    Delta1(1,1:size(PSV,2))=PSV./PSVa; %Invertir al orden de frecuencias
    Delta2=Delta1;
    Delta2=Delta2(1,2:size(Delta2,2));

```

```

Delta1=fliplr(Delta1);

if round(NN/2)==NN/2    %Señal de numeros pares
    Delta=[Delta1 0 Delta2];
else
    Delta=[Delta1 Delta2];
end

PASO=PASO+1;

disp(' ')
disp(['Paso de iteracion / Diferencia (%) max positiva / Diferencia (%) max
negativa'])
Delta_max=max((PSVa-PSV)./PSV);
Delta_min=min((PSVa-PSV)./PSV);
[PASO Delta_max*100 Delta_min*100]
disp(' ')
disp('// Tolerancia admisible absoluta del 20% & un máximo permitido de 25
iteraciones //');

if PASO>=25
    break
end
end

disp(' ')

b=ifft(B);    %Dominio del tiempo de la señal modificada con largo original

%Grafica
figure
subplot(3,1,1)
plot(Te,PSA,'b',Ta,PSAa,'r','LineWidth',1.5)
grid on
grid minor
title(['Resultado Final: ',namespec,' v/s ',nombre]);
xlabel('Periodo[seg]')
ylabel('Acel [cm/seg2]')
xlim([0 5])
ylim([0 1.1*max(max(PSA,PSAa))])

subplot(3,1,2)
plot(Te,PSV,'b',Ta,PSVa,'r','LineWidth',1.5)
grid on
grid minor
xlabel('Periodo [seg]')
ylabel('Vel [cm/seg]')
xlim([0 5])
ylim([0 1.1*max(max(PSV,PSVa))])

subplot(3,1,3)
plot(Te,SD,'b',Ta,SDa,'r','LineWidth',1.5)
grid on
grid minor
xlabel('Periodo [seg]')
ylabel('Desp [cm]')
xlim([0 5])
ylim([0 1.1*max(max(SD,SDa))])

hold on
%
%
% GRAFICA DE LA COMPARATIVA ESPECTRAL FINAL

Tripart_RR2(Ta,PSV,PSVa,namespec,'Señal','Resultado Final')

%Trasposicion de variables

b=real(b);
b=b';
PSAa=PSAa';
PSVa=PSVa';

```

```

SDa=SDa';
Ta=Ta';

figure
plot(t,b,'LineWidth',1)
grid on
grid minor
title('Resultado Final')
xlabel('Tiempo [s]');
ylabel('Aceleracion [cm/s2]');
xlim([0 tmax])
hold on

disp('PROCESO ITERATIVO TERMINADO... RESULTADOS... ')
disp(' ')

disp('Identificación de variables resultantes ')
disp(' ')
disp([' b: Señal sísmica ajustada al espectro de respuesta objetivo
[cm/s2]/',num2str(dt),'[s]'])
disp(' PSAa: Espectro de respuesta de Pseudo aceleraciones de la señal [cm/s2]')
disp(' PSVa: Espectro de respuesta de Pseudo velocidades de la señal [cm/s]')
disp(' SDa: Espectro de respuesta de Desplazamientos de la señal [cm]')
disp(' Ta: Periodos asociados a los espectros de respuesta [s]')
disp(' ')

clock2=clock;
disp([' Fecha Termino:
',num2str(clock2(1,3)),'/',num2str(clock2(1,2)),'/',num2str(clock2(1,1)),' -
',num2str(clock2(1,4)),':',num2str(clock2(1,5)),':',num2str(clock2(1,6))])
disp(' ')
toc
disp(' ')

%end

```

XVI.2 ASCE_SEI7.m

Programa encargado de calcular los espectros ASCE/SEI7, del año 2010

```

function [PSA,SD,T,TMAX,PGAm] = ASCE_SEI7(SS,S1,soil,PGA,Tl,cat,T,dif)
%NCH2745 Funcion que calcula el espectro elastico de aceleraciones y desplazamientos de
la NCH2745

%SS: Parametro de respuesta espectral de aceleracion para periodos cortos considerando
xsi=5% (cm/s2)
%S1: Parametro de respuesta espectral de aceleracion para periodo de 1(s) considerando
xsi=5% (cm/s2)
%Soil: Clasificacion sísmica del suelo (A,B,C,D,E)
%PGA: Peak ground acceleration
%TL: Periodo de transicion a la zona de desplazamientos (4-16 seg)
%cat: Categoria de Riesgo (I,II,III,IV)
%T: Vector de periodos
%dif:Diferencia minima para considerar 2 periodos como distintos

TMAX=10; %SEG

%Formulacion del nuevo vector de periodos (limitado a TMAX)

T=sort(T); %Se reordena de forma ascendente
T=[T(1,1) T T(1,size(T,2))]; %Se replica la primera y ultima coordenada
TT=T; %Se crea el vector de apoyo
ii=0; %Contador elementos eliminados

for i=2:size(T,2)-1
if T(1,i-1)<=TMAX
if (T(1,i-1)+dif>T(1,i))
TT(1,i-1)=TMAX+1;

```

```

        ii=ii+1;
    end
else
    break
end
end
clear T; %Se elimina el vector de periodos original
TT=sort(TT); %Se reordena de forma ascendente
T=TT(1,1:i-2-ii); %Se formula el nuevo vector de periodos
clear TT; %Se elimina el vector de apoyo
clear dif; %Se elimina el parametro de apoyo diferencia
clear ii; %Se elimina el contador de eliminaciones

if cat=='I'
    Ie=1.0;
elseif cat=='II'
    Ie=1.0;
elseif cat=='III'
    Ie=1.25;
elseif cat=='IV'
    Ie=1.50;
end

