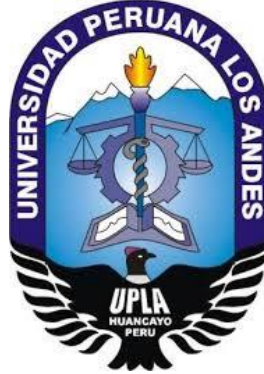


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

DISEÑO Y EVALUACION DEL DESEMPEÑO
SISMICO PARA ESTRUCTURAS DE
EDIFICACIONES REFORZADAS CON
DISIPADORES DE ENERGIA EN LA CIUDAD DE
HUANCAYO

LINEA DE INVESTIGACION INSTITUCIONAL:
TRANSPORTE Y URBANISMO

LINEA DE INVESTIGACION DE LA ESCUELA PROFESIONAL:
ESTRUCTURAS

PRESENTADO POR:
Bach. YOLBY LESCANO ALVAREZ

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERU
2020

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

Dr. CASIO TORRES LOPEZ
PRESIDENTE

JURADO

JURADO

JURADO

Mg. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE

ASESOR:

- **ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA.**

Dedicatoria

En memoria a mis abuelos, que fueron las personas que se preocupaban por mí. Sus canas fueron sinónimo de sabiduría, me enseñaron muchas cosas vitales para la vida y me encaminaron por el buen camino. Gracias queridos abuelos Víctor e Inés.

A mi madre que con sus consejos, enseñanzas, paciencia, comprensión y mucho amor me ha apoyado incondicionalmente para poder llegar a culminar esta tesis.

A mi maestro quien se ha tomado el arduo trabajo de transmitirme sus conocimientos, especialmente del campo de las estructuras que corresponden a mi profesión, pero además de eso me ha ofrecido sabios consejos para lograr mi meta. Manuel Iván Maita Pérez.

Yolby Lescano Álvarez

Agradecimiento

A la Universidad Peruana Los Andes y a los Docentes de la facultad de Ingeniería por acogerme en sus aulas y brindarme los conocimientos adecuados para poder plasmarlos en el campo laboral, dando soluciones a los diferentes problemas que aqueja la sociedad.

Yolby Lescano Alvarez

INDICE

Dedicatoria.....	I
Agradecimiento.....	II
Índice General.....	III
Índice de Tablas.....	VII
Índice de Figuras.....	XII
Resumen.....	XVIII
Abstract.....	XIX
Introducción.....	XX

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Justificación.....	4
1.3.1. Justificación social.....	4
1.3.2. Justificación metodológica.....	4
1.4. Delimitaciones.....	4
1.4.1. Delimitación espacial.....	4
1.4.2. Delimitación temporal.....	6
1.4.3. Delimitación económica.....	7
1.5. Limitaciones.....	7
1.6. Objetivos.....	8
1.6.1. Objetivo general.....	8
1.6.2. Objetivos específicos.....	8

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.....	9
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	9
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	10
2.1.3. Antecedentes Locales.....	11
2.2 Marco Conceptual.....	12
2.2.1 Reforzamiento Estructural.....	12
2.2.1.1 Desempeño Sismoresistente.....	12
2.2.1.2 Sistemas de Reforzamiento Tradicional.....	15
2.2.2 Disipación de Energía.....	17
2.2.2.1 Principios Generales de la Disipación de Energía.....	17
2.2.2.2 Sistemas de Control Estructural.....	19
2.2.2.3 Sistema de Control Pasivo.....	21
2.2.2.3.1 Disipadores de Energía.....	21
a) Disipadores Histereticos por Plastificación.....	22
b) Disipador Histeretico por Fricción.....	25
c) Disipador Viscoelastico.....	26
d) Disipador De Fluido Viscoso.....	29
d.1) Componentes de los Dispositivos Viscosos.....	31
d.2) Funcionamiento de los Disipadores.....	32
d.3) Elementos Complementarios al Sistema.....	34
d.3.1) Brazos Metálicos.....	34
d.3.2) Vigas de Acero.....	35
d.3.3) Rigidez del Brazo Metálico.....	36
2.2.3 Modelamiento Dinámico – Matemático.....	37
2.2.3.1 Ecuación General.....	38
2.2.3.2 Comportamiento Histeretico.....	44
2.2.4 Registro Sísmico.....	46
2.2.4.1 Espectro de Diseño.....	48
2.2.5 Diseño Estructural en Concreto Armado.....	49
2.2.5.1 Métodos de Diseño.....	50
2.2.5.1.1 Diseño Elástico.....	50
2.2.5.1.2 Diseño por Rotura.....	51
2.2.5.2 Aspectos Importantes en el Diseño en Concreto Armado	53

2.3 Definición de Términos.....	54
2.4 Hipótesis.....	56
2.4.1 Hipótesis General.....	56
2.4.2 Hipótesis Especifica.....	56
2.5 Variables	
2.5.1 Definición Conceptual de la Variable.....	57
2.5.1.1 Variable independiente.....	57
2.5.1.2 Variable dependiente.....	57
2.5.2 Definición Operacional de la Variable.....	58
2.5.2.1 Variable independiente.....	58
2.5.2.2 Variable dependiente.....	58
2.5.3 Operacionalización de la variable.....	59

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Método de la investigación.....	61
3.2 Tipo de investigación.....	61
3.3 Nivel de investigación.....	61
3.4 Diseño de la investigación.....	61
3.5 Población y muestra.....	62
3.5.1 Población.....	62
3.5.2 Muestra.....	62
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	62
3.7 Procesamiento de la información.....	62
3.8 Aspectos éticos de la investigación.....	62

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Descripción del proyecto.....	63
4.2 Estructuración.....	69
4.3 Predimensionamiento.....	73
4.4 Análisis sísmico de la edificación convencional.....	76
4.5 Diseño en concreto armado.....	94
4.6 Análisis sísmico con optimización de disipadores viscosos.....	113

4.7 Amortiguamiento viscoso.....	129
4.8 Velocidad máxima.....	164
CAPITULO V: DISCUSION DE RESULTADOS.....	191
5.1 Comportamiento estructural.....	191
5.2 Control de derivas.....	198
5.3 Esfuerzos internos.....	202
5.4 Discusión de resultados.....	212
CONCLUSIONES.....	216
RECOMENDACIONES.....	217
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	218
ANEXOS.....	220
Anexo N° 01. Matriz de consistencia.	
Anexo N° 02. Cuadro de Operacionalizacion de variables.	
Anexo N° 03 Planos De Arquitectura Del Edificio.	
Anexo N° 04. Planos De Estructura Del Edificio.	
Anexo N° 05. Catálogo de disipadores.	

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Niveles de desempeño según propuesta SEAC.....	12
Tabla N° 2 Niveles de movimiento sísmico (SEAOC)	13
Tabla N°3 Objetivos de diseño sísmico basados en desempeño (SEAOC). 14	
Tabla N°4 Comportamiento estructural de edificios comunes.....	15
Tabla N°5 Operacionalización de la variable independiente.....	59
Tabla N°6 Operacionalización de la variable dependiente.....	60
Tabla N°7 Cargas muerta para la edificación.....	65
Tabla N°8 Cargas viva para la edificación.....	66
Tabla N°9 Cargas para la edificación.....	69
Tabla N°10 Cortante estático vs Cortante Dinámico.....	88
Tabla N°11 Cortante estático vs Cortante Dinámico y factor de escala....	89
Tabla N°12 Cortante estático vs Cortante Dinámico Escalado.....	89
Tabla N°13 Modos de vibración del Edificio convencional.....	91
Tabla N°14 Participación Modal (%)......	91
Tabla N°15 Control de derivas de los entrepisos en la dirección X-X.....	92
Tabla N°16 Control de derivas de los entrepisos en la dirección Y-Y.....	92
Tabla N°17 Resumen del diseño por flexión para viga VP-102.....	101
Tabla N°18 Combinaciones de Cargas (Pu, Mu y Vu) en dos direcciones...104	
Tabla N°19 Combinaciones de Cargas (Pu y Vu) en dos direcciones.....	106
Tabla N°20 Combinaciones de Cargas PL-01 en 1er piso para sismo en x- x.....	110
Tabla N°21 Combinaciones de Cargas PL-01 en 1er piso para sismo en y- y.....	110
Tabla N° 22 Parámetros para el análisis dinámico modal espectral R=1... 114	
Tabla N° 23 Valores del espectro de Pseudo aceleraciones con R=1.	115

Tabla N° 24 Control de derivas en la dirección X-X con R=1.....	116
Tabla N° 25 Control de derivas en la dirección Y-Y con R=1.....	116
Tabla N°26 Ubicación de las estaciones.....	117
Tabla N°27 Aceleraciones máximas.....	118
Tabla N°28 Aceleraciones máximas de registros escalados.....	122
Tabla N°29 Derivas de entrepiso Caso 1 - Huacho 1966.....	122
Tabla N°30 Derivas de entrepiso Caso 2 - Huacho 1966.....	123
Tabla N°31 Derivas de entrepiso Caso 1 – Ica 2007.....	123
Tabla N°32 Derivas de entrepiso Caso 2 – Ica 2007.....	124
Tabla N°33 Derivas de entrepiso Caso 1 – Lima 1974.....	124
Tabla N°34 Derivas de entrepiso Caso 2 – Lima 1974.....	125
Tabla N°35 Resumen Análisis Dinámico Tiempo - Historia “X”.....	125
Tabla N°36 Resumen Análisis Dinámico Tiempo - Historia “Y”.....	126
Tabla N°37 Cociente de derivas de entrepiso del análisis dinámico tiempo historia lineal vs análisis dinámico modal espectral R=1, eje X-X.....	126
Tabla N°38 Sismo de diseño Caso 1 Lima 1974 eje “X-X”.....	127
Tabla N°39 Sismo de diseño Caso 1 Lima 1974 eje “Y-Y”.....	128
Tabla N°40 Dimensiones del brazo metálico Round HSS 20.00*0.375.....	130
Tabla N°41 Desplazamientos modales relativos del piso1 al piso 5 eje “x-x”.....	133
Tabla N°42 Desplazamientos modales relativos del piso1 al piso 5 eje “y-y”.....	133
Tabla N°43 Masa y peso sísmico de la edificación del 1ro al último nivel...	134
Tabla N°44 Desplazamiento del modo 1 del 1er al 5to nivel eje “x-x”.....	135
Tabla N°45 Desplazamiento del modo 1 del 1er al 5to nivel eje “y-y”.....	135

Tabla N°46 Desplazamientos relativos en los extremos del disipador del 1al 5to nivel eje “x-x”.....	136
Tabla N°47 Desplazamientos relativos en los extremos del disipador del 1al 5to nivel eje “y-y”.....	136
Tabla N°48 Cálculos realizados para el amortiguamiento no lineal del disipador eje “x-x”.....	137
Tabla N°49 Cálculos realizados para el amortiguamiento no lineal del disipador eje “y-y”.....	137
Tabla N°50 Cuadro de resumen de datos para el programa Etabs 2016, eje “x-x”.....	138
Tabla N°51 Cuadro de resumen de datos para el programa Etabs 2016, eje “y-y”.....	139
Tabla N°52 Control de derivas de entrepiso, análisis dinámico – tiempo historia no lineal, eje “x-x” (edificio con disipadores de fluido viscoso).....	143
Tabla N°53 Control de derivas de entrepiso, análisis dinámico – tiempo historia no lineal, eje “y-y” (edificio con disipadores de fluido viscoso).....	144
Tabla N°54 Propiedades de los dispositivos.....	156
Tabla N°55 Fuerzas en los disipadores de los pórticos frontal y posterior del edificio, eje “x-x”.....	159
Tabla N°56 Numero de dispositivos por fuerza de trabajo.....	159
Tabla N°57 Fuerzas en los disipadores de los pórticos derecho e izquierdo del edificio, eje “Y-Y”.....	160
Tabla N°58 Numero de dispositivos por fuerza de trabajo.....	160
Tabla N°59 Modos, periodos y masa participativa en el análisis no lineal con disipadores de fluido viscoso.....	161
Tabla N°60 Propiedades de los disipadores de 110, 165 y 210 Kip.....	166
Tabla N°61 propiedades de las placas base de los disipadores de 110,165 y110 Kip (disposición de cuatro pernos).....	167

Tabla N°62 Fuerza de los disipadores eje “X” con sismo máximo esperado	169
Tabla N°63 Dimensiones y propiedades del brazo metálico Round HSS....	171
Tabla N°64 Fuerza de los disipadores eje “Y” con sismo máximo esperado	174
Tabla N°65 Diferencia de fuerzas axiales de los disipadores de fluido viscoso en el pórtico frontal del edificio eje “x-x” por niveles.....	178
Tabla N°66 Propiedades de las secciones de vigas perfil W.....	182
Tabla N°67 Propiedades adicionales de las secciones de vigas perfil W12 x 35.....	187
Tabla N°68 Dimensiones de la viga de acero W12X35.....	189
Tabla N°69 Características de la viga de acero W12x35.....	189
Tabla N°70. Control de modos, periodos y masa participativa del edificio convencional (sistema estructural dual).....	192
Tabla N°71. Control de modos, periodos y masa participativa del edificio con disipadores de fluido viscoso en las direcciones “X - X” e “Y - Y”.....	195
Tabla N°72 Comparación porcentual de periodos de la edificación convencional vs edificación con disipadores.....	195
Tabla N°73 Comparación porcentual de las secciones de las placas de la edificación convencional (dual) vs edificación con disipadores.....	196
Tabla N°74 Comparación porcentual de las rigideces de las placas PL-1 de la edificación convencional (dual) vs edificación con disipadores.....	196
Tabla N°75. Derivas de entrepiso eje “x” de la edificación convencional (Sistema dual).....	198
Tabla N°76. Derivas de entrepiso eje “X” de la edificación con disipadores de fluido viscoso.....	198
Tabla N°77. Comparación porcentual de derivas de entrepiso.....	199
Tabla N°78. Derivas de entrepiso eje “Y” de la edificación convencional (Sistema dual).....	200

Tabla N°79. Derivas de entrepiso eje “Y” de la edificación con disipadores de fluido viscoso.....	200
Tabla N°80. Comparación porcentual de derivas de entrepiso.....	201
Tabla N°81. Comparación porcentual de momentos en el pórtico 1 del eje “x” de la edificación convencional vs edificación con disipadores de fluido viscoso.....	204
Tabla N°82. Comparación porcentual de fuerzas cortantes en el pórtico 1 del eje “x” de la edificación convencional vs edificación con disipadores de fluido viscoso.....	205
Tabla N°83. Comparación porcentual de fuerzas axiales en columna C – 4, del pórtico 1 eje “x” de la edificación convencional vs edificación con disipadores.....	206
Tabla N°84. Comparación porcentual de fuerzas axiales en placa PL-1, del pórtico 1 eje “x” de la edificación convencional vs edificación con disipadores.....	207
Tabla N°85. Comparación porcentual de momentos en el pórtico 2 del eje “Y” de la edificación convencional vs edificación con disipadores de fluido viscoso.....	209
Tabla N°86. Comparación porcentual de fuerza cortante en el pórtico 2 del eje “Y” de la edificación convencional vs edificación con disipadores de fluido viscoso.....	210
Tabla N°87. Comparación porcentual de fuerza axial en el pórtico 2 del eje “Y” de la edificación convencional vs edificación con disipadores de fluido viscoso.....	211

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1 Ubicación a nivel macro y micro localización.....	6
Figura N° 2 Localización de la investigación.....	6
Figura N°3 Colapso de edificio Multifamiliar sismo de Pisco 2007	16
Figura N°4 Colapso de la iglesia de Pisco 2007	17
Figura N°5 Clasificación de los sistemas modernos de protección sísmica.....	20
Figura N° 6 Clasificación de los disipadores de energía.....	22
Figura N° 7 Disipadores de energía tipo ADAS.....	24
Figura N° 8 Disipadores por fricción.....	26
Figura N° 9 Disipador viscoelastico.....	28
Figura N° 10 Instalación típica del amortiguador viscoelástico.....	28
Figura N° 11 Disipador de energía de fluido viscoso.	29
Figura N° 12 Comportamiento histeretico de un disipador de fluido viscoso.....	30
Figura N° 13 Componentes de un disipador de fluido viscoso Taylor ..	31
Figura N° 14 Corte de perfil de un disipador viscoso.	32
Figura N° 15 Funcionamiento del disipador viscoso.	33
Figura N° 16 Sistema de 1GDL con amortiguamiento adicionado.....	37
Figura N° 17 Angulo de inclinación y desplazamiento relativo del disipador de energía.....	40
Figura N° 18 Relación Velocidad vs Fuerza Disipador.....	43
Figura N° 19 Comportamiento histeretico de un disipador viscoso.....	44
Figura N° 20 Comportamiento histeretico de un disipador viscoso.....	45
Figura N° 21 Ejemplo del caso de análisis 1.....	47
Figura N° 22 Ejemplo del caso de análisis 2.....	47

Figura N° 23 Registro sísmico sin escalar vs espectro objetivo.....	49
Figura N° 24 Plano de Arquitectura 1er Nivel del edificio multifamiliar.	63
Figura N° 25 Plano de Arquitectura 2, 3, 4 y 5to Nivel del edificio multifamiliar.....	64
Figura N° 26 Planta típica del edificio multifamiliar.	72
Figura N° 27 Zonificación sísmica.....	77
Figura N° 28 Factores de zona.....	77
Figura N° 29 Parámetros del suelo.	78
Figura N° 30 Periodos T_p y T_l	78
Figura N° 31 Factor de uso (U) según categoría de Edificaciones.....	79
Figura N° 32 Sistemas Estructurales.....	80
Figura N° 33 Asignación de Diafragmas.....	86
Figura N° 34 Definición de los modos de vibración.....	86
Figura N° 35 Espectro de Pseudo aceleraciones.....	87
Figura N° 36 Definición de las combinaciones.....	88
Figura N° 37 Excentricidad accidental.....	90
Figura N° 38 D.M.F de la envolvente de losa aligerada $e = 20$ cm.....	96
Figura N° 39 D.F.C de la envolvente de losa aligerada $e = 20$ cm.....	97
Figura N° 40 Distribución del acero en viguetas.....	98
Figura N° 41 Diagrama de Envolvente de momento flector (tn-m).....	100
Figura N° 42 Diagrama de envolvente de fuerza cortante (tn-m)....	100
Figura N° 43 Diseño de la viga VP-101.....	103
Figura N° 44 Columna C-3 (0.25X0.50).	104
Figura N° 45 Distribución del acero en Columna C-3.....	105
Figura N° 46 Diseño final de columna C-3.	108
Figura N° 47 Placa PL-1.....	109

Figura N° 48 Diagrama de interacción de la placa PL-1: dirección X...	111
Figura N° 49 Diagrama de interacción de la placa PL-1: dirección Y...	112
Figura N° 50 Distribución final del acero en Placa: PL-1.....	112
Figura N° 51 Espectro de diseño con $R = 1$	115
Figura N° 52 Ondas corregidas vs Ondas no corregidas en el SeismoSignal Caso Sismo Huacho 1966 componente N-S.....	119
Figura N°53 Ondas corregidas vs Ondas no corregidas en el SeismoSignal Sismo Caso Huacho 1966 componente E-W.....	119
Figura N° 54 Espectro de Diseño (color rojo) y registro sísmico Huacho 1966 componente N-S sin escalar (naranja).....	120
Figura N° 55 Comparación entre el registro sísmico sin escalar (morado) y el registro escalado (verde) al espectro de diseño (rojo).....	120
Figura N° 56 Espectro de Diseño (color rojo) y registro sísmico Huacho 1966 componente E-W sin escalar (naranja)	121
Figura N° 57 Comparación entre el registro sísmico sin escalar (morado) y el registro escalado (verde) al espectro de diseño (rojo).....	121
Fig.58 Longitud del brazo metálico eje “x-x”, Disposición Chevron Brace 2do al 5to nivel.....	131
Figura N°59 Longitud del brazo metálico eje “y-y”, Disposición Chevron Brace 2do al 5to nivel	131
Figura N° 60 Propiedades del disipador de fluido viscoso del 2do al 5to nivel eje “x-x”.....	139
Figura N° 61 Propiedades del disipador de fluido viscoso del 2do al 4to nivel eje “y-y”.....	140
Figura N° 62 Disipadores de fluido viscoso en la parte frontal y posterior del edificio eje “x-x” ...	141
Figura N° 63 Disipadores de fluido viscoso en la parte derecha e izquierda del edificio eje “y-y”.....	142

Figura N° 64 Vista del pórtico frontal con los disipadores de fluido viscoso acoplados.....	145
Figura N° 65 Comportamiento histeretico disipador K4 segundo nivel.....	146
Figura N° 66 Comportamiento histeretico disipador K5 segundo nivel.....	146
Figura N° 67 Comportamiento histeretico disipador K6 3er nivel... ..	147
Figura N° 68 Comportamiento histeretico disipador K7 3er nivel.....	147
Figura N° 69 Comportamiento histeretico disipador K8 4to nivel.....	148
Figura N° 70 Comportamiento histeretico disipador K9 4to nivel	148
Figura N° 71 Comportamiento histeretico disipador K10 5to nivel.....	149
Figura N° 72 Comportamiento histeretico disipador K11 5to nivel	149
Figura N° 73 Edificación con disipadores de fluido viscoso en la parte derecha eje “y-y”.....	150
Figura N° 74 Comportamiento histeretico disipador K20, 2do nivel... ..	151
Figura N° 75 Comportamiento histeretico disipador K21, 2do nivel....	151
Figura N° 76 Comportamiento histeretico disipador K22, 3er nivel.... .	152
Figura N° 77 Comportamiento histeretico disipador K23, 3er nivel.	152
Figura N° 78. Comportamiento histeretico disipador K24, 4to nivel.	153
Figura N° 79. Comportamiento histeretico disipador K25, 4to nivel.	153
Figura N° 80. Balance energético de la estructura con los disipadores.	155
Figura N° 81. Pórtico frontal del edificio acoplado con disipadores de fluido viscoso.....	157
Figura N° 82. Pórtico posterior del edificio acoplado con disipadores de fluido viscoso.....	158

Figura N° 83. Pórtico frontal eje “x-x”, piso 2 (el más esforzado) del edificio.....	162
Figura N° 84. Máximo stroke del disipador de fluido viscoso k5.....	163
Figura N° 85. Máximo stroke del disipador de fluido viscoso k21.....	164
Figura N° 86. Dimensiones del disipador de energía de 110 Kip en cm	167
Figura N° 87. Dimensiones de la placa base del disipador de 110 kip...	168
Figura N° 88. Dimensiones del disipador de energía de 220 Kip en cm	168
Figura N° 89. Dimensiones de la placa base del disipador de 220 kip	168
Figura N° 90. Brazo metálico a diseñar K5.....	170
Figura N° 91. Deformada en pandeo del brazo metálico.....	172
Figura N° 92. Brazo metálico a diseñar K21.....	175
Figura N° 93. Trabajo y deformada en el pórtico frontal eje “x”.....	179
Figura N° 94. Descomposición de las fuerzas axiales de los brazos metálicos producidas en la disposición chevron brace mejorada.....	180
Figura N° 95. Diagrama de carga distribuida y carga puntual en la viga de acero.....	181
Figura N° 96. D Diagrama de curva de resistencia de la viga de acero W12x35.....	183
Figura N° 97. Momento nominal en función de la longitud, no soportada lateralmente, del patín de compresión.....	185
Figura N° 98. Ubicación de los puntos para el cálculo de los momentos en la viga.....	186
Figura N° 99. Dimensiones de la viga W12X35.....	190
Figura N° 100. Vista de la edificación dual (sistema convencional)....	191
Figura N° 101. Vista en planta de la edificación con disipadores de fluido viscoso en las direcciones “X - X” e “Y - Y”.....	193

Figura N° 102. Vista frontal, posterior y lateral de la edificación con disipadores de fluido viscoso en las direcciones “X - X” e “Y - Y”.....	194
Figura N° 103. Comparación grafica de derivas de entrepiso.....	199
Figura N° 104. Comparación grafica de derivas de entrepiso.....	201
Figura N° 105. Pórtico 1, eje “x” de la edificación convencional (sistema dual).....	202
Figura N° 106. Pórtico 1, eje “x” de la edificación con disipador.....	203
Figura N° 107. Momento flector en viga VP (0.25*0.45), eje “x” Pórtico 1 de la edificación convencional vs edificación con disipadores viscosos....	204
Figura N° 108. Fuerza cortante en viga VP (0.25*0.45), eje “x” Pórtico 1 de la edificación convencional vs edificación con disipadores viscosos....	205
Figura N° 109. Fuerza axial en columna del pórtico 1, eje “x” de la edificación convencional vs edificación con disipadores viscosos.....	206
Figura N° 110. Fuerza axial en placa PL-1 del pórtico 1 eje “x” de la edificación convencional vs edificación con disipadores viscosos.....	207
Figura N° 111. Pórtico 2 eje “Y-Y”, de la edificación convencional.....	208
Figura N° 112. Momento flector en viga VS (0.25*0.35), eje “Y” Pórtico 2 de la edificación convencional vs edificación con disipadores viscosos.....	208
Figura N° 113. Fuerza cortante en viga VS (0.25*0.35) eje “Y”, pórtico 2 de la edificación convencional vs edificación con disipadores viscosos.....	209
Figura N° 114 Fuerza axial máxima en cada nivel en la placa PL-2 del pórtico 2 ejes “Y” de la edificación convencional vs edificación con disipadores viscosos.....	210

RESUMEN

La presente tesis tuvo como problema general ¿Cómo es el diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la ciudad de Huancayo?, para el efecto se formuló el objetivo general: “determinar cómo es el diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la ciudad de Huancayo.” Como hipótesis general que se verificó fue “el diseño y evaluación del desempeño sísmico es favorable en estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la ciudad de Huancayo”.

El tipo de investigación fue la aplicada, el nivel fue explicativo, el diseño de investigación fue la experimental, la población estuvo conformada por los sistemas estructurales de edificaciones de la ciudad de Huancayo, el tipo de muestreo fue no probabilístico, conformado por el Sistema estructural de vivienda multifamiliar de 5 pisos, se determinó las variables de diseño como diseño y evaluación del desempeño sísmico y a la edificación reforzada con disipadores de energía.

Al concluir la investigación se determinó que, el diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía, fue a través de disipadores de fluido viscoso en las dimensiones de comportamiento estructural, control de derivas y esfuerzos internos.

Palabras claves: diseño y evaluación Del desempeño sísmico.

ABSTRACT

The present thesis had as a general problem: How is the design and evaluation of seismic performance for building structures reinforced with energy dissipators in the city of Huancayo? For this purpose, the general objective was formulated: "determine how the design and evaluation is of seismic performance for building structures reinforced with energy dissipators in the city of Huancayo."The general hypothesis that was verified was "the design and evaluation of seismic performance is favorable in building structures reinforced with energy dissipators in the city of Huancayo."

The type of research was applied, the level was explanatory, the research design was experimental, the population was made up of the structural systems of buildings in the city of Huancayo, the type of sampling was non-probabilistic, made up of the structural system of 5-story multifamily housing, the design variables such as design and evaluation of seismic performance and the building reinforced with energy dissipators were determined.

At the conclusion of the investigation, it was determined that the design and evaluation of seismic performance for building structures reinforced with energy dissipators, was through viscous fluid dissipators in the dimensions of structural behavior, drift control and internal forces.

Keywords: **Design and evaluation of seismic performance.**

INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada: “Diseño y Evaluación del Desempeño Sísmico para Estructuras de Edificaciones Reforzadas con Disipadores de Energía en la ciudad de Huancayo, se elaboró con la finalidad de obtener el título profesional de Ingeniero Civil, tomando en cuenta las normas vigentes dadas por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana Los Andes.

Desde el año 1969 en la ciudad de Huancayo, donde perecieron más de 100 pobladores tras la ocurrencia de dos sismos, se viene mostrando un silencio sísmico el cual ha encendido las alarmas de prevención en la población, ya que en las construcciones con más de 40 años de antigüedad, no se contemplaron ningún tipo de norma, ni respeto por el reglamento nacional de edificaciones, pues muchos edificios fueron construidos empíricamente sin criterios sismoresistentes, lo que las hace más vulnerables ante un movimiento telúrico, para lo cual necesitan ser reforzadas para un buen funcionamiento antisísmico o en el peor de los casos estas deben ser demolidas. Una solución para que estas estructuras no presenten daños considerables, ante un evento sísmico, es el uso de disipadores de fluido viscoso o dampers, que son elementos que se adosan a los pórticos estructurales y que en un momento sísmico, disipan energía sísmica a través del paso de fluido viscoso en su interior ocasionando una resistencia al movimiento libre del edificio (CDV Ingeniería Antisísmica, 2018).

El estudio se ha organizado en 5 capítulos, siendo.

Capítulo I, se presenta el planteamiento y formulación del problema general, la justificación, delimitaciones, limitaciones y se formuló los objetivos de investigación.

Capítulo II, se establece el marco teórico, en el cual considera los antecedentes de investigación, el marco conceptual, la definición de términos básicos, variables y como hipótesis de investigación se tuvo que El diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones es a través de disipadores de energía en la ciudad de Huancayo.

Capítulo III, se presenta la metodología de investigación que comprende el tipo, nivel y diseño de investigación, se estableció la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información y aspectos éticos.

Capítulo IV, se presenta los resultados de la investigación dándose el inicio con el análisis estático y dinámico de la estructura del Edificio Multifamiliar en forma convencional, posteriormente, para el diseño de los disipadores de energía se analizó la estructura nuevamente, siguiendo las recomendaciones de la E030 – 2018 y la ASCE 7-10, empleando el análisis dinámico tiempo historia y seleccionando el sismo de Lima 1974: Caso 1 como sismo de diseño para las dos direcciones; bajo estas nuevas condiciones el edificio sin disipadores presentó una deriva máxima de 14.51 ‰ en el eje X-X y de 11.46 ‰ en el eje Y-Y. Se decidió incorporar disipadores de energía en las dos direcciones, por presentar derivas superiores a la máxima permitida, se calculó el amortiguamiento viscoso que el edificio requería para llegar a una deriva objetivo de 7‰, obteniéndose el amortiguamiento viscoso objetivo de 32.82 y 20% respectivamente para el eje “x-x” e “y-y”. Se planteó un arreglo doble diagonal en las dos direcciones con 2 pares de disipadores de energía por piso, ubicados a partir del 2do hasta el 5 nivel del edificio, se analizó el comportamiento histórico de cada uno de los dispositivos para dar por aceptado el tipo de arreglo. Las derivas que se obtuvieron en el eje “x-x” e “y-y” luego de implementar los disipadores de energía fueron menores de 7.00‰, llegando a un valor máximo de 4.00 y 4.65 ‰ respectivamente. Los resultados obtenidos indican que con el empleo de estos dispositivos se logró reducir los desplazamientos en los centros de masa, las derivas de entrepiso, las fuerzas axiales, cortantes y momentos flectores en los elementos estructurales.

Capítulo V, se presenta la discusión de los resultados.

Culminándose la investigación con las conclusiones, recomendaciones, las referencias bibliográficas y anexos.

Bach. Yolby Lescano Alvarez

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Nuestro país se encuentra en una zona sísmica activa. Basta con recordar que en 1746 hubo un terremoto que destruyó Lima, siendo el más afectado el Callao con un tsunami que arrasó con la mayoría de sus casas y habitantes. El segundo movimiento más recordado registra en el año 1940 y el siguiente en 1974.

Seguido de los recuerdos de los tormentosos años, el 2007 también marcó el recuerdo de todos los peruanos. Las noticias indicaban el lugar del epicentro y la intensidad, Pisco fue el más perjudicado con una intensidad de 7.0 en la Escala de Richter que sacudió dichas zonas dejándolas en verdaderos escombros.

Desde hace algunos años en el extranjero y en nuestro país, cada vez más se proyectan, construyen y refuerzan edificaciones que están usando sistemas modernos de protección antisísmica, en algunos casos están considerando aisladores sísmicos de base en otros están empleando amortiguadores o disipadores sísmicos viscosos. La experiencia mundial ha demostrado a la comunidad de ingenieros y usuarios a nivel mundial que frente a sismos intensos estos sistemas son sumamente eficientes y han ayudado a mantener en niveles prácticamente inexistentes los daños a las estructuras, daños a las personas y a los activos de los usuarios.

Nuestra norma E030-2014, aprobada mediante Decreto supremo N° 003 - 2016 – Vivienda, menciona que toda edificación deberá contar con condiciones mínimas en su diseño y un comportamiento sísmico que evite la pérdida de vidas humanas, asegure la continuidad de los servicios básicos y minimice los daños de la propiedad.

Los sistemas que más se están empleando en edificaciones de mediana a gran altura son los disipadores sísmicos viscosos sin embargo por su gran

parecido físico frente a un amortiguador de vehículos, llámese amortiguadores de camiones o cualquier otro vehículo motorizado es fácil pensar que su tecnología, capacidad, duración podría ser similar sin embargo eso dista mucho de la realidad.

Diversos geólogos han advertido que en el centro del país (Huancayo) se viene mostrando desde hace varias décadas un silencio sísmico (Desde el año 69, año en que se activó la falla del Huaytapallana, donde perecieron más de 100 pobladores de la provincia de Huancayo tras la ocurrencia de dos sismo con magnitudes del orden de 6 Ms, que afectaron a las viviendas rurales de la zona) el cual ha encendido las alarmas de prevención en la población.

Si en el país se registrase un movimiento telúrico de 8 grados, más de 20 mil personas resultarían damnificadas y 4 mil viviendas se colapsarían. Sin contar las viviendas que están en los cerros y los 1 200 asentamientos humanos donde el 35% solo son de material noble pero no están construidas adecuadamente.

En la ciudad de Huancayo las construcciones con más de 40 años de antigüedad, no contemplaron ningún tipo de norma Sismoresistente, lo que las hace más vulnerables ante un movimiento telúrico, para lo cual necesitan ser reforzadas o demolidas para un buen funcionamiento ante sismos en la actualidad.

También se observa que muchos edificios fueron construidos empíricamente sin criterios sismoresistentes, en la actualidad se viene desarrollando el boom inmobiliario, por lo que la forma como ha sido concebido el diseño de las estructuras de las edificaciones, resulta primordial para mantener a salvo a miles de personas.

Sin embargo, las medidas que el Estado peruano hasta el momento ha tomado son válidas pero no son suficientes. La conciencia de tomar medidas preventivas cumpliría un gran papel frente a cualquier movimiento sísmico que se registre en el país.

Por lo expuesto, no podemos evitar la ocurrencia de un sismo de gran magnitud, pero contamos con las herramientas y técnicas suficientes para reducir considerablemente los daños que pueda causar un terremoto. Los dispositivos de protección sísmica más usados en el extranjero y que se encuentran en etapa de introducción en nuestro país, tanto para el diseño como para el reforzamiento estructural de edificaciones, son los disipadores de energía. Aplicar este tipo de tecnologías resulta relevante para forjar una cultura de prevención sísmica que no sólo debe incluir a los ingenieros, sino a los inversionistas y empresarios del sector construcción.

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo es el diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la ciudad de Huancayo?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS

- a) ¿En qué medida favorece el diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía, en la dimensión del comportamiento estructural?

- b) ¿Cuál es la influencia del diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía, en la dimensión de control de derivas?

- c) ¿De qué manera favorece el diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía, en la dimensión de esfuerzos internos?

1.3 JUSTIFICACION

1.3.1 JUSTIFICACION SOCIAL

La presente investigación contribuyo en lo social, en brindar seguridad y confort a las personas que habitan en las estructuras de las edificaciones reforzadas con disipadores de energía, durante un movimiento sísmico severo, porque se evitarían pérdidas de vidas humanas, se aseguraría la continuidad de los servicios básicos; de tal manera que estos puedan seguir funcionando sin ningún problema y se minimizarían los daños a la propiedad.

1.3.2 JUSTIFICACION METODOLOGICA

Para lograr los objetivos de estudio, se acudió al empleo de las normas americanas: ASCE SEI 7-10, SEAOC comité visión 2000, metodología HAZUS de relación daño deriva y la norma peruana E030 – 2016 y el procesamiento de la información se realizó en el software Etabs 2016, programa especializado en cálculo y análisis estructural, mediante el método de elementos finitos. Con ello se pretende conocer desplazamientos, derivas de entrepiso, fuerzas internas de los elementos estructurales, etc. Así los resultados de la investigación se apoyan en normas de investigación validadas en el medio.

1.4 DELIMITACIONES

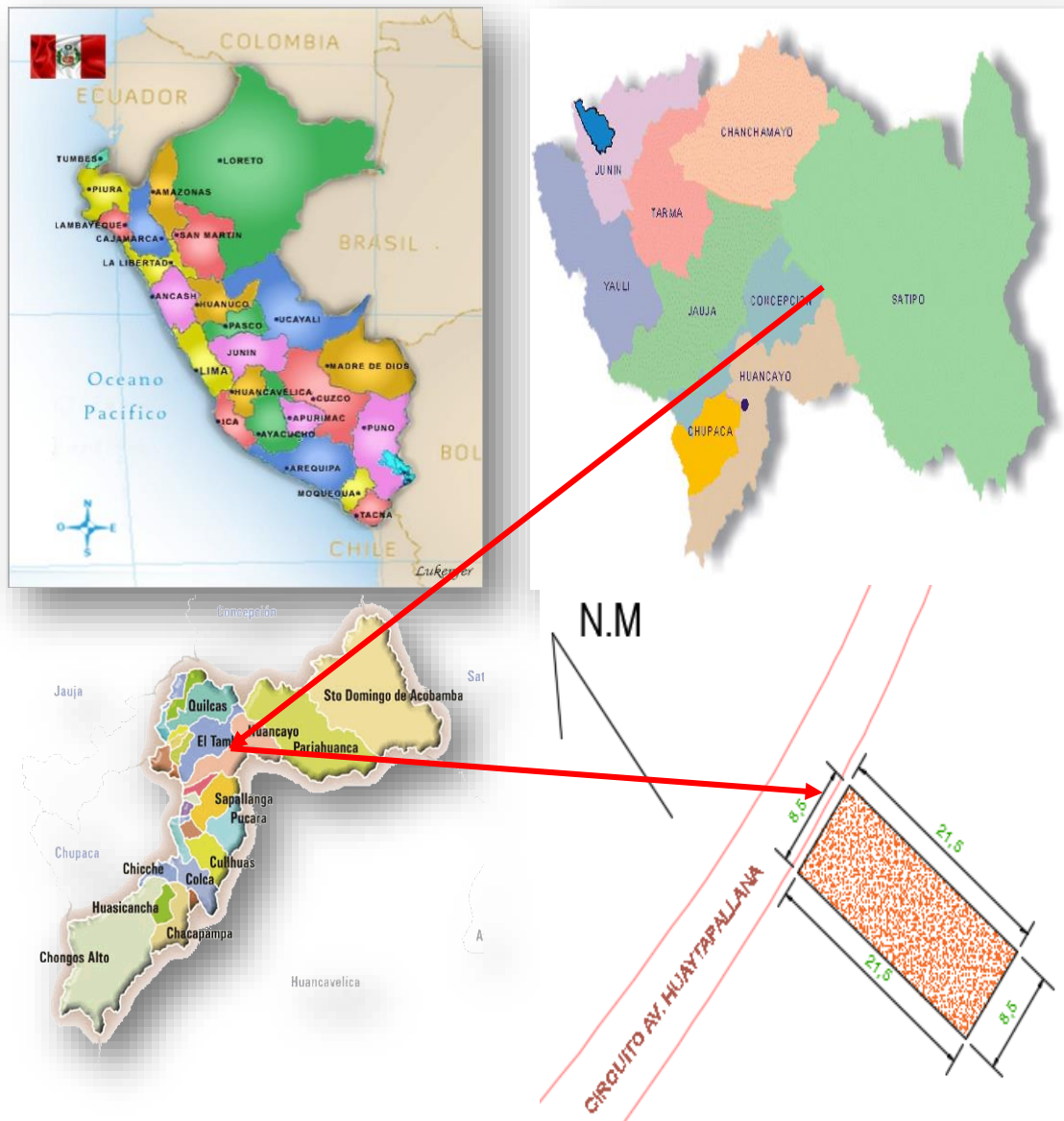
1.4.1 DELIMITACIONES ESPACIAL

Para la presente investigación, el edificio se encuentra ubicado en la ciudad de Huancayo, en una zona donde el suelo tiene características intermedias S3, según la E030 - 2016.

PAIS	: Perú.
REGION	: Junín.
PROVINCIA	: Huancayo.
DISTRITO	: El Tambo.
ANEXO	: Aza.
DIRECCION	: Av. Huaytapallana S/N.

En la actualidad el edificio multifamiliar de la presente investigación, se encuentra en etapa de diseño, el proyecto indica 5 pisos. El área de cada nivel es aproximadamente 129.55 m². En el primer nivel se encuentran una cochera, una sala de recepciones, una sala de reuniones, una cocina, un patio y un servicio higiénico para hombres y mujeres. En el segundo tercer, cuarto y quinto nivel se encuentra, una sala comedor, una cocina, una lavandería, un balcón, un dormitorio principal con baño incorporado, dos dormitorios y dos servicios higiénicos comunes. En el área de azoteas se encuentra tendales para cada departamento.

Figura N° 1: Ubicación a nivel macro y micro localización.



Fuente: Elaboración Propia

1.4.2 DELIMITACION TEMPORAL

La investigación se realizó en el año 2018. Los datos obtenidos para la investigación se tomaron desde febrero del 2018 a junio del 2018.

1.4.3 DELIMITACION ECONOMICA

La presente investigación se realizó con recursos propios, no se tuvo financiamiento externo de ninguna institución.

1.5 LIMITACIONES

Una de las limitaciones en la presente investigación fue, la no existencia de acelerogramas que reflejen la realidad del suelo sobre la cual se proyecta la edificación; ya que desde el año 1969 no se presenta sismos de magnitudes mayores a 6 grados en la escala de Richter, por lo que no se cuenta con registros sísmicos reales.

En nuestro país no se cuenta con una norma de diseño sísmico que emplee disipadores de energía, ya que en la actual norma de diseño Sismoresistente E030-2018, solo se menciona que debemos adecuarnos a la norma americana ASCE/SEI 7, vigente, Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, USA.

La ingeniería sísmica en nuestro país es bastante joven, debido a que se encuentra guardando silencio sísmico desde el año 1969, es decir no ocurre sismos catalogados como moderados ni mucho menos los severos, por lo que no se sabe a exactitud la eficiencia de nuestros diseños estructurales, ni el comportamiento de los sistemas modernos de protección sísmica que a la actualidad se viene diseñando e incorporando en las edificaciones de la categoría A-1 (hospitales, clínicas, etc.), A-2(colegios, universidades, aeropuertos, etc.), B (centros comerciales, etc.) y C (oficinas, hoteles, edificaciones multifamiliares etc.) y todo aquella infraestructura donde se requiera preservar el contenido estructural y no estructural, la vida, la inversión.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar cómo es el diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la ciudad de Huancayo.

1.6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a) Establecer en qué medida favorece el diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la dimensión de comportamiento estructural.

- b) Demostrar la influencia del diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la dimensión de control de derivas.

- c) Estimar de qué manera favorece el diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la dimensión de esfuerzos internos.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Grajales, (2003), realizo la tesis de maestría: *Comportamiento Dinámico de los Edificios Provistos de Dispositivos disipadores de Energía, México – 2003*, en la Universidad Autónoma de Nuevo León. Que tiene como objetivo general, Investigar la influencia que los disipadores de energía tienen en edificios con distintas características dinámicas, apoyándose en criterios como la energía de entrada al sistema, la energía disipada y la respuesta de las estructuras, evaluada mediante su comportamiento en desplazamientos y cortantes en la base y como hipótesis general, el uso de dispositivos disipadores de energía, tipo histerético, reduce la respuesta dinámica de los edificios cuando se ven sometidos a excitaciones sísmicas. Llegando a la conclusión que, los disipadores histeréticos, si se hace un buen diseño, son una buena opción para disipar energía y evitar así que la disipación de energía corra por su cuenta del amortiguamiento propio del edificio, lo que indudablemente se traduciría en daño a la estructura.

Ruvalcaba, (2005), realizo la tesis de maestría: *Evaluación Del Comportamiento Sísmico de Marcos de Concreto Dotados de Disipadores de Energía Tipos Tadas, U y Viscoelásticos, México – 2005*, en el Instituto Politécnico Nacional, Que tiene como objetivo general determinar cuál de estos sistemas proporciona el nivel de seguridad más alto atendiendo las mismas condiciones de suelo de la ciudad de México y su correspondiente peligro sísmico y como hipótesis general, La adición de elementos disipadores de energía en marcos estructurales ante una sollicitación sísmica importante influye significativamente traduciéndose en menor daño en ellos. Llegando a la conclusión que, la

adición de elementos disipadores de energía en marcos estructurales permite, ante una sollicitación sísmica importante, una disminución en el nivel de esfuerzos en la parte convencional (trabes y columnas) de dicho marco, lo cual se traduce en un menor daño en ellos y por consiguiente una menor pérdida de rigidez y resistencia.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Díaz la rosa, (2014), realizó la Tesis *Evaluación del Proyecto Estructural y Optimización del Diseño Con Disipadores de Energía Viscosos Taylor para Una Edificación Esencial de 6 Pisos en la ciudad de Trujillo*, en la Universidad privada Antenor Orrego. Teniendo como objetivo general, evaluar el diseño estructural inicialmente planteado para una clínica, analizando los principales parámetros tales como derivas de entrepiso, excentricidad torsional, fuerzas y momentos flectores en los elementos de corte y optimizar el diseño reestructurando el modelo y a través de la incorporación de disipadores de energía viscosos Taylor. Llegando a la conclusión que, la implementación de estos disipadores a la estructura, ha producido una disminución de los desplazamientos máximos presentados en el sexto nivel en un 41.81%. Así como la reducción de las derivas de entrepiso desde un 38.57% hasta un 51.10%; Se pudo observar una reducción significativa en las fuerzas cortantes de los muros de corte en el eje Y (donde están presentes los dispositivos) desde un 32.04 % hasta un 48.58%, así mismo en las columnas esta reducción es de hasta 35.31%; También se pudo observar una reducción de los momentos de hasta 47.93% para placas y 35.30% para columnas.

Chacón, Ramírez, (2014), realizó la tesis *Análisis De Una Edificación De 4 Pisos Con Disipadores De Fluido Viscoso en la ciudad de Lima*, en la Pontificia Universidad Católica del Perú. Que tiene como objetivo general realizar el análisis de una estructura de 4 pisos que contenga un sistema de protección sísmica compuesto por disipadores de fluido

viscoso, haciendo una comparación entre su comportamiento lineal y no lineal, Llegando a la conclusión que, los disipadores no lineales son más eficientes que los disipadores lineales; los disipadores no lineales pueden cumplir los mismos objetivos de diseño con valores menores del coeficiente de amortiguamiento; Los disipadores lineales tienen una curva histerética casi elíptica, mientras que los disipadores no lineales tiene una tendencia rectangular, disminuyendo la fuerza desarrollada pero aumentando su capacidad de deformación.

2.1.3 ANTECEDENTES LOCALES

Solís, (2016), realizo la tesis: *Desempeño Sísmico de una Edificación Implementada con Disipadores de Energía diseñado para la ciudad de Huancayo - 2016*, en la Universidad Peruana Los Andes de Huancayo. Cuyo objetivo general es de, implementar un sistema de protección sismoresistente a base de disipadores de energía sísmica a un edificio de 8 niveles ante las solicitudes de un sismo en la ciudad de Huancayo, Llegando a la conclusión que, el edificio protegido con disipadores de energía sísmica, es una opción técnica, viable para la construcción de edificaciones en la ciudad de Huancayo.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

2.2.1.1 DESEMPEÑO SISMORESISTENTE

Según Carranza y Calderón (2015). El Comité VISION 2000 (SEAOC, 1995) define cuatro niveles de desempeño:

Tabla N°1. Niveles de desempeño según propuesta SEAC.

Estado De Daño	Nivel de Desempeño	Características Principales
Despreciable	Totalmente operacional	Daño estructural y no estructural despreciable o nulo. Las instalaciones continúan prestando sus servicios y funciones después del sismo.
Ligero	Operacional	Daños ligeros. Las instalaciones esenciales continúan en servicio y las no esenciales pueden sufrir interrupciones de inmediata recuperación.
Moderado	Seguridad de vida	Daños moderados. La estructura sufre daños pero permanece estable. Seguridad de ocupantes. Algunos elementos no estructurales pueden dañarse.
Severo	Pre – colapso	Daño estructural severo, en la proximidad del colapso estructural. Falla de elementos no estructurales. Seguridad de ocupantes comprometida.
Completo	Colapso	Colapso estructural.

El desempeño esperado de la edificación describe un comportamiento sísmico que puede considerarse satisfactorio para una edificación sometida a movimientos sísmicos de diferentes intensidades.

El desempeño esperado está íntimamente ligado a la definición de los niveles de amenaza sísmica que puede ser expresado en forma probabilística (movimiento asociado con una probabilidad de ocurrencia) o determinística (movimiento máximo esperado para un evento). Estos movimientos están relacionados con el periodo medio de retorno (tiempo medio en años entre la ocurrencia de sismos que producen efectos del mismo orden de severidad) o con la probabilidad de excedencia (representación estadística de la posibilidad que las consecuencias de un sismo excedan un nivel de efectos determinados, en años).

$$T = -\frac{t}{\ln(1-p)}$$

T = Periodo medio de retorno, en años.

p = Probabilidad de excedencia.

t = Tiempo de exposición, en años.

La propuesta del Comité VISION 2000 define cuatro niveles de amenaza sísmica.

Tabla N° 2. Niveles de movimiento sísmico (SEAOC)

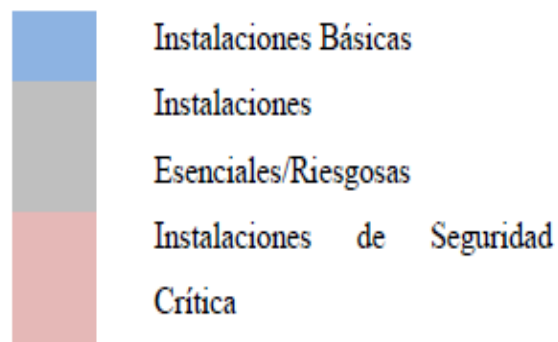
Nivel del movimiento Sísmico	Periodo medio de retorno T (años)	Probabilidad de excedencia (p,t)
Frecuente	43 años	50% en 30 años
Ocasional	72 años	50% en 50 años
Raro	475 años	10% en 50 años
Muy Raro	970 años	10% en 100 años

Para realizar un diseño sísmico basado en el desempeño es necesario definir cuidadosamente los objetivos de diseño y los niveles de demanda sísmica esperados. Para ello, el Comité VISION 2000 presenta una matriz conceptual para la sección de

los objetivos de desempeño para las estructuras de ocupación estándar, esencial y críticas.

		NIVELES DE DESEMPEÑO SISMICO			
		Totalmente Operacional	Operacional	Seguridad de vidas	Pre-Colapso
NIVELES DE DISEÑO SISMICO	Sismos Frecuentes (43 años)				
	Sismos Ocasionales (72 años)				
	Sismos raros (475 años)				
	Sismos muy raros (970 años)				

Tabla N° 3. Objetivos de diseño sísmico basados en desempeño (SEAOC)



Los objetivos del diseño sísmico se establecen precisando el nivel de daño que se acepta en una edificación luego de un sismo.

En la tabla N° 04 se indica el comportamiento deseado para edificios comunes en cada sismo de diseño junto a la aceleración pico esperado en la costa del Perú.

Tabla N° 4. Comportamiento estructural de edificios comunes.

DISEÑO DE SISMO	ACELERACION (g)	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL
Sismo Frecuente (43 años)	0.20	Perfectamente elástico
Sismo ocasional (72 años)	0.25	Prácticamente elástico
Sismo raro (475 años)	0.40	Importantes incursiones inelásticas con pérdida de resistencia y rigidez. Estructura reparable.
Sismo muy raro (970 años)	0.50	Severas incursiones inelásticas, perdida casi total de rigidez y resistencia. No resulta práctico recuperar la estructura.

2.2.1.2 SISTEMA DE REFORZAMIENTO TRADICIONAL

Según Carranza y Calderón (2015). Desde el punto de vista estructural, el reforzamiento consiste en la modificación de las características estructurales de la edificación (rigidez, resistencia y capacidad de disipación de energía) las cuales permiten que la estructura pueda tener un diseño sísmico aceptable.

Estas técnicas requieren de una inversión económica considerable, además de no satisfacer las demandas arquitectónicas. Así mismo, las estructuras que tienen el sistema de reforzamiento tradicional presentan el inconveniente de que la

estructura sufre daños permanentes frente a sismos severos, los cuales son irreparables.

El reforzamiento estructural es el proceso que se realiza con el fin de conseguir una respuesta aceptable ante un evento sísmico. Dicho refuerzo dependerá de las condiciones en las que se encuentren las estructuras y se consigue mediante modificaciones en el diseño (refuerzos en los componentes estructurales).

Fig. N°3 Colapso de edificio Multifamiliar sismo de Pisco 2007



Fuente: <http://empresayeconomia.republica.com/desarrollo-sostenible.html>, Fecha: 10/05/2018, hora: 3:20pm.

Fig. N°4 Colapso de la iglesia de Pisco 2007



Fuente: “<http://empresayeconomia.republica.com/desarrollo-sostenible.html>, Fecha: 10/05/2018, hora: 3:20pm”.

Según Díaz la Rosa Sánchez (2014). La segunda forma de diseñar edificaciones sismorresistentes es considerando en el diseño dispositivos de disipación de energía, los mismos que se incorporan a la estructura con el fin de disminuir los desplazamientos, velocidades y aceleraciones, en otras palabras, estos reducen la respuesta dinámica que la estructura experimenta.

2.2.2 DISIPACIÓN DE ENERGÍA

2.2.2.1 PRINCIPIOS GENERALES DE LA DISIPACION DE ENERGIA

Ante un evento sísmico la energía es rápidamente absorbida una parte por el terreno y la diferencia directamente por la estructura, dicho comportamiento es posible modificar acoplado disipadores las cuales absorben la energía tanto cinética como

potencial mediante el calor como primera instancia, dejando la diferencia a la estructura con la cual aseguramos la no presencia de posibles rotulas plásticas. (Chávez, 2017, p.33).

La ecuación de la energía del comportamiento adicionado con sistemas de protección sísmica se muestra a continuación:

$$E = E_k + E_p + E_1 + E_d$$

Donde:

E: Energía sísmica de entrada.

E_k : Energía cinética.

E_p : Energía potencial de deformación elástica recuperable.

E_1 : Energía irrecuperable tomada y disipada por la estructura a través de la no linealidad.

E_d : Energía tomada y disipada por los amortiguadores.

Ahora si tomamos como ejemplo un edificio sin disipadores la ecuación de la energía que la gobierna cambia a:

$$E = E_k + E_p + E_1$$

En donde la energía irrecuperable aumenta, ya que el edificio incursiona en el rango no lineal, tomando un gran porcentaje de la energía sísmica mostrando grandes esfuerzos y formación de rotulas plásticas. (Chávez, 2017, p.33).

Para que el sistema estructural sea capaz de soportar las solicitaciones sísmicas, la capacidad de respuesta de esta debe ser mayor que la demanda sísmica. En otras palabras la energía de entrada (E) debe ser absorbida o disipada por la suma de la energía cinética (E_k), elástica (E_p), de amortiguamiento (E_d) e inelástica E_1 . (Díaz la Rosa, 2014, p.8).

2.2.2.2 SISTEMAS DE CONTROL ESTRUCTURAL

El análisis sísmico de toda estructura desde hace muchos años hasta la actualidad tiene como punto de partida el análisis de fuerzas equivalentes o estático, el cual interviene la fuerza lateral vs la rigidez del edificio, antiguamente nuestros ancestros antes de la existencia de alguna norma o creación de parámetros que permitan el diseño de sismo o viento, realizaban el cálculo común por cargas de servicio, el conjunto de todas ellas amplificaban en un determinado intervalo, dicha fuerza amplificada era la cual se aplicaba de forma estática lateralmente al edificio, con este método se han construido muchas obras de gran envergadura en el mundo hasta la actualidad que hasta la actualidad la mayoría de ellas perdura debido a su antieconómica sobre resistencia. (Chávez, 2017, p.35).

Ante la aparición de las nuevas ciencias como el análisis sísmico modal espectral mediante un espectro de diseño, fue mucho más pulido y trabajado, generando mayor beneficio tanto económico como estructural, optimizando el comportamiento de las estructuras ante diferentes magnitudes de sismo. (Chávez, 2017, p.35).

Ante los sucesos de grandes terremotos en el mundo y viendo la necesidad de ir mejorando el comportamiento de edificaciones esenciales y de gran altura, se crean los sistemas de control estructural (pasivo, activo e híbrido), con la cual se modifican las propiedades dinámicas del edificio, generando un comportamiento mucho más optimizado y generando un costo - beneficio sostenible en el tiempo (Chávez, 2017, p.35).

Fig.5 Clasificación de los sistemas de protección sísmica.



Fuente: Edificaciones con disipadores Viscosos - Villarreal & Díaz la Rosa

El sistema de control pasivo que es el sistema que se aplicara en la presente tesis, basa su respuesta en función a la acción inercial, a diferencia de otros sistemas no necesitan de sensores energéticos, ni controladores a tiempo a tiempo real para entrar en funcionamiento. (Chávez, 2017, p.36).

El grupo de control pasivo se ramifica en tres tipos el TMD o Tuned Mass Dámper que viene a ser una masa adicional situada de preferencia en el último nivel del edificio, la cual crea una fuerza en sentido contrario a la fuerza lateral del sismo, reduciendo las oscilaciones de la estructura y absorbiendo la energía cinética de ingreso, luego se tienen los disipadores que se tocan en el siguiente ítem, y por último se tiene el aislamiento que viene a ser dispositivos situados de preferencia en la base, separando la sub estructura de la súper estructura, logrando así que cuando el sismo ataque, la base vibre y la súper estructura

oscile con perturbaciones insignificantes casi sin percepción para los ocupantes. (Chávez, 2017, p.36).

2.2.2.3 SISTEMA DE CONTROL PASIVO

Los sistemas de protección sísmica pasivos, denominados con este nombre ya que tienen un comportamiento reactivo directo, es decir que no necesitan de ningún ordenador o sensor quien procese la información y envíe a los disipadores la cantidad de amortiguamiento a actuar como lo hacen los sistemas activos o híbridos. (Chávez, 2017, p.37).

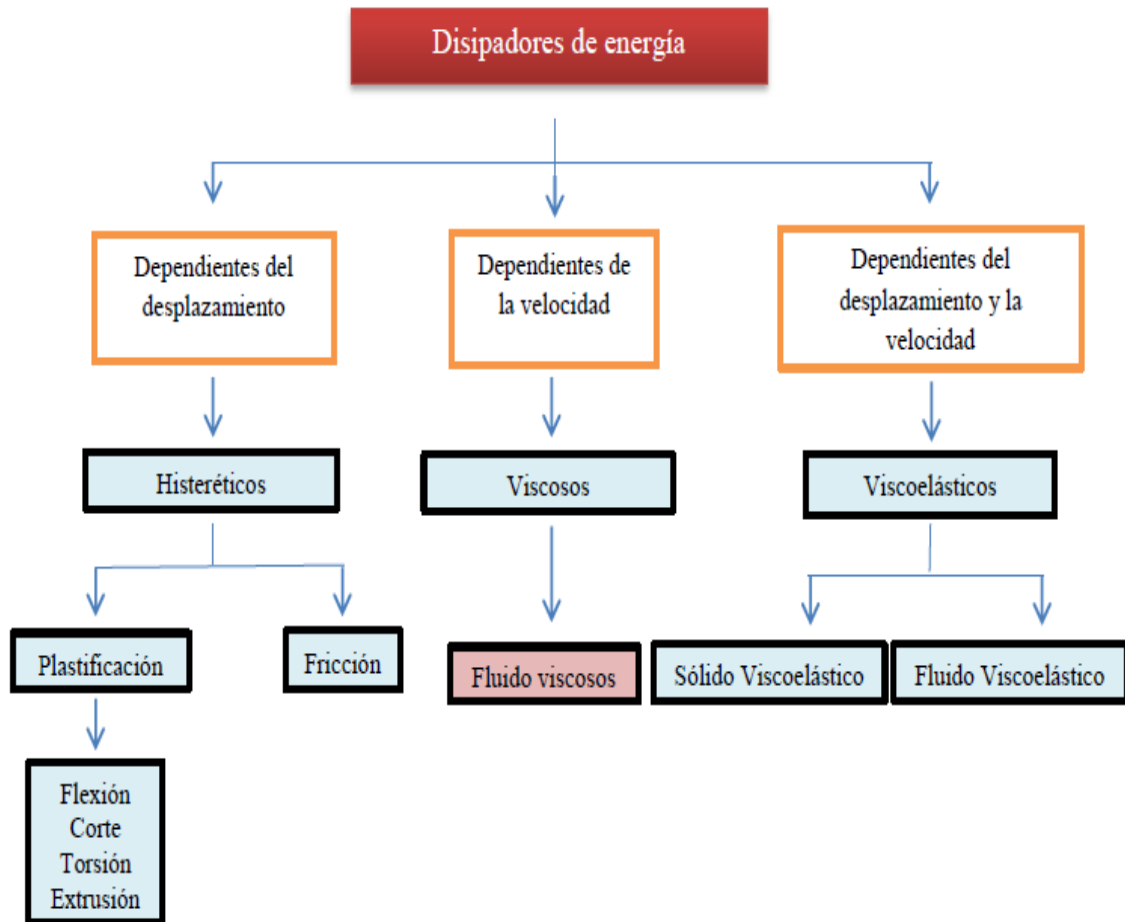
La gran ventaja de los disipadores de control pasivo, es que actúan independientemente en función a la energía sísmica de entrada, la disposición dada y ubicación propuesta, cabe indicar que debido a ello la parte económica es un factor positivo, debido a que de producirse un sismo severo, las estructuras esenciales reforzadas con disipadores no presentaran daño considerable alguno, no teniendo alguna pérdida económica, a diferencia de que si se tiene una edificación esencial sin reforzar, la absorción completa de la energía sísmica severa lo hará la estructura, teniendo por seguro la formación de rotulas plásticas y el posible colapso debido al acontecimiento, de existir reparación estructural este sería un costo económico fuerte y de igual manera los daños materiales como maquinas hospitalarias elevarían la parte económica a un valor sumamente exorbitante. (Chávez, 2017, p.37).

