



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022

Presentado por:

Bach. Yanquirimachi Rojas Mario Clemente

Para Optar el Título Profesional de

Ingeniero Civil

Asesor:

Dr. Ing. Pezo Zegarra Eliot

CUSCO - PERÚ

2022



AGRADECIMIENTOS

A mi asesor Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra por brindarme un apoyo desinteresado y confianza en mi persona, gracias al compromiso de asesoría se ha logrado culminar esta investigación.

Al Ph. D Ing. Luis Miguel Bozzo Rotondo por brindarme facilidades de acceso a la información y absolución de consultas relacionadas con los Dispositivos Shear Link Bozzo.

A mi abuela Vicentina Huanca Davalos y tía Ingrith Yanquirimachi Huanca por brindarme la facilidad de acceso a la recolección de información para la elaboración de la tesis.

A mis amigos de la universidad y entorno social, que apoyaron de alguna forma en la elaboración de esta investigación.



DEDICATORIA

A Jesucristo Dios Nuestro Señor

Por brindarme salud mental y física durante
todo el transcurso de mi vida.

A Mis Padres

Marina Rojas Ciprian y Erasmo Mario

Yanquirimachi Rojas

Por formarme desde un inicio como persona y
brindarme amor incondicional hasta el día de
hoy.

A Mi Hermana

Katy Yanquirimachi Rojas

Por ser gentil no solo conmigo y mis padres,
brindando siempre su apoyo desinteresado.



ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	2
1.1.1. Ubicación Geográfica.....	2
1.1.2. Ámbito de Influencia Teórica.....	4
1.2. Formulación del Problema.....	4
1.2.1. Descripción del Problema.....	4
1.2.2. Problema General.....	6
1.2.3. Problemas Específicos.....	6
1.3. Justificación.....	7
1.3.1. Justificación Técnica.....	7
1.3.2. Justificación Social.....	7
1.3.3. Justificación por Vialidad.....	8
1.3.4. Justificación por Relevancia.....	8
1.4. Objetivos de Investigación.....	9
1.4.1. Objetivo General.....	9
1.4.2. Objetivos Específicos.....	9
1.5. Limitaciones de la Investigación.....	10
1.5.1. Primera Limitación: Lugar.....	10
1.5.2. Segunda Limitación: Normativa Utilizada.....	10
1.5.3. Tercera Limitación: Procedencia de Datos.....	11
1.5.4. Cuarta Limitación: Caracterización de la Estructura.....	11
1.5.5. Quinta Limitación: Licencias de Software.....	11
1.5.6. Sexta Limitación: Tipo de No Linealidad.....	12
1.5.7. Séptima Limitación: Incremento de Fuerza Cortante.....	12
1.5.8. Octava Limitación: f^c Seleccionado en el Análisis.....	13



1.5.9.	Novena Limitación: Diafragma Semirrígido.....	13
1.5.10.	Décima Limitación: Propiedades Mecánicas Seleccionadas en el Análisis.	14
1.5.11.	Onceava Limitación: Requerimientos Mínimos de la E.030.....	14
2.	CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	15
2.1.	Antecedentes de la Investigación	15
2.1.1.	Antecedentes Internacionales.	15
2.1.2.	Antecedentes Nacionales.....	16
2.1.3.	Antecedentes Locales.	19
2.2.	Bases Teóricas.....	20
2.2.1.	Peligro Sísmico.....	20
2.2.2.	Filosofía del Diseño Sísmico.....	22
2.2.3.	Análisis Lineal y Diseño Basado en Fuerzas.....	22
2.2.4.	Limitaciones de Códigos Prescriptivos.	24
2.2.5.	Diseño Basado en Desempeño.	26
2.2.6.	Relación Momento Curvatura.	30
2.2.7.	Espectro de Respuesta.	32
2.2.8.	Tipos de Espectro de Respuesta.	33
2.2.9.	Espectro de Diseño.....	35
2.2.10.	Análisis No Lineal de Estructuras de Concreto Armado.....	36
2.2.11.	Dispositivos Shear Link Bozzo.	38
2.2.12.	Modelo de Bouc-Wen.	41
2.2.13.	Aplicación del Modelo de Bouc-Wen	44
2.2.14.	Modelo No Lineal del SLB.	46
2.2.15.	Ciclo de Histéresis.....	47
2.2.16.	Análisis No Lineal Tiempo Historia.....	49
2.2.17.	Curvas de Resonancia.	51
2.3.	Marco Conceptual.	53
2.4.	Hipótesis.....	57
2.4.1.	Hipótesis General.	57
2.4.2.	Hipótesis Especificas.....	58
2.5.	Variables e Indicadores	59
2.5.1.	Identificación de Variables.....	59
2.5.2.	Operacionalización de Variables.....	60
2.5.3.	Matriz de Consistencia.	62
3.	CAPÍTULO III: MÉTODO.....	66
3.1.	Alcance del Estudio.....	66



3.1.1.	Enfoque de la Investigación.....	66
3.1.2.	Nivel de la Investigación.....	66
3.1.3.	Método de la Investigación.....	67
3.2.	Diseño de la Investigación.....	67
3.2.1.	Diseño Metodológico.....	67
3.2.2.	Diseño de Ingeniería.....	68
3.3.	Población.....	70
3.3.1.	Descripción de la Población.....	70
3.3.2.	Cuantificación de la Población.....	70
3.4.	Muestra.....	70
3.4.1.	Descripción de la Muestra.....	70
3.4.2.	Cuantificación de la Muestra.....	71
3.5.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	71
3.5.1.	Método de Muestreo.....	71
3.5.2.	Criterios de Evaluación de la Muestra.....	71
3.5.3.	Criterios de Inclusión.....	72
3.5.4.	Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos.....	72
3.5.5.	Instrumentos de Ingeniería.....	76
3.6.	Validez y Confiabilidad de los Instrumentos.....	77
3.7.	Procedimientos de Recolección de Datos.....	78
3.7.1.	Contraste de Dimensiones In Situ.....	78
3.7.2.	Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido - Esclerómetro Análogo ASTM C-805.....	82
3.7.3.	Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.....	86
3.7.4.	Recolección de Registros Sísmicos Compatibles con Suelo S ₂	88
3.8.	Procedimiento de Análisis de Datos.....	89
3.8.1.	Contraste de Dimensiones In Situ.....	89
3.8.2.	Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido - Esclerómetro Análogo ASTM C-805.....	91
3.8.3.	Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.....	94
3.8.4.	Correlación Esclerómetro Análogo vs Máquina de Compresión.....	96
3.8.5.	Estudios de Eficiencia a Dispositivos Shear Link Bozzo.....	101
3.8.6.	Cálculo de Derivas Máximas de Entrepiso.....	107
3.8.7.	Cálculo de Fuerzas Cortantes Máximas de Entrepiso.....	108
3.8.8.	Cálculo de Aceleraciones Máximas Absolutas.....	109
3.8.9.	Cálculo de Propiedades Dinámicas (Periodos y Frecuencias).....	110



3.8.10.	Cálculo de los Niveles de Desempeño según LATBSDC 2020 y TBI 2017.....	111
4.	CAPÍTULO IV: RESULTADOS	113
4.1.	Resultados Respecto a los Objetivos Específicos	113
4.1.1.	Resultados del Objetivo Especifico N°.1.	113
4.1.2.	Resultados del Objetivo Especifico N°.2.	115
4.1.3.	Resultados del Objetivo Especifico N°.3.	117
4.1.4.	Resultados del Objetivo Especifico N°.4.	119
4.1.5.	Resultados del Objetivo Especifico N°.5.	121
4.2.	Resultados Respecto al Objetivo General.	122
4.2.1.	Comparación de Niveles de Desempeño de la Estructura Sin Incorporación de Disipadores y la Estructura Incorporada Con Disipadores Shear Link Bozzo.	122
4.3.	Otros Resultados del Análisis Dinámico No Lineal	126
4.3.1.	Ciclo Histerético de Link para Sismo Máximo Considerado.	126
4.3.2.	Movimiento de la Estructura / Velocidad vs Desplazamiento.....	128
4.3.3.	Desplazamiento Relativo en el Tiempo para Sismo Máximo Considerado.	130
4.3.4.	Aceleración Absoluta en el Tiempo para Sismo Máximo Considerado.....	132
4.3.5.	Velocidad en el Tiempo para Sismo Máximo Considerado.	134
4.3.6.	Curvas de Resonancia en Desplazamientos Relativos.	137
4.4.	Resultados de la Correlación entre Esclerómetro Análogo vs Máquina de Compresión. ...	138
5.	CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	139
5.1.	Descripción de los Hallazgos Relevantes y Significativos.....	139
5.2.	Limitaciones del Estudio	140
5.3.	Comparación Crítica con la Literatura Existente	141
5.4.	Implicancias del Estudio	141
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	142
6.1.	Conclusiones	142
6.2.	Recomendaciones	145
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	146
8.	ANEXOS.....	152
8.1.	Instrumentos de Recolección de Datos.....	152
8.1.1.	Toma de Datos del Contraste de Dimensiones de Muros No Estructurales.	152
8.1.2.	Toma de Datos del Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido en Probetas Cilíndricas de Concreto.	153
8.1.3.	Toma de Datos del Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido en Elementos Estructurales de la Edificación.	154
8.1.4.	Cálculo del Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido en Probetas Cilíndricas.	155



8.1.5.	Cálculo del Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido en Elementos Estructurales.....	156
8.1.6.	Cálculo del Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.157	
8.1.7.	Acelerogramas Escalados con Spectrum Matching en SeismoMatch.	158
8.1.8.	Espectros de Compatibilidad E.031, Espectros Originales y Espectros Escalados de Registros Sísmicos Tratados con SeismoMatch.....	165
8.1.9.	Consideración Adicional de No Linealidad Geométrica Mediante Efectos P-Delta y P-Delta por Largos Desplazamientos.....	177
8.1.10.	Consideraciones Significativas para Considerar Diafragma Semirrígido.	179
8.2.	Validación de Instrumentos.....	180
8.2.1.	Patrón de Cargas Lateral.	180
8.2.2.	Resistencia Esperada de Materiales.....	181
8.2.3.	Rotula de Plasticidad Concentrada.....	182
8.2.4.	Rigidez Efectiva para Rótula.....	184
8.2.5.	Niveles de Demanda.....	185
8.2.6.	Objetivos de Desempeño.....	186
8.2.7.	Diseño de Disipadores.....	187
8.2.8.	Costo de Disipadores.....	198
8.2.9.	EMS, Planos, Constancias y Solicitudes de Investigación.....	199
8.3.	Recolección de Data Real.....	204
8.3.1.	Cálculo de la Resistencia a la Compresión del Concreto en el Tiempo.	204
8.3.2.	Cálculo de Irregularidades Estructurales.....	206
8.3.3.	Diseño de Diagonales/Arriostres y Conexiones Metálicas.....	216
8.3.4.	Cálculo de Longitud de Rótulas Plásticas.	221
8.3.5.	Factores de Probabilidad Relacionadas con la Acción Sísmica (SLE, DE y MCE).	223
8.3.6.	Perfil Biosísmico de la Edificación en Estudio.	225
8.3.7.	Procedimiento del Análisis No Lineal en ETABS 2019.	229



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Coordenadas UTM de la Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles	2
Tabla 2 Factores de Zonas Sísmicas.....	21
Tabla 3 Coeficientes y Factores de Diseño para Sistemas Resistentes a Fuerzas Sísmicas	25
Tabla 4 Propiedades de los Dispositivos SLB. Acero ASTM A36 ($f_y=2530\text{kg/cm}^2$).....	40
Tabla 5 Softwares Computacionales Utilizados en la Investigación.....	76
Tabla 6 Reducción de Resultados Obtenidos por Esclerómetro y Máquina de Compresión mediante Error Porcentual, Promedio Estadístico y Desviación Estándar.....	99
Tabla 7 Correlación de Resultados Obtenidos por Esclerometro Análogo en Elementos Estructurales	100
Tabla 8 Eficiencias en Términos de Derivas Máximas de Entrepiso para Dirección X e Y mediante NRHA.....	113
Tabla 9 Eficiencias en Términos de Fuerzas Cortantes Máximas de Entrepiso para Dirección X e Y mediante NRHA	115
Tabla 10 Eficiencias en Términos de Aceleraciones Máximas Absolutas para Dirección X e Y mediante NRHA	117
Tabla 11 Eficiencias en Términos de Periodos y Frecuencias mediante NRHA.....	119
Tabla 12 Resultados de Costos en Soles del Suministro e Instalación del Sistema de Disipadores Shear Link Bozzo	121
Tabla 13 Punto de Desempeño Pushover-X Sin Incorporación de SLBs para SLE, DE y MCE.....	122
Tabla 14 Punto de Desempeño Pushover-Y Sin Incorporación de SLBs para SLE, DE y MCE.....	123
Tabla 15 Punto de Desempeño Pushover-X Con Incorporación de SLBs para SLE, DE y MCE.....	124
Tabla 16 Punto de Desempeño Pushover-Y Con Incorporación de SLBs para SLE, DE y MCE.....	125
Tabla 17 Resumen de los Resultados de los Antecedentes Internacionales, Nacionales y Locales y los Resultados de la Investigación Desarrollada.....	139
Tabla 18 Objetivos de Desempeño Sísmico según Visión 2000	142



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de Ubicación de la Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles	3
Figura 2 Vista Externa de la Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles	3
Figura 3 Mapa de Zonificación Sísmica del Perú	21
Figura 4 Diseño Basado en Fuerzas de la Normativa Peruana.....	23
Figura 5 Principio de Igual Desplazamiento	24
Figura 6 Guías de Diseño Basado en Desempeño para Edificios Nuevos	26
Figura 7 Diagrama del Marco Conceptual de la Ingeniería Basada en el Desempeño	27
Figura 8 Esquema de los Niveles de Desempeño según SEAOC	29
Figura 9 Objetivos de Diseño Sísmico Basados en Desempeño	29
Figura 10 Modelos del Concreto No Confinado	31
Figura 11 Modelos del Acero.....	31
Figura 12 Gráfico Indicativo del Método de Determinación del Espectro de Respuesta.....	33
Figura 13 Espectros de Aceleración Espectral para Distintos Valores del Factor de Amortiguamiento	34
Figura 14 Espectro de Respuesta de Ductilidad Constante para Sistemas Elastoplásticos y Movimiento del Terreno"; $\mu=1,1.5,2,4$ y 8 ; $\xi=5\%$ ".....	35
Figura 15 Representación Gráfica de los Resultados del Método del Espectro de Capacidad (CSM)	36
Figura 16 Geometría del Disipador Shear Lin Bozzo	38
Figura 17 Características Generales del Disipador Shear Lin Bozzo.....	39
Figura 18 Modelo de Bouc-Wen.....	42
Figura 19 Modelo Bouc-Wen para Amortiguadores a gran Escala.....	42
Figura 20 Representación Simbólica del Amortiguador según el Modelo Bouc-Wen	44
Figura 21 Partes Presentes en la Formulación del Amortiguador de Bouc-Wen	45
Figura 22 Influencia del Parámetro n en el Ciclo de Histéresis del Amortiguador	45
Figura 23 Propiedad de Wen.....	46
Figura 24 Relaciones de Fuerza-Deformación para Componentes Estructurales de Concreto Reforzado	47
Figura 25 Prototipo Shear Link Trabajando en Modo por Flexión Superando Capacidad de Corte....	48
Figura 26 Calibración de Curva Histerética en ANSYS (Rojo) vs Experimento Laboratorio (Azul) .	48
Figura 27 Variación en el Tiempo de la Velocidad por NRHA	49
Figura 28 Análisis No Lineal Tiempo Historia por Integración Directa No Lineal.....	50
Figura 29 Variación en el Tiempo del Desplazamiento Relativo por Excitación Armónica	51
Figura 30 Variación en el Tiempo de la Aceleración por Excitación Armónica	51
Figura 31 Desplazamiento de la Estructura y Rotación del Amortiguador Pendular de Masa Sintonizada en Función de la Relación de Frecuencias Naturales ($\Delta = 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3$) y $\delta = 0.01$	52
Figura 32 (a) Curvas de Bifurcación del Desplazamiento Horizontal de la Estructura y (b) Rotación del Aislador de Base Pendular con $\delta = 0.01$	53
Figura 33 (a) Desplazamiento Horizontal de la Estructura y (b) Rotación del Aislador de Base Pendular con $\delta = 0.1$	53
Figura 34 Contraste de Base y Peralte de Viga	79
Figura 35 Contraste de Largo y Altura de Tabique de Separación	79
Figura 36 Aplicación del Esclerometro Análogo en Probetas Cilíndricas de Concreto.....	82
Figura 37 Distribución de Puntos a Ensayar en los Elementos Estructurales de la Edificación / Eje 683	
Figura 38 Ejemplo del Trazado de Cuadrículas en Inicio y Final de la Longitud de Vigas.....	84
Figura 39 Aplicación del Esclerometro Análogo en Columnas	84



Figura 40 Nivelación de Base Superior con Mezcla Disuelta de Azufre y Agua en Probetas	86
Figura 41 Probeta Cilíndrica P-11 Registrando una Carga de 40900kg y Falla Tipo I.....	87
Figura 42 Página Web del CISMID	88
Figura 43 Acelerogramas Recolectados, 4 Registros del Norte y 7 del Sur.....	88
Figura 44 Ecuación Característica del Esclerometro Análogo Calibrado	92
Figura 45 Correlación Numérica Esclerómetro Análogo vs Máquina de Compresión en Matlab	97
Figura 46 Serie de Fourier de 6 Coeficientes Aplicado a Correlación Numérica en Matlab	98
Figura 47 Regresión Polinomial de Cuarto Grado Aplicado a Correlación Numérica en Matlab	99
Figura 48 Eficiencia de Reducción de Drifts vs Número de Dispositivos SLBs en Dirección X.....	101
Figura 49 Eficiencia de Reducción de Drifts vs Número de Dispositivos SLBs en Dirección Y.....	102
Figura 50 Tendencia Polinomial de 4° para Disipador SLB2 10_5 en Direcciones X e Y.....	103
Figura 51 Tendencia Polinomial de 4° para Disipador SLB2 15_5 en Direcciones X e Y.....	103
Figura 52 Tendencia Polinomial de 4° para Disipador SLB2 20_5 en Direcciones X e Y.....	104
Figura 53 Tendencia Polinomial de 4° para Disipador SLB3 25_9 en Direcciones X e Y.....	104
Figura 54 Tendencia Polinomial de 4° para Disipador SLB3 30_5 en Direcciones X e Y.....	105
Figura 55 Posición Respecto al Nivel de Entrepiso Seleccionado con Inclusión de Dispositivos SLB vs Eficiencia de Reducción de Drifts en Dirección X.....	106
Figura 56 Posición Respecto al Nivel de Entrepiso Seleccionado con Inclusión de Dispositivos SLB vs Eficiencia de Reducción de Drifts en Dirección Y.....	106
Figura 57 Resultados Obtenidos del Parámetro Derivas Máximas de Entrepiso mediante NRHA ...	107
Figura 58 Resultados Obtenidos del Parámetro Fuerzas Cortantes Máximas de Entrepiso mediante NRHA.....	108
Figura 59 Resultados Obtenidos del Parámetro Aceleraciones Máximas Absolutas mediante NRHA	109
Figura 60 Resultados Obtenidos del Parámetro Periodos y Frecuencias mediante NRHA	110
Figura 61 Resultados de la Curva de Capacidad Pushover-Y Con Disipadores SLB.....	111
Figura 62 Método de Linealización Equivalente Mejorada del FEMA 440	112
Figura 63 Resultados de Derivas Máximas de Entrepiso Con y Sin Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo en Dirección X mediante Análisis No Lineal Dinámico	114
Figura 64 Resultados de Derivas Máximas de Entrepiso Con y Sin Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo en Dirección Y mediante Análisis No Lineal Dinámico	114
Figura 65 Resultados de Fuerzas Cortantes Máximas de Entrepiso Con y Sin Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo en Dirección X mediante Análisis No Lineal Dinámico	116
Figura 66 Resultados de Fuerzas Cortantes Máximas de Entrepiso Con y Sin Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo en Dirección Y mediante Análisis No Lineal Dinámico	116
Figura 67 Resultados de Aceleraciones Máximas Absolutas Con y Sin Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo en Dirección X mediante Análisis No Lineal Dinámico	118
Figura 68 Resultados de Aceleraciones Máximas Absolutas Con y Sin Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo en Dirección Y mediante Análisis No Lineal Dinámico	118
Figura 69 Resultados de Periodos Con y Sin Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo mediante Análisis No Lineal Dinámico	120
Figura 70 Resultados de Frecuencias Con y Sin Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo mediante Análisis No Lineal Dinámico	120
Figura 71 Porcentaje del Costo del Suministro e Instalación del Sistema de Disipadores Shear Link Bozzo.....	121
Figura 72 Sectorización de la Curva de Capacidad Pushover-X Sin Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo para SLE, DE y MCE	122



Figura 73 Sectorización de la Curva de Capacidad Pushover-Y Sin Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo para SLE, DE y MCE	123
Figura 74 Sectorización de la Curva de Capacidad Pushover-X Con Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo para SLE, DE y MCE	124
Figura 75 Sectorización de la Curva de Capacidad Pushover-Y Con Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo para SLE, DE y MCE	125
Figura 76 Ciclo Histerético por Cortante y Momento del Link 21 para MCE Pisco 2007 X	126
Figura 77 Ciclo Histerético por Cortante y Momento del Link 17 para MCE Pisco 2007 Y	126
Figura 78 Ciclo Histerético por Cortante y Momento del Link 01 para MCE Pampamarca 2017 X	127
Figura 79 Ciclo Histerético por Cortante y Momento del Link 01 para MCE Pampamarca 2017 Y	127
Figura 80 Movimiento CM del Nivel 05 para MCE Pisco 2007 Dirección X e Y Sin SLBs	128
Figura 81 Movimiento CM del Nivel 05 para MCE Pisco 2007 Dirección X e Y Con SLBs	128
Figura 82 Movimiento CM del Nivel 05 para MCE Pampamarca 2017 Dirección X e Y Sin SLBs	129
Figura 83 Movimiento CM del Nivel 05 para MCE Pampamarca 2017 Dirección X e Y Con SLBs	129
Figura 84 Desplazamiento Relativo en el Tiempo para Sismo Máximo Considerado en Dirección Ux y Uy de Pisco 2007 X y Pisco 2007 Y / Nivel 05	130
Figura 85 Desplazamiento Relativo en el Tiempo para Sismo Máximo Considerado en Dirección Uy y Ux de Pisco 2007 X y Pisco 2007 Y / Nivel 05	130
Figura 86 Desplazamiento Relativo en el Tiempo para Sismo Máximo Considerado en Dirección Ux y Uy de Pampamarca 2017 X y Pampamarca 2017 Y / Nivel 05	131
Figura 87 Desplazamiento Relativo en el Tiempo para Sismo Máximo Considerado en Dirección Uy y Ux de Pampamarca 2017 X y Pampamarca 2017 Y / Nivel 05	131
Figura 88 Aceleración Absoluta en el Tiempo Dirección Ux y Uy de Pisco 2007 / Nivel 05	132
Figura 89 Aceleración Absoluta en el Tiempo Dirección Uy y Ux de Pisco 2007 / Nivel 05	132
Figura 90 Aceleración Absoluta en el Tiempo Dirección Ux y Uy de Pampamarca 2017 / Nivel 05	133
Figura 91 Aceleración Absoluta en el Tiempo Dirección Uy y Ux de Pampamarca 2017 / Nivel 05	134
Figura 92 Velocidad en el Tiempo Dirección Ux y Uy de Pisco 2007 / Nivel 05	134
Figura 93 Velocidad en el Tiempo Dirección Uy y Ux de Pisco 2007 / Nivel 05	135
Figura 94 Velocidad en el Tiempo Dirección Ux y Uy de Pampamarca 2017 / Nivel 05	136
Figura 95 Velocidad en el Tiempo Dirección Uy de Pampamarca 2017 / Nivel 05	136
Figura 96 Comparación Resonancia Estructural en Desplazamientos Relativos Dirección X	137
Figura 97 Comparación Resonancia Estructural en Desplazamientos Relativos Dirección Y	137
Figura 98 Reducción de Muestreo para Aplicación de Correlación en Elementos Estructurales	138
Figura 99 Correlación de Resistencia Obtenida en Elementos Estructurales.....	138



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Acelerograma Escalado de Huaraz 1970 Componente EW y Componente NS.....	158
Anexo 2	Acelerograma Escalado de Lima 1966 Componente EW y Componente NS.....	158
Anexo 3	Acelerograma Escalado de Lima 1974 Componente EW y Componente NS.....	159
Anexo 4	Acelerograma Escalado de Pisco 2007 Componente EW y Componente NS.....	160
Anexo 5	Acelerograma Escalado de Tarucani 2005 Componente EW y Componente NS.....	160
Anexo 6	Acelerograma Escalado de Ccacho 2012 Componente EW y Componente NS.....	161
Anexo 7	Acelerograma Escalado de Caraveli 2017 Componente EW y Componente NS.....	162
Anexo 8	Acelerograma Escalado de Pampamarca 2017 Componente EW y Componente NS.....	162
Anexo 9	Acelerograma Escalado de Santo Tomas 2017 Componente EW y Componente NS.....	163
Anexo 10	Acelerograma Escalado de Viraco-Arequipa 2019 Componente EW y Componente NS.....	163
Anexo 11	Acelerograma Escalado de Pinchollo 2022 Componente EW y Componente NS.....	164
Anexo 12	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Huaraz 1970 EW.....	165
Anexo 13	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Huaraz 1970 NS.....	165
Anexo 14	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Lima 1966 EW.....	166
Anexo 15	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Lima 1966 NS.....	166
Anexo 16	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Lima 1974 EW.....	167
Anexo 17	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Lima 1974 NS.....	167
Anexo 18	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Pisco 2007 EW.....	168
Anexo 19	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Pisco 2007 NS.....	168
Anexo 20	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Tarucani 2005 EW.....	169
Anexo 21	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Tarucani 2005 NS.....	169
Anexo 22	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Ccacho 2012 EW.....	170
Anexo 23	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Ccacho 2012 NS.....	170
Anexo 24	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Caraveli 2017 EW.....	171
Anexo 25	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Caraveli 2017 NS.....	171
Anexo 26	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Pampamarca 2017 EW.....	172
Anexo 27	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Pampamarca 2017 NS.....	172
Anexo 28	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Santo Tomas EW.....	173
Anexo 29	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Santo Tomas NS.....	173
Anexo 30	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Viraco 2019 EW.....	174
Anexo 31	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Viraco 2019 NS.....	174
Anexo 32	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Pinchollo 2022 EW.....	175
Anexo 33	Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Pinchollo 2022 NS.....	175
Anexo 34	Comparación de 4 Espectros SRSS, Espectro Objetivo y Espectro Promedio SRSS.....	176
Anexo 35	Comparación de 7 Espectros SRSS, Espectro Objetivo y Espectro Promedio SRSS.....	176
Anexo 36	Espectro de Capacidad Pushover-Y Con Incorporación de SLBs para MCE Considerando Efectos P-Delta y No Linealidad del Material.....	177
Anexo 37	Comparación Punto de Desempeño Sin y Con Efectos P- Δ Pushover-Y con SLBs (MCE).....	178
Anexo 38	Espectro de Capacidad Pushover-Y Con Incorporación de SLBs para MCE Considerando Efectos P-Delta Largos Desplazamientos y No Linealidad del Material.....	178
Anexo 39	Deflexión Traslacional en X por Análisis Estático-X Lineal y Diafragma Semirrígido....	179
Anexo 40	Deflexión Traslacional en Y por Análisis Estático-Y Lineal y Diafragma Semirrígido....	179
Anexo 41	Patrón de Cargas del Modo Fundamental.....	180
Anexo 42	Resistencias Esperadas de los Materiales.....	181
Anexo 43	Tipos de Modelos para Componentes.....	182



Anexo 44 Parámetros de Modelado y Criterios de Aceptación Numéricos para Procedimientos No Lineales en Vigas de Concreto Armado.....	183
Anexo 45 Valores de Rigidez Efectiva para Vigas, Columnas, Losas Planas y Placas	184
Anexo 46 Sectorización de la Curva de Capacidad	186
Anexo 47 Estados de Daño y Niveles de Desempeño	186
Anexo 48 Diagrama de Flujo de Método de Iteración Directa	187
Anexo 49 Plano Representativo de Links Utilizados (Inclusión de Disipadores Shear Link Bozzo) en Elevación 1 (Nivel 02 y Nivel 03).....	188
Anexo 50 Plano Representativo de Links Utilizados (Inclusión de Disipadores Shear Link Bozzo) en Elevación 6 (Nivel 02 y Nivel 03).....	189
Anexo 51 Plano Representativo de Links Utilizados (Inclusión de Disipadores Shear Link Bozzo) en Elevación C (Nivel 01, 02, 03 y Nivel 04).....	190
Anexo 52 Plano Representativo de Links Utilizados (Inclusión de Disipadores Shear Link Bozzo) en Elevación E (Nivel 01, 02, 03 y Nivel 04)	191
Anexo 53 Plano de Detalle de Disipador Metálico SLB2 15_5 y su Correspondiente Conexión Tipo Peine	192
Anexo 54 Plano de Detalle de Conexión de Arriostamiento (Diagonales Metálicas) y Disipador Metálico SLB2 15_5	193
Anexo 55 Plano de Detalle de Conexión de Arriostamiento (Diagonales Metálicas) y Cartelas	194
Anexo 56 Plano de Detalle de Características Principales del Disipador Metálico SLB2 15_5.....	195
Anexo 57 Vista en Planta de los Ejes Seleccionados para la Incorporación de Dispositivos SLB en la Edificación de 5 Niveles.....	196
Anexo 58 Prediseño de Dispositivos SLB Mediante Iteración Directa	197
Anexo 59 Estudio de Mecánica de Suelos de la Vivienda Multifamiliar de 5 Niveles.....	199
Anexo 60 Constancia de Laboratorio LABSUELOS S.A.C.	200
Anexo 61 Solicitud de Autorización de Recolección de Datos a Propietaria de Vivienda Multifamiliar	201
Anexo 62 Solicitud de Autorización de Recolección de Datos a Ing. Luis Miguel Bozzo Rotondo..	203
Anexo 63 Definición de Link Representativo para Disipadores Shear Link Bozzo, con Modelo de Bouc-Wen y Dirección No Lineal en U2	229
Anexo 64 Criterios de Aceptación Definidos en Link, con Límites de Deformación para Objetivos de Ocupación Inmediata, Seguridad de Vida y Prevención al Colapso	230
Anexo 65 Definición de Propiedades No Lineales en Dirección U2, con Rigidez Inicial, Fuerza de Plastificación, Rigidez Post-Fluencia/Rigidez Inicial, y Exponente de Bouc-Wen	230
Anexo 66 Importación de Dispositivos Shear Link Bozzo mediante Plugin DissipaSLB.....	231
Anexo 67 Modelamiento de Dispositivos SLB mediante Links Importados	231
Anexo 68 Selección de Combinación de Envoltente para Realizar el Prediseño de SLBs mediante Iteración Directa con Plugin DissipaSLB.....	232
Anexo 69 Iteración Directa Manual con Hoja de Cálculo Creada y Verificación de D/C Menor a 1.5 para Correcto Funcionamiento de Dispositivos, Dispositivos SLB2 15_5 Seleccionados para Análisis Lineal y No Lineal.....	232
Anexo 70 Definición de Propiedades Mecánicas del Concreto Esperado $f'c=210\text{kgf/cm}^2$	233
Anexo 71 Definición de Resistencia Esperada del Concreto $f'c=210\text{kgf/cm}^2$	234
Anexo 72 Definición de Propiedades Mecánicas del Acero de Refuerzo Esperado $f'y=4200\text{kgf/cm}^2$	234
Anexo 73 Definición de Resistencia Esperada del Acero de Refuerzo $f'y=4200\text{kgf/cm}^2$	235
Anexo 74 Creación de Resistencias Esperadas para Concreto y Acero Estructural	235



Anexo 75 Selección de Curva Esfuerzo-Deformación de Mander para Concreto Confinado en Sección de Columna C-01, en Función de Área de Refuerzo de Acero	236
Anexo 76 Modelo Histerético de Takeda para Concreto Esperado $f'_c=210\text{kgf/cm}^2$ y Conversión a Usuario de la Curva Esfuerzo-Deformación de Mander para Seleccionar el Concreto Confinado de la Sección de Columna C-01	237
Anexo 77 Modelo Histerético de Kinematic para Acero de Refuerzo Esperado $f_y=4200\text{kgf/cm}^2$...	238
Anexo 78 Rigidez Efectiva para Viga Principal VP-01 0.25m x 0.40m.....	239
Anexo 79 Columna C-01 0.25m x 0.80m Convertido a Sección Designer para Modelo de Fibra	240
Anexo 80 Columna C-02 0.25m x 0.40m Convertido a Sección Designer para Modelo de Fibra	240
Anexo 81 Plano de Distribución Acero de Refuerzo Superior e Inferior en Vigas Principales VP-01 de 0.25m x 0.40m.....	241
Anexo 82 Asignación de Acero de Refuerzo Superior e Inferior en Vigas Principales VP-01 de 0.25m x 0.40m.....	241
Anexo 83 Plano de Distribución Acero de Refuerzo Vertical y Horizontal en Columnas C-01 de 0.25m x 0.80m.....	242
Anexo 84 Acero de Refuerzo Vertical y Horizontal en Columnas C-01 de 0.25m x 0.80m	242
Anexo 85 Definición de Rótula Automática M3 según ASCE 41-13 en Función del Caso PUSH....	243
Anexo 86 Asignación de Rótula Plástica en Distancias Relativas de 0 y 1 Respecto a la Longitud del Frame.....	243
Anexo 87 Generación de Rótulas Automáticas, Conversión a Usuario para Modificación de Propiedades	244
Anexo 88 Asignación de Modelo Histerético de Takeda en Rótulas de Plasticidad Concentrada para Vigas.....	244
Anexo 89 Definición de Rótula de Plasticidad Distribuida o Fibra P-M2-M3 para Columnas	245
Anexo 90 Rótula Controlada por Deformación Fibra P-M2-M3	245
Anexo 91 Asignación de Fibra en Distancias Relativas de 0 y 1 Respecto a la Longitud del Frame .	246
Anexo 92 Generación de Fibras de Concreto y Acero en Sección de Columna C-01	246
Anexo 93 Definición de Caso de Carga de Gravedad No Lineal en Función de Masa Sísmica de la Edificación en Estudio.....	247
Anexo 94 Definición de Caso de Carga PUSH-X (+).....	248
Anexo 95 Asignación de Control de Monitoreo por Desplazamiento en U1 Join 25	249
Anexo 96 Asignación de Múltiples Puntos para Generación de Curva de Capacidad.....	249
Anexo 97 Método de Iteración Escogido de Evento a Evento para Solución de Análisis	250
Anexo 98 Casos de Carga PUSH Generados para Posterior Análisis de Desempeño	250
Anexo 99 Configuración de Unidades según Data de Registro Obtenido cm/seg^2	251
Anexo 100 Importación de Registro Sísmico mediante Formato .txt	251
Anexo 101 Visualización de Gráficos de Acelerograma, Velocigrama y Desplacigrama, Evidencia de Falta de Corrección por Línea Base	252
Anexo 102 Visualización del Espectro de Fourier para Obtención del Rango de Frecuencias a Filtrar del Registro Sísmico.....	252
Anexo 103 Aplicación de Corrección por Línea Base Polinomial Cuadrática y Filtrado, Rango de Frecuencias a Filtrar de 0.1 a 10.0 Hz según Espectro de Fourier	253
Anexo 104 Visualización de Gráficos de Acelerograma, Velocigrama y Desplacigrama con Filtrado y Corrección por Línea Base	253
Anexo 105 Visualización de Gráficos Antes y Después de su Corrección de Ceros.....	254
Anexo 106 Exportación de Data de Tiempo y Aceleración Corregidos para Aplicación de Escalamiento de Registro	254
Anexo 107 Importación de Grupo de Acelerogramas en Función del Step de Tiempo 0.02.....	255



Anexo 108 Visualización de Acelerogramas Importados Componentes EW y NS	255
Anexo 109 Importación de Espectro de Compatibilidad E.031 para Sismo Máximo Considerado ...	256
Anexo 110 Visualización de Espectro de Compatibilidad Importado ZUCS x 1.5	256
Anexo 111 Coincidencia Espectral en Función de 0.2 del Periodo Mínimo Traslacional y 2.0 del Periodo Máximo Traslacional	257
Anexo 112 Definición de 150 Iteraciones y Técnica Algorítmica de Abrahamson.....	257
Anexo 113 Visualización de Convergencia de Acelerogramas Escalados	258
Anexo 114 Visualización de Acelerogramas Originales Antes de Realizar el Espectral Matching ...	258
Anexo 115 Visualización de Acelerogramas Escalados Luego de Realizar el Espectral Matching ...	259
Anexo 116 Espectro de Compatibilidad y Espectros de Respuesta Originales Antes de Realizar el Espectral Matching.....	259
Anexo 117 Espectro de Compatibilidad y Espectros de Respuesta Escalados Luego de Realizar el Espectral Matching.....	260
Anexo 118 Promedio Estadístico de Espectros de Respuesta Escalados Junto a Espectro de Compatibilidad para Sismo Máximo Considerado.....	260
Anexo 119 Importación de Acelerograma Escalado de SeismoMatch	261
Anexo 120 Definición de Funciones Tiempo Historia Componentes EW y NS	261
Anexo 121 Caso de Carga No Lineal Tiempo Historia por Integración Directa Componentes EW y NS Definidos al 0.950 y 0.312 Respectivamente por Combinación SRSS de Espectros de Respuesta Escalados.....	262
Anexo 122 Amortiguamiento de Rayleigh Definidos al 2.5% en Función del Primer y Segundo Modo Traslacional	263
Anexo 123 Parámetros de Integración de Tiempo Definidos mediante Método de Hilber-Hughes-Taylor	264
Anexo 124 Método de Iteración Escogido Iterativo de Evento a Evento para Solución de Análisis .	264
Anexo 125 Acelerogramas Generados para Dirección X y Dirección Y en Sismo Máximo Considerado (MCE) y Sismo de Diseño (DE), 7 Acelerogramas por Dirección y 7 por Nivel de Sismo (MCE y DE)	265
Anexo 126 Combinación de Historias de Respuesta para Acelerogramas Generados (Desplazamientos, Drifts, Cortantes y Momentos).....	265



RESUMEN

Esta investigación abordó el tema de evaluación comparativa del Desempeño Sísmico de una vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles, mediante la incorporación de Disipadores SLB y sin el empleo de ellos, haciendo uso del Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal, ambos métodos de análisis abarcaron solo la No Linealidad del Material. El problema por el cual nace la formulación es a partir de la sismicidad activa presente en el país, así mismo se genera sismicidad a nivel local debido a las fallas geológicas corticales en la región del Cusco, es producto de estas últimas que provocan deformaciones importantes y el consiguiente desprendimiento de energía. La inclusión de herramientas tecnológicas como el caso de los Dispositivos Shear Link Bozzo pretende la disipación de energía de deformación, es decir, la energía que impone el sismo a la estructura mediante deformación será absorbida en gran medida por estos dispositivos y no los elementos estructurales. Se planteó una metodología con un Enfoque de Tipo Cuantitativo, Nivel Descriptivo y Correlacional, Método Hipotético Deductivo y Diseño Metodológico Cuasi Experimental.

De acuerdo con el Análisis Estático No Lineal realizado, se concluye que la estructura sin incorporación de Dispositivos SLB contiene los siguientes Niveles de Desempeño Sísmico: desde Totalmente Funcional para la Dirección X hasta Funcional y Seguridad de Vida para la Dirección Y, ambos evaluados para Sismo de Diseño (DE) y Sismo Máximo Considerado (MCE); mientras que la estructura con incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo contiene un Desempeño Sísmico mayor, siendo estos desde Totalmente Funcional y Funcional para la Dirección X hasta Totalmente Funcional y Funcional para la Dirección Y. Otros resultados obtenidos del Análisis Dinámico No Lineal con un promedio de 11 pares de Acelerogramas para la Dirección X e Y muestran que la Deriva Máxima de Entrepiso de la estructura incorporada con dispositivos con respecto a la sin incorporación tiene una eficiencia de 42.47% y 44.41%. Por otro lado, la Fuerza Cortante Máxima de Entrepiso tiene una eficiencia de 59.73% y 67.69% respectivamente para las Direcciones X e Y. A parte de ello con respecto a las Aceleraciones Máximas Absolutas se tiene un incremento importante de 14.09% en la Dirección X y un 42.04% para la Dirección Y. Los Periodos se vieron reducidos un 48.84%, pero las Frecuencias se vieron aumentadas en un 95.72%. Por último, el costo del Suministro e Instalación del Sistema de Disipadores SLB se encontró dentro del orden del 13.25% del costo total de la edificación.

Palabras Clave: Desempeño Sísmico, Deriva, Fuerza Cortante, Aceleración Absoluta, Periodo y Frecuencia.



ABSTRACT

This research addressed the issue of comparative evaluation of the Seismic Performance of a 5-story reinforced concrete multifamily house, by incorporating SLB Dissipators and without the use of them, using the Nonlinear Static Analysis and Nonlinear Dynamic Analysis, both analysis methods covered only the Nonlinearity of the Material. The problem for which the formulation is born is from the active seismicity present in the country, also seismicity is generated locally due to cortical geological faults in the region of Cusco, it is a product of the latter that cause significant deformations and the consequent release of energy. The inclusion of technological tools such as the Shear Link Bozzo devices aims at dissipating deformation energy, i.e., the energy imposed by the earthquake on the structure through deformation will be absorbed to a large extent by these devices and not by the structural elements. A methodology with a Quantitative Type Approach, Descriptive and Correlational Level, Hypothetical Deductive Method and Quasi Experimental Methodological Design was proposed.

According to the Nonlinear Static Analysis performed, it is concluded that the structure without incorporation of SLB Devices contains the following Seismic Performance Levels: From Fully Functional for Direction X to Functional and Life Safety for Direction Y, both evaluated for Design Earthquake (DE) and Maximum Considered Earthquake (MCE); while the structure with incorporation of Shear Link Bozzo Devices contains a higher Seismic Performance, these being from Fully Functional and Functional for Direction X to Fully Functional and Functional for Direction Y. Other results obtained from the Nonlinear Dynamic Analysis with an average of 11 pairs of Accelerograms for the X and Y Directions show that the Maximum Interstory Drift of the structure incorporated with devices with respect to the one without incorporation has an efficiency of 42.47% and 44.41%. On the other hand, the Maximum Interstory Shear Force has an efficiency of 59.73% and 67.69% respectively for the X and Y directions. In addition, with respect to the Maximum Absolute Accelerations, there is an important increase of 14.09% in the X direction and 42.04% for the Y direction. The Periods were reduced by 48.84%, but the Frequencies were increased by 95.72%. Finally, the cost of Supply and Installation of the SLB Heatsink System was found to be in the order of 13.25% of the total building cost.

Keywords: Seismic Performance, Drift, Shear Force, Absolute Acceleration, Period and Frequency.



Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo

por Mario Clemente Yanquirimachi Rojas



Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra

Fecha de entrega: 29-dic-2022 12:10p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1987324696

Nombre del archivo: Yanquirimachi_Rojas_Mario_Clemente_Tesis_Final.pdf (22.8M)

Total de palabras: 48066

Total de caracteres: 269654



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

²
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022

Presentado por:

Bach. Yanquirimachi Rojas Mario Clemente

²
Para Optar el Título Profesional de

Ingeniero Civil

Asesor:

Dr. Ing. Pezo Zegarra Eliot

CUSCO - PERÚ

2022

Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra



Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE



FUENTES PRIMARIAS

Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

4%

2

[Submitted to Universidad Andina del Cusco](#)

Trabajo del estudiante

3%

3

repositorio.uandina.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.unsch.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

6

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

7

repositorio.urp.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

8

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%



1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La presente investigación abarca una problemática álgida en la región del Cusco, según Vitelmo (2009):

El gran problema de Perú es la construcción informal, gente que construye sus propias viviendas y comercios sin la intervención de un ingeniero y sin cumplir con las normas del código, algunos se refieren a este fenómeno como arquitectura típica o autóctona, el autor la denomina construcción informal, donde simplemente se apila cualquier material disponible sin tener en cuenta los sismos u otras potenciales amenazas. (p. 112)

De acuerdo a este comentario se denota que la gran mayoría de estructuras construidas no contiene evidencias y garantías de calidad en la construcción, puesto que el personal dedicado al trabajo constructivo no toma en cuenta las recomendaciones y parámetros contemplados en las normas y códigos establecidos, llegando a construir estructuras rústicas en base a la experiencia, muchas de estas consideraciones deben tomarse con cuidado en las labores de diseño, reflexionando en cada instante que incidencia tiene sobre el diseño final cualquier decisión en el proceso. No obstante, si bien existe personas que toman en cuenta todo lo estipulado en las normas, las decisiones finales se hacen cada vez más difícil de alcanzar por el uso indiscriminado de software en las actividades de diseño por el propio hecho que se desconoce las bases del problema. Para Gallego y Sarria (2006):

El uso del software en si no es algo negativo, lo negativo es cuando se deja la capacidad de decisión en los algoritmos que lo controlan; con falta de criterio, buen juicio, conocimiento detallado de las variables y experiencia, es prácticamente imposible tener elementos apropiados para un buen diseño de estructuras, ya que el diseño va mucho más allá del cumplimiento estricto de códigos y ecuaciones prescritas. El diseño de una edificación puede cumplir con todos los requerimientos de una norma o código, y al mismo tiempo, estar condenada a tener un comportamiento deficiente y peligroso. (p. 6)

El Perú es un país con sismicidad activa, el cual tiene como procedencia el fenómeno de subducción entre la interacción de la placa de Nazca y la placa Sudamericana. Es en esta última placa donde se presentan las fallas geológicas denominadas como corticales, que generan sismicidad local, la región del Cusco se encuentra en la zona sísmica 2 dentro del mapa de zonificación sísmica de la norma E.030, hasta el momento se tienen registrados un total de 53 fallas geológicas que son fuentes de energía sísmica, también “se ha identificado dos importantes sistemas de fallas activas, que pueden estar relacionados con sismos de diversas



magnitudes ocurridos en los últimos 500 años” (Benavente et al., 2010, p. 762). Entre ellas se puede encontrar las fallas de: Zurite-Huarocondo, Tambomachay, Cusco, Chincheros, Qoricocha, Tamboray, Pachatusan, Urcos, Paucarpata, Amaru, Antahuire, etc.

Esta amenaza de sismicidad producto de las fallas geológicas provocan deformaciones y por consiguiente el desprendimiento de energía sísmica, lo cual genera el fenómeno de movimiento de base en las edificaciones, haciendo que la estructura responda con un movimiento lateral en sentido contrario al del suelo por el efecto propio de inercia. (Becerra & Valencia, 2020, p. 20)

La experiencia de sismos recientes ha puesto en evidencia una importante limitación del enfoque en los Códigos de Diseño Sísmico hasta ahora empleados. Esta disposición obliga a aplicar otro tipo de filosofía de análisis para dotar a la estructura planteada de un sistema seguro a través de la incorporación de Dispositivos de Absorción Sísmica (SLB), así como también comprobar el Desempeño Estructural; puesto que si se emplea únicamente el Análisis Lineal no es posible cuantificar el probable comportamiento de la estructura, cuando sea sometida a acciones sísmicas; ya que el Análisis Lineal simplemente permite limitar el desplazamiento lateral y es lo que primordialmente está basado la Norma E.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones, gracias al Análisis No Lineal se dan los medios para calcular la respuesta estructural más allá del rango elástico, incluyendo el deterioro de la resistencia y de la rigidez asociado con el comportamiento inelástico de los materiales y grandes desplazamientos.

1.1. Planteamiento del Problema

1.1.1. Ubicación Geográfica.

El objeto de investigación es una vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles que está ubicada en la Urbanización Los Jardines N.º01 (Figura 1), se sitúa a una altitud de 3224 msnm, ocupando un área de 144.18 m² y un perímetro de 48.20 m. Se muestra en la Figura 2 la vista externa del edificio y en la Tabla 1 las coordenadas UTM.

- **Distrito:** San Jerónimo
- **Provincia:** Cusco
- **Departamento:** Cusco
- **Altitud:** 3224 msnm

Tabla 1

Coordenadas UTM de la Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles



Coordenada X	Coordenada Y	Zona
8500556.00 m S	187139.00 m E	19 L

Figura 1

Mapa de Ubicación de la Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles



Nota: Google Earth Pro

Figura 2

Vista Externa de la Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles





1.1.2. Ámbito de Influencia Teórica.

La presente tesis se encuentra dentro del Área de Estructuras, específicamente en la parte de Análisis y Diseño Sismorresistente de la Ingeniería Estructural de Edificaciones de Concreto Armado, evaluando el Nivel de Desempeño Sísmico de una estructura con incorporación de Disipadores SLB sometida a cargas incrementales y una serie de registros sísmicos. Aportando de esta forma a investigar nuevas herramientas tecnológicas como es el caso de los Dispositivos de Disipación de Energía, Disipadores Shear Link Bozzo, este dispositivo transforma la energía que impone el sismo a la edificación en energía de deformación en el elemento, siendo absorbida en gran parte por este sistema y liberando a la estructura de energía sísmica, estos dispositivos conllevan a una operación continua después de uno o varios eventos sísmicos, ya que proporciona una mayor capacidad de deformación a rotura y un ahorro de costos en comparación a un sistema tradicional como solución óptima para el Diseño Sismorresistente y Reforzamiento Estructural de edificaciones existentes, así también es la necesidad de incorporar otras metodologías al Análisis Sísmico de estructuras, es decir, incluir el concepto de Análisis por Resistencia junto con el Análisis por Desempeño Sísmico como estrategia de aproximación al comportamiento real de las estructuras.

1.2. Formulación del Problema.

1.2.1. Descripción del Problema.

Según Muñoz Horna, O. (2022) “el Diseño Basado en Fuerzas es el que actualmente rige como estándar obligatorio legal en todo el mundo, es un código prescriptivo que rige en casi todos los Códigos de Diseño Sismorresistente”, el cual hace uso de una demanda sísmica reducida en un modelo matemático lineal de las estructuras. El Diseño Basado en Fuerzas inicia con una demanda, que por lo general se realiza con un Análisis Dinámico Modal Espectral; ya que este análisis permite que cualquier estructura pueda ser diseñado usando los resultados dinámicos por combinación modal espectral, esta demanda inicial, también denominado espectro o envolvente se obtiene de los espectros máximos de los eventos sísmicos regionalizados y zonificados según los territorios, estos espectros elásticos de pseudoaceleración generan mediante un consenso los denominados espectros de diseño, que a través de un promedio estadístico de ellos es que se tiene el espectro suavizado normativo, conjuntamente dividido entre el coeficiente básico de reducción por ductilidad se llega a determinar el espectro inelástico de la norma, que viene dado por la



pseudoaceleración vs el periodo. Ingresando este espectro como demanda para el Análisis Modal Espectral de un edificio se recurre a un modelo lineal, donde la demanda es directamente proporcional al desplazamiento, aumentando y disminuyendo en forma de línea, realizando el Diseño Sismorresistente en un mundo ideal. En ese entender la demanda reducida indica que suceda o pueda suceder una demanda mayor, al aceptar una demanda menor del espectro inelástico es que se acepta que las estructuras sufran y admitan daño incursionando en el rango inelástico para que se tenga capacidad de deformación y una mayor capacidad de resistencia por la propia estructura, sobrerresistencia y ductilidad. Al diseñar de esta forma se espera niveles y objetivos de desempeño plasmados en el Artículo 3 de la Norma Técnica E.030 de Diseño Sismorresistente; pero son niveles basados en el buen comportamiento que se ha tenido, lo cual no se comprueba que así realmente sea, al no comprobarse el desempeño, el tipo de daño aceptable, las pérdidas estructurales quedan en incertidumbre, dejando al código prescriptivo obsoleto en este sentido; ya que no se puede manejar el desempeño de manera implícita. Estas consideraciones de mitigación no toman en cuenta explícitamente que las estructuras puedan sufrir daños significativos y/o pérdidas asociadas a sismos importantes; puesto que ante “el evidente silencio sísmico en la región del Cusco y la falta de liberación de energía desde 1986 podría ocasionar una fuerte sacudida sísmica” (La República, 2019). Dado que no se han realizado pruebas y evaluaciones estructurales en estas condiciones, los problemas de seguridad contra terremotos de gran escala son prácticamente evidentes, por lo que es importante evaluar el desempeño de las estructuras en términos de daño potencial post desastre, es necesario incluir otras metodologías de Análisis en el Diseño Sísmico de estructuras, incluyendo el concepto de Análisis por Resistencia junto al de Análisis por Desempeño Sísmico, también se debe investigar nuevas herramientas tecnológicas como es el caso de los Dispositivos de Disipación de Energía, Disipadores Shear Link Bozzo, este sistema pretende la disipación de energía de deformación, esta energía que impone el sismo en la estructura será absorbida por dispositivos de protección y no por elementos estructurales, dotando así a las estructuras de un mejor Desempeño Sismorresistente, según los autores Bozzo et al. (2019) “los Disipadores SLB para protección sísmica proporcionan dispositivos estándar, combinados entre sí, dan como resultado un potencial muy grande, el costo unitario de estos disipadores es muy económico, con el objetivo de utilizarlos masivamente para afectar significativamente la respuesta estructural”.



1.2.2. Problema General.

- ¿Cuál será el desempeño sísmico que obtendrá la estructura sin incorporación de disipadores y la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo respectivamente, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022?

1.2.3. Problemas Específicos.

- 1) ¿En qué porcentaje varía la deriva máxima de entrepiso de la estructura sin incorporación de disipadores, en relación de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022?
- 2) ¿Cuál es la variación de la fuerza cortante máxima de entrepiso entre la estructura sin incorporación de disipadores y la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022?
- 3) ¿En qué porcentaje varía las aceleraciones máximas absolutas de la estructura sin incorporación de disipadores, en relación de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022?
- 4) ¿Cuál es la variación de las propiedades dinámicas (periodos y frecuencias) de la estructura sin incorporación de disipadores, en relación de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022?
- 5) ¿Cuál es el costo del suministro e instalación del sistema de disipadores Shear Link Bozzo a implementar en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022?



1.3. Justificación

1.3.1. Justificación Técnica.

La presente tesis técnicamente pretende la reducción de derivas o distorsiones de entrepiso mediante la incorporación de un Sistema de Absorción de Energía Sísmica (Disipadores SLB), la cual como consecuencia tendrá el confort de los habitantes o la seguridad de la edificación ante un evento sísmico; puesto que hoy en día existen limitaciones en los códigos prescriptivos, no solo basta multiplicar al espectro por los factores de uso y dividirlo entre factores de irregularidades, castigar al R (coeficiente básico de reducción por ductilidad) no ayuda a diseñar edificios con más fuerza, el problema no es de resistencia, sino de deformaciones y esfuerzos en el rango elástico, si existen zonas muy frágiles, las estructuras tienen que comportarse elásticamente, no se puede permitir que se fisure y haya no linealidad. La investigación se justifica técnicamente puesto que en el desarrollo de la misma se consolidaron aspectos teóricos y prácticos como el de Concreto armado, Ingeniería Sismorresistente y Diseño Estructural de edificaciones, evaluando el Desempeño Sísmico de una estructura sometida a cargas incrementales y una serie de registros sísmicos, plasmando mediante ello resultados y conclusiones en base a un modelo matemático.

1.3.2. Justificación Social.

Con respecto a la justificación social, la investigación denota interés por implementar un sistema seguro a través de la incorporación de Dispositivos de Absorción de Energía (SLB), no habiendo pérdidas humanas y daños estructurales, siendo las labores cotidianas de forma normal pasado un evento sísmico; así mismo, los beneficiarios al término de la investigación también son egresados, estudiantes de posgrado, docentes de la Universidad Andina del Cusco u universidades externas, ingenieros, etc., quienes decidan desarrollar investigaciones en el campo de la ingeniería estructural, profundizando puntos avanzados u otras áreas de conocimiento, del mismo modo, los estudiantes que cursan el pregrado en otras universidades pueden ver este estudio y, en instancia, considerarlo como base para futuras investigaciones. No obstante, el desarrollar una metodología para evaluación del Desempeño Sísmico, con el fin de obtener un diagnóstico estructural con datos auténticos, posibilitarán garantizar una integridad estructural, efectuando mediante ello sugerencias para el reemplazo o reforzamiento de componentes estructurales.



1.3.3. Justificación por Vialidad.

La investigación que se va a hacer es factible por demandar un recurso económico moderado, en cuanto a la disponibilidad de equipos se requirió un esclerómetro análogo para la determinación del índice de rebote para el concreto endurecido, también se necesitó una máquina de compresión para calcular la resistencia real de especímenes cilíndricos de concreto y hallar una correlación entre la lectura del esclerómetro y la máquina de compresión, realizando luego de ello una posterior aplicación a los elementos estructurales de la edificación en estudio, por último se requirió una cinta métrica para el contraste de dimensiones in situ de los elementos estructurales. El acceso a la información es indispensable para la correcta presentación de la tesis, es por ello que se tienen al alcance libros, guías de observación, fuentes bibliográficas relacionadas, recolección de datos, software con licencias educativas, normativas técnicas peruanas, también códigos extranjeros. Al igual que en todo proyecto el tiempo es uno de los factores más importantes y significativos en el cumplimiento de objetivos, es por ende que se comenzó con todo el proceso de experimentación y recolección de resultados el año conformante.

1.3.4. Justificación por Relevancia.

El desarrollo de la presente investigación es de suma relevancia, ya que su aplicación está orientada hacia la Especialización del Análisis Estructural, y los métodos de Análisis Estático No Lineal y Dinámico No Lineal propuestos en este estudio no está cubierto por el Código de Diseño Sísmico actual de Perú E.030. Como consecuencia surgió el menester por la investigación relacionada a la aplicación de esta metodología a un edificio ubicado en la ciudad del Cusco, en muchas circunstancias la mayoría de estas estructuras construidas no contiene evidencias y garantías de calidad en la construcción, puesto que el personal dedicado al trabajo constructivo no toma en cuenta las recomendaciones y parámetros contemplados en las normas y códigos establecidos; y peor aún en metodologías extranjeras que contemplan resultados más eficientes con respecto al comportamiento estructural, llegando a construir estructuras rústicas en base a la experiencia, muchas de estas consideraciones deben tomarse con cuidado en las labores de diseño, la inclusión de Dispositivos Shear Link Bozzo puede mejorar el Desempeño Estructural de las estructuras durante grandes terremotos, en comparación a las estructuras hechas con materiales y mano de obra contraproducentes.



1.4. Objetivos de Investigación

1.4.1. Objetivo General.

- Evaluar comparativamente el desempeño sísmico entre la estructura sin incorporación de disipadores y la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- 1) Determinar el porcentaje de variación de la deriva máxima de entrepiso de la estructura sin incorporación de disipadores, en relación de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.
- 2) Determinar la variación de la fuerza cortante máxima de entrepiso entre la estructura sin incorporación de disipadores y la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.
- 3) Determinar el porcentaje de variación de las aceleraciones máximas absolutas de la estructura sin incorporación de disipadores, en relación de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.
- 4) Determinar la variación de las propiedades dinámicas (periodos y frecuencias) de la estructura sin incorporación de disipadores, en relación de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.
- 5) Determinar el costo del suministro e instalación del sistema de disipadores Shear Link Bozzo a implementar en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.



1.5. Limitaciones de la Investigación

1.5.1. Primera Limitación: Lugar.

La investigación se limitó a una vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles que se encuentra localizada en la Urbanización Los Jardines N.º01 del distrito de San Jerónimo, provincia y departamento del Cusco, pertenece a la zona 02 y tipo de suelo S2 (del EMS), con una categoría C de uso común según la norma E.030. Se escogió este edificio para el estudio; ya que los Disipadores SLB no limitan su uso para estructuras esenciales, es más tienen un ámbito de aplicación grande que además de ser una propuesta económica viable conlleva a su principal función de reducir y disipar el sismo.

1.5.2. Segunda Limitación: Normativa Utilizada.

La investigación se limitó al uso de las siguientes normas, guías y reglamentos:

- *Norma Técnica Peruana E.020 Cargas, 2006*: se utilizó para el metrado de cargas, que se asignaron al modelo mediante cargas distribuidas en vigas y losas.
- *Norma Técnica Peruana E.030 Diseño Sismorresistente, 2018*: se utilizó para construir el espectro normativo mediante los parámetros sísmicos, que se asignaron al modelo como espectro de respuesta.
- *Guía de Análisis y Diseño Utilizando Disipadores Sísmicos Tipo SLB, Luis Bozzo*: se utilizó como base para el Análisis, Diseño y verificaciones no lineales de los Disipadores Sísmicos.
- *An Alternative Procedure for Seismic Analysis and Design of Tall Buildings Located in the Los Angeles Region, 2020*: se utilizó para asignar las propiedades mecánicas esperadas de los materiales en el modelamiento no lineal.
- *TBI Guidelines for Performance-Based Seismic Design of Tall Buildings, 2017*: se utilizó para realizar el control de la respuesta del edificio en base a niveles de demanda propuestos.
- *VISION 2000 A Framework for Performance Based Structural Engineering, 1995*: se utilizó para controlar los Niveles de Desempeño Esperados ante niveles de sismo.
- *ASCE/SEI 41-17 Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings, 2017*: se utilizó para tener en cuenta los efectos del agrietamiento del concreto, mediante la asignación de rigideces efectivas para modelos tipo rotula.



- *AISC 360-10 Specification for Structural Steel Buildings*: se utilizó para realizar el diseño de: resistencia a tracción y compresión de las diagonales metálicas, conexión del arriostramiento y cartela; y pandeo en compresión.
- *AISC 341-16 Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*: se utilizó para realizar el diseño de: detallamiento de la cartela, rotura en tracción de los arriostramientos y soldadura de las planchas de refuerzo.

1.5.3. Tercera Limitación: Procedencia de Datos.

La investigación se limitó a la procedencia de datos y resultados a través de un modelo estructural con la asistencia del software computacional de uso estructural ETABS 2019, ello se realizó en base a los planos proporcionados por la propietaria de la vivienda multifamiliar, para el modelo estructural se realizó un contraste de dimensiones in situ, también una prueba de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto para hallar una correlación con respecto al método de prueba estándar de determinación del índice de rebote del concreto endurecido y poder calibrar de mejor forma las propiedades mecánicas del concreto y modelo en mención.

1.5.4. Cuarta Limitación: Caracterización de la Estructura.

La investigación se limitó a la evaluación de una edificación, esta estructura consta de 5 niveles con un sistema estructural aporticado con vigas rectangulares, columnas dispuestas en ambos sentidos, losa maciza en el primer piso, en los demás pisos superiores se presentan losas aligeradas en una sola dirección, se dispone además de una escalera de dos tramos en interacción con las vigas secundarias de la estructura.

1.5.5. Quinta Limitación: Licencias de Software.

La investigación se limitó al uso de software para modelado y Análisis Estructural de edificaciones (ETABS 2019), softwares para el tratamiento y escalamiento de registros sísmicos (SeismoSignal 2018 y SeismoMatch 2018), también softwares para la creación de scripts de análisis (Mathcad 7.0, Grapher 17 y Matlab 2021), software para el Análisis de Costos & Presupuestos (Delphin Express 2022); por último, software para el detallamiento de planos de detalle (Autodesk Revit 2021), por conveniencia y facilidades de la investigación se optó por recurrir a licencias estudiantiles.



1.5.6. Sexta Limitación: Tipo de No Linealidad.

La investigación se limitó a considerar solo la No Lineal del Material como comportamiento no lineal en los componentes estructurales, no se contempló la No Linealidad Geométrica en vista de que los resultados plasmados en el ítem 8.1.9, con inclusión adicional de efectos P-Delta y P-Delta por Largos Desplazamientos no tuvo variaciones significativas respecto a los resultados que solo albergaron No Linealidad del Material; en ese entender, por cuestiones de ahorro computacional (tiempo de procesamiento, peso del archivo, lectura de resultados, etc.) se evitó considerar este tipo de No Linealidad. Aparte de ello, la NIST (2017) dice:

La no linealidad geométrica puede amplificar otros problemas de convergencia o causar otros nuevos. La conectividad y las liberaciones de los elementos deben verificarse en presencia de no linealidad geométrica. Es posible que no se pretenda que algunos elementos tengan no linealidad geométrica y se debe especificar explícitamente que tengan geometría lineal en esos casos. (p. 5-8)

1.5.7. Séptima Limitación: Incremento de Fuerza Cortante.

La investigación presentó incrementos de fuerza cortante máxima de entrepiso en los niveles donde no se incluyeron Dispositivos SLB, debido al efecto propio de rigidización global de la estructura. Estos dispositivos al albergar rigidez de por medio, incrementan el valor de rigidez lateral de una estructura, llevando a la amplificación de cortante en los niveles donde son acoplados e indirectamente también en los niveles donde no se encuentran presentes. La única diferencia es que en los pisos donde se incluyen los Dispositivos SLB, puede restarse la cortante que absorben los arriostres metálicos y links, teniendo como cortante la del entrepiso contenido solo por elementos verticales, presentando de esta forma reducciones finales de cortante. Según Bozzo Rotondo (2021):

Al incorporar Dispositivos SLB (funcionamiento de rigidizadores) en una estructura en particular, se acorta el periodo estructural (disminuyendo los desplazamientos laterales), es posible que el cortante aumente, pero esto es por el tipo de análisis realizado. De allí que para aprovechar al máximo los beneficios de los dispositivos se recomienda el uso de un Análisis No Lineal Tiempo Historia. En un Análisis Lineal Modal Espectral solo se usa o se beneficia de la reducción de desplazamientos (drifts), aunque los cortantes totales pueden aumentar ligeramente motivo de la mayor rigidez y del hecho de no representar la disipación de energía.



1.5.8. Octava Limitación: $f'c$ Seleccionado en el Análisis.

La investigación se limitó a identificar valores de $f'c$ in situ, a través de una correlación numérica entre los ensayos de resistencia a compresión y esclerómetro análogo. El objetivo de estos trabajos fue encontrar el valor de concreto patrón para ser asumido en el modelo matemático del edificio estudiado, se puede apreciar en el ítem 3.8.4 todo el procedimiento detallado de correlación mencionada. Luego de realizar la correlación se obtuvo un valor promedio $f'c$ de 248.87 kg/cm^2 , este valor se ratifica con la fórmula del cálculo de resistencia a la compresión del concreto en el tiempo, tras 95 días realizado el ensayo de esclerometría se determinó un $f'c$ de 249.84 kg/cm^2 . En vista de los resultados hallados, se asumió para el RSA propiedades mecánicas relacionadas con un concreto patrón de 210 kg/cm^2 , y para el Análisis Estático No Lineal y Dinámico No Lineal propiedades mecánicas de un concreto 273 kg/cm^2 (por ser concreto esperado según guía de Los Ángeles 2020), ratificándose nuevamente con el cálculo de resistencia del concreto en el tiempo en el ítem 8.3.1.2 y el valor correspondiente $f'c$ de 275 kg/cm^2 .

1.5.9. Novena Limitación: Diafragma Semirrígido.

La investigación se limitó a considerar diafragmas semirrígidos en el Análisis Estructural. Según los lineamientos del ASCE/SEI 7-22, precisamente en su capítulo 12.3 denominado “Flexibilidad del Diafragma”, se indica un procedimiento para el cálculo de la condición de diafragma flexible mediante un Análisis Estático Lineal. Los resultados del cálculo mencionado se muestran en el Anexo 39 y Anexo 40, en el cual se evidencia deflexiones mínimas partiendo desde 14.82 mm para el Análisis Estático en Dirección X y 16.93 mm para el Análisis Estático en Dirección Y. Es así que, la consideración de diafragma rígido es solo una simplificación matemática que alberga 3 grados de libertad (U_x, U_y, R_z) , siendo la consideración de diafragma semirrígido como la verdadera representación en cuanto a rigidez dentro del plano, conteniendo 6 grados de libertad $(U_x, U_y, U_z, R_x, R_y, R_z)$. Así mismo, Computers and Structures (2017) dice:

Los diafragmas rígidos tienen infinitas propiedades de rigidez en el plano, por lo tanto, no exhiben deformación de la membrana; mientras que los diafragmas semirrígidos simulan las propiedades y el comportamiento reales de la rigidez en el plano. Para la mayoría de los sistemas de losa de concreto armado, la deformación de la membrana debido a la carga lateral es insignificante, los diafragmas rígidos producen resultados casi idénticos a los de los diafragmas semirrígidos.



1.5.10. Décima Limitación: Propiedades Mecánicas Seleccionadas en el Análisis.

La investigación se limitó a considerar las propiedades mecánicas del concreto y acero según los lineamientos de la Norma Técnica E.060 Concreto Armado. Para el caso particular del acero ASTM A36 se utilizó las propiedades mecánicas de la normativa norteamericana. En el Análisis Dinámico Lineal o RSA se empleó las formulaciones:

- $E_c = 217370.65 \text{ kgf/cm}^2$ Módulo de Elasticidad del Concreto
- $\mu_c = 0.15$ Módulo de Poisson del Concreto
- $E_c = 2 \cdot 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ Módulo de Elasticidad del Acero G°60
- $F_y = 4200 \text{ kgf/cm}^2$ Esfuerzo de Fluencia del Acero G°60
- $F_u = 6300 \text{ kgf/cm}^2$ Esfuerzo Último del Acero G°60
- $E_a = 2038901.92 \text{ kgf/cm}^2$ Módulo de Elasticidad del Acero A36
- $\mu_a = 0.30$ Módulo de Poisson del Acero A36

Para el caso singular del Análisis Estático No Lineal y Dinámico No Lineal, la guía de Los Ángeles (2020) expresado en el Anexo 42 señala que se debe usar las propiedades esperadas de los materiales y no únicamente las propiedades nominales. Siendo así:

- $E_c = 247840.67 \text{ kgf/cm}^2$ Módulo de Elasticidad Esperado del Concreto
- $F_{ye} = 4900 \text{ kgf/cm}^2$ Esfuerzo de Fluencia Esperado del Acero G°60
- $F_{ue} = 7420 \text{ kgf/cm}^2$ Esfuerzo Último Esperado del Acero G°60

1.5.11. Onceava Limitación: Requerimientos Mínimos de la E.030.

La investigación presentó incumplimiento de los requerimientos mínimos de la Norma Técnica E.030 en cuanto es a control de Máximas Distorsiones de Entrepiso o Drifts para ambas direcciones de la edificación, esto último durante el desarrollo del Análisis Estructural RSA en la estructura sin incorporación de Dispositivos SLB; por ende, es sustancial implementar técnicas para un debido reforzamiento estructural, como se muestra a continuación:

- Encamisado con láminas o platinas de fibra de carbono en vigas.
- Ensanchamiento de columnas laterales para trabajar como muros de corte.
- Inclusión de dispositivos de protección sísmica en base a rigidez o amortiguamiento.



2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

➤ **Título: Modeling, Analysis and Seismic Design of Structures Using Energy Dissipators SLB**

Bozzo et al. (2019) presentaron un edificio de concreto armado prefabricado de cinco niveles, denominado edificio SLB. Este edificio fue equipado con 120 Dispositivos SLB pequeños, mostrando su rendimiento al máximo terremoto del Código Sísmico Peruano sin reducción de ductilidad ($R=1$), mediante historia de respuesta no lineal con diez registros sísmicos compatibles con el espectro de suelo S1. En esta estructura, toda la disipación de energía sísmica se concentró en estos dispositivos por lo que no habría daños estructurales. Se llega como conclusión que los Disipadores SLB redujeron los desplazamientos laterales a niveles por debajo del Código Sísmico Peruano. Al mismo tiempo, los niveles de aceleración disminuyeron en altura a solo 0.3g y el coeficiente de cortante en la base se redujo de casi 1.2 a solo 0.12-0.2 (significa un factor R entre 6 y 10 sin daño estructural).

Aporte y Diferencias con la Investigación: Este antecedente brindó aspectos significativos que se tomaron en cuenta, el artículo parte del modelado de componentes, siguiendo por la metodología de diseño iterativo y por último el Análisis No Lineal Tiempo Historia. La investigación difiere del antecedente mencionado debido a la adición y desarrollo del método Análisis Estático No Lineal para la correspondiente evaluación del Nivel de Desempeño Sísmico.

➤ **Título: Respuesta Dinámica en Estructuras de Hormigón Armado con Incorporación de Disipadores de Energía Metálicos Tipo Shear Link Bozzo (SLB)**

Enriquez y Ordoñez (2021) plantearon estudiar y analizar la respuesta dinámica de estructuras existentes de hormigón armado con y sin Disipadores SLB, cumpliendo los requisitos sísmicos establecidos por las normativas sismorresistentes. El problema por el cual nace su formulación es a partir de que en Ecuador existen edificios aporricados que han estado sometidos a cargas dinámicas quedando vulnerables a fallas estructurales y en casos extremos el colapso de las



edificaciones. Se llega como conclusión que el edificio tuvo una mejora en su respuesta dinámica, los Disipadores SLB lograron que el modelo tenga una mejora en el comportamiento, viéndose reflejado al momento de comparar los periodos, al existir una disminución en el mismo, significa que el edificio propio se rigidizó.

Aporte y Diferencias con la Investigación: Este antecedente brindó un aspecto interesante a considerar, tal es el caso de la definición y asignación de links con el Software Dissipa SLB, se utiliza esta herramienta para anexar todos los parámetros de cada uno de los disipadores en pasos simples y sencillos. La investigación difiere del antecedente mencionado debido al desarrollo de los dos métodos no lineales para la Evaluación de la Capacidad Estructural (Análisis No Lineal Estático y Análisis No Lineal Dinámico).

➤ **Título: Análisis Sísmico de Bloque Estructural 4 de UFA-ESPE con Disipadores de Energía Shear Link Bozzo**

Aguiar et al. (2016) plantearon la incorporación de Disipadores Shear Link Bozzo, SLB de segunda generación al bloque estructural 4, orientado al Análisis Sísmico Espectral. Se presentó con bastante detalle el Análisis Sísmico, considerando dos espectros: Diseño (DBE) y Máximo Considerado (MCE). Los resultados obtenidos muestran que el bloque estructural 4 es una estructura muy irregular en planta y elevación, por lo que se decidió incorporar Dispositivos SLB para incrementar el amortiguamiento inherente que tiene la estructura, con esto se consiguió que las derivas de piso no sobrepasen el 0.25% tanto para DBE y MCE.

Aporte y Diferencias con la Investigación: Este antecedente brindó principalmente en forma didáctica el marco teórico necesario para el Análisis Sísmico de estructuras con Disipadores SLB, todo ello a través del método espectral que se encuentra plasmado en la mayoría de códigos prescriptivos. La investigación difiere del antecedente mencionado en vista de que se realizó la aplicación de guías norteamericanas como Los Ángeles 2020, TBI 2017 y ASCE/SEI 41-17.

2.1.2. Antecedentes Nacionales.

➤ **Título: Desempeño Sísmico de un Hospital de Concreto Armado con Disipadores “SLB” Shear Link Bozzo en la Zona Sísmica 4**

Cervantes y Albrizzio (2020) a través de su investigación analizaron el Desempeño Sísmico de un hospital de concreto armado con Disipadores Shear Link



Bozzo. El problema por el cual nace su formulación es a partir del silencio sísmico acumulado en la zona sísmica 4 y ante un eventual sismo de gran magnitud los establecimientos de salud quedarían sin operatividad por falta de atención presentada en el sistema de salud ante la pandemia del Covid-19. La metodología utilizada es de tipo cuantitativo con un diseño no experimental. Los resultados obtenidos muestran que el sistema de protección sísmica con Disipadores SLB cumplió el objetivo deseado de operación inmediata en estructuras esenciales, demostrándose mediante la reducción de derivas de entrepiso. Además, las aceleraciones disminuyeron significativamente mediante la flexibilidad y ductilidad en la plastificación del SLB, se evidenció también la reducción de periodos, lo que indica que se cumplió el concepto de sistema rígido-flexible, absorbiendo gran cantidad de esfuerzos y mitigando los posibles daños.

Aporte y Diferencias con la Investigación: Este antecedente brindó primordialmente una base metodológica y teórica, se tomaron de ella diversos parámetros para el Desempeño Sísmico con Disipadores Shear Link Bozzo mediante Análisis Estático y Dinámico No Lineal y su correcta aplicación dentro del contexto escogido como estudio. La investigación difiere del antecedente mencionado en vista de que se desarrolló una Evaluación por Desempeño con registros sísmicos compatibles con el suelo tipo S2 para zona sísmica 2 de Perú.

➤ **Título: Análisis No Lineal Estático y Dinámico de un Edificio de Concreto Armado con Disipadores de Energía SLB en la Ciudad de Chiclayo**

Chuquicahua Zelada (2020) planteó conocer y comparar el comportamiento sísmico de un edificio de concreto armado con Disipadores SLB, obtenido mediante los métodos de Análisis No Lineal Estático y Dinámico en la ciudad de Chiclayo. El problema por el cual nace su formulación es a partir de que la norma peruana de Diseño Sismorresistente considera un solo nivel de intensidad de sismo para el propio diseño y por ende causa incertidumbre sobre el comportamiento sismorresistente respecto a demás intensidades existentes. La metodología utilizada en esta investigación es de tipo descriptivo con un diseño transeccional descriptivo. Se llega como conclusión que la estructura requirió disipadores con menos capacidad de fuerza cortante en los pisos superiores a diferencia de los primeros pisos; con respecto a los desplazamientos del Análisis Dinámico Lineal fueron casi 2 veces menor a los encontrados por el Análisis Estático No Lineal; y, por último,



los dispositivos disiparon una cantidad de energía de 45% a 40% en las direcciones X e Y respectivamente.

Aporte y Diferencias con la Investigación: Este antecedente brindó algunos resultados a considerar para la formulación de las hipótesis específicas planteadas, además que dentro de la tesis mencionada se desarrolló un estudio del módulo elástico del concreto para la calibración de las propiedades mecánicas del concreto, lo cual es un aspecto interesante que se tomó en cuenta. La investigación difiere del antecedente mencionado a causa de que para el modelamiento no lineal de los componentes estructurales se consideró las recomendaciones proporcionadas por la NIST 2010, NIST 2017 y ASCE/SEI 41-17.

➤ **Título: Comparación de la Respuesta Estructural entre una Edificación de 8 Pisos con Disipadores SLB y la Edificación Convencional**

Manrique Aguirre (2021) a través de su investigación realizó el Diseño y Análisis Sísmico de una estructura convencional y una estructura implementada con Disipadores SLB, conjuntamente a ello realizó las comparaciones de deriva de entrepiso, desplazamientos y periodos. El problema por el cual nace su formulación es que la mayoría de estructuras del Perú y del departamento de Arequipa poseen un alto riesgo sísmico a causa de que el país entero se ubica dentro del cinturón de fuego del Pacífico, por ende, los eventos sísmicos no quedan de lado. Se llega como conclusión que el periodo en la estructura con Disipadores SLB aumento en el eje X un 3.5%, en el eje Y un 2.4% y en torsión un 3.5% respecto de la edificación con muros de concreto armado; la deriva en la estructura con Disipadores SLB se redujo en el eje X un 24% y en el eje Y un 18% respecto de la edificación con muros de concreto armado, finalmente se obtuvo una reducción de la fuerza cortante basal de la edificación convencional con disipadores del 21%; y una reducción de la edificación base con disipadores del 18%.

Aporte y Diferencias con la Investigación: Este antecedente proveyó algunos resultados que se consideraron para las hipótesis específicas, así mismo se brindaron resultados de reducción de cantidad de acero en vigas y muros estructurales, y aumentos de acero en columnas, todo ello en forma porcentual debido a la incorporación de los Disipadores SLB. La investigación difiere del



antecedente mencionado a causa de que el Análisis Estructural se llevó a cabo en el rango No Lineal, tanto para componentes estructurales como para Dispositivos SLB.

2.1.3. Antecedentes Locales.

➤ **Título: Evaluación del Desempeño Sismorresistente de la Institución Educativa N°50217 de la Comunidad Umachurco - San Salvador, Aplicando el Método de Análisis Estático No lineal de Cedencia Sucesiva (Pushover)**

Cumpa y Quispe (2019) a través de su investigación determinaron el Nivel del Desempeño de la estructura de la Institución Educativa N°50217 de la comunidad de Umachurco. El problema por el cual nace su formulación es a partir del silencio sísmico en la región del Cusco. La metodología utilizada es de tipo cuantitativo con un nivel descriptivo y diseño cuasi experimental. Los resultados obtenidos muestran que en el documento FEMA 356 se establece que para el Sismo de Servicio la estructura debe tener un Nivel de Desempeño de Ocupación Inmediata, para el Sismo de Diseño un nivel de Ocupación Inmediata y para el Sismo Máximo un nivel de Cerca al Colapso, se verificaron las dos primeras y la tercera quedó descartada; mientras tanto en el documento del ATC 40 se dispone que para el Sismo Ocasional la estructura debe tener un Nivel de Desempeño de Ocupación Inmediata, para el Sismo Raro un nivel de Seguridad de Vida y para el Sismo Muy Raro un nivel de Seguridad de Vida, se llegó a cumplir con los tres lineamientos.

Aporte y Diferencias con la Investigación: Este antecedente brindó una base metodológica y teórica, ya que se tomaron de ella diversos parámetros para el Análisis Estático No Lineal. La investigación difiere del antecedente mencionado puesto que para realizar el control de la respuesta del edificio en base a niveles de demanda propuestos se utilizó la guía de Los Ángeles 2020 y el TBI 2017, mas no el FEMA y el ATC.

➤ **Título: Evaluación Comparativa de la Respuesta Sísmica del Pabellón de Ingeniería de la UAC, Sin y Con Aisladores de Base y Amortiguadores de Fluido Viscoso Sometidos a Vibraciones Aleatorias**

Becerra y Valencia (2020) a través de su investigación realizaron una evaluación comparativa del movimiento de cuerpo rígido entre una estructura de base fija, base aislada con LRB y base aislada con LRB incorporada con amortiguadores de fluido viscoso mediante Análisis Tiempo Historia. El problema



por el cual nace su formulación es a partir de las fallas corticales que generan sismicidad local en la ciudad del Cusco. La metodología utilizada es de tipo cuantitativo con un nivel descriptivo y diseño cuasi experimental. Los resultados obtenidos muestran que la estructura incorporada con aislador elastomérico con núcleo de plomo es el más próximo a simular un movimiento de cuerpo rígido (mayor desplazamiento absoluto hasta en un 1499.79% en el eje X y 1208.80% en el eje Y; y reducción del desplazamiento relativo hasta en un 80.79% en el eje X y 70.66% en el eje Y).

Aporte y Diferencias con la Investigación: Este antecedente brindó una base metodológica que se tomó para la formulación de las hipótesis, precisamente los lineamientos del resumen de resultados de antecedentes nacionales e internacionales presentado en el capítulo de discusión, de los cuales se encuentra rangos de desplazamientos relativos máximos, fuerzas cortantes máximas y aceleraciones absolutas. La investigación difiere del antecedente mencionado puesto que el Análisis Estructural propio se realizó con Disipadores SLB, caso muy distinto respecto de los aisladores y amortiguadores de fluido viscoso.

2.2. Bases Teóricas.

2.2.1. Peligro Sísmico.

Para los autores Castillo y Alva (1994):

El peligro sísmico queda definido como la probabilidad de que en un lugar determinado acontezca un movimiento sísmico de una intensidad igual o mayor que un valor fijado. La ocurrencia de un evento sísmico por lo general es de carácter aleatorio y se aplica la teoría de probabilidades para el análisis de riesgo de su ocurrencia. (p. 6)

En el Capítulo II denominado Peligro Sísmico de la Norma Técnica Peruana E.030 de Diseño Sismorresistente:

Se considera al territorio nacional dividido en cuatro zonas. La zonificación que se propone está basada principalmente en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación consiguiente de estos con la distancia epicentral. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, p. 12)

Figura 3

Mapa de Zonificación Sísmica del Perú



Nota: Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018, p. 12)

A cada zona sísmica presentada en la Figura 3 se le asigna un factor Z, según se aprecia en la Tabla 2. “Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, p. 13).

Tabla 2

Factores de Zonas Sísmicas

Factores de Zona “Z”		
Zona	Z	
4	0.45	
3	0.35	
2	0.25	
1	0.10	



Nota: Adaptado de Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente (2018, p. 13)

2.2.2. Filosofía del Diseño Sísmico.

El resultado que se espera al aplicar el código prescriptivo se manifiesta en el mismo en forma de Objetivos de Desempeño Esperados o Filosofía del Diseño, en el Capítulo I denominado Disposiciones Generales, específicamente en el Artículo 3 de la Norma Técnica Peruana E.030 de Diseño Sismorresistente.

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018):

Se reconoce que dar protección completa frente a todos los sismos no es técnica ni económicamente factible para la mayoría de las estructuras. En concordancia con tal filosofía se establecen en la presente Norma los siguientes principios:

- a) La estructura no debería colapsar ni causar daños graves a las personas, aunque podría presentar daños importantes, debido a movimientos sísmicos calificados como severos para el lugar del proyecto.
- b) La estructura debería soportar movimientos del suelo calificados como moderados para el lugar del proyecto, pudiendo experimentar daños reparables dentro de límites aceptables.
- c) Para las edificaciones esenciales, definidas en la Tabla N°5 de la norma E.030 Diseño Sismorresistente, se debería tener consideraciones especiales, orientadas a lograr que permanezcan en condiciones operativas luego de un Sismo Severo. (p. 9)

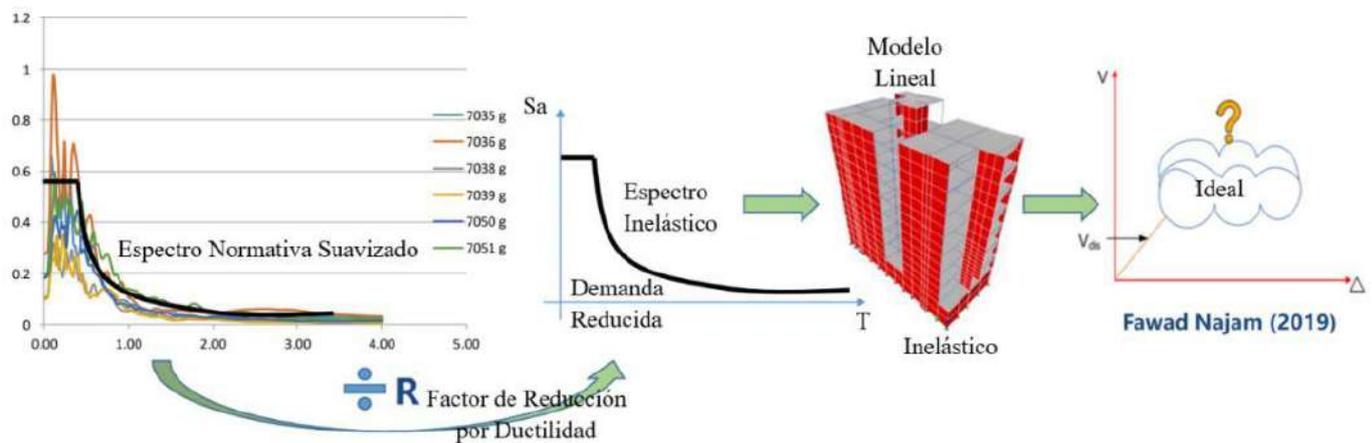
Estos Objetivos de Desempeño son basados en el buen comportamiento que se ha tenido, el cual está basado en cumplir con la deriva normativa y el diseño por capacidad; sin embargo, no se comprueba que así realmente sea ya que son Objetivos de Desempeño manejados de forma implícita.

2.2.3. Análisis Lineal y Diseño Basado en Fuerzas.

Según Muñoz Horna, O. (2021), “El Diseño Basado en Fuerzas (DBE) es el que actualmente rige como prescriptivo en todos los Códigos de Diseño Sismorresistente, los cuales hacen uso de una demanda sísmica reducida en un modelo matemático lineal de estructuras”. Se contempla en la Figura 4 el DBE que rige el código peruano.

Figura 4

Diseño Basado en Fuerzas de la Normativa Peruana



Nota: Adaptado de Muñoz Horna, O. (2021)

Para el autor Huamani Camargo (2020):

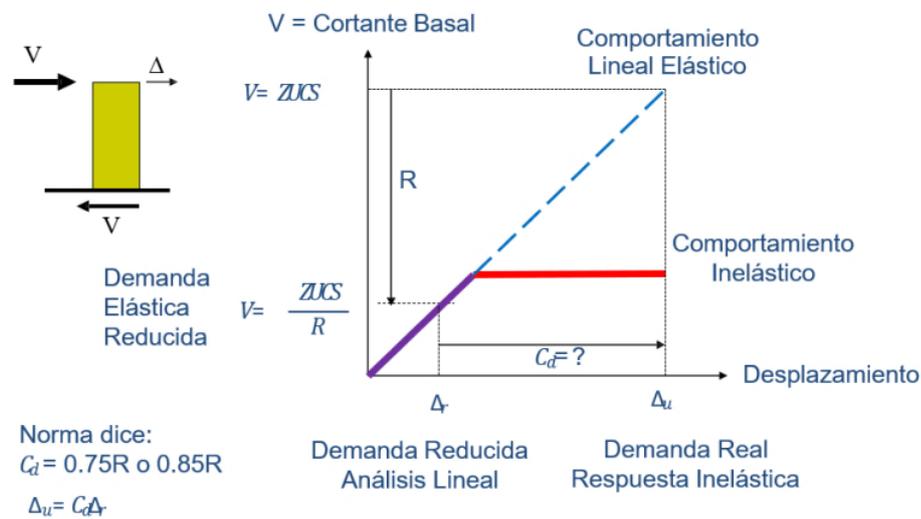
El Diseño Basado en Fuerzas aparece en la mayoría de normativas sísmicas, se conoce las fuerzas, pero no el desplazamiento. Sus limitaciones son las siguientes:

- Trabaja en el rango elástico lineal (estructura podría estar inelástica).
- Considera la rigidez independiente de la resistencia.
- Considera erróneamente que para cada curvatura de fluencia se tiene una diferente resistencia, es decir asume que la capacidad de desplazamiento elástico es proporcional a la resistencia (acero de refuerzo).
- Lo correcto es que la curvatura de fluencia no depende de la resistencia.

Las normas convencionales están basadas en el principio de igual desplazamiento para el comportamiento Lineal Elástico. Se aprecia en la Figura 5 el Principio de Igual Desplazamiento explicado de una forma más detallada, se denota la Reducción del Cortante Basal [ZUCS] entre el Coeficiente de Reducción por Ductilidad [R] para la obtención de una Demanda Reducida, multiplicada posteriormente por un Coeficiente de Sobrerresistencia [C_d], que contempla el 0.75R o 0.85R según sea el caso para edificios que presentan o no irregularidades estructurales, se consigue finalmente una Demanda Real para Respuesta Inelástica y Control de Distorsiones de Entrepiso, todo ello mediante la metodología de Análisis Lineal Elástico.

Figura 5

Principio de Igual Desplazamiento



Nota: Huamaní Camargo (2020)

2.2.4. Limitaciones de Códigos Prescriptivos.

Para el autor Vitelmo Bertero (2009):

El gran problema de Perú es la construcción informal, gente que construye sus propias viviendas y comercios sin la intervención de un ingeniero y sin cumplir con las normas del código. Algunos se refieren a este fenómeno como arquitectura típica, autóctona o construcción informal. Simplemente apilan cualquier material disponible sin tener en cuenta los sismos u otras potenciales amenazas. También el autor menciona que los Códigos Sísmicos Modernos, que intentan reflejar grandes avances en conocimiento y entendimiento de una manera muy simple, no son transparentes sobre el nivel esperado de comportamiento o respuesta del sistema completo. (p. 112)

Hoy en día existe limitaciones en los coditos prescriptivos, casos que necesitan hacer algo más que solo un diseño convencional. Tal es el caso del ASCE 7-16 en su Tabla 12.2-1 expresado en la Tabla 3, que define al edificio alto como aquel que sobrepasa los 160ft (48 a 50 m) de altura y no permite el uso de sistemas convencionales. Al ser un sistema de muros de concreto armado con reforzamiento especial según el sistema estructural, y designado los 160ft como altura máxima de la estructura según la categoría de Diseño Sísmico, los 17 pisos de promedio quedan muy reducidos, sabiendo que hoy en día en Perú y demás países internacionales se construyen edificios con alturas mayores.



Tabla 3

Coefficientes y Factores de Diseño para Sistemas Resistentes a Fuerzas Sísmicas

Seismic Force-Resisting System	ASCE 7 Section Where Detailing Requirements Are Specified	Response Modification Coefficient, R^a	Overstrength Factor, Ω_0^b	Deflection Amplification Factor, C_d^c	Structural System Limitations Including Structural Height, h_n (ft) Limits ^d				
					Seismic Design Category				
					B	C	D ^e	E ^e	F ^f
A. BEARING WALL SYSTEMS									
1. Special reinforced concrete shear walls ^{g,h}	14.2	5	2½	5	NL	NL	160	160	100
2. Ordinary reinforced concrete shear walls ^g	14.2	4	2½	4	NL	NL	NP	NP	NP
3. Detailed plain concrete shear walls ^g	14.2	2	2½	2	NL	NP	NP	NP	NP
4. Ordinary plain concrete shear walls ^g	14.2	1½	2½	1½	NL	NP	NP	NP	NP
5. Intermediate precast shear walls ^g	14.2	4	2½	4	NL	NL	40 ⁱ	40 ⁱ	40 ⁱ
6. Ordinary precast shear walls ^g	14.2	3	2½	3	NL	NP	NP	NP	NP
7. Special reinforced masonry shear walls	14.4	5	2½	3½	NL	NL	160	160	100
8. Intermediate reinforced masonry shear walls	14.4	3½	2½	2¼	NL	NL	NP	NP	NP
9. Ordinary reinforced masonry shear walls	14.4	2	2½	1¾	NL	160	NP	NP	NP
10. Detailed plain masonry shear walls	14.4	2	2½	1¾	NL	NP	NP	NP	NP
11. Ordinary plain masonry shear walls	14.4	1½	2½	1¼	NL	NP	NP	NP	NP
12. Prestressed masonry shear walls	14.4	1½	2½	1¾	NL	NP	NP	NP	NP
13. Ordinary reinforced AAC masonry shear walls	14.4	2	2½	2	NL	35	NP	NP	NP
14. Ordinary plain AAC masonry shear walls	14.4	1½	2½	1½	NL	NP	NP	NP	NP
15. Light-frame (wood) walls sheathed with wood structural panels rated for shear resistance	14.5	6½	3	4	NL	NL	65	65	65
16. Light-frame (cold-formed steel) walls sheathed with wood structural panels rated for shear resistance or steel sheets	14.1	6½	3	4	NL	NL	65	65	65
17. Light-frame walls with shear panels of all other materials	14.1 and 14.5	2	2½	2	NL	NL	35	NP	NP
18. Light-frame (cold-formed steel) wall systems using flat strap bracing	14.1	4	2	3½	NL	NL	65	65	65
B. BUILDING FRAME SYSTEMS									
1. Steel eccentrically braced frames	14.1	8	2	4	NL	NL	160	160	100
2. Steel special concentrically braced frames	14.1	6	2	5	NL	NL	160	160	100
3. Steel ordinary concentrically braced frames	14.1	3¼	2	3¼	NL	NL	35 ^j	35 ^j	NP ^j
4. Special reinforced concrete shear walls ^{g,h}	14.2	6	2½	5	NL	NL	160	160	100
5. Ordinary reinforced concrete shear walls ^g	14.2	5	2½	4½	NL	NL	NP	NP	NP
6. Detailed plain concrete shear walls ^g	14.2 and 14.2.2.7	2	2½	2	NL	NP	NP	NP	NP

Nota: ASCE/SEI 7-16 (2017, p. 90)



2.2.5. Diseño Basado en Desempeño.

Los autores Cumpa y Quispe (2019) indican que:

El Diseño Estructural Basado en Desempeño consiste esencialmente en seleccionar los criterios de evaluación apropiados para dimensionar y detallar los elementos estructurales y no estructurales de modo que el daño a estos elementos en varios niveles de demanda sísmica no exceda un estado de daño definido. La SEAOC precisamente en el libro azul establece que las estructuras no deben dañarse cuando se registran movimientos sísmicos de bajo nivel, no deben sufrir daño estructural en movimientos sísmicos de nivel moderado, pero es probable que se dañen los elementos no estructurales, y que en grandes movimientos sísmicos las estructuras pueden presentar daños considerables en los elementos estructurales y no estructurales; sin embargo, no deben colapsar. (p. 44)

“El Nivel de Desempeño es una expresión de la extensión máxima del daño en un edificio, teniendo en cuenta la condición y el contenido de los elementos tanto estructurales como no estructurales, y vinculándolo con el funcionamiento del edificio” (Merino Zelada, 2014, p. 9).

En la Figura 6 se contempla las guías norteamericanas de Análisis y Diseño Basado en Desempeño. Según Muñoz Horna, O. (2021):

Las guías de Diseño Basado en Desempeño están hechas pensando en edificios altos (comportamiento dominado en flexión), pero no hay impedimento para usarlas en edificios bajos; sin embargo, se debe tener en cuenta que estos edificios suelen estar dominados al corte.

Figura 6

Guías de Diseño Basado en Desempeño para Edificios Nuevos



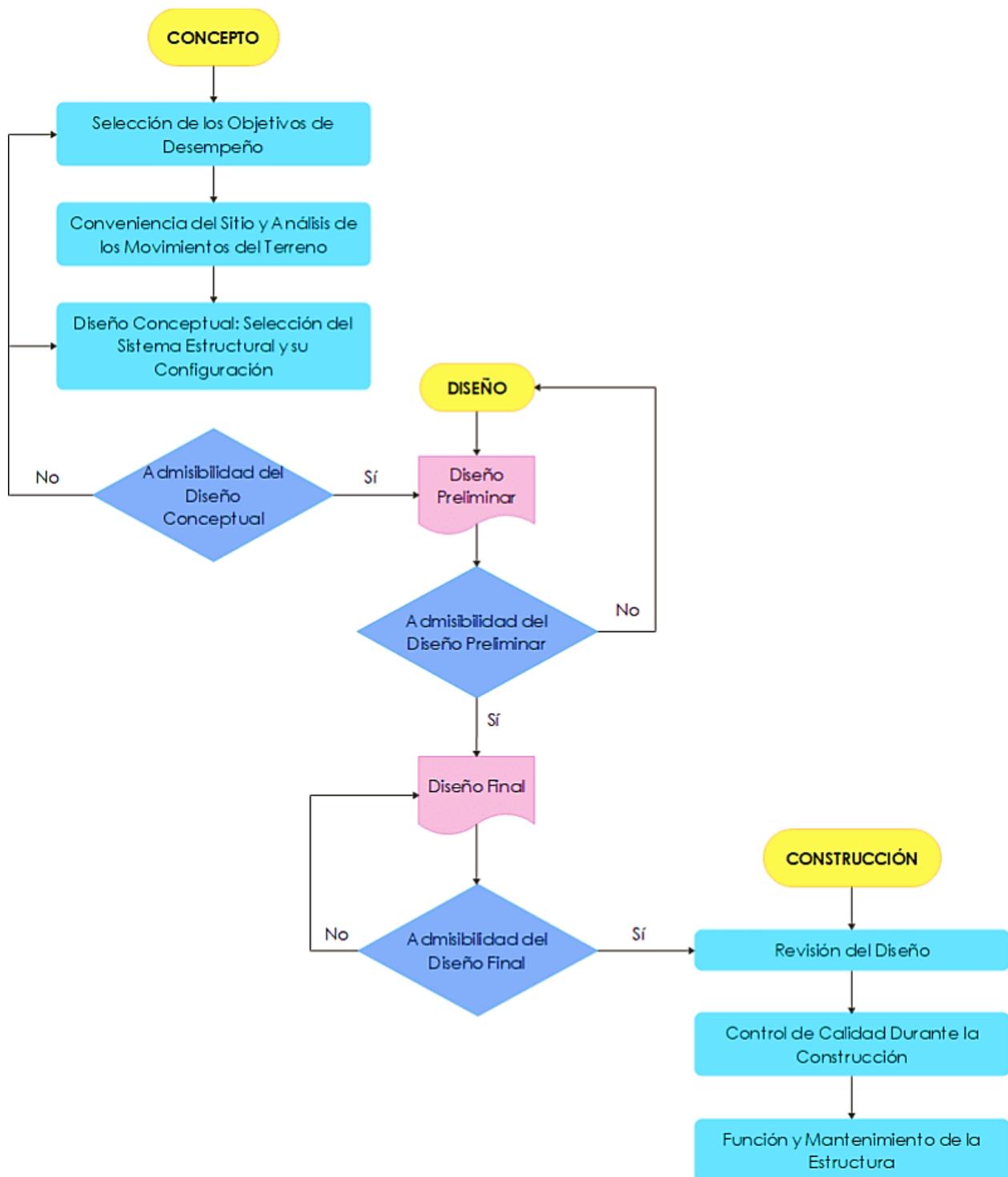


Nota: Muñoz Horna, O. (2021)

Para tener un mejor panorama de la Ingeniería Basada en Desempeño, se contempla en la Figura 7 un flujograma del título en mención.

Figura 7

Diagrama del Marco Conceptual de la Ingeniería Basada en el Desempeño





Nota: Adaptado de SEAOC (2019)

2.2.5.1. Niveles de Desempeño Sísmico.

Según Visión 2000 (1995):

Los Niveles de Desempeño determinan el estado de daño de una estructura. Representan un estado límite o permisible que se establece en función de los posibles daños físicos a una edificación. La amenaza a la seguridad de los ocupantes y el funcionamiento del edificio después de un evento sísmico es una expresión de la extensión del daño, en el que se considera tanto los elementos estructurales como los no estructurales y el contenido. Los Niveles de Desempeño generalmente se expresan en términos de aspectos cualitativos de importancia social (la sensación o el impacto de un terremoto en los ocupantes del edificio) y los aspectos técnicos para el Diseño, Evaluación y Reforzamiento de edificios existentes.

2.2.5.2. Objetivos de Desempeño.

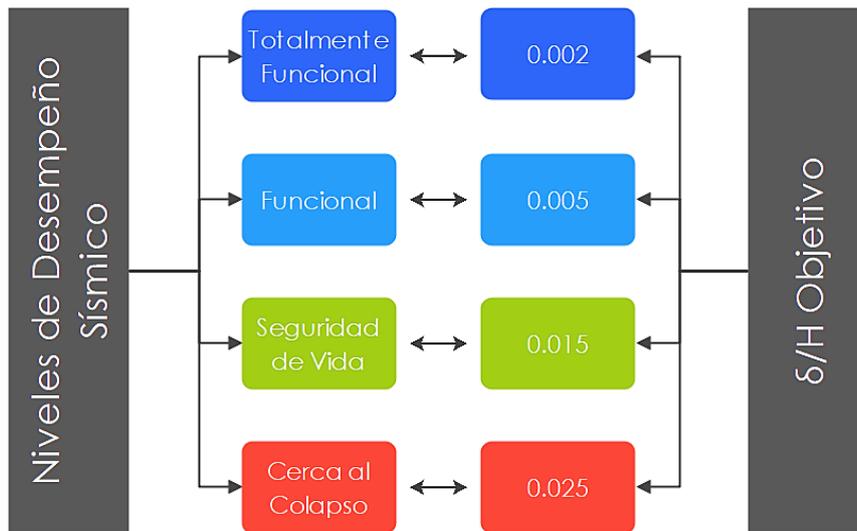
El comité Visión 2000 (1995) plantea una propuesta donde se define cuatro Niveles de Desempeño (Figura 8). se describe más adelante cada uno de ellos:

- **Totalmente Funcional o Totalmente Operacional:** Nivel de Desempeño en el que puede presentarse daños menores en los elementos no estructurales y algunos acabados. El edificio es completamente seguro para sus ocupantes, todos los contenidos y servicios funcionan con normalidad.
- **Funcional, Operacional u Operación Inmediata:** Nivel de Desempeño en el que puede haber daños moderados en los elementos no estructurales y en el contenido del edificio, inclusive puede ocurrir daños menores en los elementos estructurales. En relación con el equipo y la operatividad, se permiten fallas que no sean esenciales para su funcionamiento.
- **Seguridad de Vida:** Nivel de Desempeño en el que puede ocurrir daños moderados en los elementos estructurales y no estructurales, así como al contenido del edificio. La rigidez y la capacidad para soportar cargas laterales se reducen, las instalaciones pueden dañarse gravemente, requiriendo por parte del edificio reparaciones importantes; no obstante, se debe garantizar la integridad del usuario.

- Cerca al Colapso o Precolapso:** Nivel de Desempeño en el que degradación de la rigidez lateral del sistema estructural y la disminución de su capacidad resistiva perjudican la estabilidad del edificio. Se trata de un caso de daño grave que no garantiza la integridad física del usuario y que no podrá ser reparado ni técnica, ni económicamente.

Figura 8

Esquema de los Niveles de Desempeño según SEAOC



Se contempla en la Figura 9 los Objetivos de Desempeño Esperados conforme a un Nivel de Demanda Sísmica.