G=981; %Aceleracion de gravedad

if soil=='A'
    if PGA/G<=0.1
        Fpga=0.8;
    elseif PGA/G>0.1 & PGA/G<=0.2
        Fpga=0.8+(0.8-0.8)/(0.2-0.1)*(PGA/G-0.1);
    elseif PGA/G>0.2 & PGA/G<=0.3
        Fpga=0.8+(0.8-0.8)/(0.3-0.2)*(PGA/G-0.2);
    elseif PGA/G>0.3 & PGA/G<=0.4
        Fpga=0.8+(0.8-0.8)/(0.4-0.3)*(PGA/G-0.3);
    elseif PGA/G>0.4 & PGA/G<=0.5
        Fpga=0.8+(0.8-0.8)/(0.5-0.4)*(PGA/G-0.4);
    elseif PGA/G>0.5
        Fpga=0.8;
    end

    if SS/G<=0.25
        Fa=0.8;
    elseif SS/G>0.25 & SS/G<=0.50
        Fa=0.8+(0.8-0.8)/(0.50-0.25)*(SS/G-0.25);
    elseif SS/G>0.50 & SS/G<=0.75
        Fa=0.8+(0.8-0.8)/(0.75-0.50)*(SS/G-0.50);
    elseif SS/G>0.75 & SS/G<=1.00
        Fa=0.8+(0.8-0.8)/(1.00-0.75)*(SS/G-0.75);
    elseif SS/G>1.00 & SS/G<=1.25
        Fa=0.8+(0.8-0.8)/(1.25-1.00)*(SS/G-1.00);
    elseif SS/G>1.25
        Fa=0.8;
    end

    if S1<=0.1
        Fv=0.8;
    elseif S1/G>0.1 & S1/G<=0.2
        Fv=0.8+(0.8-0.8)/(0.2-0.1)*(S1/G-0.1);
    elseif S1/G>0.2 & S1/G<=0.3
        Fv=0.8+(0.8-0.8)/(0.3-0.2)*(S1/G-0.2);
    elseif S1/G>0.3 & S1/G<=0.4
        Fv=0.8+(0.8-0.8)/(0.4-0.3)*(S1/G-0.3);
    elseif S1/G>0.4 & S1/G<=0.5
        Fv=0.8+(0.8-0.8)/(0.5-0.4)*(S1/G-0.4);
    elseif S1/G>0.5
        Fv=0.8;
    end

elseif soil=='B'
    if PGA/G<=0.1
        Fpga=1.0;
    elseif PGA/G>0.1 & PGA/G<=0.2

```

```

    Fpga=1.0+(1.0-1.0)/(0.2-0.1)*(PGA/G-0.1);
elseif PGA/G>0.2 & PGA/G<=0.3
    Fpga=1.0+(1.0-1.0)/(0.3-0.2)*(PGA/G-0.2);
elseif PGA/G>0.3 & PGA/G<=0.4
    Fpga=1.0+(1.0-1.0)/(0.4-0.3)*(PGA/G-0.3);
elseif PGA/G>0.4 & PGA/G<=0.5
    Fpga=1.0+(1.0-1.0)/(0.5-0.4)*(PGA/G-0.4);
elseif PGA/G>0.5
    Fpga=1.0;
end

if SS/G<=0.25
    Fa=1.0;
elseif SS/G>0.25 & SS/G<=0.50
    Fa=1.0+(1.0-1.0)/(0.50-0.25)*(SS/G-0.25);
elseif SS/G>0.50 & SS/G<=0.75
    Fa=1.0+(1.0-1.0)/(0.75-0.50)*(SS/G-0.50);
elseif SS/G>0.75 & SS/G<=1.00
    Fa=1.0+(1.0-1.0)/(1.00-0.75)*(SS/G-0.75);
elseif SS/G>1.00 & SS/G<=1.25
    Fa=1.0+(1.0-1.0)/(1.25-1.00)*(SS/G-1.00);
elseif SS/G>1.25
    Fa=1.0;
end

if S1/G<=0.1
    Fv=1.0;
elseif S1/G>0.1 & S1/G<=0.2
    Fv=1.0+(1.0-1.0)/(0.2-0.1)*(S1/G-0.1);
elseif S1/G>0.2 & S1/G<=0.3
    Fv=1.0+(1.0-1.0)/(0.3-0.2)*(S1/G-0.2);
elseif S1/G>0.3 & S1/G<=0.4
    Fv=1.0+(1.0-1.0)/(0.4-0.3)*(S1/G-0.3);
elseif S1/G>0.4 & S1/G<=0.5
    Fv=1.0+(1.0-1.0)/(0.5-0.4)*(S1/G-0.4);
elseif S1/G>0.5
    Fv=1.0;
end

elseif soil=='C'
    if PGA/G<=0.1
        Fpga=1.2;
    elseif PGA/G>0.1 & PGA/G<=0.2
        Fpga=1.2+(1.2-1.2)/(0.2-0.1)*(PGA/G-0.1);
    elseif PGA/G>0.2 & PGA/G<=0.3
        Fpga=1.2+(1.1-1.2)/(0.3-0.2)*(PGA/G-0.2);
    elseif PGA/G>0.3 & PGA/G<=0.4
        Fpga=1.1+(1.0-1.1)/(0.4-0.3)*(PGA/G-0.3);
    elseif PGA/G>0.4 & PGA/G<=0.5
        Fpga=1.0+(1.0-1.0)/(0.5-0.4)*(PGA/G-0.4);
    elseif PGA/G>0.5
        Fpga=1.0;
    end

    if SS/G<=0.25
        Fa=1.2;
    elseif SS/G>0.25 & SS/G<=0.50
        Fa=1.2+(1.2-1.2)/(0.50-0.25)*(SS/G-0.25);
    elseif SS/G>0.50 & SS/G<=0.75
        Fa=1.2+(1.1-1.2)/(0.75-0.50)*(SS/G-0.50);
    elseif SS/G>0.75 & SS/G<=1.00
        Fa=1.1+(1.0-1.1)/(1.00-0.75)*(SS/G-0.75);
    elseif SS/G>1.00 & SS/G<=1.25
        Fa=1.0+(1.0-1.0)/(1.25-1.00)*(SS/G-1.00);
    elseif SS/G>1.25
        Fa=1.0;
    end

    if S1/G<=0.1
        Fv=1.7;
    elseif S1/G>0.1 & S1/G<=0.2
        Fv=1.7+(1.6-1.7)/(0.2-0.1)*(S1/G-0.1);

```