2.2.2.3.1 DISIPADORES DE ENERGIA

Según Carranza y Calderón (2015). Son dispositivos de control pasivo, es decir, no alteran la energía de entrada, por lo que manifiestan su eficiencia absorbiendo gran parte de la energía sísmica, es decir, disipan la energía convirtiéndola en

calor o por la transferencia de energía entre modos de vibración, se clasifican en tres categorías

Fig.6 Clasificación de los disipadores de energía.



Fuente: Díaz la Rosa, 2014, p.16

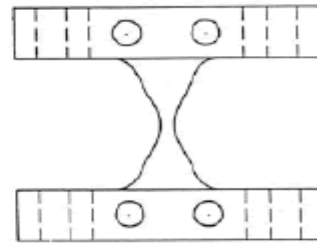
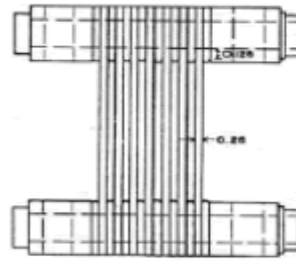
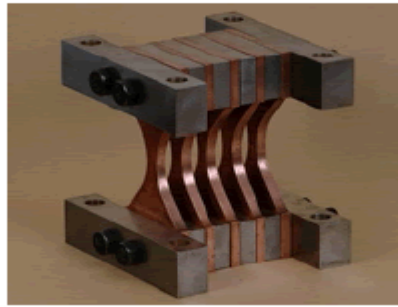
a) DISIPADORES HISTERETICOS POR PLASTIFICACION

Los disipadores histereticos se ramifican en dos dispositivos de protección sísmica pasivo, el primero es el de plastificación de metales. El uso del acero sin duda es muy beneficioso teniendo tantas ventajas elevadas como desventajas, el uso del acero se ha vuelto indispensable en la ingeniería, ya que de ellas dependen la absorción del esfuerzo de tracción como por ejemplo en las edificaciones de concreto armado, las cuales como se sabe el

concreto es muy bueno para trabajar en compresión, pero la tracción está en el rango de solo el 10% de la compresión, es por ello que en el diseño se desprecia, y cuando hablamos del esfuerzo de tracción es allí donde entra a actuar el trabajo de las varillas de acero. De igual manera los edificios ejecutados con vigas y columnas de acero son muy aceptables en la industria de la construcción, ya que tienen como ventaja principal la gran capacidad de ductilidad, es decir deformarse en un gran rango y regresar a su estado normal, partiendo de ello concluimos que un acero con un elevado esfuerzo de fluencia tendrá la capacidad que mediante su plastificación se disipe la energía debido al gran esfuerzo de tracción que se producirá en ella producto del desplazamiento del pórtico debido a la fuerza sísmica lateral. (Chávez, 2017, p.39).

Cuando hablamos de dispositivos de disipación de energía por plastificación de metales es también válido añadir a los disipadores por flexión, las cuales ante un desplazamiento dado tienden a enrollarse generando en ella la plastificación de sus metales y por ende la disipación de energía sísmica, uno de los disipadores en flexión es el sistema ADAS (Added Camping and Stiffness) las cual consta de planchas de metales en forma de "X" de gran fluencia unidos uno encima de otro atornillados en sus extremos impidiendo el giro, lo cual cuando se produzca un desplazamiento de entrepiso permitirá generarse un momento de doble curvatura homogéneo en conjunto en todas las planchas metálicas. (Chávez, 2017, p.40)

Fig.7 Disipadores de energía tipo ADAS.



Fuente:

“<https://www.google.com.pe/search?q=disipadores+adas&source=Inms&tbn=i>, Fecha: 10/05/2018, hora: 3:20pm”.

Lo que respecta a los disipadores por cortante, son grandes planchas metálicas conectadas en los pórticos asumiendo un comportamiento parecido a una placa, dichos dispositivos tiene la capacidad de absorber la gran fuerza de corte producida por el sismo, cabe indicar que no tiene demasiada popularidad debido a que no respeta mucho la arquitectura, posteriormente se han modificado a planchas tipo “T” reduciendo dimensiones conectados mediante brazos metálicos, los disipadores por cortante son usados que presentan demasiada flexibilidad ya que dichos disipadores aportan una gran rigidez a las estructura. (Chávez, 2017, p.40).

Y por último en el grupo de histereticos por plastificación se tiene el de extrusión, el cual es un dispositivo que trabaja en la deformación forzada del plomo a través de un orificio de extrusión, la cual al generarse un cambio de sección debido a la fuerza del sismo aplicada tiende a disipar energía. (Chávez, 2017, p.41).

b) DISIPADOR HISTERETICO POR FRICCIÓN

Son dispositivos metálicos que se caracterizan por tener un comportamiento histéretico que se logra a través de la fricción entre sólidos metálicos y de este modo disipar energía por calor.

El principio básico de estos disipadores consiste en utilizar la deformación relativa entre dos puntos de una estructura para disipar energía a través de fricción. La fuerza de fricción en cada conexión es igual al producto de la fuerza normal por el coeficiente de rozamiento. (Villareal, Oviedo, 2009, p.39)

Las riostras de este disipador son en forma de "X" teniendo la disposición del disipador en la parte central del cruce de brazos, dicho disipador al ser dependiente del desplazamiento, el coeficiente de fricción será dependiente de la velocidad de roce y la fuerza normal en ella, la segunda desventaja del disipador es que al trabajar en el rango no lineal genera una gran cantidad de calor, capas de percibir los ocupantes cercanos, es por ello que se colocan preferentemente en pórticos alejados, de poco tránsito y ventilados.

Cabe indicar como dato final que los disipadores histereticos tienen en conjunto la gran desventaja de que una vez suscitado el sismo severo quedan inservibles, teniendo que realizarse el cambio o mantenimiento rápidamente, lo cual no es adecuado, ya que se sabe que después de suceder el sismo, se suscita gran cantidad de réplicas que en muchas que en muchas ocasiones son de magnitudes similares o próximas al acontecimiento principal. (Chávez, 2017, p.42).

Fig.8 Disipadores por fricción.



Fuente:

“[https://www.google.com.pe/search?q=DISIPADORES+POR+FRI
CCION&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiqj_blzu3V
AhVCeSYKHQdzB3wQ_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=5Gr
f_3k3Z3sk2M](https://www.google.com.pe/search?q=DISIPADORES+POR+FRICCION&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiqj_blzu3VAhVCeSYKHQdzB3wQ_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=5Grf_3k3Z3sk2M): Fecha: 10/05/2018, hora: 3:20pm”.

c) DISIPADOR VISCOELASTICO

Dispositivo catalogado como uno de los mejores del mundo, ya que adicionan tanto amortiguamiento como rigidez al edificio, son disipadores compuestos por planchas metálicas unidas entre sí por un fluido viscoelastico. (Chávez, 2017, p.42).

Es una tecnología desarrollada originalmente para la industria aeroespacial.

El principio básico de funcionamiento consiste en movilizar un elemento a través de un material viscoelástico. Esto genera fuerzas que se oponen al movimiento del elemento, de magnitud proporcional a la velocidad. (Fuente: CDV Ingenieros).

Su acción disipativa se basa en el aumento del amortiguamiento estructural.

Presentan algunas ventajas con relación a los disipadores histeréticos, tales

Como:

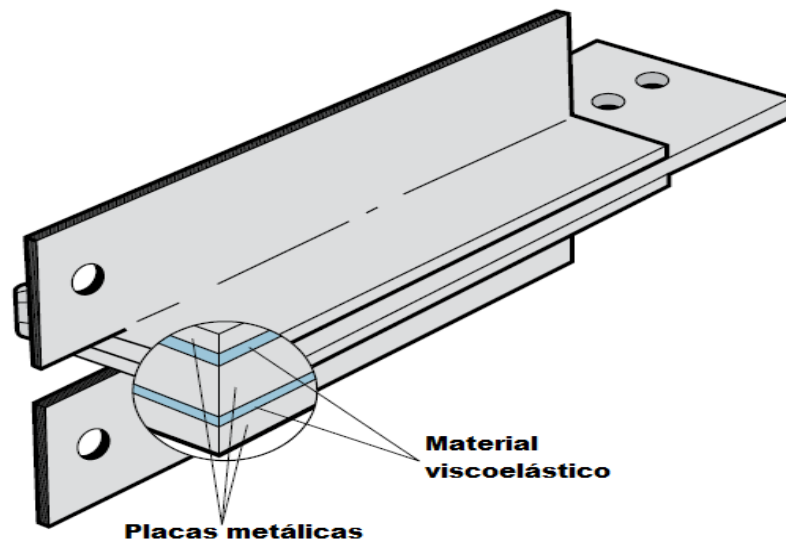
- No precisan de una fuerza umbral para disipar energía.
- No cambian significativamente los periodos de vibración, con lo cual resulta posible linearizar el comportamiento estructural y realizar una modelación más sencilla.

Como inconvenientes de su uso y aplicación tenemos:

- La poca variación del periodo fundamental no evita el comportamiento resonante.
- Los materiales viscoelásticos, en general, son sensibles a los cambios de temperatura, frecuencia y deformación, resultando necesario minimizar la influencia de estas variables en sus rangos de servicio en estructuras sismorresistentes para que su comportamiento resulte predecible.
- Para conseguir un aumento del amortiguamiento estructural a valores que reduzcan significativamente la respuesta estructural ante un sismo severo es necesaria una gran cantidad de dispositivos.

(Villareal, Oviedo, 2009, p.41)

Fig.9 Disipador viscoelastico.

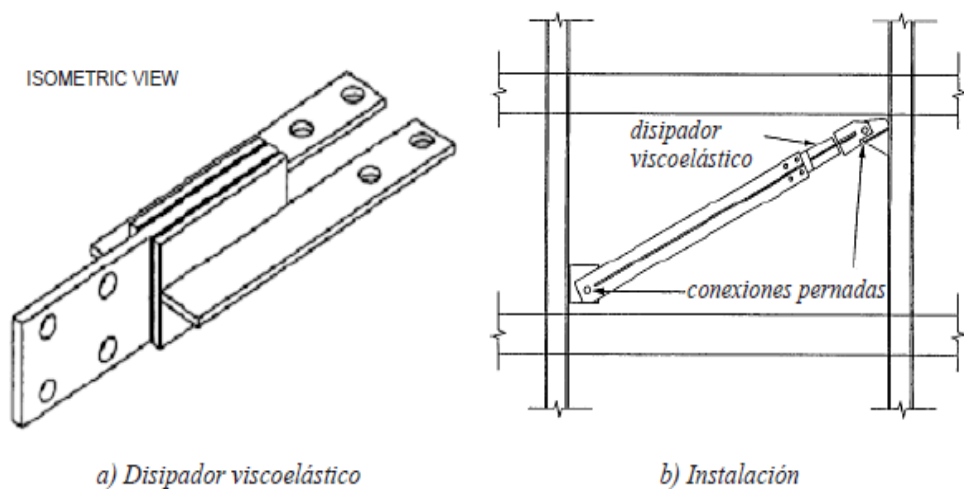


Fuente:

https://www.google.com.pe/search?biw=1366&bih=662&tbm=isch&sa=1&q=DISIPADORES+viscoelasticos&oq=DISIPADORES+viscoelasticos&gs_l=psy Fecha: 10/05/2018, hora: 3:20pm.

Generalmente, se acoplan a la estructura con arriostres que la conectan a los extremos del entrepiso.

Fig.10 Instalación típica del amortiguador viscoelástico.



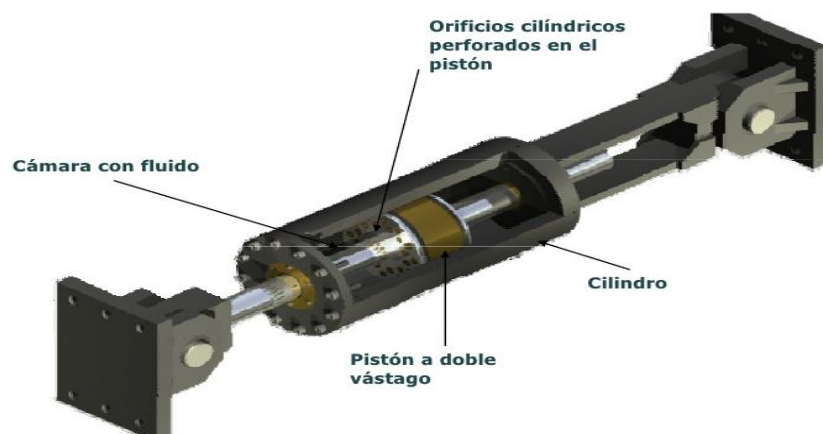
Fuente: Kitamura 1991.

d) DISIPADOR DE FLUIDO VISCOSO

Los disipadores de fluido viscoso tienen la propiedad de reducir simultáneamente los esfuerzos y las deflexiones de la estructura. Esto es debido a que los disipadores de fluido varían su fuerza solamente con la velocidad, la cual provee una respuesta que es inherentemente fuera de fase con los esfuerzos debido a la flexibilidad de la estructura. Otros disipadores pueden normalmente ser clasificados como histeréticos, donde una fuerza de amortiguamiento es generada bajo una deflexión o los viscoelásticos que son disipadores con un complejo resorte combinado con un amortiguamiento. (Villareal, Oviedo, 2009, p.42).

Los disipadores de fluido viscoso, uno de los más usados en la actualidad en edificaciones esenciales como hospitales y clínicas, son dispositivos que trabajan con una cámara hueca y un pistón de acumulación de fluidos siliconico, en la cual ante los desplazamientos del pórtico trabajan pasando el fluido de una cámara a otra mediante orificios donde ante dicha acción ocurre la conversión de energía mecánica mediante el calor interno y por ende la disipación de la energía sísmica. (Chávez, 2017, p.45).

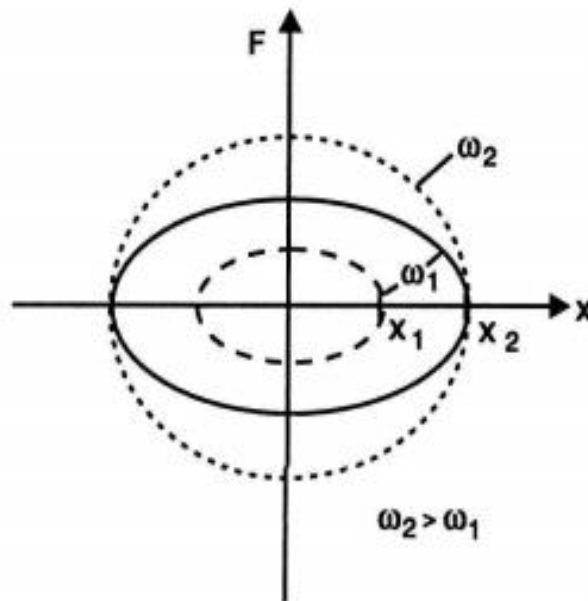
Fig.11 Disipador de energía de fluido viscoso.



Fuente:

"<https://www.google.com.pe/search?q=disipador+de+fluido+viscoso&source=lnms&tbm=isch&sa> Fecha: 10/05/2018, hora: 3:20pm".

Fig.12 Comportamiento histeretico de un disipador de fluido viscoso.



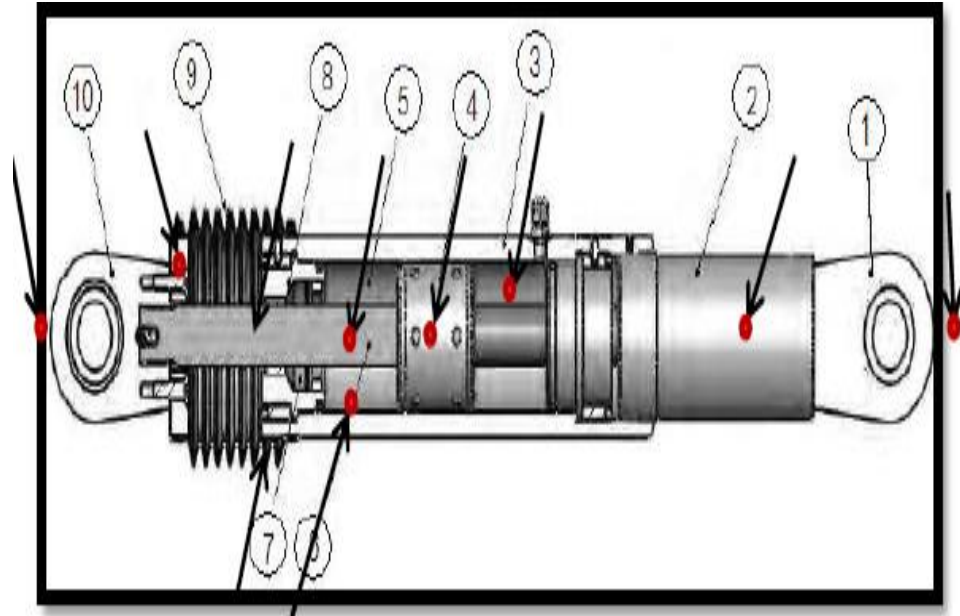
Fuente:

“<https://www.google.com.pe/search?biw=1366&bih=662&tbm=isch&sa=1&q=comportamiento+histeretico+de+un+disipador+viscoso&oq>. Fecha: 10/05/2018, hora: 3:20pm”.

Según Carranza y Calderón (2015). El disipador de fluido viscoso es similar a los amortiguadores de los automóviles, con la diferencia que los utilizados en las estructuras trabajan con fuerzas mayores a la de los autos, y están fabricados de acero inoxidable y otros materiales extremadamente duraderos para proporcionar una vida de al menos 40 años.

d.1) COMPONENTES DE LOS DISPOSITIVOS VISCOSOS

Fig.13 Componentes de un dissipador de fluido viscoso Taylor.



Fuente: Díaz la Rosa Sánchez (2014).

Los siguientes elementos componen el típico dissipador de fluido viscoso:

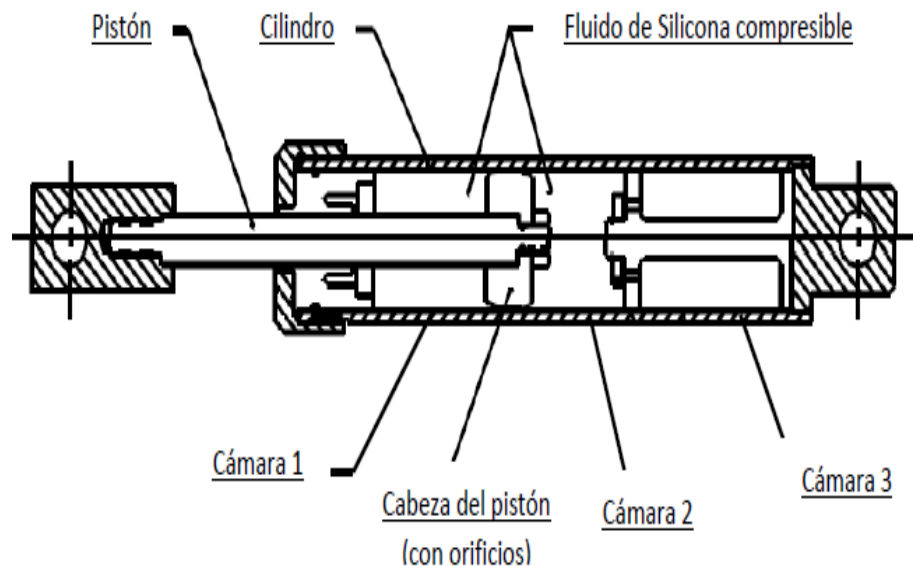
1. Horquilla final con tratamiento térmico de aleaciones de acero con protección contra la corrosión
2. Extender, acero al carbono forjado en aluminio con protección contra la corrosión.
3. Cilindro con tratamiento térmico de aleaciones de acero, protegido contra la corrosión a través de placas y/o pintura.
4. Cabeza del pistón de acero sólido o de bronce
5. Fluido viscoso, silicona incompresible
6. Vástago de acero inoxidable.
7. Sellos / rodamientos de sello, juntas dinámicas

8. Tapa con tratamiento térmico de aleaciones de acero, protegido contra la corrosión a través de placas y/o pintura.
9. Fuelle, nylon reforzado de inicio de neopreno.
10. Cojinete esférico forjado con aleación de acero de calidad aeronáutica.

d.2) FUNCIONAMIENTO DE LOS DISIPADORES

El disipador fluido viscoso consiste en esencia de dos elementos: un cilindro de alta resistencia y de un pistón (ambos de acero inoxidable). El cilindro contiene en su interior un fluido perteneciente a la familia de las siliconas (es resistente al fuego, estable a los cambios de temperatura y a los largos periodos de tiempo). (Fuente: Díaz la Rosa Sánchez 2014).

Fig.14 Corte de perfil de un disipador viscoso.



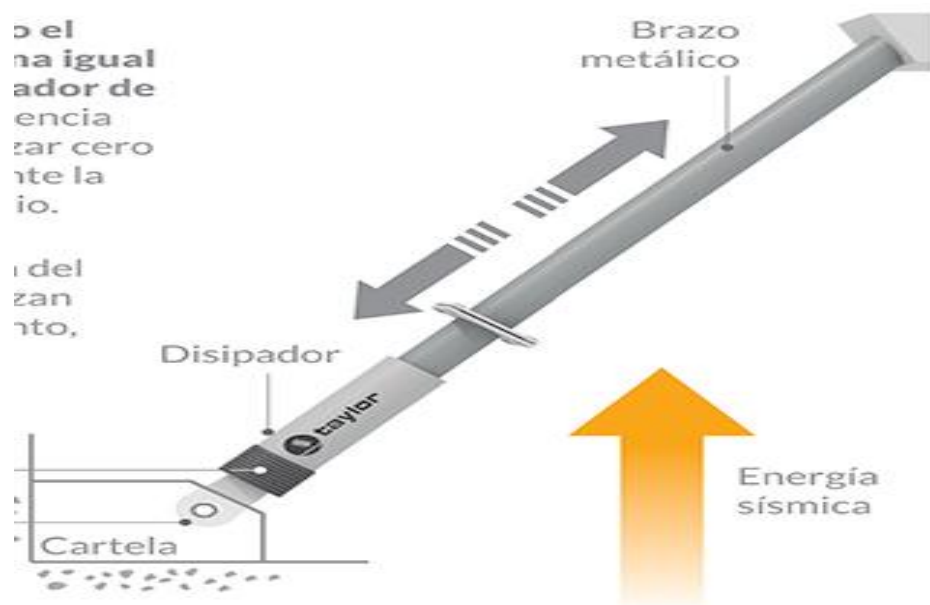
Fuente:

<https://www.google.com.pe/search?q=disipadores+de+fluid+o+viscoso&source=Inms&tbm.> Fecha: 10/05/2018, hora: 3:20pm”.

Durante un sismo el disipador funciona igual que un amortiguador de autos con la diferencia que debe garantizar cero remplazos durante la vida útil del edificio. El sello y el pistón del disipador garantizan cero mantenimientos, ceros remplazos, cero fugas. (Fuente: CDV Ingeniería Antisísmica).

Debido al desplazamiento interno del pistón se genera la conversión de energía cinética en calor, lo que produce la expansión y contracción térmica del fluido, debido a esto el cilindro contiene una tercera cámara (Cámara de acumulación) que permite que se puedan compensar las variaciones del fluido(volumen). (Fuente: Díaz la Rosa Sánchez 2014).

Fig.15 Funcionamiento del disipador viscoso.



Fuente: "<http://cdvperu.com/wp-content/uploads/2014/06/Disipadores-Final-01.jpg> Fecha: 10/05/2018, hora: 3:20pm".

d.3) ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS AL SISTEMA DE CONTROL DE DISIPACION DE ENERGIA DE FLUIDO VISCOSO.

El sistema de protección sísmica pasivo de elección disipador de fluido viscoso completo, está compuesto por los disipadores, brazos metálicos, viga de acero y anclajes entre pernos y barras. Para la presente tesis se tocara solo los elementos principales que conforman el sistema completo, el cual viene a ser los brazos metálicos y viga de acero, ya que trabajan en conjunto en la absorción principal de esfuerzos dependiendo una del otro, los pernos de anclaje son adicionales que están en función a las dimensiones, tanto de los brazos metálicos y viga de acero, por ende su diseño no se tomara en cuenta en esta oportunidad. (Fuente: Chávez, 2017, p, 52).

d.3.1) BRAZOS METÁLICOS.

Los brazos metálicos son elementos de acero hueco los cuales tienen por función arriostrar al disipador en el pórtico mediante distintas disposiciones las cuales se tocaran más adelante.

El funcionamiento de los brazos metálicos dependiendo de las disposiciones trabajara solo axialmente tanto a tracción como a compresión, debido a los desplazamientos dados en el entrepiso, el diseño tendrá que vencer la fuerza axial máxima producida en el disipador, la cual se transmite a los brazos que tratan de sufrir pandeo.

La norma a usar para los miembros de acero será el AISC Steel Construction 13th.

Para poder ingresar los datos al Software Etabs 2016, nos pide ingresar el coeficiente de rigidez la cual se halla con la siguiente formula:

$$K = \frac{AxE}{L}$$

Donde:

K = Rigidez del brazo metálico.

A = Área de la sección transversal del perfil metálico.

E = Modulo de elasticidad del acero.

L = Longitud a eje del brazo metálico.

Cabe indicar que la longitud del brazo metálico se considera completa, es decir incluyendo los disipadores de energía. (Fuente: Chávez, 2017, p, 53).

d.3.2) VIGAS DE ACERO

Los brazos metálicos más los disipadores se arriostran en el pórtico, no directamente en la viga de concreto armado si no a una viga de acero, la cual absorberá las fuerzas en el punto concéntrico de la viga donde llegan los máximos esfuerzos provenientes del brazo metálico descompuesto por el ángulo que forman dichos brazos con el plano.

El cálculo de la fuerza céntrica se realiza mediante un simple análisis estructural considerando apoyos fijos en los extremos de la viga, cabe indicar que la viga de acero será diseñada rigiéndose al AISC Steel Construction 13th. (Fuente: Chávez, 2017, p, 53).

d.3.3) RIGIDEZ DEL BRAZO METALICO

Este dispositivo solo depende de la velocidad para controlar la respuesta dinámica de la estructura. Para poder lograr esto, en la modelación (empleando el software Etabs V.9.7.4) se debe considerar la rigidez del sistema con un valor muy alto.

Es así que la rigidez que se debe tomar para la modelación es la del brazo metálico (que conecta al dispositivo a la estructura). Esto debido a que la rigidez axial de este es mucho mayor a la del disipador. La rigidez de este brazo se calcula con la siguiente ecuación. (Fuente: Villareal, Díaz La Rosa, 2016, p, 15).

$$K = \frac{AxE}{L}$$

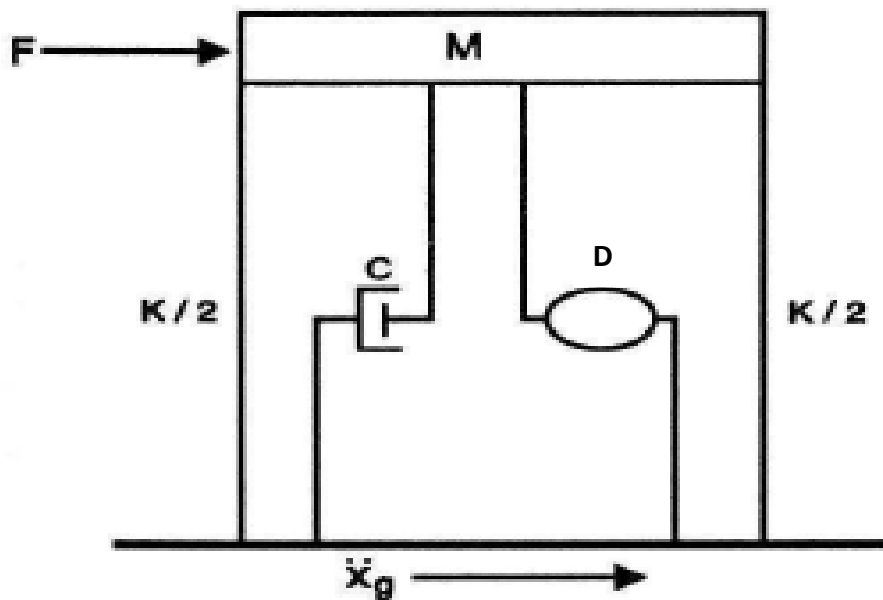
Asimismo, es importante que el perfil metálico seleccionado tenga suficiente momento de inercia (I) y área (A) para que este tenga suficiente resistencia contra el pandeo en la dirección de compresión.

Para la selección del perfil metálico es muy común emplear perfiles del tipo HSS o PIPE, por las razones de estética y por las facilidades que se obtiene en la instalación. (Fuente: Villareal, Díaz La Rosa, 2016, p, 15).

2.2.3 MODELAMIENTO DINAMICO - MATEMATICO

Los modelos de 1 grado de libertad como de varios grados de libertad están en función a las características dinámicas del edificio, entiéndanse con ello a la masa, rigidez y amortiguamiento, siendo este último el cual tendrá un adicional, el cual viene a ser el acoplamiento de los amortiguadores de fluido viscoso, en el siguiente grafico se aprecia una estructura idealizada de un grado de libertad con el acoplamiento del sistema. (Fuente: Chávez, 2017, p, 54).

Fig.16 Sistema de 1GDL con amortiguamiento adicionado.



Fuente: (Villareal, Oviedo, 2009, p.46)

Donde el valor de C es el amortiguamiento propio de la estructura y el valor de D es el amortiguamiento de fluido viscoso adicionado al sistema global, la cual se ve influenciado por una fuerza externa, siendo esta el sismo de diseño. (Fuente: Chávez, 2017, p, 54).

2.2.3.1 ECUACIÓN GENERAL

La forma de trabajo de estos disipadores es simple, durante un sismo la estructura experimenta desplazamientos relativos entre los pisos, los que a su vez generan movimientos y aceleraciones en el dispositivo viscoso, el mismo que regula el paso del fluido a través de pequeños orificios, la energía sísmica se disipa tan rápido como circula este fluido de una cámara a otra.

La fuerza generada en cada disipador viscoso se caracteriza por la siguiente ecuación:

$$F = C \times V^\alpha$$

Dónde:

F: Fuerza en el disipador.

C: Constante de Amortiguamiento.

V: Velocidad relativa en el amortiguador.

α : Coeficiente que varía entre 0.4 y 0.6 para edificaciones.

Es importante observar que no hay ninguna fuerza de resorte en esta ecuación. La fuerza del disipador varía sólo con la velocidad. Para una velocidad dada, la fuerza será la misma en cualquier punto del dispositivo.

Para estimar el valor del coeficiente de amortiguamiento (C) para dispositivos no-lineales se puede emplear la siguiente ecuación extraída del FEMA 274

$$\beta_H = \frac{\sum_j \lambda C_j \phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2} \quad \text{Ec.1}$$

Dónde:

β_H - amortiguamiento viscoso de la estructura

λ - parámetro lambda

C_j - coeficiente de amortiguamiento del disipador j

ϕ_j - desplazamiento relativo entre ambos extremos del disipador j en la dirección horizontal
(con nuestro sismo de diseño)

θ_j - ángulo de inclinación del disipador j

A - amplitud de desplazamiento del modo fundamental (desplazamiento modal de la losa del último nivel)

ω - frecuencia angular

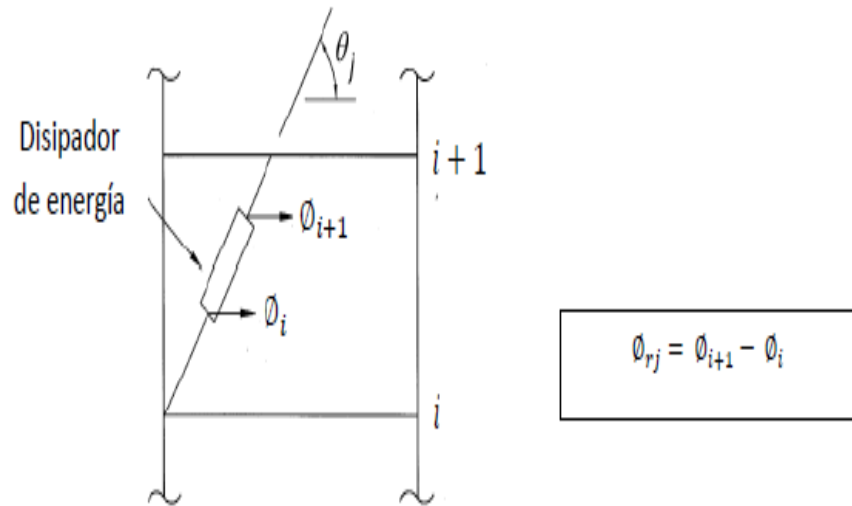
m_i - masa del nivel i

ϕ_i - desplazamiento del nivel i (con nuestro sismo de diseño)

El parámetro λ es dependiente del valor del exponente de velocidad α y el FEMA 274 nos facilita la tabla 1.1

El ángulo de inclinación (θ_j) y el desplazamiento relativo del disipador de energía (ϕ_{rj}) se muestra en la siguiente figura.

Fig.17 Ángulo de inclinación y desplazamiento relativo del disipador de energía



Fuente: Genner Villareal y Díaz la Rosa Sánchez 2016

Exponente α	Parámetro λ
0.25	3.7
0.50	3.5
0.75	3.3
1.00	3.1
1.25	3.0

Es importante señalar que la ecuación 2 considera un coeficiente de amortiguamiento constante para todos los dispositivos. El mismo que se puede estimar una vez se conozca las demás variables. De esta manera, despejando la ecuación 1 obtenemos:

$$\sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \left(\sum_i m_i \phi_i^2 \right)}{\lambda \left(\sum_j \phi_{ij}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j \right)} \quad \text{Ec.2}$$

Así mismo el valor de β_H depende del amortiguamiento objetivo que se desee alcanzar, este valor se puede calcular empleando el siguiente procedimiento

Como primer paso se determina el **factor de reducción de respuesta (B)**. Donde el cálculo tendrá que realizarse tanto para el eje “X”, como para el eje “Y” mediante el cociente:

$$B_x = \frac{D_{max.X}}{D_{objetivo}} ; B_y = \frac{D_{max.Y}}{D_{objetivo}} \quad \text{Ec.3}$$

Donde:

B_{xy} = Factor de reducción de respuesta sísmica.

D objetivo = Deriva objetivo teniendo en cuenta o no la metodología HAZUS de relación daño – deriva en función a la amenaza sísmica y el comité de desempeño VISION 2000.

D máx. XY = Deriva máxima del edificio que no pasa el control mediante el análisis tiempo historia no lineal con sismo de diseño.

2.- Se calcula el amortiguamiento efectivo β_{eff} . Se realiza tanto para el eje “X”, como para el eje “Y” con la siguiente formula:

$$B_x = \frac{2.31-0.41\ln(\beta_o)}{2.31-0.41\ln(\beta_{eff.X})} ; B_y = \frac{2.31-0.41\ln(\beta_o)}{2.31-0.41\ln(\beta_{eff.Y})} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

B_{xy} = Factor de reducción de respuesta sísmica.

β_o = Amortiguamiento inherente a la estructura (para edificaciones de concreto armado 5%).

3.- Se calcula el amortiguamiento viscoso (βH), como se recordara el amortiguamiento efectivo seria la combinación entre el amortiguamiento adicionado por los disipadores de fluido viscoso más el amortiguamiento propio de la estructura, por ende dicho amortiguamiento viscoso seria la diferencia, la cual deberá estar en el intervalo entre 20% al 40% para un comportamiento eficiente.

$$\beta H.X = \beta eff.X - 5\%$$

Ec. 5

$$\beta H.Y = \beta eff.Y - 5\%$$

Por recomendación de los fabricantes, si sale menor al 20% no será necesario usar disipadores y deberá contrarrestarse los desplazamientos mediante elementos de corte, si sale mayor del 40% tampoco es recomendable por dos motivos, el primero económico por la gran cantidad de disipadores y el segundo debido a que la estructura no trabajaría íntegramente.

(Fuente: Chávez, 2017, p, 58).

El exponente “ α ” define la reacción del dispositivo ante los impactos de velocidad, a su vez, determina el comportamiento histerético de los disipadores empleados.

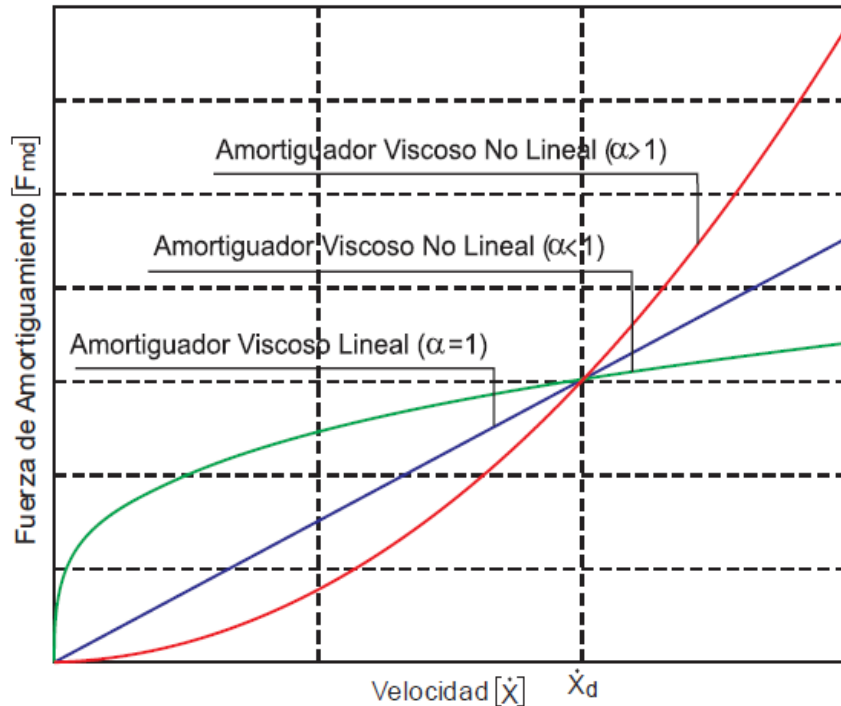
Los disipadores viscosos tienen un valor “ $\alpha=1$ ” y son llamados “disipadores lineales”, en ellos la fuerza del disipador es directamente proporcional a la velocidad relativa.

Los disipadores con un valor de “ α ” mayor o menor de 1, son los llamados “disipadores no lineales”. Aquellos con valores menores a 1 son efectivos para minimizar los pulsos de alta velocidad, mientras aquellos con el valor de “ α ” mayor a 1,

habitualmente no son empleados en edificaciones, porque necesitarían de grandes velocidades para incrementar significativamente la fuerza en el disipador.

(Fuente: Villareal, Díaz La Rosa, 2016, p, 14).

Fig.18 Relación Velocidad vs Fuerza Disipador.



Fuente: Villareal, Díaz La Rosa, 2016

En la figura 28 se puede apreciar la eficiencia del Disipador Viscoso No Lineal ($\alpha < 1$), ya que para pequeñas velocidades relativas, puede desarrollar una mayor fuerza de amortiguamiento en comparación a los otros tipos de Disipadores ($\alpha = 1$ y $\alpha > 1$).

En la mayoría de los casos, el valor del exponente de velocidad α está comprendido en el rango de 0.3 a 1.0. Los valores de α que han demostrado ser los más empleados para el diseño sísmico de edificios y de puentes están en el orden de 0.4 a 0.5.

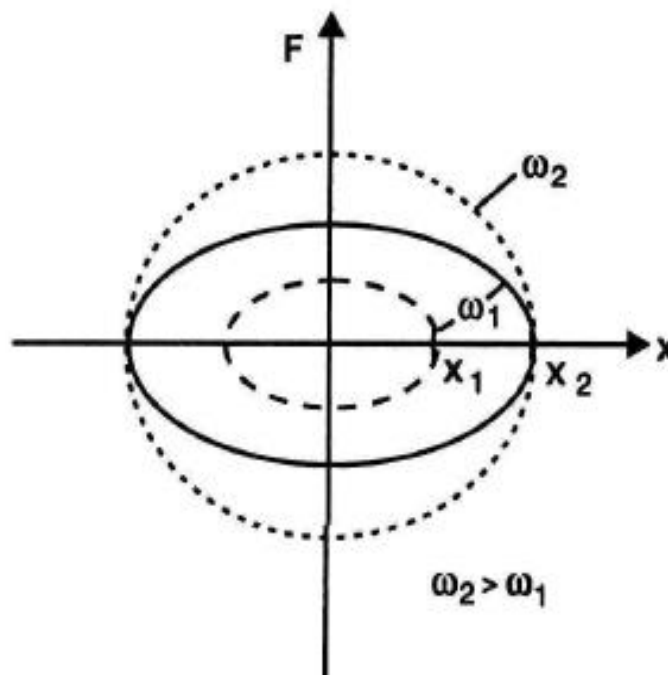
Para el caso de puentes con bajas solicitaciones sísmicas, se puede emplear un valor de $\alpha = 2$, mientras que para todas las

estructuras diseñadas bajo cargas de viento se suelen emplear valores en el rango de 0.5 a 1. (Fuente: Villareal, Díaz La Rosa, 2016, p, 14).

2.2.3.2 COMPORTAMIENTO HISTERETICO

Este tendrá curvas elípticas paralelas al eje de las abscisas como se lo muestran los siguientes gráficos:

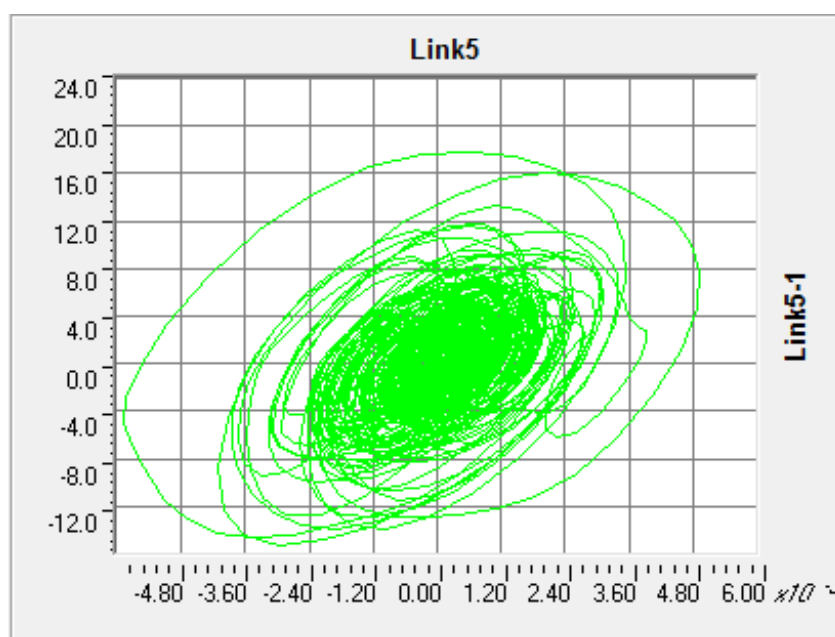
Fig.19 Comportamiento histeretico de un disipador viscoso.



Fuente:

<https://www.google.com.pe/search?biw=1366&bih=662&tbm=isch&sa=1&q=comportamiento+y+desplazamiento+maximo+histeretico+de+un+disipador+viscoso&og>, Fecha: 10/05/2018, hora: 3:20pm.

Fig.20 Comportamiento histeretico de un disipador viscoso.



Fuente:

<https://www.google.com.pe/search?biw=1366&bih=662&tbm=isch&sa=1&q=comportamiento+histeretico+de+un+disipador+viscoso&oq>, Fecha: 10/05/2018, hora: 3:20pm.

En el proceso de análisis puede darse el caso en que no todos los disipadores poseen este tipo de comportamiento histeretico, las posibles razones pueden ser las siguientes:

- Pórtico inadecuado.
- Coeficientes erróneos.
- Mala disposición de acoplamiento.

Una vez detectado el error, tendrá que ejecutarse nuevamente el análisis de la estructura, teniendo todos y cada uno de los disipadores con el comportamiento histeretico correcto, con la cual garantizamos la eficiente del mismo.

Dentro de la verificación del comportamiento histeretico está un control muy importante, esencial para la obtención de los disipadores ante un proveedor como vendría a ser para Perú la

empresa Taylor Device, mediante su representante CDV representaciones en la ciudad capital Lima, el cual viene a ser el denominado **Máximo Stroke**.

Entiéndase como máximo stroke a la distorsión máxima dada en el disipador, dato esencial para que el proveedor pueda diseñar la cámara de acumulación de líquido siliconico, para el máximo stroke la empresa CDV pone un límite de 50 mm (5cm).
(Fuente: Chávez, 2017, p, 68).

2.2.4 REGISTRO SÍSMICO

La norma peruana sismoresistente E-030 2016, indica que para el análisis tiempo historia tendrá que usarse mínimo tres conjuntos de registros sísmicos de aceleración del terreno, cada uno incluirá dos componentes de análisis en direcciones ortogonales.

Cuando no se cuenten con registros sísmicos, se da la opción de usar registros sísmicos simulados (sintéticos). Cuando se refiere a los dos casos de análisis se refiere que tendrá que considerarse la mayor fuerza del sismo tanto para "X" como para "Y", en función a las fuerzas de Norte – Sur y Este – Oeste de los registros, se muestran las formulas y los gráficos para un mayor entendimiento. (Fuente: Chávez, 2017, p, 59).

Dirección "X - X"

100% del componente del registro sísmico (N – S)

Dirección "Y - Y"

100% del componente del registro sísmico (E – W)

Fig.21 Ejemplo del caso de análisis 1.



Fuente:

["https://www.google.com.pe/search?biw=1366&bih=613&tbm=isch&sa=1&q=+edificio&oq=+edificio&gs_l=psy-](https://www.google.com.pe/search?biw=1366&bih=613&tbm=isch&sa=1&q=+edificio&oq=+edificio&gs_l=psy-) Fecha: 10/05/2018, hora: 3:20pm".

Dirección "X - X"

100% del componente del registro sísmico (E - W)

Dirección "Y - Y"

100% del componente del registro sísmico (N - S)

Fig.22 Ejemplo del caso de análisis 2



Fuente:

["https://www.google.com.pe/search?biw=1366&bih=613&tbm=isch&sa=1&q=+edificio&oq=+edificio&gs_l=psy-](https://www.google.com.pe/search?biw=1366&bih=613&tbm=isch&sa=1&q=+edificio&oq=+edificio&gs_l=psy-) Fecha: 10/05/2018, hora: 3:20pm".

2.2.4.1 ESPECTRO DE DISEÑO

Cuando se realiza el análisis dinámico modal espectral se usa un espectro de respuesta inelástico en función a los parámetros de zona, usos, tipo de suelo, etc. Las cuales se ve afectado por un coeficiente de ductilidad, la que comúnmente se le conoce según la norma peruana como coeficiente de reducción sísmica R en función al sistema estructura que posee.

$$V_{xy} = \frac{Z.U.C.S}{R} \times g$$

Ec. 6

Donde:

Z = Factor de zona

U = Categoría de la edificación.

C = Coeficiente de amplificación sísmica dependiente del periodo.

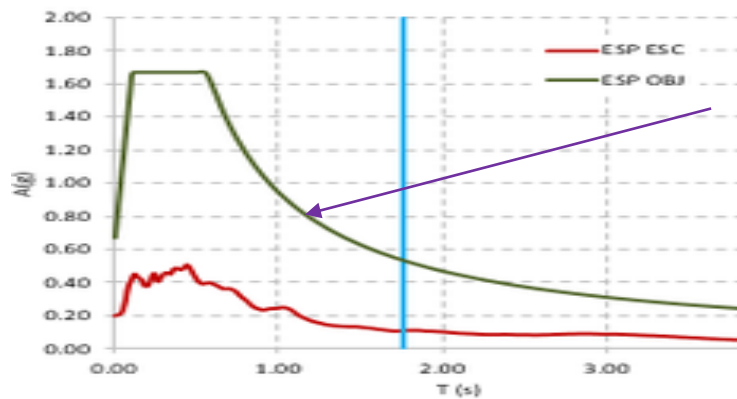
S = Factor de suelo.

R = Factor de reducción sísmica.

g = Aceleración de la gravedad.

Cuando se realiza un análisis dinámico para un desempeño en el rango de la no linealidad, producto del futuro acoplamiento de disipadores de energía, tendrá que recalcularse la edificación con el mismo análisis dinámico modal espectral, con la diferencia que no existe coeficiente de ductilidad, el valor de R=1 con lo cual se está pasando de un sismo moderado a un sismo totalmente severo, teniendo un coeficiente de sismo no fraccionado y por ende se genera un espectro de pseudo aceleraciones total, el cual será el espectro objetivo o espectro de diseño al cual tendrá que escalarse los registros sísmicos.

Fig.23 Registro sísmico sin escalar vs espectro objetivo.



Fuente:

<https://www.google.com.pe/search?biw=1366&bih=662&tbm=isch&sa=1&q=registro+sismico+sin+escalar+vs+espectro+objetivo+en+disipador>, Fecha: 10/05/2018, hora: 3:20pm”.

2.2.5 DISEÑO ESTRUCTURAL EN CONCRETO ARMADO

Según Morales Morales 2006, La estructura se debe concebir como un sistema o conjunto de partes y componentes que combinan ordenadamente para cumplir una función dada. El proceso de diseño de un sistema, comienza con la formulación de los objetivos que se pretende alcanzar y de las restricciones que se debe tener en cuenta. El proceso es cíclico; se parte de consideraciones generales, que se afinan en aproximaciones sucesivas, a medida que se acumula información sobre el problema.

Los métodos de diseño estructural han ido evolucionando con el pasar de los años. Desde sus inicios a principios del siglo xx han ido cambiando para mejorar el entendimiento del comportamiento del concreto armado, garantizar los objetivos de seguridad y mejorar la eficiencia constructiva.

2.2.5.1 METODOS DE DISEÑO

En la actualidad existen, básicamente, dos métodos de diseño en concreto armado: diseño elástico o por cargas de servicio y diseño a la rotura o por resistencia última. El primero fue utilizado con mucha fuerza hasta mediados del siglo y el segundo ha adquirido impulso en los últimos cuarenta años.

2.2.5.1.1 DISEÑO ELÁSTICO

Parte de la hipótesis que es posible predecir la distribución de esfuerzos en el refuerzo y el concreto, al ser sometidos a cargas de servicio. Asume un comportamiento elástico de ambos materiales. El diseño consiste en conseguir que los esfuerzos no excedan los esfuerzos admisibles que son una fracción de la resistencia del concreto y del esfuerzo de fluencia del acero. En la actualidad, pruebas de laboratorio han permitido comprobar que el complejo comportamiento del concreto con el paso del tiempo conlleva a una constante redistribución de esfuerzos entre éste y el acero. En el diseño elástico sólo se considera una de éstas distribuciones. Con el tiempo, las condiciones no consideradas pueden ocasionar la falla. Por otro lado, en el diseño de estructuras, es importante considerar el tipo de falla, dúctil o frágil, que presenta un elemento bajo determinadas sollicitaciones y, en la medida de lo posible, orientar la falla según sea conveniente. El método elástico no considera este punto. El método elástico tampoco determina la carga que ocasiona la rotura de la pieza y por ello, su factor de seguridad no es conocido.

(Fuente: Harmsen, 2002, p, 3).

2.2.5.1.2 DISEÑO POR ROTURA

Este método toma en consideración el comportamiento inelástico del acero y el concreto y por lo tanto, se estima mejor la capacidad de carga de la pieza. Algunas de las ventajas de este procedimiento son:

- El diseño por rotura permite controlar el modo de falla de una estructura compleja considerando la resistencia última de las diversas partes del sistema. Algunos elementos se diseñan con menor margen de seguridad que otros para inducir su falla primero.

- Permite obtener un diseño más eficiente, considerando la distribución de esfuerzos que se presenta dentro del rango inelástico.
- Este método no utiliza el módulo de elasticidad del concreto, el cual es variable con la carga. Esto evita introducir imprecisiones en torno a éste parámetro.

- El método de diseño a la rotura permite evaluar la ductilidad de la estructura.

- Este procedimiento permite usar coeficientes de seguridad distintos para los diferentes tipos de carga.

La desventaja de usar este método es que sólo se basa en criterios de resistencia. Sin embargo, es necesario garantizar que las condiciones de servicio sean óptimas, es decir, que no se presenten deflexiones excesivas, ni agrietamientos críticos. Con la mejora en la calidad del concreto y la obtención de secciones cada vez menores, se tiende a perder rigidez e incrementar las deflexiones y el ancho de fisuras. Por ello, es conveniente usar este método en combinación con otros

procedimientos para verificar el adecuado comportamiento de las piezas bajo cargas de servicio.

(Fuente: Teodoro Harmsen, 2002, p, 4).

Todos los elementos de concreto armado se diseñarán en la presente tesis por el Método de Diseño por Resistencia. Donde las cargas actuantes o de servicio se amplifican mediante factores, y se usarán combinaciones, dependiendo del tipo de carga, las cuales están indicadas en la Norma Nacional de Concreto armado E.060.

Las combinaciones de carga contempladas en la Norma Nacional de Concreto Armado E.060 son:

$U = 1.4CM + 1.7CV.$ En donde: CM: Carga Muerta.

$U = 1.25 (CM + CV) \pm CS$ CV: Carga Viva.

$U = 0.9CM \pm CS$ CS: Carga de Sismo

Siendo U la resistencia requerida de los elementos en su etapa última y teniéndose que cumplir que:

Resistencia de diseño \geq Resistencia Ultima (U).

Se tiene que considerar además que la Resistencia Ultima para diseño es igual a la Resistencia Nominal de los elementos multiplicada por un factor de reducción Φ , que depende de la sollicitación de diseño que estemos empleando. Por lo tanto se debe cumplir con:

Resistencia de diseño $\leq \phi$ Resistencia Nominal

2.2.5.2 ASPECTOS IMPORTANTES EN EL DISEÑO EN CONCRETO

ARMADO

Según: Romero Leceta 2016, La estructura de pórticos consiste en la unión de vigas y columnas para formar una estructura. Las vigas sostienen a la losa transmitiendo las cargas hacia las columnas. Las columnas son elementos sometidos principalmente a compresión pero también soportan esfuerzos cortantes y torsionales.

Las columnas son los pilares de la edificación y estas deben de ser los últimos elementos en fallar, por lo que se deberá diseñar la edificación para que fallen preferentemente las vigas antes que alguna columna. Las columnas pueden ver afectada su resistencia debido a tener gran esbeltez lo que deberá analizarse de una manera especial.

La estructuración debe ser simple y simétrica ya que de esta manera la modelación de la estructura en los diversos programas que existen es más confiable y el cálculo de esta modelación también será más confiable y cercano a la realidad. Se debe de tratar de estructurar obteniéndose paños de losa rectangulares y distribuidos lo más simétrico posible a lo largo de la edificación así como elementos que proporcionen rigidez a la estructura, ya sean columnas, vigas o placas.

2.3 DEFINICION DE TERMINOS

- **Diseño**; Un diseño es la expresión de una idea que soluciona de forma innovadora un problema concreto y sirve de guía para llevarlo a la práctica, es decir, para construirlo y evaluarlo. De todas las ramas de la ingeniería, los planos de construcción en las obras civiles son la expresión más popular de diseño. Leonel. (9 de marzo de 2009). El diseño en ingeniería [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://ingenieriasimple.com/blog/blog/2009/03/09/el-diseno-en-ingenieria/>.
- **Evaluación del desempeño sísmico**; consiste en la selección de esquemas de evaluación apropiados que permitan el dimensionado y detalle de los componentes estructurales, no estructurales y contenidos, de manera que, para unos niveles de movimiento del terreno determinados y con ciertos niveles de fiabilidad, los daños en la estructura no deberán superar ciertos estados límite (Bertero; 1997).
- **Nivel de desempeño sísmico**; el nivel de desempeño que mostrara una edificación ante solicitaciones sísmicas, describe un estado límite de daño, ya que representa una condición en función a posibles daños estructurales y no estructurales que pueda sufrir la edificación, el riesgo de sus ocupantes, y la funcionalidad del edificio. (Chávez, 2017, p.147).

La Ingeniería Sísmica basada en el desempeño busca como objetivo que los daños esperados estén dentro de márgenes preestablecidos para diferentes sismos de diseño con un aceptable nivel de confiabilidad. Las variables con que se cuentan para lograrlo son la rigidez, resistencia y capacidad de incursionar fuera del rango lineal. Medina, R. y Music, J. (2018).

Determinación del nivel de desempeño de un edificio habitacional estructurado en base a muros de hormigón armado y diseñado según normativa chilena.

Recuperado de: <https://scielo.conicyt.cl> › pdf › oyp › 0718-2805-oyp-23-0063.

- **Edificación;** son obras que diseña, planifica y ejecuta el ser humano en diferentes espacios, tamaños y formas, en la mayoría de los casos para habitarlas o usarlas como espacios de resguardo. Las edificaciones más comunes y difundidas son los edificios habitacionales, aunque también entran en este grupo otras edificaciones tales como los templos, los monumentos, los comercios, las construcciones de ingeniería, etc.
Cecilia Bembibre. (2009). Definición de edificación. Recuperado de <https://www.definicionabc.com> › tecnología › edificación.
- **Reforzar;** Es el proceso de incrementar la capacidad de la estructura, aumentando elementos o añadiendo nuevos. En el refuerzo de una estructura (con o sin daño) se mejoran las características estructurales sobre las originales. Es toda operación para incrementar el desempeño estructural del elemento por encima de su desempeño original. (Soto E., 2008).
- **Disipadores de energía;** Según (Carlos Casabonne, 2015) Son unos dispositivos que se colocan en la estructura y que tienen por misión oponerse al movimiento del sismo y generar fuerzas contrarias a la fuerza del mismo. Con esto se logra el aumento del amortiguamiento pues se reducen las fuerzas sísmicas y los desplazamientos. Es como si una estructura diseñada para una aceleración de 0.4 G fuera realmente diseñada para 0.3 G, con lo que estamos aumentando el amortiguamiento del 5% que es lo normal en edificios a uno de 15% o 20%.

2.4 HIPOTESIS

2.4.1 HIPOTESIS GENERAL

El diseño y evaluación del desempeño sísmico es favorable en estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la ciudad de Huancayo.

2.4.2 HIPOTESIS ESPECÍFICA

- a) El diseño y evaluación del desempeño sísmico es favorable en estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la dimensión del comportamiento estructural.
- b) El diseño y evaluación del desempeño sísmico influye positivamente en estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la dimensión de control de derivas.
- c) El diseño y evaluación del desempeño sísmico influye directamente en estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la dimensión de esfuerzos internos.

2.5 VARIABLES

En la presente investigación se consideró dos variables: independiente y dependiente.

2.5.1 DEFINICION CONCEPTUAL DE LA VARIABLE

2.5.1.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Diseño y evaluación del desempeño sísmico

Conceptualmente se define como una idea innovadora para solucionar un problema concreto, mediante la selección de esquemas de evaluación apropiados que permitan el dimensionado y detalle de los componentes estructurales, no estructurales y contenidos, de manera que, para unos niveles de movimiento del terreno determinados y con ciertos niveles de fiabilidad, los daños en la estructura no deberán superar ciertos estados límite.

2.5.1.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Edificaciones reforzadas con disipadores de energía.

Conceptualmente se define como obras diseñadas y planificadas por el ser humano para habitarlas o usarla como espacio de resguardo, mejorándolas sus características estructurales sobre las originales, mediante la incorporación de unos dispositivos que se colocan en la estructura, y que tienen por misión oponerse al movimiento del sismo y generar fuerzas contrarias a la fuerza del mismo. Con esto se logra el aumento del amortiguamiento pues se reducen las fuerzas sísmicas y los desplazamientos.

2.5.2 DEFINICION OPERACIONAL DE LA VARIABLE

2.5.2.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Diseño y evaluación del desempeño sísmico

El diseño y evaluación del desempeño sísmico de un sistema estructural de edificación, se considera porque están permanentemente expuestas a situaciones de riesgo cuando se afrontan a eventos naturales (sismo, viento entre otros) y casos propios debido a su peso propio o peso de gravedad, siendo una de las principales preocupaciones la interrupción de sus funciones. Por esto surge la necesidad de contar con estructuras seguras que permanezcan operativas, estables para sus ocupantes y puedan seguir funcionando con normalidad después de un evento sísmico.

2.5.2.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Edificaciones reforzadas con disipadores de energía.