Figura 9

Objetivos de Diseño Sísmico Basados en Desempeño

Visión 2000 (SEAOC 1995)		Niveles de Desempeño Sísmico Esperado				LEYENDA
		Totalmente Funcional	Funcional	Seguridad de Vida	Cerca al Colapso	
Nivel de Sismo de Diseño	Frecuente (43 años) 50% en 30 años	Objetivo Básico (Común)	Objetivo No Aceptable para Estructuras	Objetivo No Aceptable para Estructuras	Objetivo No Aceptable para Estructuras	<ul style="list-style-type: none"> Objetivo No Aceptable para Estructuras Objetivo Básico (Común) Objetivo de Riesgo Esencial (Importantes) Objetivo de Seguridad Crítica
	Ocasional (72 años) 50% en 50 años	Objetivo de Riesgo Esencial (Importantes)	Objetivo Básico (Común)	Objetivo No Aceptable para Estructuras	Objetivo No Aceptable para Estructuras	
	Raro (475 años) 10% en 50 años	Objetivo de Seguridad Crítica	Objetivo de Riesgo Esencial (Importantes)	Objetivo Básico (Común)	Objetivo No Aceptable para Estructuras	
	Muy Raro (970 años) 10% en 100 años	Objetivo No Aceptable para Estructuras	Objetivo de Seguridad Crítica	Objetivo de Riesgo Esencial (Importantes)	Objetivo Básico (Común)	



2.2.6. Relación Momento Curvatura.

El autor Aguiar Falconí (2003) indica que:

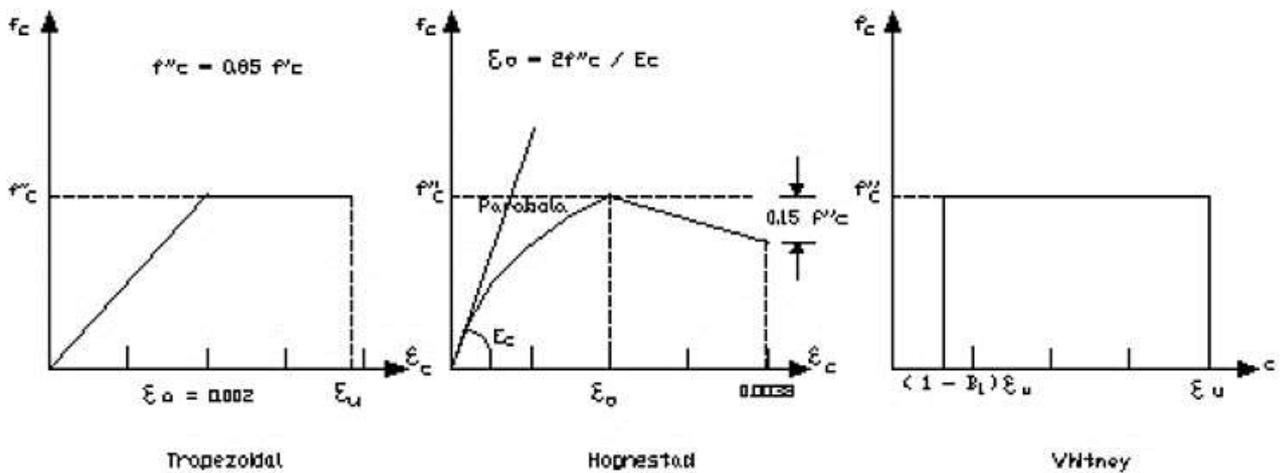
Cuando se termina un Diseño Estructural, es muy importante conocer la relación momento curvatura $M - \phi$, de las secciones de sus elementos, con el objeto de conocer cual es la capacidad de ductilidad por curvatura μ_ϕ , la máxima capacidad a flexión del elemento y comparar estas cantidades con las demandas que se tienen en el diseño M_u . Si un elemento tiene muy poca capacidad de ductilidad por curvatura va a presentar una falla frágil cuando la estructura ingrese al rango no lineal, lo cual no es deseable. Lo ideal es que tenga un valor alto de μ_ϕ , para que la edificación disipe la mayor cantidad de energía, para que sea posible la redistribución de momentos y de esa manera trabajen todos los elementos en una forma adecuada. En el Análisis No Lineal, es fundamental conocer la relación $M - \phi$ para encontrar la rigidez de cada una de las ramas del diagrama histerético que se utiliza para definir la No Linealidad del Material. La relación $M - \phi$ es la base del Análisis No Lineal Dinámico y del Análisis No Lineal Estático. (p. 2)

Así mismo Aguiar Falconí (2003) menciona que:

El diagrama $M - \phi$ es función de los modelos constitutivos que se utilizan para determinar la relación esfuerzo-deformación del hormigón y del acero. En efecto si emplea el bloque rectangular de Whitney (1942) y el modelo elastoplástico para el hormigón y acero, respectivamente, los valores de μ_ϕ que se obtengan serán bajos. En cambio, si se utiliza un modelo de hormigón confinado como el propuesto por Park et al. (1982) y un modelo de acero que contemple endurecimiento post fluencia se encontraran valores más altos de μ_ϕ y son más cercanos a la realidad. En la Figura 10 se presentan tres modelos para el hormigón no confinado, el de la izquierda es el modelo de Jensen o bloque trapezoidal, el de la mitad es el modelo de Hognestad (1955) y el de la derecha el bloque rectangular del ACI o de Whitney (1942). Este último se utiliza para el diseño por ser un modelo conservador y sencillo para encontrar la resultante de la fuerza a compresión; el valor de $\beta_1 = 0.85$ para hormigones con una resistencia a la compresión menor a 35 MPa en el modelo de Whitney. (p. 2)

Figura 10

Modelos del Concreto No Confinado



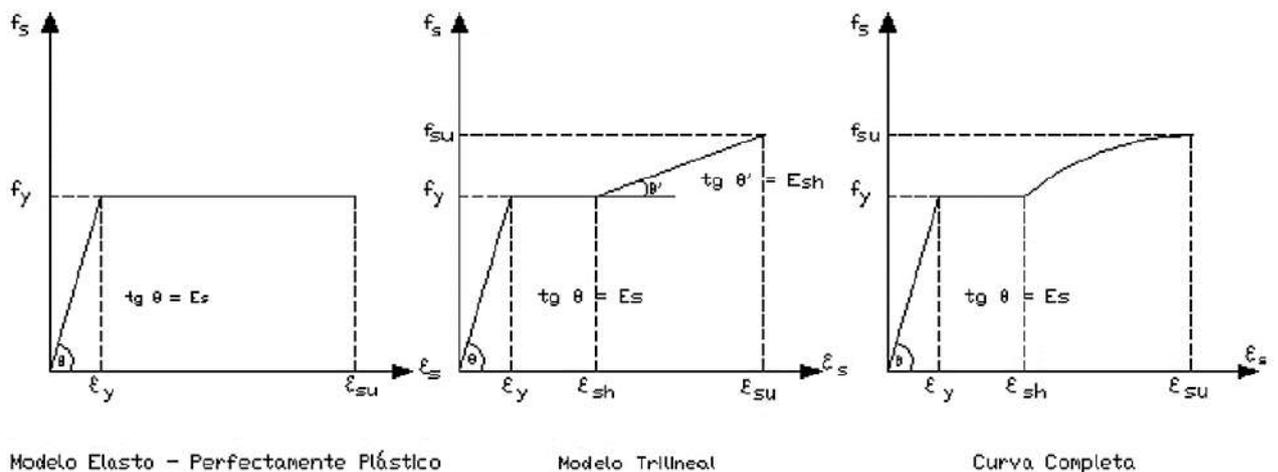
Nota: Aguiar Falconí (2003, p. 2)

El autor Aguiar Falconí (2003) indica:

En la Figura 11 se indican tres modelos para definir el comportamiento del acero, el de la izquierda es el elastoplasto muy utilizado en el diseño, el de la mitad es el modelo trilineal que contempla incremento de esfuerzos en la zona postfluencia mediante una variación lineal y el de la derecha es la curva completa que considera una ecuación de segundo grado para la zona de endurecimiento. (p. 3)

Figura 11

Modelos del Acero



Nota: Aguiar Falconí (2003, p. 3)



Según Aguiar Falconí (2003):

Para ilustrar la forma de cálculo de un punto del diagrama $M - \phi$ se utiliza el bloque rectangular de Jensen o el bloque rectangular del ACI, para el hormigón y el modelo elastoplástico para el acero, por la sencillez de las operaciones, pero para fines de programación es conveniente utilizar modelos como el de Park et al. (1982) para el hormigón y el trilineal para el acero. (p. 3)

2.2.7. Espectro de Respuesta.

Para Chopra (2014):

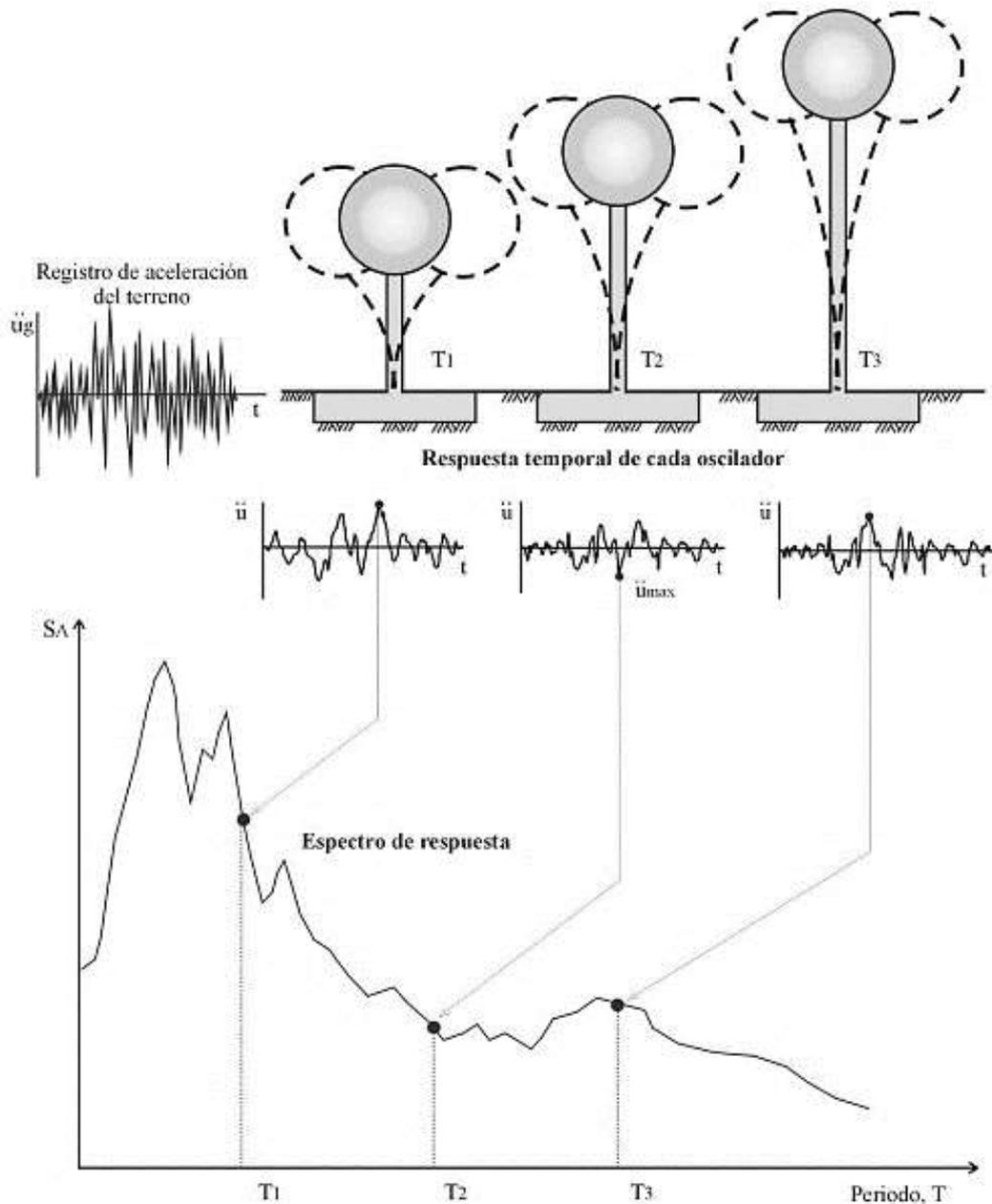
El espectro de respuesta es una gráfica del valor máximo de una cantidad de respuesta como una función del periodo de vibración natural T_n del sistema, o de un parámetro relacionado, como la frecuencia circular ω_n o la frecuencia cíclica f_n , en donde cada una de estas gráficas es para sistemas de 1GDL que tienen una fracción de amortiguamiento ξ fijo y es necesario incluir varias de dichas gráficas para diferentes valores de ξ , a fin de cubrir el intervalo de valores de amortiguamiento en las estructuras reales. (pp. 207-208)

Según los autores Crisafulli y Villafañe (2018) indican que:

En el procedimiento de construcción de un espectro de respuesta se considera una serie de estructuras de un grado de libertad u osciladores simples con diferentes periodos de vibración, T , y con igual factor de amortiguamiento ξ (ver Figura 12). Si todos estos osciladores se someten a la acción de un mismo terremoto (utilizando un registro de aceleraciones, $(\ddot{u}_g(t))$), cada uno de ellos exhibirá una respuesta diferente, la cual puede representarse a través de la historia de desplazamientos, $u(t)$ y de sus derivadas, velocidad y aceleración. Una vez que se calcula la respuesta de los osciladores es posible determinar el máximo de cada uno de estos parámetros de respuesta y volcarlos en un gráfico en función del periodo de vibración, para obtener así un espectro de respuesta. Es decir, que la respuesta máxima de cada oscilador con periodo T representa un punto del espectro. (p. 1)

Figura 12

Gráfico Indicativo del Método de Determinación del Espectro de Respuesta



Nota: Crisafulli y Villafañe (2018, p. 2)

2.2.8. Tipos de Espectro de Respuesta.

2.2.8.1. Espectro de Respuesta Elástica.

Para Crisafulli & Villafañe (2018):

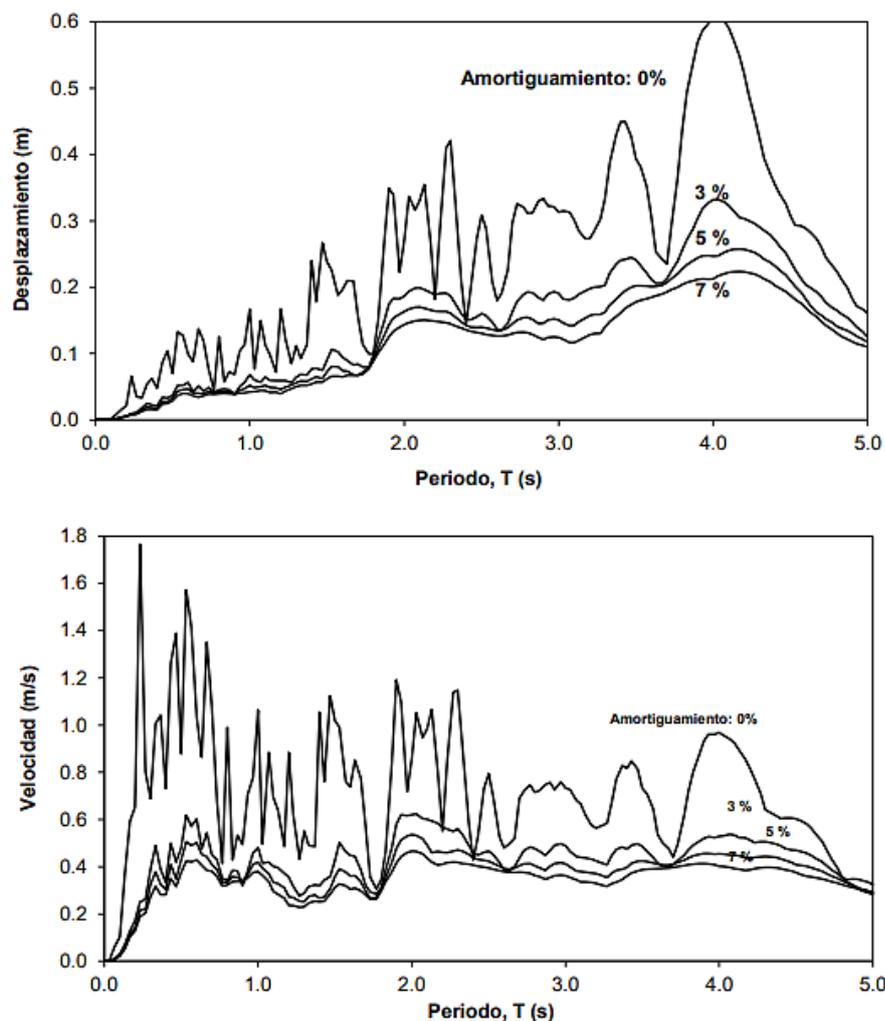
Los espectros de respuesta elástica representan parámetros de respuesta máxima para un sismo determinado, estos incluyen varias curvas que consideran distintos



factores de amortiguamiento (Figura 13). Se utilizan primordialmente para estudiar las características de las acciones sísmicas y su efecto sobre las estructuras. Las curvas de los espectros de respuesta presentan variaciones bruscas, con numerosos picos y valles, que resultan de la complejidad del registro de aceleraciones sísmicas, que incluye un amplio contenido de frecuencias. (p. 3)

Figura 13

Espectros de Aceleración Espectral para Distintos Valores del Factor de Amortiguamiento



Nota: Crisafulli y Villafañe (2018, p. 8)

2.2.8.2. *Espectro de Respuesta Inelástica.*

Según los autores Crisafulli y Villafañe (2018):

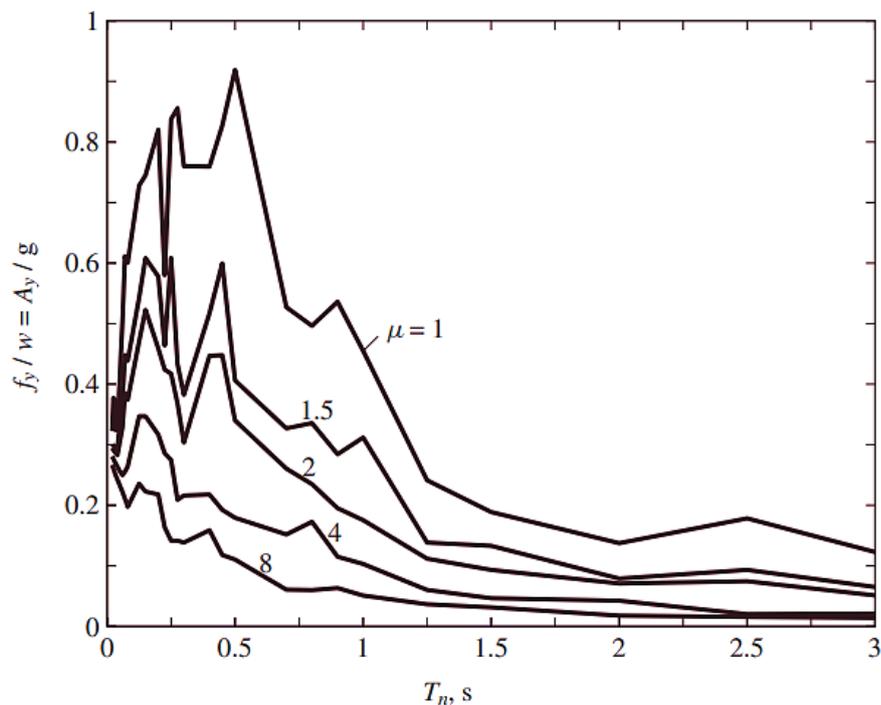
Los espectros de respuesta inelástica son similares, sin embargo, se supone que el oscilador de un grado de libertad exhibe comportamiento no lineal; en otras



palabras, que la estructura puede experimentar deformaciones en rango plástico por acción del sismo. Este tipo de espectros son muy esenciales en el Diseño Sismorresistente, dado que por razones prácticas y económicas la mayoría de las construcciones se diseñan bajo la hipótesis que incursionarán en campo plástico. A modo de un ejemplo se puede mencionar dentro de este grupo los espectros de ductilidad (Figura 14), ya que estos espectros representan la ductilidad requerida por un sismo dado en función del periodo de vibración de la estructura y se grafican usualmente para distintos niveles de resistencia. (p. 3)

Figura 14

Espectro de Respuesta de Ductilidad Constante para Sistemas Elastoplásticos y Movimiento del Terreno"; $\mu=1, 1.5, 2, 4$ y 8 ; $\zeta=5\%$ "



Nota: Chopra (2014, p. 277)

2.2.9. Espectro de Diseño.

Para Crisafulli & Villafañe (2018):

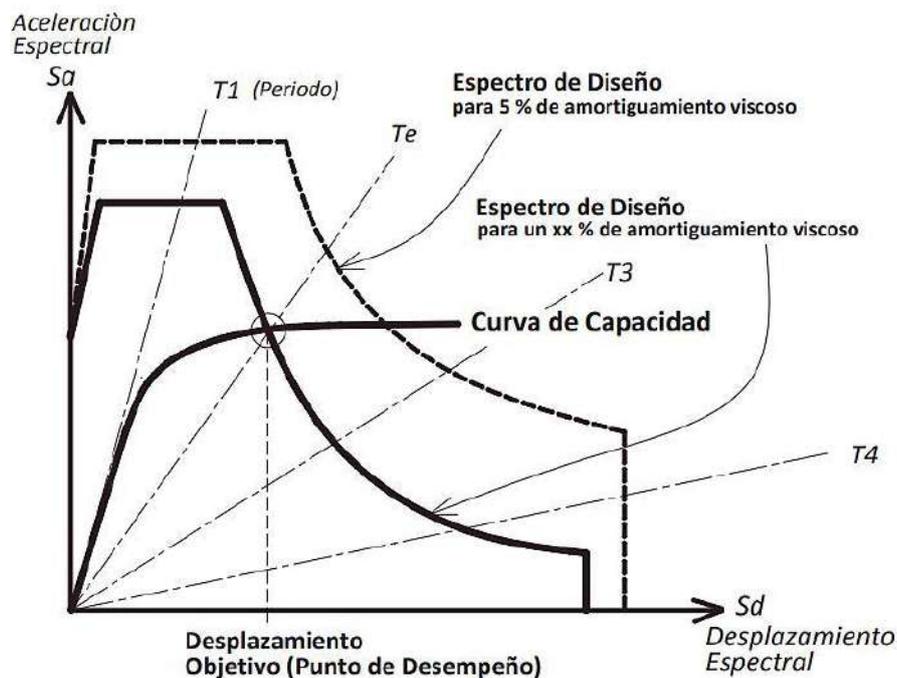
Las construcciones no pueden diseñarse para resistir una acción sísmica en particular en una zona dada, puesto que el próximo sismo probablemente presentará características diferentes. Por ende, los espectros de respuesta elástica o inelástica, descritos anteriormente, no pueden utilizarse para el Diseño Sismorresistente. Por



esta razón, el diseño o verificación de las construcciones sismorresistentes se realiza a partir de espectros que son suavizados (no tienen variaciones bruscas) y que consideran el efecto de varios sismos, es decir, que representan una envolvente de los espectros de respuesta de los terremotos típicos de una zona. Los espectros de diseño (Figura 15) se obtienen generalmente mediante procedimientos estadísticos. Es muy importante que se distinga entre espectros de respuesta, que se obtienen para un terremoto dado, y espectros de diseño, los cuales se aplican al cálculo y verificación de estructuras y representan la sismicidad probable del lugar. (pp. 5-6)

Figura 15

Representación Gráfica de los Resultados del Método del Espectro de Capacidad (CSM)



Nota: Ortiz Vargas (2013, p. 77)

2.2.10. Análisis No Lineal de Estructuras de Concreto Armado.

Según el autor Recuero Fornies (1981) indica que:

El comportamiento carga-desplazamiento de estructuras de concreto armado es de naturaleza no lineal, y las causas de este comportamiento no lineal se pueden dividir básicamente en dos grupos:



- No Linealidad Mecánica, No Linealidad Física o del Material u No linealidad de la Ley Constitutiva de los Materiales.
- No Linealidad Geométrica. (p. 41)

2.2.10.1. No Linealidad Física o del Material.

Recuero Forniés (1981) indica:

La No Linealidad Física o del Material surge en las leyes constitutivas de un material o elemento estructural, es decir, el comportamiento tensión-deformación. Dado que el concreto armado es un material heterogéneo, su comportamiento de deformación varía en función de las características del árido y el cemento (historial de carga, vida útil del concreto, grado de confinamiento, compacidad, etc.). Al estudiar el comportamiento de los elementos de concreto armado no se debe considerar por separado el comportamiento del concreto y acero, sino que también se debe considerar la interacción entre ellos. Para ello se utiliza la relación momento-curvatura, estos diagramas pueden obtenerse experimental y/o numéricamente a partir de las leyes que rigen la tensión-deformación en los materiales, la forma de estos diagramas indica el tipo de falla, frágil o dúctil, que ocurrirá en la sección bajo estudio. La relación en rotura de la profundidad de la fibra neutra al canto útil de la sección mide el grado de ductilidad, el valor de este parámetro que indica rotura de tipo dúctil es menor que el valor correspondiente a la situación balanceada, para el cual el acero ha alcanzado su límite elástico en tracción. Cuando el acero excede su deformación límite elástica, incluso pequeños aumentos en el momento actuante incrementará significativamente la rotación; esto significa que la sección transversal tomará un comportamiento de tipo plástico hasta que alcance su límite de rotación. El estado límite último de la estructura no se llega a alcanzar cuando existe fluencia en la sección crítica con secciones dúctiles; más al contrario se produce el límite de rotación plástica, llegando seguidamente a la rotura. Como resultado una estructura con secciones críticas dúctiles tiene un mayor nivel de seguridad que la estructura con secciones frágiles. La seguridad adicional debida a la ductilidad de la sección solo puede detectarse mediante un Análisis No Lineal. (pp. 41-43)

2.2.10.2. *No Linealidad Geométrica.*

Según Recuero Forniés (1981):

La No Linealidad Geométrica no simplifica la consideración del equilibrio en la posición inicial sin deformación, porque el movimiento que se produce en la estructura bajo cargas no puede ser despreciado en comparación con sus dimensiones totales. Se tienen dos casos principales de No Linealidad Geométrica:

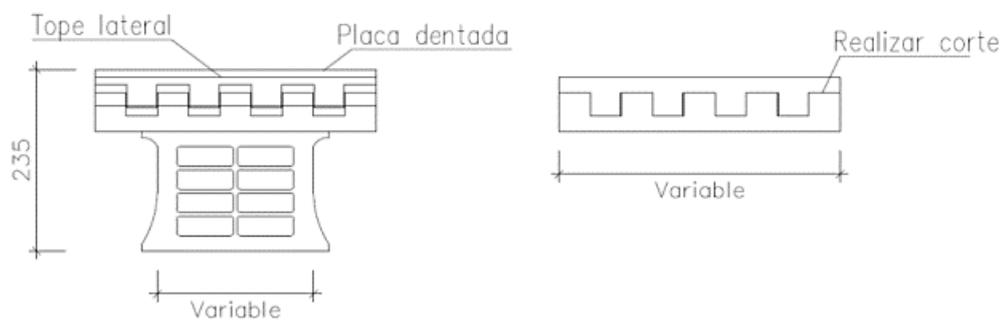
- El fenómeno de efecto $P-\Delta$, se denomina así debido al desplazamiento de los nudos, que es especialmente importante en pórticos transnacionales, donde el movimiento horizontal de los entrepisos provoca un momento de vuelco adicional creado por el desplazamiento de la carga vertical. Considerado como fenómeno de carácter global.
- A causa de la deformación por flexión del eje de soporte, también se crea momentos adicionales que pueden causar inestabilidad o deformación por pandeo. Considerado como fenómeno de carácter local. (p. 43)

2.2.11. **Dispositivos Shear Link Bozzo.**

En cuanto a la geometría y características generales que presentan los dispositivos actualmente fabricados se muestran a continuación en la Figura 16.

Figura 16

Geometría del Disipador Shear Lin Bozzo



Nota: Bozzo Rotondo (2019, p. 2)

Bozzo Rotondo (2019) menciona:

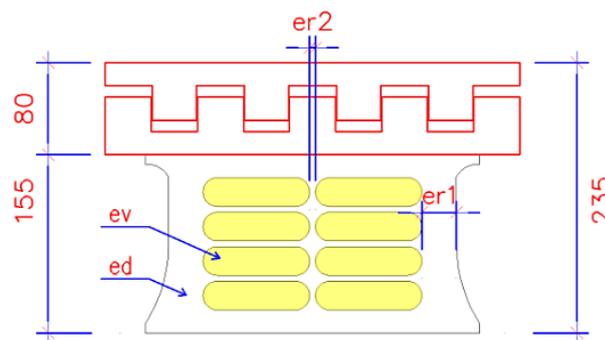
La altura de 235 mm corresponde a 80 mm de la placa dentada o conexión almenada y 155 mm de altura del propio dispositivo (común a todos los dispositivos estándares pero que se puede variar y adaptar a la obra o proyecto específico). La

altura total es, por tanto, de 235 mm, aunque para fines de cálculo se utilice la altura del disipador, es decir 155 mm. Por otra parte, la longitud es según la fuerza de inicio de plastificación que se requiera variando en la actualidad entre solo 60 mm para una fuerza de inicio de plastificación de 35,6 kN hasta 500 mm con una fuerza de inicio de plastificación de 897,7 kN. En caso de requerirse mayores fuerzas se puede diseñar un dispositivo específico o, simplemente, disponer de N dispositivos en paralelo. (p. 2)

Estos dispositivos plastifican primero por flexión antes que por cortante, los parámetros que rigen el diseño de los Disipadores Shear Link Bozzo son los mencionados en la Figura 17.

Figura 17

Características Generales del Disipador Shear Lin Bozzo



Nota: Bozzo Redondo (Tablas de Diseño SLB, 2019)

Donde:

- K_1 : Rigidez Inicial
- K_2 : Rigidez Post-Plastificación
- D_y : Desplazamiento de Plastificación
- F_y : Fuerza de Plastificación
- $F_{m\acute{a}x}$: Fuerza Maxima
- E_D : Energía Disipada

Los dispositivos actualmente fabricados corresponden a un acero ASTM A36 ($f_y=2530$ kgf/cm²), los cuales se encuentran distribuidos en la Tabla 4.



Tabla 4

Propiedades de los Dispositivos SLB. Acero ASTM A36 ($f_y=2530\text{kg/cm}^2$)

PARÁMETROS DE DISEÑO PARA LOS DISIPADORES SHEAR LINK BOZZO											
DISPOSITIVO	PROPIEDADES GEOMÉTRICAS				PROPIEDADES MECÁNICAS						
	ed (mm)	er1 (mm)	er2 (mm)	ev (mm)	Rigidez inicial K_1 (KN/cm)	Rigidez post-plastificación K_2 (KN/cm)	Desplaz. de plastificación D_y (mm)	Fuerza de plastificación F_y (KN)	Fuerza máxima F_{MAX} (KN)	Energía disipada E_D (KN.cm)	
SLB2 6_2	19.00	13.00	-	2.00	363.33	9.75	0.98	35.60	69.01	87.08	
SLB2 6_3 *	19.00	13.00	-	3.00	397.80	10.75	1.03	41.00	79.21	99.25	
SLB2 6_4 *	19.00	13.00	-	4.00	421.73	11.65	1.06	44.90	88.58	108.31	
SLB2 6_5 *	19.00	13.00	-	5.00	439.60	12.78	1.08	47.40	96.67	115.18	
SLB2 8_2	19.00	15.00	-	2.00	592.87	13.86	0.81	48.10	92.76	119.78	
SLB2 8_3 *	19.00	15.00	-	3.00	676.27	15.38	0.86	58.00	107.57	141.77	
SLB2 8_4 *	19.00	15.00	-	4.00	737.00	16.28	0.90	66.30	120.87	159.39	
SLB2 8_5 *	19.00	15.00	-	5.00	784.27	17.43	0.93	72.70	133.29	173.71	
SLB2 10_2	19.00	20.00	-	2.00	893.40	19.15	0.76	68.00	128.71	168.89	
SLB2 10_3	19.00	20.00	-	3.00	1039.13	21.57	0.78	81.10	148.63	198.84	
SLB2 10_4 *	19.00	20.00	-	4.00	1149.53	22.96	0.81	93.00	166.26	224.54	
SLB2 10_5 *	19.00	20.00	-	5.00	1237.80	14.93	0.91	112.20	182.26	246.55	
SLB2 15_2	19.00	20.00	-	2.00	1571.47	31.17	0.65	101.80	199.61	258.66	
SLB2 15_3	19.00	20.00	-	3.00	1961.47	37.36	0.64	126.10	240.45	318.16	
SLB2 15_4	19.00	20.00	-	4.00	2290.27	42.03	0.65	149.70	276.57	373.16	
SLB2 15_5	19.00	20.00	-	5.00	2575.60	45.69	0.67	172.50	310.13	424.52	
SLB2 20_2	19.00	25.00	5.00	2.00	2073.33	37.83	0.60	124.60	243.14	316.64	
SLB2 20_3	19.00	25.00	5.00	3.00	2630.13	46.27	0.60	156.90	298.30	396.26	
SLB2 20_4	19.00	25.00	5.00	4.00	3105.53	53.03	0.61	188.30	348.53	470.63	
SLB2 20_5	19.00	25.00	5.00	5.00	3520.20	58.63	0.62	218.40	395.71	540.18	
SLB3 25_2	25.00	30.00	5.00	2.00	3214.07	58.98	0.61	194.80	383.50	494.69	
SLB3 25_3	25.00	30.00	5.00	3.00	4046.67	70.69	0.59	238.20	457.15	602.54	
SLB3 25_4	25.00	30.00	5.00	4.00	4783.20	81.04	0.58	279.60	526.49	703.70	
SLB3 25_5	25.00	30.00	5.00	5.00	5447.47	90.85	0.59	319.00	592.39	799.88	
SLB3 25_6	25.00	30.00	5.00	6.00	6064.13	99.65	0.59	357.10	655.63	891.48	
SLB3 25_7	25.00	30.00	5.00	7.00	6644.13	107.41	0.59	394.50	716.83	979.51	
SLB3 25_8	25.00	30.00	5.00	8.00	7191.47	114.57	0.60	430.70	776.40	1064.12	
SLB3 25_9	25.00	30.00	5.00	9.00	7711.07	120.73	0.60	466.40	834.90	1145.71	
SLB3 30_2	25.00	30.00	5.00	2.00	3666.73	64.22	0.58	212.10	415.33	539.19	
SLB3 30_3	25.00	30.00	5.00	3.00	4717.00	78.76	0.56	265.70	507.23	672.79	
SLB3 30_4	25.00	30.00	5.00	4.00	5661.33	92.21	0.56	316.90	594.62	799.16	
SLB3 30_5	25.00	30.00	5.00	5.00	6525.67	104.99	0.56	366.10	678.62	920.34	
SLB3 30_6	25.00	30.00	5.00	6.00	7336.60	116.45	0.56	414.20	759.77	1036.63	
SLB3 30_7	25.00	30.00	5.00	7.00	8106.07	126.92	0.57	461.30	838.79	1149.06	
SLB3 30_8	25.00	30.00	5.00	8.00	8840.00	135.98	0.57	508.00	915.50	1257.99	
SLB3 30_9	25.00	30.00	5.00	9.00	9542.20	145.74	0.58	552.50	992.12	1363.85	
SLB3 40_2	25.00	30.00	5.00	2.00	4571.07	76.44	0.54	248.30	482.60	634.54	
SLB3 40_3	25.00	30.00	5.00	3.00	6043.67	97.23	0.53	321.00	609.64	817.79	
SLB3 40_4	25.00	30.00	5.00	4.00	7393.67	116.17	0.53	391.60	732.20	993.03	
SLB3 40_5	25.00	30.00	5.00	5.00	8650.00	133.79	0.53	460.80	851.48	1162.82	
SLB3 40_6	25.00	30.00	5.00	6.00	9843.00	149.92	0.54	528.70	967.95	1327.13	
SLB3 40_7	25.00	30.00	5.00	7.00	10988.00	165.19	0.54	595.40	1082.30	1487.36	
SLB3 40_8	25.00	30.00	5.00	8.00	12091.27	179.81	0.55	660.90	1195.00	1643.93	
SLB3 40_9	25.00	30.00	5.00	9.00	13156.07	194.00	0.55	725.10	1306.30	1797.11	
SLB3 50_2	25.00	30.00	5.00	2.00	5479.60	88.67	0.52	284.90	551.27	730.67	
SLB3 50_3	25.00	30.00	5.00	3.00	7367.13	114.64	0.51	377.50	713.65	963.00	
SLB3 50_4	25.00	30.00	5.00	4.00	9116.00	138.30	0.51	468.10	871.40	1186.77	
SLB3 50_5	25.00	30.00	5.00	5.00	10759.13	160.81	0.52	557.00	1025.70	1404.77	
SLB3 50_6	25.00	30.00	5.00	6.00	12328.87	181.80	0.52	644.40	1177.30	1616.83	
SLB3 50_7	25.00	30.00	5.00	7.00	13844.20	202.03	0.53	730.30	1326.80	1824.36	
SLB3 50_8	25.00	30.00	5.00	8.00	15312.67	221.80	0.53	814.70	1474.50	2028.05	
SLB3 50_9	25.00	30.00	5.00	9.00	16737.00	241.37	0.54	897.70	1621.20	2228.51	

Nota: Bozzo Rotondo (2019, p. 3)



Según el autor Bozzo Rotondo (2019):

En todos estos dispositivos, el desplazamiento de rotura o agotamiento de los dispositivos es de 30 mm a 35 mm, por lo que considerando una altura de entrepiso de 320 cm se puede estimar la deriva (drift) o desplazamiento máximo de entrepiso entre 0.01 y 0.012. Para valores superiores de desplazamiento de entrepiso se aumentaría la altura de los dispositivos, pero NO es recomendable o necesario por limitaciones al daño de elementos no estructurales. Realizando un Análisis No Lineal Tiempo Historia es importante revisar que los desplazamientos de cada dispositivo en promedio para las señales seleccionadas no se superen los valores anteriores. (p. 4)

2.2.12. Modelo de Bouc-Wen.

Según Pezo Zegarra (2012) muchos modelos fueron propuestos en la literatura para describir el comportamiento de los amortiguadores. Una descripción de los principales modelos es encontrada en el trabajo de Spencer et al. (1996), que sirvió de base para la mayoría de los estudios posteriores en esta área. Dentro de los modelos mencionados, el modelo de Bouc-Wen ha sido el más usado en la literatura. Este modelo es capaz de capturar en forma analítica, una gama de formas de ciclos de histéresis que coinciden con el comportamiento de una serie de sistemas físicos. Dada su versatilidad y docilidad matemática, el modelo Bouc-Wen ganó rápidamente grande popularidad y fue ampliado y aplicado a una amplia variedad de problemas en ingeniería, en particular para simular analíticamente el fenómeno de histéresis presente en el amortiguador MR y otros tipos de dispositivos de amortiguamiento. El modelo fue introducido por Bouc (1967, 1971) y ampliado por Wen (1976).

Los autores Chang et al. (2015) mencionan:

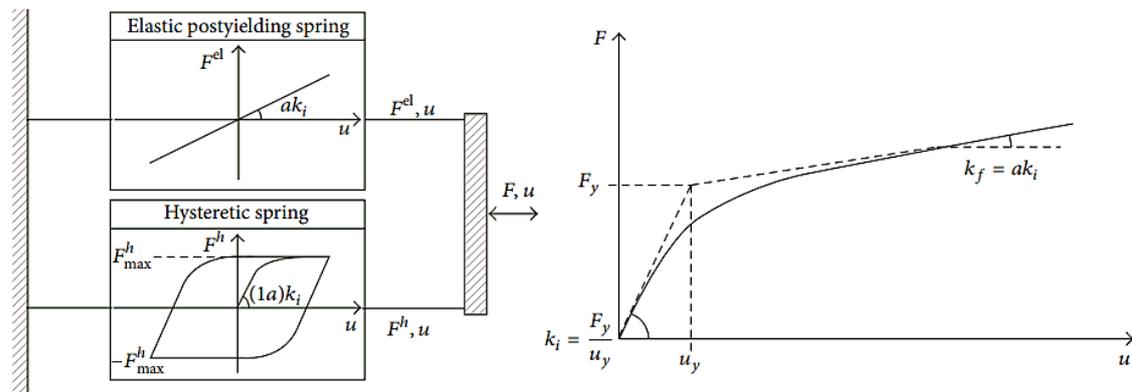
En esta sección se presenta una descripción de la formulación matemática del modelo de Bouc-Wen (Figura 18). La ecuación de movimiento de un sistema mecánico de un solo grado de libertad (SDOF) es la siguiente:

$$m\ddot{u}(t) + c\dot{u}(t) + F(u) = f(t) \quad (2.1)$$

Donde m es la masa, $u(t)$ es el desplazamiento, c es el coeficiente viscoso lineal, $F(u)$ es la fuerza restauradora y $f(t)$ es la fuerza de excitación; el sobre punto indica derivada con respecto al tiempo. (p. 1)

Figura 18

Modelo de Bouc-Wen

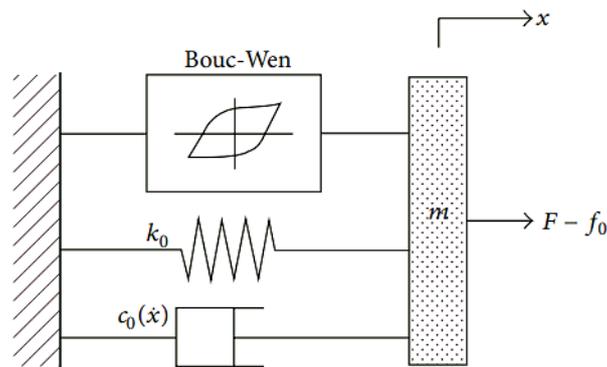


Nota: Chang et al. (2015, p. 2)

El modelo para un sistema de un solo grado de libertad se denota en Figura 19.

Figura 19

Modelo Bouc-Wen para Amortiguadores a gran Escala



Nota: Chang et al. (2015, p. 11)

Chang et al. (2015) indica:

La fuerza restauradora $F(t)$, basada en el modelo de Bouc-Wen, es:

$$F(t) = a \frac{F_y}{u_y} u(t) + (1-a) F_y z(t) \quad (2.2)$$

Donde $a := k_f / k_i$ es el cociente entre la rigidez posterior a la fluencia k_f y la rigidez previa a la fluencia $a := F_y / u_y$, F_y es la fuerza de fluencia, u_y es el desplazamiento de fluencia, y $z(t)$ es una variable histerética adimensional no



observable que obedece a la siguiente ecuación diferencial no lineal con condición inicial cero ($z(0) = 0$):

$$\dot{z}(t) = \dot{u}(t) \left\{ A - \left[\gamma + \beta \operatorname{sgn}(\dot{u}(t)z(t)) \right] |z(t)|^n \right\} \quad (2.3)$$

Los coeficientes A , β , γ y n son cantidades adimensionales que controlan el comportamiento del modelo y $\operatorname{sgn}(\cdot)$ es la función signum. Para valores pequeños del parámetro exponencial positivo n , la transición de la rama elástica a la postelástica es suave, mientras que para valores grandes la transición se vuelve abrupta, acercándose a la de un modelo bilineal. Los parámetros β y γ controlan el tamaño y la forma del ciclo histerético. La notación varía de un papel a otro y muy a menudo se intercambian los lugares de β y γ . (p. 2)

Según Chang et al. (2015):

De (2.2) se deduce que la fuerza restauradora $F(t)$ se puede dividir en una parte elástica y otra histerética de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} F^{el}(t) &= a \frac{F_y}{u_y} u(t) = a k_i u(t) = k_f u(t) \\ F^h(t) &= (1-a) k_i z(t) \end{aligned} \quad (2.4)$$

Por lo tanto, el modelo se puede visualizar como dos resortes conectados en paralelo (Figura 18).

Los parámetros del modelo Bouc-Wen tienen los siguientes criterios:

$$\begin{aligned} a &\in [0,1], \\ k_i &> 0, \\ k_f &> 0, \\ c &> 0, \\ A &> 0, \\ n &> 1 \\ \beta &> 0, \\ \gamma &\in [-\beta, \beta] \end{aligned} \quad (2.5)$$

Según F. Ma et al. (2004) “se ha demostrado que los parámetros del modelo de Bouc-Wen son funcionalmente redundantes, de hecho, múltiples vectores de parámetros pueden producir una respuesta idéntica bajo una excitación dada. Esta redundancia se puede eliminar fijando el parámetro A a la unidad”. (p. 2)

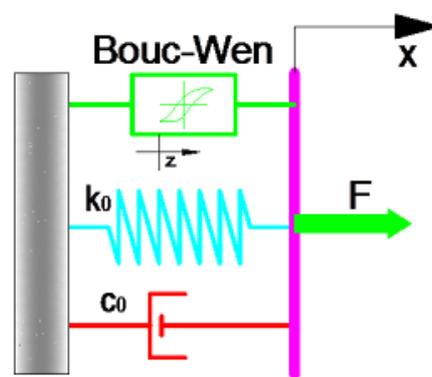
2.2.13. Aplicación del Modelo de Bouc-Wen

Según Pezo Zegarra (2012):

El modelo de Bouc-Wen mostrado en la Figura 20 es uno de los modelos más usados en la literatura para caracterizar el fenómeno de histéresis. Se verifica a través de los ensayos experimentales que la fuerza total de amortiguamiento puede ser representado matemáticamente por la suma de tres partes. (p. 35)

Figura 20

Representación Simbólica del Amortiguador según el Modelo Bouc-Wen



Nota: Spencer et al. (1996)

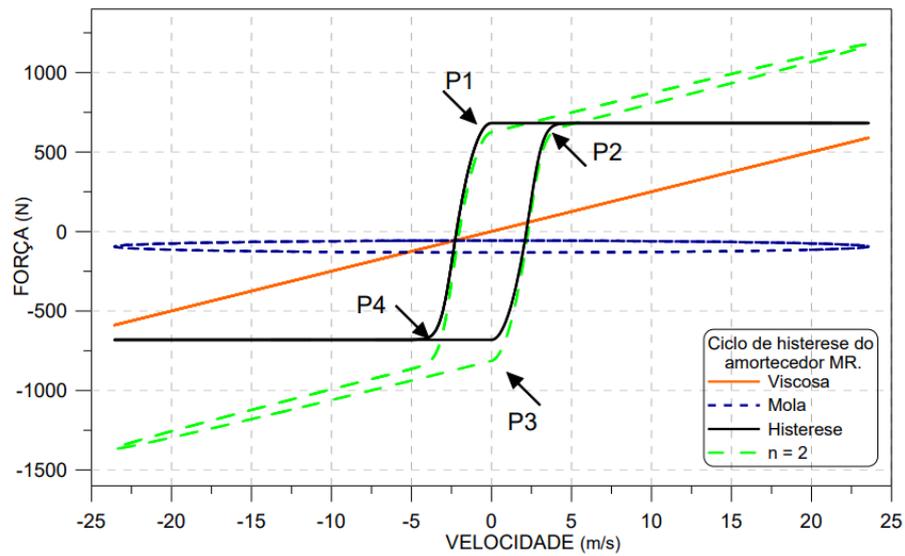
$$F = c_0 \dot{x} + k_0 x + \alpha z \quad (2.6)$$

El autor Pezo Zegarra (2012) menciona:

Las dos primeras partes describen el amortiguamiento y la rigidez inherentes al amortiguador, siendo en general pequeñas, y la tercera mostrada en el ítem anterior describe la parte histerética, donde, z , es la variable evolutiva descrita por la ecuación (2.3). Una de las dificultades prácticas para el uso del modelo de Bouc-Wen es el gran número de parámetros envueltos en el modelado y la dificultad en obtenerlos. Una técnica para la determinación de los parámetros del modelo de Bouc-Wen a partir de los datos experimentales fue desarrollado por Dominguez et al. (2004). Ella consiste en desacoplar las tres curvas que representan: la viscosidad, el resorte y el comportamiento de histéresis del modelo Bouc-Wen. Estas tres partes son ilustradas en la Figura 21. La línea recta es el efecto de la viscosidad, la curva punteada, el efecto del resorte debido a la presión del gas, y la curva continua, el efecto de la histéresis causado por la variable evolutiva dependiendo de la señal z y \dot{x} , ec. (2.6). Aquí se consideró $n = 2$. (p. 36)

Figura 21

Partes Presentes en la Formulación del Amortiguador de Bouc-Wen



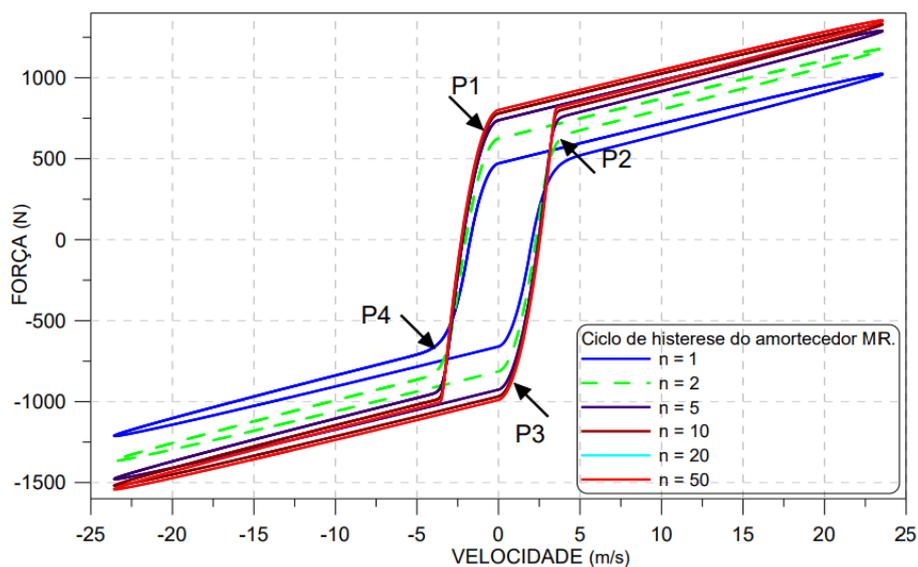
Nota: Pezo Zegarra (2012, p. 36)

Pezo Zegarra (2012) menciona:

La Figura 22 presenta la variación de la relación fuerza-velocidad para diversos valores de n . Se concluye que con el aumento del valor de n , el radio de curvatura disminuye en las proximidades de transición de los puntos P1 y P3. (p. 36)

Figura 22

Influencia del Parámetro n en el Ciclo de Histéresis del Amortiguador



Nota: Pezo Zegarra (2012, p. 37)

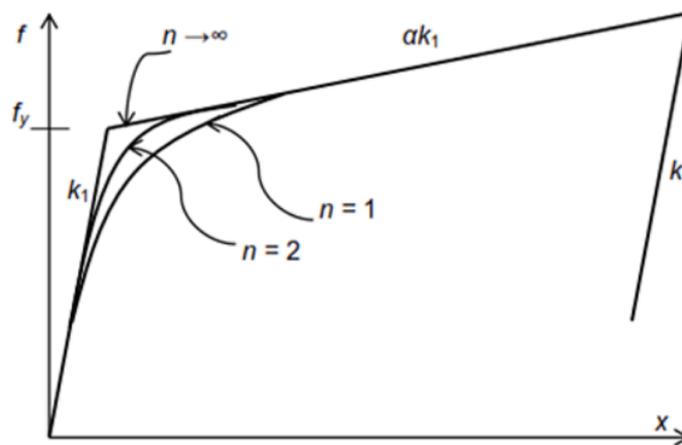
2.2.14. Modelo No Lineal del SLB.

Para Muñoz Horna, E. (2021):

Existen diversos modelos para representar el comportamiento histerético de los disipadores metálicos. Uno de los más usados es la propuesta por Bouc, en 1967, y modificada posteriormente por Wen, en 1976, que se conoce como modelo de Bouc-Wen (Figura 23). Este modelo puede simular adecuadamente el efecto Baushinger y la respuesta cíclica del acero en su rango inelástico.

Figura 23

Propiedad de Wen



Nota: Manual de Software CSI ETABS (2019, p. 288)

$$F_r = \alpha k_1 d + (1 - \alpha) f_y z \quad (2.7)$$

Donde:

k_1 : Rigidez Elástica

f_y : Fuerza de Fluencia

α : Relación de la Rigidez Post-Fluencia y la Rigidez Elástica k_2/k_1

z : Variable Histerética Interna

$$\dot{z} = \frac{k}{f_y} \left\{ \begin{array}{l} \dot{d} (1 - |z|^n) \text{ si } dz > 0 \\ d \text{ en otro caso} \end{array} \right\} \quad (2.8)$$

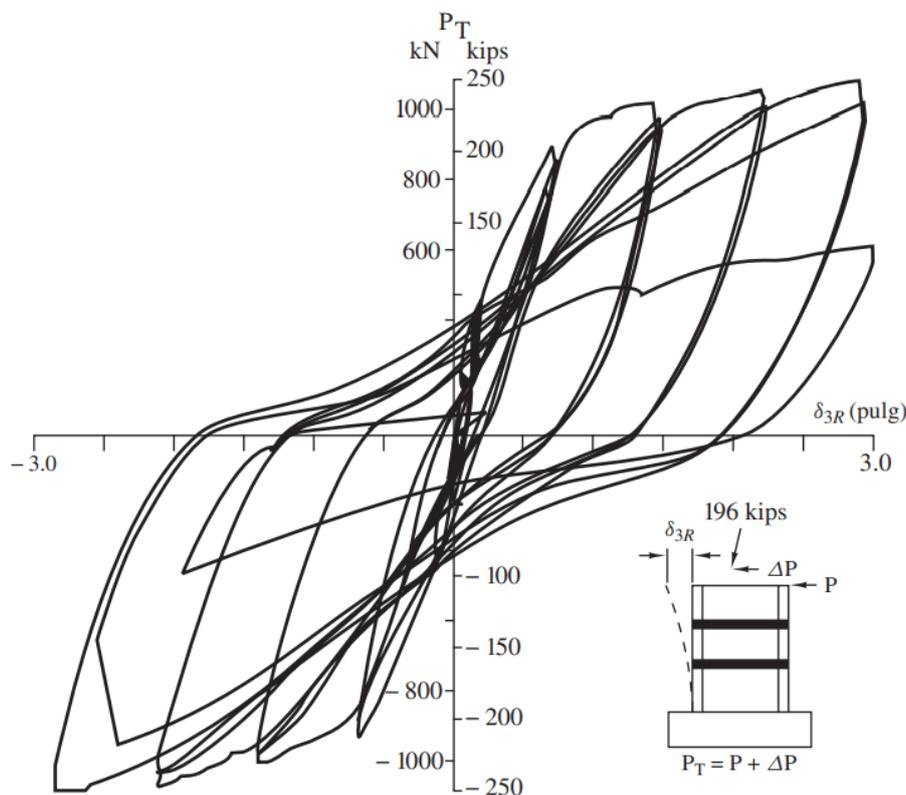
2.2.15. Ciclo de Histéresis.

Según Chopra (2014):

Durante un sismo, las estructuras se someten a un movimiento oscilatorio con deformación cíclica. Los resultados experimentales indican que el comportamiento fuerza-deformación cíclico para una estructura depende del material (Figura 24) y del sistema estructural. Las gráficas de fuerza-deformación muestran los ciclos de histéresis bajo deformaciones cíclicas debidas a un comportamiento inelástico. (p. 258)

Figura 24

Relaciones de Fuerza-Deformación para Componentes Estructurales de Concreto Reforzado



Nota: Chopra (2014, p. 262)

Muñoz Horna, E. (2021) indica:

En la Figura 12 se contempla los resultados experimentales de un Prototipo Shear Link. Se puede concluir que no es necesario cambiar los dispositivos luego de un eventual sismo severo, y que además la versatilidad de estos dispositivos en su instalación está limitada por el calculista.

Figura 25

Prototipo Shear Link Trabajando en Modo por Flexión Superando Capacidad de Corte



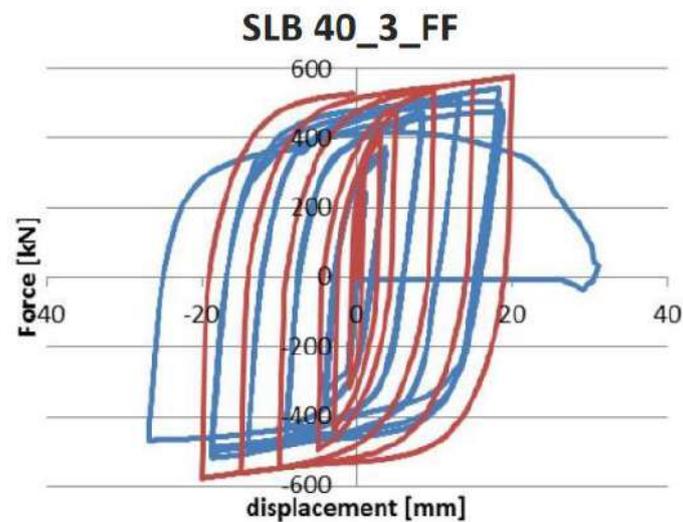
Nota: Muñoz Horna, E. (2021)

El autor Muñoz Horna, E. (2021) menciona también:

En el ensayo de Nápoles-Italia (2016) se realizó un ensayo monotónico y cíclico del Disipador SLB de segunda generación. Los modelos numéricos pueden predecir a gran exactitud la respuesta del disipador (Figura 26). La conexión del disipador influye significativamente en la respuesta histerética.

Figura 26

Calibración de Curva Histerética en ANSYS (Rojo) vs Experimento Laboratorio (Azul)



Nota: Muñoz Horna, E. (2021)

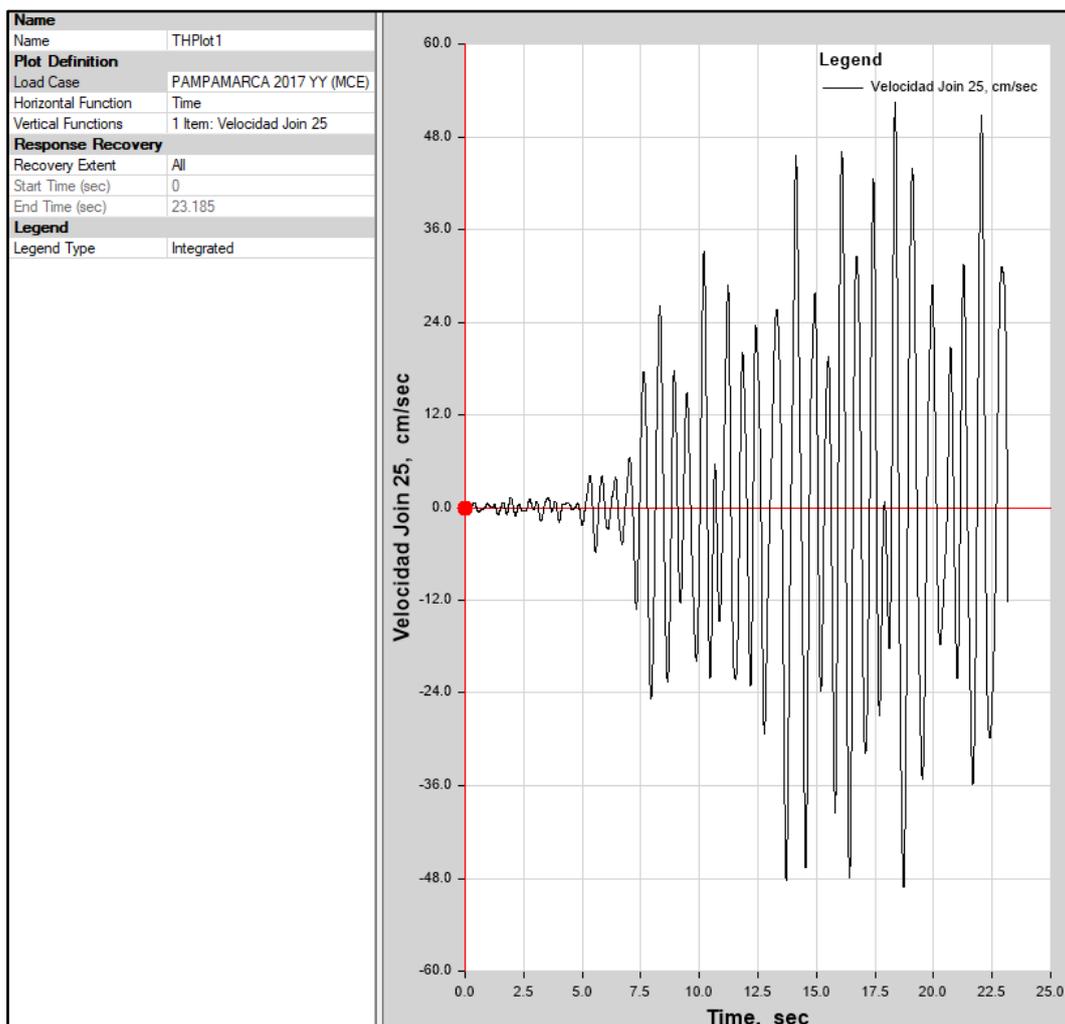
2.2.16. Análisis No Lineal Tiempo Historia.

Según Computers and Structures (2017), “El Análisis Tiempo Historia es un análisis paso a paso de la respuesta dinámica de una estructura a una carga específica que puede variar con el tiempo. El análisis puede ser lineal o no lineal” (p. 453).

Se presenta en la Figura 27 la respuesta de la velocidad en el tiempo.

Figura 27

Variación en el Tiempo de la Velocidad por NRHA



2.2.16.1. Integración Directa No Lineal.

Computers and Structures (2017) menciona:

La integración directa (Figura 28) de las ecuaciones completas de movimiento sin el uso de la superposición modal está disponible en SAP2000. Si bien la superposición modal suele ser más precisa y eficiente, la integración directa ofrece las siguientes ventajas:

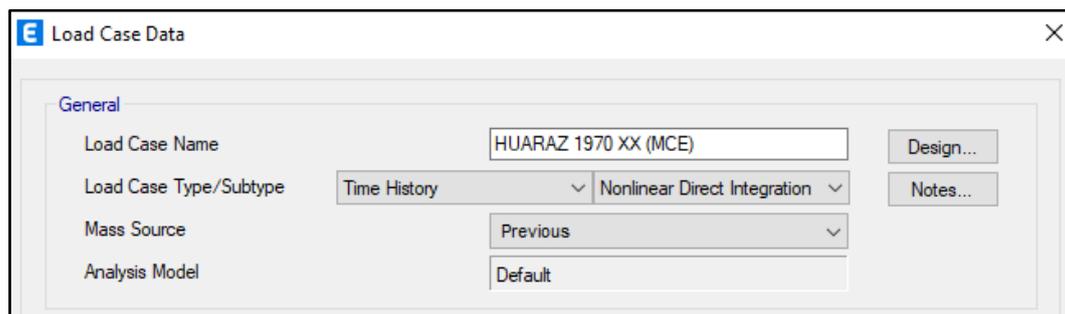


- Se puede considerar la amortiguación total que acopla los modos.
- Los problemas de impacto y propagación de ondas que podrían excitar un gran número de modos, pueden resolverse de manera más eficiente mediante la integración directa.
- Todos los tipos de no linealidad disponibles en SAP2000 pueden incluirse en un análisis de integración directa no lineal.

Los resultados de la integración directa son extremadamente sensibles al tamaño del paso de tiempo de una manera que no es cierta para la superposición modal. Siempre debe ejecutar sus análisis de integración directa con tamaños de paso de tiempo decrecientes hasta que el tamaño de paso sea lo suficientemente pequeño como para que los resultados ya no se vean afectados por él. (p. 464)

Figura 28

Análisis No Lineal Tiempo Historia por Integración Directa No Lineal



2.2.16.2. Control de Solución No Lineal.

Computers and Structures (2017) dice:

Las ecuaciones no lineales se resuelven usando pasos de evento a evento y/o iteración de equilibrio en cada paso de tiempo. Esto puede requerir el reformar y resolver las matrices de rigidez y amortiguamiento en cada paso o iteración. Hay varios parámetros disponibles para que se controle el proceso de iteración y paso a paso. Si se tiene dificultades de convergencia, se puede intentar variar los parámetros de control de la solución; sin embargo, se debe considerar que el modelo mismo pueda necesitar mejoras. Buscar inestabilidades debidas a un soporte inadecuado, pandeo y rigideces excesivamente grandes. Si se tiene rótulas o materiales que pierden fuerza, asegurar de que este comportamiento sea realmente necesario y que las pendientes negativas no sean pronunciadas. (pp. 468-469)

2.2.17. Curvas de Resonancia.

Según Pezo Zegarra (2012):

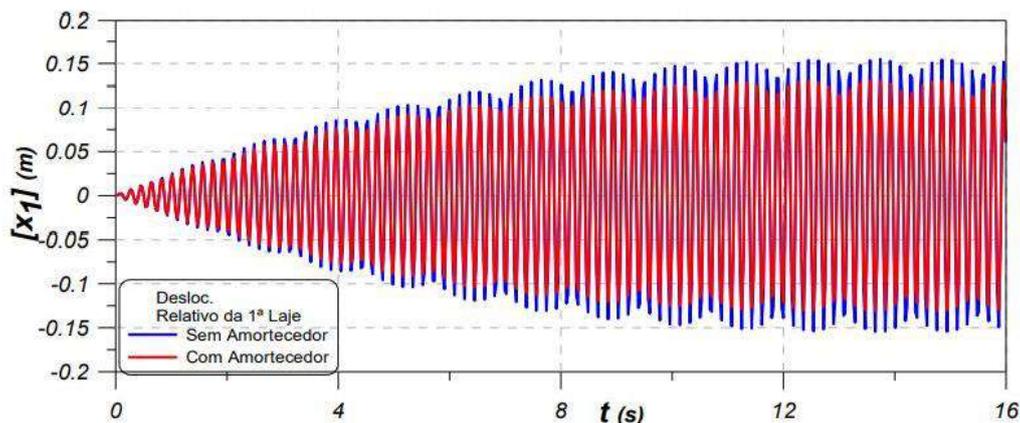
Se considera inicialmente una excitación de base armónica (\ddot{x}_g), con una magnitud en términos de g (9.81 m/seg^2), donde Ω tiene las unidades de rad/seg . Se tiene por lo tanto que la excitación en la región de resonancia está asociada a la primera frecuencia de vibración, lo que corresponde en términos de desplazamientos y aceleraciones máximas. (p. 82)

- Ω : Frecuencia de Excitación de la Fuerza.

Se presenta en la Figura 29 y Figura 30 la variación de desplazamientos relativos y aceleraciones en el tiempo bajo una excitación armónica.

Figura 29

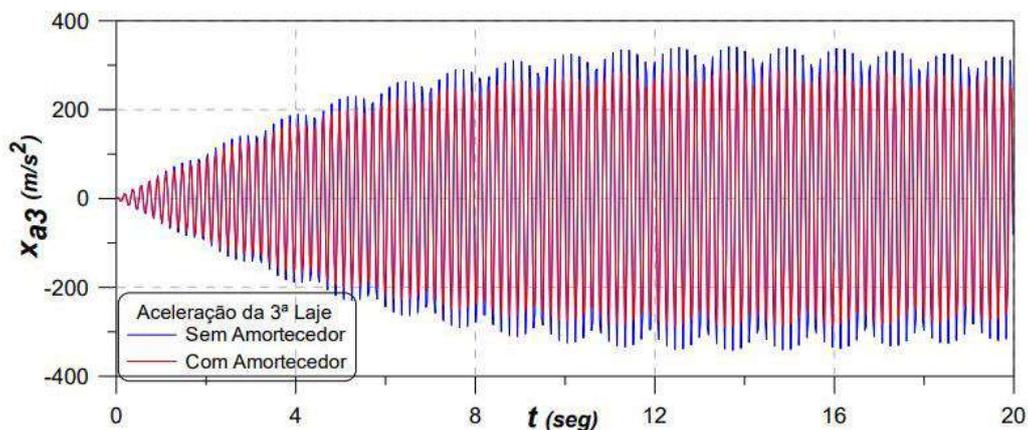
Variación en el Tiempo del Desplazamiento Relativo por Excitación Armónica



Nota: Pezo Zegarra (2012, p. 84)

Figura 30

Variación en el Tiempo de la Aceleración por Excitación Armónica





Nota: Pezo Zegarra (2012, p. 84)

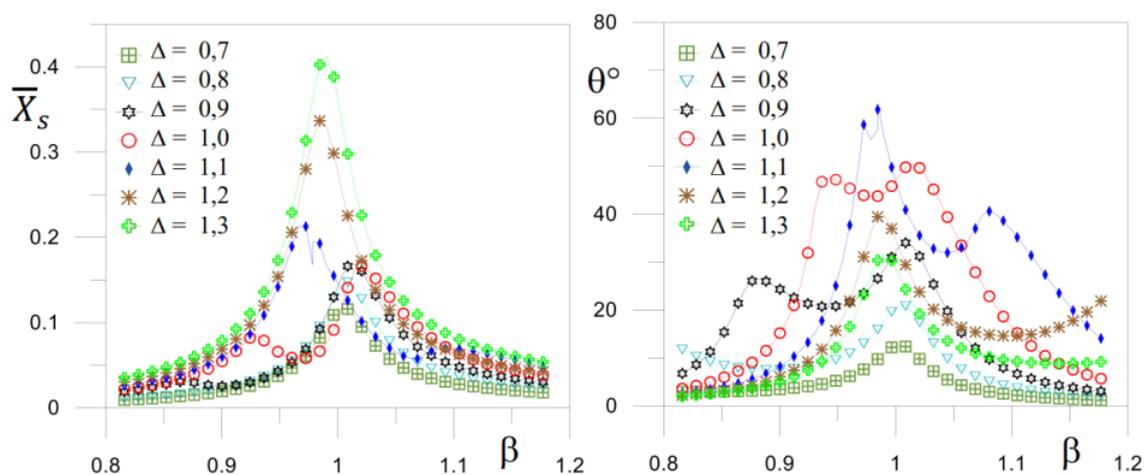
Pezo Zegarra (2016) menciona:

En la Figura 31 se muestra la variación del desplazamiento máximo de una estructura y la rotación máxima del Amortiguador Pendular de Masa Sintonizada durante el régimen permanente, en función del parámetro Δ . Para la correcta interpretación de los resultados, es importante recordar que la fuerza de excitación adimensional es dependiente de Δ^2 . (p. 81)

- Δ : Relación de Frecuencias Naturales

Figura 31

Desplazamiento de la Estructura y Rotación del Amortiguador Pendular de Masa Sintonizada en Función de la Relación de Frecuencias Naturales ($\Delta = 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2, 1.3$) y $\delta = 0.01$



Nota: Pezo Zegarra (2016, p. 81)

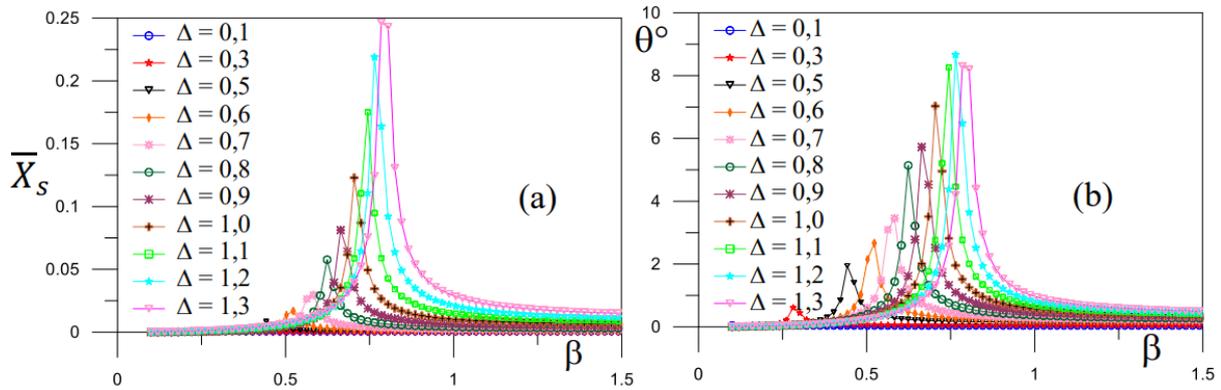
Para el autor Pezo Zegarra (2016):

La Figura 32 muestra las curvas de resonancia en la región de la frecuencia fundamental para valores de Δ en el rango de $0.1 \leq \Delta \leq 1.3$ y $\delta = 0.01$, mientras en la Figura 33 se muestran en el rango de $0.1 \leq \Delta \leq 1.3$ para $\delta = 0.01$. Se observa que el pico de resonancia del desplazamiento de la estructura y la rotación del Aislador de Base Pendular crece con Δ . (p. 107)

- δ : Relación de Masas

Figura 32

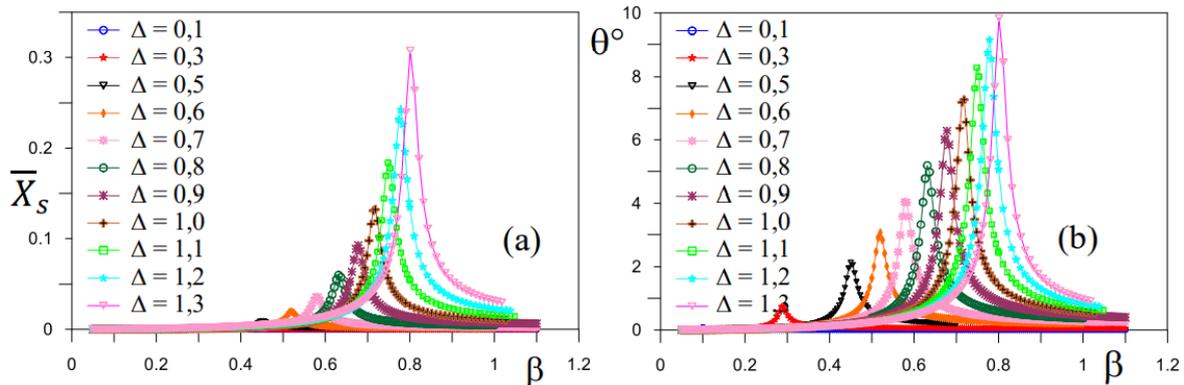
(a) *Curvas de Bifurcación del Desplazamiento Horizontal de la Estructura y* (b) *Rotación del Aislador de Base Pendular con $\delta = 0.01$*



Nota: Pezo Zegarra (2016, p. 107)

Figura 33

(a) *Desplazamiento Horizontal de la Estructura y* (b) *Rotación del Aislador de Base Pendular con $\delta = 0.1$*



Nota: Pezo Zegarra (2016, p. 107)

2.3. Marco Conceptual.

- **ACI:** Siglas en inglés “American Concrete Institute”, es el Instituto Americano del Concreto, que desarrolla normas, estándares y recomendaciones técnicas referentes al concreto reforzado.
- **ACI 318-19:** Norma americana de título “Building Code Requirements for Structural Concrete”, contempla los requisitos mínimos para los materiales, diseño y detallado de edificaciones de concreto estructural.



- **AENOR:** Siglas en español “Asociación Española de Normalización y Certificación”, es una entidad dedicada al desarrollo de la normalización y la certificación en todos los sectores industriales y de servicios.
- **AISC:** Siglas en inglés “American Institute of Steel Construction”, es el Instituto Americano de la Construcción en Acero, asociación comercial para el uso del acero estructural en la industria de la construcción de los Estados Unidos.
- **AISC 360-10:** Norma americana de título “Specification for Structural Steel Buildings”, proporciona fundamentos teóricos y prácticos necesarios para el Diseño Estructural y Sismorresistente de edificaciones de acero estructural.
- **AISC 341-16:** Norma americana de título “Seismic Provisions for Structural Steel Buildings”, aborda el diseño y la construcción de acero estructural y acero estructural compuesto, sistemas de construcción de hormigón armado específicamente detallados para la resistencia sísmica.
- **ASCE:** Siglas en inglés “American Society of Civil Engineers”, es la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles, que representa a ingenieros civiles de todo el mundo.
- **ASCE SEI 41-17:** Norma americana de título “Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings”, contempla una mejora de propuesta del FEMA-440 y FEMA-356 mediante una evaluación sísmica de acuerdo con los Niveles de Desempeño, considera además los sistemas de aislación y disipación sísmica.
- **ASTM:** Siglas en inglés “American Society for Testing and Materials”, es la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales, que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para una amplia gama de materiales.
- **CSI:** Siglas en inglés “Computers and Structures”, es una compañía de software estructural y de ingeniería sísmica, utilizado por miles de firmas de ingeniería en más de 160 países para el diseño de grandes proyectos.
- **Curva Capacidad:** Relación entre el desplazamiento de la estructura (D) respecto de la carga lateral impuesta a la estructura (V).
- **Curvatura de Fluencia:** Punto donde la rigidez de un elemento, en relación al momento vs curvatura alcanza la fluencia, se deja la linealidad elástica para convertirse en elastoplasticidad.



- **DBE:** Siglas en inglés “Design Basis Earthquake”, es el Diseño Basado en Fuerzas, que rige actualmente como Código de Diseño Sismorresistente y estándar legal en todo el mundo.
- **DE:** Siglas en inglés “Design Earthquake”, es denominado como Sismo de Diseño con un periodo de retorno de 475 años.
- **EMS:** Siglas en español “Estudio de Mecánica de Suelos”, estudio donde se realiza la caracterización, evaluación y análisis del suelo de fundación, cuyos parámetros de apreciación han de utilizarse cuantitativamente para diseñar y construir las estructuras proyectadas de un proyecto en específico.
- **Espectro de Diseño:** Se obtiene generalmente mediante procedimientos estadísticos en relación a los espectros máximos de eventos sísmicos regionalizados y zonificados (espectros elásticos de pseudoaceleración), formando así el espectro suavizado normativo.
- **Espectro Elástico:** Representa parámetros de respuesta máxima para un sismo determinado, presentan variaciones bruscas con numerosos picos y valles, resultantes de la complejidad del registro de aceleraciones sísmicas.
- **Espectro Inelástico:** Se obtiene de la división del espectro de diseño entre un coeficiente de reducción por ductilidad, debido a que la estructura experimenta deformaciones en el rango plástico por acciones sísmicas impuestas.
- **Fluencia Efectiva:** Representa la cantidad en el que un número de elementos o componentes estructurales han fluido y la estructura global comienza a incursionar en deformaciones inelásticas.
- **LATBSDC:** Norma americana de título “Los Angeles Tall Buildings Structural Design Council”, contempla un enfoque basado en el rendimiento para el Diseño Sísmico y Análisis de edificios altos con desempeño seguro y predecible cuando son sometidos a movimientos de tierra.
- **MCE:** Siglas en inglés “Maximum Considered Earthquake”, es el segundo control que las Guías de Diseño Basado en Desempeño solicitan, es denominado como Sismo Máximo Considerado con un periodo de retorno de 950 años.



- **NEHRP:** Siglas en inglés “National Earthquake Hazards Reduction Program”, es un programa estadounidense encargado de desarrollar estrategias, herramientas, técnicas y otras medidas que pueden reducir los efectos adversos de los terremotos.
- **NIST:** Siglas en inglés “National Institute of Standards and Technology”, es una agencia estadounidense encargada de promover la innovación y la competencia industrial mediante avances en metrología, normas y tecnología.
- **NRHA:** Siglas en inglés “Nonlinear Response History Analysis”, es el Análisis No Lineal Tiempo Historia, donde la estructura es sujeta a cargas variables en el tiempo, se registra la respuesta en cada instante de tiempo.
- **NSPs:** Siglas en inglés “Nonlinear Static Analysis Procedures”, es el Análisis No Lineal Estático, donde la estructura es sujeta a cargas laterales progresivamente mayores hasta alcanzar su agotamiento, se registra la respuesta a cada incremento de carga.
- **PEER:** Siglas en inglés “Pacific Earthquake Engineering Research Center”, es un programa de investigación estadounidense encargado de proporcionar datos, modelos y herramientas de software para respaldar una metodología formalizada de ingeniería sísmica basada en el rendimiento.
- **Punto de Desempeño:** Intersección de la demanda sísmica y la Curva de Capacidad resistente, contenidos dentro de un desplazamiento espectral, en el cual se evidencia que la estructura incursiona en el rango inelástico.
- **Rigidez Efectiva:** Relación entre la capacidad de momento nominal de una sección y la curvatura de fluencia, siendo evaluada a partir del diagrama momento-curvatura, la rigidez efectiva se emplea para tener en cuenta los efectos del agrietamiento del concreto, el deslizamiento de la adherencia, los efectos de corte, etc.
- **RSA:** Siglas en inglés “Response Spectrum Analysis”, es el Análisis Dinámico Modal Espectral, se toma las propiedades dinámicas de una estructura, denotando la contribución de modos en la respuesta y la forma de vibrar propia.
- **SEAOC:** Siglas en inglés “Structural Engineers Association of California”, es la Asociación de Ingenieros Estructurales de California, donde sus miembros participan en el trabajo de asesoramiento de códigos, reciben oportunidades educativas, obtienen recursos técnicos, participan en la promoción de políticas locales y estatales, etc.



- **SLB:** Siglas en inglés “Shear Link Bozzo”, son dispositivos de protección sísmica que disipan energía para proteger otros elementos estructurales que sufren daños cuando una estructura es sometida a un determinado sismo.
- **SLE:** Siglas en inglés “Service Level Earthquake”, es el primer control que las Guías de Diseño Basado en Desempeño solicitan, es denominado como Sismo de Servicio con un periodo de retorno de 43 años.
- **Sobrerresistencia:** Efecto de formación secuencial de rotulaciones plásticas en una estructura, depende de la incertidumbre de fabricación y ejecución que se adquiere en el Diseño Estructural al optar cuantías mayores que las requeridas conceptualmente.
- **SRSS:** Siglas en inglés “Square Root of the Sum of the Squares”, es un método de Análisis Modal, los resultados en cada dirección se suman primero de forma vectorial por cada modo seguido de un cálculo SRSS para todos los modos por cada entidad resultante.
- **TBI:** Norma americana de título “Guidelines for Performance-Based Seismic Design of Tall Buildings”, contempla directrices que están destinadas a dar como resultado edificios que sean capaces de lograr de manera confiable los Objetivos de Desempeño Sísmico previstos por el ASCE 7.
- **UTM:** Siglas en inglés “Universal Transverse Mercator”, es un sistema de coordenadas basado en la proyección cartográfica transversa de Mercator, con el cual se pueden referenciar puntos sobre la superficie terrestre.
- **Visión 2000:** Norma americana de título “A Framework for Performance Based Structural Engineering”, contempla el Diseño Basado en Desempeño, mediante un procedimiento alternativo para el Análisis y Diseño Sísmico de edificios.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General.

- El desempeño sísmico de la estructura sin incorporación de disipadores será de cerca al colapso para un sismo máximo considerado y seguridad de vida para un sismo de diseño, mientras que el desempeño sísmico de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo será de seguridad de vida para un sismo máximo considerado y funcional para un sismo de diseño, aplicando un análisis estático no



lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.

2.4.2. Hipótesis Específicas.

- 1) La deriva máxima de entrepiso de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo está en el orden de 40% a 90% respecto a la estructura sin incorporación de disipadores según Becerra y Valencia (2020), aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.
- 2) La fuerza cortante máxima de entrepiso de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo está en el orden de 40% a 90% respecto a la estructura sin incorporación de disipadores según Becerra y Valencia (2020), aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.
- 3) Las aceleraciones máximas absolutas de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo está en el orden de 40% a 90% respecto a la estructura sin incorporación de disipadores según Becerra y Valencia (2020), aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.
- 4) Las frecuencias y periodos que generan los modos de vibración son alterados con la incorporación del sistema de disipación Shear Link Bozzo, el periodo será triplicado y la frecuencia reducida en su tercera parte según Becerra y Valencia (2020), aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.
- 5) El costo del suministro e instalación del sistema de disipadores Shear Link Bozzo está en el orden de 5% a 15% respecto al costo total de la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.



2.5. Variables e Indicadores

2.5.1. Identificación de Variables.

2.5.1.1. Variables Independientes.

2.5.1.1.1. Descripción de Variables Independientes e Indicadores.

- **Disipador Sísmico:** Dispositivos de protección sísmica, óptimos para rehabilitar estructuras muy flexibles y sin detalles dúctiles, brindan operación continua después de uno o varios eventos sísmicos.

La subvariable es la siguiente:

➤ No Linealidad del Disipador:

- **Indicadores:** Cantidad de Disipadores, Ubicación de Disipadores, Diseño de Disipadores, Costo de Disipadores.

2.5.1.2. Variables Dependientes.

2.5.1.2.1. Descripción de Variables Dependientes e Indicadores.

- **Desempeño Sísmico:** Describe una condición límite de daño, los Niveles de Desempeño definidos por el Comité VISIÓN 2000 son: Totalmente Operacional, Operacional, Seguridad de Vida, Cerca al Colapso y Colapso.

Las subvariables son las siguientes:

➤ Capacidad Estructural No Lineal:

- **Indicadores:** Patrón de Cargas Lateral, Resistencia Esperada de Materiales, Rótula de Plasticidad Concentrada, Rigidez Efectiva para Rótula, Curva de Capacidad.

➤ Historia de Respuestas:

- **Indicadores:** Niveles de Demanda, Objetivos de Desempeño, Acciones Controladas por Deformación y Fuerza, Desplazamientos en el Tiempo, Drifts en el Tiempo, Cortantes en el Tiempo, Momentos en el Tiempo.

➤ Propiedades Dinámicas:

- **Indicadores:** Frecuencias de Vibración, Periodos de Vibración.



2.5.2. Operacionalización de Variables.

CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
TÍTULO: Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022					
Variable	Descripción de la Variable	Nivel, Dimensión o Subvariable	Indicadores	Unidades	Instrumentos
VARIABLE DEPENDIENTE					
Desempeño Sísmico	Describe una condición límite de daño, los Niveles de Desempeño definidos por el Comité VISIÓN 2000 son: Totalmente Operacional, Operacional, Seguridad de Vida, Cerca al Colapso y Colapso.	Capacidad Estructural No Lineal Comportamiento esperado de una estructura ante sismos futuros, el Análisis No Lineal Estático brinda una historia de mecanismo de colapso, el cómo plastifica la estructura por medio de un Punto de Desempeño según la demanda.	Patrón de Cargas Lateral	tonf	ASCE/SEI 41-17
			Resistencia Esperada de Materiales	tonf/m ²	LATBSDC 2020
			Rótula de Plasticidad Concentrada	m	ASCE/SEI 41-17
			Rigidez Efectiva para Rótula	tonf/m	ASCE/SEI 41-17
			Curva de Capacidad	adimensional	ETABS 2019
		Historia de Respuestas Información relevante brindada por el Análisis No Lineal Dinámico Tiempo Historia,	Niveles de Demanda	adimensional	LATBSDC 2020
		Objetivos de Desempeño	adimensional	SEAOC y VISION 2000	



		mediante el cual se somete a una determinada estructura a través de una serie de registros sísmicos.	Acciones Controladas por Deformación y Fuerza	D/C adimensional	ACI 318-19
			Desplazamientos en el Tiempo	m	ETABS 2019
			Drifts en el Tiempo	adimensional	ETABS 2019
			Cortantes en el Tiempo	tonf	ETABS 2019
			Momentos en el Tiempo	tonf-m	ETABS 2019
		Propiedades Dinámicas Guarda interrelación con la dinámica de la estructura, considera las características de rigidez y distribución de masas (Computers and Structures, 2017).	Frecuencias de Vibración	Hz	ETABS 2019
		Periodos de Vibración	seg	ETABS 2019	
VARIABLE INDEPENDIENTE					
Disipador Sísmico	Dispositivos de protección sísmica, óptimos para rehabilitar estructuras muy flexibles y sin detalles dúctiles, brindan operación continua después de uno o varios eventos sísmicos.	No Linealidad del Disipador Comportamiento histerético de los disipadores metálicos, representado por el modelo de Bouc-Wen a través de una curva bilineal.	Cantidad de Disipadores	und	Guía de Análisis y Diseño Utilizando Disipadores Sísmicos Tipo SLB (Bozzo et al., 2019)
			Ubicación, Diseño de Disipadores	adimensional	
			Costo de Disipadores	P.U. (S/)	



2.5.3. Matriz de Consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
TÍTULO: Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.					
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA	VARIABLES / NIVELES	INDICADORES
General					
¿Cuál será el desempeño sísmico que obtendrá la estructura sin incorporación de disipadores y la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo respectivamente, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022?	Evaluar comparativamente el desempeño sísmico entre la estructura sin incorporación de disipadores y la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.	El desempeño sísmico de la estructura sin incorporación de disipadores será de cerca al colapso para un sismo máximo considerado y seguridad de vida para un sismo de diseño, mientras que el desempeño sísmico de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo será de seguridad de vida para un sismo máximo considerado y funcional para un sismo de diseño, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.	❖ Enfoque de Investigación: Tipo Cuantitativo.	VARIABLE DEPENDIENTE ❖ Desempeño Sísmico Nivel: ○ Capacidad Estructural No Lineal	- Patrón de Cargas Lateral - Resistencia Esperada de Materiales - Rótula de Plasticidad Concentrada - Rigidez Efectiva para Rótula - Curva de Capacidad



Específicos					
¿En qué porcentaje varía la deriva máxima de entrepiso de la estructura sin incorporación de disipadores, en relación de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022?	Determinar el porcentaje de variación de la deriva máxima de entrepiso de la estructura sin incorporación de disipadores, en relación de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.	La deriva máxima de entrepiso de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo está en el orden de 40% a 90% respecto a la estructura sin incorporación de disipadores según Becerra y Valencia (2020), aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.	❖ Nivel de Investigación: Descriptivo y Correlacional.	○ Historia de Respuestas	- Niveles de Demanda Objetivos de Desempeño
¿Cuál es la variación de la fuerza cortante máxima de entrepiso entre la estructura sin incorporación de disipadores y la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022?	Determinar la variación de la fuerza cortante máxima de entrepiso entre la estructura sin incorporación de disipadores y la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.	La fuerza cortante máxima de entrepiso de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo está en el orden de 40% a 90% respecto a la estructura sin incorporación de disipadores según Becerra y Valencia (2020), aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.	❖ Método de Investigación: Hipotético Deductivo.		- Acciones Controladas por Deformación y Fuerza
					- Desplazamientos en el Tiempo
					- Drifts en el Tiempo
					- Cortantes en el Tiempo
					- Momentos en el Tiempo



<p>¿En qué porcentaje varía las aceleraciones máximas absolutas de la estructura sin incorporación de disipadores, en relación de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022?</p>	<p>Determinar el porcentaje de variación de las aceleraciones máximas absolutas de la estructura sin incorporación de disipadores, en relación de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.</p>	<p>Las aceleraciones máximas absolutas de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo está en el orden de 40% a 90% respecto a la estructura sin incorporación de disipadores según Becerra y Valencia (2020), aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.</p>	<p>❖ Diseño Metodológico: Experimental de Tipo Cuasi Experimental.</p>	<p>○ Propiedades Dinámicas</p>	<p>- Frecuencias de Vibración - Periodos de Vibración</p>
<p>¿Cuál es la variación de las propiedades dinámicas (periodos y frecuencias) de la estructura sin incorporación de disipadores, en relación de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022?</p>	<p>Determinar la variación de las propiedades dinámicas (periodos y frecuencias) de la estructura sin incorporación de disipadores, en relación de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.</p>	<p>Las frecuencias y periodos que generan los modos de vibración son alterados con la incorporación del sistema de disipación Shear Link Bozzo, el periodo será triplicado y la frecuencia reducida en su tercera parte según Becerra y Valencia (2020), aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.</p>	<p>❖ Población: Todos los Elementos Estructurales de la Edificación de 5 Niveles.</p>		



<p>¿Cuál es el costo del suministro e instalación del sistema de disipadores Shear Link Bozzo a implementar en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022?</p>	<p>Determinar el costo del suministro e instalación del sistema de disipadores Shear Link Bozzo a implementar en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.</p>	<p>El costo del suministro e instalación del sistema de disipadores Shear Link Bozzo está en el orden de 5% a 15% respecto al costo total de la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022.</p>	<p>❖ Muestra: Todos los Elementos Estructurales de la Edificación de 5 Niveles.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>❖ Disipador Sísmico</p> <p>Nivel:</p> <ul style="list-style-type: none">○ No Linealidad del Disipador	<ul style="list-style-type: none">- Cantidad de Disipadores- Ubicación de Disipadores- Diseño de Disipadores- Costo de Disipadores
--	--	--	--	---	---



3. CAPÍTULO III: MÉTODO

3.1. Alcance del Estudio

3.1.1. Enfoque de la Investigación.

La investigación corresponde a un enfoque de tipo cuantitativo. Según Hernández et al. (2014):

Este tipo de enfoque representa un conjunto de procesos, cada etapa precede a la siguiente y no se puede eludir pasos ya que el orden es riguroso. Parte de una idea y una vez delimitada se derivan objetivos y preguntas de investigación, de las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables, se traza un plan para probarlas y medirlas en un determinado contexto, y extraer una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis planteadas. (p. 4)

En la tesis se buscó manipular los parámetros y criterios de evaluación del Disipador Sísmico SLB (variable independiente), viendo la fluctuación y consecuencia que se tiene en los Análisis Estático y Dinámico No Lineal. Se obtuvo como resultado magnitudes cuantificables que siendo interpretadas y comparadas con rangos establecidos condujeron a determinar el Nivel de Desempeño Sísmico (variable dependiente).

3.1.2. Nivel de la Investigación.

Para el autor Arias (2012) “la investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p. 24). Así también Arias (2012) menciona:

La investigación correlacional tiene por finalidad determinar el grado de relación o asociación (no causal) existente entre dos o más variables. Primero se miden las variables y luego, se estima la correlación. Aunque la investigación correlacional no establece de forma directa relaciones causales. (p. 25)

Las hipótesis planteadas en la presente tesis han sido redactadas con el formato de pronóstico, esto quiere decir que se encuentra delimitado dentro del nivel descriptivo, ya que se está suponiendo un cambio de condición. En el desarrollo de la presente investigación se requirió el cálculo de la variación en porcentaje de la deriva y fuerza cortante máxima de entrepiso, aceleraciones máximas absolutas; y propiedades dinámicas, significando que la correlación de estas conlleva a hacer un diagnóstico de parámetros que describen y determinan el Nivel de Desempeño Sísmico. Se denota



también el nivel correlacional por existir comparativas entre un sistema con y sin incorporación de dispositivos SLB.

3.1.3. Método de la Investigación.

Según el Diccionario de Filosofía (1984):

El método hipotético deductivo es una descripción del método científico, es el sistema de procedimientos metodológicos, que consiste en plantear algunas afirmaciones en calidad de hipótesis y verificarlas mediante la deducción, a partir de ellas, de las conclusiones y la confrontación de estos últimos con los hechos.

Con el fin de realizar la investigación de manera ordenada y sistemática, se propusieron hipótesis de las que se validaron a través de resultados, en el estudio se utilizó el método hipotético deductivo, se propuso hipótesis para ser comprobadas mediante soluciones aplicables a la realidad, utilizando guías, herramientas e información relevante dentro del campo de la ingeniería estructural.

3.2. Diseño de la Investigación

3.2.1. Diseño Metodológico.

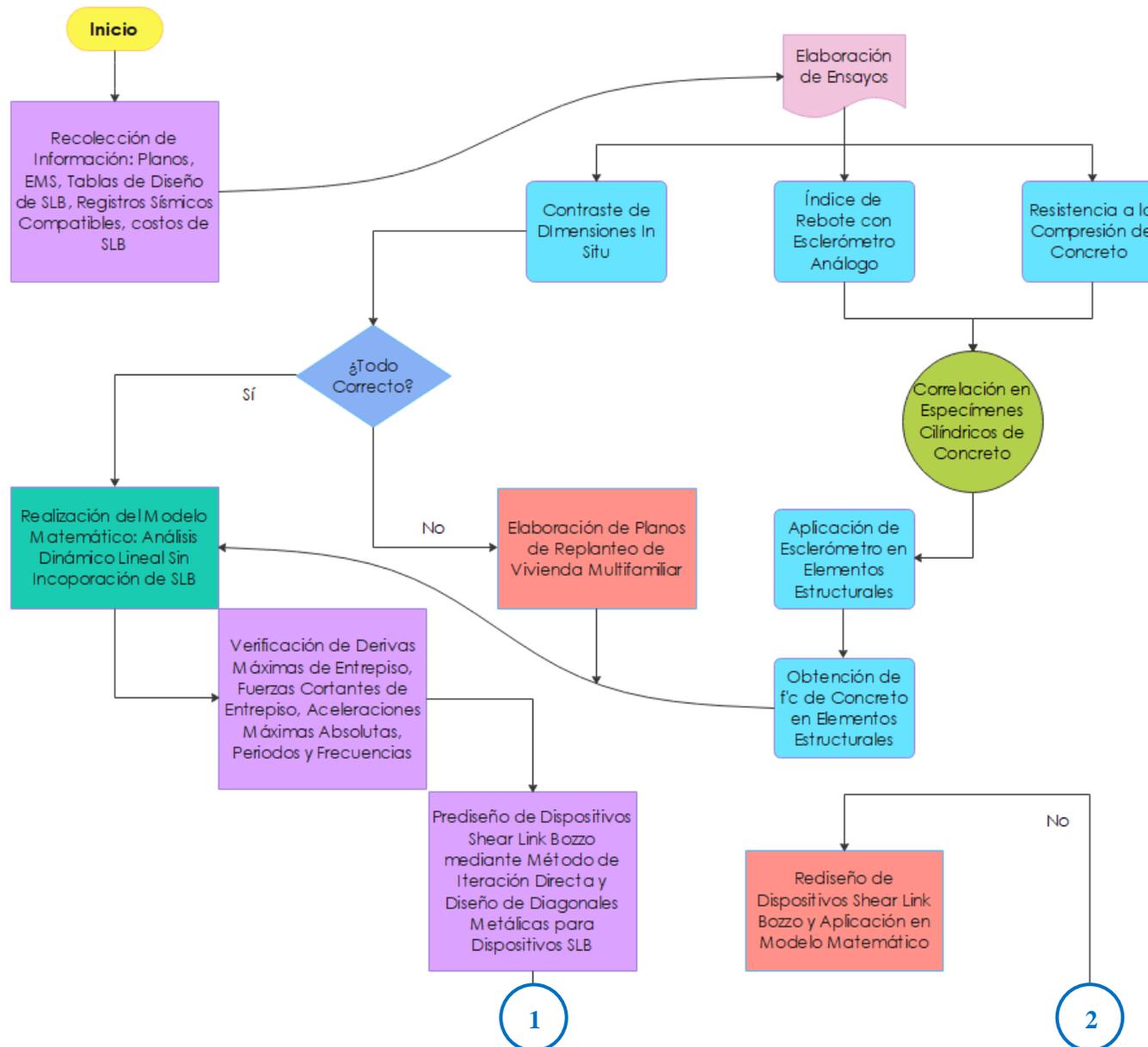
Los autores Hernández et al. (2014) indican que:

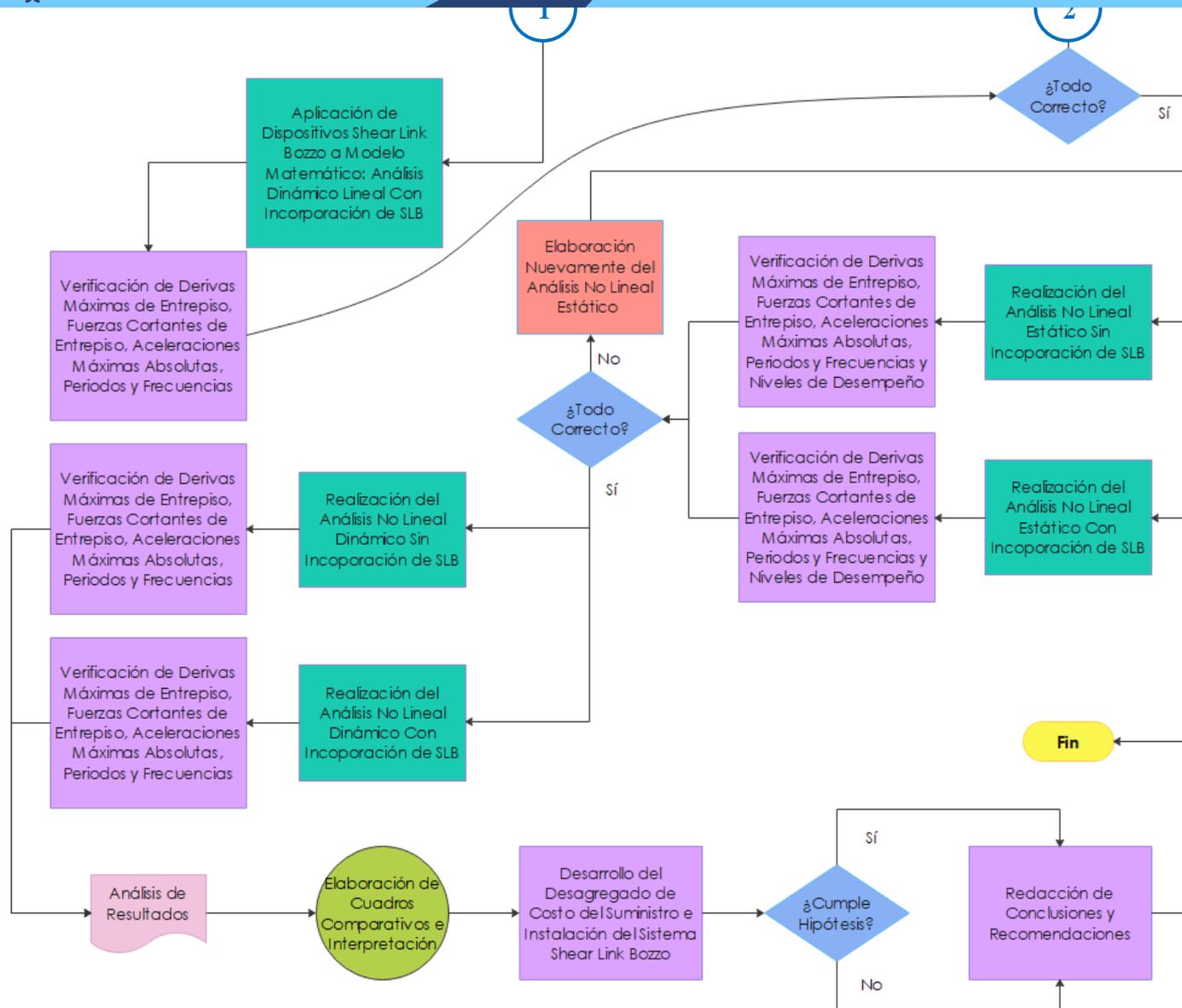
Un diseño cuasi experimental se refiere a un estudio en el que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes (supuestas causas-antecedentes), para analizar las consecuencias que la manipulación tiene sobre una o más variables dependientes (supuestos efectos-consecuentes), dentro de una situación de control para el investigador.

Al desarrollar la investigación, intencionalmente se manipuló varios procedimientos y estándares regulatorios para evaluar el Nivel de Desempeño de un modelo matemático basado en un edificio de concreto reforzado de 5 niveles en la ciudad de Cusco, entre estos criterios se encuentran: el Disipador Sísmico, el cual vio reflejado la consecuencia de manipulación en la Capacidad Estructural No Lineal (NSPs), en la Historia de Respuestas (NRHA) y las Propiedades Dinámicas. Como el diseño metodológico alberga el tipo cuasi experimental por todos los aspectos descritos anteriormente, el objetivo es manipular intencionalmente la variable independiente para observar su efecto o resultado en la variable dependiente.



3.2.2. Diseño de Ingeniería.







3.3. Población

3.3.1. Descripción de la Población.

La presente edificación de 5 niveles alberga como elementos estructurales un sistema estructural aporticado con vigas rectangulares tanto principales como secundarias, columnas peraltadas dispuestas en ambos sentidos, esta edificación posee una losa maciza en el primer piso, en los demás pisos superiores se presentan losas aligeradas en una sola dirección, se dispone además de una escalera de dos tramos en interacción con las vigas secundarias de la estructura y columnas dispuestas como apoyo de la losa de descanso de la escalera.

3.3.2. Cuantificación de la Población.

La estructuración de la vivienda multifamiliar de 5 niveles está conformada por los siguientes elementos estructurales:

- 12 columnas por nivel, las dimensiones de las columnas son: base=25 cm y peralte=80 cm. Se encuentran 2 columnas pequeñas en la zona de escaleras, las dimensiones de estas columnas son: base=25 cm y peralte=40 cm.
- Vigas rectangulares: base=25 cm y peralte=40 cm.
- 1 losa maciza de espesor=20 cm dispuesta en el primer nivel, 4 losas aligeradas en dirección X de espesor=20 cm plasmadas del segundo al quinto nivel.
- Muros no estructurales dispuestos en los pórticos y de separación de ambientes con aparejo tipo sogá, la unidad de albañilería utilizada es un ladrillo bloquer hueco de dimensiones: largo=30 cm, ancho=12 cm y altura=20 cm.
- Escaleras con losa maciza de descanso: espesor=25 cm.

3.4. Muestra

3.4.1. Descripción de la Muestra.

La muestra se seleccionó por conveniencia para el desarrollo de la investigación, se consideró todos los elementos estructurales de la vivienda multifamiliar de 5 niveles; debido a que esta infraestructura se destina primordialmente para un uso común de vivienda, por lo cual la selección de la muestra fue considerada como no probabilística, porque se basó en la importancia del Desempeño Estructural que deben contener todos los elementos dispuestos en la estructura.



3.4.2. Cuantificación de la Muestra.

Por lo expuesto anteriormente, la muestra planteada para esta investigación son todos los elementos estructurales cuantificados en la población.

3.5. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.5.1. Método de Muestreo.

Para la selección de la muestra se tiene en consideración la importancia del Desempeño Estructural que deben contener todos los elementos dispuestos en la estructura. Los elementos estructurales de la vivienda multifamiliar de 5 niveles son similares, todos ellos cumplen con los criterios, características y objetivos planteados en este estudio, por lo que se decidió utilizarlos como muestra de investigación. Cabe señalar que la muestra se selecciona evaluando varios criterios convenientes para el investigador, sin depender de la selección probabilística, por consiguiente, el método de muestreo empleado es de tipo no probabilístico.