```

elseif S1/G>0.2 & S1/G<=0.3
    Fv=1.6+(1.5-1.6)/(0.3-0.2)*(S1/G-0.2);
elseif S1/G>0.3 & S1/G<=0.4
    Fv=1.5+(1.4-1.5)/(0.4-0.3)*(S1/G-0.3);
elseif S1/G>0.4 & S1/G<=0.5
    Fv=1.4+(1.3-1.4)/(0.5-0.4)*(S1/G-0.4);
elseif S1/G>0.5
    Fv=1.3;
end

elseif soil=='D'
if    PGA/G<=0.1
    Fpga=1.6;
elseif PGA/G>0.1 & PGA/G<=0.2
    Fpga=1.6+(1.4-1.6)/(0.2-0.1)*(PGA/G-0.1);
elseif PGA/G>0.2 & PGA/G<=0.3
    Fpga=1.4+(1.2-1.4)/(0.3-0.2)*(PGA/G-0.2);
elseif PGA/G>0.3 & PGA/G<=0.4
    Fpga=1.2+(1.1-1.2)/(0.4-0.3)*(PGA/G-0.3);
elseif PGA/G>0.4 & PGA/G<=0.5
    Fpga=1.0+(1.0-1.1)/(0.5-0.4)*(PGA/G-0.4);
elseif PGA/G>0.5
    Fpga=1.0;
end

if    SS/G<=0.25
    Fa=1.6;
elseif SS/G>0.25 & SS/G<=0.50
    Fa=1.6+(1.4-1.6)/(0.50-0.25)*(SS/G-0.25);
elseif SS/G>0.50 & SS/G<=0.75
    Fa=1.4+(1.2-1.4)/(0.75-0.50)*(SS/G-0.50);
elseif SS/G>0.75 & SS/G<=1.00
    Fa=1.2+(1.1-1.2)/(1.00-0.75)*(SS/G-0.75);
elseif SS/G>1.00 & SS/G<=1.25
    Fa=1.1+(1.0-1.1)/(1.25-1.00)*(SS/G-1.00);
elseif SS/G>1.25
    Fa=1.0;
end

if    S1/G<=0.1
    Fv=2.4;
elseif S1/G>0.1 & S1/G<=0.2
    Fv=2.4+(2.0-2.4)/(0.2-0.1)*(S1/G-0.1);
elseif S1/G>0.2 & S1/G<=0.3
    Fv=2.0+(1.8-2.0)/(0.3-0.2)*(S1/G-0.2);
elseif S1/G>0.3 & S1/G<=0.4
    Fv=1.8+(1.6-1.8)/(0.4-0.3)*(S1/G-0.3);
elseif S1/G>0.4 & S1/G<=0.5
    Fv=1.6+(1.5-1.6)/(0.5-0.4)*(S1/G-0.4);
elseif S1/G>0.5
    Fv=1.5;
end

elseif soil=='E'
if    PGA/G<=0.1
    Fpga=2.5;
elseif PGA/G>0.1 & PGA/G<=0.2
    Fpga=2.5+(1.7-2.5)/(0.2-0.1)*(PGA/G-0.1);
elseif PGA/G>0.2 & PGA/G<=0.3
    Fpga=1.7+(1.2-1.7)/(0.3-0.2)*(PGA/G-0.2);
elseif PGA/G>0.3 & PGA/G<=0.4
    Fpga=1.2+(0.9-1.2)/(0.4-0.3)*(PGA/G-0.3);
elseif PGA/G>0.4 & PGA/G<=0.5
    Fpga=0.9+(0.9-0.9)/(0.5-0.4)*(PGA/G-0.4);
elseif PGA/G>0.5
    Fpga=0.9;
end

if    SS/G<=0.25
    Fa=2.5;
elseif SS/G>0.25 & SS/G<=0.50
    Fa=2.5+(1.7-2.5)/(0.50-0.25)*(SS/G-0.25);

```



```

elseif SS/G>0.50 & SS/G<=0.75
    Fa=1.7+(1.2-1.7)/(0.75-0.50)*(SS/G-0.50);
elseif SS/G>0.75 & SS/G<=1.00
    Fa=1.2+(0.9-1.2)/(1.00-0.75)*(SS/G-0.75);
elseif SS/G>1.00 & SS/G<=1.25
    Fa=0.9+(0.9-0.9)/(1.25-1.00)*(SS/G-1.00);
elseif SS/G>1.25
    Fa=1.0;
end

if S1/G<=0.1
    Fv=3.5;
elseif S1/G>0.1 & S1/G<=0.2
    Fv=3.5+(3.2-3.5)/(0.2-0.1)*(S1/G-0.1);
elseif S1/G>0.2 & S1/G<=0.3
    Fv=3.2+(2.8-3.2)/(0.3-0.2)*(S1/G-0.2);
elseif S1/G>0.3 & S1/G<=0.4
    Fv=2.8+(2.4-2.8)/(0.4-0.3)*(S1/G-0.3);
elseif S1/G>0.4 & S1/G<=0.5
    Fv=2.4+(2.4-2.4)/(0.5-0.4)*(S1/G-0.4);
elseif S1/G>0.5
    Fv=2.4;
end

end

SMS=Fa*SS; %Coeficiente maximo de aceleracion para periodos cortos, para el sismo MCEr
SM1=Fv*S1; %Coeficiente maximo de aceleracion para periodos de 1 seg, para el sismo MCEr