Las edificaciones reforzadas con disipadores de energía, consisten en un sistema de protección sísmica novedoso en nuestro país, que abarca el dimensionamiento de los elementos estructurales, de tal modo que con la participación de estos tengue la suficiente resistencia y rigidez para soportar las cargas sísmicas sin tener fallas considerables, reduciendo el riesgo de rotura frágil y permitiendo que las dimensiones necesarias de los elementos estructurales sea menor.

2.5.3 OPERACIONALIZACION DE LA VARIABLE

Las Variables que engloban la investigación, se presenta en el cuadro de Operacionalización de Variables, ver anexos.

Tabla N°5 Operacionalización de la variable independiente

Variable Independiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores
Diseño y evaluación del desempeño sísmico	Conceptualmente se define como una idea innovadora para solucionar un problema concreto, mediante la selección de esquemas de evaluación apropiados que permitan el dimensionado y detalle de los componentes estructurales, no estructurales y contenidos, de manera que, para unos niveles de movimiento del terreno determinados y con ciertos niveles de fiabilidad, los daños en la estructura no deberán superar ciertos estados límite.	El diseño y evaluación del desempeño sísmico de un sistema estructural de edificación, se considera porque están permanentemente expuestas a situaciones de riesgo cuando se afrontan a eventos naturales (sismo, viento, etc.) y casos propios debido a su peso propio o peso de gravedad, siendo una de las principales preocupaciones la interrupción de sus funciones. Por esto surge la necesidad de contar con estructuras seguras que permanezcan operativas, estables para sus ocupantes y puedan seguir funcionando con normalidad después de un evento sísmico.	<p>Idealización estructural.</p> <p>Elementos estructurales.</p> <p>Sistemas estructurales.</p> <p>Tipos de disipadores de energía.</p> <p>Uso del programa Etabs. (versión educativa)</p> <p>Aplicación de la norma E030.</p> <p>Momentos flectores.</p> <p>Fuerzas cortantes.</p> <p>Peso de la edificación.</p>

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°6 Operacionalización de la variable dependiente

Variable dependiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Edificación reforzada con disipadores de energía	Se define como obras diseñadas y planificadas por el ser humano para habitarlas o usarla como espacio de resguardo, mejorándolas sus características estructurales sobre las originales, mediante la incorporación de unos dispositivos que se colocan en la estructura, y que tienen por misión oponerse al movimiento del sismo y generar fuerzas contrarias a la fuerza del mismo. Con esto se logra el aumento del amortiguamiento pues se reducen las fuerzas sísmicas y los desplazamientos.	Las edificaciones reforzadas con disipadores de energía, consisten en un sistema de protección sísmica novedoso en nuestro país, que abarca el dimensionamiento de los elementos estructurales, de tal modo que con la participación de estos tenga la suficiente resistencia y rigidez para soportar las cargas sísmicas sin tener fallas considerables, reduciendo el riesgo de rotura frágil y permitiendo que las dimensiones necesarias de los elementos estructurales sea menor.	Comportamiento estructural	Idealización estructural. Elementos estructurales. Sistemas estructurales.	Intervalos Escala de valoración Excelente 8 - 10 Bueno 7 - 5 Regular 4 - 2 Malo 1 - 0
			Control de derivas	Tipos de disipadores de energía. Uso del programa Etabs. (versión educativa) Aplicación de la norma E030.	
			Esfuerzos internos	Momentos flectores. Fuerzas cortantes. Peso de la edificación.	

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1 METODO DE INVESTIGACION

El método general de investigación que se uso fue el método Científico.

3.2 TIPO DE INVESTIGACION

El tipo de investigación empleado fue la Aplicada.

Aplicada, porque se preocupa por la aplicación del conocimiento científico, producto de la investigación básica. Es un primer esfuerzo por transformar el conocimiento científico en tecnología. El propósito fundamental es dar solución a problemas prácticos de diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la ciudad de Huancayo.

3.3 NIVEL DE INVESTIGACION

Se refiere a la profundidad de análisis y grado de conocimiento que se tiene sobre el tema.

El nivel de la investigación empleado fue del tipo: Explicativo.

Explicativo, porque tiene como propósito explicar las causas que originan un fenómeno y la verificación de hipótesis causales y explicativas.

3.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACION

El diseño que se empleó en la presente investigación es experimental.

Donde:

GE: 1 grupo (muestra).

GE: 01--X--02

O1: pre test.

O2: post test.

X: Manipulación de variable independiente.

3.5 POBLACION Y MUESTRA

3.5.1 POBLACION

La población estuvo conformada por los sistemas estructurales de edificaciones de la ciudad de Huancayo.

3.5.2 MUESTRA

El tipo de muestreo fue no probabilístico, la muestra en este caso fue el Sistema estructural de vivienda multifamiliar de 5 pisos, ubicado en la Av. Huaytapallana S/N anexo de Aza, distrito del Tambo, provincia de Huancayo, región Junín.

3.6 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Como técnica se utilizó la observación directa, planos arquitectónicos, normas técnicas E020, E030, E050, E060, normas americanas ASCE SEI 7-10, metodología hazus, AISC steel construction manual 13 th, SEAOC comité visión 2000.

El instrumento que se uso fue el programa de análisis estructural ETABS V 16.2.1, en modo educativo, Word, Excel y SPSS.

3.7 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

La información se procesó mediante el programa de análisis estructural ETABS.16.2.1 en modo educativo y con el apoyo de hojas de Excel.

3.8 ASPECTOS ETICOS DE LA INVESTIGACION

La elaboración de la tesis se realizó respetando las normas APA 6ta versión, así mismo se aplicó un riguroso acatamiento de la estructura de elaboración de tesis de la facultad de ingeniería de nuestra casa superior de estudios, los datos y la información recogida es fehaciente por lo tanto se acentúa a la realidad.

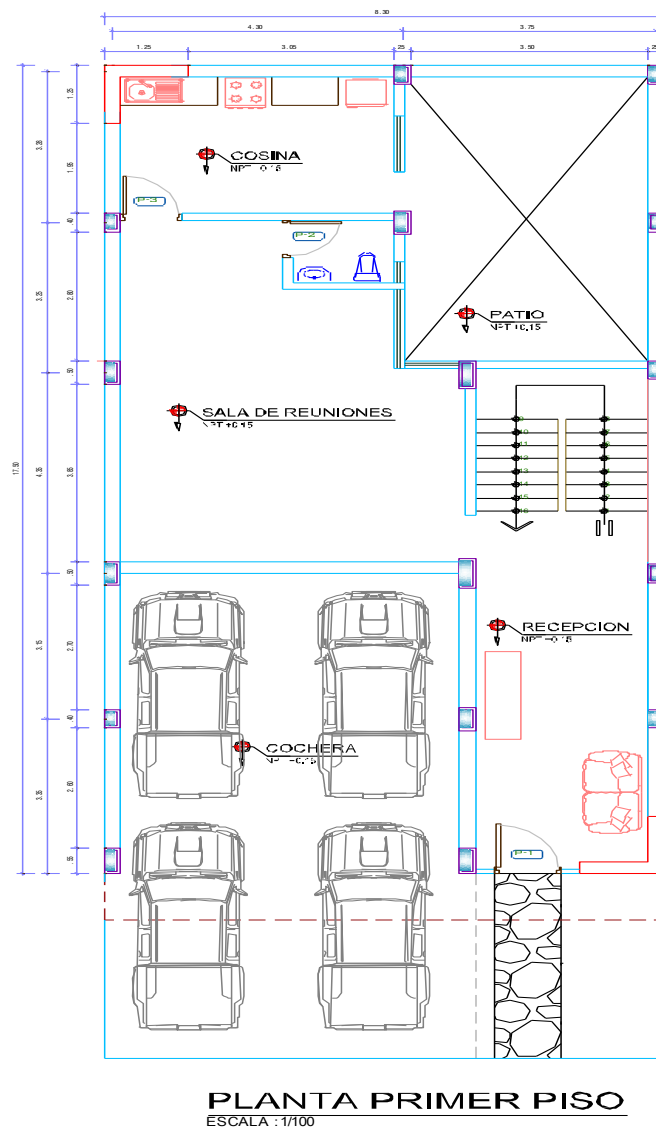
CAPITULO IV RESULTADOS

4.1 DESCRIPCION DE RESULTADOS

4.1.1 DESCRIPCION DE LA ARQUITECTURA

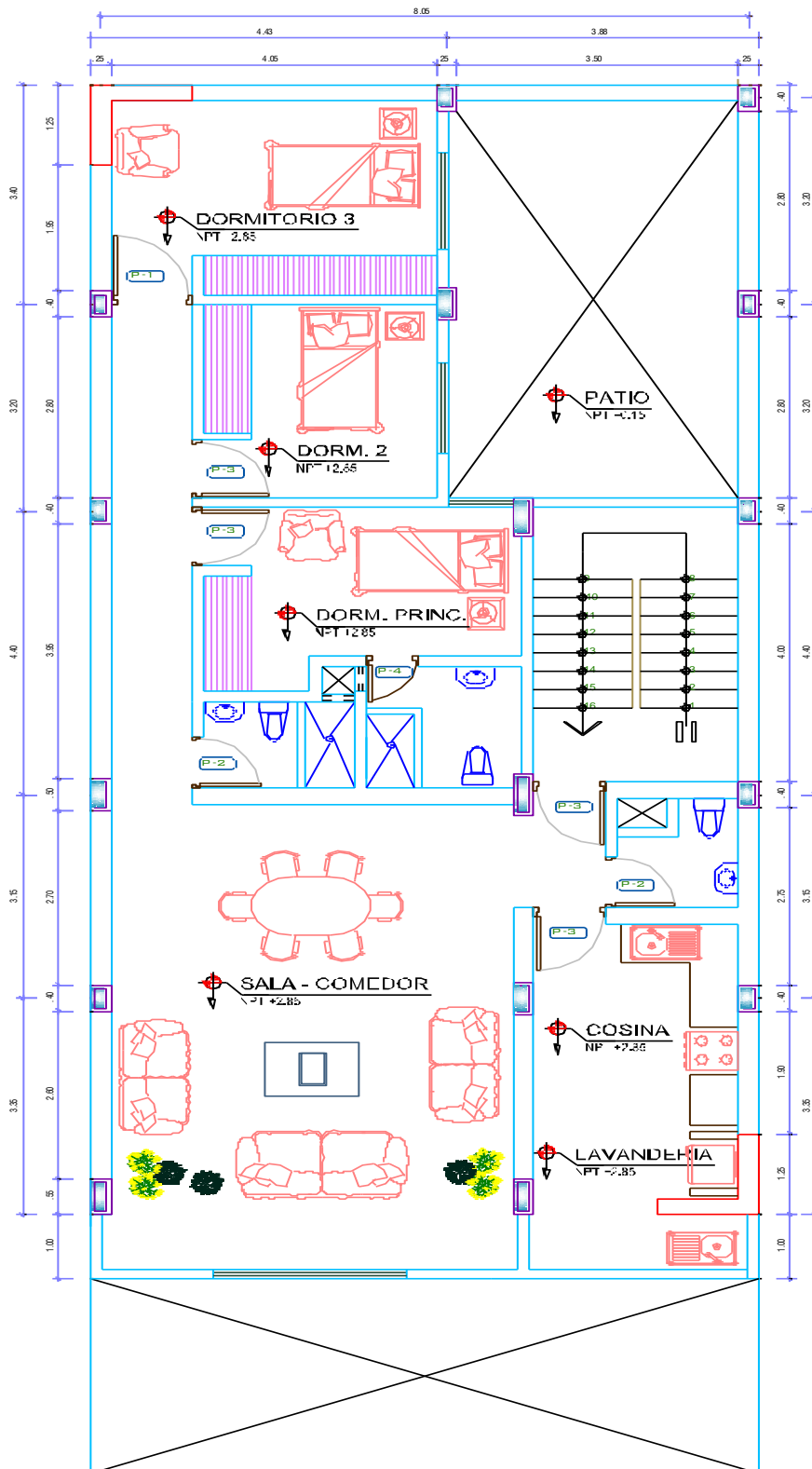
El área de cada nivel es aproximadamente 129.55 m². En el primer nivel se encuentran una cochera, una sala de recepciones, una sala de reuniones, una cocina, un patio y un servicio higiénico para hombres y mujeres. En el segundo tercer, cuarto y quinto nivel se encuentra, una sala comedor, una cocina, una lavandería, un balcón, un dormitorio principal con baño incorporado, dos dormitorios y dos servicios higiénicos comunes.

Fig.24 Plano de Arquitectura 1er Nivel del edificio multifamiliar.



Fuente: Planos de Arquitectura del edificio multifamiliar

Fig.25 Plano de Arquitectura 2, 3, 4 y 5to Nivel del edificio multifamiliar.



PLANTA 2,3,4 y 5 PISO

ESCALA : 1/100

Fuente: Planos de Arquitectura del edificio multifamiliar.

4.1.2 REGLAMENTO UTILIZADO

El reglamento a usar será el Reglamento Nacional de Edificaciones vigente a la fecha, donde los cálculos de los elementos estructurales se realizarán a partir de las siguientes normas:

- Norma E.020 Cargas.
- Norma E.030 Diseño Sismo Resistente.
- Norma E.050 Suelos y Cimentaciones.
- Norma E.060 Concreto Armado.

4.1.3 CARGAS DE DISEÑO

Las cargas que se utilizaron para el diseño de la edificación son: cargas de gravedad y cargas de sismo, cumpliendo estrictamente lo dicho por la norma peruana E.020 (Cargas) y E.030 (Diseño Sismo Resistente).

4.1.3.1 CARGA MUERTA

Es el peso de los materiales, dispositivos de servicio, equipos, tabiques y otros elementos soportados por la edificación, incluyendo su peso propio, que se propone sean permanentes o con una variación en su magnitud, pequeña en el tiempo.

Tabla N°7 Cargas muerta para la edificación.

MATERIAL	PESO UNITARIO
Concreto Armado	2.40 ton/m ³
Piso terminado	0.10 ton/m ²
Tabiquería móvil	0.12 ton/m ²
Losa aligerada (h=20cm)	0.30 ton/m ²
Acabados	0.10 ton/m ²

Fuente: N.T.P. E_020 (Cargas)

4.1.3.2 CARGA VIVA

Carga externa movable sobre una estructura que incluye el peso de la misma junto con el mobiliario, equipamiento, personas, etc., que actúa verticalmente, por tanto no incluye la carga eólica. También llamada carga variable.

Tabla N°8 Cargas viva para la edificación.

OCUPACION	CARGA REPARTIDA
Azotea	0.10 ton/m ²
Escaleras	0.20 ton/m ²
Corredores	0.20 ton/m ²
Cuarto de Maq.	1.00 ton/m ²
Cuarto Bombas	0.25 ton/m ²

Fuente: N.T.P. E_020 (Cargas)

4.1.3.3 CARGA DE SISMO

Es la fuerza que ejerce un terremoto sobre la estructura de un edificio. Para el cálculo de los esfuerzos que generan estas cargas en el edificio se ha utilizado el programa Etabs V16.1, versión educativa.

4.1.4 METODO DE DISEÑO

Los elementos de concreto armado se diseñaron con el diseño por resistencia, o también llamado Diseño a la Rotura. Para este método se amplificaran las cargas muertas y vivas obteniendo las diferentes combinaciones, se hallara la envolvente y se diseñara para la manera más desfavorable.

Se usaran las combinaciones según la norma E_060 del RNE para las cargas de nuestro caso.

$$\text{➤ } U=1.4CM+1.7CV$$

$$\text{➤ } U=1.25 (CM+CV) \pm CS$$

$$\text{➤ } U=0.9CM \pm CS$$

Donde:

U: resistencia requerida o resistencia última

CM: carga muerta

CV: carga viva

CS: carga de sismo

La resistencia de diseño proporcionada por un elemento sus conexiones con otros elementos, así como sus secciones transversales, en términos de flexión, carga axial, cortante y torsión, deberá tomarse como la resistencia nominal (resistencia proporcionada considerando el refuerzo realmente colocado) multiplicada por un factor ϕ de reducción de resistencia especificados.

El factor de reducción de resistencia ϕ , especificado en la N.T.E. E_060 en el Acápite 9.3.2.2. Y 9.3.2.3 son:

- Flexión sin carga axial $\Phi=0.9$
- Carga axial de tracción con o sin flexión $\Phi=0.9$
- Carga axial de compresión con o sin flexión con estribos $\Phi=0.7$
- Cortante sin o con torsión $\Phi=0.85$
- Flexo compresión: 0.7.

4.1.5 MATERIALES EMPLEADOS

4.1.5.1 CONCRETO ARMADO:

Es una mezcla que contiene 6 elementos (piedra, arena, cemento, agua, huecos e impurezas) que al fraguar adquiere una gran resistencia y dureza; además tiene acero de refuerzo distribuido en el elemento para que pueda resistir los esfuerzos a los que se encuentre sometido. Para este edificio se utilizó:

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

Módulo de Poisson: $\nu = 0.15$.

Módulo de Elasticidad: $E_c = 15,100 \sqrt{f'c} \text{ kg/cm}^2 = 218,819.79 \text{ kg/cm}^2$.

4.1.5.2 ACERO DE REFUERZO:

Debido a que el concreto tiene poca resistencia a la tracción se coloca acero en el concreto para que soporte estas tracciones, además contribuye a resistir la compresión y corte. El acero que se usa son barras de acero corrugado Norma Técnica Peruana 341.031 Grado 60, ATSM 615. Las principales propiedades de estas barras son las siguientes:

Límite de Fluencia: $f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de Elasticidad: $E_s = 2'000,000 \text{ kg/cm}^2$

4.1.6 METRADO DE CARGAS

Es una técnica con la cual se estiman las cargas actuantes sobre los distintos elementos estructurales que componen al edificio. Para el caso de la carga muerta de los elementos de la edificación, calcularemos el peso con ayuda del programa ETABS de acuerdo a su peso específico en el material de cada elemento.

Tabla N°9 Cargas para la edificación.

CARGA MUERTA	PESO ESPECIFICO
Columnas	2.4 ton/m3
Escaleras	2.4 ton/m3
Vigas	2.4 ton/m3
Losas	2.4 ton/m3
Muro de corte	2.4 ton/m3

Fuente: Elaboración propia

4.2 ESTRUCTURACION

4.2.1 GENERALIDADES

En este acápite se definirá la ubicación de los elementos estructurales principales del edificio tales como: muros de corte, columnas, vigas, losas aligeradas, escaleras etc.

Mientras más compleja sea la estructura, más difícil resulta predecir su comportamiento sísmico. Por esta razón, es aconsejable que la estructuración sea la más simple y limpia posible, de manera que la idealización para su análisis sísmico se acerque lo más posible a la estructura real. Debe además tratarse de evitarse que los elementos no estructurales distorsionen la distribución de fuerzas, pues se generan fuerzas en elementos que no fueron diseñados para esas condiciones. (Blanco, 1997, p.5).

Se debe considerar los siguientes criterios para tener una estructura sísmo resistente.

- Simplicidad y Simetría.
- Resistencia y Ductilidad.
- Hiperestaticidad y Monolitismo.
- Uniformidad y Continuidad de la estructura.

- Rigidez Lateral.
- Existencia de losas que permitan considerar a la estructural como una unidad (Diafragma rígido).
- Elementos no estructurales.
- Sub - estructura o Cimentación.
- Diseño en Concreto Armado.

4.2.2 ESTRUCTURACIÓN

La edificación presenta geometría simple y simétrica desde el primer nivel hasta el último, así mismo presenta continuidad en todos los niveles es por ello que se mantuvo las secciones de las placas y las columnas en toda la altura de la edificación.

El sistema estructural del edificio es el dual (combinación de pórticos y muros estructurales) ubicados en los dos extremos de la edificación de espesor 25cm en ambas direcciones, de este modo reducir la torsión en planta presentada por la abertura de la edificación, este sistema se caracteriza por ser rígido, resistente a las acciones de cargas de gravedad y de sismo.

Se podrá apreciar más adelante que la estructura es irregular en planta en ambas direcciones debido a la existencia de una abertura, siendo probable que se genere torsión en el edificio en cierto grado, por lo que la losa de entrepiso presenta discontinuidad por diafragma rígido en la dirección x-x.

Se utilizaron losas aligeradas en una dirección, con un espesor de 20 cm en todos los pisos. Por lo que se da uniformidad en toda la planta; así mismo se escogió como viga principal de 0.25x0.45 en la dirección x-x y en la dirección y-y se escogió como viga secundaria 0.25x0.35, también se planteó vigas chatas de 0.25x0.20 en la dirección x-x.

Se ha considerado tabiquería de 13 y 23 cm en ambas direcciones, de acuerdo al plano de arquitectura para los alféizares de ventanas,

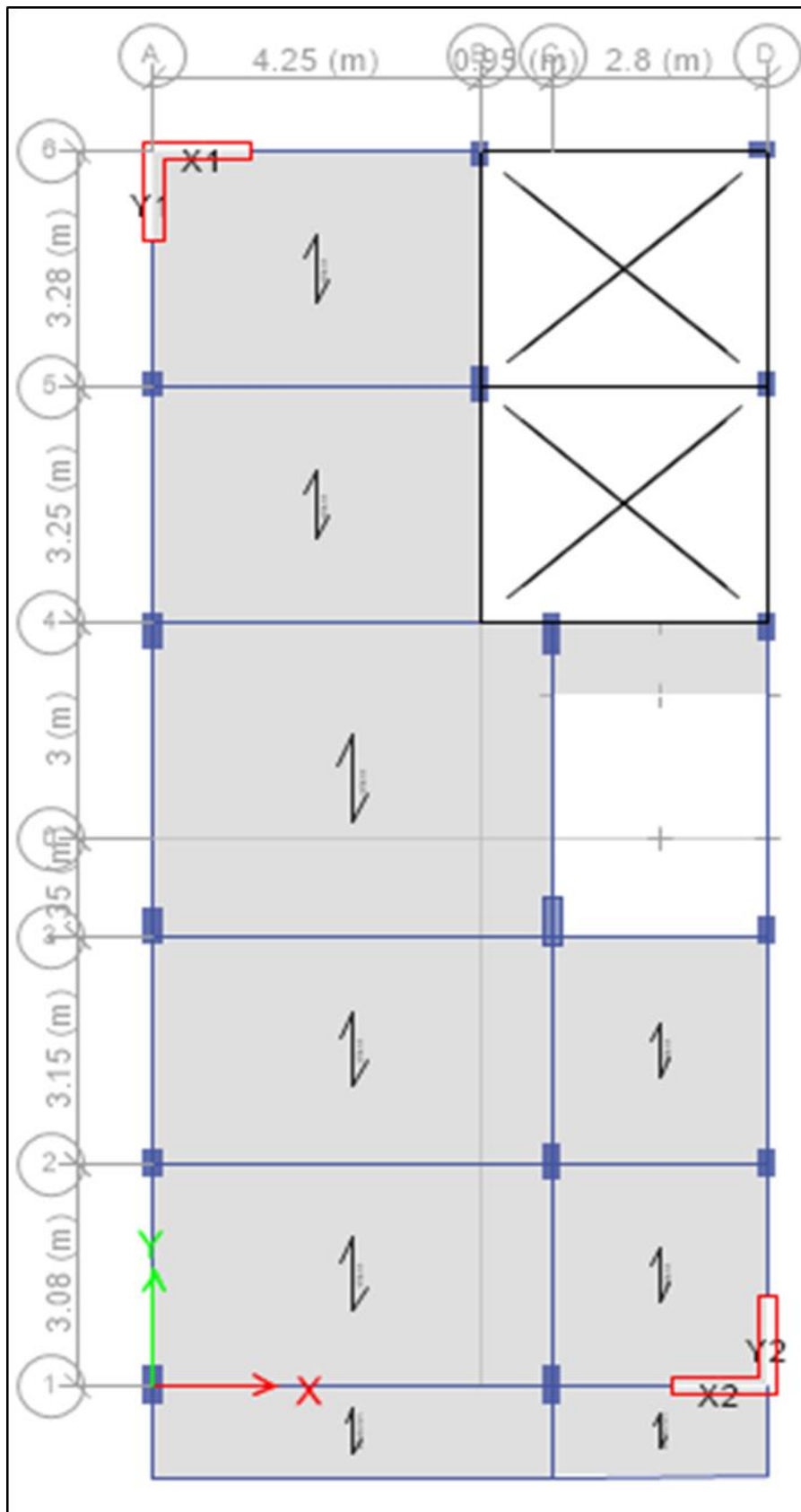
divisiones internas, pero no forman parte del sistema estructural resistente a fuerzas laterales; ya que serán aisladas del sistema estructural a través de juntas. El peso de la tabiquería se ha considerado en el modelo de análisis.

La cisterna se ubicó en el área de abertura, que presenta un nivel de cimentación más profundo en comparación con el resto de la cimentación del edificio. El material del tanque cisterna será de un polímero altamente resistente, hermético que impide filtraciones al subsuelo, cuya capacidad es de 5000 lts.

La escalera se tomó en cuenta en el modelamiento a través del software Etabs 2016 versión educativa, debido a que influye en el control de la derivas de entrepiso. Se diseñó sólo para cargas de gravedad.

Los muros del cerco perimétrico de ingreso, son muros de albañilería y con cimientos corridos.

Fig.26 Planta típica del edificio multifamiliar.



Fuente: Elaboración propia

4.3 PREDIMENSIONAMIENTO

4.3.1 LOSAS ALIGERADAS

Se tomó como recomendación el criterio del Ing. Antonio Blanco Blasco.

➤ $H = 20\text{cm}$ luces comprendidas entre 4 - 5.5m

El dimensionamiento es válido para aligerados armados en una dirección, con sobrecargas que se encuentren en el rango de 300 – 350 kg/m².

La planta del edificio tiene como máxima luz 4.35 m y para uniformizar los diafragma se escogió un peralte de 20 cm.

4.3.2 VIGAS

Las vigas se dimensionan teniendo en cuenta el peralte del orden de 1/10 a 1/12 de la luz libre, se utilizará un ancho mínimo de 25 cm como recomendación del RNE para vigas que pertenezcan a pórticos o elementos sísmos resistentes de estructuras de concreto armado.

Factores para pre dimensionamiento de vigas	
Ws/c	α
$S/C \leq 200 \text{ kg/m}^2$	12
$200 < S/C \leq 350 \text{ kg/m}^2$	11
$350 < S/C \leq 600 \text{ kg/m}^2$	10
$600 < S/C \leq 750 \text{ kg/m}^2$	9

$$H = \frac{Ln}{\alpha}$$

Para el caso presente, se utilizó cuatro secciones de viga: una contaba con una luz libre de 5.00 m, la otra de 4.05 m y en la dirección secundaria de 3.85 m. Para la primera de ellas, se empleó una sección de 0.25x0.45; mientras que para la segunda, una sección de 0.25x0.40, en la dirección secundaria se empleó la sección de 0.25x0.35.

4.3.3 COLUMNAS

Para el pre dimensionamiento de columnas se usó el criterio de aplastamiento del concreto, que mediante ensayos experimentales realizados en Japón se llegó a la siguiente expresión:

$$b \times D = \frac{P}{n \times f'_c}$$

Dónde: P = Carga total que soporta la columna.

n = Valor que depende del tipo de columna.

Pg. = Debido carga de gravedad.

b = La otra dimensión de la columna.

D = Dimensión de la sección en la dirección del análisis sísmico de la columna

Tipo C1 (para los primeros pisos)	Columna interior	P = 1.10 P _G n = 0.30
Tipo C1 (para los 4 últimos pisos superiores)	Columna interior	P = 1.10 P _G n = 0.25
Tipo C2, C3	Columnas Extremas de pórticos interiores	P = 1.25 P _G n = 0.25
Tipo C4	Columna de esquina	P = 1.50 P _G n = 0.20

Para nuestro caso como ejemplo simplificado, analizando la columna de los ejes 2-2, C-C; tiene un área tributaria aproximadamente 13 m², de acuerdo al metrado de cargas se sabe que presenta una carga de servicio acumulada de 66 toneladas. Entonces la carga que soporta la columna es menor a 200 toneladas, por lo que se tiene una columna con carga pequeña que de acuerdo al cálculo presenta 1135 cm², por lo que se elige col de 25*50 cm² que equivale a 1250 cm².

Se busca columnas con secciones comprendidas entre 1000 y 2000 cm² de área, salvo que se tengan vigas con luces mayores a 7m, de acuerdo a la recomendación del Ing. Antonio Blanco Blasco.

4.3.4 PLACAS

Las placas en el edificio tienen como función principal de proveer rigidez lateral y absorber esfuerzos cortantes debido al sismo, reduciendo los esfuerzos en las columnas de los pórticos por lo que es difícil poder fijar un dimensionamiento para placas.

Las placas pueden hacerse de mínimo 10 cm, pero generalmente se considera de 15 cm en el caso de edificios de pocos pisos y de 20, 25 o 30 cm conforme aumentamos el número de pisos o disminuimos su densidad (Blanco, 1994, p.43).

La evaluación final de la longitud final de la placa se hará luego de la evaluación final del análisis sísmico (Blanco, 1994).

En el presente caso de acuerdo al plano de arquitectura se consideró placas de 25 cm de espesor con longitudes de 0.90 m en las dos direcciones (x e y) de tal modo evitar la torsión.

4.3.5 ESCALERAS

De acuerdo al plano de arquitectura se tiene la escalera principal de dos tramos entre nivel y nivel. La altura que se debe cubrir entre el nivel de piso terminado y el techo del 1er piso es de 2.85 m, esto se debe cubrir con 16 contrapasos de 17.81cm y con paso de 28.38 cm.

Las escaleras fueron consideradas como losas armadas en una dirección, con un espesor mínimo de garganta igual a la longitud de uno de los tramos de la escalera 20 cm, y de esta manera no fue necesario calcular deflexiones.

4.4 ANALISIS SISMICO DE LA EDIFICACION CONVENCIONAL

Este capítulo tiene como objetivo verificar que el edificio en estudio cumpla con los requisitos dados en la Norma Peruana de Diseño Sismorresistente E0.30-2016. Asimismo se busca verificar las irregularidades en planta y en altura: los desplazamientos laterales, piso blando, los giros en planta etc.

Para el cálculo de las fuerzas internas de todos los elementos estructurales fue realizado considerando los dos tipos de análisis: estático y dinámico, de acuerdo a la Norma Peruana de Diseño Sismo resistente E.030.

El análisis se realizará en las dos direcciones, X e Y independientemente. Además se verificará si el pre dimensionamiento inicial cumple con las solicitaciones sísmicas, caso contrario, se procederá a modificar las dimensiones de los elementos.

4.4.1 PARÁMETROS DEL ANÁLISIS SISMICO

FACTOR ZONA (Z)

De acuerdo a la norma E030-2016, el Perú se encuentra dividido en 4 zonas. El edificio en estudio se construirá en el departamento de Junín Huancayo, ubicándose en la zona 3, correspondiéndole un factor de zona $Z=0.35$.

Fig.27 Zonificación sísmica.



Fuente: Norma E.030, Año 2016

Fig.28 Factores de zona.

FACTORES DE ZONA "Z"	
ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

Fuente: Norma E.030, Año 2016

PARÁMETROS DE SITIO (S)

El edificio se encuentra en el departamento de Junín, Provincia de Huancayo, de acuerdo con el estudio de mecánica de suelos con fines de cimentación, califica como suelo intermedio por tener una capacidad portante de 1.8 kg / cm². Por lo tanto el tipo de suelo es S2.

$$S = 1.15$$

$$T_p = 0.6s$$

$$T_L = 2.0s$$

Fig.29 Parámetros del suelo.

Tabla N° 3 FACTOR DE SUELO "S"				
ZONA \ SUELO	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0,80	1,00	1,05	1,10
Z ₃	0,80	1,00	1,15	1,20
Z ₂	0,80	1,00	1,20	1,40
Z ₁	0,80	1,00	1,60	2,00

Fuente: Norma E.030, Año 2016

Fig.30 Periodos T_p y T_L.

Tabla N° 4 PERÍODOS "T _p " Y "T _L "				
	Perfil de suelo			
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
T _p (s)	0,3	0,4	0,6	1,0
T _L (s)	3,0	2,5	2,0	1,6

Fuente: Norma E.030, Año 2016

FACTOR DE AMPLIFICACIÓN SÍSMICA (C): Este coeficiente se interpreta como la amplificación de la aceleración de la estructura respecto a la aceleración del suelo. Dependerá de las características del sitio y se define por las siguientes expresiones:

$$C = 2.5 \quad T < T_p$$

$$C = 2.5 \cdot (T_p / T) \quad T_p < T < T_L$$

$$C = 2.5 \cdot (T_p \cdot T_L / T^2) \quad T > T_L$$

C: Factor de amplificación Sísmica.

Tp: Periodo que define la plataforma de espectro para cada tipo de suelo.

T: Periodo Fundamental de la estructura de la norma E.030.

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR DE USO (U)

La E030-2016, clasifica a las Edificaciones según su uso e importancia, el cual se identifica con el Factor (U).

El edificio en estudio, es una edificación Multifamiliar que corresponde a la Categoría “C” con un Factor de uso (U) igual a 1.0 como se muestra en la siguiente tabla:

Fig.31 Factor de uso (U) según categoría de Edificaciones.

Tabla N° 5 CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR "U"		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0
D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2

Fuente: Norma E.030, Año 2016

SISTEMAS ESTRUCTURALES Y COEFICIENTE BASICO DE REDUCCION DE FUERZAS SISMICAS (Ro)

Estos se clasifican según los materiales usados y el sistema de estructuración sismorresistente en cada dirección de análisis.

El edificio en estudio al contar con una cierta cantidad de muros estructurales en ambas direcciones, se le asumirá un sistema dual. Luego se comprobará que los muros tomen entre el 20 al 70% de la cortante basal.

$$R_o = 7 \text{ (dual)}$$

Fig.32 Sistemas Estructurales.

Tabla N° 7	
SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coeficiente Básico de Reducción R_o (*)
Acero:	
Pórticos Especiales Resistentes a Momentos (SMF)	8
Pórticos Intermedios Resistentes a Momentos (IMF)	7
Pórticos Ordinarios Resistentes a Momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albanilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Fuente: Norma E.030, Año 2016

4.4.1.1 ANALISIS ESTATICO O DE FUERZAS ESTATICAS

EQUIVALENTES DE LA EDIFICACION CONVENCIONAL

Este método representa las solicitaciones sísmicas mediante un conjunto de fuerzas actuando en cada nivel de la edificación.

La E.030 señala que es posible usar este método solo para estructuras regulares de no más de 30 m de altura y las estructuras de muro portantes y albañilería armada y confinada de no más de 15 m de altura, aun cuando sean irregulares.

4.4.1.1.1 PERIODO FUNDAMENTAL

El periodo fundamental de la estructura en sus dos direcciones principales se puede estimar con la siguiente formula.

$$T = h / C_t$$

Donde:

h: altura total de la estructura h: 16.70m.

C_t: Para edificios de albañilería y para todos los edificios de concreto armado duales, de muros estructurales y muros de ductilidad limitada. C_t: 60

Por lo tanto: $T_{xx} = T_{yy} = 17.45/60 = 0.291$ seg.

En la dirección X-X e Y-Y

De acuerdo con la tabla N°4 DE LA E030-2016, para el tipo de suelo S2 se tiene:

$T_p = 0.60$ seg, $T_L = 2$ seg, como $T < T_p$, $C = 2.5$; →

$C/R = 2.5/7 = 0.35$; $C/R = 0.35 > 0.11$ → OK

Para el cálculo de Base Shear coefficient, resumiendo datos:

$Z = 0.35, U = 1, C = 2.5, S = 1.15$ y $R = 7$.

Reemplazando datos en la ecuación mostrada:

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

$C = 0.14375$, dato a ingresar en el ETABS y $K = 1$ debido a que $T < 0.5$.

4.4.1.1.2 FUERZA CORTANTE EN LA BASE

Se determinara en ambas direcciones mediante la siguiente expresión:

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

Donde el valor de $C/R \geq 0.11$

P = Peso de la edificación

La norma E-030 2018, en su capítulo 4 sección 4.3 nos dice que se calculara adicionando un porcentaje de la carga viva o sobrecarga dependiendo de la categoría de la edificación, en nuestro caso la edificación es de la categoría C por lo que se adiciona un 25% de la carga viva, además de un 25% adicional de la carga viva para techos y azoteas.

El peso P lo calculara el programa ETABS donde:

$$P = (\text{Peso propio} + \text{Acabados}) + 25\% \text{ CV} + 25\% \text{ CVT}$$

Entonces, procedemos a calcular la fuerza cortante en la base con los parámetros que tenemos:

V_{xx} Estático = 87.17 Toneladas y

V_{yy} Estático = 87.17 Toneladas

VERIFICACION DE LAS IRREGULARIDADES DEL EDIFICIO CONVENCIONAL

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA (Ia)

IRREGULARIDAD DE MASA O PESO

El edificio por ser típico en todos los pisos, las masas no variara. No se tendrá en cuenta la masa de la azotea de acuerdo a norma, por lo que no se presenta esta irregularidad.

IRREGULARIDAD GEOMÉTRICA VERTICAL

Las plantas son típicas, todas cuentan con las mismas dimensiones en todos los pisos. Por lo tanto, no se presenta irregularidad.

DISCONTINUIDAD EN LOS SISTEMAS RESISTENTES

No existe desalineamiento vertical en ningún elemento, no hay cambio de orientación ni desplazamiento del eje. Por ello no existe esta irregularidad.

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA (Ip)

ESQUINAS ENTRANTES

La estructura es irregular cuando tiene esquinas entrantes en ambas direcciones cuando sus dimensiones son mayores que el 20% de la dimensión total en planta.

Esquina entrante (Eje Y) = 7.34 m

Esquina entrante (Eje X) = 3.39 m

Dimensión en planta (Eje Y) = 16.19m x 20% = 3.24 m < 7.34 m

Dimensión en planta (Eje X) = 12.24m x 20% = 2.45 m < 3.39 m

Por lo tanto, se presenta irregularidad por esquinas entrantes.

$$I_p = 0.9$$

DISCONTINUIDAD DEL DIAFRAGMA

También existe irregularidad cuando, en cualquiera de los pisos y para cualquiera de las direcciones de análisis, se tiene alguna sección transversal del diafragma con un área neta resistente menor que 25% del área de la sección transversal total de la misma dirección calculada con las dimensiones totales de la planta.

$$\text{Longitud (Eje Y)} = 8.86 \text{ m}$$

$$\text{Longitud (Eje X)} = 2.72 \text{ m}$$

$$\text{Dimensión en planta (Eje Y)} = 16.19\text{m}; 8.86/16.19 = 54.73\% > 25\%$$

$$\text{Dimensión en planta (Eje X)} = 12.24\text{m}; 2.72/12.24 = 22.22\% < 25\%$$

Por lo tanto, se presenta discontinuidad de diafragma en el eje X-X.

$$I_p = 0.85$$

SISTEMAS NO PARALELOS

Todos los elementos resistentes a fuerzas laterales, pórticos y placas son paralelos, por ello, no se muestra esta irregularidad.

En conclusión, al realizar análisis estático previo a los resultados dinámicos, se pudo hallar solo irregularidades en planta por esquinas entrantes y por discontinuidad de diafragma. Por lo que el coeficiente de reducción sísmica (R) se determinará por el producto del coeficiente R_o y de los factores I_a e I_p .

$$R_o = 7$$

$$I_a = 1$$

$$I_p = 0.85$$

$$R = R_o \times I_a \times I_p = 5.95$$

Más adelante se analizarán las demás irregularidades: piso blando y torsión.

4.4.1.2 ANALISIS DINAMICO DE LA EDIFICACION CONVENCIONAL

En nuestro caso usaremos el análisis dinámico modal espectral debido que se usa para cualquier edificación convencional.

4.4.1.2.1 ANÁLISIS DINÁMICO USANDO EL PROGRAMA ETABS

Se ingresaron los siguientes datos al ETABS que son las características de los materiales de construcción.

- Concreto $f'c$: 210 kg/cm²
- Acero $f'y$: 4200 kg/cm²
- Módulo de Elasticidad E: 2×10^6 kg/cm²
- Módulo de Poisson: 0.20
- Peso específico del concreto armado: 2.4 Tn/m³

-Los elementos columna y viga son del tipo FRAME.

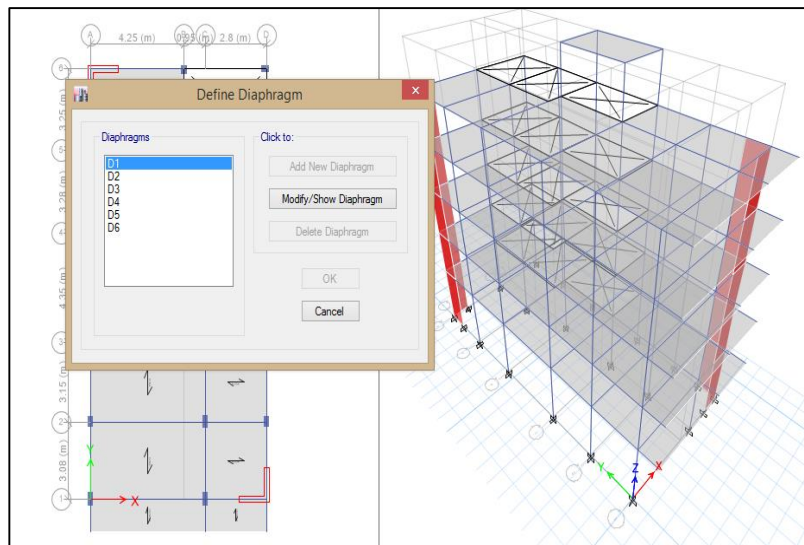
-Las losas aligeradas (SLAB), en una dirección son del tipo MEMBRANE de 20cm de espesor, las cargas distribuidas vivas y muertas se asignarán en cada caso de carga en Ton/m².

-Las placas son del tipo SHELL THIN de 25cm de espesor.

-La base en la estructura se considera como empotradas al suelo, debido a que el suelo de fundación es grava y tiene una carga admisible = 2.5kg/cm².

-Se asignaron diafragmas rígidos en todos los niveles con el fin de que tengan todos los mismos desplazamientos laterales frente a las sollicitaciones del sismo en un mismo nivel.

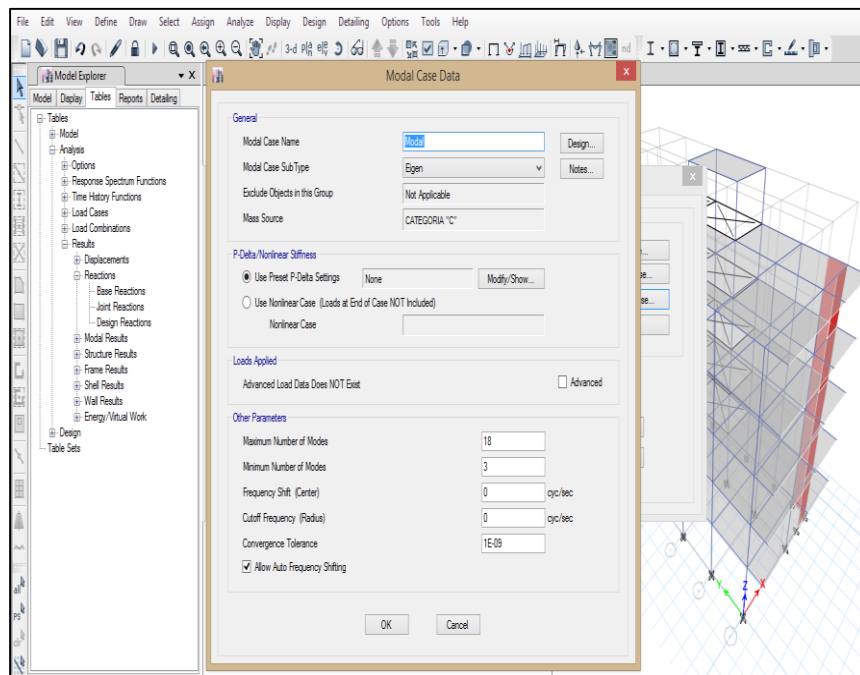
Fig.33 Asignación de diafragmas rígidos.



Fuente: Elaboración propia

El número de modos de vibración de la estructura que son tres por piso, dos de traslación y uno de rotación. La estructura tiene 6 pisos y le corresponde 18 modos de vibración.

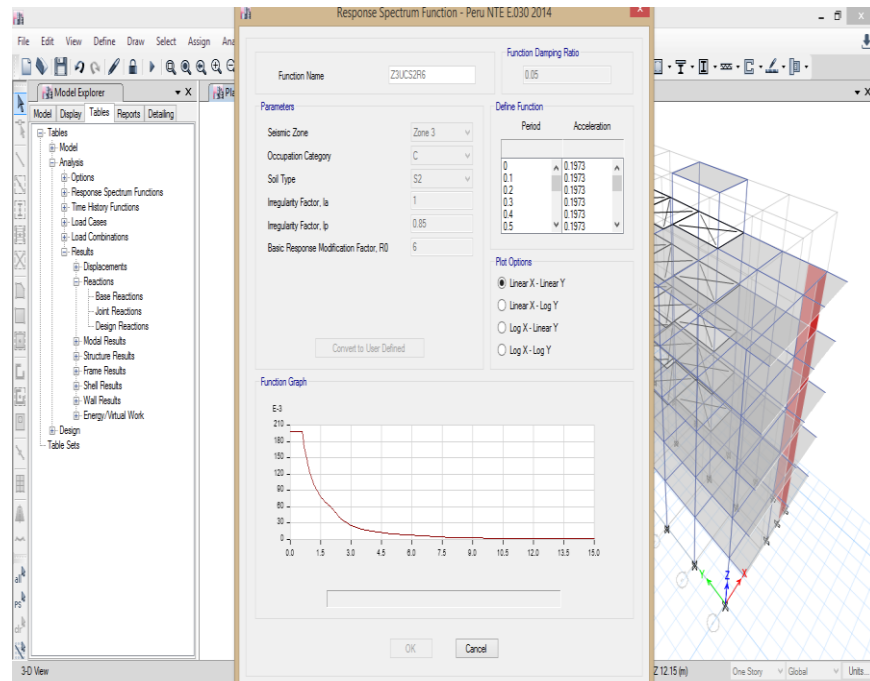
Fig.34 Definición de los modos de vibración.



Fuente: Elaboración propia

Se define el espectro inelástico de Pseudo aceleraciones haciendo uso del programa Etabs 2016 y aprovechando que tiene incorporado la NTP E030-2014 por lo que no es necesario usar hojas Excel.

Fig.35 Espectro de Pseudo aceleraciones.

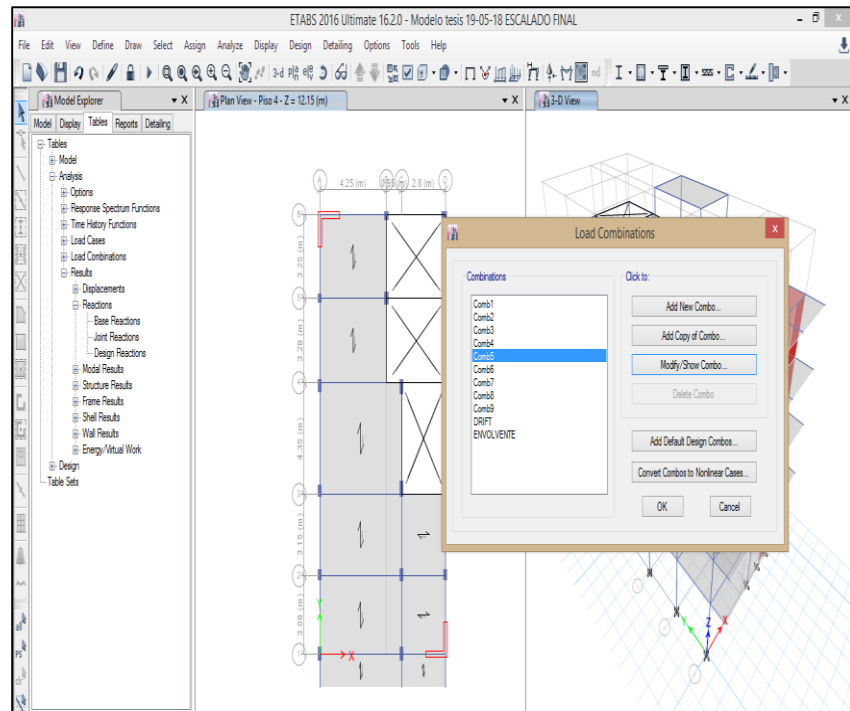


Fuente: Elaboración propia

Se define las combinaciones de carga teniendo en cuenta los sismos en las dos direcciones para lo cual se le asignara con el nombre de combo a las combinaciones siguientes:

- Combo1 = 1.4D+1.7L
- Combo2 = 1.25(D+L) + SDX
- Combo3 = 1.25(D+L) - SDX
- Combo4 = 1.25(D+L) + SDY
- Combo5 = 1.25(D+L) - SDY
- Combo6 = 0.90(D) + SDX
- Combo7 = 0.90(D) - SDX
- Combo8 = 0.90(D) + SDY
- Combo9 = 0.90(D) - SDY
- ENVOLVENTE=Σ ombo1+Combo2+Combo3+...+Combo9

Fig.36 Definición de las combinaciones en ETABS.



Fuente: Elaboración propia

4.4.1.2.2 FUERZA CORTANTE MINIMA

Según la E030-2016, para cada una de las direcciones consideradas en el análisis, la fuerza cortante en el primer entrepiso del edificio no podrá ser menor del 90% del valor calculado para estructuras irregulares.

Caso contrario debemos escalar el cortante para cumplir con la exigencia de la norma.

Tabla N°10 Cortante estático vs Cortante Dinámico.

Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Piso 1	SEX	Bottom	0	-87.1731	0	703.2605	0	-981.8207
Piso 1	SEY	Bottom	0	0	-87.1731	-350.276	981.8207	0
Piso 1	SDX Max	Bottom	0	6.5622	2.7542	53.9169	29.8309	73.7888
Piso 1	SDY Max	Bottom	0	2.7542	7.9947	23.3134	89.5935	31.8894

Fuente: Elaboración propia

En las dos direcciones el cortante basal dinámico está por debajo del 90%Vestático, por lo que se incrementa el cortante dinámico. Por lo tanto se incrementa proporcionalmente todos los resultados obtenidos, a excepción de los desplazamientos usando un factor de escala.

Tabla N°11 Cortante estático vs Cortante Dinámico y factor de escala.

Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Piso 1	SEX	Bottom	0	-87.1731	0	703.2605	0	-981.8207
Piso 1	SEY	Bottom	0	0	-87.1731	-350.276	981.8207	0
Piso 1	SDX Max	Bottom	0	6.5622	2.7542	53.9169	29.8309	73.7888
Piso 1	SDY Max	Bottom	0	2.7542	7.9947	23.3134	89.5935	31.8894
				7.528%	9.17%			
Factor de Escala →				12.0885558	9.9225138			

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°12 Cortante estático vs Cortante Dinámico Escalado.

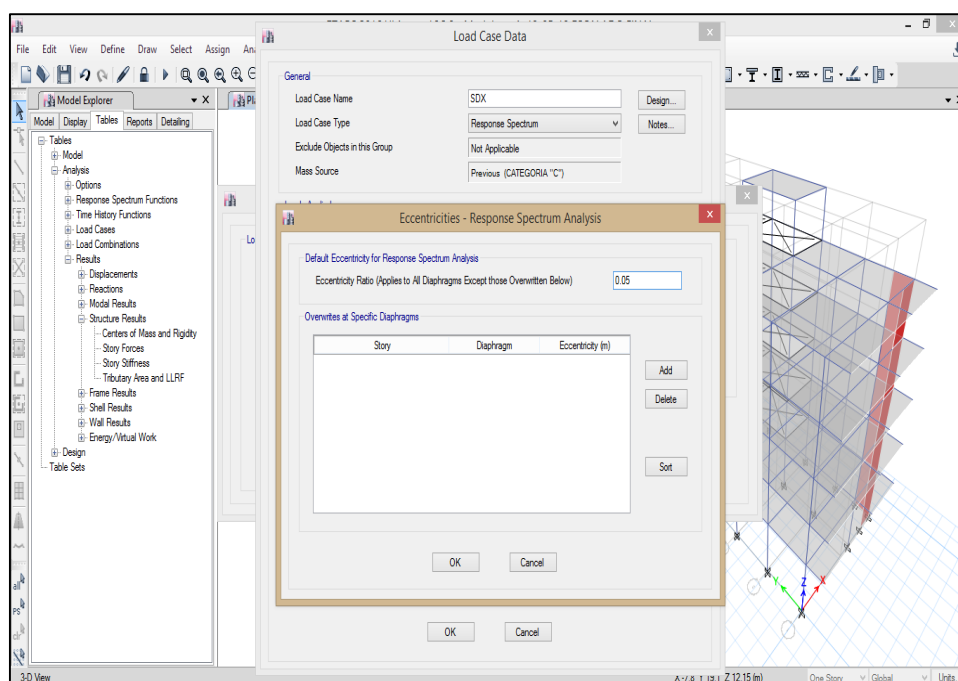
Story	Load Case/Combo	Location	P	VX	VY	T	MX	MY
			tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Piso 1	SEX	Bottom	0	-87.1731	0	703.2605	0	-981.8207
Piso 1	SEY	Bottom	0	0	-87.1731	-350.276	981.8207	0
Piso 1	SDX Max	Bottom	0	79.3274	33.2945	651.7799	360.6135	892.0035
Piso 1	SDY Max	Bottom	0	27.3286	79.3276	231.3267	888.9914	316.4225
				91.00%	91.00%			

Fuente: Elaboración propia

4.4.1.2.3 EXCENTRICIDAD ACCIDENTAL

La E030-2016, nos indica que se considera una excentricidad accidental perpendicular a la dirección del sismo igual a 0.05 veces la dimensión del edificio en la dirección perpendicular a la dirección de análisis, esto es por la incertidumbre de la localización de los centros de masa.

Fig.37 Excentricidad accidental.



Fuente: Elaboración propia

4.4.1.2.4 MODOS DE VIBRACION

Según la norma E030-2016 capítulo 4 sección 4.6.1, Nos dice que podrán determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de masas.

Tabla N°13 Modos de vibración del Edificio convencional

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	RZ
		sec				
Modal	1	0.635	0.797	0.184	0	0.019
Modal	2	0.539	0.199	0.618	0	0.183
Modal	3	0.453	0.007	0.204	0	0.789
Modal	4	0.187	0.731	0.263	0	0.006
Modal	5	0.15	0.444	0.541	0	0.016
Modal	6	0.133	0.781	0.193	0	0.026
Modal	7	0.119	0.042	0.096	0	0.862
Modal	8	0.107	0.001	0.033	0	0.966
Modal	9	0.09	0.333	0.606	0	0.061
Modal	10	0.076	0.369	0.554	0	0.077
Modal	11	0.061	0.291	0.703	0	0.007
Modal	12	0.048	0.266	0.152	0	0.582
Modal	13	0.048	0.384	0.192	0	0.425
Modal	14	0.037	0.343	0.656	0	0.002
Modal	15	0.03	0.801	0.168	0	0.031
Modal	16	0.027	0.017	0.003	0	0.98
Modal	17	0.027	0.173	0.821	0	0.006
Modal	18	0.022	0.034	0.073	0	0.893

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°14 Participación Modal (%).

% DE PARTICIPACION MODAL

Case	Item Type	Item	Static	Dynamic
			%	%
Modal	Acceleration	UX	100	100
Modal	Acceleration	UY	100	100
Modal	Acceleration	UZ	0	0

Fuente: Elaboración propia

4.4.1.2.5 DESPLAZAMIENTOS LATERALES

Según la norma E030-2016 capítulo 5 sección 5.1 para estructuras irregulares los desplazamientos laterales se calculan multiplicando $0.85 \times R$ los resultados obtenidos del análisis lineal elástico.

La norma establece que para las edificaciones de concreto armado, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso calculado, no deberá exceder de 0.007 (deriva).

Tabla N°15 Control de derivas de los entrepisos en la dirección X-X. De la edificación convencional

Story	Load Case/Combo	Direction	DERIVA INELASTICA	DERIVA ELASTICA	CONTROL E030- 2018
Techo	SDX Max	X	0.00167	0.00846	CORREGIR
Piso 5	SDX Max	X	0.00182	0.00920	CORREGIR
Piso 4	SDX Max	X	0.00229	0.01159	CORREGIR
Piso 3	SDX Max	X	0.00266	0.01346	CORREGIR
Piso 2	SDX Max	X	0.00287	0.01451	CORREGIR
Piso 1	SDX Max	X	0.00158	0.00801	CORREGIR

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°16 Control de derivas de los entrepisos en la dirección Y-Y. De la edificación convencional

Story	Load Case/Combo	Direction	DERIVA INELASTICA	DERIVA ELASTICA	CONTROL E030- 2018
Techo	SDY Max	Y	0.00087	0.00441	OK
Piso 5	SDY Max	Y	0.00142	0.00716	CORREGIR
Piso 4	SDY Max	Y	0.00181	0.00916	CORREGIR
Piso 3	SDY Max	Y	0.00214	0.01080	CORREGIR
Piso 2	SDY Max	Y	0.00227	0.01146	CORREGIR
Piso 1	SDY Max	Y	0.00130	0.00659	OK

Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla N°15** se observa que en el eje X-X, la máxima deriva es 14.51‰ lo cual no cumple con la norma, pero no es problema ya que se planea emplear disipadores de fluido viscoso; en la **Tabla N°16** se observa que en el eje Y-Y la máxima deriva es 11.46‰, por lo tanto, no se está cumpliendo con la deriva máxima permisible dispuesta por la norma peruana.

IRREGULARIDAD TORSIONAL

Según la norma E030-2018 tabla 9 existe irregularidad torsional cuando, en cualquiera de las direcciones de análisis, el máximo desplazamiento relativo de entrepiso en un extremo del edificio (Δ máx.) en esa dirección, calculado incluyendo excentricidad accidental, es mayor que 1.3 veces el desplazamiento relativo promedio de los extremos del mismo entrepiso para la misma condición de carga (Δ prom.).

Este criterio sólo se aplica si el máximo desplazamiento relativo de entrepiso es mayor que 50% del desplazamiento permisible indicado en la tabla N° 11 de la Norma Peruana E.030.

4.5 DISEÑO EN CONCRETO ARMADO

En este sub índice, se utilizara el método de diseño por resistencia mencionado anteriormente en el sub índice Método de Diseño, que de acuerdo a la norma E060 del RNE debe cumplir:

$$R_u \leq \phi R_n$$

4.5.1 CONCEPTOS

4.5.1.1 DISEÑO POR FLEXION

Los elementos sometidos a flexión son las vigas, los techos o piso (losas macizas, nervadas y/o aligerados en una o dos direcciones), las escaleras y en general todos aquellos que están sometidos a cargas perpendiculares su plano, las cuales ocasionan esfuerzos de flexión y cortante. (Blanco, 1994, p.137).

4.5.1.1.1 METODO DE DISEÑO

Para el diseño por flexión haremos usos de tablas que permitan determinar la cuantía de diseño y obtener la armadura de refuerzo en falla dúctil.

Sabemos que:

$$M_{Ur} = \phi \times f'_c \times b \times d^2 \times w_x (1 - 0.59 \times w) \dots \dots \dots 1$$

$$K_u = \phi \times f'_c \times w_x (1 - 0.59 \times w) \dots \dots \dots \dots \dots 2$$

$$M_{Ur} = K_u \times b \times d^2$$

$$K_u = \frac{M_{Ur}}{b \times d^2}$$

Interpolando el valor de K_u en la tabla se obtiene la cuantía de diseño.

Donde:

M_{Ur} = Momento ultimo resistente.

ϕ = factor de reducción.

$f'c$ = resistencia del concreto.

b = ancho o base de la viga.

d = peralte efectivo.

W = cuantía mecánica.

4.5.1.2 DISEÑO POR CORTANTE

En diseño de las secciones transversales de los elementos sujetos a fuerza cortante deberá basarse en la siguiente expresión según la norma E060 del RNE.

$$Vu \leq \phi \times Vn$$

Donde:

Vu = resistencia requerida por corte.

Vn = resistencia nominal al corte de la sección.

ϕ = factor de reducción de resistencia al corte = 0.85

La resistencia nominal estará conformada por la contribución del concreto Vc y la contribución del acero Vs de tal forma que:

$$Vn = Vc + Vs$$

$$Vu \leq \phi \times (Vc + Vs)$$

Donde:

Vc = resistencia nominal al corte dado por el concreto, $Vc = 0.53x\sqrt{f'c} \times bw \times d$

Vs = resistencia nominal al corte dado por el acero, $Vs = \frac{As \times f'y \times d}{d}$

4.5.1.3 DISEÑO POR FLEXOCOMPRESION

Los elementos de las edificaciones que están sometidos principalmente a flexocompresión, son las columnas y los muros de corte o placas. El diseño de un elemento sometido a flexocompresión se hace en base a las mismas hipótesis del diseño en flexión, considerando adicionalmente el problema de esbeltez.

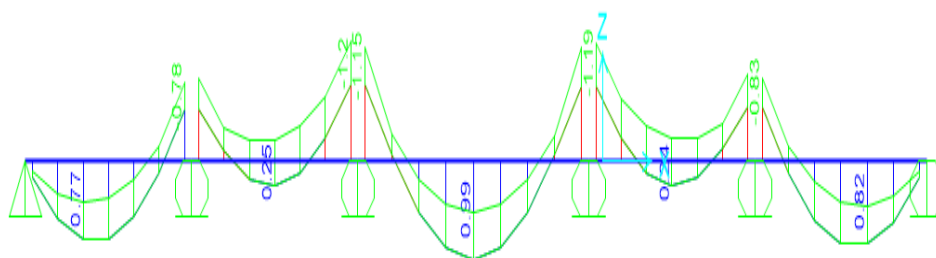
4.5.2 DISEÑO DE LOSA ALIGERA 1 DIRECCION

Las losas aligeradas serán diseñadas por flexión y por cortante, considerando las cargas de gravedad y la alternancia cargas vivas, para tener una situación real en la estructura, ya que puede generar mayores momentos a los obtenidos al considerar todos los tramos uniformemente cargados, así como zonas donde se produzcan inversiones de momentos, para ello se usará el programa del CSI SAP2000 V.19.

