

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“INFLUENCIA DE LOS DISIPADORES FLUIDO VISCOSOS EN EL DESEMPEÑO SÍSMICO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA POLITÉCNICO REGIONAL DEL CENTRO, HUANCAYO”

Línea de investigación Institucional

TRANSPORTE Y URBANISMO

PRESENTADO POR:

Bach. BELITO ORIHUELA ROYER KELVIN

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERU

2018

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

DR. CASIO AURELIO TORRES LÓPEZ

PRESIDENTE

PH.D MOHAMED MEHDI HADI MOHAMED

JURADO

ING. RANDO PORRAS OLARTE

JURADO

ING. CHRISTIAN MALLAUPOMA REYES

JURADO

ING. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES

SECRETARIO DOCENTE

ASESOR:

ASESOR TEMÁTICO

ING. FLORES ESPINOZA, CARLOS GERARDO

DEDICATORIA

A mis padres y familiares, por el apoyo constante
y desinteresado para el logro de mis metas.

A mi gran amigo “Ruso”, por sus sabios consejos y al
ayudarme a encontrar dirección a mi vida.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, expreso mis más profundos agradecimientos a Dios por la salud y bienestar que me brinda por que sin él la realización de esta investigación no hubiera sido posible.

A mis padres Carlos Belito Huarcaya y Dora Orihuela Meza, por la infinita paciencia y apoyo que siempre me mostraron, por los consejos que me impulsaron a crecer cada día como profesional y persona.

Es una gran alegría para mi contar con la opinión técnica del Mg. Juan Alejandro, Muñoz Peláez - Docente principal en la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú y Gerente de Proyectos de PRISMA INGENIEROS, al ayudarme a complementar puntos esenciales en mi tema de investigación.

También brindar un especial agradecimiento a mi buen amigo Jean Piers Chávez Aguirre - Autor del Libro: “Diseño Sismo resistente de edificios con Disipadores de Fluido Viscoso”, por sus orientaciones y consejos que me motivan a continuar estudios de posgrado y así poder especializarme en la rama de la ingeniería estructural.

Asimismo, un superlativo agradecimiento a un gran amigo y excelente persona, Erick Trujillo Benito, por su enorme humildad, por sus enseñanzas, conocimientos brindados y la influencia que causo en mi para la investigación sobre el comportamiento sísmico de edificaciones en el rango no lineal.

De igual manera expresar un enorme agradecimiento al Ing. Carlos Gerardo Espinosa Flores, PH. D Mohamed Mehdi Hadi Mohamed, Ing. Mallaupoma Reyes Christian, Ing Rando Porras Olarte y demás Ingenieros de la Facultad de Ingeniería Civil – UPLA, por sus enseñanzas brindadas a lo largo de estos 5 años de constancia y esfuerzo para la culminación de esta maravillosa carrera.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
RESUMEN	XIX
ABSTRACT	XX
INTRODUCCIÓN	XXI
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	23
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	25
1.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	25
1.2.2 PROBLEMA ESPECÍFICO	25
1.3 JUSTIFICACIÓN	25
1.3.1 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	25
1.3.2 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA.....	26
1.3.3 JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	26
1.4 DELIMITACIÓN.....	27
1.4.1 ESPACIAL	27
1.4.2 TEMPORAL.....	29
1.4.3 ECONÓMICA.....	29
1.5 LIMITACIONES.....	29
1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	30
1.6.1 OBJETIVOS GENERALES.....	30
1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	31
2.1 ANTECEDENTES	31
2.1.1 A NIVEL NACIONAL	31

2.1.2 A NIVEL INTERNACIONAL	37
2.2 MARCO CONCEPTUAL	41
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	107
2.4 HIPÓTESIS	109
2.4.1 HIPÓTESIS GENERAL	109
2.4.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	109
2.5 VARIABLES	110
2.5.1 DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE VARIABLES.....	110
2.5.2 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES	110
2.5.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	111
CAPÍTULO III : METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	113
3.1 ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.....	113
3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	113
3.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN	113
3.4 NIVEL DE INVESTIGACIÓN	114
3.5 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	114
3.6 POBLACIÓN Y MUESTRA	115
3.6.1 POBLACIÓN	115
3.6.2 MUESTRA.....	115
3.7 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	116
3.7.1 TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	116
3.7.2 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	116
3.8 PROCEDIMIENTO DE LA INFORMACIÓN	116
3.9 TÉCNICAS Y ANÁLISIS DE DATOS	118
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	119
4.1 PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS Y DISEÑO	119
4.2 DETALLES DEL PROYECTO	127
4.3 DESARROLLO DEL PROYECTO	130
4.4 ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	241

4.5 CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS	242
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	244
5.1 DISCUSIÓN	244
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 : Valores de Amortiguamiento Recomendados para distintos Materiales	76
Tabla 2 : Niveles de Desempeño propuesta por SEAOC.....	102
Tabla 3 : Valores de γ en el umbral del nivel de daño para estructuras C1L	105
Tabla 4 : Valores de γ en el umbral del nivel de daño para estructuras C1M	105
Tabla 5 : Clasificación según el número de pisos y el tipo de sistemas estructural	106
Tabla 6 : Relación Estado de Daño vs Deriva objetivo para una Estructura de Pórticos de Concreto Armado de baja altura C1L	107
Tabla 7 : Datos Generales del Pabellón Administrativo	131
Tabla 8 : Resumen de las dimensiones de los elementos estructurales y no estructurales de la edificación.....	131
Tabla 9 : Cargas consideradas por unidad de área y metro lineal	133
Tabla 10 : Peso por niveles y Peso total de la edificación	133
Tabla 11 : Formas de Vibración, Periodos y Masas Participativas de la Edificación Obtenidos con el Análisis Espectral	137
Tabla 12 : Derivas de entre piso en la dirección XX.....	138
Tabla 13 : Derivas de entre piso en la dirección YY	138
Tabla 14 : Parámetros Sísmicos con un Factor R=1	139
Tabla 15 : Derivas de entre Piso en la Dirección XX	140
Tabla 16 : Derivas de entre Piso en la Dirección YY	141
Tabla 17 : Características de los Registros Sísmicos Directos	142
Tabla 18 : Derivas máximas y mínimos obtenidas del análisis Tiempo Historia No Lineal para cada registro en la dirección XX –Modelo Sin Disipadores Viscosos	146
Tabla 19 : Promedio de las Derivas máximas obtenidas del análisis Tiempo Historia No Lineal para cada registro y dirección XX Modelo Sin Disipadores Viscosos.....	146
Tabla 20 : Derivas máximas y mínimos obtenidas del análisis Tiempo Historia No Lineal para cada registro en la dirección YY –Modelo sin Disipadores Viscosos.	147
Tabla 21 : Promedio de las Derivas máximas obtenidas del análisis Tiempo Historia No Lineal para cada registro y dirección YY Modelo Sin Disipadores Viscosos.....	147

Tabla 22 : Distorsiones inelásticas máximas para cada Nivel y Disposición - Eje XX.....	179
Tabla 23 : Reducción de las Distorsiones inelásticas para cada nivel y Disposición-Eje XX...	180
Tabla 24 : Distorsiones inelásticas máximas para cada Nivel y Disposición - Eje YY	180
Tabla 25 : Reducción de las Distorsiones inelásticas para cada nivel y Disposición-Eje YY ..	181
Tabla 26 : Desplazamientos Relativos máximos para cada nivel y Disposición-Eje XX	183
Tabla 27 : Reducción de las Desplazamientos Relativos para cada nivel y Disposición-Eje XX	184
Tabla 28 : Desplazamientos Relativos máximos para cada nivel y Disposición-Eje YY	184
Tabla 29 : Reducción de las Desplazamientos Relativos para cada nivel y Disposición-Eje YY	185
Tabla 30 : Fuerza Axial máxima actuante en la Columna C17- Pórtico 1-1	185
Tabla 31 : Reducción de las Fuerza Axial en la C17 para cada nivel y Disposición	186
Tabla 32 : Fuerza Cortante máxima actuante en la Columna C17- Pórtico 1-1	187
Tabla 33 : Reducción de las Fuerza Cortante en la C17 para cada nivel y Disposición	187
Tabla 34 : Momento Flector máximo actuante en la Columna C17- Pórtico 1-1	188
Tabla 35 : Reducción del Momento Flector en la C17 para cada nivel y Disposición	189
Tabla 36 : Momento Flector máximo actuante en la Viga B26 - Pórtico 1-1.....	189
Tabla 37 : Reducción del Momento Flector en la B26 para cada nivel y Disposición	190
Tabla 38 : Fuerza Cortante máxima actuante en la Viga B26 - Pórtico 1-1.....	191
Tabla 39 : Reducción de la Fuerza Cortante en la B26 para cada nivel y Disposición	191
Tabla 40 : Cortante máxima en la Base para cada Disposición-Eje XX.....	192
Tabla 41 : Cortante máxima en la Base para cada Disposición-Eje YY	193
Tabla 42 : Reducción de la Cortante Basal para cada Disposición en ambas Direcciones	193
Tabla 43 : Derivas máximas y mínimos obtenidas del análisis Tiempo Historia No Lineal para cada registro en la dirección XX – Modelo con la inclusión Disipadores Viscosos ..	204
Tabla 44 : Promedio de las Derivas máximas obtenidas del análisis Tiempo Historia No Lineal para cada registro y dirección XX – Modelo con la inclusión Disipadores Viscosos ..	204

Tabla 45 : Derivas máximas y mínimos obtenidas del análisis Tiempo Historia No Lineal para cada registro en la dirección YY – Modelo con la inclusión Disipadores Viscosos...	205
Tabla 46 : Promedio de las Derivas máximas obtenidas del análisis Tiempo Historia No Lineal para cada registro y dirección YY – Modelo con la inclusión Disipadores Viscosos.	205
Tabla 47 : Fuerza Axial actuante de los Amortiguadores aproximados a TAYLOR en la dirección XX.	226
Tabla 48 : Fuerza Axial actuante de los Amortiguadores aproximados a TAYLOR en la dirección YY.	227
Tabla 49 : Numero de Dispositivos por Fuerza de Trabajo	229
Tabla 50 : Formas de Vibración, Periodos y Masas Participativas de la Edificación con Disipadores.	230
Tabla 51 : Características de los dispositivos de 330 kip y 440kip.....	232
Tabla 52 : Características de la placa base de los dispositivos de 330 kip y 440kip.....	232
Tabla 53 : Fuerzas Axiales máximas actuantes en cada Dispositivo para cada Registro en la Dirección XX y YY.....	233
Tabla 54 : Costo Unitario del Sistema por metro Cuadrado de Área Techada.....	240
Tabla 55 : Presupuesto Total del Proyecto con los Dispositivos	240

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Ubicación del Departamento de Junín en el mapa del Perú	27
Figura 1.2: Departamento de Junín y Provincias	28
Figura 1.3: Plano de ubicación de la I.E Politécnico Regional del Centro	28
Figura 2.1: Enfoque Estructural Tradicional.....	42
Figura 2.2: Efectos de los sistemas de disipación de energía en las curvas esfuerzo deformación de una estructura	44
Figura 2.3: Sistemas de Protección Sísmica	45
Figura 2.4: Esquema de funcionamiento de un sistema de control pasivo.....	46
Figura 2.5: Sistemas estructurales convencional y con aislamiento sísmico	47
Figura 2.6: Aislador Elastomérico Edificio San Agustín –CHILE	48
Figura 2.7: Aislador Elastomérico con núcleo de plomo (LRB)	48
Figura 2.8: Aplicación de apoyo Elastomérico en Tanque de Agua – EE. UU	49
Figura 2.9: Aisladores de base de Fricción	49
Figura 2.10: Péndulo Friccional.....	50
Figura 2.11: Sistemas estructurales convencional y con disipador sísmicos	51
Figura 2.12: Edificios Protegidos con disipación de energía de SIRVE S.A, CHILE	52
Figura 2.13: Conexión de Amortiguadores tipo Diagonal Simple. Izquierda (estructura existente), Derecha (estructura Nueva).....	53
Figura 2.14: Amortiguador de masa sintonizada (AMS).....	55
Figura 2.15: Esquema de funcionamiento de un sistema de control activo.....	55
Figura 2.16: Esquema de Estructura con Sistema de Control Activo	56
Figura 2.17: Edificio con control de desplazamiento – AMD	57
Figura 2.18 : Esquema de funcionamiento de un sistema de control híbrido	58
Figura 2.19 : Aislamiento de base con control activo de desplazamiento	59
Figura 2.20 : Esquema de estructura con sistema de control semiactivo	60
Figura 2.21 : Esquema de funcionamiento de un sistema de control semiactivo	60
Figura 2.22 : Dispositivo para control semiactivo	61

Figura 2.23 : Esquema de un amortiguador	62
Figura 2.24 : Dispositivo para control semiactivo	62
Figura 2.25: Disipadores de Energía.....	63
Figura 2.26: Ciclo carga-deformación disipador activado por desplazamiento: a) Metálico y b) Friccional.....	64
Figura 2.27: Disipador metálico tipo ADAS	65
Figura 2.28: Esquema de aplicación disipador metálico tipo TADAS, cumplen los mismos principios que los disipadores tipo ADAS	65
Figura 2.29: Fabrica NETTALCO (PERÚ ,2015), con Disipadores Metálicos	66
Figura 2.30: Torre PARADOX 62 niveles (MÉXICO), con Disipadores de Plastificación Metálica, unas de las altas de Latinoamérica	66
Figura 2.31: Sistema de disipador tipo friccionante	67
Figura 2.32: Disipador friccionante aplicada en la Torre TITANIUM, (CHILE)	68
Figura 2.33: Ciclo fuerza-deformación del disipador activado por velocidad.....	68
Figura 2.34: Nueva Sede BANCO DE LA NACION (PERÚ ,2015), con sistemas de protección Sísmica mediante los Disipadores tipo fluido Viscoso	69
Figura 2.35: Edificio TORRE MAYOR (MÉXICO), 55 pisos uno de los más importantes del mundo, implementada con 98 Disipadores tipo fluido Viscoso	69
Figura 2.36: Ciclo fuerza vs deformación del disipador activado por desplazamiento y velocidad	70
Figura 2.37: Dispositivos Visco elásticos catalogados como unos de los mejores a nivel mundial debido al aportan rigidez y amortiguamiento al sistema.	71
Figura 2.38: Tanque de Agua Idealizado como Sistema de un Grado de Libertad.....	72
Figura 2.39: Sistema de un Grado de Libertad con Amortiguamiento Viscoso	73
Figura 2.40: Vibración libre de Sistemas subamortiguado, críticamente amortiguados y sobre amortiguado	75
Figura 2.41: (a) Sistema Amortiguado con tres Grados de Libertad bajo fuerza Horizontal (b) Modelo Matemático	77
Figura 2.42 : (a) Diagrama de Cuerpo Libre del Sistemas con tres Grados de Libertad	78
Figura 2.43 : Respuestas de un Sistema Estacionario sometido ante una Fuerza armónica.....	81

Figura 2.44 : Representación mediante un resorte y amortiguamiento viscoso de un sistema viscoelástico de fluido	83
Figura 2.45 : (a) Constantes para resorte elástico y (b) Constantes para amortiguamiento viscoso	83
Figura 2.46 : Modelo de relajación de Maxwell.	84
Figura 2.47 : Ensayo de Relajación del Modelo de Maxwell	84
Figura 2.48 : Modulo dinámico de Fluido Polibutano.....	86
Figura 2.49: Coeficiente de Amortiguamiento, Rigidez almacenada, ángulo de fase vs Frecuencia Cíclica.....	88
Figura 2.50 : Comportamiento Fuerza de amortiguamiento vs Velocidad de los dispositivos con comportamiento lineal y no lineal	89
Figura 2.51 : Parte de un Amortiguador Fluido Viscoso.....	92
Figura 2.52 : Curva de Histéresis de un Disipador Dependiente de la Velocidad.	96
Figura 2.53 : Curva de Histéresis de un Disipador $\alpha=0.5$ y $\alpha=1$	97
Figura 2.54 : Disipadores Sísmicos en Disposición Diagonal Simple	98
Figura 2.55 : Disipadores Sísmicos en Disposición Chevron Brace	99
Figura 2.56 : Niveles de Amenaza Sísmica	101
Figura 2.57 : Objetivos de Desempeño propuestos por SEAOC.	103
Figura 2.58 : Curvas de Fragilidad para 4 Niveles de Daño.....	104
Figura 4.1 : Ubicación de I.E Politécnico Regional del Centro	128
Figura 4.2 : Fachada principal ubicada en la Av. Alejandro Deustua (El Tambo)	128
Figura 4.3 : Elevación interior con sus respectivas alturas de entrepiso.....	130
Figura 4.4: Planta típica de la edificación y su elevación con sus respectivas secciones.....	134
Figura 4.5 : Parámetros sísmicos para un análisis modal espectral.....	134
Figura 4.6 : Espectro de respuesta inelástico S_a (m/s^2) vs T (seg)	135
Figura 4.7 : Periodo fundamental Y, $T=0.5$ Seg	135
Figura 4.8 : Periodo fundamental X, $T=0.451$ Seg	136
Figura 4.9 : Periodo fundamental Z, $T=0.417$ Seg	136
Figura 4.10 : Espectro de respuesta con un $R=1$, S_a (m/s^2) vs T (seg).....	140

Figura 4.11 : Corrección de Registro Sísmico – 1966 E-W	143
Figura 4.12 : Corrección de Registro Sísmico – 1966 N-S	143
Figura 4.13 : Escalamiento del Registro Sísmico – 1966 E-W	145
Figura 4.14 : Escalamiento del Registro Sísmico – 1966 N-S	145
Figura 4.15 : Ubicación de los Amortiguadores en Disposición Diagonal en la Dirección XX ..	152
Figura 4.16 : Ubicación de los Amortiguadores en Disposición Diagonal en la Dirección YY ..	152
Figura 4.17 : Propiedades y Características de los perfiles HSS-Dirección X	155
Figura 4.18 : Propiedades y Características de los perfiles HSS-Dirección Y	157
Figura 4.19: Ubicación de los Amortiguadores en Disposición Chevron Brace en la Dirección XX	167
Figura 4.20 : Propiedades y Características de los perfiles HSS-Dirección Y	169
Figura 4.21: Distorsiones inelásticas en la Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal - Dirección XX	179
Figura 4.22 :Distorsiones inelásticas en la Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal - Dirección YY	180
Figura 4.23 :Distorsiones inelásticas en la Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal para un Sismo muy Raro - Dirección XX	182
Figura 4.24 :Distorsiones inelásticas en la Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal para un Sismo muy Raro - Dirección YY	182
Figura 4.25 :Desplazamientos Relativos de Entrepiso en la Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal - Dirección XX	183
Figura 4.26 : Desplazamientos Relativos de Entrepiso en la Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal - Dirección YY	184
Figura 4.27 : Fuerza Axial máxima en la C17 de Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal	186
Figura 4.28 : Fuerza Cortante máximas en la C17 de Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal	187
Figura 4.29: Momento Flector máximo en la C17 de Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal.....	188

Figura 4.30: Momento Flector máximo en la B26 de Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal.....	190
Figura 4.31: Fuerza Cortante máximo en la B26 de Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal.....	191
Figura 4.32: Cortante máxima en la Base de la Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal- Dirección XX.....	192
Figura 4.33: Cortante máxima en la Base de la Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal-Dirección YY.....	193
Figura 4.34: Curva Histerética para el dispositivo K7 (Piso 1-Eje 1-1) - Chevron Brace lineal $\alpha=1$	194
Figura 4.35: Curva Histerética para el dispositivo K1 (Piso 1-Eje A-A) -Chevron Brace lineal $\alpha=1$	195
Figura 4.36: Curva Histerética para el dispositivo K7 (Piso 1-Eje 1-1) - Chevron No lineal $\alpha=0.5$	195
Figura 4.37: Curva Histerética para el dispositivo K1 (Piso 1-Eje A-A) - Chevron No lineal $\alpha=0.5$	196
Figura 4.38: Curva Histerética para el dispositivo K25 (Piso 1-Eje 1-1) - Diagonal Simple lineal $\alpha=1$	196
Figura 4.39: Curva Histerética para el dispositivo K1 (Piso 1-Eje A-A) - Diagonal Simple lineal $\alpha=1$	197
Figura 4.40: Curva Histerética para el dispositivo K25 (Piso 1-Eje 1-1) - Diagonal Simple No lineal $\alpha=0.5$	197
Figura 4.41: Curva Histerética para el dispositivo K1 (Piso 1-Eje A-A) - Diagonal Simple No lineal $\alpha=0.5$	198
Figura 4.42: Disipación de la Energía Sísmica en la Edificación con Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal – Sismo 1966 EW	201
Figura 4.43: Disipación de la Energía Sísmica en la Edificación con Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal – Sismo 1966 NS.....	202
Figura 4.44: Estructura con disipadores sísmicos de Disposición Diagonal Simple no Lineal $\alpha=0.5$ - Modelo 3D	203
Figura 4.45: Ensayo de la Estructura a Vibración Libre	206
Figura 4.46: Función Tiempo VS Amplitud Máxima de la Estructura	207
Figura 4.47: Aceleración máxima de Azotea de la estructura Convencional-Dirección XX	209
Figura 4.48: Aceleración máxima de Azotea de la estructura Con Disipadores-Dirección XX ..	209
Figura 4.49: Aceleración máxima de Azotea de la estructura Convencional-Dirección YY	210

Figura 4.50: Aceleración máxima de Azotea de la estructura Con Disipadores-Dirección YY ..	211
Figura 4.51: Espectros de Pseudoaceleraciones para la Dirección XX	212
Figura 4.52: Espectros de Pseudoaceleraciones para la Dirección YY	212
Figura 4.53: Curva Histerética para disipadores K25 (izquierda) - K28 (derecha)	213
Figura 4.54: Curva Histerética para disipadores K26 (izquierda) – K29 (derecha)	214
Figura 4.55: Curva Histerética para disipadores K27 (izquierda) – K30 (derecha)	214
Figura 4.56: Curva Histerética para disipadores K7 (izquierda) – K10 (derecha)	215
Figura 4.57: Curva Histerética para disipadores K8 (izquierda) – K11 (derecha)	215
Figura 4.58: Curva Histerética para disipadores K9 (izquierda) – K12 (derecha)	216
Figura 4.59: Curva Histerética para disipadores K1 (izquierda) – K4 (derecha)	216
Figura 4.60: Curva Histerética para disipadores K2 (izquierda) – K5 (derecha)	217
Figura 4.61: Curva Histerética para disipadores K3 (izquierda) – K6 (derecha)	217
Figura 4.62: Curva Histerética para disipadores K13 (izquierda) – K16 (derecha)	218
Figura 4.63: Curva Histerética para disipadores K14 (izquierda) – K17 (derecha)	218
Figura 4.64: Curva Histerética para disipadores K15 (izquierda) – K18 (derecha)	219
Figura 4.65: Fuerza axial actuante de los amortiguadores en el eje XX – Sismo 1966 EW	225
Figura 4.66: Fuerza axial actuante de los amortiguadores en el eje YY - Sismo 1966 EW.....	225
Figura 4.67: Catálogo de TAYLOR para Disipadores Sísmicos	228
Figura 4.68: Catálogo de TAYLOR para la Placa Base del Dispositivo.....	229
Figura 4.69: Máximo Stroke en el disipador K10 - 16.13 mm	231
Figura 4.70: Brazo Metálico a diseñar del Dispositivo K10	234
Figura 4.71: Brazo Metálico a diseñar del Dispositivo K16	237
Figura 4.72: Propiedades del perfil HSS10x0.625 en la Dirección Y	239

LISTADO DE ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA	251
ANEXO 2: OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	253
ANEXO 3: CUESTIONARIO.....	255
ANEXO 4: PANEL FOTOGRAFICO.....	258
ANEXO 5: ENTREVISTAS	264
ANEXO 6: ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS.....	274
ANEXO 7: PLANOS DE PROYECTO	275

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general “¿De qué manera los disipadores fluido viscosos influyen en el desempeño sísmico de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro?”, el objetivo general fue : Determinar el aporte de los disipadores fluido viscosos en el desempeño sísmico de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro, y la hipótesis que se contrastó fue: La incorporación de los disipadores fluido viscosos influyen favorablemente en el desempeño sísmico de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro.

El método general de investigación fue de tipo aplicado, y el nivel de investigación explicativo, asimismo el diseño fue no experimental Transversal (Correlacional-causal), la población estuvo conformada por los pabellones de 1 a 3 niveles de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro, y la muestra fue el pabellón administrativo “A” que corresponde a un muestreo no probabilístico intencional.

La investigación concluyó que: Con la incorporación de los disipadores fluido viscosos se mejoró favorablemente el desempeño sísmico de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro ya que se logró alcanzar el objetivo de desempeño de estructuras esenciales con una deriva objetivo máxima de 0.5%, con reducciones considerables de los desplazamientos excesivos que presentaba la estructura y que abordaban hasta una deriva del 1 % en la dirección “X” y 1.10% en la dirección “Y”.

Palabras claves: Disipadores Fluido Viscosos, Desempeño Sísmico, Deriva Objetivo, Sismo Máximo.

ABSTRACT

The present investigation had as a general problem “How do viscous fluid heatsinks influence the seismic performance of the Regional Polytechnic Educational Institution of the Center?”, The general objective was: To determine the contribution of viscous fluid heatsinks in the seismic performance of The Regional Polytechnic Educational Institution of the Center, and the hypothesis that was contrasted was: The incorporation of viscous fluid dissipators favorably influence the seismic performance of the Regional Polytechnic Educational Institution of the Center.

The general research method was applied, and the level of explanatory research, the design was also non-experimental Transversal (Correlational-causal), the population was made up of pavilions of 1 to 3 levels of the Regional Polytechnic Educational Institution of the Center, and the sample was the administrative pavilion “A” that corresponds to an intentional non-probabilistic sampling.

The investigation concluded that: With the incorporation of viscous fluid heatsinks, the seismic performance of the Regional Polytechnic Educational Institution of the Center was favorably improved since the objective of performance of essential structures with a maximum objective drift of 0.5% was achieved, with reductions considerable of the excessive displacements that the structure presented and that addressed up to a drift of 1% in the “X” direction and 1.10% in the “Y” direction.

Keywords: Viscous Fluid Heatsinks, Seismic Performance, Drift Objective, Maximum Earthquake.

INTRODUCCIÓN

En el Perú existen numerosas estructuras esenciales e importantes que albergan una gran cantidad de personas y fueron diseñadas con códigos antiguos, que no contemplaron requisitos estrictos como el actual, estas edificaciones presentan una alta vulnerabilidad en su respuesta frente a un sismo severo. Debido a esto es necesario la mejora del desempeño de estas estructuras mediante sistemas tradicionales o sistemas modernos de reforzamiento estructural.

Los sistemas pasivos de protección sísmica en este caso los disipadores de fluido viscoso presentan una gran efectividad en sistemas flexibles como los aporticadas y en estructuras que experimentan desplazamientos excesivos de entre piso, mejorando sus respuestas sísmicas al absorber gran parte de la energía de entrada del sismo evitando el daño de sus elementos estructurales y de su contenido.

La presente investigación enfatiza la conceptualización y aplicación de los disipadores fluido viscosos y la influencia favorable que causan en el desempeño sísmico de edificaciones esenciales. Así mismo se dividen en cinco capítulos detallados a continuación:

El Capítulo I: Se entra a tallar en el área problemática comprendido por los sub temas: contextualización del problema, formulación del problema, delimitación, limitaciones, justificación y objetivos de la investigación.

El Capítulo II: Comprende el marco teórico, donde se considera tanto los antecedentes nacionales e internaciones de la investigación, las principales bases teorías que explican de manera detallada el comportamiento de los sistemas pasivos de protección sísmica, los disipadores de tipo fluido viscoso y su relevancia en el desempeño sísmico de estructuras, además de la formulación la hipótesis y la operacionalización de variables.

El Capítulo III: Se desarrolla la metodología de la investigación, donde se consideró el tipo, método, nivel y diseño de investigación, así como la

determinación de la población, la muestra, las técnicas de los instrumentos de recolección de datos y su procesamiento.

El Capítulo IV: Se trata sobre el desarrollo del proyecto, descripción del proyecto, procedimientos para su aplicación, análisis lineal y no lineal con disipadores, comparación de respuestas, Elección de la mejor alternativa, presupuesto del proyecto, contraste al sistema de hipótesis a partir de evidencias obtenidas, de la misma forma se realiza el análisis e interpretación de resultados.

El Capítulo V: Se desarrolla la discusión de resultados, además con ello las respectivas conclusiones y recomendaciones.

Finalmente, se incluyen las referencias bibliográficas y los anexos pertinentes.

Bach. BELITO ORIHUELA ROYER KELVIN

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 Planteamiento del Problema

En las últimas décadas los terremotos han causado cuantiosos daños materiales y la muerte de miles de decenas de personas (Ica 2007, Chile 2010, Japón 2011, Ecuador 2016, México 2017), mostrándonos cuan vulnerables son las estructuras frente a estos fenómenos. El Perú no es ajeno a esta realidad debido a ubicarse en el Cinturón del Fuego (zonas de fallas y alta sismicidad), muchas ciudades se encuentran pasando por un largo periodo de silencio sísmico, manteniéndonos en alerta inminente con la incertidumbre de la llegada de un terremoto de gran magnitud.

La norma E030 del RNE establece un solo nivel de demanda sísmica (sismo de diseño $T_r=475$ años) para un solo nivel de desempeño (seguridad de vida). Además, reduce la capacidad resistente de la estructura con un factor de ductilidad debido a la incertidumbre de la ocurrencia del sismo durante la vida útil de la edificación. Esto significa que las estructuras responderán en rango inelástico con deformaciones, agrietamientos, formación de mecanismos de plasticidad para disipar parte de la energía del sismo. Si bien la filosofía de diseño menciona que las edificaciones no deberían llegar al colapso luego de un sismo de diseño o raro esto no garantiza que pueda permanecer operacional o en funcionamiento luego de la ocurrencia de este.

El análisis sísmico Tiempo-Historia se realizara a la estructura en las condiciones actuales en la que se encuentra , el propósito es obtener los desplazamientos de dicho análisis al modelo inicialmente sin disipadores y a partir de lo evaluado realizar el análisis no lineal al modelo con la incorporación de los disipadores sísmicos tipo fluido viscoso y así verificar en cuanto se redujo las deformaciones y si cumplió con el objetivo de desempeño para estructuras esenciales , caso contrario volver al diseño no lineal hasta cumplir con el objetivo. Es un proceso iterativo.

En el análisis estructural se realizará el diseño considerando todos los requisitos contemplados en la norma del RNE (vigente)

E020 – Norma de Cargas

E030 – Norma de diseño sismo resistente

El diseño de los disipadores sísmicos y la evaluación del desempeño sísmico se realizará considerando las normas siguientes:

- FEMA 274
- SEAOC comité Visión 2000,1995
- ASCE/SEI 7-10

(Requisitos de diseño sísmico de estructuras con sistemas de amortiguación)

Estas normas americanas – internacionales son las que regulan nuestro diseño.

La dificultad en la investigación se presenta en: mejorar el desempeño de la edificación existente debida a la gran flexibilidad que presenta esto reflejada en los desplazamientos excesivos que presenta, incorporar la cantidad y ubicación de los disipadores sísmicos en los pórticos de manera estratégica con el propósito de no variar significativamente la arquitectura, para la obtención de resultados eficaces resulta complicado la selección y número de registros sísmicos reales de sismos de gran magnitud para la zona, brindar a la estructura una seguridad completa frente al sismo resulta literalmente imposible debido a que no se considera de manera precisa los siguientes factores como el modelado de la tabiquería, la fisuración del concreto y el aporte del refuerzo, en la ingeniería todos los resultados son con aproximaciones.

La finalidad de la presente investigación es mediante la incorporación de los disipadores sísmicos la de mejorar el desempeño de la estructura existente diseñado con códigos antiguos, esto debido a que es una edificación esencial (centro educativo) que alberga gran cantidad de personas por ende debe permanecer operativo antes, durante y después del terremoto.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

¿De qué manera los disipadores fluido viscosos influyen en el desempeño sísmico de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro?

1.2.2 Problema Específicos

- a) ¿De qué manera influye los disipadores fluido viscosos en la demanda sísmica de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro?

- b) ¿Cómo influyen los disipadores fluido viscosos en los objetivos de desempeño de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro?

- c) ¿Cuál es la influencia de los disipadores fluido viscosos en la deriva objetivo de Institución Educativa Politécnico Regional del Centro?

1.3 Justificación

1.3.1 Práctica

El Perú se encuentra en el cinturón del fuego, una zona de alta sismicidad y las edificaciones que son consideradas esenciales y que fueron diseñados sin contemplar un código de diseño estricto como el actual se encuentran con alto grado de vulnerabilidad sísmica frente a un sismo severo, esto debido a que no cumplen con los requisitos de resistencia, rigidez y ductilidad suficiente que les permita tener una gran capacidad de disipación de energía y un comportamiento adecuado en el rango inelástico ante terremotos de gran magnitud.

Es por ello que esta edificación antigua considerada esencial es necesario mantenerla en un estado operativo luego de un sismo severo, para que así sus ocupantes los disipadores sísmicos del tipo fluido viscoso son la mejor solución para un buen desempeño sísmico generalmente para estas estructuras aporricadas y que desarrollan desplazamientos excesivos debido a la gran flexibilidad que presentan.

1.3.2 Teórica

Mediante las formulas y métodos aplicados por el ASCE/SEI 7-10 cap. 18 (Requisitos de diseño sísmicos de estructuras con sistemas de amortiguación) se contrastará si los resultados son confiables y adecuados en la reducción de desplazamientos para la estructura estudiada y así poder ser utilizada por otros investigadores.

1.3.3 Metodológica

Para la presente investigación se hará uso de una guía –manual donde se encuentra el procedimiento a seguir para crear las combinaciones de carga, escalamiento de registros, casos de carga, asignación de las propiedades del disipador, análisis e interpretación de resultados con el Software Etabs 2016.v2. Esta guía – manual podrá ser usada y será de gran ayuda para todo aquel profesional inclinado a la rama de la ingeniería estructural que quisiera realizar reforzamiento de edificaciones existentes, para la elaboración de sus modelos estructurales con este tipo de sistema.

1.4 Delimitación del problema

1.4.1 Espacial

La presente investigación se desarrolló en:

País : Perú
Departamento : Junín.
Provincia : Huancayo.
Distrito : El Tambo.
Lugar : I.E Politécnico Regional del Centro.
Dirección : Av. Arequipa No. 501- Jr. A. Deustua No. 601



Figura 1.1: Ubicación del Departamento de Junín en el Mapa del Perú

Fuente: Español.mapsofworld.com/continentes/sur-america/Peru.html



Figura 1.2: Departamento de Junín y Provincias
 Fuente: https://es.m.wikipedia.org/wiki/departamento_de_Junin

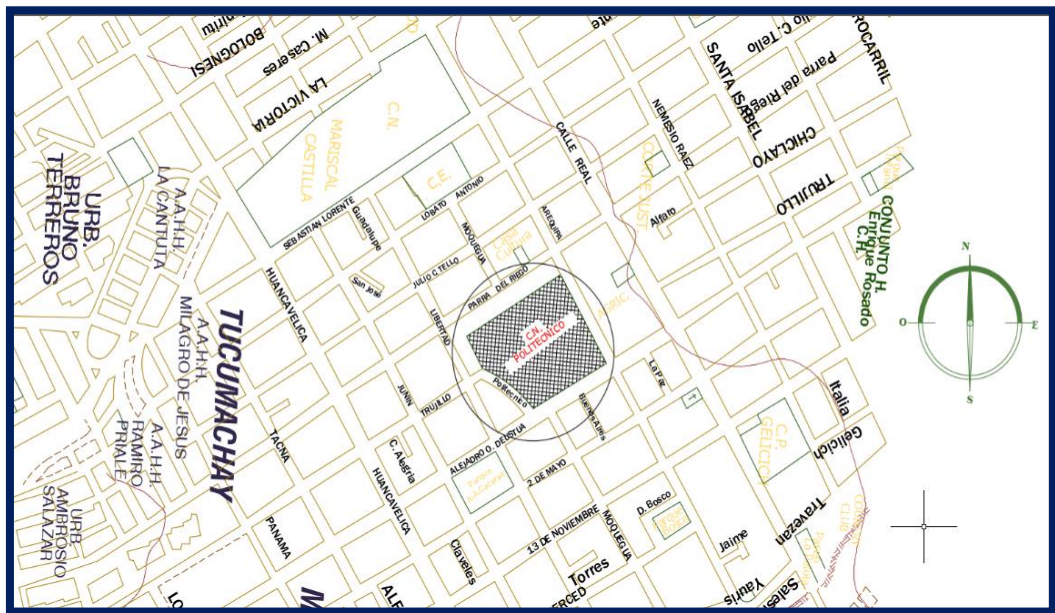


Figura 1.3: Plano de Ubicación de la I.E Politécnico Regional del Centro
 Fuente: elaborado por el autor

1.4.2 Temporal

El presente estudio se desarrolló en el año 2018, los datos, información recopilada, procesamiento de información y la obtención de resultados se realizó durante los meses de Julio a diciembre de dicho año.

1.4.3 Económica

La investigación se realizó con uso de recursos económicos que fueron asumidos por el propio investigador, por lo que no hubo necesidad de contar con un financiamiento externo.

1.5 Limitaciones

La edificación debido a la antigüedad que tiene no contó con planos estructurales, por lo que el modelo se realizó con los planos de arquitectura replanteados en obra por parte de empresa contratista CONSORCIO AIVISAC en el año 2009 que ejecuto mejoramientos del pabellón limitándose a una evaluación estructural integral del sistema.

Debido al área restringida no pudo realizarse testigos perforados por lo que nos limitamos a realizar ensayos experimentales para obtención de las propiedades resistentes de los materiales, por lo tanto, se asumió una resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y resistencia a la fluencia $f'y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ tanto para el concreto y acero respectivamente, estos criterios fueron tomados a partir de la experiencia del autor en obras similares y complementado con la opinión técnica de los especialistas en esta materia.

Para el análisis sísmico se trabajó con el estudio de mecánica de suelos realizada por la empresa contratista CONSORCIO AIVISAC en el año 2009 estos ensayos se encuentran en los anexos.

Según el estudio de mecánica de suelos para dicho proyecto el tipo de estrato que gobierna a una profundidad de cimentación $D_f=2\text{m}$ es de un suelo intermedio denominado S2, no obstante, también indica que a

profundidades mayores se encontraran estratos de mejores características geotécnicas. Así mismo, tal como lo estipula la norma E030-2016 se idealizo un modelo con un empotramiento perfecto en la base obviándose el efecto de la interacción suelo y así despreciándose la flexibilidad del suelo.

Para estructuras cimentadas en suelos blandos o flexibles ($Q_{adm} < 1 \text{ Kg/cm}^2$) y con malas propiedades geotécnicas si será necesario contemplar el efecto de la flexibilidad del suelo.

1.6 Objetivos de la Investigación

1.6.1 Objetivos General

Determinar de qué manera los disipadores fluido viscosos influyen en el desempeño sísmico de la I.E Politécnico Regional del Centro.

1.6.2 Objetivos Específicos

- a) Evaluar de qué manera influye los disipadores fluido viscosos en la demanda sísmica de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro.
- b) Determinar cómo influyen los disipadores fluido viscosos en el objetivo de desempeño de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro.
- c) Determinar cuál es la influencia de los disipadores fluido viscosos en la deriva objetivo de Institución Educativa Politécnico Regional del Centro.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 A nivel Nacional:

VILLARREAL, Genner y OVIEDO, Ricardo (2009) realizaron la investigación. “Edificaciones con dispositivos pasivos de disipación de energía”. La investigación llegó a las siguientes principales conclusiones:

- Se modelaron 4 estructuras con sistemas de disipación de energía. Las respuestas y cálculos efectuados se realizaron con el software SAP 2000.
- Con la incorporación de los sistemas pasivos de control estructural la disminución de los períodos de la primera forma de vibración con los diversos tipos de disipadores de energía hasta un 57,84%. De la misma manera, las frecuencias correspondientes a dicha forma de vibración se elevaron en un 137,21%; reduciendo los desplazamientos máximos del tercer piso en el eje OX desde 34,63% hasta 41,40% y en el eje OY desde 10,85% hasta 23,24%. También disminuyeron las fuerzas axiales máximas desde 14,45% hasta 22,07%; disminuyeron las fuerzas cortantes máximas desde 9,35% hasta 11,94%; disminuyeron los momentos flectores máximos en el intervalo de 9,72% a 11,60% y disminuyeron los momentos torsores desde 31,37% hasta 47,22%.
- La disipación de energía con el disipador fluido viscoso absorbe el 7,61% de la energía inicial del sismo, con el disipador visco elástico el 27,49%; con el disipador por fricción el 11,66% y con el disipador por fluencia el 31,41%.
- Los resultados muestran que con los disipadores de fluencia para la dirección “Y”, hay una gran reducción de las respuestas como los

desplazamientos, la fuerza axial, los momentos flectores y momentos torsores. En el caso de los disipadores visco elásticos en la dirección "X" Se nota respuestas mayores a nivel de desplazamiento, fuerzas axiales, momentos flectores y momentos torsores.

- Evaluando los modos de vibración tridimensional de la estructura, llegamos a la conclusión, que el efecto de alabeo en la losa del tercer piso no surge en ninguna de los 12 primeras modos de vibración libre analizadas.
- De los resultados obtenidos se demuestra que los dispositivos viscosos son muy eficientes para la aplicación de estructuras flexibles que desempeñen desplazamientos considerables de entrepiso, en el caso de los disipadores de plastificación estos son muy efectivos para estructuras rígidas. También se contrasto que la fuerza axial se reduce en una menor cantidad con estos dispositivos. Con respecto a los fuerzas cortantes basales y momentos se verifico que las respuestas son similares para todos los disipadores sísmicos.

Chávez (2017), Autor del Libro: "Diseño Sismorresistente de edificios con Disipadores de Fluido Viscoso". La investigación llegó a las siguientes principales conclusiones:

Diseño de Edificio Nuevo:

- Con respecto al diseño del edificio nuevo se adiciono disipadores de fluido viscoso solo en la dirección XX debidos a que estaba restringido y limitado por la arquitectura, el amortiguamiento viscoso del dispositivo fue del 26.77% con ello desplazamientos máximos se redujeron hasta en un 0.55%. El comportamiento histórico de la curva esfuerzo de deformación cíclica de cada dispositivo fue correcto debido a que su tendencia es de una elipse paralela al eje de las abscisas.

- La energía disipada por los amortiguadores fue el 43.03% de la energía total de entrada del sismo dejando así la remanente a la estructura y al suelo de fundación si se toma en cuenta la interacción suelo estructura.
- Se verifico que los periodos se mantuvieron constantes con ello se demostró que estos dispositivos solo son dependientes de la velocidad.
- Así mismo se utilizaron 5 dispositivos con 900Kip y 43 con 675 Kip de fuerza haciendo un total de 48 amortiguadores que se incorporaron en la edificación.
- El máximo stroke obtenido fue el dispositivo K43 en el nivel 6 con un máximo desplazamiento de 10.14 mm estando muy por debajo del límite que es 50mm.

Reforzamiento de Edificio Existente:

- Con respecto al diseño del edificio existente se reforzó esta estructura importante en ambas direcciones que cuenta con 15 niveles el amortiguamiento viscoso del dispositivo para la dirección X fue del 44% y en la dirección Y fue del 29.77% con ello desplazamientos máximos se redujeron hasta en un 0.262% y 0.399% en la dirección X y Y respectivamente quedando así satisfactorio y muy por debajo de la deriva limitante por la HAZUS que es 0.42%.
- La energía disipada por los amortiguadores fue el 80.59% para la dirección X y de 79.96% en la dirección Y con ello se comprueba que estos dispositivos absorben una gran cantidad de energía aliviando así a los elementos estructurales de la edificación.
- Así mismo se utilizaron 20 dispositivos con 400Kip ,91 con 675 Kip y 1 con 900 Kip de fuerza haciendo un total de 112 amortiguadores que se incorporaron en la edificación.

- El máximo stroke obtenido fue el dispositivo K45 en el nivel 10 con un máximo desplazamiento de 14.64 mm estando muy por debajo del límite que es 50mm.

Navarro y Fernando (2006), realizó la investigación: “Desempeño sísmico de un edificio aporticado de 6 pisos diseñado con las normas peruanas de edificaciones - 2006”, en la escuela de grado de la Pontificia Universidad Católica del Perú. La investigación llegó a las siguientes principales conclusiones:

- En los resultados obtenidos se contrastan que con las condiciones de rigidez de la norma peruana E030 se obtienen secciones generosas en las columnas con lados de 50 a 75 cm para edificios de 3 a 7 pisos por lo que se deduce que nuestro código es bien conservador. A estos sumado que las estructuras aporticadas pueden desarrollar una gran ductilidad en el rango inelástico.
- Se obtuvieron una sobre resistencia lateral de 1.5 respecto a la fluencia efectiva esto debido a que las secciones eran robustas con secciones considerables y por el método de diseño basado en resistencia ultima o cargas mayoradas.
- Frente a sismos frecuentes las estructuras aporticadas nos muestran que se comportaran prácticamente en el rango elástico sin sufrir daño alguno, en el caso de un sismo de diseño con un periodo de retorno de 475 años las estructuras consumirán entre el 22 y 31% de su ductilidad contenida, el daño ocasionado seria mínimo por lo que la edificación quedaría en un estado operativo

Morales y Contreras (2012), realizó la investigación: “Protección de una Edificación Existente con Disipadores de Energía”, en la escuela de

grado de la Pontificia Universidad Católica del Perú. La investigación llegó a las siguientes principales conclusiones:

- La edificación existente sin contemplar un reforzamiento sufre una deriva de entrepiso del 1.2% muy lejano a la norma E030 que lo limita a 0.7% para estructuras de concreto armado, por ello al incorporar y reforzar a la estructura con disipadores sísmicos se contrastó que aportan el 25 % del amortiguamiento respecto al crítico y con ello se logró obtener una distorsión de entrepiso muy por debajo del 0.5% lo cual implica que la estructura responde adecuadamente frente a un sismo con $T_p=475$ años catalogado como raro.
- Con respecto a los costos se concluye que se utilizarán 16 dispositivos en toda la edificación con un costo unitario aproximado de los 6000 dólares resultando un total de 96 000 dólares a esto adicionado los costos de las piezas de fijación, anclajes que servirán de montaje en los pórticos a reforzar.

Guevara y Torres (2012), realizó la investigación: “Diseño de un edificio aporticado con Disipadores de fluido-viscoso en disposición diagonal”, en la escuela de grado de la Pontificia Universidad Católica del Perú. La investigación llegó a las siguientes principales conclusiones:

- Con este diseño actual basado en desempeño permitió reducir las respuestas considerablemente a partir de obtener y alcanzar a la deriva objetivos con estos sistemas de disipación, los resultados muestran que se logra reducir las derivas máximas sin reforzamiento de un 0.9% a un 0.58% dejando así a la estructura en un estado de daño moderado. También se mostró que con la incorporación de sistemas de amortiguamiento de fluido viscoso la estructura se incursionara en un rango elástico obteniéndose un comportamiento lineal esto se traduce en el poco daño recibido debido a la reducción considerable de los desplazamientos.

- También se concluye que con estos dispositivos se adicionan amortiguamiento considerable a las estructuras por lo que las respuestas como son los desplazamientos, aceleraciones, momentos, fuerzas axiales se reducen en los elementos estructurales. Se verifico que las fuerzas axiales se presentan con mayor magnitud en los dispositivos lineales.
- Con respecto a la cantidad de energía disipada se comprueba que estos dispositivos absorben casi el 80 % de la energía entrante del sismo esto debido a la gran eficiencia en la que trabajan los 56 amortiguadores en todo el edificio.

Santana Tapia (2012), realizó la investigación: “Diseño Sísmico por Desempeño de Estructuras de Albañilería Confinada – 2012”, en la escuela de Post Grado de la Universidad Nacional de Ingeniería. Dentro de lo más resaltante de la investigación fue:

Con respecto al análisis Pushover:

- Se modelo una estructura de albañilería de cuatro pisos los cuales luego del diseño lineal y elástico como lo prescribe la norma peruana E030, se realizó la evaluación del desempeño sísmico usando un análisis no lineal estático para la demanda sísmica se utilizó registros sísmicos típicos de la zona de lima con el fin de compararlos con los espectros de la norma peruana. Así mismo los criterios de desempeño estructural se basaron según el documento del ATC 40. Los resultados obtenidos mostraron que los valores de los puntos de desempeño del análisis pushover resultaron ser mayores a los que se realizaron con el espectro de demanda de la norma peruana E030.
- También del resultado del análisis pushover se comprobó que la estructura incursionará en un rango elástico frente a una sollicitación

sísmico catalogada como servicio, en el caso de un sismo máximo la edificación presentará una respuesta aceptable. La estructura sufrirá mecanismo de colapso adecuado debido a que las primeras rótulas plásticas se formaran los muros del primer nivel, este mecanismo predecible de falla resulta útil para conocer las zonas más débiles de la estructura y así tomar medida de reforzamiento en estos puntos.