SDS=2/3*SMS; %Coeficiente de aceleracion de diseño para periodos cortos, para el sismo
MCEr
SD1=2/3*SM1; %Coeficiente de aceleracion de diseño para periodos de 1 seg, para el sismo
MCEr

PGAm=Fpga*PGA; %Peak Ground acceleration, considerando los efectos de sitio

To=0.2*SD1/SDS;
Ts=SD1/SDS;

PSA=zeros(size(T));
SD=zeros(size(T));

for k=1:size(T,2)
    if T(1,k)<=To
        PSA(1,k)=0.4*SDS+0.6*SDS*T(1,k)/To;
        SD(1,k)=T(1,k)^2/(4*pi^2)*PSA(1,k);
    elseif T(1,k)>To & T(1,k)<=Ts
        PSA(1,k)=SDS;
        SD(1,k)=T(1,k)^2/(4*pi^2)*PSA(1,k);
    elseif T(1,k)>Ts & T(1,k)<=T1
        PSA(1,k)=SD1/T(1,k);
        SD(1,k)=T(1,k)^2/(4*pi^2)*PSA(1,k);
    elseif T(1,k)>T1
        PSA(1,k)=(SD1*T1)/(T(1,k))^2;
        SD(1,k)=T(1,k)^2/(4*pi^2)*PSA(1,k);
    end
end

PSA=PSA*Ie;
SD=SD*Ie;

end

```

XVI.3 NCH433_DS61.m

Programa encargado de calcular los espectros NCh 0433.Of1996 mod2009, incluyendo su posterior modificación realizada a través del decreto supremo n°61

```

function [PSA,SD,T,TMAX] = NCH433_DS61(soil,zone,cat,T,dif)
%NCH2745 Funcion que calcula el espectro elastico de aceleraciones y
%desplazamientos del decreto supremo 61, en forma de espectro de newmark,No incluye R

%soil: Clasificacion sismica del suelo (A,B,C,D)... zona 4 requiere analisis de riesgo
%zone: Zona sismica (1,2,3)
%cat: Categoria de ocupacion del edificio I,II,III,IV
%T: Vector de periodos
%TMAX: Maximo valor del periodo para el cual esta definido el espectro
%dif:Diferencia minima para considerar 2 periodos como distintos

TMAX=5; %SEG

%Formulacion del nuevo vector de periodos (limitado a TMAX)

T=sort(T); %Se reordena de forma ascendente
T=[T(1,1) T T(1,size(T,2))]; %Se replica la primera y ultima coordenada
TT=T; %Se crea el vector de apoyo
ii=0; %Contador elementos eliminados

for i=2:size(T,2)-1
    if T(1,i-1)<=TMAX
        if (T(1,i-1)+dif>T(1,i))
            TT(1,i-1)=TMAX+1;
            ii=ii+1;
        end
    else
        break
    end
end
clear T; %Se elimina el vector de periodos original
TT=sort(TT); %Se reordena de forma ascendente
T=TT(1,1:i-2-ii); %Se formula el nuevo vector de periodos
clear TT; %Se elimina el vector de apoyo
clear dif; %Se elimina el parametro de apoyo diferencia
clear ii; %Se elimina el contador de eliminaciones

%Tabla 6.1
if cat=='I' I=0.6;
elseif cat=='II' I=1.0;
elseif cat=='III' I=1.2;
elseif cat=='IV' I=1.2;
end

%Tabla 6.2
if zone==1 Ao=0.4*981; %cm/s2
elseif zone==2 Ao=0.3*981; %cm/s2
elseif zone==3 Ao=0.2*981; %cm/s2
end

%Tabla 6.3
if soil=='A' S=0.90; To=0.15; T_ =0.20; n=1.00; p=2.0;
elseif soil=='B' S=1.00; To=0.30; T_ =0.35; n=1.33; p=1.5;
elseif soil=='C' S=1.05; To=0.40; T_ =0.45; n=1.40; p=1.6;
elseif soil=='D' S=1.20; To=0.75; T_ =0.85; n=1.80; p=1.0;
end

%Articulo 13
Cd=zeros(size(T));
if soil=='A'
    for k=1:size(T,2)
        if T(1,k)>=0 & T(1,k)<=0.23
            Cd(1,k)=1.0;
        elseif T(1,k)>0.23 & T(1,k)<=2.52
            Cd(1,k)=-0.055*T(1,k)^2+0.36*T(1,k)+0.92;
        elseif T(1,k)>2.52 & T(1,k)<=5.00
            Cd(1,k)=0.08*T(1,k)^2-0.9*T(1,k)+3.24;
        end
    end
elseif soil=='B'
    for k=1:size(T,2)

```

```

        if T(1,k)>=0 & T(1,k)<=0.47
            Cd(1,k)=1.0;
        elseif T(1,k)>0.47 & T(1,k)<=2.02
            Cd(1,k)=0.95*T(1,k)+0.55;
        elseif T(1,k)>2.02 & T(1,k)<=5.00
            Cd(1,k)=0.065*T(1,k)^2-0.75*T(1,k)+3.72;
        end
    end
elseif soil=='C'
    for k=1:size(T,2)
        if T(1,k)>=0 & T(1,k)<=0.65
            Cd(1,k)=1.0;
        elseif T(1,k)>0.65 & T(1,k)<=2.02
            Cd(1,k)=0.57*T(1,k)+0.63;
        elseif T(1,k)>2.02 & T(1,k)<=5.00
            Cd(1,k)=0.055*T(1,k)^2-0.63*T(1,k)+2.83;
        end
    end
elseif soil=='D'
    for k=1:size(T,2)
        if T(1,k)>=0 & T(1,k)<=0.90
            Cd(1,k)=1.0;
        elseif T(1,k)>0.90 & T(1,k)<=1.75
            Cd(1,k)=1.1*T(1,k);
        elseif T(1,k)>1.75 & T(1,k)<=5.00
            Cd(1,k)=1.93;
        end
    end
end
end