Las que se amplificarán según la siguiente combinación:

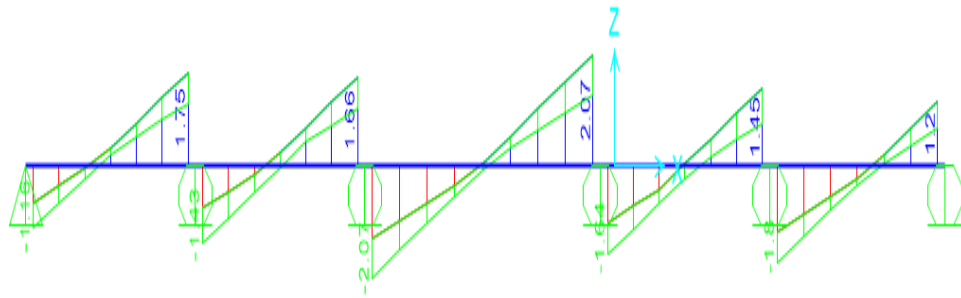
$$U = 1.4 CM = 0.70 \text{ tn/m}^2; 1.7 CV = 0.34 \text{ tn/m}^2$$

Fig.38 D.M.F de la envolvente de losa aligerada $e = 20 \text{ cm}$.



Fuente: Elaboración propia

Fig.39 D.F.C de la envolvente de losa aligerada $e = 20\text{cm}$.



Fuente: Elaboración propia

Se diseña todo el tramo.

El aligerado de 20 cm de peralte con viguetas espaciadas cada 40 cm.

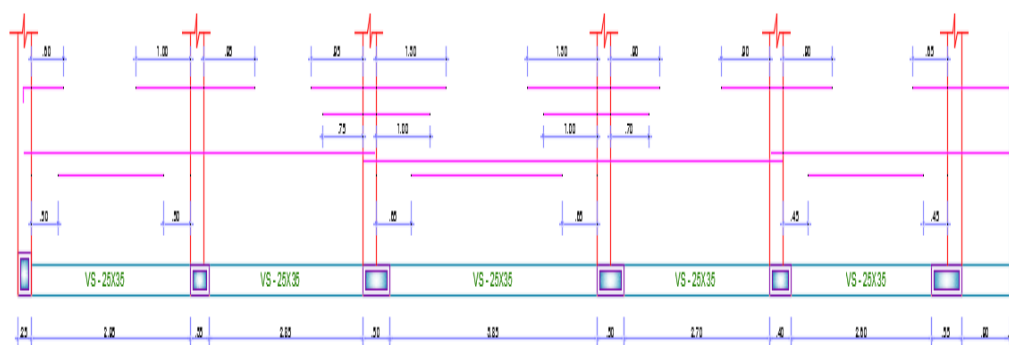
Para $M_u^- = 1.20 \text{ ton-m}$, se requiere: $A_s = 2.19 \text{ cm}^2$ se coloca: $2 \phi 1/2''$.

Para $M_u^+ = 0.99 \text{ ton-m}$, se requiere: $A_s = 1.56 \text{ cm}^2$ se coloca $2 \phi 3/8''$.

Para $V_u = 2.07 \text{ ton}$, es necesario realizar el ensanche de viguetas ya que $\phi V_c = 1.22 \text{ ton}$. Siempre que tengamos: $V_u > \phi V_c$

Estos ensanches consisten en reemplazar por concreto uno o los dos ladrillos (ensanche alternado o corrido) que están a los lados de la viga, de manera que el área de concreto resistente crezca y ya no sea solo una sección tipo T, sino una sección de concreto rectangular de 25cm o 40cm (ensanche alternado o corrido) y así pueda resistir el esfuerzo por corte aplicado.

Fig.40 Distribución del acero en viguetas.



Fuente: Elaboración propia

4.5.3 DISEÑO DE VIGAS

4.5.3.1 DISEÑO POR FLEXIÓN

Todas las vigas se diseñarán de acuerdo a la norma E060 del RNE, capítulo 21 para lo cual nos da una serie de requisitos a cumplir:

- Deberá existir refuerzo continuo a todo lo largo de la viga, constituido por dos barras tanto en la cara superior como en la inferior, con un área de acero no menor de la especificada en 10.5. No se aplicará lo dispuesto en 10.5.3.
- No deberán hacerse empalmes traslapados dentro de una zona localizada a dos veces el peralte del elemento, medida desde la cara del nudo. Los empalmes soldados cumplirán con lo dispuesto en 21.3.5.
- La resistencia a momento positivo en la cara del nudo no debe ser menor que un tercio de la resistencia a momento negativo provista en dicha cara. La resistencia a momento negativo y positivo en cualquier sección a lo largo de la longitud del elemento deben ser mayores de un cuarto de la máxima resistencia a momento proporcionada en la cara de cualquiera de los nudos.

- En ambos extremos del elemento deben disponerse estribos cerrados de confinamiento en longitudes iguales a dos veces el peralte del elemento medido desde la cara del elemento de apoyo hacia el centro de la luz. El primer estribo cerrado de confinamiento debe estar situado a no más de 100 mm de la cara del elemento de apoyo. Los estribos serán como mínimo de 8 mm de diámetro para barras longitudinales de hasta 5/8" de diámetro, de 3/8" para barras longitudinales de hasta 1" de diámetro y de 1/2" para barras longitudinales de mayor diámetro. El espaciamiento de los estribos cerrados de confinamiento no debe exceder del menor de (a), (b), (c) y (d):

(a) $d/4$, pero no es necesario que el espaciamiento sea menor de 150 mm;

(b) Diez veces el diámetro de la barra longitudinal confinada de menor diámetro;

(c) 24 veces el diámetro de la barra del estribo cerrado de confinamiento;

(d) 300 mm.

- Los estribos deben estar espaciados a no más de $0,5d$ a lo largo de la longitud del elemento. En todo el elemento la separación de los estribos, no deberá ser mayor que la requerida por fuerza cortante.

Para el cálculo del área de acero en vigas, se diseñara tomando como referencia el diseño para secciones rectangulares, para lo cual se usara la siguiente expresión:

$$A_s = \rho \times b \times d$$

Donde:

ρ = cuantía de acero.

d = peralte efectivo.

b = ancho de la viga

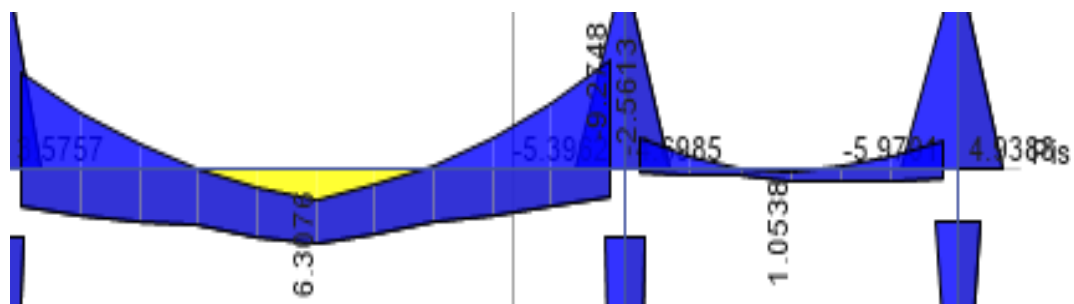
La resistencia del concreto es de 210 kg/cm² y el acero mínimo se calculara según la siguiente expresión y se usara el mayor que resulte:

$$A_s \text{ min} = \frac{0.70 \times \sqrt{f'c}}{f'ry} \times b \times d \quad \wedge \quad A_s \text{ min} = \frac{4 \times A_s \text{ diseño}}{3}$$

Ejemplo de diseño de viga peraltada

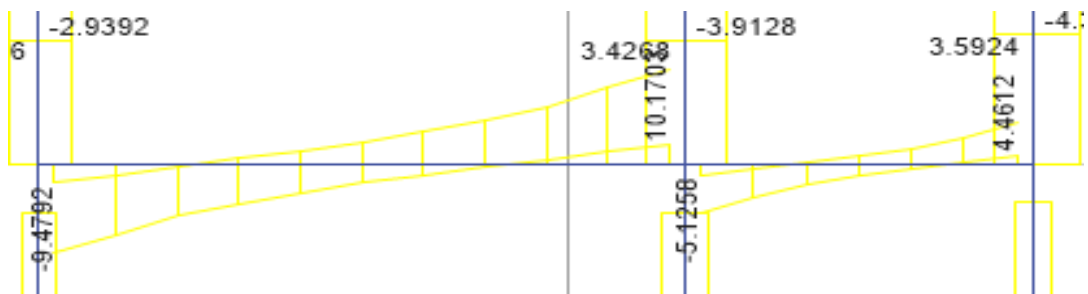
Se presenta el análisis y diseño de una viga en dos tramos, ambas con mayores solicitaciones de cargas por gravedad. La viga a analizar es la viga VP-102 (0.25x0.45) que se encuentra en el eje 2 y entre los ejes A, B y C.

Fig.41 Diagrama de Envolvente de momento flector (tn-m).



Fuente: Elaboración propia

Fig.42 Diagrama de envolvente de fuerza cortante (tn-m).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°17 Resumen del diseño por flexión para viga VP-102.

		Momento	As. Calcul.	As. Min.	As. Colocado
		Tn-m	cm2	cm2	cm2
TRAMO I VP-101	Mu-	8.27	5.17	2.66	2 ϕ 5/8" + 1 ϕ 1/2"
	Mu+	6.30	4.07	2.66	2 ϕ 5/8"
	Mu-	9.27	6.05	2.66	3 ϕ 5/8"
TRAMO II VCH - 101	Mu-	2.38	4.52	0.85	2 ϕ 5/8"
	Mu+	1.05	1.8	0.85	2 ϕ 1/2"
	Mu-	2.32	4.44	0.85	2 ϕ 5/8"

Fuente: Elaboración propia

4.5.3.2 DISEÑO POR CORTANTE

La fuerza cortante última en la sección crítica está ubicada a una distancia "d" desde la cara del apoyo, la cual deberá ser resistida por la sección de concreto (V_c) más una contribución proporcionada por el acero de refuerzo transversal (V_s =estribos), el cual deberá ir colocado con un espaciamiento adecuado. Por lo tanto, la expresión a usar para el diseño será:

$$V_u = \phi (V_c + V_s)$$

Donde:

$$\phi = 0.85$$

V_c = resistencia nominal al corte dado por el concreto,

$$V_c = 0.53x\sqrt{f'c} x bw x d$$

V_s = resistencia nominal al corte dado por el acero, $V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$

Calculando:

$$V_u = 10.17 \text{ tn}$$

$$V_c = 0.53x\sqrt{210} x 25x 44 = 8.45 \text{ tn}$$

$V_c < V_u$ » Se requiere estribos

$$V_s = \frac{10.17}{0.85} - 8.45 = 3.51 \text{ tn}$$

El espaciamiento de cada estribo será:

$$S = \frac{A_v \times f'_{y} \times d}{V_s} = \frac{1.42 \times 4200 \times 44}{3510} = 74.76 \text{ cm}$$

4.5.3.2.1 DISEÑO POR CONFINAMIENTO DE LA VIGA PERALTADA

En la distribución de estribos se divide en dos zonas, la zona de confinamiento y la zona fuera de confinamiento.

ZONA DE CONFINAMIENTO

Es igual a 2h: $2h = 2 \times 45 = 90 \text{ cm}$, en esta zona los estribos se colocarán con un espaciamiento que permita confinar el concreto y que resista la fuerza cortante actuante, por lo tanto en esta zona se colocarán los estribos cada 10cm, siendo el primer estribo a 5cm.

FUERA DE LA ZONA DE CONFINAMIENTO

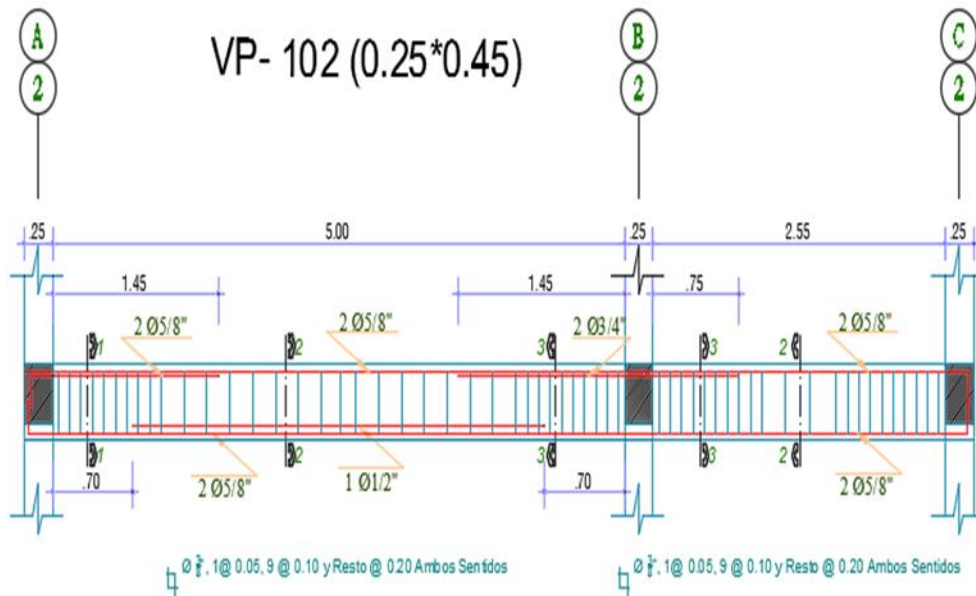
En esta zona, el espaciamiento máximo es el siguiente:

$$S_{\text{max}}: d/2 = 44/2 = 22 \text{ cm}$$

Finalmente se determina que el espaciamiento dentro de la zona de confinamiento será de 10 cm y fuera de la zona de confinamiento será 20 cm.

Usar Estribos de 3/8": 1@.05, 9 @.10, rto.@.20 en cada extremo.

Fig.43 Diseño de la viga VP-102.



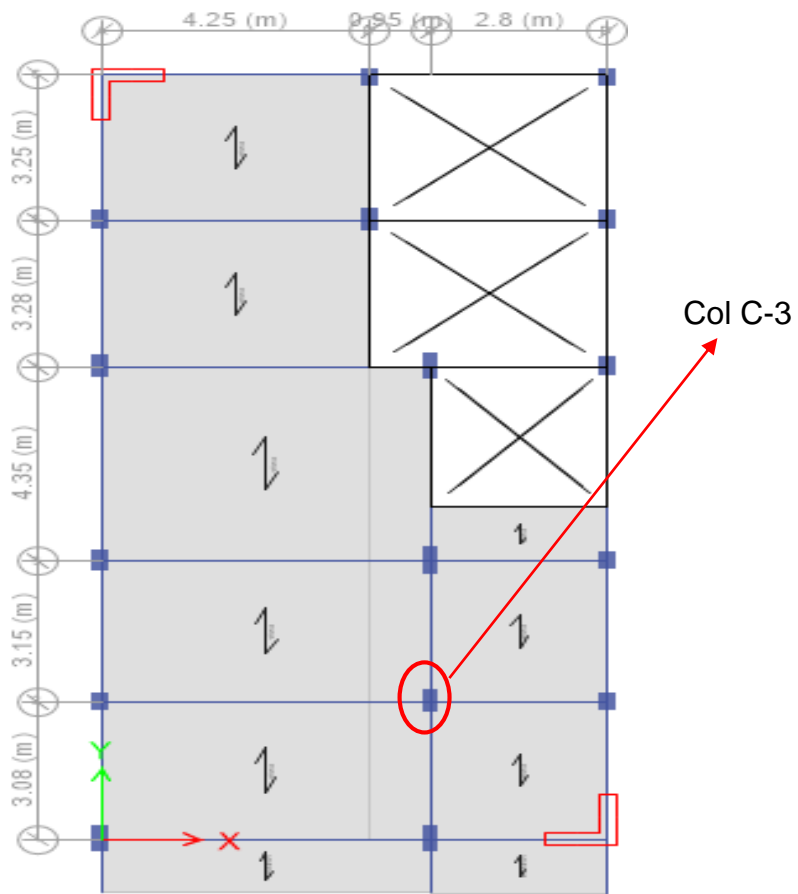
Fuente: Elaboración propia

4.5.4 DISEÑO DE COLUMNAS

Todas las columnas están sometidas a esfuerzo axial y flexión, por lo que es necesario diseñarlas tomando en cuenta estos dos factores. Las columnas se flexionaran bajo la acción de momentos que aparezcan, lo que producirá esfuerzos de compresión en un lado y tracción en otro. La manera en que pueda fallar dependerá de la magnitud de estos momentos y del esfuerzo axial. (Oviedo, 2016, p. 205).

Se realizará el diseño por flexocompresión y cortante de la columna 3 a modo de ejemplo; que está ubicada entre el eje 2 y C (**Figura 44**). El sistema estructural del edificio es de muros, es decir, que las placas se llevarán casi toda la cortante ocasionada por el sismo. Las columnas trabajarán prácticamente a cargas de gravedad, como es el caso de la columna: **C-3 0.25x0.50 m.**

Fig.44 Columna C-3 (0.25X0.50).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°18 Combinaciones de Cargas (Pu, Mu y Vu) en dos direcciones.

COMBINACIONES	COLUMNAS C-3 (1er Piso)				
	Pu (tn)	Vx (tn)	Vy (tn)	Mx (tn-m)	My (tn-m)
1.4CM+1.7CV	962.27			6813.97	-3449.78
1.25(CM+CV) + SX	644.33	58.55	20.85	4891.13	-1718.54
1.25(CM+CV) - SX	644.33	58.55	20.85	4891.13	-1718.54
1.25(CM+CV) + SY	644.33	15.24	58.55	5313.85	-2186.52
1.25(CM+CV) - SY	644.33	15.24	58.55	5313.85	-2186.52
0.9*CM + SX	463.92	58.55	20.85	3584.34	-1056.96
0.9*CM - SX	463.92	58.55	20.85	3584.34	-1056.96
0.9*CM + SY	463.92	15.24	58.55	4007.06	-1524.93
0.9*CM - SY	463.92	15.24	58.55	4007.06	-1524.93
Envolvente	962.27	58.55	58.55	6813.97	-1056.96

Fuente: Elaboración propia

La norma E.060 artículo 21.4.3, menciona que la carga axial mínima que debe soportar la columna, para que sea diseñada por flexocompresión, se verifica con la siguiente expresión en los pisos superiores:

$$P_{u \text{ min}} = 0.1 \times f'c \times A_g$$

Verificando:

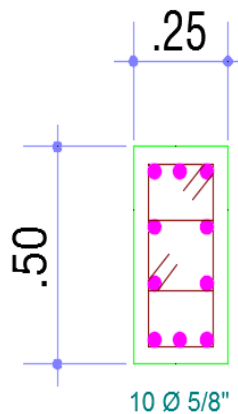
Donde P_u (1º piso) = 962.27 Tn. > $0.1 \times 2100 \times 0.25 \times 0.50 = 26.25$ Tn.

P_u (5º piso) = 14.88 Tn. < 26.25 Tn » se usa el $P_{u \text{ min}}$

4.5.4.1 DISEÑO POR FLEJO COMPRESIÓN.

Se escogió para el primer análisis, una distribución inicial de acero longitudinal de $10 \phi 5/8"$ que hacen una cuantía de $p=1.58\%$ mayor que la mínima requerida por norma $p_{\text{mín}}=1.0\%$.

Fig.45 Distribución del acero en Columna C-3.



Fuente: Elaboración propia

4.5.4.2 DISEÑO POR CORTANTE

El diseño de secciones transversales sometidas a fuerza cortante debe estar basada en la siguiente ecuación (diseño por resistencia)

$$\phi V_n \geq V_u$$

Donde V_u es la fuerza cortante amplificada en la sección considerada y V_n es la resistencia nominal al cortante calculado mediante.

$$V_n = V_c + V_s$$

Donde:

$$\phi = 0.70$$

V_c = resistencia nominal al corte dado por el concreto, donde:

$$V_c = 0.53 \times \left(1 + \frac{N_u}{140 \times A_g}\right) \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

V_s = resistencia nominal al corte dado por el acero, $V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$

Tabla N°19 Combinaciones de Cargas (P_u y V_u) en dos direcciones.

COMBINACIONES	COLUMNAS C-3 (1er Piso)		
	P_u (tn)	V_x (tn)	V_y (tn)
1.4CM+1.7CV	962.27		
1.25(CM+CV) + SX	644.33	58.55	20.85
1.25(CM+CV) - SX	644.33	58.55	20.85
1.25(CM+CV) + SY	644.33	15.24	58.55
1.25(CM+CV) - SY	644.33	15.24	58.55
0.9*CM + SX	463.92	58.55	20.85
0.9*CM - SX	463.92	58.55	20.85
0.9*CM + SY	463.92	15.24	58.55
0.9*CM - SY	463.92	15.24	58.55
Envolvente	962.27	58.55	58.55

Fuente: Elaboración propia

Calculando:

$N_u = 962.27 \text{ tn} \gg A_g = 0.125 \text{ m} \gg b_w = 0.25 \gg d = 0.44 \text{ m}$ y $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Reemplazando datos:

$$V_c = 0.70 \times 0.53 \times \left(1 + \frac{962.27}{140 \times 0.25 \times 0.50}\right) \times \sqrt{210} \times 0.25 \times 0.44$$

$$V_c = 33.11 \text{ tn}$$

Calculando el V_s y reemplazando datos:

$$V_s = \frac{58.55}{0.70} - 33.11 = 50.53 \text{ tn}$$

$$V_s = 50.53 \text{ tn}$$

Se comprueba que:

$$\phi V_n \geq V_u$$

Se verifica que si es necesario el uso de estribos. El mayor cortante de las combinaciones de cargas es $V_u = 58.55 \text{ tn}$. La norma E.060 del RNE, señala que tienen que ir estribos de confinamiento (En la zona de confinamiento, zona central y zona de nudo).

Para la zona de confinamiento (L_o) la longitud no debe de ser menor entre las siguientes:

- Una sexta parte de la luz libre del elemento = $365 / 6 = 61 \text{ cm}$
- La mayor dimensión de la sección transversal del elemento = 50 cm
- 500 mm

El espaciamiento S_o no debe de exceder al menor entre los siguientes casos:

- $6db = 6 \times 1.59 = 9.54 \text{ cm}$
- La mitad de la menor dimensión de la sección transversal del elemento $= 25/2 = 12.50 \text{ cm}$
- 10 cm

Para la zona central fuera de la longitud L_0 , el espaciamiento S_0 no debe exceder al menor entre los siguientes casos:

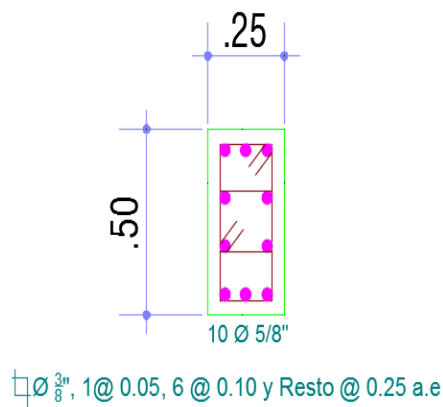
- $10db = 10 \times 1.59 = 16 \text{ cm}$
- 250 mm

Para la zona del nudo, el espaciamiento no debe de exceder los 150 mm .

En conclusión, la distribución de estribos será: Estribo $\phi 3/8$; $1@0.05$, $6@0.10$, resto@ 0.25m

El armado de la columna C - 3 será la siguiente:

Fig.46 Diseño final de columna C-3.



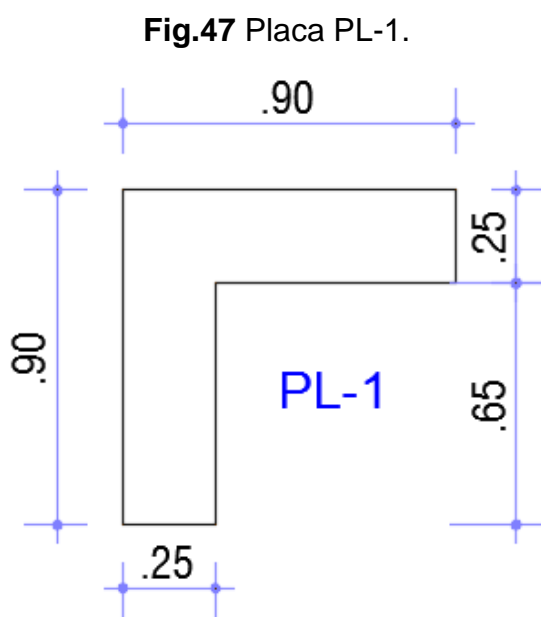
Fuente: Elaboración propia

4.5.5 DISEÑO DE MURO DE CORTE

Los muros de corte son diseñados para la acción simultánea de las cargas axiales, fuerzas cortantes y momentos flectores provenientes del análisis.

Para muros esbeltos ($H/L > 1$), el refuerzo vertical se distribuirá a lo largo del muro, debiéndose concentrar el mayor refuerzo en los extremos. Una vez escogido el refuerzo a colocar, se construirá el diagrama de interacción para esta sección y se verificará que el punto que represente al P_u y M_u se ubique dentro de la curva que representen los valores resistentes.

A manera de ejemplo, se diseñará la placa PL- 1 (Figura 47).



Fuente: Elaboración propia

Para el primer piso hallamos las solicitaciones (P_u , M_u) producto de las combinaciones de cargas, tal como se muestran en las Tablas N°18 y Tabla N°19.

Tabla N° 20 Combinaciones de Cargas PL-01 en 1er piso para sismo en x-x.

Story	Pier	Load Case/Comb	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
				tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Piso 1	x1	Comb1	Bottom	-68.4069	-1.6195	0.4851	0.1845	-1.1932	-4.8565
		Comb2 Max	Bottom	-38.494	26.2838	18.9798	8.7214	73.218	98.6937
		Comb2 Min	Bottom	-80.5314	-29.0804	-18.1253	-8.4042	-75.3157	-107.1506
		Comb3 Max	Bottom	-38.494	26.2838	18.9798	8.7214	73.218	98.6937
		Comb3 Min	Bottom	-80.5314	-29.0804	-18.1253	-8.4042	-75.3157	-107.1506
		Comb4 Max	Bottom	-39.8631	26.2	36.5576	13.8042	137.8959	119.0555
		Comb4 Min	Bottom	-79.1624	-28.9965	-35.7031	-13.487	-139.9935	-127.5124
		Comb5 Max	Bottom	-39.8631	26.2	36.5576	13.8042	137.8959	119.0555
		Comb5 Min	Bottom	-79.1624	-28.9965	-35.7031	-13.487	-139.9935	-127.5124
		Comb6 Max	Bottom	-16.5723	26.8356	18.8404	8.6565	73.5673	100.2397
		Comb6 Min	Bottom	-58.6098	-28.5287	-18.2647	-8.4691	-74.9664	-105.6046
		Comb7 Max	Bottom	-16.5723	26.8356	18.8404	8.6565	73.5673	100.2397
		Comb7 Min	Bottom	-58.6098	-28.5287	-18.2647	-8.4691	-74.9664	-105.6046
		Comb8 Max	Bottom	-17.9414	26.7517	36.4182	13.7393	138.2452	120.6015
		Comb8 Min	Bottom	-57.2407	-28.4448	-35.8425	-13.5519	-139.6442	-125.9664
		Comb9 Max	Bottom	-17.9414	26.7517	36.4182	13.7393	138.2452	120.6015
Comb9 Min	Bottom	-57.2407	-28.4448	-35.8425	-13.5519	-139.6442	-125.9664		

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 21 Combinaciones de Cargas PL-01 en 1er piso para sismo en y-y.

Story	Pier	Load Case/Comb	Location	P	V2	V3	T	M2	M3
				tonf	tonf	tonf	tonf-m	tonf-m	tonf-m
Piso 1	Y2	Comb1	Bottom	-75.4704	-0.6155	-0.1605	-0.2872	0.6307	-4.4379
		Comb2 Max	Bottom	-28.7854	10.758	42.7155	14.7963	228.8776	77.6909
		Comb2 Min	Bottom	-102.9447	-11.8014	-42.9894	-15.2872	-227.7316	-85.3363
		Comb3 Max	Bottom	-28.7854	10.758	42.7155	14.7963	228.8776	77.6909
		Comb3 Min	Bottom	-102.9447	-11.8014	-42.9894	-15.2872	-227.7316	-85.3363
		Comb4 Max	Bottom	-36.9502	29.45	14.19	12.392	85.4228	128.327
		Comb4 Min	Bottom	-94.7799	-30.4934	-14.4639	-12.8829	-84.2769	-135.9724
		Comb5 Max	Bottom	-36.9502	29.45	14.19	12.392	85.4228	128.327
		Comb5 Min	Bottom	-94.7799	-30.4934	-14.4639	-12.8829	-84.2769	-135.9724
		Comb6 Max	Bottom	-5.2386	10.9975	42.7752	14.9019	228.7502	79.2305
		Comb6 Min	Bottom	-79.3979	-11.5618	-42.9297	-15.1816	-227.859	-83.7967
		Comb7 Max	Bottom	-5.2386	10.9975	42.7752	14.9019	228.7502	79.2305
		Comb7 Min	Bottom	-79.3979	-11.5618	-42.9297	-15.1816	-227.859	-83.7967
		Comb8 Max	Bottom	-13.4034	29.6895	14.2497	12.4976	85.2954	129.8666
		Comb8 Min	Bottom	-71.2331	-30.2538	-14.4042	-12.7773	-84.4042	-134.4328
		Comb9 Max	Bottom	-13.4034	29.6895	14.2497	12.4976	85.2954	129.8666
Comb9 Min	Bottom	-71.2331	-30.2538	-14.4042	-12.7773	-84.4042	-134.4328		

Fuente: Elaboración propia

La cantidad de acero tentativa se calculó con la expresión:

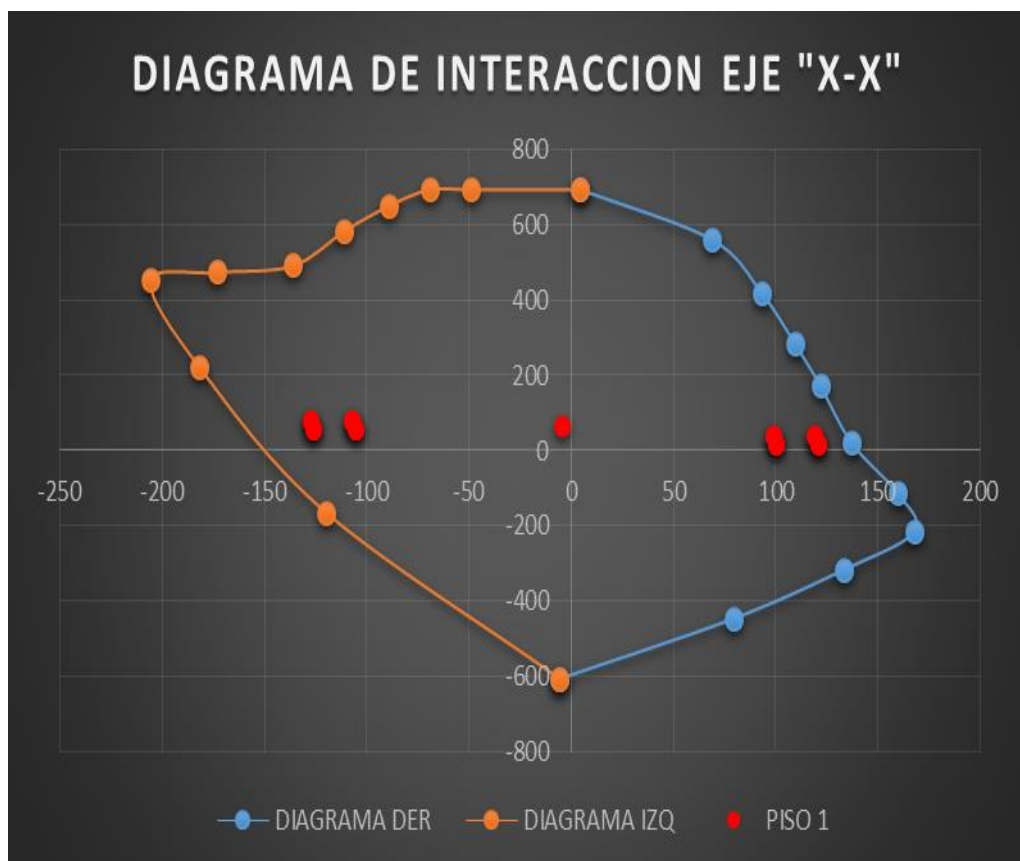
$$Mu = \phi \times As \times f'y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

A partir de la formula, se determinó que se necesita 10 ϕ 1" en los elementos de borde, la cantidad exacta arrojará el análisis estructural.

El muro de 25cm de espesor será continuo hasta el 5to nivel, no se reducirá el área de acero, debido a que se trata de un diseño del tipo académico.

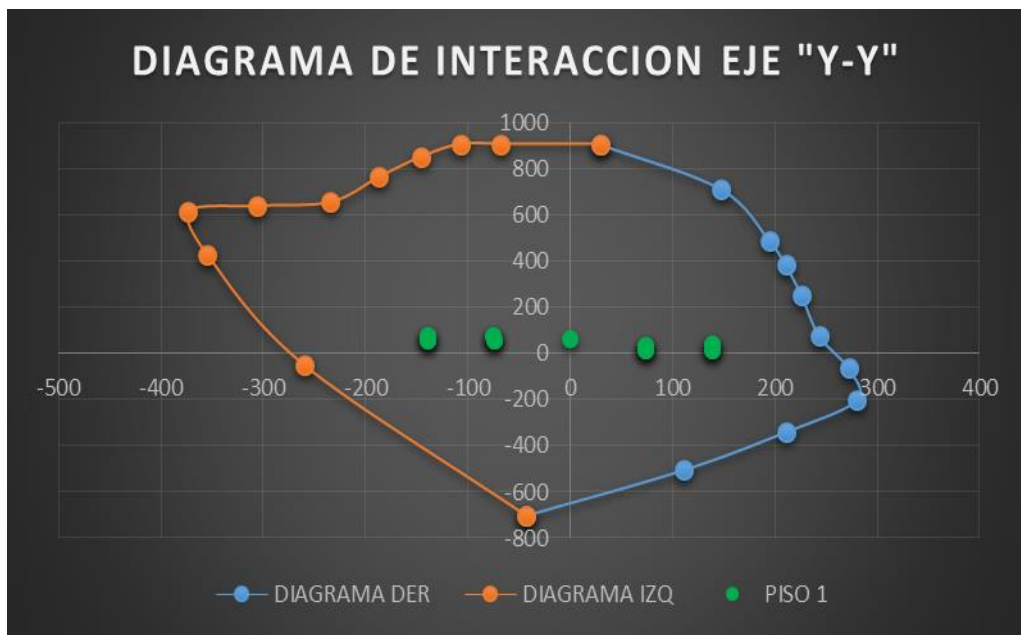
Se continúa colocando acero en los nudos confinados y en los lados de las placas para crear el diagrama de interacción que debería abarcar las sollicitaciones resultantes.

Fig. 48 Diagrama de interacción de la placa PL-1: dirección X.



Fuente: Elaboración propia

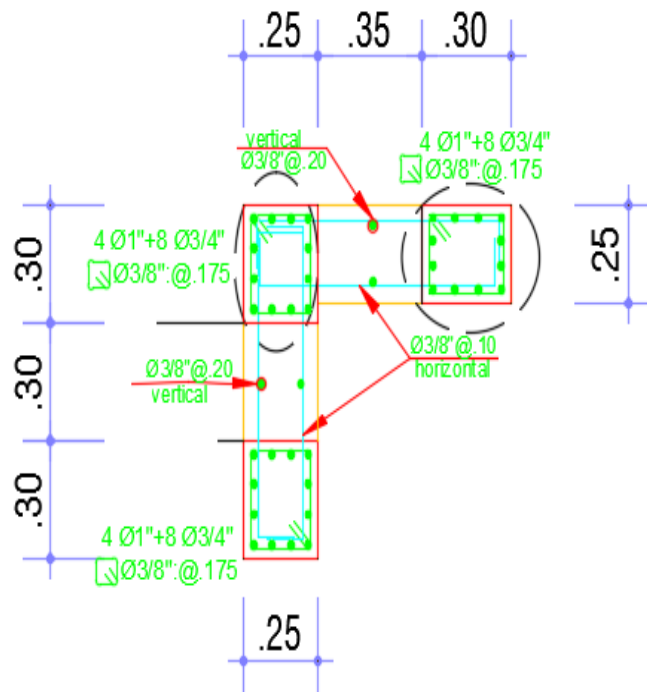
Fig. 49 Diagrama de interacción de la placa PL-1: dirección Y.



Fuente: Elaboración propia

Con el análisis se llegó a la conclusión de que la siguiente sección (Figura 50) es la que cumple con los requisitos.

Fig. 50 Distribución final del acero en Placa: PL-1.



Fuente: Elaboración propia.

4.6 ANÁLISIS SÍSMICO CON OPTIMIZACION DE DISIPADORES VISCOSOS

En la edificación no se cumple los desplazamientos laterales en el eje “X” e “Y”, pero eso no es problema ya que el proyecto contempla la adición de disipadores en ambos ejes, de tal modo mantener ambientes lo más libre posible, en el presente capítulo se realiza el análisis lineal y no lineal con el fin de mantener la estructura sin ningún tipo de daño crítico ante un sismo severo.

La norma E030 - 2018, menciona que volver a analizar la estructura mediante el método dinámico modal – espectral tomando un coeficiente de reducción sísmica con un valor de $R=1$, este análisis dinámico introducirá al edificio en un comportamiento en el rango no lineal ante un sismo severo, las derivas de entrepiso halladas en el análisis en mención serán contrastadas con el posterior análisis tiempo-historia para poder definir el sismo de diseño severo a emplear.

Así mismo mencionar que las derivas halladas ya no se multiplicaran por $0.85 \cdot R$, sino directamente por la unidad.

4.6.1 ANALISIS DINAMICO MODAL ESPECTRAL CON R=1

Los parámetros a usar son los mismos que en el análisis dinámico modal espectral común, con la diferencia de que el coeficiente de reducción sísmica es igual a $R = 1$, en las dos direcciones perpendiculares de análisis.

4.6.1.1 PARÁMETROS SÍSMICOS

- Factor de Zona (Z), La ciudad de Huancayo se encuentra ubicada en la zona sísmica 3, por lo tanto según la Tabla N° 1 de la Norma E030-2016 le corresponde un valor de $Z=0.35$.
- Parámetros de Sitio (S) y (T_p), De acuerdo a la descripción de la edificación (ver pág. 71) la estructura estará ubicada sobre un

suelo tipo S2 (Intermedio), por lo que le corresponde un factor de amplificación del suelo $S=1.15$ y un período $T_p=0.6s$ como se indica en la Tabla N° 3 y 4 de la Norma E030-2016.

- Categoría de la Edificación (U), según la Tabla N° 5 de la Norma E030-2016, a una edificación común (Vivienda) le corresponde un factor $U=1$.
- Factor de Reducción Sísmica (R), Este valor se toma en base a consideraciones especiales, fijándose su valor $R=1$.

Tabla N°22 Parámetros para el análisis dinámico modal espectral
 $R=1$.

Z	0.35
U	1
C	2.09
S	1.15
Rxy	1
g	9.81 m/seg ²

Fuente: Elaboración propia

Con los parámetros de la **Tabla N°22** se procede a crear un nuevo espectro de pseudo – aceleraciones (S_a) que se llamara Espectro de Diseño.

Tabla N°23 Valores del espectro de Pseudo aceleraciones con $R=1$.

T	C
0.1	2.500
0.2	2.500
0.4	2.500
0.6	2.500
0.8	1.875
1	1.500
1.2	1.250
1.4	1.071
1.6	0.938
1.8	0.833
2	0.750
2.2	0.682
2.4	0.625
2.6	0.577
2.8	0.536
3	0.500
3.2	0.469
3.4	0.441
3.6	0.417
3.8	0.395
4	0.375

Tp= 0.6

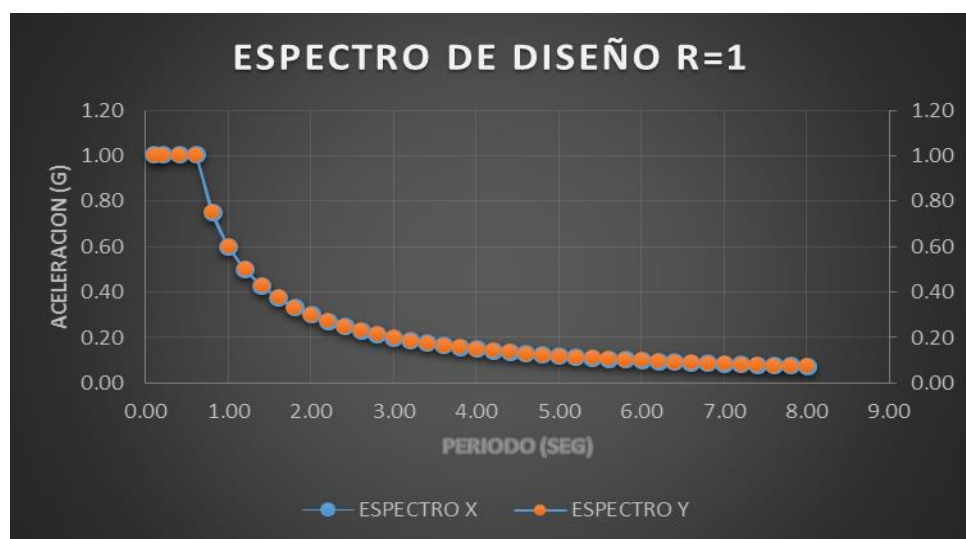
Z =	0.35
U =	1
S =	1.15
R =	1

T	Z*U*C*S/Rx	Z*U*C*S/Ry
0.1	1.00625	1.00625
0.2	1.00625	1.00625
0.4	1.00625	1.00625
0.6	1.00625	1.00625
0.8	0.75469	0.75469
1	0.60375	0.60375
1.2	0.50313	0.50313
1.4	0.43108	0.43108
1.6	0.37755	0.37755
1.8	0.33528	0.33528
2	0.30188	0.30188
2.2	0.27451	0.27451
2.4	0.25156	0.25156
2.6	0.23224	0.23224
2.8	0.21574	0.21574
3	0.20125	0.20125
3.2	0.18877	0.18877
3.4	0.17750	0.17750
3.6	0.16784	0.16784
3.8	0.15899	0.15899
4	0.15094	0.15094

Fuente: Elaboración propia

La gravedad no ha sido considerada en los cálculos, el valor de esta será introducida directamente en el programa ETABS y al momento de ingresar el espectro de diseño en el software SeismoMatch v.2.1.0.

Fig. 51 Espectro de diseño con $R = 1$.



Fuente: Elaboración propia

La **Fig.51** muestra el espectro de Pseudo-aceleraciones con el valor de $R=1$ (espectro de diseño) el cual será empleado para escalar los acelerogramas seleccionados para el análisis tiempo historia.

Se ingresó al software ETABS 2016 los datos y se obtienen las derivas de entrepiso obtenidas del análisis dinámico espectral en ambas direcciones, que se muestran a continuación.

Tabla N°24 Control de derivas en la dirección X-X, con $R=1$.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift. Inelastico	Label	X	Y	Z	Deriva Max Perm.	Control E - 030
					m	m	m		
Techo	DRIFT; R=1 Max	X	0.00995	10	5.2	6.23	17.45	0.007	No Pasa
Piso 5	DRIFT; R=1 Max	X	0.01083	28	0	-1.3	14.95	0.007	No Pasa
Piso 4	DRIFT; R=1 Max	X	0.01364	28	0	-1.3	12.15	0.007	No Pasa
Piso 3	DRIFT; R=1 Max	X	0.01584	28	0	-1.3	9.35	0.007	No Pasa
Piso 2	DRIFT; R=1 Max	X	0.01707	28	0	-1.3	6.55	0.007	No Pasa
Piso 1	DRIFT; R=1 Max	X	0.00943	23	8	0	3.75	0.007	No Pasa

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°25 Control de derivas en la dirección Y-Y, con $R=1$.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift. Inelastico	Label	X	Y	Z	Deriva Max Perm.	Control E - 030
					m	m	m		
Techo	DRIFT; R=1 Max	Y	0.00461	11	8	10.6	17.45	0.007	OK
Piso 5	DRIFT; R=1 Max	Y	0.00750	51	0	16.2	14.95	0.007	No Pasa
Piso 4	DRIFT; R=1 Max	Y	0.00959	19	0	17.1	12.15	0.007	No Pasa
Piso 3	DRIFT; R=1 Max	Y	0.01131	13	0	10.6	9.35	0.007	No Pasa
Piso 2	DRIFT; R=1 Max	Y	0.01200	28	0	-1.3	6.55	0.007	No Pasa
Piso 1	DRIFT; R=1 Max	Y	0.00690	51	0	16.2	3.75	0.007	OK

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que en el eje X se incrementó las derivas de entrepiso haciéndose más críticas, desde el primer nivel hasta el último nivel, por lo que se tiene que incorporar disipadores de fluido viscoso.

En el eje Y del mismo modo se incrementó las derivas de entrepiso, desde el primer nivel hasta el último nivel, por lo que se tiene que incorporar disipadores de fluido viscoso.

4.6.2 ESCALAMIENTO DE ACELEROGRAMAS AL ESPECTRO DE DISEÑO

Se consideró tres pares de registros sísmicos, de acuerdo a la E030-2016, considerados como los más catastróficos en el país.

Tabla N°26 Ubicación de las estaciones.

Sismo	Ubicación de la estación	Tipo de suelo
17 de octubre de 1966	Parque de la reserva (Lima)	Grava gruesa (S1)
31 de mayo de 1970	Parque de la reserva (Lima)	Grava gruesa (S1)
03 de octubre del 1974	Parque de la reserva (Lima)	Grava gruesa (S1)

Fuente: REDACIS

Tabla N°27 Aceleraciones máximas.

ACELERACIONES MAXIMAS DE REGISTROS SISMICOS				
ESTACION ACELEROMETRICA	FECHA	COMPONENTES	ACELERACION MAXIMA (cm/sec ²)	DURACION (sec)
ICA	15 de Agosto 2007	N_S	333.66	218.06
		E_W	-272.82	
LIMA	3 de Octubre 1974	N_S	180.09	97.96
		E_W	-192.21	
HUACHO	17 de Octubre 1966	N_S	-268.24	197.64
		E_W	-180.56	

Fuente: REDACIS

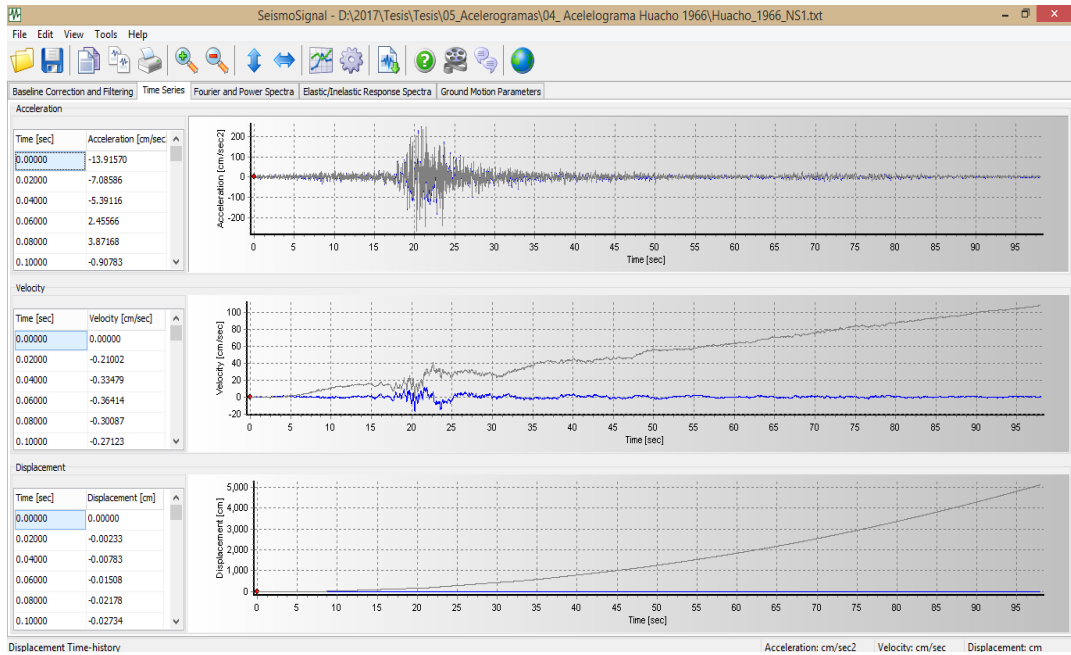
Las unidades que se usaron en el programa son: Cm/seg² (las mismas unidades de los registros sísmicos)

Las correcciones de filtrado y línea de base de los registros sísmicos se realizaron mediante el programa SeismoSignal y el escalamiento al espectro objetivo SeismoMatch.

4.6.3 CORRECCION DE ACELEROGRAMA

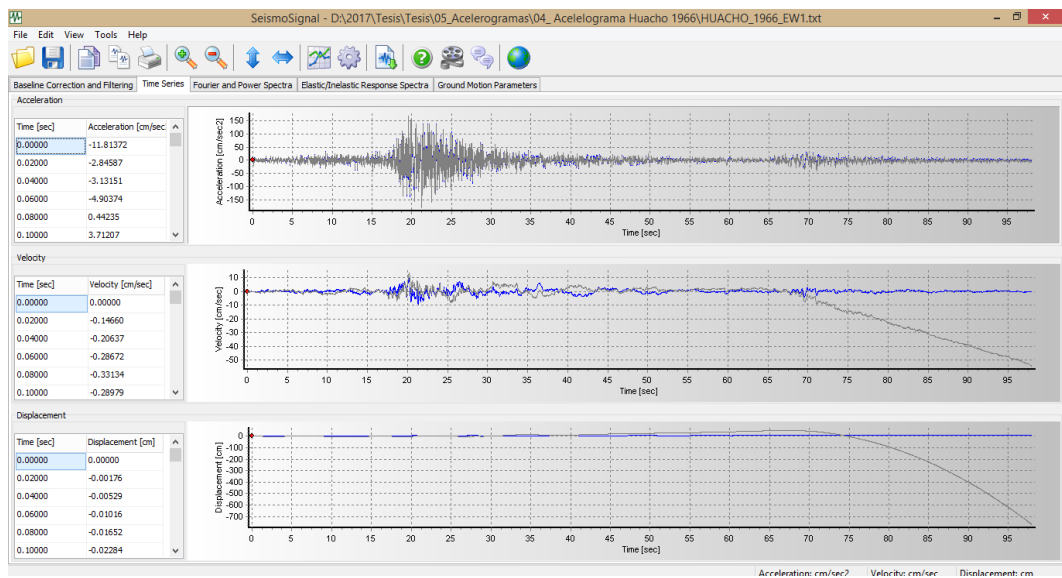
Se ejecutó las correcciones de línea de base como de filtrado dejando solo las ondas sísmicas en el acelerograma.

Fig. 52 Ondas corregidas vs Ondas no corregidas en el SeismoSignal
Caso Sismo Huacho 1966 componente N-S.



Fuente: Elaboración propia

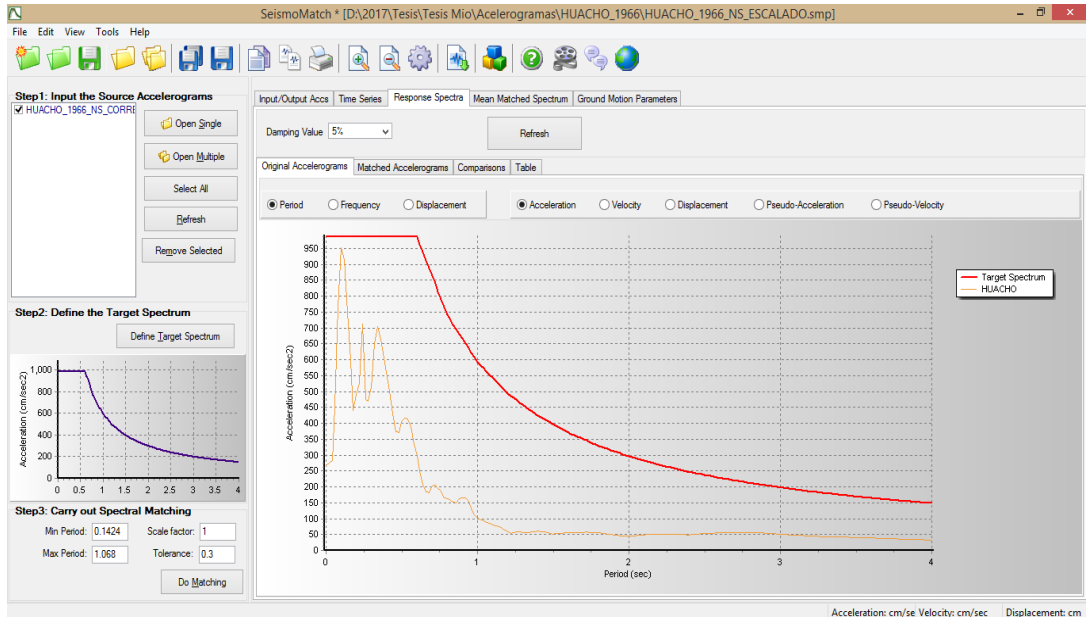
Fig. 53 Ondas corregidas vs Ondas no corregidas en el SeismoSignal Sismo
Caso Huacho 1966 componente E-W.



Fuente: Elaboración propia

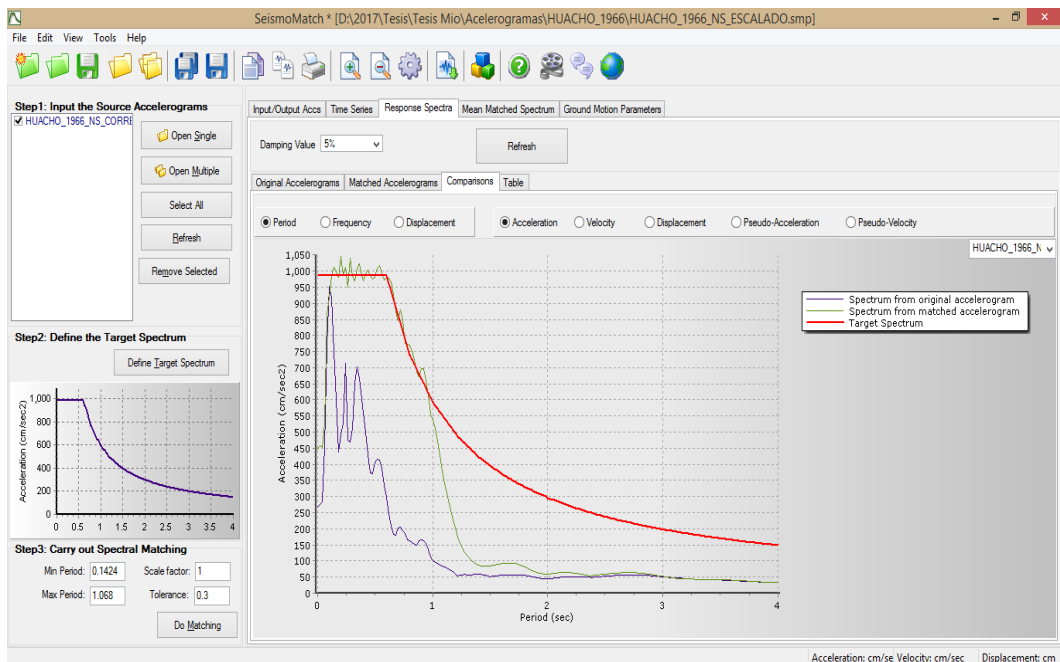
4.6.4 ESCALAMIENTO DE ACELEROGRAMA

Fig. 54 Espectro de Diseño (color rojo) y registro sísmico Huacho 1966 componente N-S sin escalar (naranja)



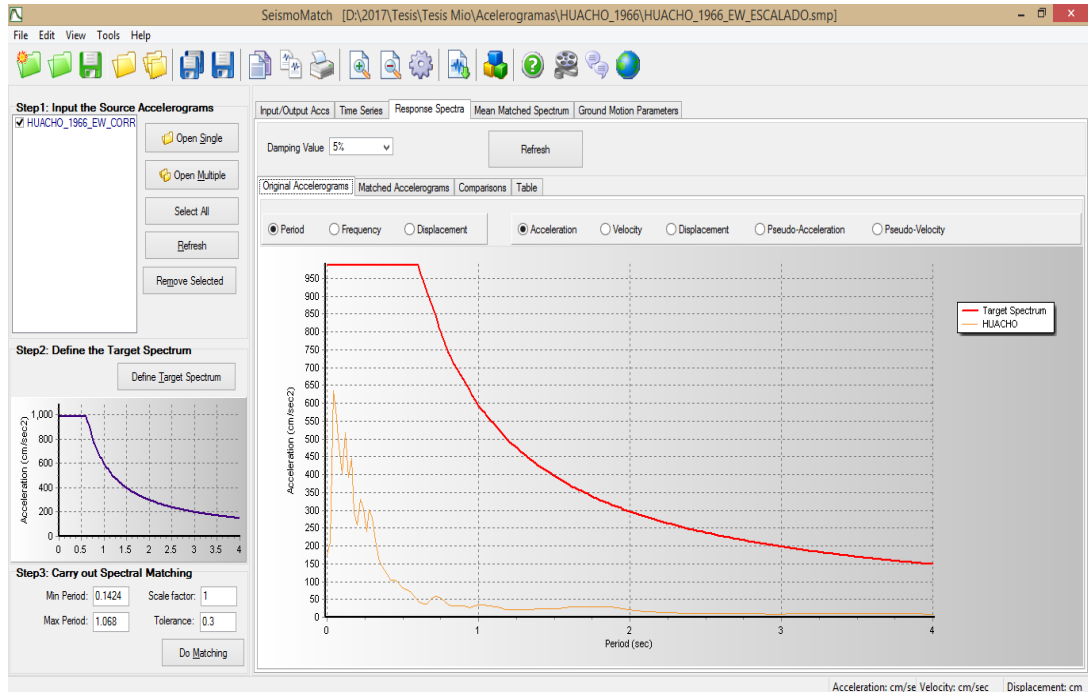
Fuente: Elaboración propia

Fig. 55 Comparación entre el registro sísmico sin escalar (morado) y el registro escalado (verde) al espectro de diseño (rojo).



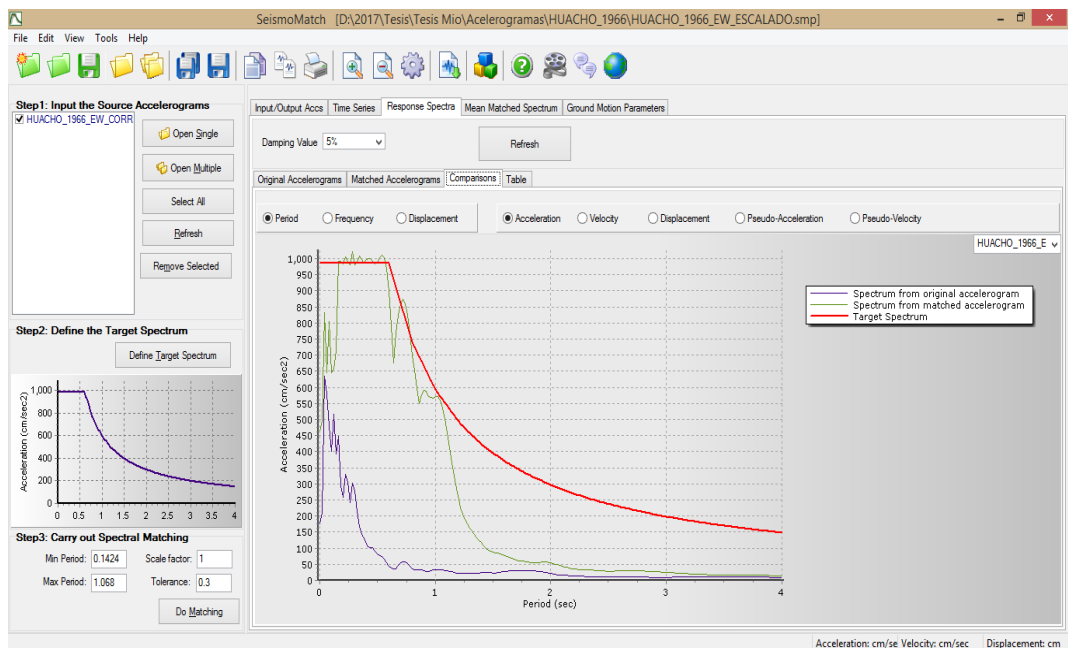
Fuente: Elaboración propia

Fig. 56 Espectro de Diseño (color rojo) y registro sísmico Huacho 1966 componente E-W sin escalar (naranja)



Fuente: Elaboración propia

Fig. 57 Comparación entre el registro sísmico sin escalar (morado) y el registro escalado (verde) al espectro de diseño (rojo).