Con respecto al análisis Pushover dinámico:

- De los resultados obtenidos del análisis incremental dinámico para la estructura diseñada con las normas peruanas se concluye que no satisfacen los objetivos de desempeño.
- Las demandas halladas con el espectro de peligro uniforme para el sismo de diseño con 7% y 12% de amortiguamiento respecto al crítico, son menores a los del espectro de la norma peruana E-030. Esto no muestra que nuestra norma es relativamente generosa y conservadora.
- De los estados límite de aceptabilidad presentan fluctuaciones, porque dependen de los niveles de comportamiento de los elementos y la capacidad de la estructura. Las respuestas de las distorsiones de entrepiso son superadas y se muestran a continuación para cada nivel de desempeño:
 - Nivel operacional (0.001)
 - Nivel daño controlado (0.0017)
 - Nivel prevención del Colapso (0.0044)

2.1.1 A nivel Internacional

El Departamento de Ingeniería Civil, Estructural y Ambiental Universidad de Buffalo, Universidad Estatal de Nueva York, Buffalo, NY 14260 el 20 de septiembre de 2004 realizó la investigación: "Prueba de

simulador de terremoto en estructura de cinco pisos con sistema de amortiguamiento viscoso”

- La investigación consistió en someter a un edificio de un sistema estructural de acero de 5 niveles con y sin inclusión de amortiguadores viscosos a un simulador de terremotos de la universidad de Buffalo se trabajó con sismos de largo duración, los que contemplaban un periodo eran los terremotos en 1977 de Bucarest y 1985 de México.
- Los dispositivos se colocaron en todos niveles y dos por cada dirección a la estructura que fue realizada a una escala de $\frac{1}{4}$ que contemplaba una altura aproximadamente de 5.865 m, se siguieron los procedimientos del FEMA 273 y 274 del año 1997.
- De los resultados obtenidos se destaca que con la incorporación de los amortiguadores se logra reducir hasta en un 50 % las respuestas como son los desvíos de entrepiso, aceleración por nivel y las cortantes basales, los resultados verificaron que para periodos desde 0.66 – 0.8 segundos tanto de los sistemas con amortiguadores y sin amortiguar del modelo prototipo revelan que el cambio de periodos modifica considerablemente las respuestas.

Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT-2011) realizaron la Investigación plasmada en el documento Técnico CDT N°29. “Sistemas de aislación sísmica y Disipación de Energía”. en la Cámara Chilena de la Construcción.

- Donde se desarrolló dentro de los fundamentos básicos sobre esta investigación mencionan el comportamiento de los sistemas pasivos de protección sísmica, mencionan las diferencias entre los disipadores y aisladores sísmicos, los beneficios y limitaciones del uso de estos

sistemas, los requisitos y normativas que gobiernan el diseño, y por ultimo mencionan los proyectos en las cuales se aplicó estos sistemas en estructuras como edificios y puentes en distintos países del continente americano.

Morillas Romero (2013), realizó la investigación Doctoral: “Proyecto sismo resistente basado en prestaciones utilizando métodos energéticos aplicado a pórticos con sistemas de control pasivo – 2013”, en la escuela de Post Grado de la Universidad de Granada- España. La investigación llegó a las siguientes principales conclusiones:

- La tesis de investigación consistió en la evaluación de estructuras sismo resistentes de concreto armado con la inclusión de sistemas pasivos de energía tipo Web Plastifying Dámper WPD, la cual propone una metodología de prestaciones y ecuaciones de balance de energía
- Se sometió a 12 modelos representativos de la investigación de estas tesis con el fin de contrastar la eficiencia de los dispositivos de disipación energía a estructuras aperticadas, los parámetros tanto estructurales y sismo génicos que las afectan se realizaron análisis no lineal dinámicos con 22 terremotos cercanos a la falla y de campo lejano.

Avilés Salazar (2001), realizó la investigación: “Dispositivos para el Control de Vibraciones – 2001”, en la escuela de Grado de la Universidad Austral de Chile. La investigación llegó a las siguientes principales conclusiones:

- Los efectos de los dispositivos de disipación son considerables cuando existen acumulaciones de energía durante varios ciclos de vibración por el contrario los efectos no son relevante cuando están sometidos a movimiento con un periodo menor a estructura.
- En el caso de los sistemas activos de control estructural se muestra que son versátiles y se adecuan de gran manera a estructuras esbeltas su

contrapartida es que para contrarrestar los movimientos producidos por grandes terremotos es necesario el suministro de una gran cantidad de energía que es difícil de conseguir.

- La eficiencia de los sistemas híbridos de control estructural es mucho mejores a los sistemas pasivos y activos debidos a que son una combinación que se complementan mutuamente de estos dos sistemas además que no requiere de una gran cantidad de energía para contrarrestar vibraciones de terremotos de gran magnitud las desventajas son que sus costos de su implementación son muy elevados a estos adicionado el mantenimiento periódico que requiere este sistema.
- Los sistemas pasivos control estructural son mucho más fáciles de modelar y realizar el análisis dinámico no lineal debido a que existen varios programas comerciales que ayudan al modelamiento de estos sistemas, por el contrario, en el caso de los sistemas activos debido a su complejidad para su análisis dinámico no lineal solo las empresas que fabrican estos dispositivos se ven en la necesidad de investigarla y difundirla.

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Sistemas Modernos de Protección Sísmica

2.2.1.1 Enfoque Sismorresistente Convencional

Villarreal y Oviedo (2008). El enfoque convencional para controlar la respuesta y comportamiento sísmico de las estructuras consisten en una combinación de resistencia, rigidez y capacidad de disipación de energía en el rango inelástico, tomando como condición su ductilidad. Estas técnicas convencionales requieren de una elevada inversión económica, además de, eventualmente, no satisfacer las demandas arquitectónicas.

Villarreal y Oviedo (2008). Al incursionar en el rango inelástico implica que la estructura sufra daños, muchos de estos quizás irreparables o que demoren semanas en la reparación estructural repercutiendo en la funcionalidad que es vital luego de ocurrido un sismo, tales como centros educativos, hospitales, estaciones de bomberos, centrales nucleares, entre otros.

La mayoría de las normas sismo resistentes internacionales y en especial nuestro código actual (E030-RNE) contemplan para el diseño de sus estructuras considerando un solo nivel de amenaza sísmica (sismo de diseño o sismo raro) para un solo nivel de desempeño (seguridad de vida), esto genera mucha incertidumbre en el comportamiento de las estructuras según la importancia y para distintos escenarios de amenaza sísmica.

Villarreal y Oviedo (2008). Existen innumerables situaciones en la cual el diseño convencional ya no es aplicable cuando una estructura debe permanecer funcional pasado el sismo, como edificaciones esenciales o importantes. Debido a ello en las últimas décadas surgen nuevas técnicas para controlar la respuesta de la estructura, las cuales modifican sus características dinámicas ya sea controlando o disipando parte de la energía entregada por el sismo y

así poder predecir anticipadamente el desempeño sísmico evitando así costos elevados en la reparación después del sismo.

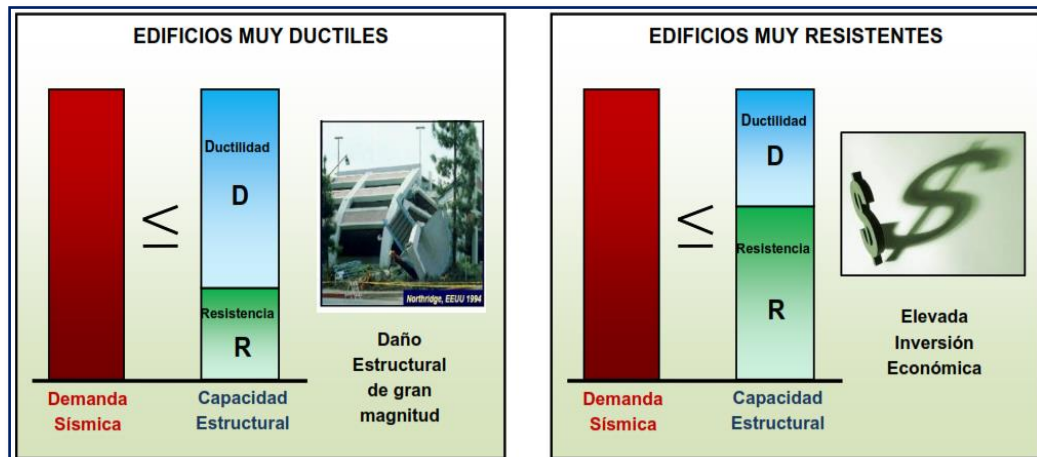


Figura 2.1: Enfoque Estructural Tradicional
 Fuente: Documento Técnico N° 29 -Cámara Chilena de la Construcción,2011

2.2.1.2 Balance Energético

Villarreal y Oviedo (2008, pág. 11) Describe la ecuación de energía absoluta:

$$E = E_k + E_s + E_h + E_d \quad \text{Ecuación (2.1)}$$

E = Energía de entrada del movimiento sísmico.

E_k = Energía cinética.

E_s = Energía de deformación elástica recuperable.

E_h = Energía irrecuperable, disipada por el sistema estructural a través de la inelasticidad u otras formas de acción.

E_d = Energía disipada por los dispositivos de amortiguamientos suplementarios.

(Villarreal,2008, p.11) afirma. “La energía de entrada E , representa el trabajo hecho por la fuerza de corte total en la cimentación debido al desplazamiento del terreno y contiene el efecto de las fuerzas de inercia de la estructura”.

Villarreal y Oviedo (2008). Cuando se realiza el diseño tradicional la edificación está expuesta a sufrir daños, fisuración, pérdidas de rigidez aumentando así la energía E_h (irrecuperable disipada por el sistema estructural) debido a que tendrá que incursionar en un rango no lineal. En la mejora del desempeño sísmico los disipadores de energía cumplen un papel fundamental en la edificación debido a que estos toman una gran parte de la energía de entrada disipando energía en forma de calor a través de la fricción de metales, el desplazamiento de pistones sobre una cámara viscosa o el movimiento de dos platos entre un líquido viscoso.

Villarreal y Oviedo (2008). Los disipadores histeréticos como los de plastificación metales si aportan tanto resistencia y rigidez al sistema. Por el contrario, los disipadores fluido viscoso no aportan rigidez al sistema debido a que solo dependen de la velocidad salvo que la frecuencia de excitación sea muy alta, por ejemplo, en la figura 2.2 se muestran las curvas fuerza-deformación de una estructura simple de un nivel con y sin Sistemas de Disipación de Energía (SDE). Las curvas son mostradas hasta entrar al rango inelástico, como se espera sea el caso en las aplicaciones de peligro sísmico y mitigación.

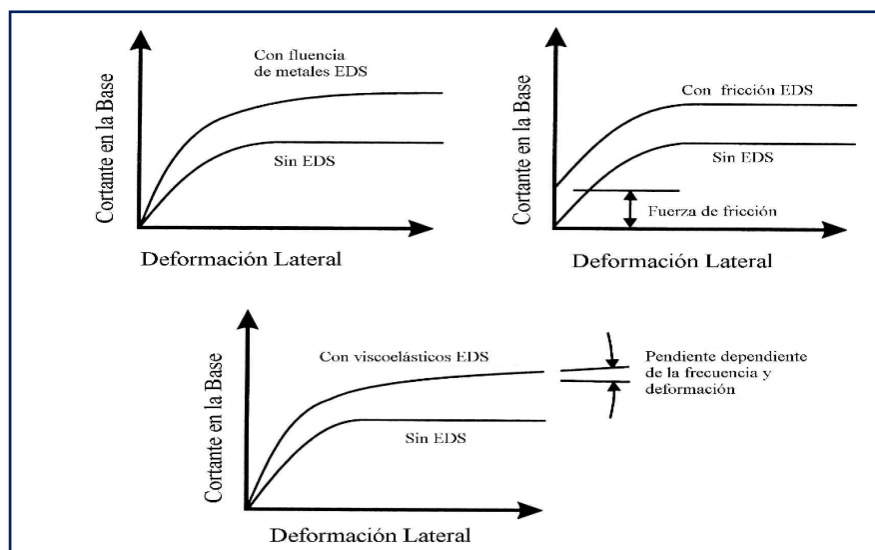


Figura 2.2: Efectos de los Sistemas de Disipación de Energía en las Curvas Esfuerzo – Deformación de una Estructura

Fuente: Villarreal, Genner y Oviedo, Ricardo (2008) "Edificaciones con dispositivos pasivos de disipación de energía". 1.a ed. Lima: Grafica Norte. 127pp

De lo anteriormente mencionado se deduce que de forma general que los sistemas pasivos de disipación de energía reducen las respuestas tanto a nivel de deflexiones, fuerzas axiales, cortantes basales y momentos torsores debido a la adición de rigidez, resistencia o amortiguamiento según el tipo de dispositivo que se incorpore a la estructura.

2.2.1.3 Sistemas de Protección Sísmica

Villarreal y Oviedo (2008). En el diseño de edificaciones y demás obras civiles, una de las solicitaciones principales a considerar son las cargas gravitacionales. Estos efectos están siempre presentes y deben ser resistidas a través de toda la vida útil de la estructura. La magnitud de estas cargas puede ser rápidamente determinada basada en el peso propio y los requerimientos de ocupación. Despreciando la variación de estas cargas a través del tiempo, una idealización estática es considerada para el diseño de las estructuras.

Villarreal y Oviedo (2008). Además, cuando se trabaja con acciones laterales, existe una tendencia natural a manejar estas fuerzas con los mismos métodos utilizados para las cargas gravitacionales. En la actualidad por ejemplo, los vientos y los sismos son frecuentemente idealizados como cargas estáticas equivalentes de determinada magnitud que deben ser resistidas por la estructura. Esto ha sentado las bases de varios códigos de diseño desde los inicios del siglo xx y los resultados han sido bastante satisfactorios en varios casos. Asimismo, considerando las características de las cargas horizontales, importantes mejoras pueden ser hechas. Una amplia gama de estrategias consideradas consiste en la incorporación de elementos externos a la estructura para mitigar su respuesta dinámica. La parte de la mecánica estructural que maneja estos conceptos es denominada **control estructural**.

Villarreal y Oviedo (2008). El control estructural ante solicitaciones sísmicas se está planteando como una alternativa al diseño sismo resistente convencional (figura 2.3). Los sistemas avanzados tienen por objetivo el control de las vibraciones producidas por el movimiento sísmico haciendo uso de alguno de los siguientes mecanismos:

- Las propiedades dinámicas de la estructura deberán modificarse.
- Introducción de mecanismos de disipación de energía al sistema
- Control con dispositivos que ejerzan fuerzas para atenuar la acción sísmica



Figura 2.3: Sistemas de Protección Sísmica
Fuente: Zevallos ,2002

a) Sistemas de Control Pasivo

Cámara Chilena de la Construcción (CCHC,2011). Los sistemas de control Pasivo son sistemas de protección sísmica más comunes en la actualidad. Los sistemas pasivos permiten reducir la respuesta dinámica de las estructuras atreves de sistemas mecánicos especialmente diseñados para disipar energía por medio de calor .Los sistemas de control pasivo se basan en dispositivos mecánicos que responden de forma inercial a la acción sísmica y, a diferencia del resto de sistemas, son más económicos y no dependen de fuentes de energía para funcionar. La figura 2.4 muestra el diagrama de flujo del mecanismo de estos sistemas.

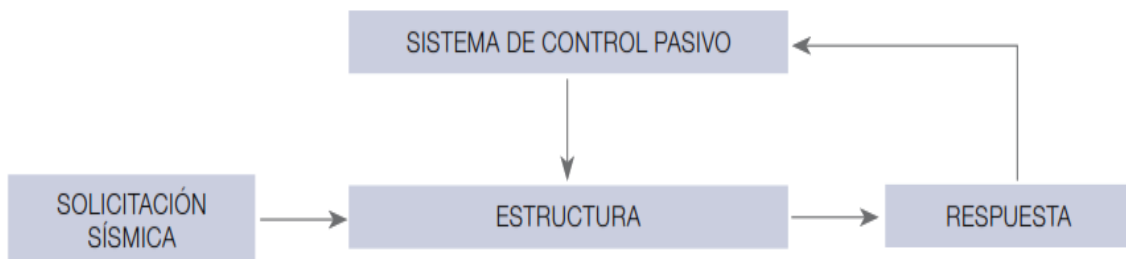


Figura 2.4: Esquema de Funcionamiento de un Sistema de Control Pasivo
Fuente: Documento Técnico N° 29 -Cámara Chilena de la Construcción,2011

Estos sistemas se clasifican en sistemas de aislamiento sísmico, en disipadores de energía y en osciladores resonantes.

Seismic Protection Technologies (SIRVE,2010). El **aislamiento sísmico** se basa en el hecho de que es posible separar la estructura de los movimientos del suelo mediante la incorporación de materiales flexibles como la goma, el plomo y el acero entre la estructura y su cimentación, para desarrollar estructuras que amortigüen el impacto del sismo disminuyendo notablemente la energía de entrada y por consiguiente su respuesta estructural. La figura 2.5 muestra un sistema estructural convencional y sistema con aislamiento en la base

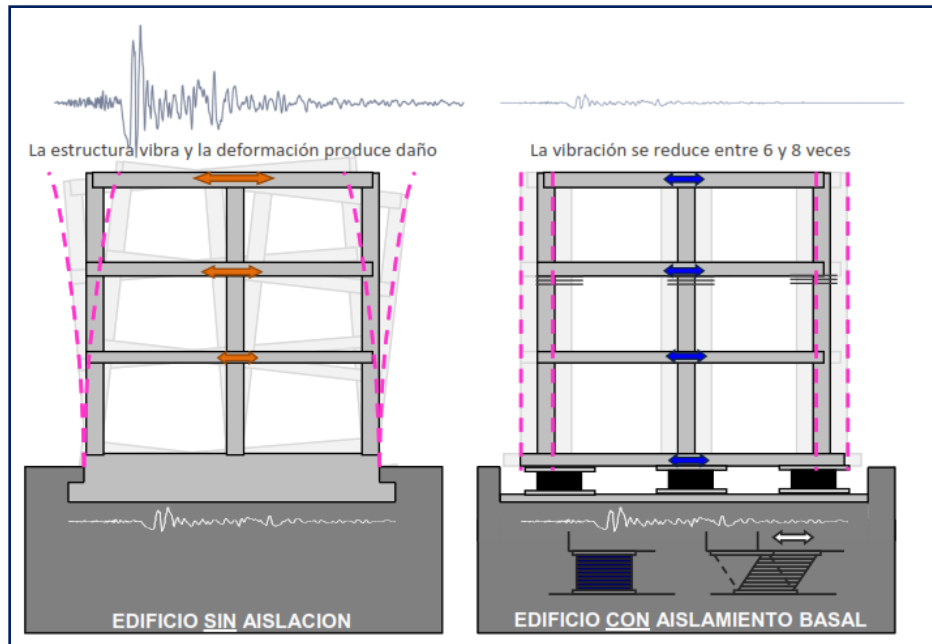


Figura 2.5: Sistemas Estructurales Convencional y con Aislamiento Sísmico
 Fuente: Seismic Protection Technologies (SIRVE,2010)

Seismic Protection Technologies (SIRVE,2010). Los dispositivos más comunes utilizados en sistemas de aislamiento sísmicos son los elastoméricos, formado por un conjunto de láminas planas de goma intercalada con placas planas de acero, adheridas a la goma durante la vulcanización cubierta en su extremo superior e inferior por dos placas de acero, donde se conecta con la superestructura, en su parte superior y con la fundación en la parte inferior. Los aisladores elastómeros son generalmente de sección cuadrada o circular. Como alternativa para incrementar significativamente los niveles de amortiguamiento (15% al 30%) se utiliza el aislador de goma con corazón de plomo.



Figura 2.6: Aislador Elastomérico Edificio San Agustín -CHILE
Fuente: Documento Técnico N° 29 -Cámara Chilena de la Construcción,2011

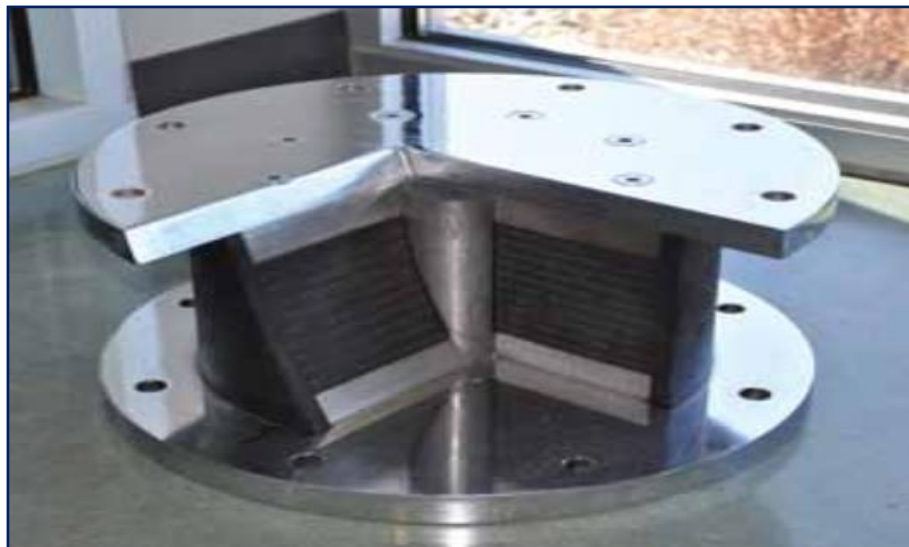


Figura 2.7: Aislador Elastomérico con Núcleo de Plomo (LRB)
Fuente: Documento Técnico N° 29 -Cámara Chilena de la Construcción,2011



Figura 2.8: Aplicación de Apoyo Elastomérico en Tanque de Agua – EE. UU
 Fuente: Documento Técnico N° 29 -Cámara Chilena de la Construcción,2011

Otro tipo de aisladores son los friccionales o también llamados deslizantes. El más conocido es el “slider” que posibilita que dos superficies de diferente material y con poco roce deslicen de forma relativa.

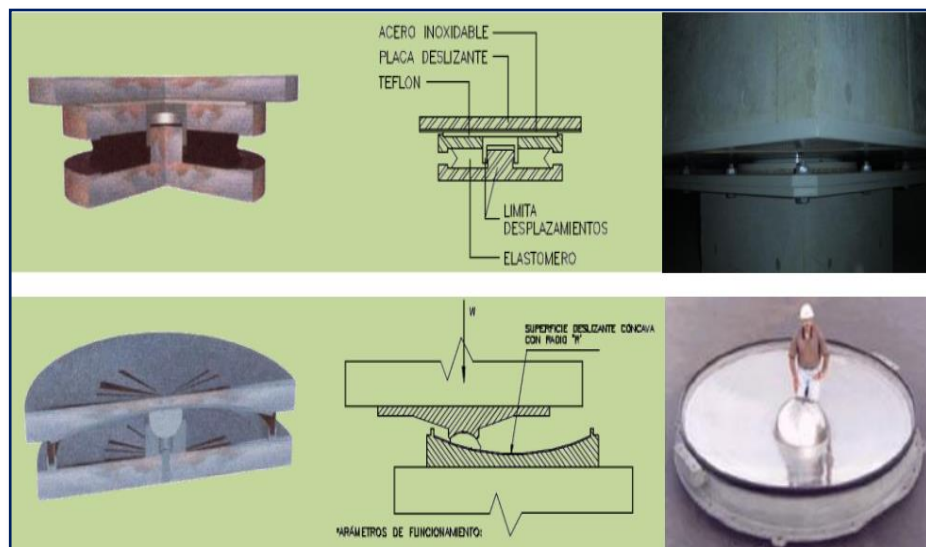


Figura 2.9: Aisladores de Base de Fricción
 Fuente: Seismic Protection Technologies (SIRVE,2010)

Cámara Chilena de la Construcción (CCHC,2011). Otra variante de aislador es el (FPS, Friction Péndulos System) cuentan con un deslizador articulado ubicado sobre una superficie cóncava. Los FPS a diferencia de los apoyos deslizantes planos, cuentan con la ventaja y características de ser autocentrantes. Luego de un movimiento sísmico la estructura regresa a su posición inicial gracias a la geometría de su superficie y la fuerza inducida por la gravedad.

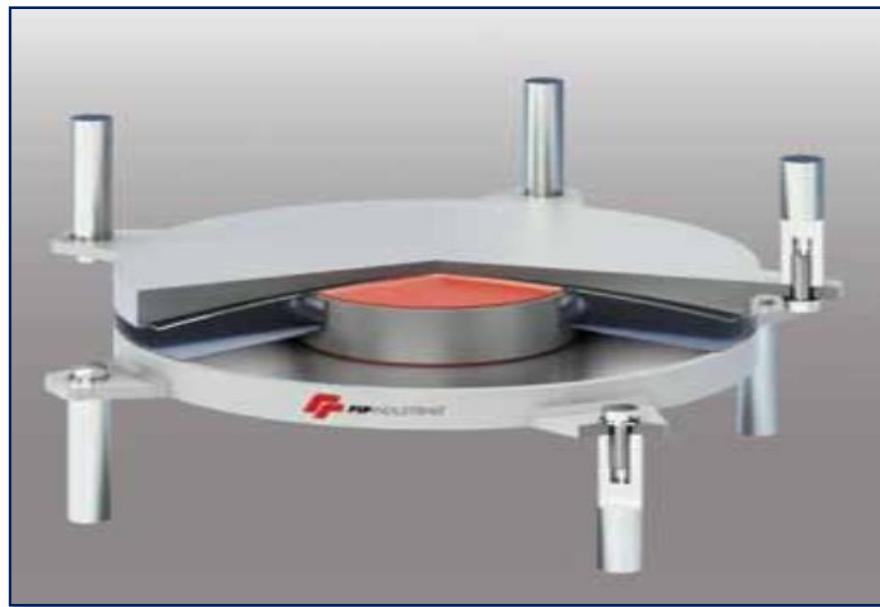


Figura 2.10: Péndulo Friccional
Fuente: Seismic Protección Technologies (SIRVE,2010)

Seismic Protection Technologies (SIRVE,2010). Los **disipadores de energía** son dispositivos que absorben gran parte de la energía sísmica de entrada (Input) reduciendo por lo tanto la demanda de disipación de energía aliviando al sistema estructural y así minimizando las posibilidades de daño y colapso, además no alteran la energía de entrada, que depende básicamente del período fundamental y de la masa del edificio, manifestando su eficiencia maximizando la energía disipada y disminuyendo la respuesta estructural.

Si parte de la energía de entrada es absorbida por el sistema de amortiguación significa que el resto de energía se distribuye a la edificación en

forma de energía cinética y potencial de deformación de los elementos estructurales, si la estructura se diseña de esta manera, las deformaciones permanentes pueden ocurrir sin falla de la estructura. Por consiguiente, en cualquier instante la suma de la energía cinética, más la energía potencial de deformación, más la energía disipada por el sistema y la energía disipada por los dispositivos suplementarios siempre será igual a la energía total de ingreso. La figura 2.11 muestra un sistema estructural convencional y sistema con dispositivos de disipación de energía.

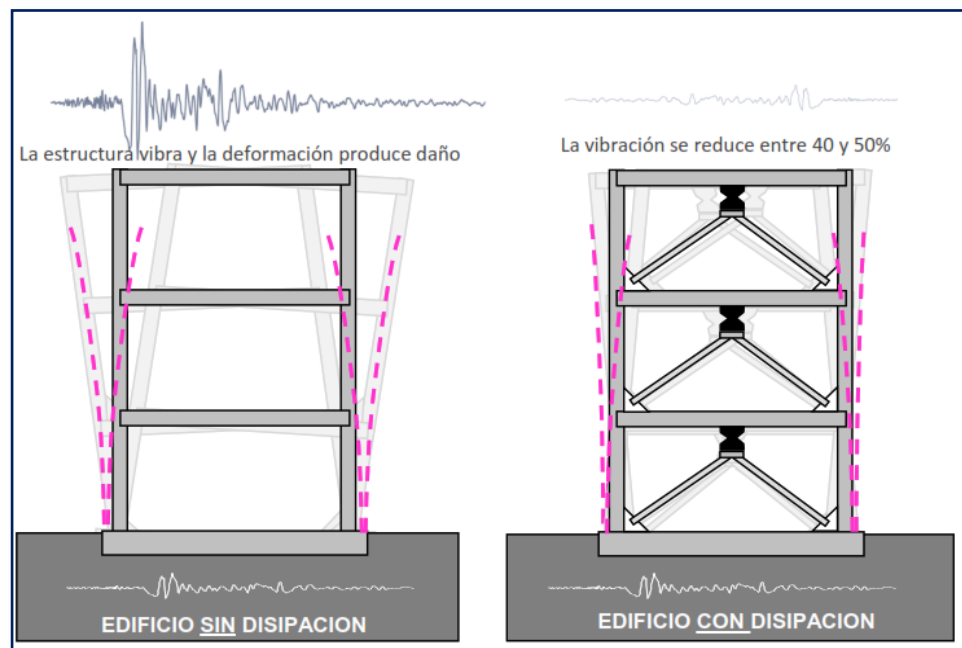


Figura 2.11: Sistemas Estructurales Convencional y con Disipador Sísmicos
Fuente: Seismic Protection Technologies (SIRVE,2010)

Villarreal y Oviedo (2008). Menciona que los disipadores tienen las siguientes ventajas:

- Reducen el nivel de daño de la estructura y concentran la energía en los dispositivos adicionales, elementos totalmente identificados y fáciles de reemplazar. En el caso de los disipadores fluido - viscosos no necesitarán ser reemplazados.

- Reducen las fuerzas cortantes, aceleraciones y derivas en cada nivel; por lo tanto, reducen los daños en elementos estructurales y no estructurales. En muchos casos las estructuras pueden permanecer elásticas.
- Pueden suplir exigencias estructurales en arquitecturas muy exigentes: permite espacios más grandes y limpios, implementación y uso de nuevos materiales para elementos no estructurales, confort y seguridad a los usuarios.
- Los disipadores de energía no solamente se han utilizado contra sismos, sino también para el control de vibraciones inducidas por viento y en aplicaciones militares.

Seismic Protection Technologies (SIRVE,2010). Los disipadores son utilizados a nivel mundial. Como elementos de protección sísmica su objetivo principal es mejorar el **desempeño sísmico** de las edificaciones atreves de la disipación de energía en zonas focalizadas. A continuación, en la figura 2.12 ilustramos el siguiente sistema también aplicable a edificios altos:



Figura 2.12: Edificios Protegidos con Disipación de Energía de SIRVE S.A, CHILE
Fuente: Seismic Protection Technologies (SIRVE,2010)

Chávez Jean Piers (2017). Menciona. La instalación de los disipadores sísmicos es relativamente sencilla y económica debido a que se conectan generalmente en los nudos de los pórticos para la fijación de los amortiguadores. Para estructuras nuevas y generalmente para el reforzamiento de estructuras existentes es muy común utilizar la disposición diagonal debido a que es más cómoda a nivel de costos y con la ventaja que el dispositivo no sobre esfuerza a la viga, pero con la contrapartida que son menos efectivas por tener un solo ángulo de inclinación. En la figura 2.13 ilustramos el siguiente sistema:



Figura 2.13: Conexión de Amortiguadores Tipo Diagonal Simple. Izquierda (estructura existente), Derecha (estructura Nueva).

Fuente: Documento Técnico N° 29 -Cámara Chilena de la Construcción,2011

Villarreal y Oviedo (2008). Un **oscilador resonante** “Tuned Mass Dámper – TMD”, introduce a la edificación, generalmente en la parte superior, un sistema de un grado de libertad formado por una masa, un elemento restituido y un mecanismo de amortiguamiento. Generalmente se instalan en la parte superior de los edificios, para que el TMD reduzca la respuesta dinámica su frecuencia de oscilación debe ser la misma que la frecuencia fundamental de la estructura.

Villarreal, Genner (2008, pág. 31). El Tuned Mass Damper – TMD consta de los siguientes componentes.

-Un oscilador de un grado libertar

-Un mecanismo de Muelle

-Un mecanismo de amortiguamiento.

Villarreal y Oviedo (2008). El TMD son muy efectivo para la reducción de las vibraciones del viento. Su desventaja es que requiere de una gran masa y un importante espacio disponible para su implementación. Otro inconveniente del sistema es que su efectividad se reduce a una banda estrecha de frecuencias cercanas al periodo fundamental del edificio y pueden presentarse situaciones en las que el edificio pueda situarse fuera de su periodo natural de vibración, como en los siguientes casos:

- En una estructura relativamente esbelta pueden mostrarse con distintas intensidades modos diferentes al periodo fundamental de vibración en función a las características de la excitación.
- La estructura puede comportarse plásticamente durante la incursión ante sismos severos alargando el periodo de la estructura y aportando una pérdida de sintonía con el TMD.

Cámara Chilena de la Construcción (CCHC,2011). Una de las ventajas de este tipo de dispositivo es que se pueden instalar a nivel de techo de las estructuras, minimizando el impacto en la arquitectura. No obstante, la respuesta de este tipo de dispositivos depende del grado de sintonización con la estructura durante el sismo. El diseño del AMS debe incorporar un mecanismo de ajuste de las propiedades dinámicas del AMS. Las Figuras 2.14 muestran un amortiguador de masa sintonizada

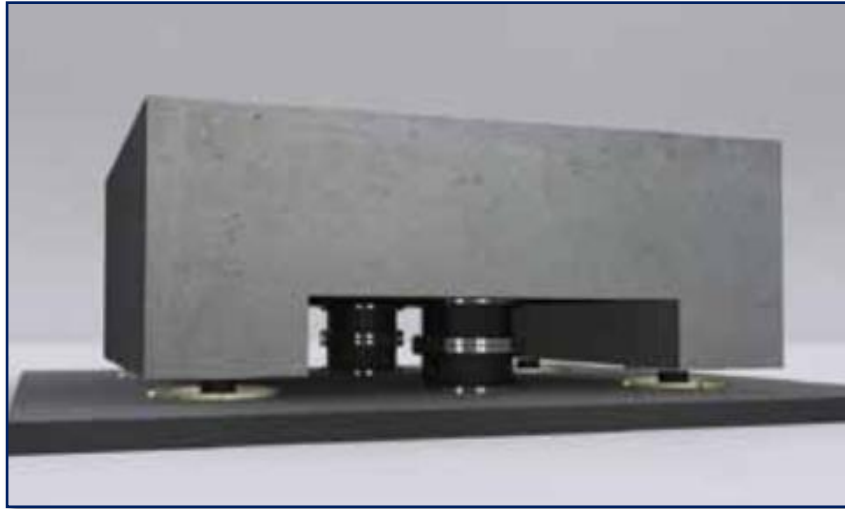


Figura 2.14: Amortiguador de Masa Sintonizada (AMS)
 Fuente: Documento Técnico N° 29 -Cámara Chilena de la Construcción,2011

b) Sistemas de Control Activo

Cámara Chilena de la Construcción (CCHC,2011). Los sistemas de control activo son sistemas complejos que incluyen sensores de movimiento, sistemas de control y procesamiento de datos, y actuadores dinámicos. Estos sistemas monitorean la respuesta sísmica de la estructura en tiempo real, detectando movimientos y aplicando fuerzas necesarias para contrarrestar los efectos sísmicos. La figura 2.15 muestra el diagrama de flujo del mecanismo de estos sistemas.

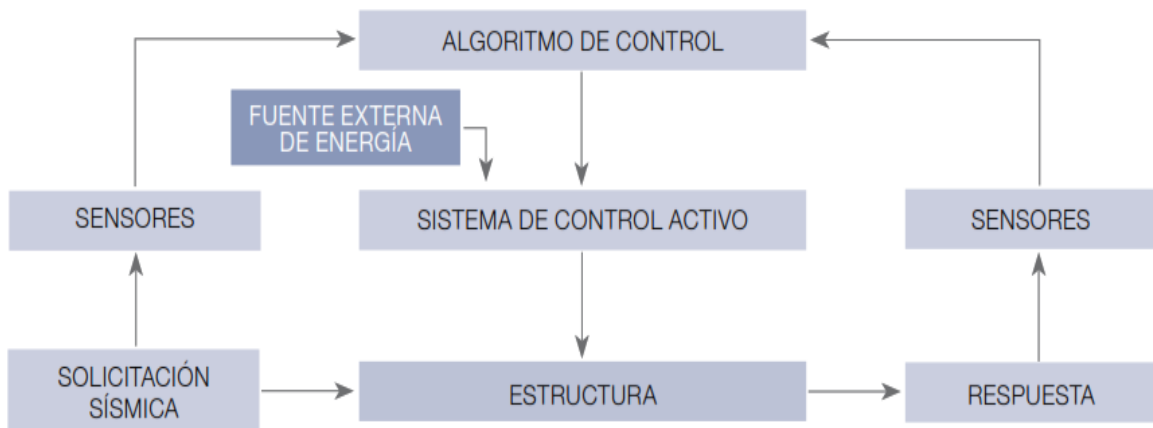


Figura 2.15: Esquema de Funcionamiento de un Sistema de Control Activo
 Fuente: Documento Técnico N° 29 -Cámara Chilena de la Construcción,2011

Estos sistemas de control activo consisten en:

- a) Sensores situados en la propia estructura empleados para medir variables correspondientes a la excitación externa, o variables de la respuesta estructural, o de ambos tipos.
- b) Sistemas controladores que se basan en las medidas de los sensores y calculan la fuerza a aplicar por los actuadores para contrarrestar los efectos sísmicos.
- c) Actuadores que habitualmente son alimentados por fuentes de energía externa para ejercer fuerzas.

Cámara Chilena de la Construcción (CCHC,2011). Los sistemas de protección sísmica activos fueron desarrollados y ampliamente investigados en países como Japón y Estados Unidos. Principalmente en Japón debido a las restricciones del espacio se construyen edificaciones de gran esbeltez. La figura 2.16 muestra esquemáticamente la estructura protegida con sistemas activos.

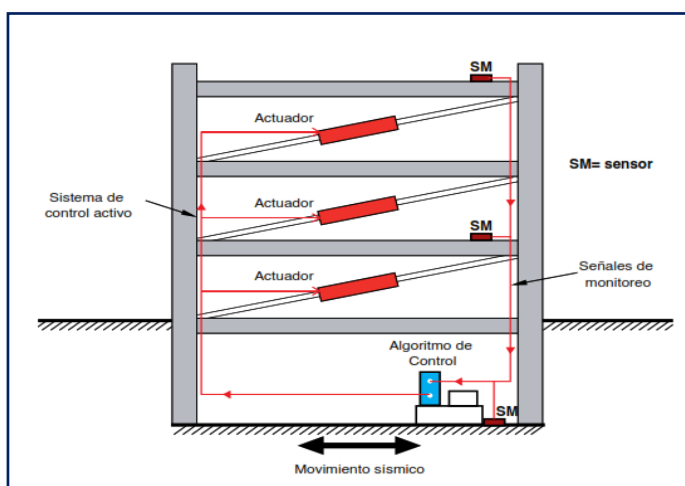


Figura 2.16: Esquema de Estructura con Sistema de Control Activo
Fuente: Documento Técnico N° 29 -Cámara Chilena de la Construcción,2011

Villarreal y Oviedo (2008) El Active Mass Damper (AMD), es un ejemplo de un sistema de control activo, el cual es una masa auxiliar móvil usualmente inferior al 1% de la masa total de la estructura y es instalada en una de las últimas plantas del edificio, con un actuador conectado a ella (figura 2.17).

La fuerza inercial que presenta la masa oscilante debe contrarrestar los efectos de la acción sísmica y reducir la respuesta estructural a valores aceptables.

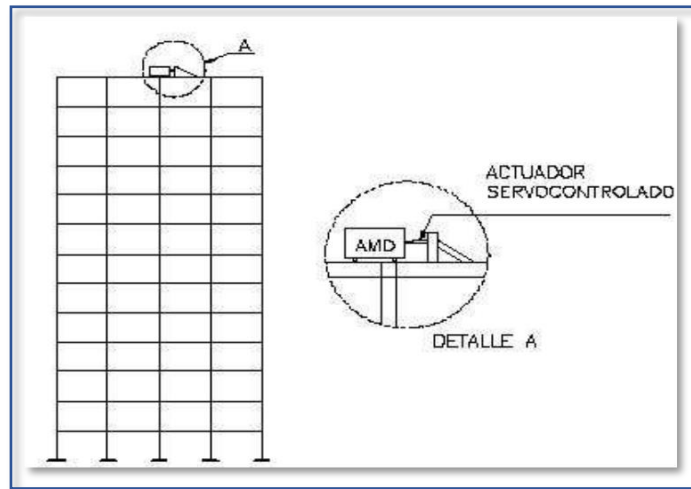


Figura 2.17: Edificio con Control de Desplazamiento – AMD

Fuente: Villarreal, Genner y Oviedo, Ricardo (2009) "Edificaciones con dispositivos pasivos de disipación de energía". 1.a ed. Lima: Grafica Norte. 127pp

Villarreal y Oviedo (2008). En comparación con los sistemas pasivos, los sistemas activos presentan numerosas ventajas:

- Demuestran mayor eficacia en control de respuesta estructural.
- Afectividad menos sensible a las condiciones locales del suelo y a las características del sismo.
 - Aplicación ante diversos eventos: viento o sismos.
 - Selección de los objetos de control.

Esto permite enfatizar el confort humano sobre aspectos del movimiento estructural en momentos no críticos e incrementar la seguridad estructural ante una acción dinámica severa, pero también presenta serios inconvenientes, tales como:

- Elevado costo de mantenimiento.
- Dependencia respecto a las fuentes de alimentación.
- La respuesta dinámica de edificios con muchos grados de libertad y un posible comportamiento lineal resulta imprevisible.

Su control a partir de un número limitado de sensores y actuadores plantea un problema dinámico complejo.

c) Sistemas de Control Híbrido

Villarreal y Oviedo (2008). Son la combinación de sistemas activos y pasivos con el fin de incrementar la eficiencia y confiabilidad del control estructural. Dado que el control se consigue a partir de un dispositivo pasivo (DPE), los sistemas híbridos presentan mejoras con relación a los sistemas activos: menor requerimiento de energía y, en caso de falla del componente activo, el sistema pasivo seguirá ejerciendo funciones de control, aunque de forma menos efectiva.

Los sistemas de control híbrido se enfocan principalmente en dos tipos: osciladores híbridos “Hybrid Mass Damper - HMD”, y aislamiento de base con control activo del desplazamiento. Los HMD son el resultado de la combinación de un oscilador resonante (TMD) y un actuador activo, lo cual mejora la eficiencia del sistema.

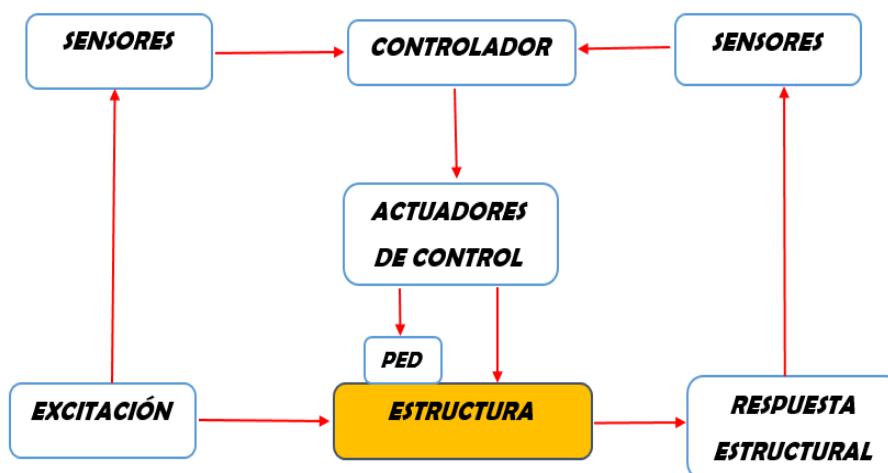


Figura 2.18: Esquema de funcionamiento de un sistema de control híbrido
Fuente: Villarreal, Genner y Oviedo, Ricardo (2009) “Edificaciones con dispositivos pasivos de disipación de energía”. 1.a ed. Lima: Grafica Norte. 127pp

El HMD dispone de una masa que oscila de manera pasiva y reduce la respuesta de la estructura y de un actuador activo, el cual mejora la eficiencia del sistema y además le otorga un mejor comportamiento dinámico a la edificación (figura 2.19).

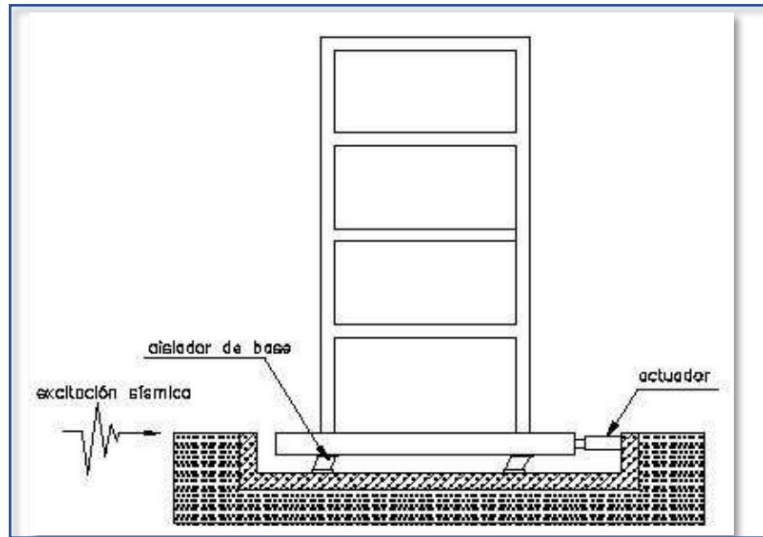


Figura 2.19: Aislamiento de Base con Control Activo de Desplazamiento
 Fuente: Villarreal, Genner y Oviedo, Ricardo (2009) "Edificaciones con dispositivos pasivos de disipación de energía". 1.a ed. Lima: Grafica Norte. 127pp

Villarreal y Oviedo (2008). Durante un comportamiento pasivo en la edificación se desacopla del terreno debido al desplazamiento generados entre la estructura y subestructura, la función de este componente activo es la de controlar las vibraciones mediante un actuador. Desde un caso práctico es necesario que la demanda de energía se encuentre dentro de rango aceptable, pero esta fuerza de control tiene una cierta dificultad debido al comportamiento no lineal de los aisladores sísmicos a esto se suman las incertidumbres asociadas con el modelamiento del sistema global.

d) Sistemas de Control Semiactivo

Cámara Chilena de la Construcción (CCHC,2011). Similar a los sistemas activos cuentan con un mecanismo de monitoreo en tiempo real de la respuesta estructural. Sin embargo, a diferencia de los sistemas activos no aplican fuerzas de control que contrarresten la fuerza sísmica directamente a la estructura. Estos sistemas actúan modificando en tiempo real las propiedades mecánicas de los dispositivos de disipación de energía. Uno de los ejemplos de estos sistemas son los amortiguadores de masa semiactivos, los dispositivos de fricción o fricción controlable y los dispositivos con fluido electro o magneto-reológicos. La figura 2.20 muestra esquemáticamente la estructura protegida con sistemas semiactivos.

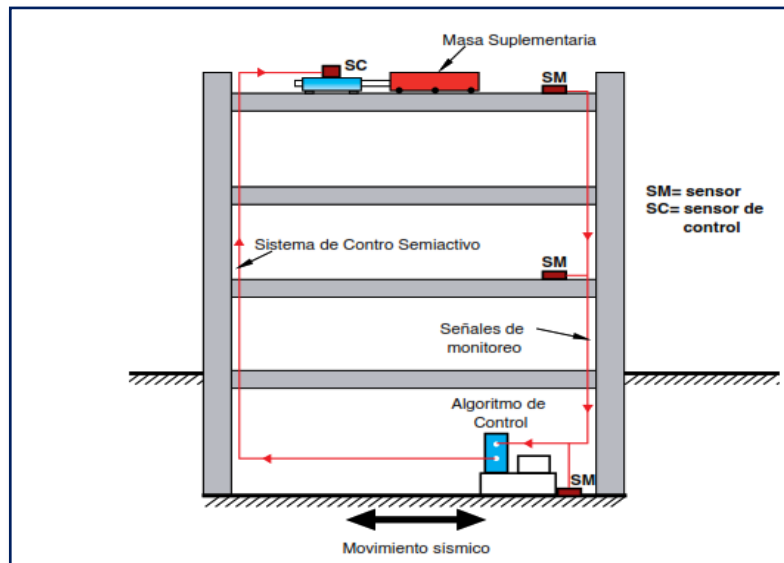


Figura 2.20: Esquema de Estructura con Sistema de Control Semiactivo
Fuente: Documento Técnico N° 29 -Cámara Chilena de la Construcción,2011

Villarreal y Oviedo (2008). El esquema de funcionamiento de los sistemas semiactivos se obtiene a partir de dispositivos de carácter reactivo, cuyas características mecánicas (rigidez o amortiguamiento) son controlables, lo cual permite modificar las propiedades dinámicas de la estructura con costos energéticos muy reducidos. En la siguiente figura 2.21 muestra esquemáticamente el funcionamiento de los sistemas semiactivos

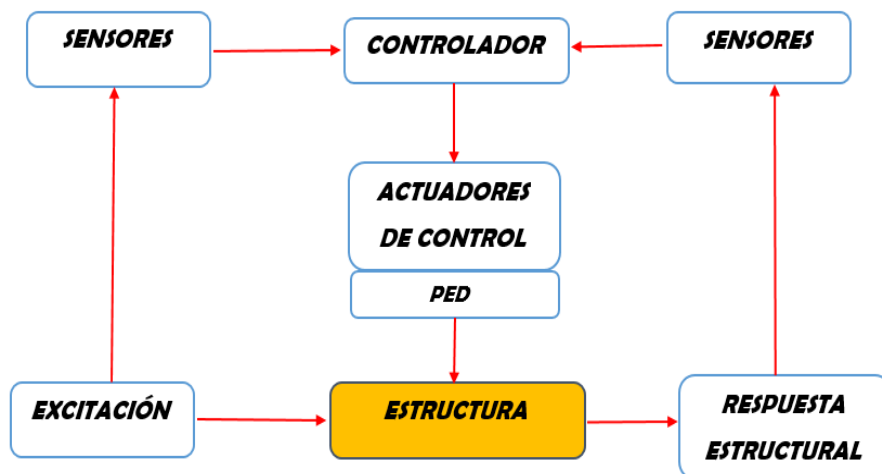


Figura 2.21 Esquema de Funcionamiento de un Sistema de Control Semiactivo

Fuente: Villarreal, Genner y Oviedo, Ricardo (2009) "Edificaciones con Dispositivos Pasivos de Disipación de Energía". 1.a ed. Lima: Grafica Norte. 127pp

Algunas de las técnicas de control empleadas por los sistemas semiactivos son:

- La fricción variable
- El movimiento de las masas del líquido al interior de tanques (Tunes Sloshing)
- Amortiguadores con fluidos de viscosidad controlable a partir de campos eléctricos o magnéticos.