%Articulo 12.2
alpha=zeros(size(T));
for k=1:size(T,2)
    alpha(1,k)=(1+4.5*(T(1,k)/To)^p)/(1+(T(1,k)/To)^3);
end

%FORMACION DE LOS ESPECTROS
PSA=zeros(size(T)); %Inicializacion de variables
SD=zeros(size(T)); %Inicializacion de variables

for k=1:size(T,2)
    PSA(1,k)=S*Ao*alpha(1,k)/(1/I);
    SD(1,k)=T(1,k)^2/(4*pi^2)*alpha(1,k)*Ao*Cd(1,k);
end
end

```

XVI.4 NCH2745.m

Programa encargado de calcular los espectros NCh 2745.Of2013.

```

function [PSA,SD,T,TMAX] = NCH2745(soil,Mm,zone,xsi,T,dif)
%NCH2745 Funcion que calcula el espectro elastico de aceleraciones y desplazamientos de
la NCH2745

%xsi: Razon critica de amortiguamiento
%soil: Clasificacion sismica del suelo (1,2,3)... zona 4 requiere analisis de riesgo
%zone: Zona sismica (1,2,3)
%Mm: Factor de magnificacion, 1.0 sismo de diseño 1.2 Maximo creible (10% en 100 años)
%Beta: BetaD y BetaM, parametros de modificacion de la respuesta por amortiguamiento
%T: Vector de periodos
%TMAX: Maximo valor del periodo para el cual esta definido el espectro
%dif:Diferencia minima para considerar 2 periodos como distintos

TMAX=10; %SEG

%Formulacion del nuevo vector de periodos (limitado a TMAX)

```

```

T=sort(T); %Se reordena de forma ascendente
T=[T(1,1) T T(1,size(T,2))]; %Se replica la primera y ultima coordenada
TT=T; %Se crea el vector de apoyo
ii=0; %Contador elementos eliminados

for i=2:size(T,2)-1
    if T(1,i-1)<=TMAX
        if (T(1,i-1)+dif>T(1,i))
            TT(1,i-1)=TMAX+1;
            ii=ii+1;
        end
    else
        break
    end
end
clear T; %Se elimina el vector de periodos original
TT=sort(TT); %Se reordena de forma ascendente
T=TT(1,1:i-2-ii); %Se formula el nuevo vector de periodos
clear TT; %Se elimina el vector de apoyo
clear dif; %Se elimina el parametro de apoyo diferencia
clear ii; %Se elimina el contador de eliminaciones

XSI=[0 0.02 0.05 0.10 0.15 0.20 0.25 0.30 0.50 1.00]; %XSI para la interpolacion de
Beta %Beta para la interpolacion de
Beta=interp1(XSI,BETA,xsi); %Valor de Beta Interpolado

if zone==1 Z=3/4;
elseif zone==2 Z=1;
elseif zone==3 Z=5/4;
end

if soil==1 Ta=0.03; Tb=0.11; Tc=0.29; Td=2.51; Te=10; Tf=33; AlphaAA=1085;
AlphaVV=50; AlphaDD=20; PSA_O=0.4*981;
elseif soil==2 Ta=0.03; Tb=0.20; Tc=0.54; Td=2.00; Te=10; Tf=33; AlphaAA=1100;
AlphaVV=94; AlphaDD=30; PSA_O=0.41*981;
elseif soil==3 Ta=0.03; Tb=0.375; Tc=0.68; Td=1.58; Te=10; Tf=33; AlphaAA=1212;
AlphaVV=131; AlphaDD=33; PSA_O=0.45*981;
end

%Construccion del espectro para Zona 2 y XSI=0.05

PSA=zeros(size(T)); %Inicializacion de variables
SD=zeros(size(T)); %Inicializacion de variables

for i=1:length(T)
    if T(i)<=Tb
        PSA(i)=PSA_O+(AlphaAA-PSA_O)/(Tb-Ta)*(T(i)-Ta);
        SD(i)=PSA(i)/(2*pi./T(i)).^2;
    elseif Tb<T(i) && T(i)<=Tc
        PSA(i)=AlphaAA;
        SD(i)=PSA(i)/(2*pi./T(i)).^2;
    elseif Tc<T(i) && T(i)<=Td
        PSA(i)=2*pi/T(i)*AlphaVV;
        SD(i)=PSA(i)/(2*pi./T(i)).^2;
    elseif Td<T(i) &&& T(i)<=Te
        PSA(i)=4*pi^2/T(i)^2*AlphaDD;
        SD(i)=PSA(i)/(2*pi./T(i)).^2;
    end
end

%Seleccion del parametro "a" para la correccion por amortiguamiento
XSI=[0.05 0.10 0.15 0.20 0.25 0.30 0.50 1.00]; %XSI para la interpolacion de "a"

if soil==1
    A=[400 396.9 180.7 117.9 94.0 68.5 36.9 36.9];
    a=interp1(XSI,A,xsi); %Valor de a Interpolado
elseif soil==2
    A=[300 293.1 124.6 76.1 54.3 42.0 22.2 22.2];
    a=interp1(XSI,A,xsi); %Valor de a Interpolado

```

```

elseif soil==3
    A=[200 224.5 98.0 57.1 39.6 30.4 16.1 16.1];
    a=interp1(XSI,A,xsi); %Valor de a Interpolado
end