3.5.2. Criterios de Evaluación de la Muestra.

La muestra que se está seleccionando para esta investigación es evaluada bajo diversos criterios, los cuales se pueden apreciar a continuación:

- La resistencia a la compresión del concreto $f'c$ es como mínimo de 210 kg/cm^2 , y para el esfuerzo de fluencia fy del acero de grado 60 es de 4200 kg/cm^2 .
- Las alturas de entrepiso de la estructura son de 2.60 m.
- Las columnas plasmadas en la configuración estructural de cada nivel tienen unas dimensiones de base=25cm y peralte=80 cm.
- Las vigas rectangulares tienen unas dimensiones de base=25 cm y peralte=40 cm, todas ellas dispuestas en ambos sentidos de todos los niveles.
- Las losas macizas del descanso de las escaleras tienen un espesor=25 cm.
- La unidad de albañilería utilizada en los muros no estructurales es un ladrillo bloquer hueco de dimensiones de largo=30 cm, ancho=12 cm y altura=20 cm.
- La losa maciza es de espesor=20 cm, las losas aligeradas en una dirección de espesor=20 cm.



- La definición de cargas estructurales se determinó de acuerdo a lo establecido en la Norma Técnica Peruana de Cargas E.020.
- Los parámetros sísmicos de diseño se evaluaron de acuerdo a la Norma Técnica Peruana de Diseño Sismorresistente E.030.

3.5.3. Criterios de Inclusión.

Únicamente para los criterios de inclusión de la investigación se tomaron todos los elementos estructurales que se encuentren en la distribución de ejes principales y secundarios de la configuración estructural de la vivienda multifamiliar de 5 niveles, para ello se cuenta en la estructuración con 12 columnas por nivel, 1 losa maciza en el primer nivel, 4 losas aligeradas en una dirección del segundo hasta el quinto nivel, vigas rectangulares en todos los ejes por nivel, escaleras desde el primer nivel al último, contando en las mismas con losas macizas de descanso, también se presenta muros no estructurales en los ejes de estructuración, así como muros de separación de ambientes dispuestos en el área de las losas.

3.5.4. Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos.

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
		TEMA: Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022						
GUÍA DE OBSERVACIÓN N°01:				ENSAYO: Contraste de Dimensiones - Columnas				
Lugar:	Urb. Los Jardines San Jerónimo, Cusco			Fecha:	--/--/--			
Elaborado por:	Mario Clemente Yanquirimachi Rojas			Asesor:	Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra			
DIMENSIONES DE LOS PLANOS								
Nivel	Eje Principal	Eje Secundario	Tipo	b (cm)	p (cm)	h (cm)	Conforme	Observaciones
-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIMENSIONES DE REPLANTEO								
Nivel	Eje Principal	Eje Secundario	Tipo	b (cm)	p (cm)	h (cm)	Conforme	Observaciones
-	-	-	-	-	-	-	-	-
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SECCIÓN								



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022								
GUÍA DE OBSERVACIÓN N°02:				ENSAYO: Contraste de Dimensiones - Vigas				
Lugar:	Urb. Los Jardines San Jerónimo, Cusco			Fecha:	--/--/--			
Elaborado por:	Mario Clemente Yanquirimachi Rojas			Asesor:	Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra			
DIMENSIONES DE LOS PLANOS								
Nivel	Eje Secundario	Tramo	Tipo	b (cm)	p (cm)	l (cm)	Conforme	Observaciones
-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIMENSIONES DE REPLANTEO								
Nivel	Eje Secundario	Tramo	Tipo	b (cm)	p (cm)	l (cm)	Conforme	Observaciones
-	-	-	-	-	-	-	-	-
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SECCIÓN								

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022								
GUÍA DE OBSERVACIÓN N°03:				ENSAYO: Contraste de Dimensiones - Muros de Albañilería				
Lugar:	Urb. Los Jardines San Jerónimo, Cusco			Fecha:	--/--/--			
Elaborado por:	Mario Clemente Yanquirimachi Rojas			Asesor:	Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra			
DIMENSIONES DE LOS PLANOS								
Nivel	Eje	Tramo	Tipo	Aparejo	L (cm)	h (cm)	Conforme	Observaciones
-	-	-	-	-	-	-	-	-
VERIFICACIÓN EN CAMPO								
Nivel	Eje	Tramo	Tipo	Aparejo	L (cm)	h (cm)	Alféizar (cm)	e (cm)
-	-	-	-	-	-	-	-	-
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SECCIÓN								



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022								
GUÍA DE OBSERVACIÓN N°04			ENSAYO: Determinación del Índice de Rebote para Concreto Endurecido - Esclerómetro Análogo ASTM C-805					
Lugar:	Urb. Los Jardines San Jerónimo, Cusco		Fecha:	--/--				
Elaborado por:	Mario Clemente Yanquirimachi Rojas		Asesor:	Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra				
RECOPIACIÓN DE DATOS EN CAMPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES								
Descripción de la Muestra N°								
Elemento Estructural		-		Medidas				
Ubicación	Nivel:	-		Tipo:	-			
	Eje:	-		Base (cm):	-			
	Tramo:	-		Peralte (cm):	-			
Datos Adicionales		Punto:		-				
		f _c (kgf/cm ²):		210				
		Cemento:		IP Yura				
		Otros:		-				
Posición		Lectura						
		Índice de Rebote	D01: -	D02: -	D03: -	D04: -	D05: -	D06: -
			D07: -	D08: -	D09: -	D10: -	D11: -	D12: -
			D13: -	D14: -	D15: -	D16: -	D17: -	D18: -
			D19: -	D20: -	D21: -	D22: -	D23: -	D24: -
Revisor por:	Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra			Conformidad:	-			

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
TEMA: Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022								
GUÍA DE OBSERVACIÓN N°05			ENSAYO: Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto					
Lugar:	Urb. Los Jardines San Jerónimo, Cusco		Fecha:	--/--				
Elaborado por:	Mario Clemente Yanquirimachi Rojas		Asesor:	Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra				
Item	Elemento	Fecha de Elaboración	Fecha de Rotura	f _c diseño (kgf/cm ²)	f _c adquirido (kN)	Ø Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Tipo de Falla
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
Revisor por:		Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra			Conformidad:	-		



		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																									
TEMA: Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022																											
FORMATO DE CÁLCULO N°01				ENSAYO: Determinación del Índice de Rebote para Concreto Endurecido - Esclerómetro Análogo ASTM C-805																							
Lugar:	Urb. Los Jardines San Jerónimo, Cusco			Fecha:	--/--																						
Elaborado por:	Mario Clemente Yanquirimachi Rojas			Asesor:	Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Ubicación</th> <th>Punto</th> <th>Elemento</th> <th>Valor Promedio "Q"</th> <th>Valor de Resistencia "f"</th> <th>Valores Válidos/ Total</th> <th>Desviación</th> <th>Factor de Forma</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> </tbody> </table>								Ubicación	Punto	Elemento	Valor Promedio "Q"	Valor de Resistencia "f"	Valores Válidos/ Total	Desviación	Factor de Forma	-	-	-	-	-	-	-	-				
Ubicación	Punto	Elemento	Valor Promedio "Q"	Valor de Resistencia "f"	Valores Válidos/ Total	Desviación	Factor de Forma																				
-	-	-	-	-	-	-	-																				
				<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;">Valores "Q"</td> <td style="width: 50%;">Estadística</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Número de Mediciones N: -</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Mediciones No Válidas: -</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Valor Medio f: -</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Desviación típica s: -</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Configuración para el ensayo</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Norma para valor Promedio: ASTM</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Factor de Forma: Cilindro 1:2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Unidad de conversión: kg/cm²</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Comentario</td> </tr> </table>				Valores "Q"	Estadística		Número de Mediciones N: -		Mediciones No Válidas: -		Valor Medio f: -		Desviación típica s: -		Configuración para el ensayo		Norma para valor Promedio: ASTM		Factor de Forma: Cilindro 1:2		Unidad de conversión: kg/cm ²		Comentario
Valores "Q"	Estadística																										
	Número de Mediciones N: -																										
	Mediciones No Válidas: -																										
	Valor Medio f: -																										
	Desviación típica s: -																										
	Configuración para el ensayo																										
	Norma para valor Promedio: ASTM																										
	Factor de Forma: Cilindro 1:2																										
	Unidad de conversión: kg/cm ²																										
	Comentario																										

		UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL																
TEMA: Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022																		
FORMATO DE CÁLCULO N°02				ENSAYO: Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto - Basado en la Norma ASTM C-39 y AASHTO T-22														
Lugar:	Urb. Los Jardines San Jerónimo, Cusco			Fecha:	--/--													
Elaborado por:	Mario Clemente Yanquirimachi Rojas			Asesor:	Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra													
						<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>fc de Diseño:</td><td style="text-align: center;">-</td></tr> <tr><td>Díametro Promedio:</td><td style="text-align: center;">-</td></tr> <tr><td>Altura Promedio:</td><td style="text-align: center;">-</td></tr> <tr><td>Área Promedio:</td><td style="text-align: center;">-</td></tr> <tr><td>Tipo de Cemento:</td><td style="text-align: center;">-</td></tr> </table>		fc de Diseño:	-	Díametro Promedio:	-	Altura Promedio:	-	Área Promedio:	-	Tipo de Cemento:	-	
fc de Diseño:	-																	
Díametro Promedio:	-																	
Altura Promedio:	-																	
Área Promedio:	-																	
Tipo de Cemento:	-																	
N°	Elemento	Ubicación	Fecha		Edad (días)	Lectura (kg)	Resistencia (kg/cm ²)		% de fc		Cumple con la Resistencia	Tipo de Falla						
			Moldeo	Rotura			Oblenida	Según fc	Oblenida	Según fc								
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Si Cumple	F - I						
Resistencia Alcanzada: <table style="width: 100%; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 30px; background-color: #4CAF50; color: white; text-align: center;">Si Cumple</td> <td>La resistencia de la briquea es Igual o Superior a la resistencia de Diseño</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #FFC107; color: white; text-align: center;">En el Rango</td> <td>La resistencia de la briquea es Igual o Superior al 85% de la resistencia de Diseño</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #F44336; color: white; text-align: center;">No Cumple</td> <td>La resistencia de la briquea es Inferior al 85% de la resistencia de Diseño</td> </tr> </table>													Si Cumple	La resistencia de la briquea es Igual o Superior a la resistencia de Diseño	En el Rango	La resistencia de la briquea es Igual o Superior al 85% de la resistencia de Diseño	No Cumple	La resistencia de la briquea es Inferior al 85% de la resistencia de Diseño
Si Cumple	La resistencia de la briquea es Igual o Superior a la resistencia de Diseño																	
En el Rango	La resistencia de la briquea es Igual o Superior al 85% de la resistencia de Diseño																	
No Cumple	La resistencia de la briquea es Inferior al 85% de la resistencia de Diseño																	



3.5.5. Instrumentos de Ingeniería.

3.5.5.1. Instrumentos de Campo.

- Cinta Métrica.
- Esclerometro Análogo.
- Máquina de Compresión.

3.5.5.2. Instrumentos de Gabinete.

3.5.5.2.1. Normas Nacionales y Documentos Internacionales.

Se describe en el título 1.5.2 las normativas nacionales y guías internacionales usadas para la elaboración de la presente investigación.

3.5.5.2.2. Softwares Computacionales.

Se presenta en la Tabla 5 los diferentes Softwares Computacionales que se utilizaron en todo el desarrollo de la investigación.

Tabla 5

Softwares Computacionales Utilizados en la Investigación

Softwares Utilizados en la Investigación



CSI ETABS 19.0.0



SeismoSignal 2018



SeismoMatch 2018



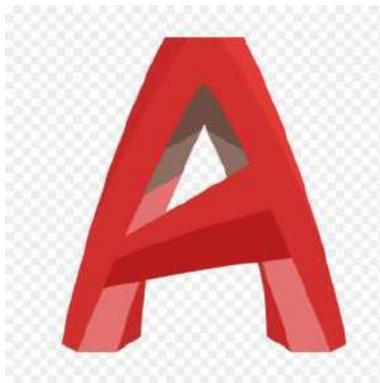
Microsoft Word 2019



Microsoft Excel 2019



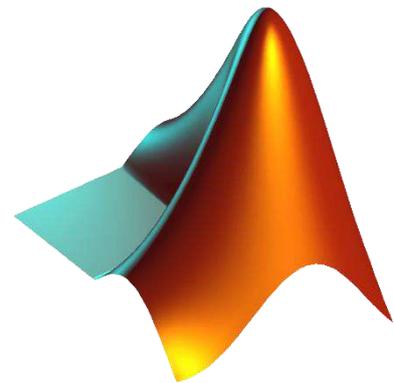
PTC Mathcad Prime 7.0.0.0



Autodesk AutoCAD 2020



Autodesk Revit 2021



Matlab R2021a



Wondershare EdrawMax
V11.5.6.



Delphin Express BIM 360
V20.22.2.0



Grapher 17.3.454

3.6. Validez y Confiabilidad de los Instrumentos.

El nivel de la presente investigación corresponde a uno de tipo descriptivo, por lo tanto, los instrumentos presentados carecen de aplicación de una metodología para comprobar su



validez y confiabilidad; ya que al ser instrumentos de ingeniería como normas nacionales, guías internacionales y softwares de ayuda computacional, son estándares obligatorios y preestablecidos para análisis de variables. En ese entender métodos de análisis de validez y confiabilidad como el Alfa de Cronbach y Kuder-Richardson, no son aplicables a este tipo de instrumentos, estos métodos se aplican a instrumentos con repuestas politómicas y dicotómicas respectivamente; es decir, en el caso politómico son aquellos en que se puede responder a cada afirmación con tres o más alternativas de respuesta, mientras que en el caso dicotómico son aquellos en que solo se presentan dos alternativas de respuesta.

Los métodos expuestos con anterioridad no son recomendables aplicarlos en una tesis del tipo descriptivo, ya que al eliminar ítems para incrementar el coeficiente de confiabilidad se estaría eliminando características muy importantes con las cuales se está describiendo la unidad de investigación o población de estudio, para su correcta aplicabilidad se necesita que los ítems que componen los instrumentos no sean directamente relacionados a las variables, puesto que estas metodologías son una forma indirecta de medir las variables.

3.7. Procedimientos de Recolección de Datos.

3.7.1. Contraste de Dimensiones In Situ.

3.7.1.1. Instrumentos Utilizados en el Contraste de Dimensiones In Situ.

- Planos de la Especialidad de Arquitectura y Estructuras del Edificio de 5 niveles.
- 01 Cinta Métrica de 10 m.
- Guías de Observación N°01, N°02, y N°03.
- EPPs (Chaleco, zapatos punta de acero, casco de seguridad).

3.7.1.2. Procedimiento del Contraste de Dimensiones In Situ.

- a) Inicialmente se tomó medidas de secciones de columnas, dimensiones de los espacios libres entre columnas, verificando el contraste de la distribución de ejes; también se tomó medidas de secciones de vigas (Figura 34) y dimensiones de la luz libre de ellas.



Figura 34

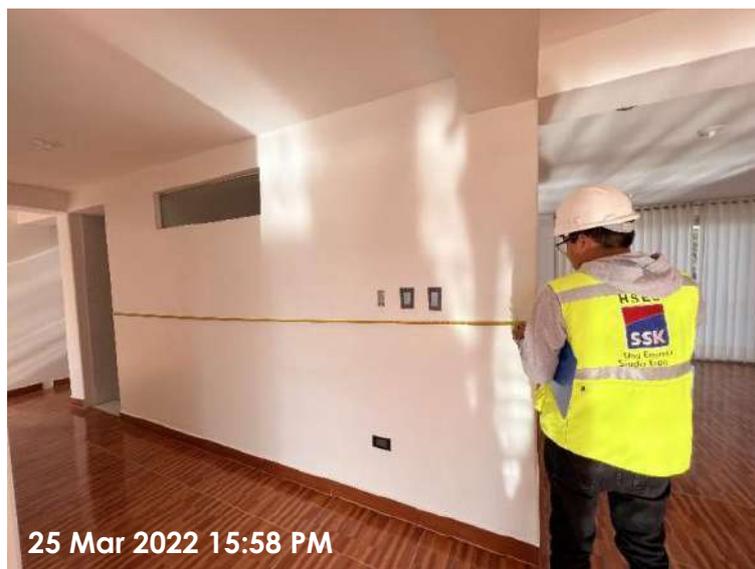
Contraste de Base y Peralte de Viga



- b)** Seguidamente se tomó medidas de distribución de tabiques de separación (Figura 35), alturas de entrepiso y el alféizar. Por último, se tomó medidas de elementos estructurales presente en zona de escaleras, tales como: losa de descanso, rampa, vigas y columnas de apoyo.

Figura 35

Contraste de Largo y Altura de Tabique de Separación





3.7.1.3. Toma de Datos del Contraste de Dimensiones In Situ.

3.7.1.3.1. Contraste de Dimensiones de Columnas C-01 y C-02.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
<p>TEMA: Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022</p>								
GUÍA DE OBSERVACIÓN N°01:				ENSAYO: Contraste de Dimensiones - Columnas C-01 y C-02				
Lugar:	Urb. Los Jardines San Jerónimo, Cusco			Fecha:	25/03/2022			
Elaborado por:	Mario Clemente Yanquirimachi Rojas			Asesor:	Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra			
DIMENSIONES DE REPLANTEO								
Nivel	Eje Principal	Eje Secundario	Tipo	b (cm)	p (cm)	h (cm)	Conforme	Observaciones
2	Eje 6	Eje C	C-01	25	80	260	No	Δ de 20cm en h
2	Eje 6	Eje D	C-01	25	80	260	No	Δ de 20cm en h
2	Eje 6	Eje E	C-01	25	80	260	No	Δ de 20cm en h
2	Eje 5	Eje C	C-01	25	80	260	No	Δ de 20cm en h
2	Eje 5	Eje D	C-01	25	80	260	No	Δ de 20cm en h
2	Eje 5	Eje E	C-01	25	80	260	No	Δ de 20cm en h
2	Eje 4	Eje A	C-02	25	40	260	No	Δ de 20cm en h
2	Eje 3	Eje A	C-02	25	40	260	No	Δ de 20cm en h
2	Eje 2	Eje C	C-01	25	80	260	No	Δ de 20cm en h
2	Eje 2	Eje D	C-01	25	80	260	No	Δ de 20cm en h
2	Eje 2	Eje E	C-01	25	80	260	No	Δ de 20cm en h
2	Eje 1	Eje C	C-01	25	80	260	No	Δ de 20cm en h
2	Eje 1	Eje D	C-01	25	80	260	No	Δ de 20cm en h
2	Eje 1	Eje E	C-01	25	80	260	No	Δ de 20cm en h

3.7.1.3.2. Contraste de Dimensiones de Vigas VS-02.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
<p>TEMA: Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022</p>								
GUÍA DE OBSERVACIÓN N°02:				ENSAYO: Contraste de Dimensiones - Vigas VS-02				
Lugar:	Urb. Los Jardines San Jerónimo, Cusco			Fecha:	25/03/2022			
Elaborado por:	Mario Clemente Yanquirimachi Rojas			Asesor:	Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra			
DIMENSIONES DE REPLANTEO								
Nivel	Eje Principal	Tramo	Tipo	b (cm)	p (cm)	l (cm)	Conforme	Observaciones
2	Eje 6	C-D	VS-02	25	40	330	Sí	Ninguna
2	Eje 6	D-E	VS-02	25	40	330	Sí	Ninguna
2	Eje 5	C-D	VS-02	25	40	330	Sí	Ninguna
2	Eje 5	D-E	VS-02	25	40	330	Sí	Ninguna
2	Eje 2	A-C	VS-02	25	20	220	Sí	Ninguna
2	Eje 2	C-D	VS-02	25	40	330	Sí	Ninguna
2	Eje 2	D-E	VS-02	25	40	330	Sí	Ninguna
2	Eje 1	D-E	VS-02	25	40	330	Sí	Ninguna
2	Eje 1	C-D	VS-02	25	40	330	Sí	Ninguna



3.7.1.3.3. *Contraste de Dimensiones de Vigas VP-01.*

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TEMA: Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022								
GUÍA DE OBSERVACIÓN N°02:				ENSAYO: Contraste de Dimensiones - Vigas VP-01				
Lugar:	Urb. Los Jardines San Jerónimo, Cusco			Fecha:	25/03/2022			
Elaborado por:	Mario Clemente Yanquirimachi Rojas			Asesor:	Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra			
DIMENSIONES DE REPLANTEO								
Nivel	Eje Secundario	Tramo	Tipo	b (cm)	p (cm)	l (cm)	Conforme	Observaciones
2	Eje A	2-4	VP-01	25	40	335	Sí	Ninguna
2	Eje C	1-2	VP-01	25	40	345	Sí	Ninguna
2	Eje C	2-5	VP-01	25	40	435	Sí	Ninguna
2	Eje C	5-6	VP-01	25	40	345	Sí	Ninguna
2	Eje D	1-2	VP-01	25	40	345	Sí	Ninguna
2	Eje D	2-5	VP-01	25	40	435	Sí	Ninguna
2	Eje D	5-6	VP-01	25	40	345	Sí	Ninguna
2	Eje E	1-2	VP-01	25	40	345	Sí	Ninguna
2	Eje E	2-5	VP-01	25	40	435	Sí	Ninguna
2	Eje E	5-6	VP-01	25	40	345	Sí	Ninguna

3.7.1.3.4. *Contraste de Dimensiones de Muros No Estructurales.*

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TEMA: Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022								
GUÍA DE OBSERVACIÓN N°03:				ENSAYO: Contraste de Dimensiones - Muros de Albañilería				
Lugar:	Urb. Los Jardines San Jerónimo, Cusco			Fecha:	25/03/2022			
Elaborado por:	Mario Clemente Yanquirimachi Rojas			Asesor:	Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra			
VERIFICACIÓN EN CAMPO								
Nivel	Eje	Tramo	Tipo	Aparejo	L (cm)	h (cm)	Alfóizar (cm)	e (cm)
2	Eje 2	B-C	Interior	Soga	100	240	-	15
2	Eje B	1-2	Exterior	Soga	421	240	40	15
2	Eje 1	B-C	Exterior	Soga	100	240	-	14
2	Eje 1	C-D	Exterior	Soga	330	220	-	14
2	Eje 1	D-E	Exterior	Soga	330	220	-	14
2	Eje 1	E-F	Exterior	Soga	80	240	-	14
2	Eje 1	1-2	Exterior	Soga	20	240	-	15
2	Eje 5	B-C	Interior	Soga	100	240	-	15
2	Eje B	3-4	Exterior	Soga	299	240	123	15
2	Eje 3	B-D	Interior	Soga	387	240	-	15

La continuación del desagregado de guías de observación N°03 concerniente al Contraste de Dimensiones de Muros No Estructurales del ítem 3.7.1.3.4, se encuentran adjuntos en el ítem 8.1.1.



3.7.2. Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido - Esclerómetro Análogo ASTM C-805.

3.7.2.1. Instrumentos Utilizados en el Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido.

- Norma ASTM C805.
- 01 Marcador Negro Indeleble.
- 01 Regla de 30 cm.
- 01 Esclerómetro Análogo.
- Guía de Observación N°04.
- EPPs (chaleco, zapatos punta de acero, casco, arnés de seguridad, etc.)

3.7.2.2. Procedimiento del Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido.

3.7.2.2.1. Probetas Cilíndricas de Concreto.

- a) Inicialmente se identificó los datos relacionados a fecha de elaboración, f'c de diseño y elemento estructural perteneciente. Seguidamente se procedió a trazar la cuadrícula respectiva de dimensiones 4×4 pulgadas. Para terminar, se aplicó el esclerómetro análogo en cada una de las cuadrículas trazadas (Figura 36), recolectando y tomando datos de un total de 16 disparos por probeta cilíndrica.

Figura 36

Aplicación del Esclerómetro Análogo en Probetas Cilíndricas de Concreto

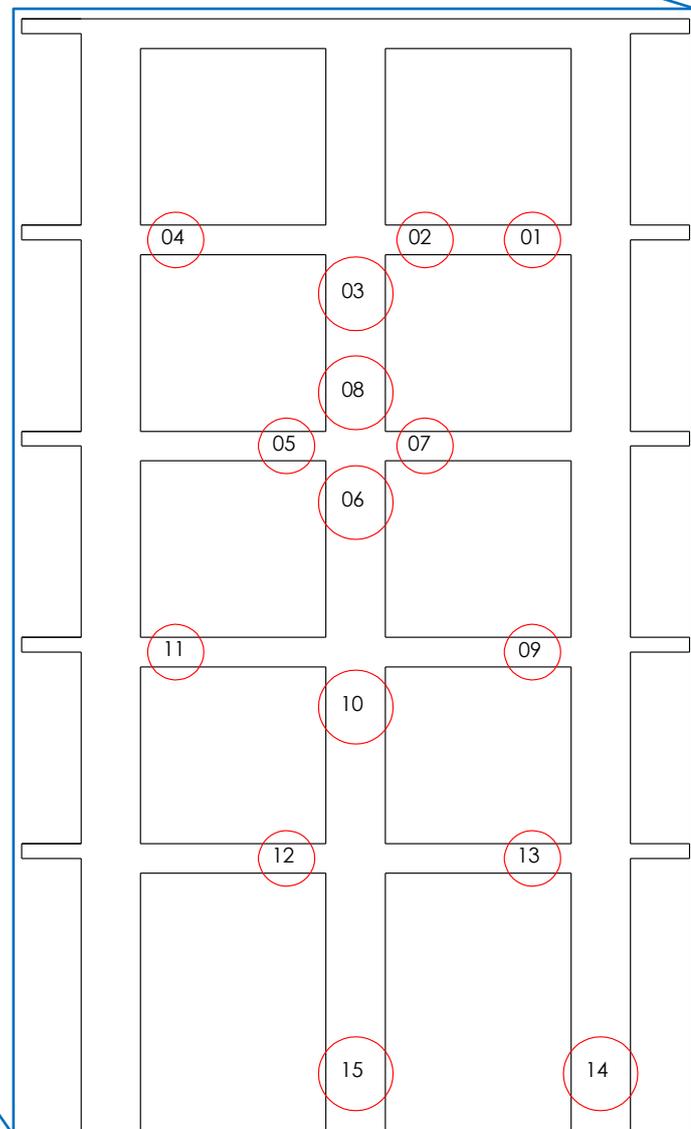


3.7.2.2.2. *Elementos Estructurales de la Edificación.*

- a) Para empezar, se realizó un reconocimiento de los elementos estructurales distribuidos en el pórtico principal del eje 6 (Figura 37 / vigas y columnas), contemplando un total de 15 puntos a ensayar.

Figura 37

Distribución de Puntos a Ensayar en los Elementos Estructurales de la Edificación / Eje 6

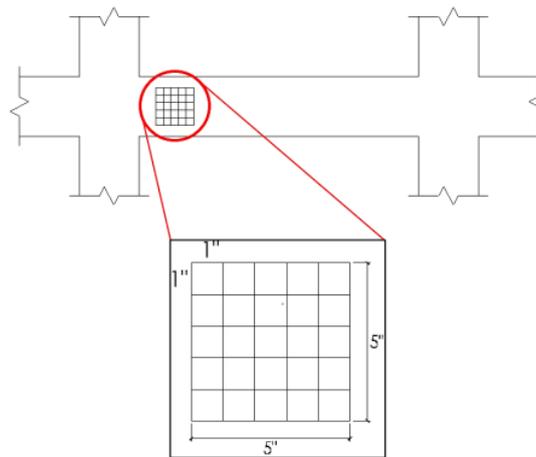




- b) Poco tiempo después, se realizó el trazado de cuadrículas en los puntos seleccionados, se escogió este pórtico debido a la facilidad de aplicación del ensayo, al ser una superficie lisa de concreto confinado se evitó la picadura del tarrajeo, con ayuda del armado de andamios se alcanzó a delimitar los puntos hasta el nivel 04. Los puntos escogidos fueron al inicio y final de la longitud de vigas (Figura 38) y columnas, puesto que es esta zona donde se concentra las rótulas plásticas.

Figura 38

Ejemplo del Trazado de Cuadrículas en Inicio y Final de la Longitud de Vigas



- c) Finalmente, se aplicó el esclerómetro en cada una de las cuadrículas trazadas (Figura 39), recolectando y tomando datos de un total de 20 disparos por elemento.

Figura 39

Aplicación del Esclerómetro Análogo en Columnas





3.7.2.3. Toma de Datos del Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido.

3.7.2.3.1. Probetas Cilíndricas de Concreto.

Elemento Estructural		Columna		Medidas		Datos Adicionales	Edad de Ensayo:	15/02/2022		
Ubicación: Vivienda Multifamiliar	Briqueta:	P-01		Ø (cm):	15.4		fc (kgf/cm ²): Cemento:	210	IP Yura	
			Altura (cm):	30.3	Otros:	-				
Posición		Índice de Rebote	Lecturas							
A			D01: 32	D02: 28	D03: 28	D04: 32	D05: 30	D06: 33		
			D07: 31	D08: 32	D09: 30	D10: 32	D11: 32	D12: 28		
			D13: 30	D14: 32	D15: 34	D16: 30	D17: -	D18: -		
			D19: -	D20: -	D21: -	D22: -	D23: -	D24: -		

3.7.2.3.2. Elementos Estructurales de la Edificación.

Elemento Estructural		Viga		Medidas		Datos Adicionales	Punto:	P-01		
Ubicación	Nivel:	4		Tipo:	VS-02		Base (cm): Peralte (cm):	fc (kgf/cm ²): Cemento:	210	IP Yura
	Eje:	6		40	Otros:	-				
Tramo:		C-D	Lecturas							
Posición		Índice de Rebote	D01: 32	D02: 26	D03: 33	D04: 24	D05: 28	D06: 29		
			D07: 23	D08: 28	D09: 26	D10: 28	D11: 28	D12: 29		
			D13: 29	D14: 31	D15: 30	D16: 30	D17: 28	D18: 25		
			D19: 28	D20: 28	D21: -	D22: -	D23: -	D24: -		



La continuación del desagregado de guías de observación N°04 concerniente a la Toma de Datos del Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido, específicamente los ítems 3.7.2.3.1 y 3.7.2.3.2, se encuentran adjuntos en los ítems 8.1.2 y 8.1.3.

3.7.3. Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.

3.7.3.1. Instrumentos Utilizados en el Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.

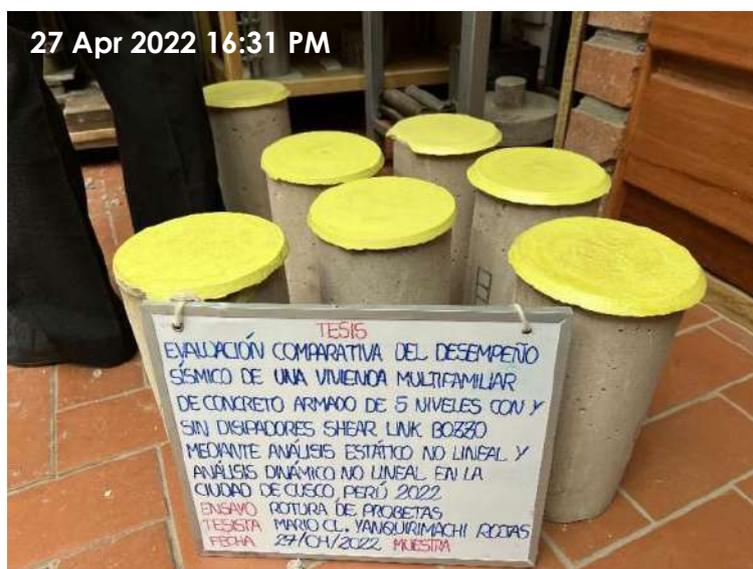
- 01 Máquina de Compresión.
- 01 Cinta Métrica de 3 m.
- Guía de Observación N°05.
- EPPs (guardapolvo, guantes, lente de protección, zapatos punta de acero, etc.)

3.7.3.2. Procedimiento del Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.

- a) Para comenzar, se realizó una nivelación de las probetas cilíndricas, se niveló las bases de las probetas con una mezcla disuelta de azufre y agua (Figura 40). Este proceso se desarrolló con el fin de obtener mejores resultados y distribución de esfuerzos axiales alrededor de la superficie de la probeta.

Figura 40

Nivelación de Base Superior con Mezcla Disuelta de Azufre y Agua en Probetas



- b) Al día siguiente, una vez seca la mezcla de azufre se ensayó las probetas cilíndricas en la máquina de compresión (Figura 41), tomando los respectivos datos de fecha de rotura, carga adquirida, diámetro y altura promedio, y tipo de falla presentada.

Figura 41

Probeta Cilíndrica P-11 Registrando una Carga de 40900kg y Falla Tipo I



3.7.3.3. Toma de Datos del Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL								
GUÍA DE OBSERVACIÓN N°05			ENSAYO: Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto					
Lugar:		Urb. Los Jardines San Jerónimo, Cusco		Fecha:		27/04/2022		
Elaborado por:		Mario Clemente Yanquirimachi Rojas		Asesor:		Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra		
Item	Elemento	Fecha de Elaboración	Fecha de Rotura	f _c Diseño (kgf/cm ²)	f _c Adquirido (kgf)	Ø Promedio (cm)	Altura Promedio (cm)	Tipo de Falla
01	Columna	15/02/2022	27/04/2022	210	45220	15.4	30.3	II
02	Columna	15/02/2022	27/04/2022	210	39100	15.1	30.2	III
03	Columna	15/02/2022	27/04/2022	210	32210	15.25	30.3	IV
04	Losa	11/01/2022	27/04/2022	210	56640	15.2	30.5	IV
05	Losa	11/01/2022	27/04/2022	210	34060	15.25	30.2	IV
06	Losa	11/01/2022	27/04/2022	210	61170	15.4	30.3	V
07	Viga	11/01/2022	27/04/2022	210	37250	15.32	30.4	IV
08	Viga	11/01/2022	27/04/2022	210	64470	15.3	30.1	V
09	Viga	11/01/2022	27/04/2022	210	51570	15.1	30.1	V
10	Escalera	11/01/2022	27/04/2022	210	51750	15.2	30.4	V
11	Escalera	11/01/2022	27/04/2022	210	40900	15.35	30.3	I
12	Escalera	11/01/2022	27/04/2022	210	54170	15.3	30.2	V
13	Columna	15/02/2022	27/04/2022	210	44200	15.25	30.3	III
14	Columna	15/02/2022	27/04/2022	210	56730	15.4	30.4	IV
15	Columna	15/02/2022	27/04/2022	210	55400	15.2	30.4	III

3.7.4. Recolección de Registros Sísmicos Compatibles con Suelo S₂.

3.7.4.1. Instrumentos Utilizados en la Recolección de Registros Sísmicos Compatibles con Suelo S₂.

- Data del CISMID (Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres).

3.7.4.2. Procedimiento en la Recolección de Registros Sísmicos Compatibles con Suelo S₂.

- a) Se recolectó los 11 Registros Sísmicos que las guías internacionales utilizan como mínimo en un NRHA, ello se realizó mediante el CISMID (Figura 42).

Figura 42

Página Web del CISMID

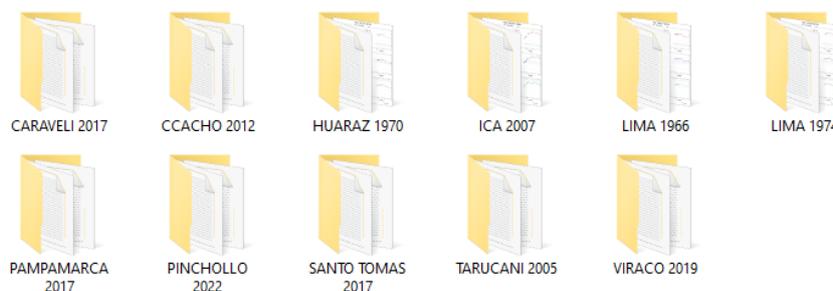
Fecha	Hora local (UTC-5)	Lugar de referencia	Magnitud
2022-08-20	06:50:15	18 km al SW de Tampo Uta Mura, Uchinca - Ica	M 3.8
2022-08-20	02:22:43	73 km al O de Chimbote, Santa - Ancash	M 3.7
2022-08-19	14:06:52	63 km al SE de Contamana, Ucayali - Loreto	M 4.8
2022-08-15	23:26:55	35 km al NE de Mollendo, Islay - Arequipa	M 4
2022-08-15	04:41:04	36 km al SE de Pucallga, Coronel Portillo - Ucayali	M 4.5
2022-08-14	11:26:54	31 km al NO de Chilca, Cañete - Lima	M 4.3
2022-08-13	21:58:27	17 km al SO de Ica, Ica - Ica	M 4.8
2022-08-11	01:24:48	23 km al SE de Castrovirreyna, Castrovirreyna - Huancavelica	M 4.8
2022-07-29	23:20:12	31 km al O de Ancon, Lima - Lima	M 4.1

3.7.4.3. Toma de Datos de la Recolección de Registros Sísmicos Compatibles con Suelo S₂.

Se muestra en la Figura 43 los acelerogramas utilizados en la investigación:

Figura 43

Acelerogramas Recolectados, 4 Registros del Norte y 7 del Sur





3.8. Procedimiento de Análisis de Datos

3.8.1. Contraste de Dimensiones In Situ.

3.8.1.1. *Contraste de Dimensiones In Situ de Columnas.*

3.8.1.1.1. *Procedimiento del Contraste de Dimensiones de Columnas C-01 y C-02.*

Se desarrolló el contraste de dimensiones de las columnas C-01 y C-02 con los datos obtenidos en los trabajos de replanteo, expresados en el ítem 3.7.1.3.1. Para ello se requiere de manera sencilla la diferencia numérica de la dimensión de los Planos de Arquitectura y Estructuras con las dimensiones de los datos obtenidos en campo, como se muestra a continuación:

- Diferencia de Base en Columnas (cm):

$$\Delta_{\text{base}} = \text{base}_{\text{plano}} - \text{base}_{\text{replanteo}} \quad (3.1)$$

- Diferencia de Peralte en Columnas (cm):

$$\Delta_{\text{peralte}} = \text{peralte}_{\text{plano}} - \text{peralte}_{\text{replanteo}} \quad (3.2)$$

- Diferencia de Altura en Columnas (cm):

$$\Delta_{\text{altura}} = \text{altura}_{\text{plano}} - \text{altura}_{\text{replanteo}} \quad (3.3)$$

3.8.1.1.2. *Tablas del Contraste de Dimensiones de Columnas C-01 y C-02.*

Con ayuda de la Guía de Observación N°01 se desarrolló el contraste de dimensiones. En el formato 3.7.1.3.1 también se puede apreciar este análisis de variación longitudinal con más énfasis.

3.8.1.1.3. *Análisis del Contraste de Dimensiones de Columnas C-01 y C-02.*

De acuerdo a lo calculado en el análisis de variación longitudinal de columnas C-01 y C-02, y debido a la diferencia numérica de las dimensiones obtenidas in situ con respecto a las dimensiones que se encuentran plasmadas en los planos, precisamente en relación a las alturas de columna, se necesita realizar un replanteo de estos, para posteriormente tomarlos en consideración en el modelo computacional.



3.8.1.2. *Contraste de Dimensiones In Situ de Vigas.*

3.8.1.2.1. *Procedimiento del Contraste de Dimensiones de Vigas VS-02 y VP-01.*

Se desarrolló el contraste de dimensiones de las vigas VP-01 y VS-02 con los datos obtenidos en los trabajos de replanteo, expresados en los ítems 3.7.1.3.2 y 3.7.1.3.3. Para ello se requiere de manera sencilla la diferencia numérica de la dimensión de los Planos de Arquitectura y Estructuras con las dimensiones de los datos obtenidos en campo. Se usó nuevamente las ecuaciones: (3.1) para diferencia de base en vigas [cm], (3.2) para diferencia de peralte en vigas [cm] y la mostrada a continuación:

- Diferencia de Largo en Vigas (cm):

$$\Delta_{\text{largo}} = \text{largo}_{\text{plano}} - \text{largo}_{\text{replanteo}} \quad (3.4)$$

3.8.1.2.2. *Tablas del Contraste de Dimensiones de Vigas VS-02 y VP-01.*

Con ayuda de la Guía de Observación N°02 se desarrolló el contraste de dimensiones. En los formatos 3.7.1.3.2 y 3.7.1.3.3 también se puede apreciar este análisis de variación longitudinal con más énfasis.

3.8.1.2.3. *Análisis del Contraste de Dimensiones de Vigas VS-02 y VP-01.*

De acuerdo a lo calculado en el análisis de variación longitudinal de vigas VS-02 y VP-01, y debido a la igualdad numérica de las dimensiones obtenidas in situ con respecto a las dimensiones que se encuentran plasmadas en los planos, no es necesario realizar un replanteo de estos.

3.8.1.3. *Contraste de Dimensiones In Situ de Muros de Albañilería.*

3.8.1.3.1. *Procedimiento del Contraste de Dimensiones de Muros de Albañilería.*

Se desarrolló el contraste de dimensiones de los muros de albañilería con los datos obtenidos en los trabajos de replanteo, expresados en el ítem 3.7.1.3.4. Para ello se requiere de manera sencilla la diferencia numérica de la dimensión de los Planos de Arquitectura y Estructuras con las dimensiones de los datos obtenidos en campo. Se usó nuevamente las ecuaciones: (3.3) para diferencia de altura en muros de albañilería [cm] y (3.4) para diferencia de largo en muros de albañilería [cm].



3.8.1.3.2. *Tablas del Contraste de Dimensiones de Muros de Albañilería.*

Con ayuda de la Guía de Observación N°03 se desarrolló el contraste de dimensiones. En los formatos 3.7.1.3.4 también se puede apreciar este análisis de variación longitudinal con más énfasis.

3.8.1.3.3. *Análisis del Contraste de Dimensiones de Muros de Albañilería.*

De acuerdo a lo calculado en el análisis de variación longitudinal de muros de albañilería, y debido a la gran diferencia numérica de las dimensiones obtenidas in situ con respecto a las dimensiones que se encuentran plasmadas en los planos, precisamente por no presentar detalles, especificaciones y medidas de los mismos, se necesita realizar un replanteo de estos, en el que se debe elaborar una nueva configuración y distribución de los elementos no estructurales, para posteriormente tomarlos en consideración en el modelo computacional.

3.8.2. Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido - Esclerómetro Análogo ASTM C-805.

3.8.2.1. Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido en Probetas Cilíndricas.

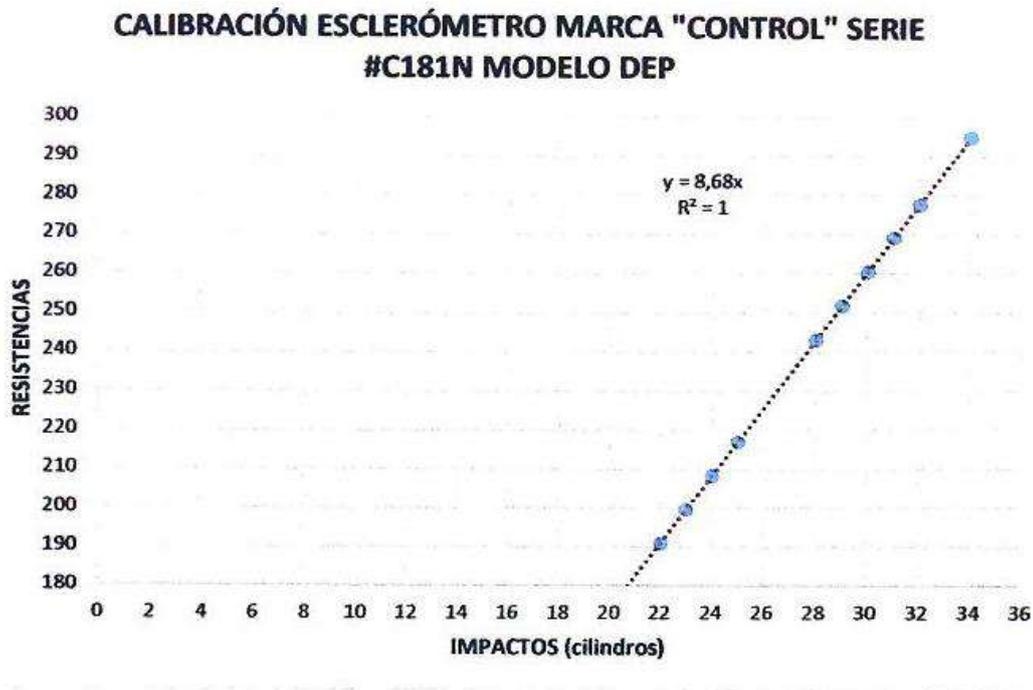
3.8.2.1.1. Procedimiento del Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido en Probetas Cilíndricas.

Se desarrolló el método de prueba estándar para determinar el índice de rebote del concreto endurecido con los datos obtenidos en los trabajos de campo, expresados en el ítem 3.7.2.3.1. Para ello se requiere de manera sencilla el promedio de las lecturas realizadas en cada probeta y descartar aquellas que difieran por más de 6 unidades del promedio; si en más de dos lecturas se difiere de este promedio por 6 unidades, se debe desechar todas las lecturas y realizarlas nuevamente. La ecuación de la curva característica del esclerómetro análogo utilizado corresponde a una calibración de un muestreo de 124 pruebas al concreto endurecido elaborado por el ingeniero propietario del equipo, como se muestra en la Figura 44.



Figura 44

Ecuación Característica del Esclerometro Análogo Calibrado



CALIBRACIÓN MODELO C181N4072 FACTOR = 8,68 Kg/cm² según NORMA MTC E 725
Muestreo de un universo de 124 pruebas al concreto endurecido.

Nota: Avendaño Vargas (2022)

3.8.2.1.2. *Tablas del Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido en Probetas Cilíndricas.*

Con ayuda del Formato de Cálculo N°01 se desarrolló la determinación del índice de rebote del concreto endurecido.

Ubicación	Punto	Elemento	Valor Promedio "Q"	Valor de Resistencia "f"	Valores Válidos/ Total	Desviación	Factor de Forma
Vivienda multifamiliar	P-01	Columna	30.88	268 kg/cm ²	16/16	1.82	Cilindro 1:2

Valores "Q" Número de Rebote		Estadística
32	32	Número de Mediciones N: 16
28	28	Mediciones No Válidas: 0
28	28	Valor Medio f: 210
32	32	Desviación típica s: 1.82
30	32	
33	28	Configuración para el ensayo
31	30	Norma para valor Promedio: ASTM
32	32	Factor de Forma: Cilindro 1:2
30	34	Unidad de conversión: kg/cm ²
32	30	
		Comentario



La continuación del desagregado de Formatos de Cálculo N°01 concerniente a las Tablas del Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido en Probetas Cilíndricas del ítem 3.8.2.1.2 se encuentran adjuntos en el título de Anexos.

3.8.2.1.3. Análisis del Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido en Probetas Cilíndricas.

Los resultados de estimación del valor de resistencia $f'c$ son referenciales, los cuales ameritan realizar una correlación con los resultados obtenidos de la resistencia proporcionada por la máquina de compresión, mediante ello se confirma la aproximación de 210 kg/cm^2 como patrón de $f'c$ en los distintos elementos estructurales, debido a que en la mayoría de probetas cilíndricas ensayadas con esclerómetro análogo han excedido en gran medida su valor referencial.

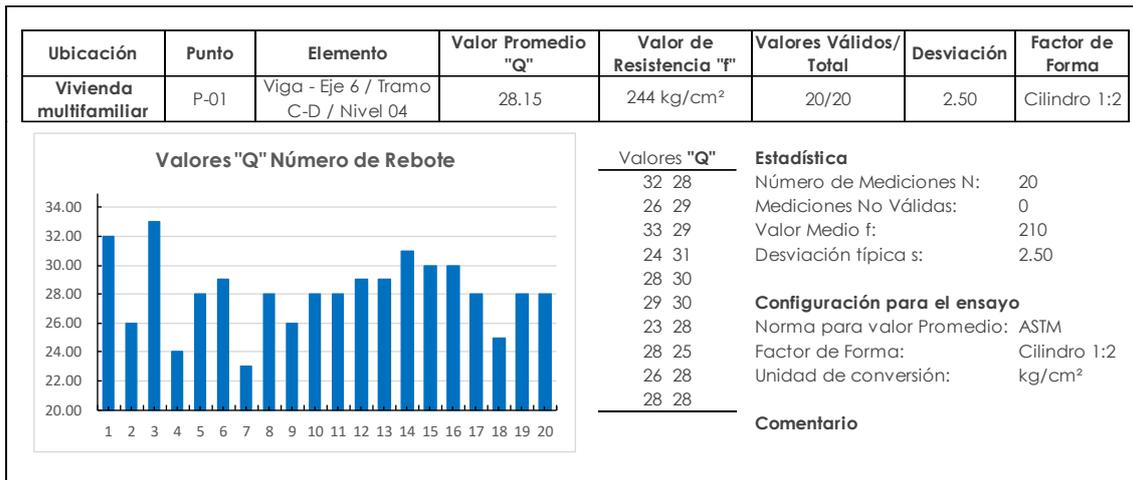
3.8.2.2. Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido en Elementos Estructurales.

3.8.2.2.1. Procedimiento del Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido en Elementos Estructurales.

Se desarrolló el método de prueba estándar para determinar el índice de rebote del concreto endurecido con los datos obtenidos en los trabajos de campo, expresados en el ítem 3.7.2.3.2. Para ello se requiere de manera sencilla el promedio de las lecturas realizadas en cada elemento estructural y descartar aquellas que difieran por más de 6 unidades del promedio; si en más de dos lecturas se difiere de este promedio por 6 unidades, se debe desechar todas las lecturas y realizarlas nuevamente.

3.8.2.2.2. Tablas del Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido en Elementos Estructurales.

Con ayuda del Formato de Cálculo N°01 se desarrolló la determinación del índice de rebote del concreto endurecido.



La continuación del desagregado de Formatos de Cálculo N°01 concerniente a las Tablas del Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido en Elementos Estructurales del ítem 3.8.2.2.2 se encuentran adjuntos en el título de Anexos.

3.8.2.2.1. *Análisis del Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido en Elementos Estructurales.*

Los resultados de estimación del valor de resistencia $f'c$ son referenciales, los cuales ameritan realizar un incremento o disminución en función de la correlación obtenida entre los resultados del esclerómetro análogo y la máquina de compresión aplicada a las probetas cilíndricas de concreto, mediante ello se confirma la aproximación de 210 kg/cm² como patrón de $f'c$ en los distintos elementos estructurales, debido a que en la mayoría de elementos estructurales ensayados con esclerómetro análogo han excedido en gran medida su valor referencial.

3.8.3. **Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.**

3.8.3.1. *Procedimiento del Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.*

Se desarrolló el ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto con los datos obtenidos en los trabajos de laboratorio, expresados en el ítem 3.7.3.3. Para ello se requiere de manera sencilla el cálculo de esfuerzo aplicado, es decir, la carga obtenida de la aplicación de la prensa hidráulica, entre el área promedio de la sección transversal de la probeta cilíndrica, como se muestra a continuación:

- Resistencia a Compresión [$f'c$] (kg/cm^2):

$$f'c = \frac{\text{Fuerza} [\text{kg}]}{\text{Área} [\text{cm}^2]} \quad (3.5)$$

De tal modo que se calculó la resistencia obtenida vs la resistencia que debería tener el concreto de las probetas cilíndricas en porcentaje pasado los 28 días.

3.8.3.2. *Tablas del Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.*

Con ayuda del Formato de Cálculo N°02 se desarrolló la determinación de la resistencia a la compresión, como se puede observar con más detenimiento en las siguientes tablas:

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL														
TEMA: Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022																		
FORMATO DE CÁLCULO N°02			ENSAYO: Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto - Basado en la Norma ASTM C-39 y AASHTO T-22															
Lugar:	Urb. Los Jardines San Jerónimo, Cusco		Fecha:	27/04/2022														
Elaborado por:	Mario Clemente Yanquirimachi Rojas		Asesor:	Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra														
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>f'c de Diseño:</td> <td>210 kg/cm^2</td> </tr> <tr> <td>Diametro Promedio:</td> <td>15.28 cm</td> </tr> <tr> <td>Altura Promedio:</td> <td>30.29 cm</td> </tr> <tr> <td>Área Promedio:</td> <td>183.31 cm^2</td> </tr> <tr> <td>Tipo de Cemento:</td> <td>Tipo IP</td> </tr> </table>						f'c de Diseño:	210 kg/cm^2	Diametro Promedio:	15.28 cm	Altura Promedio:	30.29 cm	Área Promedio:	183.31 cm^2	Tipo de Cemento:	Tipo IP			
f'c de Diseño:	210 kg/cm^2																	
Diametro Promedio:	15.28 cm																	
Altura Promedio:	30.29 cm																	
Área Promedio:	183.31 cm^2																	
Tipo de Cemento:	Tipo IP																	
N°	Elemento	Ubicación	Fecha		Edad (días)	Lectura (kg)	Resistencia (kg/cm^2)		% de $f'c$		Cumple con la Resistencia	Tipo de Falla						
			Moldeo	Rolura			Obtenida	Según $f'c$	Obtenida	Según $f'c$								
1	Columna	---	15/02/2022	27/04/2022	71	45220.00	242.77	210.00	115.61%	100.00%	Si Cumple	F - II						
2	Columna	---	15/02/2022	27/04/2022	71	39100.00	218.34	210.00	103.97%	100.00%	Si Cumple	F - III						
3	Columna	---	15/02/2022	27/04/2022	71	32210.00	176.34	210.00	83.97%	100.00%	No Cumple	F - IV						
4	Losa	---	11/01/2022	27/04/2022	106	56640.00	312.14	210.00	148.64%	100.00%	Si Cumple	F - IV						
5	Losa	---	11/01/2022	27/04/2022	106	34060.00	186.47	210.00	88.80%	100.00%	En el Rango	F - IV						
6	Losa	---	11/01/2022	27/04/2022	106	61170.00	328.40	210.00	156.38%	100.00%	Si Cumple	F - V						
7	Viga	---	11/01/2022	27/04/2022	106	37250.00	202.08	210.00	96.23%	100.00%	En el Rango	F - IV						
8	Viga	---	11/01/2022	27/04/2022	106	64470.00	350.66	210.00	166.98%	100.00%	Si Cumple	F - V						
Resistencia Alcanzada: <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="background-color: #e0f0ff;">Si Cumple</td> <td>La resistencia de la briqueta es Igual o Superior a la resistencia de Diseño</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #fff0e0;">En el Rango</td> <td>La resistencia de la briqueta es Igual o Superior al 85% de la resistencia de Diseño</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #ffe0e0;">No Cumple</td> <td>La resistencia de la briqueta es Inferior al 85% de la resistencia de Diseño</td> </tr> </table>													Si Cumple	La resistencia de la briqueta es Igual o Superior a la resistencia de Diseño	En el Rango	La resistencia de la briqueta es Igual o Superior al 85% de la resistencia de Diseño	No Cumple	La resistencia de la briqueta es Inferior al 85% de la resistencia de Diseño
Si Cumple	La resistencia de la briqueta es Igual o Superior a la resistencia de Diseño																	
En el Rango	La resistencia de la briqueta es Igual o Superior al 85% de la resistencia de Diseño																	
No Cumple	La resistencia de la briqueta es Inferior al 85% de la resistencia de Diseño																	

La continuación del desagregado de Formatos de Cálculo N°02 concerniente a las Tablas del Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto. del ítem 3.8.3.2 se encuentran adjuntos en el título de Anexos.



3.8.3.3. *Análisis del Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.*

Los resultados de estimación del valor de resistencia f_c son significativos, de los cuales se denota que 12 de las probetas cilíndricas cumplen con la resistencia que debería contener, e inclusive excede el valor referencial de 210 kg/cm^2 ; sin embargo, 2 de ellas se encuentran dentro del rango del 85% de la resistencia de diseño, siendo 1 de las 15 inferior al valor de resistencia requerido, no cumpliendo el patrón base de f_c de diseño. Por ende, se denota la necesidad de realizar una correlación numérica entre el esclerómetro análogo y la máquina de compresión, para posteriormente realizar un incremento o disminución en la resistencia obtenida por esclerometría en los distintos elementos estructurales.

3.8.4. **Correlación Esclerómetro Análogo vs Máquina de Compresión.**

3.8.4.1. *Procedimiento de la Correlación Esclerómetro Análogo vs Máquina de Compresión.*

Se desarrolló la correlación numérica entre los resultados obtenidos por esclerómetro análogo y los resultados obtenidos por máquina de compresión en las probetas cilíndricas (Figura 45), de los cuales se denotó una dispersión débil de datos; por consiguiente, se optó por realizar una regresión armónica en base a las series de Fourier (Figura 46), donde se utilizaron seis coeficientes de Fourier con el fin de obtener un R^2 por encima del 98%, a continuación, se muestra la ecuación utilizada en la correlación numérica:

Modelo general de Fourier de 6 coeficientes:

$$\begin{aligned} f(x) = & a_0 + a_1 \cos(x \times w) + b_1 \sin(x \times w) + a_2 \cos(2 \times x \times w) \\ & + b_2 \sin(2 \times x \times w) + a_3 \cos(3 \times x \times w) + b_3 \sin(3 \times x \times w) \\ & + a_4 \cos(4 \times x \times w) + b_4 \sin(4 \times x \times w) + a_5 \cos(5 \times x \times w) \\ & + b_5 \sin(5 \times x \times w) + a_6 \cos(6 \times x \times w) + b_6 \sin(6 \times x \times w) \end{aligned} \quad (3.6)$$



Coefficientes de Fourier (con límites de confianza del 95 %):

$$\begin{aligned} a_0 &= 875.5(150.3, 1601) \\ a_1 &= 1669(-397.7, 3736) \\ b_1 &= 398.8(-101.9, 899.6) \\ a_2 &= 1255(-131.4, 2642) \\ b_2 &= -502.7(-1735, 729.2) \\ a_3 &= -511.1(-1537, 514.9) \\ b_3 &= -599.4(-1338, 139.5) \\ a_4 &= -976.2(-2229, 276.3) \\ b_4 &= 929.4(-986.4, 2845) \\ a_5 &= 276.9(-2506, 3059) \\ b_5 &= 1770(-279.8, 3819) \\ a_6 &= 645(-1258, 2548) \\ b_6 &= 767.2(-266.8, 1801) \\ w &= 0.175(0.1739, 0.176) \end{aligned} \tag{3.7}$$

La bondad de ajuste en relación a este modelo de correlación es la siguiente:

Suma de errores-cuadrado: 50, R-cuadrado: 0.9988 y R-cuadrado ajustado: 0.9833

Figura 45

Correlación Numérica Esclerómetro Análogo vs Máquina de Compresión en Matlab

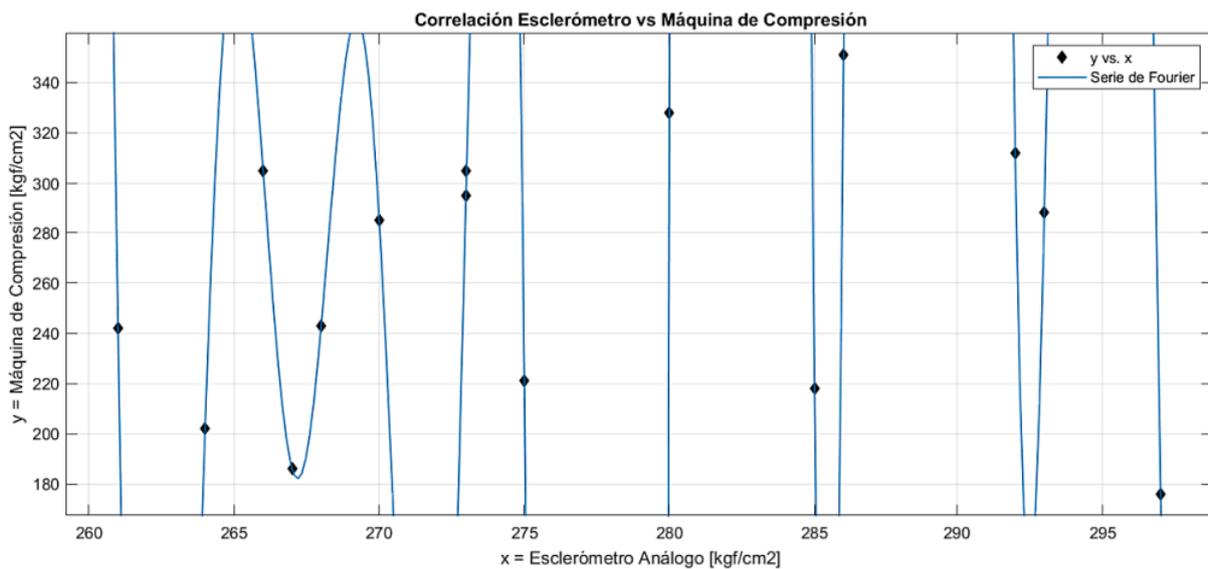
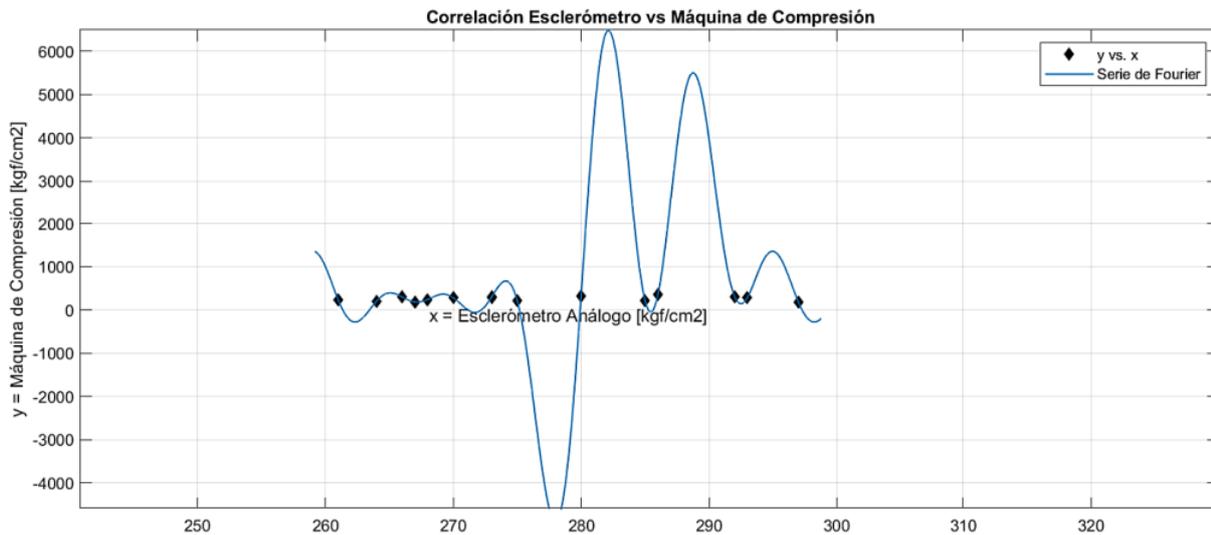




Figura 46

Serie de Fourier de 6 Coeficientes Aplicado a Correlación Numérica en Matlab



En la presente correlación por regresión armónica se muestra que la ecuación planteada mediante el modelo general de Fourier de 6 coeficientes no cumple en ciertas ocasiones con estimar el resultado del valor de resistencia f^c de diseño en los elementos estructurales ensayados, en ese entender se plantea una reducción de datos en función del error porcentual, el promedio estadístico y la desviación estándar de la muestra escogida. Se utilizó una regresión del tipo polinomial de cuarto grado (Figura 47) con el fin de obtener un R^2 por encima del 99%, a continuación, se muestra la ecuación utilizada en la correlación numérica:

Modelo general de Regresión Polinomial de cuarto grado:

$$f(x) = p_1x^4 + p_2x^3 + p_3x^2 + p_4x + p_5 \quad (3.8)$$

Coefficientes del Polinomio:

$$\begin{aligned} p_1 &= -174.3 \\ p_2 &= 67.84 \\ p_3 &= 167.5 \\ p_4 &= -8.619 \\ p_5 &= 268 \end{aligned} \quad (3.9)$$

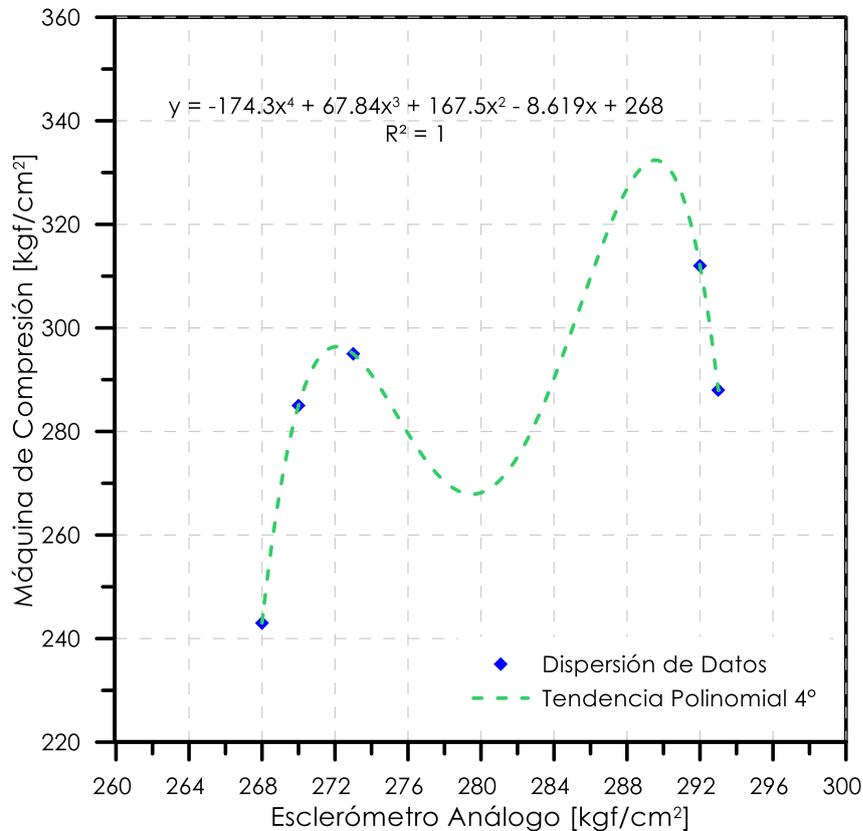
La bondad de ajuste en relación a este modelo de correlación es la siguiente:

Suma de errores-cuadrado: $4.039e^{-27}$, R-cuadrado: 1 y R-cuadrado ajustado: 1



Figura 47

Regresión Polinomial de Cuarto Grado Aplicado a Correlación Numérica en Matlab



3.8.4.2. Tablas de la Correlación Esclerómetro Análogo vs Máquina de Compresión.

Con ayuda de la correlación numérica y viendo un desfase para optar el cálculo de correlación mediante una ecuación representativa, se inclinó el análisis por hallar un error porcentual entre los resultados obtenidos por esclerometría y máquina de compresión, posteriormente se asignó una disminución en función del promedio porcentual, debido a que el error era positivo en la mayoría probetas cilíndricas, llegándose a promediar un valor de resistencia f^c de diseño en los elementos estructurales ensayados, como se puede observar con más detenimiento en la Tabla 6.

Tabla 6

Reducción de Resultados Obtenidos por Esclerómetro y Máquina de Compresión mediante Error Porcentual, Promedio Estadístico y Desviación Estándar

Probeta	Esclerómetro X (kg/cm ²)	Máquina Y (kg/cm ²)	Error X vs Y (%)
P-01	268	243	9.33



P-04	292	312	-6.85
P-09	293	288	1.71
P-10	270	285	-5.56
P-12	273	295	-8.06
Promedio	279.200	284.600	6.30

Tabla 7

Correlación de Resultados Obtenidos por Esclerómetro Análogo en Elementos Estructurales

Probeta	Esclerómetro Estructura (kg/cm²)	Correlación de Datos en Estructura (kg/cm²)
P-01	244	228.63
P-02	237	222.07
P-03	260	243.62
P-04	261	244.56
P-05	248	232.38
P-06	255	238.94
P-07	271	253.93
P-08	276	258.61
P-09	284	266.11
P-10	259	242.68
P-11	294	275.48
P-12	250	234.25
P-13	269	252.05
P-14	292	273.60
P-15	284	266.11
Promedio	265.600	248.87

3.8.4.3. Análisis de la Correlación Esclerómetro Análogo vs Máquina de Compresión.

Los resultados de estimación del valor de resistencia $f'c$ son significativos luego de la correlación plasmado en la Tabla 7, se denota un promedio de 248.87 kg/cm² de $f'c$ de diseño en todos los elementos estructurales ensayados. Por consiguiente, se toma el valor patrón de 210 kg/cm² como $f'c$ de diseño de todos los elementos estructurales conformantes de concreto armado de la vivienda multifamiliar, el cual debe ser utilizado para elaboración del modelo matemático de la edificación en estudio.

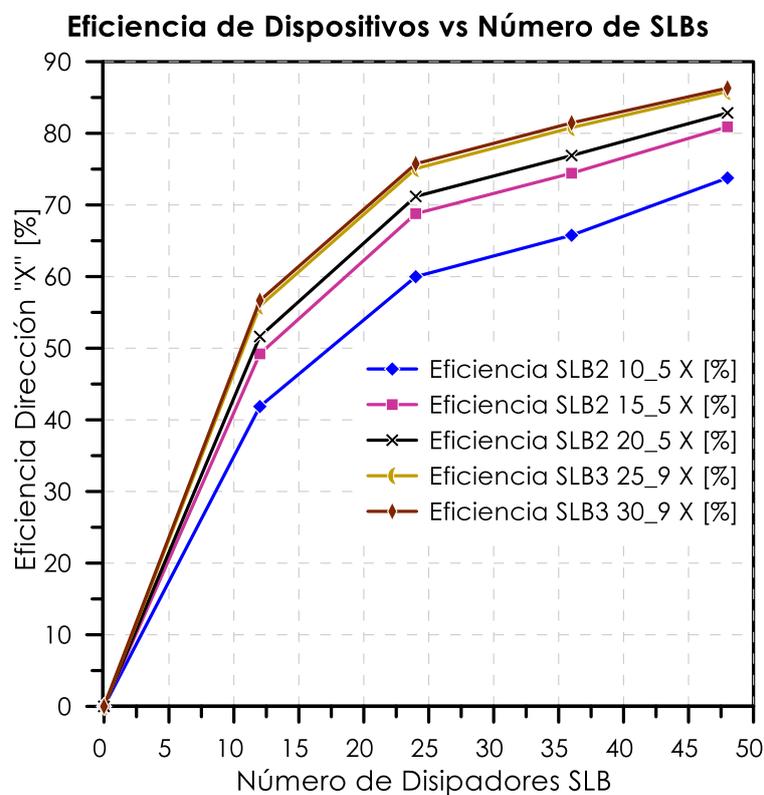
3.8.5. Estudios de Eficiencia a Dispositivos Shear Link Bozzo.

3.8.5.1. Eficiencia Respecto al Número de Dispositivos.

Se presenta a continuación unos gráficos desarrollados a partir de 20 modelos matemáticos distintos en función del modelo geométrico de la edificación de 5 niveles en estudio, del cual se desprende una significativa relación, el porcentaje de eficiencia alcanzado con respecto a la reducción de distorsiones de entrepiso o drifts es directamente proporcional al número de dispositivos colocados; así mismo la eficiencia está relacionada directamente al tamaño del Dispositivo SLB.

Figura 48

Eficiencia de Reducción de Drifts vs Número de Dispositivos SLBs en Dirección X



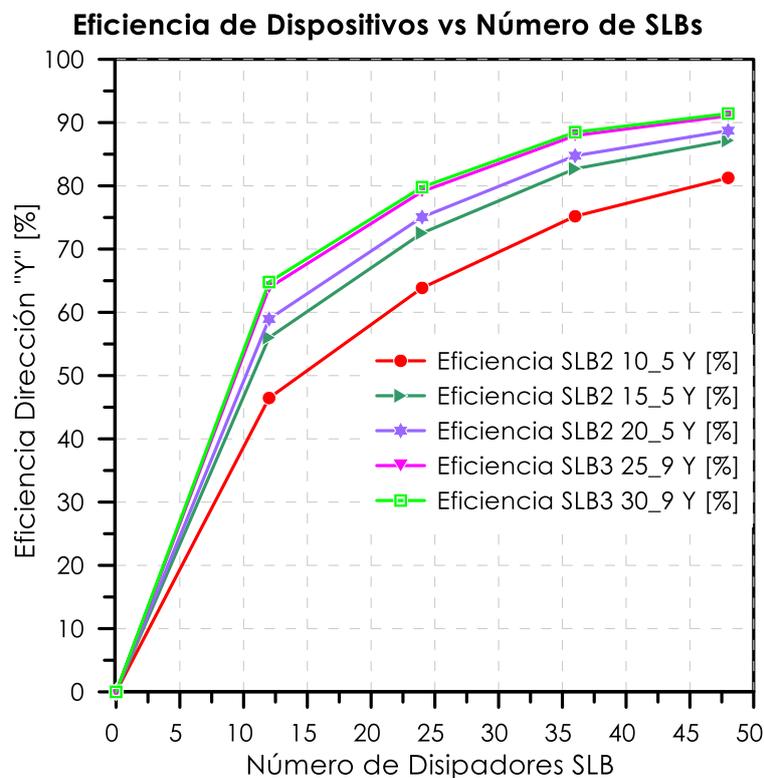
En este estudio se desarrolló el cálculo de la eficiencia a partir de un Análisis Dinámico Modal Espectral Lineal considerando el movimiento del Centro de Masas para considerar una Excentricidad Dinámica de ± 0.05 Dirección X y ± 0.05 Dirección Y, se tuvieron 4 casos de Análisis Modal Espectral de cuya envolvente se obtuvo los resultados de distorsiones de entrepiso. En la Figura 48 y Figura 49 se evidencian una eficiencia de reducción que parte desde 41.86% y 46.46% en Direcciones X e Y respectivamente para



12 Dispositivos SLB2 10_5, hasta un total de 86.32% y 91.43% en Direcciones X e Y respectivamente para 48 Dispositivos SLB3 30_9.

Figura 49

Eficiencia de Reducción de Drifts vs Número de Dispositivos SLBs en Dirección Y



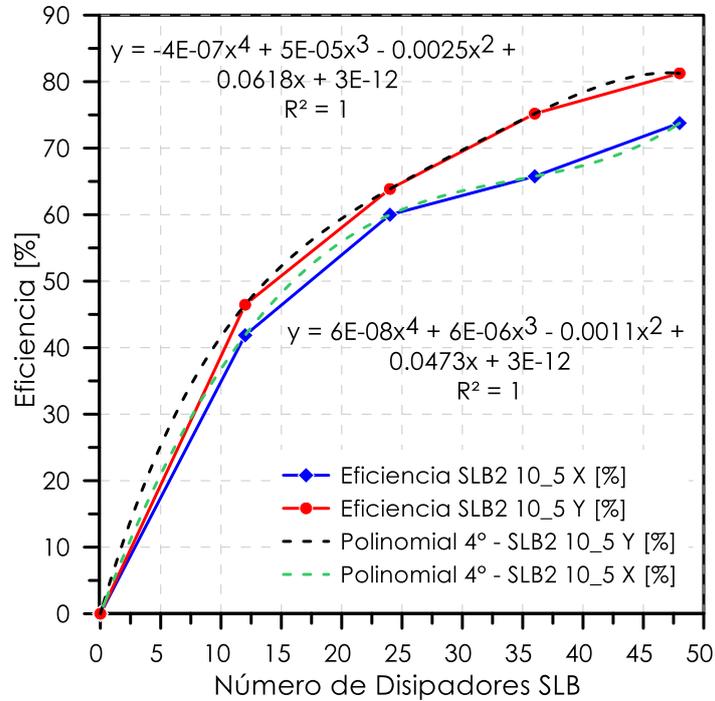
Para elaborar una correcta interpolación del valor de eficiencia en cuanto a reducción de drifts y su correspondiente valor del número de SLBs a utilizar, se realizó conjuntamente a este estudio un ajuste de regresión por cada tamaño de disipador (Figura 50 a Figura 54), obteniendo una tendencia polinomial de cuarto grado. Se consideró para el análisis los Disipadores SLB del tamaño: SLB2 10_5, SLB2 15_5, SLB2 20_5, SLB3 25_9 y SLB3 30_9, contemplando desde anchos pequeños (10cm) hasta anchos relativamente grandes (30cm), se escogió los dispositivos de espesor 5mm y 9mm debido a que contienen una rigidez inicial mayor en relación a los demás dispositivos de su misma categoría; también son más económicos que la categoría propia perteneciente. No se llegaron a utilizar dispositivos más pequeños (<10cm de ancho), puesto que al proceder el análisis de resultados no se llegaban a obtener Niveles de Desempeño mayores al modelo que no incluía disipadores; aparte de ello no se optó por utilizar dispositivos más grandes (>30cm de ancho), en vista de que generaban en el edificio de estudio torsión por el mismo hecho de incluir rigideces considerables. Se presentan en seguida las tendencias:



3.8.5.1.1. *Tendencia de Eficiencia Disipador SLB2 10_5.*

Figura 50

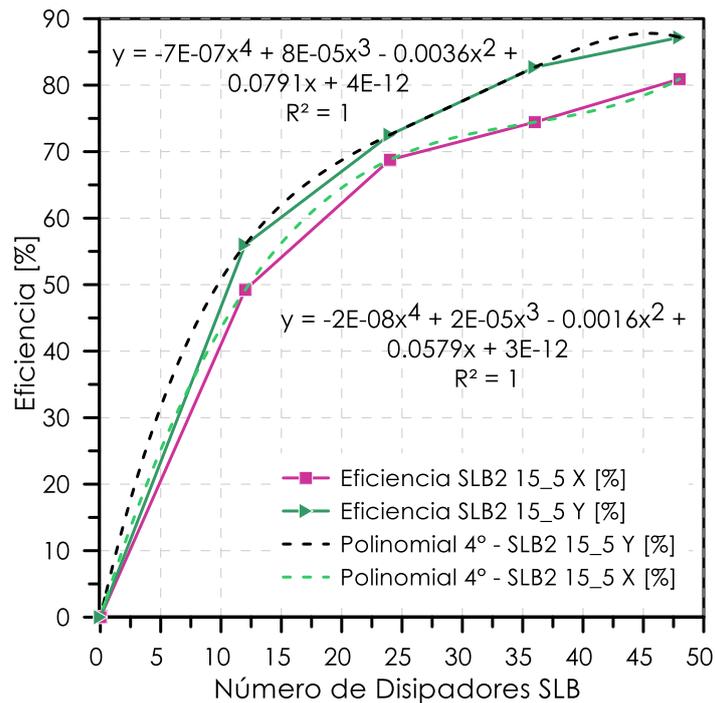
Tendencia Polinomial de 4° para Disipador SLB2 10_5 en Direcciones X e Y



3.8.5.1.2. *Tendencia de Eficiencia Disipador SLB2 15_5.*

Figura 51

Tendencia Polinomial de 4° para Disipador SLB2 15_5 en Direcciones X e Y

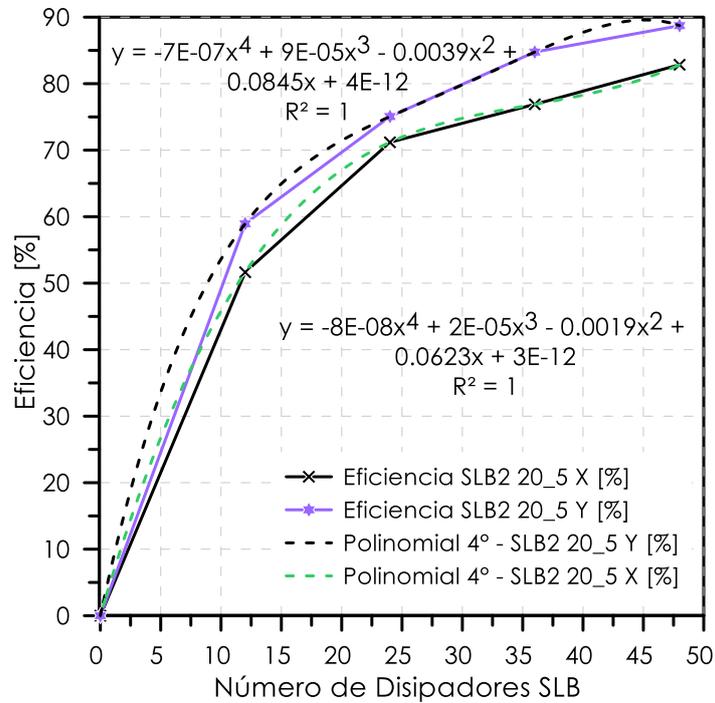




3.8.5.1.3. *Tendencia de Eficiencia Disipador SLB2 20_5.*

Figura 52

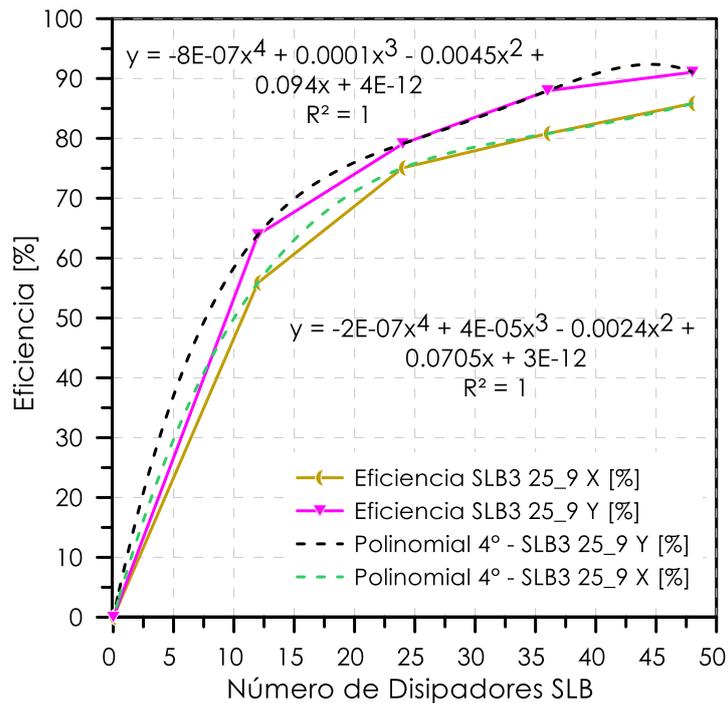
Tendencia Polinomial de 4° para Disipador SLB2 20_5 en Direcciones X e Y



3.8.5.1.4. *Tendencia de Eficiencia Disipador SLB3 25_9.*

Figura 53

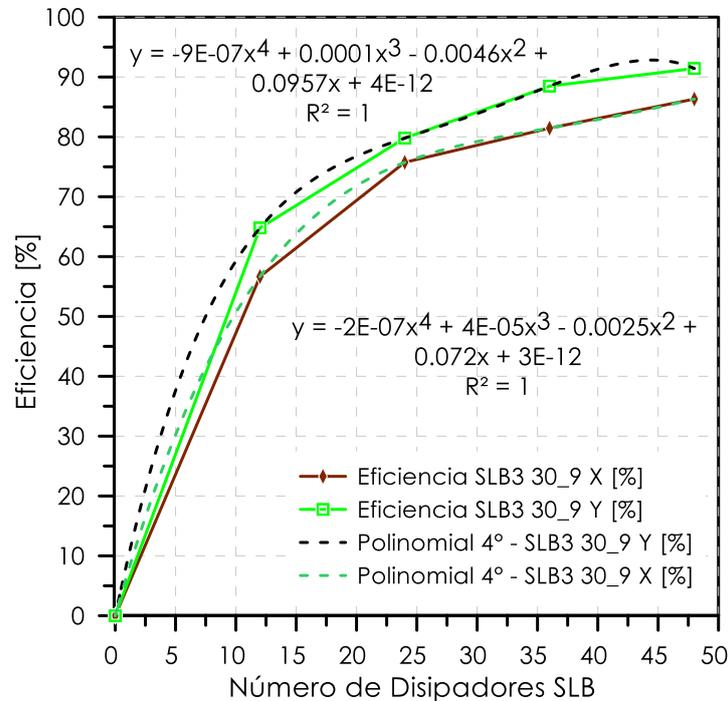
Tendencia Polinomial de 4° para Disipador SLB3 25_9 en Direcciones X e Y



3.8.5.1.5. *Tendencia de Eficiencia Disipador SLB3 30_9.*

Figura 54

Tendencia Polinomial de 4° para Disipador SLB3 30_5 en Direcciones X e Y



3.8.5.2. *Eficiencia Respecto a la Posición de Niveles.*

Se presenta seguidamente unos gráficos desarrollados a partir de 50 modelos matemáticos distintos en función del modelo geométrico de la edificación de 5 niveles en estudio, del cual se desprende una significativa relación, el porcentaje de eficiencia alcanzado con respecto a la reducción de distorsiones de entrepiso o drifts es mayor en el Nivel 2 y 3 para la Dirección X, en la Dirección Y se presentan valores mayores de eficiencia en los Niveles 1 y 2. Por consiguiente, se opta por usar Disipadores Shear Link Bozzo en los Niveles 2 y 3 para la Dirección X, como mínimo dos pares y del tamaño SLB2 15_5, ya que con este número se consigue la reducción de drifts hasta en un 0.0035 (según requerimiento mínimo de normativa peruana E.031 de Aislamiento de Base); con respecto a la Dirección Y se opta por incluir Disipadores SLB en los Niveles 1 al 4, a causa de que es precisamente esta dirección donde se denota ausencia de rigidez por parte de los elementos estructurales conformantes, no se escogió el Nivel 5 porque no suma eficiencia al sentido de análisis según los modelos matemáticos realizados. Se aprecia más adelante en la Figura 55 y Figura 56 la eficiencia respecto al nivel de entrepiso seleccionado para la inclusión de Dispositivos SLB:



Figura 55

Posición Respecto al Nivel de Entrepiso Seleccionado con Inclusión de Dispositivos SLB vs Eficiencia de Reducción de Drifts en Dirección X

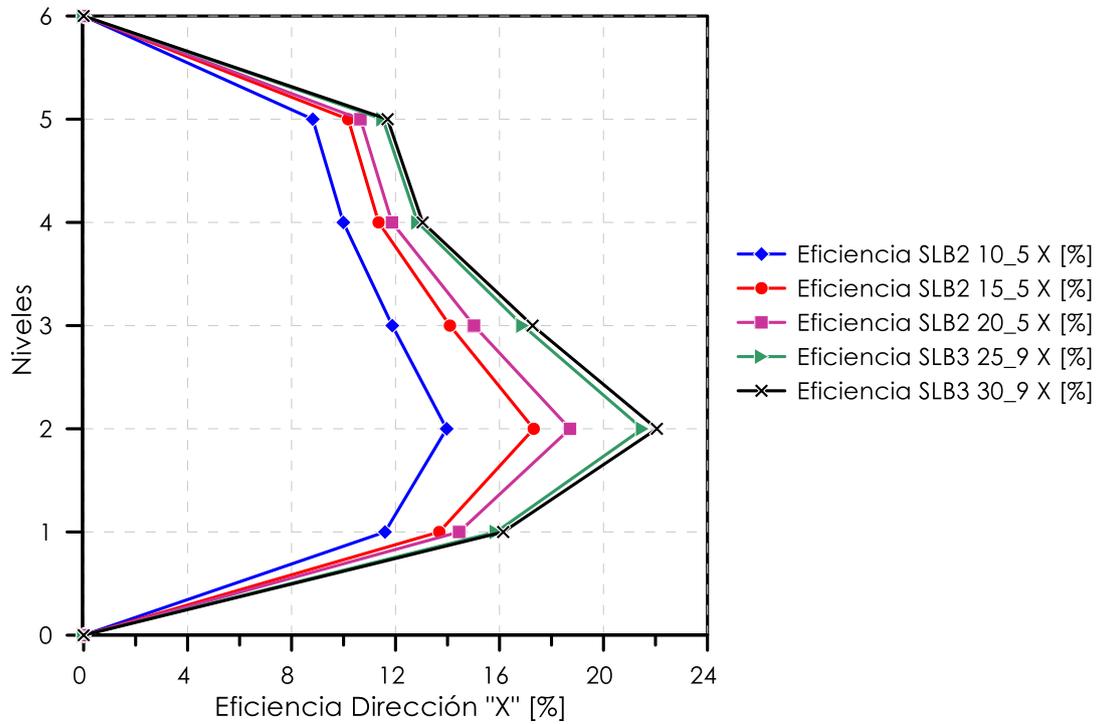
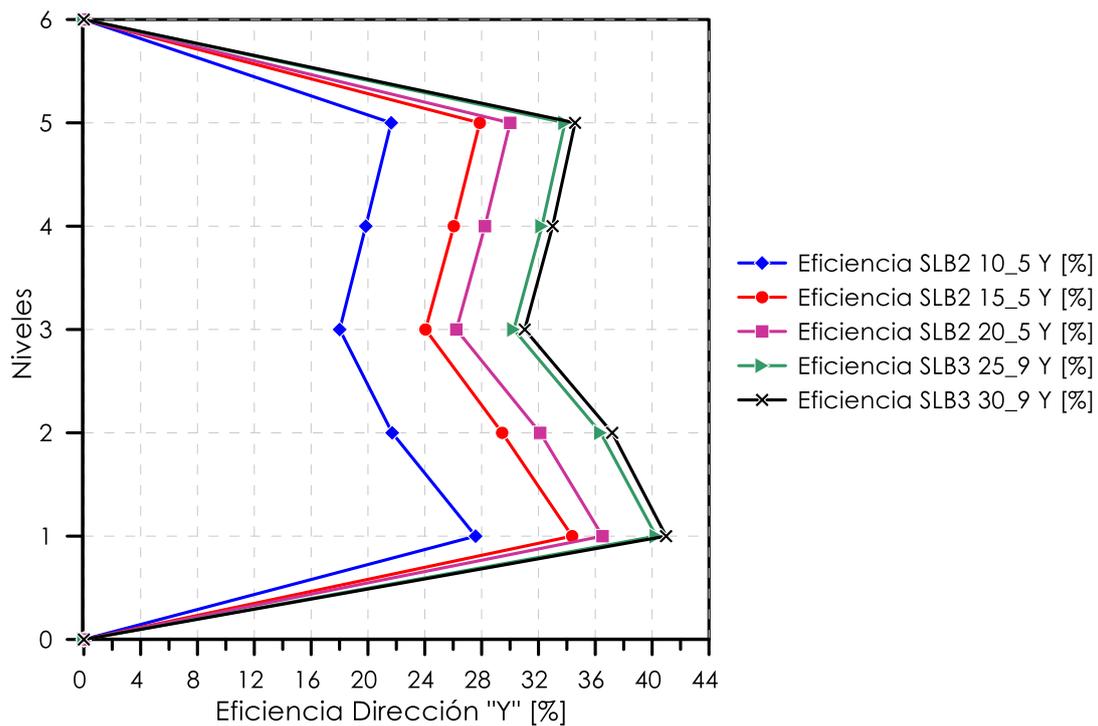


Figura 56

Posición Respecto al Nivel de Entrepiso Seleccionado con Inclusión de Dispositivos SLB vs Eficiencia de Reducción de Drifts en Dirección Y





3.8.6. Cálculo de Derivas Máximas de Entrepiso.

3.8.6.1. Procedimiento del Cálculo de Derivas Máximas de Entrepiso.

Se desarrolló el cálculo de las derivas máximas de entrepiso con ayuda del software ETABS 2019, para ello inicialmente se realizó un correcto RSA, con el fin de hacer el prediseño y aplicación de los Dispositivos SLB en la estructura de estudio. Luego se elaboró todo el procedimiento detallado en los ítems 8.3.7.2 al 8.3.7.10, seguidamente se efectuó el tratamiento de registros sísmicos con SeismoSignal (ítem 8.3.7.11). Tiempo después, el escalamiento de los registros con SeismoMatch (8.3.7.12), finalmente, para obtener el cálculo respectivo del parámetro en mención se realizó el procedimiento del ítem 8.3.7.13.

3.8.6.2. Tablas del Cálculo de Derivas Máximas de Entrepiso.

En vista del entorno minimalista del programa ETABS, la exportación de resultados respecto a derivas fue efectuado de manera sencilla, tal como se muestra en la Figura 57.

Figura 57

Resultados Obtenidos del Parámetro Derivas Máximas de Entrepiso mediante NRHA

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Item	Max Drift	Avg Drift	Ratio	Label
NIVEL 05	CCACHO 2012 XX (MCE)	NonDirHist	Max	Diaph D1 X	0.006067	0.004559	1.331	15
NIVEL 05	CCACHO 2012 XX (MCE)	NonDirHist	Max	Diaph D1 Y	0.001914	0.001735	1.103	10
NIVEL 05	CCACHO 2012 YY (MCE)	NonDirHist	Max	Diaph D1 X	0.000936	0.000833	1.124	10
NIVEL 05	CCACHO 2012 YY (MCE)	NonDirHist	Max	Diaph D1 Y	0.001988	0.001912	1.04	19
NIVEL 05	CARAVELI 2017 XX (MCE)	NonDirHist	Max	Diaph D1 X	0.006859	0.006305	1.056	15
NIVEL 05	CARAVELI 2017 XX (MCE)	NonDirHist	Max	Diaph D1 Y	0.002938	0.002774	1.059	10
NIVEL 05	CARAVELI 2017 YY (MCE)	NonDirHist	Max	Diaph D1 X	0.001924	0.001903	1.011	19
NIVEL 05	CARAVELI 2017 YY (MCE)	NonDirHist	Max	Diaph D1 Y	0.005792	0.005296	1.094	10
NIVEL 05	PAMPAMARCA 2017 XX (MCE)	NonDirHist	Max	Diaph D1 X	0.005489	0.005124	1.071	15
NIVEL 05	PAMPAMARCA 2017 XX (MCE)	NonDirHist	Max	Diaph D1 Y	0.002193	0.001838	1.193	10
NIVEL 05	PAMPAMARCA 2017 YY (MCE)	NonDirHist	Max	Diaph D1 X	0.003369	0.00289	1.166	15
NIVEL 05	PAMPAMARCA 2017 YY (MCE)	NonDirHist	Max	Diaph D1 Y	0.003522	0.003301	1.067	14
NIVEL 05	SANTO TOMAS 2017 XX (MCE)	NonDirHist	Max	Diaph D1 X	0.004318	0.004283	1.008	15
NIVEL 05	SANTO TOMAS 2017 XX (MCE)	NonDirHist	Max	Diaph D1 Y	0.001913	0.00169	1.132	14
NIVEL 05	SANTO TOMAS 2017 YY (MCE)	NonDirHist	Max	Diaph D1 X	0.003026	0.002507	1.207	10
NIVEL 05	SANTO TOMAS 2017 YY (MCE)	NonDirHist	Max	Diaph D1 Y	0.003877	0.003502	1.107	14

3.8.6.3. Análisis del Cálculo de Derivas Máximas de Entrepiso.

Los datos significativos tomados de la Figura 57 son: Story, Output Case, Ítem y Max Drift. Para cada dirección de acelerograma; y su correspondiente aplicación correcta dentro del diafragma X o Y se tiene una distorsión máxima de entrepiso resultante.



3.8.7. Cálculo de Fuerzas Cortantes Máximas de Entrepiso.

3.8.7.1. Procedimiento del Cálculo de Fuerzas Cortantes Máximas de Entrepiso.

Se desarrolló el cálculo de las fuerzas cortantes máximas de entrepiso con ayuda del software ETABS 2019, para ello junto al procedimiento descrito en 3.8.6.1 se obtuvo el cálculo respectivo del parámetro en mención.

3.8.7.2. Tablas del Cálculo de Fuerzas Cortantes Máximas de Entrepiso.

En vista del entorno minimalista del programa ETABS, la exportación de resultados respecto a fuerzas cortantes fue efectuado de manera sencilla, tal como se muestra en la Figura 58.

Figura 58

Resultados Obtenidos del Parámetro Fuerzas Cortantes Máximas de Entrepiso mediante NRHA

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Location	VX tonf	VY tonf	T tonf-m	MX tonf-m
NIVEL 05	CCACHO 2012 XX (MCE)	NonDirHist	Max	Bottom	73.1147	23.6907	506.4245	900.6835
NIVEL 05	CCACHO 2012 XX (MCE)	NonDirHist	Min	Bottom	-59.7533	-27.2401	-496.0314	741.6743
NIVEL 05	CCACHO 2012 YY (MCE)	NonDirHist	Max	Bottom	21.3203	47.0369	253.8091	962.3007
NIVEL 05	CCACHO 2012 YY (MCE)	NonDirHist	Min	Bottom	-15.4035	-45.9195	-274.3267	666.3138
NIVEL 05	CARAVELI 2017 XX (MCE)	NonDirHist	Max	Bottom	90.4476	37.4729	658.7276	944.4566
NIVEL 05	CARAVELI 2017 XX (MCE)	NonDirHist	Min	Bottom	-70.2826	-41.1934	-589.5964	704.7304
NIVEL 05	CARAVELI 2017 YY (MCE)	NonDirHist	Max	Bottom	19.6555	47.7068	222.0227	971.4419
NIVEL 05	CARAVELI 2017 YY (MCE)	NonDirHist	Min	Bottom	-19.414	-52.2106	-342.2828	674.5781
NIVEL 05	PAMPAMARCA 2017 XX (MCE)	NonDirHist	Max	Bottom	53.9892	21.1492	433.1365	898.3755
NIVEL 05	PAMPAMARCA 2017 XX (MCE)	NonDirHist	Min	Bottom	-58.2044	-25.6394	-425.2526	752.772
NIVEL 05	PAMPAMARCA 2017 YY (MCE)	NonDirHist	Max	Bottom	32.1122	44.7011	407.3491	963.749
NIVEL 05	PAMPAMARCA 2017 YY (MCE)	NonDirHist	Min	Bottom	-30.7242	-47.369	-468.1569	676.7815
NIVEL 05	SANTO TOMAS 2017 XX (MCE)	NonDirHist	Max	Bottom	73.5889	35.6633	462.5675	916.5705
NIVEL 05	SANTO TOMAS 2017 XX (MCE)	NonDirHist	Min	Bottom	-74.3165	-29.0417	-589.0611	706.5802
NIVEL 05	SANTO TOMAS 2017 YY (MCE)	NonDirHist	Max	Bottom	29.9131	55.8104	485.8296	1008.1995
NIVEL 05	SANTO TOMAS 2017 YY (MCE)	NonDirHist	Min	Bottom	-38.584	-60.8608	-481.8034	650.7594

3.8.7.3. Análisis del Cálculo de Fuerzas Cortantes Máximas de Entrepiso.

Los datos significativos tomados de la Figura 58 son: Story, Output Case, Step Type, VX [tonf] y VY [tonf]. Para cada dirección de acelerograma se tiene una fuerza cortante máxima de entrepiso resultante VX o VY según sea la dirección de aplicación. Cabe resaltar que estas cortantes mostradas tienen que ser disminuidas con las cortantes que absorben los Dispositivos SLB y tomar ese resultado final para el análisis por nivel.



3.8.8. Cálculo de Aceleraciones Máximas Absolutas.

3.8.8.1. Procedimiento del Cálculo de Aceleraciones Máximas Absolutas.

Se desarrolló el cálculo de las aceleraciones máximas absolutas con ayuda del software ETABS 2019, para ello junto al procedimiento descrito en 3.8.6.1 se obtuvo el cálculo respectivo del parámetro en mención.

3.8.8.2. Tablas del Cálculo de Aceleraciones Máximas Absolutas.

En vista del entorno minimalista del programa ETABS, la exportación de resultados respecto a aceleraciones absolutas fue efectuado de manera sencilla, tal como se muestra en la Figura 59.

Figura 59

Resultados Obtenidos del Parámetro Aceleraciones Máximas Absolutas mediante NRHA

Story	Label	Output Case	Case Type	Step Type	UX m/sec ²	UY m/sec ²	UZ m/sec ²	RX rad/sec ²
NIVEL 05	11	CCACHO 2012 XX (MCE)	NonDirHist	Max	7.0162	2.6912	30.8201	1.451
NIVEL 05	11	CCACHO 2012 XX (MCE)	NonDirHist	Min	-6.9241	-2.5118	-31.8941	-2.894
NIVEL 05	11	CCACHO 2012 YY (MCE)	NonDirHist	Max	2.3442	3.4548	0.3585	1.575
NIVEL 05	11	CCACHO 2012 YY (MCE)	NonDirHist	Min	-2.2051	-3.5959	-0.3478	-1.02
NIVEL 05	11	CARAVELI 2017 XX (MCE)	NonDirHist	Max	7.8009	3.0221	3414.0445	4.221
NIVEL 05	11	CARAVELI 2017 XX (MCE)	NonDirHist	Min	-6.5666	-3.2697	-3434.8022	-4.134
NIVEL 05	11	CARAVELI 2017 YY (MCE)	NonDirHist	Max	1.491	3.6019	11.9196	13.664
NIVEL 05	11	CARAVELI 2017 YY (MCE)	NonDirHist	Min	-1.2543	-4.2837	-21.8629	-63.359
NIVEL 05	11	PAMPAMARCA 2017 XX (MCE)	NonDirHist	Max	4.4932	1.9727	6.625	1.058
NIVEL 05	11	PAMPAMARCA 2017 XX (MCE)	NonDirHist	Min	-4.458	-2.2861	-6.6404	-0.846
NIVEL 05	11	PAMPAMARCA 2017 YY (MCE)	NonDirHist	Max	3.5539	3.5565	8.9863	1.304
NIVEL 05	11	PAMPAMARCA 2017 YY (MCE)	NonDirHist	Min	-3.7742	-3.2823	-8.9938	-1.094
NIVEL 05	11	SANTO TOMAS 2017 XX (MCE)	NonDirHist	Max	6.7281	2.3819	11.4059	0.844
NIVEL 05	11	SANTO TOMAS 2017 XX (MCE)	NonDirHist	Min	-5.6373	-2.2148	-11.3203	-0.659
NIVEL 05	11	SANTO TOMAS 2017 YY (MCE)	NonDirHist	Max	3.4498	4.4434	32.6644	5.34
NIVEL 05	11	SANTO TOMAS 2017 YY (MCE)	NonDirHist	Min	-3.2793	-5.988	-32.7268	-3.342

3.8.8.3. Análisis del Cálculo de Aceleraciones Máximas Absolutas.

Los datos significativos tomados de la Figura 59 son: Story, Label, Output Case, Step Type, UX [m/seg²] y UY [m/seg²]. Para cada dirección de acelerograma se tiene una aceleración máxima absoluta resultante UX o UY según sea la dirección de aplicación. Se escogió el Label 11, por ser el punto de control donde existía mayores aceleraciones dentro del diafragma estructural en conjunto, es sustancial elegir correctamente el Step Type; ya que el signo negativo solo indica una dirección contraria a la aplicación sísmica.



3.8.9. Cálculo de Propiedades Dinámicas (Periodos y Frecuencias).

3.8.9.1. Procedimiento del Cálculo de Propiedades Dinámicas (Periodos y Frecuencias).

Se desarrolló el cálculo de las propiedades dinámicas (periodos y frecuencias) con ayuda del software ETABS 2019, para ello junto al procedimiento descrito en 3.8.6.1 se obtuvo el cálculo respectivo del parámetro en mención.

3.8.9.2. Tablas del Cálculo de Propiedades Dinámicas (Periodos y Frecuencias).

En vista del entorno minimalista del programa ETABS, la exportación de resultados respecto a periodos y frecuencias fue efectuado de manera sencilla, tal como se muestra en la Figura 60.

Figura 60

Resultados Obtenidos del Parámetro Periodos y Frecuencias mediante NRHA

Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad ² /sec ²
MODAL	1	0.855	1.169	7.3475	53.9863
MODAL	2	0.766	1.306	8.2069	67.3537
MODAL	3	0.649	1.541	9.6793	93.6896
MODAL	4	0.256	3.902	24.5142	600.9477
MODAL	5	0.219	4.571	28.7227	824.9914
MODAL	6	0.193	5.194	32.6328	1064.9025
MODAL	7	0.17	5.874	36.9045	1361.9401
MODAL	8	0.134	7.44	46.7469	2185.2726
MODAL	9	0.121	8.255	51.8659	2690.0691
MODAL	10	0.114	8.805	55.3228	3060.608
MODAL	11	0.089	11.212	70.4466	4962.7196
MODAL	12	0.083	12.053	75.7321	5735.3527
MODAL	13	0.075	13.406	84.2349	7095.5175
MODAL	14	0.072	13.955	87.6845	7688.5713
MODAL	15	0.061	16.512	103.747	10763.437

3.8.9.3. Análisis del Cálculo Propiedades Dinámicas (Periodos y Frecuencias).

Los datos significativos tomados de la Figura 60 son: Mode, Period [seg] y Frequency [Hz]. Se consideró para la comparativa de eficiencias únicamente los primeros tres modos de vibración, denotando mediante Análisis Lineal y No Lineal la presencia inicial de dos modos traslacionales U_x y U_y ; y como tercer modo uno rotacional R_z .