En la figura 2.22, se muestra un dispositivo de amortiguamiento variable (Variable Hidráulica Damper), a través de una válvula de flujo variable, la cual permite modificar la pérdida de carga entre ambas cámaras de un cilindro hidráulico.

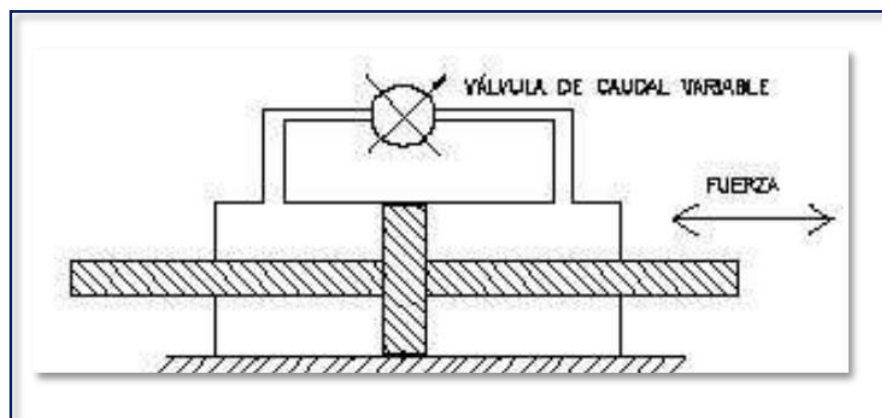


Figura 2.22. Dispositivo para Control Semiactivo
Fuente: Villarreal, Genner y Oviedo, Ricardo (2009) "Edificaciones con dispositivos pasivos de disipación de energía". 1.a ed. Lima: Grafica Norte. 127pp

(Villareal, Genner ,2008, p.28). "Los líquidos controlables tienen la propiedad de variar sus características reológicas ante campos eléctricos o ante campos magnéticos. La característica esencial de estos líquidos es su reversibilidad de fluido con viscosidad lineal a estado semisólido en milisegundos, cuando están expuestos a un campo eléctrico o magnético".

En la figura 2.23 observamos un dispositivo con estas características. (Villareal, Genner ,2008, p.28) se trata de un pistón de doble efecto, soportado

por un eje con doble apoyo sobre la carcasa. El cilindro tiene la particularidad de formar parte de un circuito magnético. Entre pistón y cilindro se abre un paso entre ambas cámaras. El estado que presenta el fluido permite un desplazamiento restringido o relativamente libre, en función de que el campo magnético esté o no activado. Una posible integración del dispositivo en el seno estructural sería la que se indica en la figura 2.24.

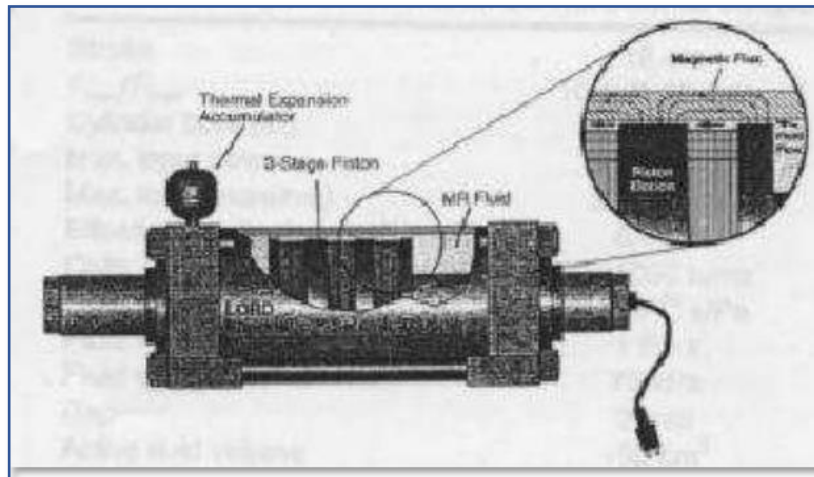


Figura 2.23: Esquema de un Amortiguador

Fuente: Villarreal, Genner y Oviedo, Ricardo (2009) "Edificaciones con dispositivos pasivos de disipación de energía". 1.a ed. Lima: Grafica Norte. 127pp

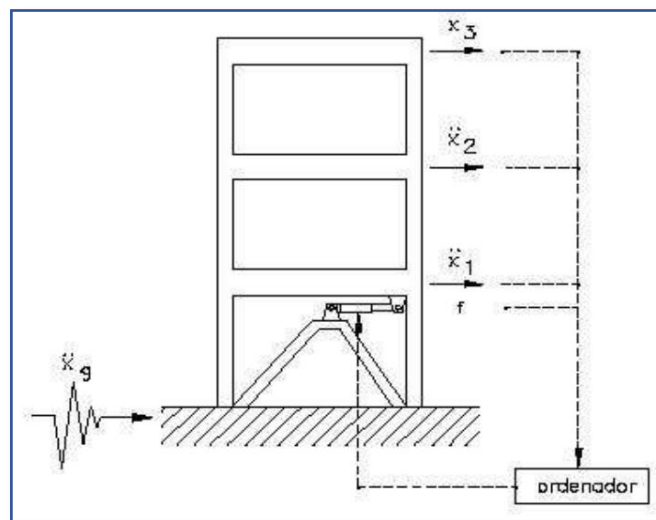


Figura 2.24: Dispositivo para control semiactivo

Fuente: Villarreal, Genner y Oviedo, Ricardo (2009) "Edificaciones con dispositivos pasivos de disipación de energía". 1.a ed. Lima: Grafica Norte. 127pp

2.2.1.4 Disipadores de Energía

Chávez Jean Piers (2017). Los sistemas pasivos de control estructural se caracterizan por no depender de un sensor o un componente activo para funcionar, sino que solo dependen de la fuerza sísmica lateral inducida por los movimientos del suelo. La figura 2.25 muestra la clasificación de estos

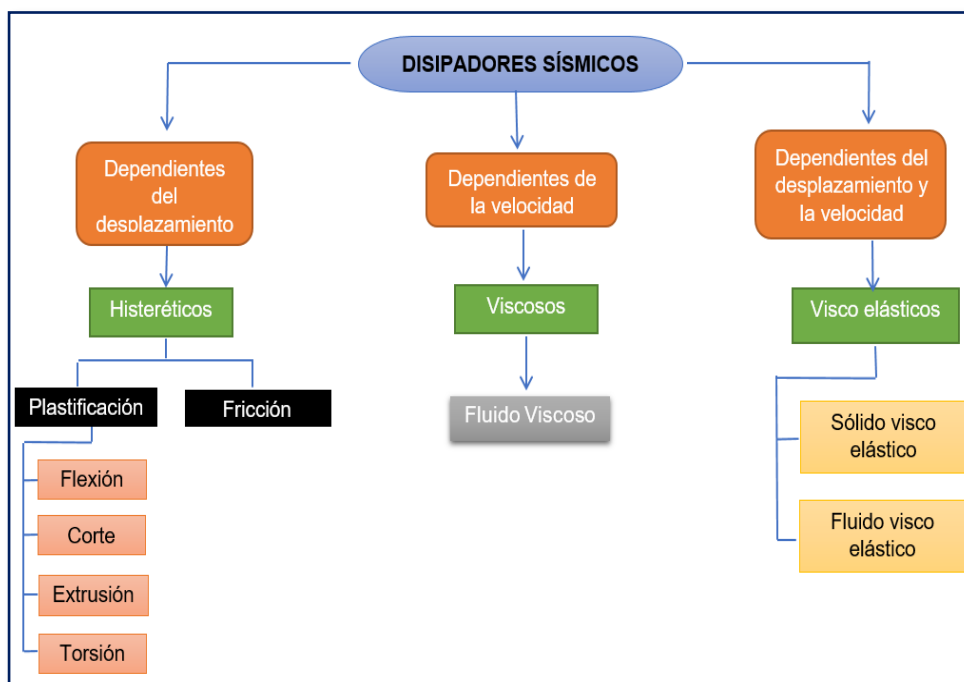


Figura 2.25: Disipadores de Energía

Fuente: Chávez, Jean Piers (2017) "Diseño Sismo resistente de edificios con Disipadores de Fluido Viscoso". 1.a ed. Lima: Grupo Universitario. 389 pp.

2.2.1.4.1 Disipadores Activados por Desplazamientos

Cámara Chilena de la Construcción (CCHC,2011). Los dispositivos de esta categoría se activan por medio de desplazamientos relativos de los extremos del disipador, provocados por los movimientos de la estructura durante un evento sísmico. Estos dispositivos disipan energía por medio de la deformación plástica de sus elementos o mediante la fricción entre superficies especialmente diseñada para estos fines. En esta clasificación se encuentran los dispositivos metálicos y friccionales. La figura 2.26 muestra los ciclos de fuerza – deformación típicos de los disipadores activados por

desplazamientos. El área cerrada por la curva histerética corresponde a, la energía disipada por el dispositivo.

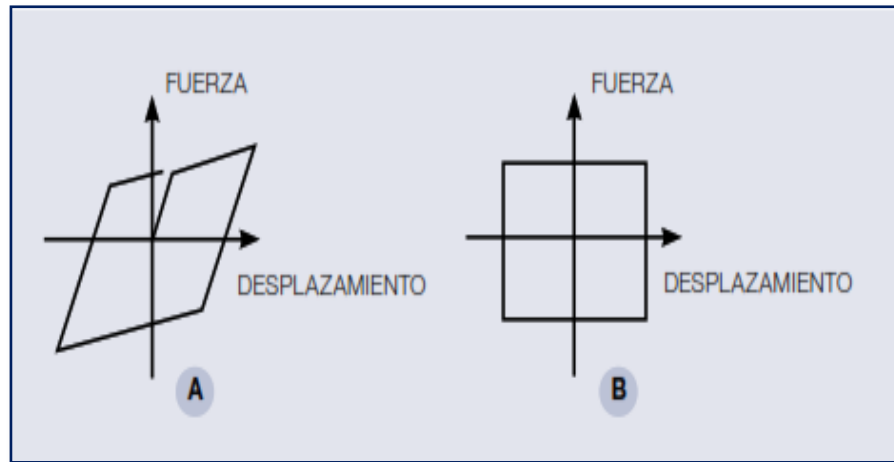


Figura 2.26: Ciclo Carga vs Deformación Disipador Activado por Desplazamiento:
a) Metálico y b) Friccional

Fuente: Documento Técnico N° 29 -Cámara Chilena de la Construcción,2011

a) Disipadores Metálicos

Chávez, Jean Piers (2017). Los dispositivos metálicos se caracterizan por la disipación de energía por medio de calor debido a la plastificación de metales ya sea por corte, flexión torsión o extrusión. Por lo general estos dispositivos poseen una gran resistencia ante factores ambientales y temperatura. Un modo de ejemplo de estos es el disipador metálico tipo ADAS, de concepto Added Damping/ Added stiffness.

Estos tipos de disipadores metálicos pueden ser fabricados con materiales de usos frecuente en la construcción. La geometría de estos dispositivos está especialmente definida para permitir disipación de energía mediante la deformación plástica y uniforme de las placas de acero. La figura 2.27 y 2.28 muestran estos dispositivos metálicos:

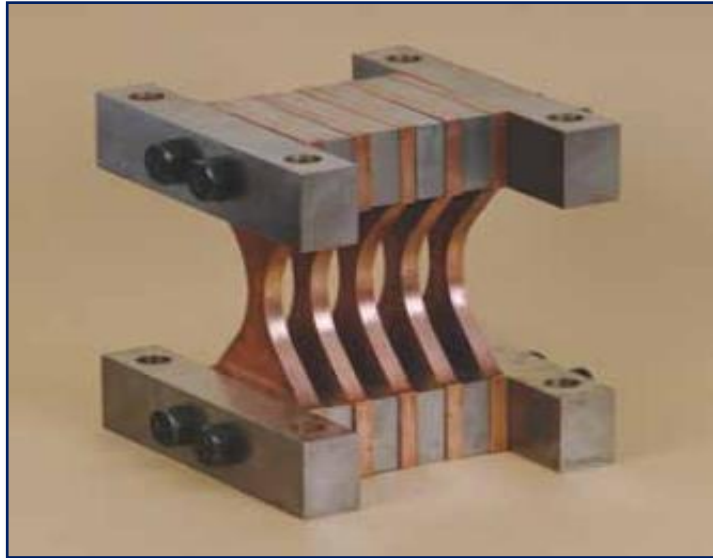


Figura 2.27: Disipador Metálico tipo ADAS
 Fuente: Documento Técnico N° 29 -Cámara Chilena de la Construcción,2011

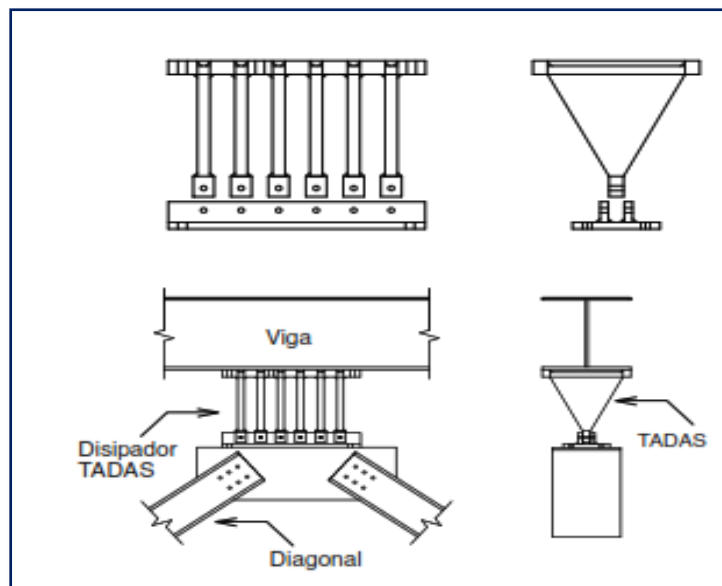


Figura 2.28: Esquema de Aplicación Disipador Metálico tipo TADAS, cumplen los mismos Principios que los Disipadores tipo ADAS
 Fuente: Documento Técnico N° 29 -Cámara Chilena de la Construcción,2011

A nivel local en el Perú se construyó en el 2004, el Casino MUBARACK el primer edificio incorporado con disipadores sísmico de plastificación, la Figura 2.29 muestra el edificio Nettelco construido también con este sistema. A nivel internacional en México se aplicó este sistema en una de las más altas y complejas edificaciones. Ver figura 2.30



Figura 2.29: Fabrica NETTALCO (PERÚ ,2015), con Disipadores Metálicos
 Fuente:http://luisbozzo.com/wpcontent/uploads/2018/05/Dossier_disipadores_2017_V6.pdf



Figura 2.30: Torre PARADOX 62 niveles (MÉXICO), con Disipadores de Plastificación Metálica, unas de las altas de Latinoamérica
 Fuente:http://luisbozzo.com/wpcontent/uploads/2018/05/Dossier_disipadores_2017_V6.pdf

b) Disipadores Friccionantes

Cámara Chilena de la Construcción (CDT,2011, p.17). Estos dispositivos disipan energía por medio de la fricción que se produce durante los desplazamientos relativo entre dos a o más superficies en contacto. Estos disipadores son diseñados para activarse una vez que se alcance un determinado nivel de carga en el dispositivo. Mientras la sollicitación no alcanza dicha carga, el mecanismo de disipación se

mantiene inactivo. Los disipadores pueden ser materializados de distintas maneras, incluyendo conexiones deslizantes con orificios ovalados o SBC (Slotted Bolted Connection). La desventaja importante de este dispositivo radica en la incertidumbre de la activación de los dispositivos durante un evento sísmico y en el aumento de la probabilidad de observar deformaciones residuales en la estructura. la Figura 2.31 muestra un dispositivo Histerético de fricción.



Figura 2.31: Sistema de disipador tipo friccionante
Fuente: Documento Técnico N° 29 -Cámara Chilena de la Construcción,2011

En la Figura 2.32 podemos apreciar el sistema de disipadores sísmicos de tipo friccionante en la Torre TITANIUM, (CHILE) basados en unas “equis” estructurales en sus centros, 25 dispositivos distribuidos en el sentido transversal y 20 en sentido longitudinal, que reducen hasta en un 40% la oscilación de la estructura frente un sismo



Figura 2.32: Disipador Friccionante Aplicada en la Torre TITANIUM, (CHILE)
 Fuente: Seismic Protection Technologies (SIRVE,2010)

2.2.1.4.2 Disipadores Activados por Velocidad

Cámara Chilena de la Construcción (CCHC,2011). Este tipo de disipadores se caracterizan debido a que se activan a partir de la velocidad relativa de los extremos del dispositivo inducidos por vibraciones a la estructura durante un movimiento telúrico. Estos sistemas típicamente añaden amortiguamiento mas no rigidez lateral al sistema debido a ello el periodo fundamental se mantiene perenne. La figura 2.33 muestra la curva Histerética fuerza – deformación típica de este tipo de dispositivos.

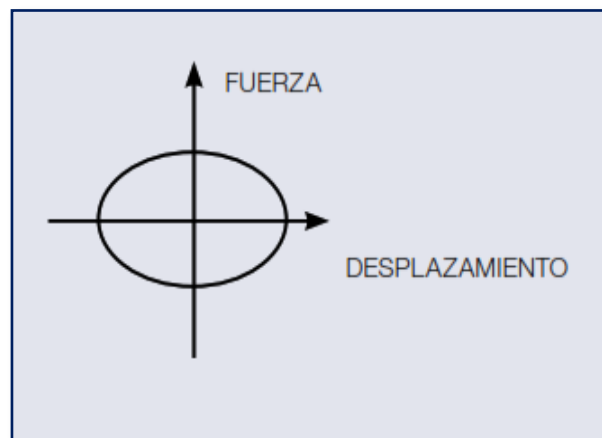


Figura 2.33: Ciclo Fuerza vs Deformación del Disipador Activado por Velocidad
 Fuente: Documento Técnico N° 29 -Cámara Chilena de la Construcción,2011.

La figura 2.34 muestra en el Perú se construyó en el 2015, la nueva sede del Banco de la Nación ubicada en San Borja, con 30 pisos, cuatro sótanos y un sistema protección sísmica mediante Disipadores fluido Viscosos siendo uno de los edificios más seguros y altos del País. La Figura 2.35 muestra otro ejemplo de un edificio construido con este sistema a nivel internacional LA TORRE MAYOR en México de 55 pisos unas de las torres más importantes del mundo y cuenta con 98 amortiguadores sísmicos. Todos estos dispositivos fabricados por la empresa CDV Ingeniería antisísmica.



Figura 2.34: Nueva Sede BANCO DE LA NACION (PERÚ ,2015), con sistemas de protección Sísmica mediante los Disipadores tipo fluido Viscoso
Fuente: <https://cdvperu.com/nuestrosproyectos/>



Figura 2.35: Edificio TORRE MAYOR (MÉXICO), 55 pisos uno de los más importantes del mundo, implementada con 98 Disipadores tipo fluido Viscoso
Fuente: <https://cdvperu.com/nuestrosproyectos/>

2.2.1.4.3 Disipadores Activados por Desplazamiento y Velocidad

Cámara Chilena de la Construcción (CCHC,2011). Estos disipadores se distinguen por que se activan a partir de la acción combinada de las velocidades y desplazamientos relativos del extremo del dispositivo inducidos por las vibraciones de la edificación durante un movimiento telúrico. Los periodos de vibración de la estructura se modifican ya que típicamente se adicionan rigidez y amortiguamiento a la edificación. La figura 2.36 muestra la curva Histerética fuerza – deformación típica de este tipo de dispositivos.

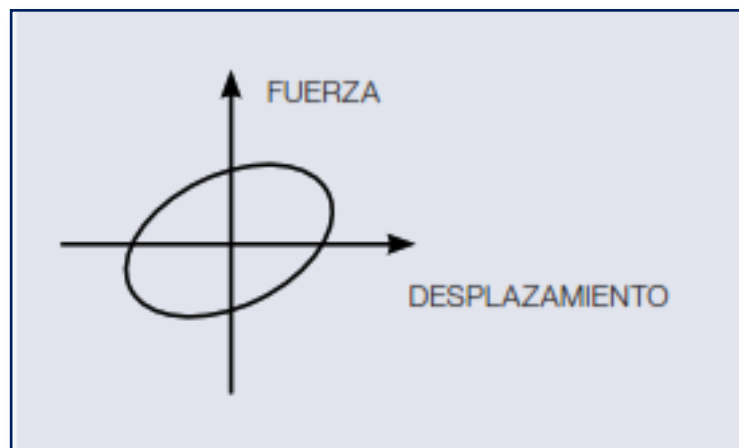


Figura 2.36. Ciclo Fuerza vs Deformación del Disipador Activado por Desplazamiento y Velocidad

Fuente: Documento Técnico N° 29 -Cámara Chilena de la Construcción,2011

Chávez, Jean Piers (2017). También son catalogados como uno de los mejores de mundo, el material que componen en estos dispositivos son normalmente copolimeros o sustancias vidriosas que disipan energía cuando están sujetas a la deformación por corte. Este disipador consiste en placas visco elásticas entre placas de acero. Cuando son montadas en una estructura la deformación por corte y por consiguiente la disipación de energía ocurre cuando la vibración estructural induce al movimiento relativo entre las láminas de acero exteriores y el plato central. (Ver figura 2.37)

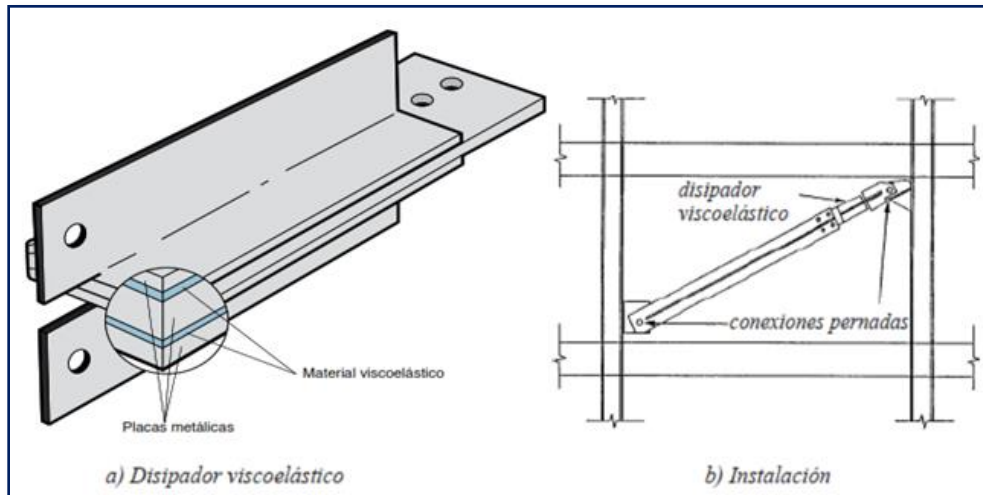


Figura 2.37: Dispositivos Visco elásticos Catalogados como unos de los mejores a nivel Mundial debido al aportan Rigidez y Amortiguamiento al Sistema.
 Fuente: <https://es.slideshare.net/berzmonkey/disipadores-de-energia>

2.2.2 Estructuras con Amortiguamiento

Cuando a una estructura se le aplica una fuerza inicial las vibraciones tienden a disminuir con el tiempo hasta llegar a una etapa de reposo, a esta fuerza que contrarrestan estas vibraciones se le conoce como amortiguamiento viscoso que son propiedades inherentes de cada estructura e idealizan de manera práctica aquella representación dinámica de estos modelos, no obstante, quiere decir que este tipo de amortiguamiento real se manifieste en todas las estructuras. (Ruiz,1974).

Enfatizando lo anterior, Idealicemos un tanque elevado llena en su totalidad de agua, como una estructura simple de un grado de libertad representada por una masa m y una rigidez K proporcionada por las columnas que puede asumirse con una masa nula en comparación con la masa concentrada (no existe chapoteo alguno ya que el tanque se encuentra lleno en tu totalidad). La siguiente figura muestra la idealización de la estructura como un sistema de un grado de libertad:

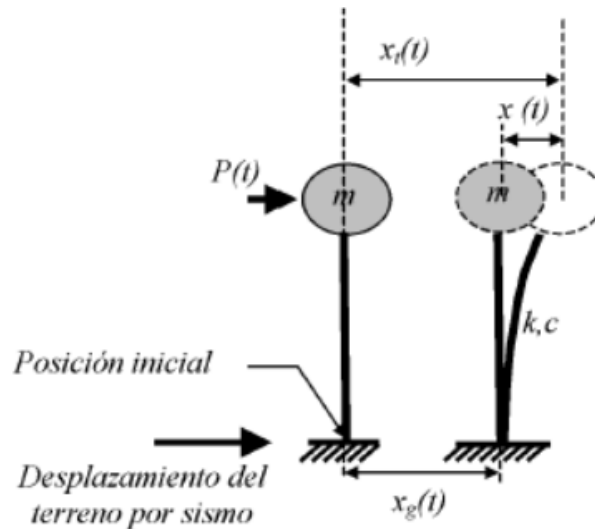


Figura 2.38: Tanque de Agua Idealizado como Sistema de un Grado de Libertad
 Fuente: Anil.K. Chopra ,2014

Al aplicarle una fuerza perturbadora inicial y luego dejarla vibrar suponiendo un movimiento libre no amortiguado, la estructura oscilara hacia adelante y hacia atrás alrededor de una posición de equilibrio provocando amplitudes máximas por cada ciclo de vibración, estas oscilaciones siempre se mantendrán perennes y nunca se detendrán teóricamente en los sistemas idealizados. (Chopra,2014).

Distintos estudios demostraron que este comportamiento vibratorio es ficticio en estructuras reales ya que siempre disminuirán su amplitud por cada ciclo de vibración hasta llegar al reposo, esto ocurre debido a que existen distintos amortiguamientos presentes en una estructura real tales como el viscoso externo, viscoso interno, amortiguamiento de fricción de cuerpo, histerético, amortiguamiento por radiación al terreno, histerético alrededor de la cimentación entre otros, todos estos factores hacen que cualquier estructura deje de vibrar en algún momento. (Wakabayashi 1990)

2.2.2.1 Vibración Libre con Amortiguamiento Viscoso

Una estructura ingresa en vibración libre cuando es desplazada inicialmente de su posición de equilibrio estático y luego se deja vibrar sin la participación de una fuerza excitadora externa. Los sistemas de un grado de libertad frente a movimientos se pueden idealizar como un sistema de masa, resorte y amortiguador sometidos a una fuerza externa $P(t)$, se obtiene la ecuación diferencial (2.2a) que rige la vibración libre cuando existe amortiguamiento. (Chopra 2014, p 39).

En la siguiente figura podemos idealizar un marco como un sistema amortiguado de un grado de libertad:

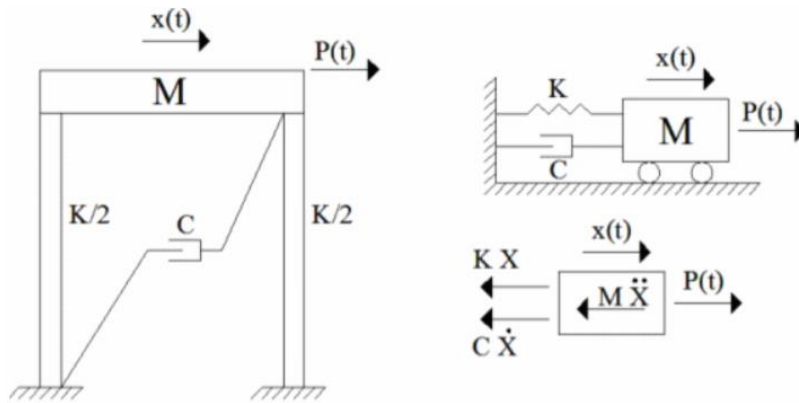


Figura 2.39: Sistema de un Grado de Libertad con Amortiguamiento Viscoso
Fuente: Anil.K. Chopra ,2014

Del diagrama de cuerpo libre se puede deducir la ecuación diferencial que gobierna este sistema de vibración libre amortiguada, cuando se establece que $P(t)=0$ y haciendo equilibrio de fuerzas que actúan en la masa "M". Se obtiene la siguiente expresión:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0 \quad \text{Ecuación (2.2.a)}$$

Al dividir entre “m” a la ecuación 2.2.a se obtiene la siguiente expresión:

$$\ddot{x} + 2 \xi \omega \dot{x} + \omega^2 x = 0 \quad \text{Ecuación (2.2.b)}$$

Se sabe que:

$$\xi = \frac{C}{C_{cr}} = \frac{C}{2m\omega} \quad \text{Ecuación (2.2.c)}$$

$$C_{cr} = 2m\omega = 2\sqrt{km} = \frac{2k}{\omega} \quad \text{Ecuación (2.2.d)}$$

ω = Frecuencia natural de vibración del sistema estructural.

ξ = Razón de amortiguamiento crítico.

C = Coeficiente de amortiguamiento.

C_{cr} = Coeficiente de amortiguamiento crítico

El amortiguamiento crítico “ C_{cr} ” corresponde al valor pico que puede tener el coeficiente de amortiguamiento para sufrir un movimiento oscilatorio, además el coeficiente “ C ” es una medida de la energía disipada en un ciclo de vibración libre o en un ciclo de vibración forzada armónica.

Existen distintos tipos de movimiento que se relacionan intrínsecamente con el valor de la razón de amortiguamiento. En la gráfica 2.40 se ilustra el movimiento $u(t)$ debido a un desplazamiento inicial $u(0)$ para tres distintos valores de ξ .

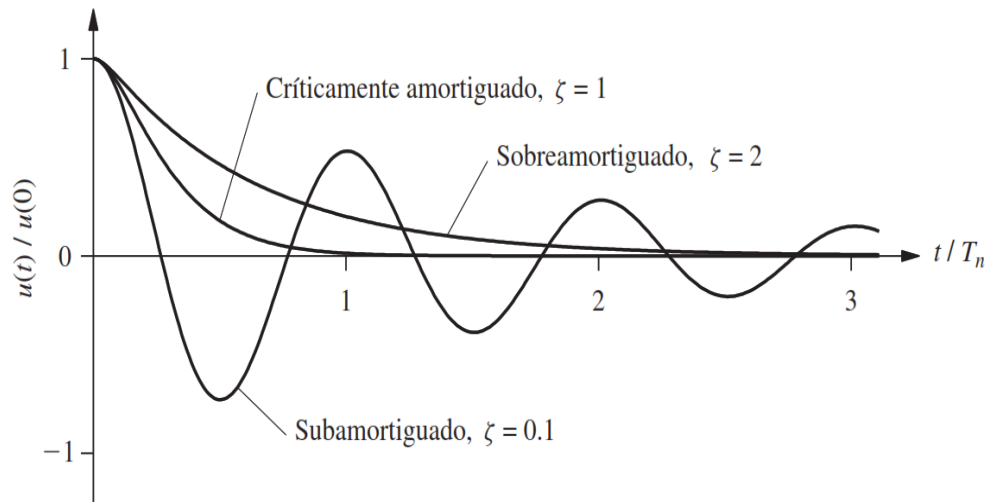


Figura 2.40: Vibración libre de Sistemas subamortiguado, críticamente amortiguados y sobreamortiguado
Fuente: Anil.K. Chopra ,2014

Si $C < C_{cr}$ o $\xi < 1$, el sistema oscila alrededor de su posición de equilibrio con una amplitud que disminuye progresivamente. Si $C = C_{cr}$ o $\xi = 1$, el sistema vuelve a su posición de equilibrio sin oscilar. Si $C > C_{cr}$ o $\xi > 1$, de nuevo el sistema no oscila y regresa a su posición de equilibrio, como en el caso de $\xi = 1$, pero a un ritmo más lento. (Chopra 2014, p 49).

En la presente investigación nos enfocaremos sobre el movimiento subamortiguado, esto debido a que las obras ingenieriles tales como puentes, edificios, presas, naves industriales, plantas nucleares, reservorios, plataformas marinas entre otros exhiben una razón de amortiguamiento menor al 15% esto debido a que estas estructuras son construidas con materiales convencionales como el acero, concreto, madera etc., que no tienen un aporte tan considerable en el amortiguamiento, dejando el estudio de las demás sistemas solo de manera académica. A continuación, en la tabla 01 mostramos los amortiguamientos para distintos materiales según el nivel de esfuerzo incurcionado.

Tabla 01. Valores de Amortiguamiento Recomendados para distintos Materiales

Nivel de esfuerzo	Tipo y condición de la estructura	Fracción de amortiguamiento
Esfuerzo de trabajo, menor de aproximadamente la mitad del punto de cedencia	Acero con conexiones soldadas, concreto presforzado, concreto debidamente reforzado (sólo agrietamiento leve)	2-3
	Concreto reforzado con grietas considerables	3-5
	Acero con conexiones atornilladas o remachadas, estructuras de madera con uniones clavadas o atornilladas	5-7
En el punto de cedencia o justo debajo de éste	Acero con conexiones soldadas, concreto presforzado (sin pérdida completa en el presfuerzo)	5-7
	Concreto presforzado con pérdida total del presfuerzo	7-10
	Concreto reforzado	7-10
	Acero con conexiones atornilladas o remachadas, estructuras de madera con uniones atornilladas	10-15
	Estructuras de madera con uniones clavadas	15-20

Fuente: Newmark y J. Hall, Earthquake Engineering Research Institute, Berkeley California, 1982

Por lo general los valores más bajos se asumen para estructuras especiales si se quiere ser conservador para el diseño, en el caso de estructuras normales se pueden asumir los valores relativamente altos a criterio del ingeniero estructural. Se recomienda una razón de amortiguamiento crítico del 3% y 7% en el caso de albañilería no reforzada y reforzada respectivamente. En la mayoría de los códigos sismorresistentes no contemplan la fracción de amortiguamiento de manera explícita para cada tipo de material y solo asumen un 5% implícito en el espectro de diseño y en las fuerzas sísmicas estipuladas en cada código. (Chopra 2014, p 454).

2.2.2.2 Vibración Forzada con Amortiguamiento Viscoso

En el anterior acápite vimos como es el comportamiento y el planteamiento de la ecuación de movimiento que gobierna al movimiento libre con amortiguamiento viscoso, pero estas vibraciones solo ocurren en teoría ya que las estructuras que engloban la ingeniería civil y estructural, siempre experimentarían oscilaciones armónicas forzadas ya sea por el movimiento sísmico o de vientos, por ende, abarcaremos con más detalle este tipo de vibraciones.

Las estructuras de múltiples niveles sujetas a fuerzas que varían con el tiempo se modelan como un sistema de masas y resortes, estas estructuras se dividen en dos grupos en función a su deformación, por un lado, los pisos se mueven solo en dirección horizontal que hacen referencia a estructuras del tipo de cortante y, por otro lado, los pisos que se mueven en forma rotatoria y horizontalmente que hacen referencia a estructuras del tipo momento–cortante. (Wakabayashi 1990, p 49).

Análogamente a los sistemas de un solo grado de libertad ahora mostraremos como es el comportamiento de una estructura con varios grados de libertad. Cuando la estructura tiene N niveles se idealiza como un sistema de masa concentradas en cada nivel con una cantidad de N grados de libertad, así mismo el sismo provocara movimientos armónicos forzados a la estructura. En la figura 2.41 ilustramos un sistema de un marco con 3 niveles:

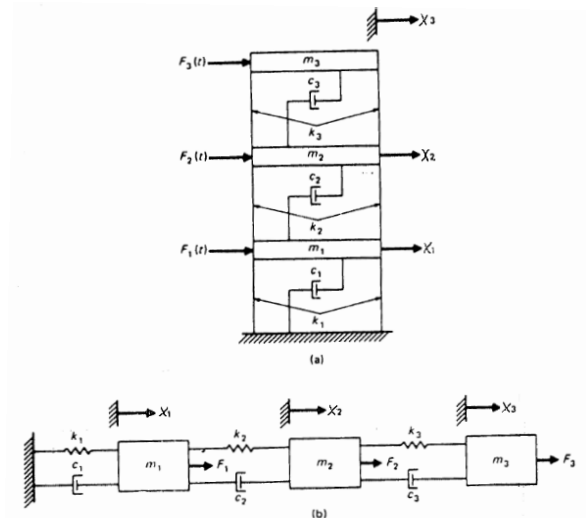


Figura 2.41: (a) Sistema Amortiguado con tres Grados de Libertad bajo fuerza Horizontal (b) Modelo Matemático
Fuente: Mario Paz ,1992.

La ecuación de movimiento que gobierna el sistema se obtiene a partir de las fuerzas en el diagrama de cuerpo libre mostrado en la siguiente figura 2.42:

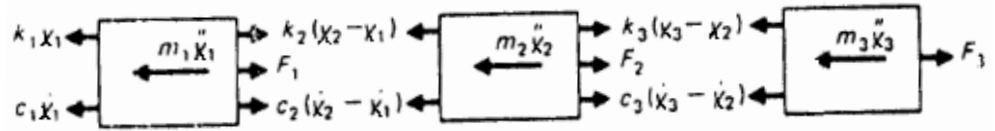


Figura 2.42: (a) Diagrama de Cuerpo Libre del Sistemas con tres Grados de Libertad
Fuente: Mario Paz ,1992

$$m_1 \ddot{x}_1 + c_1 \dot{x}_1 + k_1 x_1 - c_2 (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) - k_2 (x_2 - x_1) = F_1(t)$$

$$m_2 \ddot{x}_2 + c_2 (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + k_2 (x_2 - x_1) - c_3 (\dot{x}_3 - \dot{x}_2) - k_3 (x_3 - x_2) = F_2(t)$$

$$m_3 \ddot{x}_3 + c_3 (\dot{x}_3 - \dot{x}_2) + k_3 (x_3 - x_2) = F_3(t)$$

La representación en forma matricial de la anterior ecuación se puede expresar de la siguiente manera:

$$[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = \{F(t)\} \quad \text{Ecuación (2.2.e)}$$

Esta ecuación tiene la misma esencia que para un sistema de un solo grado de libertad, si estructura está sometida a un movimiento de terreno la ecuación se representaría de la forma siguiente:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = -m\ddot{x}_g \quad \text{Ecuación (2.2.f)}$$

En este caso $\mathbf{1}$ representa el vector unitario, esta ecuación, en resumen, es intrínsecamente la misma que la ecuación que representa a un sistema amortiguado forzado de un solo grado de libertad.

Una fuerza armónica normalmente haciendo referencia a un movimiento sísmico se expresa en términos del seno y coseno de la frecuencia angular en función del tiempo como $F(t) = P_0 \sin \omega t$ donde P_0 es la amplitud o valor máximo de la fuerza, ω es su frecuencia de forzamiento $= 2\pi / T$ es el periodo de forzamiento. Por lo tanto si se establece la fuerza armónica forzada como $F(t) = P_0 \sin \omega t$ con la inclusión del amortiguamiento viscoso, la ecuación (2.2.f) se expresaría como:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = P_0 \sin \omega t \quad \text{Ecuación (2.2.g)}$$

La anterior ecuación se da solución para la deformación $x(t)$ considerando las condiciones iniciales de:

$$x = x(0) \quad \dot{x} = \dot{x}(0) \quad \text{Ecuación (2.2.h)}$$

Dividiendo la ecuación (2.2.g) entre m se obtiene

$$\ddot{x} + 2\xi\omega\dot{x} + \omega_n^2 x = \frac{P_0}{m} \sin \omega t \quad \text{Ecuación (2.2.i)}$$

La solución particular de la ecuación (2.2.i) se expresa también como:

$$x_p(t) = C \sin \omega t + D \cos \omega t \quad \text{Ecuación (2.2.j)}$$

Obteniendo la primera, segunda derivada y así sustituyendo la ecuación (2.2.j) en (2.2.i) se obtiene la siguiente expresión:

$$[(\omega_n^2 - \omega^2)C - 2\xi\omega\omega_n D] \sin \omega t + [2\xi\omega\omega_n C + (\omega_n^2 - \omega^2)D] \cos \omega t = \frac{P_0}{m} \sin \omega t$$

Para la anterior ecuación válida para todo t los coeficientes de los senos y cosenos debe ser iguales, con esto se obtiene dos ecuaciones C y D después dividir las entre ω_n^2 y usar como relación $K = \omega_n^2 m$ las expresiones se convierten en:

$$\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right] C - \left(2\xi \frac{\omega}{\omega_n}\right) D = \frac{P_0}{k} \quad \text{Ecuación (2.2.k)}$$

$$\left(2\xi \frac{\omega}{\omega_n}\right) C + \left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right] D = 0 \quad \text{Ecuación (2.2.l)}$$

Las soluciones de las ecuaciones (2.2.k) y (2.2.l) para la obtención de los valores C Y D son:

$$C = \frac{P_0}{k} + \frac{1 - (\omega/\omega_n)^2}{[1 - (\omega/\omega_n)^2]^2 + [2\xi(\omega/\omega_n)]^2} \quad \text{Ecuación (2.2.m)}$$

$$D = \frac{P_0}{k} + \frac{-2\xi\omega/\omega_n}{[1 - (\omega/\omega_n)^2]^2 + [2\xi(\omega/\omega_n)]^2} \quad \text{Ecuación (2.2.n)}$$

Así mismo una solución complementaria de la ecuación (2.2.g) cuando es sometida a una respuesta en vibración libre se obtiene:

$$x_c(t) = e^{-\xi\omega_n t} (A \cos\omega_D t + B \sin\omega_D t) \quad \text{Ecuación (2.2.o)}$$

Se sabe que $\omega_D = \omega_n \sqrt{1 - \xi^2}$

Finalmente, la solución completa de la ecuación (2.2.g), es la sumatoria de las respuestas transitorias y estacionarias mostradas continuación:

$$X(t) = \underbrace{e^{-\xi\omega_n t} (A \cos\omega_D t + B \sin\omega_D t)}_{\text{Transitoria}} + \underbrace{C \sin\omega t + D \cos\omega t}_{\text{Estacionaria}} \quad \text{Ecuación (2.2.p)}$$

La Ecuación diferencial completa (2.2.p) que representa un movimiento armónico forzado con la inclusión de un amortiguamiento viscoso tienen dos componentes, con respuestas en un estado transitorio y estacionario donde el primero de esta compuesto por una vibración forzada que esta en función de la frecuencia circular de excitación(ω) producto del sismo y el segundo está compuesto por una vibración libre

en función de la frecuencia natural (ω_n). En la gráfica 2.43 mostramos la descripción de la ecuación (2.2.p)

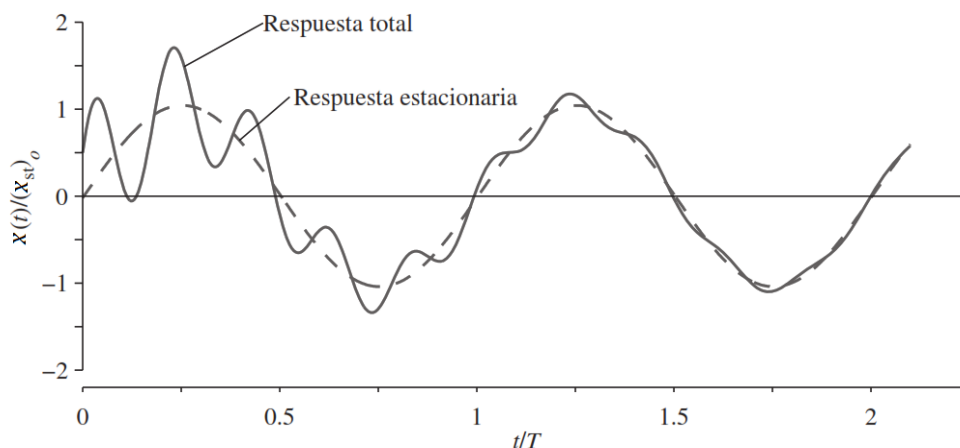


Figura 2.43: Respuestas de un Sistema Estacionario sometido ante una Fuerza armónica
(Chopra 2014, p 73)

En el grafico se muestra la respuestas para $\omega/\omega_n = 0.2$, $\xi = 5\%$, $x(0) = 0.5P_0/k$ y $\dot{x}(0) = \omega_n P_0/k$ podemos ver que la línea continua es la respuesta total de la ecuación completa, esta respuesta decae paulatinamente de manera exponencial con la variación del tiempo aun a razón que depende de $(\omega/\omega_n, \xi)$, hasta un punto donde se vuelve muy insignificante (respuesta transitoria) obteniéndose la curva discontinua que representa la respuesta estacionaria y debido al amortiguamiento el movimiento cesa en algún tiempo, a diferencia de un movimiento sin amortiguación donde la respuesta estacionaria se mantiene constante.

Además, después de un lapso la respuesta estacionaria gobierna el movimiento no obstante en el caso más desfavorable las amplitudes máximas no siempre se obtienen en la respuesta forzada ya que también puede obtenerse durante la etapa de transición. (Chopra 2014, p 73)

Como adenda a este acápite es necesario mencionar que el fenómeno de la resonancia causan severos daños a las estructuras y ocurre cuando la frecuencia de excitación sísmica se aproxima o se iguala a la frecuencia natural del sistema, si bien las estructuras como edificios

altos son poco vulnerables a este fenómeno ya que poseen periodos muy largos, cabe señalar que el criterio del ingeniero estructural está en evitar en lo posible estas igualdades de periodos y así diseñar estructuras que no se vean vulnerables a sufrir daños en algunos casos técnica y económicamente irreparables.

2.2.2.3 Disipadores de Tipo Fluido Viscoso

Villarreal y Oviedo (2009). Son dispositivos uniaxiales que disipan energía por medio de un fluido altamente viscoso que se activan cuando las estructuras son inducidas por vibraciones de un movimiento sísmico y que generan una fuerza opuesta a la dirección de la fuerza sísmica reduciendo así los desplazamientos en el sistema. La fuerza de salida del disipador es resistiva debido a que el disipador se comporta de acuerdo a las leyes de la mecánica de fluidos, el valor de la fuerza resistiva varía con respecto a la velocidad traslacional del disipador en cualquier punto en el tiempo.

2.2.2.3.1 Modelamiento Dinámico

Uno de los comportamientos que origina la no linealidad de un disipador fluido viscoso es la característica reológicas de los materiales que lo compone es decir aquellos comportamientos que se ven afectados en función del tiempo. Debido a esto las respuestas de estos sistemas de amortiguamiento viscosos dependen de la velocidad con que se le excita al elemento.

Una representación cualitativa de los disipadores fluido viscosos son la idealización de un resorte y un amortiguador viscoso mostrado en la figura 2.44:

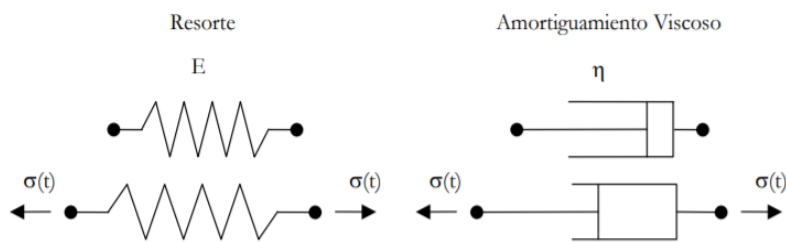


Figura 2.44: Representación mediante un resorte y amortiguamiento viscoso de un sistema viscoelástico de fluido

Siendo E la constante elástica del resorte y η la constante viscosa del amortiguador. La fuerza axial en el modelo representa a las tensiones en el continuo, el estiramiento y la velocidad representan la deformación y velocidad de deformación respectivamente.