Bd=zeros(size(T)); %Inicializacion de la variable

%Factor de correccion por amortiguamiento
if xsi<=0.05
    Bd=(0.65+(1-0.65)/(0.05-0.02)*(xsi-0.02));
    Bd=ones(size(T)).*Bd;
else
    Bo=2*((1+xsi)/(1+14.68*xsi^0.865));
    for i=1:length(T)
        Bd(i)=(Bo-(Bo-1)*exp(-a*abs(Beta-0.05)*T(i)))^-1;
    end
end

%Correccion del suelo por amortiguamiento, zona y Mm
PSA=PSA./Bd*Z;
SD=SD./Bd*Z;

end

```

XVI.5 Integrador_ecuacion_estado.m

Programa encargado de calcular la respuesta de un sistema dinámico, lineal, de “n” grados de libertad, ante una señal de excitación de aceleración, utilizando el procedimiento de solución de la ecuación de estado en tiempo discreto, con mantenedor de orden cero.

```

function [dmax,d]=Integrador_ecuacion_estado(M,K,C,registro,dT,g,ri)

%Funcion que entrega la respuesta dinamica lineal de un sistema ante una excitacion de
aceleracion

%M: Matriz de masa (nxn)
%K: Matriz de rigidez (nxn)
%C: Matriz de amortiguamiento (nxn)
%registro: Registro de aceleraciones de suelo (1xj)
%dT: Diferencia de tiempo en el registro de aceleraciones (1x1)
%g: Aceleracion de gravedad (g=1 cuando el registro posee dimension y g=g
ante un registro normalizado por g) (1x1)
%ri: Vector indicador de la masa afecta a la aceleracion de excitacion %(nx1)

%Formacion de la matriz A
A=[zeros(size(M)) eye(size(M));
-M\K -M\C ];

%Formacion del vector B
B=[zeros(size(M,1));
-ri];

%Solucion de la ecuacion de estado de tiempo discreto con mantenedor de orden cero
expA=expm(A*dT);
zero=(A*(expA-eye(size(A))))*B;
d=zeros(size(M,1)*2,size(registro,2)+1); %Definicion del vector de respuesta de
desplazamientos

for i=2:size(d,2)
    d(:,i)=expA*d(:,i-1)+zero.*registro(1,i-1).*g;
end

d=d(1,:); %Mantenemos el desplazamiento eliminando la velocidad
dmax=max(abs(d)); %Maximo desplazamiento

```

end

XVI.6 Spectrum3.m

Programa encargado de realizar el calculo de los espectros de respuesta de pseudo aceleraciones, pseudo velocidades y desplazamientos, de un sistema lineal de 1 grado de libertad, ante una excitacion sísmica de aceleracion dada.

```
function [PSA, PSV, SD, T]=Spectrum3(chi,registro,dT,T,TMAX,dif)

%Funcion que fabrica un espectro de respuesta para un resgistro ingresado,
%considerando un tiempo maximo de resolucio, y una razon de
%amortiguamiento critico constante

%dT: Delta de tiempo considerado en la toma del registro
%chi: Razon de amortiguamiento critico constante considerado para el sistema
%registro: Registro ingresado para la fabricacion del espectro de respuesta
%T: Rango de periodos de estudio
%TMAX: Maximo valor del periodo para el cual esta definido el espectro
%dif:Diferencia minima para considerar 2 periodos como distintos

%Formulacion del nuevo vector de periodos (limitado a TMAX)

T=sort(T); %Se reordena de forma ascendente
T=[T(1,1) T T(1,size(T,2))]; %Se replica la primera y ultima coordenada
TT=T; %Se crea el vector de apoyo
ii=0; %Contador elementos eliminados

for i=2:size(T,2)-1
    if T(1,i-1)<=TMAX
        if (T(1,i-1)+dif>T(1,i))
            TT(1,i-1)=TMAX+1;
            ii=ii+1;
        end
    else
        break
    end
end
clear T; %Se elimina el vector de periodos original
TT=sort(TT); %Se reordena de forma ascendente
T=TT(1,1:i-2-ii); %Se formula el nuevo vector de periodos
clear TT; %Se elimina el vector de apoyo
clear dif; %Se elimina el parametro de apoyo diferencia
clear ii; %Se elimina el contador de eliminaciones

%Vector de periodos en segundos
w=2*pi./T; %Vector de frecuencia angular

M=1; %Masa normalizada por si misma del GDL
K=w.^2/M; %Rigidez normalizada por la masa del GDL
C=2*chi*w; %Amortiguamiento normalizado por la masa del GDL
g=1; %El registro se encuentra en [cm/s2]
ri=1; %Vector de indicador de la masa expuesta a la excitacion de
aceleracion

%Inicializacion de los vectores de los espectros de respuesta

PSA=zeros(1,size(T,2)); %Espectro de respuesta de aceleraciones [cm/s2]
PSV=zeros(1,size(T,2)); %Espectro de respuesta de velocidades [cm/s]
SD=zeros(1,size(T,2)); %Espectro de respuesta de desplazamientos [cm]

%Inicializacion de los vectores de tiempo historia
```

```

d=zeros(size(M,1),size(registro,2)+1); %Definicion del vector de respuesta de
desplazamientos
dmax=0; %Definicion de la coordenada de desplazamiento
maximos

for i=1:size(T,2)
    [dmax,d]=Integrador_ecuacion_estado(M,K(i),C(i),registro,dT,g,ri); %Integrado de
ecuacion de estado
    SD(i)=dmax; %Espectro de desplazamiento
end

PSV=w.*SD; %Espectro de pseudo velocidades
PSA=w.*PSV; %Espectro de pseudo aceleraciones

end

```

XVI.7 Tripart_RR2.m

Programa encargado de realizar una comparación grafica entre dos espectros de respuesta, a través del espectro tripartito. Este programa fue elaborado en su primera versión por el profesor Rafael Riddell Carvajal, para posteriormente ser actualizado para fines de este documento.