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°28 Aceleraciones máximas de registros escalados.

ACELERACIONES MAXIMAS DE REGISTROS ESCALADOS				
ESTACION ACCELEROMETRICA	FECHA	COMPONENTES	ACELERACION MAXIMA (cm/sec ²)	DURACION (sec)
ICA	15 de Agosto 2007	N_S	689.697	218.06
		E_W	-791.36	
LIMA	3 de Octubre 1974	N_S	822.145	97.96
		E_W	-747.285	
HUACHO	17 de Octubre	N_S	-820.889	197.64
		E_W	-671.003	

Fuente: Elaboración propia

4.6.5 ANALISIS SISMICO DINAMICO TIEMPO HISTORIA LINEAL

En este ítem, se procedió a ingresar al programa Etabs 2016 los datos corregidos y escalados de los acelerogramas al espectro de diseño ante un sismo severo, obteniéndose con ello las derivas máximas en los dos casos de análisis por acelerograma.

- Sismo Huacho 1966.

Tabla N°29 Derivas de entrepiso Caso 1 - Huacho 1966.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
Techo	CASO 1 HUACHO_1966 Max	X	0.00719	10	5.2	6.23	17.45
Piso 5	CASO 1 HUACHO_1966 Max	X	0.00757	28	0	-1.275	14.95
Piso 4	CASO 1 HUACHO_1966 Max	X	0.00972	28	0	-1.275	12.15
Piso 3	CASO 1 HUACHO_1966 Max	X	0.01148	28	0	-1.275	9.35
Piso 2	CASO 1 HUACHO_1966 Max	X	0.01260	28	0	-1.275	6.55
Piso 1	CASO 1 HUACHO_1966 Max	X	0.00710	23	8	0	3.75

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°30 Derivas de entrepiso Caso 2 - Huacho 1966.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
Techo	CASO 2 HUACHO_1966 Max	X	0.00756	10	5.2	6.23	17.45
Piso 5	CASO 2 HUACHO_1966 Max	X	0.00739	50	0.9	17.11	14.95
Piso 4	CASO 2 HUACHO_1966 Max	X	0.00921	28	0	-1.275	12.15
Piso 3	CASO 2 HUACHO_1966 Max	X	0.01055	28	0	-1.275	9.35
Piso 2	CASO 2 HUACHO_1966 Max	X	0.01206	28	0	-1.275	6.55
Piso 1	CASO 2 HUACHO_1966 Max	X	0.00698	23	8	0	3.75

Fuente: Elaboración propia

➤ Sismo Ica - 2007

Tabla N°31 Derivas de entrepiso Caso 1 – Ica 2007.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
Techo	CASO 1 ICA_2007 Max	X	0.00807	10	5.2	6.23	17.45
Piso 5	CASO 1 ICA_2007 Max	X	0.00772	50	0.9	17.11	14.95
Piso 4	CASO 1 ICA_2007 Max	X	0.00942	28	0	-1.275	12.15
Piso 3	CASO 1 ICA_2007 Max	X	0.01093	28	0	-1.275	9.35
Piso 2	CASO 1 ICA_2007 Max	X	0.01195	28	0	-1.275	6.55
Piso 1	CASO 1 ICA_2007 Max	X	0.00673	52	7.1	0	3.75

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°32 Derivas de entrepiso Caso 2 – Ica 2007.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
Techo	CASO 2 ICA_2007 Max	X	0.00641	12	5.2	10.58	17.45
Piso 5	CASO 2 ICA_2007 Max	X	0.00727	50	0.9	17.11	14.95
Piso 4	CASO 2 ICA_2007 Max	X	0.00864	19	0	17.11	12.15
Piso 3	CASO 2 ICA_2007 Max	X	0.00975	19	0	17.11	9.35
Piso 2	CASO 2 ICA_2007 Max	X	0.01053	28	0	-1.275	6.55
Piso 1	CASO 2 ICA_2007 Max	X	0.00599	23	8	0	3.75

Fuente: Elaboración propia

➤ Sismo Lima - 1974.

Tabla N°33 Derivas de entrepiso Caso 1 – Lima 1974.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
Techo	CASO 1 LIMA_1974 Max	X	0.00817	12	5.2	10.58	17.45
Piso 5	CASO 1 LIMA_1974 Max	X	0.00919	28	0	-1.275	14.95
Piso 4	CASO 1 LIMA_1974 Max	X	0.01121	28	0	-1.275	12.15
Piso 3	CASO 1 LIMA_1974 Max	X	0.01284	28	0	-1.275	9.35
Piso 2	CASO 1 LIMA_1974 Max	X	0.01407	28	0	-1.275	6.55
Piso 1	CASO 1 LIMA_1974 Max	X	0.00809	52	7.1	0	3.75

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°34 Derivas de entrepiso Caso 2 – Lima 1974.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
					m	m	m
Techo	CASO 2 LIMA_1974 Max	X	0.00839	10	5.2	6.23	17.45
Piso 5	CASO 2 LIMA_1974 Max	X	0.00871	28	0	-1.275	14.95
Piso 4	CASO 2 LIMA_1974 Max	X	0.01099	28	0	-1.275	12.15
Piso 3	CASO 2 LIMA_1974 Max	X	0.01278	28	0	-1.275	9.35
Piso 2	CASO 2 LIMA_1974 Max	X	0.01379	28	0	-1.275	6.55
Piso 1	CASO 2 LIMA_1974 Max	X	0.00772	23	8	0	3.75

Fuente: Elaboración propia

A partir de los 3 pares de registro sísmicos, se han obtenidos las derivas de entrepiso para el eje X-X como ejemplo, ya que en este eje se adicionara disipadores de energía de fluido viscoso, en el otro eje también se analizó de la misma manera.

Tabla N°35 Resumen Análisis Dinámico Tiempo - Historia en "X-X".

PISO	HUACHO_1966		ICA_2007		LIMA_1974		A.D.ESPEC TRAL R=1
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	
Techo	0.00719	0.00756	0.00807	0.00641	0.00817	0.00839	0.00995
Piso 5	0.00757	0.00739	0.00772	0.00727	0.00919	0.00871	0.01083
Piso 4	0.00972	0.00921	0.00942	0.00864	0.01121	0.01099	0.01364
Piso 3	0.01148	0.01055	0.01093	0.00975	0.01284	0.01278	0.01584
Piso 2	0.01260	0.01206	0.01195	0.01053	0.01407	0.01379	0.01707
Piso 1	0.00710	0.00698	0.00673	0.00599	0.00809	0.00772	0.00943

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°36 Resumen Análisis Dinámico Tiempo - Historia en “Y-Y”.

PISO	HUACHO_1966		ICA_2007		LIMA_1974		A.D.ESPEC TRAL R=1
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	
Techo	0.00301	0.00350	0.00367	0.00357	0.00289	0.00273	0.00461
Piso 5	0.00399	0.00457	0.00558	0.00544	0.00555	0.00504	0.00750
Piso 4	0.00497	0.00586	0.00709	0.00724	0.00724	0.00677	0.00959
Piso 3	0.00587	0.00706	0.00825	0.00874	0.00865	0.00840	0.01131
Piso 2	0.00629	0.00776	0.00868	0.00956	0.00928	0.00940	0.01200
Piso 1	0.00367	0.00461	0.00504	0.00565	0.00531	0.00553	0.00690

Fuente: Elaboración propia

4.6.6 DETERMINACION DEL SISMO DE DISEÑO

Una vez obtenido las derivas de entrepiso de los tres pares de registros sísmicos en los dos casos de análisis ante un sismo severo, se determina el sismo de diseño a usar, mediante el cual se calculara las características del disipador de fluido viscoso.

Se determina las diferencias existentes entre las derivas de entrepiso halladas a través del análisis dinámico tiempo historia lineal y las derivas de entrepiso halladas con el análisis dinámico – modal espectral con un coeficiente de reducción sísmica $R=1$, a través de un cociente.

Se recomienda descartar aquellos casos en los cuales el cociente este por debajo del valor de 0.8, debido a que estarían a un -20% de similitud ante el espectro de diseño, se elegirán aquellos casos que estén más próximos a la unidad, de este modo se garantiza la mayor similitud de severidad.

Tabla N°37 Cociente de derivas de entrepiso del análisis dinámico tiempo historia lineal vs análisis dinámico modal espectral $R=1$, eje X-X

PISO	HUACHO_1966		ICA_2007		LIMA_1974	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
Techo	0.72	0.76	0.81	0.64	0.82	0.84
Piso 5	0.70	0.68	0.71	0.67	0.85	0.80
Piso 4	0.71	0.68	0.69	0.63	0.82	0.81
Piso 3	0.73	0.67	0.69	0.62	0.81	0.81
Piso 2	0.74	0.71	0.70	0.62	0.82	0.81
Piso 1	0.75	0.74	0.71	0.64	0.86	0.82

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro anterior podemos ver que el caso 1 del sismo de Huacho 1966, posee una similitud máxima 75% en el piso 1 y en el resto de los niveles estando muy por debajo del 80%, por lo tanto se descarta el mencionado caso, para el caso 2 del mismo sismo existe una similitud del 74% en el piso1, para el resto de los niveles estando por debajo 80 % por ende se descarta el mencionado caso por estar alejado de la unidad.

El sismo de Ica 2007 caso 1, posee una similitud de 71% en el último nivel y en el resto de los pisos inferior al 80%, por lo tanto se descarta el mencionado caso, en el caso 2 del mismo sismo se descarta debido a que presenta valores muy inferiores al 80%.

El sismo de Lima 1974 caso 1, posee una similitud de 86% en el piso1, en el piso 2 posee un 82% de similitud y para el resto de los niveles mayor al 80% de similitud, para el caso 2 del mismo sismo se descarta debido a que presenta valores no mayores al 84% de similitud.

Por lo tanto se eligió como sismo de diseño el Caso 1 Sismo Lima 1974 y se eliminan el resto de los acelerogramas de análisis, con este sismo se calcularán las propiedades del disipador de fluido viscoso.

Tabla N°38 Sismo de diseño Caso 1 Lima 1974, eje "X-X".

SISMO DE DISEÑO EJE "X-X"			
PISO	CASO 1_LIMA_1974		
	CASO 1	E_030	CONTROL
Techo	0.00817	0.007	CORREGIR
Piso 5	0.00919	0.007	CORREGIR
Piso 4	0.01121	0.007	CORREGIR
Piso 3	0.01284	0.007	CORREGIR
Piso 2	0.01407	0.007	CORREGIR
Piso 1	0.00809	0.007	CORREGIR

Fuente: Elaboración propia

Para el eje “Y-Y”, se determina del mismo modo y se elige como sismo de diseño el Caso 1 Sismo Lima 1974 y se eliminan el resto de los acelerogramas de análisis, con este sismo se calcularan las propiedades del disipador de fluido viscoso.

Tabla N°39 Sismo de diseño Caso 1 Lima 1974, eje “Y-Y”.

SISMO DE DISEÑO EJE "Y-Y"			
PISO	CASO 1_LIMA_1974		
	CASO 1	E_030	CONTROL
Techo	0.00289	0.007	OK
Piso 5	0.00555	0.007	OK
Piso 4	0.00724	0.007	CORREGIR
Piso 3	0.00865	0.007	CORREGIR
Piso 2	0.00928	0.007	CORREGIR
Piso 1	0.00531	0.007	OK

Fuente: Elaboración propia

4.6.7 AMORTIGUAMIENTO DE DISEÑO

Para el diseño se considera como deriva objetivo el valor de 0.7%, vale indicar que es la deriva máxima en edificaciones de concreto armado según la E030 – 2018. Los cálculos se realizaron para el eje “x”, en donde la distorsión máxima es de 14.07 % ante el sismo severo Caso 1 Lima 1974, estando muy por encima de la máxima permitida; en el eje “y” presenta una distorsión máxima de 9.28 %, que es mayor a la máxima permitida por la norma, por lo que es necesario usar disipadores.

4.6.8 FACTOR DE REDUCCION DE RESPUESTA (β_x)

Para el eje “X-X”: se determina mediante el cociente de:

$$\beta_x = \frac{D_{max X}}{D_{objetivo}}$$

Donde la distorsión máxima ($D_{m\acute{a}x}$ “X”) es la obtenida del análisis tiempo historia para el sismo de diseño seleccionado.

$$\beta_x = \frac{0.01407}{0.007}$$

$$\beta_x = 2.011$$

Para el eje "Y-Y"

$$\beta_y = \frac{D_{max} Y}{D_{objetivo}}$$

$$\beta_y = \frac{0.009277}{0.007}$$

$$\beta_y = 1.325$$

4.6.9 AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO (β_{eff})

Se obtiene de la siguiente ecuación:

$$\beta_x = \frac{2.31 - 0.41 \ln(\beta_o)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{eff})}$$

Donde β_o es el amortiguamiento inherente de la estructura que usualmente se fija en 5% para estructuras de concreto armado.

Para el eje "X-X": $\beta_{eff. x} = 37.82\%$.

Para el eje "Y-Y": $\beta_{eff. y} = 20.42\%$.

4.7.0 AMORTIGUAMIENTO VISCOSO (β_h)

Aquí se procede a descontar el amortiguamiento inherente propio de las estructuras de concreto armado, dando como resultado un amortiguamiento viscoso.

Para el eje "X-X": $\beta_{hx} = \beta_{eff} - 5\%$

$$\beta_{hx} = 37.82\% - 5\% = 32.82\%$$

$$\beta_{hx} = 32.82\%$$

Para el eje "Y-Y":

$$\beta_{hy} = 20.42\% - 5\% = 15.42\%$$

$$\beta_{hy} = 15.42\%$$

Los fabricantes recomiendan que los disipadores de fluido viscoso, sean diseñados teniendo en consideración para el cálculo un amortiguamiento viscoso (βh) en el intervalo de 20 a 40%.

En nuestro caso el resultado para el eje “x-x”, se encuentra dentro del rango establecido por el fabricante y para el eje “y-y” se considera como valor mínimo 20%; por lo tanto se continúa con los cálculos siguientes con mayor seguridad.

4.7.1 RIGIDEZ DEL BRAZO METALICO

Estos dispositivos irán anclados en los pórticos en la disposición inicial Chevron Brace mejorado, de no cumplir con el comportamiento histeretico, estos podrán modificarse en otra posición, de tal manera con cumplir un comportamiento histeretico adecuado.

Para el cálculo de la rigidez del brazo metálico, se usara como primera interacción un perfil metálico Round HSS 20 x 0.375, cuyas características se encuentran en el AISC Steel Construction Manual 13th.

Tabla N°40 Dimensiones del brazo metálico Round HSS 20.00*0.375.

Dimensiones Round HSS 20.00 * 0.375				
D ext. (in)	D int. (in)	Espesor (in)	Area (in ²)	Inercia (in ⁴)
20	19.651	0.349	21.5	1040

Fuente: el AISC Steel Construction Manual 13th.

Se procede a calcular la rigidez del brazo metálico mediante:

$$K = \frac{EA}{L}$$

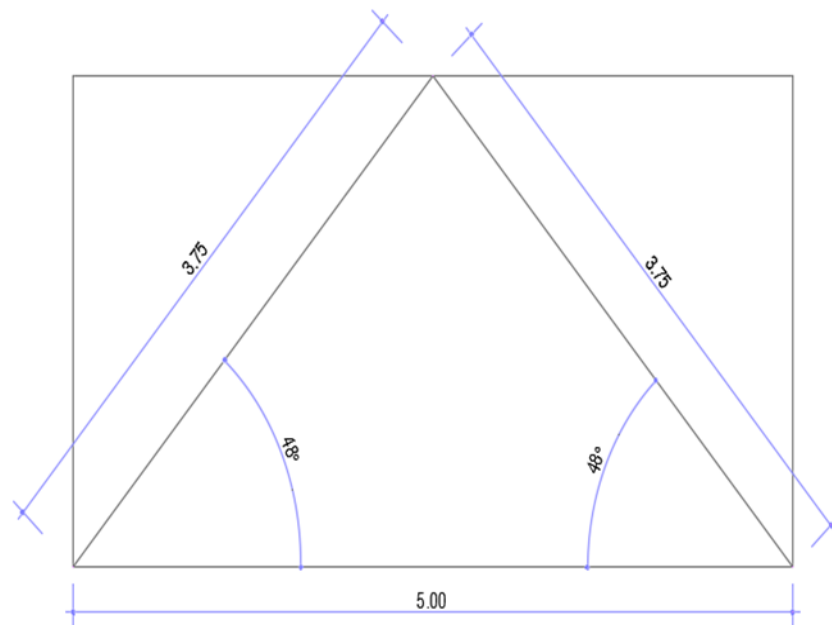
Dónde:

E acero = 29000 ksi = 20.4×10^6 T/m²

Área = 21.5 in² = 138.71×10^{-4} m²

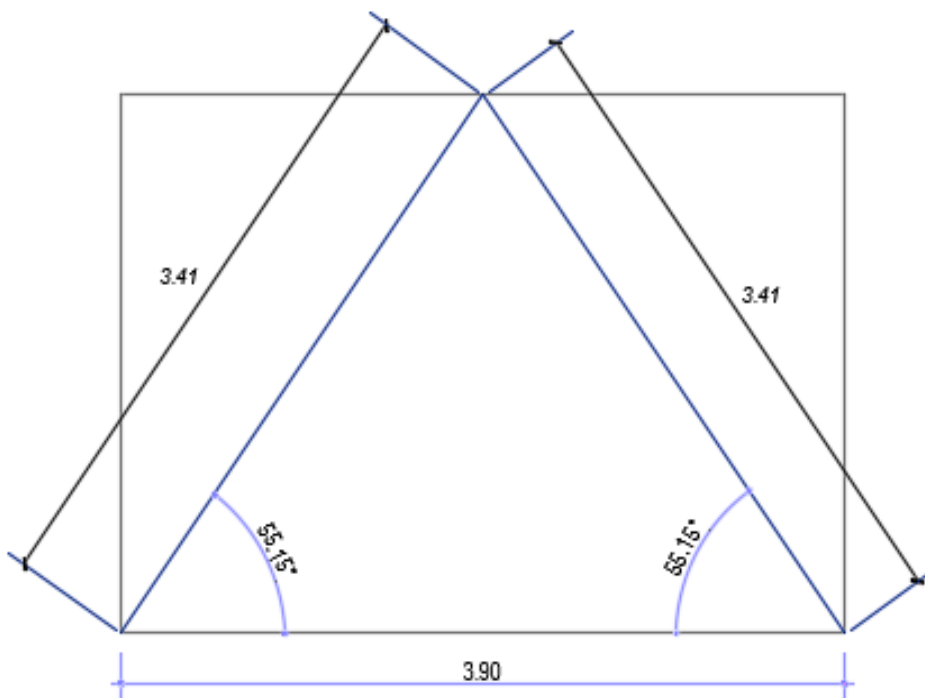
L = Longitud del brazo metálico, en la **Fig.58** se muestra el valor de L.

Fig.58 Longitud del brazo metálico eje “x-x”, Disposición Chevron Brace 2do al 5to nivel.



Fuente: Elaboración propia

Fig. 59 Longitud del brazo metálico eje “y-y”, Disposición Chevron Brace 2do al 5to nivel.



Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto:

L piso = 3.75 m

L piso = 3.41 m

Kx. piso 1 = 75,458.24 t/m²

Ky. 2-5 = 86,270.85 t/m²

4.7.2 EXPONENTE DE VELOCIDAD Y PARAMETRO LAMBDA

El exponente que se usa para un amortiguamiento viscoso no lineal es de $\alpha = 0.5$, dando un valor de $\lambda = 3.5$, cuyos datos son extraídos del FEMA 274 -1997.

4.7.3 COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO NO LINEAL

Se determina mediante la siguiente expresión propuesta por el FEMA 274:

$$\beta_H = \frac{\sum_j \lambda C_j \phi_j^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j}{2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \sum_i m_i \phi_i^2} \rightarrow \sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} (\sum_i m_i \phi_i^2)}{\lambda (\sum \phi_j^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j)} \quad (3.4)$$

Dónde:

β_H - amortiguamiento viscoso de la estructura

λ - parámetro lambda

C_j - coeficiente de amortiguamiento del disipador j

ϕ_j - desplazamiento relativo entre ambos extremos del disipador j en la dirección horizontal (con nuestro sismo de diseño)

θ_j - ángulo de inclinación del disipador j

A - amplitud de desplazamiento del modo fundamental (desplazamiento modal de la losa del último nivel)

ω - frecuencia angular

m_i - masa del nivel i

ϕ_i - desplazamiento del nivel i (con nuestro sismo de diseño)

Se procede a calcular los valores que conforman la ecuación del coeficiente de amortiguamiento no lineal por separado para reemplazarlo.

4.7.3.1 AMPLITUD DE DESPLAZAMIENTO RELATIVO DEL MODO 1

En este caso se plantea colocar disipadores de fluido viscoso en el eje “x-x” e “y-y” de la edificación, por lo tanto se calculara el desplazamiento relativo máximo del modo 1, asimismo la máxima amplitud en ambas direcciones por separado.

Tabla N°41 Desplazamientos modales relativos del piso1 al piso 5 eje “x-x”.

PISO	MODO	DESPLAZAMIENTO MODAL-PORTICO	DESPLAZAMIENTO MODAL-RELATIVO
5	1	0.0068	1.000
4	1	0.0058	0.853
3	1	0.0045	0.662
2	1	0.0029	0.426
1	1	0.0013	0.191

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro se procede a extraer la máxima amplitud dada en el eje “x”, donde se plantea incorporar disipadores de fluido viscoso.

$$A = 0.853 \text{ m}$$

Tabla N°42 Desplazamientos modales relativos del piso1 al piso 5 eje “y-y”.

PISO	MODO	DESPLAZAMIENTO MODAL-PORTICO	DESPLAZAMIENTO MODAL-RELATIVO
5	1	0.0056	1.000
4	1	0.0047	0.839
3	1	0.0036	0.643
2	1	0.0023	0.411
1	1	0.001	0.179

Fuente: Elaboración propia

Del cuadro se procede a extraer la máxima amplitud dada en el eje “y”, donde se plantea incorporar disipadores de fluido viscoso.

$$A = 0.839 \text{ m}$$

4.7.3.2 FRECUENCIA ANGULAR

En este caso la edificación presenta un periodo natural de vibración en el eje “x”: $t = 0.691$ seg y para el eje “y”: $t = 0.615$ seg.

La frecuencia angular se halla mediante el cociente de:

Para el eje “X-X”:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Por lo tanto: $\omega = 9.09$ rad/seg.

Para el eje “Y-Y”:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

Por lo tanto: $\omega = 10.22$ rad/seg.

4.7.3.3 PESO SISMICO POR PISO

Este dato es extraído del programa Etabs 2016.

Tabla N°43 Masa y peso sísmico de la edificación del 1ro al último nivel.

PISO	MASA (tn-seg ² /m)	PESO SISMICO (tn)
Techo	0.9359	9.181179
5	12.97345	127.269545
4	15.52811	152.330759
3	15.52811	152.330759
2	15.52811	152.330759
1	15.83408	155.332325

Fuente: Elaboración propia

4.7.3.4 DESPLAZAMIENTO DEL MODO 1 EN EL PORTICO

Este dato es extraído del programa Etabs 2016.

➤ Para el eje “X-X”:

Tabla N°44 Desplazamiento del modo 1 del 1er al 5to nivel.

PISO	MODO	ϕ_i
5	1	17.056
4	1	14.484
3	1	11.222
2	1	7.336
1	1	3.164

Fuente: Elaboración propia

➤ Para el eje “Y-Y”:

Tabla N°45 Desplazamiento del modo 1 del 1er al 5to nivel

PISO	MODO	ϕ_i
5	1	9.950
4	1	8.535
3	1	6.671
2	1	4.405
1	1	1.945

Fuente: Elaboración propia

4.7.3.5 DESPLAZAMIENTOS RELATIVOS EN AMBOS EXTREMOS DEL PORTICO QUE ALBERGARA EL DISIPADOR

➤ Para el eje “X-X”:

Tabla N°46 Desplazamientos relativos en los extremos del disipador del 1al 5to nivel, “x-x”.

PISO	MODO	NUDO i	NUDO i+1	ϕ_{rj}
5	1	0.1706	0	0
4	1	0.1448	0.1706	0.0257
3	1	0.1122	0.1448	0.0326
2	1	0.0734	0.1122	0.0389
1	1	0.0316	0.0734	0.0417
Base	1	0.0000	0.0316	0.0316

Fuente: Elaboración propia

➤ Para el eje “Y-Y”:

Tabla N°47 Desplazamientos relativos en los extremos del disipador del 1al 5to nivel, “y-y”.

PISO	MODO	NUDO i	NUDO i+1	ϕ_{rj}
5	1	0.0995	0.0000	0
4	1	0.0854	0.0995	0.0141
3	1	0.0667	0.0854	0.0186
2	1	0.0440	0.0667	0.0227
1	1	0.0195	0.0440	0.0246
Base	1	0.0000	0.0195	0.0195

Fuente: Elaboración propia

De las **Tablas N°43, 44 y 46**, se ingresa en el siguiente cuadro general para luego realizar el cálculo del amortiguamiento efectivo.

➤ Para el eje “X-X”:

Tabla N°48 Cálculos realizados para el amortiguamiento no lineal del disipador eje “x-x”.

PISO	MASA (tn-seg2/m)	COS θ	COS θ ^(1+α) * φ _j ^(1+α)	m * φ _i ²
5	12.97345	0.666012	0.002241835	0.377
4	15.52811	0.666012	0.003202108	0.326
3	15.52811	0.666012	0.004162935	0.196
2	15.52811	0.666012	0.004631525	0.084
1	15.83408	0.572575	0.002438849	0.016
			0.014238404	0.983

θ 1er ni = 55.07

θ 2do ni = 48.24

$$\sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \left(\sum m_i \phi_i^2 \right)}{\lambda \left(\sum \phi_{ij}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j \right)} \quad (3.4)$$

ΣC_j= **1029.55** Tn.s/m

➤ Para el eje “Y-Y”:

Tabla N°49 Cálculos realizados para el amortiguamiento no lineal del disipador eje “y-y”.

PISO	MASA (tn-seg2/m)	COS θ	COS θ ^(1+α) * φ _j ^(1+α)	m * φ _i ²
5	12.97345	0.5714299	0.000726607	0.128
4	15.52811	0.5714299	0.001099457	0.113
3	15.52811	0.5714299	0.001473899	0.069
2	15.52811	0.5714299	0.001666254	0.03
1	15.83408	0.4783854	0.000897576	0.006
			0.004239610	0.212

θ 1er nivel = 61.42

θ 2do nivel = 55.15

$$\sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 2\pi A^{1-\alpha} \omega^{2-\alpha} \left(\sum m_i \phi_i^2 \right)}{\lambda \left(\sum \phi_{ij}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta_j \right)} \quad (3.4)$$

ΣC_j= **537.38** Tn.s/m

4.7.3.6 COEFICIENTE DE AMORTIGUAMIENTO NO LINEAL UNITARIO

- Para el eje "X-X":

En este eje se va a emplear 4 disipadores de fluido viscoso por nivel, 2 en el eje frontal del edificio y los otros dos en la parte trasera, por lo tanto el coeficiente unitario será:

$$C_j = \frac{\Sigma C_j}{N^\circ \text{ disipadores}}$$

$$C_j = 1029.55/4$$

$$C_j = 257.39 \text{ Tn.s/m}$$

Los valores calculados se redondean al máximo superior, cuyos datos serán ingresados al programa Etabs 2016, por lo tanto se muestra el siguiente cuadro de resumen.

Tabla N°50 Cuadro de resumen de datos para el programa Etabs 2016, eje "x-x".

RESUMIENDO:		
DIRECCION "X-X"		
2DO AL 5TO Nivel		
Kx=	75,458.24	tn/m
Cj =	258	Tn.s/m
$\alpha =$	0.5	

Fuente: Elaboración propia

- Para el eje "Y-Y":

En este eje se va a emplear 4 disipadores de fluido viscoso por nivel, 2 en el lado derecho edificio y los otros dos en la parte izquierda, por lo tanto el coeficiente unitario será:

$$C_j = \frac{\Sigma C_j}{N^\circ \text{ disipadores}}$$

$$C_j = 537.38/4$$

$$C_j = 134.35 \text{ Tn.s/m}$$

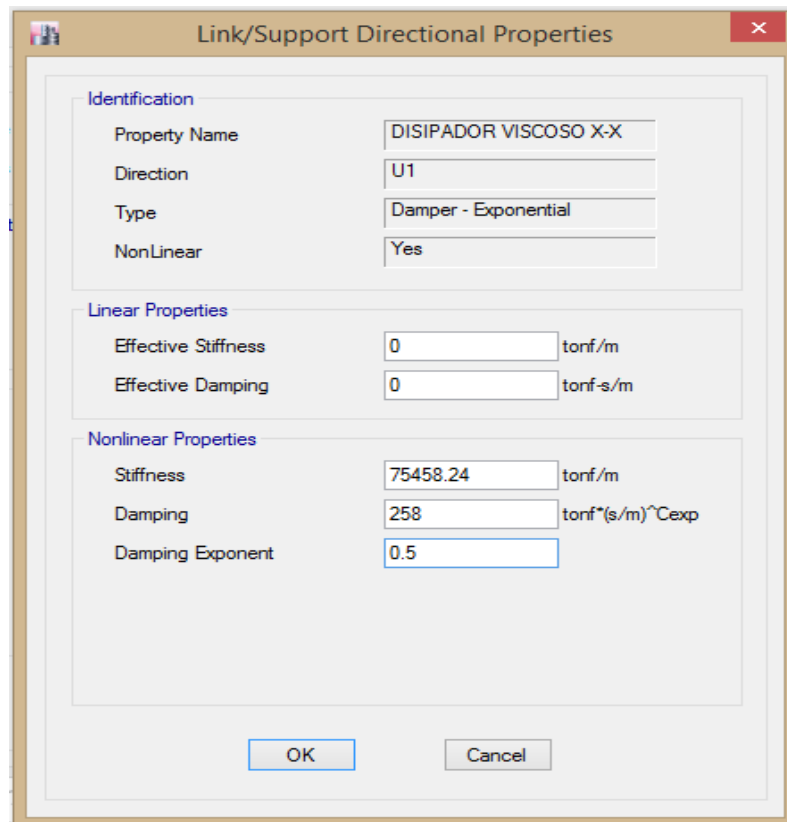
Los valores calculados se redondean al máximo superior, cuyos datos serán ingresados al programa Etabs 2016, por lo tanto se muestra el siguiente cuadro de resumen.

Tabla N°51 Cuadro de resumen de datos para el programa Etabs 2016, eje “y-y”.

RESUMIENDO:		
DIRECCION "Y-Y"		
2DO AL 4TO Nivel		
Kx=	86,270.85	tn/m
Cj =	135	Tn.s/m
$\alpha =$	0.5	

Fuente: Elaboración propia

Fig. 60 Propiedades del disipador de fluido viscoso del 2do al 5to nivel eje “x-x”.



Fuente: Elaboración propia

Fig. 61 Propiedades del disipador de fluido viscoso del 2do al 4to nivel eje “y-y”.

Identification	
Property Name	DISIPADOR VISCOSO Y-Y
Direction	U1
Type	Damper - Exponential
NonLinear	Yes

Linear Properties	
Effective Stiffness	0 tonf/m
Effective Damping	0 tonf-s/m

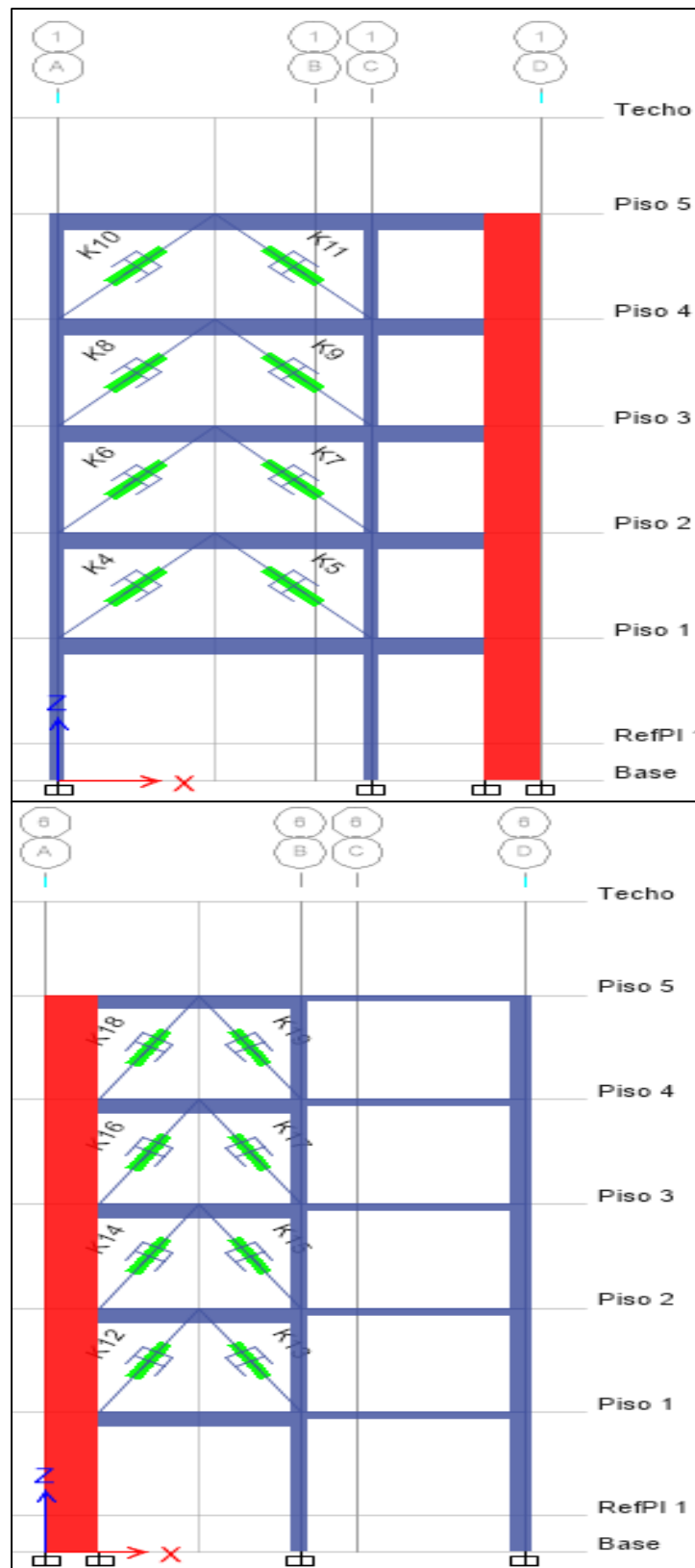
Nonlinear Properties	
Stiffness	86270.85 tonf/m
Damping	135 tonf*(s/m) ^{Cexp}
Damping Exponent	0.5

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra la edificación propuesta con el acoplamiento de disipadores de fluido viscoso en disposición Chevron brace, en la parte frontal y posterior del edificio (eje “x-x”).

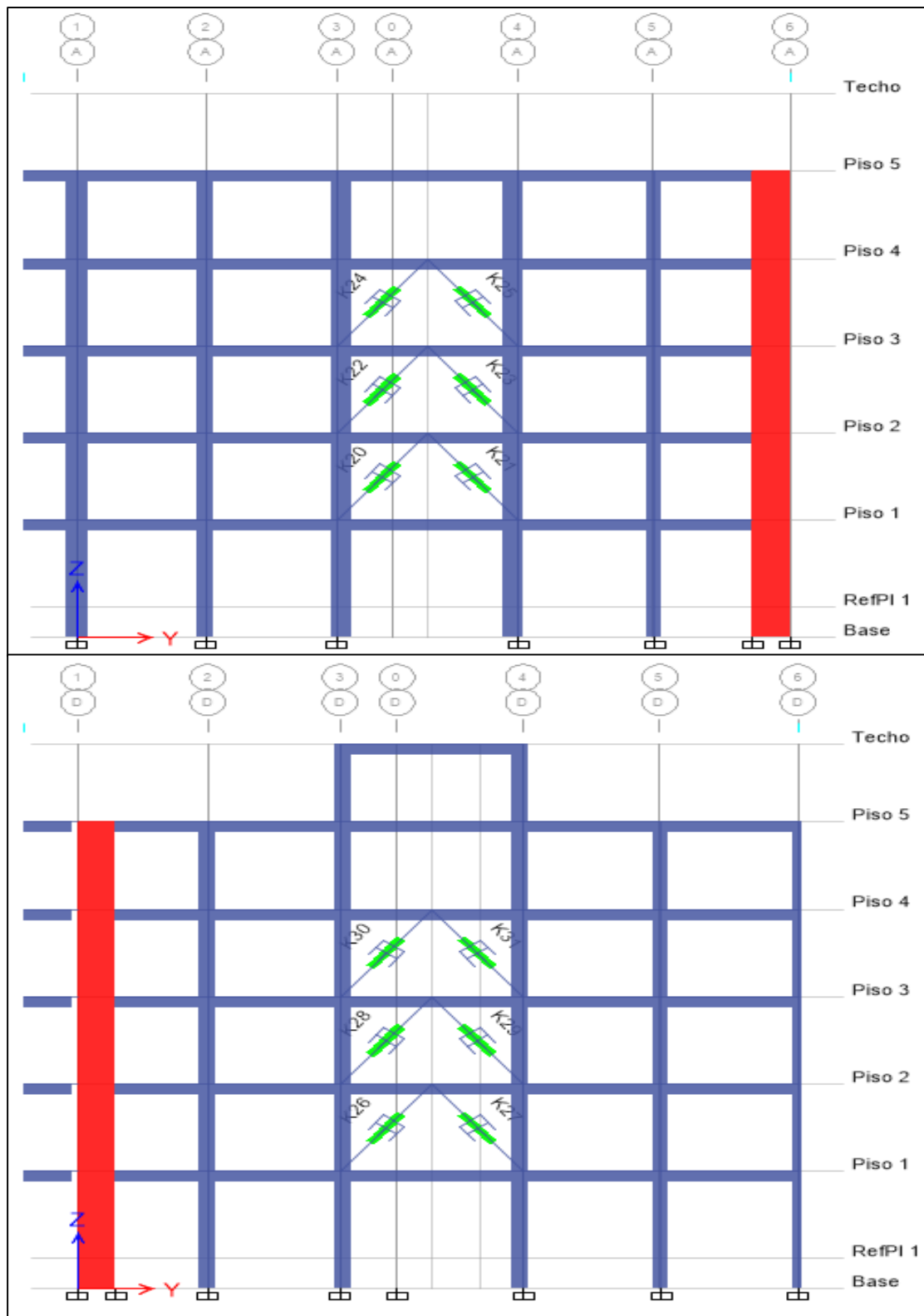
Del mismo modo se muestra para el eje “y-y”, con el acoplamiento de disipadores de fluido viscoso en el lado derecho e izquierdo de la edificación.

Fig. 62 Disipadores de fluido viscoso en la parte frontal y posterior del edificio eje "x-x".



Fuente: Elaboración propia

Fig. 63 Disipadores de fluido viscoso en la parte derecha e izquierda del edificio eje “y-y”.



Fuente: Elaboración propia

4.7.4 RESPUESTA DE LA EDIFICACION CON LOS DISIPADORES DE ENERGIA

Una vez acoplados los disipadores de fluido viscoso en el edificio en la disposición Chevron brace, se verifica si realmente cumple con la función de disminuir las derivas de entrepiso y satisfacer las demandas de la E030 – 2018, de tal modo que las derivas sean menores al valor de 7 ‰.

Las derivas obtenidas del análisis dinámico - tiempo historia no lineal con los disipadores de energía en el eje “x”, se muestran a continuación.

Tabla N°52 Control de derivas de entrepiso, análisis dinámico - tiempo historia no lineal, eje “X-X” (edificio con disipadores de fluido viscoso).

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Deriva Max Perm.	Control E-030 - 2018
					m	m	m		
Techo	CASO 1 LIMA_1974 Max	X	0.002521	10	5.2	6.23	17.45	0.007	OK
Piso 5	CASO 1 LIMA_1974 Max	X	0.001272	50	0.9	17.11	14.95	0.007	OK
Piso 4	CASO 1 LIMA_1974 Max	X	0.001866	19	0	17.11	12.15	0.007	OK
Piso 3	CASO 1 LIMA_1974 Max	X	0.002515	28	0	-1.275	9.35	0.007	OK
Piso 2	CASO 1 LIMA_1974 Max	X	0.004003	28	0	-1.275	6.55	0.007	OK
Piso 1	CASO 1 LIMA_1974 Max	X	0.003109	23	8	0	3.75	0.007	OK

Fuente: Elaboración propia

Tabla N°53 Control de derivas de entrepiso, análisis dinámico - tiempo historia no lineal en el eje “Y-Y” (edificio con disipadores).

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Deriva Max Perm.	Control E - 030
					m	m	m		
Techo	CASO 1 LIMA_1974 Max	Y	0.001977	12	5.2	10.58	17.45	0.007	OK
Piso 5	CASO 1 LIMA_1974 Max	Y	0.002145	51	0	16.21	14.95	0.007	OK
Piso 4	CASO 1 LIMA_1974 Max	Y	0.002874	51	0	16.21	12.15	0.007	OK
Piso 3	CASO 1 LIMA_1974 Max	Y	0.003663	16	0	13.86	9.35	0.007	OK
Piso 2	CASO 1 LIMA_1974 Max	Y	0.004647	28	0	-1.28	6.55	0.007	OK
Piso 1	CASO 1 LIMA_1974 Max	Y	0.003148	8	0	6.23	3.75	0.007	OK

Fuente: Elaboración propia

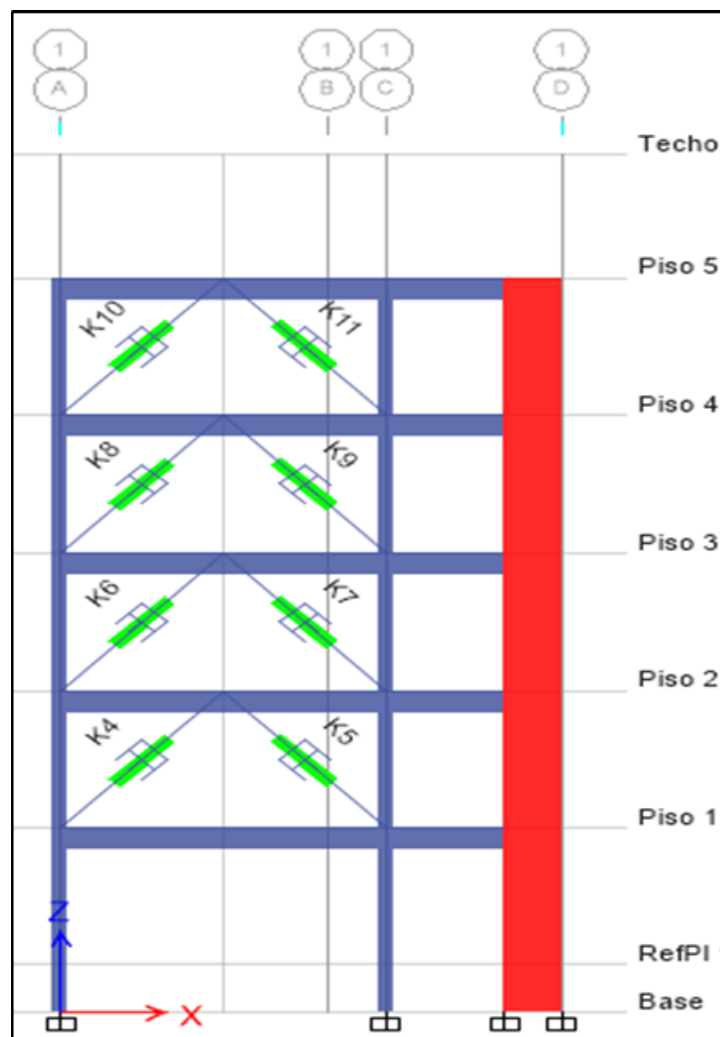
En la **Tabla N°52** se observa que la deriva máxima de entrepiso en la dirección “x-x” se reduce a 4.0 ‰ (edificio con disipadores) y en la **Tabla N°53** se observa que se reduce a 4.65 ‰ (edificio con disipadores), estando muy por debajo del valor máximo de 7‰ establecido por la E030-2018, lo cual es excelente.

4.7.5 VERIFICACION DEL COMPORTAMIENTO HISTERETICO DE LOS DISIPADORES

En este ítem se verifica el lazo histeretico de fuerza vs deformación de todos los disipadores de fluido viscoso, con el objetivo de mostrar el correcto comportamiento de estos, que deberán ser curvas elípticas en posición paralela al eje de las abscisas.

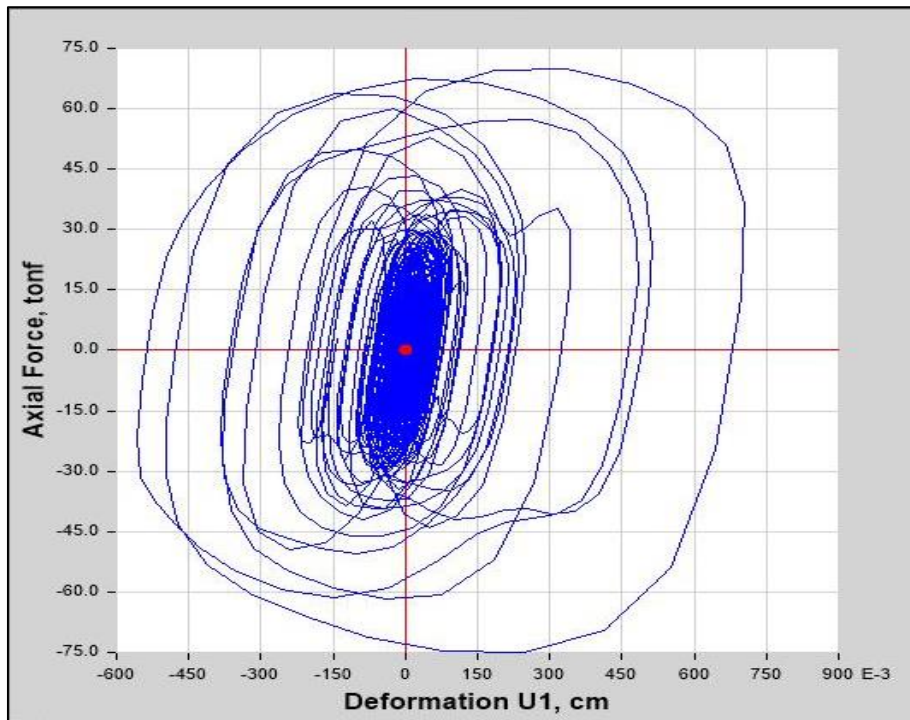
A continuación se muestra los siguientes gráficos y por niveles, el comportamiento histeretico de todos los disipadores de fluido viscoso de la edificación en el eje “x-x”.

Fig. 64 Vista del pórtico frontal con los disipadores de fluido viscoso acoplados.



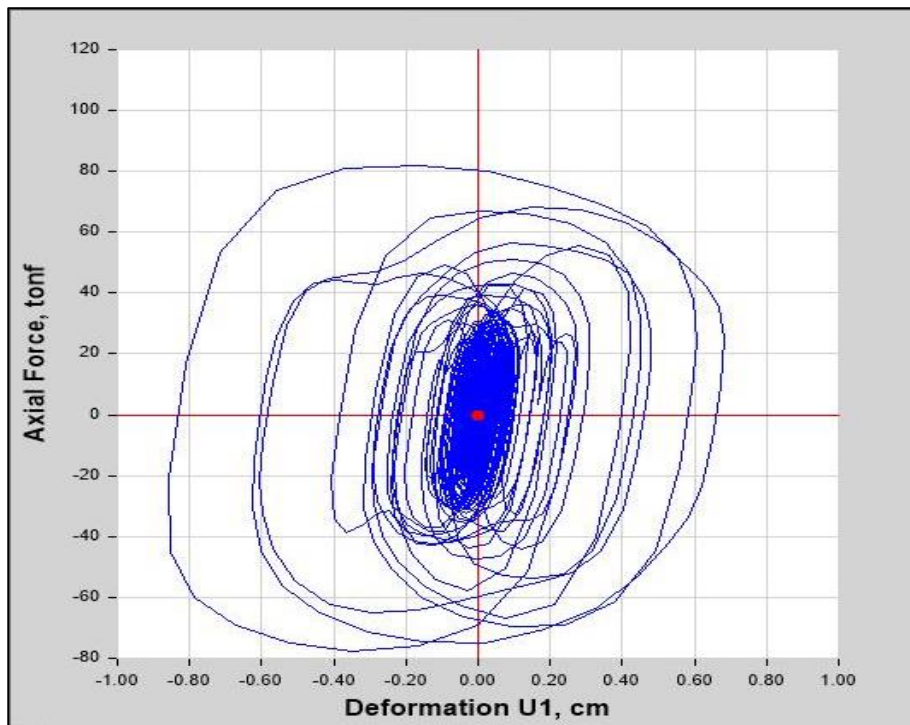
Fuente: Elaboración propia

Fig. 65 Comportamiento histeretico disipador K4 segundo nivel.



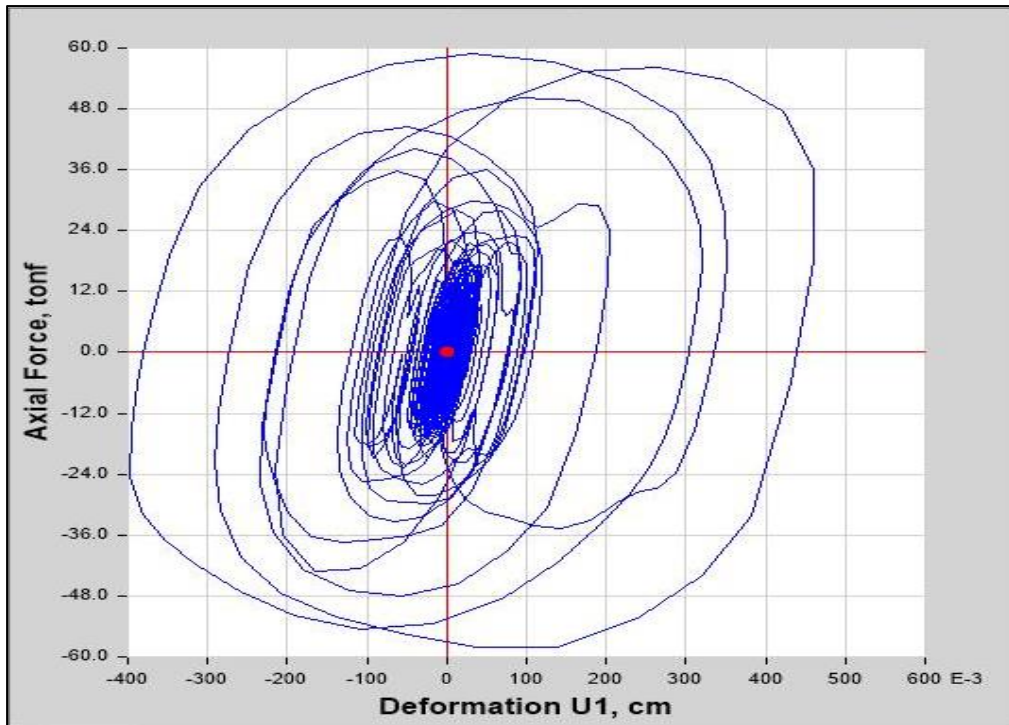
Fuente: Elaboración propia

Fig. 66 Comportamiento histeretico disipador K5 segundo nivel.



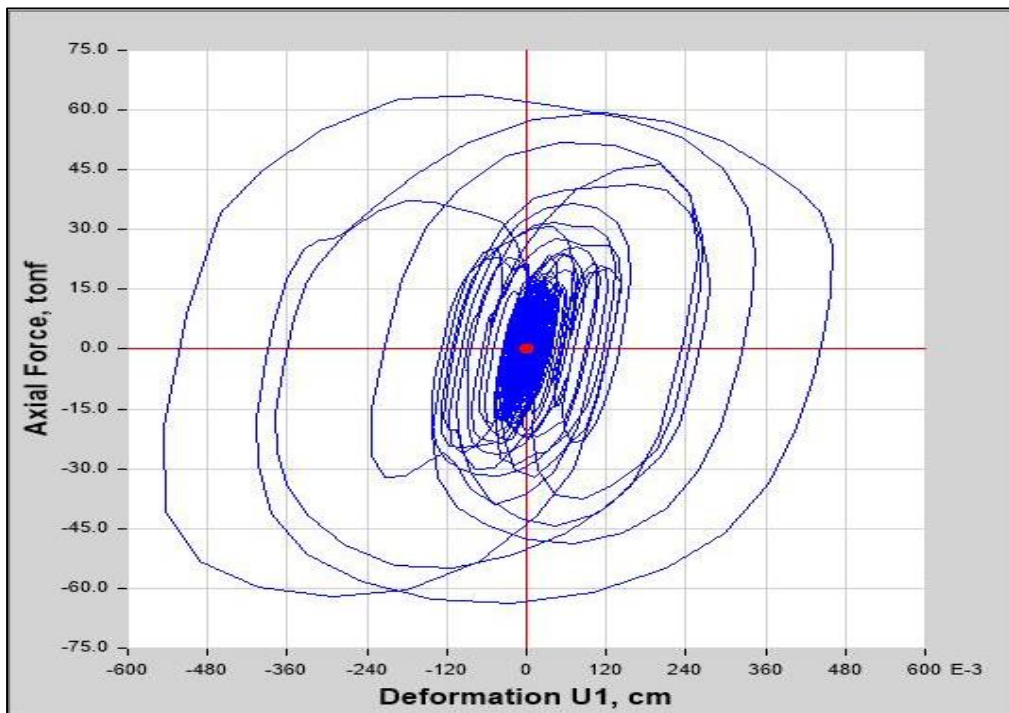
Fuente: Elaboración propia

Fig. 67 Comportamiento histeretico disipador K6 3er nivel.



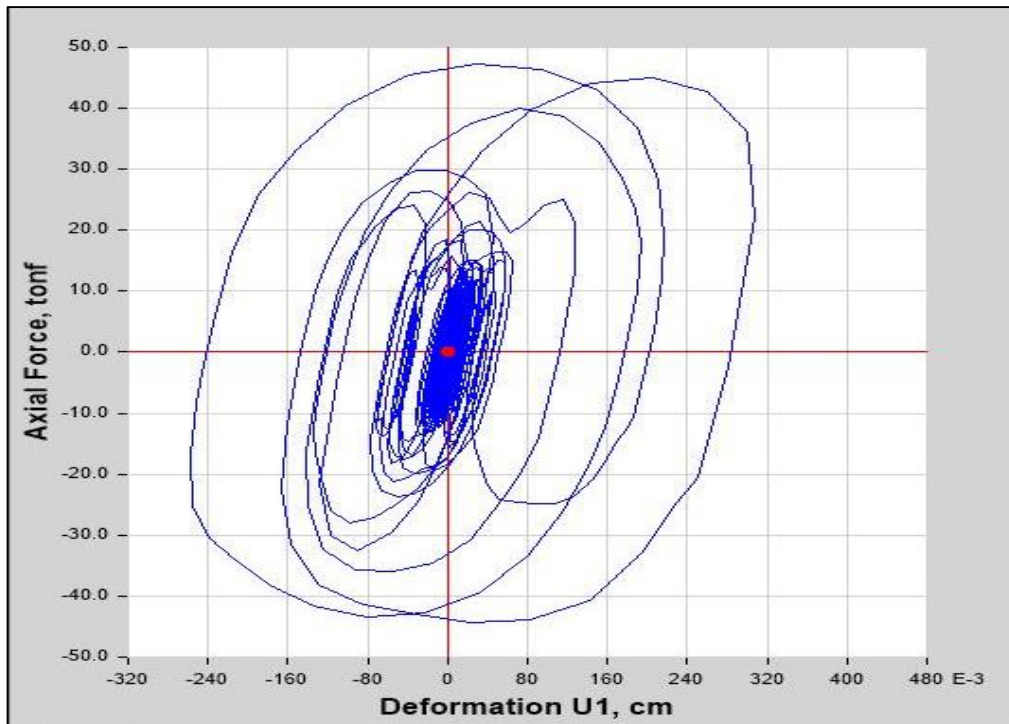
Fuente: Elaboración propia

Fig. 68 Comportamiento histeretico disipador K7 3er nivel.



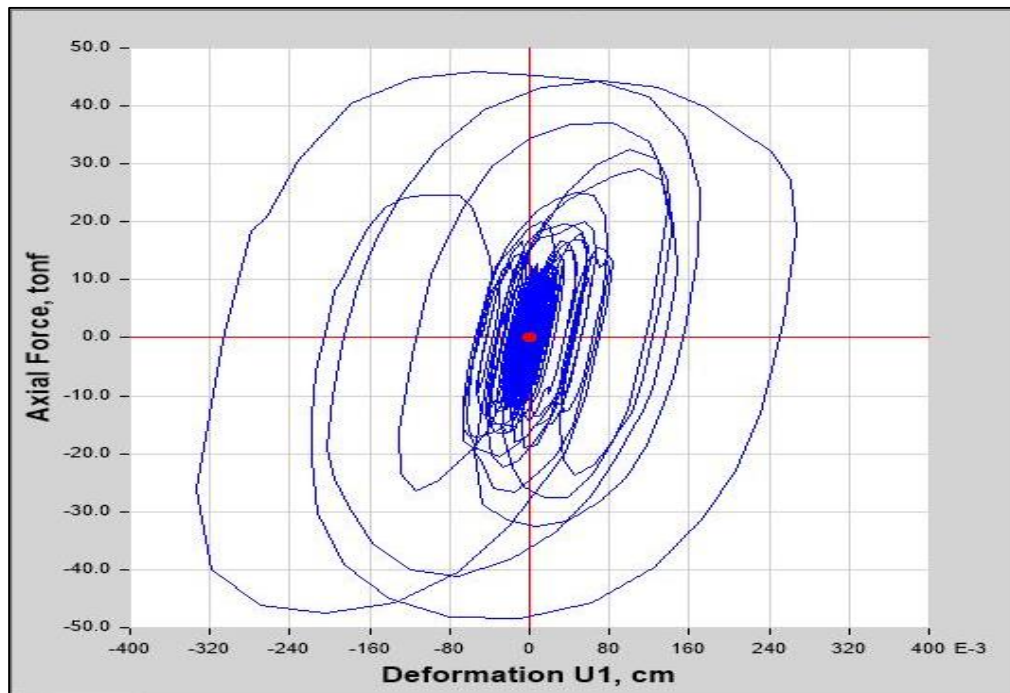
Fuente: Elaboración propia

Fig. 69 Comportamiento histeretico disipador K8 4to nivel.



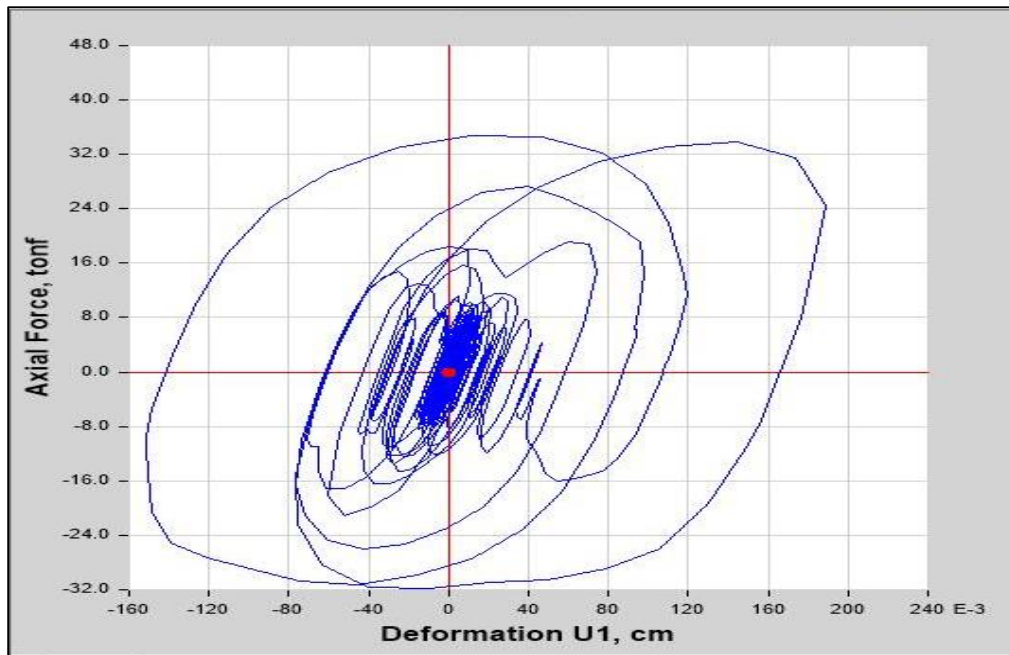
Fuente: Elaboración propia

Fig. 70 Comportamiento histeretico disipador K9 4to nivel.