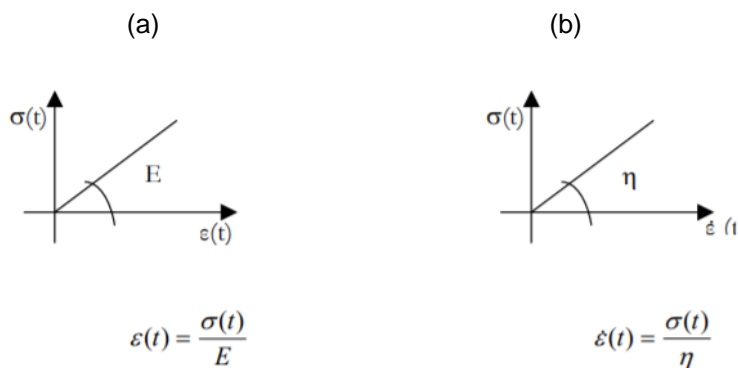


Figura 2.45: (a) Constantes para resorte elástico y (b) Constantes para amortiguamiento viscoso

Dentro de los modelos viscoelásticos propuestos por Maxwell tenemos al modelo de relajación donde la variable libre es la deformación, estos modelos tienen leyes constitutivas no invertibles pero cada uno de estos representa la forma inversa implícita del otro, siendo más explícitos, un modelo de elasticidad retardada es la forma inversa de representar un modelo de relajación. La formulación de Maxwell modelo de relajación representa de manera puntual un disipador viscoso, su modelamiento considera una representación en serie de un resorte y un amortiguador, modelo que hace que la deformación total sea asumida por la composición de una parte elástica ϵ^e y una parte viscosa ϵ^{vis} donde:

$$\sigma^e(t) = \sigma^{vis}(t) = E\varepsilon^e(t) = \eta\varepsilon^{vis}(t) \quad \text{Ecuación (2.2.q)}$$

$$\varepsilon(t) = \varepsilon^e(t) = \varepsilon^{vis}(t)$$

La figura 2.46 muestra el siguiente esquema:

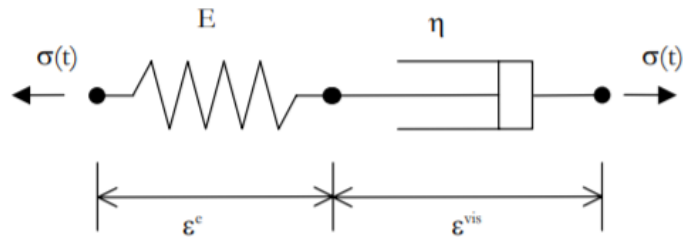


Figura 2.46: Modelo de relajación de Maxwell

Si se somete al material a un ensayo de relajación entonces:

$$\varepsilon = 0 \quad \sigma(t) = E\varepsilon_0 e^{-\frac{E}{\eta}t} \quad \text{Ecuación (2.2.r)}$$

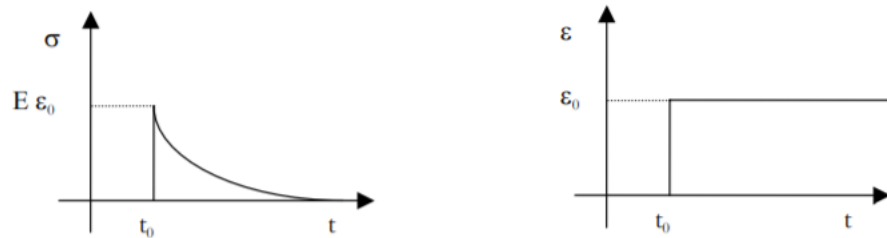


Figura 2.47: Ensayo de Relajación del Modelo de Maxwell

2.2.2.1.2 Ecuación General

Durante muchos años diversos investigadores propusieron modelos constitutivos, aplicaron derivadas fraccionales de Maxwell sobre el comportamiento de los disipadores viscosos para después ampliarlas a derivadas complejas (Makris y Constaninou,1993)

Es así que el modelo de derivada compleja de Maxwell ha sido usado para representar un particular fluido polibutano sobre un amplio

rango de frecuencias y temperaturas. (Makris et al,1995). Se supone una deformación infinitesimal incompresible a una temperatura referencial T_0 , el modelo puede ser expresado en función de los esfuerzos de corte y deformación por corte:

$$\tau + [\lambda(T_0)]^{\nu} \frac{d^{\nu} \tau}{dt^{\nu}} = \mu(T_0) \frac{d\gamma}{dt} \quad \text{Ecuación (2.2.s)}$$

Donde:

$$(\lambda = \lambda_1 + i\lambda_2; \nu = \nu_1 + i\nu_2; \mu = \mu_1 + i\mu_2)$$

Son parámetros de valores complejos del material

τ = Esfuerzos por Corte

γ = Deformación por Corte

λ, μ = Funciones que dependen de la Temperatura

La expresión $\frac{d^{\nu} \tau}{dt^{\nu}}$ es una derivada generalizada de orden ν que está en función del tiempo.

Notemos que cuando ν asume el valor de la unidad la ecuación (2.2.s) se reduce al modelo simple de Maxwell.

Ahora realizando una transformada de Fourier de una derivada generalizada (Makris, 1992).

$$F \left\{ \frac{d^{\nu} \tau}{dt^{\nu}} \right\} = [i\omega]^{\nu} F \{ \tau \} \quad \text{Ecuación (2.2.t)}$$

se obtiene la siguiente expresión:

$$G'(\omega, T_0) = \delta(G^*(\omega, T_0)) \quad \text{Ecuación (2.2.u)}$$

$$G''(\omega, T_0) = \zeta(G^*(\omega, T_0)) \quad \text{Ecuación (2.2.v)}$$

Ahora desarrollando un cálculo dinámico

$$G^*(\omega, T_0) = \frac{i\omega\mu(T_0)}{1+[i\omega\lambda(T_0)]^\nu} \quad \text{Ecuación (2.2.w)}$$

Dónde:

G' = Modulo de Ganancia

G'' = Modulo de Perdida

δ, ζ = Son valores de la parte imaginaria de su argumento

Los parámetros del material son obtenidos de forma experimental mediante una regresión algorítmica no lineal compleja con una restricción adicional casual para asegurar un retraso de la fase no negativa. (Makris ,1995).

Después de obtenerse los parámetros del material en la derivada compleja de Maxwell, la dependencia de la frecuencia es netamente característica de la temperatura T_0 , ahora solo se debe determinar la dependencia de la temperatura de la respuestas utilizando el método de variables reducidas, la función β_T depende de la temperatura.

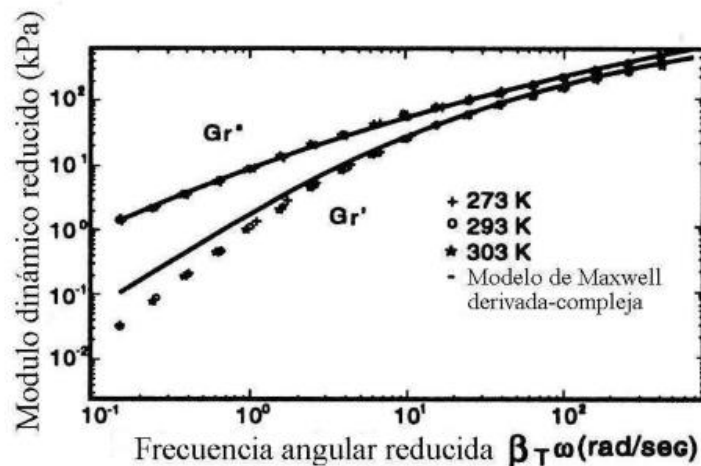


Figura 2.48: Modulo dinámico de Fluido Polibutano
 Fuente: Villarreal, Genner y Oviedo, Ricardo (2009)
 "Edificaciones con dispositivos pasivos de disipación de energía". 1.a ed. Lima: Grafica Norte. 127pp

En la figura 2.48 ilustramos una gráfica módulo dinámico reducido vs la frecuencia angular reducido $\beta_T \omega$ para diferentes temperaturas obtenidas de forma experimental, podemos ver la tendencia de las dos curvas maestras del módulo de ganancia y pérdida que valida el método de variables reducidas del material. En el gráfico también se superpone el módulo dinámico de corte de derivada compleja del modelo de Maxwell, podemos apreciar que existe convergencia en un rango de frecuencias altas, por otro lado existe una divergencia en el módulo de ganancia a frecuencias angulares menores a $\beta_T \omega < 10$. (Villarreal y Oviedo, 2009).

Como se comentó anteriormente se puede generalizar que las respuestas fuerza vs deformación del disipador viscoso puedan seguir los comportamientos constituidos. Para modelar el comportamiento fuerza-deformación de un disipador se usó el modelo de derivada fraccional propuesta por Maxwell mediante la siguiente expresión:

$$F(t) + \lambda^{\nu} \frac{d^{\nu} F(t)}{dt^{\nu}} = C_0 \frac{dx(t)}{dt} \quad \text{Ecuación (2.2.x)}$$

Dónde:

$F(t)$ = Fuerza en el Pistón

x = Desplazamiento del Pistón

C_0 = Coeficiente de amortiguamiento en frecuencia nula

λ = Tiempo de relajación

ν = Orden de la derivada

Para un disipador fluido viscoso la dependencia de la frecuencia es menos relevante por lo que el modelo clásico de Maxwell sería el más adecuado, por lo que la ecuación (2.2x) se simplifica a la siguiente expresión:

$$F(t) + \lambda \frac{dF(t)}{dt} = C_0 \frac{dx(t)}{dt}$$

Se realizó comparaciones experimentales con del modelo de Maxwell del coeficiente de amortiguamiento ,rigidez almacenada y el ángulo de fase respecto a las frecuencia cíclica natural donde se observó que el tiempo de relajación λ se vuelve insignificante para un rango de frecuencias de interés.(Ver figura 2.49)

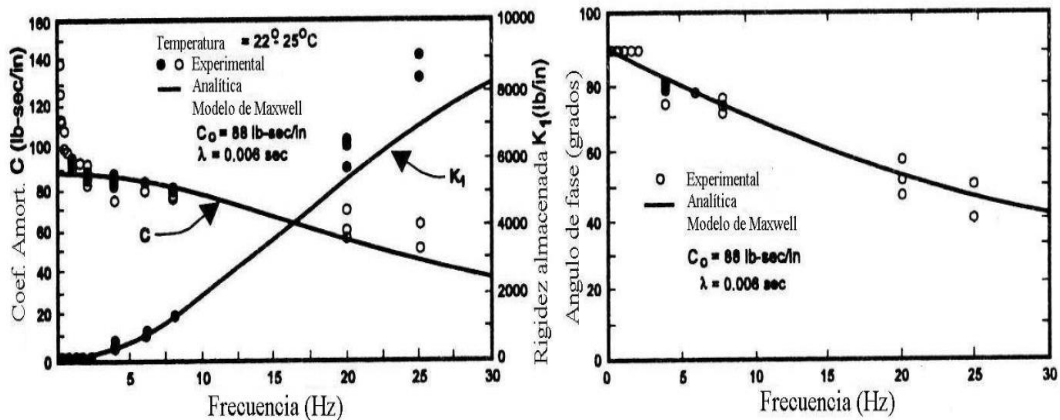


Figura 2.49: Coeficiente de Amortiguamiento, Rigidez almacenada, ángulo de fase vs Frecuencia Cíclica

Fuente: Villarreal, Genner y Oviedo, Ricardo (2009) "Edificaciones con dispositivos pasivos de disipación de energía". 1.a ed. Lima: Grafica Norte. 127pp

Ya que el tiempo de relajación tiende a cero la ecuación (2.2x) se reduce a la ecuación (2.2y) que determina el comportamiento lineal de los disipadores netamente viscosos.

$$F(t) = C_0 \frac{dx(t)}{dt} \quad \text{Ecuación (2.2y)}$$

Deducido la ecuación que gobiernan el comportamiento de los disipadores viscoso de fluido en el rango lineal, en esta ecuación el exponente de velocidad $\alpha=1$ se encuentra implícita en dicha expresión, análogamente estos también pueden tener un comportamiento en el rango no lineal. Todo dependerá del exponente de velocidad el cual define el comportamiento histerético de estos dispositivos.

En la siguiente figura 2.50 mostramos la tendencia del comportamiento fuerza de amortiguamiento vs Velocidad para distintos valores de alfa, la no linealidad del dispositivo para valores de $\alpha < 1$ reducen de manera considerable los los pulsos de alta velocidad producidas por movimiento telúrico, en el caso de valores para $\alpha > 1$ los dispositivos necesitaran velocidades superlativas para que puedan generar la fuerza restauradora por lo que no es común su uso en edificaciones.

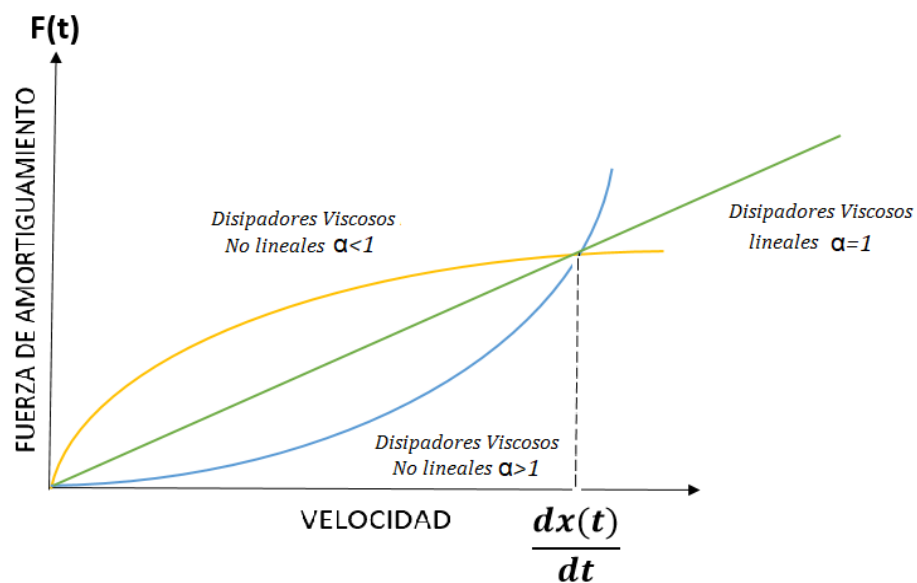


Figura 2.50: Comportamiento Fuerza de amortiguamiento vs Velocidad de los dispositivos con comportamiento lineal y no lineal

Los disipadores fluido viscosos generan una fuerza resistiva opuesta al movimiento lateral y que es directamente proporcional a la velocidad relativa de los extremos de amortiguador en el sistema. En resumen, la ecuación que determina el comportamiento lineal y no lineal de los disipadores fluido viscoso en términos más simplistas es:

$$F = CV^\alpha \quad \text{Ecuación (2.2.z)}$$

Donde:

F = Fuerza del amortiguador

C = Coeficiente de amortiguamiento (valor constante en todo el rango de velocidades)

V = Velocidad del amortiguador

α = Exponente de Velocidad

El exponente de Velocidad para el caso no lineal debe fluctuar entre 0.4 - 0.6 para edificaciones siendo un valor recomendable 0.5 (constante en todo el rango de velocidades), para el caso lineal el valor es la unidad.

Al interpretar la ecuación (2.2.z) no hay fuerza elástica del resorte en la ecuación. La fuerza del amortiguador varia solo con la velocidad esto quiere decir que para una misma velocidad las fuerzas serán iguales en cualquier instante de tiempo y punto dado. Debido a que los amortiguadores no proporcionan fuerzas de recuperación el sistema estructural debe encargarse de soportar las cargas estáticas laterales.

2.2.2.1.3 Elementos que Componen los Disipadores Fluido Viscoso

A continuación, se muestra las partes que componen un disipador de fluido viscoso mostrada en la Figura 2.51.

- Barra de pistón

“La barra del pistón es mecanizada de acero inoxidable de alta aleación y muy pulido, estos pulidos altos proporcionan una vida larga para el sello. La barra del pistón está diseñada para la rigidez ya que debe resistir el pandeo por compresión y no debe flexionarse bajo cargas lo que podría dañar el sello”(Lee y Taylor, sf, p.2)

- Cilindro

“El cilindro contiene el fluido de trabajo y debe soportar la carga de presión cuando funciona el amortiguador, los cilindros generalmente se fabrican de acero inconfundible y a veces de barras de acero”. (Lee y Taylor, sf, p.2)

- **Fluido**

“Estas aplicaciones estructurales necesitan un fluido viscoso, resistente al fuego, no tóxico estable y que no se degrade con la edad todo esto bajo los estándares de calidad higiene y seguridad ocupacional del OSHA significa un punto de inflamación de por lo menos 200°F”. (Lee y Taylor, sf, p.2)

- **Sello**

“El sello debe proporcionar una vida útil de por lo menos de 35 años sin remplazo, como a menudo los amortiguadores se sientan durante largos periodos de tiempo sin uso, el sello no debe permitir adherencia a lo largo o permitir filtración alguna del líquido”. (Lee y Taylor, sf, p.2)

- **Cabeza de pistón**

“La cabeza del pistón se fija al vástago o barra del pistón y divide eficazmente el cilindro en dos cámaras de presión separadas este espacio entre el diámetro exterior del pistón y el diámetro interior del cilindro forma un orificio. Generalmente la cabeza del pistón está fabricada con un material diferente al del cilindro para proporcionar compensación térmica”. (Lee y Taylor, sf, p.2).

- **Acumulador**

“El acumulador interno tiene como función compensar el cambio de volumen por los golpes en la barra, este acumulador es un bloque de espuma plástica o de celda cerrada o un pistón presurizado móvil o una vejiga de caucho. El acumulador también regula la expansión térmica del fluido de silicona”. (Lee y Taylor, sf, p.2).

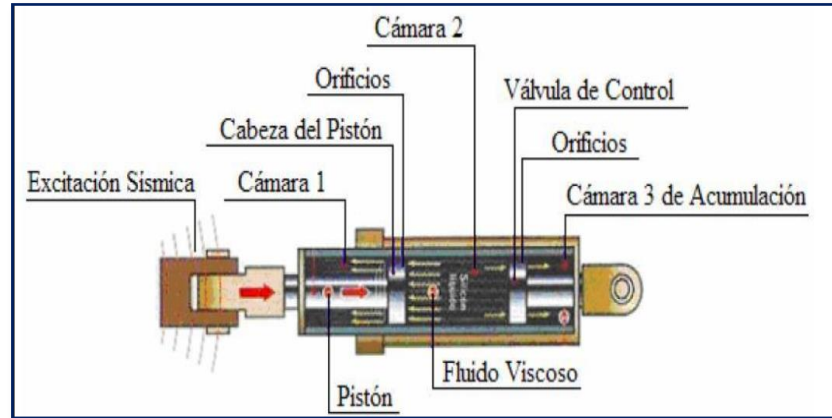


Figura 2.51: Parte de un Amortiguador Fluido Viscoso
 Fuente: <https://es.slideshare.net/berzmonkey/disipadores-de-energia>

2.2.2.1.4 Elementos Complementarios de los Disipadores Fluido Viscosos

Los dispositivos de fluido viscoso para su montaje e instalación a la estructura necesitan de elementos adicionales las cuales conforman el brazo metálico, la viga de acero, y anclajes entre pernos y barras. Para esta investigación no se considerará el diseño de las barras y pernos de anclaje esto debido a que estas dependen de las dimensiones tanto del brazo metálico y de la viga de acero por lo tanto solo se realizara el diseño de estas dos últimas que conforman el sistema completo

a) Brazo Metálicos

Chávez, Jean Piers (2017). “Los brazos metálicos se diseñan para soportar esfuerzos de tracción y compresión axial producidas por los esfuerzos en el dispositivo y que son transferidos a estos brazos, además debe controlarse el pandeo”. Se considera la rigidez del dispositivo como la rigidez del brazo metálico, debido a que la rigidez axial del dispositivo es mucho menor a la del brazo para el cálculo del valor se utiliza la siguiente ecuación:

$$K = EA/L$$

Ecuación (2.3)

Donde:

E = Modulo de elasticidad del acero

A = Área de la sección transversal del brazo metálico

L = Longitud del brazo metálico (Se considera la longitud total incluyendo los dispositivos de disipación)

K = Rigidez del brazo metálico

Por convención utilizaremos perfiles metálicos tipo PIPE o HSS por la simplicidad de instalación. Para el diseño de los elementos de acero se hará uso de la Norma (AISC Steel Construction)

A continuación, mostramos las ecuaciones que gobernarán el diseño de estos perfiles:

$$\phi T_n = \phi F_y A_g < T_u \text{ (Tensión)} \quad \text{Ecuación (2.4)}$$

Donde:

T_u = Tensión nominal

T_n = Tensión ultima actuante en las fuerzas del dispositivo

ϕ = factor de reducción de resistencia (0.9)

$$\phi P_n = \phi F_{cr} A_g < P_u \text{ (Compresión)} \quad \text{Ecuación (2.5)}$$

Donde:

P_u = Compresión nominal

P_n = Compresión ultima actuante en las fuerzas del dispositivo

b) Viga de Acero

Chávez, Jean Piers (2017). “En la disposición Chevron Brace los brazos metálicos más los amortiguadores se arriostran en el pórtico no directamente a la viga de concreto armado sino a una viga de acero, la

cual absorberá las fueras en el punto concéntrico de la viga donde llegan los máximos esfuerzos provenientes del brazo metálico descompuesto por el ángulo que forman dichos brazos en el plano”.

2.2.2.1.5 Amortiguamiento Efectivo Equivalente

El amortiguamiento efectivo es el que representa al sistema estructural completo compuestas por los dispositivos de energía y el amortiguamiento propio del edificio que generalmente para estructuras de concreto armado son del 5% respecto al crítico. Se representa de siguiente manera:

$$B = \frac{2.31 - 0.41 \ln(B_0)}{2.31 - 0.41 \ln(\beta_{(eff)})} \quad \text{Ecuación (2.6)}$$

Donde:

$\beta(\text{eff})$ = Amortiguamiento efectivo del sistema estructural (%)

B_0 = Amortiguamiento propio de la Estructura (%)

B = Factor de reducción de respuesta

2.2.2.1.6 Coeficiente de Amortiguamiento

- **Disipadores No lineales**

El coeficiente de amortiguamiento no lineal es una constante que dependen de las propiedades del fluido y el comportamiento del dispositivo, La fórmula brindada por el Fema 273 y 274 para su respectivo cálculo es el siguiente:

$$\sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 2\pi A^{1-\alpha} \cdot \omega^{2-\alpha} \cdot (\sum_i m_i \cdot \Phi_i^2)}{\lambda \cdot (\sum \Phi_j^{1+\alpha} \cdot \cos^{1+\alpha} \theta_j)} \quad \text{Ecuación(2.7)}$$

Donde:

β_H = Amortiguamiento Viscoso del disipador

C_j = Coeficiente de Amortiguamiento del disipador

m_i = Masa del Nivel

θ_i = Angulo de Inclinación del Disipador

Φ_i = Desplazamiento modal en el nivel i

Φ_j = Desplazamiento modal relativo entre ambos extremos del disipador

A = Amplitud del Desplazamiento del modo Fundamental

ω = Frecuencia Angular

λ = Parametro Lamnda

α = Exponente de Velocidad

r = Función gamma

- **Disipadores lineales**

Similarmente a los dispositivos no lineales los coeficientes de amortiguamiento lineal dependen de las propiedades del fluido pero se simplifican algunos términos como es el parámetro lambda y la amplitud en el modo fundamental, la ecuación es la siguiente:

$$\sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 4\pi \cdot (\sum_i m_i \cdot \Phi_i^2)}{T_1 (\sum \Phi_j^2 \cdot \cos^2 \theta_j)} \quad \text{Ecuación (2.8)}$$

Donde:

β_H = Amortiguamiento Viscoso del disipador

C_j = Coeficiente de Amortiguamiento del disipador

m_i = Masa del Nivel i

θ_i = Angulo de Inclinación del Disipador

Φ_i = Desplazamiento modal en el nivel i

Φ_{rj} = Desplazamiento modal relativo entre ambos extremos del disipador

T = Periodo de vibración del modo Fundamental

2.2.2.1.7 Curva de Histéresis

Los dispositivos de fluido viscoso depende de la velocidad, reduciendo al mismo tiempo las deflexiones como esfuerzos en todo y cada uno de los elementos estructuras, debido a sus propiedades no sobre esfuerzan a la estructura, siendo su gran ventaja la absorción de energía sísmica y el no ser remplazado luego de un evento sísmico severo a diferencia de un disipador histerético, la curva que describe el comportamiento de los disipadores de fluido viscoso son elípticas paralelas al eje de las abscisas como se aprecia en el siguiente gráfico:

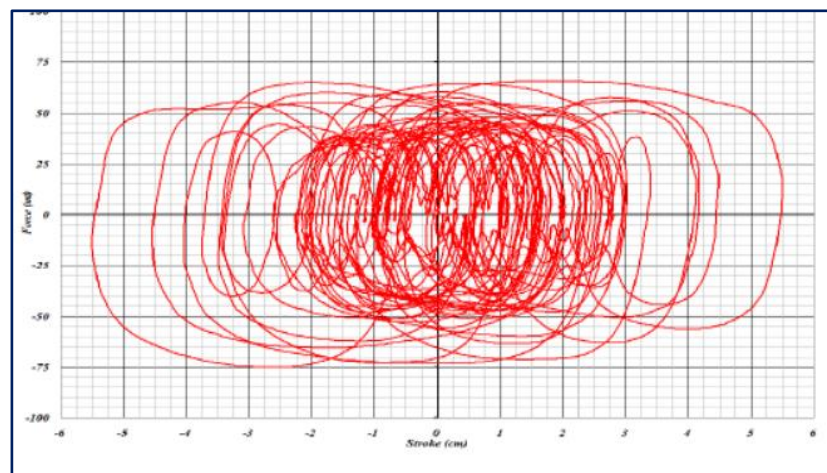


Figura 2.52: Curva de Histéresis de un Disipador Dependiente de la Velocidad

Fuente: Taylor Devices

En la figura 2.53 podemos apreciar a manera de comparación la curva Fuerza vs Deformación cíclica para disipadores no lineales que muestran una forma elíptica, a medida que se va incrementando el exponente de velocidad denota un achatamiento de la curva paralelo al eje de las abscisas, también puede notarse que estos dispositivos ejercen su máxima fuerza para un desplazamiento cero.

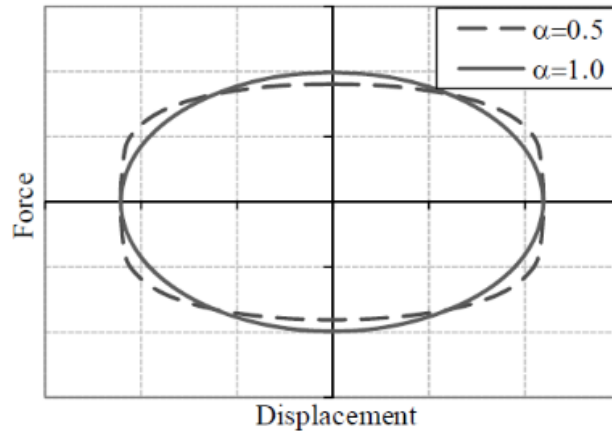


Figura 2.53: Curva de Histéresis de un Disipador $\alpha=0.5$ y $\alpha=1$
Fuente: Document of Probabilistic Seismic Risk Identification off Steel Building

2.2.2.1.8 Criterios para la Disposición del Disipador

La ubicación y cantidad de los dispositivos será definido a criterio por el ingeniero estructural y situarán en los pórticos que generan mayor deriva además de mantener su simetría con mucho criterio para obtener resultados efectivos, ya que sería ineficiente la colocación de gran cantidad de dispositivos de manera espontánea, es preferible ubicarlos en los pórticos que experimentan mayor desplazamiento.

La Norma ASCE 7-10 Capítulo 18 “Requisitos de Diseño sísmico de estructuras con Sistemas Amortiguamiento”, algunas de las recomendaciones a tomar en cuenta:

- De preferencia la edificación no deberá contemplar irregularidades.
- El amortiguamiento efectivo de la estructura no deberá superar el 35% del amortiguamiento crítico.
- Se dispondrán como mínimos de dos dispositivos de disipación por cada dirección de análisis y en cada nivel, estos deberán ser ubicados de manera estratégica manteniendo la simetría para evitar efectos de torsión en la estructura.

- Se deben colocar estos dispositivos en todos los niveles si fuera necesario

Los tres tipos más comunes de disposición son (Chevron Brace, Diagonal Simple y Scissor Jack) las más usadas y que mayor acogida tienen son las de diagonal simple y Chevron Brace en ambas requieren de brazos metálicos para su montaje e instalación a continuación en las figuras 2.54 y 2.55 mostramos las disposiciones respectivamente:

a) Disposición Diagonal Simple

- Es la disposición más sencilla ya que es versátil durante la instalación en el proceso constructivo
- Es más económica ya solo contiene un disipador por pórtico y por ello solo un brazo metálico es suficiente para su montaje.
- No sobreesfuerzo a la viga ya que las conexiones de la cartela y el brazo metálico llegan al nudo del pórtico.

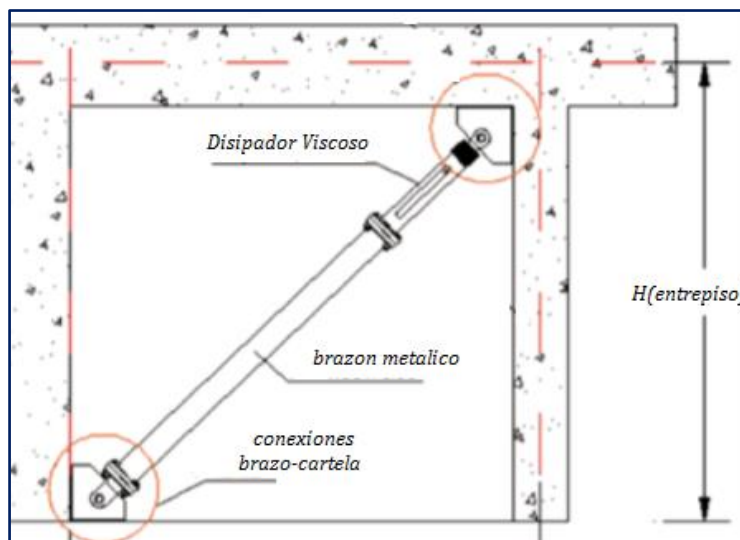


Figura 2.54: Disipadores Sísmicos en Disposición Diagonal Simple
Fuente: <https://docplayer.es/72658732-Universidad-nacional-de-piura.html>

b) Disposición Chevron Brace

- Normalmente la disposición chevron llevan dos disipadores por pórtico ubicadas en el sentido horizontal por lo que su eficiencia

es de $f=1$ debido a que su ángulo de inclinación $\Theta=0$, la contrapartida es que para su montaje necesita de dos brazos metálicos que se conectan en el centro de la viga por lo que tiene que ser diseñado para soportar estos esfuerzos adicionales.

- Por lo general demuestran mayor eficiencia ya que mejoran las respuestas debido a que llevan dos dispositivos.
- Demandan mayores costos de montaje ya que necesitan de dos brazos metálicos, tres conexiones y de ser el caso una viga de acero horizontal para absorber el esfuerzo puntual que generan el encuentro de los brazos metálicos.

Para estructuras reforzamiento de estructuras existente es más recomendable la disposición Chevron Brace mejorado (figura 2.43) ya que no adiciona esfuerzos a la viga de concreto.

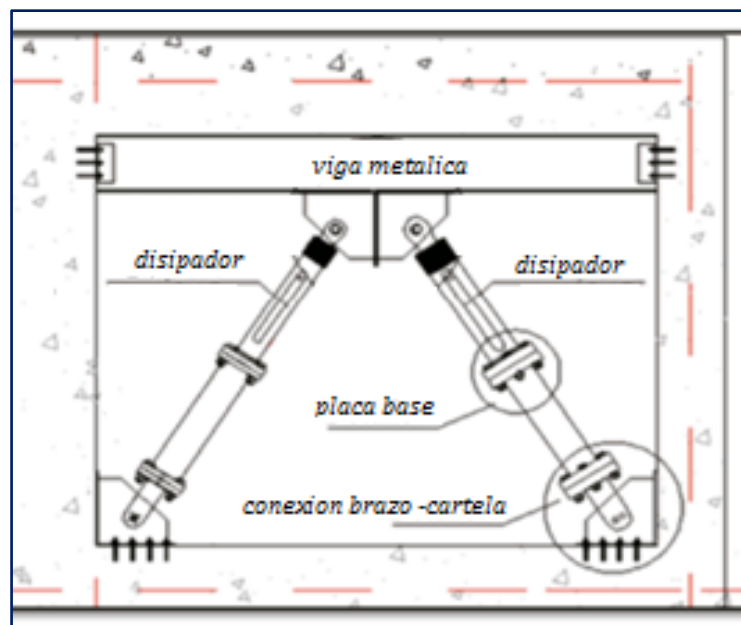


Figura 2.55: Disipadores Sísmicos en Disposición Chevron Brace
Fuente: <https://docplayer.es/72658732-Universidad-nacional-de-piura.htm>

2.2.3 Desempeño Sísmico de Estructuras

En las últimas décadas el diseño basado en desempeño ha tomado un interés importante dentro de la rama que abarca la ingeniería estructural, tal es así que las investigaciones se intensificaron con el objetivo de obtener respuestas predecibles sobre el comportamiento y así conocer de manera anticipada el modo de falla de las edificaciones luego de un terremoto.

El Comité Visión 2000 (SEAOC,1995) menciona: “El diseño basado en desempeño consiste en la selección adecuada de niveles de desempeño sísmicos para ciertos niveles de amenaza sísmica con el fin de alcanzar el objetivo esperado de la edificación para obtener un comportamiento y respuestas adecuadas sin sobrepasar ciertos estados límites de daño que lo acerquen a la inestabilidad estructural”

En este contexto (Park y Paulay, 1978). Menciona: “El objetivo de esta nueva tendencia es diseñar estructuras que sean capaces de disipar la energía de entrada del sismo mediante mecanismo de plasticidad formados en algunos pórticos de la estructura sin sufrir daños considerables”.

Si bien la ingeniería estructural ha desarrollado grandes avances en el análisis no lineal de estructuras tal es así que podemos encontrar softwares sumamente potentes a nivel mundial como en el caso de DIANA (FINIT ELEMENT ANALYSIS) que nos facilitan estos procesos para el análisis de distintos tipos de estructuras. Especialistas mencionan que brindar una seguridad total a la edificación frente a un terremoto es literalmente imposible ya que estos procesos si bien son muy aproximados y nos acercan de manera más precisa a los resultados, también tienen sus limitaciones.

2.2.3.1 Nivel de Demanda Sísmica

Nuestra norma E030, así como los códigos internacionales aun no son muy explícitos para la elección del tipo de sismo a utilizar, si bien se cuentan con espectros de registros sísmicos prototipos típicos de cada país estos aun solo son representativos para el tipo de suelos y lugar ocurrido.

Los espectros de la norma peruana se elaboraron con los terremotos de la costa peruana del año 1966,1970 y 1974 considerados como sismo de diseño con un periodo de retorno de 475 años correspondiente para un solo nivel de desempeño sísmico (Resguardo de vida).

Estas limitaciones generan incertidumbre en el comportamiento de la edificación después del sismo. La propuesta del Comité VISION 2000 (SEAOC, 1995) clasifica de manera más explícita los sismos es así que plantea cuatro niveles de amenaza sísmica en función de su probabilidad de ocurrencia en un período de 50 años de exposición, o en función del período medio de retorno, los cuales se muestran en la figura 2.56:

<i>Nivel del movimiento sísmico</i>	<i>Período medio de retorno T (años)</i>	<i>Probabilidad de excedencia (p,t)</i>
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

Figura 2.56: Niveles de Amenaza Sísmica

Fuente: Sociedad de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC-Comité Vision 2000, 1995).

2.2.3.2 Niveles de Desempeño Estructural

Nuestra norma E030 no establece distintos niveles de desempeño para cada tipo de estructura ya se según su importancia o esencialidad, estableciendo así sus criterios y parámetros de diseño de manera general a todas las edificaciones.

La propuesta del Comité VISION 2000 (SEAOC, 1995) establece cinco niveles de desempeño, relacionándolos con el grado de daño sufrido en la edificación tanto en sus elementos estructurales y no estructurales, así como las necesidades básicas del usuario, jerarquizándolos de manera gradual según la funcional o el estado operacional que deberían tener luego del evento sísmico.

La tabla 02 resume las principales características de los cinco niveles de desempeño propuestos y los relaciona con el daño general de la estructura.

Tabla 02. Niveles de Desempeño Propuesta por SEAOC.

Nivel de daño	Nivel de Desempeño	Características principales
No Daño	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 a la Vida	Daños moderados. La estructura sufre daños pero permanece estable. Seguridad de ocupantes. Algunos elementos no estructurales pueden dañarse.
Extenso	Pre-Colapso	Daño estructural severo, en la proximidad del colapso estructural. Falla de elementos no estructurales. Seguridad de ocupantes comprometida.
Colapso	Colapso	Colapso estructural

Fuente: Sociedad de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC-Comité Visión 2000, 1995).

2.2.3.3 Objetivos de Desempeño

La propuesta planteada por el Comité VISION 2000, (SEAOC, 1995) señala lo siguiente:

“Los objetivos del desempeño Sismorresistente se definen por la combinación entre los niveles de desempeño deseados y los niveles de amenaza sísmica esperada de acuerdo a la importancia de la edificación.”

Estos objetivos se relacionan entre sí mediante la denominada matriz de desempeño, la cual superpone los niveles de confiabilidad con el sismo esperado según la importancia a la cual está destinada la edificación. En particular para el diseño sísmico, los criterios de desempeño quedan expresados por los objetivos que desde hace muchos años se han establecido en los códigos y normas de ingeniería estructural. “En esencia las estructuras deben ser capaces de resistir sismos de intensidad moderada sin daño estructural y con pequeño o nulo daño no estructural; y lograr una seguridad adecuada contra la falla ante los sismos de mayor intensidad que puedan llegar a presentarse en el sitio.” Meli (2003)

		<i>Nivel de Desempeño Sísmico</i>			
		<i>Totalmente Operacional</i>	<i>Operacional</i>	<i>Seguridad</i>	<i>Colapso</i>
<i>Nivel del Movimiento Sísmico</i>	<i>Frecuente (T=43 años)</i>	1	0	0	0
	<i>Ocasional (T=72 años)</i>	2	1	0	0
	<i>Raro (T=475 años)</i>	3	2	1	0
	<i>Muy Raro (T=970 años)</i>	-	3	2	1

Figura 2.57: Objetivos de Desempeño propuestos por SEAOC.
Fuente: Sociedad de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC-Comité Vision 2000, 1995).

2.2.3.4 Deriva y Daño Estructural

La experiencia sismorresistente en los últimos años ha demostrado que mientras mayores son los desplazamientos en el rango inelásticos de una estructura, mayor es el daño provocado en sus elementos locales que la conforman.

En el año 1999 la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) estableció mediante el programa HAZUS una metodología práctica para evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones mediante curvas de fragilidad que relacionaban el estado de daño producido según los desplazamientos para un determinado sistema estructural. En resumen, se presentan estas curvas para cuatro niveles de daño: leve, moderado, extenso y completo.

Las obtenciones de estas curvas se desarrollaron partir de las curvas de capacidad de las cuales se utilizaron para saber de antemano el comportamiento de un sistema estructural en función de la aceleración máxima de terreno. A continuación, se muestra en la Figura 2.58 las curvas para cada nivel de daño.

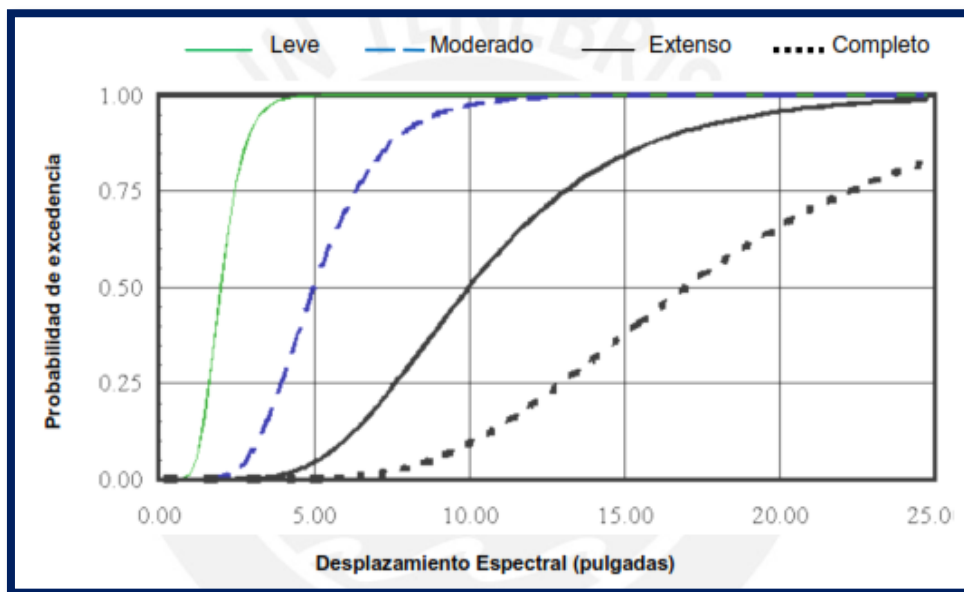


Figura 2.58: Curvas de Fragilidad para 4 Niveles de Daño.
Fuente: Multihazard Loss Estimation Methodology HAZUS, 1999

El manual HAZUS establece 4 niveles de diseño las cuales son: el pre-código, el código de nivel bajo, de nivel moderado y el de alto nivel. A la norma peruana le corresponde el nivel moderado ya que es la que presenta mayor similitud a sus exigencias.

En las siguientes Tablas mostramos los valores de las distorsiones de entrepiso máximas en el umbral del nivel de daño que corresponden a estructuras aperticadas de concreto armado de 1 a 3 pisos y de 4 a 7 pisos que según HAZUS las clasifica como C1L y C1M, respectivamente.

Tabla 03. Valores de γ en el umbral del nivel de daño para estructuras C1L

Niveles de daño	Niveles de diseño			
	Pre-norma	Bajo	Moderado	Alto
Leve	0.0040	0.0050	0.0050	0.0050
Moderado	0.0064	0.0080	0.0087	0.0100
Extensivo	0.0160	0.0020	0.0233	0.0300
Completo	0.0400	0.0500	0.0600	0.0800

Fuente: Multihazard Loss Estimation Methodology HAZUS,1999

Tabla 04. Valores de γ en el umbral del nivel de daño para estructuras C1M

Niveles de daño	Niveles de diseño			
	Pre-norma	Bajo	Moderado	Alto
Leve	0.0027	0.0033	0.0033	0.0033
Moderado	0.0043	0.0053	0.0058	0.0067
Extensivo	0.0107	0.0133	0.0156	0.0200
Completo	0.0267	0.0333	0.0400	0.0533

Fuente: Multihazard Loss Estimation Methodology HAZUS,1999

2.2.3.5 Relación Daño – Deriva propuesta por Hazus

El manual de Multihazard Loss Estimation Methodology HAZUS, lista 16 sistemas estructurales y los subdivide de acuerdo a la altura de la edificación. Para cada tipo de edificio establecido relaciona un nivel de daño estructural asociado: Leve, moderado, extenso, completo, similar a lo establecido por el SEAOC.

En la tabla 05, HAZUS clasifica a las edificaciones por nomenclaturas según el número de niveles, de los sistemas estructurales el cual están conformados.

Tabla 05. Clasificación según el número de pisos y el tipo de sistemas estructural

No.	Label	Description	Height			
			Range		Typical	
			Name	Stories	Stories	Feet
1	W1	Wood, Light Frame ($\leq 5,000$ sq. ft.)		1 - 2	1	14
2	W2			All	2	24
		Wood, Commercial and Industrial (> 5,000 sq. ft.)				
3	S1L	Steel Moment Frame	Low-Rise	1 - 3	2	24
4	S1M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
5	S1H		High-Rise	8+	13	156
6	S2L	Steel Braced Frame	Low-Rise	1 - 3	2	24
7	S2M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
8	S2H		High-Rise	8+	13	156
9	S3	Steel Light Frame		All	1	15
10	S4L	Steel Frame with Cast-in-Place Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 - 3	2	24
11	S4M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
12	S4H		High-Rise	8+	13	156
13	S5L	Steel Frame with Unreinforced Masonry Infill Walls	Low-Rise	1 - 3	2	24
14	S5M		Mid-Rise	4 - 7	5	60
15	S5H		High-Rise	8+	13	156
16	C1L	Concrete Moment Frame	Low-Rise	1 - 3	2	20
17	C1M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
18	C1H		High-Rise	8+	12	120
19	C2L	Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 - 3	2	20
20	C2M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
21	C2H		High-Rise	8+	12	120
22	C3L	Concrete Frame with Unreinforced Masonry Infill Walls	Low-Rise	1 - 3	2	20
23	C3M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
24	C3H		High-Rise	8+	12	120
25	PC1	Precast Concrete Tilt-Up Walls		All	1	15
26	PC2L	Precast Concrete Frames with Concrete Shear Walls	Low-Rise	1 - 3	2	20
27	PC2M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
28	PC2H		High-Rise	8+	12	120
29	RM1L	Reinforced Masonry Bearing Walls with Wood or Metal Deck Diaphragms	Low-Rise	1-3	2	20
30	RM1M		Mid-Rise	4+	5	50
31	RM2L	Reinforced Masonry Bearing Walls with Precast Concrete Diaphragms	Low-Rise	1 - 3	2	20
32	RM2M		Mid-Rise	4 - 7	5	50
33	RM2H		High-Rise	8+	12	120
34	URML	Unreinforced Masonry Bearing Walls	Low-Rise	1 - 2	1	15
35	URMM		Mid-Rise	3+	3	35
36	MH	Mobile Homes		All	1	10

Fuente: Multihazard Loss Estimation Methodology HAZUS,1999

En la tabla 06 mostramos las derivas objetivas y los estados de daño establecidas por HAZUS para un sistema de pórticos de concreto armado de baja altura.

Tabla 06. Relación Estado de Daño vs Deriva objetivo para una Estructura de Pórticos de Concreto Armado de baja altura C1L

Type	Building Properties		Interstory Drift at			
	Height (inches)		Threshold of Damage State			
	Roof	Modal	Slight	Moderate	Extensive	Complete
W1	168	126	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750
W2	288	216	0.0040	0.0099	0.0306	0.0750
S1L	288	216	0.0060	0.0104	0.0235	0.0600
S1M	720	540	0.0040	0.0069	0.0157	0.0400
S1H	1872	1123	0.0030	0.0052	0.0118	0.0300
S2L	288	216	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
S2M	720	540	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
S2H	1872	1123	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300
S3	180	135	0.0040	0.0070	0.0187	0.0525
S4L	288	216	0.0040	0.0069	0.0187	0.0525
S4M	720	540	0.0027	0.0046	0.0125	0.0350
S4H	1872	1123	0.0020	0.0035	0.0093	0.0262
S5L						
S5M						
S5H						
C1L	240	180	0.0050	0.0087	0.0233	0.0600
C1M	600	450	0.0033	0.0058	0.0156	0.0400
C1H	1440	864	0.0025	0.0043	0.0117	0.0300

Fuente: Multihazard Loss Estimation Methodology HAZUS,1999

2.3 Definición de Términos

- a) **Demanda (desplazamiento).** “Para una estructura dada y un movimiento del suelo la demanda del desplazamiento es un estimado de la máxima respuesta esperada del edificio durante el movimiento del terreno”. (Chávez, Meléndez, Sinchi y Hurtado,2013)

- b) **Análisis Lineal:** “Análisis donde las propiedades estructurales, tales como la rigidez y el amortiguamiento son constantes, no varían con el tiempo. Todos los desplazamientos, esfuerzos reacciones son directamente proporcionales a la magnitud de las fuerzas aplicadas”. (Chávez, Meléndez, Sinchi y Hurtado,2013)

- c) **Análisis no lineal:** “Es aquel análisis donde las propiedades estructurales pueden variar con el tiempo, la deformación y la carga. La respuesta suele ser no proporcional a las cargas, ya que las propiedades estructurales suelen variar”. (Chávez, Meléndez, Sinchi y Hurtado,2013)

- d) Máximo Stroke:** “Distorsión máxima en el disipador, dato esencial para que el proveedor pueda diseñar la cámara de acumulación del líquido silicónico”. (Chávez 2017)
- e) Desempeño Sísmico:** “El diseño basado en desempeño sísmico consiste en la selección apropiada de esquemas de evaluación que permitan el dimensionado detallado de las componentes estructurales, no estructurales y del contenido de Manera que para un nivel de movimiento específico y con diferentes niveles de confiabilidad la estructura no debería ser dañada más allá de ciertos límites elásticos” (Bertero - SEAOC,1995).
- f) Objetivos de Desempeño:** “Los objetivos del desempeño Sismo resistente se definen por la combinación entre los niveles de desempeño deseados y los niveles de amenaza sísmica esperada de acuerdo a la importancia de la edificación.” (SEAOC, 1995)
- g) Deriva objetivo:** “Deriva máxima que se desea llegar con el propósito de obtener el objetivo de desempeño óptimo de la edificación”. (Chávez 2017)
- h) Espectro de Respuesta:** “Es la representación gráfica de la respuesta (aceleración, velocidad o desplazamiento) en función del periodo natural de vibración del sistema. El espectro de respuesta nos da información de las respuestas máximas de un conjunto de osciladores de sistemas de un grado de libertad”. (Santana, 2012)
- i) Ductilidad Estructural:** Capacidad de una estructura para soportar grandes deformaciones inelásticas sin degradación significativa en su resistencia, rigidez y sin desarrollar la inestabilidad que le ocasione el colapso ante la acción de una carga cíclica.