```

function Tripart_RR2(T,PSV,PSV2,nPSV,nPSV2,Tit)
%Ploter del espectro tripartito de respuesta de dos señales. Elaborado en su primera
versión por RAFAEL RIDDELL CARVAJAL, actualizado por CARLOS ANDRÉS ARRATE LETELIER 2016
% T: Rango de periodos,
% PSV: Pseudo espectro de velocidad 1,
% PSV2: Pseudo espectro de velocidad 2,
% nPSV: Nombre del pseudo espectro de velocidad 1,
% nPSV2: Nombre del pseudo espectro de velocidad 2,
% Tit: Titulo del grafico

figure
orient tall; clf;
loglog(T,PSV(1,:), 'k',T,PSV2(1,:), 'r', 'Linewidth',1.5); hold on;
legend(nPSV,nPSV2, 'Location', 'SouthOutside');

axis([0.01 100 .1 1000]); axis square; set(gca, 'Ticklength', [.02 .02]);
xbox=[.01 .01 .01 100;100 100 .01 100];
ybox=[.01 1000 .1 .1;.1 1000 1000 1000];

title(Tit, 'FontWeight', 'bold');
xlabel('T[s]', 'fontweight', 'bold');
ylabel('PSV[cm/s]', 'fontweight', 'bold');

text('fontsize',10, 'fontweight', 'bold', 'pos', [.043
224], 'str', 'PSA[cm/s2]', 'rot', +45);
text('fontsize',10, 'fontweight', 'bold', 'pos', [14.5 150], 'str', 'SD[cm]', 'rot', -45);

pi2=pi+pi;
for i=1:3;
    x=pi2*10^(i-3); y1=x*10; y2=10^(-i+4)/pi2;
    line([x;.01], [.1;y1], 'linestyle', ':');
    line([x;100], [.1;y2], 'linestyle', ':');
    line([x;.01], [1000;y2], 'linestyle', '-');
    line([x;100], [1000;y1], 'linestyle', '-');
end
x=pi2*10; y1=x*10; y2=10^(-log10(pi2));
line([x;.01], [.1; y1], 'linestyle', '-');
line([x;.01], [1000;y2], 'linestyle', '-');

for i=1:4;
    x1=pi2*10^(i-3); x2=x1*10^(-1/2); y1=10^(i-1); y2=y1*10^(-1/2);

```