3.8.10. Cálculo de los Niveles de Desempeño según LATBSDC 2020 y TBI 2017.

3.8.10.1. Procedimiento de los Niveles de Desempeño según LATBSDC 2020 y TBI 2017.

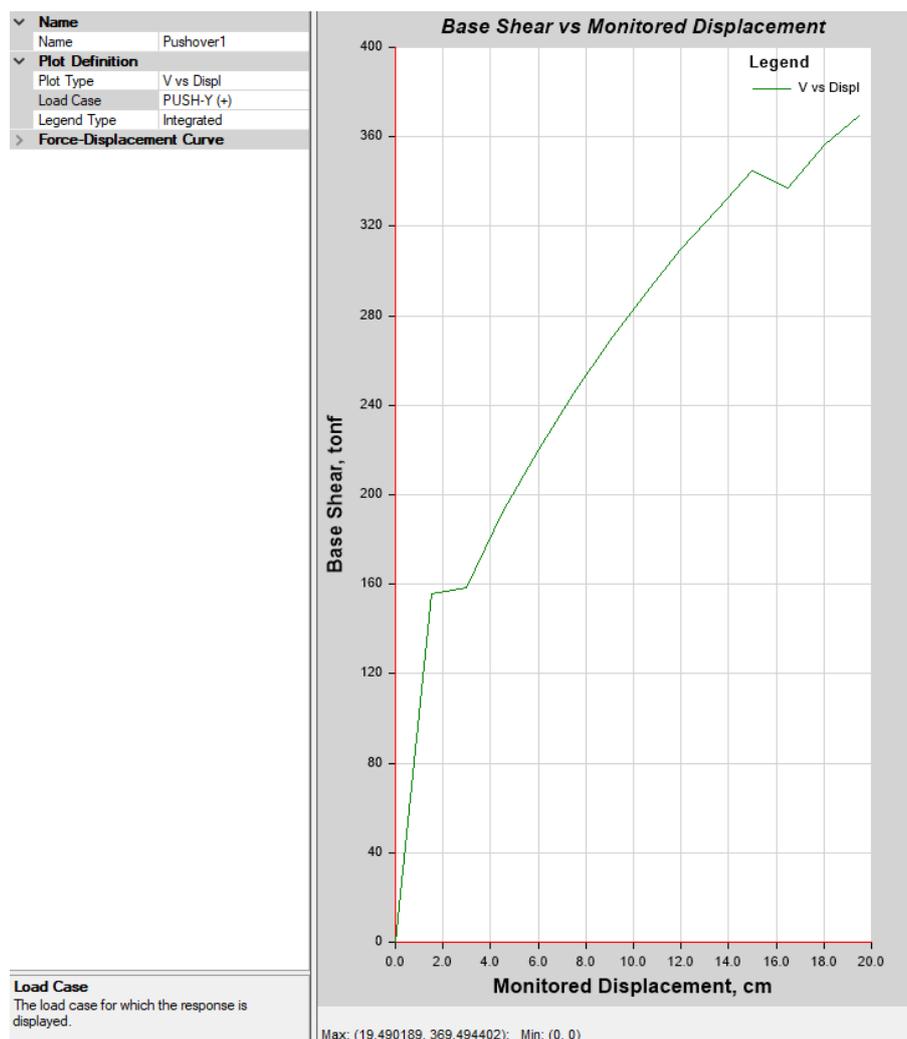
Se desarrolló el cálculo de los Niveles de Desempeño, para ello se realizó un correcto RSA, con el fin de hacer el prediseño y aplicación de los Dispositivos SLB en la estructura de estudio. Para terminar, se elaboró precisamente todo el procedimiento detallado en los ítems 8.3.7.2 al 8.3.7.10.

3.8.10.2. Tablas de los Niveles de Desempeño según LATBSDC 2020 y TBI 2017.

Luego de aplicar lo mencionado en el ítem 3.8.10.1, se obtienen con ayuda del software ETABS 2019 las Curvas de Capacidad de la estructura con y sin Dispositivos SLB, se muestra en la Figura 61 una curva obtenida del programa.

Figura 61

Resultados de la Curva de Capacidad Pushover-Y Con Disipadores SLB

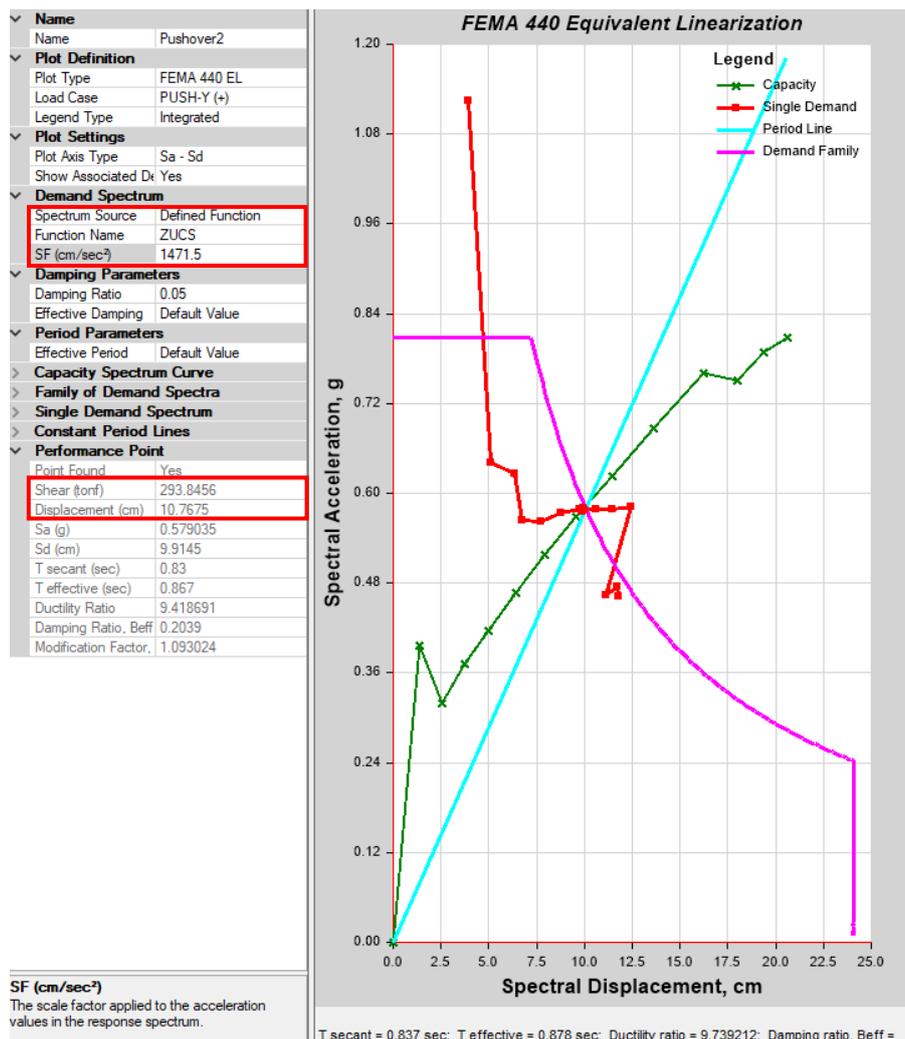




Seguidamente, al aplicar el Método de Linealización Equivalente del FEMA 440 en el software ETABS 2019, esta metodología transforma la Curva de Capacidad en un Espectro de Capacidad, que consta de coordenadas de Aceleración Espectral vs Desplazamiento Espectral, graficados en conjunto con la Demanda Espectral [ZUCS] es que se obtiene el Punto de Desempeño como se muestra en la Figura 62.

Figura 62

Método de Linealización Equivalente Mejorada del FEMA 440



3.8.10.3. Análisis de los Niveles de Desempeño según LATBSDC 2020 y TBI 2017.

Los datos significativos tomados de la Figura 62 son: Shear [tonf] y Displacement [cm], se definió la Demanda Sísmica en la sección Demand Source, tanto para SLE = 0.5ZUCS, DE = ZUCS y MCE = 1.5ZUCS. Este procedimiento se realizó para las Curvas de Capacidad Pushover-X y Pushover-Y en la estructura con y sin SLBs, se grafica en el ítem 4.2.1 los Puntos de Desempeño de las diferentes Demandas Sísmicas mencionadas.



4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Resultados Respecto a los Objetivos Específicos

4.1.1. Resultados del Objetivo Especifico N° .1.

4.1.1.1. *Comparación entre las Derivas Máximas de Entrepiso de la Estructura Sin Incorporación de Disipadores y la Estructura Incorporada Con Disipadores Shear Link Bozzo.*

Se define la eficiencia en términos de derivas máximas de entrepiso como el porcentaje de reducción o incremento del parámetro estudiado en el ítem en mención. Se presenta en la Tabla 8 las eficiencias de derivas en [%] tanto para Dirección X como Y. A modo de ejemplo se contempla la siguiente ecuación del Nivel 05 Dirección X:

$$\frac{0.0069 - 0.0052}{0.0069} \times 100 = 24.47\% \quad (4.1)$$

Se tiene de (4.1):

- 0.0069: Deriva Máxima de Entrepiso Sin Disipadores SLB
- 0.0052: Derivas Máxima de Entrepiso Con Disipadores SLB

El porcentaje de eficiencia determinado en (4.1) y en los demás niveles y dirección perpendicular se realizó con todos los decimales de derivas máximas provenientes del análisis NRHA en ETABS, para efectos de visualización concisa se colocaron solo 4 decimales en la Figura 63 y Figura 64.

Tabla 8

Eficiencias en Términos de Derivas Máximas de Entrepiso para Dirección X e Y mediante NRHA

Nivel	Caso de Carga	Dirección	<u>Eficiencia</u> %	Dirección	<u>Eficiencia</u> %
Nivel 05	Deriva NRHA	X	24.47%	Y	22.55%
Nivel 04	Deriva NRHA	X	31.69%	Y	42.77%
Nivel 03	Deriva NRHA	X	42.47%	Y	44.41%
Nivel 02	Deriva NRHA	X	42.31%	Y	42.92%
Nivel 01	Deriva NRHA	X	33.47%	Y	42.05%

Figura 63

Resultados de Derivas Máximas de Entrepiso Con y Sin Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo en Dirección X mediante Análisis No Lineal Dinámico

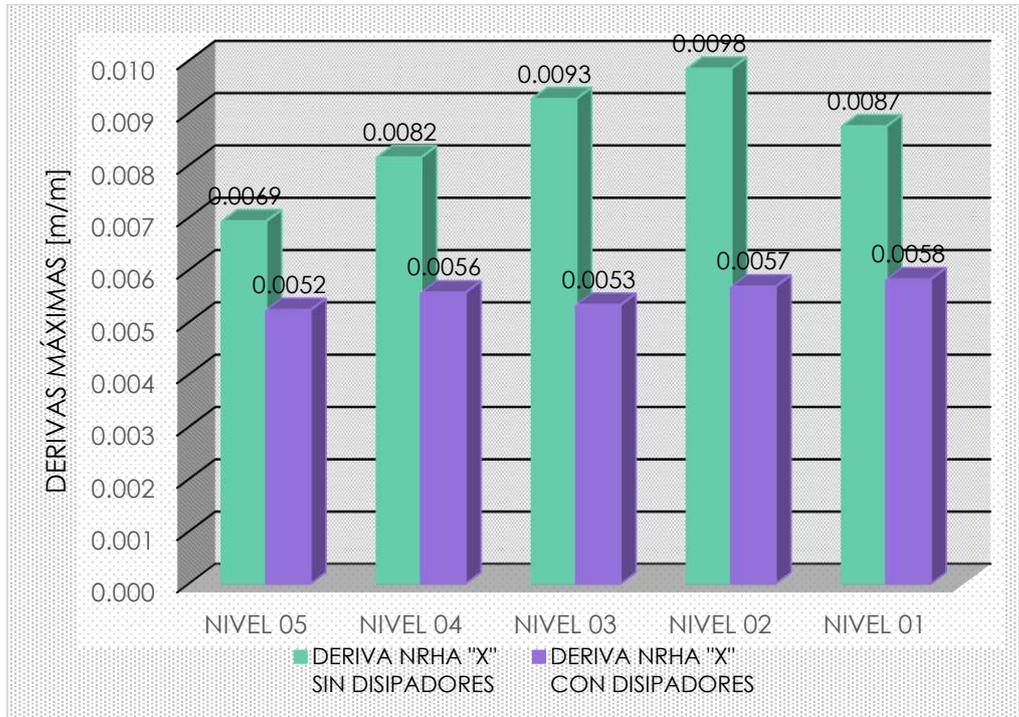
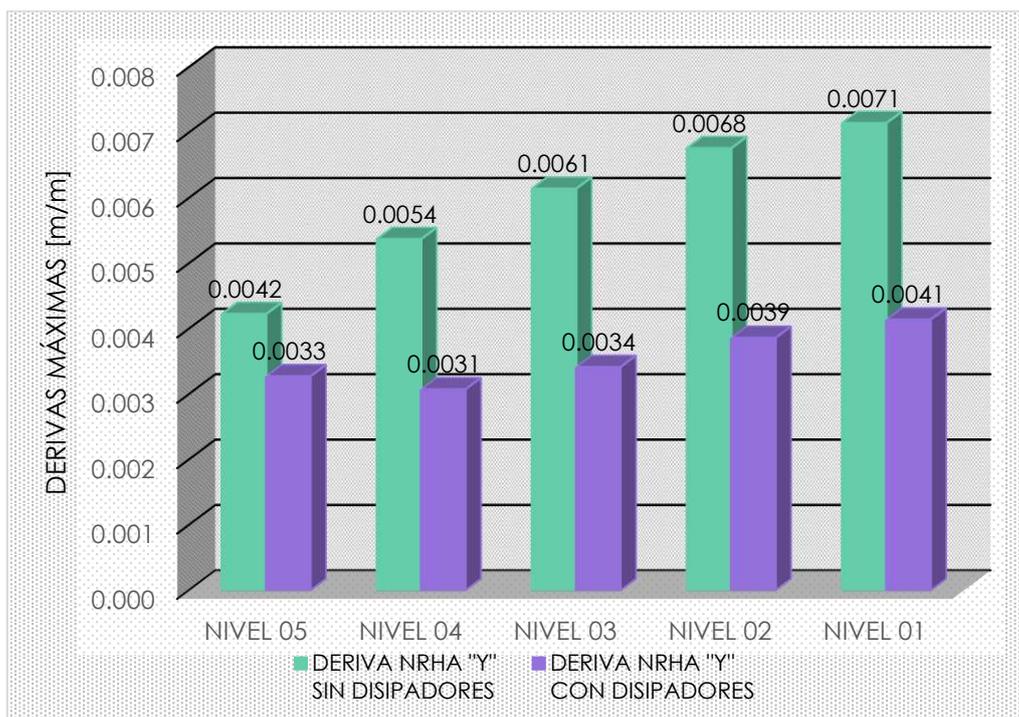


Figura 64

Resultados de Derivas Máximas de Entrepiso Con y Sin Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo en Dirección Y mediante Análisis No Lineal Dinámico





4.1.2. Resultados del Objetivo Especifico N°.2.

4.1.2.1. Comparación entre las Fuerzas Cortantes Máximas de Entrepiso de la Estructura Sin Incorporación de Disipadores y la Estructura Incorporada Con Disipadores Shear Link Bozzo.

Se define la eficiencia en términos de fuerzas cortantes máximas de entrepiso como el porcentaje de reducción o incremento del parámetro estudiado en el ítem en mención. Se presenta en la Tabla 9 las eficiencias de cortantes en [%] tanto para Dirección X como Y. A modo de ejemplo se contempla la siguiente ecuación del Nivel 05 Dirección X:

$$\frac{76.37 - 86.87}{76.37} \times 100 = -13.75\% \quad (4.2)$$

Se tiene de (4.2):

- 76.37: Fuerza Cortante Máxima de Entrepiso Sin Disipadores SLB
- 86.87: Fuerza Cortante Máxima de Entrepiso Con Disipadores SLB

El porcentaje de eficiencia determinado en (4.2) y en los demás niveles y dirección perpendicular se realizó con todos los decimales de fuerzas cortantes máximas provenientes del análisis NRHA en ETABS, para efectos de visualización concisa se colocaron solo 2 decimales en la Figura 65 y Figura 66. Se presenta en algunos niveles eficiencias negativas debido al incremento del parámetro de cortante.

Tabla 9

Eficiencias en Términos de Fuerzas Cortantes Máximas de Entrepiso para Dirección X e Y mediante NRHA

Nivel	Caso de Carga	Dirección	<u>Eficiencia</u> %	Dirección	<u>Eficiencia</u> %
Nivel 05	Deriva NRHA	X	-13.75%	Y	-17.65%
Nivel 04	Deriva NRHA	X	-14.60%	Y	67.69%
Nivel 03	Deriva NRHA	X	59.73%	Y	40.61%
Nivel 02	Deriva NRHA	X	45.98%	Y	23.97%
Nivel 01	Deriva NRHA	X	-10.86%	Y	22.21%



Figura 65

Resultados de Fuerzas Cortantes Máximas de Entrepiso Con y Sin Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo en Dirección X mediante Análisis No Lineal Dinámico

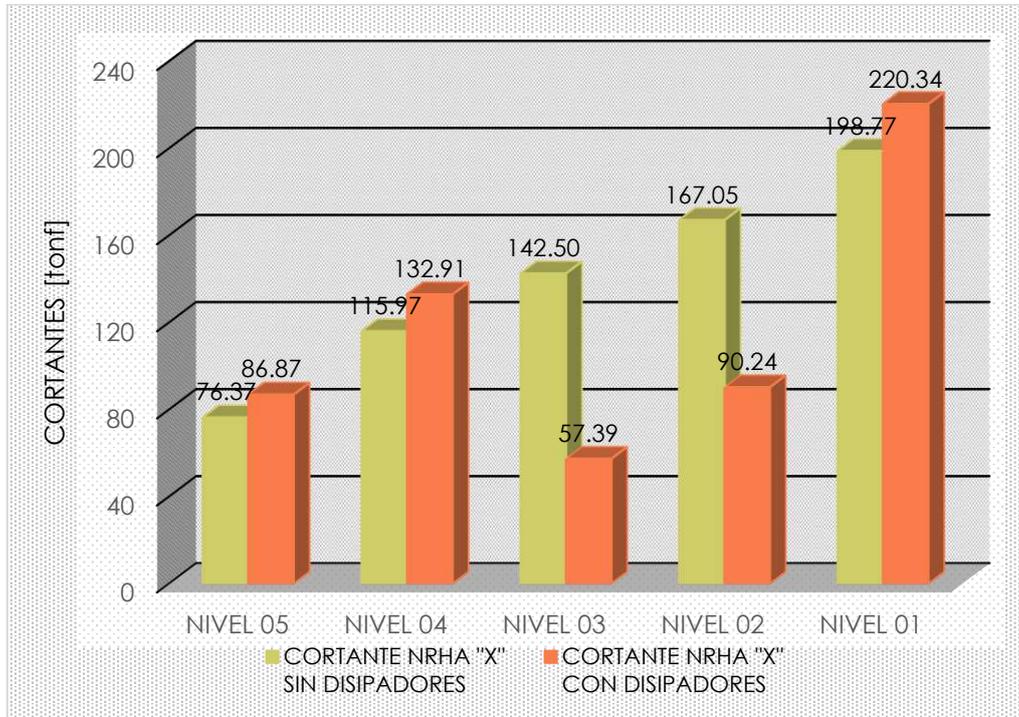
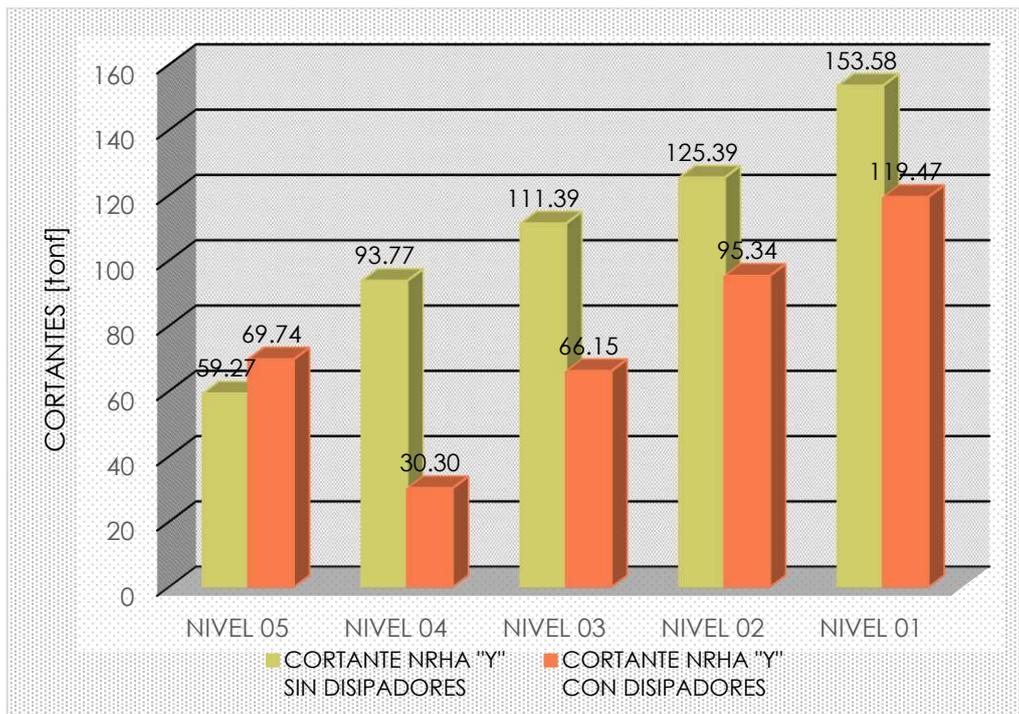


Figura 66

Resultados de Fuerzas Cortantes Máximas de Entrepiso Con y Sin Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo en Dirección Y mediante Análisis No Lineal Dinámico





4.1.3. Resultados del Objetivo Especifico N°.3.

4.1.3.1. Comparación entre las Aceleraciones Máximas Absolutas de la Estructura Sin Incorporación de Disipadores y la Estructura Incorporada Con Disipadores Shear Link Bozzo.

Se define la eficiencia en términos de aceleraciones máximas absolutas como el porcentaje de reducción o incremento del parámetro estudiado en el ítem en mención. Se presenta en la Tabla 10 las eficiencias de aceleraciones en [%] tanto para Dirección X como Y. A modo de ejemplo se contempla la siguiente ecuación del Nivel 05 Dirección X:

$$\frac{6.59-7.51}{6.59} \times 100 = -14.09\% \quad (4.3)$$

Se tiene de (4.3):

- 6.59: Aceleración Máxima Absoluta Sin Disipadores SLB
- 7.51: Aceleración Máxima Absoluta Con Disipadores SLB

El porcentaje de eficiencia determinado en (4.3) y en los demás niveles y dirección perpendicular se realizó con todos los decimales de aceleraciones máximas absolutas provenientes del análisis NRHA en ETABS, para efectos de visualización concisa se colocaron solo 2 decimales en la Figura 67 y Figura 68. Se presenta en la mayoría de niveles eficiencias negativas debido al incremento del parámetro de aceleración.

Tabla 10

Eficiencias en Términos de Aceleraciones Máximas Absolutas para Dirección X e Y mediante NRHA

Nivel	Caso de Carga	Dirección	<u>Eficiencia</u> %	Dirección	<u>Eficiencia</u> %
Nivel 05	Deriva NRHA	X	-14.09%	Y	-23.43%
Nivel 04	Deriva NRHA	X	-10.68%	Y	-42.04%
Nivel 03	Deriva NRHA	X	0.08%	Y	-40.86%
Nivel 02	Deriva NRHA	X	-1.73%	Y	-13.30%
Nivel 01	Deriva NRHA	X	-9.63%	Y	-11.85%

Figura 67

Resultados de Aceleraciones Máximas Absolutas Con y Sin Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo en Dirección X mediante Análisis No Lineal Dinámico

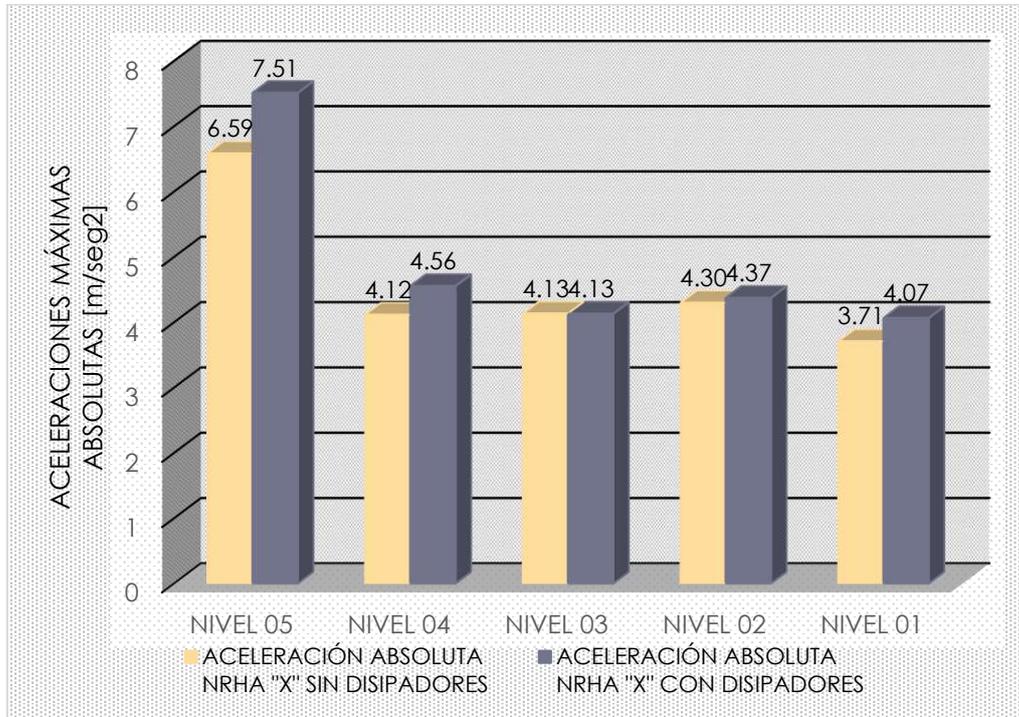
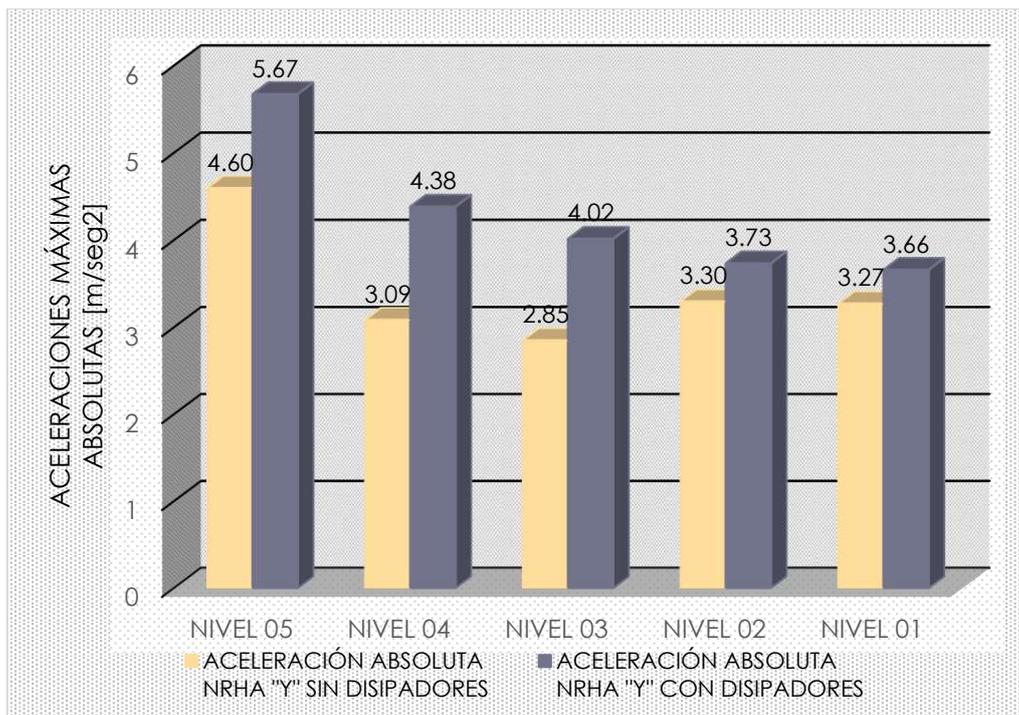


Figura 68

Resultados de Aceleraciones Máximas Absolutas Con y Sin Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo en Dirección Y mediante Análisis No Lineal Dinámico





4.1.4. Resultados del Objetivo Especifico N°.4.

4.1.4.1. Comparación entre Variación de las Propiedades Dinámicas de la Estructura Sin Incorporación de Disipadores y la Estructura Incorporada Con Disipadores Shear Link Bozzo.

Se define la eficiencia en términos de periodos y frecuencias como el porcentaje de reducción o incremento de los parámetros estudiado en el ítem en mención. Se presenta en la Tabla 11 las eficiencias de periodos y frecuencias en [%]. A modo de ejemplo se contempla la siguiente ecuación de Periodo del Modo 1:

$$\frac{0.855 - 0.485}{0.855} \times 100 = 43.27\% \quad (4.4)$$

Se tiene de (4.4):

- 0.855: Periodo del Modo 1 Sin Disipadores SLB
- 0.485: Periodo del Modo 1 Con Disipadores SLB

El porcentaje de eficiencia determinado en (4.4) y en los demás modos respecto a periodos y frecuencias se realizó con todos los decimales provenientes del análisis NRHA en ETABS, para efectos de visualización concisa se colocaron solo 3 decimales en la Figura 69 y Figura 70.

Tabla 11

Eficiencias en Términos de Periodos y Frecuencias mediante NRHA

Modo	Caso	Periodos	Eficiencia	Frecuencias	Eficiencia
			%		%
1	Modal		43.27%		-76.22%
2	Modal	[seg]	48.43%	[Hz]	-94.10%
3	Modal		48.84%		-95.72%

Se presenta eficiencias positivas en los tres primeros modos de vibración debido a la reducción del parámetro periodo, y eficiencias negativas a causa del incremento del parámetro frecuencia, existiendo de por medio una variación en el comportamiento estructural (mayor rigidez).



Figura 69

Resultados de Periodos Con y Sin Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo mediante Análisis No Lineal Dinámico

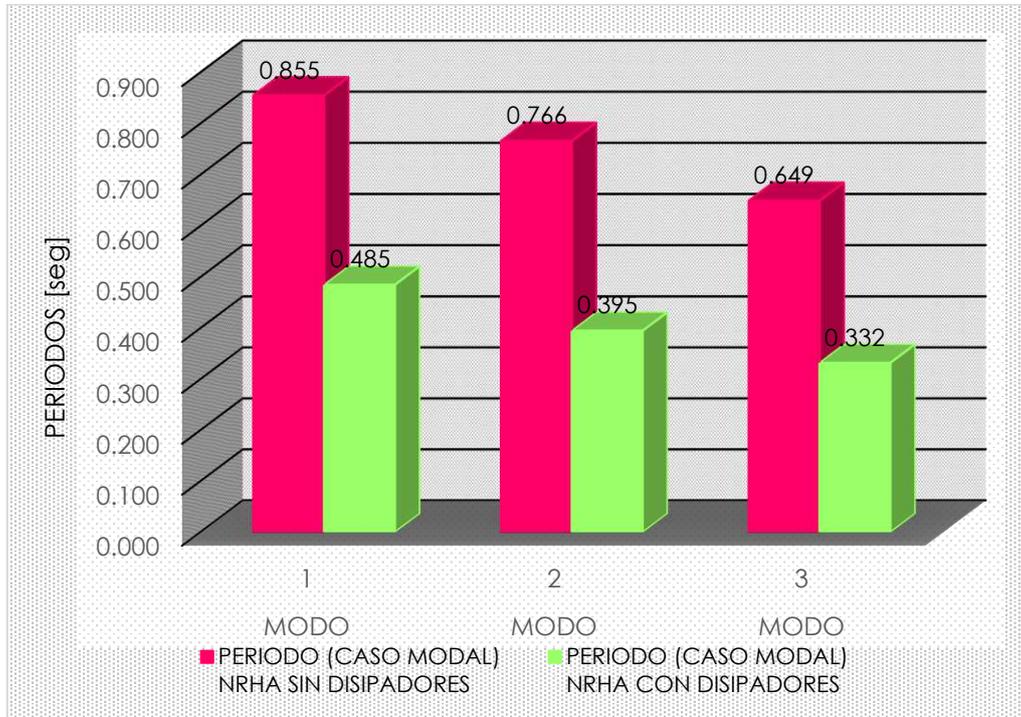
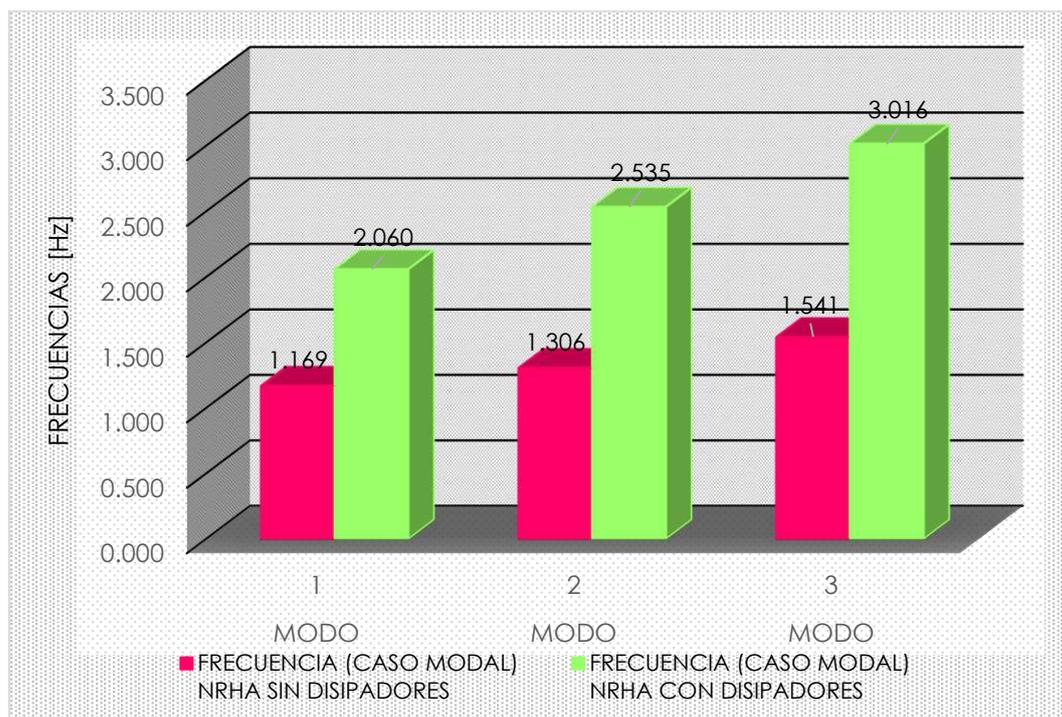


Figura 70

Resultados de Frecuencias Con y Sin Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo mediante Análisis No Lineal Dinámico





4.1.5. Resultados del Objetivo Especifico N°.5.

4.1.5.1. Costo del Suministro e Instalación del Sistema de Disipadores Shear Link Bozzo Respecto al Costo Total de la Edificación.

El porcentaje del costo por el suministro e instalación del sistema SLB se encuentra dentro del orden de 13.25% respecto al precio total de la edificación en estudio, como se aprecia en la Figura 71. El costo de 24 Disipadores SLB fue de S/ 176,463.12 y de la edificación en conjunto de S/ 1,331,845.53 como se muestra en la Tabla 12. Se adjunta en el título 8.2.8 el desgregado de costos de Dispositivos SLB, tanto los dispositivos como el costo de edificación incluyeron metrados y análisis de precios unitarios, todo ello fuero elaborado en el programa Delphin Express.

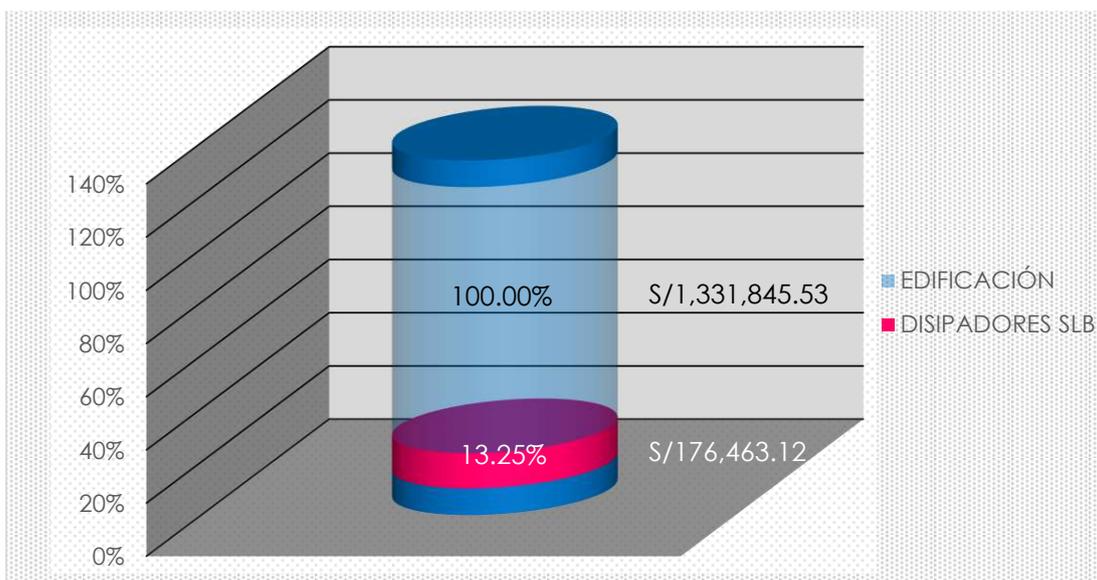
Tabla 12

Resultados de Costos en Soles del Suministro e Instalación del Sistema de Disipadores Shear Link Bozzo

N° Dispositivos	Tipo de Disipador	Costo Total [S/]	
		Solo Dispositivos	Solo Edificación
24	SLB2 15_5	176,463.36	1,331,845.53

Figura 71

Porcentaje del Costo del Suministro e Instalación del Sistema de Disipadores Shear Link Bozzo



4.2. Resultados Respecto al Objetivo General.

4.2.1. Comparación de Niveles de Desempeño de la Estructura Sin Incorporación de Disipadores y la Estructura Incorporada Con Disipadores Shear Link Bozzo.

4.2.1.1. Nivel de Desempeño Sin Disipadores SLB según LATBSDC 2020 y TBI 2017.

Se tiene en la Figura 72 y Tabla 13 los resultados pertenecientes al Pushover-X sin SLBs.

Figura 72

Sectorización de la Curva de Capacidad Pushover-X Sin Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo para SLE, DE y MCE

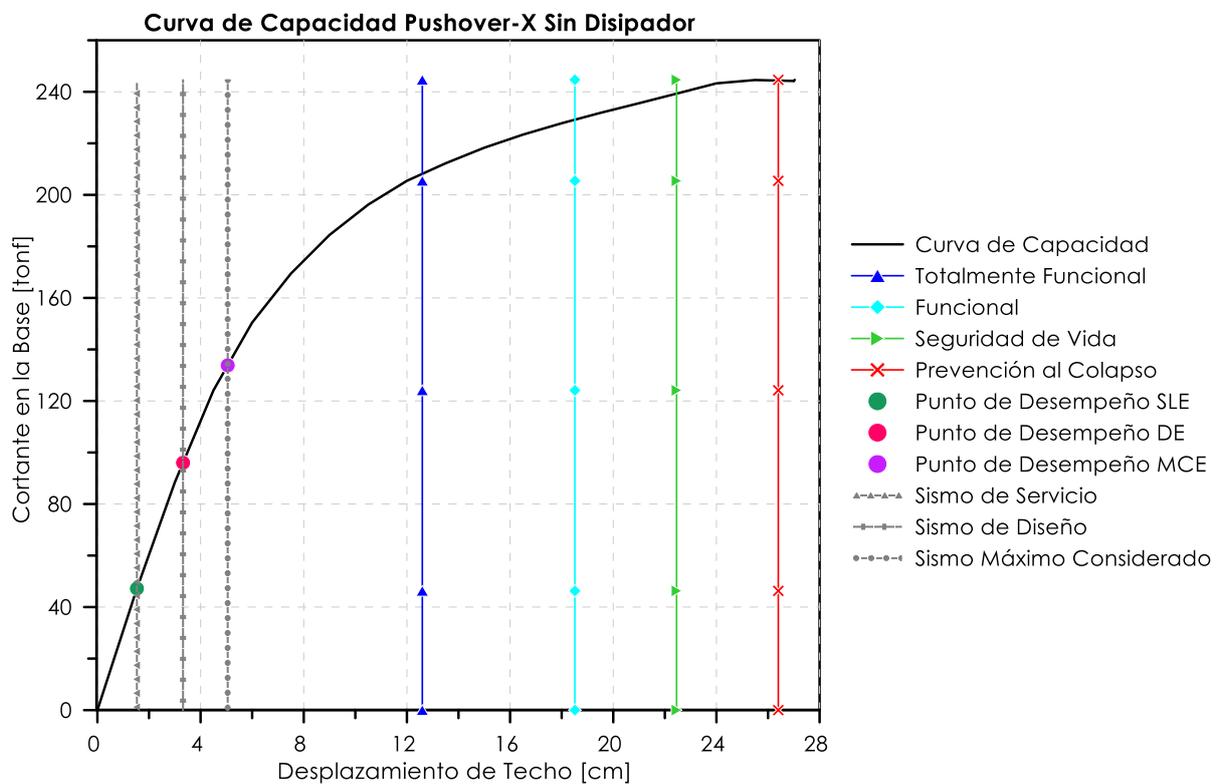


Tabla 13

Punto de Desempeño Pushover-X Sin Incorporación de SLBs para SLE, DE y MCE

Punto de Desempeño según LATBSDC 2020 y TBI 2017		
Demanda Sísmica	δ (cm)	v (tonf)
SLE	1.53	47.19



DE	3.32	96.01
MCE	5.05	133.82

Se tiene en la Figura 73 y Tabla 14 los resultados pertenecientes al Pushover-Y sin SLBs.

Figura 73

Sectorización de la Curva de Capacidad Pushover-Y Sin Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo para SLE, DE y MCE

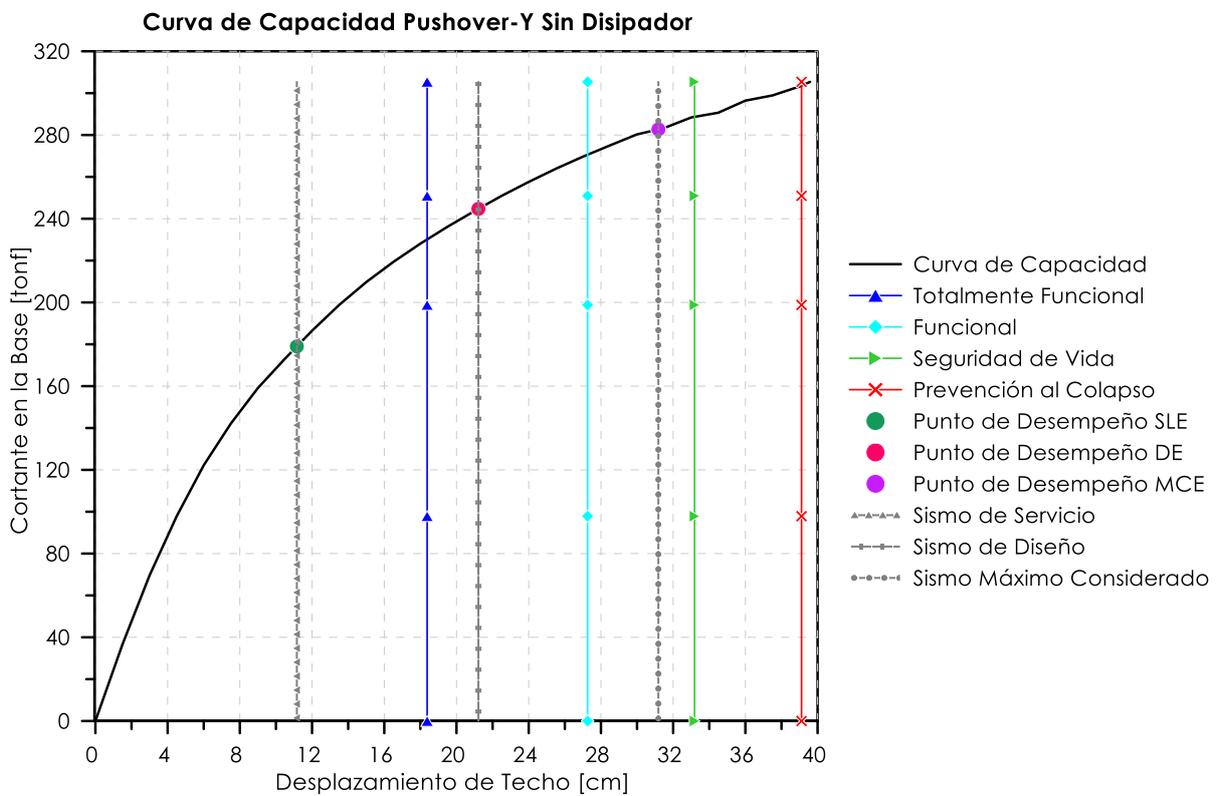


Tabla 14

Punto de Desempeño Pushover-Y Sin Incorporación de SLBs para SLE, DE y MCE

Punto de Desempeño según LATBSDC 2020 y TBI 2017		
Demanda Sísmica	δ (cm)	v (tonf)
SLE	11.16	178.97
DE	21.21	244.71



MCE	31.18	282.68
-----	-------	--------

4.2.1.2. Nivel de Desempeño Con Disipadores SLB según LATBSDC 2020 y TBI 2017.

Se tiene en la Figura 74 y Tabla 15 los resultados pertenecientes al Pushover-X con SLBs.

Figura 74

Sectorización de la Curva de Capacidad Pushover-X Con Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo para SLE, DE y MCE

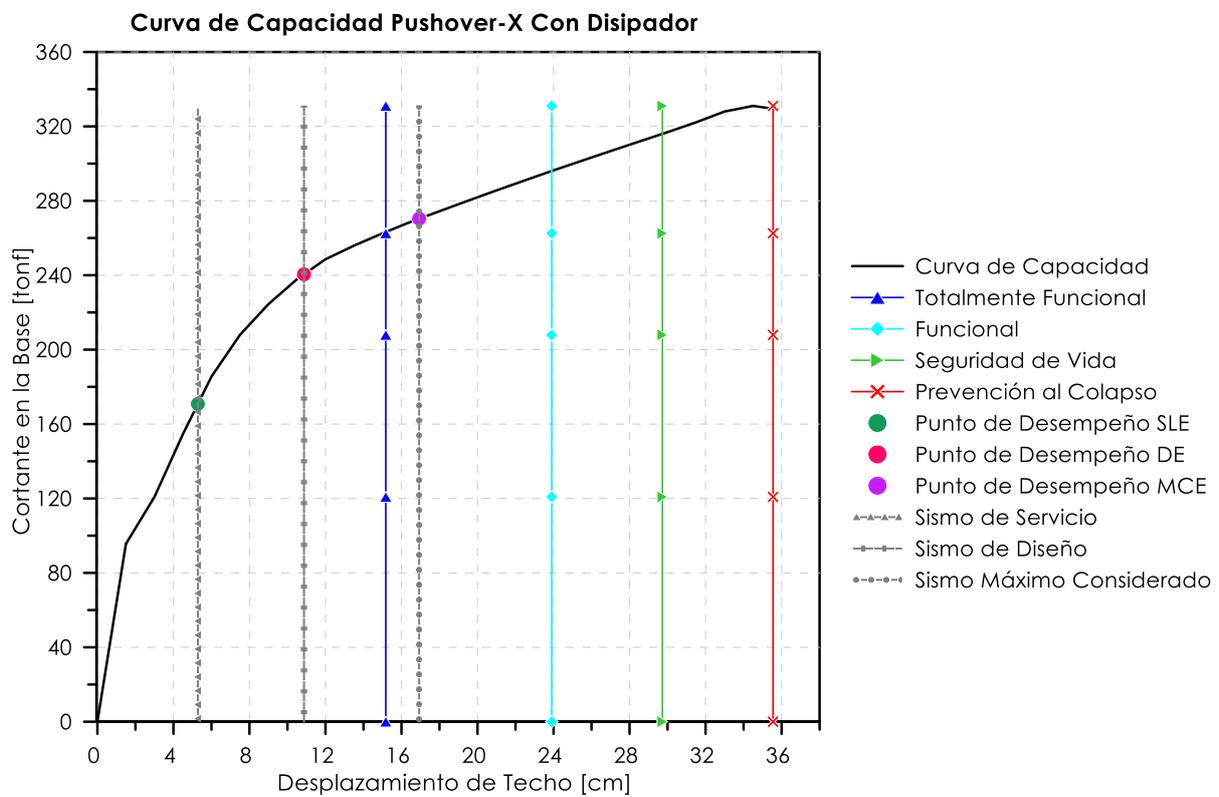


Tabla 15

Punto de Desempeño Pushover-X Con Incorporación de SLBs para SLE, DE y MCE

Punto de Desempeño según LATBSDC 2020 y TBI 2017		
Demanda Sísmica	δ (cm)	v (tonf)
SLE	5.29	170.82
DE	10.87	240.47



MCE	16.93	270.36
-----	-------	--------

Se tiene en la Figura 75 y Tabla 16 los resultados pertenecientes al Pushover-Y con SLBs.

Figura 75

Sectorización de la Curva de Capacidad Pushover-Y Con Incorporación de Dispositivos Shear Link Bozzo para SLE, DE y MCE

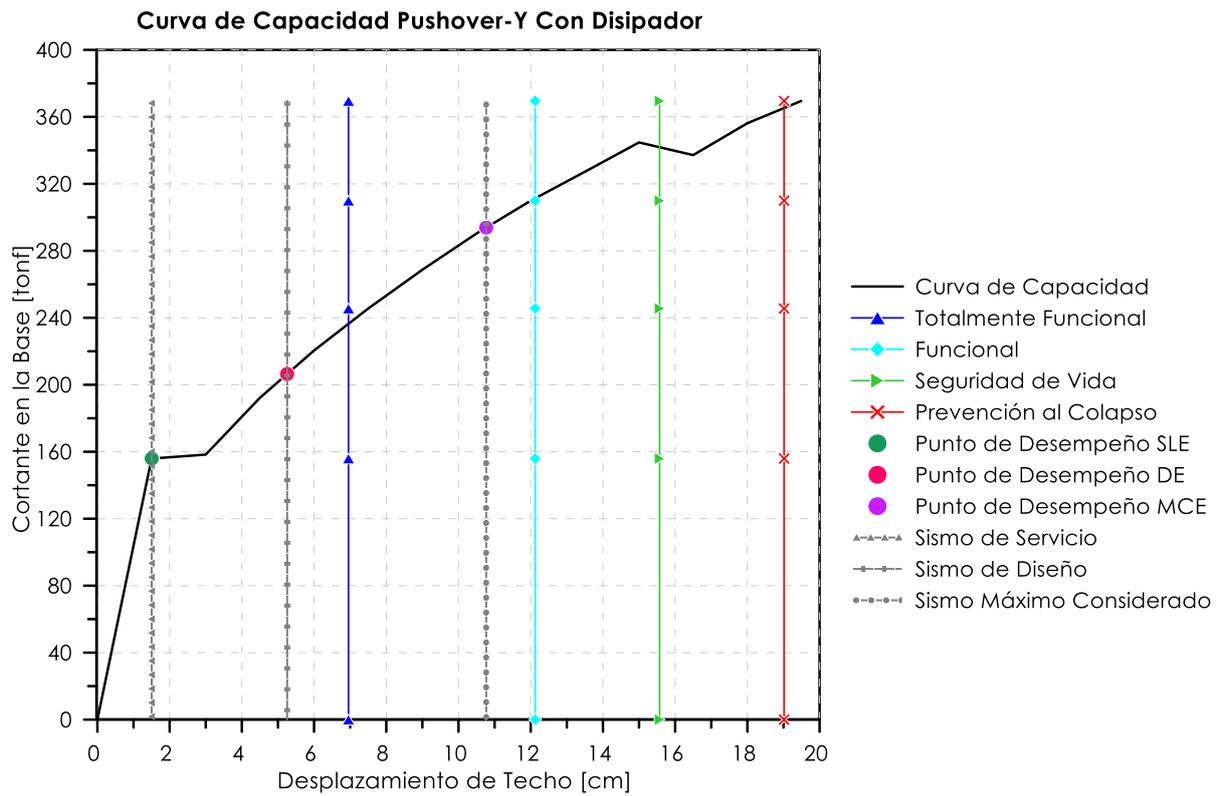


Tabla 16

Punto de Desempeño Pushover-Y Con Incorporación de SLBs para SLE, DE y MCE

Punto de Desempeño según LATBSDC 2020 y TBI 2017		
Demanda Sísmica	δ (cm)	v (tonf)
SLE	1.50	155.91
DE	5.26	206.42
MCE	10.77	293.85

4.3. Otros Resultados del Análisis Dinámico No Lineal

4.3.1. Ciclo Histerético de Link para Sismo Máximo Considerado.

4.3.1.1. Ciclo del Link para MCE del Norte.

Los SLBs presentan doble modo de trabajo: Corte+Flexión, en la Figura 76 y Figura 77 se tienen las histéresis para MCE del Norte. Se escogió estos links por presentar mayores desplazamientos, se aprecia en el Anexo 50 y Anexo 51 los links mencionados.

Figura 76

Ciclo Histerético por Cortante y Momento del Link 21 para MCE Pisco 2007 X

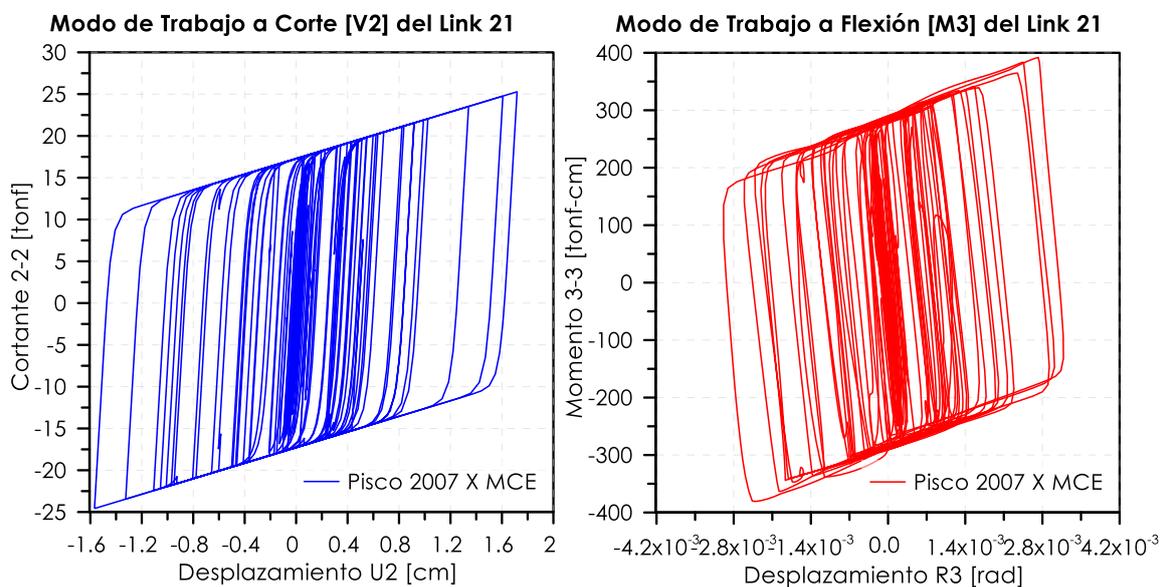
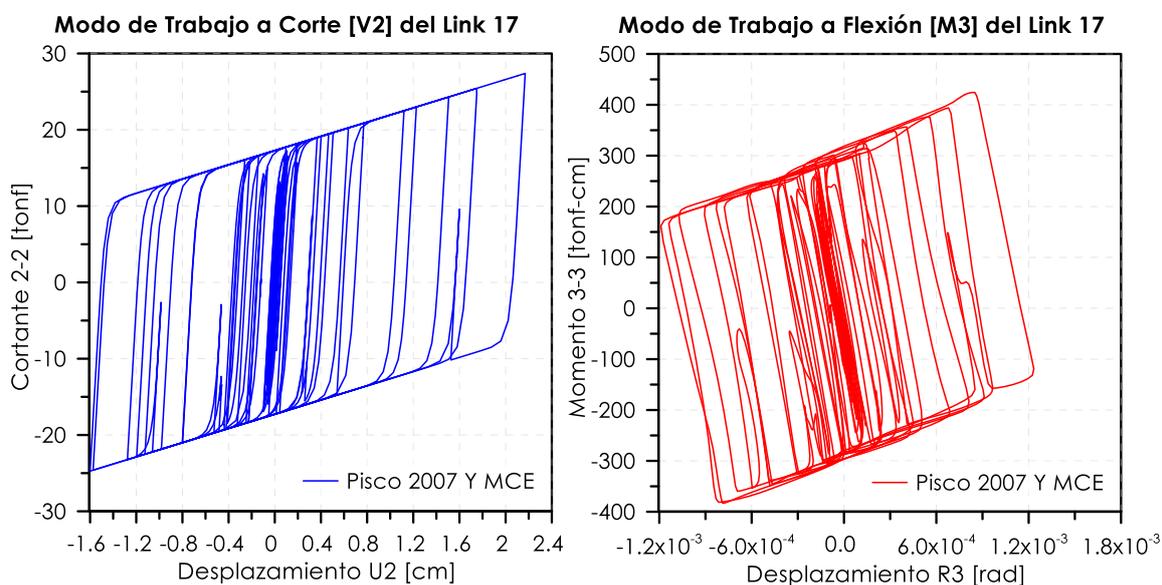


Figura 77

Ciclo Histerético por Cortante y Momento del Link 17 para MCE Pisco 2007 Y





4.3.1.2. Ciclo del Link para MCE del Sur.

Los SLBs presentan doble modo de trabajo: Corte+Flexión, en la Figura 78 y Figura 79 se tienen las histéresis para MCE del Sur. Se escogió estos links por presentar mayores desplazamientos, se aprecia en el Anexo 50 y Anexo 51 los links mencionados.

Figura 78

Ciclo Histerético por Cortante y Momento del Link 01 para MCE Pampamarca 2017 X

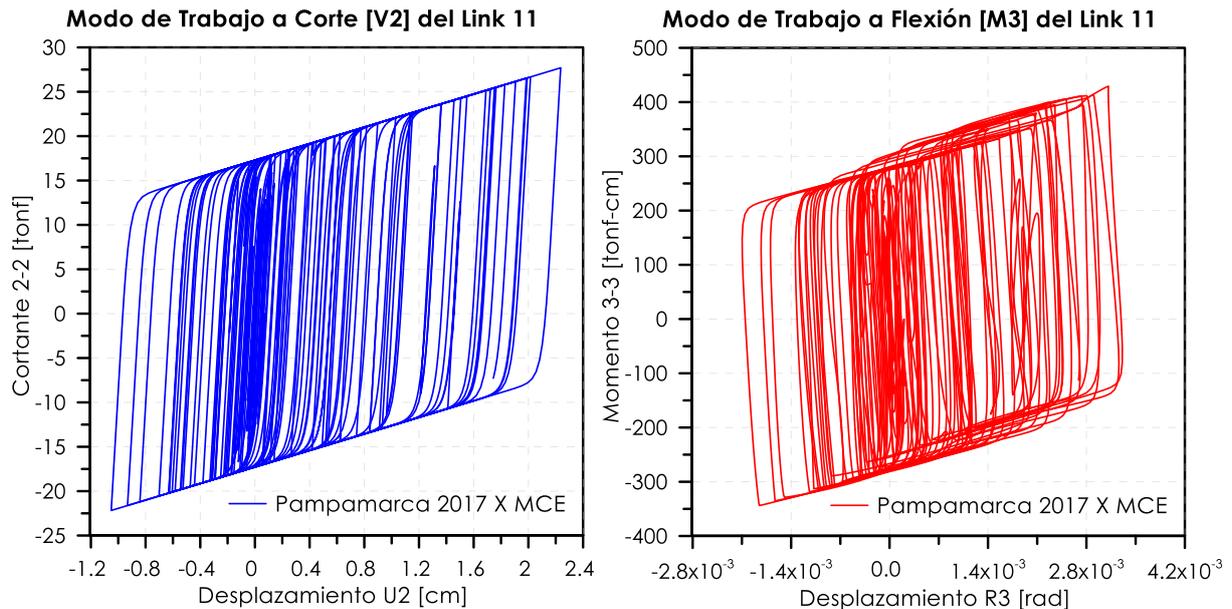
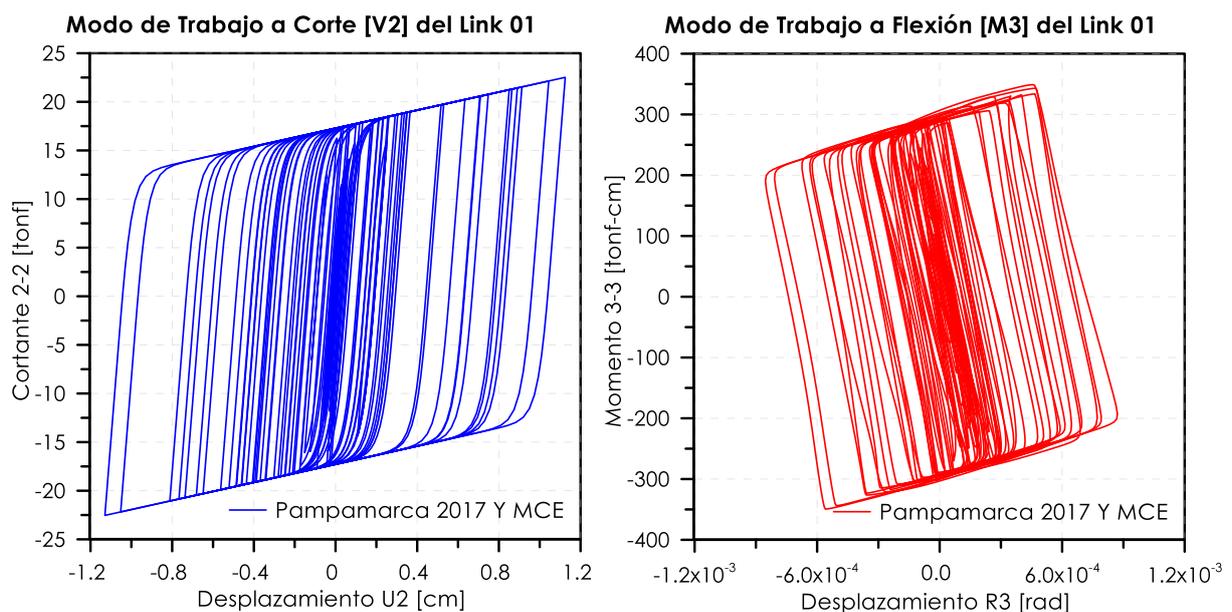


Figura 79

Ciclo Histerético por Cortante y Momento del Link 01 para MCE Pampamarca 2017 Y





4.3.2. Movimiento de la Estructura / Velocidad vs Desplazamiento.

4.3.2.1. Velocidad vs Desplazamiento para MCE del Norte.

Se aprecia en la Figura 80 y Figura 81 el movimiento de la estructura en gráficos de Velocidad vs Desplazamiento para MCE del Norte, se determinó en el Centro de Masas del Nivel 05 por ser el entrepiso donde existen mayores desplazamientos y velocidades.

Figura 80

Movimiento CM del Nivel 05 para MCE Pisco 2007 Dirección X e Y Sin SLBs

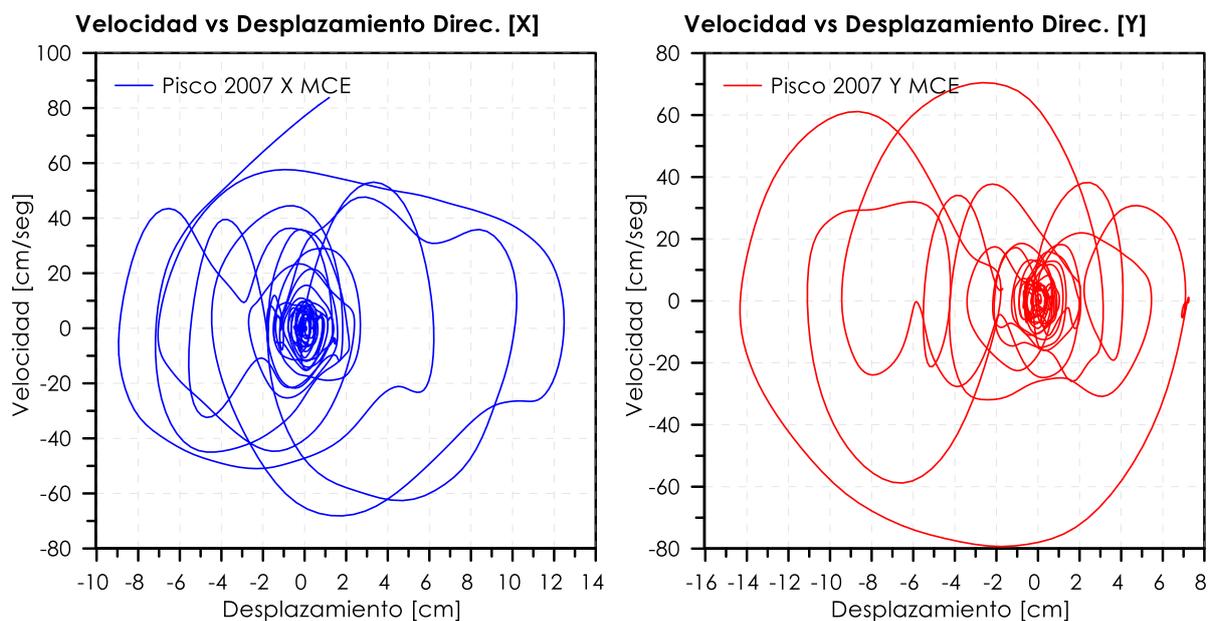
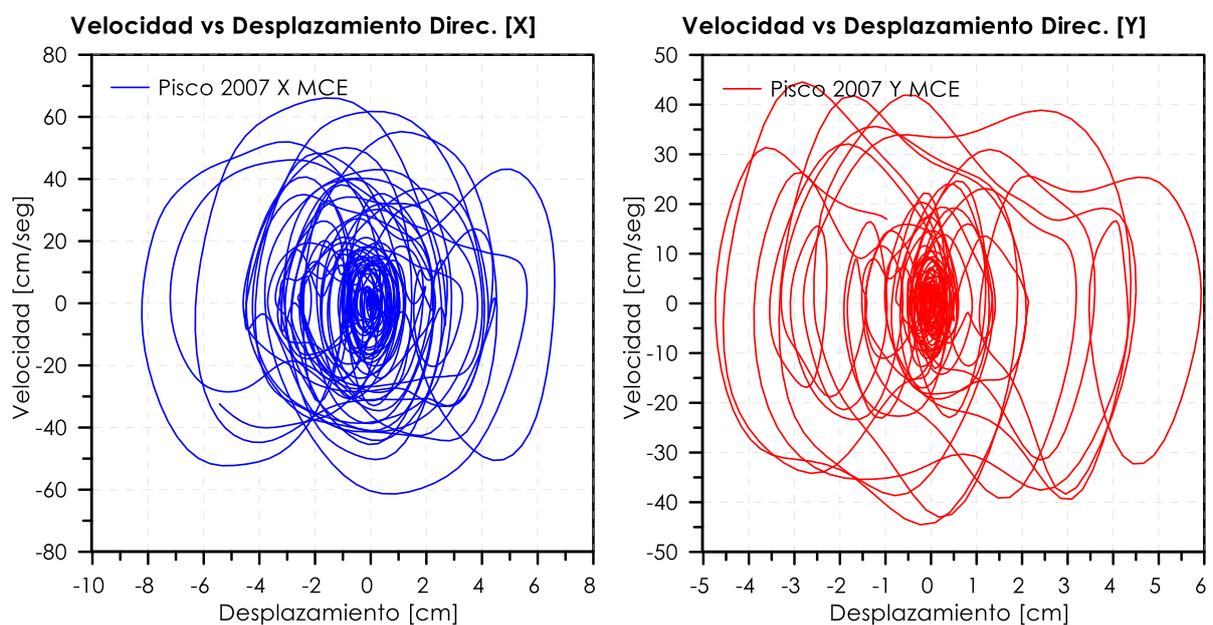


Figura 81

Movimiento CM del Nivel 05 para MCE Pisco 2007 Dirección X e Y Con SLBs



4.3.2.2. Velocidad vs Desplazamiento para MCE del Sur.

Se aprecia en la Figura 82 y Figura 83 el movimiento de la estructura en gráficos de Velocidad vs Desplazamiento para MCE del Sur, se determinó en el Centro de Masas del Nivel 05 por ser el entrepiso donde existen mayores desplazamientos y velocidades.

Figura 82

Movimiento CM del Nivel 05 para MCE Pampamarca 2017 Dirección X e Y Sin SLBs

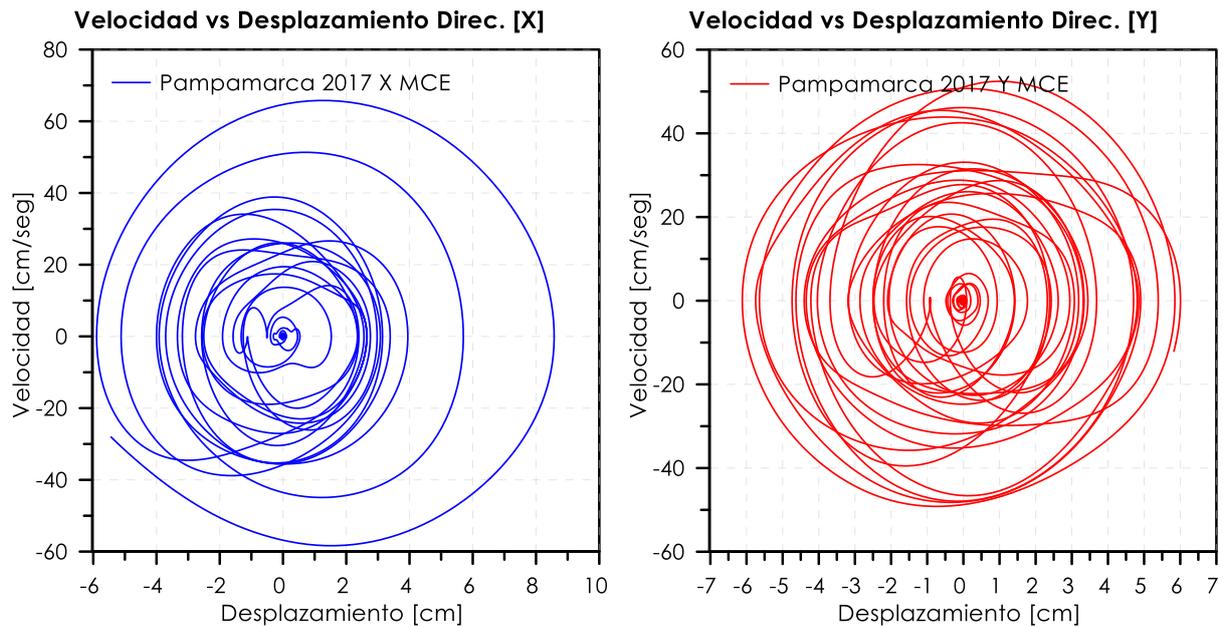
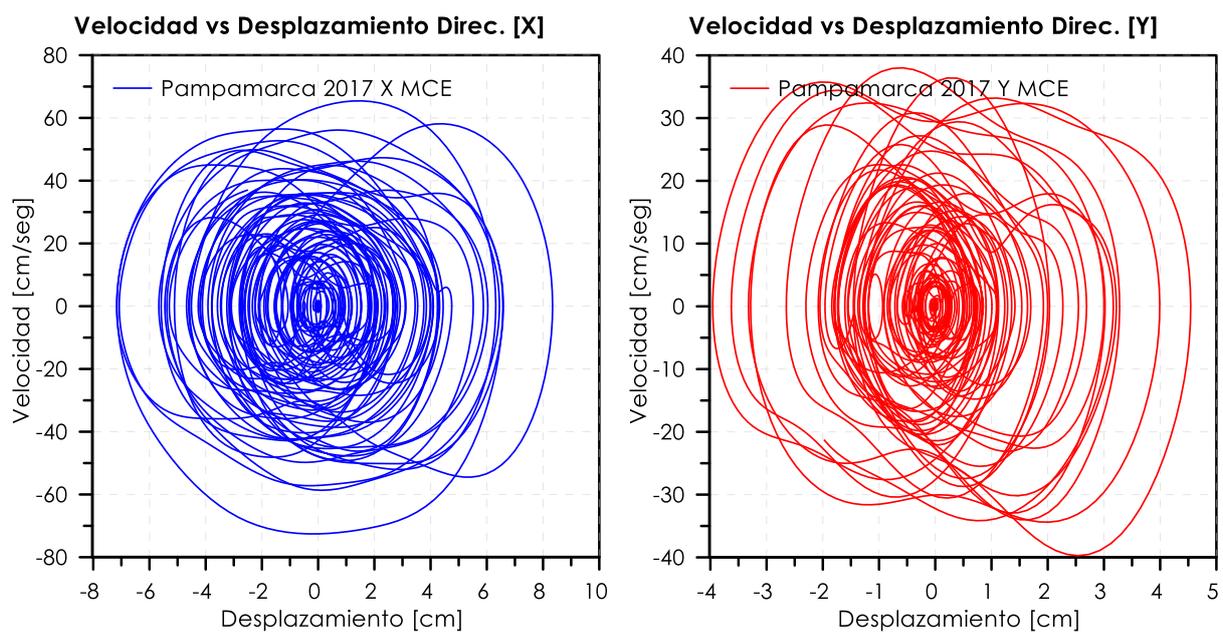


Figura 83

Movimiento CM del Nivel 05 para MCE Pampamarca 2017 Dirección X e Y Con SLBs





4.3.3. Desplazamiento Relativo en el Tiempo para Sismo Máximo Considerado.

4.3.3.1. Desplazamiento Relativo del MCE en el Norte.

Se presenta en la Figura 84 y Figura 85 los desplazamientos relativos para MCE del norte.

Figura 84

Desplazamiento Relativo en el Tiempo para Sismo Máximo Considerado en Dirección Ux y Uy de Pisco 2007 X y Pisco 2007 Y / Nivel 05

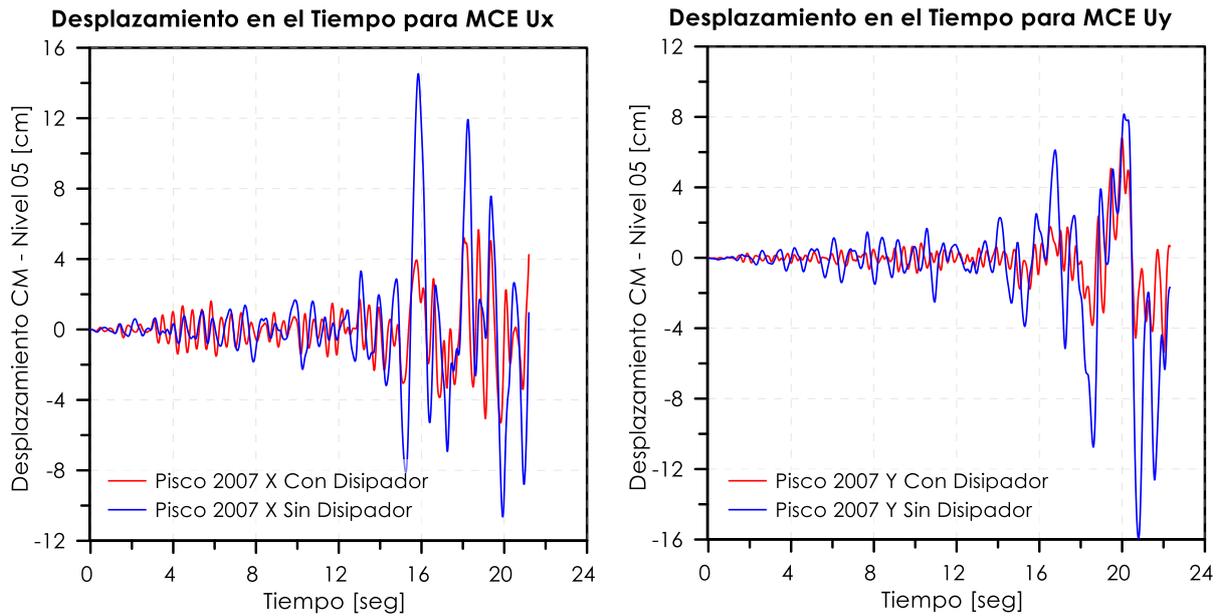
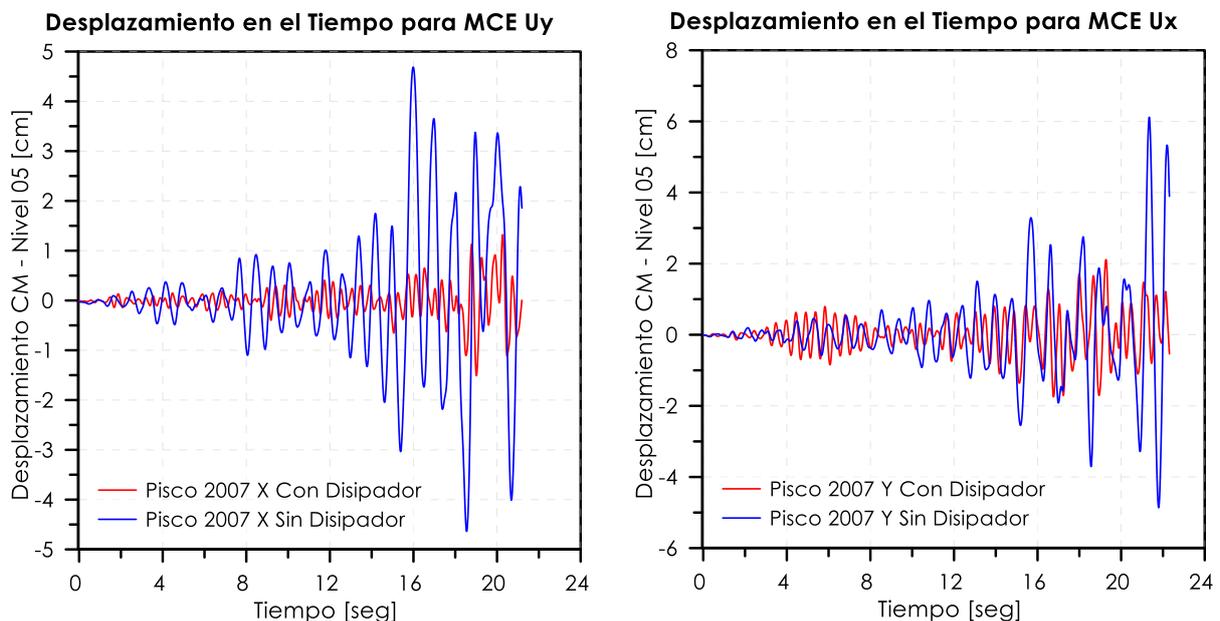


Figura 85

Desplazamiento Relativo en el Tiempo para Sismo Máximo Considerado en Dirección Uy y Ux de Pisco 2007 X y Pisco 2007 Y / Nivel 05





4.3.3.2. Desplazamiento Relativo del MCE en el Sur.

Se presenta en la Figura 86 y Figura 87 los desplazamientos relativos para MCE del sur.

Figura 86

Desplazamiento Relativo en el Tiempo para Sismo Máximo Considerado en Dirección Ux y Uy de Pampamarca 2017 X y Pampamarca 2017 Y / Nivel 05

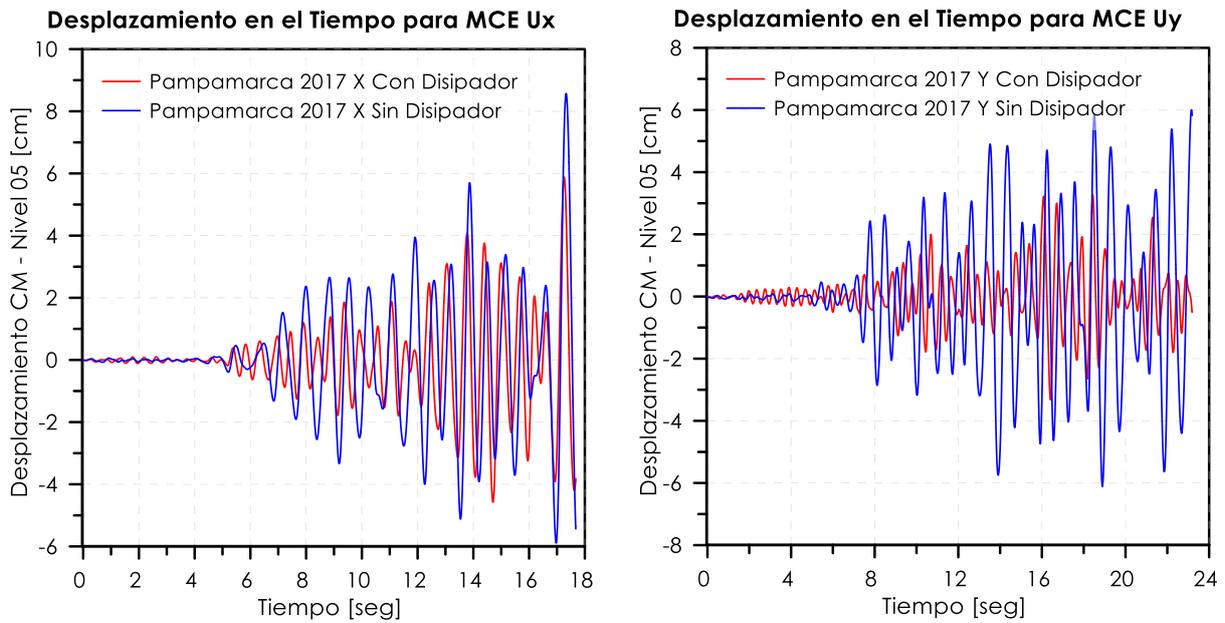
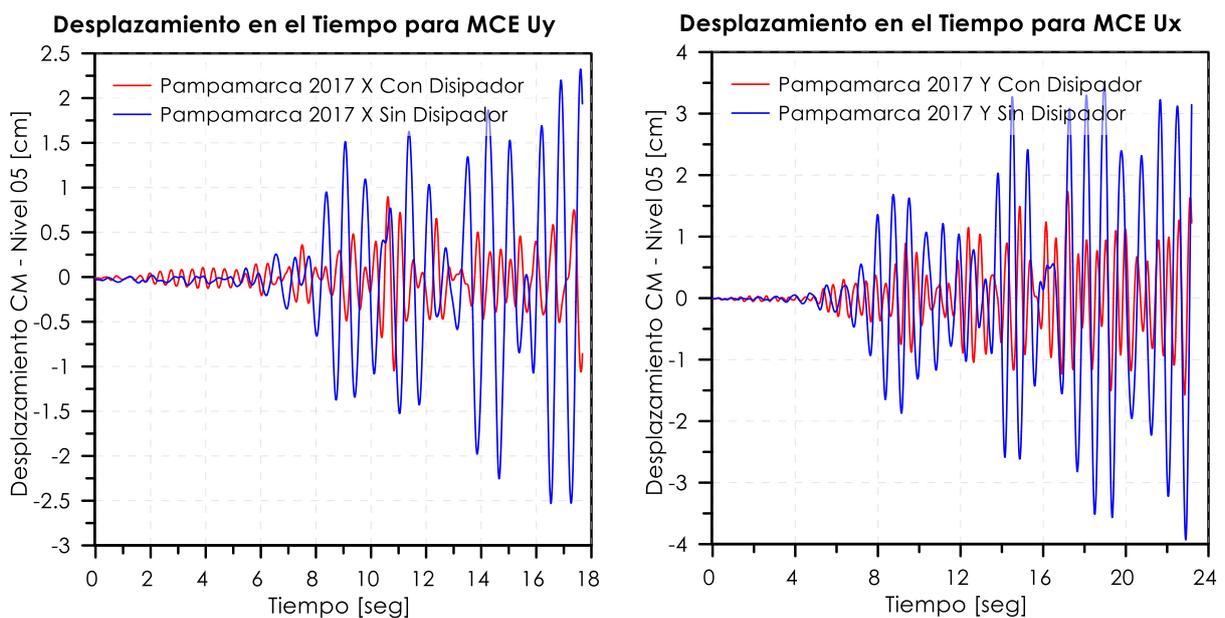


Figura 87

Desplazamiento Relativo en el Tiempo para Sismo Máximo Considerado en Dirección Uy y Ux de Pampamarca 2017 X y Pampamarca 2017 Y / Nivel 05





4.3.4. Aceleración Absoluta en el Tiempo para Sismo Máximo Considerado.

4.3.4.1. Aceleración Absoluta del MCE en el Norte.

Se tiene en la Figura 88 y Figura 89 las aceleraciones absolutas para MCE del norte.

Figura 88

Aceleración Absoluta en el Tiempo Dirección Ux y Uy de Pisco 2007 / Nivel 05

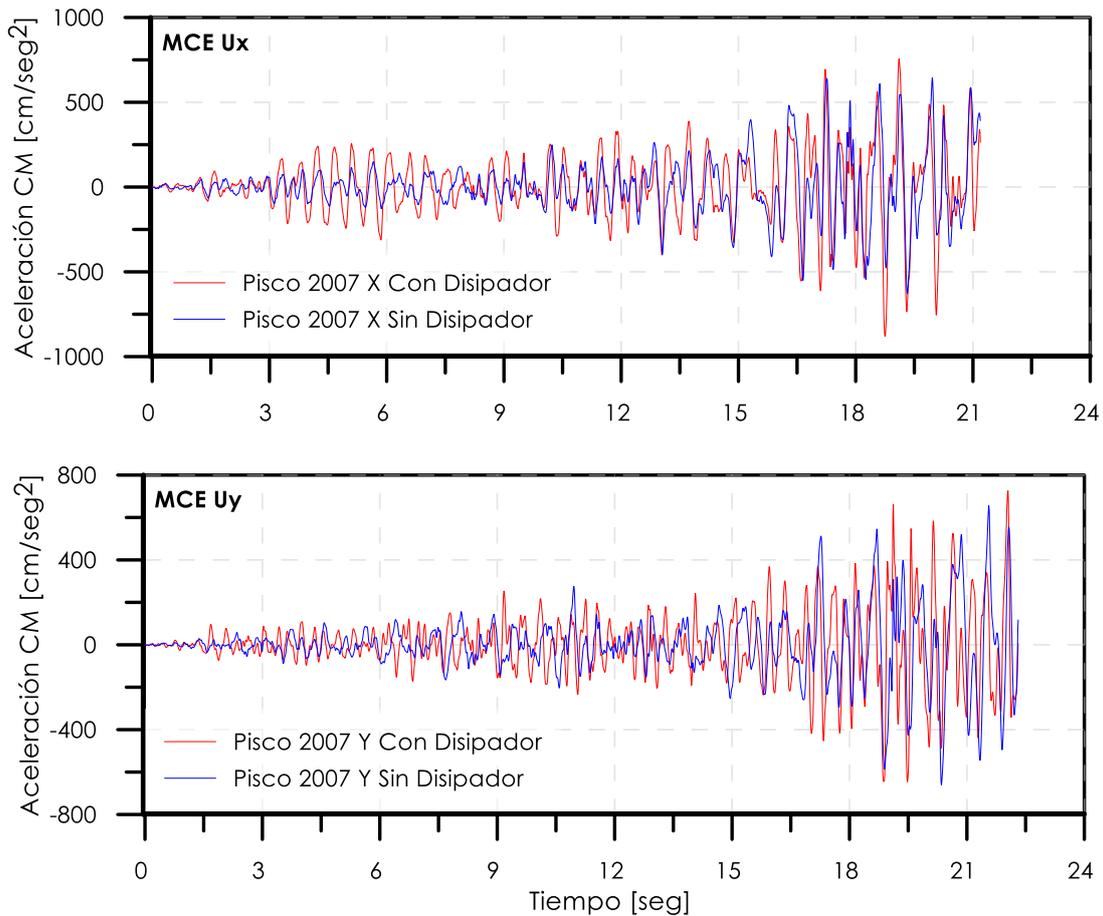
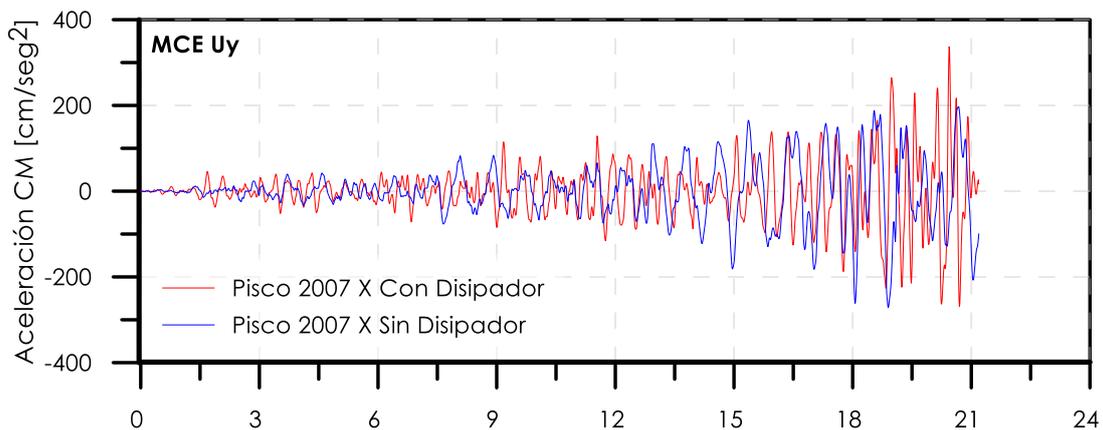
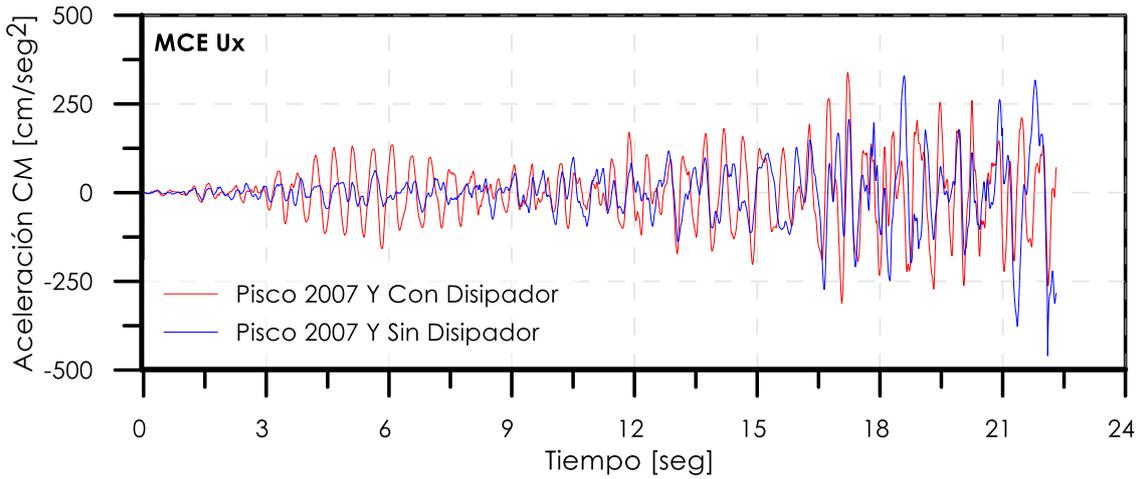


Figura 89

Aceleración Absoluta en el Tiempo Dirección Uy y Ux de Pisco 2007 / Nivel 05





4.3.4.2. *Aceleración Absoluta del MCE en el Sur.*

Se tiene en la Figura 90 y Figura 91 las aceleraciones absolutas para MCE del sur.

Figura 90

Aceleración Absoluta en el Tiempo Dirección Ux y Uy de Pampamarca 2017 / Nivel 05

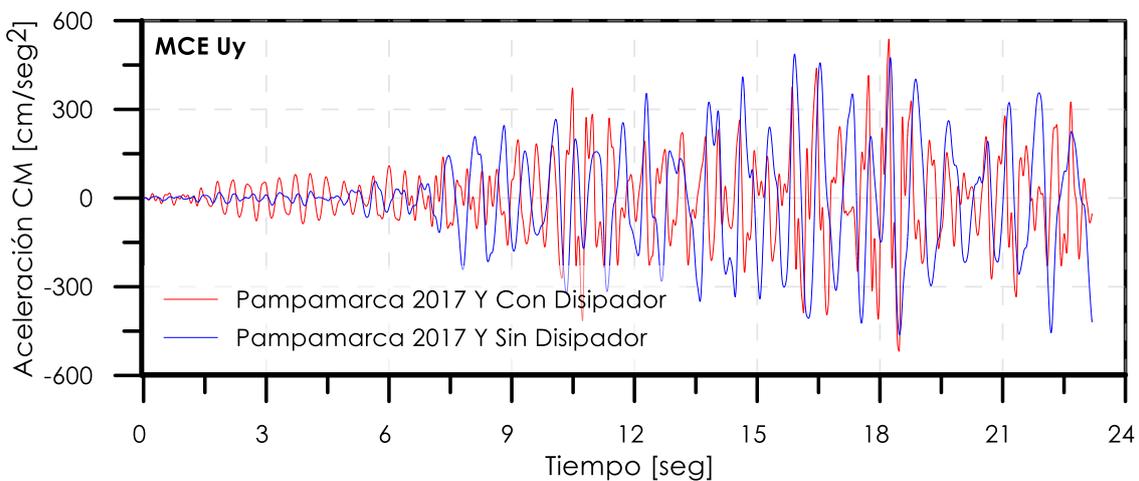
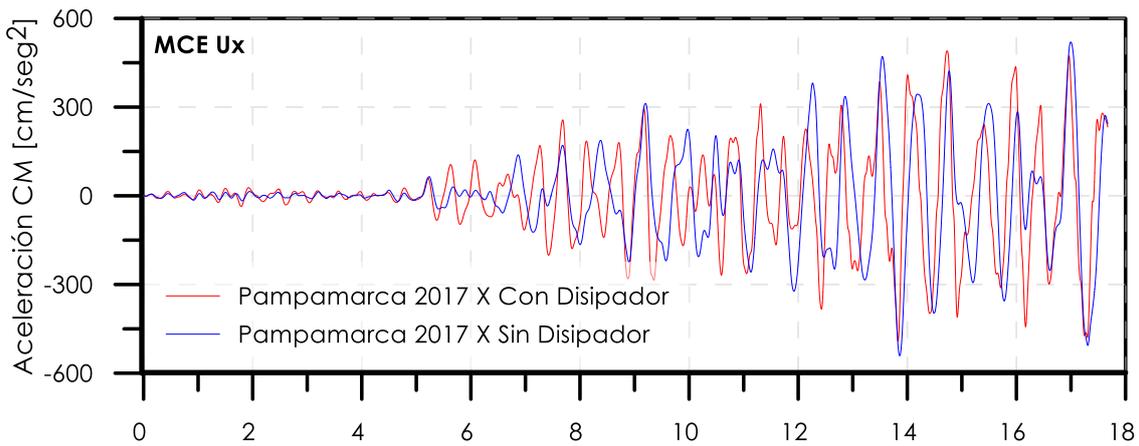
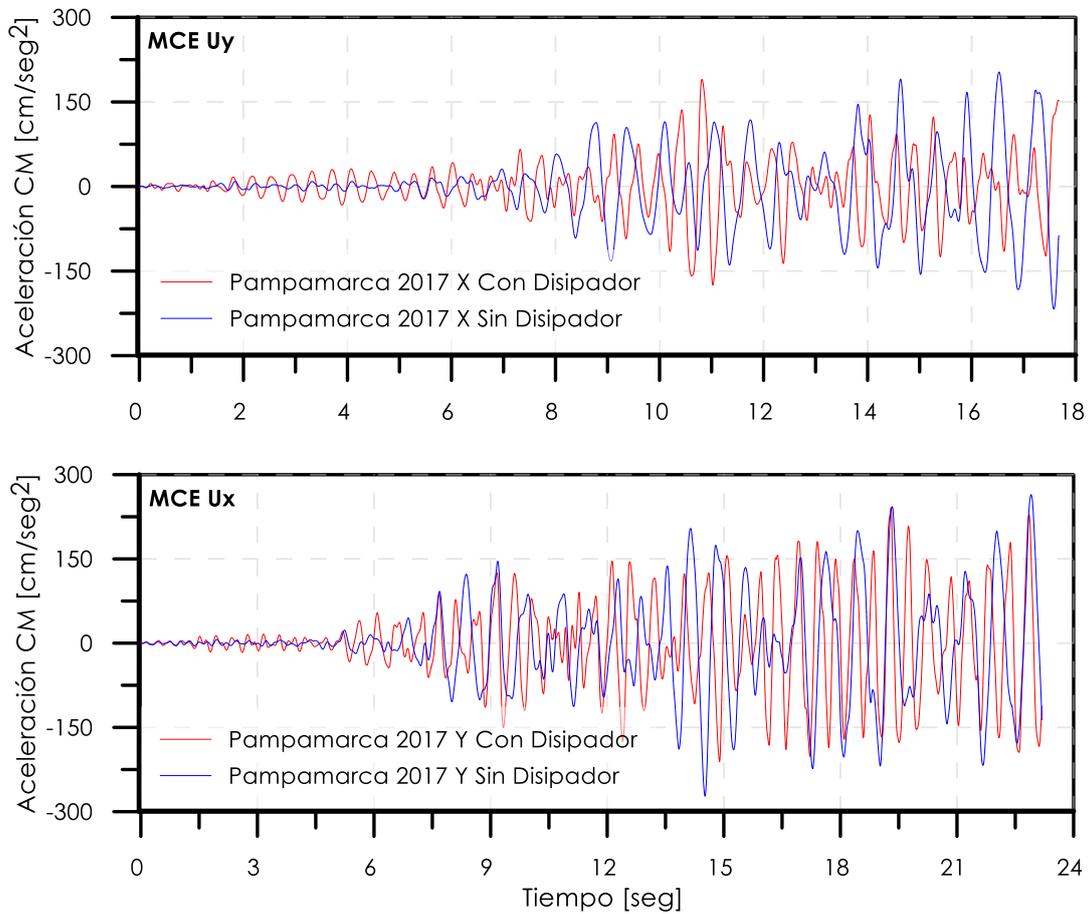




Figura 91

Aceleración Absoluta en el Tiempo Dirección Uy y Ux de Pampamarca 2017 / Nivel 05



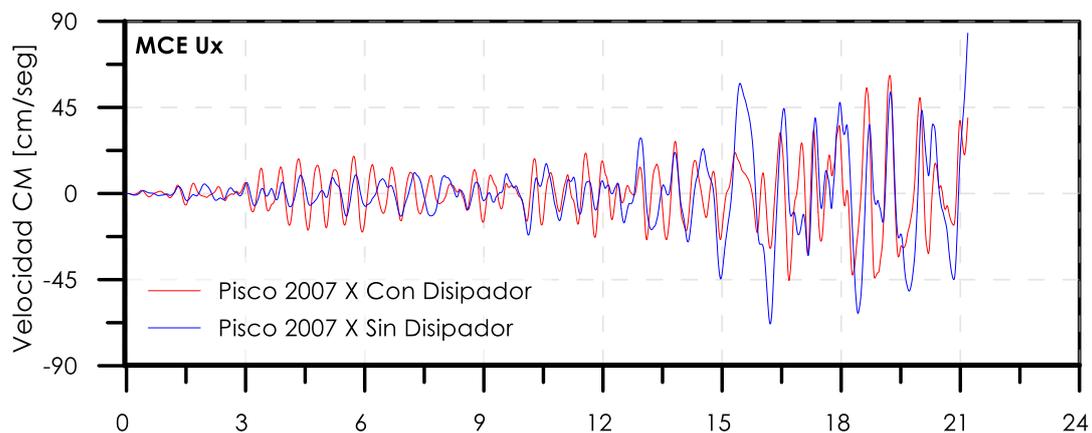
4.3.5. Velocidad en el Tiempo para Sismo Máximo Considerado.

4.3.5.1. Velocidad del MCE en el Norte.

Se tiene en la Figura 92 y Figura 93 las velocidades en el tiempo para MCE del norte.

Figura 92

Velocidad en el Tiempo Dirección Ux y Uy de Pisco 2007 / Nivel 05



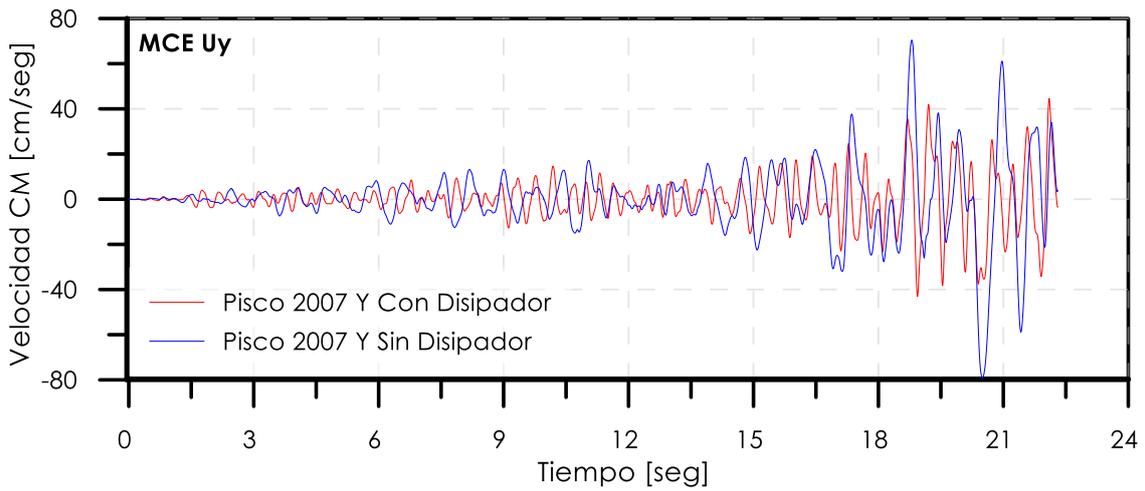
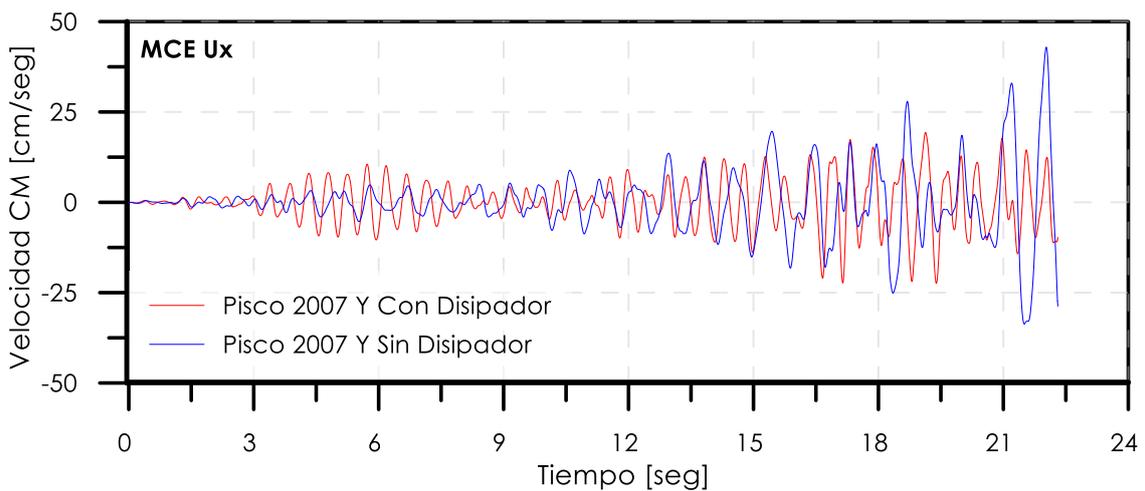
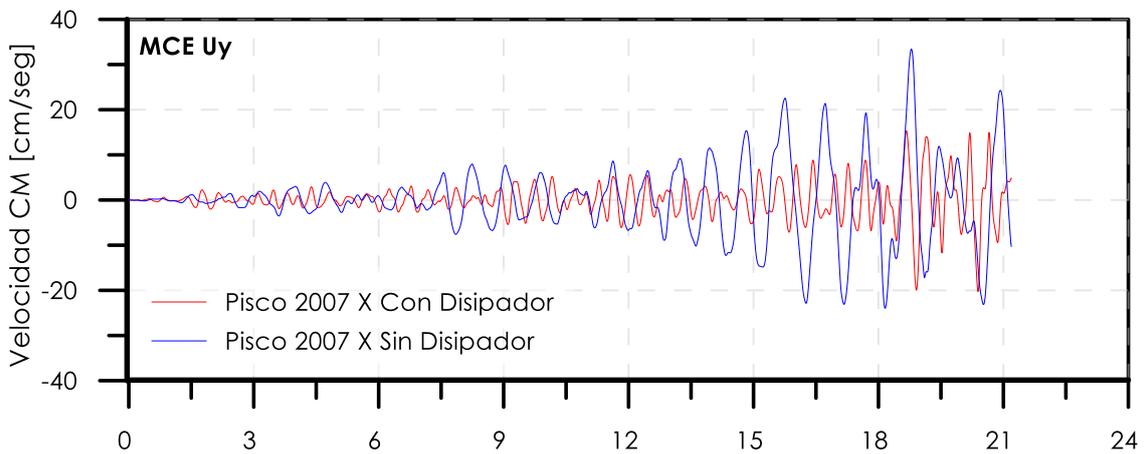


Figura 93

Velocidad en el Tiempo Dirección Uy y Ux de Pisco 2007 / Nivel 05



4.3.5.2. Velocidad del MCE en el Sur.

Se tiene en la Figura 94 y Figura 95 las velocidades en el tiempo para MCE del sur.