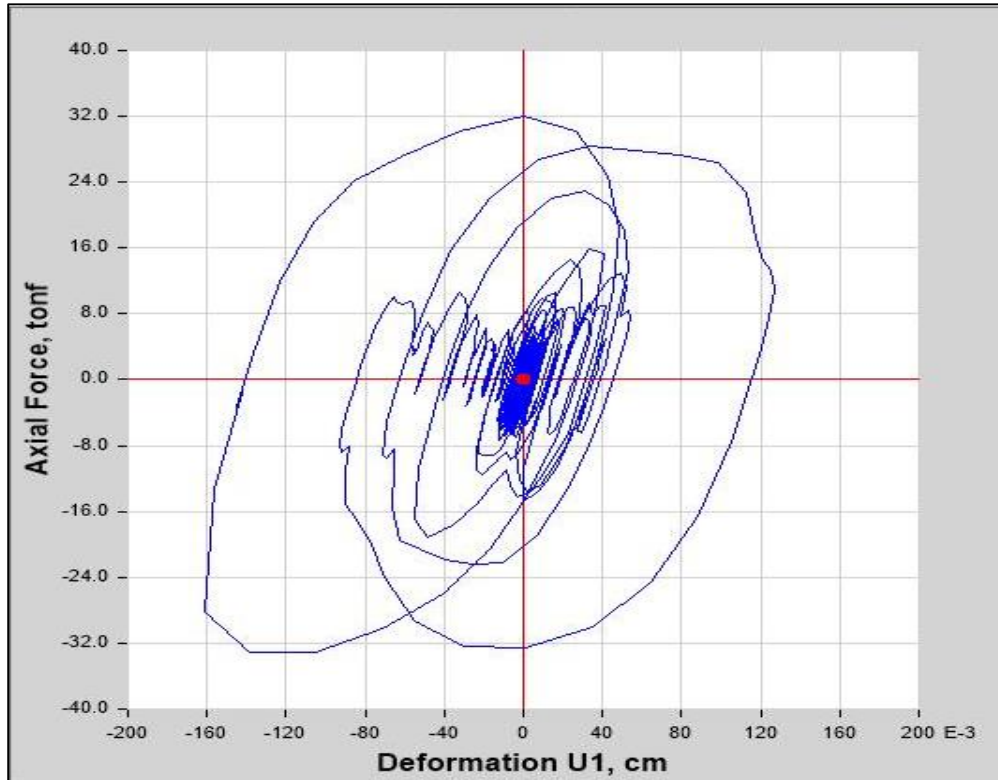
Fuente: Elaboración propia

Fig. 71 Comportamiento histeretico disipador K10 5to nivel.



Fuente: Elaboración propia

Fig. 72 Comportamiento histeretico disipador K11 5to nivel.

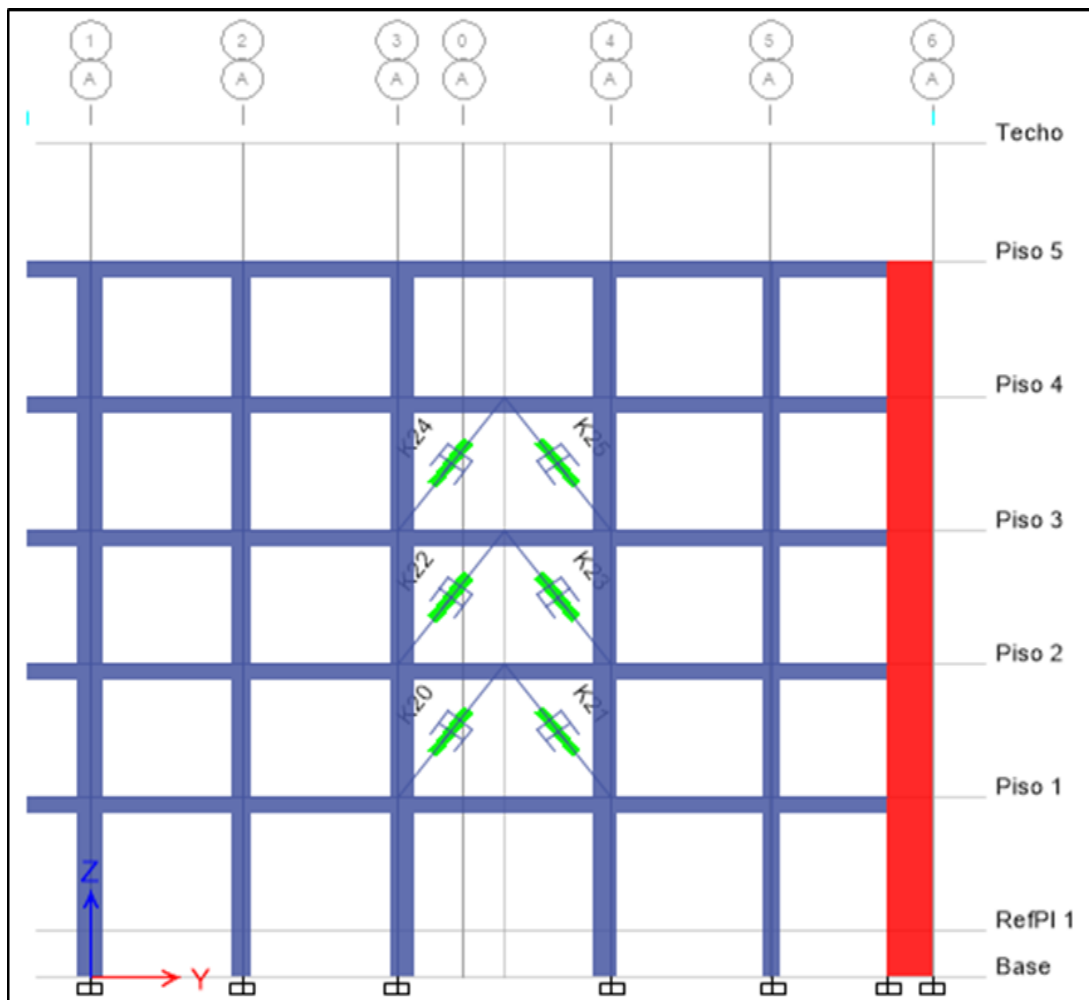


Fuente: Elaboración propia

Según los gráficos de las curvas histeréticas de cada uno de los disipadores acoplados en la parte frontal del edificio, se observa que todos cumplen con el comportamiento esperado, es decir presenta la forma elíptica propia de un disipador de fluido viscoso, lo cual hace suponer que están trabajando correctamente mediante el incremento del amortiguamiento y reducción de las derivas de entrepiso.

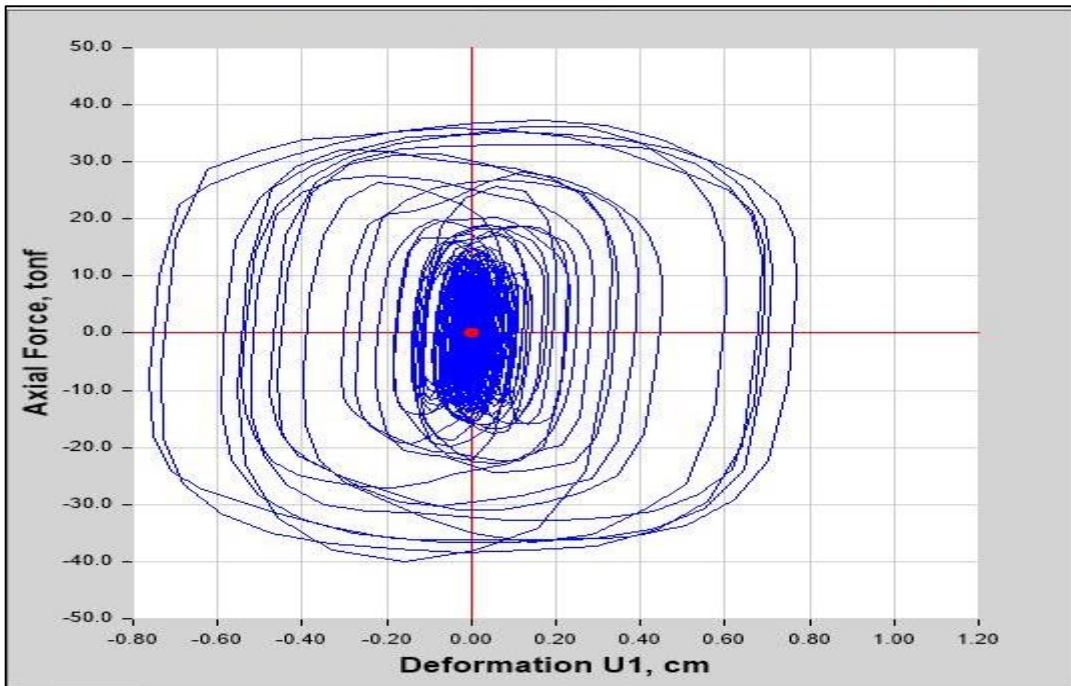
En el siguiente grafico se muestra ubicación de los disipadores acoplados en el eje “y-y” lado derecho de la edificación a manera de verificación.

Fig. 73 Edificación con disipadores de fluido viscoso en la parte derecha eje “y-y”.



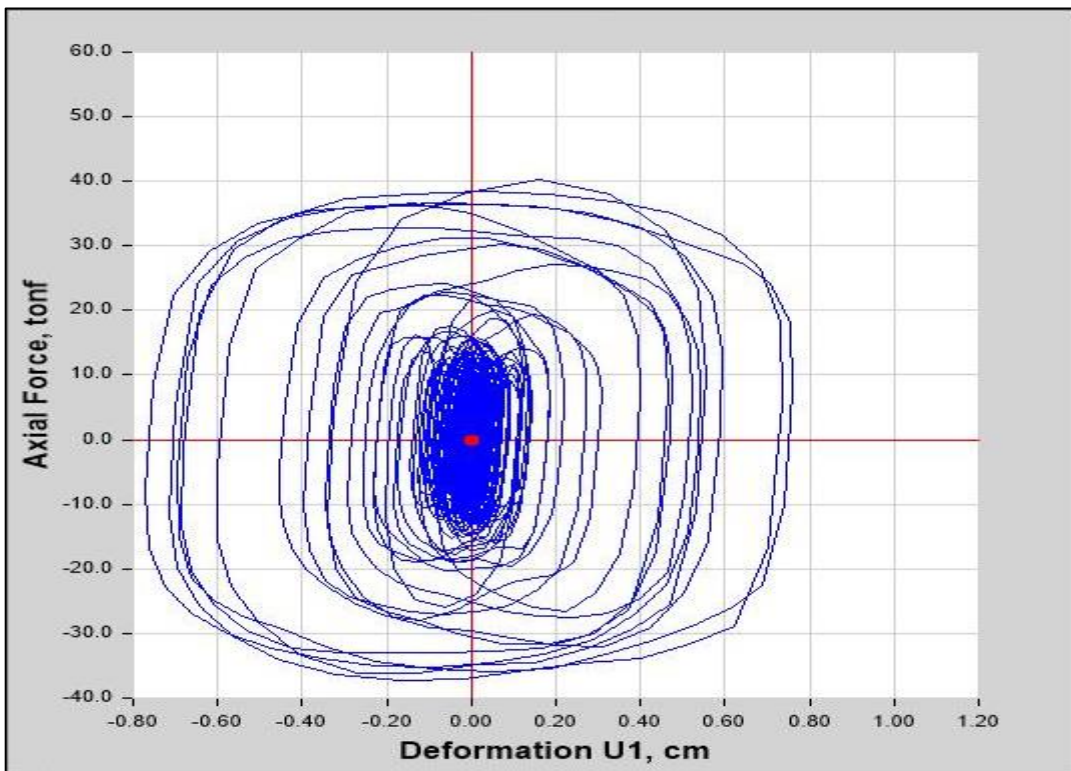
Fuente: Elaboración propia

Fig. 74 Comportamiento histeretico disipador K20, 2do nivel.



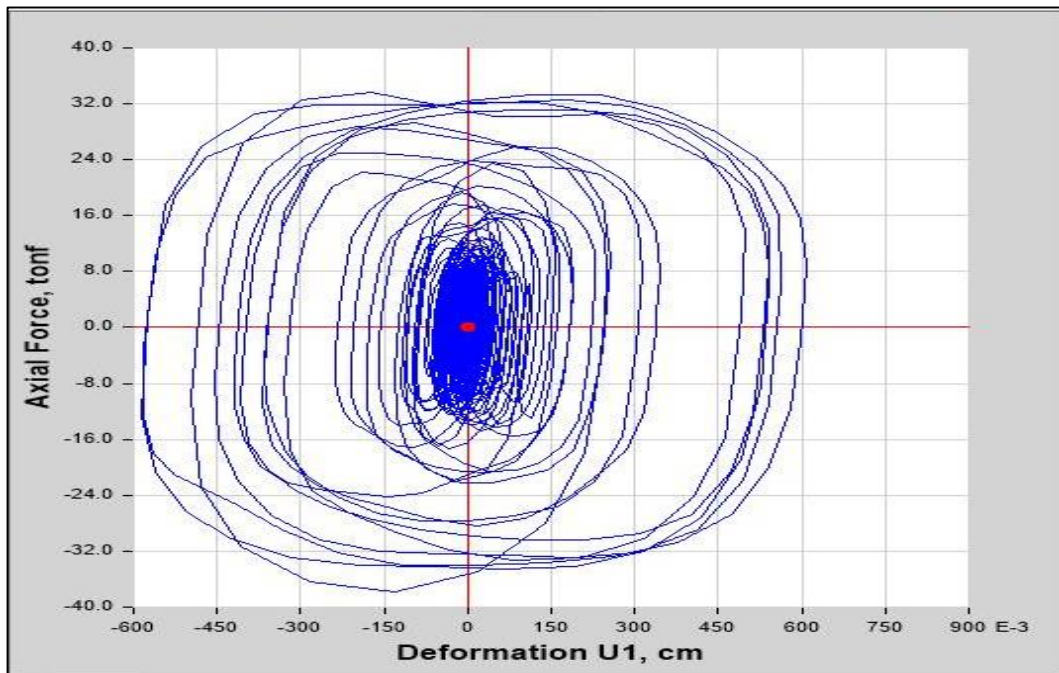
Fuente: Elaboración propia

Fig. 75 Comportamiento histeretico disipador K21, 2do nivel.



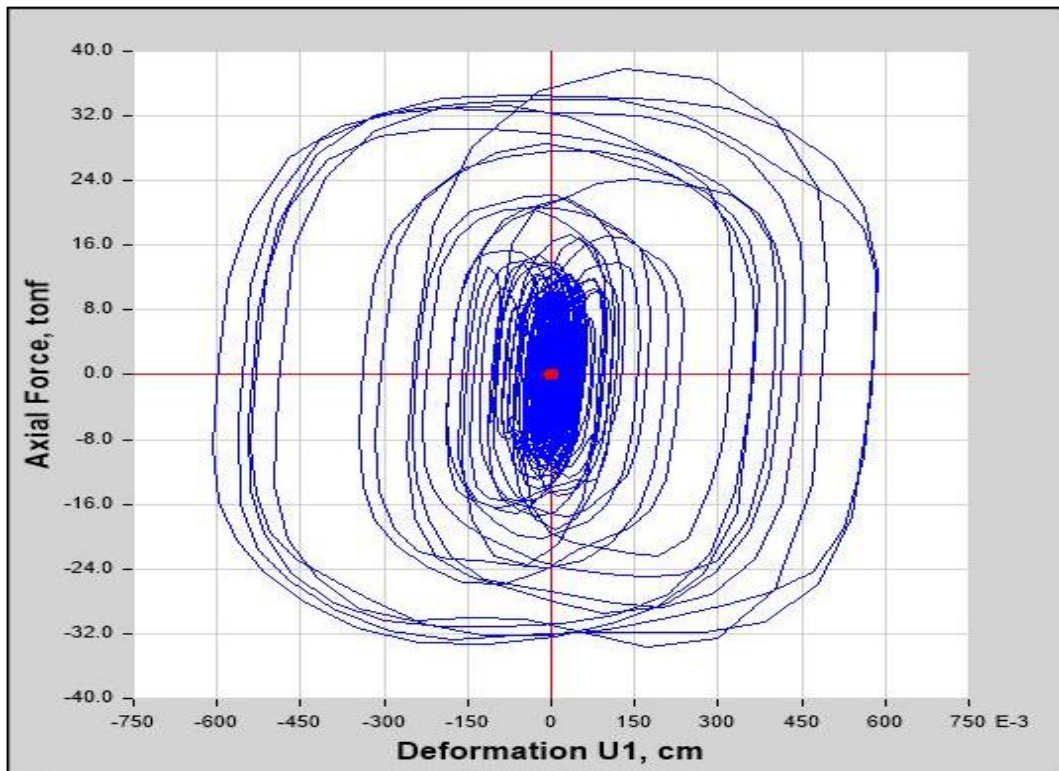
Fuente: Elaboración propia

Fig. 76 Comportamiento histeretico disipador K22, 3er nivel.



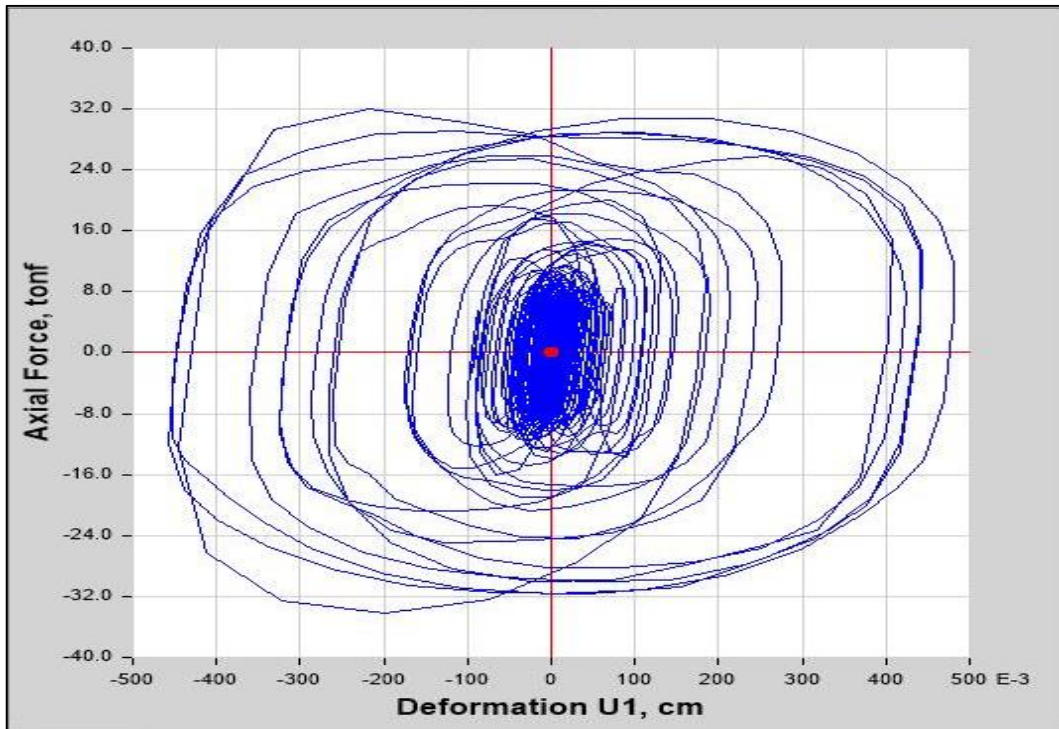
Fuente: Elaboración propia

Fig. 77 Comportamiento histeretico disipador K23, 3er nivel.



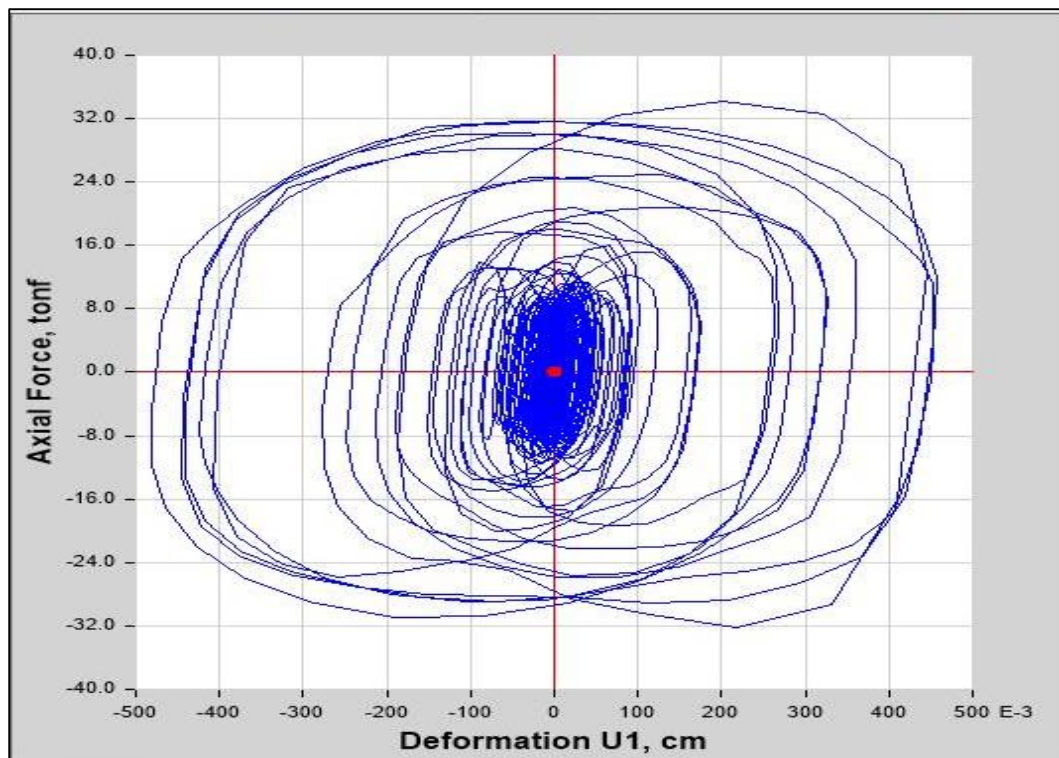
Fuente: Elaboración propia

Fig. 78 Comportamiento histeretico disipador K24, 4to nivel.



Fuente: Elaboración propia

Fig. 79 Comportamiento histeretico disipador K25, 4to nivel.



Fuente: Elaboración propia

Según los gráficos de las curvas histeréticas de cada uno de los disipadores acoplados en el lado derecho del edificio eje “y-y”, se observa que todos cumplen con el comportamiento esperado, es decir presenta la forma elíptica propia de un disipador de fluido viscoso, lo cual hace suponer que están trabajando correctamente mediante el incremento del amortiguamiento y reducción de las derivas de entrepiso.

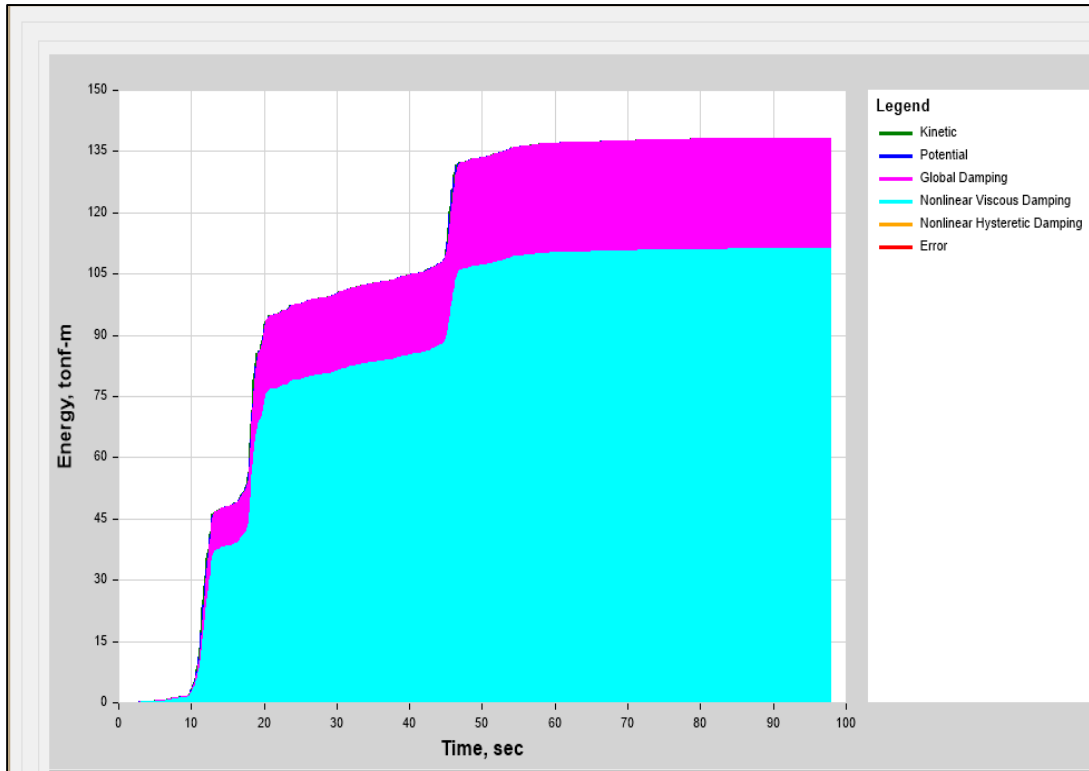
Como recomendación en el caso de no cumplir con las curvas histeréticas propias del disipador de fluido viscoso, lo aconsejable es cambiar de disposición del arreglo, ya sea en chevron brace, diagonal simple etc. O pódico de acoplamiento, coeficientes erróneos. Una vez detectado el error se tiene que volver a analizar hasta conseguir el comportamiento histerético adecuado.

La verificación del comportamiento histerético de un disipador es un paso indispensable en el proceso de optimización de cualquier sistema de protección sísmica, debido a que con ello se determina la eficiencia de cada uno de ellos.

4.7.6 BALANCE ENERGETICO

En este ítem se determina el porcentaje de energía sísmica severa que absorben el total de los disipadores, mediante el cociente energía sísmica total de ingreso y la energía de absorción del sistema de disipación de fluido viscoso.

Fig. 80 Balance energético de la estructura con los disipadores



Fuente: Elaboración propia

$$\% \text{ Disipacion de Energia} = \frac{\text{Energia disipada por los dispositivos}}{\text{Energia de entrada del sismo severo}} \times 100$$

$$\% = \frac{111.18}{138.28} \times 100$$

$$\% = 80.40$$

Se concluye que el 80.40% de la energía del sismo severo de ingreso será absorbida y disipada por los disipadores de fluido viscoso, y la diferencia será absorbida por la estructura de concreto armado.

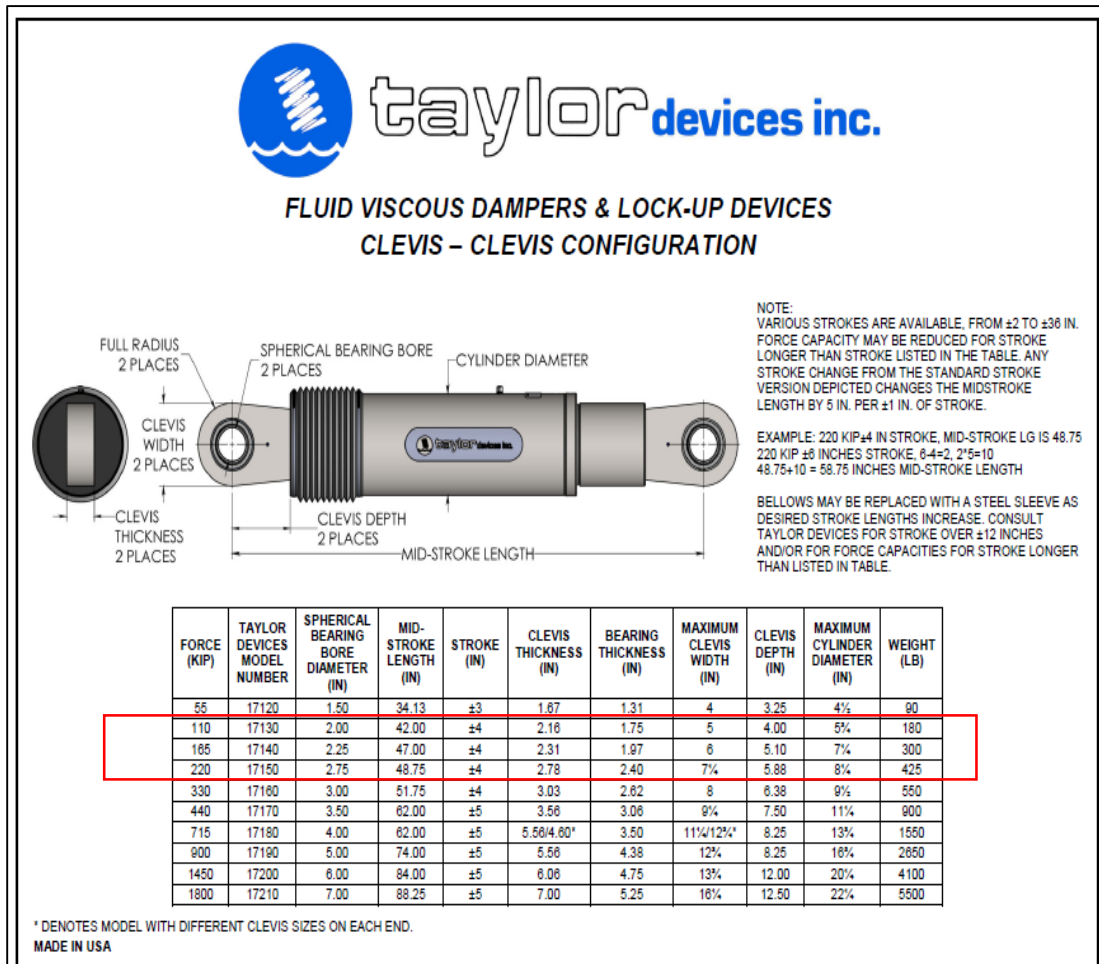
Con el porcentaje de disipación de energía sísmica, se espera en la presente investigación la disminución de las derivas de entrepiso, fuerzas y momentos generados en el edificio.

5.7.7 FUERZA DE LOS DISIPADORES

En este ítem se procede a extraer la fuerza axial (tracción y compresión), de cada uno de los disipadores de fluido viscoso.

El proveedor de este sistema moderno de protección sísmica (disipador de fluido viscoso) en nuestro país, es la empresa CDV Ingeniería Antisísmica, que cuenta con un catálogo con los valores de las fuerzas establecidas, de tal modo que las fuerzas axiales generadas en cada uno de los disipadores, tienen que ser redondeadas a los valores que propone el fabricante en sus catálogos.

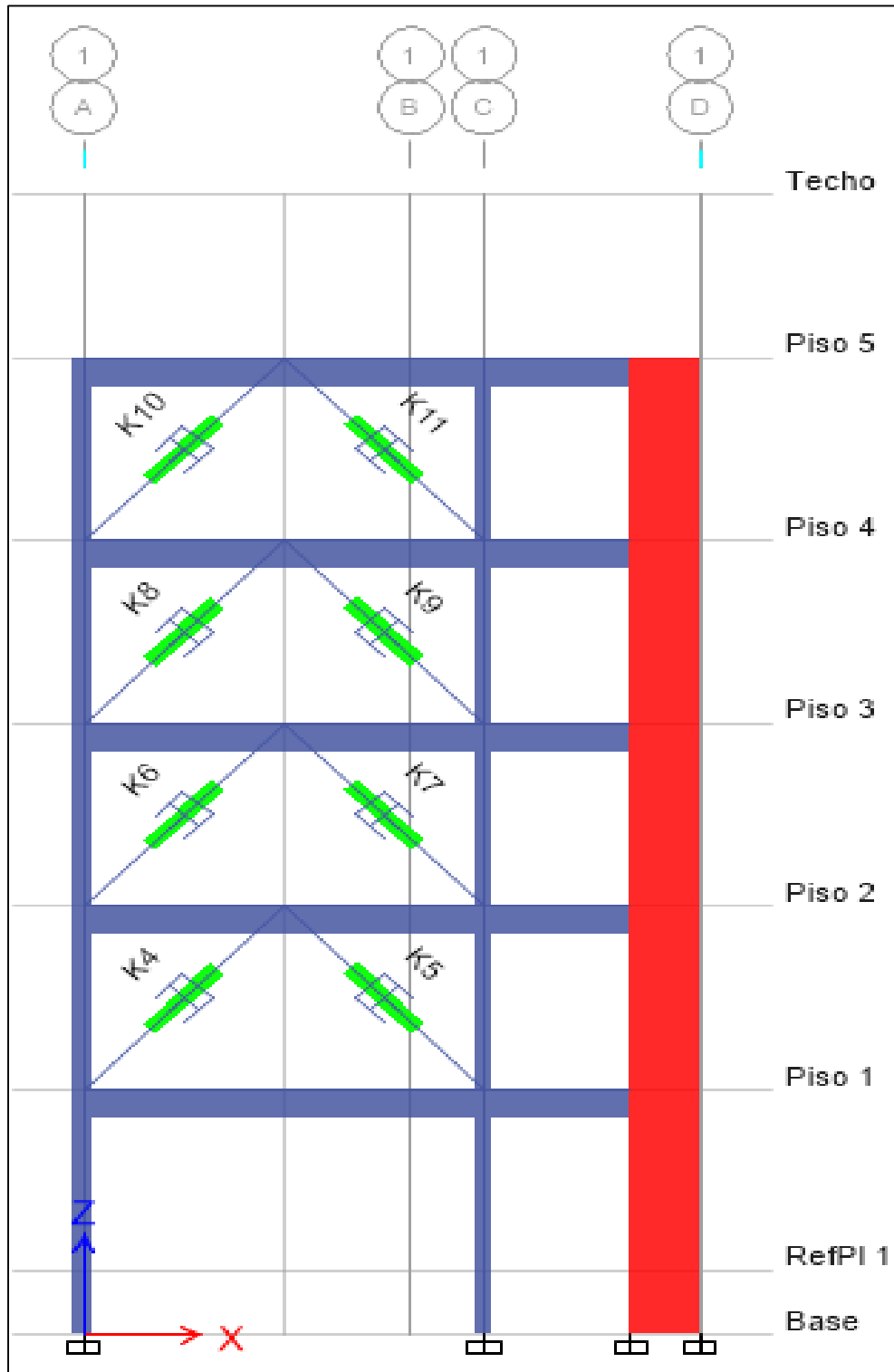
Tabla N°54 Propiedades de los dispositivos.



Fuente: TAYLOR DEVICES

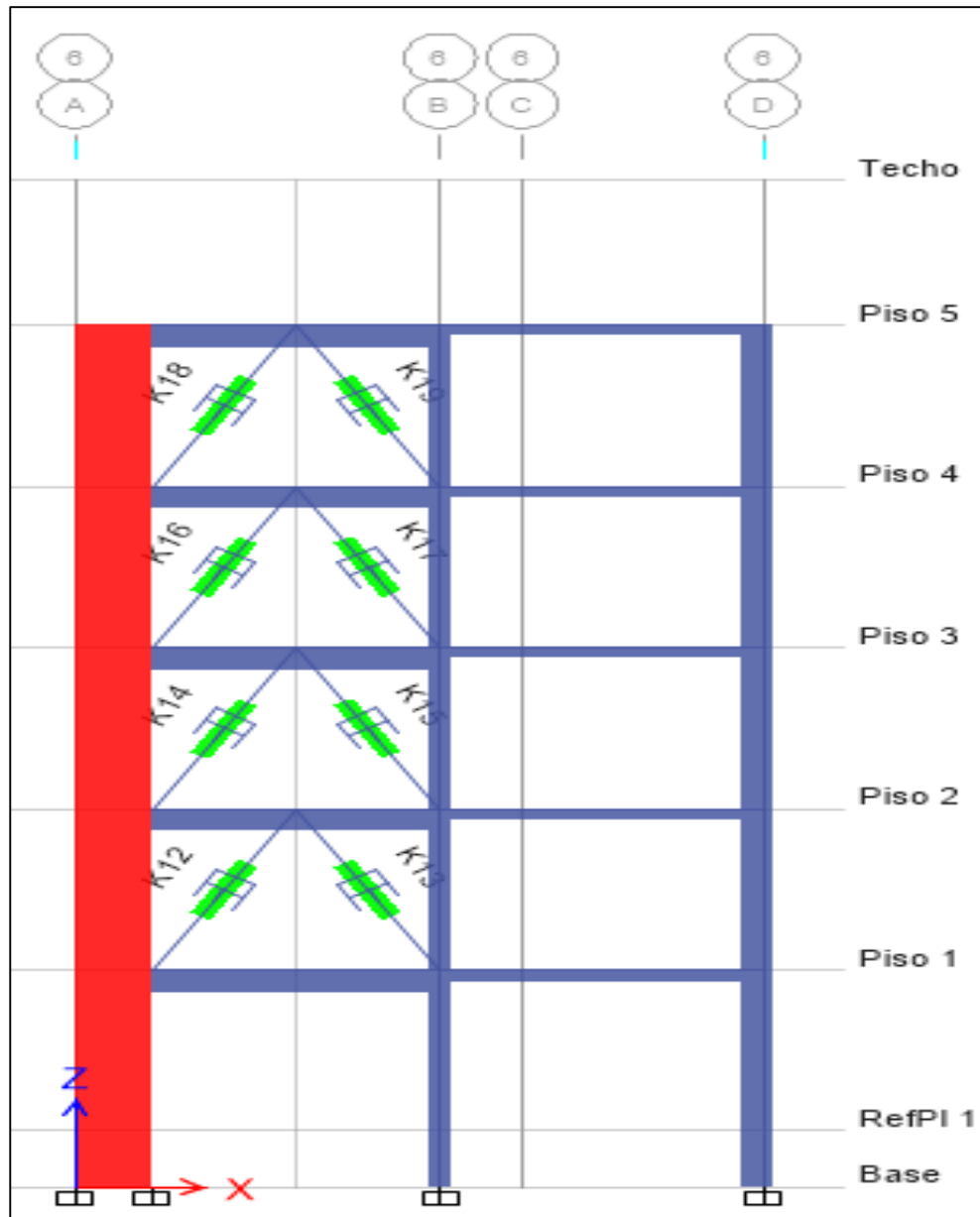
De los siguientes gráficos se procede a extraer las fuerzas generadas en cada disipador.

Fig. 81 Pórtico frontal del edificio acoplado con disipadores de fluido viscoso.



Fuente: Elaboración propia

Fig. 82 Pórtico posterior del edificio acoplado con disipadores de fluido viscoso.



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se observa el resumen de todas las fuerzas axiales generadas en los disipadores de fluido viscoso, tanto en el pórtico frontal como el posterior, asimismo se observa en el mismo grafico que las fuerzas axiales están redondeadas a los valores estándar del mercado, los cuales cuentan con su propio factor de seguridad, con lo que no se requiere ninguna amplificación adicional.

Tabla N°55 Fuerzas en los disipadores de los pórticos frontal y posterior del edificio, eje “X-X”.

Story	Link	Load Case/Combo	Location	P	P	P según Taylor D.
				tonf	Kips	kips
Piso 5	K10	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	34.67	76.43	110
Piso 5	K11	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	33.19	73.17	110
Piso 5	K18	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	35.77	78.86	110
Piso 5	K19	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	40.88	90.12	110
Piso 4	K8	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	47.29	104.26	110
Piso 4	K9	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	48.44	106.79	110
Piso 4	K16	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	47.57	104.87	110
Piso 4	K17	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	50.38	111.07	165
Piso 3	K6	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	58.8	129.63	165
Piso 3	K7	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	63.91	140.90	165
Piso 3	K14	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	54.73	120.66	165
Piso 3	K15	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	61.43	135.43	165
Piso 2	K4	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	74.83	164.97	165
Piso 2	K5	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	81.95	180.67	220
Piso 2	K12	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	71.09	156.73	165
Piso 2	K13	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	73.38	161.77	165

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°56 Numero de dispositivos por fuerza de trabajo.

FUERZA (kip)	N° Dispositivos
110	7
165	8
220	1
TOTAL	16

Fuente: Elaboración propia.

De la **Fig. 63**, se extrae los siguientes datos resumidos en la **Tabla N°57**.

Tabla N°57 Fuerzas en los disipadores de los pórticos derecho e izquierdo del edificio, eje “Y-Y”.

Story	Link	Load Case/Combo	Location	P	P	P según Taylor D.
				tonf	Kips	kips
Piso 4	K24	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	34.22	75.44	110
Piso 4	K25	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	34.26	75.53	110
Piso 4	K30	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	27.16	59.88	110
Piso 4	K31	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	27.00	59.52	110
Piso 3	K22	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	37.84	83.42	110
Piso 3	K23	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	37.90	83.55	110
Piso 3	K28	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	32.08	70.72	110
Piso 3	K29	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	31.78	70.06	110
Piso 2	K20	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	40.13	88.47	110
Piso 2	K21	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	40.24	88.71	110
Piso 2	K26	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	36.33	80.09	110
Piso 2	K27	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	35.50	78.26	110

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N°58 Numero de dispositivos por fuerza de trabajo.

FUERZA (kip)	N° Dispositivos
110	12
165	0
220	0
TOTAL	12

Fuente: Elaboración propia.

4.7.8 PERIODOS, FRECUENCIAS Y MASA PARTICIPATIVA EN EL EDIFICIO OPTIMIZADO

En este ítem se procede a verificar los periodos naturales de vibración de la edificación, hallada anteriormente con el análisis estático, que no deben variar en ningún eje ortogonal de la edificación, ya que con el acoplamiento de disipadores de fluido viscoso, lo que se incrementa en la edificación es amortiguamiento mas no rigidez, por lo que se procede a verificar para comprobar la correcta eficiencia del disipador de fluido viscoso.

Tabla N°59 Modos, periodos y masa participativa en el análisis no lineal con disipadores de fluido viscoso.

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	RZ
		sec				
Modal	1	0.691	0.782	0.143	0	0.075
Modal	2	0.615	0.218	0.437	0	0.345
Modal	3	0.516	0.003	0.427	0	0.570
Modal	4	0.209	0.798	0.177	0	0.025
Modal	5	0.174	0.227	0.664	0	0.109
Modal	6	0.149	0.086	0.183	0	0.731
Modal	7	0.138	0.884	0.006	0	0.110
Modal	8	0.111	0.019	0.14	0	0.842
Modal	9	0.103	0.526	0.376	0	0.098
Modal	10	0.085	0.369	0.556	0	0.075
Modal	11	0.073	0.097	0.777	0	0.126
Modal	12	0.063	0.042	0.103	0	0.855
Modal	13	0.059	0.67	0.272	0	0.059
Modal	14	0.045	0.268	0.731	0	0.001
Modal	15	0.036	0.816	0.138	0	0.045
Modal	16	0.035	0.023	0.007	0	0.971
Modal	17	0.031	0.152	0.848	0	0.000
Modal	18	0.023	0.019	0.005	0	0.977

Fuente: Elaboración propia.

La **Tabla N°59** y la **Tabla N° 13** (Modos, periodos y masa participativa) calculada con el análisis dinámico modal espectral, no son iguales, esto es debido a que hubo variación en cuanto a la rigidez del

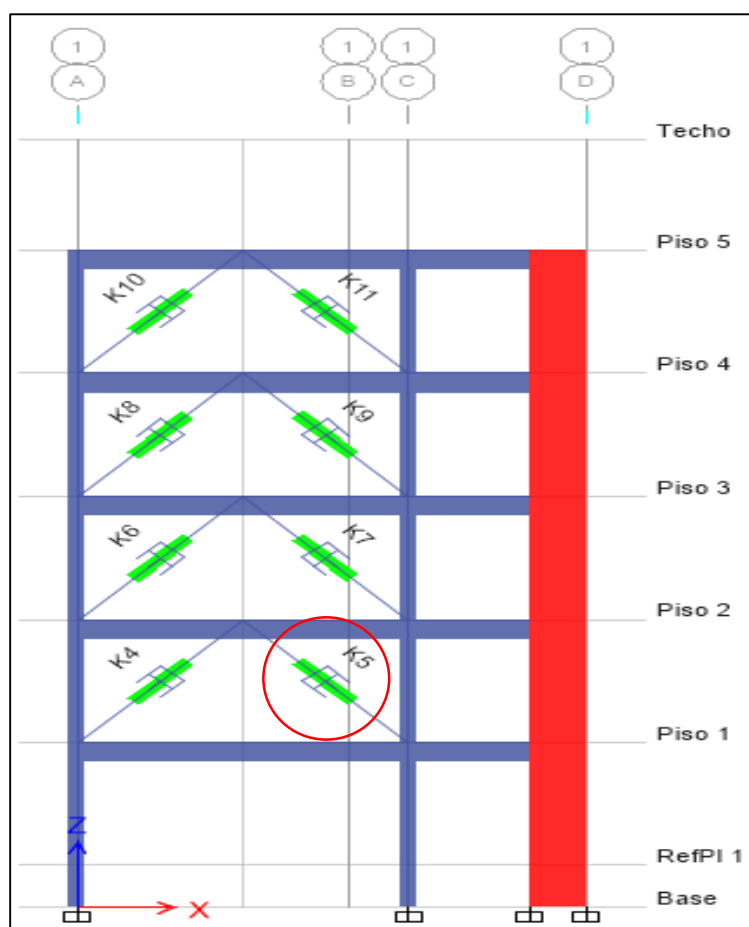
sistema estructural (reducción de la sección de la placa de 1.25 a 0.90 m), por lo tanto el periodo y masa participativa vario, que en otro capítulo se discutirá el porqué.

4.7.9 MAXIMO STROKE

En este ítem se determina la máxima deformación que sufren los disipadores de fluido viscoso, en este caso se determina la máxima deformación que sufre uno de los disipadores acoplados al edificio, CDV Ingeniería Antisísmica recomienda como valor máximo de deformación 50 mm.

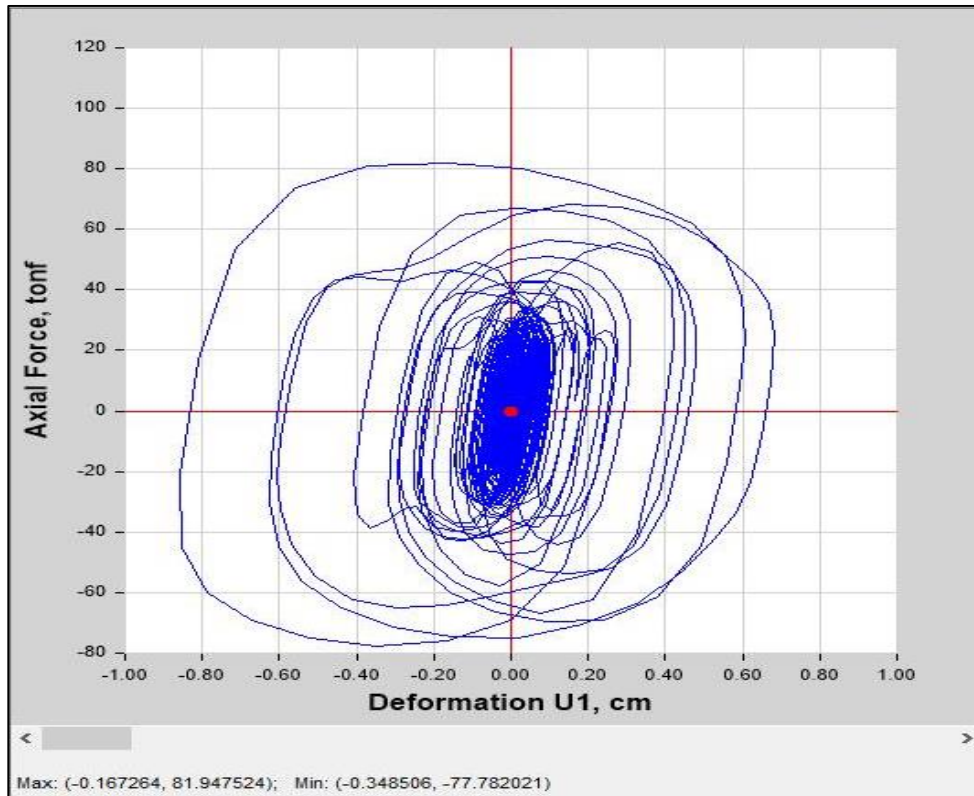
De la edificación acoplada con disipadores se extrae el lazo histeretico fuerza vs deformación máxima del pórtico frontal, que en este caso es el pórtico más esforzado ubicado en el Piso 2

Fig. 83 Pórtico frontal eje “x-x”, piso 2 (el más esforzado) del edificio.



Fuente: Elaboración propia.

Fig. 84 Máximo stroke del disipador de fluido viscoso k5.

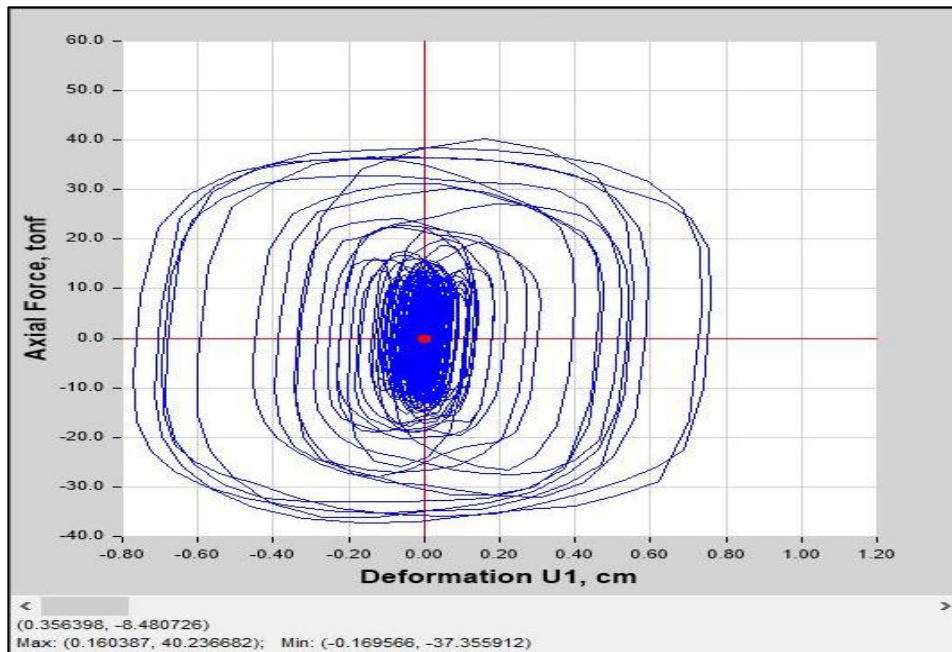


Fuente: Elaboración propia.

El grafico muestra que el máximo stroke es de 3.5 mm, un valor muy por debajo del límite máximo de 50 mm, mediante el cual se comprueba que el disipador trabaja en perfectas condiciones ante un sismo severo.

Del mismo modo se procede a verificar el pórtico más esforzado que en este caso es el pórtico derecho eje “y-y” de la edificación que se muestra en la siguiente figura.

Fig. 85 Máximo stroke del disipador de fluido viscoso k21.



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico muestra que el máximo stroke es de 1.7mm, un valor muy por debajo del límite máximo de 50 mm, mediante el cual se comprueba que el disipador trabaja en perfectas condiciones ante un sismo severo.

4.8 VELOCIDAD MAXIMA

En este ítem se determina la velocidad máxima de los disipadores en la que se genera mayor fuerza axial de trabajo, se determina mediante la siguiente expresión:

$$V = \sqrt{\frac{F}{Cj}}$$

➤ Para el disipador de 110 Kip

Se calcula la velocidad máxima del disipador k9, este dispositivo se encuentra acoplado en el Piso 4 del pórtico frontal de la edificación, en la cual se genera la mayor fuerza axial de trabajo.

$$V = \sqrt[0.5]{\frac{48.44 \text{ Tnf}}{258 \text{ Tnf} \cdot \text{s} - m}}$$

$$Vx = 0.04 \text{ m/s}$$

- Para el disipador de 165 Kip

Se calcula la velocidad máxima del disipador k4, este dispositivo se encuentra acoplado en el Piso 2 del pórtico frontal de la edificación, en la cual se genera la mayor fuerza axial de trabajo.

$$V = \sqrt[0.5]{\frac{74.83 \text{ Tnf}}{258 \text{ Tnf} \cdot \text{s} - m}}$$

$$Vx = 0.08 \text{ m/s}$$

- Para el disipador de 200 Kip

Se calcula la velocidad máxima del disipador k5, este dispositivo se encuentra acoplado en el Piso 2 del pórtico frontal de la edificación, en la cual se genera la mayor fuerza axial de trabajo.

$$V = \sqrt[0.5]{\frac{81.95 \text{ Tnf}}{258 \text{ Tnf} \cdot \text{s} - m}}$$

$$Vx = 0.10 \text{ m/s}$$

De los resultados obtenidos se puede deducir que con el acoplamiento de disipadores de fluido viscoso en la edificación residencial del proyecto, se cumplió con el objetivo de reducir las derivas de entrepiso ante el sismo severo de Lima -1974.

Con el edificio optimizado se puede diseñar los componentes principales del acero que conforman el sistema de disipación sísmico pasivo, tales como los brazos metálicos en la disposición chevron brace y la viga de acero en la que se anclan los disipadores.

4.8.1 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE ACERO

4.8.1.1 ELECCION DEL DISIPADOR DE FLUIDO VISCOSO

Los disipadores de fluido viscoso seleccionados son de capacidades de 110, 165 y 220 Kip, en las **Tablas N°55 y 57** se muestran las propiedades de estos dispositivos, como también en las **Fig.80 y 81** se muestra los detalles de las dimensiones de cada uno de ellos.

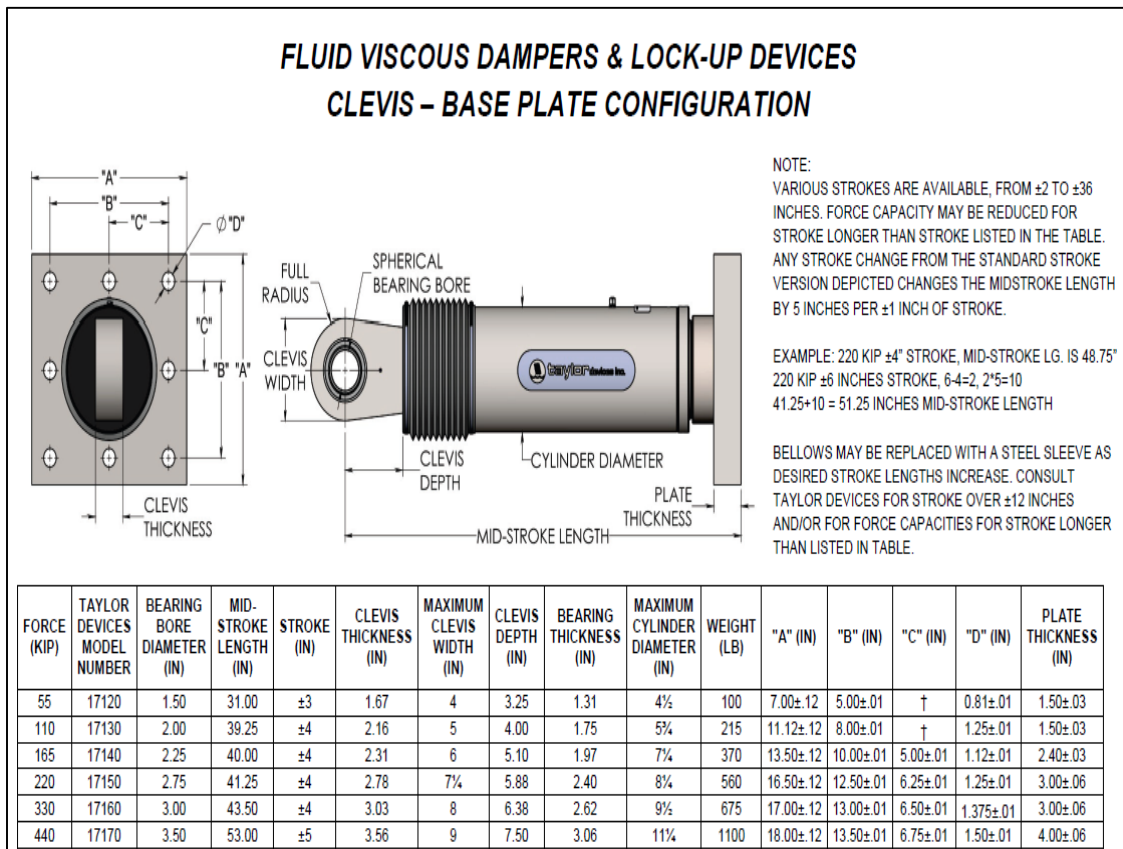
En este ítem es importante mencionar que cada dispositivo viene incorporado con su propio factor de seguridad, por lo que no es necesario ninguna amplificación adicional a las fuerzas obtenidas del no lineal análisis tiempo historia.

Tabla N°60 Propiedades de los disipadores de 110, 165 Kip y 220 Kip.

FORCE (KIP)	TAYLOR DEVICES MODEL NUMBER	SPHERICAL BEARING BORE DIAMETER (IN)	MID-STROKE LENGTH (IN)	STROKE (IN)	CLEVIS THICKNESS (IN)	BEARING THICKNESS (IN)	MAXIMUM CLEVIS WIDTH (IN)	CLEVIS DEPTH (IN)	MAXIMUM CYLINDER DIAMETER (IN)	WEIGHT (LB)
55	17120	1.50	34.13	±3	1.67	1.31	4	3.25	4%	90
110	17130	2.00	42.00	±4	2.16	1.75	5	4.00	5%	180
165	17140	2.25	47.00	±4	2.31	1.97	6	5.10	7%	300
220	17150	2.75	48.75	±4	2.78	2.40	7%	5.88	8%	425
330	17160	3.00	51.75	±4	3.03	2.62	8	6.38	9%	550
440	17170	3.50	62.00	±5	3.56	3.06	9%	7.50	11%	900
715	17180	4.00	62.00	±5	5.56/4.60*	3.50	11%/12%*	8.25	13%	1550
900	17190	5.00	74.00	±5	5.56	4.38	12%	8.25	16%	2650
1450	17200	6.00	84.00	±5	6.06	4.75	13%	12.00	20%	4100
1800	17210	7.00	88.25	±5	7.00	5.25	16%	12.50	22%	5500

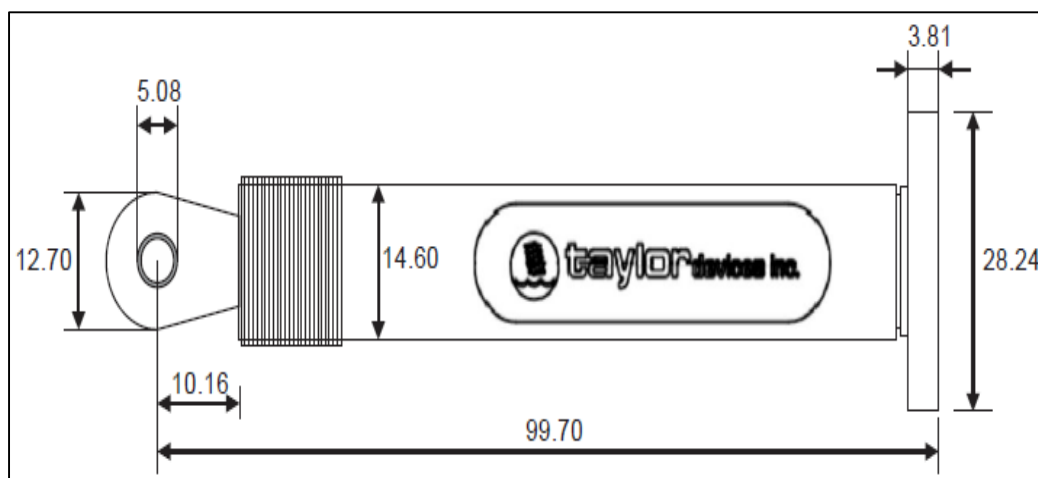
Fuente: TAYLOR DEVICES inc.

Tabla N°61 propiedades de las placas base de los disipadores de 110, 165 y 220 Kip (disposición de cuatro pernos)



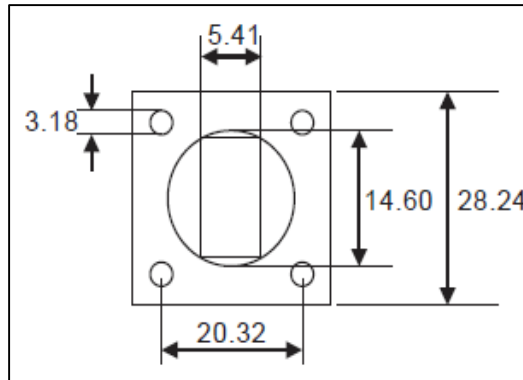
Fuente: TAYLOR DEVICES inc.

Fig.86 Dimensiones del disipador de energía de 110 Kip en cm.



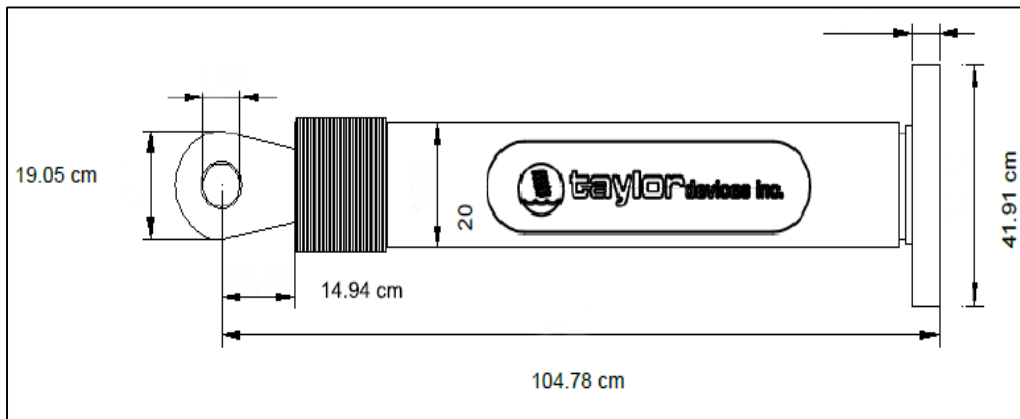
Fuente: TAYLOR DEVICES inc.