- j) **Grado de Libertad:** Vector desplazamiento independiente requerido para definir la posición de una masa en relación con su posición de equilibrio original. (Anil K. Chopra,2014)

2.4 Hipótesis

2.4.1 Hipótesis general

La incorporación de los disipadores fluido viscosos influyen favorablemente en el desempeño sísmico de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro.

2.4.2 Hipótesis específica

- a) La incorporación de los disipadores fluido viscosos influyen positivamente en la demanda sísmica de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro.
- b) La incorporación de los disipadores fluido viscosos influyen de manera favorable en el objetivo de desempeño de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro.
- c) La incorporación de los disipadores fluido viscosos influyen con el mejoramiento de la deriva objetivo de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro.

2.5 Variables

2.5.1 Definición Conceptual de la Variable

VARIABLE INDEPENDIENTE (X)

Disipadores Fluido Viscosos

Villarreal (2008, pag23) menciona. “ Son sistemas de control pasivo se basan en elementos que responden de forma inercial a la acción sísmica y a diferencia del resto de sistemas no precisan del aporte energético para funcionar”.

VARIABLE DEPENDIENTE (Y)

Desempeño Sísmico

Bertero (SEAOC,1995) afirma. “De manera general el diseño basado en desempeño sísmico consiste en la selección apropiada de esquemas de evaluación que permitan el dimensionado detallado de las componentes estructurales, no estructurales y del contenido de Manera que para un nivel de movimiento específico y con diferentes niveles de confiabilidad la estructura no debería ser dañada más allá de ciertos límites elásticos”.

1.8.2 Definición Operacional de la Variable

VARIABLE INDEPENDIENTE (X)

Disipadores Fluido Viscosos

Villarreal (2008, pag43) menciona. “Un disipador de fluido viscoso es un dispositivo que disipa energía aplicando una fuerza resistiva a un desplazamiento finito. La fuerza de salida del disipador es resistiva y actúa en la dirección opuesta al movimiento de entrada. Debido a que el disipador se comporta de acuerdo a las leyes de la mecánica de fluidos, el valor de la

fuerza resistiva varía con respecto a la velocidad traslacional del disipador en cualquier punto en el tiempo”.

VARIABLE DEPENDIENTE (Y)

Desempeño Sísmico

Sociedad de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC-Comité Visión 2000, 1995) nos dice. “El desempeño sísmico de las edificaciones se establece considerando la severidad del sismo, el nivel de desempeño esperado, la importancia que tenga la edificación todos estos relacionándolos con la matriz de desempeño”.

1.8.3 Operacionalización de Variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE Disipadores fluido viscosos	Villarreal(2008,pag23). Mencionasen sistemas de control pasivo se basan en elementos que responden de forma inercial a la acción sísmica y a diferencia del resto de sistemas no precisan del aporte energético para funcionar.	Villarreal(2008,pag43). Menciona. Un disipador de fluido viscoso es un dispositivo que disipa energía aplicando una fuerza resistiva a un desplazamiento finito. La fuerza de salida del disipador es resistiva y actúa en la dirección opuesta al movimiento de entrada. Debido a que el disipador se comporta de acuerdo a las leyes de la mecánica de fluidos, el valor de la fuerza resistiva varía con respecto a la velocidad traslacional del disipador en cualquier punto en el tiempo.	DISPOSICIÓN CHEVRON BRACE	ACOPLAMIENTO EN DIRECCION HORIZONTAL
				ELEVADA EFICIENCIA
				SOBRE ESFUERZA A LA ESTRUCTURA
			DISPOSICIÓN DIAGONAL SIMPLE	MENOS EFECTIVA
				DISPOSICION MAS ECONOMICA
				NO ADICIONA SOBRESFUERZOS A LA ESTRUCTURA
VARIABLE DEPENDIENTE Desempeño Sísmico	Bertero (SEAOC,1995). Menciona de manera general el diseño basado en desempeño sísmico consiste en la selección apropiada de esquemas de evaluación que permitan el dimensionado detallado de las componentes estructurales, no estructurales y del contenido de Manera que para un nivel de movimiento específico y con diferentes niveles de confiabilidad la estructura no debería ser dañada más allá de ciertos límites elásticos	Sociedad de Ingenieros Estructurales de California (SEAOC-Comité Vision 2000, 1995). Menciona el desempeño sísmico de las edificaciones se establece considerando la severidad del sismo, el nivel de desempeño esperado,la importancia que tenga la edificación todos estos relacionándolos con la matriz de desempeño	DEMANDA SISMICA	SISMO FRECUENTE
				SISMO OCACIONAL
				SISMO RARO
				SISMO MUY RARO
			OBJETIVO DE DESEMPEÑO	OBJETIVO BÁSICO
				OBJETIVO ESENCIAL
				OBJETIVO CRITICO
			DERIVA OBJETIVO	PARA UN ESTADO DE DAÑO LEVE
				PARA UN ESTADO DE DAÑO MODERADO
				PARA UN ESTADO DE DAÑO EXTENSO
				PARA UN ESTADO DE DAÑO COMPLETO

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de Investigación

La presente investigación utilizó un enfoque cuantitativo ya que se recopiló información con el fin de comprobar las hipótesis planteadas mediante estrategias de medición numérica para cuantificar y medir como una variable influye sobre la otra, para este caso se determinó como la incorporación de disipadores fluido viscosos influyen en el desempeño sísmico de la edificación esto se expresó en cuadros, tablas y resultados numéricos que nos permitieron determinar y evaluar la influencia intrínseca de dichas variables en la estructura de concreto armado con y sin dispositivos de disipación de energía.

3.2 Método de Investigación

El método principal que se utilizó durante el proceso de investigación fue el explicativo ya que su interés se centra en argumentar el por qué ocurre un fenómeno, en qué condiciones se manifiesta las variables y como la medida de variación de una de ellas afecta a la otra, el propósito es conocer como el sistema de disipadores viscosos mejoran o no sustancialmente el desempeño de la estructura. Así como no se descarta el método correlacional, a través de este método se buscó la relación que puedan existir entre estas dos variables.

3.3 Tipo de Investigación

El presente estudio fue del tipo de investigación **aplicada** debido a que ya existió enfoques teóricos acerca de las variables además se realizó la aplicación inmediata sobre una realidad concreta, ya que el propósito fue mejorar el desempeño sísmico de la estructura con el sistema de los disipadores fluido viscosos y así reducir considerablemente los

desplazamientos excesivos que experimenta la estructura actualmente, con ello se mejoró el comportamiento sismo resistente para mantenerla en un estado operacional en beneficio de sus ocupantes antes, durante y después de ocurrido el terremoto.

3.4 Nivel de Investigación

La presente tesis se ubicó en el nivel de investigación explicativo ya que responde a las siguientes preguntas: **De qué manera influye** los disipadores fluido viscosos en la demanda sísmica, **Cómo influyen** los disipadores fluido viscosos en los objetivos de desempeño y **Cuál es la influencia** de los disipadores fluido viscosos en la deriva objetivo de la I.E Politécnico Regional del Centro.

El nivel explicativo va más allá de la descripción de los conceptos o fenómenos de los disipadores sísmicos de tipo fluido viscoso y el desempeño sísmico de estructuras, como su nombre lo indica su interés se centró en explicar por qué ocurre un fenómeno. En este sentido el propósito fue explicar la influencia de los disipadores en el desempeño de la edificación y como estas dos variables se relacionan.

3.5 Diseño de la Investigación

La presente investigación se ubicó en el diseño NO EXPERIMENTAL: Transversal correlacional – causal. Es no experimental porque no manipularemos las variables, transversal por que la medición y recolección de datos de la población en estudio se da un solo momento y tiempo determinado; correlacional-causal porque se trata de describir las relaciones causales de estas dos variables las cuales son: Disipadores fluido viscosos y Desempeño Sísmico.

3.6 Población y Muestra

3.6.1 Población

Para la presente investigación, la población estuvo compuesta por la infraestructura de los pabellones de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro del distrito de Tambo, provincia de Huancayo, Departamento de Junín. Estas edificaciones esenciales Tipo A2 (centros educativos) de 1 a 3 niveles a la presente fecha existen 12 pabellones mencionadas a continuación:

1. PABELLON A	(3 niveles)
2. PABELLON B	(3 niveles)
3. PABELLON C	(3 niveles)
4. PABELLON D	(2 niveles)
5. PABELLON E	(2 niveles)
6. PABELLON F	(1 nivel)
7. PABELLON G	(3 niveles)
8. PABELLON H	(3 niveles)
9. PABELLON I	(1 nivel)
10. PABELLON J	(1 nivel)
11. PABELLON K	(1 nivel)
12. PABELLON L	(1 nivel)

3.6.2 Muestra

El tipo de muestreo fue no probabilístico intencional o de conveniencia, ya que no serán obtenidas de un proceso aleatoria sino será seleccionada a criterio del investigador y por su fácil accesibilidad para obtener muestras “representativas”.

La muestra para la presente investigación fue el pabellón “A” - Administrativo de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro debido a que tuvimos mejor accesibilidad y fue el primer pabellón construido hace aproximadamente 25 años (tiempo donde no se contemplaban códigos estrictos de diseño como el actual), el número de pisos (3 niveles), su sistema

estructural (aporticado), el aforo de la edificación y también se contempló que pabellón nunca fue sometida en una etapa de evaluación y reforzamiento estructural.

3.7 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.7.1 Técnicas de Recolección de Datos

En la presente investigación las técnicas seleccionadas para la recolección de datos se usó encuestas, entrevistas y un análisis documental mediante un registro sistemático de fuentes bibliográficas confiables sobre el análisis y diseño de sistemas de disipación de energía para edificaciones nuevas y existentes.

La recopilación de toda la información fue obtenida de publicaciones de empresas privadas, códigos nacionales e internacionales, catálogos, revistas, libros, internet y entrevistas a especialistas sobre el tema de interés.

3.7.2 Instrumentos de Recolección de Datos

Los instrumentos de medición para la variable dependiente e independiente en la presente investigación empleamos un cuestionario de respuestas cerradas elaborado por el investigador con la finalidad de obtener datos acerca de la influencia de los disipadores sísmicos de tipo fluido viscoso en el del desempeño sísmico de los pabellones.

3.8 Procedimiento de la Información

Luego de haber recopilado la información bibliográfica, obtenido los planos de replanteo y el estudio de mecánica de suelos que se solicitó a la institución a esto sumado los cursos de especialización, entrevistas a especialistas en el tema y experiencia en obra por parte del investigador se procedió a elaborar la investigación plasmando todas las ideas y conceptos en el marco teórico, metodología de investigación y la aplicación del caso a

una edificación existente. El proyecto desarrollado se resume en las siguientes fases:

- Análisis Sísmico Lineal Dinámico de la edificación
- Análisis Sísmico No lineal con Disipadores de Fluido Viscosos
- Definición de los Objetivos de Desempeño Estructural
- Deriva Objetivo
- Factor de Reducción de la Respuesta
- Ubicación de los Dispositivos en los pórticos.
- Propiedades de los Dispositivos.

Exponente de velocidad y parámetro lambda

Rigidez del brazo metálico

Coeficiente de amortiguamiento no lineal

- Definición de la Disposición como Mejor Alternativa
- Análisis de la Respuesta con el Software.

Verificación de la deriva objetivo

Verificación del comportamiento Histerético

Balance energético

Fuerza en los disipadores

Verificación del máximo Stroke

- Diseño de los Elementos de Acero

Elección del Dispositivo

Diseño de Brazos metálico

- Contrastación de la Hipótesis
- Discusión de resultados
- Conclusiones y Recomendaciones.

3.9 Técnicas y Análisis de Datos

Para la obtención de los objetivos planteados nos abocamos a técnicas de análisis, diseño de sistemas de disipación y desempeño sísmico establecidas en códigos nacionales y extranjeras que contemplan para el análisis sísmico un comportamiento de linealidad y no linealidad de la edificación.

Para el cálculo y desarrollo del análisis estructural de la edificación se usó el software ETABS 2016.V2 para generar un modelo tridimensional de la edificación, así mismo para la corrección y escalamiento de registros sísmicos se usó el SEISMOSIGNAL y SEISMOMATCH respectivamente. Los resultados obtenidos fueron expresados en el programa EXCEL que también nos proporcionan gráficos y hojas de cálculo para la presente investigación

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Procedimiento para el Análisis y Diseño

4.1.1 Evaluación en Campo de la Estructura Existente

En primer lugar, se evalúa la estructura existente en la zona de estudio, si la edificación no contempla con planos estructurales es necesario hacer un replanteo general y la medición en campo de todas las dimensiones de los elementos estructurales, tipo concreto, acero de refuerzo, antigüedad, número de pisos, alturas de entrepiso, uso de la edificación, sistema estructural, características de la tabiquería, tipo de suelo de la cimentación y parámetros complementarios que ayuden a un buen replanteo para el posterior análisis en gabinete.

4.1.2 Análisis Sísmico Lineal Dinámico

Se desarrolla el análisis sísmico espectral de superposición modal a la edificación considerando un comportamiento lineal, verificando las irregularidades tanto en planta y elevación contemplada en la norma E-030 Diseño sísmo resistente, con el fin de obtener de las derivas inelásticas y su comparación con los desplazamientos máximos de nuestra norma que es 0.007 para estructuras de concreto armado.

Si las derivas son excesivas indica que la estructura es flexible y no asumirá un buen comportamiento sísmico por lo que necesitará la mejora de su desempeño estructural mediante un sistema de reforzamiento.

4.1.3 Análisis Sísmico con Disipadores de Fluido Viscosos

Se realiza el análisis sísmico dinámico lineal con un factor de reducción ($R=1$), las derivadas obtenidas de este análisis son contrastadas con el análisis Tiempo-Historia lineal con registros sísmicos escalados para la zona contemplada, las que presentan una mayor similitud será elegido como el sismo de diseño.

para estructuras existentes se debe considerar para el análisis el efecto del agrietamiento del concreto tanto para las vigas y columnas por el tiempo al que han estado expuestas, la norma ACI318 M-05 artículo 10.11.1 hace referencia que se debe realizar el modelamiento con las secciones agrietadas en todo el elemento, con ello considera que estos ya no trabajan con el 100% de la sección bruta y considera lo siguiente:

Columnas: $0.7 \times I_g$

Vigas : $0.35 \times I_g$

Dónde: I_g = Sección Bruta del elemento

En la presente investigación seguiremos la metodología de diseño según la Norma ASCE 7-10 Capítulo 18 "Requisitos de Diseño sísmico de estructuras con Sistemas Amortiguamiento", también mencionada y recomendada por nuestra norma E-030, dentro de los lineamientos más esenciales de este código hace mención lo siguiente:

- El amortiguamiento efectivo de la estructura no deberá superar el 35% del amortiguamiento crítico.
- Se dispondrán como mínimos de dos dispositivos de disipación por cada dirección de análisis y en cada nivel, estos deberán ser ubicados de manera estratégica manteniendo la simetría para evitar efectos de torsión en la estructura.

4.1.4 Objetivos de Desempeño Estructural

El comité Visión 2000 del SEAOC, 1995 definen los objetivos de desempeño mediante la relación que existe entre los niveles de desempeño estructural para distintos niveles de amenaza sísmica, con el propósito de que la edificación ya sea común, importante o esencial mantenga un respectivo estado de daño para estos distintos niveles teniendo la consideración de no generar colapso a estas.

4.1.5 Deriva Objetivo

Para obtener la Deriva objetivo la relación que existe entre Daño y Deriva en edificios ha sido investigada y cuantificada por el FEMA (Agencia Federal de Emergencias) del gobierno estadounidense en su documento Multihazard Loss Estimation Methodology HAZUS-2010. Este documento presenta derivas a alcanzar para distintos estados de daño, sistemas estructurales y sus respectivas alturas.

Este documento resume todos estos alcances mediante una tabla que facilita en clasificar al tipo de estructura analizada. Como ejemplo mostraremos los códigos (C2L, C2M, C2H) definidas como sistemas en concreto de Muros de corte.

4.1.6 Factor de Reducción de la Respuesta

Una vez seleccionada los niveles de desempeño y amenaza sísmica estos se relacionan con el estado de daño definido para la estructura, que se traducirá en una deriva objetiva límite.

El factor de reducción (B) de la respuesta se obtendrá mediante la relación de la máxima deriva obtenida por el sismo y la deriva objetivo.

$$B = \frac{D_{max}}{D_{objetivo}} \quad \text{Ecuación (2.9)}$$

Hallado este cociente de reducción sísmica (B) se obtendrá el amortiguamiento efectivo de la estructura con la ecuación (2.6)

4.1.7 Ubicación de los Dispositivos

Los dispositivos de disipación de energía se situarán en la estructura de manera simétrica y con mucho criterio para obtener resultados efectivos, ya que sería ineficiente la colocación de gran cantidad de dispositivos sin criterio, es preferible ubicarlos en los pórticos que experimentan mayor desplazamiento

Esta ubicación debe realizarse sin provocar cambios drásticos en la arquitectura además de mantener la funcionalidad, seguridad y economía de este sistema a la edificación.

4.1.8 Propiedades de los Dispositivos.

a) Exponente de velocidad y parámetro lambda

Para amortiguadores con comportamiento lineal el valor de $\alpha=1$ y para no lineal $\alpha<1$

Se obtendrá los parámetros de velocidad y el factor lambda rigiéndonos con la tabla del FEMA 274 empleado para para la mejora del desempeño sísmico mediante amortiguadores de fluido viscoso.

b) Rigidez del brazo metálico

Es importante considerar los parámetros de los brazos metálicos que son esenciales para el montaje de los dispositivos en los pórticos. Se considerará la rigidez del brazo metálico y no la del disipador por ser mucho menor, la rigidez del perfil se calculará mediante la ecuación (2.3)

c) Coeficiente de amortiguamiento lineal y no lineal

El coeficiente de amortiguamiento no lineal y lineal se hallará con la ecuación (2.7) y (2.8) respectivamente para cada dirección de análisis XX y YY contemplando los distintos parámetros ya conocidos como el ángulo de inclinación del disipador, los modos de vibración en los periodos fundamentales, la amplitud, el amortiguamiento efectivo y demás valores contemplados en dicha ecuación para ambas disposiciones.

4.1.9 Definición de la Mejor Alternativa

La elección de la mejor alternativa dependerá de los resultados más confiables a nivel de reducción de desplazamientos relativos, derivas, fuerzas, orantes en la base y aceleraciones de entre piso, además de mostrar un adecuado comportamiento Histerético.

Además, también se debe considerar si los dispositivos se encuentran disponibles en el mercado nacional, porque no siempre la mejor alternativa es la más económica y la más comercial.

También debe evaluarse la facilidad, tiempo de instalación, costos de los dispositivos, mano de obra calificada y supervisión especializada que aseguren la correcta implementación de estos dispositivos.

4.1.10 Análisis de la Respuesta con el Software.

Una vez obtenida las propiedades del dispositivo como el Coeficiente de Amortiguamiento, Rigidez del brazo metálico el exponente de velocidad, estos se ingresan en el programa asignando estas propiedades a los Link (Elementos de enlace) que asumen el modelamiento para los disipadores. Se analiza el programa.

a) Verificación de la deriva objetivo

Culminado el análisis del software se verifica las derivas de entrepiso para cada dirección con el sismo de diseño y se contrasta con la deriva objetivo. Si los resultados no son óptimos se modifica la disposición.

b) Verificación del comportamiento Histerético

Se evalúa el correcto comportamiento y la curva histerética que arroja los dispositivos el cual tiene que ser semejante a una curva elíptica en posición horizontal paralela al eje de las abscisas.

De no cumplirse con esta condición se deberá modificar la disposición de los disipadores.

c) Balance energético

Mediante un gráfico de Energías vs Tiempo se determina el porcentaje de absorción con respecto a la energía de entrada que disipan los amortiguadores, el sistema convencional, así como la energía cinética y potencial del sistema para cada dirección XX y YY respecto al sismo de diseño.

d) Fuerza en los disipadores

Culminado la estructura optimizada con los disipadores, para un objetivo de desempeño y una relación daño – deriva definido según la tabla de HAZUS se procede a extraer las fuerzas tanto de tracción y compresión que actúan en los dispositivos.

Los valores de estas fuerzas se redondean a los valores próximos obtenidos para cada disipador según el catálogo de la empresa fabricante en este caso TAYLOR DEVICES.

e) Verificación del máximo Stroke

Es importante verificar el desplazamiento máximo que asumirá el dispositivo incorporado a los pórticos para cada dirección de análisis XX

y YY, considerando que el desplazamiento máximo de estos es 5cm y está establecido por la empresa fabricante para el diseño de la cámara de acumulación del fluido silicónico.

4.1.11 Diseño de los Elementos de Acero

a) Elección del Dispositivo

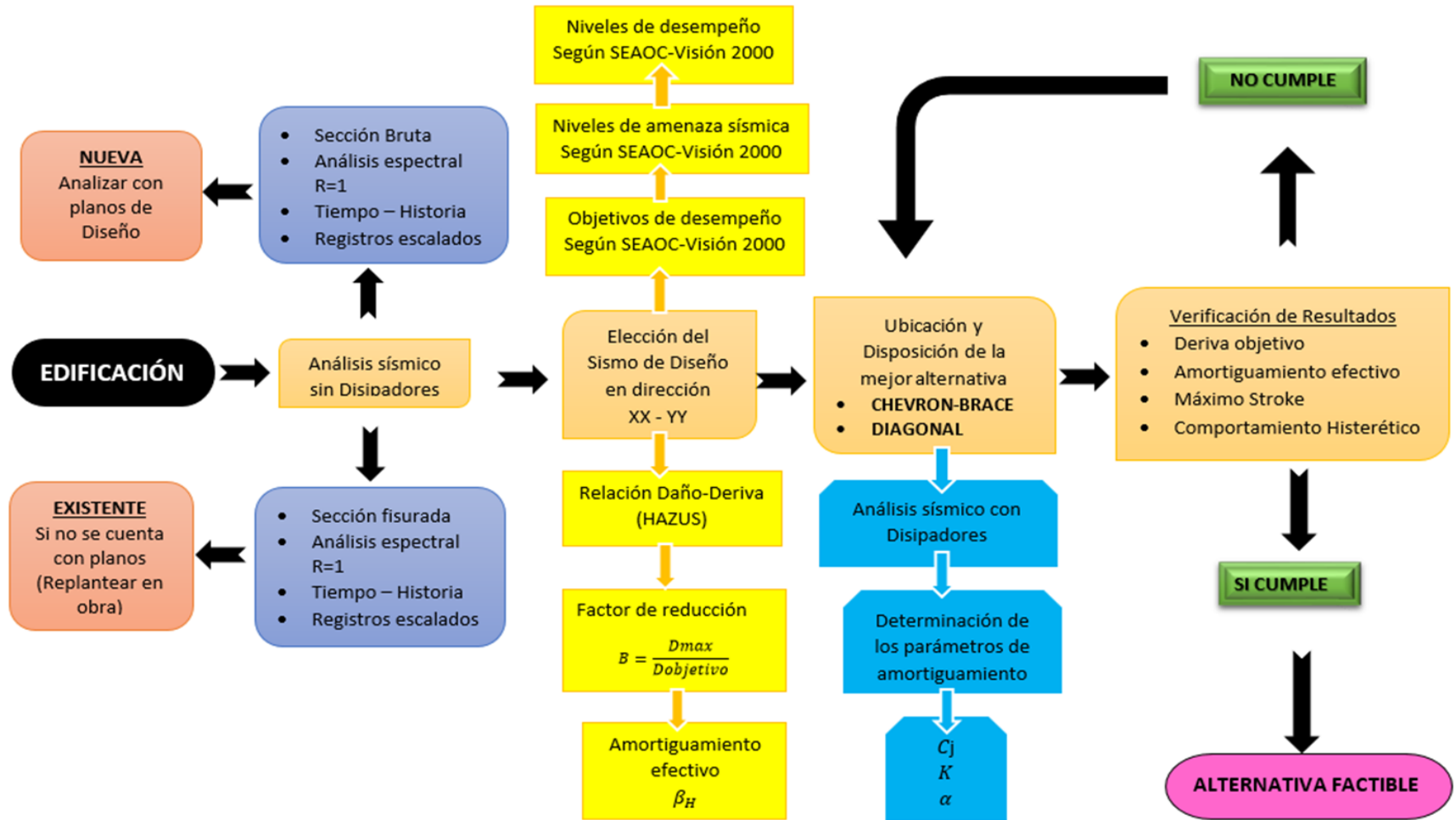
Se agrupan los dispositivos según las fuerzas obtenidas por cada dirección y nivel, además estableciendo la cantidad de disipadores que actuaran en el sistema, las características de las dimensiones de las secciones, la placa base ya están establecidos en la empresa fabricante, así como el factor de seguridad que deben considerar estas, por lo que no es necesario amplificar la fuerza de diseño del disipador del análisis Tiempo-Historia ni lineal.

b) Diseño de Brazos metálico

Según el tipo de disposición de los disipadores ya sea Diagonal o Chevron Brace se diseñarán tanto las vigas, los brazos y conexiones metálicos.

Se procede a diseñar los brazos metálicos que están expuestas a esfuerzos de tracción y compresión generada en el disipador para un sismo máximo esperado (1.5 sismo de diseño), estipulada así por el ASCE 7-10

4.1.12 Esquema de la Metodología



4.2 Detalles del Proyecto

4.2.1 Antecedentes

La Institución Educativa Politécnico Regional Del Distrito de El Tambo, fue construida en diferentes épocas, se inicia con la construcción del Pabellón “D” de 2 niveles el cual fue construido entre los años 1940-1942 es el más antiguo, las etapas de construcción culminan con la edificación del Pabellón “**ADMINISTRATIVO**” el cual fue construido aproximadamente en el año **1995** donde se contemplaba la norma RNC Diseño sismorresistente 1977 y que era un reglamento en pleno desarrollo a comparación con los códigos actuales.

En el año 2010 mediante el Proyecto: “MEJORAMIENTO INTEGRAL DEL SERVICIO EDUCATIVO DE LA I.E.P. POLITECNICO REGIONAL DEL CENTRO EL TAMBO-HUANCAYO” los pabellones pasaron por un proceso de mantenimiento y rehabilitación arquitectónica como acabados, pintura, Instalaciones Eléctricas, Sanitarias etc. Pero nunca fue intervenida mediante una evaluación estructural a nivel de reforzamiento.

4.2.2 Ubicación del Proyecto

DISTRITO	: EL TAMBO.
PROVINCIA	: HUANCAYO.
DEPARTAMENTO	: JUNIN.
COORDENADAS UTM	: E 476700.00 N 8 666 900.00 COTA 3 260.00 M.S.N.M.

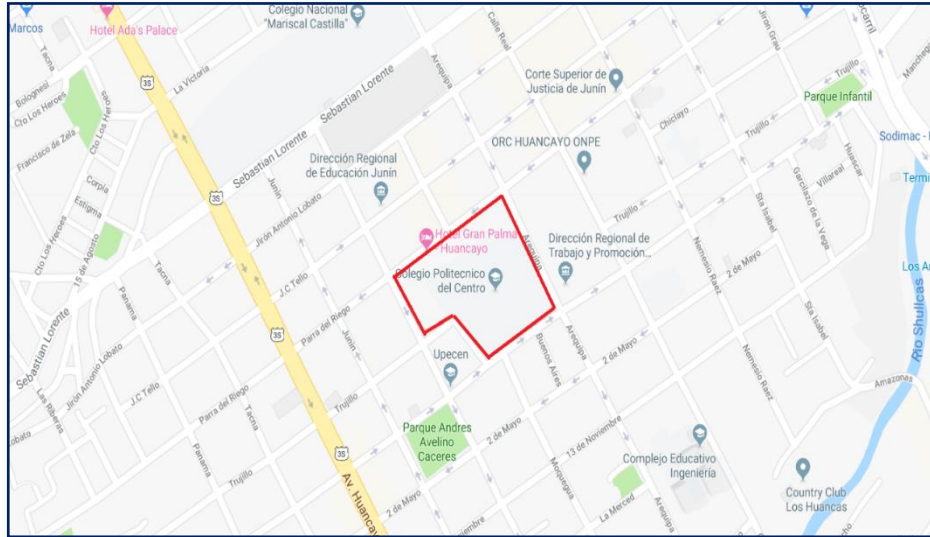


Figura 4.1: Ubicación de I.E. POLITÉCNICO REGIONAL DEL CENTRO
 Fuente: <https://www.google.ru/maps/@hl=es>

4.2.3 Área Construida

El pabellón administrativo cuenta con una sección cuadrada de dimensiones 22.80 m X 22.80 m de lado con área de terreno igual 519.84 m², las plantas típicas construidas tienen las mismas área en todos los niveles. La figura 4.2 muestra la fachada principal.



Figura 4.2: Fachada principal ubicada en la Av. Alejandro Deustua (ELTAMBO)
 Fuente: Expediente Técnico del Proyecto “MEJORAMIENTO INTEGRAL DEL SERVICIO EDUCATIVO DE LA I.E.P. POLITECNICO REGIONAL DEL CENTRO EL TAMBO-HUANCAYO”

4.2.4 Distribución Arquitectónica

Este pabellón cuenta con 3 niveles, con una altura de entrepiso en el primer nivel de 4m, el segundo y tercer nivel con 3.6m de altura. La Figura 4.3 muestra la elevación en corte de la edificación, además estas áreas están destinadas para el uso de la parte administrativa las cuales su distribución por planta las mencionamos a continuación:

PRIMER NIVEL: 519.84 m²

Área Técnicas

Departamento de ciencias sociales

Oficinas de Contabilidad, Apafa, Secretaria general, tesorería.

Sub dirección administrativas

Oficina de matriculas

SEGUNDO NIVEL: 519.84 m²

Auditorio

Sala de profesores

Departamento de ingles

Sub Dirección de turno

Vestuarios y Depósitos

TERCER NIVEL: 519.84 m²

Bibliotecas

Departamento de matemáticas

Departamento de comunicación

Servicio social

Psicología

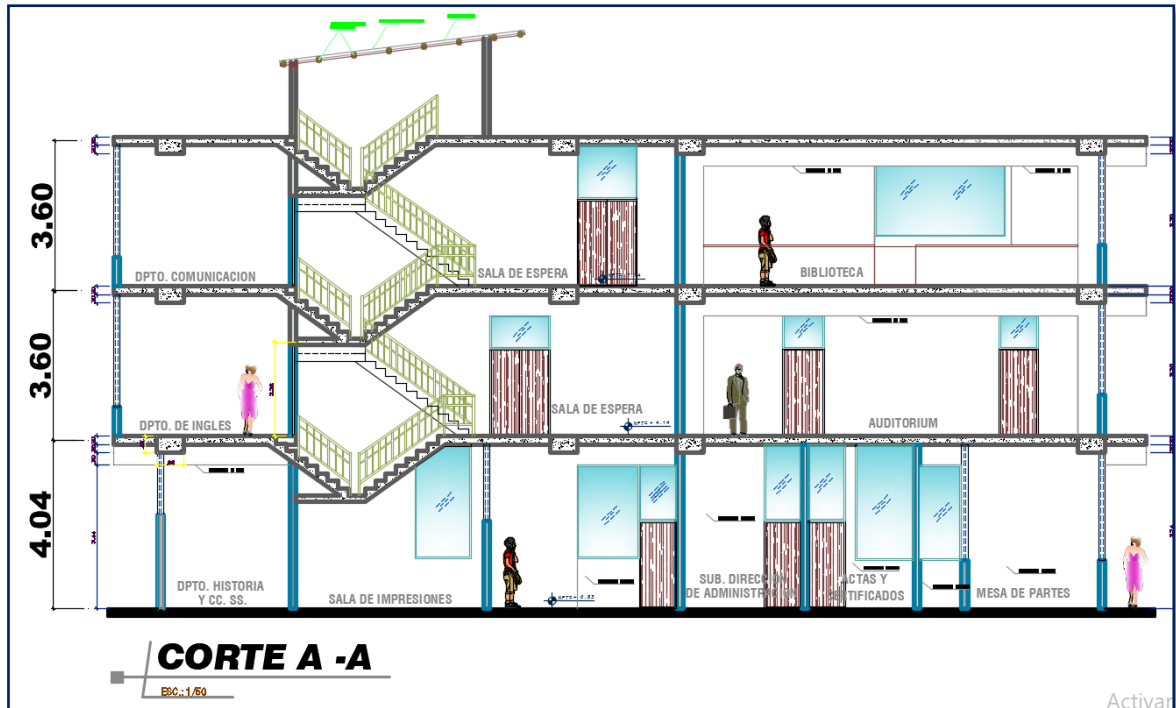


Figura 4.3: Elevación Interior con sus Respectivas Alturas de Entrepiso
 Fuente: Planos del Expediente Técnico del Proyecto “MEJORAMIENTO INTEGRAL DEL SERVICIO EDUCATIVO DE LA I.E.P. POLITECNICO REGIONAL DEL CENTRO EL TAMBO-HUANCAYO”

4.3 Desarrollo del Proyecto

4.3.1 Recolección de Datos en Campo

Se visitó la zona del proyecto ejecutado en el año 1995, la edificación no tenía planos estructurales por ende tuvo que replantearse las dimensiones, sobrecargas y todos los parámetros mencionados en el acápite 4.1.1, fue de gran ayuda el plano arquitectónico a nivel de volumetría elaborado en el año 2010 mediante el Proyecto: “MEJORAMIENTO INTEGRAL DEL SERVICIO EDUCATIVO DE LA I.E.P. POLITECNICO REGIONAL DEL CENTRO EL TAMBO-HUANCAYO”.

4.3.2 Sistema Estructural

La edificación cuenta con un sistema estructural de pórticos de concreto armado ya que la configuración está gobernada completamente de vigas y columnas en las dos direcciones (figura 4.4), además cuenta con una losa aligerada convencional. Las dimensiones y propiedades de los materiales que se describen en el acápite 4.1.1 se detalla en las siguientes tablas:

Tabla 07. Datos Generales del Pabellón Administrativo

INFORMACIÓN GENERAL	
<i>Uso</i>	<i>Oficinas</i>
<i>Area Techada</i>	<i>519.84 m²/Piso</i>
<i>Ubicación</i>	<i>Distrito El Tambo, Huancayo</i>
<i>Niveles</i>	<i>3</i>
<i>Altura de 1° Nivel</i>	<i>4.04m</i>
<i>Altura de piso tipico</i>	<i>3.60m</i>

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 08. Resumen de las dimensiones de los elementos estructurales y no estructurales de la edificación

SISTEMA ESTRUCTURAL	
SISTEMA : Porticos de Concreto Armado	
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	
<i>VIGAS XX</i>	<i>0.45m X 0.90m</i>
<i>VIGAS YY</i>	<i>0.45m X 0.55m</i>
<i>COLUMNAS XX</i>	<i>0.45m X 0.80m</i>
<i>COLUMNAS YY</i>	<i>0.45m X 0.80m</i>
<i>ALIGERADO (1D)</i>	<i>e=0.20m</i>
ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	
<i>TABIQUERIA (Soga)</i>	<i>e=0.15m</i>
<i>TABIQUERIA (Cabeza)</i>	<i>e=0.25m</i>

Fuente: Elaborado por el autor

4.3.3 Análisis Lineal Dinámico Sin Disipadores

Para el análisis lineal a continuación se muestra las propiedades de los materiales, las cargas permanentes y las sobrecargas que actúan en la edificación todas estas contempladas en la norma de cargas E020 del R.N.E:

Características de los materiales

- Concreto Armado de $f'c=210$ kg/cm²,
- módulo de elasticidad $E_c=217370.65$ kg/cm².
- Acero de Refuerzo corrugado grado 60, esfuerzo de fluencia $FY=4200$ kg/cm².

Cargas Unitarias (CM)

- Peso Volumétrico del Concreto: 2.4 Ton/m³
- Peso Volumétrico de la Albañilería: 1.8 Ton/m³
- Peso de Losa (e=20cm) :300.0 kg/m²
- Peso de Acabados: 0.1 Ton/m²
- Muros de Cabeza: $1.8 \times 0.25 \times 2 = 0.9$ Ton/ml
- Muros de Soga: $1.8 \times 0.15 \times 2 = 0.54$ Ton/ml
- Alfeizar: $1.8 \times 0.15 \times 1.20 = 0.324$ Ton/ml

Sobrecarga Piso típico (CV)

- Oficinas: 300 kg/m²
- Biblioteca: 400 kg/m²
- Corredores y Escaleras: 400 kg/m²

Sobrecarga Azotea (CV)

- Azotea: 100 kg/m²

4.3.3.1 Metrado de Cargas

Se incluyó los pesos por carga viva de manera manual a la edificación (sobrecargas, acabados, losas aligerada y tabiquería) ya que el peso por carga muerta el software lo computa de manera muy eficaz, se considera la tabiquería como carga muerta distribuida , así mismo se ingresó las cargas

muertas y vivas a las losas tanto macizas y aligeradas, se modelo como elemento membrana con un espesor insignificante, solo se adiciono la carga muerta de acabados en la escalera ya que debido a su inclinación se modelo como elemento Shell. A continuación, en la tabla 09 mostramos los pesos considerados por unidad de área:

Tabla 09. Cargas consideradas por unidad de área y metro lineal

CARGAS A CONSIDERAR	
LOZA ALIGERADA $e=20cm$	0.3 Ton/m ²
ACABADOS	0.1 Ton/m ²
SOBRECARGA OFICINAS	0.3 Ton/m ²
SOBRECARGA CORREDORES	0.4 Ton/m ²
SOBRECARGA BIBLIOTECA	0.4 Ton/m ²
SOBRECARGA AZOTEA	0.1 Ton/m ²
TABIQUERIA SOGA H=2m	0.54 Ton/ml
TABIQUERIA CABEZA H=2m	0.9 Ton/ml
ALFEIZAR H=1.20m	0.324Ton/ml

Fuente: Elaborado por el autor

La estructura pertenece a la categoría de estructuras esenciales por lo que para el análisis sísmico se contemplara el 100%CM+50%CV. En la tabla 10 mostramos el peso total de la edificación, así como los pesos por cada entrepiso:

Tabla 10. Peso por niveles y Peso total de la edificación

NIVEL	AREA (m²)	CARGA MUERTA (Ton/m²)	CARGA VIVA (Ton/m²)	CARGA TOTAL 100%CM+50%CV
TECHO 1	520	1.11	0.17	664.83
TECHO 2	520	1.13	0.17	673.92
TECHO 3	520	0.82	0.06	459.12
PESO SISMICO DE LA EDIFICACION (Ton)				1797.87

Fuente: Elaborado por el autor

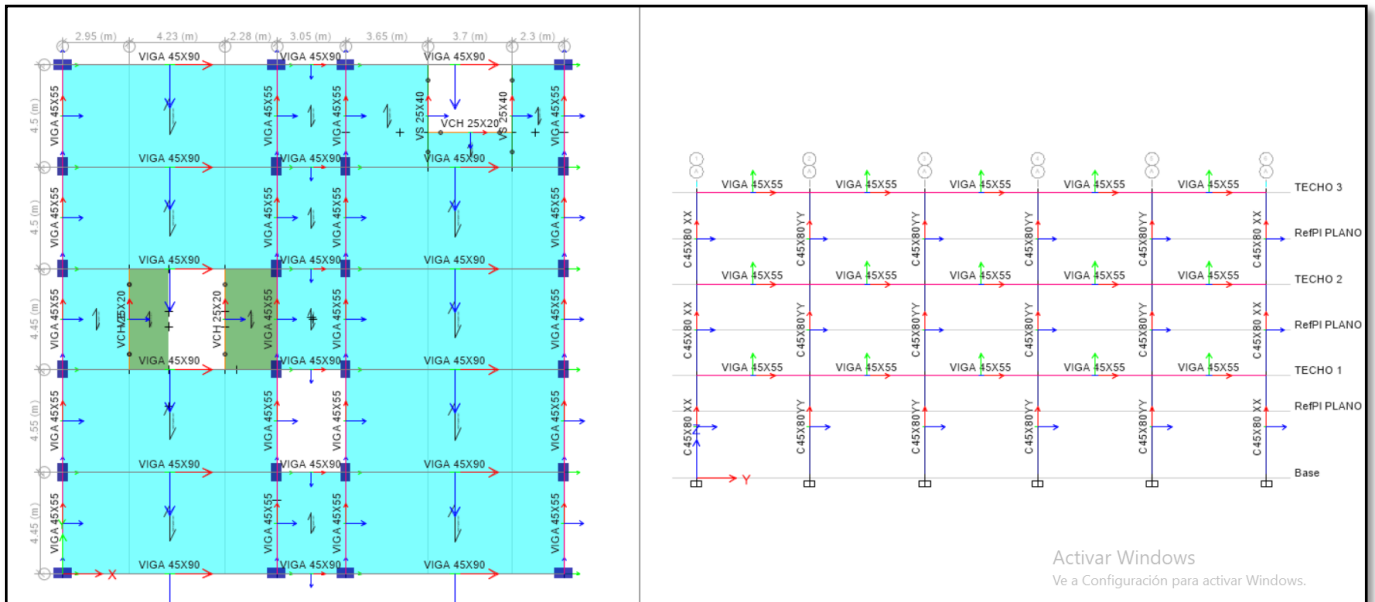


Figura 4.4: Planta típica de la Edificación y su Elevación con sus Respectivas Secciones
Fuente: Elaborado por el autor

A continuación, en las figuras 4.5 y 4.6 se muestran los parámetros sísmicos y el espectro con el factor reducido $R=8$ respectivamente.

PARAMETROS SISMORRESISTENTES (Norma E.030 2016 - Perú)				
FACTOR DE ZONA "Z"				
Zona	Factor de Zona "Z"			
3	0.35			
SISTEMA ESTRUCTURAL "R"				
Factor	Detalle	Coeficiente de Reducción "R"		
Sistema Estructural (Ro)	Pórticos de Concreto Armado	8		
Irregularidad en altura (Ia)	REGULAR	1		
Irregularidad en planta (Ip)	REGULAR	1		
		R=	8	
CATEGORIA DE EDIFICACION "U"				
Categoría	Importancia	Factor "U"		
A	Edificaciones Esenciales	1.50		
PARAMETROS DEL SUELO "S"				
Tipo	Descripción	Tp(s)	Tl(s)	Factor "S"
S2	Suelos Intermedios	0.60	2.00	1.15
FACTOR DE REDUCCION "C"				
Cxx =	2.5	Cxx/R =	0.3125	ok
Cyy =	2.5	Cyy/R =	0.3125	ok

Figura 4.5: Parámetros Sísmicos para un Análisis Modal Espectral
Fuente: Elaborado por el autor

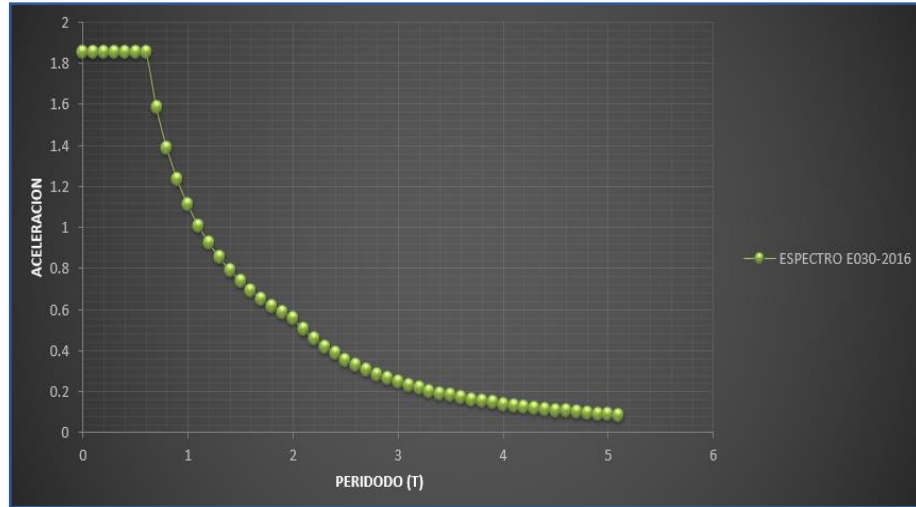


Figura 4.6: Espectro de Respuesta Inelástico S_a (m/s²) vs T (seg)

Fuente: Elaborado por el autor

Se ejecutó el modelamiento de la estructura, considerando el brazo rígido para la unión viga - columna, así mismo las losas aligeradas como diafragma rígido ya que fueron construidas monolíticamente con las vigas.

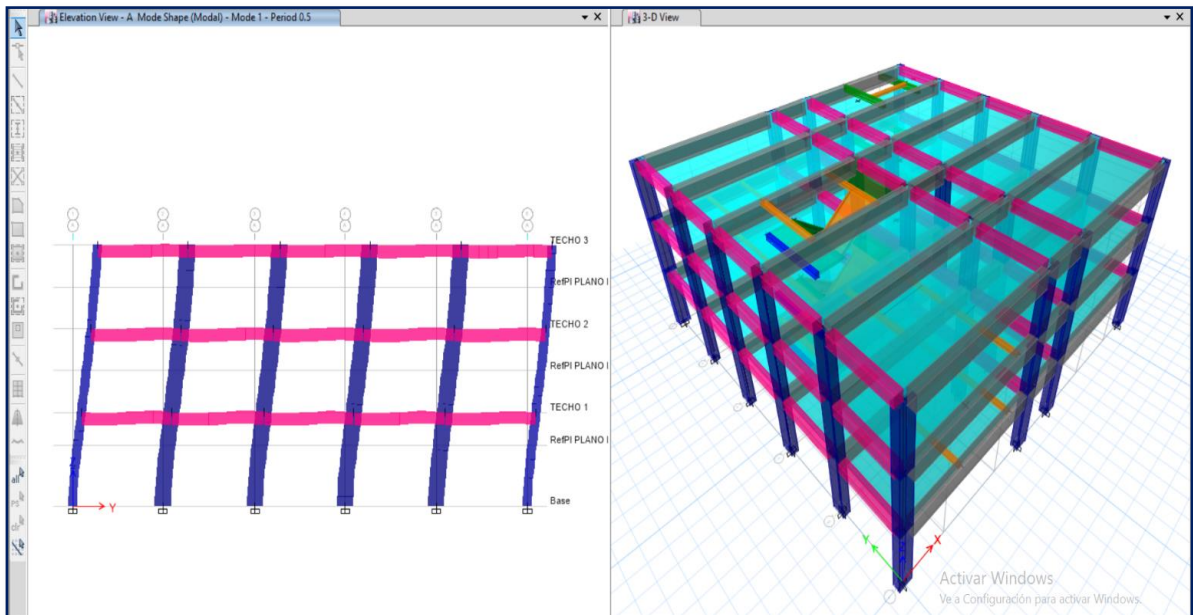


Figura 4.7: Periodo Fundamental Y, T=0.5 Seg

Fuente: Elaborado por el autor

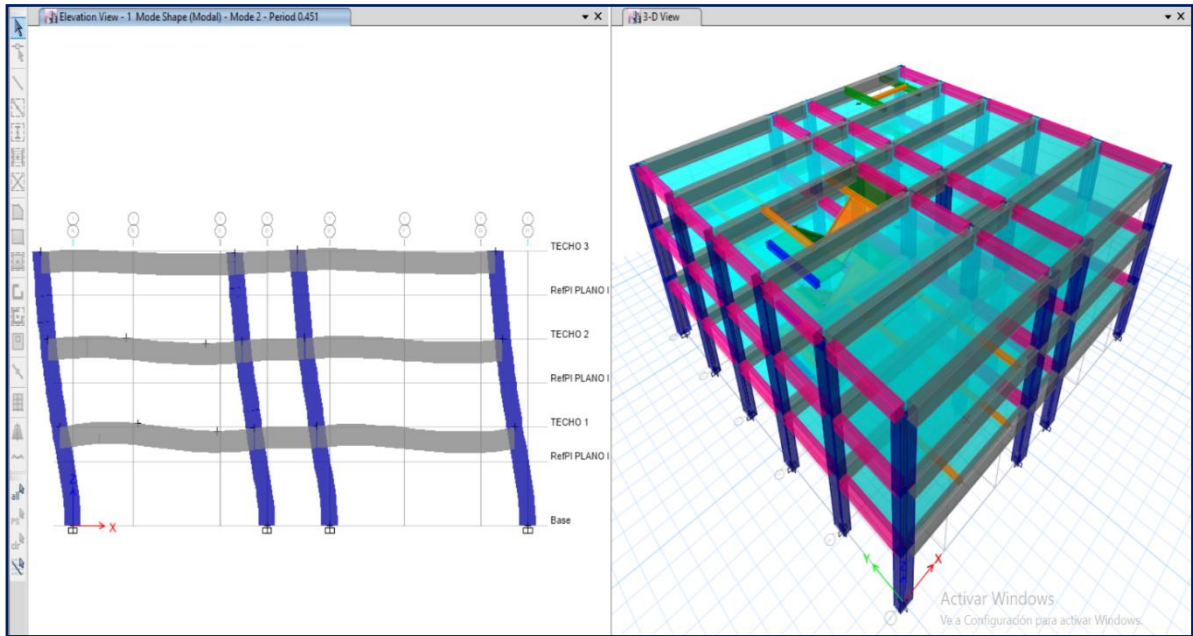


Figura 4.8: Periodo fundamental X, $T=0.451$ Seg
Fuente: Elaborado por el autor

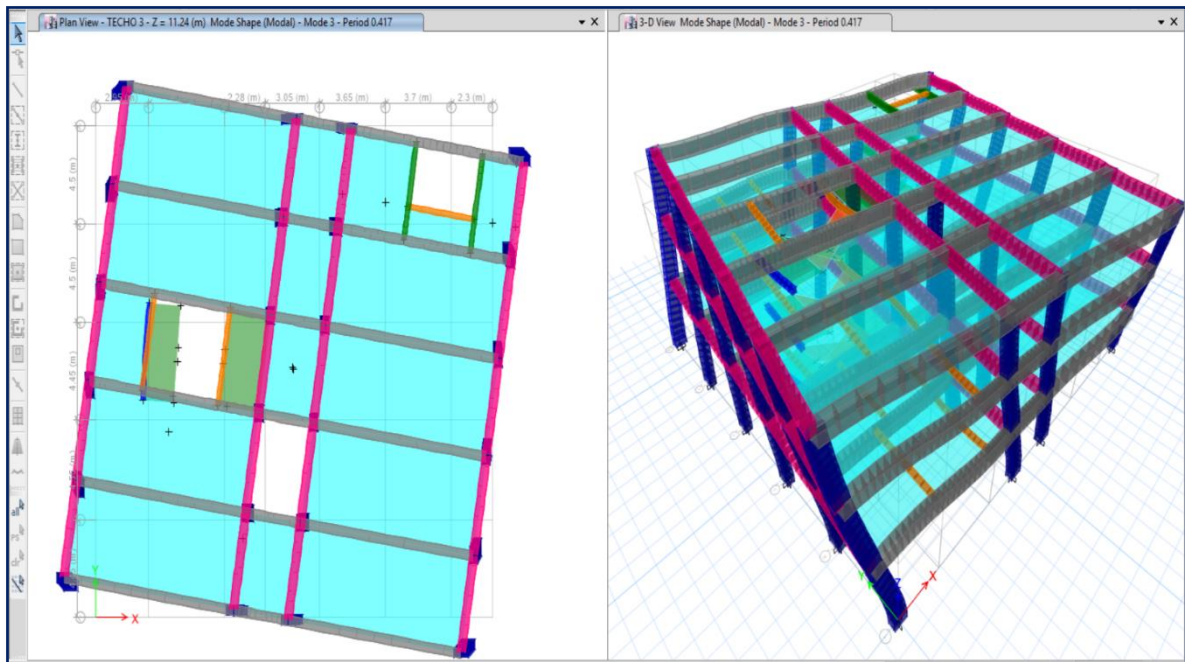


Figura 4.9: Periodo fundamental Z, $T=0.417$ Seg
Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 11. Formas de Vibración, Periodos y Masas Participativas de la Edificación Obtenidos con el Análisis Espectral.