```

z1=10^(-i+3); z2=z1*10^(1/2);
l1=1.15; l2=1.2; l3=1.13; l4=1.28; l5=1.56; l6=1.19; l7=1.42; l8=1.08;
s1=int2str(2*i-4); s2=int2str(2*i-5);
s3=int2str(-2*i+3); s4=int2str(-2*i+4);
if i~=4;
    text('pos',[x1/l1 y1/l2],'str','10','rot',-45);
    text('pos',[x1/l5 z1/l6],'str','10','rot',+45);
    text('fontsize',8,'pos',[x1*13 y1/l4],'str',s1,'rot',-45);
    text('fontsize',8,'pos',[x1/l7 z1*18],'str',s3,'rot',+45);
if i~=1;
    text('pos',[x2/l1 y2/l2],'str','10','rot',-45);
    text('pos',[x2/l5 z2/l6],'str','10','rot',+45);
    text('fontsize',8,'pos',[x2*13 y2/l4],'str',s2,'rot',-45);
    text('fontsize',8,'pos',[x2/l7 z2*18],'str',s4,'rot',+45);
end
end
for j=1:9;
    l9=1.07; if j==1; l9=1.13; end
    x11=x2*j^(1/2); x12=x11/l9; y11=y2*j^(1/2); y12=y11*19;
    x21=x1*j^(1/2); x22=x21/l9; y21=y1*j^(1/2); y22=y21*19;
    x31=x1*j^(-1/2); x32=x31*19; z11=z1*j^(1/2); z12=z11*19;
    x41=x2*j^(-1/2); x42=x41*19; z21=z2*j^(1/2); z22=z21*19;
    line([x11;x12],[y11;y12],'linestyle','-');
    line([x21;x22],[y21;y22],'linestyle','-');
    line([x31;x32],[z11;z12],'linestyle','-');
    line([x41;x42],[z21;z22],'linestyle','-');
end
hold on
end

```


BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION (2010) *ANSI/AISC 341-10 Seismic provisions for structural steel buildings*, Chicago, Illinois, Estados Unidos de América.

AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION (2010) *ANSI/AISC 360-10 Specification for structural steel buildings*, Chicago, Illinois, Estados Unidos de América.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (2010) *ASCE/SEI 7-10 Minimum Design loads for buildings and other structures*, Reston, Virginia, Estados Unidos de América.

ARRATE, C. (2015) *Proposición de Diseño con Demanda Predictiva NCh 2369, Reuniones del comité de anteproyecto de actualización de la norma NCh 2369.Of2003, Instituto de la Construcción*, octubre 2015, Santiago, Republica de Chile.

BLACK, R. G., WENGER, W. A. B. y POPOV, E. P. (1980) *Inelastic buckling of steel struts under cyclic load reversals, Report No UCB-EERC-80/40*, University of California, Berkeley, Estados Unidos de América.

BLUME, J. (1963) *A structural-dynamic analysis of steel plant structures subjected to the May 1960 chilean earthquakes. Bulletin of the seismological society of america, vol 53, n°2, pp 439-480*, febrero 1963.

BRUNEAU, M. UANG, C. y SABELLI, R. (2011) *Ductile design of steel structures, second edition*. Mc Graw Hill.

CALIFORNIA SEISMIC SAFETY COMMISSION (1996) *ATC 40 1996 Applied technology council 40, proposition 122, seismic retrofit practices improvement program report SSC 96-01*, Redwood City, California, Estados Unidos de América.

CHOPRA, A. (1995) *Dynamics of structures: theory and applications to earthquake engineering*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, Estados Unidos de América.

CHOPRA, A. y McKENNA, F. (2015) Modeling viscous damping in nonlinear response history analysis of buildings for earthquake excitation, *Earthquake engineering & structural dynamics* DOI: 10.1002/eqe.2622, International association for earthquake engineering.

CLOUGH, R.W. y PENZIEN, J. (2003) *Dynamics of structures*. Computers & Structures, Inc. (CSI), 1995 University Ave, Berkeley, California, Estados Unidos de América

CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO (2012) *Documentos Técnicos n°29: Protección sísmica de estructuras, sistemas de aislación sísmica y disipación de energía*, Santiago, Republica de Chile.

CRISAFULLI, F. (2014) *Diseño sismorresistente de construcciones de acero, 4ta edición*. Asociación Latinoamericana del Acero, Santiago, Republica de Chile.

CSI. (2016) *Analysis reference manual, SAP2000® version 18*, Computers & Structures, Inc. (CSI), 1995 University Ave, Berkeley, California, Estados Unidos de América

DOWELL, R. SEIBLE, R. y WILSON, E. (1998) Pivot hysteresis model for reinforced concrete members. *ACI structural journal – technical paper n°95-s55*, Estados Unidos de America, octubre 1998.

FEMA (2003) *FEMA 450, NEHRP Recommended provisions for seismic regulations for new buildings and other structures*, Washington D.C., Estados Unidos de América.

FEMA (2012) *FEMA P-58-1, NEHRP Seismic performance assessment of buildings volume 1 - methodology*, Washington D.C., Estados Unidos de América.

FERNANDEZ-DAVILA, V. y CRUZ, E. (2005) *Generación de sismos artificiales a partir de una caracterización de un conjunto de registros de un sismo real*. Congreso chileno de sismología e ingeniería antisísmica IX, Concepción, Republica de Chile.

FISCHER, T. ÁLVAREZ, M. DE LA LLERA, J.C. y RIDDELL, R. (2002) An integrated model for earthquake risk assessment of buildings, *Engineering Structures* 24 (2002) 979-998.

ILLANES, R. y PEÑA, C (2015) Análisis inelástico de estructuras industriales arriostradas – análisis pos-pandeo de configuración cruz y V invertida. *Memoria Para Optar al Título de Ingeniero Civil*, Universidad Andrés Bello, Santiago, Republica de Chile.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (2003) *NCh 2369.Of2003 Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales*, INN, Santiago, Republica de Chile.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (2009) *NCh 0433.Of1996 mod2009 Diseño sísmico de edificios*, INN, Santiago, Republica de Chile.

INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN (2013) *NCh 2745.Of2013 Análisis y diseño de edificios con aislación sísmica*, INN, Santiago, Republica de Chile.

MEDALLA, M., PEÑA, C., HIDALGO, P., BRAVO, M.E. (2015) Aplicación industrial de riostras de pandeo restringido (BRB) en Chile. *XI Congreso chileno de sismología e ingeniería sísmica ACHISINA*. 18-20 marzo, Santiago, Republica de Chile.

MEDALLA, M., PEÑA, C., HIDALGO, P., BRAVO, M.E. (2015) Disposiciones NCh2369 vs ASCE7 – Aplicación a marcos arriostrados. *XI Congreso chileno de sismología e ingeniería sísmica ACHISINA*. 18-20 marzo, Santiago, Republica de Chile.

MESA, D. (2011) MI 4100 – Pirometalurgia: Fundamentos de metalurgia extractiva, (presentación: introducción etapas y equipos en pirometalurgia), *Universidad de Chile*, Santiago, Republica de Chile.

MONTECINOS, R. (2015) Evaluación de la norma NCh 2369.Of2003: diez años de uso. *XI Congreso chileno de sismología e ingeniería sísmica ACHISINA*. 18-20 marzo, Santiago, Republica de Chile.

NIST (2015) *NEHRP Seismic design technical brief N°11: seismic design of steel buckling-restrained braced frames – A guide for practicing engineers*, applied technology council (ATC), 201 Redwood shores parkway, suite 240, Redwood City, California 94065, Estados Unidos de América.

PEER (2002) *Component testing, stability analysis and characterization of buckling restrained unbonded braces*™, Berkeley, California, Estados Unidos de América.

RED DE COBERTURA NACIONAL DE ACELEROGRAFOS. (2016) Registros de terremotos convenio Universidad de Chile – ONEMI (Chile), *Pagina web: <http://www.renadic.cl/>*, Santiago, Republica de Chile.

RIVEROS, G. (2010) MI 4100 – Pirometalurgia: Fundamentos de metalurgia extractiva (apuntes), *Universidad de Chile*, Santiago, Republica de Chile.

SARAGONI, R. y HART, C. (1974) Simulation of artificial earthquakes. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, vol 2, 249-267 (1974).

STEVENSON, J. (1980) Structural damping values as a function of dynamic response stress and deformation levels. *Nuclear engineering and design n°60*, pp 211-237, 1980.

TANG, X. y GOEL, S. C. (1989) Brace fractures and analysis of phase I structure, *Journal of structural engineering*, ASCE, Vol. 115, pp.1960-1976.

VIGNOLA, R. y ARCE, E. (1960) Behavior of a steel plant under major earthquakes. *Proceedings second world conference on earthquake engineering*, Japón, July 1960.

ZAREIAN, F. y MEDINA, R. (2010) A practical method for proper modeling of structural damping in inelastic, *Computers & Structures* 88 pag. 45-53, *Computers & Structures, Journal*.