Figura 94

Velocidad en el Tiempo Dirección Ux y Uy de Pampamarca 2017 / Nivel 05

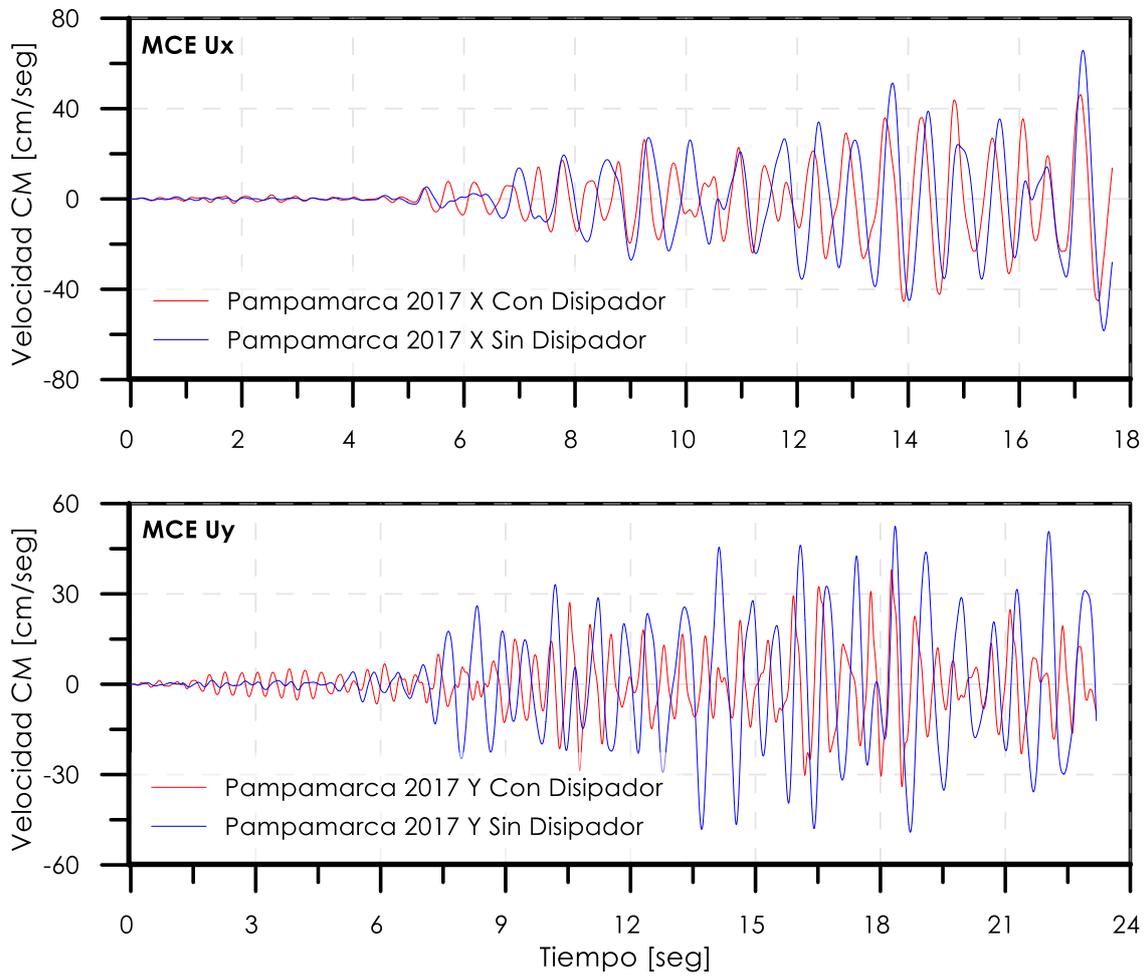
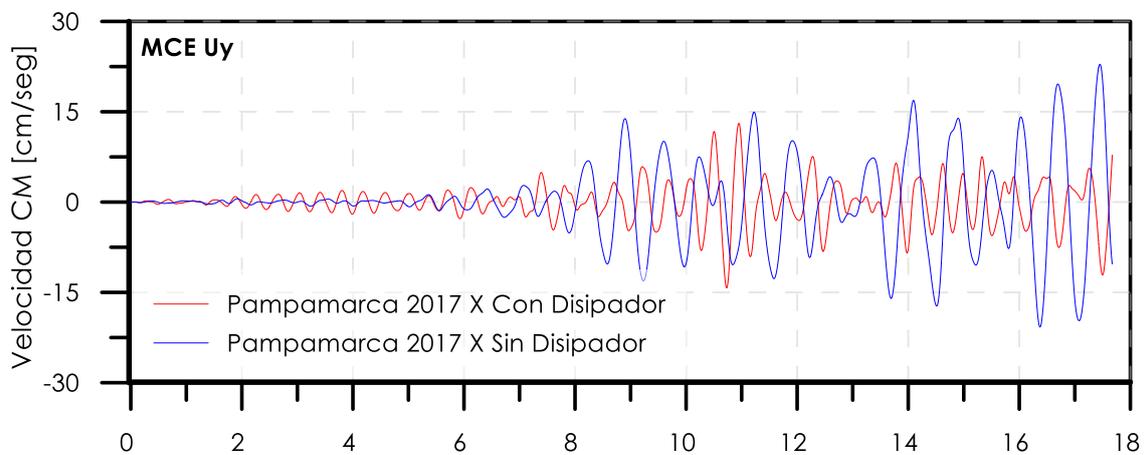


Figura 95

Velocidad en el Tiempo Dirección Uy de Pampamarca 2017 / Nivel 05





4.3.6. Curvas de Resonancia en Desplazamientos Relativos.

La Figura 96 y Figura 97 señalan la resonancia estructural en desplazamientos relativos.

Figura 96

Comparación Resonancia Estructural en Desplazamientos Relativos Dirección X

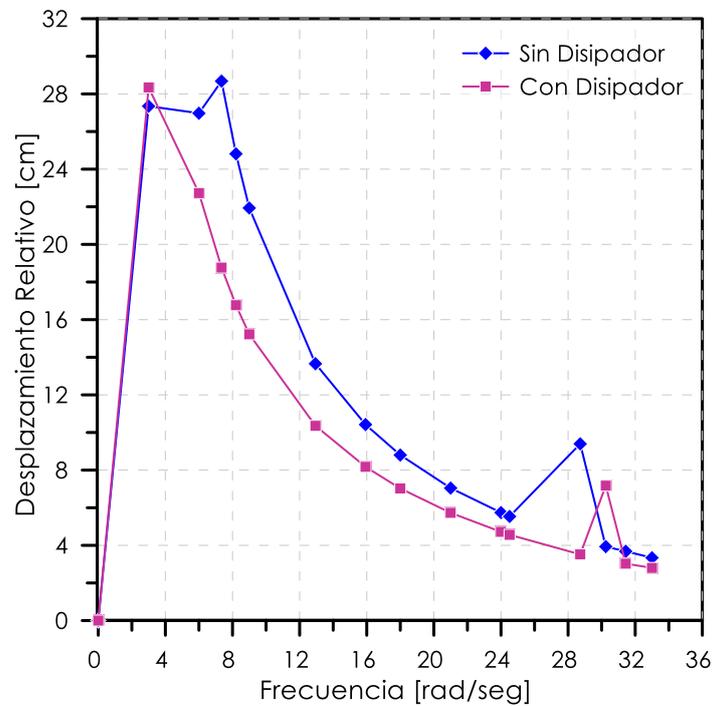
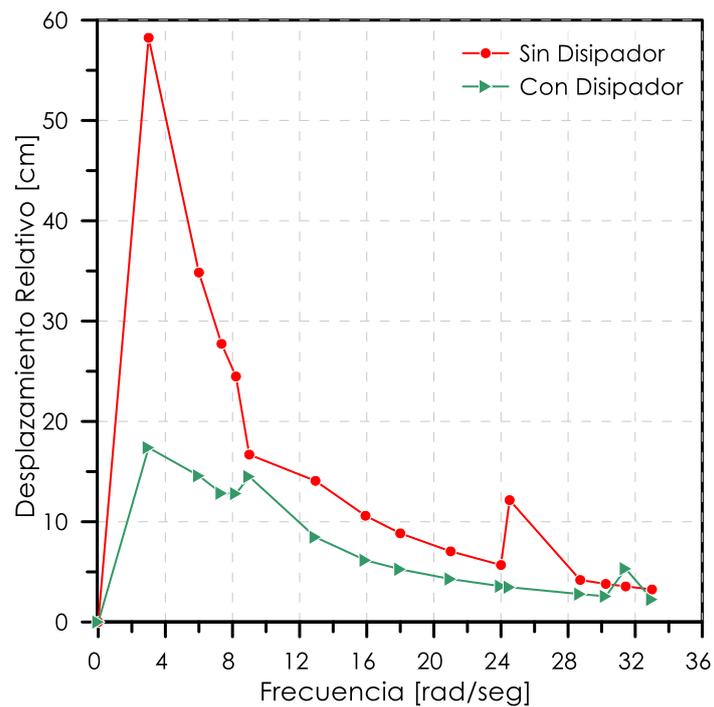


Figura 97

Comparación Resonancia Estructural en Desplazamientos Relativos Dirección Y





4.4. Resultados de la Correlación entre Esclerómetro Análogo vs Máquina de Compresión.

La Figura 98 y Figura 99 muestran resultados de correlación entre los ensayos desarrollados.

Figura 98

Reducción de Muestreo para Aplicación de Correlación en Elementos Estructurales

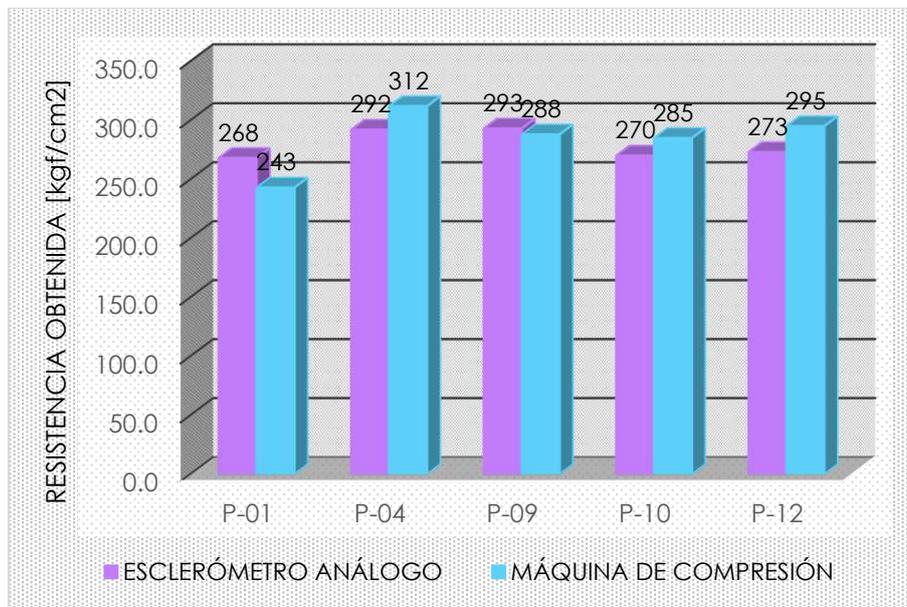
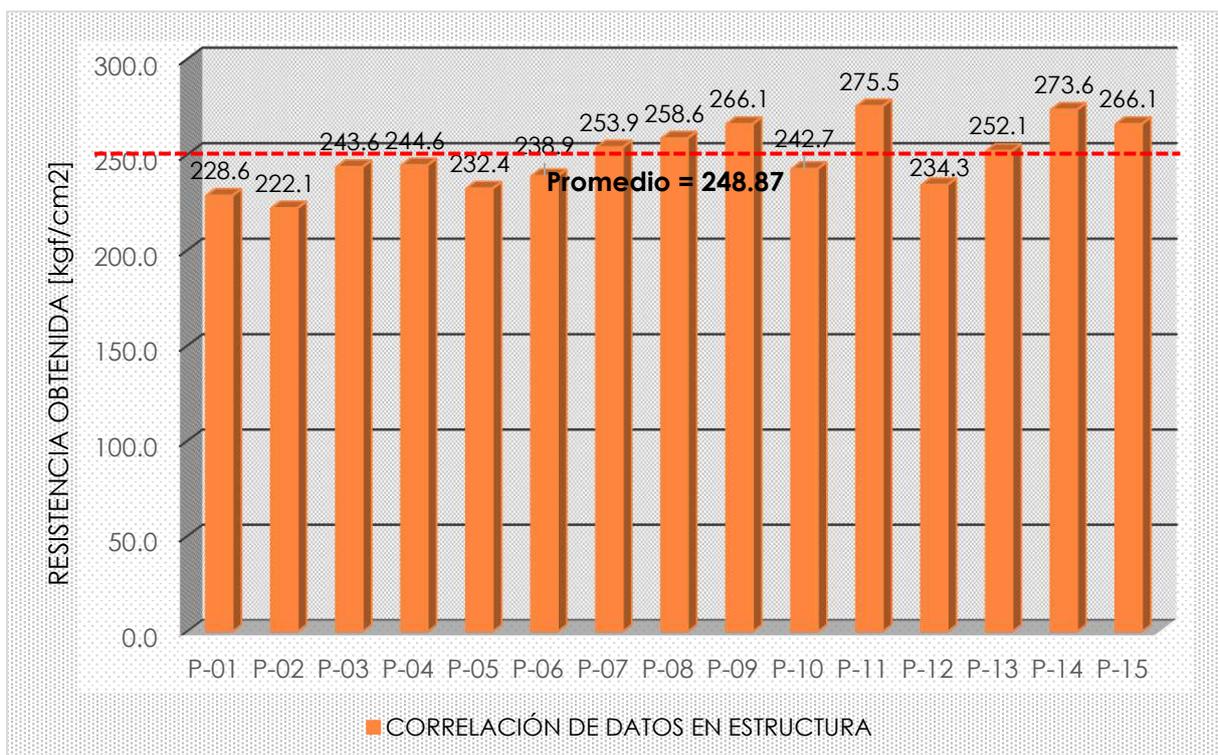


Figura 99

Correlación de Resistencia Obtenida en Elementos Estructurales





5. CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

5.1. Descripción de los Hallazgos Relevantes y Significativos

Tabla 17

Resumen de los Resultados de los Antecedentes Internacionales, Nacionales y Locales y los Resultados de la Investigación Desarrollada

ÍTEMS	Derivas Máximas [m/m]		Fuerzas Cortantes Máximas [tonf]		Aceleraciones Máximas Absolutas [m/seg ²]		Perio d. [seg]	Frec. [Hz]	
	DIRECCIÓN	X	Y	X	Y	X			Y
ANTECEDENTES	Enriquez y Ordoñez (2021)	54.16 %	53.93 %	-	-	-	-	31.47 %	-
	Cervantes y Albrizzio (2020)	83.56 %	80.88 %	50.15 %	61.39 %	-	-	65.20 %	-
	Manrique Aguirre (2021)	35.00 %	28.00 %	-	-	-	-	3.5%	-
	Quispe y García (2019)	59.70 %	58.80 %	-	-	-	-	44.01 %	-
	Miranda y Ontiveros (2020)	36.85 %	23.98 %	-	-	36.35 %	13.64 %	24.19 %	-
	Becerra y Valencia (2020)	81.11 %	70.66 %	88.35 %	83.77 %	84.70 %	79.49 %	-	-
RESUL.	Yanquirimachi Rojas (2022)	42.47 %	44.41 %	59.73 %	67.69 %	14.09 %	42.04 %	48.84 %	95.72 %

Según la literatura técnica consultada y expresada en la Tabla 17 se menciona lo siguiente:

- Las **Derivas Máximas de Entrepiso** se encuentran dentro del orden de 35.00% al 83.56% para la Dirección X y 23.98% al 80.88% para la Dirección Y. En la investigación se encontró una reducción del 42.47% para la Dirección X y un 44.41% para la Dirección Y, denotándose concordancia con el rango de la literatura técnica.
- En las **Fuerzas Cortantes Máximas de Entrepiso** se menciona un valor de la reducción del mismo en porcentaje para Dispositivos SLB, concorde a Cervantes y Albrizzio (2020) se denota una reducción del 50.15% para la Dirección X y 61.39% para la Dirección Y. Estas reducciones son aplicables solo al cortante que absorben las columnas, mas no el cortante que absorben los dispositivos en sí, en la investigación se obtuvo una reducción del 59.73% para la Dirección X y un 67.69% para la Dirección Y.



- Las **Aceleraciones Máximas Absolutas** se ven incrementadas un 13.64% para la Dirección Y; y reducidas un 36.35% para la Dirección X según Miranda y Ontiveros (2020). Lo cual se denota en gran medida en la investigación, ya que se evidencia un incremento del 14.09% para la Dirección X y un 42.04% para la Dirección Y.
- Se menciona en Cervantes y Albrizzio (2020) que el periodo fundamental de la estructura se vio reducida en un 65.20%, esto último se evidencia con la investigación desarrollada, debido a que se vio una reducción del **periodo** fundamental del 48.84% y un incremento de **frecuencias** del 95.72%.

Todos estos resultados de los distintos parámetros planteados en la investigación se obtuvieron mediante un Análisis Dinámico No Lineal con un promedio de 11 pares de Acelerogramas para la Dirección X e Y respectivamente.

5.2. Limitaciones del Estudio

a) **¿Cómo sería la influencia de la utilización del software Perform 3D con respecto al ETABS 2019 utilizado en el desarrollo de esta investigación?**

ETABS 2019 es un software para Análisis Estructural con alta capacidad de poder analítico lineal y no lineal, generando información detallada que facilita la comprensión del análisis; sin embargo, Perform 3D es un software que de por sí está desarrollado para el Análisis No Lineal y Evaluación del Desempeño Estructural con una mayor rapidez en la obtención y visualización de resultados, pero al mismo tiempo genera complicación al dotar al modelo matemático de información para el análisis respectivo.

b) **¿Cómo sería la influencia de la utilización de otro método no destructivo para la determinación de la resistencia del concreto con respecto al método de prueba estándar con esclerómetro análogo utilizado en el desarrollo de esta investigación?**

El método de prueba estándar con esclerómetro análogo tiene validez dentro de la normativa prescriptiva tanto nacional como internacional, por ende, su aplicación debe ceñirse a los parámetros de tales códigos. Sin embargo, el realizar otros métodos no destructivos para determinación de la resistencia, siendo: El Ensayo de Penetración (ASTM C-803), El Ensayo de Madurez (ASTM C-1074) o El Ensayo de Extracción por Deslizamiento (ASTM C-900) también dotan de resultados confiables de resistencia dentro de la experimentación. No obstante, se debe realizar siempre una correlación sencilla entre estos ensayos y uno que proporcione resultados reales de laboratorio, por ejemplo, el de rotura de especímenes cilíndricos de concreto.



5.3. Comparación Crítica con la Literatura Existente

- c) **¿Por qué el desplazamiento objetivo para un Sismo de Diseño (DE) es mayor que para el Sismo de Servicio (SLE), y menor para un Sismo Máximo Considerado (MCE) luego de aplicar un Análisis Estático No Lineal?**

El desplazamiento objetivo para un Sismo de Diseño es mayor que para el Sismo de Servicio, y menor para un Sismo Máximo Considerado debido a que el periodo de retorno para un Sismo de Diseño es de 475 años con una probabilidad de ocurrencia del 10% en 50 años, mientras que para el Sismo de Servicio se tiene un periodo de retorno de 43 años con una probabilidad de ocurrencia del 50% en 30 años, lo cual representa numéricamente 0.489 veces al Sismo de Diseño; un Sismo Máximo posee un periodo de retorno de 950 años y tiene una probabilidad de ocurrencia del 10% en 100 años, lo que significa numéricamente que es 1.319 veces el Sismo de Diseño. Se adjunta en el título 8.3.5 los factores de probabilidad relacionadas con la acción sísmica (SLE, DE y MCE) mencionados anteriormente.

5.4. Implicancias del Estudio

- d) **¿De qué manera la utilización de métodos de Análisis No Lineal determina el comportamiento sísmico de una estructura?**

El Análisis Estático No Lineal si se realiza de forma correcta brinda información relevante en relación a desplazamientos relativos y absolutos, drifts, periodos y frecuencias, cortantes, aceleraciones absolutas, momentos, etc., esta información está sujeta al análisis y criterio del investigador, con ayuda de herramientas computacionales se logra entrar a la incursión inelástica, lugar donde se tiene menos incertidumbre y más confiabilidad de procesamiento de información, al recurrir al planteamiento de incorporación de dispositivos de protección sísmica se puede determinar ciertos Objetivos de Desempeño superiores a los ordinarios, trazados en función a solicitaciones sísmicas impuestas; conjuntamente con el Análisis Dinámico No Lineal se puede llegar a obtener historias de respuesta en el tiempo, generando de esta forma modelos matemáticos un tanto más reales y disminuyendo claro esta los porcentajes de error mediante un Análisis Lineal Esencialmente Elástico.



6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- 1) **PRIMERO:** Se demostró la Hipótesis General, citando: “El desempeño sísmico de la estructura sin incorporación de disipadores será de cerca al colapso para un sismo máximo considerado y seguridad de vida para un sismo de diseño, mientras que el desempeño sísmico de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo será de seguridad de vida para un sismo máximo considerado y funcional para un sismo de diseño, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022”.

Tabla 18

Objetivos de Desempeño Sísmico según Visión 2000

Controles de LATBSDC 2020 y TBI 2017	
Nivel de Demanda Sísmica	Nivel de Desempeño Sísmico Esperado
SLE	Totalmente Funcional
DE	Seguridad de Vida
MCE	Cerca al Colapso

Como puede apreciarse en la Tabla 18, los resultados obtenidos dan a conocer:

- **En Dirección “X” Sin Disipadores:**
 - Para el **Sismo de Diseño (DE)**, la estructura tiene un Nivel de Desempeño de Totalmente Funcional y para el **Sismo Máximo Considerado (MCE)** tiene un Nivel de Desempeño de Totalmente Funcional, por ende, se verifica en la Hipótesis General.
- **En Dirección “Y” Sin Disipadores:**
 - Para el **Sismo de Diseño (DE)**, la estructura tiene un Nivel de Desempeño de Funcional y para el **Sismo Máximo Considerado (MCE)** tiene un Nivel de Desempeño de Seguridad de Vida, por ende, se verifica en la Hipótesis General.



- **En Dirección “X” Con Disipadores:**
 - Para el **Sismo de Diseño (DE)**, la estructura tiene un Nivel de Desempeño de Totalmente Funcional y para el **Sismo Máximo Considerado (MCE)** tiene un Nivel de Desempeño de Funcional, por ende, se verifica en la Hipótesis General.
 - **En Dirección “Y” Con Disipadores:**
 - Para el **Sismo de Diseño (DE)**, la estructura tiene un Nivel de Desempeño de Totalmente Funcional y para el **Sismo Máximo Considerado (MCE)** tiene un Nivel de Desempeño de Funcional, por ende, se verifica en la Hipótesis General.
- 2) **SEGUNDO:** Se demostró la Hipótesis Específica N°.1, citando: “La deriva máxima de entrepiso de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo está en el orden de 40% a 90% respecto a la estructura sin incorporación de disipadores según Becerra y Valencia (2020), aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022”.
- Como puede apreciarse en el ítem 4.1.1.1, los resultados obtenidos dan a conocer: La **deriva máxima de entrepiso** de la estructura incorporada con Disipadores Shear Link Bozzo está en el orden de **42.47%** para la **Dirección X** y **44.41%** para la **Dirección Y**; por consiguiente, se verifica en la Hipótesis Específica N°.1.
- 3) **TERCERO:** Se demostró la Hipótesis Específica N°.2, citando: “La fuerza cortante máxima de entrepiso de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo está en el orden de 40% a 90% respecto a la estructura sin incorporación de disipadores según Becerra y Valencia (2020), aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022”.
- Como puede apreciarse en el ítem 4.1.2.1, los resultados obtenidos dan a conocer: La **fuerza cortante máxima de entrepiso** de la estructura incorporada con Disipadores Shear Link Bozzo está en el orden de **59.73%** para la **Dirección X** y **67.69%** para la **Dirección Y**; por lo tanto, se verifica en la Hipótesis Específica N°.2.



- 4) **CUARTO:** Se demostró parcialmente la Hipótesis Específica N°.3, citando: “Las aceleraciones máximas absolutas de la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo está en el orden de 40% a 90% respecto a la estructura sin incorporación de disipadores según Becerra y Valencia (2020), aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022”.
- Como puede apreciarse en el ítem 4.1.3.1, los resultados obtenidos dan a conocer: La **aceleración máxima absoluta** de la estructura incorporada con Disipadores Shear Link Bozzo está en el orden de **14.09%** para la **Dirección X** y **42.04%** para la **Dirección Y**; de modo que, se verifica la Hipótesis Específica N°.3 para la **Dirección X**, pero no se verifica la Hipótesis Específica N°.3 en la **Dirección Y**.
- 5) **QUINTO:** No se demostró la Hipótesis Específica N°.4, citando: “Las frecuencias y periodos que generan los modos de vibración son alterados con la incorporación del sistema de disipación Shear Link Bozzo, el periodo será triplicado y la frecuencia reducida en su tercera parte según Becerra y Valencia (2020), aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022”.
- Como puede apreciarse en el ítem 4.1.4.1, los resultados obtenidos dan a conocer: El **periodo** de la estructura incorporada con Disipadores Shear Link Bozzo está reducido en un **48.84%** y la **frecuencia** está aumentada en un **95.72%**; de manera que, no se verifica en la Hipótesis Específica N°.4.
- 6) **SEXTO:** Se demostró la Hipótesis Específica N°.5, citando: “El costo del suministro e instalación del sistema de disipadores Shear Link Bozzo está en el orden de 5% a 15% respecto al costo total de la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Ciudad de Cusco, Perú 2022”.
- Como puede apreciarse en el ítem 4.1.5.1, los resultados obtenidos dan a conocer: El **costo del suministro e instalación** del Sistema de Disipadores Shear Link Bozzo está en el orden de **13.25%** el costo total de la vivienda multifamiliar; en consecuencia, se verifica en la Hipótesis Específica N°.5.



6.2. Recomendaciones

- 1) **PRIMERO:** Desarrollar un estudio comparativo del Desempeño Sísmico de una estructura de concreto armado con y sin incorporación de disipadores metálicos del tipo SLB y BRB, aplicando el Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal. El realizar un estudio comparando dos tipos de disipadores metálicos activados por desplazamiento y que albergan rigidez, inclusive aplicando los Métodos de Análisis de Evaluación No Lineal, conlleva a una investigación con respecto al Modelo No Lineal y Aplicación del Sistema BRB en el Análisis Estructural No Lineal.
- 2) **SEGUNDO:** Desarrollar un estudio comparativo del Desempeño Sísmico de una estructura de concreto armado con y sin incorporación de Disipadores SLB de la cuarta generación, aplicando el Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal. El realizar un estudio de un sistema de Disipadores SLB de la cuarta generación, conlleva a una investigación en cuanto a la aplicación y diseño de elementos de arriostre y anclaje de los disipadores en la estructura a plantear; ya que los anclajes de la tercera y cuarta generación son distintos por ser dispositivos mucho más grandes.
- 3) **TERCERO:** Desarrollar un estudio comparativo del Desempeño Sísmico de una estructura de albañilería confinada con y sin incorporación de disipadores activados por: desplazamientos (metálicos o friccionales), velocidad (viscosos) y movimiento (amortiguadores de masa sintonizada), aplicando la interacción suelo estructura. El realizar un estudio de albañilería contempla una investigación en cuanto a los modelos inelásticos de comportamiento de los componentes para los muros de albañilería confinada, así mismo la variación de los modelos libre, total y parcialmente restringido en la interacción suelo estructura conlleva un análisis riguroso.
- 4) **CUARTO:** Desarrollar un estudio del Desempeño Sísmico basado en su segunda generación, es decir, una incorporación del concepto de ingeniería sísmica basada en resiliencia, utilizando normativas como el FEMA P-58, PACT y Curvas IDA. El realizar un estudio de la Ingeniería Basada en Resiliencia es un concepto distinto, los procedimientos a realizar son probabilísticos, las incertidumbres se consideran explícitamente y el desempeño se expresa como las probables consecuencias en 3 términos principales: costos de reparación, tiempo de inactividad y número de muertos, son variables de decisión para evaluación del riesgo sísmico.



7. BIBLIOGRAFÍA

- Aguiar Falconí, R. (2003). *Análisis Sísmico por Desempeño*. Sangolquí, Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas de Ecuador. Obtenido de <https://www.udocz.com/apuntes/19937/analisis-sismico-por-desempe-o-roberto-aguiar-falconi>
- Aguiar, R., Bozzo, L., Coyago, H., & Andino, C. (2016). Análisis Sísmico de Bloque Estructural 4 De UFA-ESPE con Disipadores de Energía Shear Link Bozzo. *Ciencia*, 18(2), 123-160. Obtenido de <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/ciencia/article/view/182>
- American Concrete Institute. (2019). *ACI 318-19 Building Code Requirements for Structural Concrete*. Michigan, Estados Unidos: Comité ACI 318. Obtenido de https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=EL31819&Format=ONLINE_LEARNING&Language=English&Units=US_Units
- American Institute Of Steel Construction. (2010). *ANSI/AISC 360-10 Specification for Structural Steel Buildings*. Chicago, Estados Unidos: AISC. Obtenido de https://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/publicacion/especificacion_para_construcciones_de_acero_-_aisc_360-16_0.pdf
- American Institute of Steel Construction. (2016). *ANSI/AISC 341-16 Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*. Chicago, Estados Unidos: AISC. Obtenido de <https://www.aisc.org/globalassets/aisc/publications/standards/seismic-provisions-for-structural-steel-buildings-ansi-aisc-341-16.pdf>
- American Society of Civil Engineers. (2017). *ASCE/SEI 41-17 Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. Virginia, Estados Unidos: ASCE. Obtenido de <https://sp360.asce.org/PersonifyEbusiness/Merchandise/Product-Details/productId/233163464>
- American Society of Civil Engineers. (2017). *ASCE/SEI 7-16 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*. Virginia, Estados Unidos: ASCE. Obtenido de <https://sp360.asce.org/PersonifyEbusiness/Merchandise/Product-Details/productId/233133882>
- Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación Introducción a la Metodología Científica* (6° ed.). Caracas, Venezuela: Episteme. Obtenido de https://trabajosocialudocpno.files.wordpress.com/2017/07/fidias_g-_arias-_el_proyecto_de_investigacic3a3c2b3n_6ta-_edicic3a3c2b3n1.pdf
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2012). *UNE-EN 1998-2 Eurocódigo 8: Proyecto de Estructuras Sismorresistentes Parte 2: Puentes*. Madrid, España: AENOR. Obtenido de <https://tienda.aenor.com/norma-une-en-1998-2-2018-n0060456>



- Becerra Acurio, N. N., & Valencia Pezo, A. E. (2020). *Evaluación Comparativa de la Respuesta Sísmica del Pabellón de ingeniería de la UAC, Sin y Con Aisladores de Base y Amortiguadores de Fluido Viscoso Sometidos a Vibraciones Aleatorias*. [Tesis de pregrado, Universidad Andina del Cusco]. Archivo digital. Obtenido de <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/3927>
- Benavente Escobar, C. L., Gonzales Zúñiga, K., Taipe Maquerhua, E. L., & Cárdenas Roque, J. D. (2010). Proyecto de Paleosismicidad y Monitoreo de Fallas Activas en la Región del Cusco. *XV Congreso Peruano de Geología, Publicación Especial(9)*, 762-765. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2912>
- Bouc, R. (1971). A Mathematical Model for Hysteresis. *Acta Acustica United with Acustica*, 24(1), 16-25. Obtenido de <https://www.ingentaconnect.com/content/dav/aaua/1971/00000024/00000001/art00004>
- Bozzo Rotondo, L. M. (2019). *Análisis y Diseño Utilizando Disipadores Sísmicos Tipo SLB*. Lima, Perú: Luis Bozzo Estructuras y Proyectos S.L.
- Bozzo Rotondo, L. M. (2019). *Tablas de Diseño SLB*. Obtenido de Disipadores Sísmicos SLB: <https://luisbozzo.com/wp-content/uploads/2018/06/180611-TABLAS-DE-DISE%C3%91O-SLB.pdf>
- Bozzo Rotondo, L. M. (3 de Noviembre de 2021). 5ta Generación de Disipadores SLB. [Video]. YouTube. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=bzE71TpuWj0&list=LL&index=5>
- Bozzo, L., Gonzales, H., Pantoja, M., Muñoz, E., & Ramirez, J. (2019). Modeling, Analysis and Seismic Design of Structures Using Energy Dissipators SLB. *Tecnia*, 29(2), 81-90. Obtenido de <https://doi.org/10.21754/tecnica.v29i2.713>
- Cámara Peruana de la Construcción. (2018). *Análisis de Precios Unitarios en Edificaciones*. Lima, Perú: CAPECO.
- Castillo Aedo, J. L., & Alva Hurtado, J. E. (1994). *Peligro Sísmico en el Perú*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Archivo digital. Obtenido de <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/3852>
- Cervantes Garcia, F. R., & Albrizzio Francia, Y. O. (2020). *Desempeño Sísmico de un Hospital de Concreto Armado con Disipadores "SLB" Shear Link Bozzo en la Zona Sísmica 4*. [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Archivo digital. Obtenido de <http://168.121.49.87/handle/URP/3559>
- Chang, C.-M., Strano, S., & Terzo, M. (2015). Modelling of Hysteresis in Vibration Control Systems by Means of the Bouc-Wen Model. *Hindawi*, 2016(Article ID 3424191), 1-14. Obtenido de <https://doi.org/10.1155/2016/3424191>



- Chopra, A. K. (2014). *Dinámica de Estructuras* (4° ed.). México: Pearson. Obtenido de https://www.academia.edu/36451323/Dinamica_de_Estructuras_4Ed_Anil_K_Chopra
- Chuquicahua Zelada, D. E. (2020). *Análisis No Lineal Estático y Dinámico de un Edificio de Concreto Armado con Disipadores de Energía SLB en la Ciudad de Chiclayo*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Archivo digital. Obtenido de <http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/2914>
- Computers and Structures. (2017). *CSI Analysis Reference Manual*. California, Estados Unidos: CSI.
- Crisafulli, F. J., & Villafañe, E. (2018). *Espectros de Respuesta y de Diseño*. Mendoza, Argentina: Universidad Nacional de Cuyo. Obtenido de <https://aulabierta.ingenieria.uncuyo.edu.ar/pluginfile.php/45339/course/section/1798/ISR-GE2-Espectros-2018.pdf>
- Cumpa Amanca, J., & Quispe Mendoza, B. H. (2019). *Evaluación del Desempeño Sismorresistente de la Institución Educativa N°50217 de la Comunidad Umachurco - San Salvador, Aplicando el Método de Análisis Estático (Pushover)*. [Tesis de pregrado, Universidad Andina del Cusco]. Archivo digital. Obtenido de <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/2885>
- Diccionario de Filosofía. (1984). Rusia, Moscú: Progreso. Obtenido de <https://www.filosofia.org/urss/ddf1984.htm>
- Dominguez, A., Sedaghati, R., & Stiharu, I. (2004). Modelling the Hysteresis Phenomenon of Magnetorheological Dampers. *Smart Materials and Structures*, 13(6), 1351-1361. Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0964-1726/13/6/008>
- Enriquez Cobos, B. S., & Ordoñez Aguilar, C. A. (2021). *Respuesta Dinámica en Estructuras de Hormigón Armado con Incorporación de Disipadores de Energía Metálicos Tipo Shear Link Bozzo (SLB)*. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Archivo digital. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/57588>
- F. Ma, H. Zhang, A. Bockstedte, G. C. Foliente, & P. Paevere. (2004). Parameter Analysis of the Differential Model of Hysteresis. *Journal of Applied Mechanics*, 71(3), 342-349. Obtenido de <https://doi.org/10.1115/1.1668082>
- Gallego Silva, M., & Sarria Molina, A. (2006). *El Concreto y los Terremotos Conceptos, Comportamiento, Patología y Rehabilitación* (2° ed.). Colombia: Asocreto. Obtenido de http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/docentes/oscar_gutierrez/descargas/concreto.pdf
- Guendelman, T. (2014). *Perfil Biosísmico: Un método de Calificación Sísmica de Edificios*. Valparaíso, Chile: Universidad Técnica Federico Santa María. Obtenido de https://documen.site/download/diapositiva-1-5adb476d465cf_pdf



- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (6° ed.). México D.F.: McGraw Hill Education. Obtenido de https://trabajosocialudocpno.files.wordpress.com/2017/07/fidias_g-_arias-_el_proyecto_de_investigacic3a3c2b3n_6ta-_edicic3a3c2b3n1.pdf
- Huamani Camargo, H. (2020). *Análisis Sísmico No Lineal Tiempo Historia Basado en Desempeño*. Lima, Perú: DIESCON Ingenieros.
- Huamaní Camargo, H. V. (2020). *Análisis Sísmico No Lineal Estático Basado en Desempeño*. Lima, Perú: DIESCON Ingenieros.
- La República. (28 de Mayo de 2019). *Fallas Sí Pueden Provocar un Gran Terremoto en Cusco*. Obtenido de La República: <https://larepublica.pe/sociedad/1102101-fallas-si-pueden-provocar-un-gran-terremoto-en-cusco/>
- Los Angeles Tall Buildings Structural Design Council. (2020). *An Alternative Procedure for Seismic Analysis and Design of Tall Buildings Located in the Los Angeles Region*. Los Ángeles, Estados Unidos: LATBSDC. Obtenido de <https://www.latallbuildings.org/documents>
- Manrique Aguirre, C. A. (2021). *Comparación de la Respuesta Estructural entre una Edificación de 8 Pisos con Disipadores SLB y la Edificación Convencional*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Archivo digital. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/20.500.12773/13533>
- Merino Zelada, L. E. (2014). *Desempeño Sismorresistente del Edificio 4J de la Universidad Nacional de Cajamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Archivo digital. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/85>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2006). *Norma Técnica E.020 Cargas*. Lima, Perú: Reglamento Nacional de Edificaciones/Sencico. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). *Norma Técnica Metrados para Obras de Edificación y Habilitaciones Urbanas*. Lima, Perú. Obtenido de https://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/norma_metrados.pdf
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima, Perú: Reglamento Nacional de Edificaciones/Sencico. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Miranda Monrroy, Y. H., & Ontiveros Beltrán, Y. G. (2020). *Análisis Comparativo del Desempeño Sísmico y Costos entre los Disipadores Shear Link Bozzo y Taylor Aplicados en una Edificación Multifamiliar, Trujillo*. [Tesis de pregrado, Universidad



César Vallejo]. Archivo digital. Obtenido de
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/49777>

Muñoz Horna, E. (2021). *Modelamiento, Análisis y Diseño Sísmico de Estructuras Empleando Disipadores Shear Link Bozzo (SLB)*. Piura, Perú: Tecnología y Educación Innovadora.

Muñoz Horna, O. M. (2021). *Análisis No Lineal de Estructuras de Concreto Armado Orientado al Diseño Basado en Desempeño*. Lambayeque, Perú: Muñoz Horna Ingenieros Asociados.

Muñoz Horna, O. M. (2022). *Análisis y Diseño Sismorresistente de Edificios de Concreto Armado*. Lambayeque, Perú: Muñoz Horna Ingenieros Asociados.

National Institute of Standards and Technology. (2010). *NIST GCR 10-917-5 Nonlinear Structural Analysis For Seismic Design: A Guide for Practicing Engineers*. Gaithersburg, Estados Unidos: NIST. Obtenido de
<https://www.nehrp.gov/pdf/nistgcr10-917-5.pdf>

National Institute of Standards and Technology. (2017). *NIST GCR 17-917-46v1 Guidelines for Nonlinear Structural Analysis for Design of Buildings Part I - General*. Gaithersburg, Estados Unidos: NIST. Obtenido de
<https://doi.org/10.6028/NIST.GCR.17-917-46v1>

National Institute of Standards and Technology. (2017). *NIST GCR 17-917-46v3 Guidelines for Nonlinear Structural Analysis for Design of Buildings Part IIb – Reinforced Concrete Moment Frames*. Gaithersburg, Estados Unidos: NIST. Obtenido de
<https://doi.org/10.6028/NIST.GCR.17-917-46v3>

Pacific Earthquake Engineering Research Center. (2017). *TBI Guidelines for Performance-Based Seismic Design of Tall Buildings*. Berkeley, Estados Unidos: PEER. Obtenido de https://peer.berkeley.edu/sites/default/files/tbi-working-group-led-by-co-chairs-ron-ha-burger-and-jack-moehle_10.9.17_withlinks.pdf

Pezo Zegarra, E. (2012). *Influência de um Amortecedor Magnetoreológico no Isolamento de Base de Edifícios sob Ação Sísmica*. [Tesis de maestría, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro]. Archivo digital. Obtenido de
<https://doi.org/10.17771/PUCRio.acad.35019>

Pezo Zegarra, E. (2016). *Sistema Pendular para Controle Passivo das Vibrações de Estructuras Sob Excitação de Base*. [Tesis de doctorado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro]. Archivo digital. Obtenido de
<https://doi.org/10.17771/PUCRio.acad.56026>

Quispe Huamán, C. k., & García Urrutia, P. A. (2019). *Reforzamiento Sísmico Mediante el Uso de Disipadores Histeréticos Tipo Shear Link Bozzo en un Edificio de 14 Niveles*



en la Ciudad de Lima. [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Archivo digital. Obtenido de <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2782>

Recuero Forniés, A. (1981). Análisis No Lineal y Rediseño de Estructuras de Edificación de Hormigón Armado. *Dialnet*, 32(329), 41-48. Obtenido de <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/2254/2573>

Revista Costos. (2022). *Suplemento Técnico Agosto 2022*. Lima, Perú. Obtenido de <https://costosperu.com/PortalSuscriptores/PublicacionesDigitales>

Spencer, B. F., Dyke, S. J., Sain, M. K., & Carlson, J. D. (1996). Phenomenological Model of a Magnetorheological Damper. *ASCE Journal of Engineering Mechanics*, 123(3), 230-239. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/238073569>

Structural Engineers Association of California. (2019). *Seismic Design Recommendations 2019*. California, Estados Unidos: SEAOC. Obtenido de https://www.academia.edu/42951186/SEAOC_Blue_Book_Seismic_Design_Recommendations_2019_Seismology_Committee_Structural_Engineers_Association_of_California

Valcuende Payá, M., Marco Serrano, E., Jardón Giner, R., & Gil Andrés, A. (2011). *Evolución de la Resistencia del Hormigón con la Edad y la Temperatura*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12793/Evoluci%F3n%20resistencia%20hormig%F3n.pdf?sequence=3>

Vision 2000. (1995). *A Framework for Performance Based Structural Engineering*. California, Estados Unidos: SEAOC. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/315487018_Disen%F3_Basado_en_Desempeno_Performance_Based_Design

Vitelmo V., B. (2009). *Connections La Serie de Relatos del Instituto de Investigación en Ingeniería Sísmica (EERI)*. Berkeley, California: Instituto de Investigación en Ingeniería. Obtenido de <https://www.iaee.or.jp/pdf/CONEXIONES-Bertero.pdf>

Wen, Y.-K. (1976). Method for Random Vibration of Hysteretic Systems. *Journal of the Engineering Mechanics Division*, 102(2), 249-263. Obtenido de <https://doi.org/10.1061/JMCEA3.0002106>



8. ANEXOS

8.1. Instrumentos de Recolección de Datos

8.1.1. Toma de Datos del Contraste de Dimensiones de Muros No Estructurales.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TEMA: Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022								
GUÍA DE OBSERVACIÓN N°03:			ENSAYO: Contraste de Dimensiones - Muros de Albañilería					
Lugar:	Urb. Los Jardines San Jerónimo, Cusco		Fecha:	25/03/2022				
Elaborado por:	Mario Clemente Yanquirimachi Rojas		Asesor:	Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra				
DIMENSIONES DE LOS PLANOS								
Nivel	Eje	Tramo	Tipo	Aparejo	L (cm)	h (cm)	Conforme	Observaciones
2	-	-	-	-	-	-	No	Sin medidas
2	-	-	-	-	-	-	No	Sin medidas
2	-	-	-	-	-	-	No	Sin medidas
2	-	-	-	-	-	-	No	Sin medidas
2	-	-	-	-	-	-	No	Sin medidas
2	-	-	-	-	-	-	No	Sin medidas
2	-	-	-	-	-	-	No	Sin medidas
2	-	-	-	-	-	-	No	Sin medidas
2	-	-	-	-	-	-	No	Sin medidas
2	-	-	-	-	-	-	No	Sin medidas
VERIFICACIÓN EN CAMPO								
Nivel	Eje	Tramo	Tipo	Aparejo	L (cm)	h (cm)	Alfizar (cm)	e (cm)
2	Eje C-D	3-5	Interior	Soga	224	240	-	15
2	Eje 5	C-D	Interior	Soga	192	220	-	15
2	Eje D	2-5	Interior	Soga	357	220	-	15
2	Eje 3	D-E	Interior	Soga	205	240	-	15
2	Eje D-E	3-4	Interior	Soga	100	240	-	15
2	Eje 4	D-F	Interior	Soga	423	240	-	15
2	Eje D-E	3-4	Interior	Soga	317	240	-	15
2	Eje 5	D-E	Interior	Soga	52	220	-	15
2	Eje 2	E-F	Exterior	Soga	80	240	80	15
2	Eje F	2-4	Exterior	Soga	259	240	80	15
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA SECCIÓN								
REGISTRO FOTOGRÁFICO								
Revisor por:	Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra		Conformidad:	Conforme				

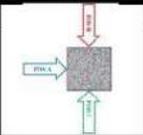
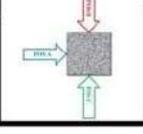
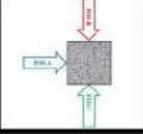
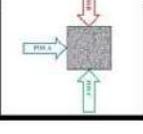


8.1.2. Toma de Datos del Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido en Probetas Cilíndricas de Concreto.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL										
<p>TEMA: Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022</p>														
GUÍA DE OBSERVACIÓN N°04			ENSAYO: Determinación del Índice de Rebote para Concreto Endurecido - Esclerómetro Análogo ASTM C-805											
Lugar:	Urb. Los Jardines San Jerónimo, Cusco		Fecha:	5/04/2022										
Elaborado por:	Mario Clemente Yanquirimachi Rojas		Asesor:	Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra										
RECOPIACIÓN DE DATOS EN CAMPO DE BRIQUETAS														
Descripción de la Muestra N°05														
Elemento Estructural		Losa		Medidas		Datos Adicionales	Edad de Ensayo:	11/01/2022						
Ubicación: Vivienda Multifamiliar	Briqueta:	P-05		Ø (cm):	15.25		Fc (kgf/cm ²):	210						
				Altura (cm):	30.2		Cemento:	IP Yura						
Posición		Lecturas												
A		Índice de Rebote	D01:	29	D02:	31	D03:	32	D04:	32	D05:	31	D06:	33
			D07:	31	D08:	32	D09:	32	D10:	28	D11:	31	D12:	31
			D13:	29	D14:	31	D15:	32	D16:	28	D17:	-	D18:	-
			D19:	-	D20:	-	D21:	-	D22:	-	D23:	-	D24:	-
Descripción de la Muestra N°06														
Elemento Estructural		Losa		Medidas		Datos Adicionales	Edad de Ensayo:	11/01/2022						
Ubicación: Vivienda Multifamiliar	Briqueta:	P-06		Ø (cm):	15.4		Fc (kgf/cm ²):	210						
				Altura (cm):	30.3		Cemento:	IP Yura						
Posición		Lecturas												
A		Índice de Rebote	D01:	36	D02:	35	D03:	34	D04:	34	D05:	35	D06:	34
			D07:	35	D08:	35	D09:	38	D10:	36	D11:	33	D12:	33
			D13:	37	D14:	35	D15:	34	D16:	32	D17:	-	D18:	-
			D19:	-	D20:	-	D21:	-	D22:	-	D23:	-	D24:	-
Descripción de la Muestra N°07														
Elemento Estructural		Viga		Medidas		Datos Adicionales	Edad de Ensayo:	11/01/2022						
Ubicación: Vivienda Multifamiliar	Briqueta:	P-07		Ø (cm):	15.32		Fc (kgf/cm ²):	210						
				Altura (cm):	30.4		Cemento:	IP Yura						
Posición		Lecturas												
A		Índice de Rebote	D01:	30	D02:	31	D03:	31	D04:	32	D05:	32	D06:	29
			D07:	33	D08:	30	D09:	32	D10:	29	D11:	31	D12:	29
			D13:	31	D14:	28	D15:	29	D16:	29	D17:	-	D18:	-
			D19:	-	D20:	-	D21:	-	D22:	-	D23:	-	D24:	-
Descripción de la Muestra N°08														
Elemento Estructural		Viga		Medidas		Datos Adicionales	Edad de Ensayo:	11/01/2022						
Ubicación: Vivienda Multifamiliar	Briqueta:	P-08		Ø (cm):	15.3		Fc (kgf/cm ²):	210						
				Altura (cm):	30.1		Cemento:	IP Yura						
Posición		Lecturas												
A		Índice de Rebote	D01:	31	D02:	31	D03:	34	D04:	36	D05:	35	D06:	35
			D07:	33	D08:	33	D09:	33	D10:	31	D11:	32	D12:	32
			D13:	35	D14:	34	D15:	32	D16:	31	D17:	-	D18:	-
			D19:	-	D20:	-	D21:	-	D22:	-	D23:	-	D24:	-
Revisor por:	Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra		Conformidad:	Conforme										

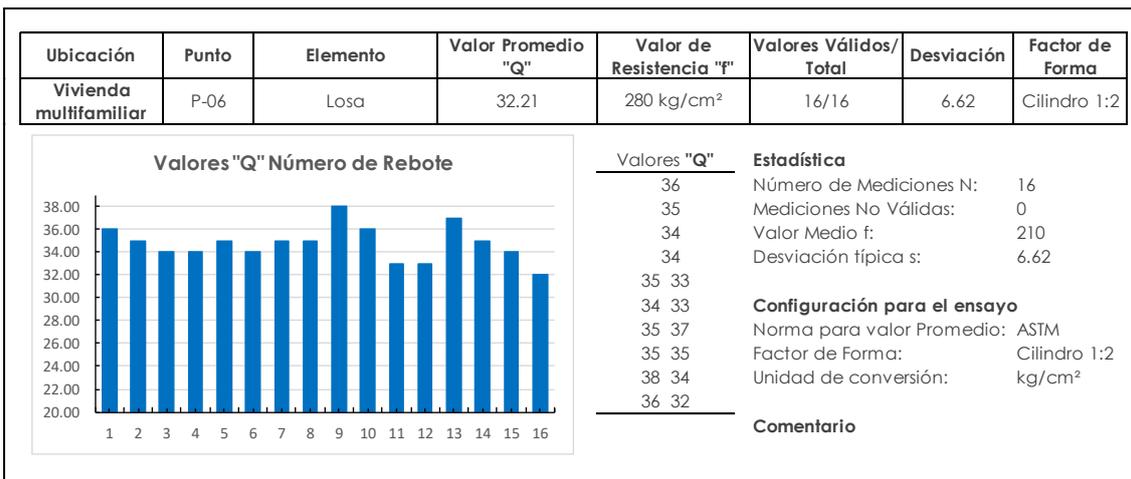
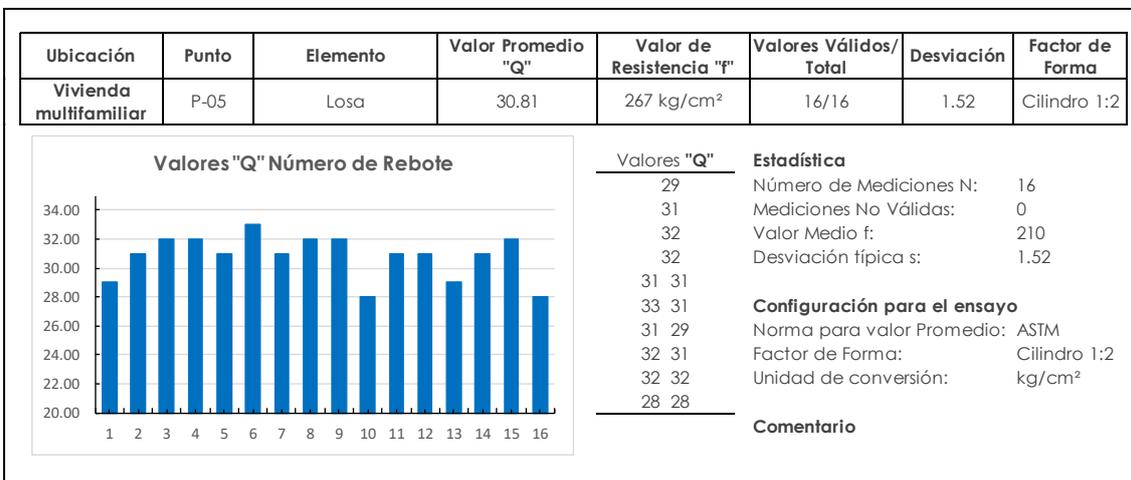
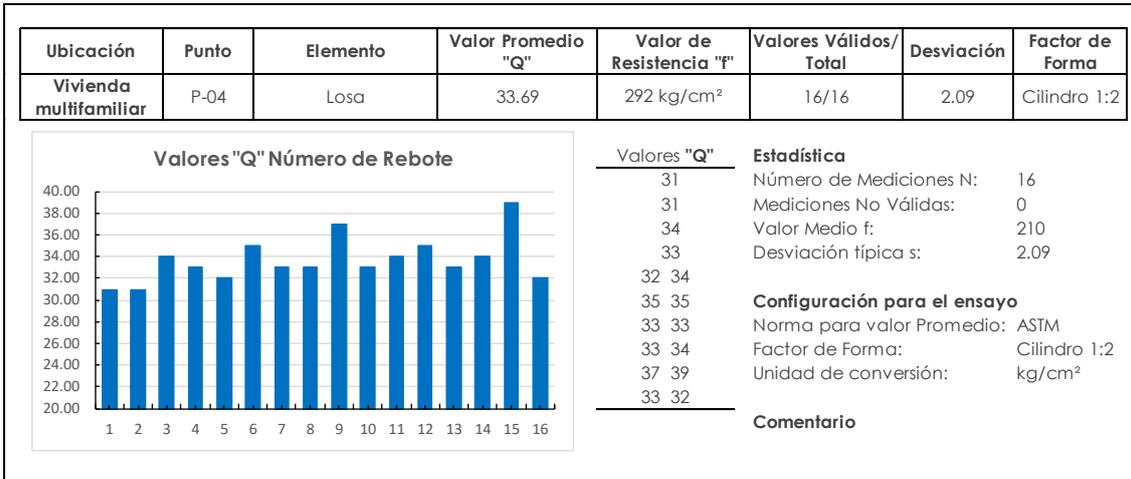


8.1.3. Toma de Datos del Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido en Elementos Estructurales de la Edificación.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL						
<p>TEMA: Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022</p>										
<p>GUÍA DE OBSERVACIÓN N°04</p>			<p>ENSAYO: Determinación del Índice de Rebote para Concreto Endurecido - Esclerómetro Análogo ASTM C-805</p>							
Lugar:	Urb. Los Jardines San Jerónimo, Cusco		Fecha:	8/04/2022						
Elaborado por:	Mario Clemente Yanquirimachi Rojas		Asesor:	Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra						
RECOPIACIÓN DE DATOS EN CAMPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES										
Descripción de la Muestra N°05										
Elemento Estructural		Viga	Medidas		Punto:	P-05				
Ubicación	Nivel:	3	Tipo:	VS-02	Datos Adicionales	f'c (kgf/cm ²):	210			
	Eje:	6	Base (cm):	25		Cemento:	IP Yura			
	Tramo:	D-E	Peralte (cm):	40		Otros:	-			
Posición			Lecturas							
A	Índice de Rebote		D01:	28	D02:	32	D03:	29		
			D04:	28	D05:	28	D06:	32		
			D07:	28	D08:	27	D09:	29	D10:	28
			D11:	27	D12:	33	D13:	26	D14:	28
D15:	27	D16:	30	D17:	27	D18:	31			
D19:	28	D20:	26	D21:	-	D22:	-			
D23:	-	D24:	-							
Descripción de la Muestra N°06										
Elemento Estructural		Columna	Medidas		Punto:	P-06				
Ubicación	Nivel:	3	Tipo:	C-01	Datos Adicionales	f'c (kgf/cm ²):	210			
	Eje:	D	Base (cm):	25		Cemento:	IP Yura			
	Tramo:	-	Peralte (cm):	80		Otros:	-			
Posición			Lecturas							
A	Índice de Rebote		D01:	28	D02:	28	D03:	27		
			D04:	27	D05:	31	D06:	32		
			D07:	27	D08:	27	D09:	34	D10:	28
			D11:	31	D12:	28	D13:	30	D14:	29
D15:	29	D16:	28	D17:	31	D18:	32			
D19:	30	D20:	30	D21:	-	D22:	-			
D23:	-	D24:	-							
Descripción de la Muestra N°07										
Elemento Estructural		Viga	Medidas		Punto:	P-07				
Ubicación	Nivel:	3	Tipo:	VS-02	Datos Adicionales	f'c (kgf/cm ²):	210			
	Eje:	6	Base (cm):	25		Cemento:	IP Yura			
	Tramo:	C-D	Peralte (cm):	40		Otros:	-			
Posición			Lecturas							
A	Índice de Rebote		D01:	28	D02:	30	D03:	34		
			D04:	30	D05:	28	D06:	34		
			D07:	29	D08:	31	D09:	31	D10:	32
			D11:	36	D12:	32	D13:	34	D14:	32
D15:	32	D16:	32	D17:	30	D18:	31			
D19:	29	D20:	30	D21:	-	D22:	-			
D23:	-	D24:	-							
Descripción de la Muestra N°08										
Elemento Estructural		Columna	Medidas		Punto:	P-08				
Ubicación	Nivel:	4	Tipo:	C-01	Datos Adicionales	f'c (kgf/cm ²):	210			
	Eje:	D	Base (cm):	25		Cemento:	IP Yura			
	Tramo:	-	Peralte (cm):	80		Otros:	-			
Posición			Lecturas							
A	Índice de Rebote		D01:	32	D02:	27	D03:	30		
			D04:	32	D05:	33	D06:	36		
			D07:	32	D08:	31	D09:	30	D10:	33
			D11:	33	D12:	34	D13:	31	D14:	32
D15:	34	D16:	32	D17:	28	D18:	29			
D19:	34	D20:	33	D21:	-	D22:	-			
D23:	-	D24:	-							
Revisor por:	Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra		Conformidad:	Conforme						

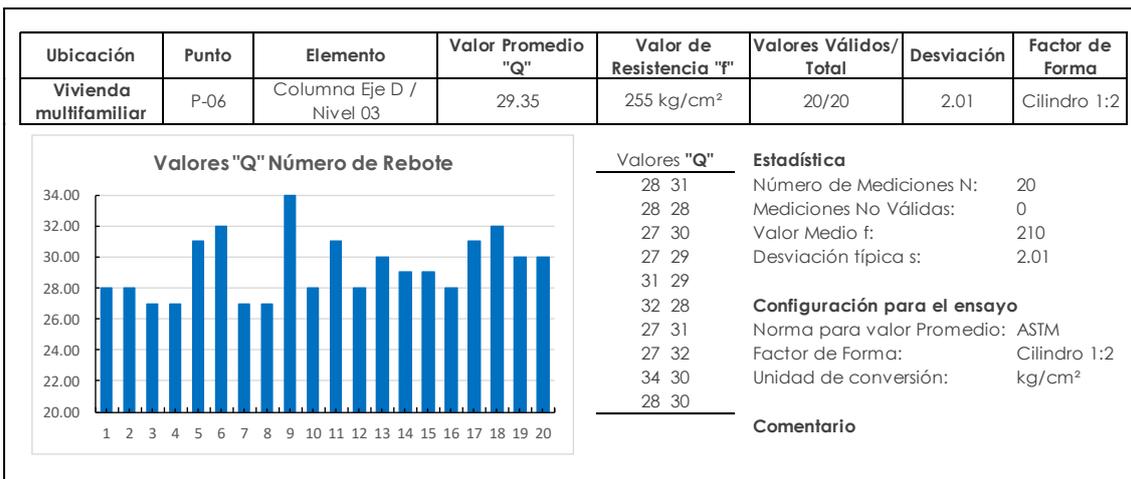
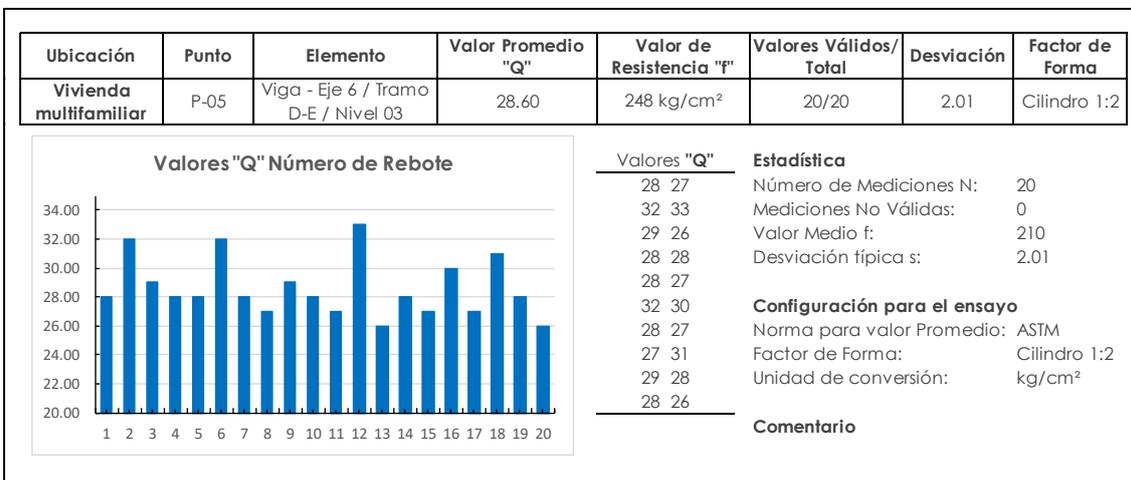
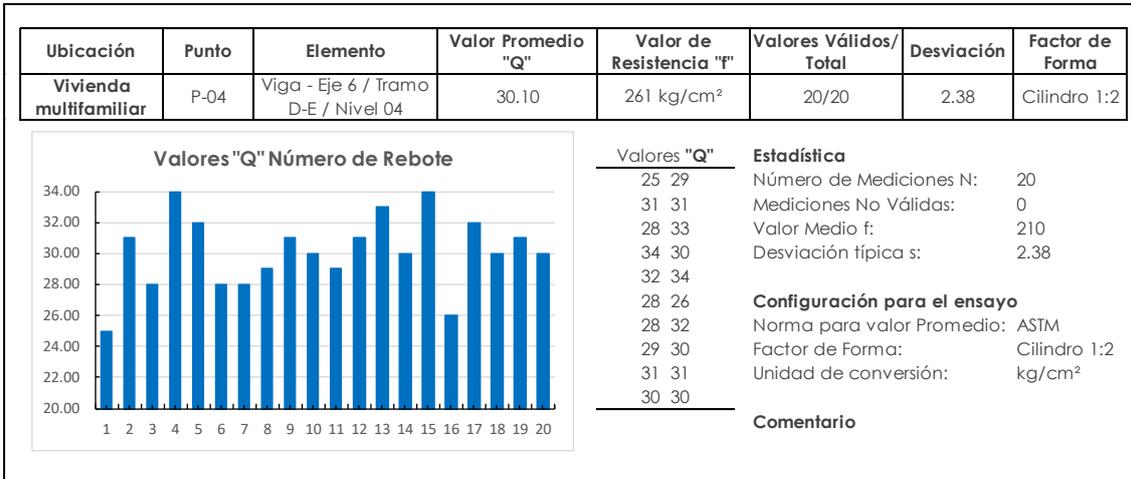


8.1.4. Cálculo del Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido en Probetas Cilíndricas.





8.1.5. Cálculo del Método de Prueba Estándar para Determinación del Índice de Rebote del Concreto Endurecido en Elementos Estructurales.





8.1.6. Cálculo del Ensayo de Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL											
TEMA: Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022															
FORMATO DE CÁLCULO N°02			ENSAYO: Resistencia a la Compresión de Especímenes Cilíndricos de Concreto - Basado en la Norma ASTM C-39 y AASHTO T-22												
Lugar:	Urb. Los Jardines San Jerónimo, Cusco		Fecha:	27/04/2022											
Elaborado por:	Mario Clemente Yanquirimachi Rojas		Asesor:	Dr. Ing. Eliot Pezo Zegarra											
			<table border="1"> <tr><td>Fc de Diseño:</td><td>210 kg/cm²</td></tr> <tr><td>Díametro Promedio:</td><td>15.26 cm</td></tr> <tr><td>Altura Promedio:</td><td>30.30 cm</td></tr> <tr><td>Área Promedio:</td><td>182.83 cm²</td></tr> <tr><td>Tipo de Cemento:</td><td>Tipo IP</td></tr> </table>			Fc de Diseño:	210 kg/cm ²	Díametro Promedio:	15.26 cm	Altura Promedio:	30.30 cm	Área Promedio:	182.83 cm ²	Tipo de Cemento:	Tipo IP
Fc de Diseño:	210 kg/cm ²														
Díametro Promedio:	15.26 cm														
Altura Promedio:	30.30 cm														
Área Promedio:	182.83 cm ²														
Tipo de Cemento:	Tipo IP														
N°	Elemento	Ubicación	Fecha		Edad (días)	Lectura (kg)	Resistencia (kg/cm ²)		% de Fc		Cumple con la Resistencia	Tipo de Falla			
			Moldeo	Rotura			Obltenida	Según Fc	Obltenida	Según Fc					
9	Viga	---	11/01/2022	27/04/2022	106	51570.00	287.97	210.00	137.13%	100.00%	Si Cumple	F - V			
10	Escalera	---	11/01/2022	27/04/2022	106	51750.00	285.19	210.00	135.80%	100.00%	Si Cumple	F - V			
11	Escalera	---	11/01/2022	27/04/2022	106	40900.00	221.01	210.00	105.24%	100.00%	Si Cumple	F - I			
12	Escalera	---	11/01/2022	27/04/2022	106	54170.00	294.64	210.00	140.30%	100.00%	Si Cumple	F - V			
13	Columna	---	15/02/2022	27/04/2022	71	44200.00	241.99	210.00	115.23%	100.00%	Si Cumple	F - III			
14	Columna	---	15/02/2022	27/04/2022	71	56730.00	304.57	210.00	145.03%	100.00%	Si Cumple	F - IV			
15	Columna	---	15/02/2022	27/04/2022	71	55400.00	305.30	210.00	145.38%	100.00%	Si Cumple	F - III			

Resistencia Alcanzada:

Si Cumple	La resistencia de la briqueta es igual o Superior a la resistencia de Diseño
En el Rango	La resistencia de la briqueta es igual o Superior al 85% de la resistencia de Diseño
No Cumple	La resistencia de la briqueta es inferior al 85% de la resistencia de Diseño

Tipo de Falla:

Observaciones:

Las muestras se conservaron y se ensayaron con la humedad que fueron entregadas en el laboratorio (Apariencia seca).
La relación Altura/Diámetro promedio es de **1.99** con una desviación estándar de **0.012**

Gráficas:

Número de Briqueta	Resistencia Obtenida (kg/cm²)	Resistencia de Diseño (kg/cm²)
9	287.97	210.00
10	285.19	210.00
11	221.01	210.00
12	294.64	210.00
13	241.99	210.00
14	304.57	210.00
15	305.30	210.00

Número de Briqueta	% de Fc Obtenida	% de Fc de Diseño
9	137.13%	100.00%
10	135.80%	100.00%
11	105.24%	100.00%
12	140.30%	100.00%
13	115.23%	100.00%
14	145.03%	100.00%
15	145.38%	100.00%



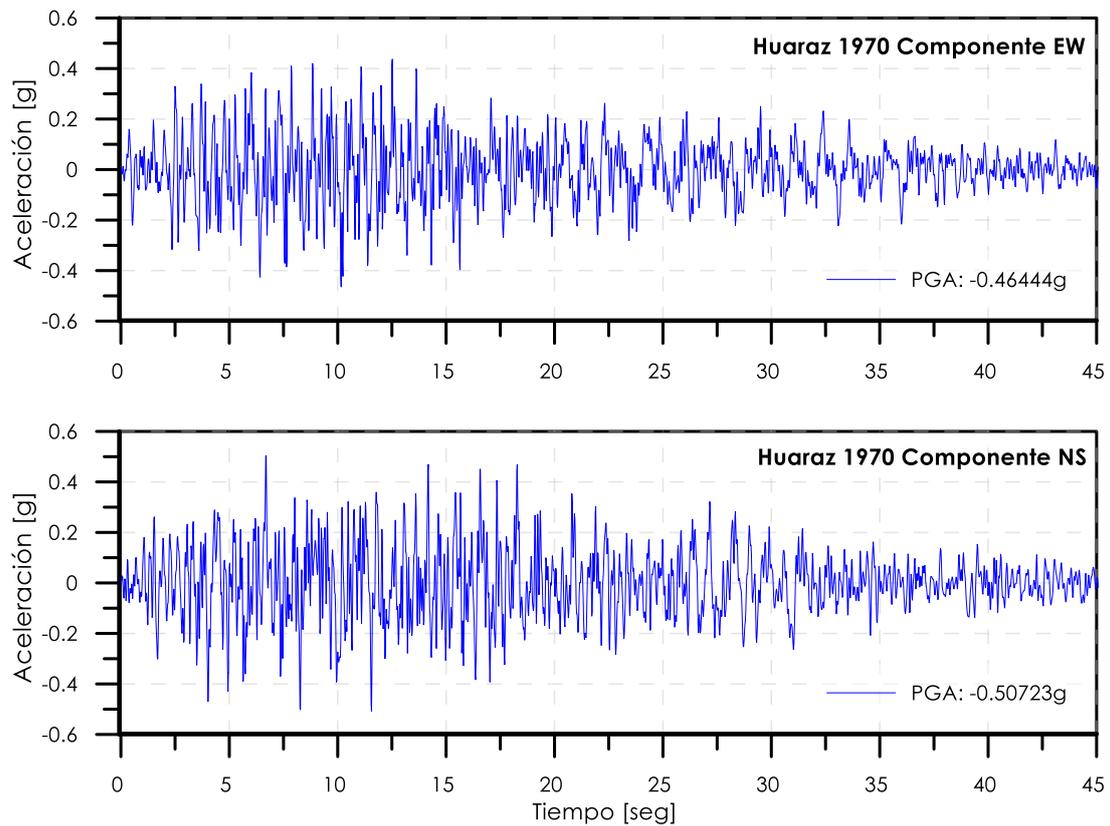
8.1.7. Acelerogramas Escalados con Spectrum Matching en SeismoMatch.

8.1.7.1. Acelerogramas del Norte Peruano.

8.1.7.1.1. Acelerograma Huaraz - Áncash 1970.

Anexo 1

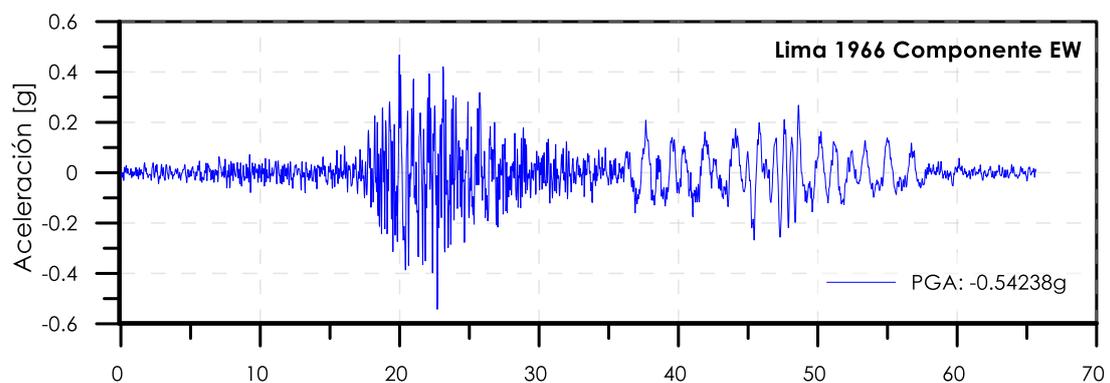
Acelerograma Escalado de Huaraz 1970 Componente EW y Componente NS

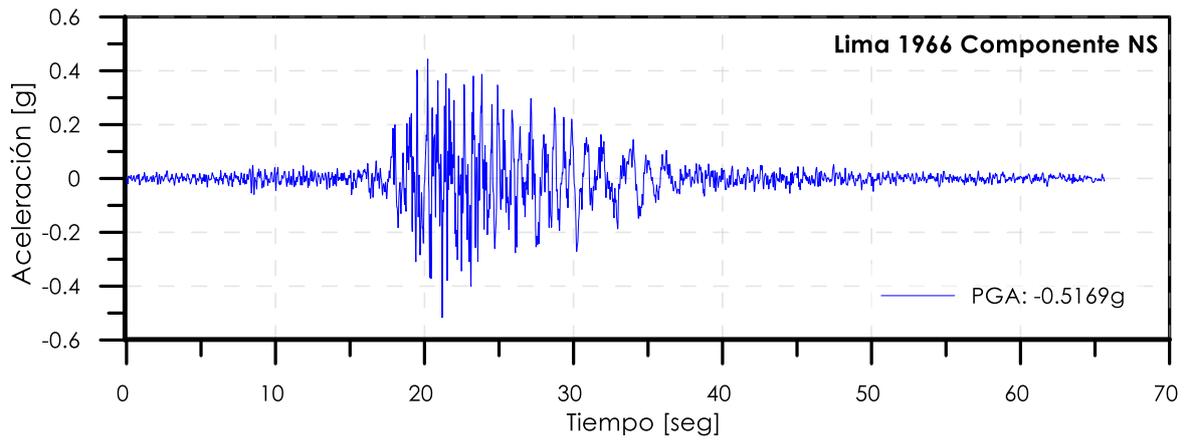


8.1.7.1.2. Acelerograma Lima - Lima 1966.

Anexo 2

Acelerograma Escalado de Lima 1966 Componente EW y Componente NS

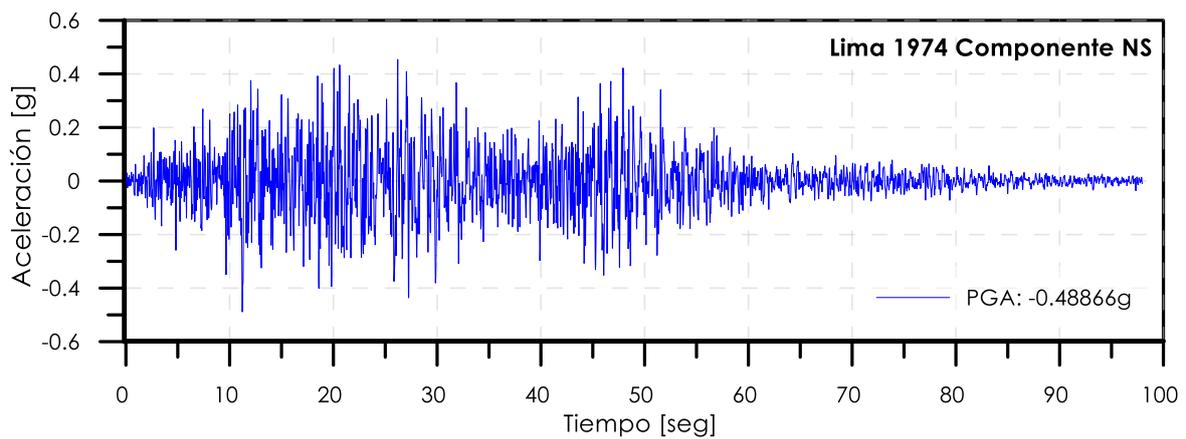
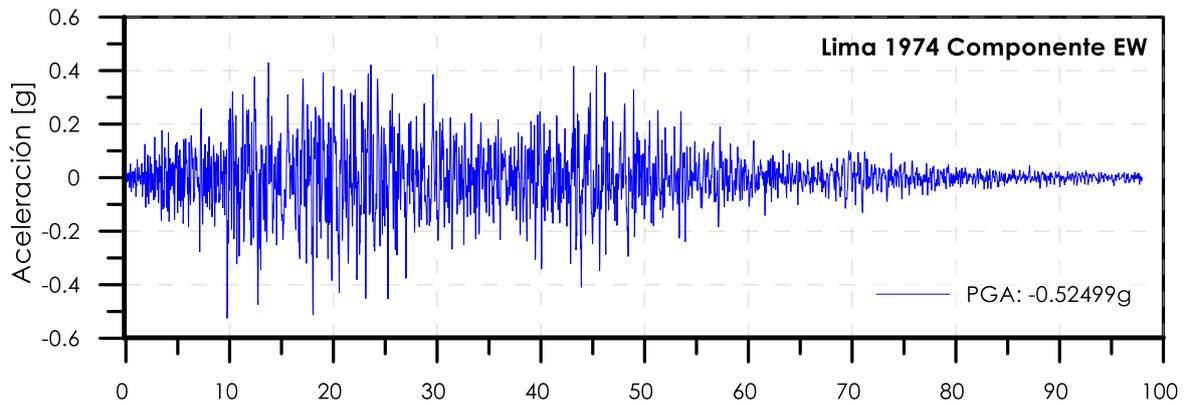




8.1.7.1.3. *Acelerograma Lima - Lima 1974.*

Anexo 3

Acelerograma Escalado de Lima 1974 Componente EW y Componente NS

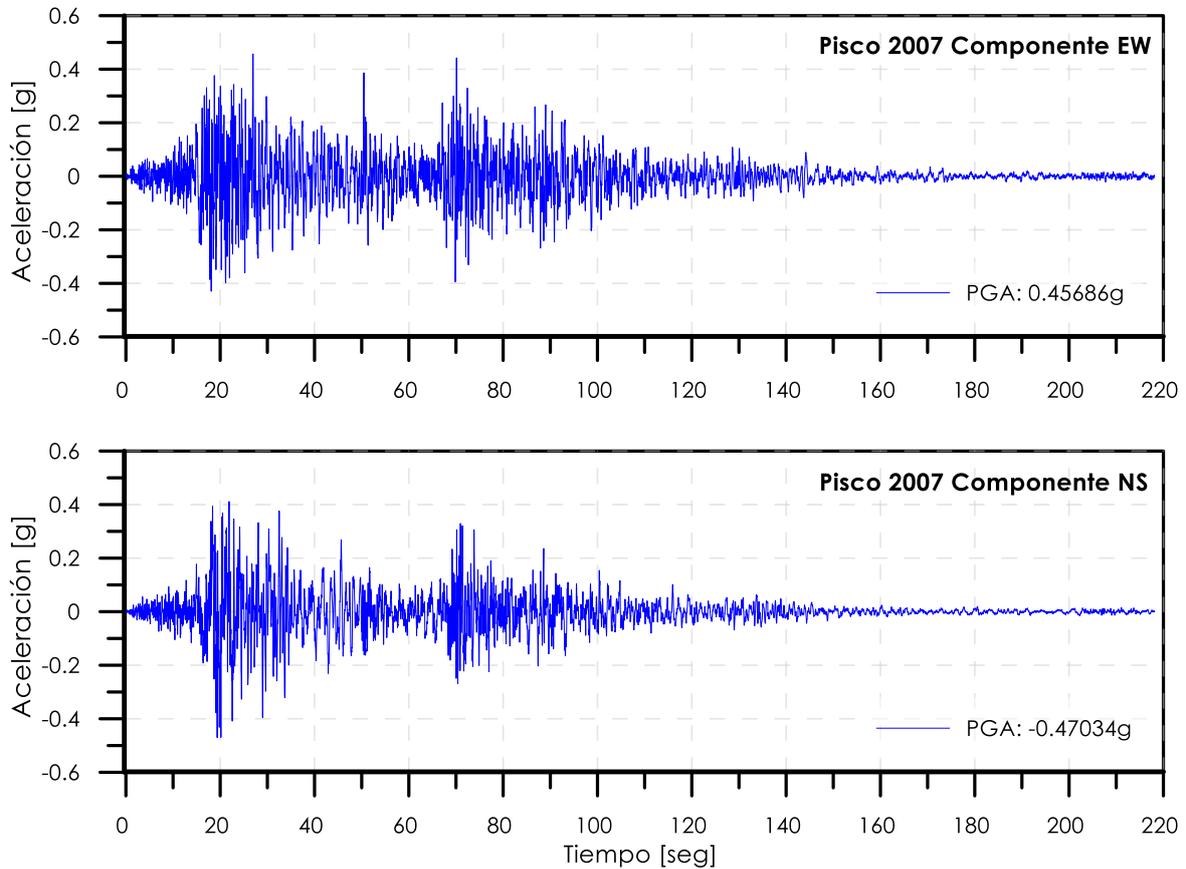




8.1.7.1.4. *Acelerograma Pisco - Ica 2007.*

Anexo 4

Acelerograma Escalado de Pisco 2007 Componente EW y Componente NS

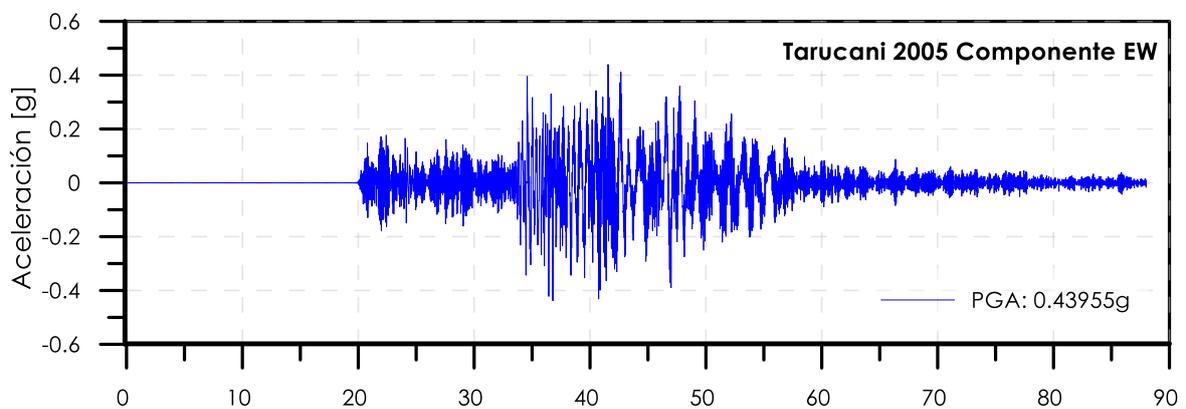


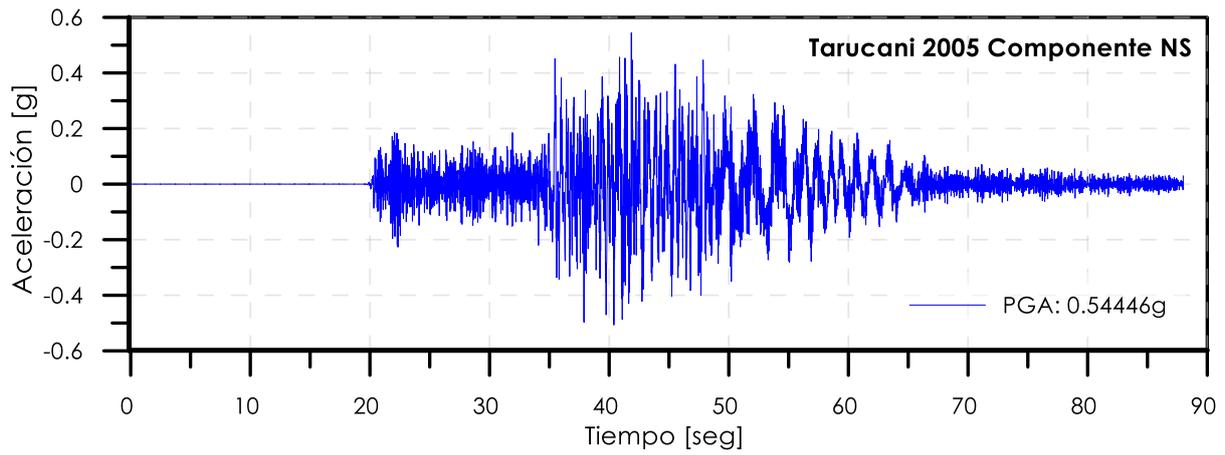
8.1.7.2. *Acelerogramas del Sur Peruano.*

8.1.7.2.1. *Acelerograma Tarucani - Arequipa 2005.*

Anexo 5

Acelerograma Escalado de Tarucani 2005 Componente EW y Componente NS

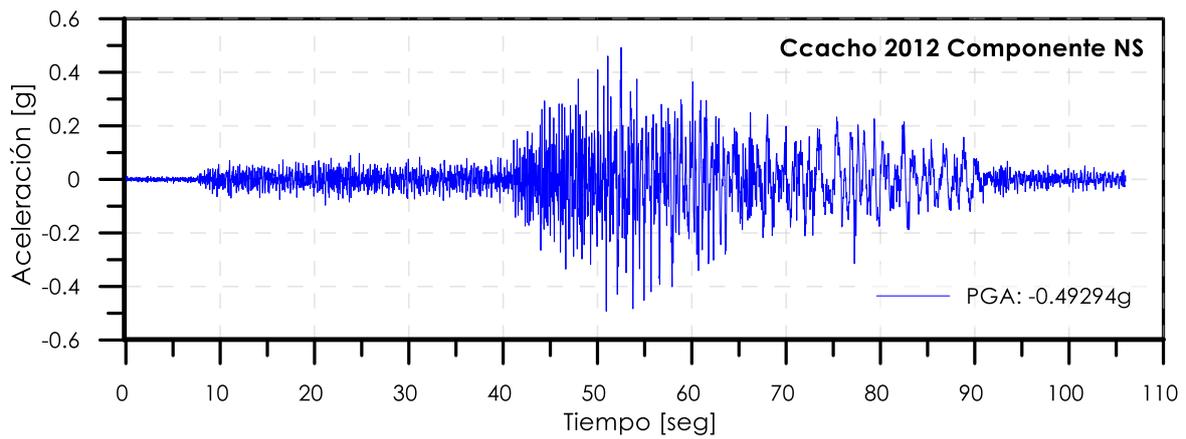
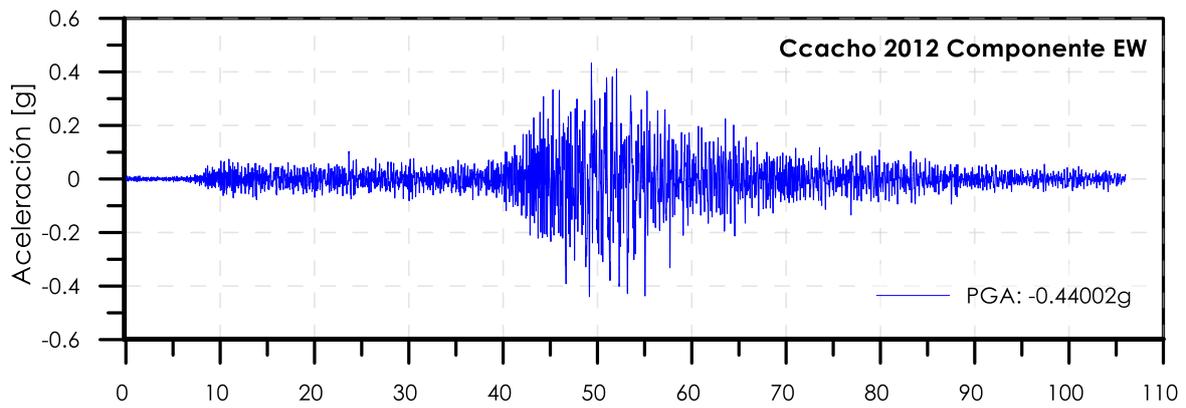




8.1.7.2.2. *Acelerograma Ccacho - Cusco 2012.*

Anexo 6

Acelerograma Escalado de Ccacho 2012 Componente EW y Componente NS

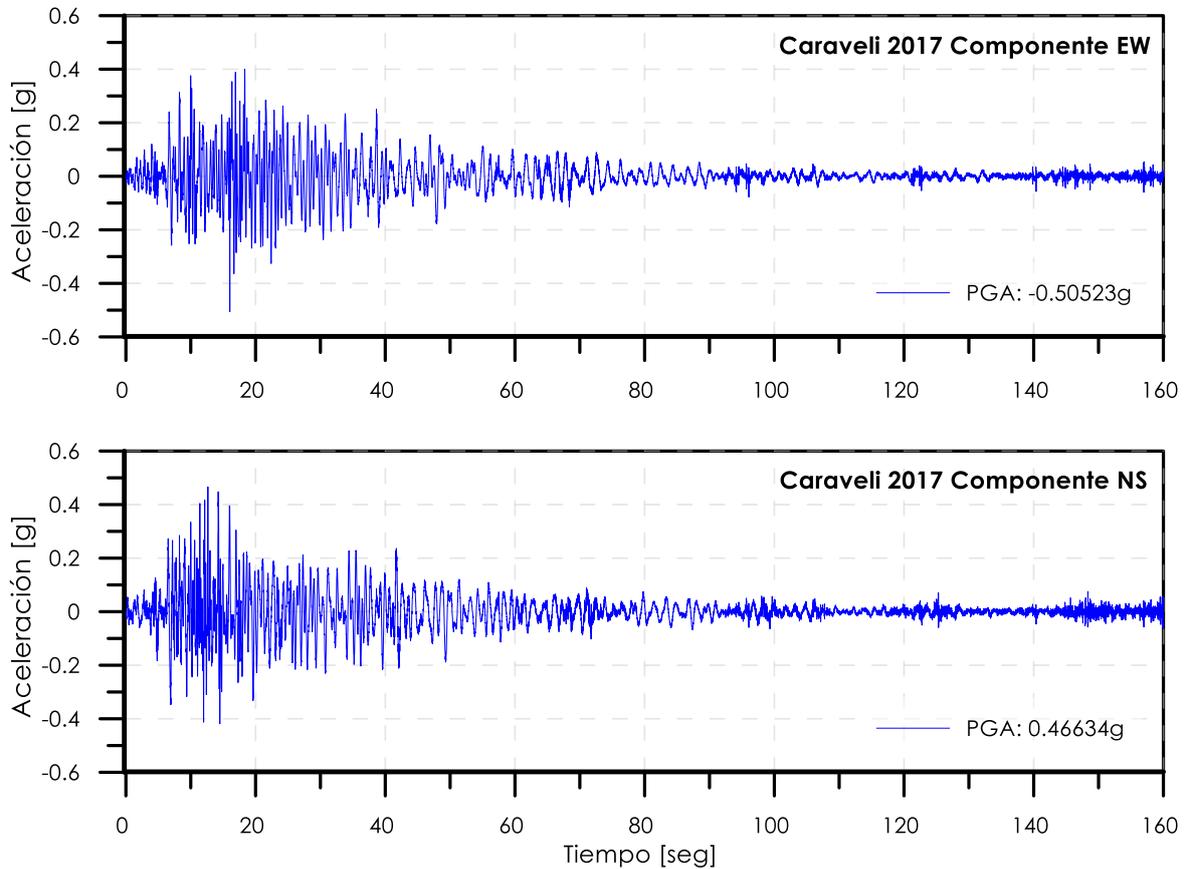




8.1.7.2.3. *Acelerograma Caraveli - Arequipa 2017.*

Anexo 7

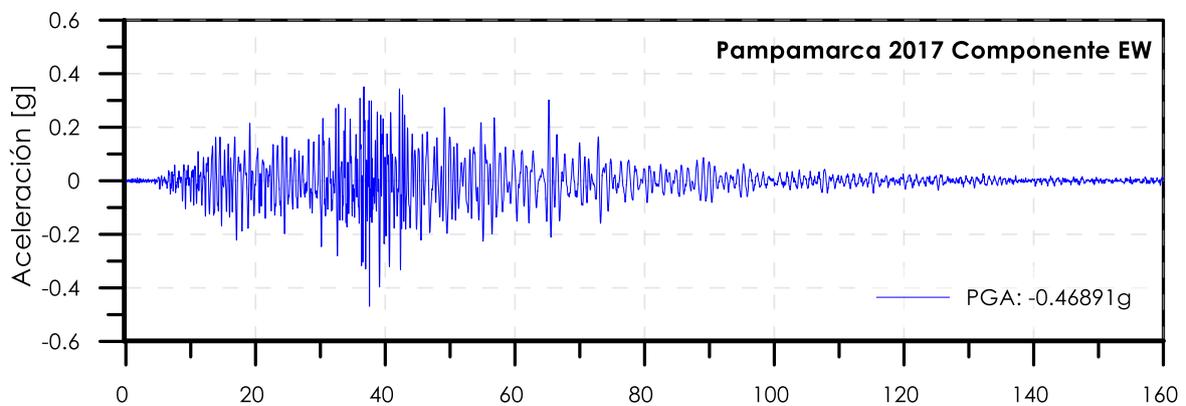
Acelerograma Escalado de Caraveli 2017 Componente EW y Componente NS

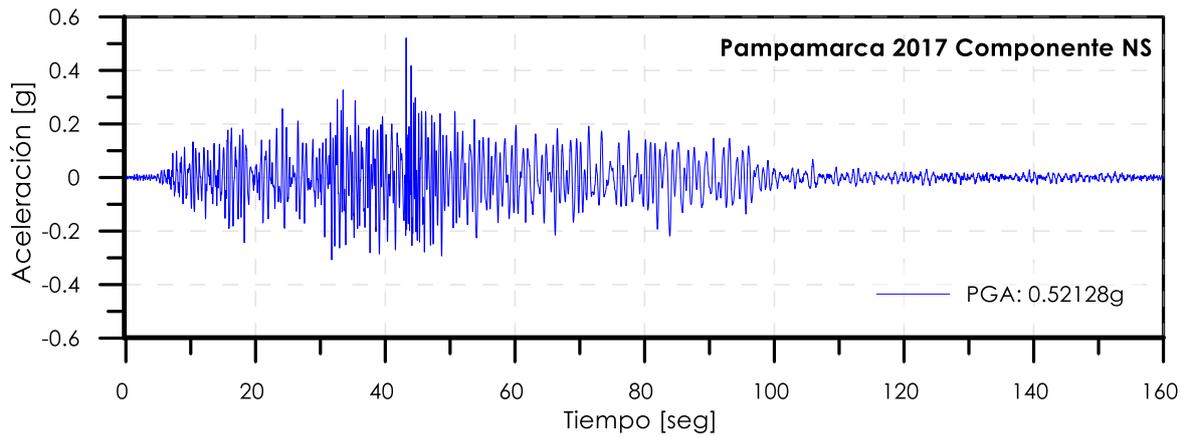


8.1.7.2.4. *Acelerograma Pampamarca - Abancay 2017.*

Anexo 8

Acelerograma Escalado de Pampamarca 2017 Componente EW y Componente NS

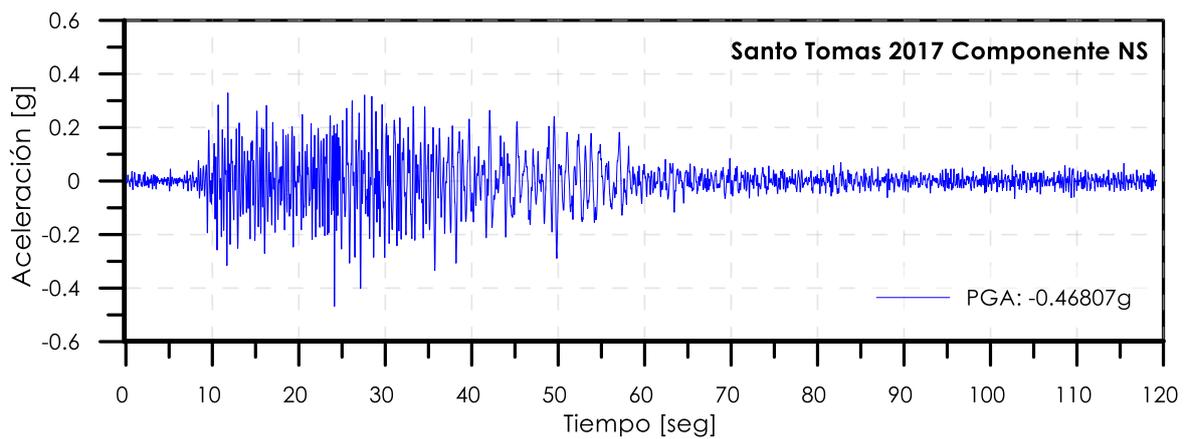
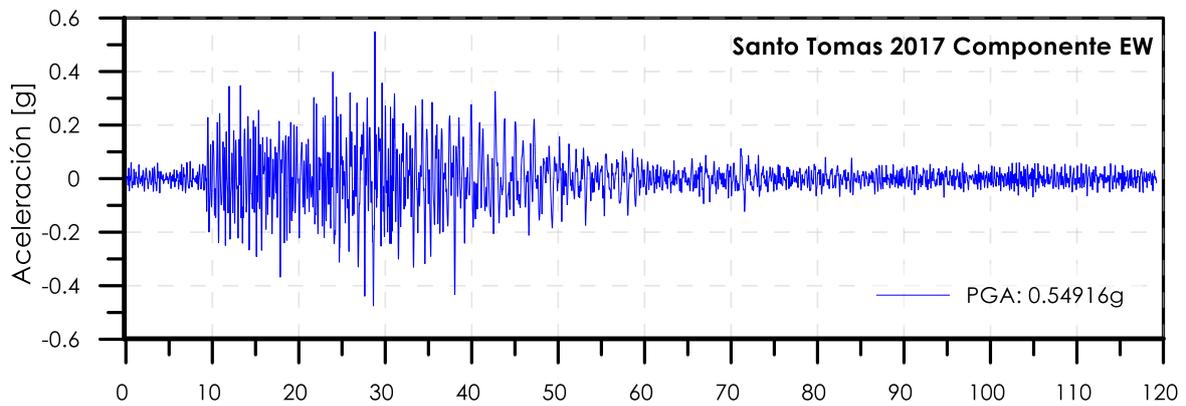




8.1.7.2.5. *Acelerograma Santo Tomas - Cusco 2017.*

Anexo 9

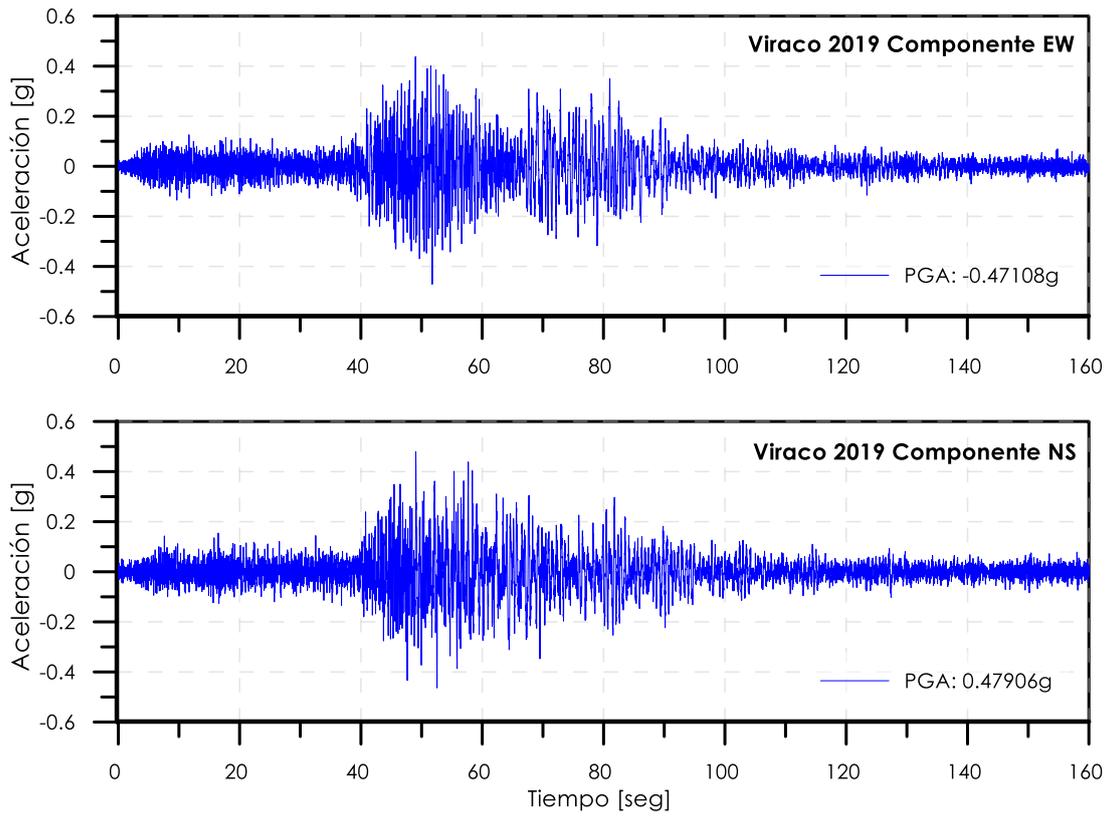
Acelerograma Escalado de Santo Tomas 2017 Componente EW y Componente NS



8.1.7.2.6. *Acelerograma Viraco - Arequipa 2019.*

Anexo 10

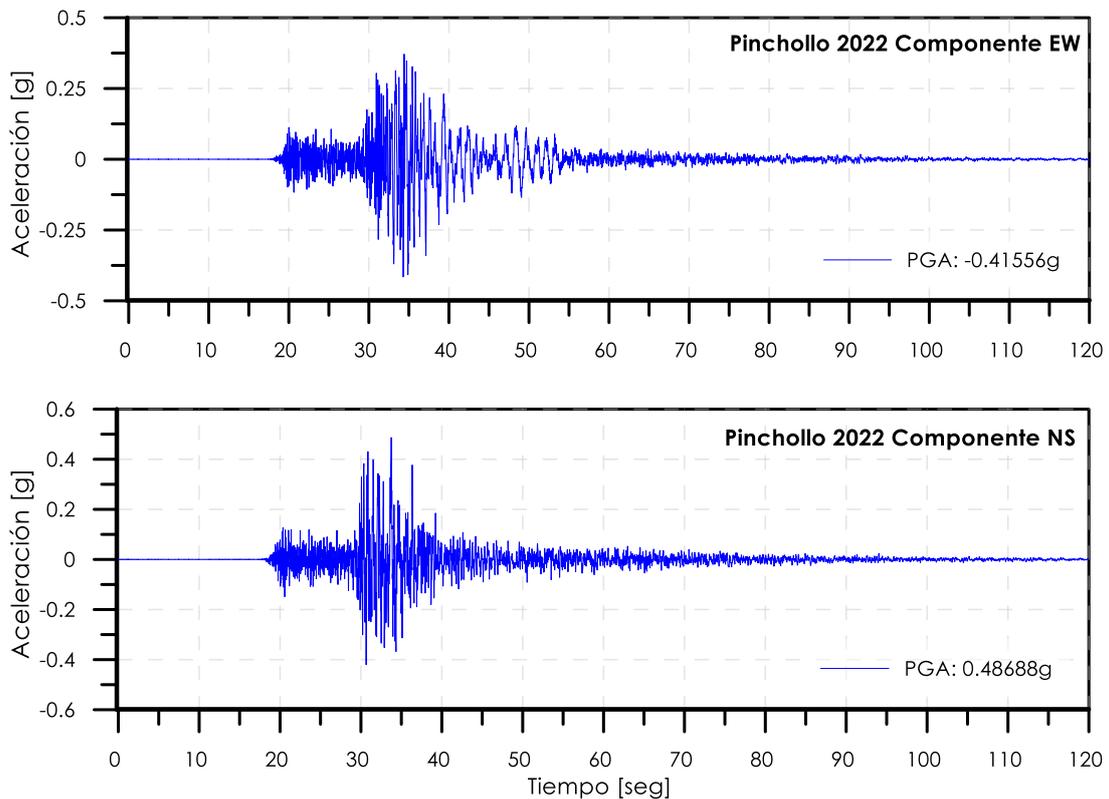
Acelerograma Escalado de Viraco-Arequipa 2019 Componente EW y Componente NS



8.1.7.2.7. *Acelerograma Pinchollo - Arequipa 2022.*

Anexo 11

Acelerograma Escalado de Pinchollo 2022 Componente EW y Componente NS





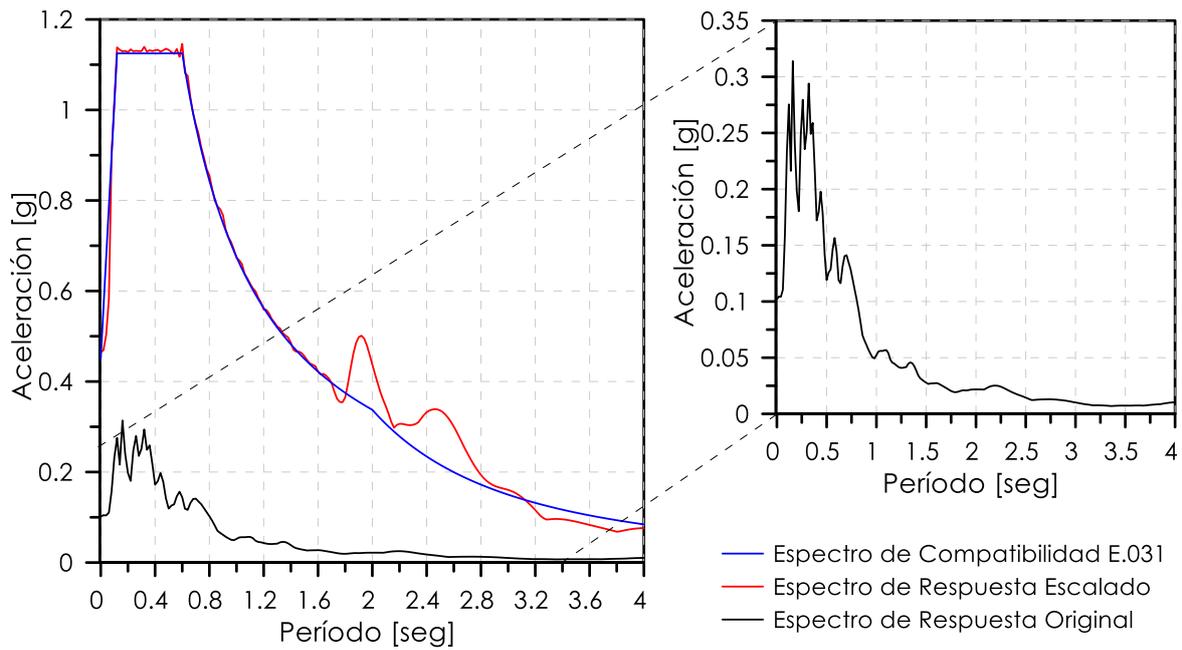
8.1.8. Espectros de Compatibilidad E.031, Espectros Originales y Espectros Escalados de Registros Sísmicos Tratados con SeismoMatch.