Fig.87 Dimensiones de la placa base del dissipador de 110 kip en cm.



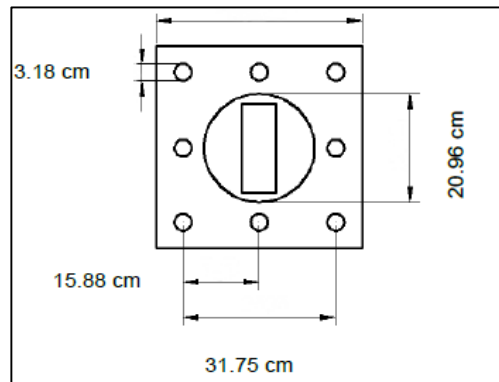
Fuente: TAYLOR DEVICES inc.

Fig.88 Dimensiones del dissipador de energía de 220 Kip en cm.



Fuente: TAYLOR DEVICES inc.

Fig.89 Dimensiones de la placa base del dissipador de 220 kip en cm.



Fuente: TAYLOR DEVICES inc.

4.8.1.2 DISEÑO DEL BRAZO METALICO (DISPOSICION CHEVRON BRACE)

Para el diseño en acero de los brazos y la viga metálica, se tiene que tomar en cuenta la recomendación del ASCE 7-10, donde menciona que estos se deben calcular considerando el sismo máximo esperado (1.5 del sismo de diseño Caso 1 Lima 1974).

Todas las disposiciones de los disipadores de fluido viscoso en la edificación están en chevron brace mejorado, que constan de dos brazos metálicos que serán capaces de soportar los esfuerzos de tracción y compresión generados por los disipadores de fluido viscoso.

Tabla N°62 Fuerza de los disipadores eje “X” con sismo máximo esperado.

Story	Link	Load Case/Combo	Location	P	P	P según Taylor D.
				tonf	Kips	kips
Piso 5	K10	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	45.87	101.13	110
Piso 5	K11	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	43.91	96.81	110
Piso 5	K18	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	47.33	104.34	110
Piso 5	K19	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	54.09	119.24	165
Piso 4	K8	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	62.57	137.94	165
Piso 4	K9	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	64.09	141.29	165
Piso 4	K16	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	62.94	138.75	165
Piso 4	K17	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	66.66	146.95	165
Piso 3	K6	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	77.80	171.51	220
Piso 3	K7	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	84.56	186.42	220
Piso 3	K14	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	72.41	159.64	165
Piso 3	K15	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	81.28	179.18	220
Piso 2	K4	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	99.01	218.27	220
Piso 2	K5	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	108.43	239.04	330
Piso 2	K12	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	94.06	207.36	220
Piso 2	K13	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	97.09	214.04	220

Fuente: Elaboración propia.

Se seleccionó el perfil tubular metálico Round HSS 20 x 0.375, como extensor o brazo metálico para todos los dispositivos en el sistema de disipación, que consta de las siguientes propiedades para su comprobación y cálculo:

- Área del perfil metálico: $A = 21.5 \text{ in}^2$.
- Radio del perfil metálico: $r = 6.95 \text{ in}$.
- Módulo de elasticidad del acero: $E = 29\,000 \text{ ksi}$.
- Esfuerzo de fluencia: $F_y = 50 \text{ ksi}$.

El diseño de brazo metálico será para el caso más desfavorable, el que presentan mayor fuerza axial, en este caso es para el disipador K5, que tiene que ser mayor a 108.43 tnf.

Las propiedades del brazo metálico se extraen de la norma americana AISC Steel Construction Manual 13th.

Fig.90 Brazo metálico a diseñar K5.

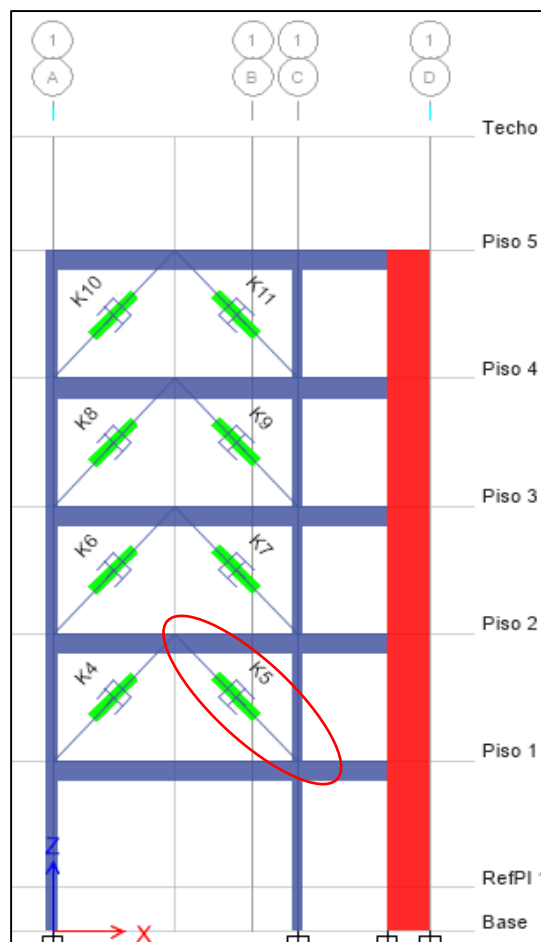



Tabla N°63 Dimensiones y propiedades del brazo metálico Round HSS.



**Table 1-13
Round HSS
Dimensions and Properties**

HSS20.000-
HSS10.000

Shape	Design Wall Thickness, <i>t</i>	Nominal Wt.	Area, <i>A</i>	<i>D/t</i>	<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>	<i>Z</i>	Torsion	
									<i>J</i>	<i>C</i>
									in.	lb/ft
HSS20.000×0.500	0.465	104.00	28.5	43.0	1360	136	6.91	177	2720	272
×0.375 ^f	0.349	78.67	21.5	57.3	1040	104	6.95	135	2080	208
HSS18.000×0.500	0.465	93.54	25.6	38.7	985	109	6.20	143	1970	219
×0.375 ^f	0.349	70.66	19.4	51.6	754	83.8	6.24	109	1510	168
HSS16.000×0.625	0.581	103.00	28.1	27.5	838	105	5.46	138	1680	209
×0.500	0.465	82.85	22.7	34.4	685	85.7	5.49	112	1370	171
×0.438	0.407	72.87	19.9	39.3	606	75.8	5.51	99.0	1210	152
×0.375	0.349	62.64	17.2	45.8	526	65.7	5.53	85.5	1050	131
×0.312 ^f	0.291	52.32	14.4	55.0	443	55.4	5.55	71.8	886	111
×0.250 ^f	0.233	42.09	11.5	68.7	359	44.8	5.58	57.9	717	89.7
HSS14.000×0.625	0.581	89.36	24.5	24.1	552	78.9	4.75	105	1100	158
×0.500	0.465	72.16	19.8	30.1	453	64.8	4.79	85.2	907	130
×0.375	0.349	54.62	15.0	40.1	349	49.8	4.83	65.1	698	100
×0.312	0.291	45.65	12.5	48.1	295	42.1	4.85	54.7	589	84.2
×0.250 ^f	0.233	36.75	10.1	60.1	239	34.1	4.87	44.2	478	68.2

Fuente: AISC Steel Construction Manual 13th.

- Para el diseño del brazo metálico se descuenta la longitud del disipador de fluido viscoso.

$$L_{total} = 3.75 \text{ m.}$$

$$L_{brazo} = 3.75 \text{ m} - 1.15 \text{ m.}$$

$$L_{brazo} = 2.60 \text{ m} \approx 102.36 \text{ in.}$$

- Calculo del pandeo crítico

$$F_e = \frac{\pi^2 x E}{\frac{L^2}{r}}$$

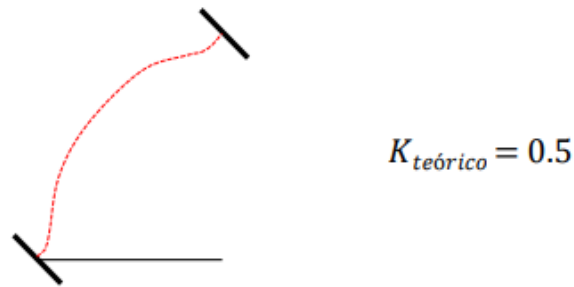
$$F_e = \frac{\pi^2 x 29\ 000}{\frac{102.36^2}{6.95^2}}$$

$$F_e = 1\ 319.49 \text{ ksi}$$

$F_e > 50 \text{ KSI}$, El perfil trabaja en el rango de pandeo inelástico.

- Para el cálculo del factor de longitud efectiva (K), dependerá de las restricciones de los extremos, para la presente investigación se asumirá el caso más desfavorable, es decir no podrá trasladarse ni rotar, por lo tanto el pandeo será de la siguiente forma.

Fig.91 Deformada en pandeo del brazo metálico.



Fuente: Chávez, 2017.

El valor K teórico es de 0.5, pero el valor realista recomendado para el diseño es de 0.65. En esta oportunidad se va asumir el caso más desfavorable cuando rota y se traslada tomando un valor de diseño de 2.10. (**Fuente:** Chávez, 2017, p, 189).

$$\frac{K \times L}{r} \leq 4.71 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{2.10 \times 102.36}{6.95} \leq 4.71 \times \sqrt{\frac{29\,000}{50}}$$

$$30.93 \leq 113.43$$

- Para el cálculo del esfuerzo de pandeo por flexión en el perfil HSS, se emplea la siguiente expresión:

$$F_{rc} = 0.658 \frac{F_y}{F_e} \times F_y$$

$$F_{rc} = 0.658 \frac{50}{1319.49} \times 50$$

$$F_{rc} = 49.21 \text{ KSI}$$

- Para el cálculo de la resistencia nominal según el LRFD, se determina mediante la siguiente expresión:

$$\phi P_n = \phi \times F_{rc} \times A$$

$$\phi P_n = 0.9 \times 49.21 \times 21.5$$

$$\phi P_n = 952.21 \text{ kips} \approx 431.92 \text{ tn}$$

- Para el cálculo de la resistencia del perfil con el total de trabajo en fluencia, se determina mediante la siguiente expresión:

$$\phi T_n = \phi \times F_y \times A$$

$$\phi T_n = 0.9 \times 50 \times 21.5$$

$$\phi T_n = 967.5 \text{ kips} \approx 438.85 \text{ tn}$$

- Comprobando si se cumple:

$$\phi P_n = 431.92 \text{ tn} > 108.43 \text{ tn} \text{ — ok}$$

$$\phi T_n = 438.85 \text{ tn} > 108.43 \text{ tn} \text{ — ok}$$

Tabla N°64 Fuerza de los disipadores eje “Y” con sismo máximo esperado.

Story	Link	Load Case/Combo	Location	P	P	P según Taylor D.
				tonf	Kips	kips
Piso 4	K24	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	45.65	101.13	110
Piso 4	K25	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	45.70	96.81	110
Piso 4	K30	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	36.23	104.34	110
Piso 4	K31	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	36.02	119.24	120
Piso 3	K22	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	50.48	137.94	165
Piso 3	K23	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	50.56	141.29	165
Piso 3	K28	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	42.79	138.75	165
Piso 3	K29	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	42.39	146.95	165
Piso 2	K20	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	53.53	171.51	220
Piso 2	K21	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	53.68	186.42	220
Piso 2	K26	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	48.46	159.64	165
Piso 2	K27	CASO 1 LIMA_1974 Max	I-End	47.36	179.18	220

Fuente: Elaboración propia.

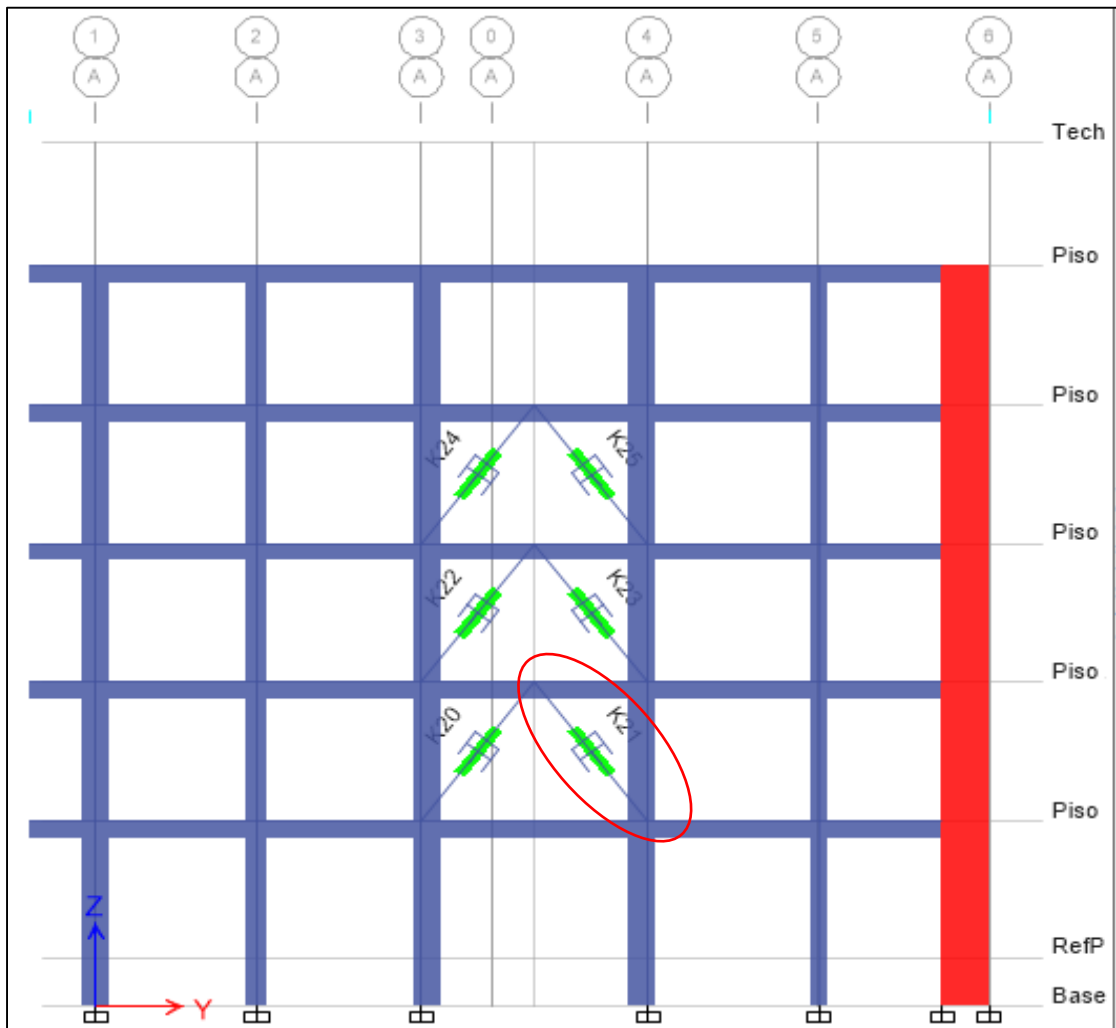
Se seleccionó el perfil tubular metálico Round HSS 20 x 0.375, como extensor o brazo metálico para todos los dispositivos en el sistema de disipación, que consta de las siguientes propiedades para su comprobación y cálculo:

- Área del perfil metálico: $A = 21.5 \text{ in}^2$.
- Radio del perfil metálico: $r = 6.95 \text{ in}$.
- Módulo de elasticidad del acero: $E = 29\,000 \text{ ksi}$.
- Esfuerzo de fluencia: $F_y = 50 \text{ ksi}$.

El diseño de brazo metálico será para el caso más desfavorable, el que presentan mayor fuerza axial, en este caso es para el disipador K21, que tiene que ser mayor a 53.68 tnf.

Las propiedades del brazo metálico se extraen de la norma americana AISC Steel Construction Manual 13th.

Fig.92 Brazo metálico a diseñar K21.



Fuente: Elaboración propia

- Para el diseño del brazo metálico se descuenta la longitud del disipador de fluido viscoso.

$$L_{total} = 3.28 \text{ m.}$$

$$L_{brazo} = 3.28 \text{ m} - 1.05 \text{ m.}$$

$$L_{brazo} = 2.23 \text{ m} \approx 87.80 \text{ in.}$$

- Calculo del pandeo crítico

$$F_e = \frac{\pi^2 x E}{\frac{L^2}{r}}$$

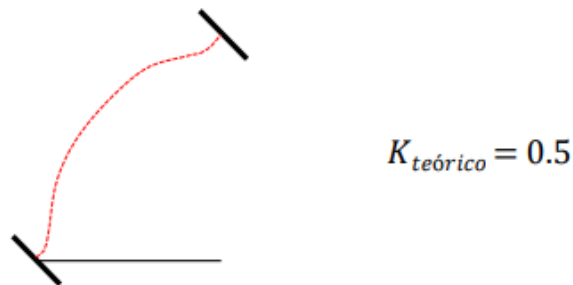
$$F_e = \frac{\pi^2 x 29\ 000}{\frac{87.80^2}{6.95^2}}$$

$$F_e = 1\ 789.33\ \text{ksi}$$

$F_e > 50\ \text{KSI}$, El perfil trabaja en el rango de pandeo inelástico.

- Para el cálculo del factor de longitud efectiva (K), dependerá de las restricciones de los extremos, para la presente investigación se asumirá el caso más desfavorable, es decir no podrá trasladarse ni rotar, por lo tanto el pandeo será de la siguiente forma.

Deformada en pandeo del brazo metálico.



El valor K teórico es de 0.5, pero el valor realista recomendado para el diseño es de 0.65. En esta oportunidad se va asumir el caso más desfavorable cuando rota y se traslada tomando un valor de diseño de 2.10. (**Fuente:** Chávez, 2017, p, 189).

$$\frac{K x L}{r} \leq 4.71 x \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$\frac{2.10 x 87.80}{6.95} \leq 4.71 x \sqrt{\frac{29\ 000}{50}}$$

$$26.53 \leq 113.43$$

- Para el cálculo del esfuerzo de pandeo por flexión en el perfil HSS, se emplea la siguiente expresión:

$$Frc = 0.658 \frac{Fy}{Fe} x Fy$$

$$Frc = 0.658 \frac{50}{1789.33} x 50$$

$$Frc = 49.42 \text{ KSI}$$

- Para el cálculo de la resistencia nominal según el LRFD, se determina mediante la siguiente expresión:

$$\phi Pn = \phi x Frc x A$$

$$\phi Pn = 0.9 x 49.42 x 21.5$$

$$\phi Pn = 956.28 \text{ kips} \approx 433.56 \text{ tnf}$$

- Para el cálculo de la resistencia del perfil con el total de trabajo en fluencia, se determina mediante la siguiente expresión:

$$\phi Tn = \phi x Fy x A$$

$$\phi Tn = 0.9 x 50 x 21.5$$

$$\phi Tn = 967.5 \text{ kips} \approx 438.85 \text{ tn}$$

- Comprobando si se cumple:

$$\phi Pn = 433.56 \text{ tnf} > 53.68 \text{ tnf} \text{ --ok}$$

$$\phi Tn = 438.85 \text{ tnf} > 53.68 \text{ tn} \text{ f --ok}$$

4.8.1.3 DISEÑO DE VIGA DE ACERO

Para el diseño de la viga de acero se considera el pórtico más esforzado, en nuestro caso se ubica en la dirección “x”, es decir donde la diferencia de fuerzas axiales sea la mayor, para obtener una mayor resultante de fuerzas, ya que el diseño será estándar para todos los pórticos con disipadores de fluido viscoso.

Para recordar que el diseño de los brazos metálicos se calcula considerando el sismo máximo esperado, por lo que se procede a calcular la diferencia de cada par de dispositivos por pódico y niveles.

Para el ejemplo de diseño la viga de acero tendrá un $F_y=50$ Ksi, cuyas propiedades y características se extraerán de las tablas del manual AISC Steel Construction 13th.

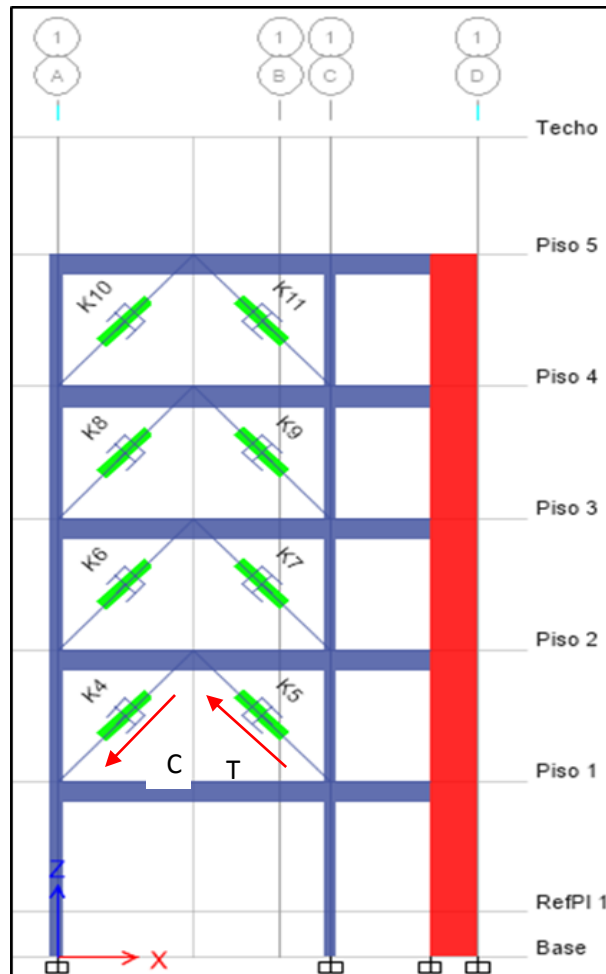
Tabla N°65 Diferencia de fuerzas axiales de los disipadores de fluido viscoso en el pódico frontal del edificio eje “x” por niveles.

DISIPADOR (tn)	NIVEL	Δ (tn)	DISIPADOR (tn)	NIVEL	Δ (tn)
K10	5	1.96	K18	5	6.76
K11			K19		
K8	4	1.52	K16	4	3.72
K9			K17		
K6	3	6.76	K14	3	8.86
K7			K15		
K4	2	9.42	K12	2	3.03
K5			K13		

Fuente: Elaboración propia.

De las **Tablas N°65** , se observa que las variaciones (Δ) entre las fuerzas axiales producidas por todos los disipadores de fluido viscoso acoplados a la edificación en el eje “x”, sucede en los disipadores K4 y K5 correspondiente al nivel 2 con 9.42 Tnf.

Fig.93 Trabajo y deformada en el pórtico frontal eje “x”.

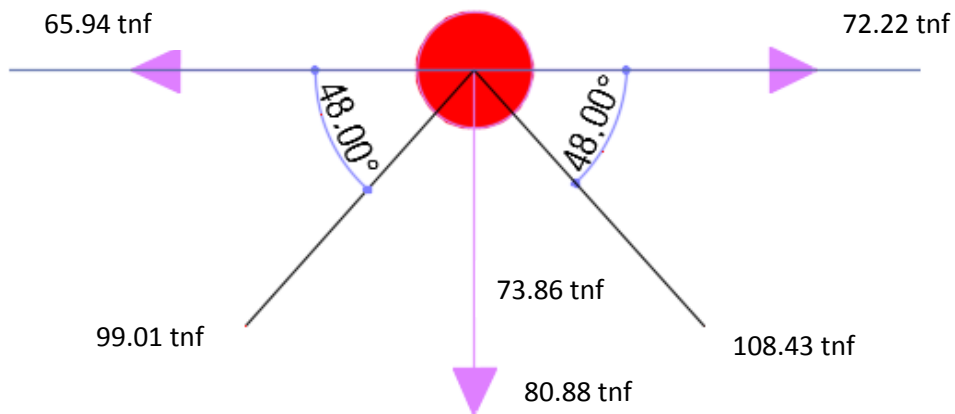


Fuente: Elaboración propia.

Para el ejemplo de diseño de la viga de acero, el esfuerzo de compresión es de -99.01 Tnf y de tracción 108.43 Tnf , es necesario mencionar que ambos trabajarán tanto a tracción como a compresión en distintos intervalos de tiempo.

Se realiza el diagrama de cuerpo libre de la viga de acero para un mejor entendimiento del diseño:

Fig.94 Descomposición de las fuerzas axiales de los brazos metálicos producidas en la disposición chevron brace mejorada.



Fuente: Elaboración propia.

Mediante un simple análisis estático de descomposición de fuerzas axiales producidas en el dissipador de fluido viscoso, se halla sus componentes ortogonales de diseño.

La fuerza puntual producida en la parte central de la viga de acero en donde se ubican los dissipadores de fluido viscoso, se determina mediante la diferencia de fuerzas en sentido opuesto del eje "x".

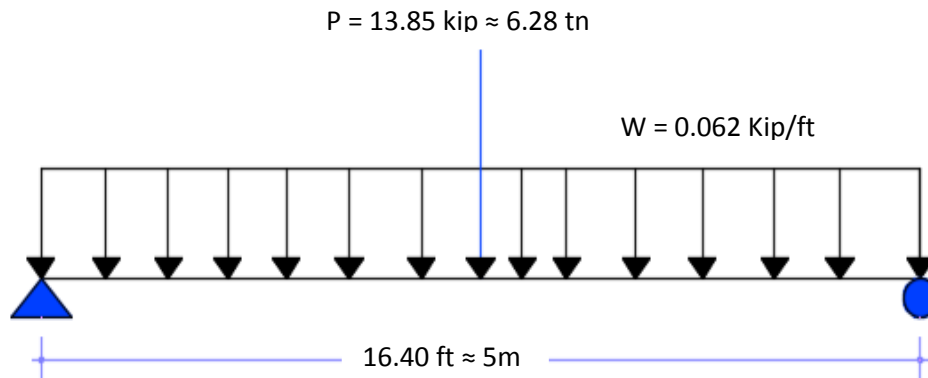
$$F_{centroidal} = 72.22 \text{ tn} - 65.94 \text{ tn}$$

$$F_{centroidal} = 6.28 \text{ tn}$$

Por lo tanto la viga metálica debe ser diseñada para resistir la carga puntual de 6.28 tnf, además de su propio peso.

La viga de acero tendrá un peso 0.062 Kip/ft, para el diseño de la viga de acero se trabaja como una viga simple apoyada y su grafico de cargas se muestra a continuación:

Fig.95 Diagrama de carga distribuida y carga puntual en la viga de acero.



Fuente: Elaboración propia.

- Para el cálculo de las cargas mayoradas de diseño se procede mediante:

$$W_u = 0.062 \times 1.4$$

$$W_u = 0.0868 \text{ kip/ft}$$

$$P_u = 13.85 \times 1.4$$

$$P_u = 19.39 \text{ kip}$$

- El cortante máximo por superposición de fuerzas en la viga de acero simplemente apoyada será:

$$V_{max} = \frac{P_u}{2} + \frac{W_u \times L}{2}$$

$$V_{max} = \frac{19.39}{2} + \frac{0.0868 \times 16.40}{2}$$

$$V_{max} = 10.41 \text{ kip}$$

- El momento máximo por superposición de esfuerzos será:

$$M_{max} = \frac{P_u \times L}{4} + \frac{W_u \times L^2}{8}$$

$$M_{max} = \frac{19.39 \times 16.40}{4} + \frac{0.0868 \times 16.40^2}{8}$$

$$M_{max} = 82.42 \text{ kip.ft}$$

- Para el diseño se asumirá de una sección de perfil de viga compacta en donde L_b es menor que L_p , por lo que su capacidad

resistente a la flexión el momento plástico con respecto a su eje mayor M_p .

Para esta condición se tiene que: $\phi M_{nx} = \phi M_{px} = \phi F_y x Z_x \geq Mu$

$$Z_x req = \frac{Mu}{\phi F_y}$$

$$Z_x req = \frac{82.42 \times 12}{0.9 \times 50}$$

$$Z_x req = 21.98 \text{ in}^3$$

Con el valor calculado se ingresa a la tabla de diseño del AISC Steel construcción manual 13th y obtenemos las siguientes secciones W de prueba.

Tabla N°66 Propiedades de las secciones de vigas perfil W.

Z_x		Table 3-2 (continued) W Shapes Selection by Z_x										$F_y = 50 \text{ ksi}$	
		M_{px}/Ω_b kip-ft	$\phi_b M_{px}$ kip-ft	M_{rx}/Ω_b kip-ft	$\phi_b M_{rx}$ kip-ft	BF		L_p ft	L_r ft	I_x in. ⁴	V_{nx}/Ω_v kips	$\phi_v V_{nx}$ kips	
Shape	Z_x in. ³	ASD	LRFD	ASD	LRFD	ASD	LRFD				ASD	LRFD	
W18×35	66.5	166	249	101	151	8.07	12.1	4.31	12.4	510	106	159	
W12×45	64.2	160	241	101	151	3.83	5.75	6.89	22.4	348	80.8	121	
W16×36	64.0	160	240	98.7	148	6.19	9.31	5.37	15.2	448	93.6	140	
W14×38	61.5	153	231	95.4	143	5.39	8.10	5.47	16.2	385	87.4	131	
W10×49	60.4	151	227	95.4	143	2.44	3.67	8.97	31.6	272	68.0	102	
W8×58	59.8	149	224	90.8	137	1.70	2.56	7.42	41.7	228	89.3	134	
W12×40	57.0	142	214	89.9	135	3.66	5.50	6.85	21.1	307	70.4	106	
W10×45	54.9	137	206	85.8	129	2.59	3.89	7.10	26.9	248	70.7	106	
W14×34	54.6	136	205	84.9	128	5.05	7.59	5.40	15.6	340	79.7	120	
W16×31	54.0	135	203	82.4	124	6.76	10.2	4.13	11.9	375	87.3	131	
W12×35	51.2	128	192	79.6	120	4.28	6.43	5.44	16.7	285	75.0	113	
W8×48	49.0	122	184	75.4	113	1.68	2.53	7.35	35.2	184	68.0	102	
W14×30	47.3	118	177	73.4	110	4.85	6.99	5.26	14.9	291	74.7	112	
W10×39	46.8	117	176	73.5	111	2.51	3.77	6.99	24.2	209	62.5	93.7	
W16×26 ^v	44.2	110	166	67.1	101	5.96	8.96	3.96	11.2	301	70.5	106	

Fuente: AISC Steel Construction Manual 13th

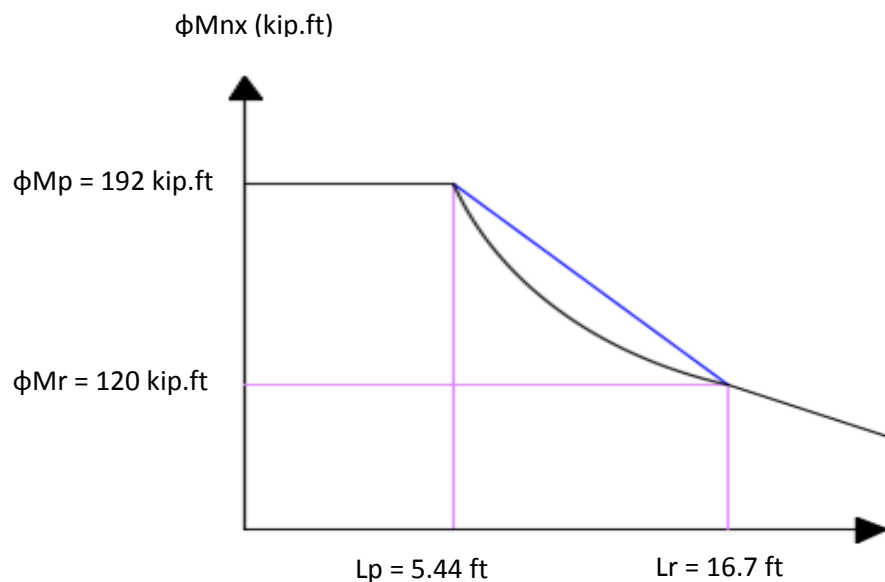
De acuerdo a los cálculos se necesita un $Z_x = 21.98 \text{ in}^3$, pero siempre como diseñadores debemos tener un factor de seguridad,

por lo tanto se tomará un perfil de sección de W12 x 35 con un $Z_x = 51.2 \text{ in}^3$.

El momento resistente de la viga metálica (ϕM_n) depende de la relación entre el valor de L_p y L_r (de la sección de prueba) con el valor de L_b (longitud de la viga sin soporte lateral)

De la **Tabla N°66** del AISC Steel construcción, se saca los valores ϕM_p , ϕM_r , L_p y L_r los cuales pertenecen al perfil seleccionado, por lo tanto se tiene el diagrama de curva de resistencia básica de la siguiente manera:

Fig.96 Diagrama de curva de resistencia de la viga de acero W12x35.

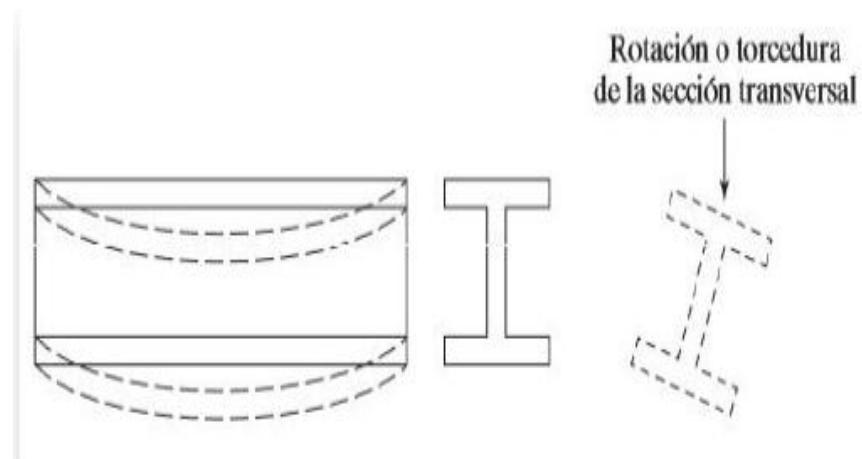


Fuente: Elaboración propia

Para recordar que la viga de perfil metálico tiene apoyos simples en sus extremos y no posee riostras laterales, el valor de su distancia $L_b = 16.40$ ft, por lo tanto el valor de L_b se encuentra en el caso de:

$$L_b > L_r$$

Cuando $L_b > L_r$ significa que la viga incursiona en la zona de comportamiento de pandeo elástico 3, este miembro puede fallar por pandeo de la parte de compresión de la sección transversal lateralmente respecto al eje más débil, con torcimiento de toda la sección transversal con respecto al eje longitudinal de la viga entre los puntos de soporte lateral. Esto ocurrirá, aunque la viga esté cargada de manera que supuestamente debería flexionarse respecto al eje fuerte. La viga se flexionará inicialmente respecto al eje fuerte hasta que se alcance un cierto momento crítico M_{cr} . En ese instante se pandeará lateralmente respecto a su eje débil. Conforme se flexiona lateralmente, la tensión en el otro patín tratará de mantener la viga recta. Como resultado, el pandeo de la viga será una combinación de una flexión lateral y una torcedura (o torsión) de la sección transversal de la viga. (McCormac, 2012, p.383).



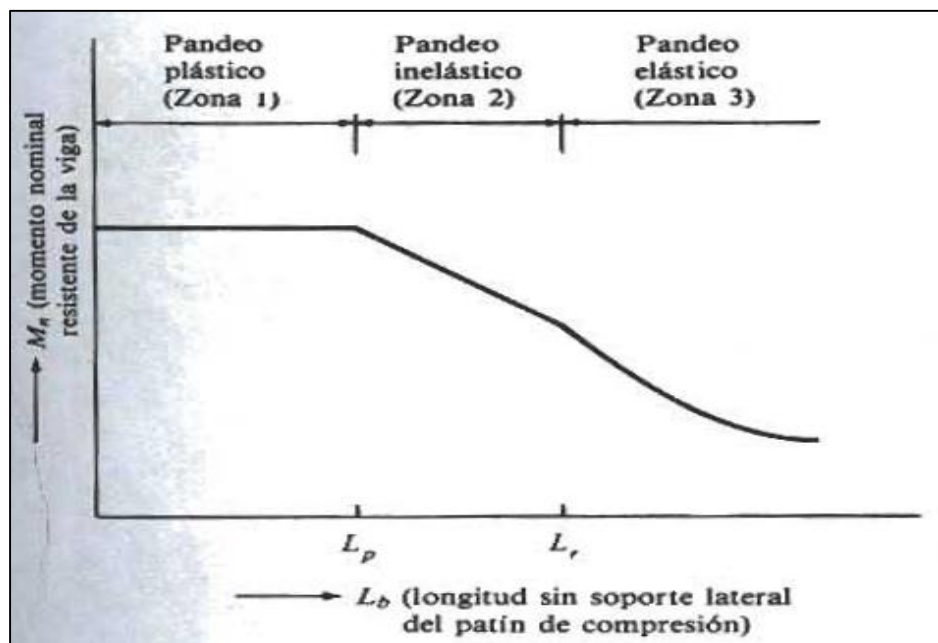
La sección de la viga se pandeará elásticamente antes de llegar a su esfuerzo de fluencia y por lo tanto al fallo en cualquier parte de la sección

Se procede a calcular el momento resistente de la viga, para evitar el fallo por pandeo en la zona elástica 3.

$$\phi M_{nx} = C_b[\phi \times F_{cr} \times S_x] \leq C_b[\phi \times F_y \times Z_x]$$

En primer lugar se halla el valor de C_b que viene a ser el factor de modificación de pandeo torsional lateral para diagramas de momento, cuando ambos extremos del segmento están arriostrados sin soporte, el pandeo lateral puede verse afectado considerablemente por las restricciones en los extremos y las condiciones de carga de la viga de acero. (McCormac, 2012, p.258).

Fig. 97 Momento nominal en función de la longitud, no soportada lateralmente, del patín de compresión.



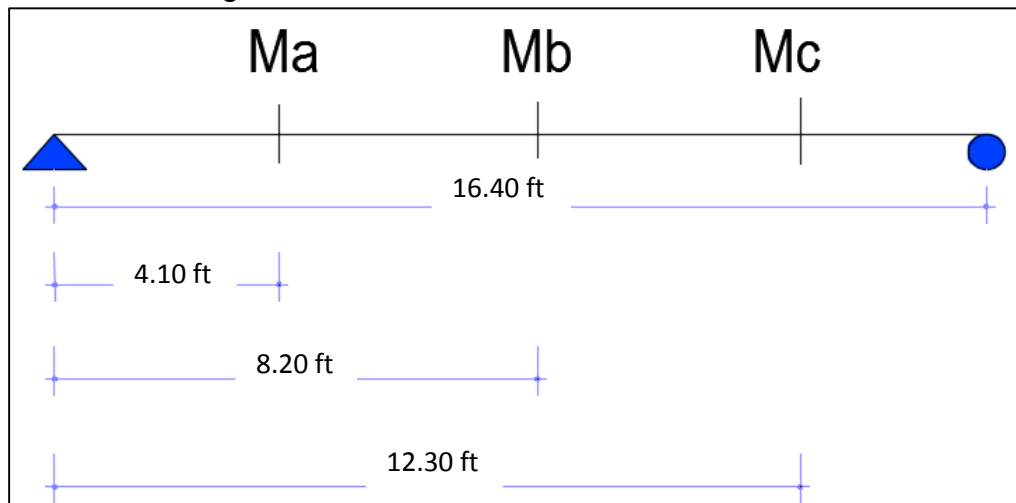
Fuente: McCormac

El valor del de C_b se calcula con la siguiente expresión:

$$C_b = \frac{12.5 M_{max}}{2.5 M_{max} + 3M_a + 4M_b + 3M_c} \leq 3$$

Donde el valor de $M_{m\acute{a}x}$. Es el momento más grande en un segmento no soportado de una viga, en tanto que M_a , M_b y M_c son los momentos generados en los puntos $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, y $\frac{3}{4}$ de la viga.

Fig. 98 Ubicación de los puntos para el cálculo de los momentos en la viga.



Fuente: Elaboración propia

- Para el cálculo de los momentos, se halla mediante la siguiente expresión:

$$M_a = M_c = \frac{P_u \times X}{2} + \frac{3 \times W_u \times L^2}{32}$$

$$M_a = M_c = \frac{19.39 \times 4.10}{2} + \frac{3 \times 0.0868 \times 16.40^2}{32}$$

$$M_a = M_c = 99.14 \text{ kip.ft}$$

- El momento Mb hallado anteriormente viene a ser el momento máximo.

$$M_b = M_{max} = 82.42 \text{ kip.ft}$$

- Una vez hallado el valor de los momentos (Ma, Mb y Mc), se procede a remplazar para el cálculo del valor de Cb en la expresión dada anteriormente:

$$C_b = \frac{12.5 \times 82.42}{2.5 \times 82.42 + 3 \times 99.14 + 4 \times 82.42 + 3 \times 99.14} \leq 3$$


$$C_b = 0.91 \leq 3 \text{ --- OK}$$

- Se calcula el esfuerzo de pandeo en la sección de la viga:

$$F_{cr} = \frac{C_b \times \pi^2 \times E}{\left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2} \times \sqrt{1 + 0.078 \times \frac{J_c}{S_x \cdot h_o} \times \left(\frac{L_b}{r_{ts}}\right)^2}$$

Los valores que se desconocen se extraen de la tabla proporcionada por el AISC Steel Construction Manual 13th.

Tabla N°67 Propiedades adicionales de diseño para la viga W12x35

Table 1-1 (continued) W Shapes Properties															 W12 - W10	
Nom- inal Wt.	Compact Section Criteria		Axis X-X				Axis Y-Y				<i>r_{ts}</i>	<i>h_o</i>	Torsional Properties			
	<i>b_f</i>	<i>h</i>	<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>	<i>Z</i>	<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>	<i>Z</i>			<i>J</i>	<i>C_w</i>		
	lb/ft	2 <i>t_f</i>	<i>t_w</i>	in. ⁴	in. ³	in.	in. ³	in. ⁴	in. ³	in.			in. ³	in.	in.	in. ⁴
58	7.82	27.0	475	78.0	5.28	86.4	107	21.4	2.51	32.5	2.82	11.6	2.10	3570		
53	8.69	28.1	425	70.6	5.23	77.9	95.8	19.2	2.48	29.1	2.79	11.5	1.58	3160		
50	6.31	26.8	391	64.2	5.18	71.9	56.3	13.9	1.96	21.3	2.25	11.6	1.71	1880		
45	7.00	29.6	348	57.7	5.15	64.2	50.0	12.4	1.95	19.0	2.23	11.5	1.26	1650		
40	7.77	33.6	307	51.5	5.13	57.0	44.1	11.0	1.94	16.8	2.21	11.4	0.906	1440		
35	6.31	36.2	285	45.6	5.25	51.2	24.5	7.47	1.54	11.5	1.79	12.0	0.741	879		
30	7.41	41.8	238	38.6	5.21	43.1	20.3	6.24	1.52	9.56	1.77	11.9	0.457	720		
26	8.54	47.2	204	33.4	5.17	37.2	17.3	5.34	1.51	8.17	1.75	11.8	0.300	607		
22	4.74	41.8	156	25.4	4.91	29.3	4.66	2.31	0.848	3.66	1.04	11.9	0.293	164		
19	5.72	46.2	130	21.3	4.82	24.7	3.76	1.88	0.822	2.98	1.02	11.8	0.180	131		
16	7.53	49.4	103	17.1	4.67	20.1	2.82	1.41	0.773	2.26	0.982	11.7	0.103	96.9		
14	8.82	54.3	88.6	14.9	4.62	17.4	2.36	1.19	0.753	1.90	0.962	11.7	0.0704	80.4		

Fuente: AISC Steel Construction Manual 13th

$$F_{cr} = \frac{0.91 \times \pi^2 \times 29000}{\left(\frac{16.40 \times 12}{1.79}\right)^2} \times \sqrt{1 + 0.078 \times \frac{0.741}{45.6 \times 12} \times \left(\frac{16.40 \times 12}{1.79}\right)^2}$$

$$F_{cr} = 32.54 \text{ kips/in}^2$$

- Cálculo del momento resistente de la viga de acero

$$\phi M_{nx} = C_b \times \frac{[\phi \times F_{cr} \times S]}{12} \leq C_b \frac{[\phi \times F_y \times Z]}{12}$$

$$\phi M_{nx} = 0.91 \left[\frac{[0.90 \times 32.54 \times 45.6]}{12} \right] \leq 0.91 \left[\frac{[0.90 \times 50 \times 47.3]}{12} \right]$$

$$\phi M_{nx} = 101.27 \leq 161.42 \quad \text{--- OK}$$

- Corroborando el cálculo:

$$\phi M_{nx} (101.27 \text{ kip.ft}) \geq M_{max} (82.42 \text{ kip.ft}) \quad \text{--- OK}$$


- Para la verificación del cortante resistente de la viga, se extrae de la **Tabla N°47** del AISC.

$$\phi V_{nx} = 50 \text{ kips}$$

$$\phi V_{nx} (50 \text{ kips}) \geq V_{max} (10.41) \text{ kips} \quad \text{--- OK}$$

- La dimensión del perfil metálico tipo W para la viga acoplada en la disposición chevron brace mejorada, se obtienen de las tablas proporcionadas por el AISC Steel construction manual 13th, que se muestra a continuación.

Tabla N°68 Dimensiones de la viga de acero W12X35.

Table 1-1 (continued) W Shapes Properties														
 W12 - W10														
Nom- inal Wt.	Compact Section Criteria		Axis X-X				Axis Y-Y				r_{ts}	h_o	Torsional Properties	
	b_f	h	I	S	r	Z	I	S	r	Z			J	C_w
lb/ft	$2t_f$	t_w	in. ⁴	in. ³	in.	in. ³	in. ⁴	in. ³	in.	in. ³	in.	in.	in. ⁴	in. ⁶
58	7.82	27.0	475	78.0	5.28	86.4	107	21.4	2.51	32.5	2.82	11.6	2.10	3570
53	8.69	28.1	425	70.6	5.23	77.9	95.8	19.2	2.48	29.1	2.79	11.5	1.58	3160
50	6.31	26.8	391	64.2	5.18	71.9	56.3	13.9	1.96	21.3	2.25	11.6	1.71	1880
45	7.00	29.6	348	57.7	5.15	64.2	50.0	12.4	1.95	19.0	2.23	11.5	1.26	1650
40	7.77	33.6	307	51.5	5.13	57.0	44.1	11.0	1.94	16.8	2.21	11.4	0.906	1440
35	6.31	36.2	285	45.6	5.25	51.2	24.5	7.47	1.54	11.5	1.79	12.0	0.741	879
30	7.41	41.8	238	38.6	5.21	43.1	20.3	6.24	1.52	9.56	1.77	11.9	0.457	720
26	8.54	47.2	204	33.4	5.17	37.2	17.3	5.34	1.51	8.17	1.75	11.8	0.300	607
22	4.74	41.8	156	25.4	4.91	29.3	4.66	2.31	0.848	3.66	1.04	11.9	0.293	164
19	5.72	46.2	130	21.3	4.82	24.7	3.76	1.88	0.822	2.98	1.02	11.8	0.180	131
16	7.53	49.4	103	17.1	4.67	20.1	2.82	1.41	0.773	2.26	0.982	11.7	0.103	96.9
14	8.82	54.3	88.6	14.9	4.62	17.4	2.36	1.19	0.753	1.90	0.962	11.7	0.0704	80.4

Fuente: AISC Steel Construction Manual 13th

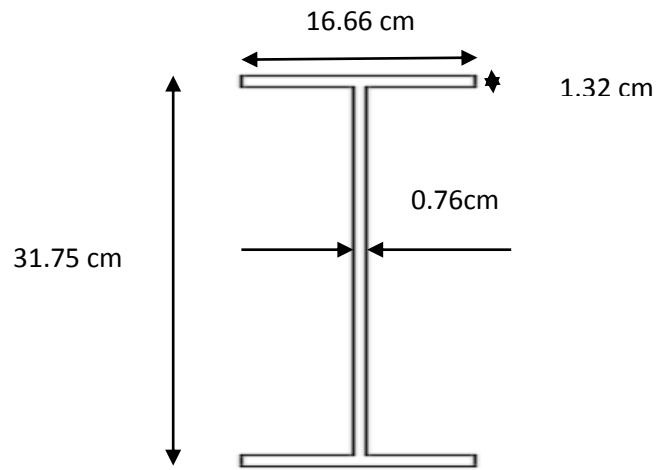
Tabla N°69 Características de la viga de acero W12x35

SECCION	UNIDADES	PROFUNDIDAD	ESPESOR DEL	Alas		AREA	PESO
		(d)	NERVIO (t_w)	Ancho (b)	Espesor (t_f)	(in ²)	NOMINAL lb/ft
W12X35	in	12.5	0.3	6.56	0.52	10.3	35
	cm	31.75	0.76	16.66	1.32		

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto la sección de la viga W12X35 queda de la siguiente manera:

Fig. 99 Dimensiones de la viga W12X35.



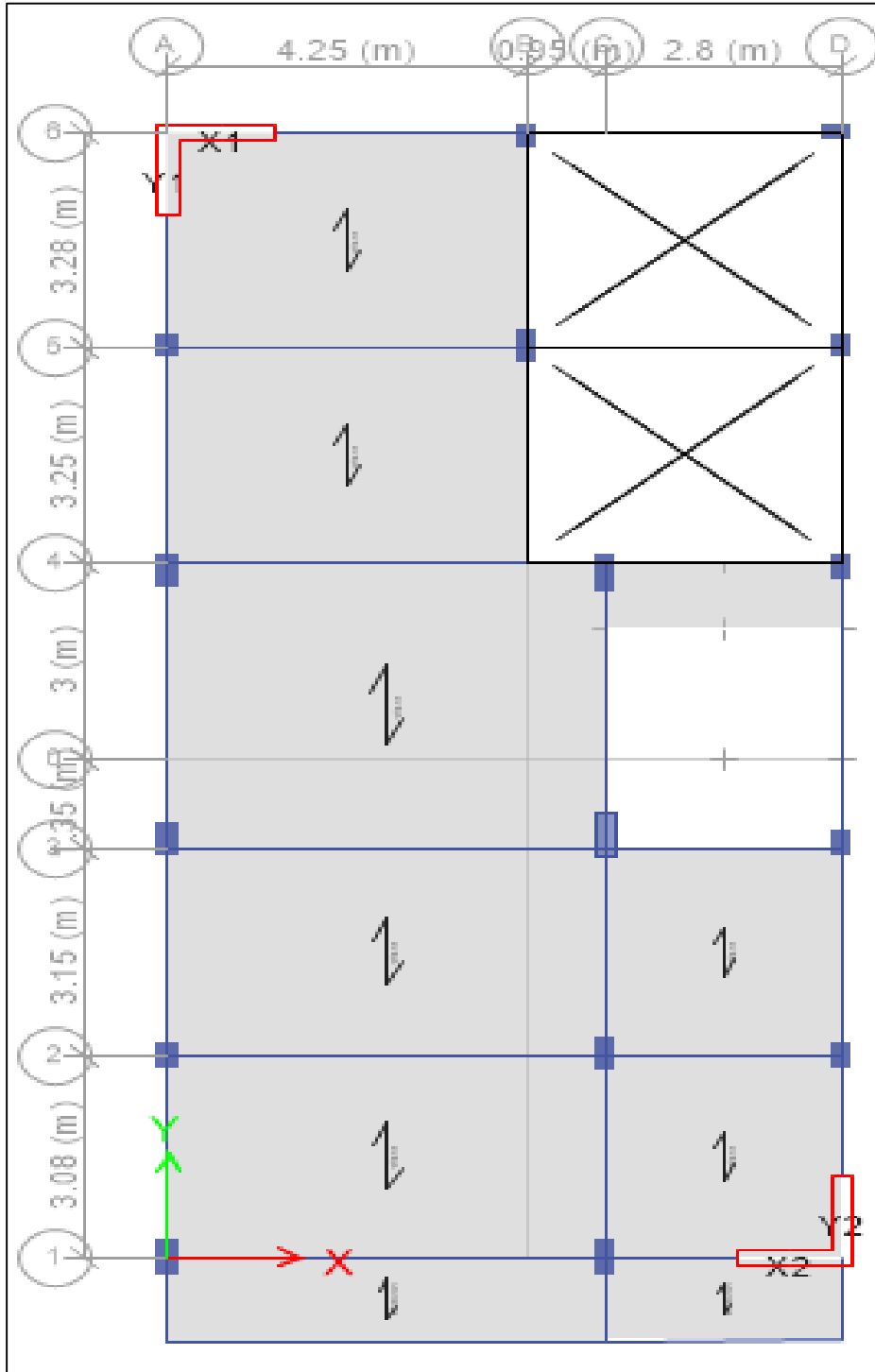
Fuente: Elaboración propia

CAPITULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

5.1 COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL

Fig. N°100 Vista de la edificación dual (sistema convencional).



Fuente: Elaboración propia

TABLA N°70 Control de modos, periodos y masa participativa del edificio convencional (sistema estructural dual).

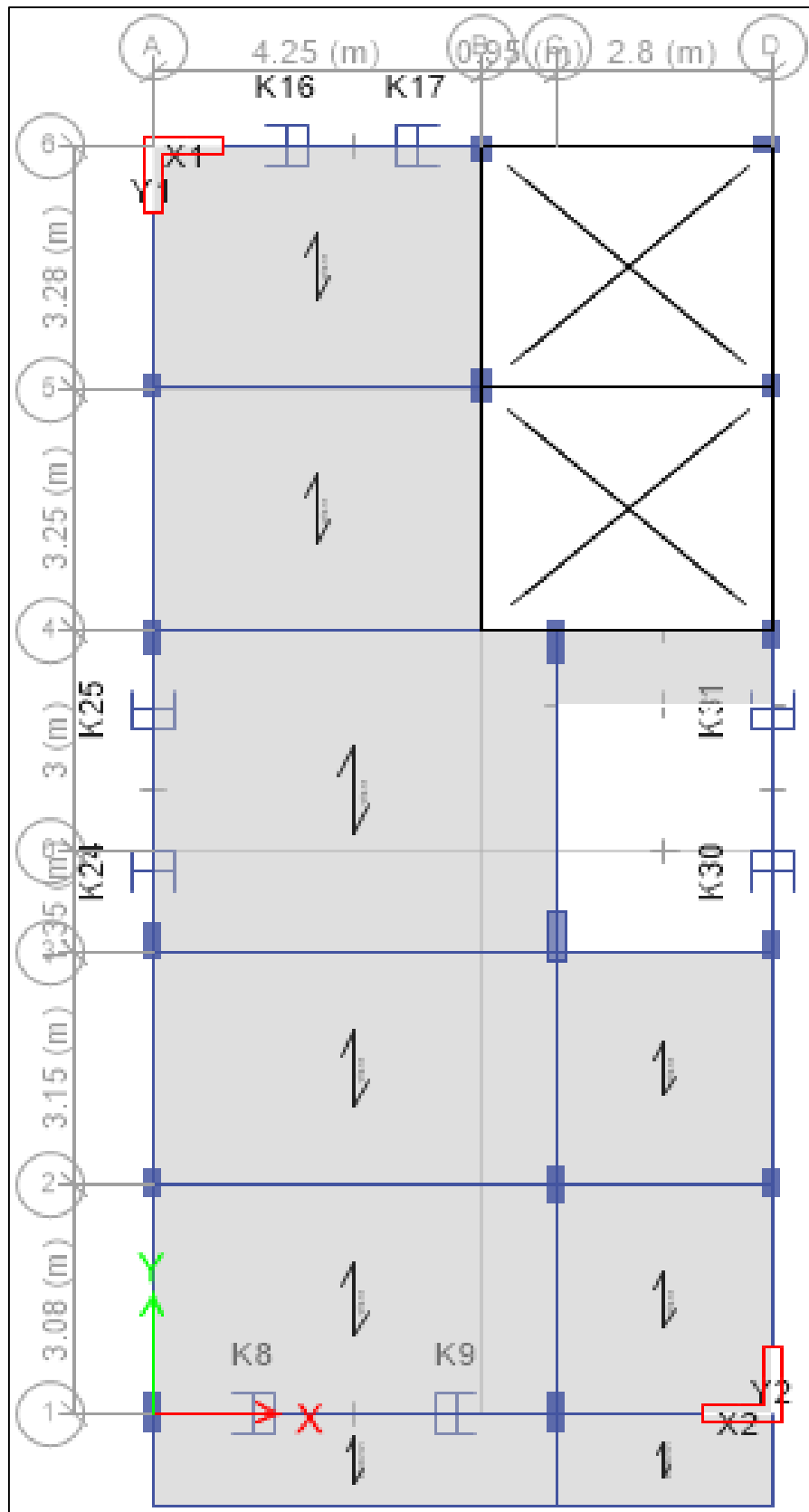
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	RZ
		sec				
Modal	1	0.635	0.797	0.184	0	0.019
Modal	2	0.539	0.199	0.618	0	0.183
Modal	3	0.453	0.007	0.204	0	0.789
Modal	4	0.187	0.731	0.263	0	0.006
Modal	5	0.15	0.444	0.541	0	0.016
Modal	6	0.133	0.781	0.193	0	0.026
Modal	7	0.119	0.042	0.096	0	0.862
Modal	8	0.107	0.001	0.033	0	0.966
Modal	9	0.09	0.333	0.606	0	0.061
Modal	10	0.076	0.369	0.554	0	0.077
Modal	11	0.061	0.291	0.703	0	0.007
Modal	12	0.048	0.266	0.152	0	0.582
Modal	13	0.048	0.384	0.192	0	0.425
Modal	14	0.037	0.343	0.656	0	0.002
Modal	15	0.03	0.801	0.168	0	0.031
Modal	16	0.027	0.017	0.003	0	0.98
Modal	17	0.027	0.173	0.821	0	0.006
Modal	18	0.022	0.034	0.073	0	0.893

Fuente: Elaboración propia

El primer modo de vibración de la edificación con sistema estructural dual (sistema convencional) es traslacional en “x”, con 0.635 seg, el segundo modo de vibración es traslacional en “y” con periodo de 0.539 seg, el tercer modo de vibración es rotacional en “z” con periodo de 0.453 segundos.

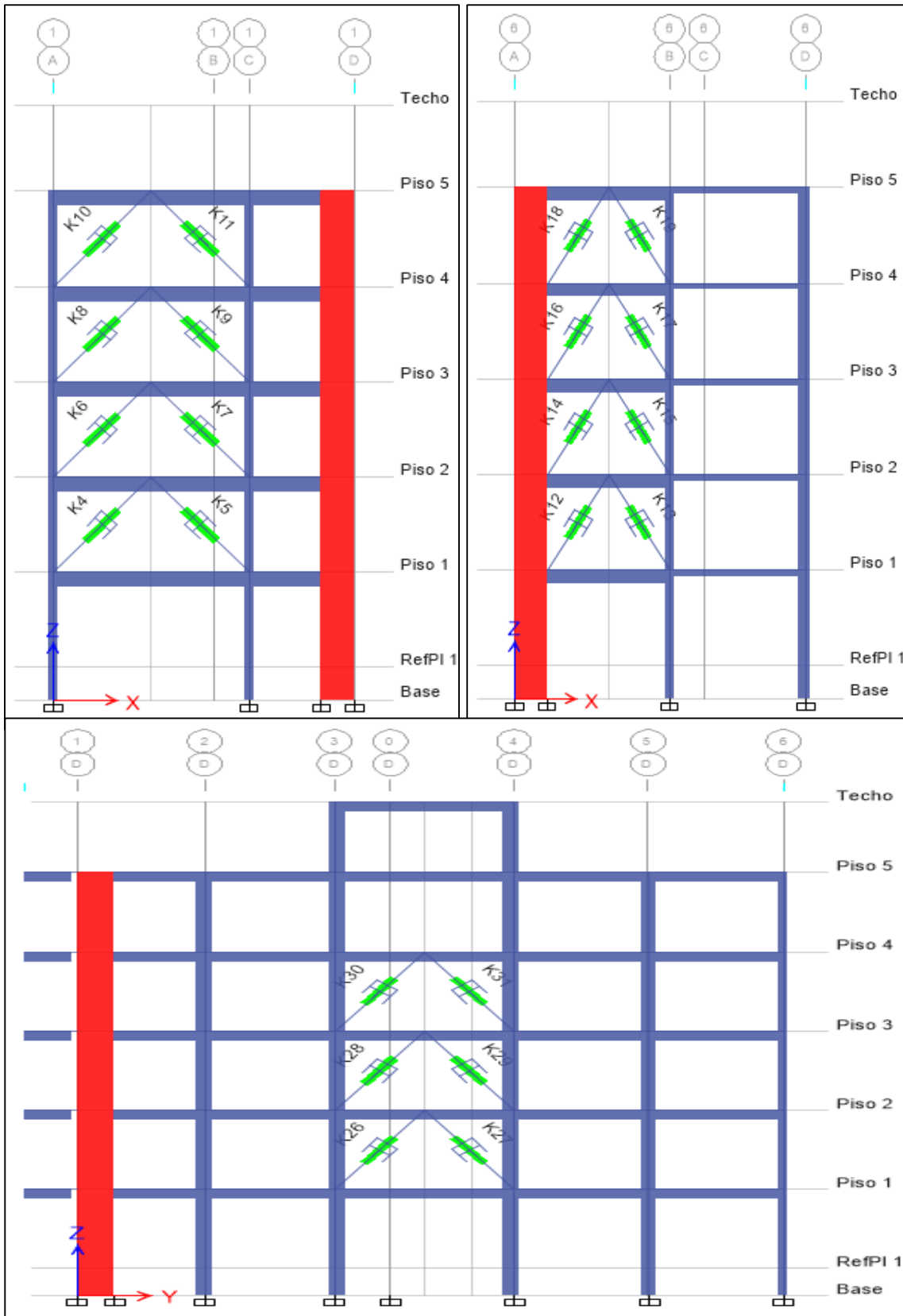
Lo cual demuestra un buen comportamiento estructural, ya que los dos primeros modos vibratoriales son traslacionales en “x” e “y”.