MODOS DE VIBRACION Y MASA PARTICIPATIVAS														
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
		sec												
Modal	1	0.5	0.0001	0.8561	2.60E-06	0.0001	0.8561	2.60E-06	0.0267	6.38E-06	0.0051	0.0267	6.38E-06	0.0051
Modal	2	0.451	0.8874	0.0001	0.0001	0.8875	0.8562	0.0002	8.34E-07	0.0216	0.0001	0.0267	0.0216	0.0052
Modal	3	0.417	0.0001	0.0049	0	0.8877	0.8611	0.0002	0.0001	1.22E-06	0.8692	0.0268	0.0216	0.8744
Modal	4	0.201	0.0048	0.0017	0.0124	0.8925	0.8629	0.0125	0.0003	0.0112	0.0004	0.027	0.0328	0.8748
Modal	5	0.175	3.69E-05	0.0002	0.0004	0.8925	0.863	0.0129	0.001	0.0002	0	0.028	0.033	0.8748
Modal	6	0.163	0.0011	0.0143	0.0089	0.8936	0.8774	0.0218	0.0136	0.0011	0.0001	0.0416	0.0341	0.8749
Modal	7	0.147	0.0369	0.0397	0.0001	0.9305	0.917	0.0219	0.0398	0.0513	2.81E-05	0.0814	0.0854	0.8749
Modal	8	0.136	0.0309	0.062	0.0038	0.9614	0.979	0.0257	0.0625	0.036	0.0001	0.1439	0.1214	0.875
Modal	9	0.112	0.0316	0.0045	0.0034	0.993	0.9835	0.029	0.004	0.0222	4.53E-06	0.1479	0.1436	0.875
Modal	10	0.083	0.0001	0.0061	0.094	0.9931	0.9896	0.123	0.0028	0.0003	0.0001	0.1506	0.1439	0.8751
Modal	11	0.047	0	0.0021	0.3595	0.9931	0.9917	0.4825	2.81E-05	0.0043	2.96E-05	0.1507	0.1483	0.8751
Modal	12	0.037	0.0001	2.57E-05	0.055	0.9932	0.9917	0.5376	0.0067	0.0014	0.0001	0.1573	0.1497	0.8752

Fuente: Elaborado por el autor

4.3.3.2 Verificación de los Desplazamientos Inelásticos.

Tabla 12. Derivas de entre piso en la dirección XX

DIRECCION XX					
Story	Load Case/Comb o	Direction	Drift	Drift Norma E030-2016	
TECHO 3	DX Max	X	0.005086	0.007	CUMPLE
TECHO 2	DX Max	X	0.008289	0.007	NO CUMPLE
TECHO 1	DX Max	X	0.008069	0.007	NO CUMPLE

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 13. Derivas de entre piso en la dirección YY

DIRECCION YY					
Story	Load Case/Comb o	Direction	Drift	Drift Norma E030-2016	
TECHO 3	DY Max	Y	0.007802	0.007	NO CUMPLE
TECHO 2	DY Max	Y	0.011316	0.007	NO CUMPLE
TECHO 1	DY Max	Y	0.0091	0.007	NO CUMPLE

Fuente: Elaborado por el autor

Con el análisis sísmico espectral se obtuvo los desplazamientos inelásticos multiplicando por 0.75R los del análisis como lo considera la norma E-030 Diseño sismorresistente, con el fin de obtener de las derivas inelásticas y su comparación con los desplazamientos máximos de nuestra norma que es 0.007 para estructuras de concreto armado.

Se concluye que las derivas son excesivas en las dos direcciones mostrando una mayor flexibilidad en la dirección YY con un drift igual al 1.13% y no tendrá un buen comportamiento sísmico por lo que necesitará la mejora de su desempeño estructural mediante el sistema de disipadores fluido Viscosos.

4.3.4 Análisis Sísmico con Optimización de Disipadores

Comprobado la poca rigidez de la estructura debido a los desplazamientos excesivos es necesario incorporar estos dispositivos para la reducción de las derivas en ambas direcciones, se realizó el análisis tanto lineal como no lineal a fin de mantener a la estructura con daños leves ante un sismo severo.

La norma E030 prescribe que deberá realizarse el análisis modal a la estructura con un factor de $R=1$ dicho espectro hará incursionar a la estructura en un rango inelástico ante un sismo severo. Las derivas obtenidas en este análisis serán contrastadas con los del Tiempo historia y así poder definir el sismo de diseño severo a utilizar.

4.3.4.1 Análisis Dinámico lineal con $R=1$

Los parámetros sísmicos a considerar son iguales al análisis del acápite 4.1.3 con la variación del factor $R=1$

Tabla 14. Parámetros Sísmicos con un Factor $R=1$

<i>Perfil de Suelo =</i>	S2
<i>Zona Sísmica =</i>	Z3
<i>Categoría =</i>	A
<i>Z</i>	0.35
<i>T_p (S)</i>	0.6
<i>T_p (S)</i>	2.00
<i>Factor de suelo "S"=</i>	1.15
<i>Factor de Uso "U"=</i>	1.5
<i>R_x</i>	1
<i>R_y</i>	1

Fuente: Elaborado por el autor

A continuación, en la Figura 4.10, mostramos el espectro de aceleraciones con un factor $R=1$, en el cual podemos ver que la aceleración máxima aumento hasta 1480.697cm/s^2

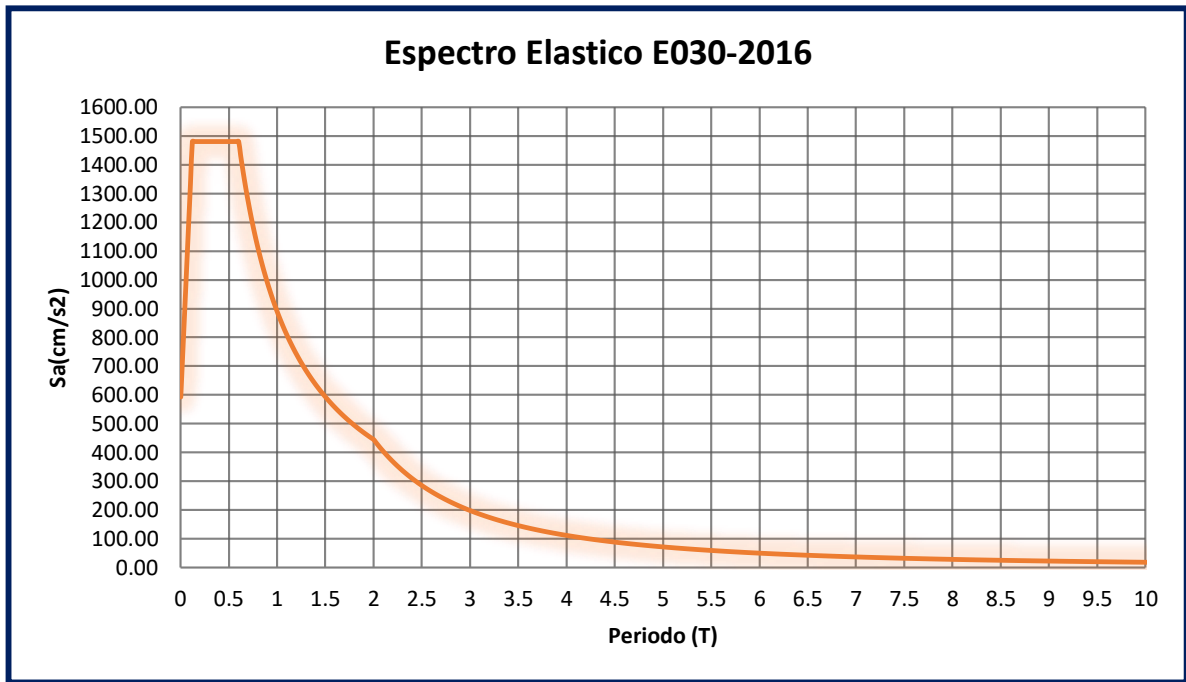


Figura 4.10: Espectro de Respuesta con un $R=1$, S_a (m/s²) vs T (seg)
Fuente: Elaborado por el autor

Ingresamos al software esta nueva función, en las tablas 15 y 16 mostramos los resultados del desplazamiento por nivel obtenidos por este análisis.

Tabla 15. Derivas de entre Piso en la Dirección XX

DIRECCION XX					
Story	Load Case/Comb o	Direction	Drift	Drift Norma E030-2016	
TECHO 3	DX Max	X	0.00678	0.007	CUMPLE
TECHO 2	DX Max	X	0.011051	0.007	NO CUMPLE
TECHO 1	DX Max	X	0.010757	0.007	NO CUMPLE

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 16. Derivas de entre Piso en la Dirección YY

DIRECCION YY					
Story	Load Case/Comb o	Direction	Drift	Drift Norma E030-2016	
TECHO 3	DY Max	Y	0.010401	0.007	NO CUMPLE
TECHO 2	DY Max	Y	0.015086	0.007	NO CUMPLE
TECHO 1	DY Max	Y	0.012132	0.007	NO CUMPLE

Fuente: Elaborado por el autor

Como podemos apreciar los desplazamientos en la dirección X se incrementó en todos los niveles llegando a una deriva máxima del 1.47% en el segundo nivel.

Los desplazamientos en la dirección Y también se incrementaron llegando a una deriva máxima del 2.31% en el segundo nivel. Por lo que será necesario incorporarse disipadores de fluido viscoso en ambos sentidos.

4.3.4.2 Análisis Tiempo Historia No lineal

La norma E030 indica que para este tipo de análisis debe contemplarse como mínimo 3 pares de registros, este par de componentes deben ser horizontales, elegidas y escaladas de eventos individuales. Las respuestas obtenidas serán las máximas de los tres registros utilizados.

En el caso de que se utilice más de 7 juegos de registros las respuestas como son las deformaciones, desplazamientos, fuerzas se obtendrá con el promedio de todos los registros. Expertos en el tema investigado mencionan que se obtienen resultados más finos y confiables a medida que se utilicen mayor cantidad de registros, ya que al utilizar tres registros es de antemano mencionar que la respuesta máxima del registró será el que gobierne, en todo caso es como si se trabajara con un solo registro sísmico.

Por lo tanto, se usarán este caso en el análisis Tiempo-Historia lineal, estos registros deberán ser debidamente escalados con el fin que la aceleración máxima de terreno sea la esperada en sitio del proyecto.

Los registros sísmicos utilizados fueron de los terremotos del año 1966,1970,1974,2001,2005,2007 en sus dos direcciones N-S y E-W, cada una fueron corregidos por el programa SeismoSignal, y fueron normalizadas con el SeismoMatch.

A continuación, en la tabla 17 mostramos los registros de los terremotos peruanos, para su elección se tomó en cuenta la magnitud, la aceleración pico de terreno (PGA) si bien no existe una similitud en el tipo de suelo en los registros estos fueron amplificados con la máxima aceleración de suelo peruano (0.35g-Huancayo).

Tabla 17. Características de los Registros Sísmicos Directos

REGISTROS SISMICOS PERUANOS								
FECHA	ESTACION	COMPONENTE	EPICENTRO		PROFUNDIDAD FOCAL (km)	MAGNITUD (Mw)	PGA (cm/s ²)	CLAVE DE ESTACION
			LATITUD (S)	LONGITUD(W)				
17 de octubre 1966	Parque de la reserva	HORIZONTAL E-W	-10.7	-78.7	24	8.1Mw	-180.56	PQR
		HORIZONTAL N-S					-268.24	
31 de mayo 1970	Parque de la reserva	HORIZONTAL E-W	-12.07	-77.04	64	6.6 Mb	-105.05	PQR
		HORIZONTAL N-S					-97.81	
03 de octubre 1974	Parque de la reserva	HORIZONTAL E-W	-12.5	-77.98	13	6.6 Mb	-194.21	PQR
		HORIZONTAL N-S					180.09	
05 de enero 1974	Zarate	HORIZONTAL E-W	-12.39	-76.29	91.7	6.1 Mb	-138.94	ZAR
		HORIZONTAL N-S					-156.3	
07 de Julio 2001	U.N.S.A	HORIZONTAL E-W	-17.4	-71.67	33	6.5 Mb	-123.21	AQP001
		HORIZONTAL N-S					-120.52	
13 de Junio 2005	U.Nacional Jorge Basadre	HORIZONTAL E-W	-19.61	-69.97	146	7.2 ML	85.54	TAC001
		HORIZONTAL N-S					-94.18	
15 de Agosto 2007	Unica	HORIZONTAL E-W	-14.088	-75.732	40	7 ML	-272.82	ICA002
		HORIZONTAL N-S					333.66	

Fuente: CISMID

Los registros directos se encuentran distorsionados por sonidos y otros factores que afectan a la señal, por lo que se corrigió estas tanto por línea base y filtro por sonido con el programa Seismosignal. A manera de ejemplo en la siguientes figuras se resumen el registro corregido del sismo del 1966 (E-W y N-S) donde podemos ver

la comparación a nivel de aceleraciones, velocidades y desplazamientos donde las señales de color plomo indican el registro eliminado y la de color azul el corregido.

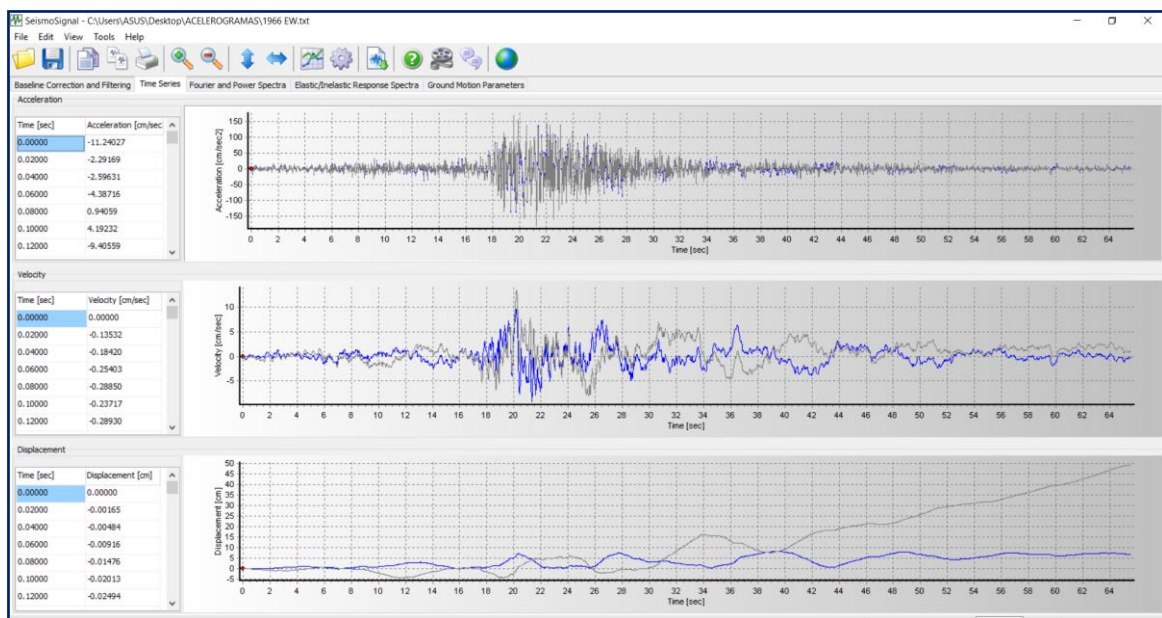


Figura 4.11: Corrección de Registro Sísmico – 1966 E-W
Fuente: Elaborado por el autor

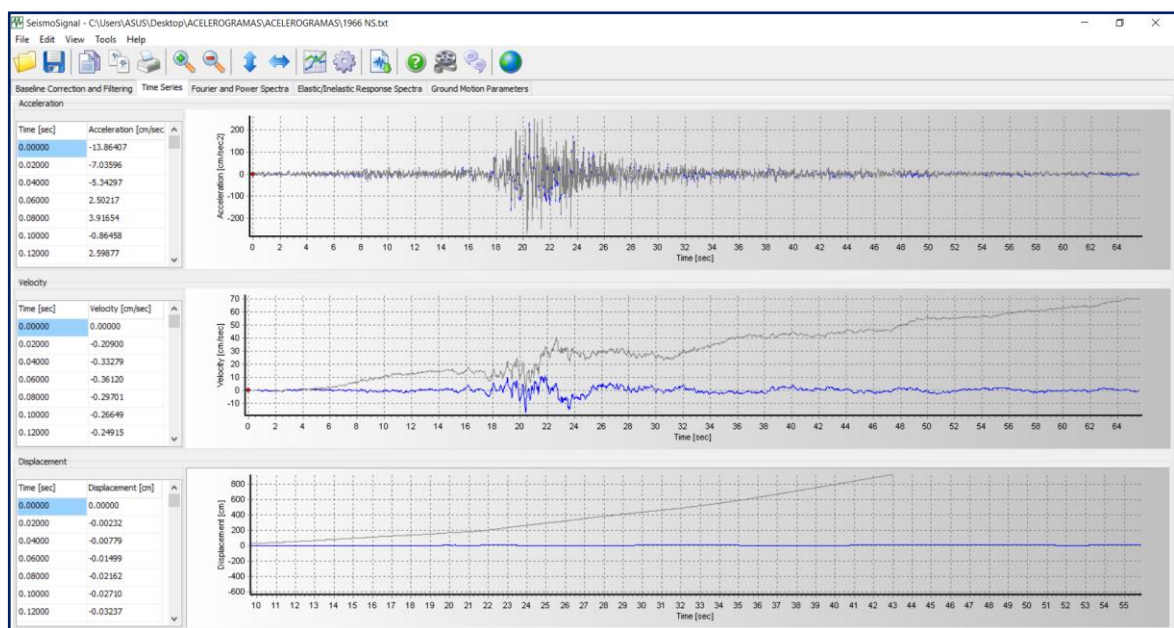


Figura 4.12: Corrección de Registro Sísmico – 1966 N-S
Fuente: Elaborado por el autor

Del mismo modo estos registros se deben escalar y deben ser compatibles con el espectro elástico $R=1$ en el rango de periodos de interés.

Para el distrito de El Tambo-Región Junín la aceleración máxima de terreno para un sismo catalogado como diseño con un $T_p=475$ años es $0.35g$. Por lo que todas las respuestas de aceleraciones de los registros seleccionados deberán normalizarse a este factor (FN).

$$F.N = \frac{Z * g}{PGA}$$

Donde:

PGA = Aceleración Máxima del Suelo

Z = Aceleración asociada al sitio y nivel de sismo.

F.N = Factor de Normalización.

Una vez normalizados las aceleraciones con este factor, se procede al escalamiento del registro sísmico para compatibilizarlo con el espectro de respuestas elástico $R=1$ mencionada anteriormente.

Como ejemplo en las figuras 4.13 y 4.14 se ilustra el registro escalado con el programa SesmoMatch del sismo de 1966 (E-W y N-S) donde podemos ver la comparación a nivel de espectros donde la señal de color morado muestra el espectro del registro no escalado y la de color verde el escalado.

Podemos observar que prácticamente el espectro obtenido con registro escalado es muy parecido al espectro elástico de la norma E030-2016.

Estos registros compatibilizados se cargan a Software ETABS 2016. En las Tablas siguientes mostramos las derivas máximas y mínimas obtenidas para cada registro y dirección para el análisis Tiempo Historia No Lineal.

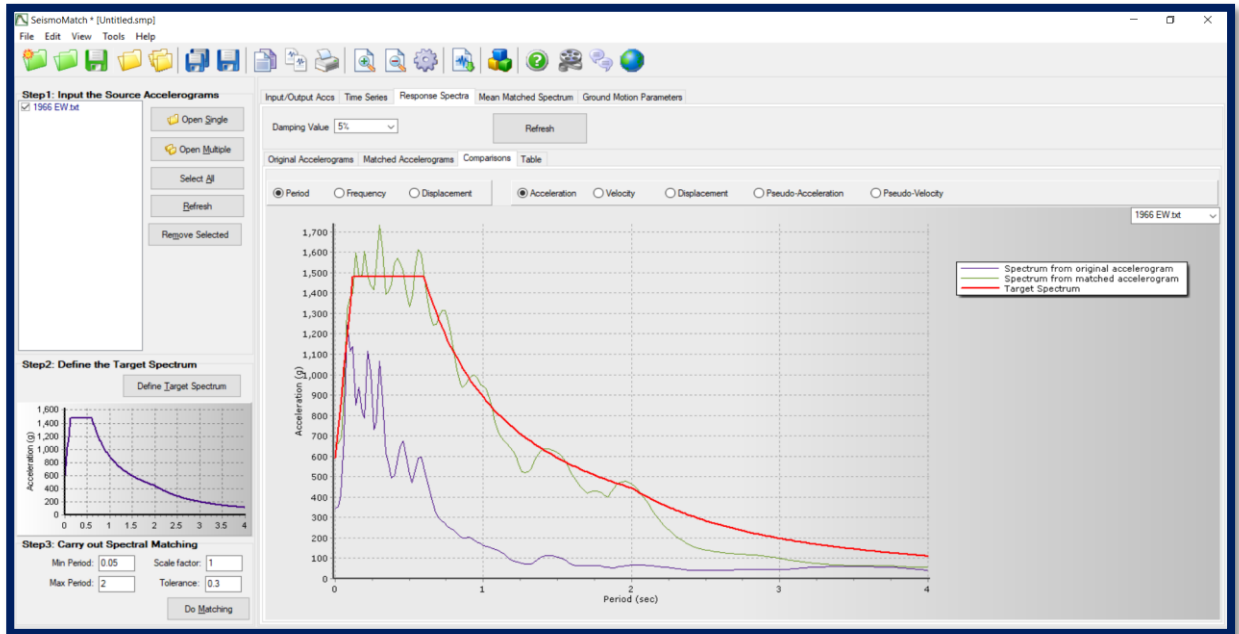


Figura 4.13. Escalamiento del Registro Sísmico – 1966 E-W
Fuente: Elaborado por el autor

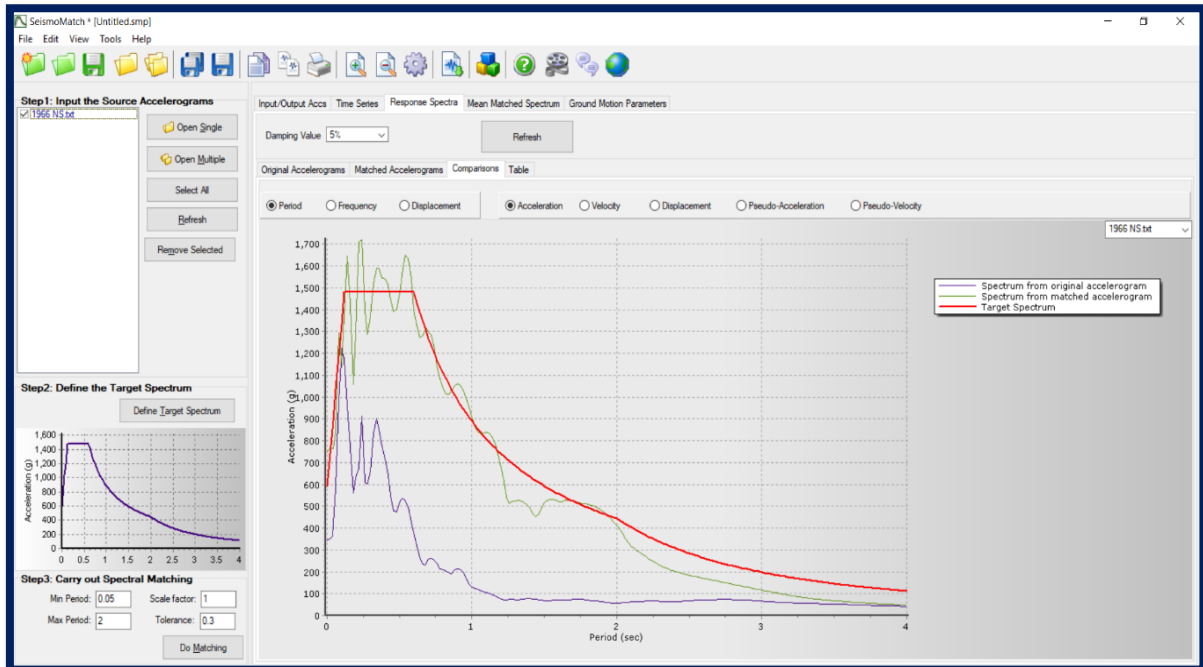


Figura 4.14. Escalamiento del Registro Sísmico – 1966 N-S
Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 18. Derivas máximas y mínimos obtenidas del análisis Tiempo Historia No Lineal para cada registro en la dirección XX – Modelo Sin Disipadores Viscosos.

DRIFT EN DIRECCION XX															
RESULTADO MAXIMOS	PISO	1966 EW	1966 NS	1970 EW	1970 NS	1974 EW	1974 NS	ZAR 74 EW	ZAR 74 NS	2001 EW	2001 NS	2005 EW	2005 NS	ICA 2007 EW	ICA 2007 NS
		Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X
	T3	0.006373	0.005563	0.006311	0.005599	0.00543	0.00607	0.006538	0.005738	0.005635	0.00498	0.006006	0.005967	0.007009	0.006581
	T2	0.010272	0.009235	0.010392	0.009389	0.009013	0.010031	0.010698	0.009605	0.009371	0.008456	0.009966	0.009479	0.011516	0.010551
	T1	0.010147	0.009029	0.010444	0.009303	0.009234	0.010237	0.010878	0.010103	0.009392	0.008646	0.010017	0.009013	0.011349	0.010486
RESULTADO MINIMOS	PISO	1966 EW	1966 NS	1970 EW	1970 NS	1974 EW	1974 NS	ZAR 74 EW	ZAR 74 NS	2001 EW	2001 NS	2005 EW	2005 NS	ICA 2007 EW	ICA 2007 NS
		Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X
	T3	0.006606	0.006004	0.006064	0.005424	0.006378	0.006831	0.005874	0.00621	0.005792	0.004648	0.0061	0.006695	0.007143	0.006386
	T2	0.010366	0.009913	0.009911	0.009039	0.010358	0.010718	0.009971	0.010153	0.009732	0.007803	0.010195	0.010601	0.011863	0.010597
	T1	0.00981	0.009854	0.009802	0.00886	0.010344	0.010138	0.010331	0.00969	0.009818	0.007877	0.009916	0.010312	0.011661	0.010632

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 19. Promedio de las Derivas máximas obtenidas del análisis Tiempo Historia No Lineal para cada registro y dirección XX Modelo Sin Disipadores Viscosos.

DRIFT MAXIMO EN DIRECCION XX																	
PISO	1966 EW	1966 NS	1970 EW	1970 NS	1974 EW	1974 NS	ZAR 74 EW	ZAR 74 NS	2001 EW	2001 NS	2005 EW	2005 NS	ICA 2007 EW	ICA 2007 NS	PROMEDIO	HAZUS (MAX)	
	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	
T3	0.006606	0.006004	0.006311	0.005599	0.006378	0.006831	0.006538	0.00621	0.005792	0.00498	0.0061	0.006695	0.007143	0.006581	0.00627	0.005	NO CUMPLE
T2	0.010366	0.009913	0.010392	0.009389	0.010358	0.010718	0.010698	0.010153	0.009732	0.008456	0.010195	0.010601	0.011863	0.010597	0.01025	0.005	NO CUMPLE
T1	0.010147	0.009854	0.010444	0.009303	0.010344	0.010237	0.010878	0.010103	0.009818	0.008646	0.010017	0.010312	0.011661	0.010632	0.01017	0.005	NO CUMPLE

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 20. Derivas máximas y mínimos obtenidas del análisis Tiempo Historia No Lineal para cada registro en la dirección YY – Modelo sin Disipadores Viscosos.

DRIFT EN DIRECCION YY															
RESULTADO MAXIMOS	<i>PISO</i>	<i>1966 EW</i>	<i>1966 NS</i>	<i>1970 EW</i>	<i>1970 NS</i>	<i>1974 EW</i>	<i>1974 NS</i>	<i>ZAR 74 EW</i>	<i>ZAR 74 NS</i>	<i>2001 EW</i>	<i>2001 NS</i>	<i>2005 EW</i>	<i>2005 NS</i>	<i>ICA 2007 EW</i>	<i>ICA 2007 NS</i>
		<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>
	<i>T3</i>	0.009208	0.008184	0.009434	0.009001	0.00927	0.008547	0.00984	0.010293	0.010098	0.009465	0.008064	0.009477	0.008645	0.009565
	<i>T2</i>	0.01342	0.012071	0.013594	0.013518	0.013	0.012121	0.013874	0.014773	0.014664	0.014013	0.011925	0.013768	0.012921	0.01404
<i>T1</i>	0.010615	0.009811	0.010913	0.011202	0.009988	0.009815	0.010926	0.011563	0.01182	0.011418	0.010145	0.011108	0.010824	0.011409	

RESULTADO MINIMOS	<i>PISO</i>	<i>1966 EW</i>	<i>1966 NS</i>	<i>1970 EW</i>	<i>1970 NS</i>	<i>1974 EW</i>	<i>1974 NS</i>	<i>ZAR 74 EW</i>	<i>ZAR 74 NS</i>	<i>2001 EW</i>	<i>2001 NS</i>	<i>2005 EW</i>	<i>2005 NS</i>	<i>2007 EW</i>	<i>2007 NS</i>
		<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>
	<i>T3</i>	0.009061	0.008213	0.008935	0.009776	0.008722	0.009764	0.008445	0.009216	0.008181	0.009669	0.008751	0.009574	0.009986	0.008529
	<i>T2</i>	0.013349	0.011765	0.01246	0.01395	0.012791	0.014156	0.012353	0.013608	0.011768	0.014139	0.012531	0.01399	0.014394	0.01184
<i>T1</i>	0.010728	0.009215	0.009542	0.010988	0.01037	0.011316	0.010184	0.010805	0.009558	0.011365	0.009823	0.01145	0.011336	0.009131	

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 21. Promedio de las Derivas máximas obtenidas del análisis Tiempo Historia No Lineal para cada registro y dirección YY Modelo sin Disipadores Viscosos.

DRIFT MAXIMO EN DIRECCION YY																	
<i>PISO</i>	<i>1966 EW</i>	<i>1966 NS</i>	<i>1970 EW</i>	<i>1970 NS</i>	<i>1974 EW</i>	<i>1974 NS</i>	<i>ZAR 74 EW</i>	<i>ZAR 74 NS</i>	<i>2001 EW</i>	<i>2001 NS</i>	<i>2005 EW</i>	<i>2005 NS</i>	<i>ICA 2007 EW</i>	<i>ICA 2007 NS</i>	PROMEDIO	HAZUS (MAX)	
	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	<i>Dir - Y</i>	
<i>T3</i>	0.009208	0.008213	0.009434	0.009776	0.00927	0.009764	0.00984	0.010293	0.010098	0.009669	0.008751	0.009574	0.009986	0.009565	0.00953	0.005	NO CUMPLE
<i>T2</i>	0.01111	0.00999	0.01126	0.01155	0.01076	0.01172	0.01149	0.01223	0.01214	0.01171	0.01038	0.01158	0.01192	0.01163	0.01139	0.005	NO CUMPLE
<i>T1</i>	0.010728	0.009811	0.010913	0.011202	0.01037	0.011316	0.010926	0.011563	0.01182	0.011418	0.010145	0.01145	0.011336	0.011409	0.01103	0.005	NO CUMPLE

Fuente: Elaborado por el autor

4.3.4.3 Derivas del análisis Tiempo-Historia No lineal

Se realizó el análisis Tiempo – Historia al modelo sin la inclusión de los disipadores Fluido Viscosos y se observó lo siguiente:

Como podemos apreciar con el análisis tiempo –Historia se obtuvieron derivas relativamente menores al del análisis espectral con un factor $R=1$, esto debido a la ventaja de trabajar con 14 registros los resultados son más finos y confiables.

Las derivas máximas se presentan en el segundo nivel para el caso del análisis espectral obtenemos hasta 1.1% en la dirección XX, a comparación del análisis Tiempo Historia se obtienen 1%.

De igual forma las derivas máximas se presentan en el segundo nivel para el caso del análisis espectral obtenemos hasta un 1.5 % en la dirección YY a comparación del análisis Tiempo Historia se obtienen 1.1%.

Se contrastó que aun con la reducción de las respuestas en el tiempo las derivas son excesivas en ambas direcciones en comparación inclusive con las derivas de la norma E030-2016 que lo limita hasta un 0.7% para estructuras de concreto armado con un nivel de desempeño resguardo de vida. Por lo tanto, para mantener a la estructura en un daño leve y un estado operacional durante y después del terremoto se necesita mejorar el desempeño con la inclusión de los dispositivos fluido Viscosos.

4.3.4.4 Objetivos de Desempeño Estructural

Nuestro objetivo de desempeño según el comité Visión 2000 del SEAOC, será el de **estructuras esenciales**.

Nuestro sismo de representante será el de diseño con un $T_p=475$ años, para un nivel de desempeño de **operacional** donde se espera un daño leve pasado el terremoto.

4.3.4.5 Deriva Objetivo

Según el FEMA (Agencia Federal de Emergencias) del gobierno estadounidense en su documento *Multihazard Loss Estimation Methodology HAZUS-2010*. Nuestro sistema califica como “Estructura aporticado de concreto armado de baja altura” descrito con la nomenclatura C1L.

Para alcanzar un estado de **daño leve** luego de ocurrido el terremoto, la deriva máxima a presentarse en la edificación es de **0.005** siguiendo las recomendaciones de *HAZUS*.

4.3.4.6 Factor de Reducción de la Respuesta

Se halla el cociente de reducción sísmica (B) para cada dirección:

Dirección XX

$$B = \frac{0.010}{0.005}$$

$$B=2.00$$

Dirección YY

$$B = \frac{0.011}{0.005}$$

$$B=2.2$$

4.3.4.7 Amortiguamiento Efectivo

Dirección XX

$$2.2 = \frac{2.31 - 0.41 \ln(5)}{2.31 - 0.41 \ln(B_{(eff)})}$$

$$\beta_{(eff)}=37.40\%$$

Dirección YY

$$2.4 = \frac{2.31 - 0.41 \ln(5)}{2.31 - 0.41 \ln(B_{(eff)})}$$

$$\beta_{(eff)}=44.91\%$$

4.3.4.8 Amortiguamiento Viscoso

Dirección XX

$$\beta_H = 37.40\% - 5\%$$

$$\beta_H = 32.40\%$$

Dirección YY

$$\beta_H = 44.91\% - 5\%$$

$$\beta_H = 39.91\%$$

4.3.4.9 Análisis Estructural con las Disposiciones Propuestas

No existe una norma o regla que establezca que para tal estructura corresponda tal disposición ya se con amortiguadores de comportamiento lineal o no lineal, la elección de la mejor disposición siempre dependerá del criterio del ingeniero estructural en la etapa de análisis. Es así que las respuestas más efectivas no siempre serán las más económicas para la edificación.

Si bien en la mayoría de casos los disipadores en disposición Chevron acarreo buenos resultados, existen casos en donde su lazo histerético no tiene un buen comportamiento o la energía disipada no es considerable por lo que será necesario cambiar la disposición, es así que las respuestas más eficientes no siempre serán gobernadas con tales dispositivos.

La Norma ASCE 7-10 recomienda que se coloquen como mínimo 2 dispositivos para cada nivel y dirección de análisis, para nuestro caso se ubicaran como máximo 4 dispositivos para cada dirección teniendo en total 8 disipadores por nivel. Los amortiguadores serán ubicados en los pórticos estratégicamente, estos dispositivos de disipación de energía se situarán en la estructura de manera simétrica para obtener resultados efectivos, se colocarán lo más alejado del centro de maza para evitar la torsión del sistema estructural

4.3.4.9.1 Disposición Diagonal Simple

En la figura 4.15 y 4.16 mostramos las ubicaciones de los disipadores en los pórticos para las direcciones XX y YY.

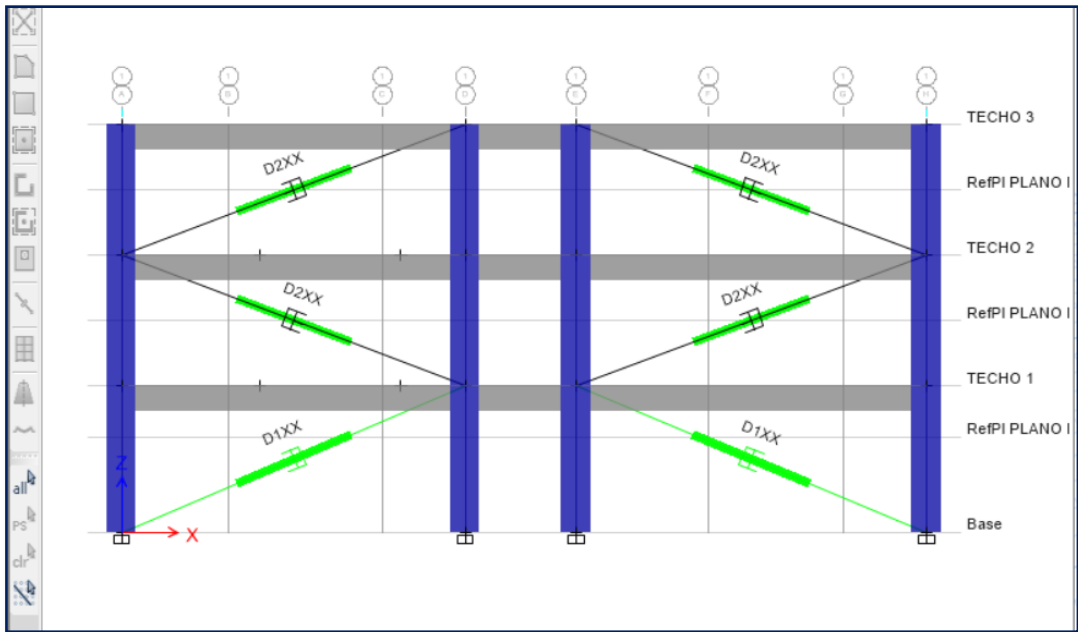


Figura 4.15 Ubicación de los Amortiguadores en Disposición Diagonal en la Dirección XX
Fuente: Elaborado por el autor

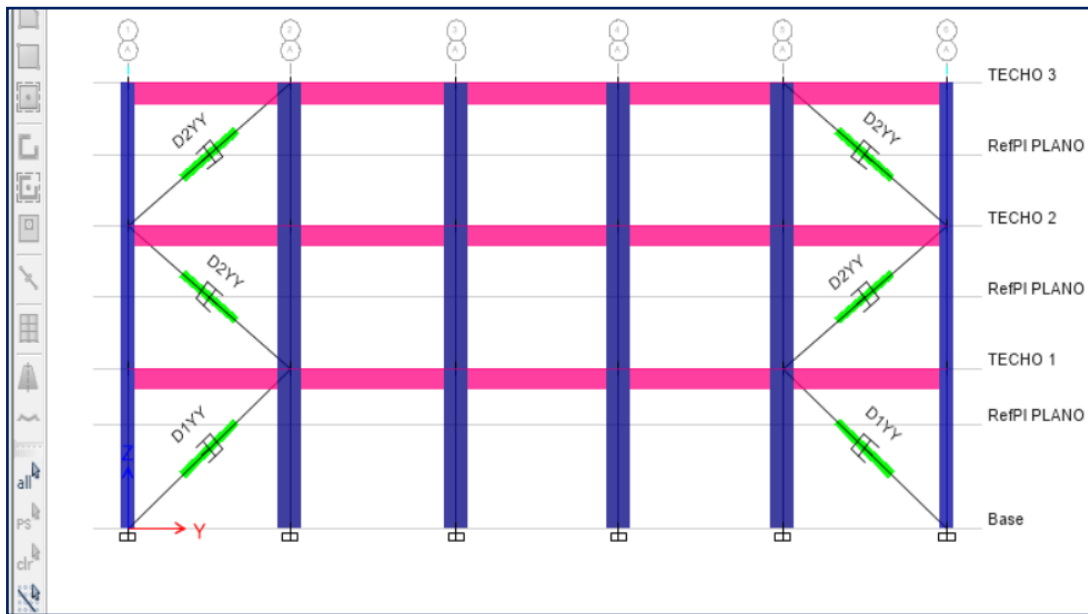


Figura 4.16: Ubicación de los Amortiguadores en Disposición Diagonal en la Dirección YY
Fuente: Elaborado por el autor

a) **Parámetros de Amortiguamiento No lineal**

• **Rigidez del Brazo Metálico**

El área de la sección transversal del perfil metálico se pre dimensionara considerando que la falla más crítica sea por pandeo transversal a la dirección de la fuerza en compresión, a diferencia de la tracción que tiende a alinear al elemento debido al estiramiento.

Además, se limitará la relación de esbeltez a un máximo de 200 para evitar problemas de pandeo.

$$\left(\frac{KL}{r} \right)_{\text{máx}} < 200$$

Se asumirá el valor de $\lambda=1.5$ de manera tentativa con ello se calculará el radio de giro y el área del elemento con las normas del AISC Steel Construction Versión 14.

El factor de longitud efectiva o factor de pandeo depende de las condiciones de restricción de los apoyos considerados en la siguiente tabla.

Valores de K para columnas						
La forma de pandeo se indica en línea de puntos	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valores teóricos de K	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0	2,0
Valores recomendados de proyecto para condiciones reales	0,65	0,80	1,2	1,0	2,10	2,0
Condiciones de vínculo						
	┌───┐ Rotación y Traslación impedida ▼ Rotación libre y Traslación impedida ┆ Rotación impedida y Traslación libre ○ Rotación libre y Traslación libre					

En esta oportunidad pre dimensionaremos con el caso más crítico considerando que el elemento entre rotación y traslación libre tomando el valor de k=2

$$\lambda_c = \frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

Conocida la longitud del pandeo KL se halla el radio de giro en la ecuación anterior para después verificar que se cumpla la relación de esbeltez aproximada y con ello la respectiva área tentativa para el cálculo de la rigidez del brazo metálico.

Dirección XX

Radio de giro (in)	r	6.22
Longitud entre apoyos (m)	L	8.96
Factor de Longitud efectiva	k	2
Modulo de elasticidad del acero (ksi)	E	29000
Esfuerzo de fluencia (ksi)	Fy	50
Resistencia en tension (Ksi)	Fu	65
Parametro de Esbeltez	λc	1.5
Area de la Seccion(in)	A	21.5
RELACION MAXIMA DE ESBELTEZ (K)	101.512	Ok cumple
Radio de giro maximo (in)	r_{max}	6.95
	$\left(\frac{KL}{r} \right)_{\text{máx}} < 200$	

El perfil metálico tentativo a usar será un HSS20X0.375, el cual cuenta con las siguientes características:




Table 1-13
Round HSS
Dimensions and Properties

HSS20-HSS10

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	in. ²		in. ⁴	in. ³	in.	in. ³	in. ⁴	in. ³
HSS20×0.500	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
HSS18×0.500	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
HSS16×0.625	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

Figura 4.17: Propiedades y Características de los perfiles HSS-Dirección X
Fuente: AISC Steel Construction Versión 14.

Con estos datos se procede a calcular la rigidez del sistema:

$$K = \frac{E \cdot A}{L}$$

Rigidez Dirección XX

$$E = 29000 \text{ Ksi} = 20.4 \times 10^6 \text{ Ton/m}^2$$

$$A = 21.5 \text{ in}^2 = 0.0139 \text{ m}^2$$

$$L (\text{ piso } 1) = 10.46 \text{ m}$$

$$L (\text{ piso típico}) = 10.30 \text{ m}$$

$$Kx = \frac{(20.4 \times 10^6)(0.0139)}{10.46}$$

$$kx = \frac{(20.4 \times 10^6)(0.0139)}{10.30}$$

$$Kx (\text{ piso 1}) = 27037.73 \text{ Ton/m}$$

$$Kx (\text{ piso típico}) = 27457.73 \text{ Ton/m}$$

Dirección YY

Radio de giro (in)	r	3.16
Longitud entre apoyos (m)	L	4.55
Factor de Longitud efectiva	k	2
Modulo de elasticidad del acero (ksi)	E	29000
Esfuerzo de fluencia (ksi)	Fy	50
Resistencia en tension (Ksi)	Fu	65
Parametro de Esbeltez	λc	1.5
Area de la Seccion(in)	A	13.4
RELACION MAXIMA DE ESBELTEZ	110.576	Ok cumple
Radio de giro maximo (in)	r_{max}	3.24
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> $\left(\frac{KL}{r} \right)_{\text{máx}} < 200$ </div>		

El perfil metálico tentativo a usar será un HSS9.625X0.500, el cual cuenta con las siguientes características:


Table 1-13 (continued) Round HSS Dimensions and Properties										 HSS9.625- HSS6.875	
Shape	Design Wall Thickness, <i>t</i>	Nom-inal Wt.	Area, <i>A</i>	<i>D/t</i>	<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>	<i>Z</i>	Torsion		
	in.	lb/ft	in. ²		in. ⁴	in. ³	in.	in. ³	<i>J</i>	<i>C</i>	
HSS9.625×0.500	0.465	48.77	13.4	20.7	141	29.2	3.24	39.0	281	58.5	
×0.375	0.349	37.08	10.2	27.6	110	22.8	3.28	30.0	219	45.5	
×0.312	0.291	31.06	8.53	33.1	93.0	19.3	3.30	25.4	186	38.7	
×0.250	0.233	25.06	6.87	41.3	75.9	15.8	3.32	20.6	152	31.5	
×0.188 ^f	0.174	18.97	5.17	55.3	57.7	12.0	3.34	15.5	115	24.0	

Figura 4.18: Propiedades y Características de los perfiles HSS-Dirección Y
Fuente: AISC Steel Construction Versión 14.