8.1.8.1. Espectros del Norte Peruano.

8.1.8.1.1. Espectro Huaraz - Áncash 1970.

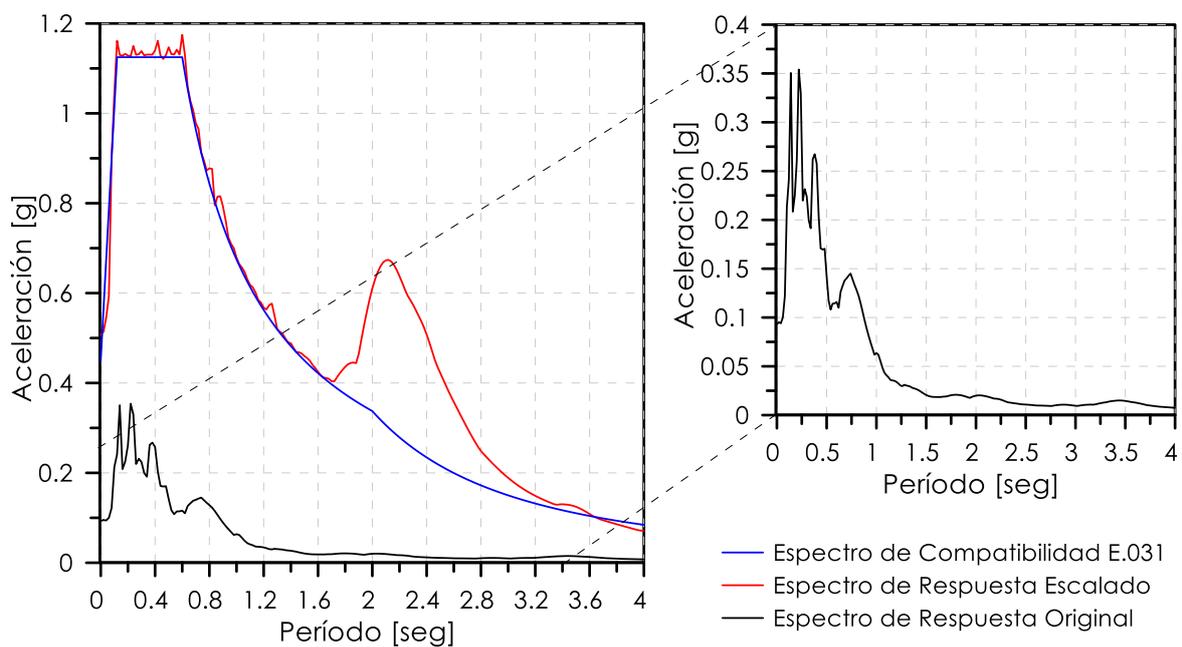
Anexo 12

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Huaraz 1970 EW



Anexo 13

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Huaraz 1970 NS

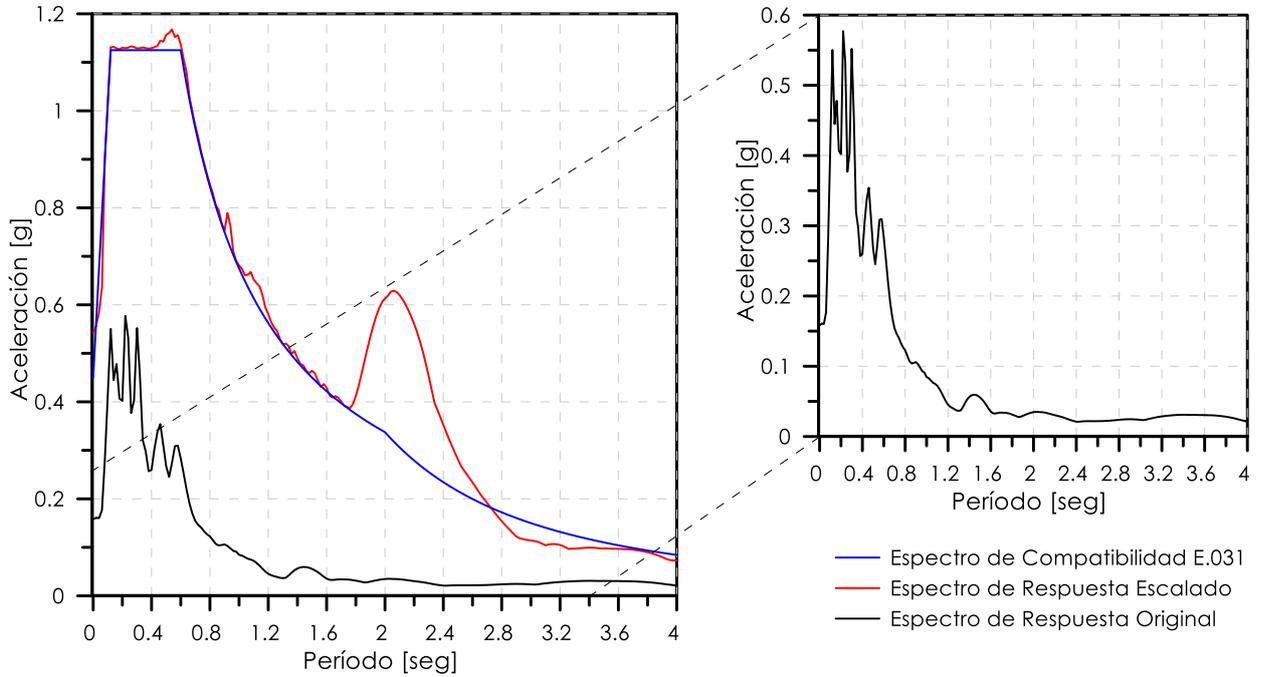




8.1.8.1.2. Espectro Lima - Lima 1966.

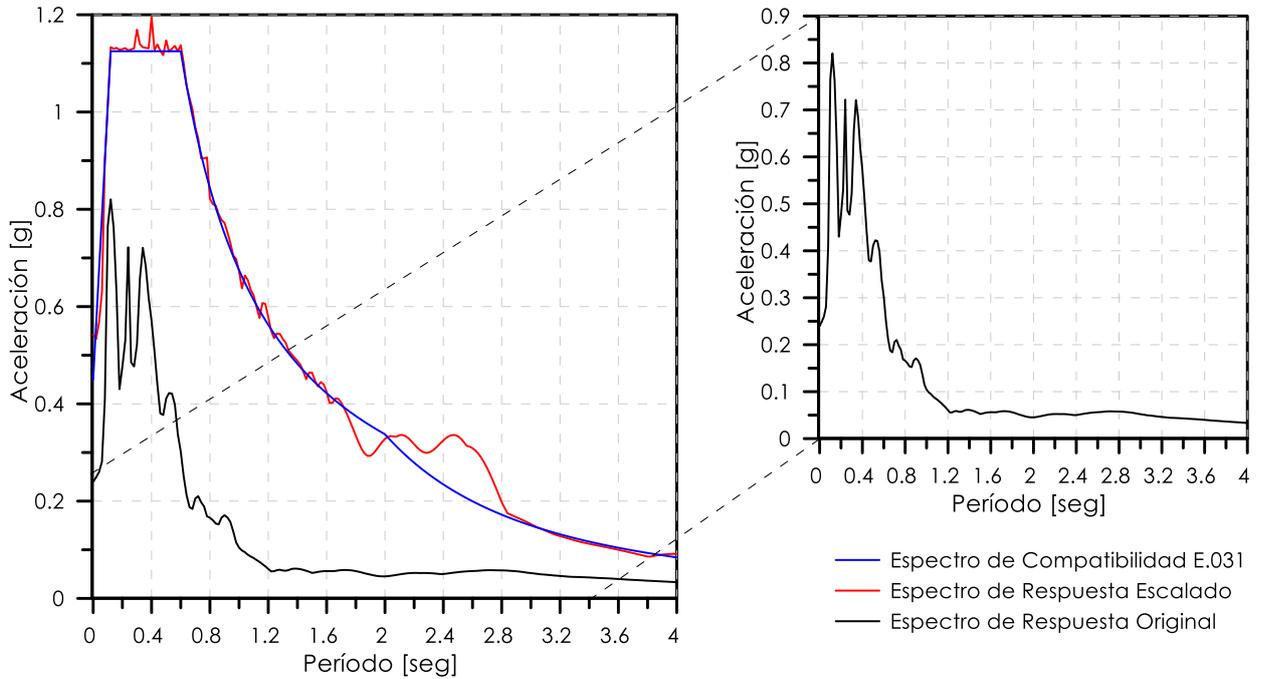
Anexo 14

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Lima 1966 EW



Anexo 15

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Lima 1966 NS

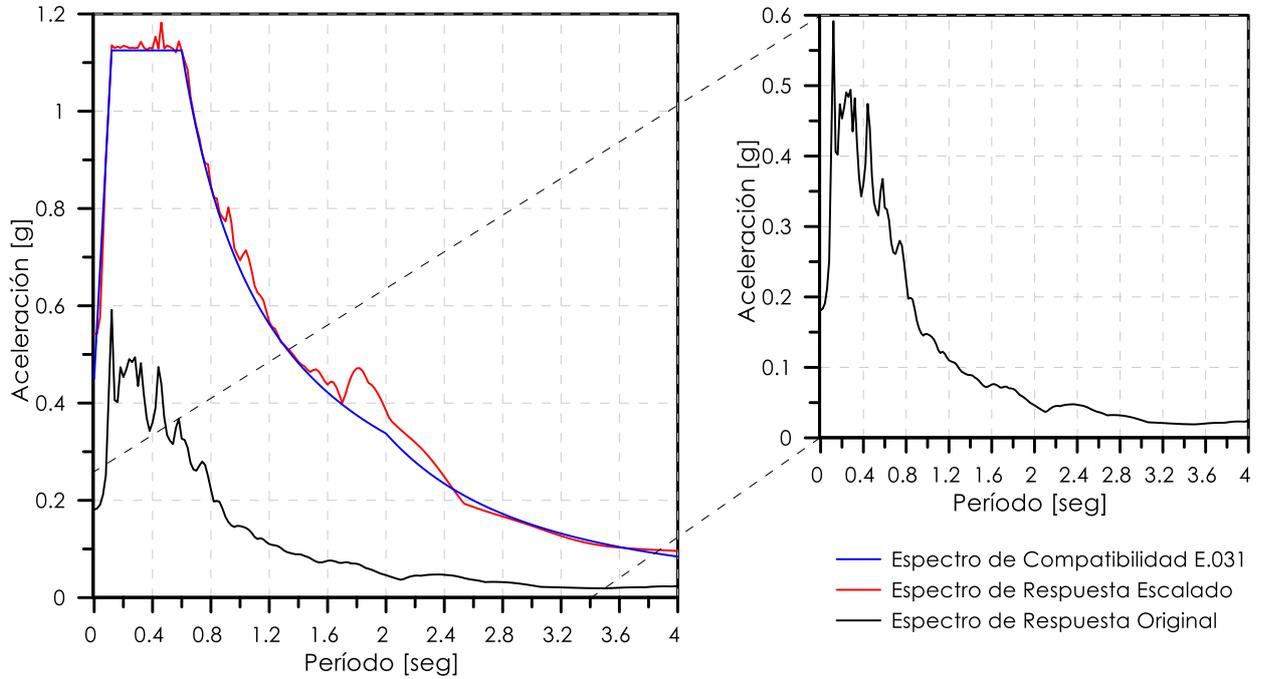




8.1.8.1.3. Espectro Lima - Lima 1974.

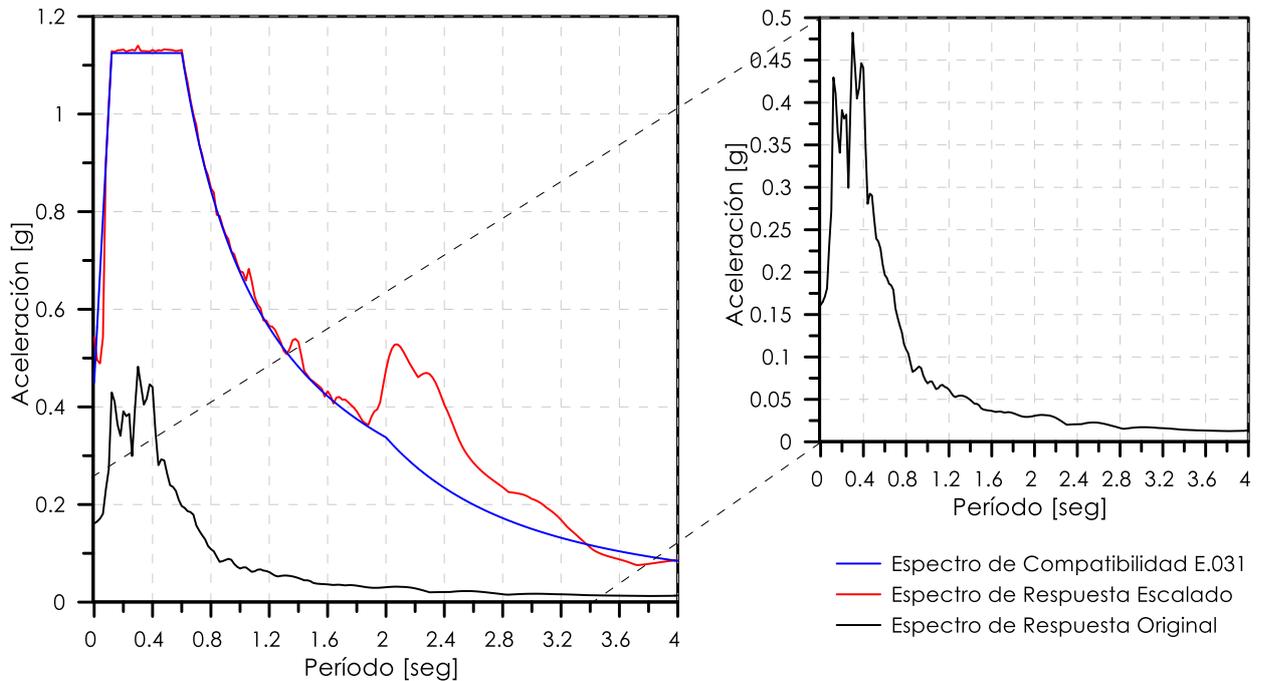
Anexo 16

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Lima 1974 EW



Anexo 17

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Lima 1974 NS

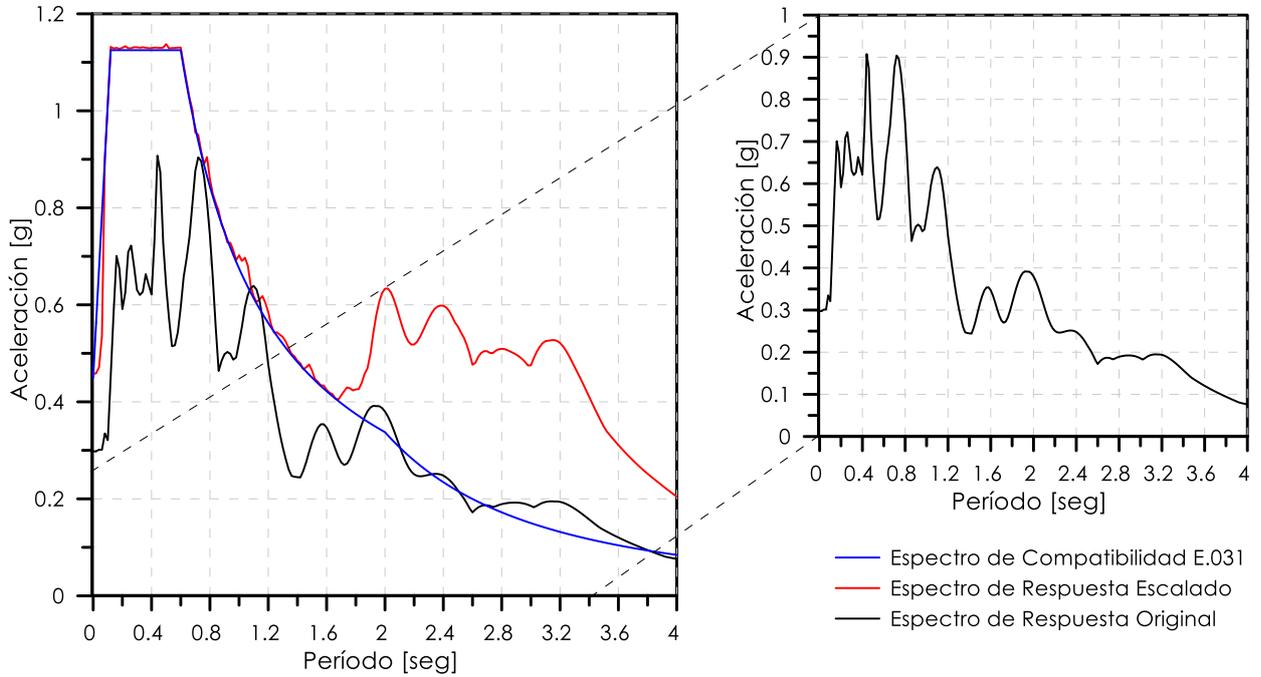




8.1.8.1.4. Espectro Pisco - Ica 2007.

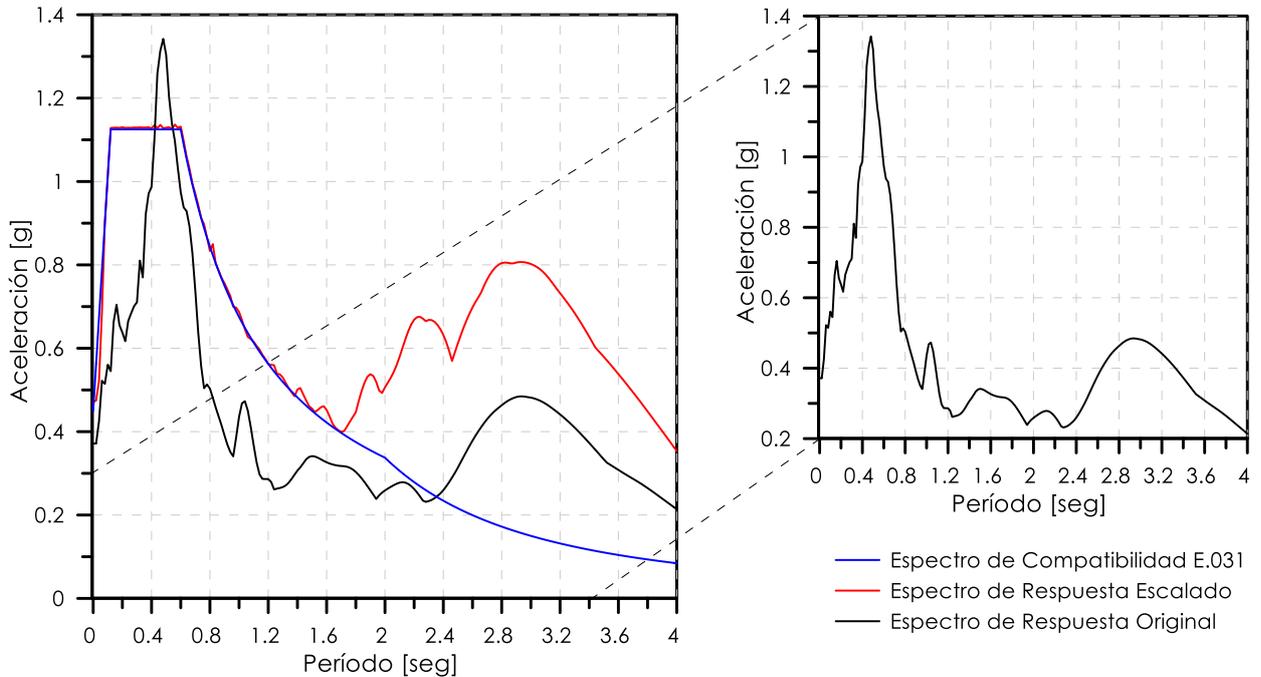
Anexo 18

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Pisco 2007 EW



Anexo 19

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Pisco 2007 NS



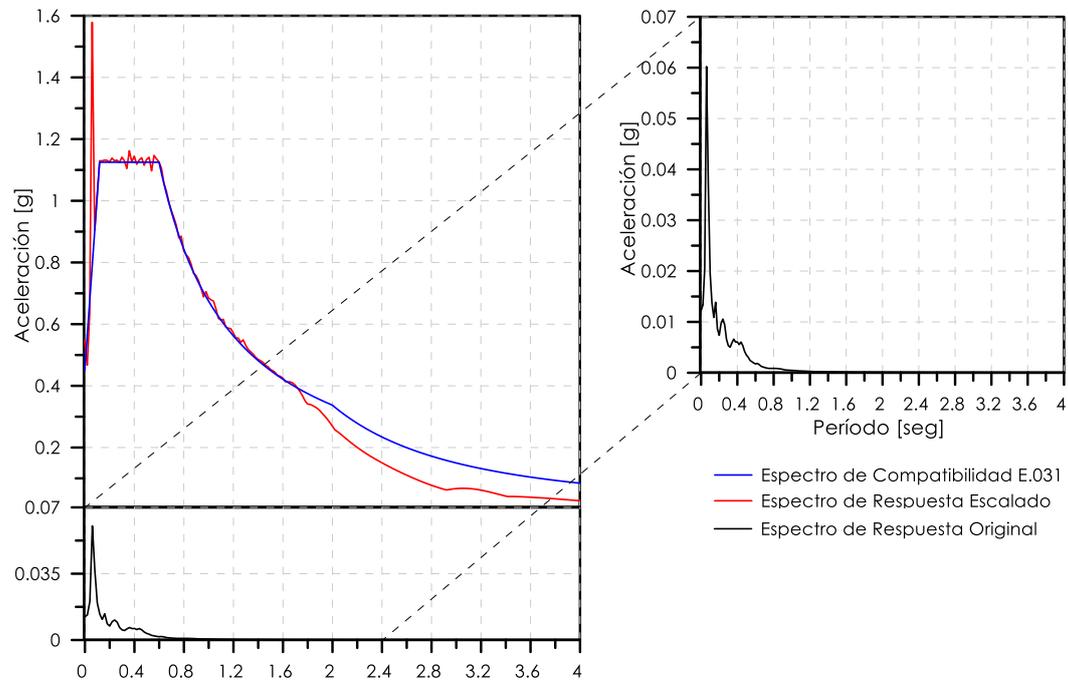


8.1.8.2. Espectros del Sur Peruano.

8.1.8.2.1. Espectro Tarucani - Arequipa 2005.

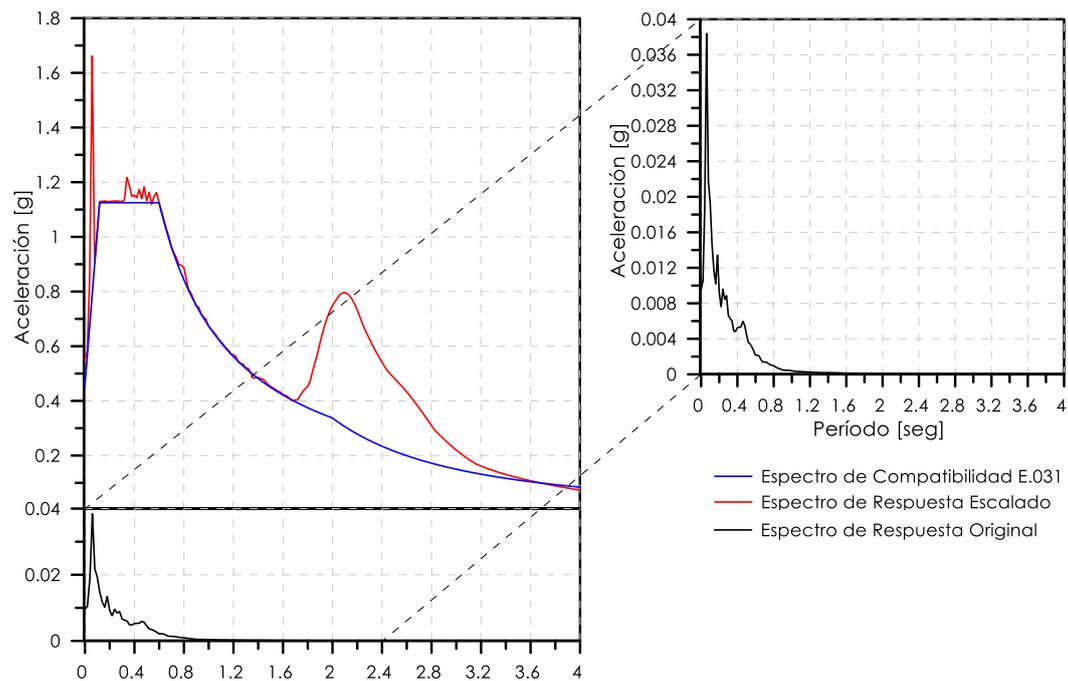
Anexo 20

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Tarucani 2005 EW



Anexo 21

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Tarucani 2005 NS

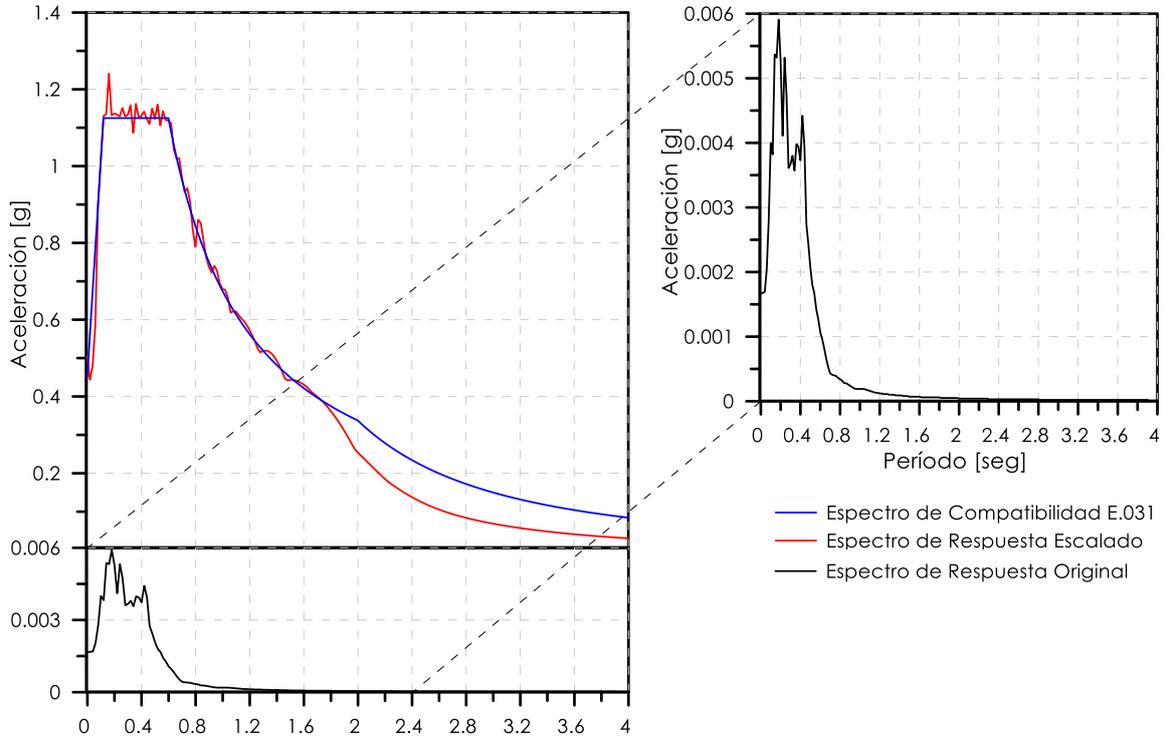




8.1.8.2.2. Espectro Ccacho - Cusco 2012.

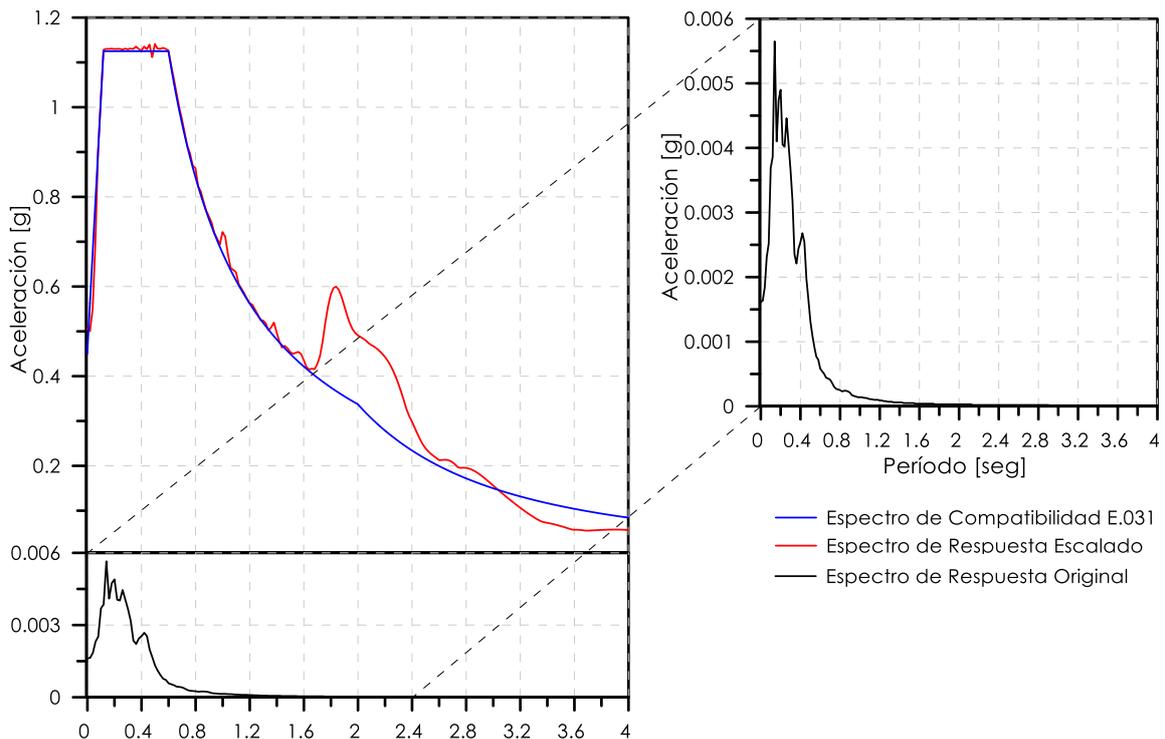
Anexo 22

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Ccacho 2012 EW



Anexo 23

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Ccacho 2012 NS

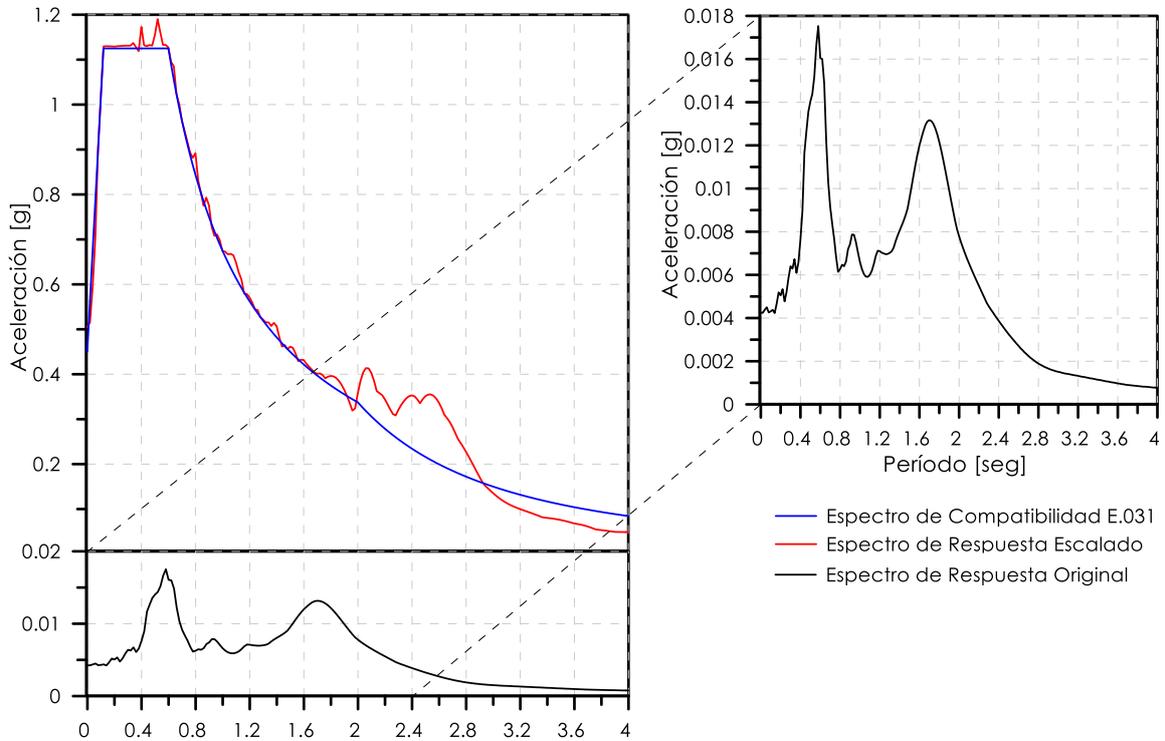




8.1.8.2.3. *Espectro Caraveli - Arequipa 2017.*

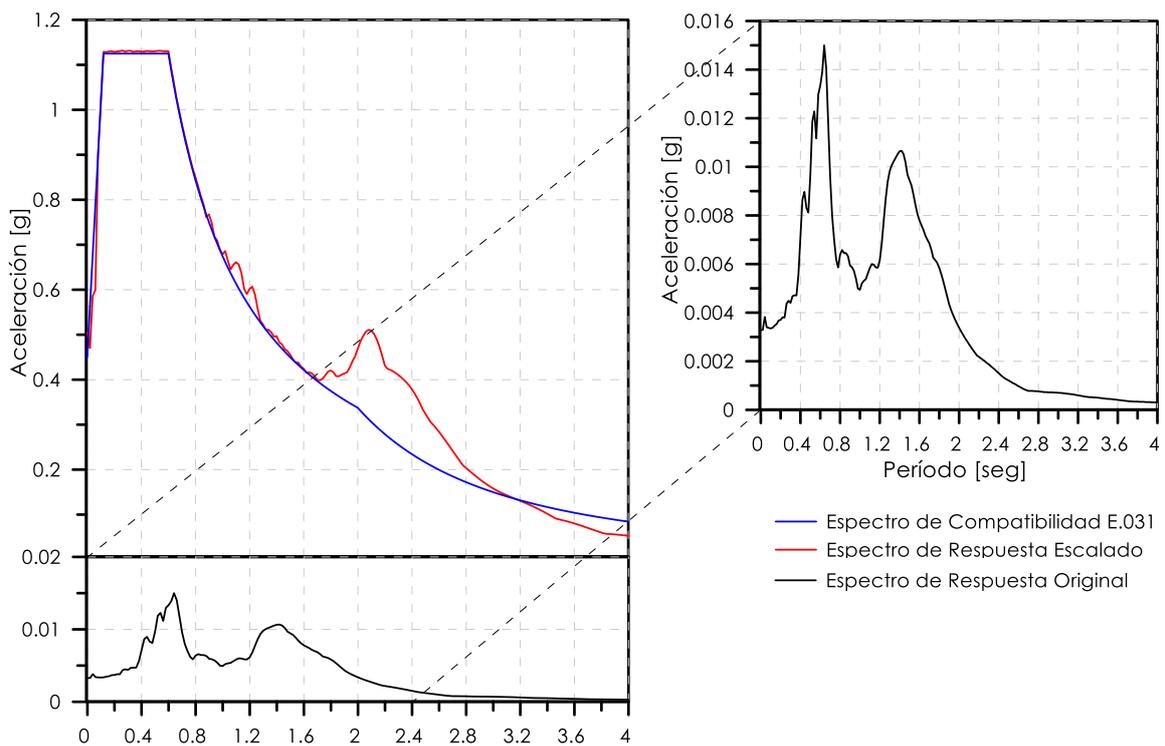
Anexo 24

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Caraveli 2017 EW



Anexo 25

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Caraveli 2017 NS

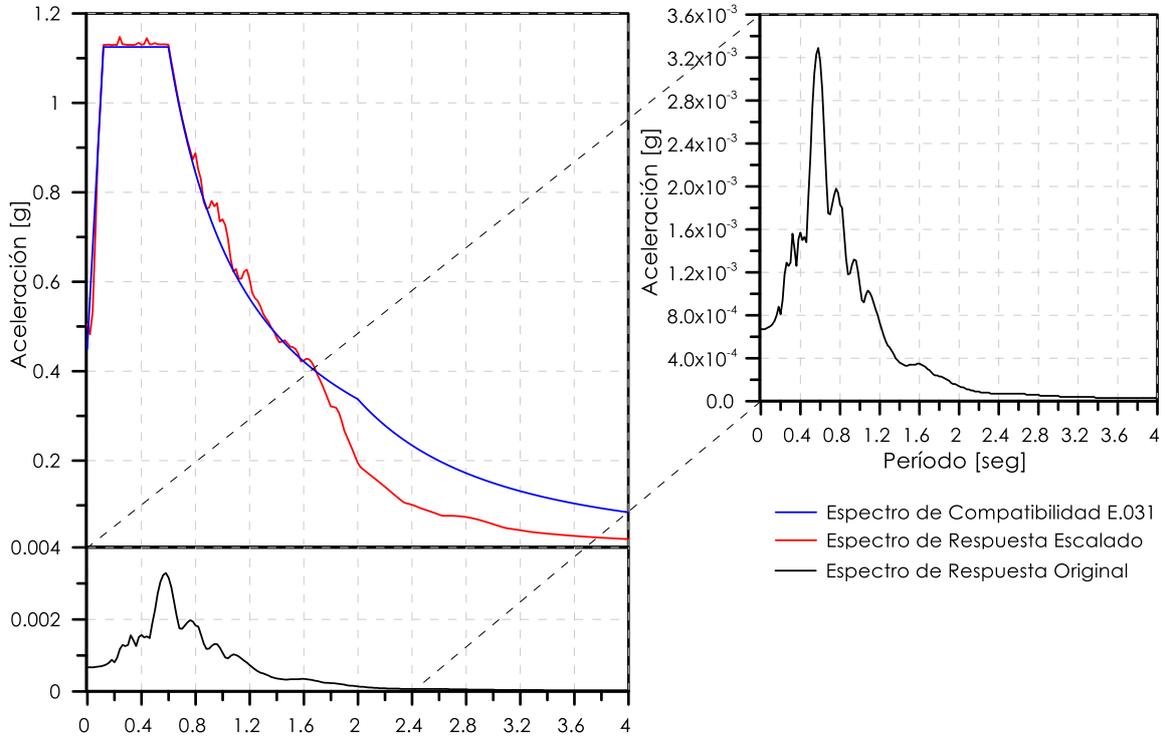




8.1.8.2.4. Espectro Pampamarca - Abancay 2017.

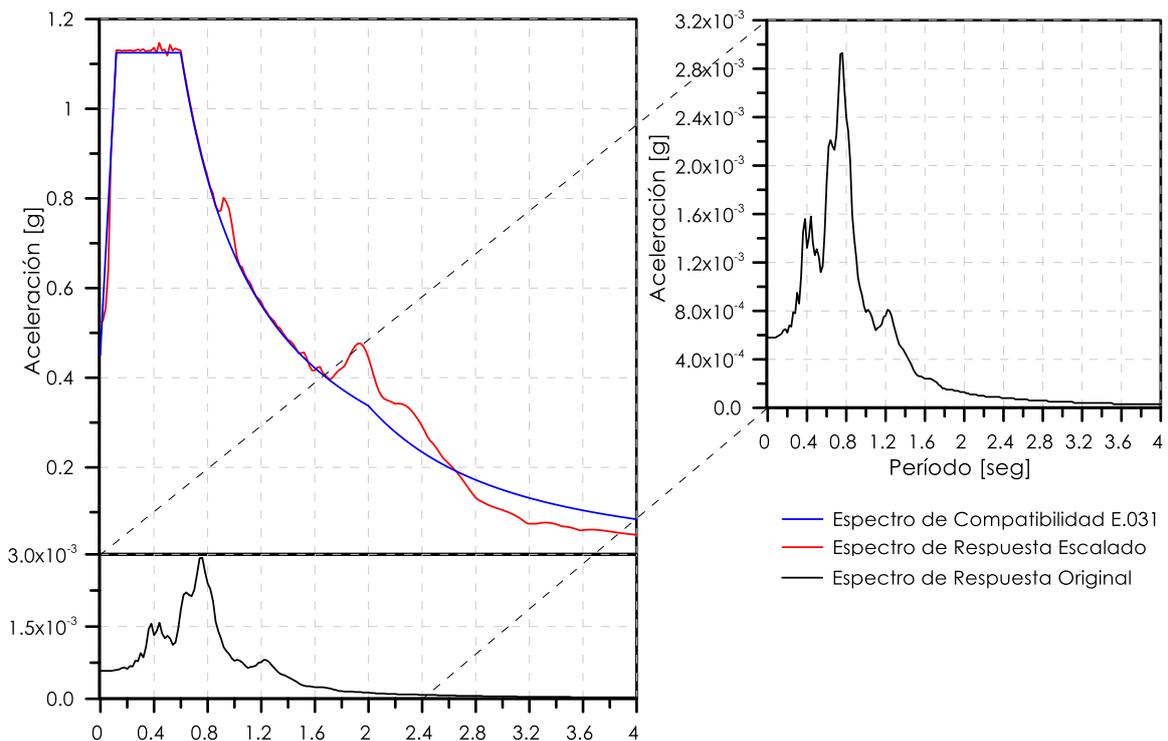
Anexo 26

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Pampamarca 2017 EW



Anexo 27

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Pampamarca 2017 NS

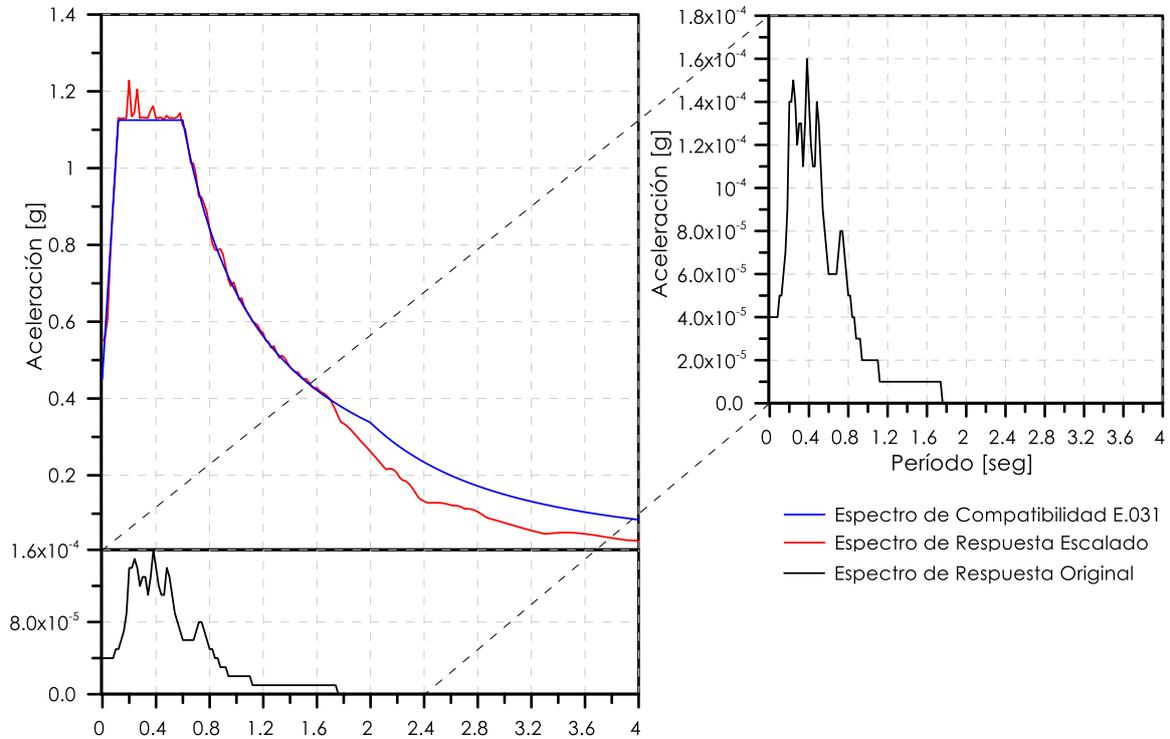




8.1.8.2.5. *Espectro Santo Tomas - Cusco 2017.*

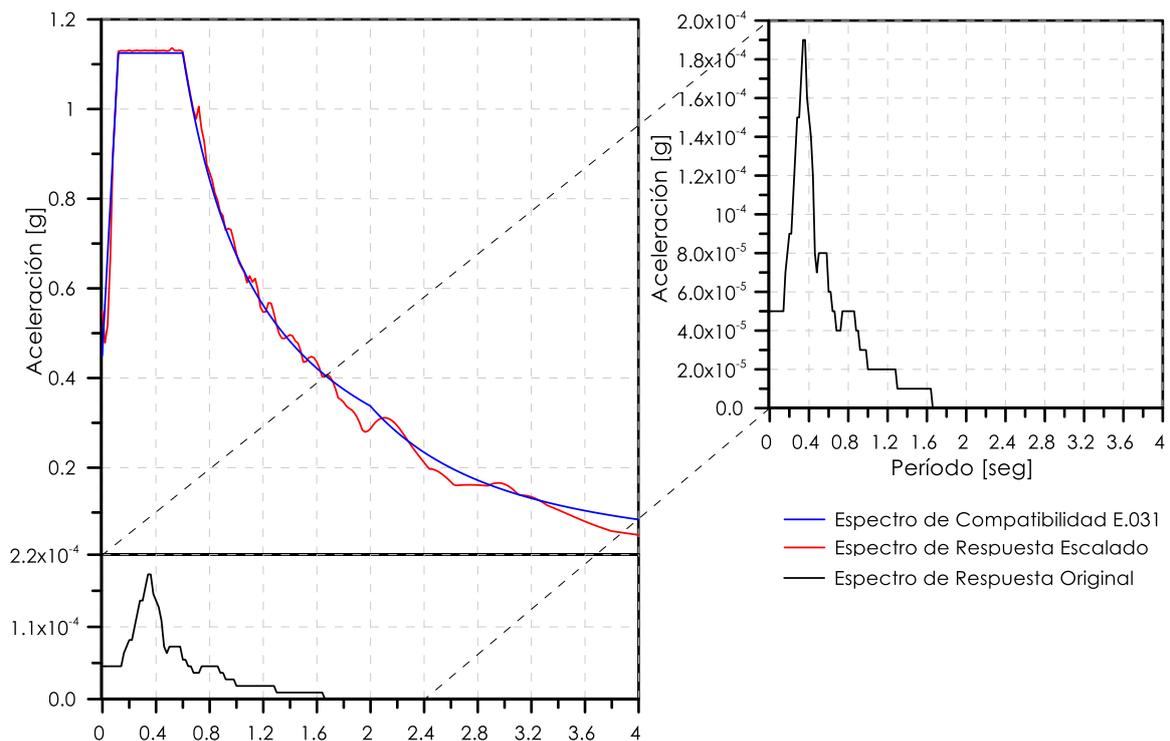
Anexo 28

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Santo Tomas EW



Anexo 29

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Santo Tomas NS

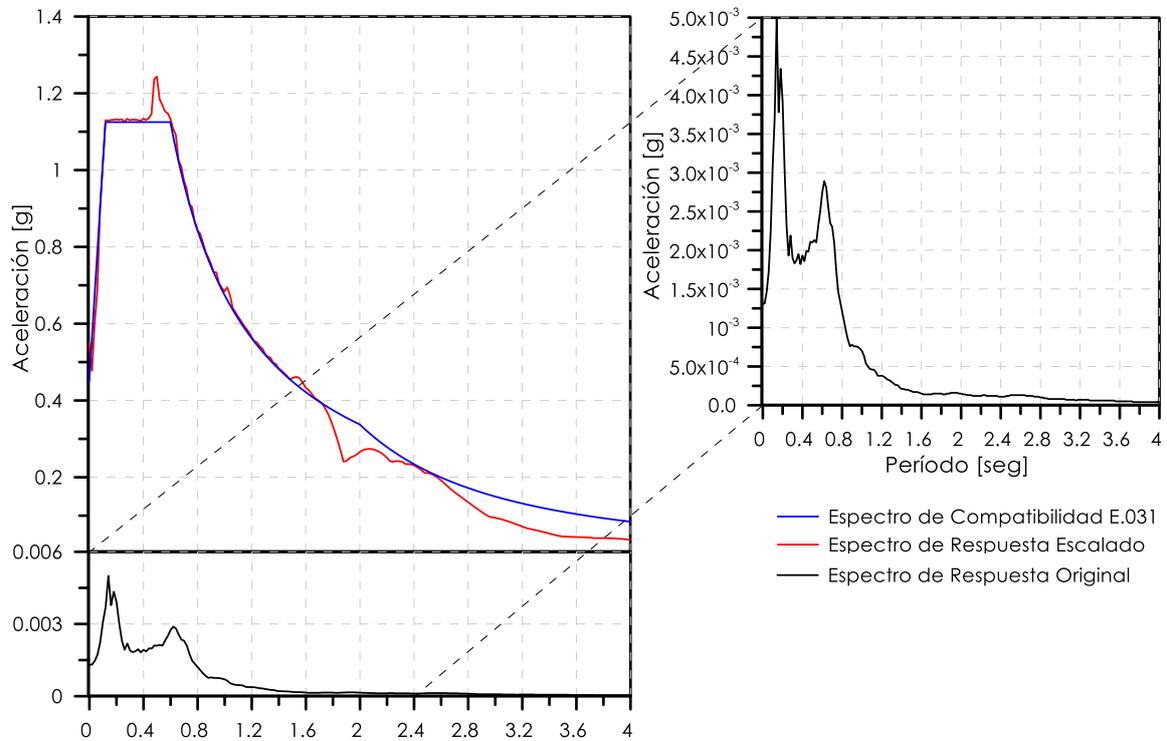




8.1.8.2.6. *Espectro Viraco - Arequipa 2019.*

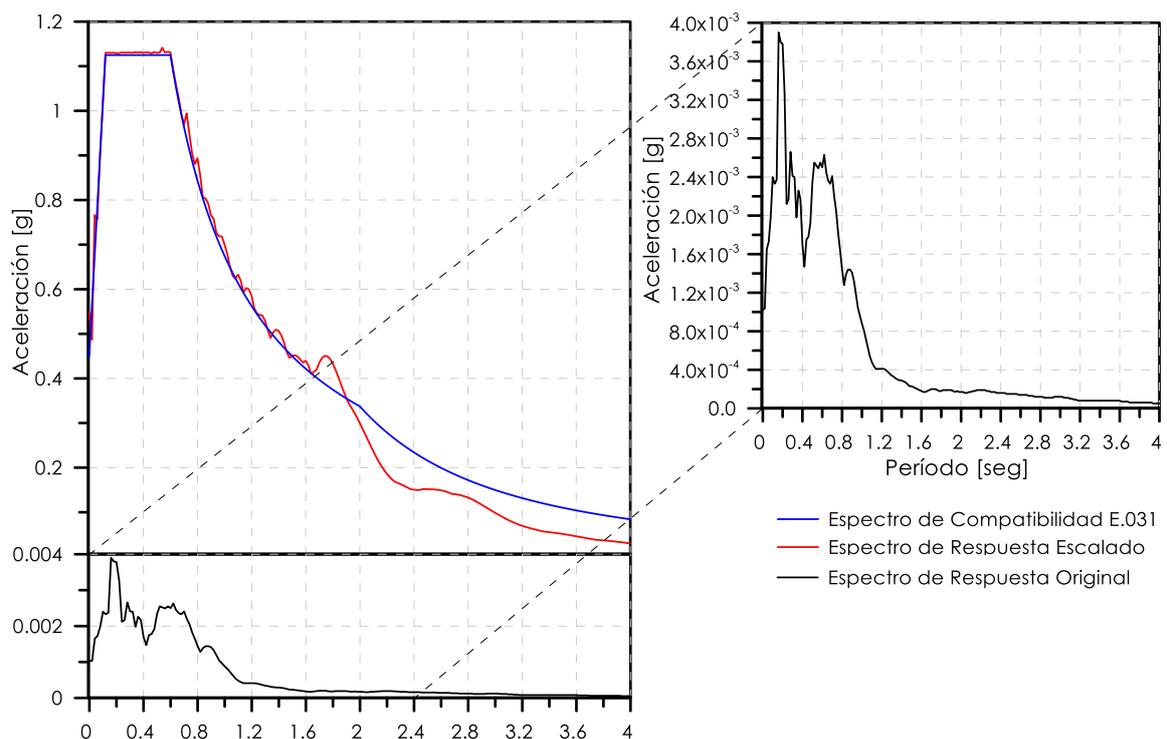
Anexo 30

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Viraco 2019 EW



Anexo 31

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Viraco 2019 NS

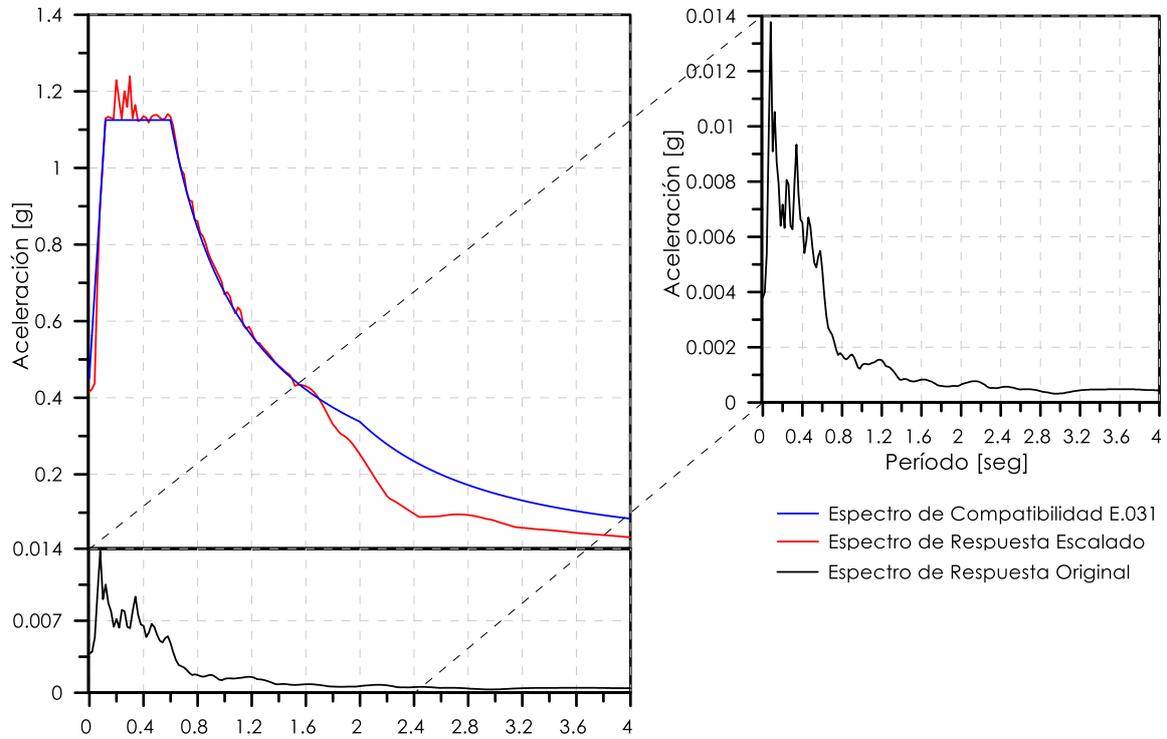




8.1.8.2.7. *Espectro Pinchollo - Arequipa 2022.*

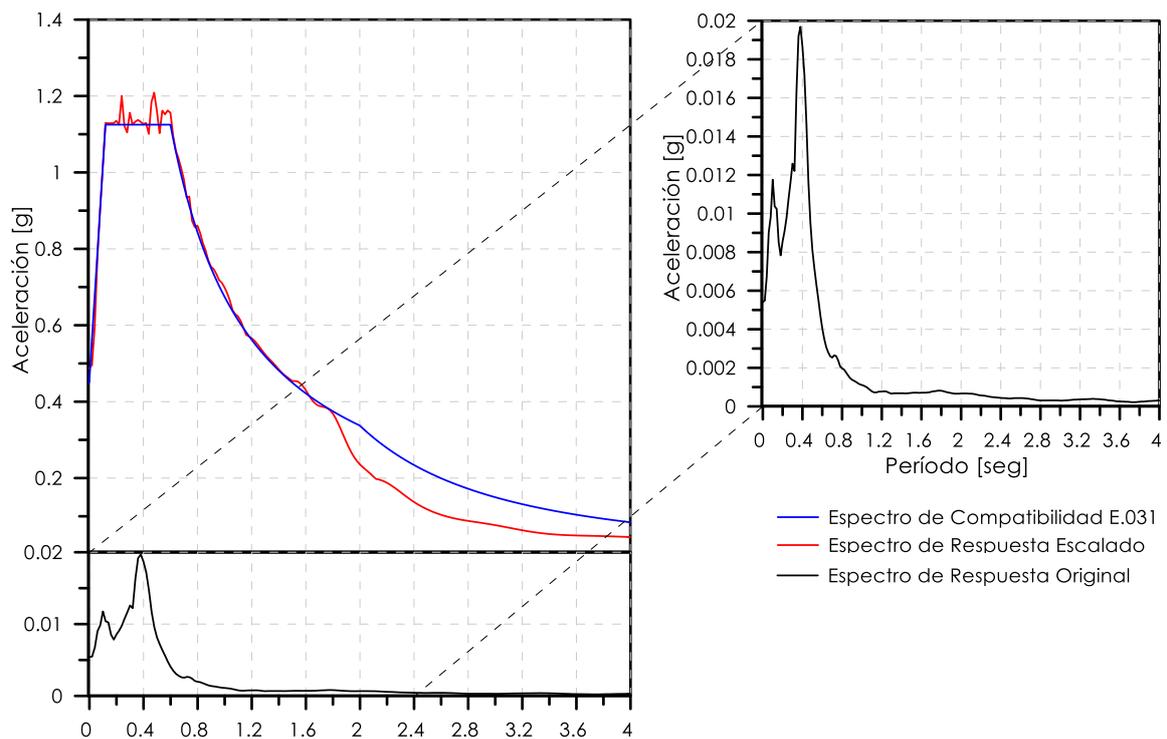
Anexo 32

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Pinchollo 2022 EW



Anexo 33

Comparación de Espectros: Compatibilidad y Respuesta de Pinchollo 2022 NS

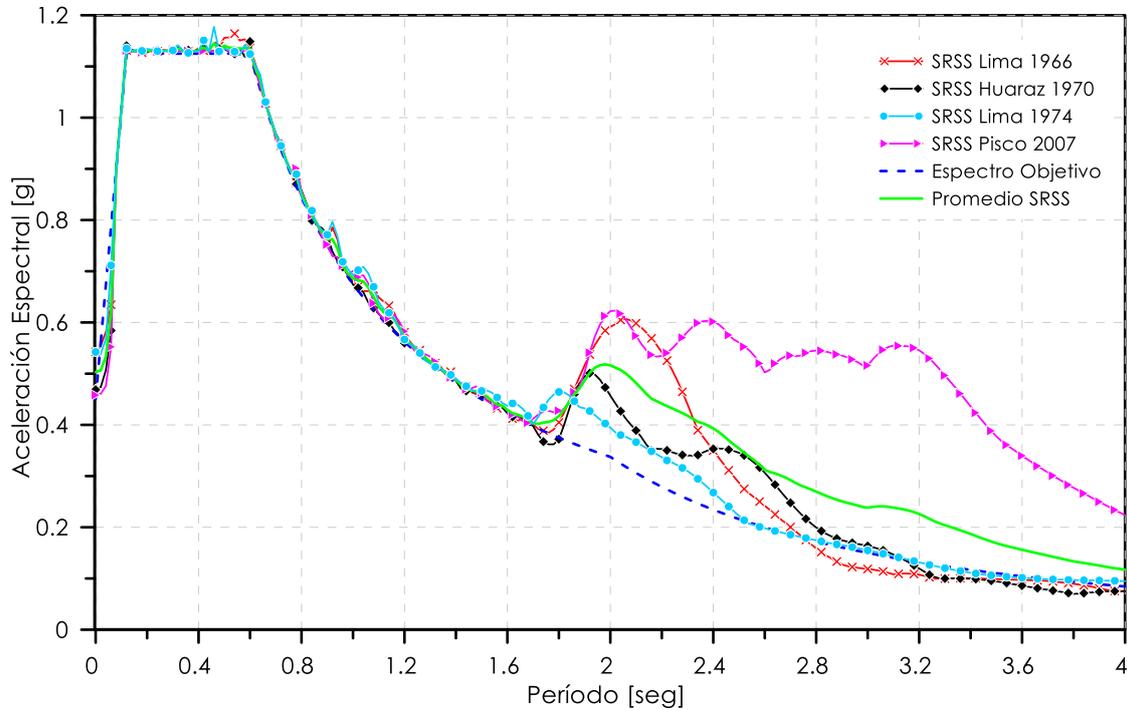




8.1.8.3. Espectros SRSS del Norte Peruano.

Anexo 34

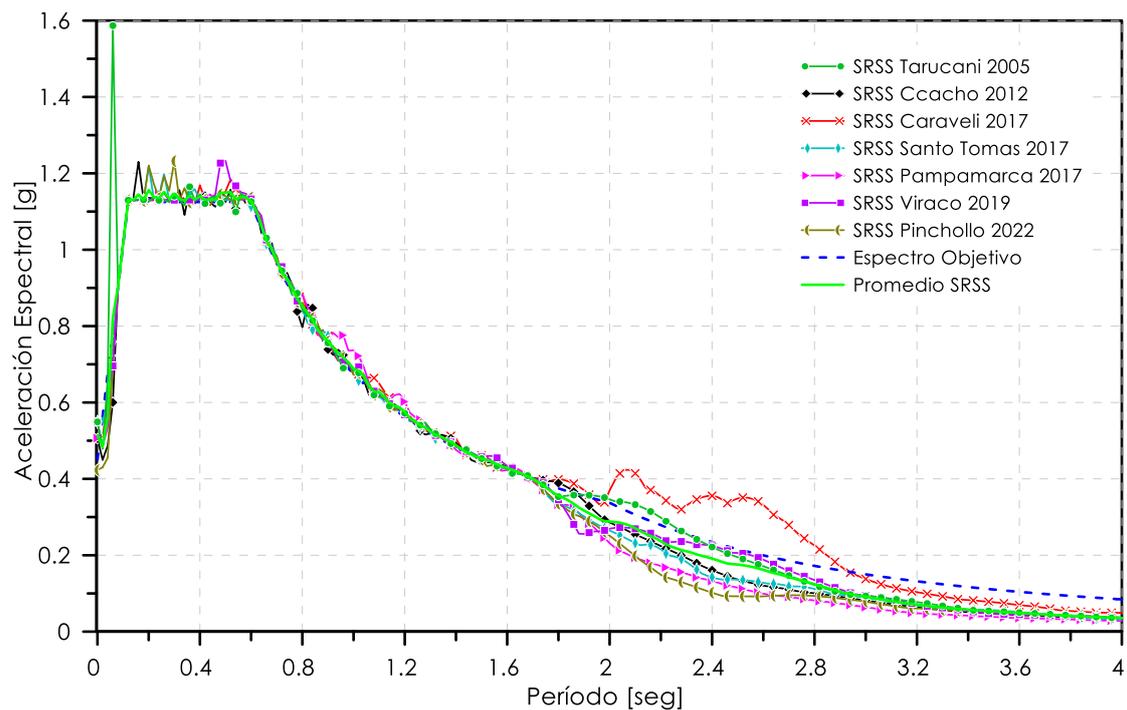
Comparación de 4 Espectros SRSS, Espectro Objetivo y Espectro Promedio SRSS



8.1.8.4. Espectros SRSS del Sur Peruano.

Anexo 35

Comparación de 7 Espectros SRSS, Espectro Objetivo y Espectro Promedio SRSS



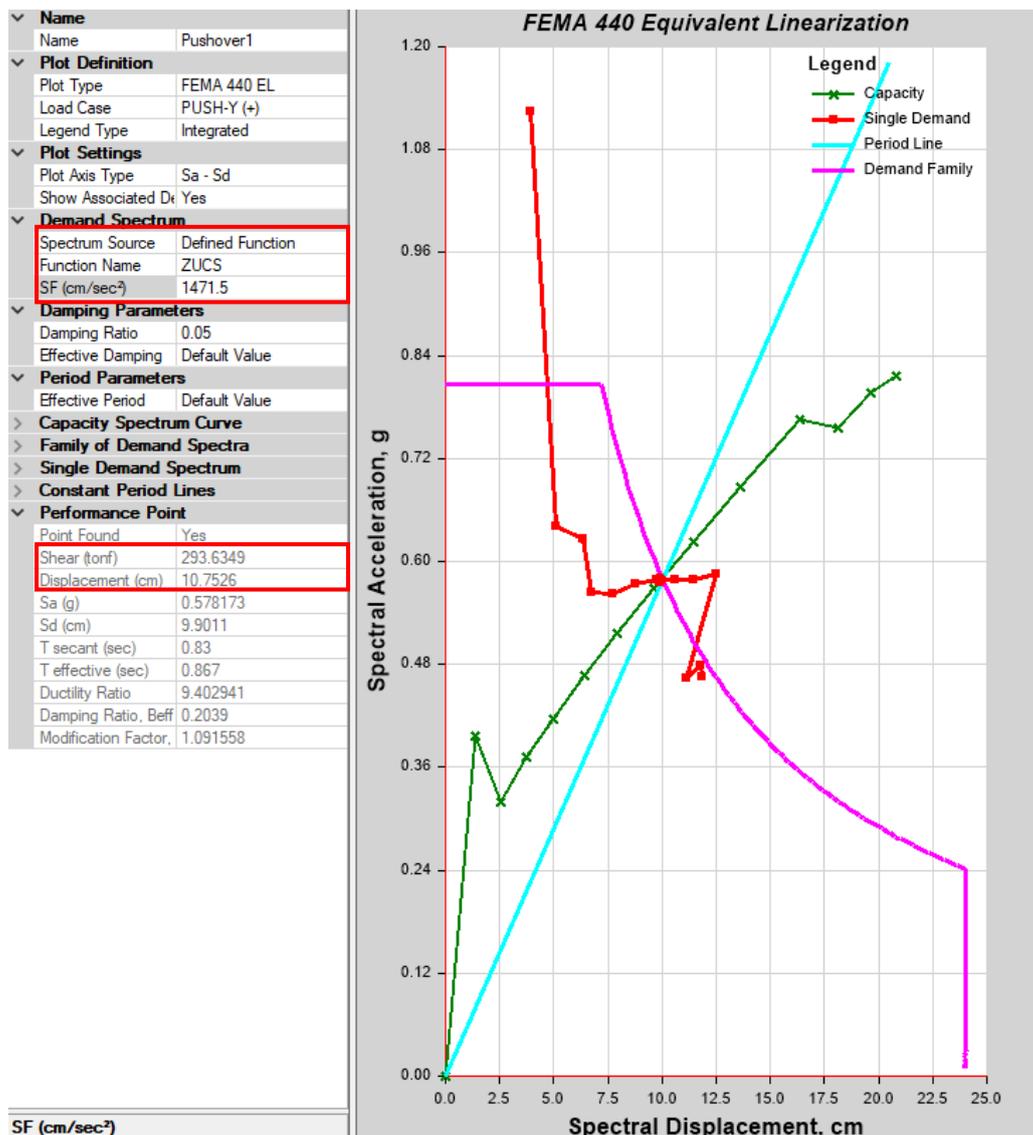


8.1.9. Consideración Adicional de No Linealidad Geométrica Mediante Efectos P-Delta y P-Delta por Largos Desplazamientos.

Se incluye en la Figura 62 el Espectro de Capacidad Pushover-Y para MCE con Dispositivos SLBs considerando solo No Linealidad del Material. En el Anexo 36 y Anexo 38 se presentan los Espectros de Capacidad Pushover-Y para MCE con Dispositivos SLBs considerando No Linealidad del Material y adicionalmente No Linealidad Geométrica sumando Efectos P-Delta y P-Delta por Largos Desplazamientos respectivamente. Se aprecia en el Anexo 37 la comparativa en porcentaje sobre el uso No Lineal en conjunto (Geométrica + Material) y el uso único de No Linealidad del Material.

Anexo 36

Espectro de Capacidad Pushover-Y Con Incorporación de SLBs para MCE Considerando Efectos P-Delta y No Linealidad del Material





Anexo 37

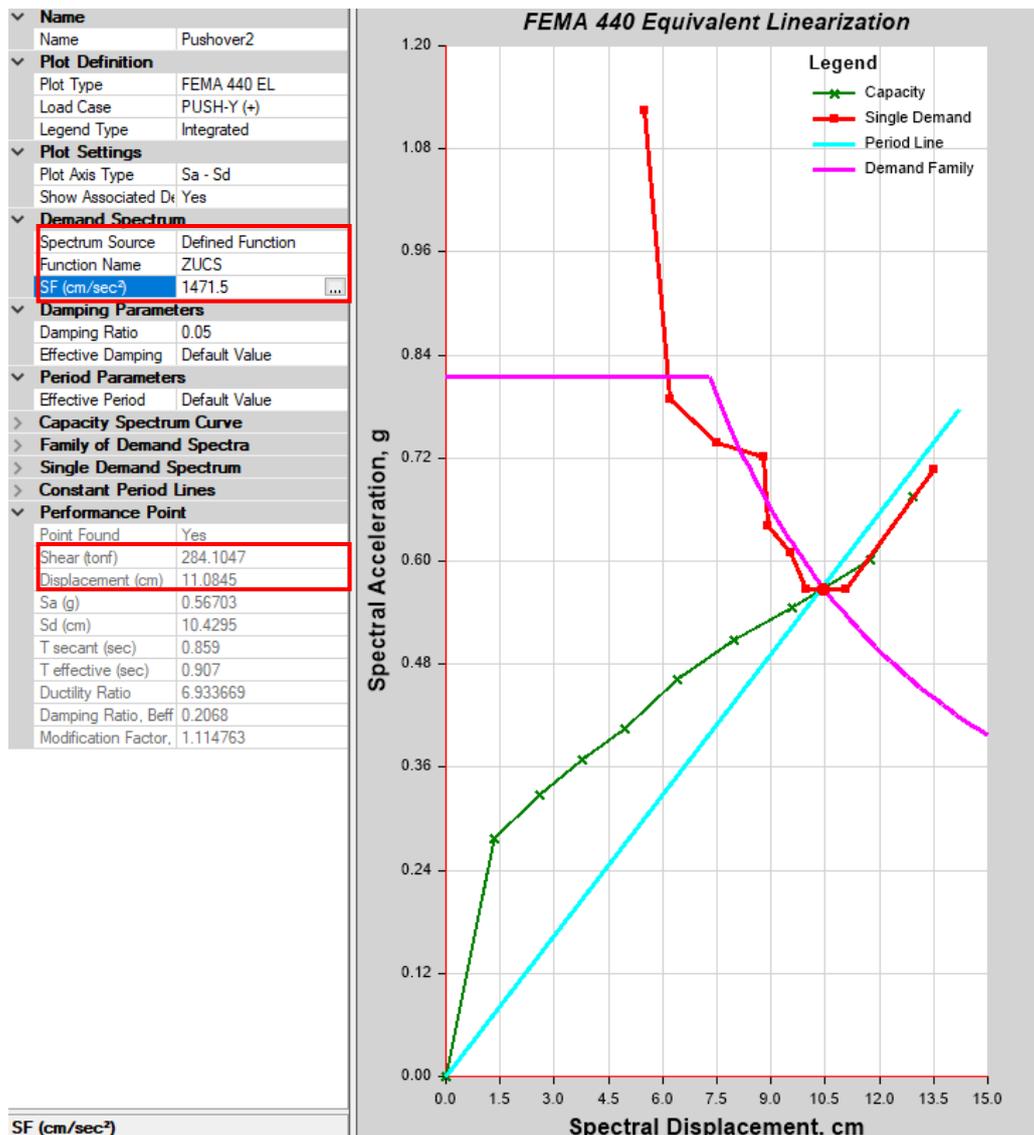
Comparación Punto de Desempeño Sin y Con Efectos P-Δ Pushover-Y con SLBs (MCE)

Parámetro	Sin P-Delta [1]	Con P-Delta [2]	Con P-Delta Largos Desplazamientos [3]	Diferencia 1 y 2 [%]	Diferencia 1 y 3 [%]
δ (cm)	10.77	10.75	11.08	0.14%	2.94%
v (tonf)	293.85	293.63	284.10	0.07%	3.31%

Anexo 38

Espectro de Capacidad Pushover-Y Con Incorporación de SLBs para MCE

Considerando Efectos P-Delta Largos Desplazamientos y No Linealidad del Material

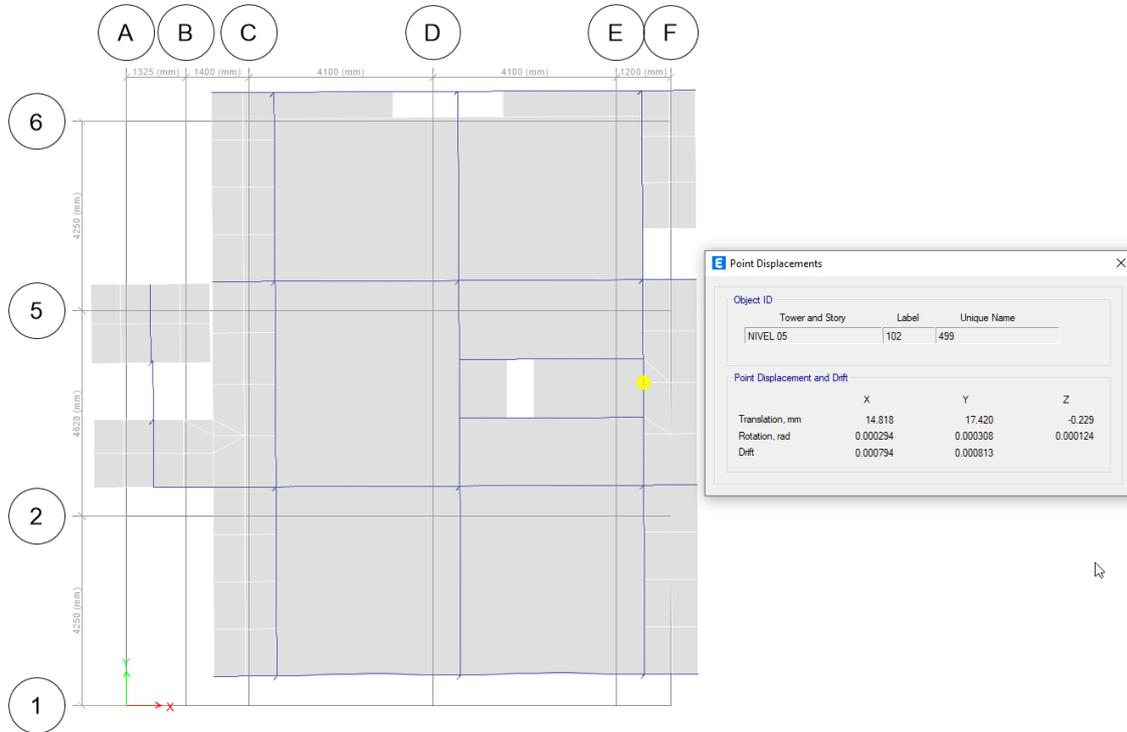




8.1.10. Consideraciones Significativas para Considerar Diafragma Semirrígido.

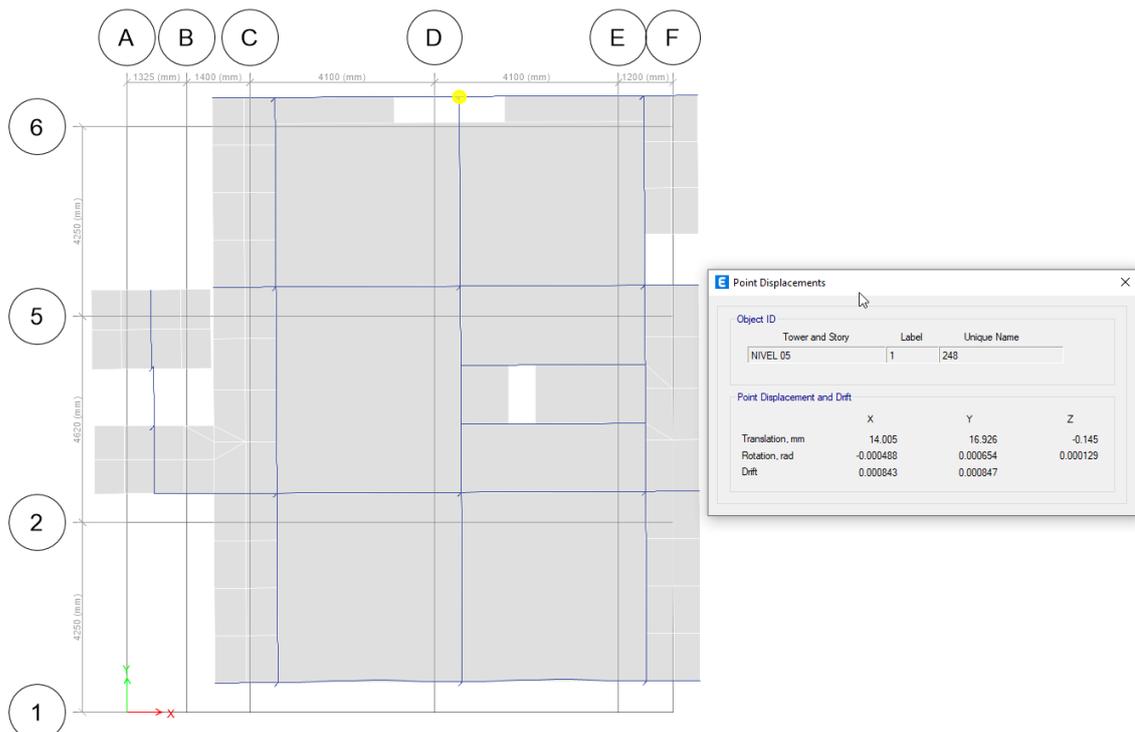
Anexo 39

Deflexión Traslacional en X por Análisis Estático-X Lineal y Diafragma Semirrígido



Anexo 40

Deflexión Traslacional en Y por Análisis Estático-Y Lineal y Diafragma Semirrígido





8.2. Validación de Instrumentos

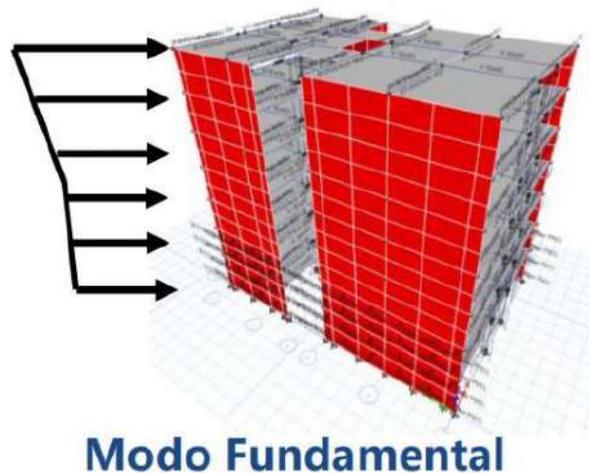
8.2.1. Patrón de Cargas Lateral.

Según la American Society of Civil Engineers (2017) en su ítem 7.4.3.2.3. Distribución de Carga Lateral para Procedimientos Estáticos No Lineales dice que: “Las cargas laterales se aplicarán al modelo matemático en proporción a la distribución de masa en el plano de cada diafragma. La distribución vertical de estas fuerzas será proporcional a la forma del modo fundamental en la dirección considerada” (p. 74).

Se ilustra en el Anexo 41 la Distribución de Carga Lateral para NSPs recomendada por el ASCE/SEI 41-17.

Anexo 41

Patrón de Cargas del Modo Fundamental



Nota: Muñoz Horna, O. (2021)

“El patrón de carga uniforme ayuda a bajar la resultante de corte, lo cual puede ser útil para cuantificar el aumento dinámico del corte producto de los modos superiores” (Muñoz Horna O., 2021).



8.2.2. Resistencia Esperada de Materiales.

En los documentos de Evaluación por Desempeño como el ASCE/SEI 41-17, así también en las Guías de Diseño Basado en Desempeño como el TBI 2017 y LATBSDC 2020 señalan que se debe usar las propiedades esperadas de los materiales (Anexo 42), no únicamente sus propiedades nominales.

Anexo 42

Resistencias Esperadas de los Materiales

Material	Expected strength	
	Expected Yield Strength, f_{ye} , ksi	Expected Ultimate Strength, f_{ue} , ksi
Reinforcing Steel		
A615 Grade 60	70	106
A615 Grade 75	82	114
A706 Grade 60	69	95
A706 Grade 80	85	112
A706 Grade 100	105	To be determined based on tests and documented substantiations
Structural Steel***		
Hot-rolled structural shapes and bars		
ASTM A36/A36M	$1.5 f_y^*$	$1.2 f_u^{**}$
ASTM A572/A572M Grade 50	$1.1 f_y$	$1.1 f_u$
ASTM A913/A913M Grade 50, 60, 65 or 70	$1.1 f_y$	$1.1 f_u$
ASTM A992/A992M	$1.1 f_y$	$1.1 f_u$
Plates		
ASTM A36/A36M	$1.3 f_y$	$1.2 f_u$
ASTM A572/A572M Grade 50, 55	$1.1 f_y$	$1.2 f_u$
Concrete	$f'_{ce} = 1.3 f'_c$	

* f_y is used to designate the specified (nominal) yield strength of steel materials in this Guideline. It is equivalent to f_y or f_{yt} used in ACI 318 and F_y used in AISC (2016) Specifications.

** f_u is used to designate the specified (nominal) ultimate strength of steel materials in this Guideline. It is equivalent to F_u used in AISC (2016) Specifications.

***For steel materials not listed, refer to Table A3.1 of ANSI/AISC 341-16

† f'_c = specified compressive strength. Expected strength f'_{ce} is strength expected at any time between 90 and 365 days. Note that the multiplier on f'_c may be smaller for high-strength concrete, and can also be affected by (1) use of fly ash and other additives, and/or (2) local aggregates.

Nota: LATBSDC (2020, p. 18)

8.2.3. Rotula de Plasticidad Concentrada.

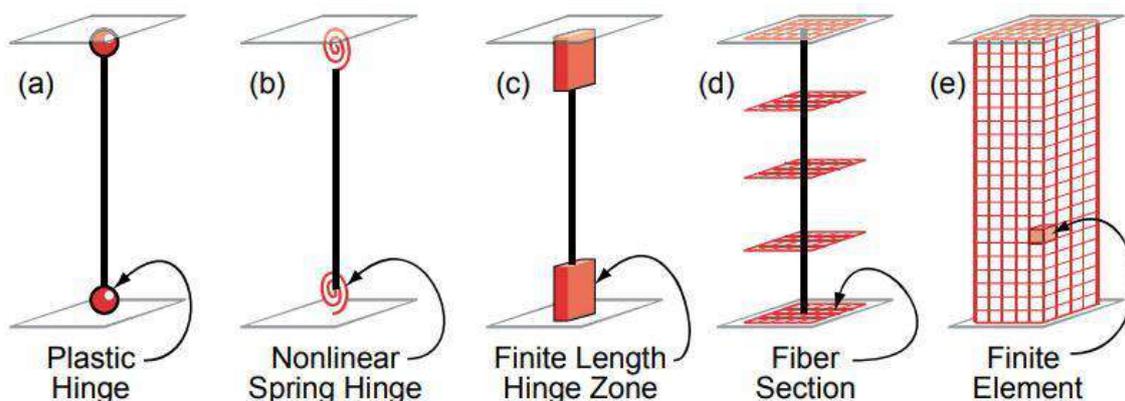
Según la National Institute of Standards and Technology (2010), “Los modelos para Análisis No Lineal pueden variar desde modelos uniaxiales de resorte o rótula, hasta modelos de fibra más fundamentales e inclusive modelos más detallados de elementos finitos continuos”, como se ilustra en el Anexo 43.

La NIST (2010) menciona:

Los modelos más simples concentran las deformaciones inelásticas al final del elemento, como a través de una rótula rígido-plástica (Anexo 43-a) o un resorte inelástico con propiedades histeréticas (Anexo 43-b). Al concentrar la plasticidad en rótulas de longitud cero con parámetros de modelo de momento-rotación, estos elementos tienen formulaciones numéricamente eficientes. Los modelos de formulación de fibra (Anexo 43-d) distribuyen la plasticidad mediante integraciones numéricas a través de las secciones transversales de los miembros y a lo largo de la longitud del miembro. Los modelos de materiales uniaxiales se definen para capturar las características de tensión-deformación axial histerética no lineal en las secciones transversales. Se aplica la suposición de secciones planas que permanecen planas, donde las fibras de material uniaxial se integran numéricamente sobre la sección transversal para obtener resultados de tensión (fuerza axial y momentos) y relaciones incrementales de momento-curvatura y fuerza axial-deformación. (p. 5)

Anexo 43

Tipos de Modelos para Componentes



Nota: NIST (2010, p. 4)



Se presenta en el Anexo 44 los parámetros y criterios de modelamiento no lineal en vigas de concreto armado según el ASCE/SEI 41-17.

Anexo 44

Parámetros de Modelado y Criterios de Aceptación Numéricos para Procedimientos No Lineales en Vigas de Concreto Armado

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

Note: f'_{cE} in lb/in.² (MPa) units.

^a Values between those listed in the table should be determined by linear interpolation.

^b Where more than one of conditions i, ii, iii, and iv occur for a given component, use the minimum appropriate numerical value from the table.

^c "C" and "NC" are abbreviations for conforming and nonconforming transverse reinforcement, respectively. Transverse reinforcement is conforming if, within the flexural plastic hinge region, hoops are spaced at ≤ d/3, and if, for components of moderate and high ductility demand, the strength provided by the hoops (V_s) is at least 3/4 of the design shear. Otherwise, the transverse reinforcement is considered nonconforming.

^d V is the design shear force from NSP or NDP.

Nota: ASCE/SEI 41-17 (2017, p. 150)



8.2.4. Rigidez Efectiva para Rótula.

Según Muñoz Horna, O. (2021), “La rigidez efectiva se emplea para tener en cuenta los efectos del agrietamiento del hormigón, el deslizamiento de la adherencia, los efectos de corte, etc. En componentes modelados con fibra no se aplican las rigideces efectivas”.

Se ilustra en el Anexo 45 los valores de Rigidez Efectiva recomendados por el ASCE/SEI 41-17.

Anexo 45

Valores de Rigidez Efectiva para Vigas, Columnas, Losas Planas y Placas

Component	Flexural Rigidity	Shear Rigidity	Axial Rigidity
Beams—nonprestressed ^a	$0.3E_cE'I_g$	$0.4E_cEA_w$	—
Beams—prestressed ^a	$E_cE'I_g$	$0.4E_cEA_w$	—
Columns with compression caused by design gravity loads $\geq 0.5A_gf'_{cE}$ ^b	$0.7E_cE'I_g$	$0.4E_cEA_w$	E_cEA_g
Columns with compression caused by design gravity loads $\leq 0.1A_gf'_{cE}$ or with tension ^b	$0.3E_cE'I_g$	$0.4E_cEA_w$	E_cEA_g (compression) E_sEA_s (tension)
Beam-column joints	Refer to Section 10.4.2.2.1		E_cEA_g
Flat slabs—nonprestressed	Refer to Section 10.4.4.2	$0.4E_cEA_g$	—
Flat slabs—prestressed	Refer to Section 10.4.4.2	$0.4E_cEA_g$	—
Walls—cracked ^c	$0.35E_cEA_g$	$0.4E_cEA_w$	E_cEA_g (compression) E_sEA_s (tension)

^a For T-beams, I_g can be taken as twice the value of I_g of the web alone. Otherwise, I_g should be based on the effective width as defined in Section 10.3.1.3.

^b For columns with axial compression falling between the limits provided, flexural rigidity shall be determined by linear interpolation. If interpolation is not performed, the more conservative effective stiffnesses shall be used. An imposed axial load N_{UG} is permitted to be used for stiffness evaluations.

^c See Section 10.7.2.2.

Nota: ASCE/SEI 41-17 (2017, p. 147)



8.2.5. Niveles de Demanda.

Según Los Angeles Tall Buildings Structural Design Council (2020):

El Análisis Sísmico y el Diseño del edificio se realizarán en tres pasos con la intención de proporcionar una edificación con las siguientes características:

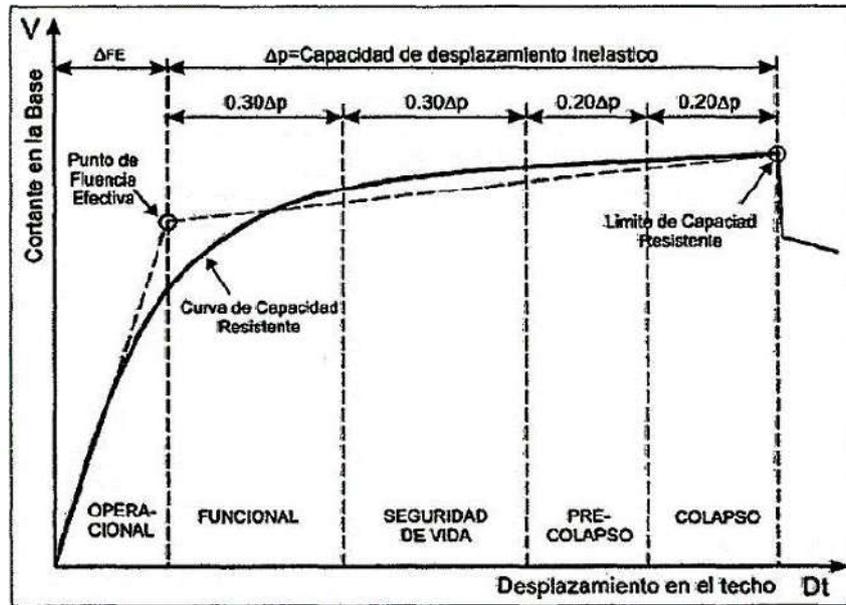
- i. Un comportamiento inelástico bien definido donde las acciones y los miembros no lineales están claramente definidos, y todos los demás miembros están diseñados para ser más fuertes que la demanda impuesta por los elementos diseñados para experimentar un comportamiento no lineal (enfoque de diseño por capacidad).
- ii. Los sistemas y componentes estructurales y no estructurales del edificio permanecen en servicio cuando se someten a un terremoto de nivel de servicio (SLE) definido como un evento con una probabilidad de superación del 50 % en 30 años.
- iii. El edificio tiene una probabilidad baja de derrumbarse durante un evento extremadamente raro (del orden del 10 % o menos, dada la sacudida del MCE) y la probabilidad de ser reparable después de dicho evento. (p. 22)

8.2.6. Objetivos de Desempeño.

Se tiene en el Anexo 46 y Anexo 47 gráficos relacionados a los Objetivos de Desempeño.

Anexo 46

Sectorización de la Curva de Capacidad



Anexo 47

Estados de Daño y Niveles de Desempeño

Estado de Daño	Nivel de Desempeño	Descripción de los Daños
Despreciable	Totalmente Funcional	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Los sistemas de evacuación y todas las instalaciones continúan prestando sus servicios.
Leve	Funcional	Agrietamientos en elementos estructurales. Daño entre leve y moderado en contenidos y elementos arquitectónicos. Los sistemas de seguridad y evacuación funcionan con normalidad.
Moderado	Seguridad de Vida	Daños moderados en algunos elementos. Pérdida de resistencia y rigidez del sistema resistente a cargas laterales. Puede ser necesario cerrar el edificio temporalmente.
Severo	Cerca al Colapso	Daños severos en elementos estructurales. Fallo de elementos secundarios, no estructurales y contenidos. Puede llegar a ser necesario demoler el edificio.
Completo	Colapso	Pérdida parcial o total de soporte. Colapso parcial o total. No es posible la reparación.

Nota: SEAOC (1995)



8.2.7. Diseño de Disipadores.

Según Muñoz Horna, E. (2021):

Para la selección de Dispositivos SLB se dispone de dos métodos de prediseño, basados en el Análisis Modal Espectral, los cuales reemplazan procedimientos que hacen uso del Análisis Tiempo Historia No Lineal, logrando así un ahorro significativo en el tiempo de cómputo.

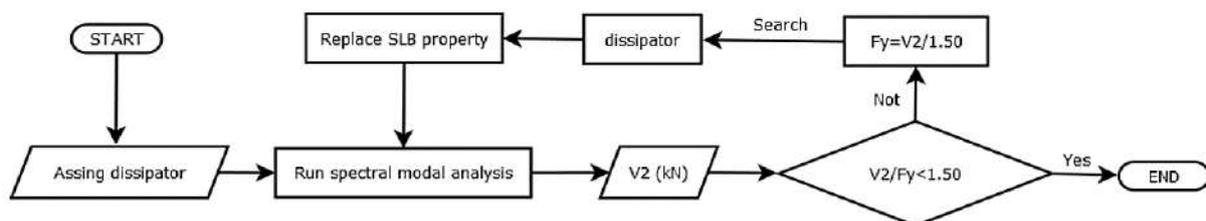
8.2.7.1. Método de Iteración Directa.

Bozzo et al. (2019) menciona:

El método directo consiste en iterar la selección de dispositivos mediante una serie de análisis de tipo lineal, de manera que los dispositivos asignados inicialmente vayan actualizándose según la fuerza de cortante obtenida en cada iteración, hasta que dicho cortante tenga una relación de $D/C = 1.5$ con la fluencia del dispositivo.

Anexo 48

Diagrama de Flujo de Método de Iteración Directa



Nota: Muñoz Horna, E. (2021)

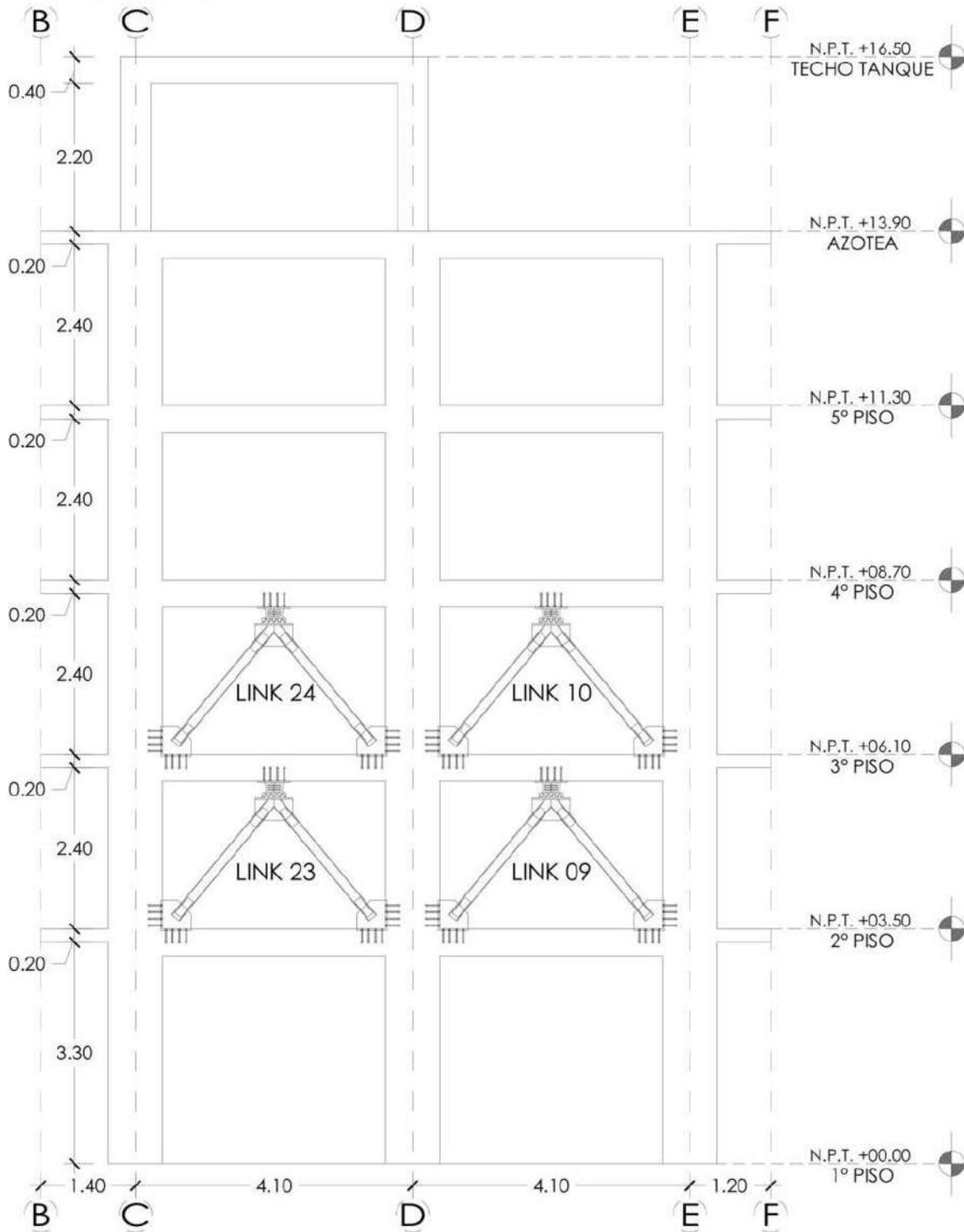
Para el diseño de Disipadores SLB de Tercera Generación se realizó mediante Iteración Directa (Anexo 48), del cual se dispuso 24 disipadores en total, ubicados precisamente en los niveles: Nivel 01 / Elevación C y E (4 Dispositivos SLB2 15_5), Nivel 02 / Elevación C, E, 1 y 6 (8 Dispositivos SLB2 15_5), Nivel 03 / Elevación C, E, 1 y 6 (8 Dispositivos SLB2 15_5) y Nivel 04 / Elevación C y E (4 Dispositivos SLB2 15_5), escogiendo estos niveles debido a que la distorsión máxima de entrepiso según normativa peruana era superada para estas elevaciones; por lo que se escogió las elevaciones C, E, 1 y 6 para implementación de estos Dispositivos SLB mediante el uso de diagonales metálicas, siendo estas zonas adaptables para este tipo de conexión y no perjudicando al diseño arquitectónico y visual de la edificación, quedando las elevaciones con inclusión de Dispositivos Shear Link como se muestra del Anexo 49 al Anexo 56.