Fig. N°101. Vista en planta de la edificación con disipadores de fluido viscoso en las direcciones “X - X” e “Y - Y”.



Fuente: Elaboración propia

Fig. N°102. Vista frontal, posterior y lateral de la edificación con disipadores de fluido viscoso en las direcciones “X - X” e “Y - Y”.



Fuente: Elaboración propia

TABLA N°71 Control de modos, periodos y masa participativa del edificio con disipadores de fluido viscoso en las direcciones “X - X” e “Y - Y”.

Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	RZ
		sec				
Modal	1	0.691	0.782	0.143	0	0.075
Modal	2	0.615	0.218	0.437	0	0.345
Modal	3	0.516	0.003	0.427	0	0.570
Modal	4	0.209	0.798	0.177	0	0.025
Modal	5	0.174	0.227	0.664	0	0.109
Modal	6	0.149	0.086	0.183	0	0.731
Modal	7	0.138	0.884	0.006	0	0.110
Modal	8	0.111	0.019	0.14	0	0.842
Modal	9	0.103	0.526	0.376	0	0.098
Modal	10	0.085	0.369	0.556	0	0.075
Modal	11	0.073	0.097	0.777	0	0.126
Modal	12	0.063	0.042	0.103	0	0.855
Modal	13	0.059	0.67	0.272	0	0.059
Modal	14	0.045	0.268	0.731	0	0.001
Modal	15	0.036	0.816	0.138	0	0.045
Modal	16	0.035	0.023	0.007	0	0.971
Modal	17	0.031	0.152	0.848	0	0.000
Modal	18	0.023	0.019	0.005	0	0.977

Fuente: Elaboración propia

El primer modo de vibración de la edificación con la adición de disipadores de fluido viscoso en ambas direcciones es: traslacional en “x”, con 0.691 seg, el segundo modo de vibración es traslacional en “y” con periodo de 0.615 seg, el tercer modo de vibración es rotacional en “z” con periodo de 0.516 segundos.

TABLA N°72 Comparación porcentual de periodos de la edificación convencional vs edificación con disipadores.

Case	Mode	Direccion	EDIFIC. CONV.	EDIFIC. DISIP.	% Variacion
			Period	Period	
			sec	sec	
Modal	1	UX	0.635	0.691	8.10%
Modal	2	UY	0.539	0.615	12.36%
Modal	3	RZ	0.453	0.516	12.21%

Fuente: Elaboración propia

La variación porcentual de periodos en la edificación convencional vs la edificación con disipadores de fluido viscoso es de 8.10% en el primer modo vibracional (UX), en el segundo modo vibracional (UY) es de 12.36% y en el tercer modo vibracional (RZ) es de 12.21%.

TABLA N°73 Comparación porcentual de las secciones de las placas de la edificación convencional (dual) vs edificación con disipadores.

SISTEMA	ELEMENTO	SECCION m		AREA m ²	REDUCCION
EDIF. CONVEN.	PL-1	1.25	0.25	0.313	28.00%
EDIF. CON DISIP.	PL-1	0.90	0.25	0.225	

Fuente: Elaboración propia

Con la adición de disipadores de fluido viscoso en la edificación convencional (sistema estructural dual) en ambas direcciones, se logró disminuir la sección de los muros de corte (placa de concreto armado PL-1) en un 28% en la dirección longitudinal tal como se muestra en la **Tabla N°73**, en la dirección menor se mantuvo en espesor de 0.25 m, para que coincida con el ancho mínimo de una viga.

TABLA N°74 Comparación porcentual de las rigideces de las placas PL-1 de la edificación convencional (dual) vs edificación con disipadores.

SISTEMA	ELEMENTO	SECCION m		RIGIDEZ kg/cm ²	REDUCCION %
EDIF. CONVEN.	PL-1	1.25	0.25	57,914.59	61.16%
EDIF. CON DISIP.	PL-1	0.90	0.25	22,492.30	

Fuente: Elaboración propia

Al disminuir la sección de los muros estructurales en la dirección longitudinal (lado mayor) de 1.25 a 0.90m, se reduce la rigidez del muro estructural en un 61.16% tal como se muestra en la **TABLA N°74**, pero esto no es problema debido a que se va a incorporar disipadores de fluido viscoso en las direcciones “x-x” e “y-y”, para contrarrestar el incremento de las derivas de entrepiso de la edificación;

Asimismo se incrementó el periodo natural de vibración de la edificación tal como se muestra en la **TABLA N°71**, Por lo que es necesario mantener un área mínima de muros de corte en una edificación por un tema de rigideces, ya que el disipador de fluido viscoso no aporta rigidez solo adiciona amortiguamiento a la edificación.

5.2 CONTROL DE DERIVAS DE ENTREPISO

Tabla N°75. Derivas de entrepiso eje “x” de la edificación convencional (Sistema dual).

Story	Load Case/Combo	Direction	DERIVA INELASTICA	DERIVA ELASTICA	CONTROL E030- 2018
Techo	SDX Max	X	0.00167	0.00846	CORREGIR
Piso 5	SDX Max	X	0.00182	0.00920	CORREGIR
Piso 4	SDX Max	X	0.00229	0.01159	CORREGIR
Piso 3	SDX Max	X	0.00266	0.01346	CORREGIR
Piso 2	SDX Max	X	0.00287	0.01451	CORREGIR
Piso 1	SDX Max	X	0.00158	0.00801	CORREGIR

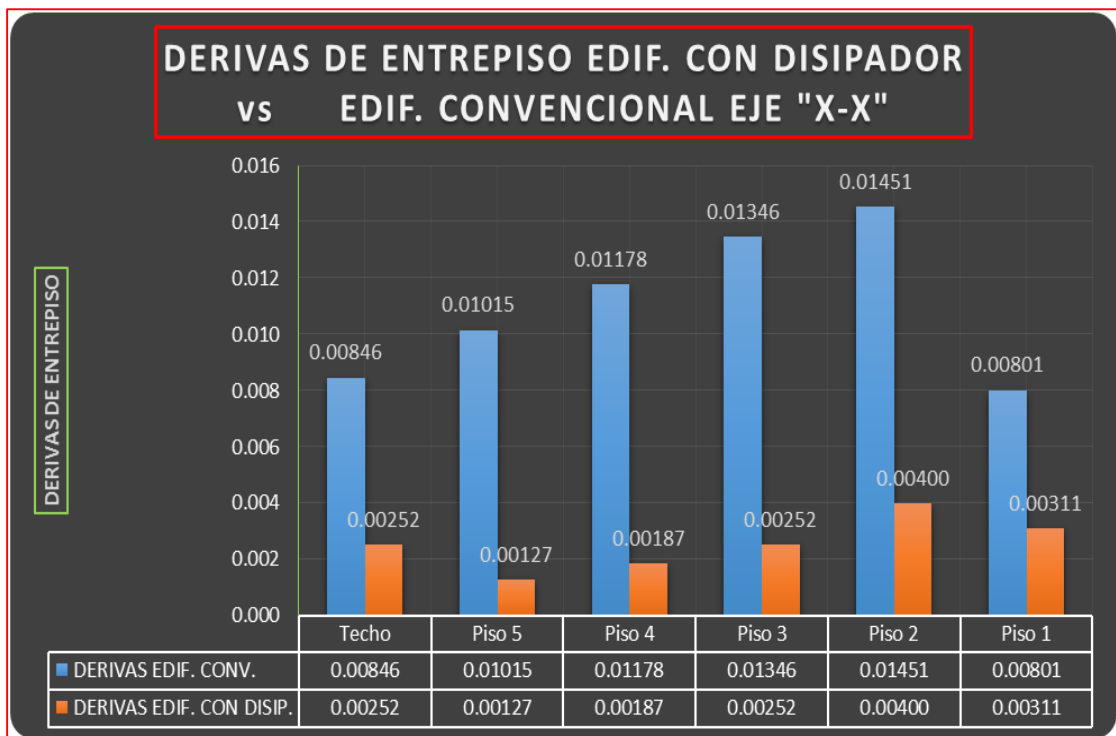
Fuente: Elaboración propia

Tabla N°76. Derivas de entrepiso eje “X” de la edificación con disipadores de fluido viscoso.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Deriva Max Perm.	Control E-030 - 2018
					m	m	m		
Techo	CASO 1 LIMA_1974 Max	X	0.002521	10	5.2	6.23	17.45	0.007	OK
Piso 5	CASO 1 LIMA_1974 Max	X	0.001272	50	0.9	17.11	14.95	0.007	OK
Piso 4	CASO 1 LIMA_1974 Max	X	0.001866	19	0	17.11	12.15	0.007	OK
Piso 3	CASO 1 LIMA_1974 Max	X	0.002515	28	0	-1.275	9.35	0.007	OK
Piso 2	CASO 1 LIMA_1974 Max	X	0.004003	28	0	-1.275	6.55	0.007	OK
Piso 1	CASO 1 LIMA_1974 Max	X	0.003109	23	8	0	3.75	0.007	OK

Fuente: Elaboración propia

Fig. N°103. Comparación grafica de derivas de entrepiso.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°77. Comparación porcentual de derivas de entrepiso

DERIVAS DE ENTREPISO DE LA EDIFICACION EJE "X-X"			
PISO	CONVENCI NAL (tnf)	CON DISIP (tnf)	% DE REDUCCION
Techo	0.00846	0.00252	70.19%
5	0.01015	0.00127	87.47%
4	0.01178	0.00187	84.16%
3	0.01346	0.00252	81.32%
2	0.01451	0.00400	72.42%
1	0.00801	0.00311	61.19%

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla N°77**, la deriva de entrepiso máxima en el eje "x-x" de la edificación convencional, se da en el piso 2 con un 0.01451 y con la adición de disipadores de fluido viscoso se reduce a 0.004, estando por debajo de la

máxima permisible (0.007) para edificaciones de concreto armado, que en porcentaje representa un 72.42% de reducción.

Tabla N°78. Derivas de entrepiso eje “Y” de la edificación convencional (Sistema dual).

Story	Load Case/Combo	Direction	DERIVA INELASTICA	DERIVA ELASTICA	CONTROL E030- 2018
Techo	SDY Max	Y	0.00087	0.00441	OK
Piso 5	SDY Max	Y	0.00142	0.00716	CORREGIR
Piso 4	SDY Max	Y	0.00181	0.00916	CORREGIR
Piso 3	SDY Max	Y	0.00214	0.01080	CORREGIR
Piso 2	SDY Max	Y	0.00227	0.01146	CORREGIR
Piso 1	SDY Max	Y	0.00130	0.00659	OK

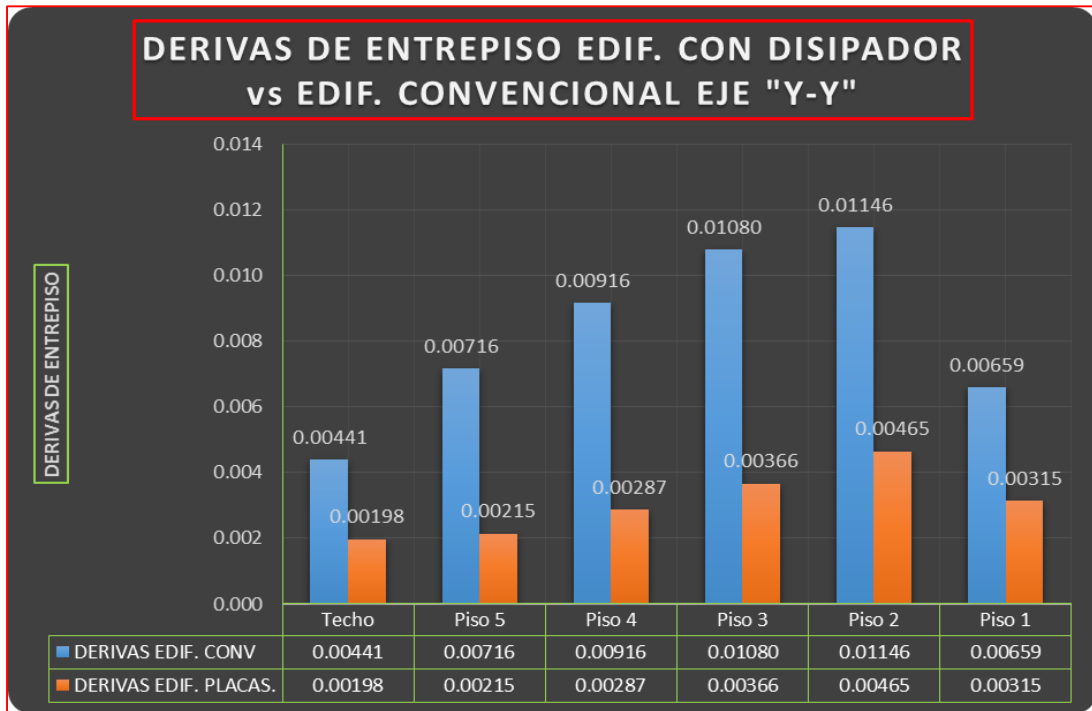
Fuente: Elaboración propia

Tabla N°79. Derivas de entrepiso eje “Y” de la edificación con disipadores de fluido viscoso.

Story	Load Case/Combo	Direction	Drift	Label	X	Y	Z	Deriva Max Perm.	Control E - 030
					m	m	m		
Techo	CASO 1 LIMA_1974 Max	Y	0.001977	12	5.2	10.58	17.45	0.007	OK
Piso 5	CASO 1 LIMA_1974 Max	Y	0.002145	51	0	16.21	14.95	0.007	OK
Piso 4	CASO 1 LIMA_1974 Max	Y	0.002874	51	0	16.21	12.15	0.007	OK
Piso 3	CASO 1 LIMA_1974 Max	Y	0.003663	16	0	13.86	9.35	0.007	OK
Piso 2	CASO 1 LIMA_1974 Max	Y	0.004647	28	0	-1.28	6.55	0.007	OK
Piso 1	CASO 1 LIMA_1974 Max	Y	0.003148	8	0	6.23	3.75	0.007	OK

Fuente: Elaboración propia

Fig. N°104. Comparación grafica de derivas de entrepiso.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°80. Comparación porcentual de derivas de entrepiso.

DERIVAS DE ENTREPISO DE LA EDIFICACION EJE "Y-Y"			
PISO	CONVENCIONAL (tnf)	CON DISIP (tnf)	% DE REDUCCION
Techo	0.00441	0.00198	55.12%
5	0.00716	0.00215	70.05%
4	0.00916	0.00287	68.62%
3	0.01080	0.00366	66.08%
2	0.01146	0.00465	59.43%
1	0.00659	0.00315	52.23%

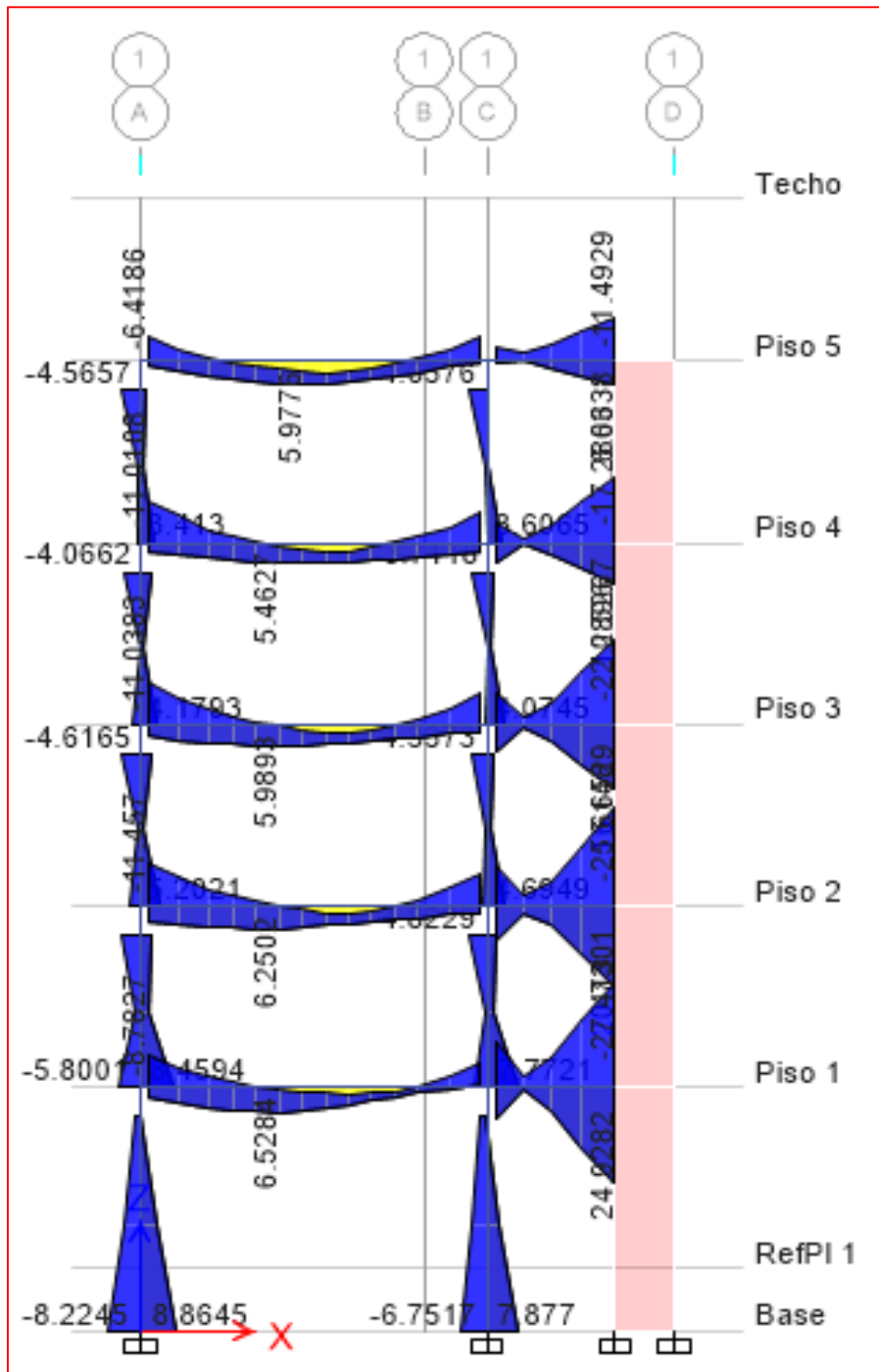
Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla N°80**, la deriva de entrepiso máxima en el eje “y-y” de la edificación convencional, se da en el piso 2 con un 0.01146 y con la adición de disipadores de fluido viscoso se reduce a 0.00465, estando por debajo de la máxima permisible (0.007) para edificaciones de concreto armado, que en porcentaje representa un 59.43% de reducción.

5.3 ESFUERZOS INTERNOS

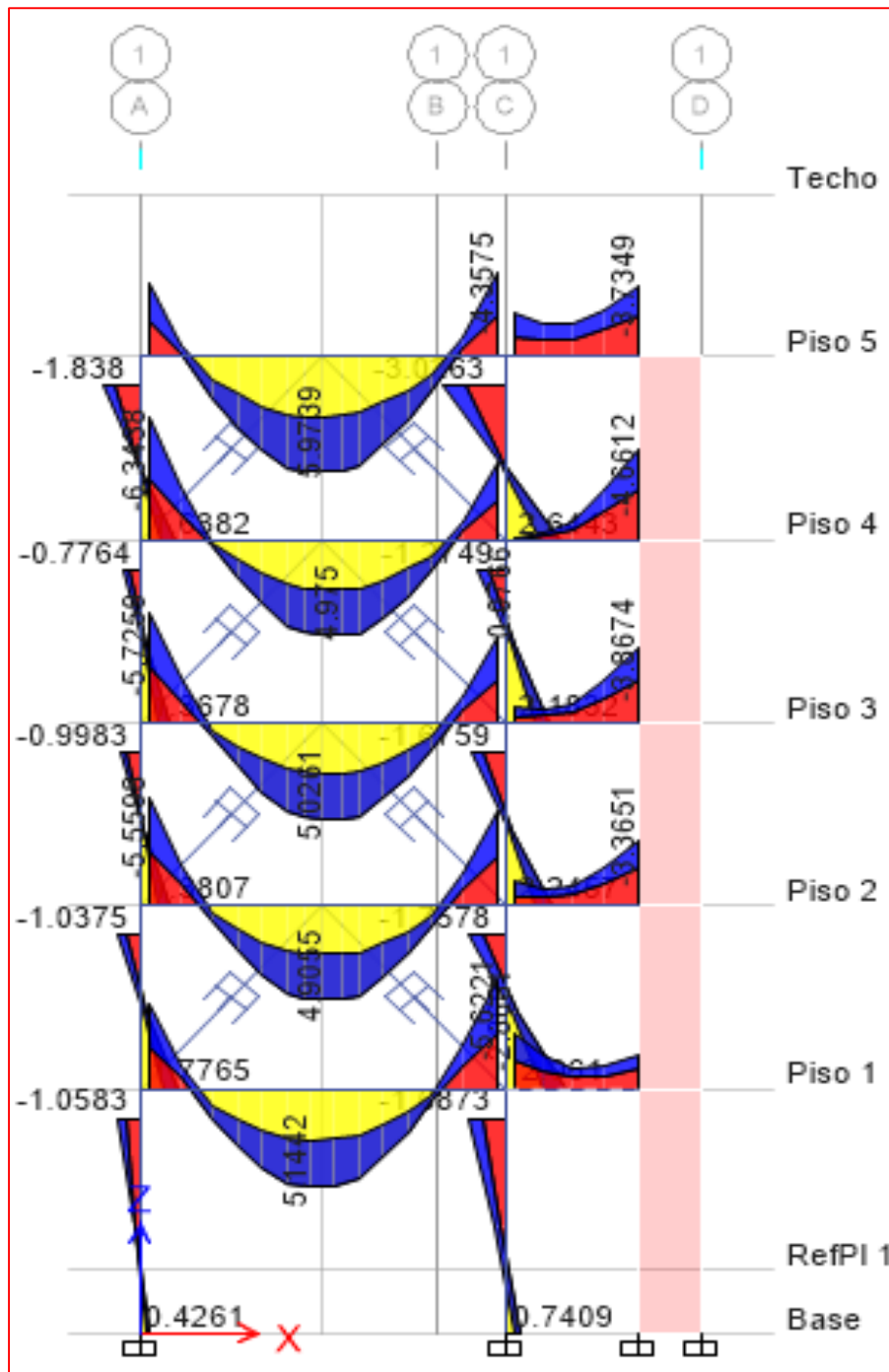
Las fuerzas cortantes, axiales y momentos flectores se redujeron en todos los elementos de corte (columnas y placas). Se tiene el pórtico más cargado de la edificación convencional y con disipadores como ejemplo.

Fig. N°105 Pórtico 1, eje "x" de la edificación convencional (sistema dual).



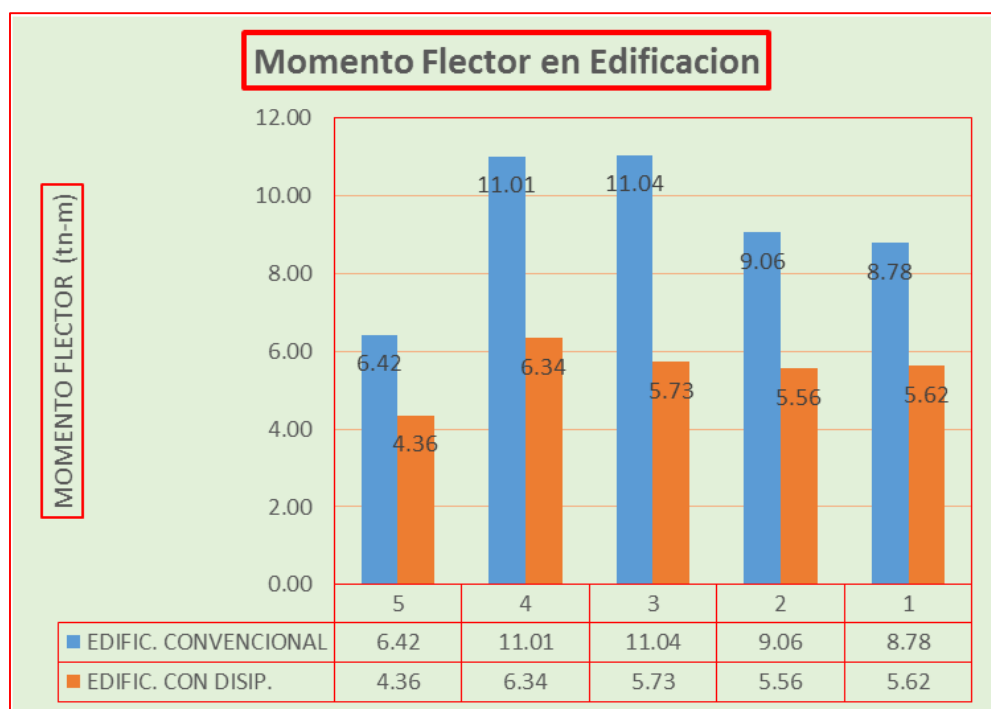
Fuente: Elaboración propia

Fig. N°106 Pórtico 1, eje “x” de la edificación con disipador.



Fuente: Elaboración propia

Fig. N°107 Momento flector en viga VP (0.25*0.45), eje “x” Pórtico 1 de la edificación convencional vs edificación con disipadores viscosos.



Fuente: Elaboración propia

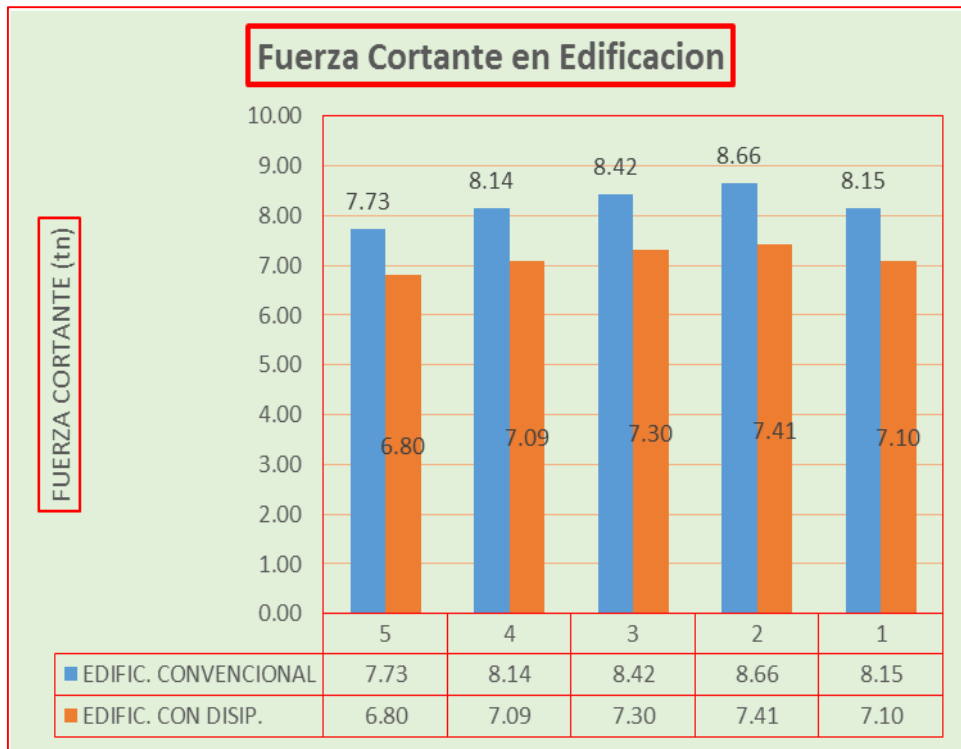
Tabla N°81. Comparación porcentual de momentos en el pórtico 1 del eje “x” de la edificación convencional vs edificación con disipadores de fluido viscoso.

COMPARACION PORCENTUAL DE MOMENTOS FLECTORES EJE "X-X"			
PISO	CONVENCIONAL (tnf)	CON DISIP (tnf)	% DE REDUCCION
5	6.42	4.36	32.09%
4	11.01	6.34	42.42%
3	11.04	5.73	48.10%
2	9.06	5.56	38.63%
1	8.78	5.62	35.99%

Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla N°81**. Se observa que los esfuerzos internos en la viga VP (0.25*0.45), eje “x” del Pórtico 1 (momentos); se reducen desde un 32.09 % en el piso 5, hasta un 48.10% en el piso 3.

Fig. N°108 Fuerza cortante en viga VP (0.25*0.45), eje "x" Pórtico 1 de la edificación convencional vs edificación con disipadores viscosos.



Fuente: Elaboración propia

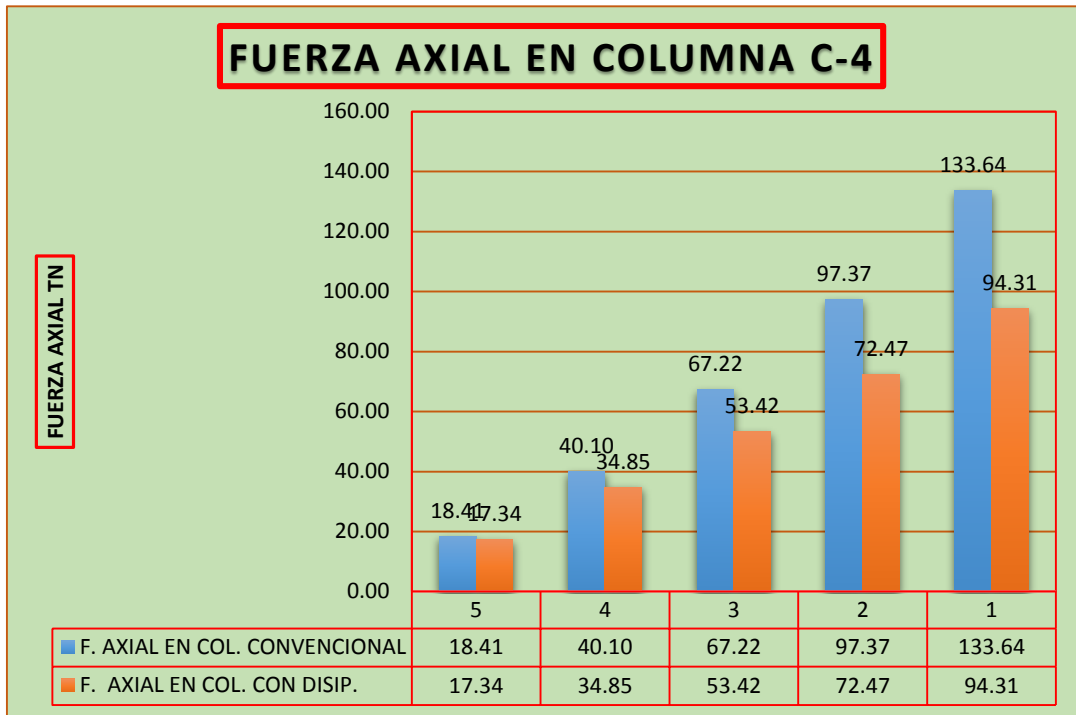
Tabla N°82. Comparación porcentual de fuerzas cortantes en el pórtico 1 del eje "x" de la edificación convencional vs edificación con disipadores de fluido viscoso.

COMPARACION PORCENTUAL DE FUERZA CORTANTE EJE "X-X"			
PISO	CONVENCIONAL (tnf)	SIN DISIP (tnf)	% DE REDUCCION
5	7.73	6.80	12.03%
4	8.14	7.09	12.90%
3	8.42	7.30	13.30%
2	8.66	7.41	14.43%
1	8.15	7.10	12.88%

Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla N°82.** Se observa que los esfuerzos internos en la viga VP (0.25*0.45), eje "x" del Pórtico 1 (fuerza cortante); se reducen desde un 12.03 % en el piso 5, hasta un 14.43% en el piso 2.

Fig. N°109 Fuerza axial en columna del pórtico 1, eje “x” de la edificación convencional vs edificación con disipadores viscosos.



Fuente: Elaboración propia

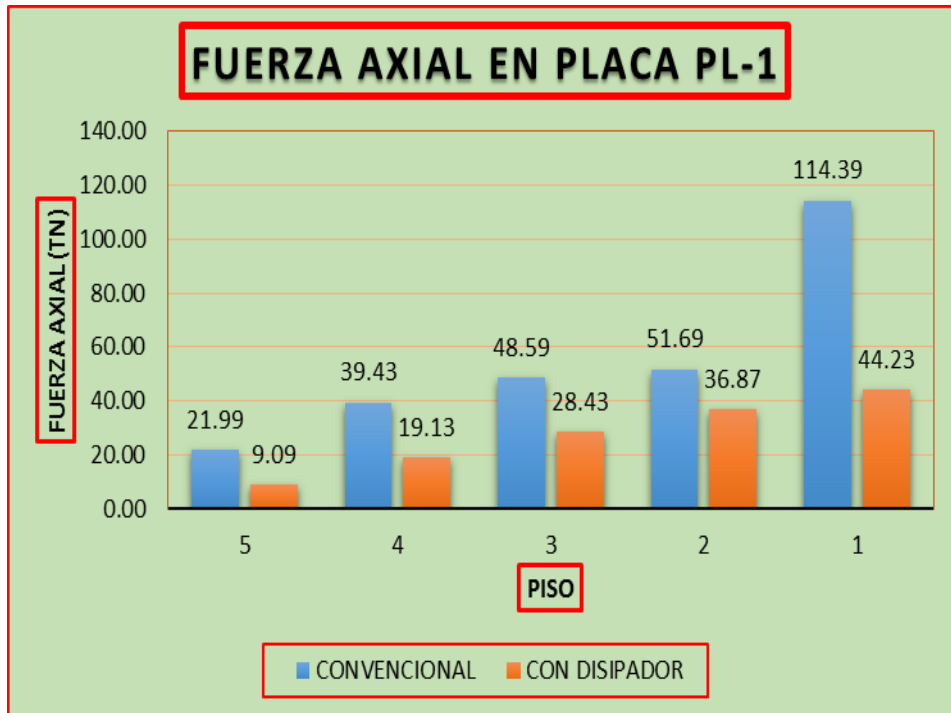
Tabla N°83. Comparación porcentual de fuerzas axiales en columna C – 4, del pórtico 1 eje “x” de la edificación convencional vs edificación con disipadores.

FUERZA AXIAL EN COLUMNA C-4			
PISO	CONVENCIONAL (tn)	CON DISIPADOR (tn)	% DE REDUCCION
5	18.41	17.34	5.81%
4	40.10	34.85	13.09%
3	67.22	53.42	20.53%
2	97.37	72.47	25.57%
1	133.64	94.31	29.43%

Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla N°83.** Se observa que los esfuerzos internos en la columna C-4 eje “x” del Pórtico 1 (fuerza axial); se reducen desde un 5.81 % en el piso 5, hasta un 29.43% en el piso 2.

Fig. N°110 Fuerza axial en placa PL-1 del pórtico 1 eje "x" de la edificación convencional vs edificación con disipadores viscosos.



Fuente: Elaboración propia

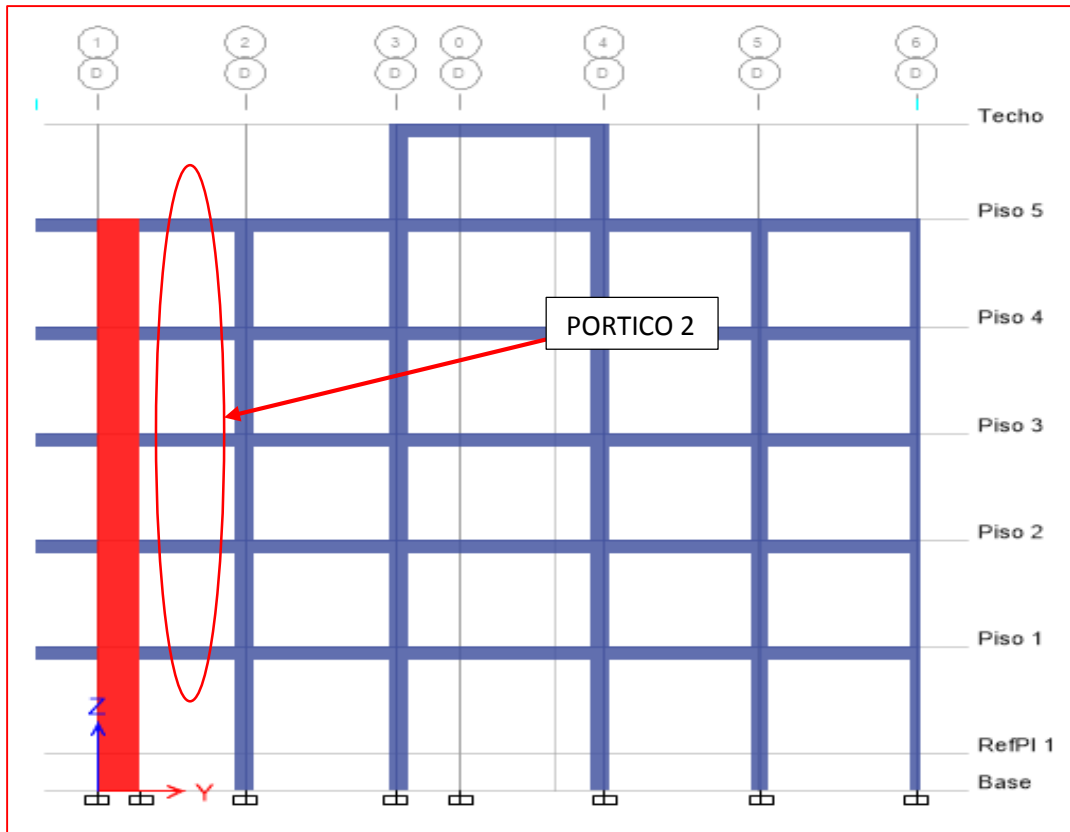
Tabla N°84. Comparación porcentual de fuerzas axiales en placa PL-1, del pórtico 1 eje "x" de la edificación convencional vs edificación con disipadores

FUERZA AXIAL EN PLACA PL-1			
PISO	CONVENCIONAL (tn)	CON DISIPADOR (tn)	% DE REDUCCION
5	21.99	9.09	58.66%
4	39.43	19.13	51.48%
3	48.59	28.43	41.49%
2	51.69	36.87	28.67%
1	114.39	44.23	61.33%

Fuente: Elaboración propia

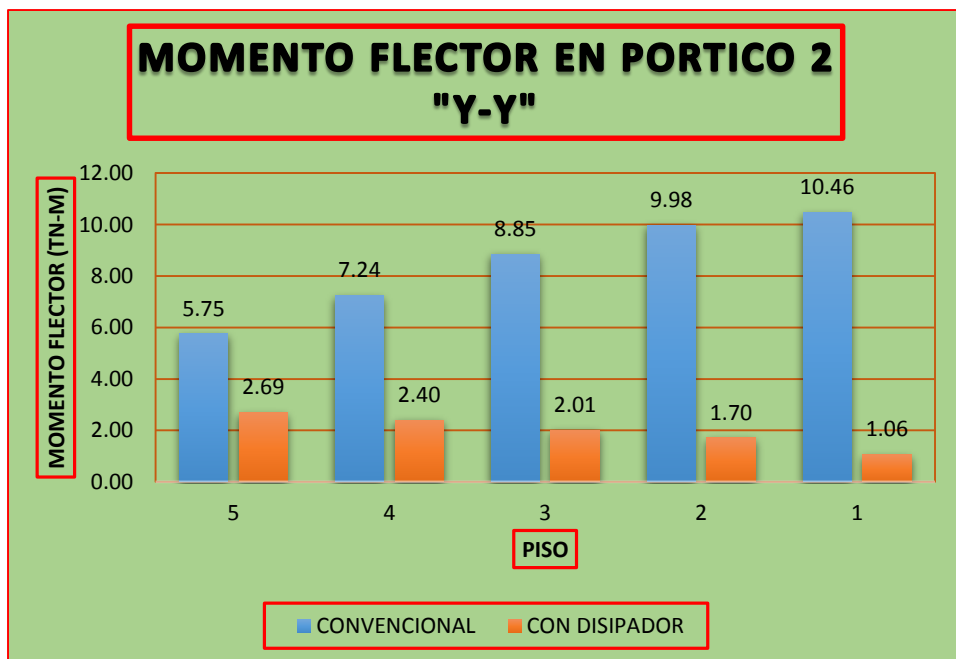
De la **Tabla N°84**. Se observa que los esfuerzos internos en la placa PL-1 eje "x" del Pórtico 1 (fuerza axial); se reducen desde un 58.66 % en el piso 5, hasta un 61.33% en el piso 1.

Fig. N°111 Pórtico 2 eje "Y-Y", de la edificación convencional.



Fuente: Elaboración propia

Fig. N°112 Momento flector en viga VS (0.25*0.35), eje "Y" Pórtico 2 de la edificación convencional vs edificación con disipadores viscosos.



Fuente: Elaboración propia

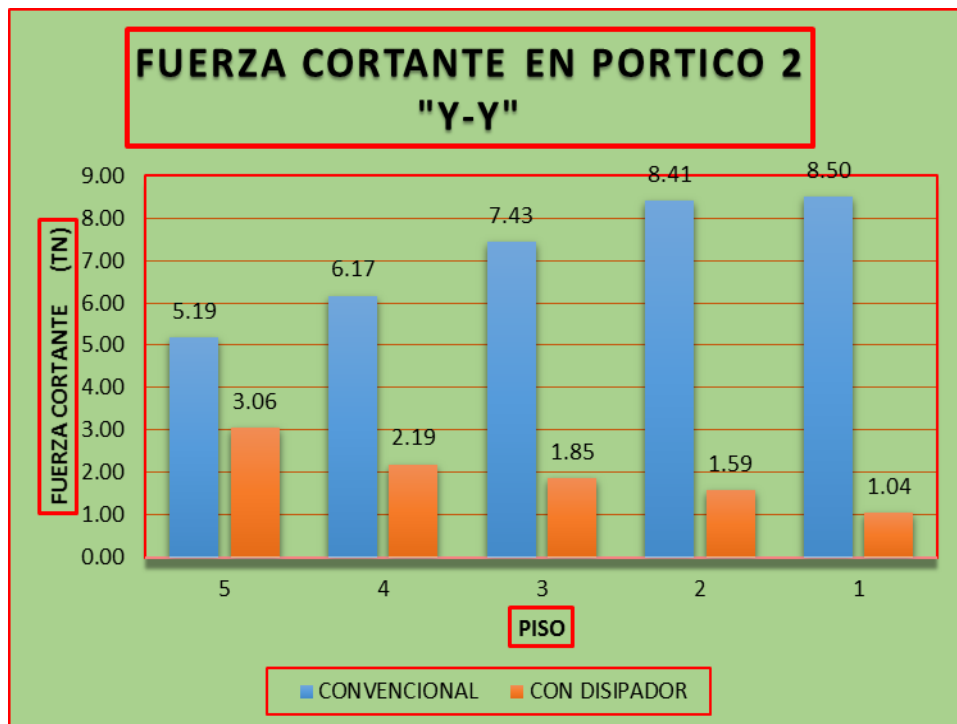
Tabla N°85. Comparación porcentual de momentos en el pórtico 2 del eje “Y” de la edificación convencional vs edificación con disipadores de fluido viscoso.

MOMENTO FLECTOR EN PORTICO 2, EJE "Y-Y"			
PISO	CONVENCIONAL (tn)	CON DISIPADOR (tn)	% DE REDUCCION
5	5.75	2.69	53.22%
4	7.24	2.40	66.85%
3	8.85	2.01	77.29%
2	9.98	1.70	82.97%
1	10.46	1.06	89.87%

Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla N°85.** Se observa que los esfuerzos internos en la viga VS (0.25*0.35), eje “Y” del Pórtico 2 (momentos); se reducen desde un 53.22 % en el piso 5, hasta un 89.87% en el piso 1.

Fig. N°113 Fuerza cortante en viga VS (0.25*0.35) eje “Y”, pórtico 2 de la edificación convencional vs edificación con disipadores viscosos.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°86. Comparación porcentual de fuerza cortante en el pórtico 2 del eje “Y” de la edificación convencional vs edificación con disipadores de fluido viscoso.

FUERZA CORTANTE EN PORTICO 2, EJE "Y-Y"			
PISO	CONVENCIONAL (tn)	CON DISIPADOR (tn)	% DE REDUCCION
5	5.19	3.06	41.04%
4	6.17	2.19	64.51%
3	7.43	1.85	75.10%
2	8.41	1.59	81.09%
1	8.50	1.04	87.76%

Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla N°86.** Se observa que los esfuerzos internos en la viga VS (0.25*0.35), eje “Y” del Pórtico 2 (fuerza cortante); se reducen desde un 41.04 % en el piso 5, hasta un 87.76% en el piso 1.

Fig. N°114 Fuerza axial máxima en cada nivel en la placa PL-2 del pórtico 2 eje “Y” de la edificación convencional vs edificación con disipadores viscosos.



Fuente: Elaboración propia

Tabla N°87. Comparación porcentual de fuerza axial en el pórtico 2 del eje “Y” de la edificación convencional vs edificación con disipadores de fluido viscoso.

FUERZA AXIAL EN PLACA PL-2, EJE "Y-Y"			
PISO	CONVENCIONAL (tn)	CON DISIPADOR (tn)	% DE REDUCCION
5	17.99	6.28	65.09%
4	29.80	13.04	56.24%
3	30.28	19.34	36.13%
2	53.95	25.71	52.34%
1	133.85	32.13	76.00%

Fuente: Elaboración propia

De la **Tabla N°87**. Se observa que los esfuerzos internos en la placa PL-2, eje “Y” del Pórtico 2 (fuerza axial); se reducen desde un 65.09 % en el piso 5, hasta un 76% en el piso 1.

5.4 DISCUSION DE RESULTADOS

La manera correcta de interpretar los resultados, es a partir de los datos del capítulo anterior (análisis de resultados).

Conforme se verifico en los cuadros estadísticos (tablas, gráficos, etc.) de los datos obtenidos del **Comportamiento Estructural**: el primer modo de vibración de la edificación convencional (pre test) es traslacional en “x”, con un periodo de 0.635 seg. El segundo modo de vibración es traslacional en “y” con periodo de 0.539 seg, el tercer modo de vibración es rotacional en “z” con periodo de 0.453 segundos. En la edificación con la adición de disipadores de fluido viscoso (post test), el primer modo de vibración es traslacional en “x”, con periodo de 0.691 seg, el segundo modo de vibración es traslacional en “y” con periodo de 0.615 seg, el tercer modo de vibración es rotacional en “z” con periodo de 0.516 segundos.

Lo cual demuestra que, existe un incremento porcentual del periodo de vibración de la edificación en un 8.10% en el primer modo de vibración U_x , en el segundo modo de vibración U_y , se incrementa el periodo de vibración en un 12.36% y en el tercer modo de vibración U_z , se incrementa el periodo de vibración en un 12.21%.

Con la incorporación de disipadores de fluido viscoso en la edificación convencional (post test), se logró disminuir la sección de los muros de corte (placa de concreto armado PL-1 y PL-2) en un 28% en la dirección longitudinal, tal como se muestra en la Tabla N°73, en la dirección menor se mantuvo en espesor de 0.25 m, para que coincida con el ancho mínimo de una viga según el RNE. Que en área significa una reducción de un 28% de su sección.

Por lo tanto se demuestra que con la incorporación de disipadores de fluido viscoso en la edificación (post test), se puede reducir la sección de los elementos de corte (placas), que representa beneficios económicos (edificio con menos carga de placas de concreto armado, reducción de área de encofrado, reducción de HH, reducción de materiales etc.), factor fundamental en toda construcción.

Al disminuir la sección de los muros estructurales en las direcciones “x-x” e “y-y” (placas PL-1, PL-2), en el lado mayor de 1.25 a 0.90m, se reduce la rigidez del muro estructural en un 61.16% tal como se muestra en la TABLA N°74.

Por lo tanto se demuestra que, con el uso de los disipadores de fluido viscoso, se reduce la sección de los elementos de corte (placas, columnas etc.) en las dos direcciones, pero siempre es necesario mantener un área mínima de muros de corte por un tema de rigidez en la edificación, es decir evitar el problema de irregularidad de rigidez (piso blando).

CONTROL DE DERIVAS DE ENTREPISO

En la edificación convencional (pre-test), se tiene como máxima deriva de entrepiso al valor de 0.01451, ubicada en el segundo nivel del eje “x-x” de la edificación, ver Tabla N°75; en el eje “y-y” se tiene como máxima deriva de entrepiso al valor de 0.01146 según Tabla N°78, ubicada en el segundo nivel de la misma edificación.

Luego de realizar el análisis dinámico no lineal tiempo historia en la edificación con la incorporación de disipadores de fluido viscoso (post test), se obtuvo como deriva máxima de entrepiso en el eje “x-x” al valor de 0.0040 ver Tabla N°76, ubicada en el segundo nivel; en el eje “y-y” se tiene como máxima deriva de entrepiso al valor de 0.004647 según Tabla N°79, ubicada en el segundo nivel de la misma edificación; valores muy por debajo de la deriva máxima permisible para edificaciones de concreto armado (0.007), dado por la norma E030-2018.

De los resultados obtenidos a través de los cuadros estadísticos (gráficos y tablas en Excel), se afirma que se logró reducir las derivas máximas de entrepiso en las direcciones “x-x” e “y-y”, en un 72.42% y 59.43% respectivamente.

En consecuencia los gráficos y tablas estadísticas muestran resultados significativos en la prueba final o post test, por lo tanto se acepta la hipótesis de trabajo donde la evaluación pre y post test son diferentes, demostrando que el

diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones es a través de disipadores de energía en la dimensión de control de derivas en la ciudad de Huancayo.

ESFUERZOS INTERNOS

En la edificación convencional (pre-test), se tiene como máximo momento flector en el pórtico 1 de la viga VP (0.25*0.45), el valor de 11.04 tn-m, ubicado en el tercer nivel del eje "x-x" de la misma, ver Tabla N°81; luego de realizar el análisis dinámico tiempo historia no lineal en la edificación con la incorporación de disipadores de fluido viscoso (post test), en el mismo eje, pórtico y nivel, se tiene como máximo momento flector el valor de 5.73 tn-m según Tabla N°81.

De los resultados obtenidos a través de los cuadros estadísticos (Fig.N°107 y Tabla N°81), se afirma que se logró reducir los esfuerzos internos (momento flector en la VP-0.25*0.45), generados en el pórtico 1, eje "x-x" de la edificación en un 48.10%.

En la edificación convencional (pre-test), se tiene como máxima fuerza cortante en el pórtico 1 de la viga VP (0.25*0.45), el valor de 8.66 tn, ubicado en el segundo nivel del eje "x-x" de la misma, según Tabla N°82; luego de realizar el análisis dinámico tiempo historia no lineal en la edificación con la incorporación de disipadores de fluido viscoso (post test), en el mismo eje, pórtico y nivel, se tiene como máxima fuerza cortante el valor de 7.41 tn según Tabla N°82.

De los resultados obtenidos a través de los cuadros estadísticos (Fig.N°108 y Tabla N°82), se afirma que se logró reducir los esfuerzos internos (fuerza cortante en la VP-0.25*0.45), generados en el pórtico 1, eje "x-x" de la edificación en un 14.43%.

En la edificación convencional (pre-test), se tiene como máxima fuerza axial en el pórtico 1 de la placa (PL-1), el valor de 114.39 tn, ubicado en el primer nivel

del eje “x-x” de la misma, según Tabla N°84; luego de realizar el análisis dinámico tiempo historia no lineal en la edificación con la incorporación de disipadores de fluido viscoso (post test), en el mismo eje, pórtico y nivel, se tiene como máxima fuerza axial el valor de 44.23 tn según Tabla N°82.

De los resultados obtenidos a través de los cuadros estadísticos (Fig.N°110 y Tabla N°84), se afirma que se logró reducir los esfuerzos internos (fuerza axial en la placa PL-1), generados en el pórtico 1, eje “x-x” de la edificación en un 61.33%.

En la edificación convencional (pre-test), se tiene como máxima fuerza axial en el pórtico 2 de la placa (PL-2), el valor de 133.85 tn, ubicado en el primer nivel del eje “y-y” de la misma, según Tabla N°87; luego de realizar el análisis dinámico tiempo historia no lineal en la edificación con la incorporación de disipadores de fluido viscoso (post test), en el mismo eje, pórtico y nivel, se tiene como máxima fuerza axial el valor de 32.13 tn según Tabla N°87.

De los resultados obtenidos a través de los cuadros estadísticos (Fig.N°114 y Tabla N°87), se afirma que se logró reducir los esfuerzos internos (fuerza axial en la placa PL-2), generados en el pórtico 2, eje “y-y” de la edificación en un 76.00%.

En consecuencia los gráficos y tablas estadísticas muestran resultados significativos en la prueba final o post test, por lo tanto se acepta la hipótesis de trabajo donde la evaluación pre y post test son diferentes, demostrando que el diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones es a través de disipadores de energía en la dimensión de esfuerzos internos en la ciudad de Huancayo.

CONCLUSIONES

- 1 Se determinó que el diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía fue a través de disipadores de fluido viscoso en la dimensiones de comportamiento estructural, control de derivas y esfuerzos internos.
- 2 Se estableció que el diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de fluido viscoso, fue favorable en la dimensión del comportamiento estructural, debido a que se redujo la sección de los muros de corte en un 28%, del mismo modo sus rigideces en un 61.16% y se incrementó los periodos de vibración de la edificación, para el 1ero (Ux), 2do (Uy) y 3er (Uz) modo de vibración en un 8.10%, 12.36% y 12.21% respectivamente. Por lo tanto se ratifica la hipótesis.
- 3 Se demostró que el diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de fluido viscoso, influyo en la dimensión de control de derivas, debido a que se redujo las derivas de entrepiso en las direcciones “x-x” e “y-y”, en un 72.42% y 59.43% respectivamente. Por lo tanto se ratifica la hipótesis.
- 4 Se estimó que el diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de fluido viscoso, favoreció en la dimensión de esfuerzos internos, ya que se redujo los esfuerzos internos en la viga VP (0.25x0.45) y placa PL-1 del pórtico 1, eje “x-x” (momento flector, fuerza cortante y fuerza axial) en un 48.10%, 14.43% y 61.33% respectivamente; del mismo modo se redujo la fuerza axial en la placa PL-2; del pórtico 2, eje “y-y” en un 76%; por lo tanto se ratifica la hipótesis.

RECOMENDACIONES

- 1** Para la realización del análisis dinámico lineal tiempo historia, se debe tomar en cuenta los acelerogramas reales del tipo de suelo donde se va a construir, para así poder reflejar la realidad.
- 2** Se recomienda el uso del sistema de protección sísmica moderno, en este caso disipador de fluido viscoso como alternativa de protección sísmica frente a un sismo catalogado como severo para las estructuras (edificios altos o esbeltos, multifamiliares, oficinas, hospitales, hoteles, centros comerciales etc., también pueden usarse para reforzar estructuras existentes, ya que se demostró el buen desempeño sísmico que tienen dichas estructuras.
- 3** Se recomienda usar disipadores de fluido viscoso teniendo en cuenta los beneficios a futuro como la reducción de daños (materiales, pérdida de vidas, etc.) producidos por los sismos si se compara con las estructuras convencionales, teniendo que evaluar costos de reparación estructural que en muchos casos resulta muy costoso repararlos por lo que se opta por demolerlos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **CARRANZA y CALDERON (2015).** *“Reforzamiento de una Estructura Aporticada con Disipadores de Fluido Viscoso para un Mercado en la Ciudad de Trujillo”.* Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería UPAO Trujillo, Perú.
2. **ROMERO (2016).** *“Diseño Estructural de un Edificio de 7 Pisos de Concreto Armado con Reforzamiento con Disipadores Visco-Elasticos Sólidos, Lima – 2016.* Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería UPC Lima, Perú.
3. **DIAZ LA ROSA (2014).** *“Evaluación del Proyecto Estructural y Optimización del Diseño con Disipadores de Energía Viscosos Taylor para una Edificación Esencial de 6 Pisos”.* Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería UPAO Trujillo, Perú.
4. **ROJAS (2016).** *“Análisis y Diseño Estructural Comparativo de la Estructura del Edificio Multifamiliar Barcelona II con Apoyos Empotrados y con Aisladores Basales, en el Distrito de Pueblo libre-Lima”.* Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería UPLA Huancayo, Perú.
5. **VILLAREAL Y OVIEDO (2009).** *Edificaciones con Disipadores de Energía.* 1ra ed. Lima – Perú.
6. **VILLAREAL Y DIAZ LA ROSA (2016).** *Edificaciones con Disipadores Viscosos.* 1ra ed. Lima - Perú; Imprenta Gráfica Norte S.R.L.
7. **CHAVEZ J. (2017).** *Diseño Sismoresistente de Edificios con Disipadores de Fluido Viscoso.* 1ra ed. Lima - Perú; Grupo Universitario SAC.
8. **HARMSSEN T. (2005).** *Diseño de Estructuras de Concreto Armado.* 4ta ed. Lima - Perú: PUCP.
9. **MORALES R. (2006).** *Diseño en Concreto Armado.* 3ra ed. Lima – Perú; Fondo Editorial ICG.

- 10. REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (2016).** *Ministerio de Vivienda.*
- 11. ASCE/SEI 7- 10. (2010)** “*Mínimum Design Loads for Buildings and Other Structures*”. *American Society of Civil Engineers.*
- 12. FEMA 356. (2000)** “*Prestandard And Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings*”.
- 13. WWW.CDVREPRESENTACIONES.COM**
- 14. BLANCO A. (1994).** *Estructuración y Diseño de Edificaciones de Concreto Armado.* 2da ed. Lima – Perú; capítulo de ingeniería civil.
- 15. AISC Steel Construction Manual (EE.UU).** *American Institute Steel Construction* 13th edition. 2005. 2181 pp.
- 16. SEISMOMATCH [CDROM]** Versión 1.3.0 Programa computacional.
- 17. SEISMOSIGNAL [CDROM]** Versión 1.3.0 Programa computacional.
- 18. LOA (2017).** “*Diseño Estructural de un Edificio de Concreto Armado de seis pisos y dos Sótanos*”. *Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería PUCP Lima, Perú.*
- 19. DEL PINO (2016).** “*Diseño Estructural en Concreto Armado de un Edificio con seis Pisos, ubicado en Jesús maría – lima*”. *Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería PUCP Lima, Perú.*
- 20. MONTALVO (2014).** “*Diseño Estructural de un Edificio de Vivienda de ocho Pisos*”. *Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería PUCP Lima, Perú.*
- 21. CHACON, RAMIREZ (2014).** “*Análisis De Una Edificación De 4 Pisos Con Disipadores De Fluido Viscoso*”. *Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería PUCP Lima, Perú.*
- 22. FUENTES (2015).** “*Análisis Sísmico De Una Edificación Con Disipadores De Fluido Viscoso*”. *Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería PUCP Lima, Perú.*

ANEXOS

DISEÑO Y EVALUACION DEL DESEMPEÑO SISMICO PARA ESTRUCTURAS DE EDIFICACIONES MULTIFAMILIARES REFORZADAS CON DISIPADORES DE ENERGIA EN LA CIUDAD DE HUANCAYO.

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES y DIMENSIONES	METODOLOGIA
¿Cómo es el diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la ciudad de Huancayo?	Determinar cómo es el diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la ciudad de Huancayo.	El diseño y evaluación del desempeño sísmico es favorable en estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la ciudad de Huancayo.	Variable Independiente: Diseño y evaluación del desempeño sísmico.	MÉTODO DE INV.: Científico TIPO DE INV.: Aplicada NIVEL DE INV.: Explicativo. DISEÑO DE INV.: Experimental
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICAS	Variable Dependiente: Edificaciones reforzadas con disipadores de energía.	
a) ¿En qué medida favorece el diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía, en la dimensión del comportamiento estructural? b) ¿Cuál es la influencia del diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía, en la dimensión de control de derivas?	a) Establecer en qué medida favorece el diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la dimensión de comportamiento estructural. b) Demostrar la influencia del diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la dimensión de control de derivas.	a) El diseño y evaluación del desempeño sísmico es favorable en estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la dimensión del comportamiento estructural. b) El diseño y evaluación del desempeño sísmico influye positivamente en estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la dimensión de control de derivas.	Dimensiones: Comportamiento estructural. Control de derivas. Esfuerzos internos	

<p>c) ¿De qué manera favorece el diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía, en la dimensión de esfuerzos internos?</p>	<p>c) Estimar de qué manera favorece el diseño y evaluación del desempeño sísmico para estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la dimensión de esfuerzos internos.</p>	<p>c) El diseño y evaluación del desempeño sísmico influye directamente en estructuras de edificaciones reforzadas con disipadores de energía en la dimensión de esfuerzos internos.</p>		
--	--	--	--	--