Con estos datos se procede a calcular la rigidez del sistema:

$$K = \frac{E \cdot A}{L}$$

Dirección YY

$$E = 29000 \text{ Ksi} = 20.4 \times 10^6 \text{ Ton/m}^2$$

$$A = 13.4 \text{ in} = 0.00865 \text{ m}^2$$

$$L (\text{ piso } 1) = 6.05 \text{ m}$$

$$L (\text{ piso típico}) = 5.76 \text{ m}$$

$$K_y = \frac{(20.4 \times 10^6)(0.00865)}{6.05}$$

$$K_y = \frac{(20.4 \times 10^6)(0.00865)}{5.76}$$

$$K_y (\text{ piso } 1) = 29,134.85 \text{ Ton/m}$$

$$K_y (\text{ piso típico}) = 30,601.71 \text{ Ton/m}$$

- **Exponente de velocidad y Parámetro Lambda**

Rigiéndonos a los valores que nos otorga el fema 274 empleada para reforzamiento de amortiguadores de fluido viscoso trabajando en el rango no lineal consideramos lo siguiente valores para ambas direcciones:

$$\alpha=0.5 \quad \lambda =3.5$$

- **Amplitud del Desplazamiento (A)**

Dirección XX

Remplazando los valores en la formula obtenemos:

$A = \frac{10 \cdot g \cdot \gamma \cdot S_a \cdot T_1}{4 \cdot B_{(1D)} \cdot \pi^2}$		
Amplitud del desplazamiento (mm)	A	40.608792
Aceleracion de la gravedad (cm/s ²)	g	981
Facto de participacion del modo fundamental de vibracion *(1.2-1.6)	r	1.24236
Aceleracion espectral del sismo de diseño	S_a	0.35
Periodo fundamental en la direccion de analisis (s)	T₁	0.451
Coefficiente de Amortiguamiento (ton.s/m)	B_{1D}	1.2
ALTERNATIVAMENTE		
$A = \frac{A_{s/d}}{B}$		
Amplitud del desplazamiento sin dispadores (mm)	A_{s/d}	107.400
Amplitud del desplazamiento del ultimo nivel (mm)	A	53.700

$$A_x = 53.70\text{mm} = 0.0537 \text{ m}$$

Dirección YY

$A = \frac{10 \cdot g \cdot \gamma \cdot S_a \cdot T_1}{4 \cdot B_{1D} \cdot \pi^2}$		
Amplitud del desplazamiento (mm)	A	43.432878
Aceleración de la gravedad (cm/s ²)	g	981
Factor de participación del modo fundamental de vibración *(1.2-1.6)	γ	1.19854
Aceleración espectral del sismo de diseño	S_a	0.35
Periodo fundamental en la dirección de análisis (s)	T₁	0.5
Coefficiente de Amortiguamiento (ton.s/m)	B_{1D}	1.2
ALTERNATIVAMENTE		
$A = \frac{A_s/d}{B}$		
Amplitud del desplazamiento sin disipadores (mm)	A_{s/d}	140.500
Amplitud del desplazamiento del último nivel (mm)	A	63.864

$$A_y = 63.864 \text{ mm} = 0.0639 \text{ m}$$

- **Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador (C_d)**

Dirección XX:

En la siguiente tabla mostramos los parámetros para el cálculo:

DIRECCION XX T(seg)			0.451				
PISO	Dmax(mm)	Φ _i	Φ _{rj}	m _i	Cos θ	∑ Φ _{rj} ^{1+α} Cos ^{1+α} θ	∑ Φ _i ² m _i
3	0.0321	1.0000	0.2243	46.80122	0.94380109	0.09740	46.801
2	0.0249	0.7757	0.3707	68.69716	0.94380109	0.20696	41.336
1	0.013	0.4050	0.4050	67.771	0.93070747	0.23141	11.115
						0.53577	99.252

PARAMETROS PARA EL CALCULO		
<i>Amortiguamiento Viscoso del disipador</i>	β_H	0.3240
<i>Coficiente de Amortiguamiento del disipador j (ton.s/m)</i>	C_j	1298.60
<i>Masa del Nivel i (ton.s²/m)</i>	m_i	
<i>Angulo de Inclination del Disipador (rad)</i>	θ_i	
<i>Desplazamiento modal en el nivel i</i>	Φ_j	
<i>Desplazamiento modal relativo entre amdos extremos del disipador j</i>	Φ_{rj}	
<i>Amplitud del Desplazamiento del modo Fundamental (m)</i>	A	0.0537
<i>Frecuencia Angular (rad/s)</i>	ω	13.932
<i>Parametro Lamnda</i>	λ	3.50
<i>Exponente de Velocidad</i>	α	0.50
<i>Funcion gamma</i>	Γ	

Remplazando en la formula obtenemos:

$$\sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 2\pi A^{1-\alpha} \cdot \omega^{2-\alpha} \cdot (\sum_i m_i \cdot \Phi_i^2)}{\lambda \cdot (\sum \Phi_{rj}^{1+\alpha} \cdot \cos^{1+\alpha} \theta)}$$

$$\sum C_j = 1298.60 \text{ Ton. s/m}$$

Dirección YY:

DIRECCION YY T(seg)			0.5				
PISO	Dmax(mm)	Φ_i	Φ_{rj}	m_i	$\text{Cos } \theta$	$\sum \Phi_{rj}^{1+\alpha} \text{Cos}^{1+\alpha} \theta$	$\sum \Phi_i^2 m_i$
3	0.0356	1.0000	0.2697	46.80122	0.77744826	0.09599	46.801
2	0.026	0.7303	0.3820	68.69716	0.77744826	0.16186	36.643
1	0.0124	0.3483	0.3483	67.771	0.77744826	0.14092	8.222
						0.39877	91.666

<u>1.3.- PARAMETROS PARA EL CALCULO</u>		
Amortiguamiento Viscoso del disipador	β_H	0.3991
Coficiente de Amortiguamiento del disipador j (ton.s/m)	C_j	1854.20
Masa del Nivel i (ton.s ² /m)	m_i	
Angulo de Inclination del Disipador (rad)	θ_i	
Desplazamiento modal en el nivel i	Φ_i	
Desplazamiento modal relativo entre amdos extremos del disipador j	Φ_{rj}	
Amplitud del Desplazamiento del modo Fundamental (m)	A	0.0639
Frecuencia Angular (rad/s)	ω	12.566
Parametro Lamnda	λ	3.50
Exponente de Velocidad	α	0.50
Funcion gamma	Γ	

Remplazando en la formula obtenemos:

$$\sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 2\pi A^{1-\alpha} \cdot \omega^{2-\alpha} \cdot (\sum_i m_i \cdot \Phi_i^2)}{\lambda \cdot (\sum \Phi_{rj}^{1+\alpha} \cdot \text{Cos}^{1+\alpha} \theta)}$$

$$\sum C_j = 1854.20 \text{ Ton. s/m}$$

- **Coeficiente de Amortiguamiento unitario no lineal (Cj)**

Dirección XX:

Se considerará 4 disipadores en el eje XX, por lo tanto, el coeficiente de amortiguamiento no lineal que aportara cada disipador por nivel es:

$$C_{jx} = \frac{1298.60}{4}$$

$$C_{jx} = 324.65 \text{ Ton. s/m}$$

Dirección YY:

De igual manera se considerará 4 disipadores en el eje YY, por lo tanto, el coeficiente de amortiguamiento no lineal que aportara cada disipador por nivel es:

$$C_{jy} = \frac{1854.20}{4}$$

$$C_{jy} = 463.55 \text{ Ton. s/m}$$

Estos valores se redondean al máximo superior para ingresarlos al Software Etabs 2016

- **Datos ingresados al Software en la Dirección XX**

$$K_x (\text{piso 1}) = 27,038 \text{ Ton/m}$$

$$K_x (\text{piso típico}) = 27,458 \text{ Ton/m}$$

$$C_{jx} = 325 \text{ Ton. s/m}$$

$$\alpha = 0.5$$

- **Datos ingresados al Software en la Dirección YY**

$$K_y (\text{ piso } 1) = 29,135 \text{ Ton/m}$$

$$K_y (\text{ piso típico}) = 30,602 \text{ Ton/m}$$

$$C_{jy} = 464 \text{ Ton. s/m}$$

$$\alpha = 0.5$$

- b) Parámetros de Amortiguamiento lineal**

- **Rigidez del Brazo Metálico**

Para el cálculo de la rigidez en el sistema nos ceñiremos al concepto definido del modelo de Maxwell donde especifica que el tiempo de relajación debe ser menor a la mitad del intervalo de tiempo del registro sísmico ($t=0.02$ seg).

$$t = \frac{C_j}{K} = \frac{740.12 \text{ ton.s/m}}{1000000 \text{ ton/m}} = 0.00074 \text{ seg}$$

Esto se consigue manteniendo una rigidez muy alta del brazo metálico válido para el análisis tiempo-Historia no Lineal. Por lo tanto, para ambas direcciones consideraremos la rigidez mencionada.

- **Exponente de velocidad**

Para el caso lineal del exponente de velocidad se considera como: $\alpha=1$

- **Coefficiente de Amortiguamiento del Disipador (Cj)**

Dirección XX:

En la siguiente tabla mostramos los parámetros para el cálculo:

DIRECCION XX T(seg)		0.451					
PISO	Dmax(mm)	Φ_i	Φ_{rj}	m_i	$\text{Cos } \theta$	$\sum \Phi_{rj}^{1+\alpha} \text{Cos}^{1+\alpha} \theta$	$\sum \Phi_i^2 m_i$
3	0.0321	1.0000	0.2243	46.80122	0.93461288	0.04395	46.801
2	0.0249	0.7757	0.3707	68.69716	0.93461288	0.12005	41.336
1	0.013	0.4050	0.4050	67.771	0.91964711	0.13871	11.115
						0.30271	99.252

<u>PARAMETROS PARA EL CALCULO</u>		
Amortiguamiento Viscoso del disipador	β_H	0.3240
Coefficiente de Amortiguamiento del disipador j (ton.s/m)	C_j	2960.47
Masa del Nivel i (ton.s ² /m)	m_i	
Angulo de Inclination del Disipador (rad)	θ_i	
Desplazamiento modal en el nivel i	Φ_j	
Desplazamiento modal relativo entre ambos extremos del disipador j	Φ_{rj}	
Exponente de Velocidad	α	1.00

Remplazando en la formula obtenemos:

$$\sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 4\pi \cdot (\sum_i m_i \cdot \Phi_i^2)}{T_x \cdot (\sum \Phi_{rj}^{1+\alpha} \cdot \text{Cos}^{1+\alpha} \theta)}$$

$$\sum C_j = 2960.47 \text{ Ton. s/m}$$

Dirección YY:

DIRECCION YY T(seg)			0.5				
PISO	Dmax(mm)	Φ_i	Φ_{rj}	m_i	$\text{Cos } \theta$	$\sum \Phi_{rj}^{1+\alpha} \text{Cos}^{1+\alpha} \theta$	$\sum \Phi_i^2 m_i$
3	0.0356	1.0000	0.2697	46.80122	0.77744826	0.09599	46.801
2	0.026	0.7303	0.3820	68.69716	0.77744826	0.16186	36.643
1	0.0124	0.3483	0.3483	67.771	0.77744826	0.14092	8.222
						0.39877	91.666

PARAMETROS PARA EL CALCULO		
Amortiguamiento Viscoso del disipador	β_H	0.3991
Coefficiente de Amortiguamiento del disipador j (ton.s/m)	C_j	4474.72
Masa del Nivel i (ton.s ² /m)	m_i	
Angulo de Inclination del Disipador (rad)	θ_i	
Desplazamiento modal en el nivel i	Φ_i	
Desplazamiento modal relativo entre amdos extremos del disipador j	Φ_{rj}	
Exponente de Velocidad	α	1.00

Remplazando en la formula obtenemos:

$$\sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 4\pi \cdot (\sum_i m_i \cdot \Phi_i^2)}{T_y \cdot (\sum \Phi_{rj}^{1+\alpha} \cdot \text{Cos}^{1+\alpha} \theta)}$$

$$\sum C_j = 4474.72 \text{ Ton. s/m}$$

- **Coeficiente de Amortiguamiento unitario lineal (Cj)**

Dirección XX:

Se considerará 4 disipadores en el eje XX, por lo tanto, el coeficiente de amortiguamiento no lineal que aportara cada disipador por nivel es:

$$C_{jx} = \frac{2960.47}{4}$$

$$C_{jx} = 740.12 \text{ Ton. s/m}$$

Dirección YY:

De igual manera se considerará 4 disipadores en el eje YY, por lo tanto, el coeficiente de amortiguamiento no lineal que aportara cada disipador por nivel es:

$$C_{jy} = \frac{4474.72}{4}$$

$$C_{jy} = 1118.68 \text{ Ton. s/m}$$

Estos valores se redondean al máximo superior para ingresarlos al Software Etabs 2016

- **Datos ingresados al Software en la Dirección XX**

$$K_x = 1\ 000\ 000 \text{ Ton/m}$$

$$C_{jx} = 741 \text{ Ton. s/m}$$

$$\alpha = 1$$

- **Datos ingresados al Software en la Dirección YY**

$$Kx = 1\,000\,000 \text{ Ton/m}$$

$$Cjy = 1119 \text{ Ton. s/m}$$

$$\alpha = 1$$

4.3.4.9.1 Disposición Chevron Brace

En la figura 4.19 mostramos las ubicaciones de los disipadores en los pórticos para la dirección XX.

Es menester mencionar que no se utilizó la disposición tipo Chevron Brace en la dirección YY debido a que los pórticos en esta dirección son en promedio 4.50 m por lo que resultan relativamente cortos para su buen comportamiento, es por ello que de antemano se menciona que se mantuvo la disposición diagonal en este eje.

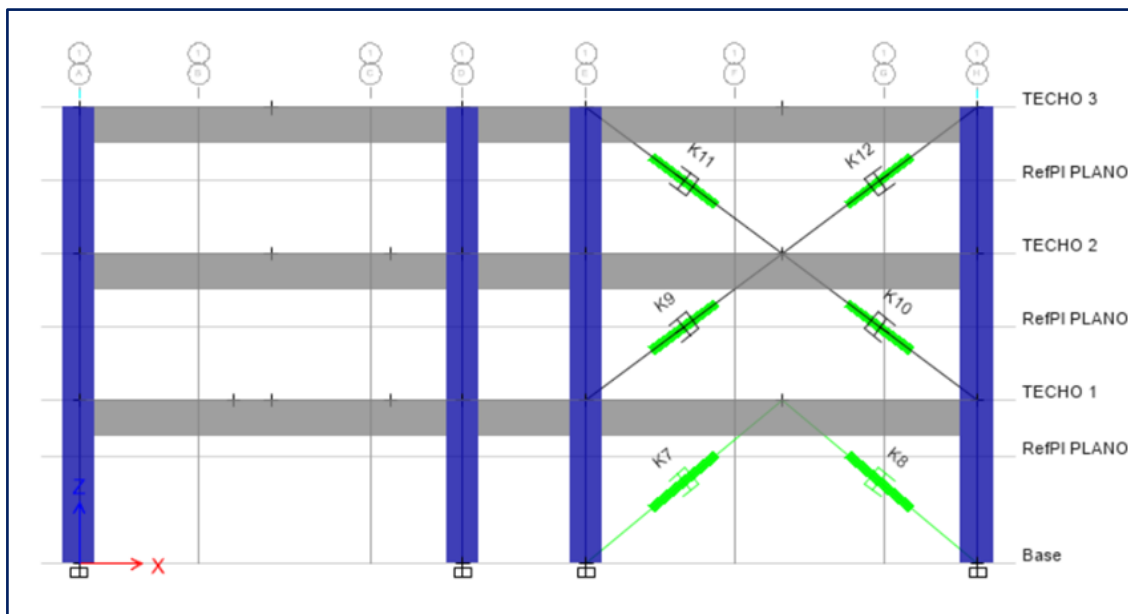


Figura 4.19 Ubicación de los Amortiguadores en Disposición Chevron Brace en la Dirección XX
Fuente: Elaborado por el autor.


Table 1-13 (continued) Round HSS Dimensions and Properties										
										 HSS9.625- HSS6.875
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	in. ²		in. ⁴	in. ³	in.	in. ³	in. ⁴	in. ³
HSS9.625×0.500	0.465	48.77	13.4	20.7	141	29.2	3.24	39.0	281	58.5
×0.375	0.349	37.08	10.2	27.6	110	22.8	3.28	30.0	219	45.5
×0.312	0.291	31.06	8.53	33.1	93.0	19.3	3.30	25.4	186	38.7
×0.250	0.233	25.06	6.87	41.3	75.9	15.8	3.32	20.6	152	31.5
×0.188 ^f	0.174	18.97	5.17	55.3	57.7	12.0	3.34	15.5	115	24.0

Figura 4.20: Propiedades y Características de los perfiles HSS-Dirección Y
Fuente: AISC Steel Construction Versión 14.

Con estos datos se procede a calcular la rigidez del sistema:

$$K = \frac{E \cdot A}{L}$$

Dirección XX y YY

$$E = 29000 \text{ Ksi} = 20.4 \times 10^6 \text{ Ton/m}^2$$

$$A = 13.4 \text{ in} = 0.00865 \text{ m}^2$$

$$L (\text{ piso } 1) = 6.05 \text{ m}$$

$$L (\text{ piso típico}) = 5.76 \text{ m}$$

$$K_y = \frac{(20.4 \times 10^6)(0.00865)}{6.05}$$

$$K_y = \frac{(20.4 \times 10^6)(0.00865)}{5.76}$$

$$K_y (\text{ piso } 1) = 29,134.85 \text{ Ton/m}$$

$$K_y (\text{ piso típico}) = 30,601.71 \text{ Ton/m}$$

- **Exponente de velocidad y Parámetro Lambda**

De igual manera consideraremos los valores del exponente de velocidad y el factor lambda propuestos por el FEMA 274 empleada para reforzamiento de amortiguadores de fluido viscoso trabajando en el rango no lineal para ambas direcciones:

$$\alpha = 0.5 \quad \lambda = 3.5$$

- **Amplitud del Desplazamiento (A)**

Los valores de las amplitudes son los mismos que la disposición tipo Diagonal Simple.

Dirección XX

Remplazando los valores en la formula obtenemos:

$A = \frac{10 \cdot g \cdot \gamma \cdot S_a \cdot T_1}{4 \cdot B_{(1D)} \cdot \pi^2}$		
Amplitud del desplazamiento (mm)	A	40.608792
Aceleracion de la gravedad (cm/s ²)	g	981
Facto de participacion del modo fundamental de vibracion *(1.2-1.6)	γ	1.24236
Aceleracion espectral del sismo de diseño	S_a	0.35
Periodo fundamental en la direccion de analisis (s)	T₁	0.451
Coeficiente de Amortiguamiento (ton.s/m)	B_{1D}	1.2
ALTERNATIVAMENTE		
$A = \frac{A_{s/d}}{B}$		
Amplitud del desplazamiento sin dispadores (mm)	A_{s/d}	107.400
Amplitud del desplazamiento del ultimo nivel (mm)	A	53.700

$$A_x = 53.70\text{mm} = 0.0537 \text{ m}$$

Dirección YY

$A = \frac{10 \cdot g \cdot \gamma \cdot S_a \cdot T_1}{4 \cdot B_{1D} \cdot \pi^2}$		
Amplitud del desplazamiento (mm)	A	43.432878
Aceleración de la gravedad (cm/s ²)	g	981
Facto de participacion del modo fundamental de vibracion *(1.2-1.6)	γ	1.19854
Aceleración espectral del sismo de diseño	S_a	0.35
Periodo fundamental en la dirección de analisis (s)	T₁	0.5
Coeficiente de Amortiguamiento (ton.s/m)	B_{1D}	1.2
ALTERNATIVAMENTE		
$A = \frac{A_s/d}{B}$		
Amplitud del desplazamiento sin disipadores (mm)	A s/d	140.500
Amplitud del desplazamiento del ultimo nivel (mm)	A	63.864

$$A_y = 63.864 \text{ mm} = 0.0639 \text{ m}$$

• **Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador (C_j)**

Dirección XX:

En la siguiente tabla mostramos los parámetros para el cálculo:

DIRECCION XX T(seg)			0.451				
PISO	Dmax(mm)	Φ _i	Φ _{rj}	m _i	Cos θ	∑ Φ _{rj} ^{1+α} Cos ^{1+α} θ	∑ Φ _i ² m _i
3	0.0321	1.0000	0.2243	46.80122	0.80149253	0.07622	46.801
2	0.0249	0.7757	0.3707	68.69716	0.80149253	0.16196	41.336
1	0.013	0.4050	0.4050	67.771	0.76672129	0.17303	11.115
						0.41121	99.252

PARAMETROS PARA EL CALCULO		
Amortiguamiento Viscoso del disipador	β_H	0.3240
Coficiente de Amortiguamiento del disipador j (ton.s/m)	C_j	1691.94
Masa del Nivel i (ton.s ² /m)	m_i	
Angulo de Inclination del Disipador (rad)	θ_i	
Desplazamiento modal en el nivel i	Φ_j	
Desplazamiento modal relativo entre amdos extremos del disipador j	Φ_{rj}	
Amplitud del Desplazamiento del modo Fundamental (m)	A	0.0537
Frecuencia Angular (rad/s)	ω	13.932
Parametro Lamnda	λ	3.50
Exponente de Velocidad	α	0.50
Funcion gamma	Γ	

Remplazando en la formula obtenemos:

$$\sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 2\pi A^{1-\alpha} \cdot \omega^{2-\alpha} \cdot (\sum_i m_i \cdot \Phi_i^2)}{\lambda \cdot (\sum \Phi_{rj}^{1+\alpha} \cdot \cos^{1+\alpha} \theta)}$$

$$\sum C_j = 1691.94 \text{ Ton. s/m}$$

Dirección YY:

DIRECCION YY T(seg)			0.5				
PISO	Dmax(mm)	Φ_i	Φ_{rj}	m_i	$\cos \theta$	$\sum \Phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta$	$\sum \Phi_i^2 m_i$
3	0.0356	1.0000	0.2697	46.80122	0.77744826	0.09599	46.801
2	0.026	0.7303	0.3820	68.69716	0.77744826	0.16186	36.643
1	0.0124	0.3483	0.3483	67.771	0.77744826	0.14092	8.222
						0.39877	91.666

1.3.- PARAMETROS PARA EL CALCULO		
Amortiguamiento Viscoso del disipador	β_H	0.3991
Coficiente de Amortiguamiento del disipador j (ton.s/m)	C_j	1854.20
Masa del Nivel i (ton.s ² /m)	m_i	
Angulo de Inclination del Disipador (rad)	θ_i	
Desplazamiento modal en el nivel i	Φ_i	
Desplazamiento modal relativo entre amdos extremos del disipador j	Φ_{rj}	
Amplitud del Desplazamiento del modo Fundamental (m)	A	0.0639
Frecuencia Angular (rad/s)	ω	12.566
Parametro Lamnda	λ	3.50
Exponente de Velocidad	α	0.50
Funcion gamma	Γ	

Remplazando en la formula obtenemos:

$$\sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 2\pi A^{1-\alpha} \cdot \omega^{2-\alpha} \cdot (\sum_i m_i \cdot \Phi_i^2)}{\lambda \cdot (\sum \Phi_{rj}^{1+\alpha} \cdot \cos^{1+\alpha} \theta)}$$

$$\sum C_j = 1854.20 \text{ Ton. s/m}$$

- **Coficiente de Amortiguamiento unitario no lineal (Cj)**

Dirección XX:

Se considerará 4 disipadores en el eje XX, por lo tanto, el coeficiente de amortiguamiento no lineal que aportara cada disipador por nivel es:

$$C_{jx} = \frac{1691.94}{4}$$

$$C_{jx} = 422.985 \text{ Ton. s/m}$$

Dirección YY:

De igual manera se considerará 4 disipadores en el eje YY, por lo tanto, el coeficiente de amortiguamiento no lineal que aportara cada disipador por nivel es:

$$C_{jy} = \frac{1854.20}{4}$$

$$C_{jy} = 463.55 \text{ Ton. s/m}$$

Estos valores se redondean al máximo superior para ingresarlos al Software Etabs 2016

- **Datos ingresados al Software en la Dirección XX**

$$K_x (\text{ piso } 1) = 29,135 \text{ Ton/m}$$

$$K_x (\text{ piso típico}) = 30,602 \text{ Ton/m}$$

$$C_{jx} = 423 \text{ Ton. s/m}$$

$$\alpha = 0.5$$

- **Datos ingresados al Software en la Dirección YY**

$$K_y (\text{ piso } 1) = 29,135 \text{ Ton/m}$$

$$K_y (\text{ piso típico}) = 30,602 \text{ Ton/m}$$

$$C_{jy} = 464 \text{ Ton. s/m}$$

$$\alpha = 0.5$$

b) Parámetros de Amortiguamiento Lineal

- **Rigidez del Brazo Metálico**

De igual manera para el cálculo de la rigidez en el sistema nos ceñiremos al concepto definido del modelo de Maxwell donde especifica que el tiempo de relajación debe ser menor a la mitad del intervalo de tiempo del registro sísmico (t=0.02 seg).

$$t = \frac{C_j}{K} = \frac{1032.34 \text{ ton.s/m}}{1000000 \text{ ton/m}} = 0.00103 \text{ seg}$$

Esto se consigue manteniendo una rigidez muy alta del brazo metálico valido para el análisis tiempo-Historia no Lineal. Por lo tanto, para ambas direcciones consideraremos la rigidez mencionada.

- **Exponente de velocidad**

Para el caso lineal del exponente de velocidad se considera como: $\alpha=1$

- **Coeficiente de Amortiguamiento del Disipador (Cj)**

Dirección XX:

En la siguiente tabla mostramos los parámetros para el cálculo:

DIRECCION XX T(seg)		0.451					
PISO	Dmax(mm)	Φ_i	Φ_{rj}	m_i	$\text{Cos } \theta$	$\sum \Phi_{rj}^{1+\alpha} \text{Cos}^{1+\alpha\theta}$	$\sum \Phi_i^2 m_i$
3	0.0321	1.0000	0.2243	46.80122	0.80149253	0.03232	46.801
2	0.0249	0.7757	0.3707	68.69716	0.80149253	0.08828	41.336
1	0.013	0.4050	0.4050	67.771	0.76672129	0.09642	11.115
						0.21702	99.252

PARAMETROS PARA EL CALCULO		
Amortiguamiento Viscoso del disipador	β_H	0.3240
Coefficiente de Amortiguamiento del disipador j (ton.s/m)	C_j	4129.35
Masa del Nivel i (ton.s ² /m)	m_i	
Angulo de Inclination del Disipador (rad)	θ_i	
Desplazamiento modal en el nivel i	Φ_j	
Desplazamiento modal relativo entre ambos extremos del disipador j	Φ_{rj}	
Exponente de Velocidad	α	1.00

Remplazando en la formula obtenemos:

$$\sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 4\pi \cdot (\sum_i m_i \cdot \Phi_i^2)}{T_x \cdot (\sum \Phi_{rj}^{1+\alpha} \cdot \cos^{1+\alpha} \theta)}$$

$$\sum C_j = 4129.35 \text{ Ton. s/m}$$

Dirección YY:

Los resultados se mantienen perennes debido a que no se modificó la disposición por razones justificadas anteriormente.

DIRECCION YY T(seg)			0.5				
PISO	Dmax(mm)	Φ_i	Φ_{rj}	m_i	Cos θ	$\sum \Phi_{rj}^{1+\alpha} \cos^{1+\alpha} \theta$	$\sum \Phi_i^2 m_i$
3	0.0356	1.0000	0.2697	46.80122	0.77744826	0.09599	46.801
2	0.026	0.7303	0.3820	68.69716	0.77744826	0.16186	36.643
1	0.0124	0.3483	0.3483	67.771	0.77744826	0.14092	8.222
						0.39877	91.666

PARAMETROS PARA EL CALCULO		
Amortiguamiento Viscoso del disipador	β_H	0.3991
Coefficiente de Amortiguamiento del disipador j (ton.s/m)	C_j	4474.72
Masa del Nivel i (ton.s ² /m)	m_i	
Angulo de Inclination del Disipador (rad)	θ_i	
Desplazamiento modal en el nivel i	Φ_i	
Desplazamiento modal relativo entre ambos extremos del disipador j	Φ_{rj}	
Exponente de Velocidad	α	1.00

Remplazando en la formula obtenemos:

$$\sum C_j = \frac{\beta_H \cdot 4\pi \cdot (\sum_i m_i \cdot \Phi_i^2)}{T_y \cdot (\sum \Phi_{rj}^{1+\alpha} \cdot \cos^{1+\alpha} \theta)}$$

$$\sum C_j = 4474.72 \text{ Ton. s/m}$$

- **Coeficiente de Amortiguamiento unitario lineal (C_j)**

Dirección XX:

Se considerará 4 disipadores en el eje XX, por lo tanto, el coeficiente de amortiguamiento no lineal que aportara cada disipador por nivel es:

$$C_{jx} = \frac{4474.72}{4}$$

$$C_{jx} = 1032.34 \text{ Ton. s/m}$$

Dirección YY:

De igual manera se considerará 4 disipadores en el eje YY, por lo tanto, el coeficiente de amortiguamiento no lineal que aportara cada disipador por nivel es:

$$C_{jy} = \frac{4474.72}{4}$$

$$C_{jy} = 1118.68 \text{ Ton. s/m}$$

Estos valores se redondean al máximo superior para ingresarlos al Software Etabs 2016

- **Datos ingresados al Software en la Dirección XX**

$$K_x = 1\ 000\ 000 \text{ Ton/m}$$

$$C_{jx} = 1033 \text{ Ton. s/m}$$

$$\alpha = 1$$

- **Datos ingresados al Software en la Dirección YY**

$$K_x = 1\ 000\ 000 \text{ Ton/m}$$

$$C_{jy} = 1119 \text{ Ton. s/m}$$

$$\alpha = 1$$

4.3.5 Evaluación de las respuestas de cada alternativa

Tal como lo estipula la norma la vigente norma E030, las respuestas para cada alternativa fueron los promedios los resultados máximos y mínimos para los siete juegos de registros del análisis Tiempo-Historia no lineal.

Consecuentemente se pasó a evaluar cuál sería la mejor alternativa de diseño para la edificación. A continuación, en los siguientes cuadros y gráficos comparativos se muestran las respuestas de cada alternativa con las respuestas de la edificación convencional para su posterior evaluación como alternativa viable.

4.3.5.1 Respuestas de las Derivas

En las siguientes tablas se muestran las derivas y su reducción en porcentaje para cada disposición que se obtuvieron del promedio de los siete juegos de registros escalados al espectro elástico de diseño para la Zona del proyecto para un Sismo catalogado como raro con un $T_p=475$ años.

Tabla 22. Distorsiones inelásticas máximas para cada Nivel y Disposición - Eje XX

DRIFTS-DIRECCION XX					
NIVELES	EDIFICACION SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES DIAGONAL (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES DIAGONAL (LINEAL $\alpha=1$)	CON DISIPADORES CHEVRON (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES CHEVRON (LINEAL $\alpha=1$)
3	0.00637	0.00197	0.00295	0.00229	0.00299
2	0.01027	0.00301	0.00473	0.00353	0.00479
1	0.01015	0.00335	0.00535	0.00397	0.00543

Fuente: Elaborado por el autor.



Figura 4.21 Distorsiones inelásticas en la Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal - Dirección XX

Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla 23. Reducción de las Distorsiones inelásticas para cada nivel y Disposición-Eje XX

REDUCCION EN %-DIRECCION XX				
NIVELES	CON DISIPADORES DIAGONAL (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES DIAGONAL (LINEAL $\alpha=1$)	CON DISIPADORES CHEVRON (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES CHEVRON (LINEAL $\alpha=1$)
3	69%	54%	64%	53%
2	71%	54%	66%	53%
1	67%	47%	61%	47%

Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla 24. Distorsiones inelásticas máximas para cada Nivel y Disposición - Eje YY

DRIFTS-DIRECCION YY					
NIVELES	EDIFICACION SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES DIAGONAL (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES DIAGONAL (LINEAL $\alpha=1$)	CON DISIPADORES CHEVRON (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES CHEVRON (LINEAL $\alpha=1$)
T3	0.008181	0.003171	0.003963	0.003181	0.003589
T2	0.012072	0.004851	0.006331	0.004892	0.006129
T1	0.009812	0.004569	0.005581	0.004572	0.005631

Fuente: Elaborado por el autor.

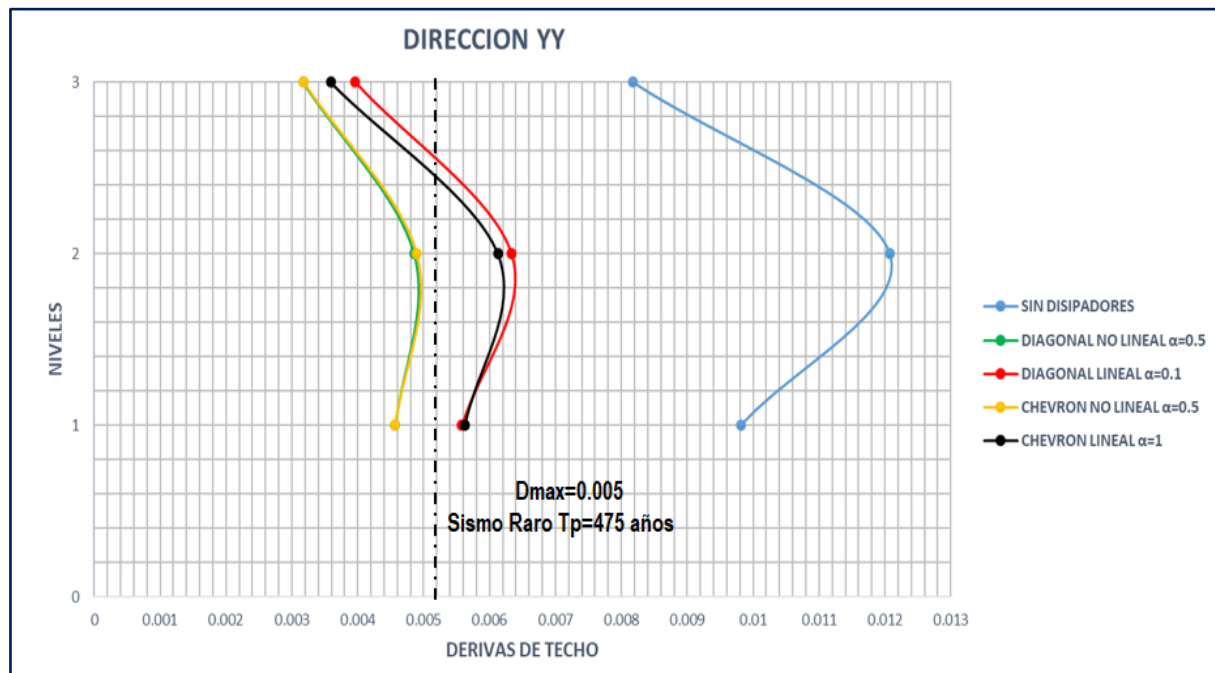


Figura 4.22 Distorsiones inelásticas en la Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal - Dirección YY

Fuente: Elaborado por el auto

Tabla 25. Reducción de las Distorsiones inelásticas para cada nivel y Disposición-Eje YY

REDUCCION EN % - DIRECCION YY				
NIVELES	CON DISIPADORES DIAGONAL (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES DIAGONAL (LINEAL $\alpha=1$)	CON DISIPADORES CHEVRON (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES CHEVRON (LINEAL $\alpha=1$)
T3	61%	52%	61%	56%
T2	60%	48%	59%	49%
T1	53%	43%	53%	43%

Fuente: Elaborado por el autor.

Expertos en la materia mencionan que brindar una seguridad completa a la edificación frente a cualquier terremoto es literalmente imposible de lograr debido a las limitaciones que tiene la ingeniería a nivel de estudios de peligro Sísmico para cada proyecto, a esto sumado la incertidumbre debido a la baja o alta probabilidad de ocurrencia de un sismo en un periodo y lugar determinado

Es necesario mencionar que, en toda la vida útil de la estructura esta pueda sufrir el embate de un sismo mucho mayor al de diseño ocasionándole grandes daños, imposibles técnica y económica de reparar e inclusive ocasionar la muerte de sus ocupantes.

El daño en una edificación se mide a través de las derivas, es por ello que para garantizar el diseño es necesario verificar que la edificación quede un estado de resguardo de vida para un sismo catalogado como muy raro con un $T_p=970$ años y esto se contrasta a través de las distorsiones máximas de entrepiso. En los gráficos 4.23 y 4.24 mostramos las derivas inelásticas para mencionado Sismo.

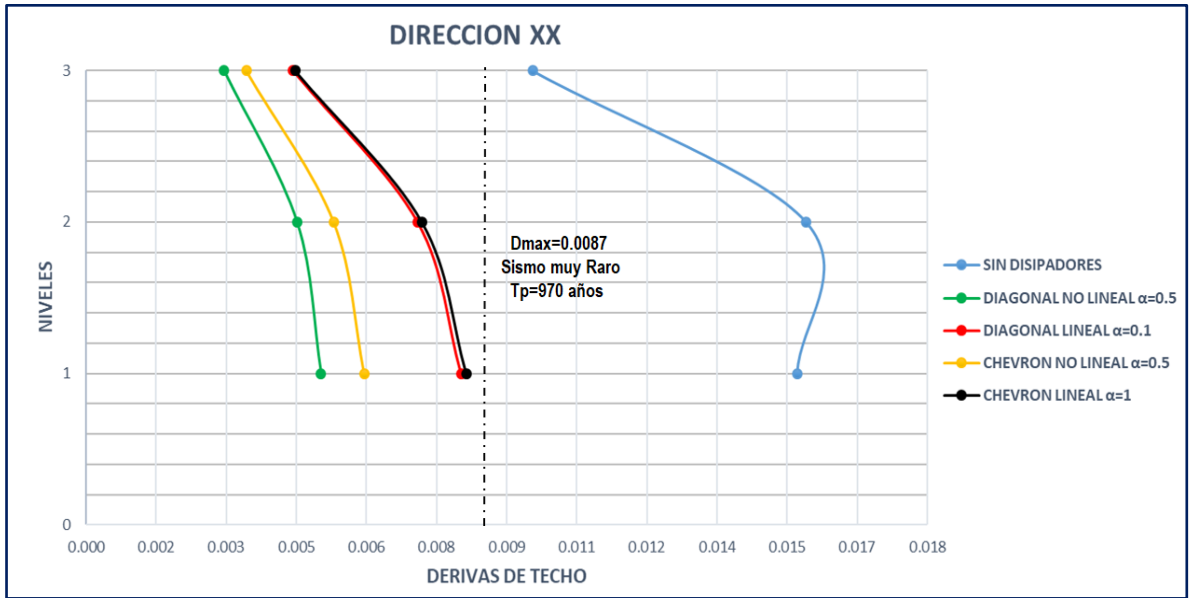


Figura 4.23 Distorsiones inelásticas en la Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal para un Sismo muy Raro - Dirección XX
Fuente: Elaborado por el autor.

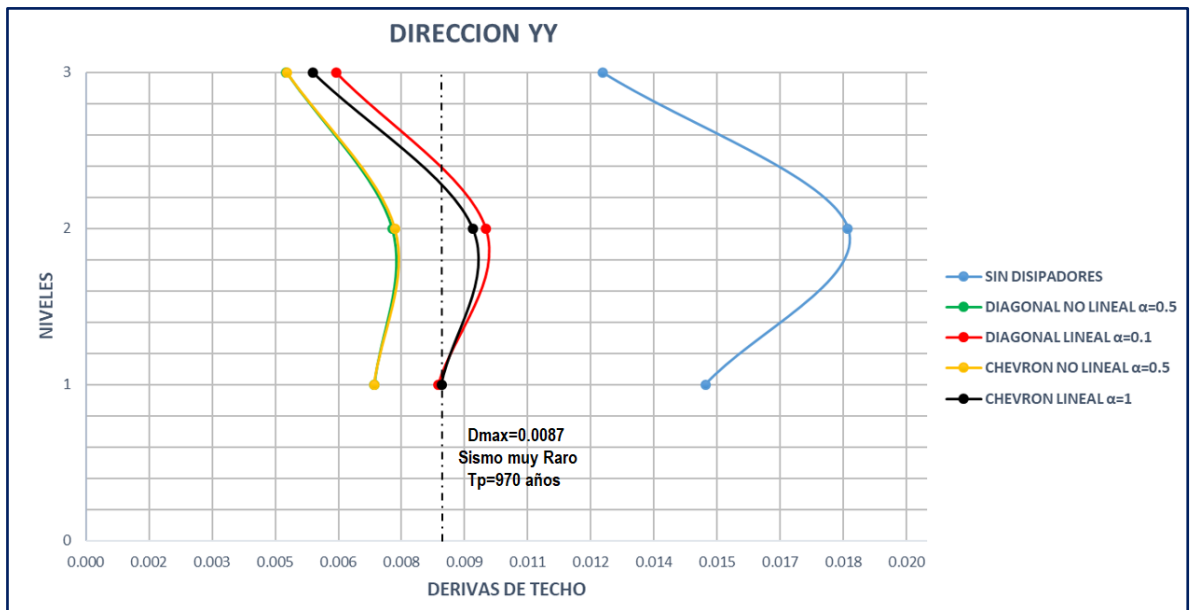


Figura 4.24 Distorsiones inelásticas en la Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal para un Sismo muy Raro - Dirección YY
Fuente: Elaborado por el auto

Con respecto a las derivas de entrepiso se observó que las menores respuestas son gobernadas con los disipadores en Disposición diagonal Simple no Lineal $\alpha=0.5$ alcanzando un drift máximo de 0.33% en la Dirección XX y 0.49% en la dirección YY mostrando una reducción de 67% y 60% respectivamente en comparación con las demás disposiciones.

También se observa que con las disposiciones Chevron Brace y Diagonal lineal $\alpha=1$ no se logra obtener la deriva objetivo de 0.005 establecida por Hazus.

4.3.5.2 Respuestas de los Desplazamientos.

Tabla 26. Desplazamientos Relativos máximos para cada nivel y Disposición-Eje XX

DEFORMACION LATERAL(m) -DIRECCION XX					
NIVELES	EDIFICACION SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES DIAGONAL (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES DIAGONAL (LINEAL $\alpha=1$)	CON DISIPADORES CHEVRON (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES CHEVRON (LINEAL $\alpha=1$)
T3	0.101	0.033	0.043	0.038	0.044
T2	0.078	0.024	0.034	0.029	0.035
T1	0.041	0.014	0.020	0.016	0.021

Fuente: Elaborado por el autor.

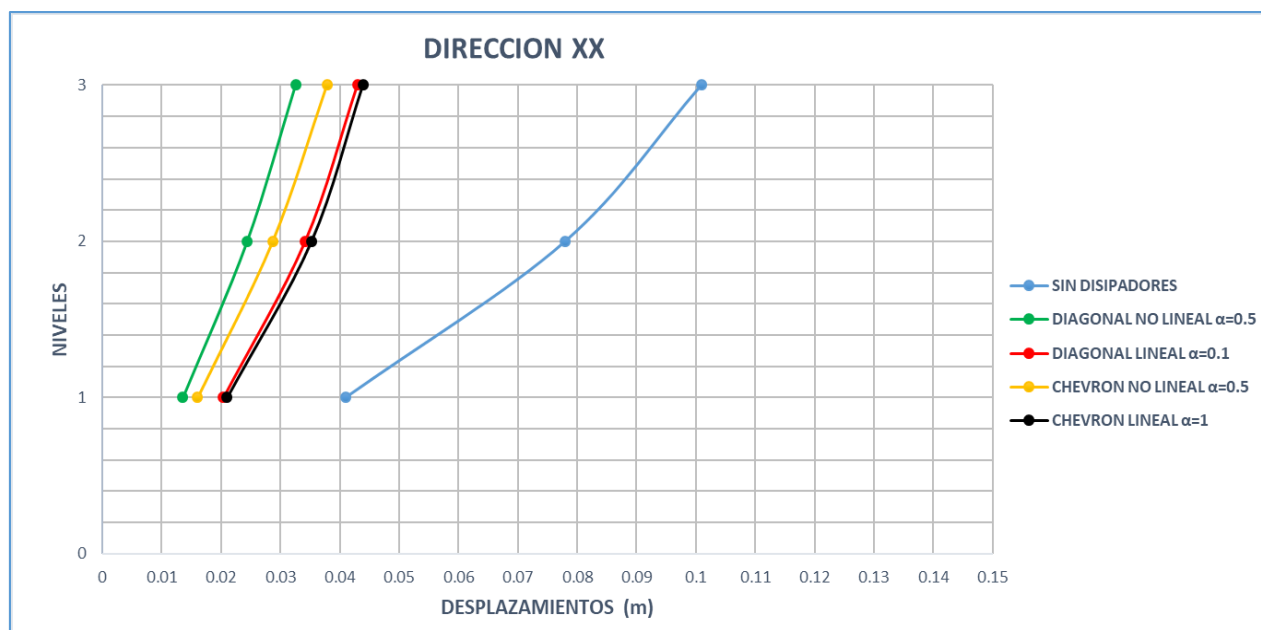


Figura 4.25 Desplazamientos Relativos de Entrepiso en la Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal - Dirección XX

Fuente: Elaborado por el auto

Tabla 27. Reducción de las Desplazamientos Relativos para cada nivel y Disposición-Eje XX

REDUCCION EN %-DIRECCION XX				
NIVELES	CON DISIPADORES DIAGONAL (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES DIAGONAL (LINEAL $\alpha=1$)	CON DISIPADORES CHEVRON (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES CHEVRON (LINEAL $\alpha=1$)
T3	68%	57%	62%	56%
T2	69%	56%	63%	55%
T1	67%	50%	61%	49%

Fuente: Elaborado por el autor.

Tabla 28. Desplazamientos Relativos máximos para cada nivel y Disposición-Eje YY

DEFORMACION LATERAL (m) -DIRECCION YY					
NIVELES	EDIFICACION SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES DIAGONAL (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES DIAGONAL (LINEAL $\alpha=1$)	CON DISIPADORES CHEVRON (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES CHEVRON (LINEAL $\alpha=1$)
T3	0.113	0.047	0.060	0.050	0.058
T2	0.083	0.036	0.047	0.038	0.045
T1	0.040	0.018	0.024	0.019	0.023

Fuente: Elaborado por el autor.

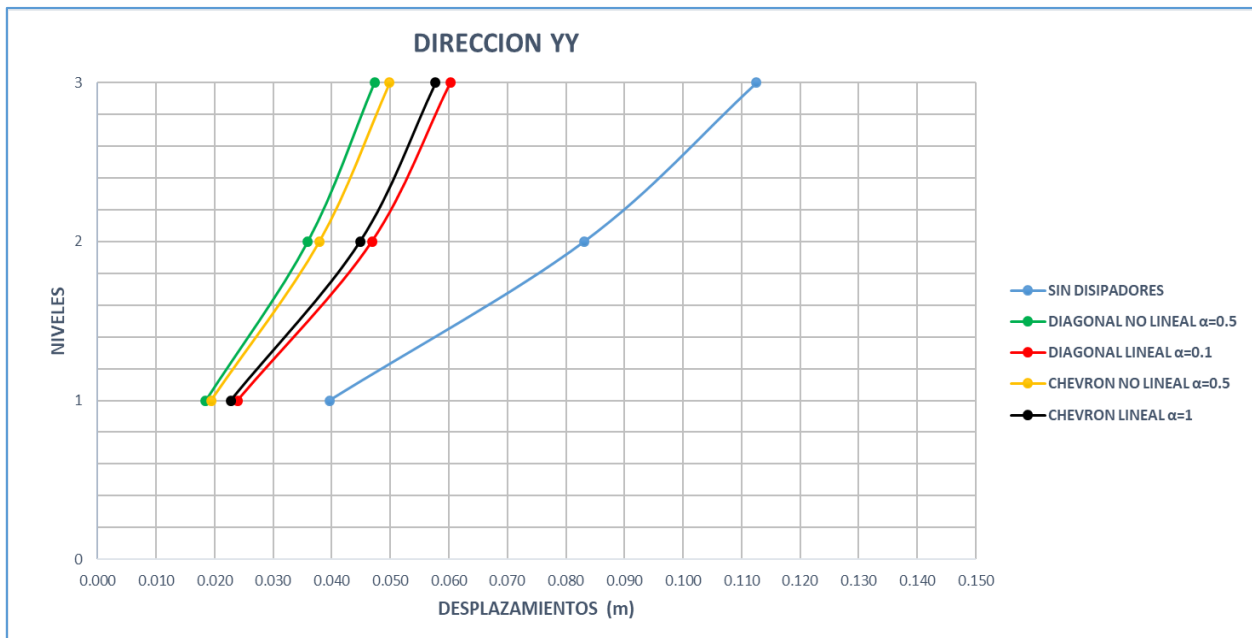


Figura 4.26 Desplazamientos Relativos de Entrepiso en la Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal - Dirección YY

Fuente: Elaborado por el auto

Tabla 29. Reducción de las Desplazamientos Relativos para cada nivel y Disposición-Eje YY

REDUCCION EN %-DIRECCION YY				
NIVELES	CON DISIPADORES DIAGONAL (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES DIAGONAL (LINEAL $\alpha=1$)	CON DISIPADORES CHEVRON (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES CHEVRON (LINEAL $\alpha=1$)
3	58%	46%	56%	49%
2	57%	44%	54%	46%
1	53%	40%	51%	43%

Fuente: Elaborado por el autor.