Anexo 49

*Plano Representativo de Links Utilizados (Inclusión de Disipadores Shear Link Bozzo)
en Elevación 1 (Nivel 02 y Nivel 03)*

ELEVACIÓN 1

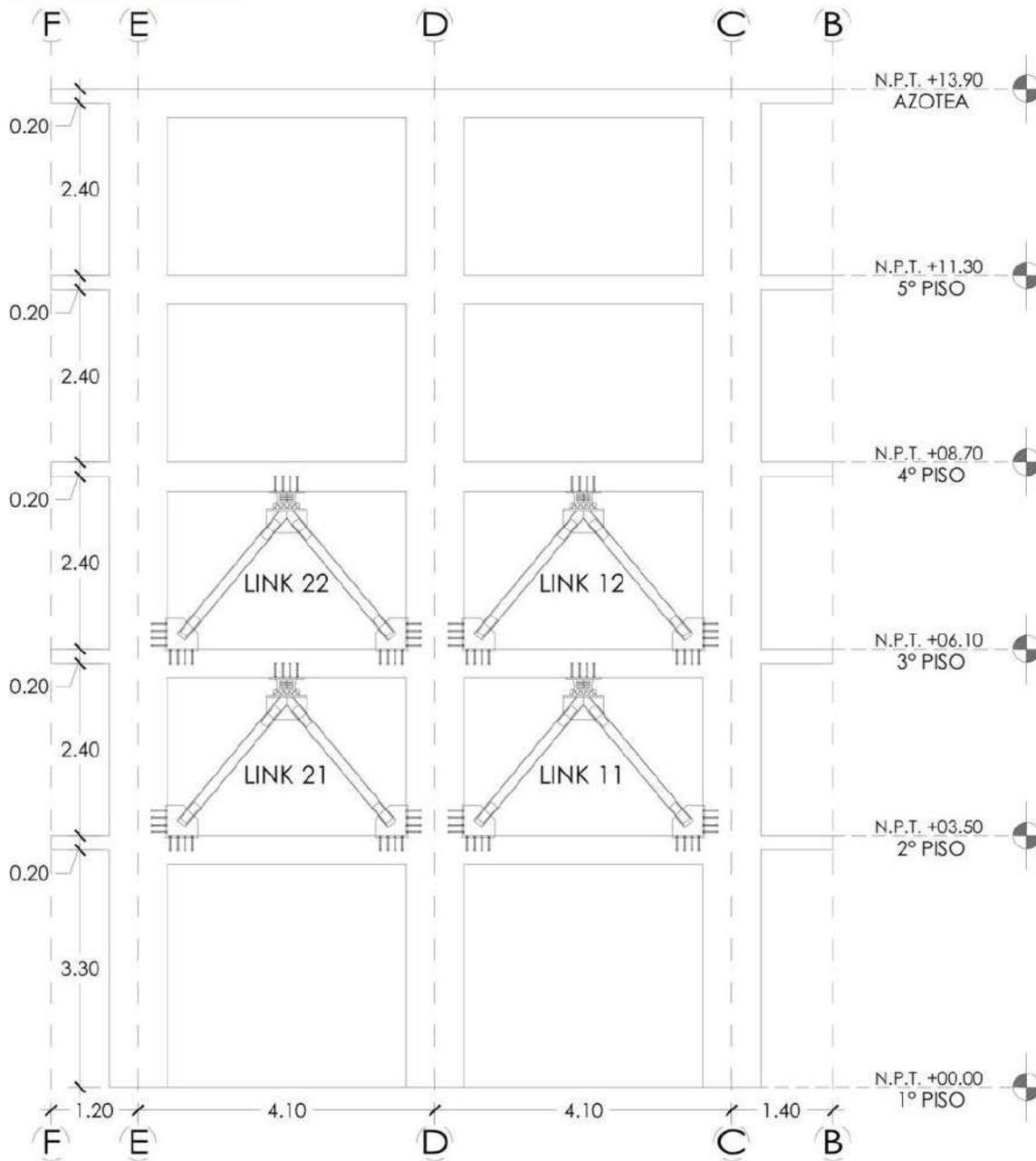




Anexo 50

*Plano Representativo de Links Utilizados (Inclusión de Disipadores Shear Link Bozzo)
en Elevación 6 (Nivel 02 y Nivel 03)*

ELEVACIÓN 6

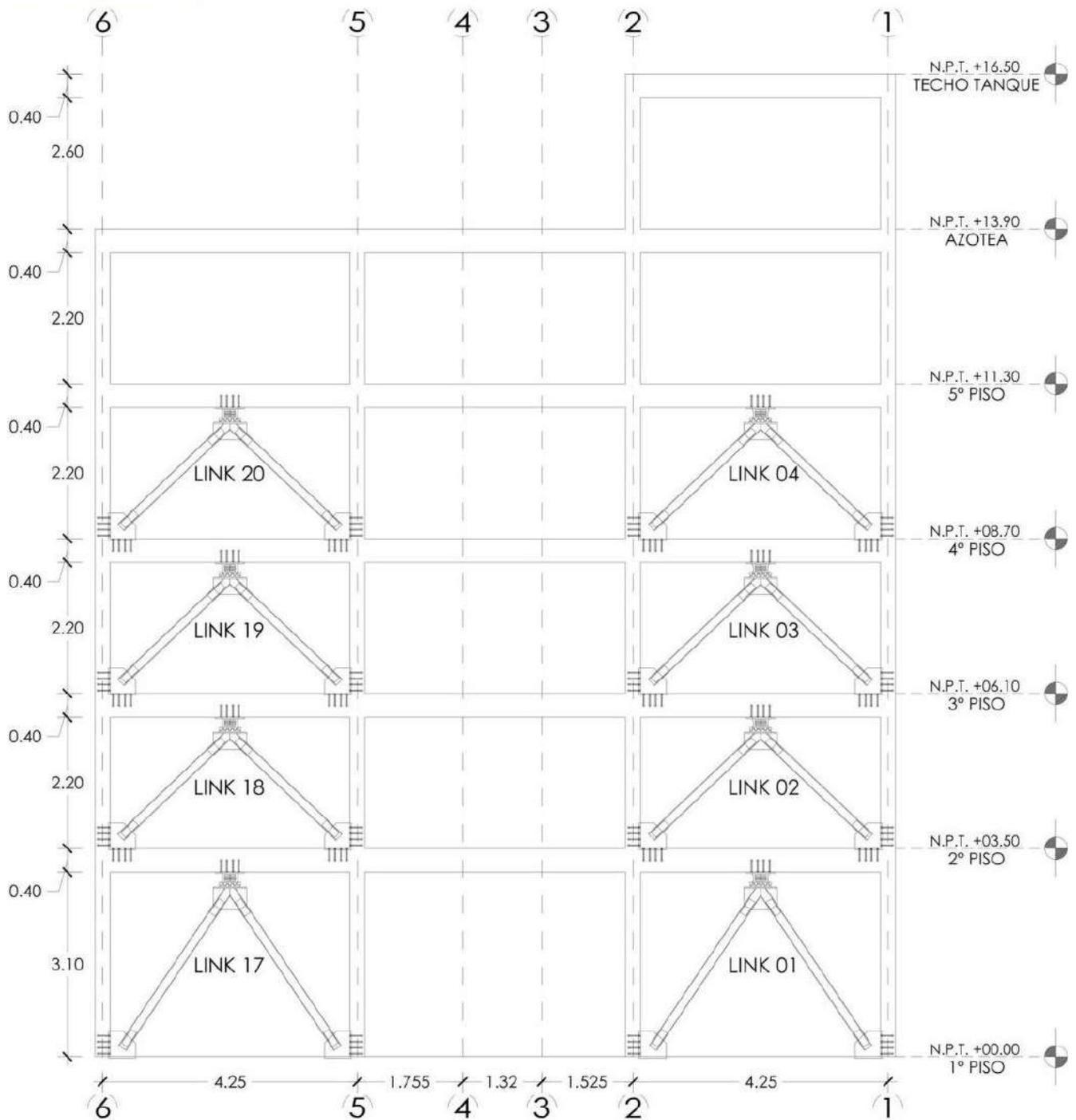




Anexo 51

Plano Representativo de Links Utilizados (Inclusión de Disipadores Shear Link Bozzo)
en Elevación C (Nivel 01, 02, 03 y Nivel 04)

ELEVACIÓN C

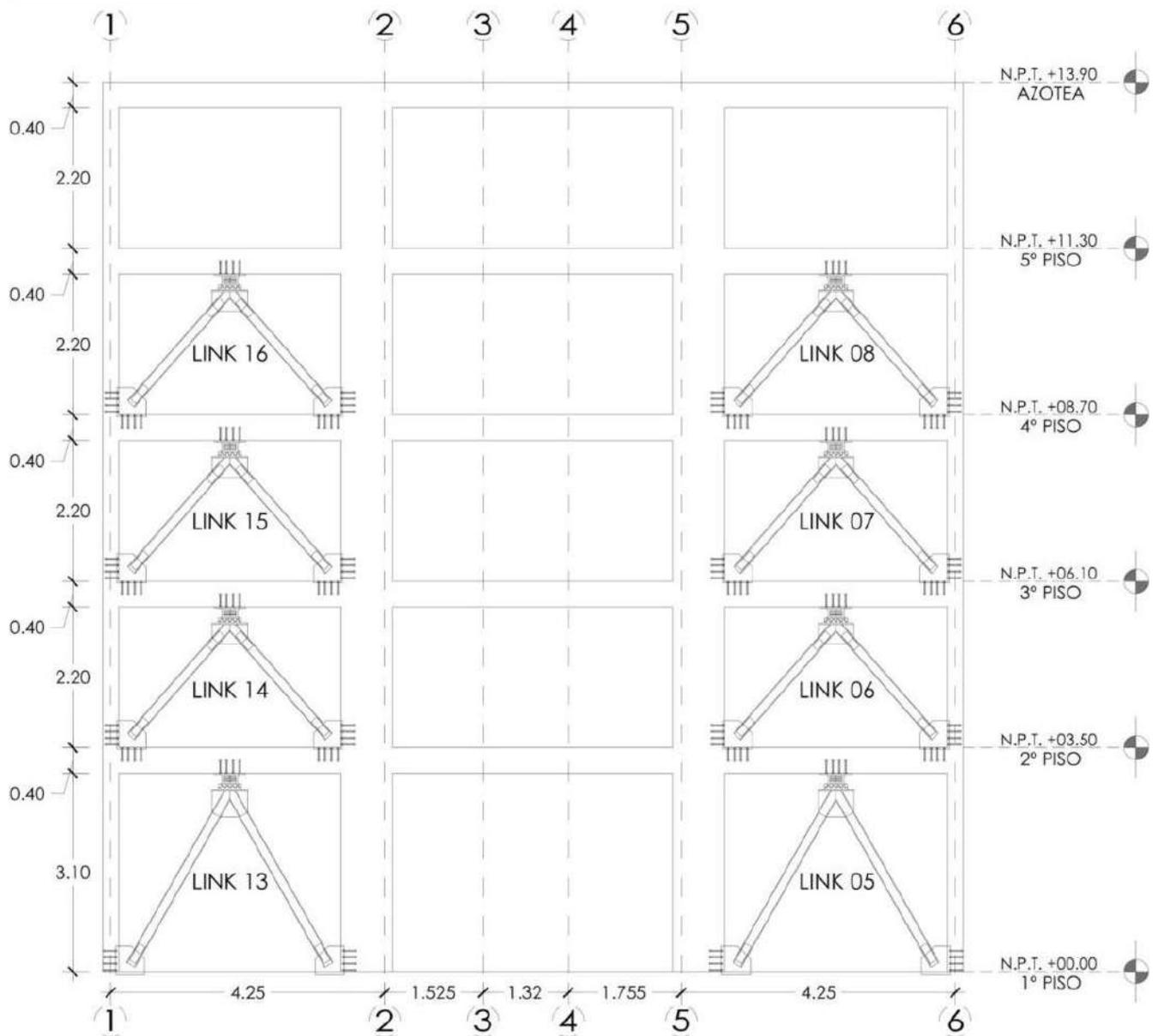




Anexo 52

Plano Representativo de Links Utilizados (Inclusión de Disipadores Shear Link Bozzo)
en Elevación E (Nivel 01, 02, 03 y Nivel 04)

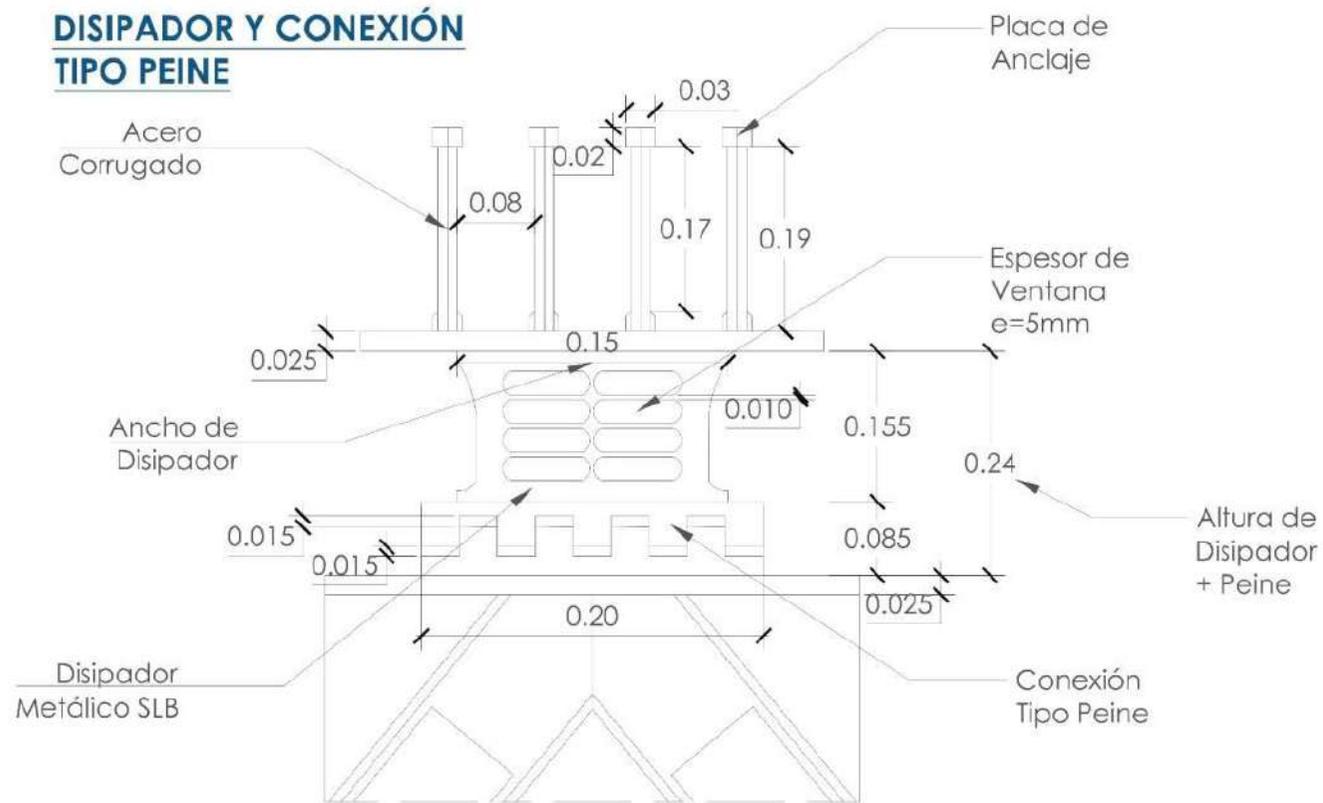
ELEVACIÓN E





Anexo 53

Plano de Detalle de Disipador Metálico SLB2 15_5 y su Correspondiente Conexión Tipo Peine

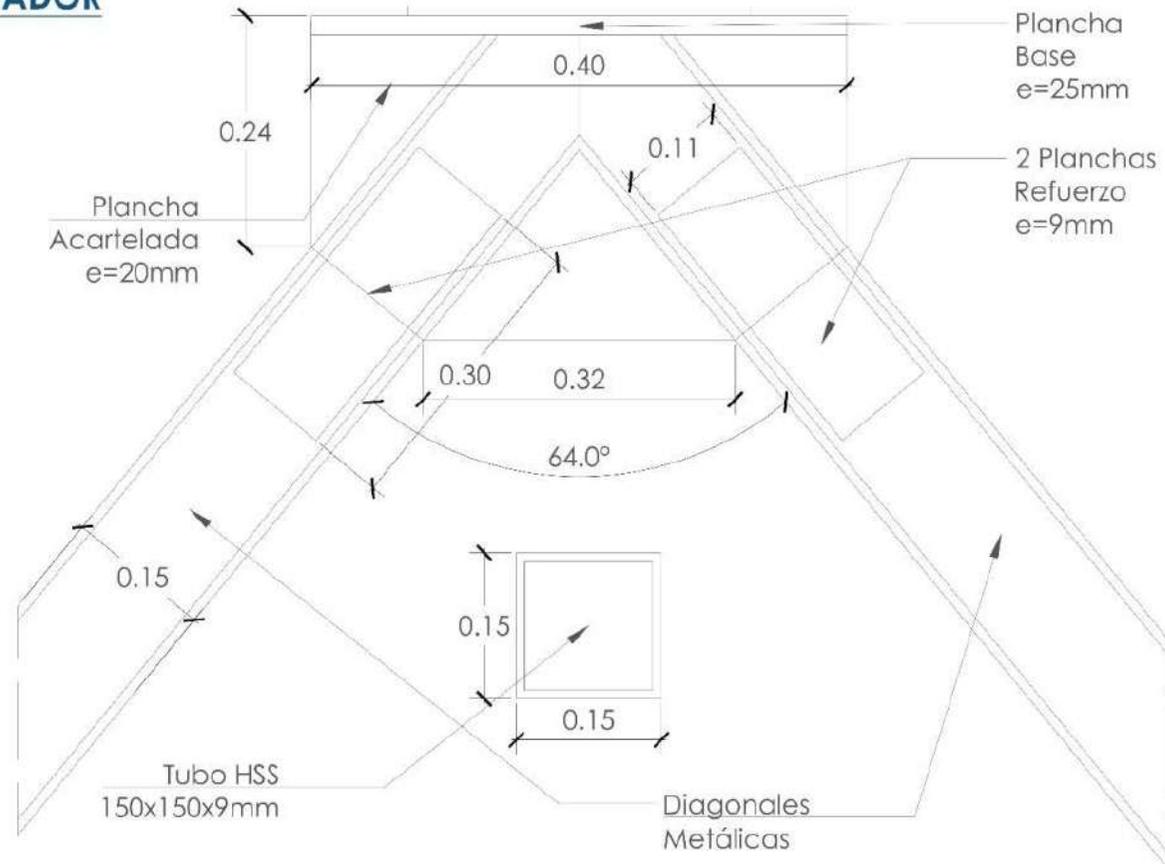




Anexo 54

Plano de Detalle de Conexión de Arriostramiento (Diagonales Metálicas) y Disipador Metálico SLB2 15_5

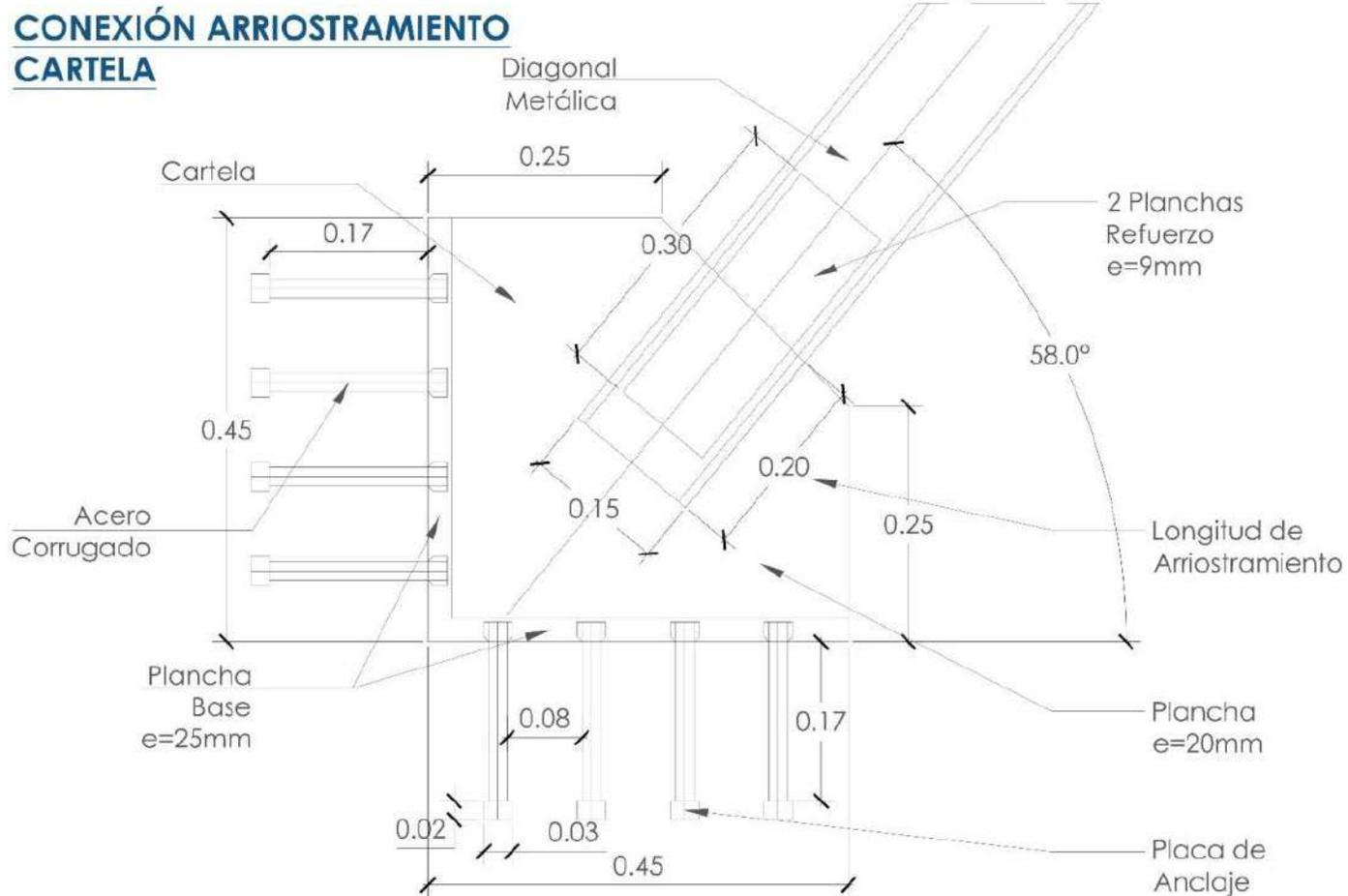
**CONEXIÓN ARRIOSTRAMIENTO
DISIPADOR**





Anexo 55

Plano de Detalle de Conexión de Arriostramiento (Diagonales Metálicas) y Cartelas

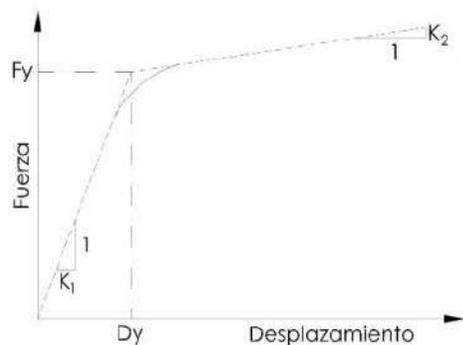
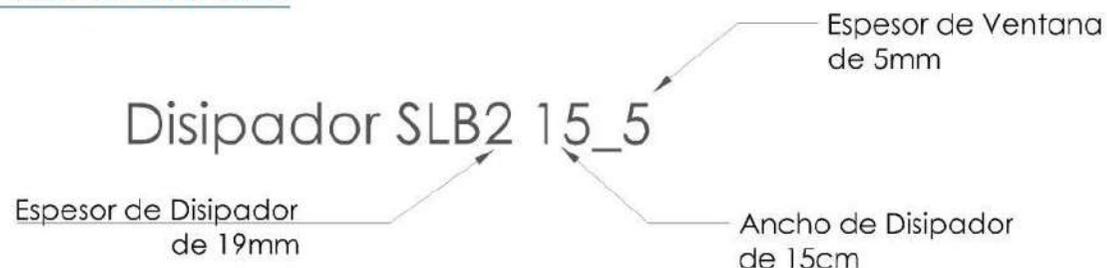




Anexo 56

Plano de Detalle de Características Principales del Disipador Metálico SLB2 15_5

DATOS ADICIONALES

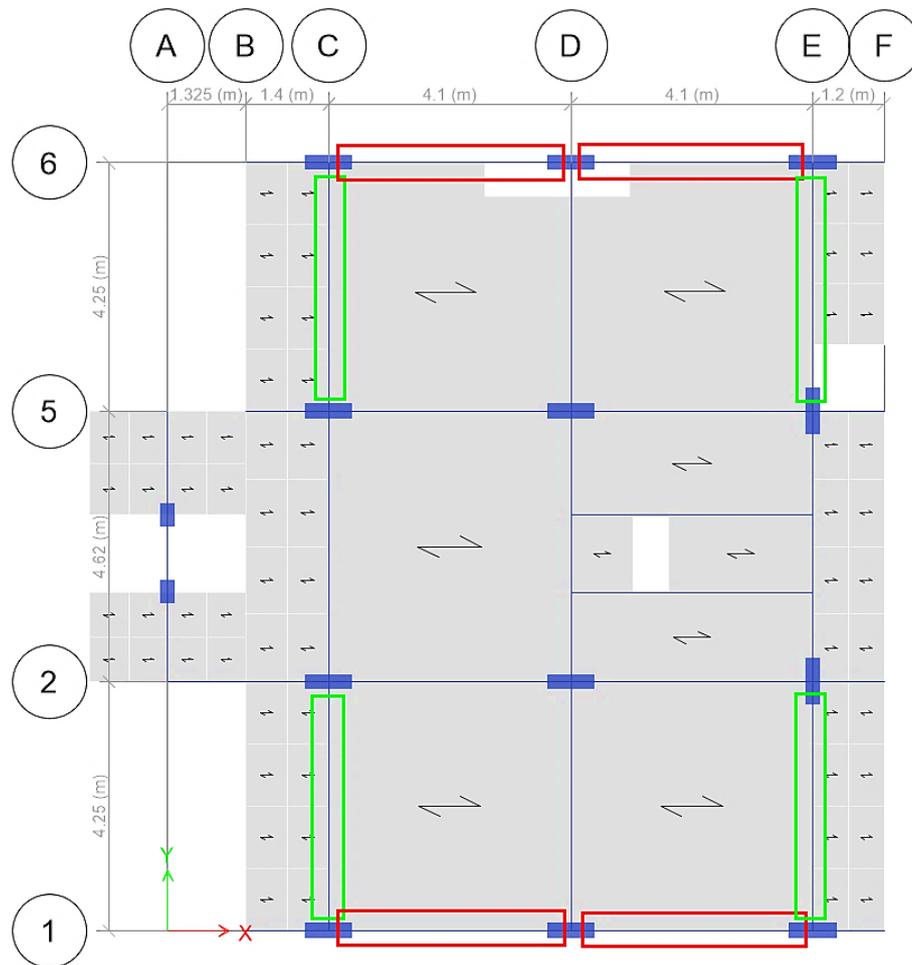


PROPIEDADES DE DISIPADORES SÍSMICOS SHEAR LINK BOZZO (SLB)					
DISIPADOR SIMPLE	UND	Fy (kN)	Dy (mm)	K1 (kN/mm)	K2 (kN/mm)
SLB2 15_5	24	172.50	0.670	2575.60	45.69

DEFINICIÓN
Fy: FUERZA DE FLUENCIA
Dy: DESPLAZAMIENTO DE FLUENCIA
K1: RIGIDEZ INICIAL
K2: RIGIDEZ POST-FLUENCIA

Anexo 57

Vista en Planta de los Ejes Seleccionados para la Incorporación de Dispositivos SLB en la Edificación de 5 Niveles



Se presenta a modo de resumen y expresado en el Anexo 57 el siguiente listado referente a la incorporación de Dispositivos SLB en relación a niveles y elevaciones seleccionadas:

- Nivel 01 / Eje C y E (rectángulo verde) = 4 Dispositivos SLB2 15_5
- Nivel 02 / Eje C, E, 1 y 6 (rectángulo verde y rojo) = 8 Dispositivos SLB2 15_5
- Nivel 03 / Eje C, E, 1 y 6 (rectángulo verde y rojo) = 8 Dispositivos SLB2 15_5
- Nivel 04 / Eje C y E (rectángulo verde) = 4 Dispositivos SLB2 15_5



Se procedió a realizar el prediseño de los Dispositivos SLB por el método de Iteración Directa a través de una hoja de cálculo (Anexo 58), en un inicio se debe asignar el dispositivo más pequeño de la Tabla 4 (SLB2 6_2), conforme se desarrolla las iteraciones respectivas controlando la asignación, fuerza y deformación en los links; se llega a determinar un dispositivo del cual la Demanda/Capacidad (D/C) debe ser menor a 1.5, para el caso particular del estudio se escogió el Dispositivo SLB2 15_5 y el número de 24 dispositivos debido a que era el número y tipo de dispositivo apropiado para obtener un mayor Desempeño Sismorresistente y cumplir con la deriva mínima de 0.0035 para dispositivos de protección sísmica contemplada en la Norma E.031 de Aislamiento de Base, al no contar con una Norma de Disipación de Energía Peruana es que se llega a comparar el parámetro mínimo de distorsión de entrepiso a través de la Normativa Peruana de Aislamiento de Base mediante Análisis Lineal Dinámico. A continuación, se muestra el prediseño de los Dispositivos SLB:

Anexo 58

Prediseño de Dispositivos SLB Mediante Iteración Directa

ITERACIONES											
ELEVACIONES	TRAMO	NIVELES	INICIO		TABLA		ETABS	TABLA	ITERACIÓN		
			LINKS	V(kN)	Disipador	Fy(kN)	Disipador	Fy(kN)	V(kN)	D/C	Verificación
ELEVACIÓN C	TRAMO 1-2	NIVEL 04	K4	61.030	SLB2 6_4	44.90	SLB2 15_5	172.50	120.812	0.7004	OK
		NIVEL 03	K3	64.974	SLB2 8_2	48.10	SLB2 15_5	172.50	116.480	0.6752	OK
		NIVEL 02	K2	65.873	SLB2 8_2	48.10	SLB2 15_5	172.50	116.732	0.6767	OK
		NIVEL 01	K1	66.779	SLB2 8_2	48.10	SLB2 15_5	172.50	111.841	0.6484	OK
	TRAMO 5-6	NIVEL 04	K20	59.108	SLB2 6_3	41.00	SLB2 15_5	172.50	116.026	0.6726	OK
		NIVEL 03	K19	64.414	SLB2 6_5	47.40	SLB2 15_5	172.50	115.782	0.6712	OK
		NIVEL 02	K18	65.427	SLB2 8_2	48.10	SLB2 15_5	172.50	116.358	0.6745	OK
		NIVEL 01	K17	66.777	SLB2 8_2	48.10	SLB2 15_5	172.50	111.761	0.6479	OK
ELEVACIÓN E	TRAMO 1-2	NIVEL 04	K16	50.477	SLB2 6_2	35.60	SLB2 15_5	172.50	93.631	0.5428	OK
		NIVEL 03	K15	57.453	SLB2 6_3	41.00	SLB2 15_5	172.50	98.685	0.5721	OK
		NIVEL 02	K14	61.970	SLB2 6_4	44.90	SLB2 15_5	172.50	102.142	0.5921	OK
		NIVEL 01	K13	60.414	SLB2 6_3	41.00	SLB2 15_5	172.50	83.404	0.4835	OK
	TRAMO 5-6	NIVEL 04	K8	47.999	#N/D	#N/D	SLB2 15_5	172.50	88.872	0.5152	OK
		NIVEL 03	K7	56.063	SLB2 6_3	41.00	SLB2 15_5	172.50	95.558	0.5540	OK
		NIVEL 02	K6	60.922	SLB2 6_4	44.90	SLB2 15_5	172.50	99.559	0.5772	OK
		NIVEL 01	K5	60.574	SLB2 6_3	41.00	SLB2 15_5	172.50	83.833	0.4860	OK
ELEVACIÓN 6	TRAMO C-D	NIVEL 03	K12	55.791	SLB2 6_3	41.00	SLB2 15_5	172.50	103.306	0.5989	OK
		NIVEL 02	K11	62.019	SLB2 6_4	44.90	SLB2 15_5	172.50	121.766	0.7059	OK
	TRAMO D-E	NIVEL 03	K22	54.780	SLB2 6_2	35.60	SLB2 15_5	172.50	102.922	0.5967	OK
		NIVEL 02	K21	61.118	SLB2 6_4	44.90	SLB2 15_5	172.50	120.588	0.6991	OK
ELEVACIÓN 1	TRAMO C-D	NIVEL 03	K24	53.810	SLB2 6_2	35.60	SLB2 15_5	172.50	100.957	0.5853	OK
		NIVEL 02	K23	60.632	SLB2 6_4	44.90	SLB2 15_5	172.50	119.310	0.6917	OK
	TRAMO D-E	NIVEL 03	K10	55.364	SLB2 6_3	41.00	SLB2 15_5	172.50	102.465	0.5940	OK
		NIVEL 02	K9	61.317	SLB2 6_4	44.90	SLB2 15_5	172.50	120.790	0.7002	OK



8.2.8. Costo de Disipadores.

El siguiente presupuesto total por el suministro e instalación de Disipadores Shear Link Bozzo fue realizado en el programa Delphin Express, se muestra a continuación el desgregado de ítems:

PRESUPUESTO DE OBRA

PROYECTO : TESIS: "EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE CONCRETO ARMADO DE 5 NIVELES, CON Y SIN DISIPADORES SHEAR LINK BOZZO MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL Y ANÁLISIS DINÁMICO NO LINEAL EN LA CIUDAD DE CUSCO, PERÚ 2022"

PROPIETARIO : MARIO CLEMENTE YANQUIRIMACHI ROJAS

UBICACION : DPTO: CUSCO PROV: CUSCO DIST: SAN JERONIMO LOC: URB. LOS JARDINES N°01 - PARADERO CONTROL

FECHA PROYECTO : 1/06/2022

Item	Descripción	Unid.	Cant.	Precio	Parcial	Sub Total
1.0	DISIPADORES + CONEXIÓN SHEAR LINK BOZZO					142,765.56
1.1	DISIPADORES DE ENERGÍA SHEAR LINK BOZZO					66,400.80
1.1.1	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE DISIPADORES					66,400.80
1.1.1.1	DISIPADOR TERCERA GENERACIÓN SLB2 15_5	und	24.00	1,440.20	34,564.80	
1.1.1.2	CONEXIÓN TIPO PEINE PARA SLB2 15_5	und	24.00	1,326.50	31,836.00	
1.2	CONEXIONES METÁLICAS DE DISIPADORES SLB					76,364.76
1.2.1	FABRICACIÓN, INSTALACIÓN Y PINTURA DE VIGAS					15,049.68
1.2.1.1	VIGAS DE ACERO	und	24.00	555.07	13,321.68	
1.2.1.2	PINTURA EN VIGAS DE ACERO	und	24.00	72.00	1,728.00	
1.2.2	FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE ANCLAJES					14,393.28
1.2.2.1	ANCLAJES A MUROS	par	24.00	599.72	14,393.28	
1.2.3	FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE DIAGONALES					27,817.80
1.2.3.1	DIAGONALES METÁLICAS	und	12.00	1,598.15	19,177.80	
1.2.3.2	PINTURA EN DIAGONALES METÁLICAS	und	48.00	180.00	8,640.00	
1.2.4	INSTALACIÓN Y SOLDADURA DE TALADROS					19,104.00
1.2.4.1	TALADROS CON EPÓXICO	und	72.00	56.00	4,032.00	
1.2.4.2	PLANCHAS CON PUENTE DE ADHERENCIA	jgo	24.00	222.00	5,328.00	
1.2.4.3	SOLDADURA EN DISIPADORES	und	24.00	406.00	9,744.00	

Costo Directo		142,765.56
Sub Total		142,765.56
I.G.V.	18.00%	25,697.80
Costo de Inversión		168,463.36
Costo de Supervisión	4.74881%	8,000.00
Total Presupuesto		176,463.36

[Son: ciento setenta y seis mil cuatrocientos sesenta y tres Soles con treinta y seis céntimos]

8.2.9. EMS, Planos, Constancias y Solicitudes de Investigación.

Anexo 59

Estudio de Mecánica de Suelos de la Vivienda Multifamiliar de 5 Niveles

Vigo Ingenieros Asociados SAC
Estudio de Mecánica de Suelos

El riesgo sísmico está basada en datos sísmicos instrumentales, datos sísmicos históricos, registros de movimientos fuertes, datos geotécnicos y geofísicos, los que usando el modelo probabilístico de Poisson han sido procesados para obtener la aceleración, velocidad y desplazamiento máximos esperados para periodos de retorno de 30, 50 y 100 años. Esta información se encuentra en mapas con curvas que abarcan los departamentos de Cusco y Puno. Los parámetros correspondientes a la ubicación del proyecto son:

Periodo de retorno (años)		
Parámetros		
Aceleración		
30	50	100
0.137	7.00	9.50
Velocidad		
30	50	100
5.8	2.40	3.30
Velocidad		
30	50	100
2.05	2.40	3.30

De acuerdo a la Norma Sismo resistente, E – 030 del Reglamento Nacional de Construcciones la zona de estudio tiene los siguientes parámetros para una zonificación sísmica según RNC: (ver mapa de zonificación sísmica del Perú.)

ZONA	Coeficiente
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Zona:	2	Mapa de zonificación sísmica
Coefficiente sísmico	0.12	Mapa de zonificación del coef. sísmico
Factor de zona (Z)	0.25	Tabla 1 (RNE norma E-030)
Parámetro del suelo	Ts= 0.9 s	Período predominante.
Perfil tipo de suelo	S ₂	(RNE norma E-030 2.3.1)

La fuerza horizontal o cortante total en la base debido a la acción sísmica es determinada por la siguiente relación:

$$H = \frac{Z \times U \times S \times C \times P}{R}$$

Darwin Vigo Guzmán
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 68472

Av. Micaela Bastidas 259. Of. 705 Wanchaq – Cusco. Telf. 084-506667, 980726975



Anexo 60

Constancia de Laboratorio LABSUELOS S.A.C.

**LABSUELOS
S.A.C.**



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES
ÁREA DE AGREGADOS**

CLIENTE SR. MARIO CLEMENTE YANQUIRIMACHI ROJAS
PROYECTO TESIS: EVALUACIÓN COMPARATIVA DEL DESEMPEÑO SÍSMICO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE CONCRETO ARMADO DE 5 NIVELES, CON Y SIN DISIPADORES SHEAR LINK BOZZO MEDIANTE ANÁLISIS ESTÁTICO NO LINEAL Y ANÁLISIS DINÁMICO NO LINEAL EN LA CIUDAD DE CUSCO, PERÚ 2022

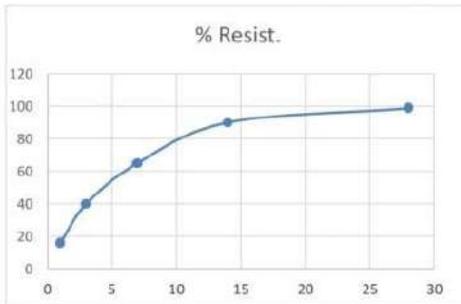
UBICACIÓN: CUSCO
FECHA DE ENSAYO: 27/04/2022
FECHA DE EMISIÓN: 28/04/2022

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE TESTIGOS
CILÍNDRICOS MTC E 704**

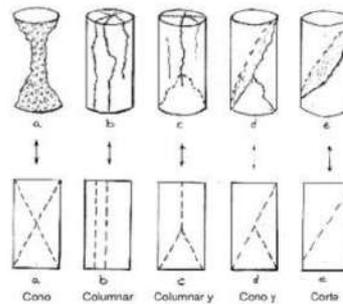
DATOS DE LA MUESTRA

DESCRIPCIÓN: Cilindros de concreto d=15 cm, h=30 cm. **PRESENTACIÓN:** Sueltas
MUESTRA: Cilindros de concreto **CANTIDAD:** 15

Nro	Cod.	Producido en:	Elemento Estruct.	Fecha Moldeo	Fecha Rotura	Edad (días)	Diseño (Kg/cm ²)	Lectura (Kg)	Diámetro promedio	f'c (Kg/cm ²)	% Alcanzado	Tipo de falla
1	1	Laboratorio	Columna	15/02/2022	27/04/2022	71	210	45220	15.4	242.8	115.6	c
2	2	Laboratorio	Columna	15/02/2022	27/04/2022	71	210	39100	15.1	218.3	104.0	b
3	3	Laboratorio	Columna	15/02/2022	27/04/2022	71	210	32210	15.25	176.3	84.0	e
4	4	Laboratorio	Losa	11/01/2022	27/04/2022	106	210	56640	15.2	312.1	148.6	e
5	5	Laboratorio	Losa	11/01/2022	27/04/2022	106	210	34060	15.25	186.5	88.8	e
6	6	Laboratorio	Losa	11/01/2022	27/04/2022	106	210	61170	15.4	328.4	156.4	d
7	7	Laboratorio	Viga	11/01/2022	27/04/2022	106	210	37250	15.32	202.1	96.2	e
8	8	Laboratorio	Viga	11/01/2022	27/04/2022	106	210	64470	15.3	350.7	167.0	d
9	9	Laboratorio	Viga	11/01/2022	27/04/2022	106	210	51570	15.1	288.0	137.1	d
10	10	Laboratorio	Escalera	11/01/2022	27/04/2022	106	210	51750	15.2	285.2	135.8	d
11	11	Laboratorio	Escalera	11/01/2022	27/04/2022	106	210	40900	15.35	221.0	105.2	a
12	12	Laboratorio	Escalera	11/01/2022	27/04/2022	106	210	54170	15.3	294.6	140.3	d
13	13	Laboratorio	Columna	15/02/2022	27/04/2022	71	210	44200	15.25	242.0	115.2	b
14	14	Laboratorio	Columna	15/02/2022	27/04/2022	71	210	56730	15.4	304.6	145.0	e
15	15	Laboratorio	Columna	15/02/2022	27/04/2022	71	210	55400	15.2	305.3	145.4	b



Dias	% Resist.
1	16
3	40
7	65
14	90
28	99



NOTA:
MUESTREO E IDENTIFICACIÓN REALIZADO POR EL SOLICITANTE

LABSUELOS S.A.C.
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
Jose Santa Cruz Pari
ING. CIVIL CIP 59963



Anexo 61

Solicitud de Autorización de Recolección de Datos a Propietaria de Vivienda Multifamiliar

Universidad Andina del Cusco	
SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN Y/O USO DE DATOS, CONSULTA DE DOCUMENTOS, ENTREVISTAS A FUNCIONARIOS Y/O TOMA DE FOTOS Y/O VIDEOS NO ENMARCADOS EN PROCESOS FORMALES DE INVESTIGACIÓN.	
DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL SOLICITANTE	
Nombres y Apellidos: Mario Clemente Yanquirimachi Rojas	
Escuela Profesional: Ingeniería Civil	
Teléfono: 993434191	Correo Electrónico: marioclementeyanquirimachiroja@gmail.com
DATOS DEL CENTRO DE INVESTIGACIÓN	
Nombre:	Ingrith Yanquirimachi Huancu
Dirección:	Av. Manco Capac Urb Los Jardines A-1
Teléfono:	959191082
Correo Electrónico:	
INFORMACIÓN SOBRE LA SOLICITUD	
Procedimiento a realizar:	
<p>El tipo de información requerida con respecto a la propietaria de la vivienda multifamiliar de 5 niveles de concreto armado ubicada en la Urb. Los Jardines San Jerónimo - Cusco es los planos de detalle de la especialidad de arquitectura y estructuras, así mismo el estudio de mecánica de suelos de la presente edificación en estudio. El procedimiento de recolección de datos también constará en toma de fotografías, contraste de dimensiones in situ de los distintos elementos estructurales, y realizar un control del concreto endurecido con esclerómetro, esto último en los distintos elementos estructurales conformantes de la vivienda multifamiliar. La duración de este procedimiento se pretende realizarlo en la primera semana del mes de abril, específicamente entre el martes 05 y domingo 10 de abril del 2022.</p>	
FINALIDAD Y UTILIZACIÓN	
Objetivo de la solicitud:	
<p>Realizar un estudio comparativo del desempeño sísmico entre la estructura sin incorporación de disipadores y la estructura incorporada con disipadores Shear Link Bozzo, aplicando un análisis estático no lineal y un análisis dinámico no lineal en la vivienda multifamiliar de concreto armado de 5 niveles ubicada en la Urb. Los Jardines del Distrito de San Jerónimo, Provincia y Departamento de Cusco 2022.</p>	
Justificación:	
<p>Al término de esta investigación los beneficiarios son los ocupantes de la edificación de la propietaria, ya que los resultados obtenidos serán difundidos y así la propietaria tomará decisiones que vea por conveniente para un futuro reforzamiento estructural basado en un sustento técnico.</p>	
<small>Urb. Ingeniería Larapa Grande A-7, San Jerónimo centraldeinformes@uandina.edu.pe</small>	



Utilización:

La presente información solicitada se usará como base para construir el modelo matemático de la edificación, conjuntamente a ello todos los resultados obtenidos finalizado la investigación serán publicados en el repositorio de la Universidad Andina del Cusco, así como también serán entregados a la propietaria de la vivienda multifamiliar.

El solicitante se compromete a:

1. Cumplir con el plan y cronograma de trabajo establecido en las áreas que así lo autorizaron.
2. Realizar únicamente la recolección de la información autorizada.
3. Una vez realizado el trabajo, se remitirá una copia del mismo al centro de investigación.
4. Esta autorización solamente aplica para la realización del trabajo referenciado arriba. Si se requiere ampliación, deberá nuevamente solicitar el correspondiente permiso.
5. Mantener la confidencialidad y la seguridad de la información de los participantes, haciendo uso de esta únicamente para lo expuesto en esta solicitud.
6. Para presentaciones públicas de la información recolectada se darán los créditos correspondientes, que incluyan la procedencia de las imágenes, datos, etc., si así lo requiere el centro de investigación.

Firma del solicitante:

Fecha: 05/04/2022
Nombre: Mario Clemente
Yanquirimachi Rojas

RESPUESTA A LA SOLICITUD:

Tras la verificación de lo expuesto en esta solicitud en relación con el uso de la información, el procedimiento propuesto y la pertinencia del mismo, esta solicitud es:

Autorizada: X

No autorizada:

Observaciones: Solo se consiere esta informacion para
trabajas de investigacion de la UAC y no otras.

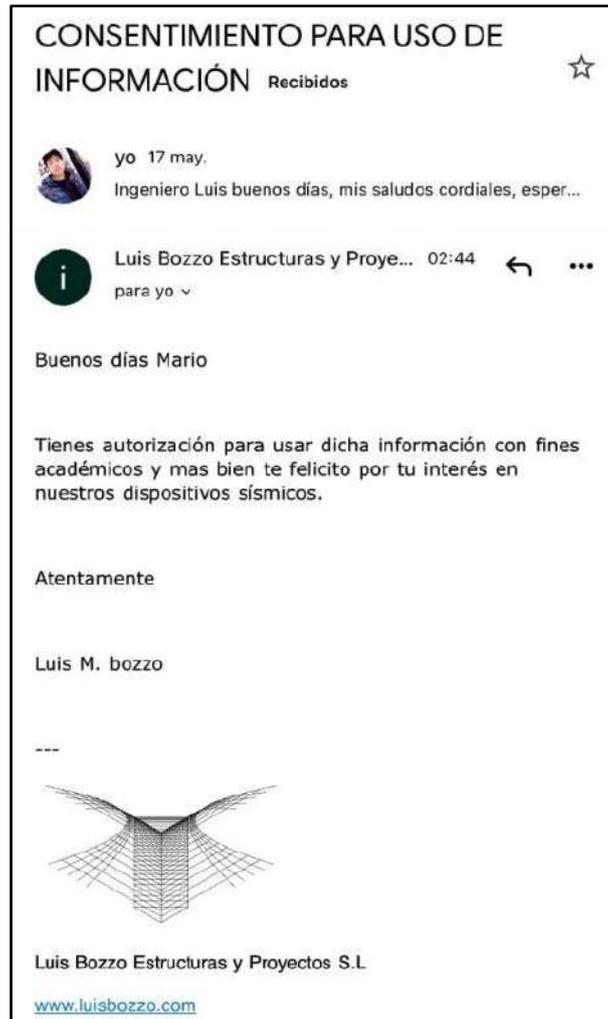
En constancia de lo anterior firma:

Fecha: 07-04-2022
Nombre



Anexo 62

Solicitud de Autorización de Recolección de Datos a Ing. Luis Miguel Bozzo Rotondo





8.3. Recolección de Data Real

8.3.1. Cálculo de la Resistencia a la Compresión del Concreto en el Tiempo.

8.3.1.1. Valor de f_c Ratificado para Análisis Dinámico Lineal.



Tesis: "Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022".

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN EL TIEMPO

CÓDIGO MODELO CEB-FIP 1990

Se puede recurrir a otras normativas para establecer la evolución de la resistencia con el tiempo. En este sentido, tomando la expresión facilitada por el Código Modelo CEB-FIP 1990 se tiene (Valcuende et al., 2011, pág. 3):

$$f_c(j) = \beta_{cc}(j) f_{c,28}$$

Donde $\beta_{cc}(j)$ es un coeficiente de valor:

$$\beta_{cc}(j) = e^{\left[s \left(1 - \sqrt{\frac{28}{j}} \right) \right]}$$

Siendo:

$f_c(j)$	Resistencia a Compresión a la Edad "j"
$f_{c,28}$	Resistencia a Compresión a la Edad de 28 Días
s	Coeficiente que Depende del Tipo de Cemento y que Adopta los Valores:
0.20	Para Cementos de Endurecimiento Rápido y de Alta Resistencia
0.25	Para Cementos de Endurecimiento Normal o Rápido
0.38	Para Cementos de Endurecimiento Lento

COMPROBACIÓN DE LA FÓRMULA

MKS	MPA
$j := 95$ días	$j = 95$
$s := 0.38$	$s = 0.38$
$f_{c,28} := 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	$f_{c,28} = 20.594 \text{ MPa}$

Reemplazando datos:

$$\beta_{cc} := e^{s \left(1 - \sqrt{\frac{28}{j}} \right)} = 1.19 \quad f_c(j) := \beta_{cc} f_{c,28} = 249.837 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Resistencia de Concreto a los 95 Días de Realizado el Ensayo con Esclerómetro Análogo

Autor: Mario Clemente Yanquirimachi Rojas



8.3.1.2. Valor de f_c Ratificado para Análisis Estático No Lineal y Dinámico No Lineal.



Tesis: "Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022".

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN EL TIEMPO

CÓDIGO MODELO CEB-FIP 1990

Se puede recurrir a otras normativas para establecer la evolución de la resistencia con el tiempo. En este sentido, tomando la expresión facilitada por el Código Modelo CEB-FIP 1990 se tiene (Valcuende et al., 2011, pág. 3):

$$f_c(j) = \beta_{cc}(j) f_{c,28}$$

Donde $\beta_{cc}(j)$ es un coeficiente de valor:

$$\beta_{cc}(j) = e^{\left[s \left(1 - \sqrt{\frac{28}{j}} \right) \right]}$$

Siendo:

$f_c(j)$	Resistencia a Compresión a la Edad "j"
$f_{c,28}$	Resistencia a Compresión a la Edad de 28 Días
s	Coficiente que Depende del Tipo de Cemento y que Adopta los Valores:
0.20	Para Cementos de Endurecimiento Rápido y de Alta Resistencia
0.25	Para Cementos de Endurecimiento Normal o Rápido
0.38	Para Cementos de Endurecimiento Lento

COMPROBACIÓN DE LA FÓRMULA

MKS	MPa
$j := 332$ días	$j = 332$
$s := 0.38$	$s = 0.38$
$f_{c,28} := 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	$f_{c,28} = 20.594 \text{ MPa}$

Reemplazando datos:

$$\beta_{cc} := e^{s \left(1 - \sqrt{\frac{28}{j}} \right)} = 1.309 \quad f_c(j) := \beta_{cc} f_{c,28} = 274.995 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Resistencia de Concreto a los 332 Días Culinado la Construcción del Edificio

Autor: Mario Clemente Yanquirimachi Rojas



8.3.2. Cálculo de Irregularidades Estructurales.

8.3.2.1. Irregularidades Estructurales del Edificio Sin Incorporación de SLBs.

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA

1. Irregularidad de Rigidez o Piso Blando

Dirección "X":

Nivel	Caso de Carga	Vx	Ux	$\Delta CM(i)$	Ki	0.70 · Ki+1	Ratio	Verificación
		tonf	m	m	tonf/m	tonf/m		
Nivel 05	DINÁM. X	15.991	0.01052	0.00142	11245.710	-	-	-
Nivel 04	DINÁM. X	28.620	0.00910	0.00191	14976.609	7871.997	1.903	Regular
Nivel 03	DINÁM. X	38.480	0.00719	0.00237	16256.696	10483.626	1.551	Regular
Nivel 02	DINÁM. X	45.340	0.00482	0.00253	17942.382	11379.687	1.577	Regular
Nivel 01	DINÁM. X	49.814	0.00230	0.00230	21705.490	12559.668	1.728	Regular

Ki	$0.80 \cdot 1/3(Ki+1 + Ki+2 + \dots)$	Ratio	Verificación
tonf/m	tonf/m		
11245.710	-	-	-
14976.609	-	-	-
16256.696	-	-	-
17942.382	11327.737	1.584	Regular
21705.490	13113.517	1.655	Regular

Dirección "Y":

Nivel	Caso de Carga	Vy	Uy	$\Delta CM(i)$	Ki	0.70 · Ki+1	Ratio	Verificación
		tonf	m	m	tonf/m	tonf/m		
Nivel 05	DINÁM. Y	14.113	0.01275	0.00158	8909.470	-	-	-
Nivel 04	DINÁM. Y	25.261	0.01117	0.00223	11322.636	6236.629	1.816	Regular
Nivel 03	DINÁM. Y	33.945	0.00894	0.00273	12429.440	7925.845	1.568	Regular
Nivel 02	DINÁM. Y	40.278	0.00620	0.00295	13648.865	8700.608	1.569	Regular
Nivel 01	DINÁM. Y	44.948	0.00325	0.00325	13817.369	9554.205	1.446	Regular

Ki	$0.80 \cdot 1/3(Ki+1 + Ki+2 + \dots)$	Ratio	Verificación
tonf/m	tonf/m		
8909.470	-	-	-
11322.636	-	-	-
12429.440	-	-	-
13648.865	8709.745	1.567	Regular
13817.369	9973.584	1.365	Regular

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a la =

1

2. Irregularidad Extrema de Rigidez

Dirección "X":

Nivel	Caso de Carga	Vx	Ux	$\Delta CM(i)$	Ki	0.60 · Ki+1	Ratio	Verificación
		tonf	m	m	tonf/m	tonf/m		
Nivel 05	DINÁM. X	15.991	0.01052	0.00142	11245.710	-	-	-
Nivel 04	DINÁM. X	28.620	0.00910	0.00191	14976.609	6747.426	2.220	Regular
Nivel 03	DINÁM. X	38.480	0.00719	0.00237	16256.696	8985.965	1.809	Regular
Nivel 02	DINÁM. X	45.340	0.00482	0.00253	17942.382	9754.018	1.839	Regular
Nivel 01	DINÁM. X	49.814	0.00230	0.00230	21705.490	10765.429	2.016	Regular



Ki	$0.70 \cdot 1/3(K_{i+1} + K_{i+2} + \dots)$	Ratio	Verificación
tonf/m	tonf/m		
11245.710	-	-	-
14976.609	-	-	-
16256.696	-	-	-
17942.382	9911.770	1.810	Regular
21705.490	11474.327	1.892	Regular

Dirección "Y":

Nivel	Caso de Carga	Vy	Uy	$\Delta CM(i)$	Ki	$0.60 \cdot K_{i+1}$	Ratio	Verificación
		tonf	m	m	tonf/m	tonf/m		
Nivel 05	DINÁM. Y	14.113	0.01275	0.00158	8909.470	-	-	-
Nivel 04	DINÁM. Y	25.261	0.01117	0.00223	11322.636	5345.682	2.118	Regular
Nivel 03	DINÁM. Y	33.945	0.00894	0.00273	12429.440	6793.581	1.830	Regular
Nivel 02	DINÁM. Y	40.278	0.00620	0.00295	13648.865	7457.664	1.830	Regular
Nivel 01	DINÁM. Y	44.948	0.00325	0.00325	13817.369	8189.319	1.687	Regular

Ki	$0.70 \cdot 1/3(K_{i+1} + K_{i+2} + \dots)$	Ratio	Verificación
tonf/m	tonf/m		
8909.470	-	-	-
11322.636	-	-	-
12429.440	-	-	-
13648.865	7621.027	1.791	Regular
13817.369	8726.886	1.583	Regular

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a la = 1

3. Irregularidad Resistencia o Piso Débil

Nivel	C1	P1	$\Sigma(bw \cdot d)_i$	$0.80 \cdot \Sigma(bw \cdot d)_{i+1}$	Ratio	Verificación
	m ²	m ²				
Nivel 05	2.6	0	2.6	-	-	-
Nivel 04	2.6	0	2.6	2.08	1.250	Regular
Nivel 03	2.6	0	2.6	2.08	1.250	Regular
Nivel 02	2.6	0	2.6	2.08	1.250	Regular
Nivel 01	2.6	0	2.6	2.08	1.250	Regular

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a la = 1

4. Irregularidad Extrema de Resistencia

Nivel	C1	P1	$\Sigma(bw \cdot d)_i$	$0.65 \cdot \Sigma(bw \cdot d)_{i+1}$	Ratio	Verificación
	m ²	m ²				
Nivel 05	2.6	0	2.6	-	-	-
Nivel 04	2.6	0	2.6	1.69	1.538	Regular
Nivel 03	2.6	0	2.6	1.69	1.538	Regular
Nivel 02	2.6	0	2.6	1.69	1.538	Regular
Nivel 01	2.6	0	2.6	1.69	1.538	Regular

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a la = 1



5. Irregularidad de Masa o Peso

Nivel	Mi	Wi	1.5 · Wi+1	Verificación	Wi	1.5 · Wi-1	Ratio	Verificación
	tonf-S2/m	tonf	tonf		ton	tonf		
Nivel 05	13.084090	128.311091	-	-	128.311091	197.165003	0.651	Regular
Nivel 04	13.403490	131.443335	192.466637	Regular	131.443335	196.901253	0.668	Regular
Nivel 03	13.385560	131.267502	197.165003	Regular	131.267502	196.901253	0.667	Regular
Nivel 02	13.385560	131.267502	196.901253	Regular	131.267502	263.767504	0.498	Regular
Nivel 01	17.931200	175.845002	196.901253	Regular	175.845002	-	-	-

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a la = 1

6. Irregularidad Geométrica Vertical

Dirección "X":

Nivel	Li	Li+1	1.3 · Li+1	Verificación	Li-1	1.3 · Li-1	Ratio	Verificación
	m	m	m		m	m		
Nivel 05	10.8	-	-	-	10.8	14.04	0.769	Regular
Nivel 04	10.8	10.8	14.04	Regular	10.8	14.04	0.769	Regular
Nivel 03	10.8	10.8	14.04	Regular	10.8	14.04	0.769	Regular
Nivel 02	10.8	10.8	14.04	Regular	10.8	14.04	0.769	Regular
Nivel 01	10.8	10.8	14.04	Regular	-	-	-	-

Dirección "Y":

Nivel	Li	Li+1	1.3 · Li+1	Verificación	Li-1	1.3 · Li-1	Ratio	Verificación
	m	m	m		m	m		
Nivel 05	13.12	-	-	-	13.12	17.056	0.769	Regular
Nivel 04	13.12	13.12	17.056	Regular	13.12	17.056	0.769	Regular
Nivel 03	13.12	13.12	17.056	Regular	13.12	17.056	0.769	Regular
Nivel 02	13.12	13.12	17.056	Regular	13.12	17.056	0.769	Regular
Nivel 01	13.12	13.12	17.056	Regular	-	-	-	-

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a la = 1

7. Irregularidad Discontinuidad de los Sistemas Resistentes

$\Delta e_j =$	0	m	$V_e =$	5.5233	tonf
$L_e =$	0.8	m	$V_i =$	49.814	tonf
$0.25 \cdot L_e =$	0.2	m	$0.10 \cdot V_i =$	4.98141	tonf
Verificación =	Regular		Verificación =	Aplica	

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a la = 1

8. Irregularidad Discontinuidad Extrema de los Sistemas Resistentes

$\Delta e_j =$	0	m	$V_e =$	5.5233	tonf
$L_e =$	0.8	m	$V_i =$	49.814	tonf
$0.25 \cdot L_e =$	0.2	m	$0.25 \cdot V_i =$	12.453525	tonf
Verificación =	Regular		Verificación =	No Aplica	

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a la = 1



IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA

9. Irregularidad Torsional

Dirección "X":

Nivel	Caso de Carga	Ítem	Máx Drift	Avg Drift	Ratio	Promedio	Ratio	Verificación
Nivel 05	DINÁM. X	Diaph D1	0.000685	0.000630	1.088	0.000630	1.088	Regular
Nivel 04	DINÁM. X	Diaph D1	0.000943	0.000863	1.093	0.000863	1.093	Regular
Nivel 03	DINÁM. X	Diaph D1	0.001166	0.001062	1.098	0.001062	1.098	Regular
Nivel 02	DINÁM. X	Diaph D1	0.001242	0.001128	1.101	0.001128	1.101	Regular
Nivel 01	DINÁM. X	Diaph D1	0.000817	0.000754	1.084	0.000754	1.084	Regular

Dirección "Y":

Nivel	Caso de Carga	Ítem	Máx Drift	Avg Drift	Ratio	Promedio	Ratio	Verificación
Nivel 05	DINÁM. Y	Diaph D1	0.000727	0.000657	1.106	0.000657	1.106	Regular
Nivel 04	DINÁM. Y	Diaph D1	0.000953	0.000907	1.050	0.000907	1.050	Regular
Nivel 03	DINÁM. Y	Diaph D1	0.001103	0.001081	1.021	0.001081	1.021	Regular
Nivel 02	DINÁM. Y	Diaph D1	0.001211	0.001173	1.033	0.001173	1.033	Regular
Nivel 01	DINÁM. Y	Diaph D1	0.000973	0.000950	1.024	0.000950	1.024	Regular

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a $I_p =$

1

10. Irregularidad Torsional Extrema

Dirección "X":

Nivel	Caso de Carga	Ítem	Máx Drift	Avg Drift	Ratio	Promedio	Ratio	Verificación
Nivel 05	DINÁM. X	Diaph D1	0.000685	0.000630	1.088	0.000630	1.088	Regular
Nivel 04	DINÁM. X	Diaph D1	0.000943	0.000863	1.093	0.000863	1.093	Regular
Nivel 03	DINÁM. X	Diaph D1	0.001166	0.001062	1.098	0.001062	1.098	Regular
Nivel 02	DINÁM. X	Diaph D1	0.001242	0.001128	1.101	0.001128	1.101	Regular
Nivel 01	DINÁM. X	Diaph D1	0.000817	0.000754	1.084	0.000754	1.084	Regular

Dirección "Y":

Nivel	Caso de Carga	Ítem	Máx Drift	Avg Drift	Ratio	Promedio	Ratio	Verificación
Nivel 05	DINÁM. Y	Diaph D1	0.000727	0.000657	1.106	0.000657	1.106	Regular
Nivel 04	DINÁM. Y	Diaph D1	0.000953	0.000907	1.050	0.000907	1.050	Regular
Nivel 03	DINÁM. Y	Diaph D1	0.001103	0.001081	1.021	0.001081	1.021	Regular
Nivel 02	DINÁM. Y	Diaph D1	0.001211	0.001173	1.033	0.001173	1.033	Regular
Nivel 01	DINÁM. Y	Diaph D1	0.000973	0.000950	1.024	0.000950	1.024	Regular

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a $I_p =$

1

11. Irregularidad Esquinas Entrantes

Dirección "X" e "Y":



Nivel	Dirección en X (m)			Verificación	Dirección en Y (m)			Verificación
	Lx (may)	Lesq (men)	0.20 · Lx		Ly (may)	Lesq (men)	0.20 · Ly	
Nivel 05	10.8	3.65	2.16	Irregular	13.12	1.73	2.624	Regular
Nivel 04	10.8	3.65	2.16	Irregular	13.12	1.73	2.624	Regular
Nivel 03	10.8	3.65	2.16	Irregular	13.12	1.73	2.624	Regular
Nivel 02	10.8	3.65	2.16	Irregular	13.12	1.73	2.624	Regular
Nivel 01	10.8	3.65	2.16	Irregular	13.12	1.73	2.624	Regular

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a $I_p = 1$

12. Irregularidad Discontinuidad del Diafragma

Ai =	141.70	m ²	Sáreabruta =	2.16	m ²
0.50 · Ai =	70.85	m ²	Sresistente =	2.040	m ²
Aapertura =	0.792	m ²	0.25 · Sáreabruta =	0.54	m ²
Verificación =	Regular		Verificación =	Regular	

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a $I_p = 1$

13. Irregularidad Sistemas No Paralelos

Δx =	0	m	Velemento =	0.00	tonf
Δy =	0	m	Vi =	49.814	tonf
Relación =	0.000	rad	0.10 · Vi =	4.98141	tonf
Grados Sexagesimales =	0.000	°	Verificación =	No Aplica	
Verificación =	Regular				

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a $I_p = 1$

14. Resumen de Irregularidades Estructurales

Altura / Planta	Irregularidades	Condición	Factor Obtenido	Aplicar en ETABS
Altura = [Ia]	Rigidez o Piso Blando	Regular	1	1
	Extrema de Rigidez	Regular	1	
	Resistencia o Piso Débil	Regular	1	
	Extrema de Resistencia	Regular	1	
	Masa o Peso	Regular	1	
	Geométrica Vertical	Regular	1	
	Discontinuidad Sistemas Resistentes	Regular	1	
Planta = [Ip]	Discontinuidad Extrema Sistemas Resistente	Regular	1	1
	Torsional	Regular	1	
	Torsional Extrema	Regular	1	
	Esquinas Entrantes	Regular	1	
	Discontinuidad del Diafragma	Regular	1	
Sistemas No Paralelos	Regular	1		



8.3.2.2. Irregularidades Estructurales del Edificio Con Incorporación de SLBs.

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA

1. Irregularidad de Rigidez o Piso Blando

Dirección "X":

Nivel	Caso de Carga	Vx	Ux	$\Delta CM(i)$	Ki	0.70 · Ki+1	Ratio	Verificación
		tonf	m	m	tonf/m	tonf/m		
Nivel 05	DINÁM. X	17.731	0.00600	0.00119	14912.279	-	-	-
Nivel 04	DINÁM. X	30.704	0.00481	0.00124	24721.256	10438.595	2.368	Regular
Nivel 03	DINÁM. X	40.274	0.00357	0.00089	45049.441	17304.879	2.603	Regular
Nivel 02	DINÁM. X	47.865	0.00267	0.00102	47018.271	31534.609	1.491	Regular
Nivel 01	DINÁM. X	55.088	0.00166	0.00166	33265.821	32912.790	1.011	Regular

Ki	$0.80 \cdot 1/3(Ki+1 + Ki+2 + \dots)$	Ratio	Verificación
tonf/m	tonf/m		
14912.279	-	-	-
24721.256	-	-	-
45049.441	-	-	-
47018.271	22582.127	2.082	Regular
33265.821	31143.725	1.068	Regular

Dirección "Y":

Nivel	Caso de Carga	Vy	Uy	$\Delta CM(i)$	Ki	0.70 · Ki+1	Ratio	Verificación
		tonf	m	m	tonf/m	tonf/m		
Nivel 05	DINÁM. Y	17.268	0.00419	0.00100	17233.633	-	-	-
Nivel 04	DINÁM. Y	29.118	0.00319	0.00069	41956.628	12063.543	3.478	Regular
Nivel 03	DINÁM. Y	38.603	0.00250	0.00075	51470.933	29369.640	1.753	Regular
Nivel 02	DINÁM. Y	45.373	0.00175	0.00079	57360.936	36029.653	1.592	Regular
Nivel 01	DINÁM. Y	50.275	0.00096	0.00096	52644.084	40152.655	1.311	Regular

Ki	$0.80 \cdot 1/3(Ki+1 + Ki+2 + \dots)$	Ratio	Verificación
tonf/m	tonf/m		
17233.633	-	-	-
41956.628	-	-	-
51470.933	-	-	-
57360.936	29509.652	1.944	Regular
52644.084	40210.266	1.309	Regular

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a la =

1

2. Irregularidad Extrema de Rigidez

Dirección "X":

Nivel	Caso de Carga	Vx	Ux	$\Delta CM(i)$	Ki	0.60 · Ki+1	Ratio	Verificación
		tonf	m	m	tonf/m	tonf/m		
Nivel 05	DINÁM. X	17.731	0.00600	0.00119	14912.279	-	-	-
Nivel 04	DINÁM. X	30.704	0.00481	0.00124	24721.256	8947.368	2.763	Regular
Nivel 03	DINÁM. X	40.274	0.00357	0.00089	45049.441	14832.754	3.037	Regular
Nivel 02	DINÁM. X	47.865	0.00267	0.00102	47018.271	27029.664	1.740	Regular
Nivel 01	DINÁM. X	55.088	0.00166	0.00166	33265.821	28210.963	1.179	Regular



Ki	$0.70 \cdot 1/3(K_{i+1} + K_{i+2} + \dots)$	Ratio	Verificación
tonf/m	tonf/m		
14912.279	-	-	-
24721.256	-	-	-
45049.441	-	-	-
47018.271	19759.361	2.380	Regular
33265.821	27250.759	1.221	Regular

Dirección "Y":

Nivel	Caso de Carga	Vy	Uy	$\Delta CM(i)$	Ki	$0.60 \cdot K_{i+1}$	Ratio	Verificación
		tonf	m	m	tonf/m	tonf/m		
Nivel 05	DINÁM. Y	17.268	0.00419	0.00100	17233.633	-	-	-
Nivel 04	DINÁM. Y	29.118	0.00319	0.00069	41956.628	10340.180	4.058	Regular
Nivel 03	DINÁM. Y	38.603	0.00250	0.00075	51470.933	25173.977	2.045	Regular
Nivel 02	DINÁM. Y	45.373	0.00175	0.00079	57360.936	30882.560	1.857	Regular
Nivel 01	DINÁM. Y	50.275	0.00096	0.00096	52644.084	34416.561	1.530	Regular

Ki	$0.70 \cdot 1/3(K_{i+1} + K_{i+2} + \dots)$	Ratio	Verificación
tonf/m	tonf/m		
17233.633	-	-	-
41956.628	-	-	-
51470.933	-	-	-
57360.936	25820.945	2.221	Regular
52644.084	35183.983	1.496	Regular

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a la =

1

3. Irregularidad Resistencia o Piso Débil

Nivel	C1	P1	$\Sigma(bw \cdot d)_i$	$0.80 \cdot \Sigma(bw \cdot d)_{i+1}$	Ratio	Verificación
	m ²	m ²				
Nivel 05	2.6	0	2.6	-	-	-
Nivel 04	2.6	0	2.6	2.08	1.250	Regular
Nivel 03	2.6	0	2.6	2.08	1.250	Regular
Nivel 02	2.6	0	2.6	2.08	1.250	Regular
Nivel 01	2.6	0	2.6	2.08	1.250	Regular

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a la =

1

4. Irregularidad Extrema de Resistencia

Nivel	C1	P1	$\Sigma(bw \cdot d)_i$	$0.65 \cdot \Sigma(bw \cdot d)_{i+1}$	Ratio	Verificación
	m ²	m ²				
Nivel 05	2.6	0	2.6	-	-	-
Nivel 04	2.6	0	2.6	1.69	1.538	Regular
Nivel 03	2.6	0	2.6	1.69	1.538	Regular
Nivel 02	2.6	0	2.6	1.69	1.538	Regular
Nivel 01	2.6	0	2.6	1.69	1.538	Regular

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a la =

1



5. Irregularidad de Masa o Peso

Nivel	Mi	Wi	1.5 · Wi+1	Verificación	Wi	1.5 · Wi-1	Ratio	Verificación
	tonf-S2/m	tonf	tonf		ton	tonf		
Nivel 05	13.084090	128.311091	-	-	128.311091	197.893147	0.648	Regular
Nivel 04	13.452990	131.928764	192.466637	Regular	131.928764	199.167178	0.662	Regular
Nivel 03	13.539600	132.778118	197.893147	Regular	132.778118	200.020944	0.664	Regular
Nivel 02	13.597640	133.347296	199.167178	Regular	133.347296	267.24553	0.499	Regular
Nivel 01	18.167640	178.163687	200.020944	Regular	178.163687	-	-	-

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a la = 1

6. Irregularidad Geométrica Vertical

Dirección "X":

Nivel	Li	Li+1	1.3 · Li+1	Verificación	Li-1	1.3 · Li-1	Ratio	Verificación
	m	m	m		m	m		
Nivel 05	10.8	-	-	-	10.8	14.04	0.769	Regular
Nivel 04	10.8	10.8	14.04	Regular	10.8	14.04	0.769	Regular
Nivel 03	10.8	10.8	14.04	Regular	10.8	14.04	0.769	Regular
Nivel 02	10.8	10.8	14.04	Regular	10.8	14.04	0.769	Regular
Nivel 01	10.8	10.8	14.04	Regular	-	-	-	-

Dirección "Y":

Nivel	Li	Li+1	1.3 · Li+1	Verificación	Li-1	1.3 · Li-1	Ratio	Verificación
	m	m	m		m	m		
Nivel 05	13.12	-	-	-	13.12	17.056	0.769	Regular
Nivel 04	13.12	13.12	17.056	Regular	13.12	17.056	0.769	Regular
Nivel 03	13.12	13.12	17.056	Regular	13.12	17.056	0.769	Regular
Nivel 02	13.12	13.12	17.056	Regular	13.12	17.056	0.769	Regular
Nivel 01	13.12	13.12	17.056	Regular	-	-	-	-

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a la = 1

7. Irregularidad Discontinuidad de los Sistemas Resistentes

$\Delta e_j =$	0	m	$V_e =$	5.5909	tonf
$L_e =$	0.8	m	$V_i =$	55.088	tonf
$0.25 \cdot L_e =$	0.2	m	$0.10 \cdot V_i =$	5.50882	tonf
Verificación =	Regular		Verificación =	Aplica	

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a la = 1

8. Irregularidad Discontinuidad Extrema de los Sistemas Resistentes

$\Delta e_j =$	0	m	$V_e =$	5.5909	tonf
$L_e =$	0.8	m	$V_i =$	55.088	tonf
$0.25 \cdot L_e =$	0.2	m	$0.25 \cdot V_i =$	13.77205	tonf
Verificación =	Regular		Verificación =	No Aplica	

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a la = 1



IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA

9. Irregularidad Torsional

Dirección "X":

Nivel	Caso de Carga	Ítem	Máx Drift	Avg Drift	Ratio	Promedio	Ratio	Verificación
Nivel 05	DINÁM. X	Diaph D1	0.000530	0.000504	1.050	0.000504	1.050	Regular
Nivel 04	DINÁM. X	Diaph D1	0.000552	0.000525	1.051	0.000525	1.051	Regular
Nivel 03	DINÁM. X	Diaph D1	0.000364	0.000357	1.020	0.000357	1.020	Regular
Nivel 02	DINÁM. X	Diaph D1	0.000418	0.000407	1.025	0.000407	1.025	Regular
Nivel 01	DINÁM. X	Diaph D1	0.000529	0.000509	1.040	0.000509	1.040	Regular

Dirección "Y":

Nivel	Caso de Carga	Ítem	Máx Drift	Avg Drift	Ratio	Promedio	Ratio	Verificación
Nivel 05	DINÁM. Y	Diaph D1	0.000475	0.000410	1.159	0.000410	1.159	Regular
Nivel 04	DINÁM. Y	Diaph D1	0.000323	0.000277	1.166	0.000277	1.166	Regular
Nivel 03	DINÁM. Y	Diaph D1	0.000325	0.000293	1.109	0.000293	1.109	Regular
Nivel 02	DINÁM. Y	Diaph D1	0.000333	0.000307	1.084	0.000307	1.084	Regular
Nivel 01	DINÁM. Y	Diaph D1	0.000324	0.000284	1.142	0.000284	1.142	Regular

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a $I_p = 1$

10. Irregularidad Torsional Extrema

Dirección "X":

Nivel	Caso de Carga	Ítem	Máx Drift	Avg Drift	Ratio	Promedio	Ratio	Verificación
Nivel 05	DINÁM. X	Diaph D1	0.000530	0.000504	1.050	0.000504	1.050	Regular
Nivel 04	DINÁM. X	Diaph D1	0.000552	0.000525	1.051	0.000525	1.051	Regular
Nivel 03	DINÁM. X	Diaph D1	0.000364	0.000357	1.020	0.000357	1.020	Regular
Nivel 02	DINÁM. X	Diaph D1	0.000418	0.000407	1.025	0.000407	1.025	Regular
Nivel 01	DINÁM. X	Diaph D1	0.000529	0.000509	1.040	0.000509	1.040	Regular

Dirección "Y":

Nivel	Caso de Carga	Ítem	Máx Drift	Avg Drift	Ratio	Promedio	Ratio	Verificación
Nivel 05	DINÁM. Y	Diaph D1	0.000475	0.000410	1.159	0.000410	1.159	Regular
Nivel 04	DINÁM. Y	Diaph D1	0.000323	0.000277	1.166	0.000277	1.166	Regular
Nivel 03	DINÁM. Y	Diaph D1	0.000325	0.000293	1.109	0.000293	1.109	Regular
Nivel 02	DINÁM. Y	Diaph D1	0.000333	0.000307	1.084	0.000307	1.084	Regular
Nivel 01	DINÁM. Y	Diaph D1	0.000324	0.000284	1.142	0.000284	1.142	Regular

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a $I_p = 1$

11. Irregularidad Esquinas Entrantes

Dirección "X" e "Y":



Nivel	Dirección en X (m)			Verificación	Dirección en Y (m)			Verificación
	Lx (may)	Lesq (men)	0.20 · Lx		Ly (may)	Lesq (men)	0.20 · Ly	
Nivel 05	10.8	3.65	2.16	Irregular	13.12	1.73	2.624	Regular
Nivel 04	10.8	3.65	2.16	Irregular	13.12	1.73	2.624	Regular
Nivel 03	10.8	3.65	2.16	Irregular	13.12	1.73	2.624	Regular
Nivel 02	10.8	3.65	2.16	Irregular	13.12	1.73	2.624	Regular
Nivel 01	10.8	3.65	2.16	Irregular	13.12	1.73	2.624	Regular

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a $I_p = 1$

12. Irregularidad Discontinuidad del Diafragma

Ai =	141.70	m ²	Sáreabruta =	2.16	m ²
0.50 · Ai =	70.85	m ²	Sresistente =	2.040	m ²
Aapertura =	0.792	m ²	0.25 · Sáreabruta =	0.54	m ²
Verificación =	Regular		Verificación =	Regular	

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a $I_p = 1$

13. Irregularidad Sistemas No Paralelos

Δx =	0	m	Velemento =	0.00	tonf
Δy =	0	m	Vi =	55.088	tonf
Relación =	0.000	rad	0.10 · Vi =	5.50882	tonf
Grados Sexagesimales =	0.000	°	Verificación =	No Aplica	
Verificación =	Regular				

Por lo tanto, al edificio le corresponde un factor de irregularidad igual a $I_p = 1$

14. Resumen de Irregularidades Estructurales

Altura / Planta	Irregularidades	Condición	Factor Obtenido	Aplicar en ETABS
Altura = [Ia]	Rigidez o Piso Blando	Regular	1	1
	Extrema de Rigidez	Regular	1	
	Resistencia o Piso Débil	Regular	1	
	Extrema de Resistencia	Regular	1	
	Masa o Peso	Regular	1	
	Geométrica Vertical	Regular	1	
	Discontinuidad Sistemas Resistentes	Regular	1	
Planta = [Ip]	Discontinuidad Extrema Sistemas Resistente	Regular	1	1
	Torsional	Regular	1	
	Torsional Extrema	Regular	1	
	Esquinas Entrantes	Regular	1	
	Discontinuidad del Diafragma	Regular	1	
Sistemas No Paralelos	Regular	1		



8.3.3. Diseño de Diagonales/Arriostres y Conexiones Metálicas.



Tesis: "Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022".

DISEÑO DE ARRIOSTRES METÁLICOS

DATOS DE ENTRADA

1. Fuerza de Diseño Disipador SLB2 15_5

Fuerza de Fluencia de Disipador	$F_y := 172.50 \text{ kN}$
Rigidez Post-Fluencia	$K_2 := 45.69 \frac{\text{kN}}{\text{cm}}$
$d_{\text{máx}} := 3 \text{ cm}$	Se considera un desplazamiento máximo de 3cm para los dispositivos SLB de tercera generación.
$F_{\text{máx}} := F_y + K_2 \cdot d_{\text{máx}}$	
Fuerza Cortante Máxima del Disipador	$F_{\text{máx}} = 31.567 \text{ tonnef}$
Número de Disipadores	$n := 1$
Ángulo de la Diagonal con la Horizontal	$\theta := 58^\circ$
Factor de Seguridad	$F_s := 1.2$

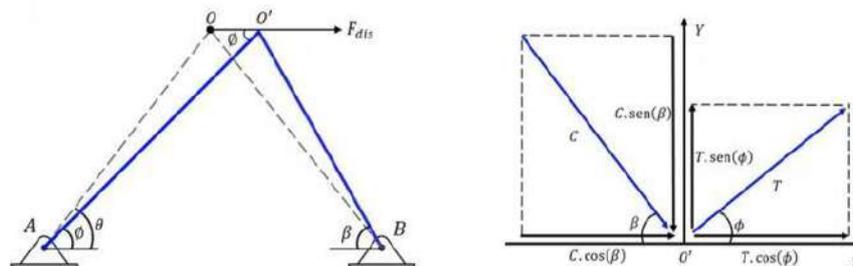
2. Características de los Materiales A36

Fuerza Cedente del Acero	$F_y := 2530 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	$R_y := 1.40$	Factores de Sobrerresistencia
Esfuerzo Último del Acero	$F_u := 4080 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	$R_u := 1.30$	
Módulo de Elasticidad del Acero	$E := 2100000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$		
Resistencia del Electrodo (E70xx)	$F_{Exx} := 4920 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$		

3. Fuerzas del Disipador

Cuando los disipadores son instalados con diagonales metálicas, la fuerza a fijar se debe limitar al esfuerzo crítico de pandeo de la sección. Para ello se debe calcular los esfuerzos axiales que transmite el disipador a las diagonales, los cuales están en función del ángulo que estas forman en el pórtico (Muñoz Horna E., 2021).

Fig. 1.
Fuerza que Transmite el Disipador SLB a un Arreglo Chevron



Nota: Muñoz Horna E. (2021)

Autor: Mario Clemente Yanquirimachi Rojas



Tesis: "Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022".

En la Fig. 1 $\beta = \phi = \theta$, mediante un equilibrio de fuerzas en el eje vertical se tiene:

$$T \cdot \sin \phi - C \cdot \sin \beta = 0$$

$$C = T$$

Seguidamente, mediante un equilibrio de fuerzas en el horizontal se tiene:

$$T \cdot \cos \phi + C \cdot \cos \beta = F_{dis}$$

$$T \cdot \cos \theta + C \cdot \cos \theta = F_{dis}$$

$$T = C = \frac{F_{dis}}{2 \cos \theta}$$

Se determina la fuerza que actúa en las diagonales considerando un factor de seguridad de 1.2 y un ángulo de inclinación con la horizontal de 48 grados.

$$F_{dis} := F_s \cdot F_{m\acute{a}x}$$

$$T := \frac{F_{dis}}{2 \cos(\theta)} = 35.742 \text{ tonnef}$$

4. Características de la Sección (HSS 150x150x9mm)

Se recomienda instalar los disipadores Shear Link Bozzo empleando diagonales metálicas con el perfil tubular de sección rectangular.

Longitud de la Diagonal

$$L := 396.29 \text{ cm Long. Total (0.75 a 0.80)}$$

Dimensiones de la Sección D=H

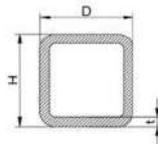
$$D := 15 \text{ cm} \quad H := 15 \text{ cm}$$

Espesor Nominal del Perfil

$$t_n := 9 \text{ mm} \quad \text{Mínimo 9mm}$$

$$t_{des} := 0.9 \cdot t_n$$

$$I := \frac{(D^4 - (D - 2 \cdot t_n)^4)}{12}$$



$$A_g := H \cdot D - (H - 2 \cdot t_n) \cdot (D - 2 \cdot t_n)$$

$$r := \sqrt{\frac{I}{A_g}}$$

Espesor de Diseño del Perfil

$$t_{des} = 8.1 \text{ mm}$$

Inercia de la Sección

$$I = 1688.785 \text{ cm}^4$$

Área Gruesa de la Sección

$$A_g = 50.76 \text{ cm}^2$$

Radio de Giro

$$r = 5.768 \text{ cm}$$

RESULTADOS

5. Resistencia a la Tracción de los Arriostramientos

Se calcula la fluencia en tracción de la sección bruta según la ecuación D2-1 de la AISC 360-10, se considera un factor de reducción de resistencia de 0.90.

$$\Phi R_n := 0.90 \cdot F_y \cdot A_g = 115.581 \text{ tonnef} \quad 103.8749 \text{ kN} = 10.592 \text{ tonnef}$$

$$P_u := 10.592 \text{ tonnef}$$

Carga de Diseño de Tracción y Compresión

$$\frac{P_u}{\Phi R_n} = 0.0916$$

$$\text{if } \frac{P_u}{\Phi R_n} < 1 \quad \left| \begin{array}{l} \text{"Cumple"} \\ \text{"Cumple"} \end{array} \right. = \text{"Cumple"}$$

$$\text{else} \quad \left| \begin{array}{l} \text{"No Cumple"} \end{array} \right.$$

Autor: Mario Clemente Yanquirimachi Rojas



Tesis: "Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022".

6. Resistencia a la Compresión de los Arriostramientos

Se verifica la esbeltez límite de la pared, λ_p , según la tabla B4.1b del AISC 360-10.

Fig. 2.
Razones Ancho-Espesor: Elementos en Compresión de Miembros en Flexión

TABLE B4.1b Width-to-Thickness Ratios: Compression Elements Members Subject to Flexure					
Case	Description of Element	Width-to-Thickness Ratio	Limiting Width-to-Thickness Ratio		Examples
			λ_p (compact/ noncompact)	λ_r (noncompact/ slender)	
Unstiffened Elements	10 Flanges of rolled I-shaped sections, channels, and tees	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	11 Flanges of doubly and singly symmetric I-shaped built-up sections	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.96 \sqrt{\frac{M_y E}{F_y L_c}}$ [10] [11]	
	12 Legs of single angles	b/t	$0.54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	13 Flanges of all I-shaped sections and channels in flexure about the weak axis	b/t	$0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	14 Stems of tees	d/t	$0.64 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.00 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
Stiffened Elements	15 Webs of doubly-symmetric I-shaped sections and channels	h/t_w	$3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	16 Webs of singly-symmetric I-shaped sections	h_w/t_w	$\frac{5.70 \sqrt{E}}{(0.16 M_y - 0.08) + 1}$ [12]	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	17 Flanges of rectangular HSS and boxes of uniform thickness	b/t	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	18 Flange cover plates and diaphragm plates between lines of fasteners or welds	b/t	$1.12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	19 Webs of rectangular HSS and boxes	h/t	$2.42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	20 Round HSS	D/t	$0.07 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0.31 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

[a] $k = 4/h$ for I, C, and T; but shall not be taken less than 0.25 nor greater than 0.76 for calculation purposes.
 [b] $F_y = 0.7 F_u$ for major axis bending of compact and noncompact web built-up I-shaped members with $S_u/S_y \geq 0.7$.
 [c] $F_y = F_u S_u/S_y \geq 0.5 F_u$ for major-axis bending of compact and noncompact web built-up I-shaped members with $S_u/S_y < 0.7$.
 [d] M_y is the moment at yielding of the extreme fiber. $M_y =$ plastic bending moment, kip-in. (N-mm)
 [e] $E =$ modulus of elasticity of steel = 29,000 ksi (200,000 MPa)
 [f] $F_y =$ specified minimum yield stress, ksi (MPa)

Nota: AISC 360-10 (2016, pág. 17)

$$\lambda_p := 1.40 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 40.335$$

$$\frac{D}{t_n} = 16.667 < \lambda_p$$

Como $\frac{D}{t_n} < \lambda_p$, se concluye que la sección no es esbelta.

Para miembros diseñado solo a compresión, el AISC recomienda que la razón de esbeltez

$$\frac{K \cdot L}{r}$$

no sea mayor que 200.

Autor: Mario Clemente Yanquirimachi Rojas



Tesis: "Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022".

$k := 1$ Se recomienda un factor de longitud efectiva $k=1$

$$\frac{k \cdot L}{r} = 68.705 < 200$$

Se verifica la relación de esbeltez para calcular el esfuerzo de pandeo elástico:

$$\frac{k \cdot L}{r} < 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 135.697$$

$$F_e := \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{k \cdot L}{r}\right)^2} = 4390.82 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Debido a que $68.705 < 135.697$, se emplea la ecuación E3-2 del AISC 360-10:

$$F_{cr} := \left(0.658^{\left(\frac{F_y}{F_e}\right)}\right) \cdot F_y = 1987.842 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \text{Esfuerzo de Pandeo por Flexión}$$

A partir del esfuerzo crítico F_{cr} , se determina la resistencia a compresión nominal, se considera un factor de reducción de resistencia de 0.90.

$$\Phi R_n := 0.90 \cdot F_{cr} \cdot A_g = 90.813 \text{ tonnef}$$

$$\frac{P_u}{\Phi R_n} = 0.1166 \quad \text{El diseño que gobierna estos elementos es la compresión.}$$

7. Conexión Arriostramiento y Cartela

Para la conexión del arriostramiento y la cartela se utiliza soldadura de filete, es importante tener en cuenta el área efectiva de una soldadura, se considera un factor de reducción de resistencia de 0.75.

$$\Phi := 0.75$$

$(1.0 \cdot 0.50 (\sin(\theta))^{1.5})$ Para los arriostramiento que se encuentran unidos a las cartelas, la fuerza axial actúa en el eje de la soldadura, por lo tanto el ángulo conformante vendría ser igual a 180° , siendo el seno igual a cero, siendo eliminada esta expresión de F_{nw} .

$$F_{nw} := 0.60 \cdot F_{Exx} = 2952 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad \Phi F_{nw} := 0.75 \cdot 0.60 \cdot F_{Exx} = 2214 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Se utilizan las siguientes expresiones para la conexión del arriostramiento y la cartela :

$$\Phi R_n \geq P_u$$

$$R_n = F_{nw} \cdot A_{we}$$

$$A_{we} = (4) l_w \cdot w \frac{\sqrt{2}}{2} \quad \text{Se tiene (4) cordones de soldadura en la cartela.}$$

$$R_n = (4) \frac{\sqrt{2}}{2} l_w \cdot w \cdot F_{nw}$$

$$\Phi R_n = (4) \frac{\sqrt{2}}{2} l_w \cdot w \cdot F_{nw} \geq P_u$$

Se determina el tamaño máximo de la soldadura a partir de la resistencia a tracción requerida, para prevenir la rotura por corte en las paredes del arriostramiento tubular.

$$\Phi F_{nw} \frac{\sqrt{2}}{2} w \leq \Phi \cdot F_u \cdot t_{des}$$

Autor: Mario Clemente Yanquirimachi Rojas



Tesis: "Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022".

$$\Phi := 0.60 \quad w \leq 7.6 \text{ mm}$$

$$w := \frac{\Phi \cdot 0.60 \cdot F_u \cdot t_{des}}{\Phi_{F_{nw}} \frac{\sqrt{2}}{2}} = 7.6 \text{ mm}$$

El tamaño máximo de la soldadura es:

$$w_{m\acute{a}x} := \text{floor} \left(w \cdot \frac{1}{\text{mm}} \right) \cdot \text{mm} = 7 \text{ mm}$$

De la tabla J2.4 del AISC 360-10, se tiene que el espesor mínimo de soldadura para este caso es:

Fig. 3.

Tamaño Mínimo de Soldadura de Filete

TABLE J2.4 Minimum Size of Fillet Welds	
Material Thickness of Thinner Part Joined, in. (mm)	Minimum Size of Fillet Weld, ^(a) in. (mm)
To 1/4 (6) inclusive	1/8 (3)
Over 1/4 (6) to 1/2 (13)	3/16 (5)
Over 1/2 (13) to 3/4 (19)	1/4 (6)
Over 3/4 (19)	5/16 (8)

^(a) Leg dimension of fillet welds. Single pass welds must be used.
Note: See Section J2.2b for maximum size of fillet welds.

Nota: AISC 360-10 (2016, pág. 111)

$$w_{m\acute{i}n} := 5 \text{ mm}$$

Se considera un espesor de soldadura tipo filete de $w_{m\acute{i}n} := 6 \text{ mm}$, teniendo la longitud de soldadura requerida igual a: $l_w \geq 2.819 \text{ cm}$

$$l_w := \frac{P_u}{4 \frac{\sqrt{2}}{2} w_{m\acute{i}n} \cdot \Phi_{F_{nw}}} = 2.819 \text{ cm}$$

$$l_w := 20 \text{ cm}$$

Se recomienda considerar unos 20cm de longitud de soldadura.

8.3.4. Cálculo de Longitud de Rótulas Plásticas.



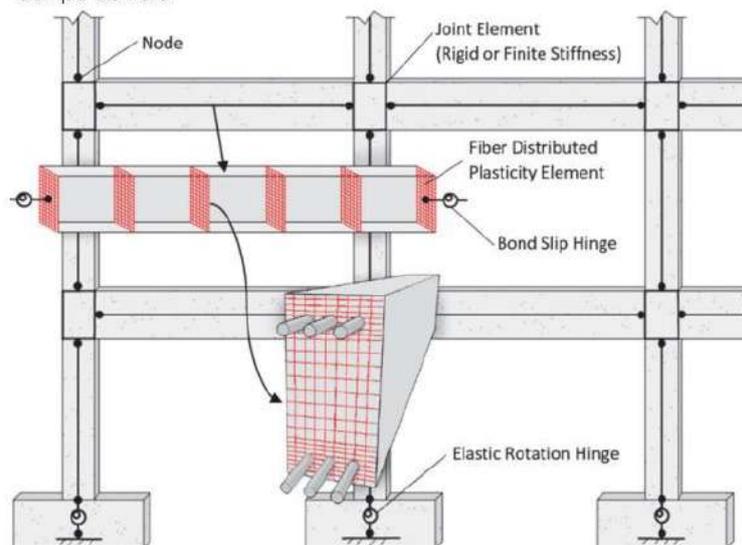
Tesis: "Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022".

LONGITUD DE RÓTULA PLÁSTICA

PLASTICIDAD DISTRIBUIDA O FIBRAS

Elementos Inelásticos de Fibra Distribuida: En este enfoque, se modelan varias secciones transversales de fibra a lo largo de la longitud del elemento. El número de secciones de fibra y sus ubicaciones, que normalmente se determinan mediante reglas de integración numérica, definen implícitamente una longitud de rótula plástica para el elemento sobre el que se concentran las deformaciones inelásticas. La Figura 3-2a muestra este enfoque de modelado de plasticidad distribuida, donde el elemento incluye secciones inelásticas en múltiples puntos de integración a lo largo de la longitud del elemento (National Institute of Standards and Technology, 2017, pág. 3-3).

Figura 3-2a Descripción general de un sistema típico de marco resistente a momento de hormigón armado que muestra la idealización del modelo de tipo de fibra



Nota: NIST (2017, pág. 3-3)

Según la National Institute of Standards and Technology (2017), para los modelos de fibra que requieren la definición de una longitud de rótula plástica, se puede estimar usando una amplia gama de ecuaciones y recomendaciones disponibles. Una regla general simple es usar una longitud de articulación plástica $L_p=0.5h$, donde h es la profundidad de la sección, que es razonablemente precisa para marcos resistentes al momento con dimensiones típicas. Se han propuesto otras expresiones más detalladas (p. ej., Priestley y Park, 1987; Berry y Eberhard, 2008) basadas en el análisis de bases de datos de pruebas de columnas de concreto armado. Sus expresiones propuestas son funciones de múltiples parámetros que incluyen la longitud de la barra, l , el diámetro de la barra, d_b , la resistencia a la fluencia del acero, f_y , y la resistencia del concreto, f_c . Una de las expresiones propuestas por Berry y Eberhard (2008) es la siguiente (págs. 5-4):

$$l_p = 0.05 \cdot l + 0.008 \cdot d_b \cdot \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} \quad (\text{unidades psi})$$

Autor: Mario Clemente Yanquirimachi Rojas



Tesis: "Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022".

I. Comprobación de Fórmula

MKS	PSI	
$l := 3.3 \text{ m}$	$l = 129.921 \text{ in}$	Longitud de Viga
$d_b := 1.59 \text{ cm}$	$d_b = 0.626 \text{ in}$	Diámetro de Barra de Acero en Viga
$f_y := 4200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	$f_y = 59738.042 \text{ psi}$	Esfuerzo de Fluencia del Acero
$f_c := 210 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$	$f_c = 2986.902 \text{ psi}$	Resistencia a la Compresión del Concreto
$f_y := 59738.042 \text{ psi}$	$f_c := 2986.902 \text{ psi}$	$l := 129.921 \text{ in}$ $d_b := 0.626 \text{ in}$

Reemplazando datos:

$$l_p := 0.05 \cdot l + 0.008 \cdot d_b \cdot \frac{f_y}{\sqrt{f_c \cdot \text{psi}^2}} = 11.97 \text{ in} \quad l_p = 30.404 \text{ cm}$$

PLASTICIDAD CONCENTRADA

Columnas:

Si bien las columnas especiales de concreto reforzado se diseñan siguiendo las disposiciones de columna fuerte y viga débil, este criterio mínimo no impide necesariamente la fluencia de la columna. A menos que se demuestre que las columnas permanecen elásticas, se deben incluir rótulas inelásticas en ambos extremos de las columnas. En este documento, se recomienda colocar las rótulas inelásticas en los extremos de las columnas, justo en la interfaz con las juntas o los elementos de cimentación, a diferencia de una distancia finita dentro de la columna, que está relacionada con la longitud de la rótula plástica. Se considera que esto da como resultado un error limitado en los miembros del marco y simplifica considerablemente el modelado. Si bien la respuesta de momento-rotación de flexión inelástica es el efecto dominante, la respuesta de flexión debe ajustarse para las cargas axiales a través de algún tipo de relación de superficie de fluencia P-M. El nivel de carga axial y el nivel de confinamiento se deben considerar al definir las propiedades de la rótulas (National Institute of Standards and Technology, 2017, pág. 3-1).

Vigas:

Las vigas de concreto reforzado a menudo están compuestas con la losa del piso, lo que afecta la resistencia (por ejemplo, la resistencia a la flexión negativa), la rigidez y las propiedades de la articulación inelástica. Cuando la contribución de la losa sea significativa, debe tenerse en cuenta al definir las propiedades de la rótula inelástica. De manera similar a las columnas, se recomienda colocar articulaciones de vigas en los extremos de las vigas, justo en la interfaz de las juntas de vigas y columnas u otros miembros verticales (National Institute of Standards and Technology, 2017, pág. 3-2).

Autor: Mario Clemente Yanquirimachi Rojas



8.3.5. Factores de Probabilidad Relacionadas con la Acción Sísmica (SLE, DE y MCE).



Tesis: "Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022".

PROBABILIDADES RELACIONADAS CON LA ACCIÓN SÍSMICA

ACCIÓN SÍSMICA DE REFERENCIA

La acción sísmica de referencia puede definirse mediante la elección de una probabilidad (p), aceptablemente baja de ser superada durante la vida útil de cálculo (t_L) de la estructura. En consecuencia, el periodo de retorno (T_R) del sismo viene dado por la expresión (AENOR, 2012, pág. 107):

$$T_R = \frac{1}{1 - (1 - p)^{\frac{1}{t_L}}}$$

ACCIÓN SÍSMICA DE CÁLCULO

El valor de cálculo de la aceleración del suelo (a_{gC}) que corresponde a un periodo de retorno (T_{RC}) depende de la sismicidad de la zona. En muchos casos, la siguiente relación ofrece una aproximación aceptable (AENOR, 2012, pág. 107):

$$\frac{a_{gC}}{a_{gR}} = \left(\frac{T_{RC}}{T_{NCR}} \right)^k$$

Donde:

a_{gC} es la máxima aceleración a nivel del suelo de referencia, correspondiente al periodo de retorno T_{NCR}

k El valor del exponente k depende de la sismicidad de la zona. Normalmente pueden utilizarse valores comprendidos en el rango 0.30 - 0.40

COMPROBACIÓN DE LA FÓRMULA

1. DE (Design Earthquake)

$p := 10\%$	Probabilidad de Ocurrencia
$t_L := 50$ años	Vida Útil de Cálculo
$T_{RC,DE} := \frac{1}{1 - (1 - p)^{\frac{1}{t_L}}} = 475.061$	Periodo de Retorno
$g := 9.81 \frac{m}{s^2}$	Aceleración de la Gravedad
$T_{NCR} := 0.25 \cdot g = 2.453 \frac{m}{s^2}$	Periodo de Retorno Correspondiente a la Máxima Aceleración a Nivel del Suelo de Referencia (DE)
$k_1 := 0.30 \quad k_2 := 0.40$	Exponente k Depende de la Sismicidad de la Zona

Autor: Mario Clemente Yanquirimachi Rojas



Tesis: "Evaluación Comparativa del Desempeño Sísmico de una Vivienda Multifamiliar de Concreto Armado de 5 Niveles, Con y Sin Disipadores Shear Link Bozzo Mediante Análisis Estático No Lineal y Análisis Dinámico No Lineal en la Ciudad de Cusco, Perú 2022".

2. SLE (Service Level Earthquake)

$p := 50\%$ Probabilidad de Ocurrencia

$t_L := 30$ años Vida Útil de Cálculo

$T_{RC:SLE} := \frac{1}{1 - (1-p)^{\frac{1}{t_L}}} = 43.783$ Período de Retorno

$\alpha_{gc:SLE} := \left(\frac{T_{RC:SLE}}{T_{RC:DE}} \right)^{k_f} \cdot T_{NCR} = 1.199 \frac{m}{s^2}$ Aceleración Máxima a Nivel de Suelo para SLE

$F_{SLE} := \frac{\alpha_{gc:SLE}}{T_{NCR}} = 0.489$ Factor de Igualdad (DE=0.5SLE)

3. MCE (Maximum Considered Earthquake)

$p := 10\%$ Probabilidad de Ocurrencia

$t_L := 100$ años Vida Útil de Cálculo

$T_{RC:MCE} := \frac{1}{1 - (1-p)^{\frac{1}{t_L}}} = 949.622$ Período de Retorno

$\alpha_{gc:MCE} := \left(\frac{T_{RC:MCE}}{T_{RC:DE}} \right)^{k_f} \cdot T_{NCR} = 3.235 \frac{m}{s^2}$ Aceleración Máxima a Nivel de Suelo para MCE

$F_{MCE} := \frac{\alpha_{gc:MCE}}{T_{NCR}} = 1.319$ Factor de Igualdad (DE=1.3MCE a DE=1.5MCE)

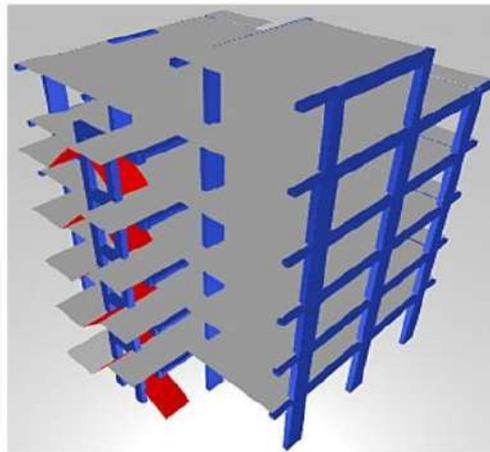
Se concluye que el Sismo de Servicio (SLE) es igual a 0.5 veces el Sismo de Diseño (DE), así mismo el Sismo Máximo Considerado (MCE) es igual a 1.3 - 1.5 veces el Sismo de Diseño (DE), conforme a las formulaciones planteadas en la Asociación Española de Normalización y Certificación por el Eurocódigo 8: Proyecto de Estructuras Sismorresistentes, Parte 2: Puentes, Anexo A; para el cálculo de las probabilidades relacionadas con la acción sísmica de referencia.

Autor: Mario Clemente Yanquirimachi Rojas



8.3.6. Perfil Biosísmico de la Edificación en Estudio.

ETABS 2019 PERFIL BIOSÍSMICO



Autor: Mario Clemente
Yanquirimachi Rojas

TOMÁS GUENDELMAN
(CHILE)

CONTENIDO

1. Parámetros de Rigidez
2. Parámetros de Acoplamiento

DESCRIPCIÓN

Memoria de Cálculo en donde se describe y detalla los procedimientos de Análisis del Perfil Biosísmico con el uso del software comercial de CSI, ETABS 2019, mediante un modelo matemático acorde a lo indicado en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente.



REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

NORMA E.030
DISEÑO
SISMORRESISTENTE

LIMA - PERÚ
2020

PUBLICACIÓN OFICIAL



TABLA DE LÍMITES PARA INDICADORES DEL PERFIL BIOSÍSMICO

El presente análisis no es requisito normativo, más al contrario, son parámetros que permiten evaluar la salud del edificio, es una buena práctica cumplir con todos (disminuye la vulnerabilidad); pero no siempre es posible. Se recomienda evaluar los parámetros de rigidez y acoplamiento encerrados con un rectángulo rojo (Muñoz Hama, 2022).

Indicadores del Perfil Bio-Sísmico	Valores dentro de rangos normales.	Valores aceptables ligeramente apartados de rangos normales.
Rigidez		
1 H/T [m/s]	30 - 70	20 - 30 y 70 - 150
2 $M_{P,\Delta}/M_{\text{valc. basal directo}}$	0 - 0,1	
3 1000- δ/H	0,2‰ - 2,0‰	0‰ - 0,2‰
4 1000- $\delta_{\text{centro gravedad}}/h$	0,2‰ - 2,0‰	0‰ - 0,2‰
5 1000- $\delta_{\text{extremo}}/h$	0‰ - 1,0‰	
Acoplamiento Traslación-Rotación y Traslación-Traslación		
6 $T_{\text{rotacional}}/T_{\text{traslacional}}$	0 - 0,8 y 1,2 - 1,5	0,8 - 1,2 y 1,5 - 2,0
7 $M_{\text{eq. rot. acoplada}}/M_{\text{eq. trasl. directa}}$	0 - 0,2	0,2 - 0,5
8 $(M_{\text{inercia basal}}/Q_{\text{basal}})/r_{\text{basal}}$	0 - 0,2	0,2 - 0,5
9 $M_{\text{eq. trasl. acoplada}}/M_{\text{eq. trasl. directa}}$	0 - 0,5	0,5 o más
10 $Q_{\text{basal acoplada}}/Q_{\text{basal directo}}$	0 - 0,5	0,5 o más
11 $M_{\text{valc. basal acoplada}}/M_{\text{valc. basal directo}}$	0 - 0,5	0,5 o más
Redundancia Estructural y Demanda de Ductilidad		
12 Número Ejes Resistentes	más de 3	2 - 3
13 R^{**}	inferior a 3	3 - 7

(Guendelman, 2014)

La rigidez lateral es la clave para lograr estructuras resilientes. cuantificar el momento P-Delta ayuda a conocer anticipadamente si será necesario un análisis de segundo orden (Muñoz Hama, 2022).

1. Parámetro H/T [m/s]

Case	Mode	Period	frequency	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY
		sec	cyc/sec					
MODAL	1	0.7130	1.4030	0.0290	0.8034	0.0002	0.0290	0.8034
MODAL	2	0.6060	1.6510	0.7799	0.0325	0.0056	0.8089	0.8359
MODAL	3	0.5420	1.8450	0.0058	0.0003	0.8048	0.8147	0.8362

Nivel	Altura
	m
Nivel 06	16.5
Nivel 05	13.9
Nivel 04	11.3
Nivel 03	8.7
Nivel 02	6.1
Nivel 01	3.5

Primer Modo = Traslacional Y

Segundo Modo = Traslacional X

Tercer Modo = Rotacional Z

23.142 > 20

23.142 < 30

El parámetro mencionado se encuentra fuera de los valores aceptables ligeramente apartados de rangos normales.



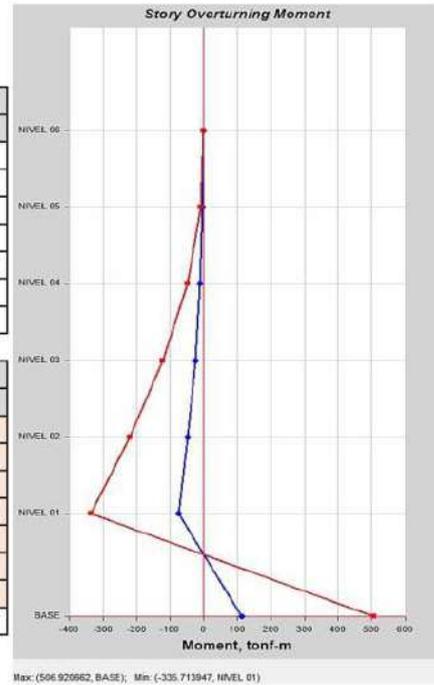
2. Parámetro $M_{P-Delta}/M_{Volcane\ Basal\ Directo}$

Dirección "X":

Nivel	Caso de Carga	Mi	UX	MP-Delta
		tonf-S2/m	m	tonf-m
Nivel 06	DINÁM. X	1.93036	0.0	0.0
Nivel 05	DINÁM. X	11.15373	0.01052	1.15090
Nivel 04	DINÁM. X	13.40349	0.00910	1.19613
Nivel 03	DINÁM. X	13.38556	0.00719	0.94368
Nivel 02	DINÁM. X	13.38556	0.00482	0.63297
Nivel 01	DINÁM. X	17.93120	0.00230	0.40356
Suma =				4.327257

Nivel	Caso de Carga	Altura	X-Dir	Y-Dir
		m	tonf-m	tonf-m
NIVEL 06	DINÁM. X	16.5	-4.09E-14	-5.59E-14
NIVEL 05	DINÁM. X	13.9	-2.28747	-8.41251
NIVEL 04	DINÁM. X	11.3	-9.95313	-48.59010
NIVEL 03	DINÁM. X	8.7	-25.53939	-121.71918
NIVEL 02	DINÁM. X	6.1	-47.53409	-220.01021
NIVEL 01	DINÁM. X	3.5	-73.92588	-335.71395
BASE	DINÁM. X	0.0	113.71605	506.92066
Máx-Y =			506.920662	

0.0085364 > 0
0.0085364 < 0.1

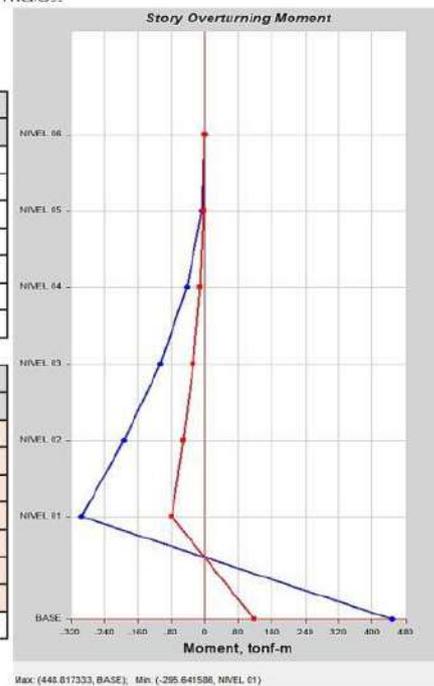


El parámetro mencionado se encuentra dentro rangos normales.

Dirección "Y":

Nivel	Caso de Carga	Mi	UY	MP-Delta
		tonf-S2/m	m	tonf-m
Nivel 06	DINÁM. Y	1.93036	0.0	0.0
Nivel 05	DINÁM. Y	11.15373	0.01275	1.39460
Nivel 04	DINÁM. Y	13.40349	0.01117	1.46770
Nivel 03	DINÁM. Y	13.38556	0.00894	1.17288
Nivel 02	DINÁM. Y	13.38556	0.00620	0.81438
Nivel 01	DINÁM. Y	17.93120	0.00325	0.57202
Suma =				5.421583

Nivel	Caso de Carga	Altura	X-Dir	Y-Dir
		m	tonf-m	tonf-m
NIVEL 06	DINÁM. Y	16.5	-5.58E-14	-1.71E-13
NIVEL 05	DINÁM. Y	13.9	-7.53878	-1.81552
NIVEL 04	DINÁM. Y	11.3	-42.72467	-10.18620
NIVEL 03	DINÁM. Y	8.7	-107.13412	-27.13625
NIVEL 02	DINÁM. Y	6.1	-193.53638	-50.41852
NIVEL 01	DINÁM. Y	3.5	-295.64159	-77.88134
BASE	DINÁM. Y	0.0	448.81733	118.24321
Máx-X =			448.817333	





$$\begin{array}{l} 0.0120797 > 0 \\ 0.0120797 < 0.1 \end{array}$$

El parámetro mencionado se encuentra dentro de los valores aceptables ligeramente apartados de rangos normales.

3. Parámetro $T_{\text{Rotacional}}/T_{\text{Traslacional}}$

Case	Mode	Period	Frequency	UX	UY	RZ	SumUX	SumUY
		sec	cyc/sec					
MODAL	1	0.7130	1.4030	0.0290	0.8034	0.0002	0.0290	0.8034
MODAL	2	0.6060	1.6510	0.7799	0.0325	0.0056	0.8089	0.8359
MODAL	3	0.5420	1.8450	0.0058	0.0003	0.8048	0.8147	0.8362

$$\begin{array}{l} 1.315 > 1.2 \\ 1.118 < 1.5 \end{array}$$

El parámetro mencionado se encuentra dentro de los valores aceptables ligeramente apartados de rangos normales.

4. Cálculo del Factor de Fuerzas Sísmicas "R" con ANLE

Se debe tener en cuenta que este factor no toma en cuenta la redundancia del sistema estructural para la norma técnica peruana. El parámetro R interviene en la ductilidad; pero no en el desplazamiento, más al contrario, lo hace a nivel de fuerzas. Se procede al cálculo mediante las siguientes formulaciones:

$$R_u = \frac{V_{\text{máx elást}}}{V_y} \quad R_{\Omega} = \frac{V_y}{V} \quad R = R_u \times R_{\Omega}$$

Dirección "X":

$V_y = 188.57227$ tonf	Cortante de Fluencia Efectivo PUSH-X
$V = 49.814067$ tonf	Cortante Dinámico Reducido DINÁMICO-X
$V_{\text{máx elást}} = 398.37848$ tonf	Cortante Máximo Elástico
$R_u = 2.11260$	Factor de Ductilidad
$R_{\Omega} = 3.78552$	Factor de Sobrerresistencia
$R = 7.9973088 = 8$	Factor de Fuerzas Sísmica Calculado

Dirección "Y":

$V_y = 195.90105$ tonf	Cortante de Fluencia Efectivo PUSH-Y
$V = 44.947882$ tonf	Cortante Dinámico Reducido DINÁMICO-Y
$V_{\text{máx elást}} = 359.46210$ tonf	Cortante Máximo Elástico
$R_u = 1.83492$	Factor de Ductilidad
$R_{\Omega} = 4.35840$	Factor de Sobrerresistencia
$R = 7.9973089 = 8$	Factor de Fuerzas Sísmica Calculado



8.3.7. Procedimiento del Análisis No Lineal en ETABS 2019.

8.3.7.1. Modelamiento, Diseño y Asignación de Propiedades No Lineales a Dispositivos Shear Link.

Anexo 63

Definición de Link Representativo para Disipadores Shear Link Bozzo, con Modelo de Bouc-Wen y Dirección No Lineal en U2

Link Property Data

General

Link Property Name: SLB2 15_5

Link Type: Plastic (Wen)

Link Property Notes: Modify/Show Notes...

P-Delta Parameters: Modify/Show...

Acceptance Criteria: Modify/Show...
U2 specified

Total Mass and Weight

Mass: 0 tonf-s²/cm

Weight: 0 tonf

Rotational Inertia 1: 0 tonf-cm-s²

Rotational Inertia 2: 0 tonf-cm-s²

Rotational Inertia 3: 0 tonf-cm-s²

Factors for Line and Area Springs

Link/Support Property is Defined for This Length When Used in a Line Spring Property: 100 cm

Link/Support Property is Defined for This Area When Used in an Area Spring Property: 10000 cm²

Directional Properties

Direction	Fixed	NonLinear	Properties	Direction	Fixed	NonLinear	Properties
<input checked="" type="checkbox"/> U1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for U1...	<input type="checkbox"/> R1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for R1...
<input checked="" type="checkbox"/> U2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Modify/Show for U2...	<input type="checkbox"/> R2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for R2...
<input checked="" type="checkbox"/> U3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for U3...	<input type="checkbox"/> R3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Modify/Show for R3...

Fix All Clear All

Stiffness Options

Stiffness Used for Linear and Modal Load Cases: Effective Stiffness from Zero, Else Nonlinear

Stiffness Used for Stiffness-proportional Viscous Damping: Initial Stiffness (K0)

Stiffness-proportional Viscous Damping Coefficient Modification Factor: 1

OK Cancel



Anexo 64

Criterios de Aceptación Definidos en Link, con Límites de Deformación para Objetivos de Ocupación Inmediata, Seguridad de Vida y Prevención al Colapso

Link Acceptance Criteria Definition

Link/Support Property Name: SLB2_15_5

Acceptance Criteria Type: Force Displacement

Direction Controls:

- F1
- F2
- F3
- M1
- M2
- M3
- Symmetric

Acceptance Criteria:

	F1 cm	F2 cm	F3 cm	M1 rad	M2 rad	M3 rad
Positive:						
IO		1				
LS		1.3				
CP		3				
Negative:						
IO						
LS						
CP						

Anexo 65

Definición de Propiedades No Lineales en Dirección U2, con Rigidez Inicial, Fuerza de Plastificación, Rigidez Post-Fluencia/Rigidez Inicial, y Exponente de Bouc-Wen

Link/Support Directional Properties

Identification:

- Property Name: SLB2_15_5
- Direction: U2
- Type: Plastic (Wen)
- NonLinear: Yes

Linear Properties:

- Effective Stiffness: 262.6381 tonf/cm
- Effective Damping: 0 tonf-s/cm

Shear Deformation Location:

- Distance from End-J: 0 cm

Nonlinear Properties:

- Stiffness: 262.6381 tonf/cm
- Yield Strength: 17.5901 tonf
- Post Yield Stiffness Ratio: 0.01774
- Yielding Exponent: 2



Anexo 66

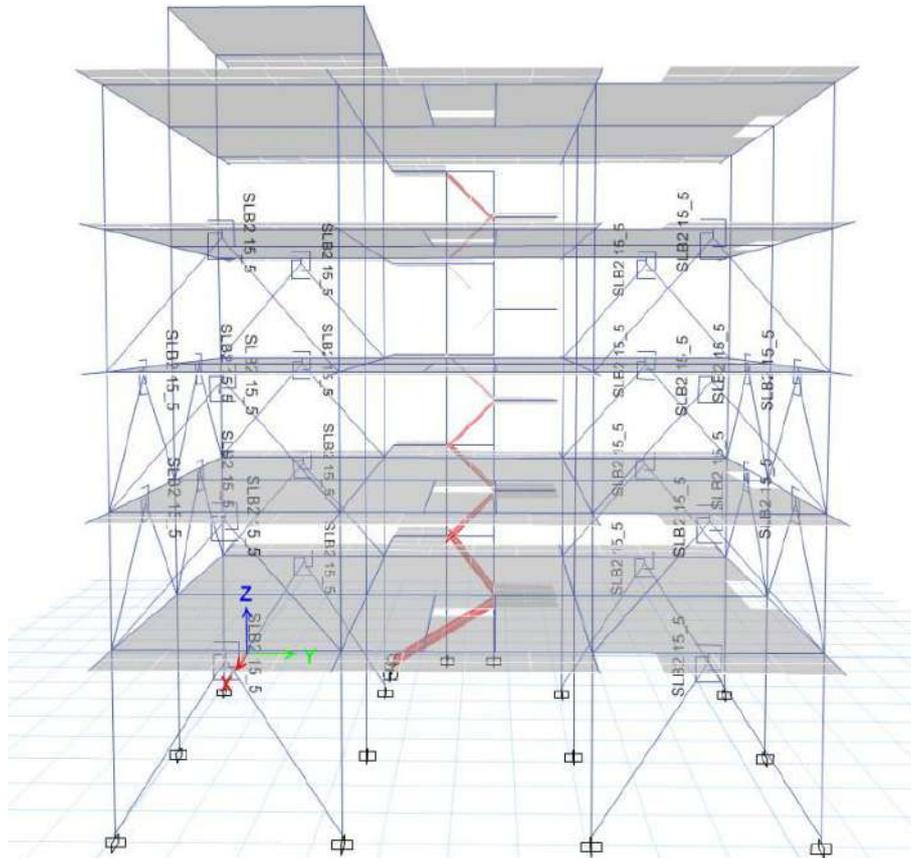
Importación de Dispositivos Shear Link Bozzo mediante Plugin DissipaSLB

The screenshot shows the DissipaSLB software interface. The main window displays a table titled "Parameters of Shear Link Bozzo Dissipators". The table has 14 rows and 9 columns. The columns are: ID, Device, K1(KN/cm), K2(KN/cm), r=K2/K1, Fy (KN), Fmax(KN), K/U3(KN/cm), and Kr(U1/KN/cm). The data is as follows:

ID	Device	K1(KN/cm)	K2(KN/cm)	r=K2/K1	Fy (KN)	Fmax(KN)	K/U3(KN/cm)	Kr(U1/KN/cm)
1	SLB2_5_2	363.33	9.75	0.0268353	35.60	69.61	12.39	
2	SLB2_5_3	397.80	10.75	0.0270223	41.00	79.21	12.44	
3	SLB2_5_4	421.73	11.65	0.0276358	44.50	88.58	12.53	
4	SLB2_5_5	439.50	12.78	0.0290719	47.40	96.67	12.67	
5	SLB2_8_2	592.97	13.86	0.0233836	48.10	92.76	14.30	
6	SLB2_8_3	676.27	15.28	0.0227472	58.00	107.57	14.37	
7	SLB2_8_4	737.90	16.28	0.0220043	66.30	120.87	14.50	
8	SLB2_8_5	784.27	17.43	0.0222284	72.70	133.29	14.71	
9	SLB2_10_2	893.40	19.15	0.0214336	68.00	128.71	19.07	
10	SLB2_10_3	1039.13	21.57	0.0207544	81.10	148.53	19.15	
11	SLB2_10_4	1149.53	22.96	0.0195722	93.00	166.26	19.30	
12	SLB2_10_5	1237.80	14.53	0.0120689	112.20	182.26	19.56	
13	SLB2_15_2	1571.47	31.17	0.0196380	101.80	199.51	19.10	
14	SLB2_15_3	1961.47	37.36	0.0190448	126.10	240.45	19.24	

Anexo 67

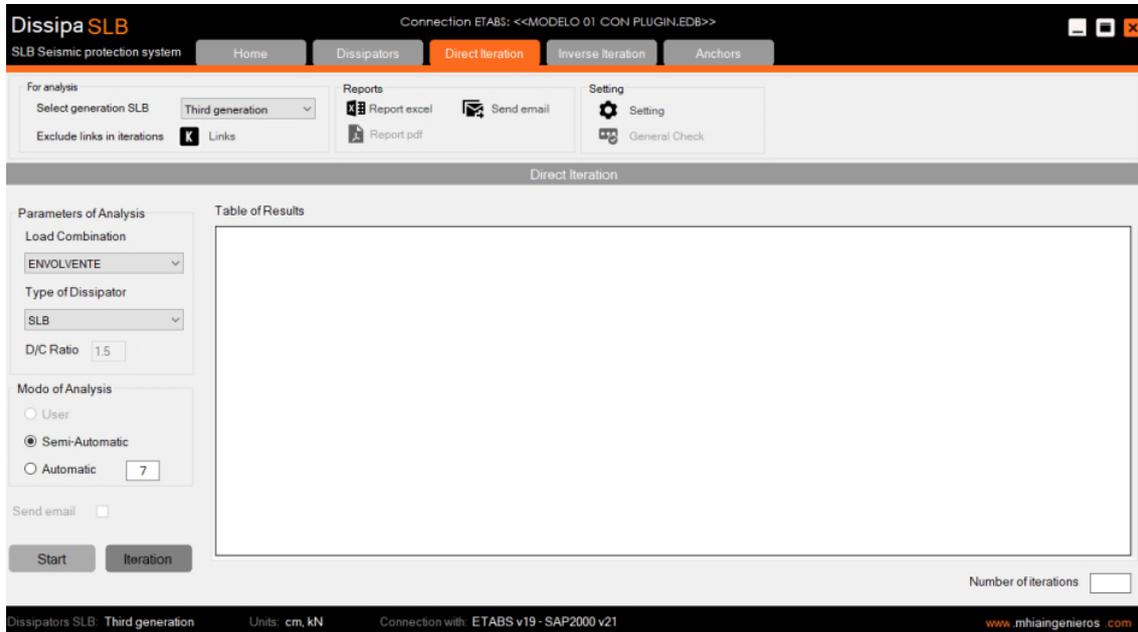
Modelamiento de Dispositivos SLB mediante Links Importados





Anexo 68

Selección de Combinación de Envoltente para Realizar el Prediseño de SLBs mediante Iteración Directa con Plugin DissipaSLB



Anexo 69

Iteración Directa Manual con Hoja de Cálculo Creada y Verificación de D/C Menor a 1.5 para Correcto Funcionamiento de Dispositivos, Dispositivos SLB2 15_5 Seleccionados para Análisis Lineal y No Lineal

ITERACIONES												
ELEVACIONES	TRAMO	NIVELES	INICIO		TABLA		ETABS		TABLA		ITERACIÓN	
			LINKS	V(kN)	Disipador	Fy(kN)	Disipador	Fy(kN)	V(kN)	D/C	Verificación	
ELEVACIÓN C	TRAMO 1-2	NIVEL 04	K4	61.030	SLB2 6_4	44.90	SLB2 15_5	172.50	120.812	0.7004	OK	
		NIVEL 03	K3	64.974	SLB2 8_2	48.10	SLB2 15_5	172.50	116.480	0.6752	OK	
		NIVEL 02	K2	65.873	SLB2 8_2	48.10	SLB2 15_5	172.50	116.732	0.6767	OK	
	TRAMO 5-6	NIVEL 01	K1	66.779	SLB2 8_2	48.10	SLB2 15_5	172.50	111.841	0.6484	OK	
		NIVEL 04	K20	59.108	SLB2 6_3	41.00	SLB2 15_5	172.50	116.026	0.6726	OK	
		NIVEL 03	K19	64.414	SLB2 6_5	47.40	SLB2 15_5	172.50	115.782	0.6712	OK	
ELEVACIÓN E	TRAMO 1-2	NIVEL 02	K18	65.427	SLB2 8_2	48.10	SLB2 15_5	172.50	116.358	0.6745	OK	
		NIVEL 01	K17	66.777	SLB2 8_2	48.10	SLB2 15_5	172.50	111.761	0.6479	OK	
		NIVEL 04	K16	50.477	SLB2 6_2	35.60	SLB2 15_5	172.50	93.631	0.5428	OK	
	TRAMO 5-6	NIVEL 03	K15	57.453	SLB2 6_3	41.00	SLB2 15_5	172.50	98.685	0.5721	OK	
		NIVEL 02	K14	61.970	SLB2 6_4	44.90	SLB2 15_5	172.50	102.142	0.5921	OK	
		NIVEL 01	K13	60.414	SLB2 6_3	41.00	SLB2 15_5	172.50	83.404	0.4835	OK	
ELEVACIÓN 6	TRAMO C-D	NIVEL 04	K8	47.999	#N/D	#N/D	SLB2 15_5	172.50	88.872	0.5152	OK	
		NIVEL 03	K7	56.063	SLB2 6_3	41.00	SLB2 15_5	172.50	95.558	0.5540	OK	
		NIVEL 02	K6	60.922	SLB2 6_4	44.90	SLB2 15_5	172.50	99.559	0.5772	OK	
	TRAMO D-E	NIVEL 01	K5	60.574	SLB2 6_3	41.00	SLB2 15_5	172.50	83.833	0.4860	OK	
		NIVEL 03	K12	55.791	SLB2 6_3	41.00	SLB2 15_5	172.50	103.306	0.5989	OK	
		NIVEL 02	K11	62.019	SLB2 6_4	44.90	SLB2 15_5	172.50	121.766	0.7059	OK	
ELEVACIÓN 1	TRAMO C-D	NIVEL 03	K22	54.780	SLB2 6_2	35.60	SLB2 15_5	172.50	102.922	0.5967	OK	
		NIVEL 02	K21	61.118	SLB2 6_4	44.90	SLB2 15_5	172.50	120.588	0.6991	OK	
		NIVEL 03	K24	53.810	SLB2 6_2	35.60	SLB2 15_5	172.50	100.957	0.5853	OK	
	TRAMO D-E	NIVEL 02	K23	60.632	SLB2 6_4	44.90	SLB2 15_5	172.50	119.310	0.6917	OK	
		NIVEL 03	K10	55.364	SLB2 6_3	41.00	SLB2 15_5	172.50	102.465	0.5940	OK	
		NIVEL 02	K9	61.317	SLB2 6_4	44.90	SLB2 15_5	172.50	120.790	0.7002	OK	



8.3.7.2. Creación de Resistencia Esperada de los Materiales.

Anexo 70

Definición de Propiedades Mecánicas del Concreto Esperado $f_c=210\text{kgf/cm}^2$

Material Property Data

General Data

Material Name: Concreto $f_c=210\text{kgf/cm}^2$ (Esperado)

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color:  Change...

Material Notes: Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 2.4 tonf/m³

Mass per Unit Volume: 0.244732 tonf-s²/m⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2478406.75 tonf/m²

Poisson's Ratio, U: 0.15

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 1077568.15 tonf/m²

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

Nonlinear Material Data... Material Damping Properties...

Time Dependent Properties...

Modulus of Rupture for Cracked Deflections

Program Default (Based on Concrete Slab Design Code)

User Specified

OK Cancel



Anexo 71

Definición de Resistencia Esperada del Concreto $f_c=210\text{kgf/cm}^2$

E Material Property Design Data [Close]

Material Name and Type

Material Name	Concreto $f_c=210\text{kgf/cm}^2$ (Esperado)
Material Type	Concrete, Isotropic
Grade	Concreto $f_c=210\text{kgf/cm}^2$ (Esperado)

Design Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength, f_c	2730	tonf/m ²
<input type="checkbox"/> Lightweight Concrete		
Shear Strength Reduction Factor		

Anexo 72

*Definición de Propiedades Mecánicas del Acero de Refuerzo Esperado
 $f_y=4200\text{kgf/cm}^2$*

E Material Property Data [Close]

General Data

Material Name	Acero $f_y=4200\text{kgf/cm}^2$ (Esperado)
Material Type	Rebar
Directional Symmetry Type	Uniaxial
Material Display Color	[Blue] Change...
Material Notes	Modify/Show Notes...

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume	7.8	tonf/m ³
Mass per Unit Volume	0.795379	tonf-s ² /m ⁴

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E	20000000	tonf/m ²
Coefficient of Thermal Expansion, A	0.0000117	1/C

Design Property Data

Modify/Show Material Property Design Data...

Advanced Material Property Data

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



Anexo 73

Definición de Resistencia Esperada del Acero de Refuerzo $f_y=4200\text{kgf/cm}^2$

E Material Property Design Data

Material Name and Type

Material Name	Acero $f_y=4200\text{kgf/cm}^2$ (Esperado)
Material Type	Rebar, Uniaxial
Grade	Acero $f_y=4200\text{kgf/cm}^2$ (Esperado)

Design Properties for Rebar Materials

Minimum Yield Strength, F_y	42000	tonf/m ²
Minimum Tensile Strength, F_u	63000	tonf/m ²
Expected Yield Strength, F_{ye}	49000	tonf/m ²
Expected Tensile Strength, F_{ue}	74200	tonf/m ²

OK Cancel

Anexo 74

Creación de Resistencias Esperadas para Concreto y Acero Estructural

E Define Materials

Materials

- A992Fy50
- Concreto $f'_c=210\text{kgf/cm}^2$ (Esperado)
- Acero $f_y=4200\text{kgf/cm}^2$ (Esperado)
- A416Gr270
- A36
- Confinado C-01 (Esperado)
- Confinado C-02 (Esperado)
- Confinado C-03 (Esperado)

Click to:

- Add New Material...
- Add Copy of Material...
- Modify/Show Material...
- Delete Material

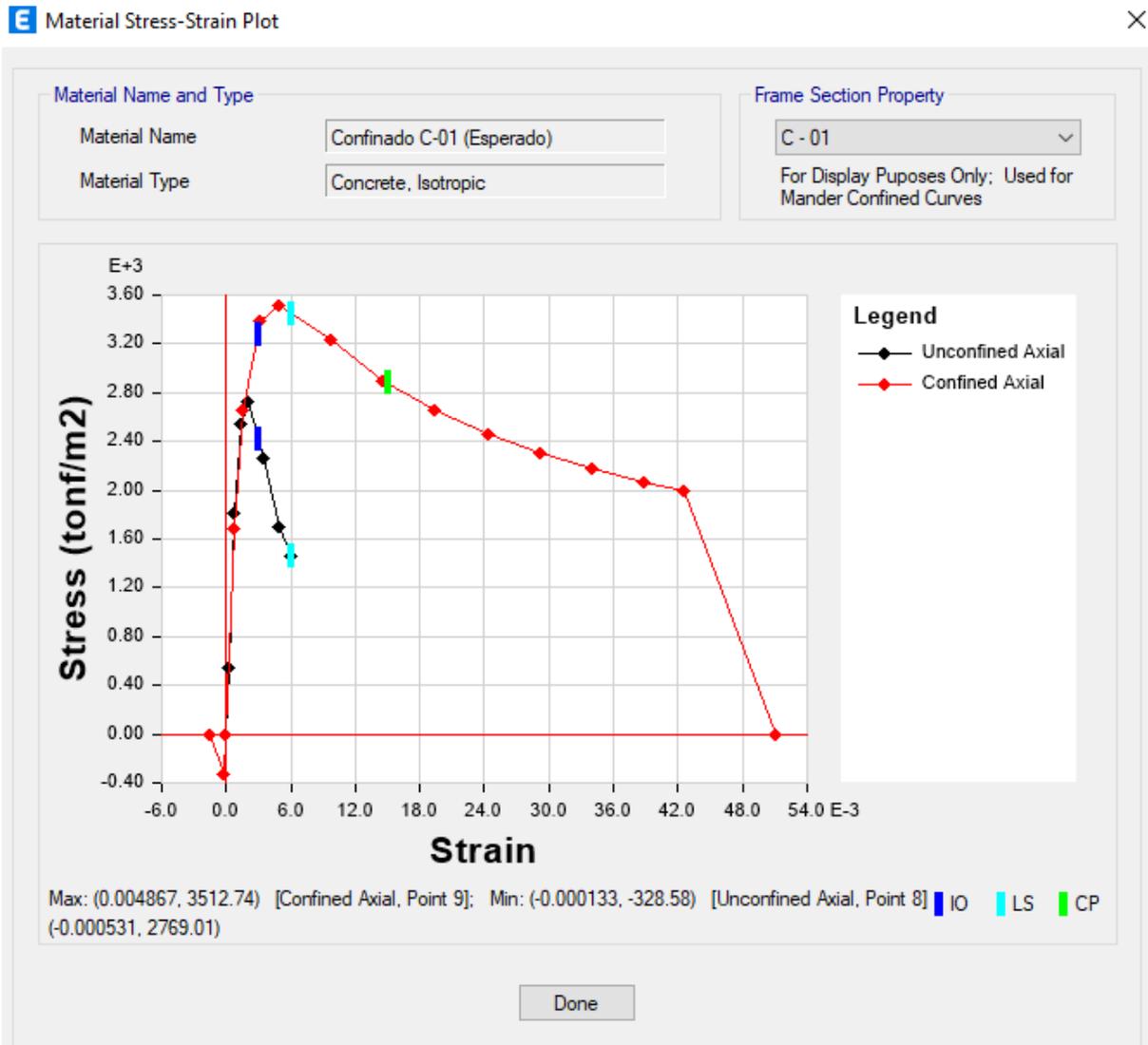
OK Cancel



8.3.7.3. Comportamiento No Lineal de los Materiales.

Anexo 75

Selección de Curva Esfuerzo-Deformación de Mander para Concreto Confinado en Sección de Columna C-01, en Función de Área de Refuerzo de Acero





Anexo 76

Modelo Histerético de Takeda para Concreto Esperado $f_c=210\text{kgf/cm}^2$ y Conversión a Usuario de la Curva Esfuerzo-Deformación de Mander para Seleccionar el Concreto Confinado de la Sección de Columna C-01

E Nonlinear Material Data ×

Material Name and Type

Material Name:

Material Type:

Miscellaneous Parameters

Hysteresis Type:

Drucker-Prager Parameters

Friction Angle: deg

Dilatational Angle: deg

Acceptance Criteria Strains

	Tension	Compression	
IO	<input type="text" value="0.01"/>	<input type="text" value="-0.003"/>	m/m
LS	<input type="text" value="0.02"/>	<input type="text" value="-0.006"/>	m/m
CP	<input type="text" value="0.05"/>	<input type="text" value="-0.015"/>	m/m

Ignore Tension Acceptance Criteria

Stress Strain Curve Definition Options

Parametric

User Defined

User Stress-Strain Curve Data

Number of Points in Stress-Strain Curve:

Point Number	Strain	Stress (tonf/m ²)	Point ID
1	-0.051179	0	
2	-0.042649	-1994.56	-E
3	-0.038937	-2063.99	
4	-0.03407	-2170.76	
5	-0.029203	-2298.33	
6	-0.024336	-2454.24	
7	-0.019469	-2649.97	
8	-0.014602	-2902.63	
9	-0.009734	-3228.86	



Anexo 77

Modelo Histerético de Kinematic para Acero de Refuerzo Esperado $f_y=4200\text{kgf/cm}^2$

E Nonlinear Material Data ✕

Material Name and Type		Miscellaneous Parameters	
Material Name	Acero $f_y=4200\text{kgf/cm}^2$ (Esperado)	Hysteresis Type	Kinematic
Material Type	Rebar, Uniaxial		
Acceptance Criteria Strains		Stress Strain Curve Definition Options	
	Tension	Compression	
IO	0.01	-0.005	m/m
LS	0.02	-0.01	m/m
CP	0.05	-0.02	m/m
			<input checked="" type="radio"/> Parametric Simple
			<input type="radio"/> User Defined
			Convert to User Defined
Parametric Strain Data			
Strain at Onset of Strain Hardening			0.01
Ultimate Strain Capacity			0.09
Final Slope (Multiplier on E)			-0.1
Show Stress-Strain Plot...			
OK		Cancel	



8.3.7.4. Rigidez Efectiva para Modelo Tipo Rótula Concentrada.

Anexo 78

Rigidez Efectiva para Viga Principal VP-01 0.25m x 0.40m

The image shows a software interface for defining frame section properties. The main window is titled "Frame Section Property Data" and contains several sections:

- General Data:** Property Name (VP-01), Material (Concreto $f_c=210\text{kgf/cm}^2$ (Esperado)), Notional Size Data (Modify/Show Notional Size...), Display Color (green), Notes (Modify/Show Notes...).
- Shape:** Section Shape (Concrete Rectangular).
- Section Property Source:** Source: User Defined.
- Section Dimensions:** Depth (0.4 m), Width (0.25 m).
- Property Modifiers:** Modify/Show Modifiers... (Currently User Specified).
- Reinforcement:** Modify/Show Rebar...

A diagram on the right shows a rectangular cross-section with a coordinate system where axis 2 is vertical and axis 3 is horizontal.

An overlaid dialog box titled "Property/Stiffness Modification Factors" contains the following data:

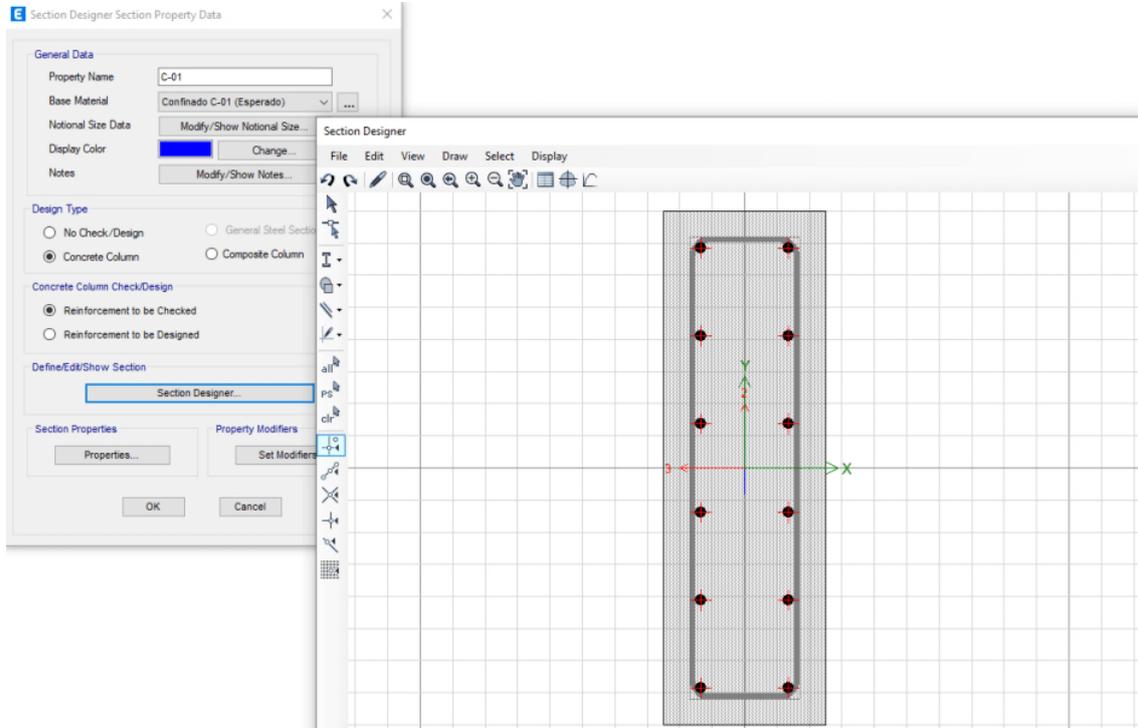
Property/Stiffness Modifiers for Analysis	
Cross-section (axial) Area	1
Shear Area in 2 direction	0.4
Shear Area in 3 direction	1
Torsional Constant	1
Moment of Inertia about 2 axis	1
Moment of Inertia about 3 axis	0.3
Mass	1
Weight	1



8.3.7.5. Modelo Tipo Plasticidad Distribuida o Fibras.

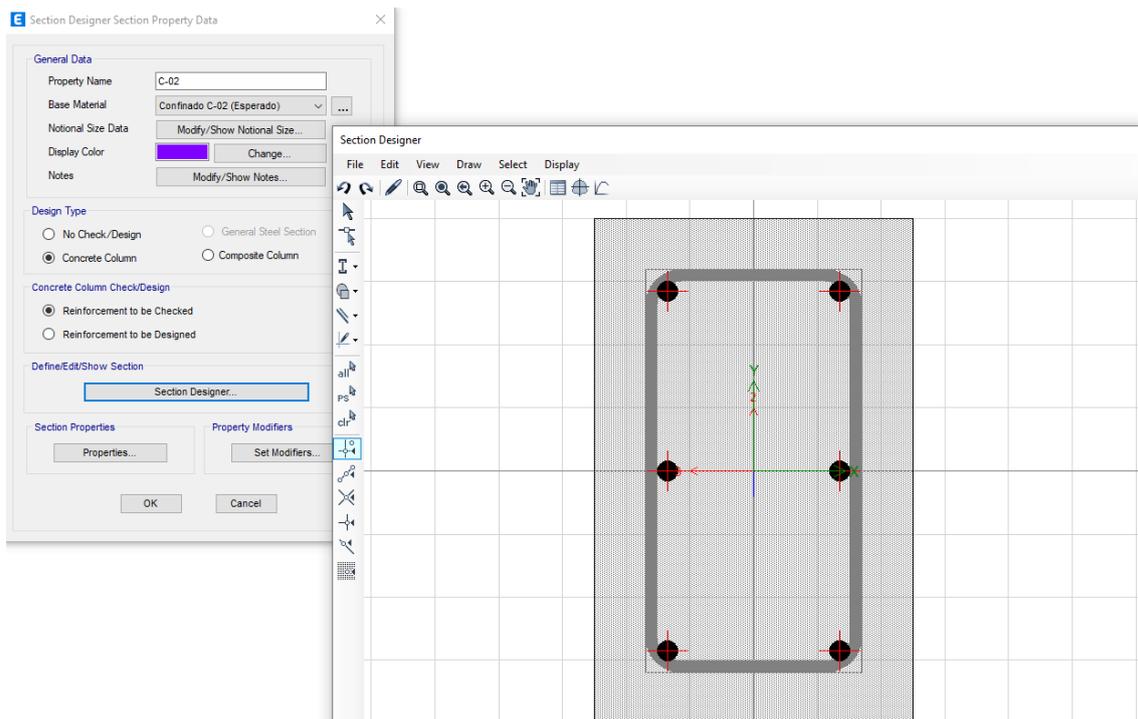
Anexo 79

Columna C-01 0.25m x 0.80m Convertido a Sección Designer para Modelo de Fibra



Anexo 80

Columna C-02 0.25m x 0.40m Convertido a Sección Designer para Modelo de Fibra

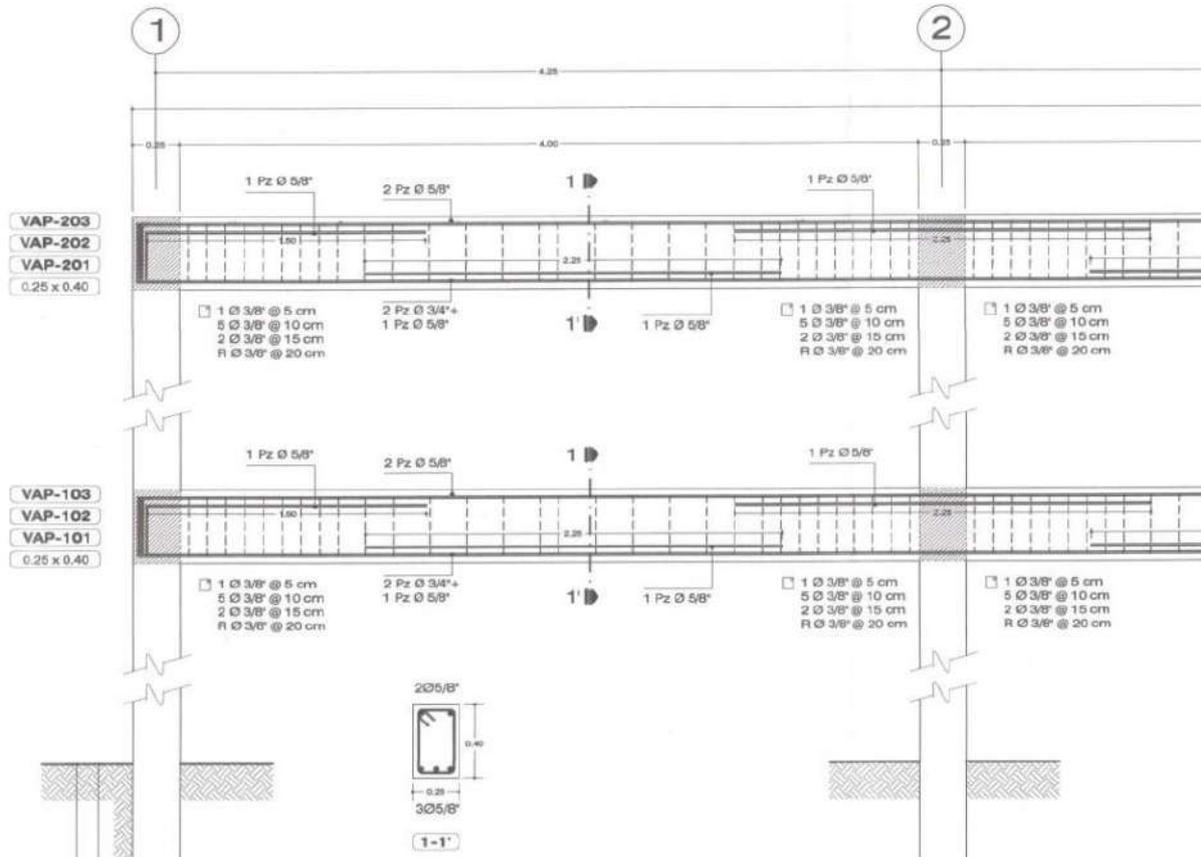




8.3.7.6. Área de Acero de Refuerzo en Vigas.

Anexo 81

Plano de Distribución Acero de Refuerzo Superior e Inferior en Vigas Principales VP-01 de 0.25m x 0.40m



Anexo 82

Asignación de Acero de Refuerzo Superior e Inferior en Vigas Principales VP-01 de 0.25m x 0.40m

E Frame Section Property Reinforcement Data ✕

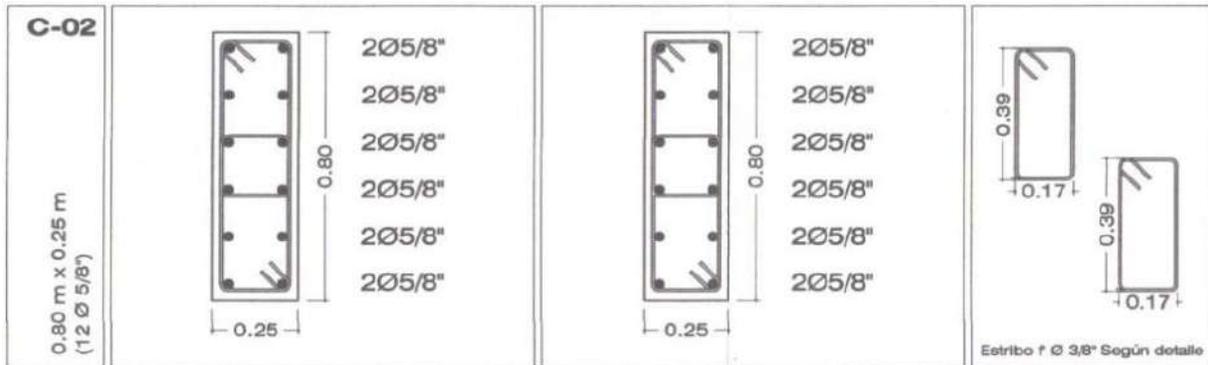
Design Type <input type="radio"/> P-M2-M3 Design (Column) <input checked="" type="radio"/> M3 Design Only (Beam)		Rebar Material Longitudinal Bars: Acero $f_y=4200\text{kgf/cm}^2$ (Espera) ... Confinement Bars (Ties): Acero $f_y=4200\text{kgf/cm}^2$ (Espera) ...	
Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid Top Bars: 0.03 m Bottom Bars: 0.03 m		Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams Top Bars at I-End: 5.94 cm^2 Top Bars at J-End: 5.94 cm^2 Bottom Bars at I-End: 3.96 cm^2 Bottom Bars at J-End: 3.96 cm^2	



8.3.7.7. Área de Acero de Refuerzo en Columnas.

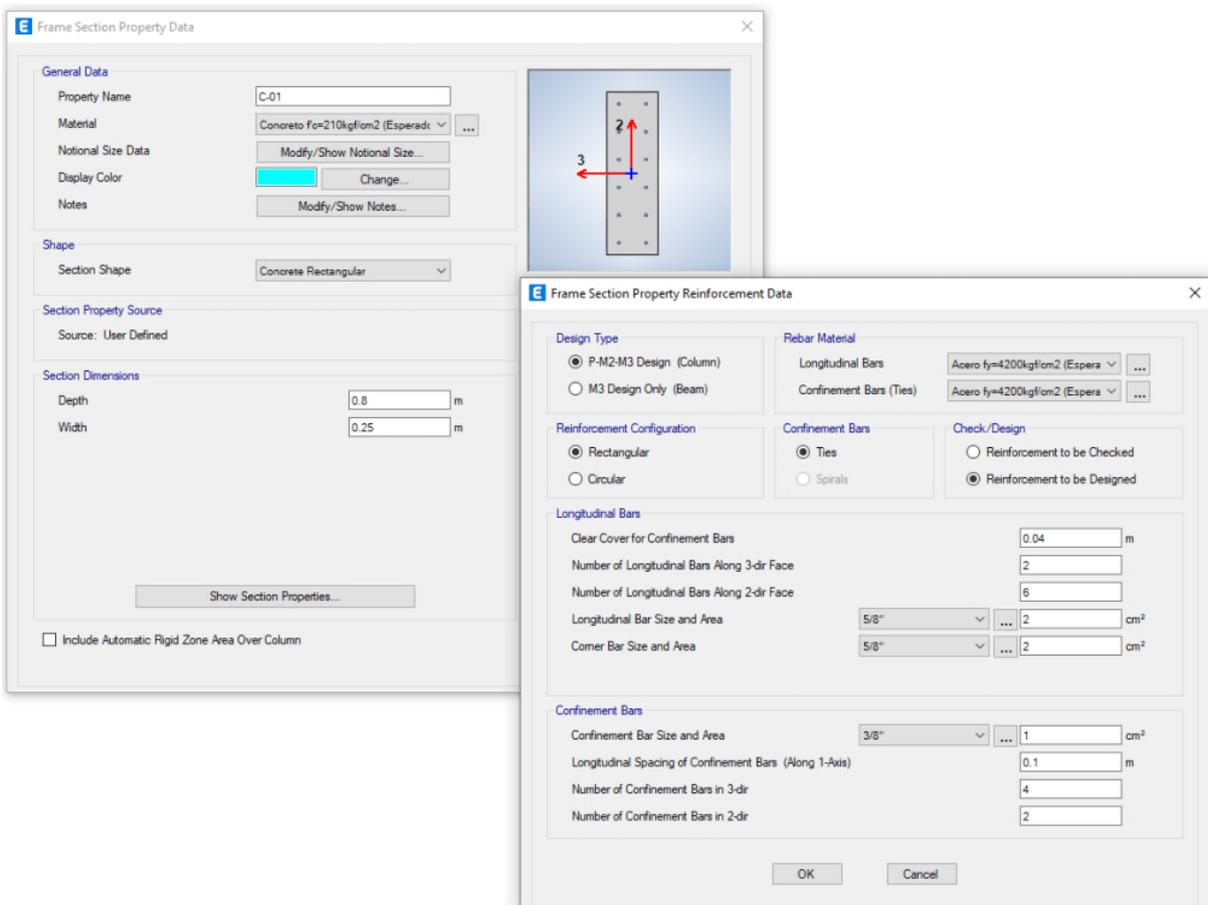
Anexo 83

Plano de Distribución Acero de Refuerzo Vertical y Horizontal en Columnas C-01 de 0.25m x 0.80m



Anexo 84

Acero de Refuerzo Vertical y Horizontal en Columnas C-01 de 0.25m x 0.80m





8.3.7.8. *Modelamiento Tipo Plasticidad Concentrada en Vigas.*

Anexo 85

Definición de Rótula Automática M3 según ASCE 41-13 en Función del Caso PUSH

E Auto Hinge Assignment Data ✕

Auto Hinge Type
From Tables In ASCE 41-13

Select a Hinge Table
Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure) Item i

Degree of Freedom
 M2
 M3

V Value From
 Case/Combo PUSH-X
 User Value V2 tonf

Transverse Reinforcing
 Transverse Reinforcing is Conforming

Reinforcing Ratio (p - p') / pbalanced
 From Current Design
 User Value (for positive bending)

Deformation Controlled Hinge Load Carrying Capacity
 Drops Load After Point E
 Is Extrapolated After Point E

Anexo 86

Asignación de Rótula Plástica en Distancias Relativas de 0 y 1 Respecto a la Longitud del Frame

E Frame Assignment - Hinges ✕

Frame Hinge Assignment Data

Hinge Property	Location Type	Relative Distance	Distance from End m
Auto	Relative to clear length	0	
Auto M3	Relative to clear length	0	
Auto M3	Relative to clear length	1	

Auto Hinge Assignment Data
 Type: From Tables In ASCE 41-13
 Table: Table 10-7 (Concrete Beams - Flexure) Item i
 DOF: M3



Anexo 87

Generación de Rótulas Automáticas, Conversión a Usuario para Modificación de Propiedades

E Define Frame/Wall Hinge Properties

Name	Type	Behavior	Generated	From
B1H1	Moment M3	Deformation Controlled	No	N.A.
B1H2	Moment M3	Deformation Controlled	Yes	Auto
B1H3	Moment M3	Deformation Controlled	Yes	Auto
B1H4	Moment M3	Deformation Controlled	Yes	Auto
B1H5	Moment M3	Deformation Controlled	Yes	Auto
B1H6	Moment M3	Deformation Controlled	Yes	Auto
B1H7	Moment M3	Deformation Controlled	Yes	Auto
B1H8	Moment M3	Deformation Controlled	Yes	Auto
B5H1	Moment M3	Deformation Controlled	Yes	Auto
B5H2	Moment M3	Deformation Controlled	Yes	Auto
B5H3	Moment M3	Deformation Controlled	Yes	Auto
B5H4	Moment M3	Deformation Controlled	Yes	Auto
B5H5	Moment M3	Deformation Controlled	Yes	Auto
B5H6	Moment M3	Deformation Controlled	Yes	Auto
B5H7	Moment M3	Deformation Controlled	Yes	Auto
B5H8	Moment M3	Deformation Controlled	Yes	Auto

Click to:

Add New Property...
Add Copy of Property...
Modify/Show Property...
Delete Property

Show Hinge Details
 Show Generated Props

Convert Auto To User Prop

OK
Cancel

Anexo 88

Asignación de Modelo Histerético de Takeda en Rótulas de Plasticidad Concentrada para Vigas

E Hinge Property Data for B1H1 - Moment M3

Displacement Control Parameters

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0.2	-0.046169
D-	-0.2	-0.024283
C-	-1.1	-0.024042
B-	-1	0
A	0	0
F	1	0
B	1.1	0.025
D	0.2	0.02525
E	0.2	0.05

Symmetric

Additional Backbone Curve Points

BC - Between Points B and C
 CD - Between Points C and D

Scaling for Moment and Rotation

Use Yield Moment
 Use Yield Rotation (Steel Objects Only)

	Positive	Negative
Moment SF	6.855	10.0391
Rotation SF	1	1

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

	Positive	Negative
Immediate Occupancy	0.01	-0.009042
Life Safety	0.025	-0.024042
Collapse Prevention	0.05	-0.046169

Show Acceptance Criteria on Plot

Type

Moment - Rotation
 Moment - Curvature

Hinge Length
 Relative Length

Load Carrying Capacity Beyond Point E

Drops To Zero
 Is Extrapolated

Hysteresis Type and Parameters

Hysteresis: Takeda

No Parameters Are Required For This Hysteresis Type

OK
Cancel



8.3.7.9. Modelamiento Tipo Plasticidad Distribuida en Columnas.

Anexo 89

Definición de Rótula de Plasticidad Distribuida o Fibra P-M2-M3 para Columnas

The dialog box is titled "Hinge Property Data for COLUMNA FIBRA - Fiber P-M2-M3". It contains two main sections: "Fiber Definition Options" and "Hinge Length".

- Fiber Definition Options:** Includes two radio buttons: "Default From Frame Section" (selected) and "User Defined".
- Hinge Length:** Includes a text input field with the value "0.1" and a checked checkbox labeled "Relative Length".

At the bottom, there are three buttons: "Define/Show Fibers...", "OK", and "Cancel".

Anexo 90

Rótula Controlada por Deformación Fibra P-M2-M3

The dialog box is titled "Hinge Property Data". It contains the following fields and options:

- Hinge Property Name:** A text input field containing "COLUMNA FIBRA".
- Hinge Type:** Includes two radio buttons: "Force Controlled (Brittle)" and "Deformation Controlled (Ductile)" (selected).
- Fiber:** A dropdown menu showing "Fiber P-M2-M3".

At the bottom, there are three buttons: "Modify/Show Hinge Property...", "OK", and "Cancel".



Anexo 91

Asignación de Fibra en Distancias Relativas de 0 y 1 Respecto a la Longitud del Frame

E Frame Assignment - Hinges ✕

Frame Hinge Assignment Data

Hinge Property	Location Type	Relative Distance	Distance from End m
COLUMNA FIBRA	Relative to clear length	1	
COLUMNA FIBRA	Relative to clear length	0	
COLUMNA FIBRA	Relative to clear length	1	

Auto Hinge Assignment Data

Anexo 92

Generación de Fibras de Concreto y Acero en Sección de Columna C-01

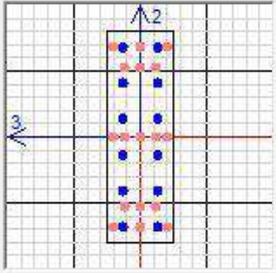
E Define Fibers for Hinge C14H9 (Fiber P-M2-M3) ✕

Control

Overlay Frame Section on Plot

Section:

Make All Fibers Gray



Fiber Definition Data

Fiber	Area m²	Coord3 m	Coord2 m	Material /// Stress Strain Curve
1	0.0002	0.06574	-0.34074	Acero fy=4200kgf/cm2 (Esperado) /// SSC1
2	0.0002	0.06574	-0.20444	Acero fy=4200kgf/cm2 (Esperado) /// SSC1
3	0.0002	0.06574	-0.06815	Acero fy=4200kgf/cm2 (Esperado) /// SSC1
4	0.0002	0.06574	0.06815	Acero fy=4200kgf/cm2 (Esperado) /// SSC1
5	0.0002	0.06574	0.20444	Acero fy=4200kgf/cm2 (Esperado) /// SSC1
6	0.0002	0.06574	0.34074	Acero fy=4200kgf/cm2 (Esperado) /// SSC1
7	0.0002	-0.06574	-0.34074	Acero fy=4200kgf/cm2 (Esperado) /// SSC1
8	0.0002	-0.06574	-0.20444	Acero fy=4200kgf/cm2 (Esperado) /// SSC1
9	0.0002	-0.06574	-0.06815	Acero fy=4200kgf/cm2 (Esperado) /// SSC1
10	0.0002	-0.06574	0.06815	Acero fy=4200kgf/cm2 (Esperado) /// SSC1



8.3.7.10. Procedimiento de Análisis Estático No Lineal.

Anexo 93

Definición de Caso de Carga de Gravedad No Lineal en Función de Masa Sísmica de la Edificación en Estudio

E Load Case Data ✕

General

Load Case Name: CGNL Design...

Load Case Type: Nonlinear Static Notes...

Mass Source: Previous

Analysis Model: Default

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case:

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	DEAD	1
Load Pattern	TABIQUERÍA	1
Load Pattern	ACABADOS	1
Load Pattern	LIVE	0.25

1 Add
Delete

Other Parameters

Modal Load Case: MODAL

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Full Load Modify/Show...

Results Saved: Final State Only Modify/Show...

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis Modify/Show...

Nonlinear Parameters: Default - Iterative Event-to-Event Modify/Show...

OK Cancel



Anexo 94

Definición de Caso de Carga PUSH-X (+)

E Load Case Data ✕

General

Load Case Name: PUSH-X (+) Design...

Load Case Type: Nonlinear Static Notes...

Mass Source: Previous

Analysis Model: Default

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: CGNL

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Mode	1	1

Add
Delete

Other Parameters

Modal Load Case: MODAL

Geometric Nonlinearity Option: None

Load Application: Displacement Control Modify/Show...

Results Saved: Multiple States Modify/Show...

Floor Cracking Analysis: No Cracked Analysis Modify/Show...

Nonlinear Parameters: User Defined - Event-to-Event Only Modify/Show...

OK Cancel



Anexo 95

Asignación de Control de Monitoreo por Desplazamiento en U1 Join 25

E Load Application Control for Nonlinear Static Analysis [X]

Load Application Control

Full Load

Displacement Control

Quasi-Static (run as time history)

Control Displacement

Use Conjugate Displacement

Use Monitored Displacement

Load to a Monitored Displacement Magnitude of m

Monitored Displacement

DOF/Joint

Generalized Displacement

Additional Controlled Displacements

Quasi-static Parameters

Time History Type

Output Time Step Size sec

Mass Proportional Damping 1/sec

Hilber-Hughes-Taylor Time Integration Parameter, Alpha

Anexo 96

Asignación de Múltiples Puntos para Generación de Curva de Capacidad

E Results Saved for Nonlinear Static Case [X]

Results Saved

Final State Only Multiple States

For Each Stage

Minimum Number of Saved States

Maximum Number of Saved States

Save positive Displacement Increments Only



Anexo 97

Método de Iteración Escogido de Evento a Evento para Solución de Análisis

E Nonlinear Parameters ×

Solution Control

Solution Scheme	Event-to-Event Only
Maximum Total Steps (Static Only)	300
Maximum Null Steps (Static Only)	300
Event Lumping Tolerance (Relative)	0.01
Maximum Events per Step	300
Stop when Max Events per Step Exceeded	Yes
Minimum Event Step Size	0.000001
Maximum Null Events per Step	50
Use Correction Step for Large Unbalance (Static Only)	Last Step

Solution Scheme
The solution scheme.

Anexo 98

Casos de Carga PUSH Generados para Posterior Análisis de Desempeño

E Load Cases ×

Load Cases

Load Case Name	Load Case Type
CGNL	Nonlinear Static
PUSH-Y (+)	Nonlinear Static
PUSH-Y (-)	Nonlinear Static
PUSH-X (+)	Nonlinear Static
PUSH-X (-)	Nonlinear Static
CARGA LATERAL X	Linear Static
CARGA LATERAL Y	Linear Static
PUSH-X (+UNIFORME)	Nonlinear Static
PUSH-Y (+UNIFORME)	Nonlinear Static

Click to:



8.3.7.11. *Tratamiento de Registros Sísmicos con SeismoSignal.*

Anexo 99

Configuración de Unidades según Data de Registro Obtenido cm/seg2

The screenshot shows the 'SeismoSignal Settings' dialog box with the 'Units' tab selected. It contains three sections of radio button options:

- Acceleration Units:** g, cm/sec2, mm/sec2, in/sec2, m/sec2, ft/sec2
- Velocity Units:** m/sec, cm/sec, mm/sec, in/sec, ft/sec
- Displacement Units:** m, cm, mm, in, ft

At the bottom, there are buttons for 'Program Defaults', 'Set As Default', 'Help', 'OK', and 'Cancel'.

Anexo 100

Importación de Registro Sísmico mediante Formato .txt

The screenshot shows the 'Input File Parameters' dialog box. It includes the following fields and options:

- First Line: 38
- Last Line: 2292
- Time Step dt: 0.02
- Scaling Factor: 1.0
- Acceleration Unit: cm/sec2
- Velocity Unit: cm/sec
- Displacement Unit: cm
- Change Units button
- Single Acceleration value per line (selected)
- Time & Acceleration values per line
- Multiple Acceleration values per line
- Acceleration Column: 2
- Time Column: 1
- Frequency: 1
- Initial Values Skipped: 2
- Buttons: OK, Cancel, Help, Program Defaults, Set As Default

Below the settings is a text area showing the content of the acceleration file:

```
Acceleration File
NATIONAL UNIVERSITY OF ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
JAPAN-PERU CENTER FOR EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH AND DI
TUPAC AMARU AVENUE 1150 - LIMA 25 - PERU Postal Code 31-250
Telephone Numbers (51-1) 482-0777, 482-0790 FAX 481-0170
e-mail: f_lazares@uni.edu.pe http://www.cismid-uni.org

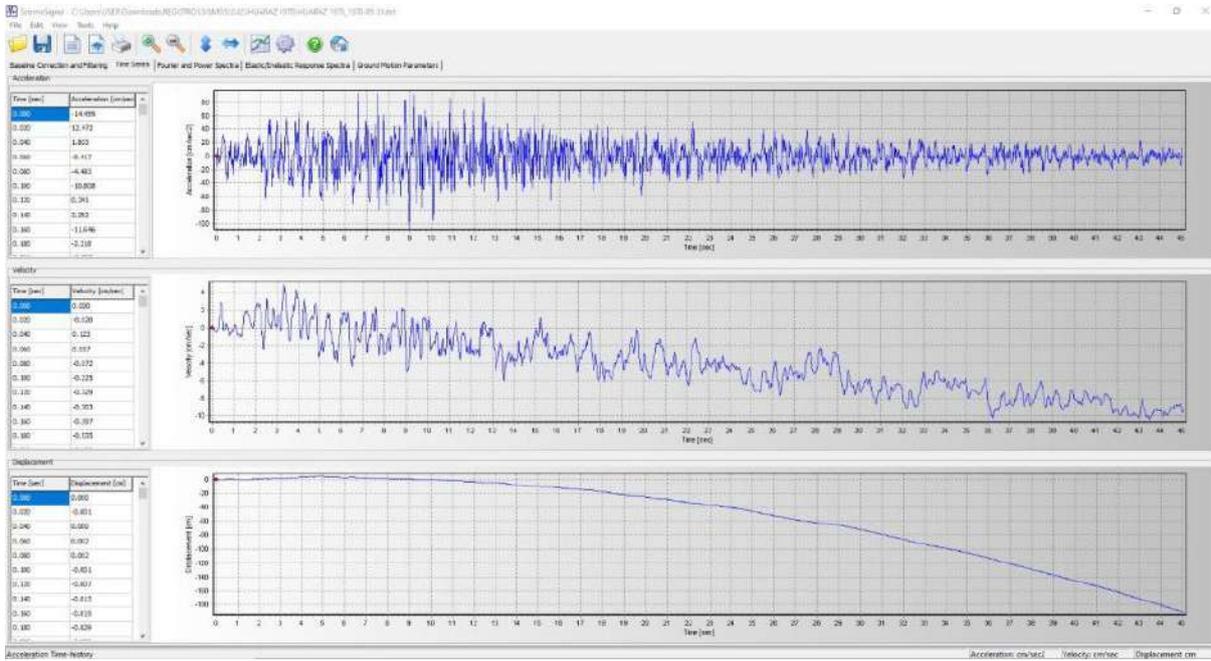
1. INFORMATION ABOUT THE SEISMIC STATION
STATION NAME      : Parque de la Reserva
STATION CODE     : PRO
<
```

Line:2292 Pos:45



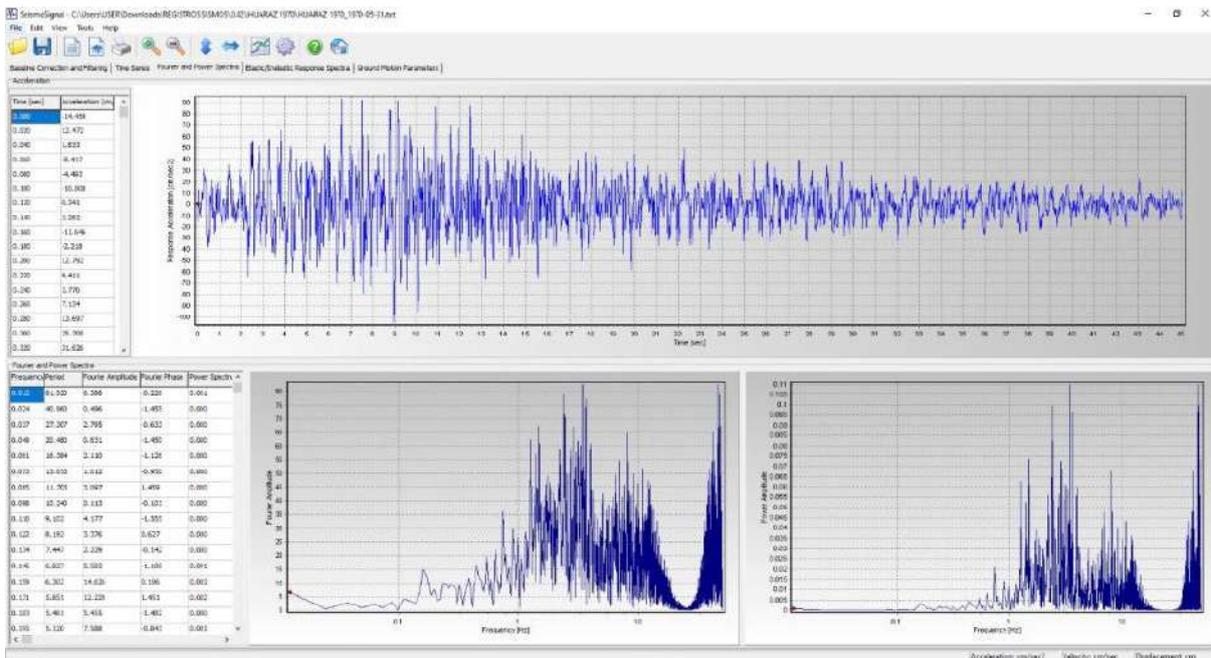
Anexo 101

Visualización de Gráficos de Acelerograma, Velocigrama y Desplacigrama, Evidencia de Falta de Corrección por Línea Base



Anexo 102

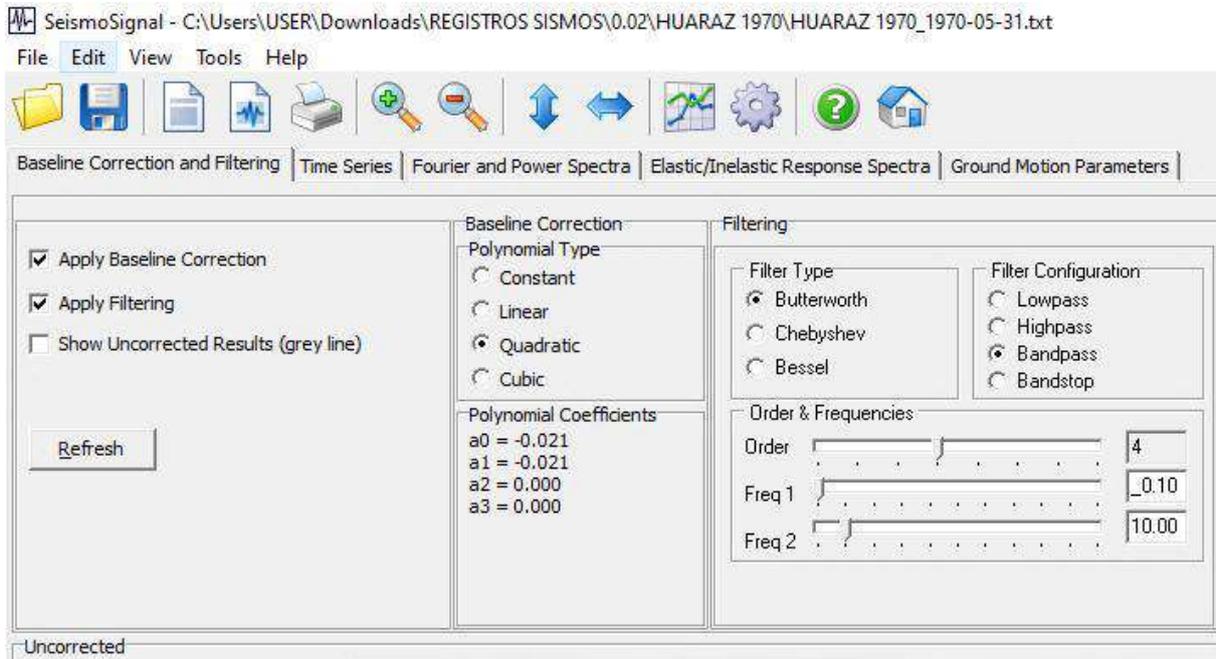
Visualización del Espectro de Fourier para Obtención del Rango de Frecuencias a Filtrar del Registro Sísmico





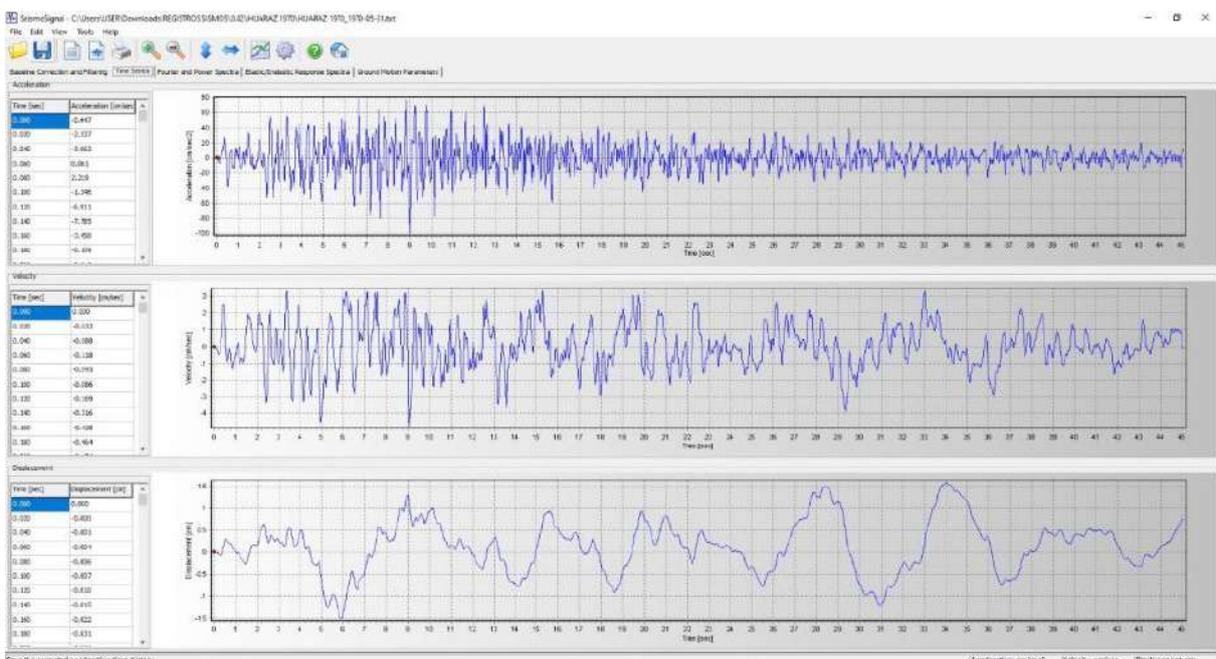
Anexo 103

Aplicación de Corrección por Línea Base Polinomial Cuadrática y Filtrado, Rango de Frecuencias a Filtrar de 0.1 a 10.0 Hz según Espectro de Fourier



Anexo 104

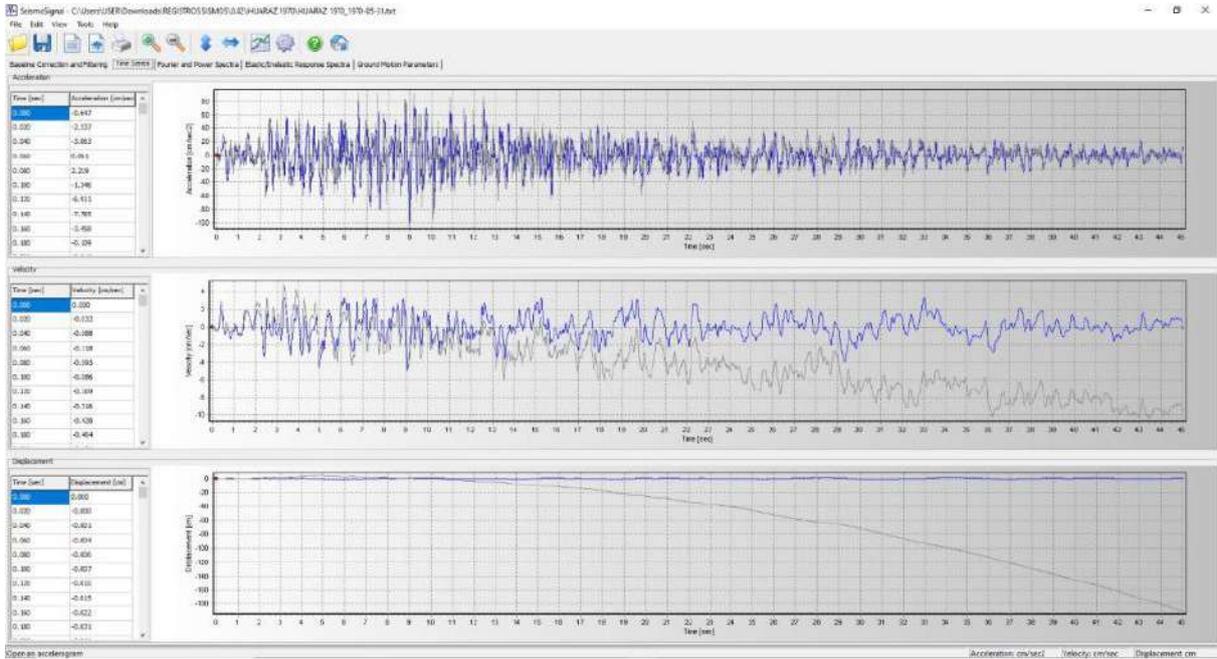
Visualización de Gráficos de Acelerograma, Velocigrama y Desplacigrama con Filtrado y Corrección por Línea Base





Anexo 105

Visualización de Gráficos Antes y Después de su Corrección de Ceros



Anexo 106

Exportación de Data de Tiempo y Aceleración Corregidos para Aplicación de Escalamiento de Registro

Uncorrected	
Time	Acceleration
0.000	-14.4586
0.020	12.4724
0.040	1.8334
0.060	-8.4166
0.080	-4.4926
0.100	-10.8076
0.120	0.3414
0.140	2.2824
0.160	-11.6456
0.180	-2.2176
0.200	12.7924

Corrected	
Time	Acceleration
0.000	-0.6474
0.020	-2.5368
0.040	-3.0629
0.060	0.0608
0.080	2.2187
0.100	-1.3458
0.120	-6.9106
0.140	-7.7852
0.160	-3.4576



8.3.7.12. Escalamiento de Registros Sísmicos con SeismoMatch.

Anexo 107

Importación de Grupo de Acelerogramas en Función del Step de Tiempo 0.02

Input Parameters for All Files

First Line: 1

Last Line: end of file

Time Step dt: 0.02

Scaling Factor: 1.0

Single Acceleration value per line (selected)

Time & Acceleration values per line

Multiple Acceleration values per line

SMC Format

PEER NGA Format

SHAKE Format

Acceleration Column: 2

Time Column: 1

Frequency: 1

Initial Values Skipped: 0

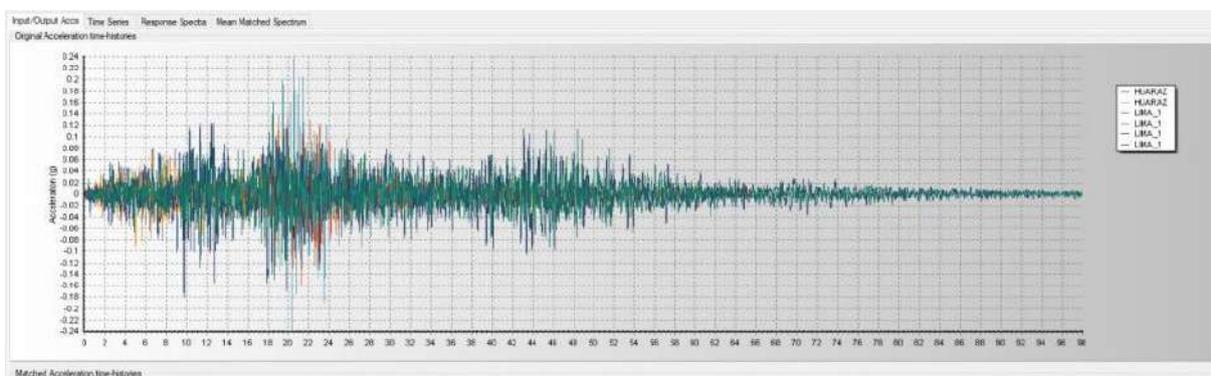
Record Description

Acceleration File

Line:1 Pos:0

Anexo 108

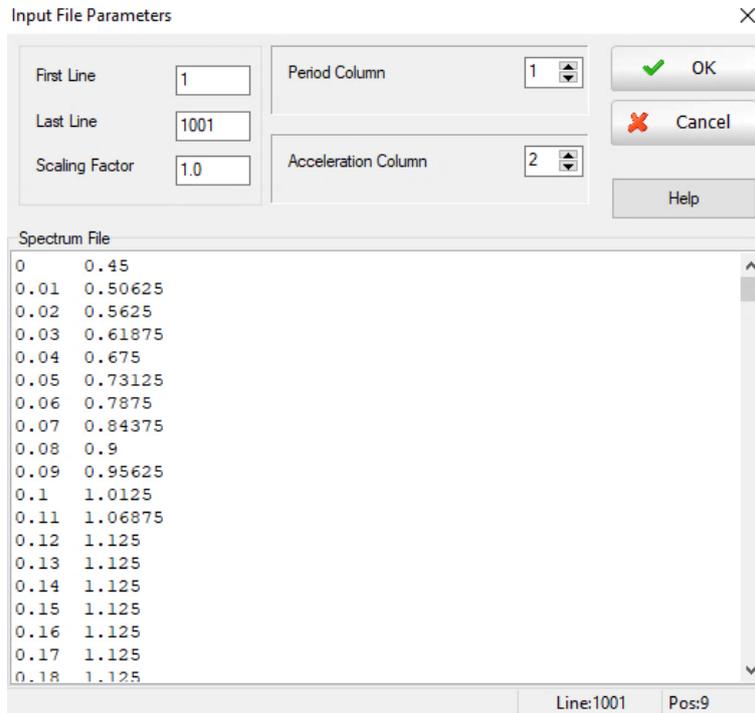
Visualización de Acelerogramas Importados Componentes EW y NS





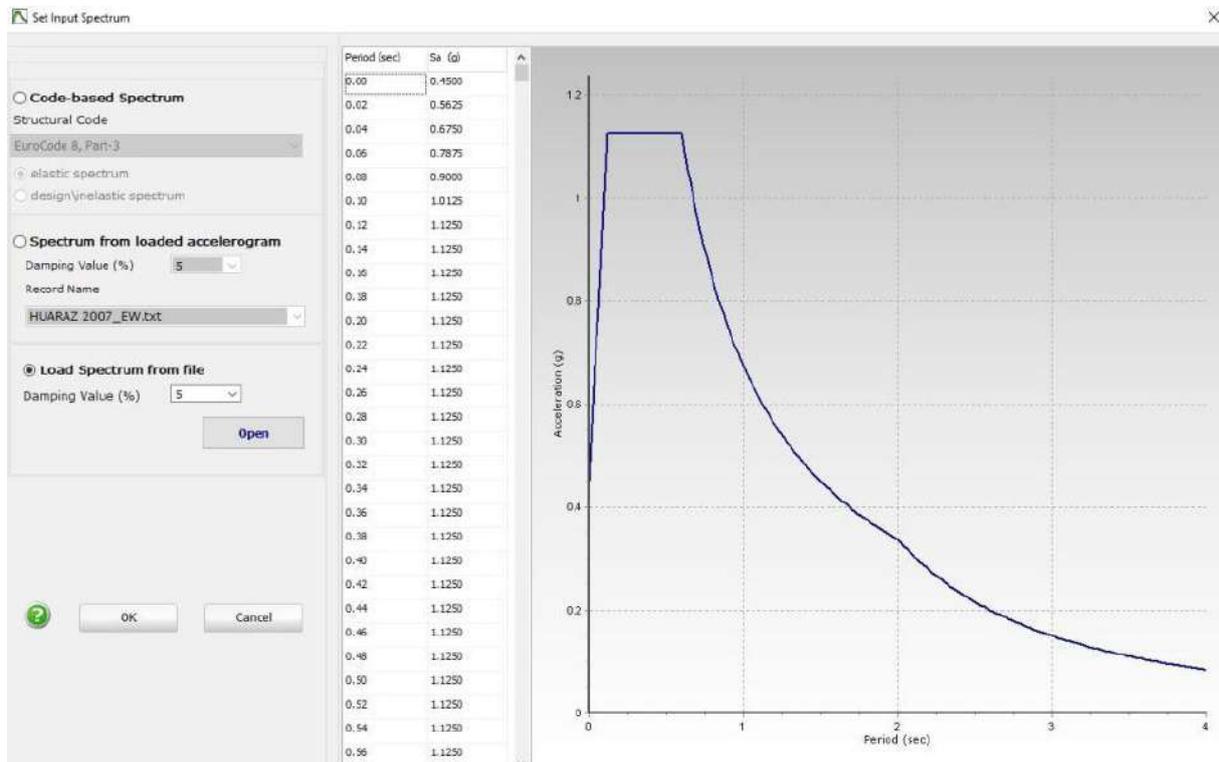
Anexo 109

Importación de Espectro de Compatibilidad E.031 para Sismo Máximo Considerado



Anexo 110

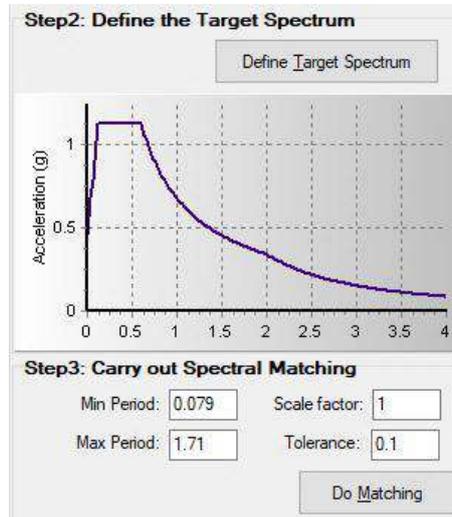
Visualización de Espectro de Compatibilidad Importado ZUCS x 1.5





Anexo 111

Coincidencia Espectral en Función de 0.2 del Periodo Mínimo Traslacional y 2.0 del Periodo Máximo Traslacional



Anexo 112

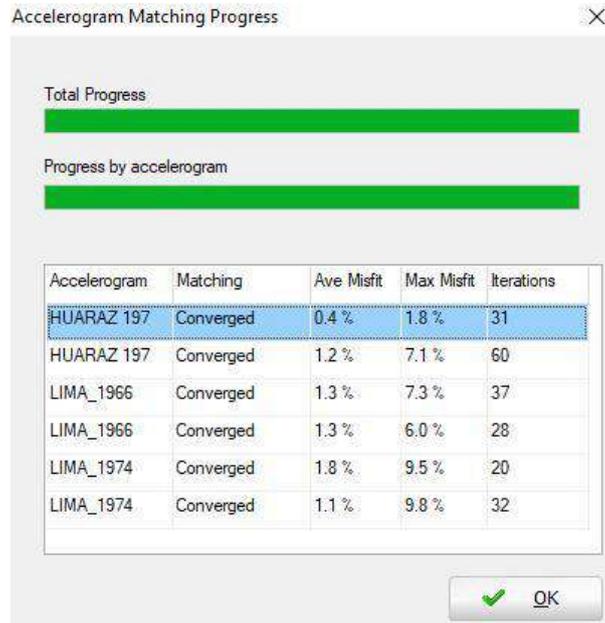
Definición de 150 Iteraciones y Técnica Algorítmica de Abrahamson

The screenshot shows the "Settings" dialog box with the "Matching Parameters" tab selected. The "Matching Algorithm" is set to "Al Atik & Abrahamson (2010)". Under "Matching Parameters", the "Mismatch tolerance" is 0.1, "Group size" is 250, "Max iterations" is 150, "Scale Factor" is 1, and "Min Eigen Value" is 0.001. The checkbox "Allow dynamic padding of the beginning of the acceleration time series" is checked. Under "Matching Period Range", the "Min Period" is 0.0894 and the "Max Period" is 1.3245. At the bottom, there are buttons for "Program Defaults", "Set As Default", "OK", and "Cancel".



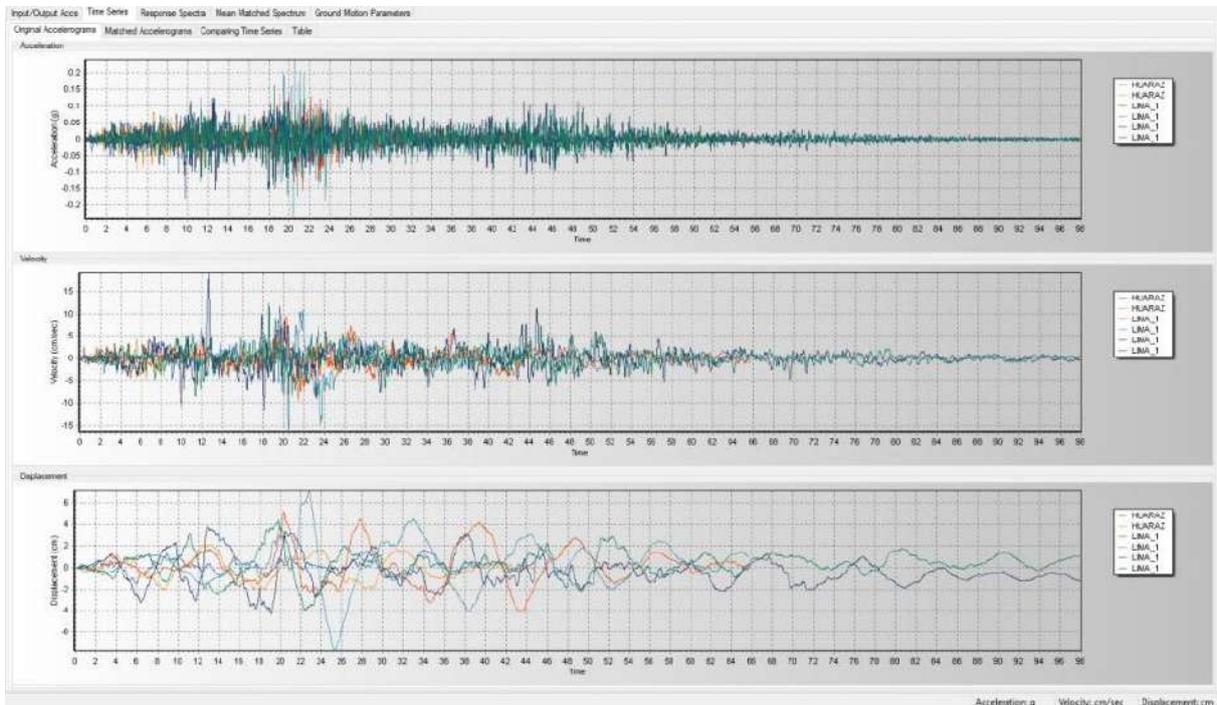
Anexo 113

Visualización de Convergencia de Acelerogramas Escalados



Anexo 114

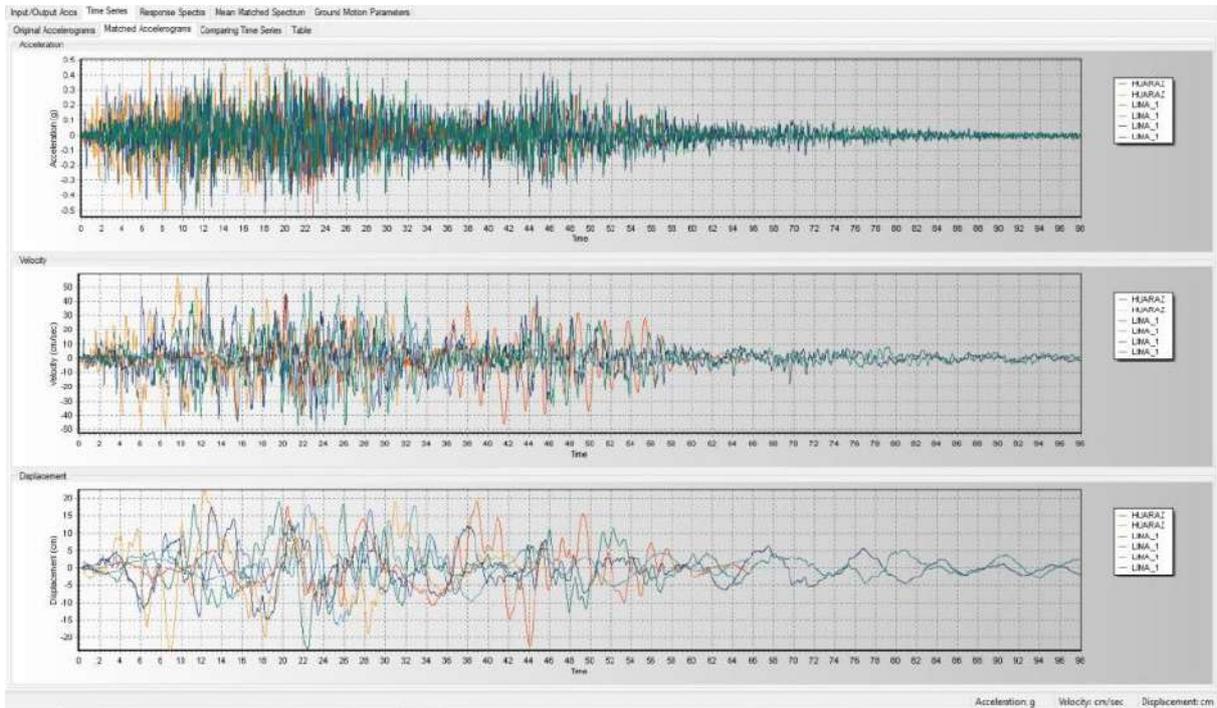
Visualización de Acelerogramas Originales Antes de Realizar el Spectral Matching





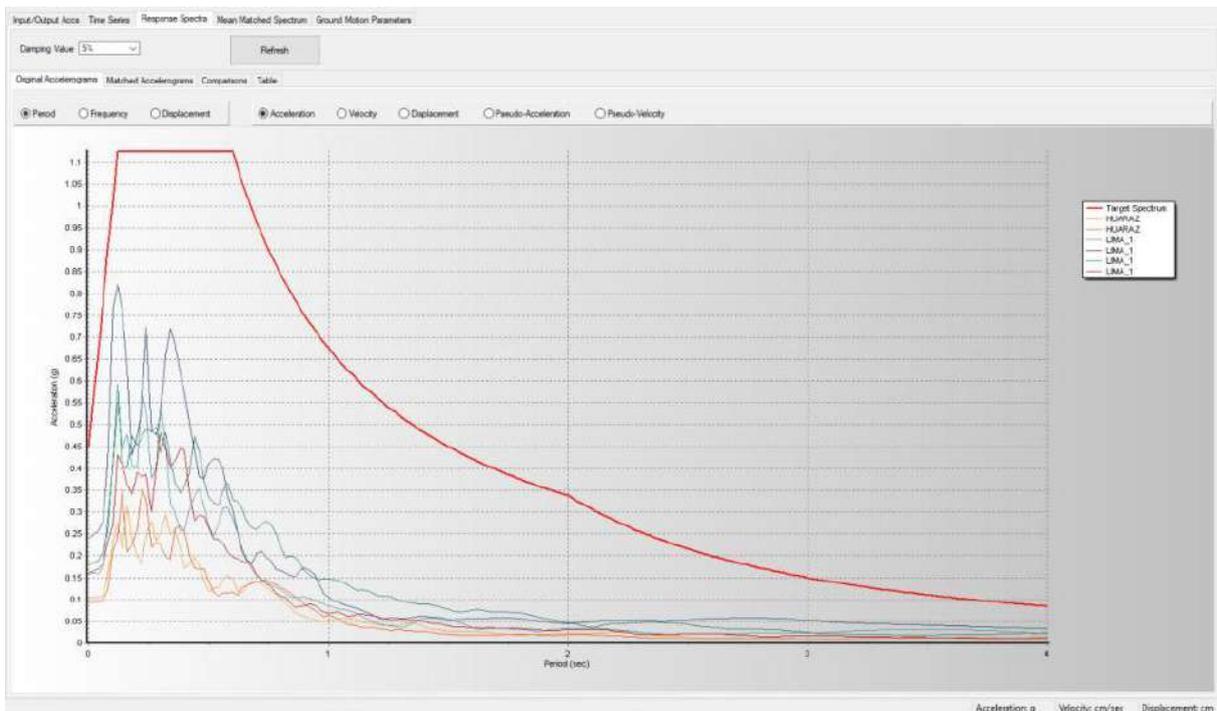
Anexo 115

Visualización de Acelerogramas Escalados Luego de Realizar el Spectral Matching



Anexo 116

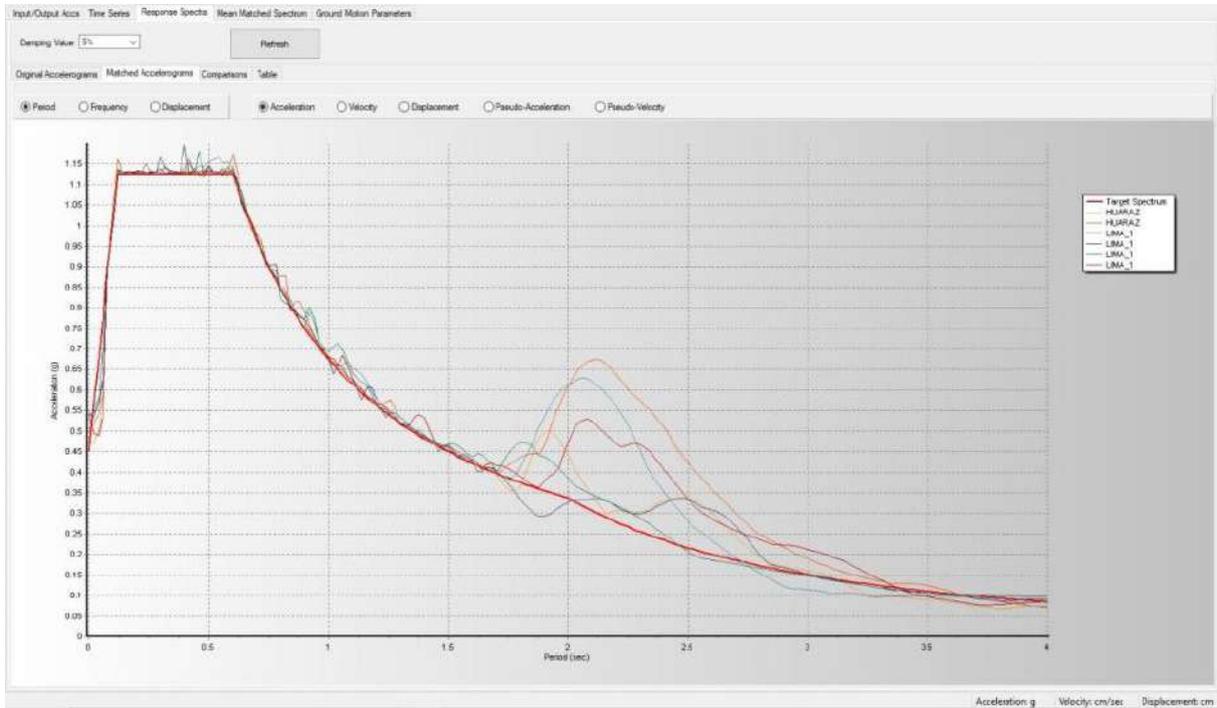
Espectro de Compatibilidad y Espectros de Respuesta Originales Antes de Realizar el Spectral Matching





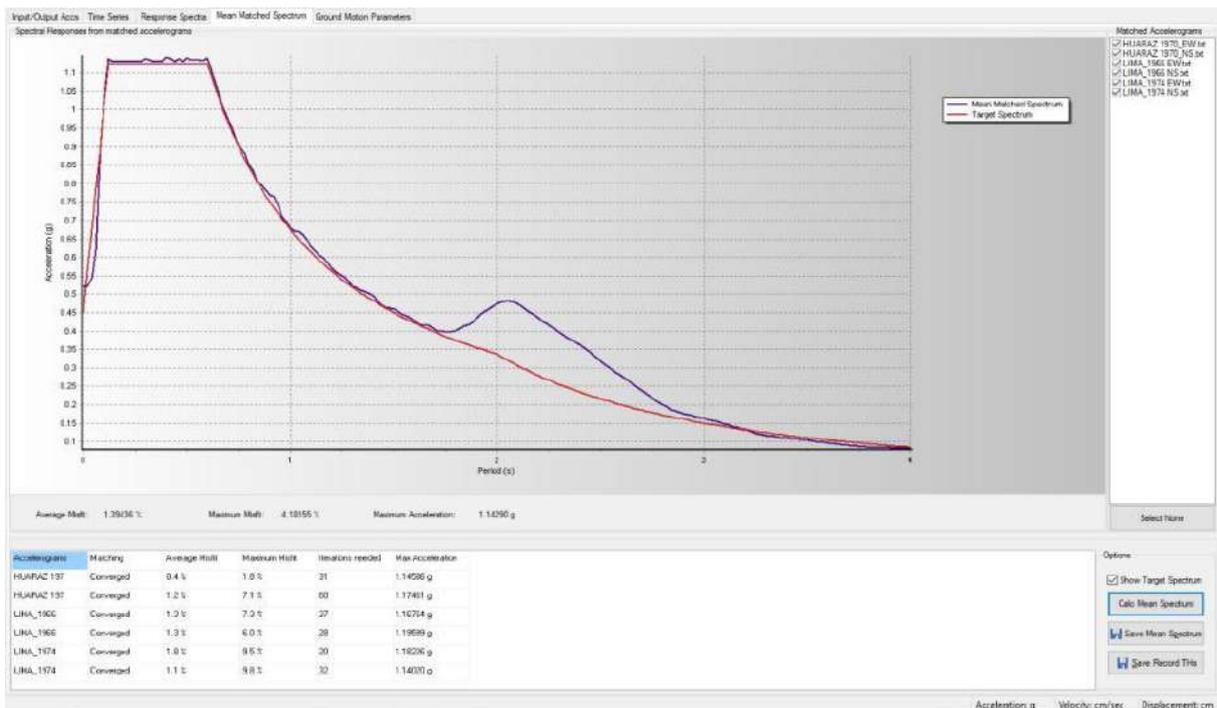
Anexo 117

Espectro de Compatibilidad y Espectros de Respuesta Escalados Luego de Realizar el Spectral Matching



Anexo 118

Promedio Estadístico de Espectros de Respuesta Escalados Junto a Espectro de Compatibilidad para Sismo Máximo Considerado

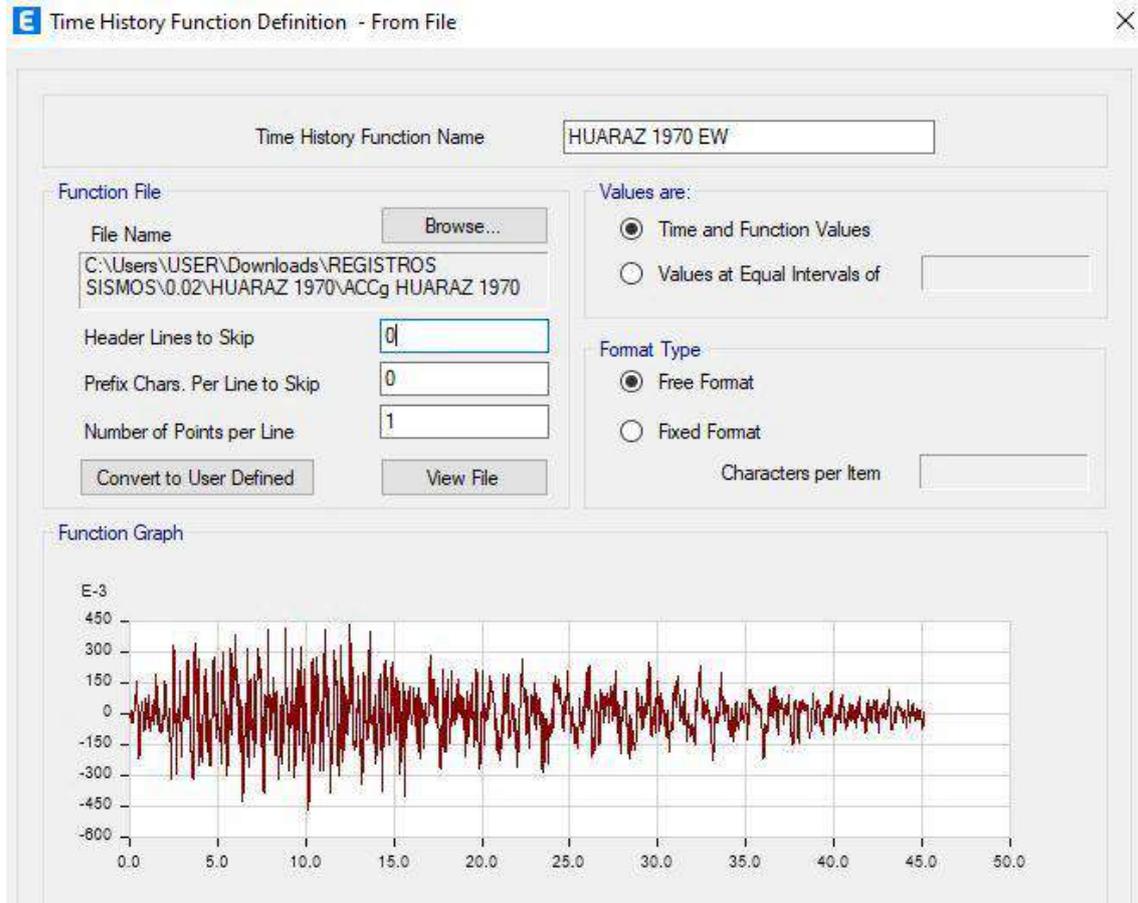




8.3.7.13. Procedimiento del Análisis Dinámico No Lineal.

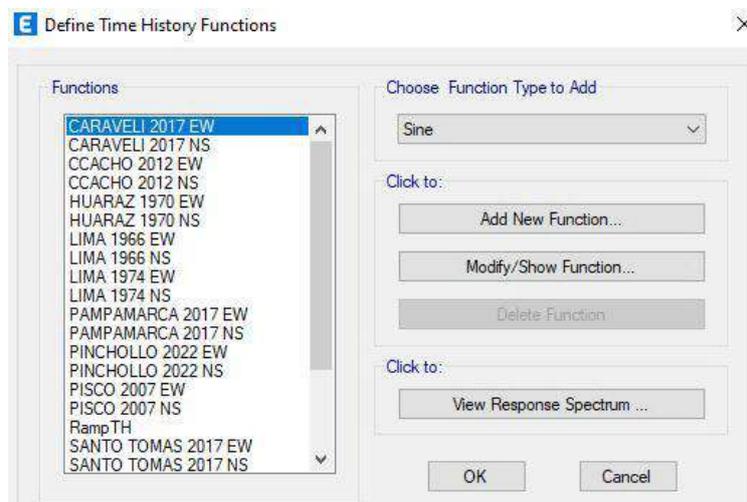
Anexo 119

Importación de Acelerograma Escalado de SeismoMatch



Anexo 120

Definición de Funciones Tiempo Historia Componentes EW y NS





Anexo 121

Caso de Carga No Lineal Tiempo Historia por Integración Directa Componentes EW y NS Definidos al 0.950 y 0.312 Respectivamente por Combinación SRSS de Espectros de Respuesta Escalados

E Load Case Data ✕

General

Load Case Name: HUARAZ 1970 XX (MCE) Design...

Load Case Type/Subtype: Time History / Nonlinear Direct Integration Notes...

Mass Source: Previous

Analysis Model: Default

Initial Conditions

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case: CGNL

Loads Applied

Load Type	Load Name	Function	Scale Factor
Acceleration	U1	HUARAZ 1970 EW	9.3195
Acceleration	U2	HUARAZ 1970 NS	3.0632

1 Add Delete
 Advanced

Other Parameters

Geometric Nonlinearity Option: None

Number of Output Time Steps: 2254

Output Time Step Size: 0.02 sec

Damping: Mass: 0.357; Stiff: 0.0017; Modal: No Modify/Show...

Time Integration: Hilber-Hughes-Taylor Modify/Show...

Nonlinear Parameters: User Defined - Iterative Event-to-Event Modify/Show...

OK Cancel



Anexo 122

Amortiguamiento de Rayleigh Definidos al 2.5% en Función del Primer y Segundo Modo Traslacional

E Direct Integration Damping ✕

Modal Load Case

Viscous Proportional Damping

	Mass Proportional Coefficient		Stiffness Proportional Coefficient
<input type="radio"/> Direct Specification	<input type="text"/>		<input type="text"/>
<input checked="" type="radio"/> Specify Damping by Period	<input type="text" value="0.357"/> 1/sec		<input type="text" value="1.732E-03"/> sec
<input type="radio"/> Specify Damping by Frequency	<input type="text"/>		<input type="text"/>
<input type="checkbox"/> Specify as Period Ratio, T/T_mode, for This Mode			<input type="text"/>

	Period		Frequency		Damping	
First	<input type="text" value="0.485"/> sec		<input type="text"/>	cyc/sec	<input type="text" value="0.025"/>	Recalculate Coefficients
Second	<input type="text" value="0.395"/> sec		<input type="text"/>	cyc/sec	<input type="text" value="0.025"/>	

Additional Modal Damping

Include Additional Modal Damping

Maximum Considered Modal Frequency



Anexo 123

Parámetros de Integración de Tiempo Definidos mediante Método de Hilber-Hughes-Taylor

E Time Integration Parameters [X]

Method

- Newmark
- Wilson
- Collocation
- Hilber-Hughes-Taylor
- Chung and Hulbert

Gamma	<input type="text"/>
Beta	<input type="text"/>
Theta	<input type="text"/>
Gamma	<input type="text"/>
Beta	<input type="text"/>
Theta	<input type="text"/>
Gamma	<input type="text" value="0.5"/>
Beta	<input type="text" value="0.25"/>
Alpha	<input type="text" value="0"/>
Gamma	<input type="text"/>
Beta	<input type="text"/>
Alpha	<input type="text"/>
Alpha-m	<input type="text"/>

Anexo 124

Método de Iteración Escogido Iterativo de Evento a Evento para Solución de Análisis

E Nonlinear Parameters [X]

Solution Control

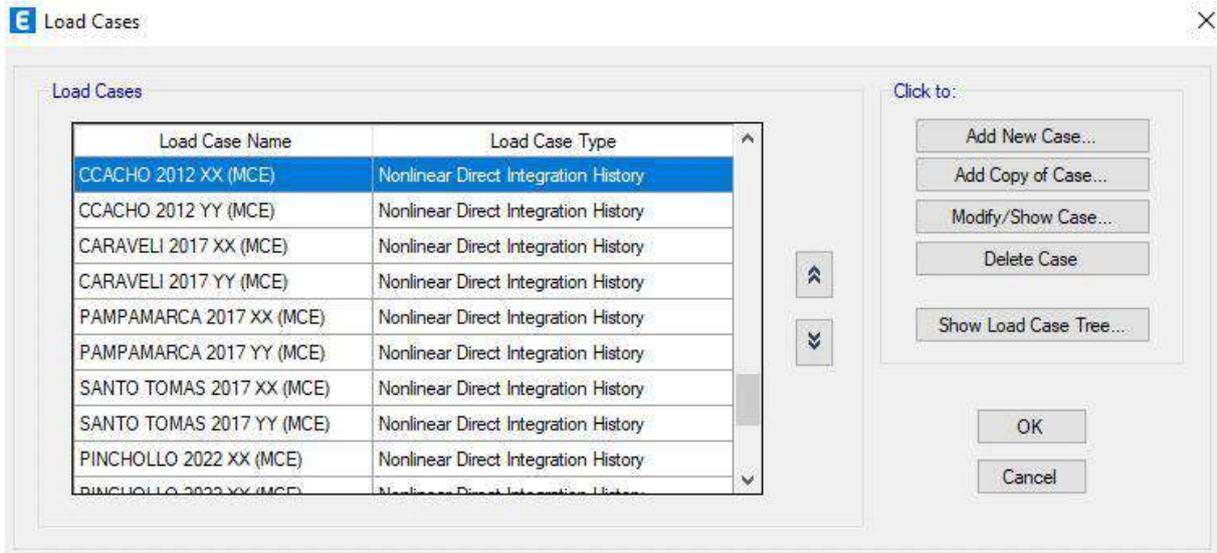
Solution Scheme	Iterative Event-to-Event
Maximum Substep Size	0
Minimum Substep Size	0
Maximum Constant-Stiffness Iterations	10
Maximum Newton-Raphson Iterations	40
Iteration Convergence Tolerance (Relative)	0.0001
Event Lumping Tolerance (Relative)	0.01
Maximum Events per Step	24
Use Line Search	Yes
Maximum Line Searches per Iteration	20
Line Search Acceptance Tolerance (Relative)	0.1
Line Search Step Factor	1.618

Solution Scheme
The solution scheme.



Anexo 125

Acelerogramas Generados para Dirección X y Dirección Y en Sismo Máximo Considerado (MCE) y Sismo de Diseño (DE), 7 Acelerogramas por Dirección y 7 por Nivel de Sismo (MCE y DE)



Anexo 126

Combinación de Historias de Respuesta para Acelerogramas Generados (Desplazamientos, Drifts, Cortantes y Momentos)