Con respecto a desplazamientos relativos máximos se observó que a diferencia de las demás alternativas con la Disposición diagonal Simple no Lineal $\alpha=0.5$ el ultimo nivel alcanza una deformación de 3.3 cm en la Dirección XX y 4.7cm en la dirección YY en comparación con la estructura sin disipadores que exhibe una deformación máxima en el último nivel de 10.1 cm en XX y 11.3 cm en YY disminuyendo así de manera efectiva las respuestas en aproximadamente 68% y 58% respectivamente.

4.3.5.3 Respuestas de las Fuerzas Axiales en Columnas.

Tabla 30. Fuerza Axial máxima actuante en la Columna C17- Pórtico 1-1

FUERZA AXIAL MAXIMA (Ton)-C17					
NIVELES	EDIFICACION SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES DIAGONAL (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES DIAGONAL (LINEAL $\alpha=1$)	CON DISIPADORES CHEVRON (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES CHEVRON (LINEAL $\alpha=1$)
T3	96.67	37.62	35.5	39.14	36.19
T2	358.11	101.11	117.31	118.21	118.37
T1	713.25	213.22	246.62	256.76	247.58

Fuente: Elaborado por el autor.

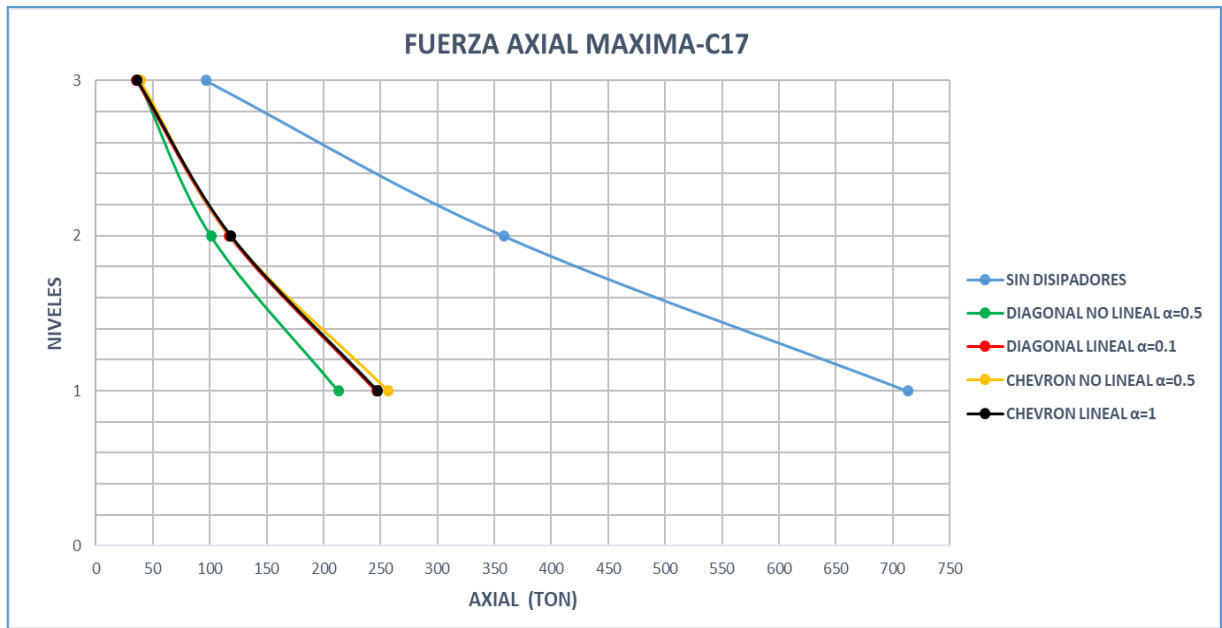


Figura 4.27 Fuerza Axial máxima en la C17 de Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal.
Fuente: Elaborado por el auto

Tabla 31. Reducción de las Fuerza Axial en la C17 para cada nivel y Disposición

REDUCCION EN %				
NIVELES	CON DISIPADORES DIAGONAL (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES DIAGONAL (LINEAL $\alpha=1$)	CON DISIPADORES CHEVRON (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES CHEVRON (LINEAL $\alpha=1$)
T3	61%	63%	60%	63%
T2	72%	67%	67%	67%
T1	70%	65%	64%	65%

Fuente: Elaborado por el autor.

Las fuerzas axiales máximas se presentaron en la columna C17 de aproximadamente 213 Ton en el primer nivel en comparación con la estructura sin disipadores que exhibe 713 Ton obteniéndose una reducción de fuerzas en 70%, siendo la disposición que mejor comportamiento muestra debido a la disminución de notable de las respuestas.

4.3.5.4 Respuestas de las Fuerzas Cortantes Columnas.

Tabla 32. Fuerza Cortante máxima actuante en la Columna C17- Pórtico 1-1

FUERZA CORTANTES MAXIMA (Ton)-C17					
NIVELES	EDIFICACION SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES DIAGONAL (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES DIAGONAL (LINEAL $\alpha=1$)	CON DISIPADORES CHEVRON (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES CHEVRON (LINEAL $\alpha=1$)
3	78.18	29.83	40.82	33.13	41.22
2	181.14	53.46	81.57	61.87	82.54
1	221.90	78.82	121.63	92.28	122.85

Fuente: Elaborado por el autor.

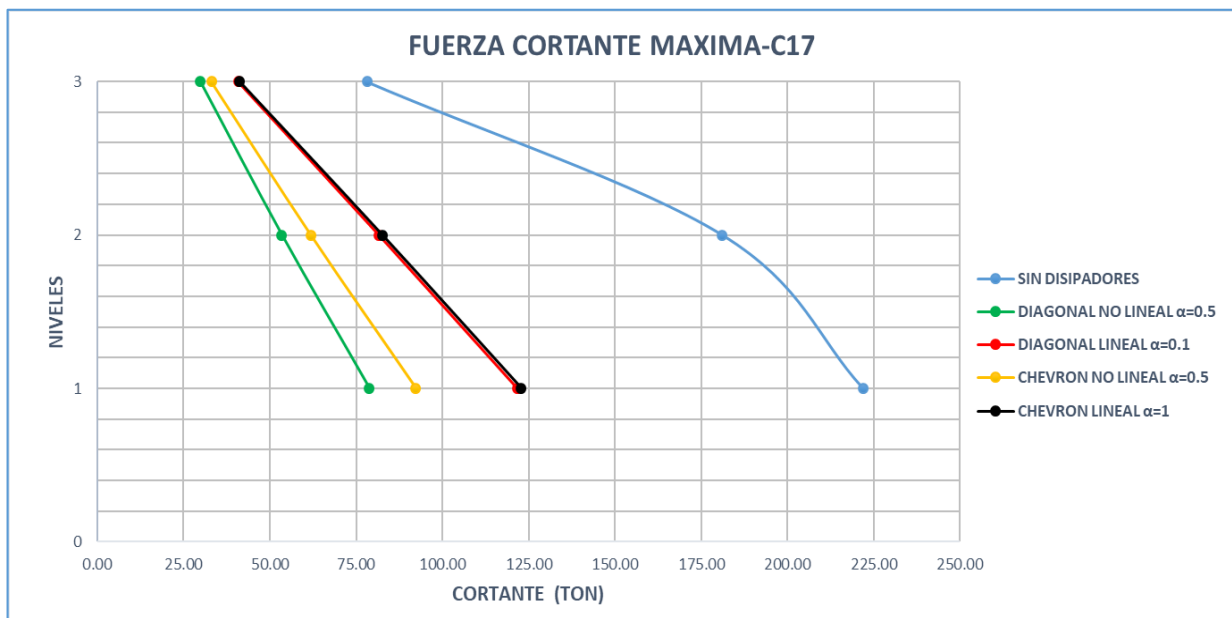


Figura 4.28 Fuerza Cortante máximas en la C17 de Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal.

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 33. Reducción de las Fuerza Cortante en la C17 para cada nivel y Disposición

REDUCCION EN %				
NIVELES	CON DISIPADORES DIAGONAL (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES DIAGONAL (LINEAL $\alpha=1$)	CON DISIPADORES CHEVRON (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES CHEVRON (LINEAL $\alpha=1$)
3	62%	48%	58%	47%
2	70%	55%	66%	54%
1	64%	45%	58%	45%

Fuente: Elaborado por el autor.

Similarmente las fuerzas cortante máximas se presentaron en la columna C17 de aproximadamente 79 Ton en el primer nivel en comparación con la estructura sin disipadores que exhibe 222 Ton obteniéndose una reducción de fuerzas en 64 %, siendo la disposición que mejor comportamiento muestra debido a la disminución de notable de las respuestas en todos los niveles. La otra disposición que más se acerca a estos resultados son la de Chevron no Lineal $\alpha=0.5$ con un 58% de reducción.

4.3.5.5 Respuestas de los Momentos Flectores en Columnas.

Tabla 34. Momento Flector máximo actuante en la Columna C17- Pórtico 1-1

MOMENTO FLECTOR MAXIMO (Ton.m)-C17					
NIVELES	EDIFICACION SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES DIAGONAL (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES DIAGONAL (LINEAL $\alpha=1$)	CON DISIPADORES CHEVRON (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES CHEVRON (LINEAL $\alpha=1$)
T3	77.790	33.080	42.270	52.800	65.070
T2	232.410	67.000	99.080	77.490	111.280
T1	419.560	144.660	225.330	170.510	226.190

Fuente: Elaborado por el autor.

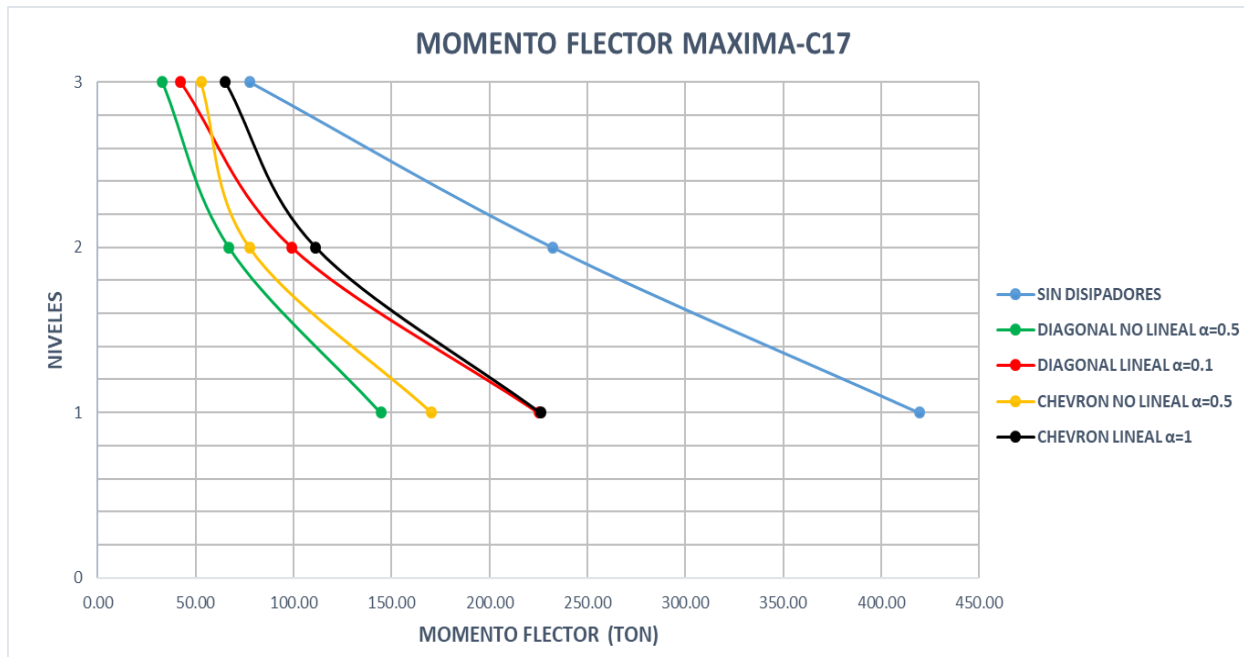


Figura 4.29 Momento Flector máximo en la C17 de Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal.

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 35. Reducción del Momento Flector en la C17 para cada nivel y Disposición

REDUCCION EN %				
NIVELES	CON DISIPADORES DIAGONAL (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES DIAGONAL (LINEAL $\alpha=1$)	CON DISIPADORES CHEVRON (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES CHEVRON (LINEAL $\alpha=1$)
T3	57%	46%	32%	16%
T2	71%	57%	67%	52%
T1	66%	46%	59%	46%

Fuente: Elaborado por el autor.

Con respecto a los momentos flectores la disposición que mejor comportamiento muestra debido a la disminución de notable de las respuestas en todos los niveles es la de diagonal Simple no Lineal $\alpha=0.5$ y la Chevron Brace no Lineal $\alpha=0.5$ con una reducción de 66% y 59% de las fuerzas en el primer nivel respectivamente respecto a la estructura sin dispositivos

4.3.5.6 Respuestas de los Momentos Flectores en Vigas.

Tabla 36. Momento Flector máximo actuante en la Viga B26 - Pórtico 1-1

MOMENTO FLECTOR MAXIMO (Ton.m)-B26					
NIVELES	EDIFICACION SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES DIAGONAL (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES DIAGONAL (LINEAL $\alpha=1$)	CON DISIPADORES CHEVRON (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES CHEVRON (LINEAL $\alpha=1$)
T3	91.490	30.340	36.540	39.410	47.710
T2	139.040	50.960	53.530	57.600	71.410
T1	178.430	69.110	76.030	82.530	93.400

Fuente: Elaborado por el autor.

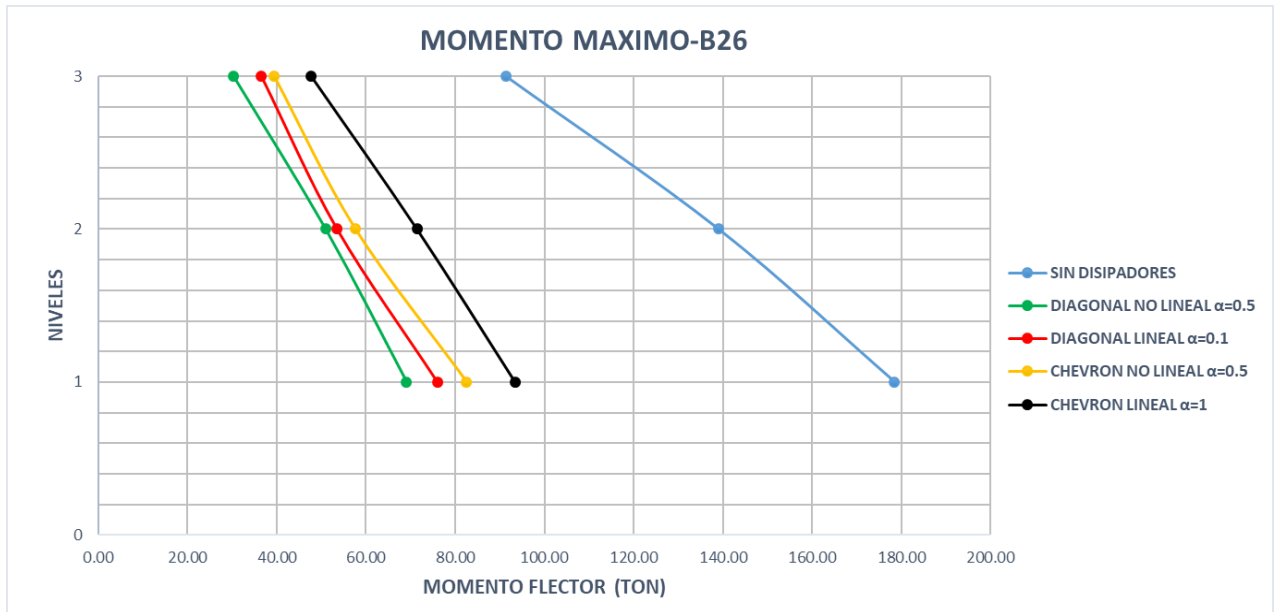


Figura 4.30 Momento Flector máximo en la B26 de Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal.
Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 37. Reducción del Momento Flector en la B26 para cada nivel y Disposición

REDUCCION EN %				
NIVELES	CON DISIPADORES DIAGONAL (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES DIAGONAL (LINEAL $\alpha=1$)	CON DISIPADORES CHEVRON (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES CHEVRON (LINEAL $\alpha=1$)
T3	67%	60%	57%	48%
T2	63%	62%	59%	49%
T1	61%	57%	54%	48%

Fuente: Elaborado por el autor.

En el caso de los momentos flectores en vigas la más forzada es la viga B26, si bien disposición diagonal Simple no Lineal $\alpha=0.5$ es la que menor respuesta exhibe los resultados en todas las disposiciones son relativamente parecidas no habiendo una disposición que muestra ampliamente una gran holgura a nivel esfuerzos en comparación con las demás.

4.3.5.7 Respuestas de las Fuerzas Cortantes en Vigas.

Tabla 38. Fuerza Cortante máxima actuante en la Viga B26 - Pórtico 1-1

FUERZA CORTANTE MAXIMA (Ton)-B26					
NIVELES	EDIFICACION SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES DIAGONAL (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES DIAGONAL (LINEAL $\alpha=1$)	CON DISIPADORES CHEVRON (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES CHEVRON (LINEAL $\alpha=1$)
3	27.57	13.50	17.80	15.97	18.05
2	41.21	22.06	26.45	23.36	26.60
1	51.56	26.78	33.08	33.63	33.40

Fuente: Elaborado por el autor.

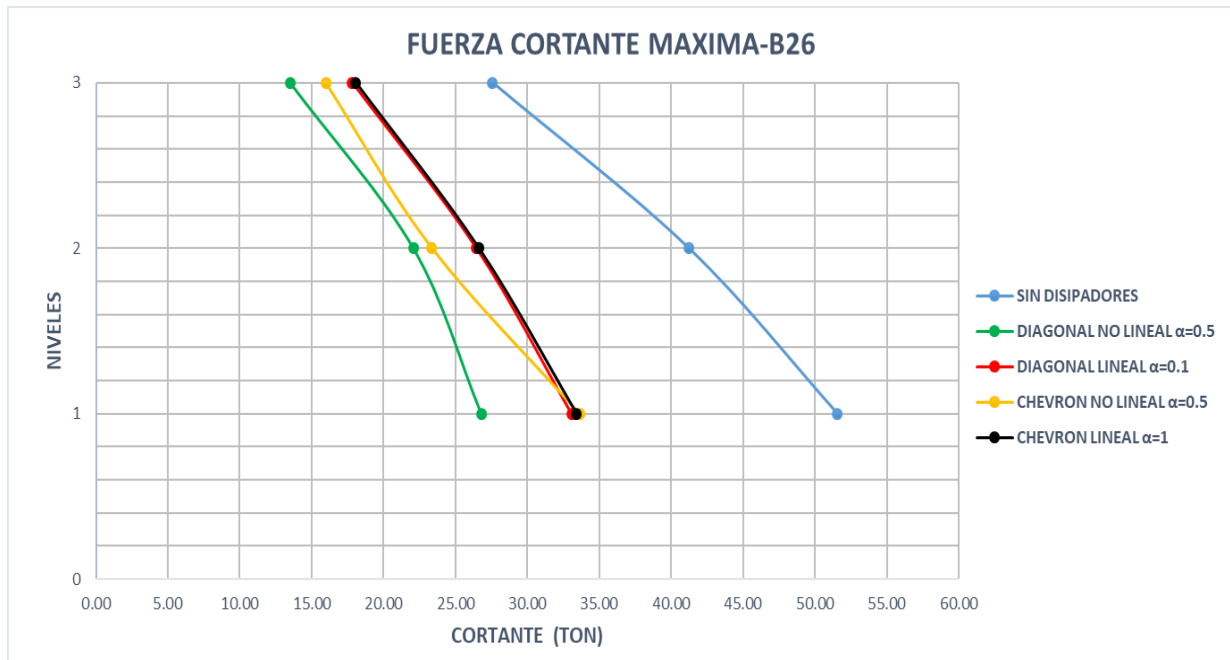


Figura 4.31 Fuerza Cortante máximo en la B26 de Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal.

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 39. Reducción de la Fuerza Cortante en la B26 para cada nivel y Disposición

REDUCCION EN %				
NIVELES	CON DISIPADORES DIAGONAL (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES DIAGONAL (LINEAL $\alpha=1$)	CON DISIPADORES CHEVRON (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES CHEVRON (LINEAL $\alpha=1$)
3	51%	35%	42%	35%
2	46%	36%	43%	35%
1	48%	36%	35%	35%

Fuente: Elaborado por el autor.

Similarmente en el caso de las Fuerzas cortantes en vigas la más forzada es la viga B26, si bien disposición diagonal Simple no Lineal $\alpha=0.5$ es la que muestra menor respuesta en esta ocasión las alternativas restantes muestran una gran efectividad y similitud debido a que la reducción de las respuestas presentes en todas es ellas de 35% aproximadamente.

4.3.5.8 Respuestas de la Cortante en la Base.

Tabla 40. Cortante máxima en la Base para cada Disposición-Eje XX

CORTANTE BASAL (Ton)- DIRECCION XX				
EDIFICACION SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES DIAGONAL (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES DIAGONAL (LINEAL $\alpha=1$)	CON DISIPADORES CHEVRON (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES CHEVRON (LINEAL $\alpha=1$)
2576.04	1252.10	1527.06	1356.66	1536.32

Fuente: Elaborado por el autor.



Figura 4.32 Cortante máxima en la Base de la Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal- Dirección XX

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 41. Cortante máxima en la Base para cada Disposición-Eje YY

CORTANTE BASAL (Ton)- DIRECCION YY				
EDIFICACION SIN DISIPADORES	CON DISIPADORES DIAGONAL (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES DIAGONAL (LINEAL $\alpha=1$)	CON DISIPADORES CHEVRON (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES CHEVRON (LINEAL $\alpha=1$)
2193.93	1467.36	1511.96	1471.38	1504.28

Fuente: Elaborado por el autor.

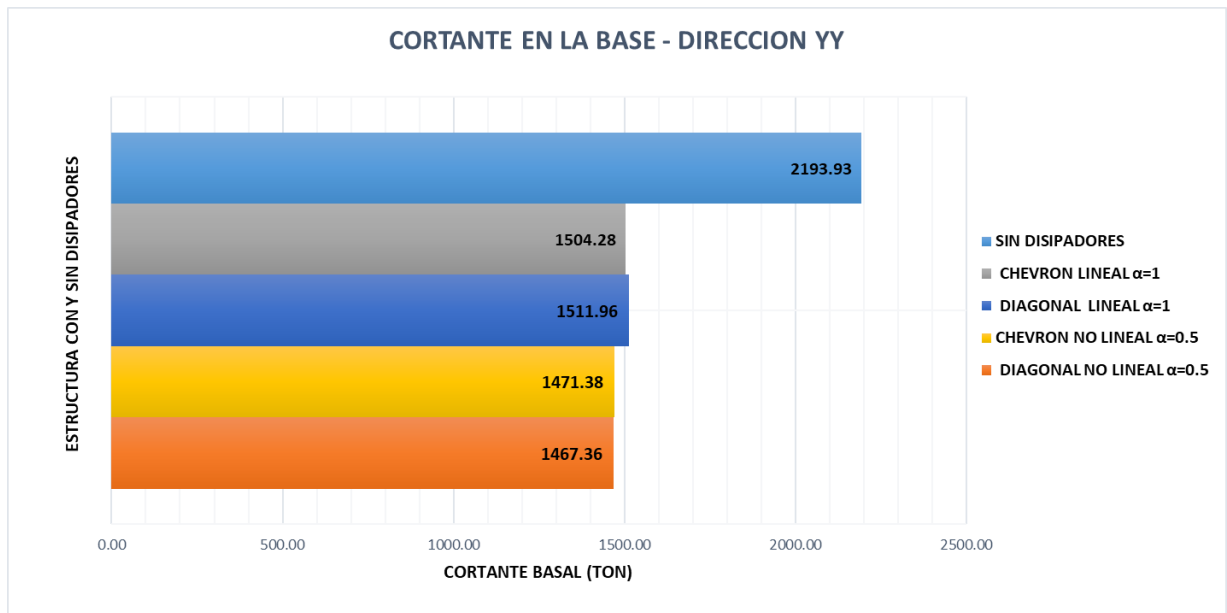


Figura 4.33 Cortante máxima en la Base de la Edificación con y sin Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal-Dirección YY

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 42. Reducción de la Cortante Basal para cada Disposición en ambas Direcciones.

REDUCCION EN %				
DIRECCION	CON DISIPADORES DIAGONAL (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES DIAGONAL (LINEAL $\alpha=1$)	CON DISIPADORES CHEVRON (NO LINEAL $\alpha=0.5$)	CON DISIPADORES CHEVRON (LINEAL $\alpha=1$)
EJE-XX	51%	41%	47%	40%
EJE-YY	33%	31%	33%	31%

Fuente: Elaborado por el autor.

Como se ha venido dando en todas las respuestas la disposición diagonal Simple no Lineal $\alpha=0.5$ es la que menor respuesta exhibe en la mayoría de resultados, con respecto a la Cortante en la base también muestra una notable reducción de aproximadamente 51% respecto a la edificación sin disipadores consecuentemente la disposición Chevron Brace no Lineal $\alpha=0.5$ es la que más se aproxima a esta con 47% de reducción de fuerzas en la dirección XX.

Las respuestas en la dirección YY son prácticamente similares esto debido a que en este eje no hubo cambios y se mantuvo la disposición Diagonal Simple. No obstante, se hizo el análisis con dispositivos lineales y no lineales.

4.3.5.9 Respuesta Histerética del Dispositivo

- Disipadores Chevron Brace Lineal $\alpha=1$

DIRECCION XX - SISMO 1966 EW

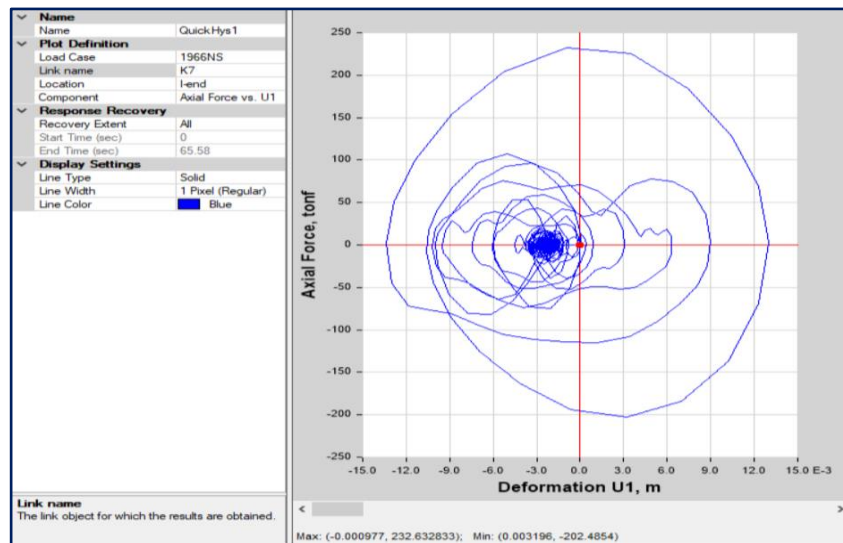


Figura 4.34: Curva Histerética para el dispositivo K7 (Piso 1-Eje 1-1) - Chevron Brace lineal $\alpha=1$

Fuente: Elaborado por el autor

DIRECCION YY - SISMO 1966 NS

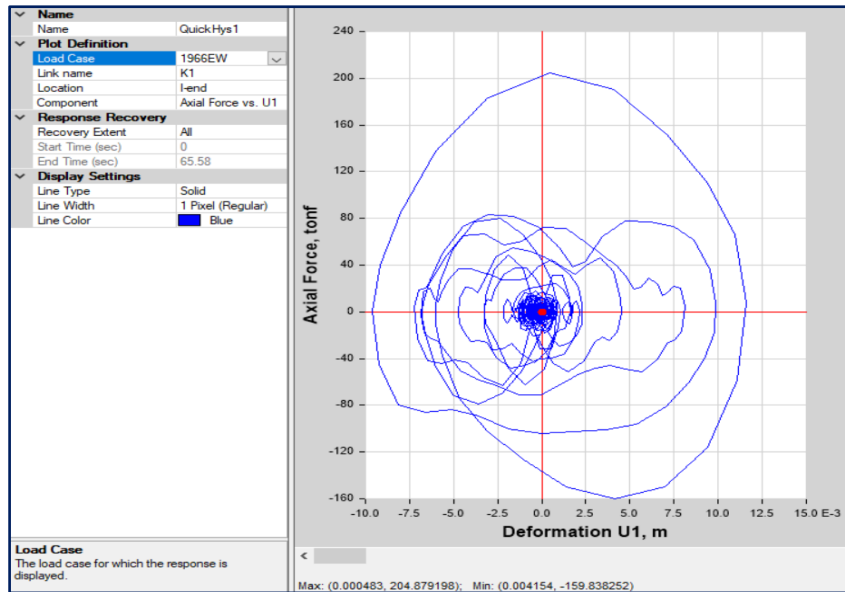


Figura 4.35: Curva Histerética para el dispositivo K1 (Piso 1-Eje A-A) - Chevron Brace lineal $\alpha=1$
Fuente: Elaborado por el autor

- Disipadores Chevron No Lineal $\alpha=0.5$

DIRECCION XX - SISMO 1966 EW

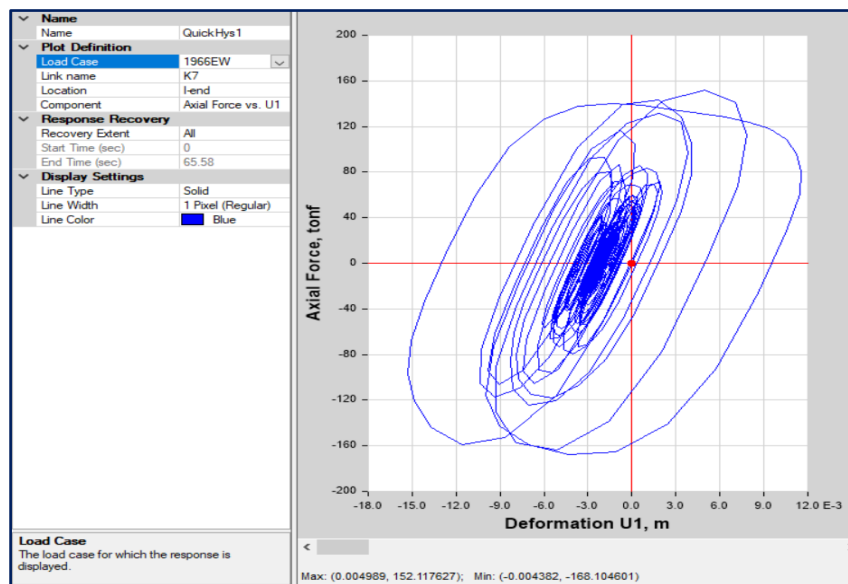


Figura 4.36: Curva Histerética para el dispositivo K7 (Piso 1-Eje 1-1) - Chevron No lineal $\alpha=0.5$
Fuente: Elaborado por el autor

DIRECCION YY - SISMO 1966 NS

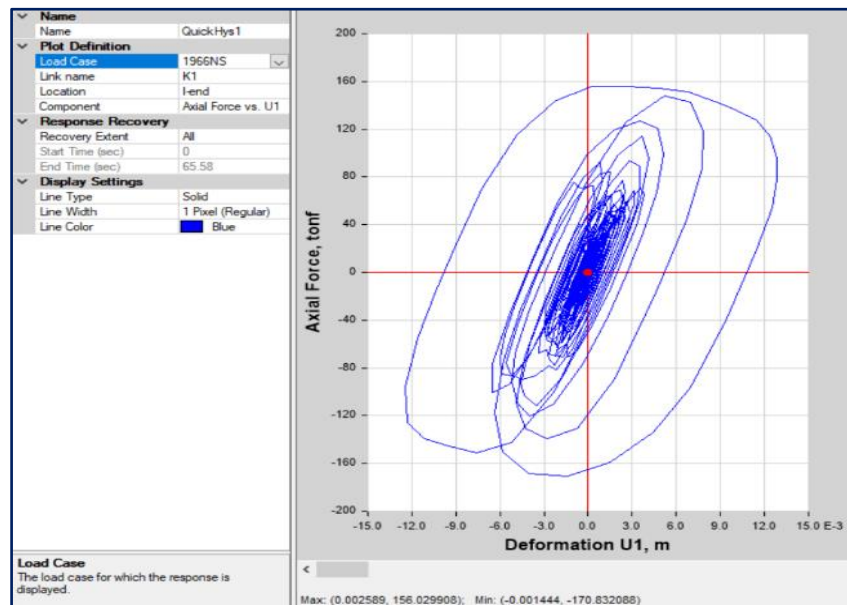


Figura 4.37: Curva Histerética para el dispositivo K1 (Piso 1-Eje A-A) - Chevron No lineal $\alpha=0.5$
Fuente: Elaborado por el autor

- Disipadores Diagonal Simple Lineal $\alpha=1$

DIRECCION XX - SISMO 1966 EW

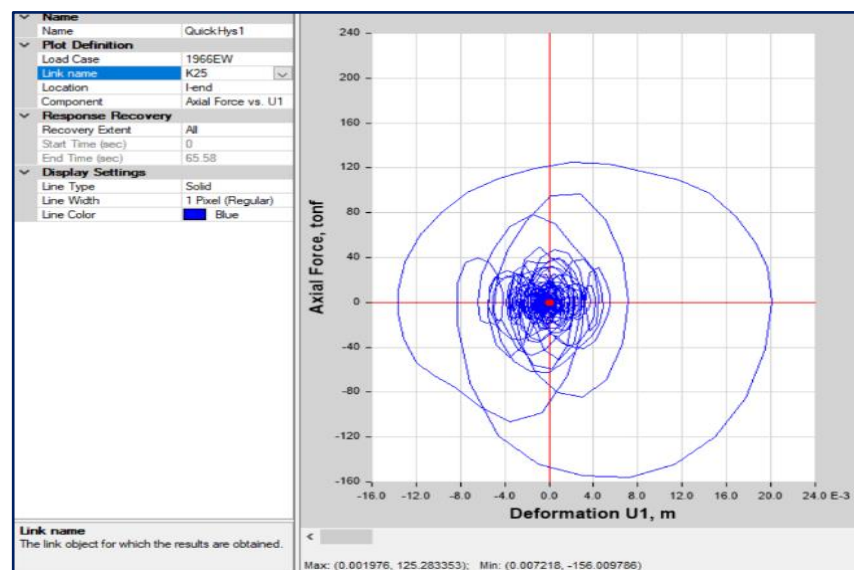


Figura 4.38: Curva Histerética para el dispositivo K25 (Piso 1-Eje 1-1) – Diagonal Simple lineal $\alpha=1$
Fuente: Elaborado por el autor

DIRECCION YY - SISMO 1966 NS

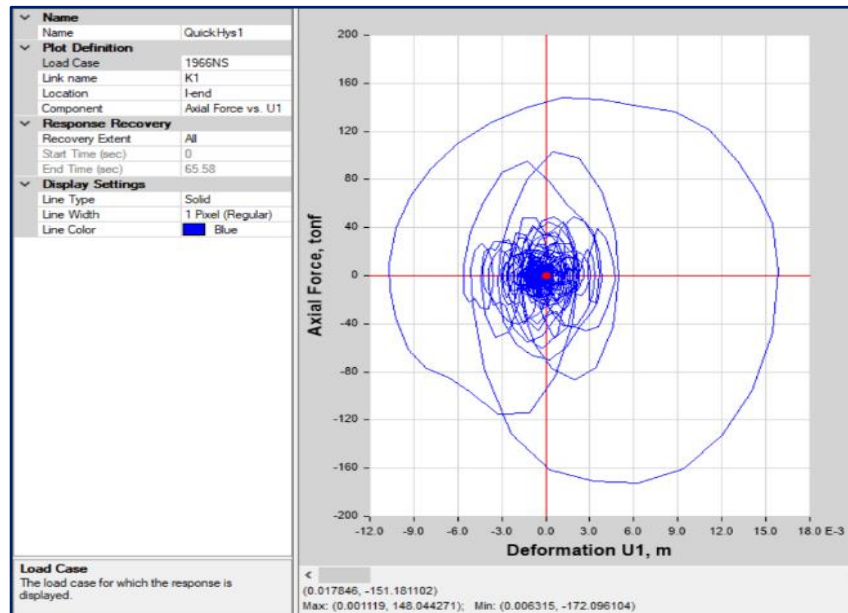


Figura 4.39: Curva Histerética para el dispositivo K1 (Piso 1-Eje A-A) - Diagonal Simple lineal $\alpha=1$
Fuente: Elaborado por el autor

- Disipadores Diagonal Simple No Lineal $\alpha=0.5$

DIRECCION XX - SISMO 1966 EW

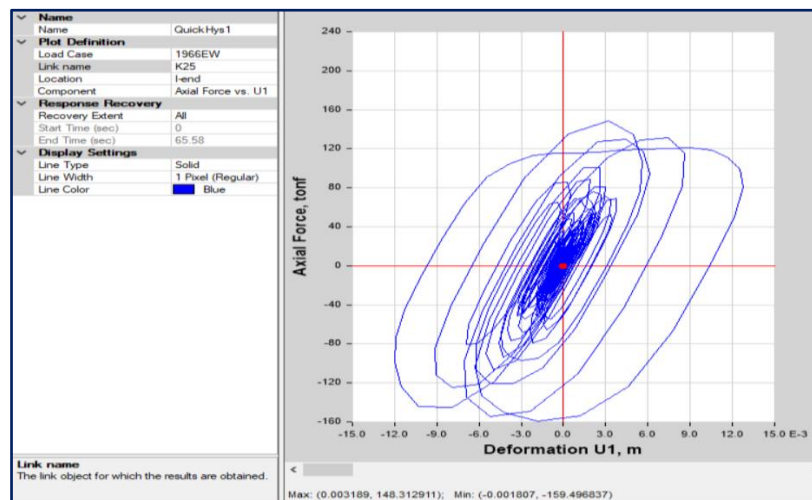


Figura 4.40: Curva Histerética para el dispositivo K25 (Piso 1-Eje 1-1) - Diagonal Simple No lineal $\alpha=0.5$
Fuente: Elaborado por el autor

DIRECCION YY - SISMO 1966 NS

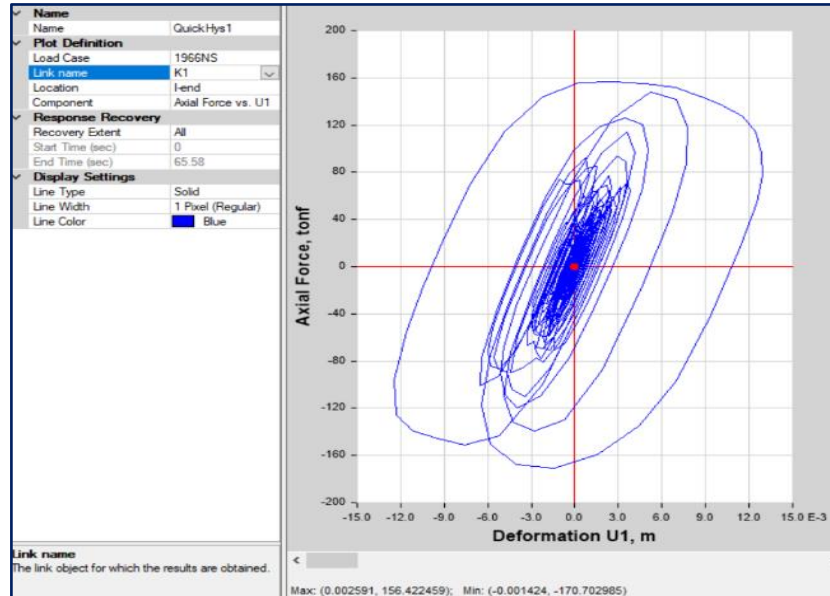


Figura 4.41: Curva Histerética para el dispositivo K1 (Piso 1-Eje A-A) - Diagonal Simple No lineal $\alpha=0.5$

Fuente: Elaborado por el autor

Se verifico la curva esfuerzo deformación cíclica en los dispositivos y se contrasto que en todas las disposiciones lineales muestran una forma elíptica con curvas paralelas ala eje de las abscisas típico de un disipador lineal dependiente de la velocidad. Además, se contrasto que la deformación máxima en el disipador es de 20 mm.

Con respecto las disposiciones no lineales si bien las cuervas esfuerzo deformación muestran una inclinación debido al alto amortiguamiento que están generando la tendencia de la forma elíptica se mantiene y la deformación máxima en el disipador es de 13 mm con ello se muestra que los dispositivos se encuentran trabajando de manera correcta.

4.3.5.10 Respuestas del Balance de Energía

Se obtuvieron las respuestas de la energía disipada para cada disposición para el Sismo de 1966 EW - 1966 NS por ser uno de los más representativos.

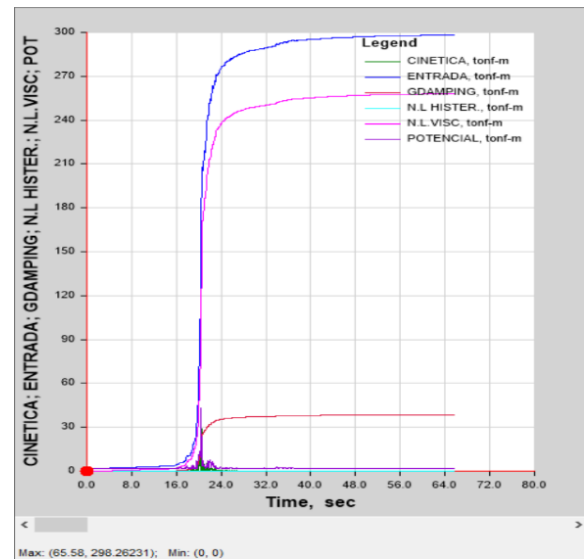
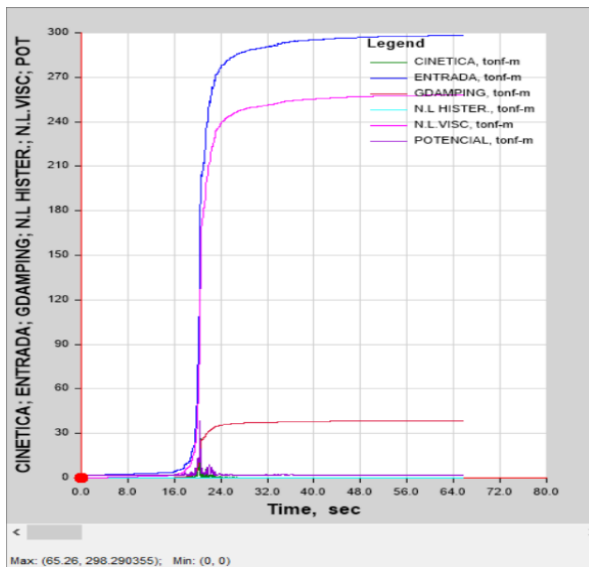
- Disipadores Chevron Brace Lineal $\alpha=1$

SISMO DE 1966 EW

$$Energia\ Disipada = \frac{242.51\ Tonf.m}{298.29\ Tonf.m} = 81.30\%$$

SISMO DE 1966 NS

$$Energia\ Disipada = \frac{242.01\ Tonf.m}{298.26\ Tonf.m} = 81.14\%$$



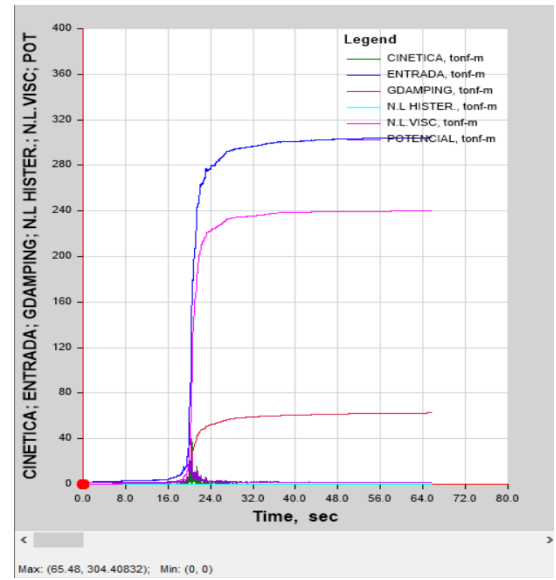
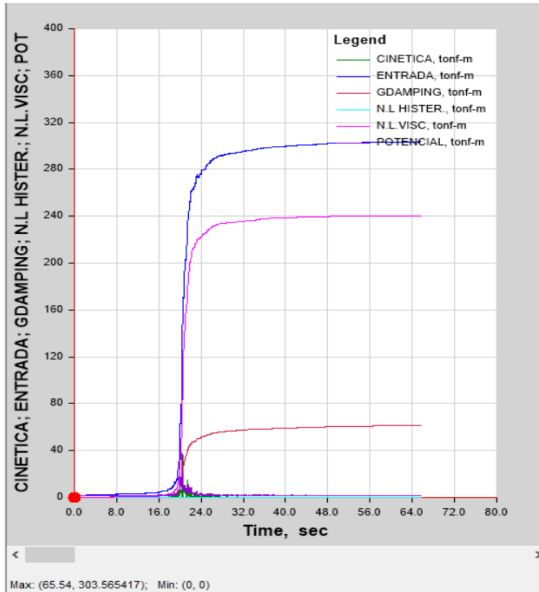
- Disipadores Chevron No Lineal $\alpha=0.5$

SISMO DE 1966 EW

$$Energia\ Disipada = \frac{240.18\ Tonf.m}{303.57\ Tonf.m} = 79.12\%$$

SISMO DE 1966 NS

$$Energia\ Disipada = \frac{239.85\ Tonf.m}{304.41\ Tonf.m} = 78.79\%$$



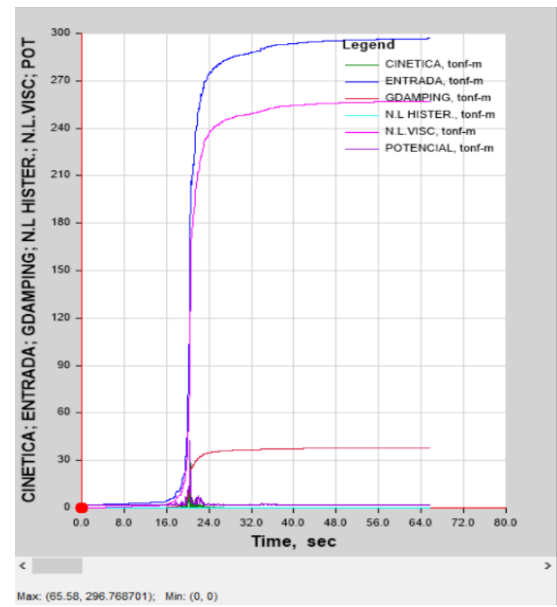
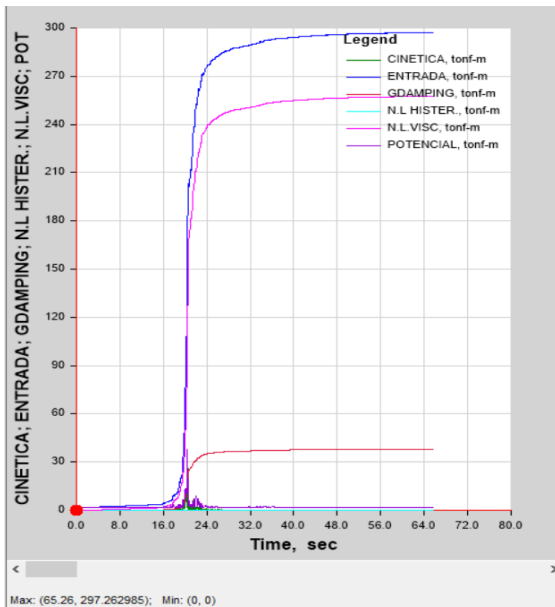
- Disipadores Diagonal Simple Lineal $\alpha=1$

SISMO DE 1966 EW

$$Energia\ Disipada = \frac{243.63\ Tonf.m}{297.26\ Tonf.m} = 81.96\%$$

SISMO DE 1966 NS

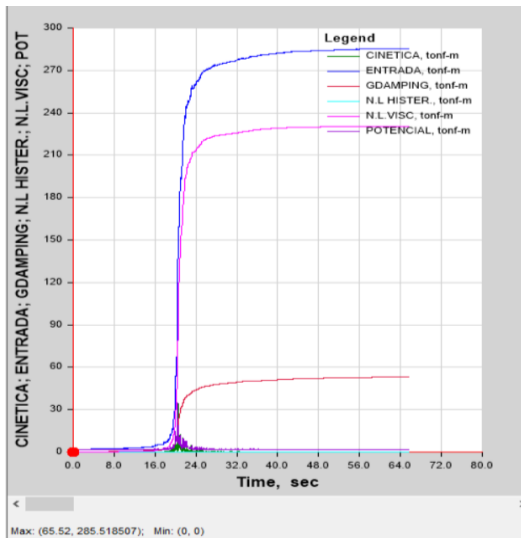
$$Energia\ Disipada = \frac{241.99\ Tonf.m}{296.77\ Tonf.m} = 81.54\%$$



- Disipadores Diagonal Simple No Lineal $\alpha=0.5$

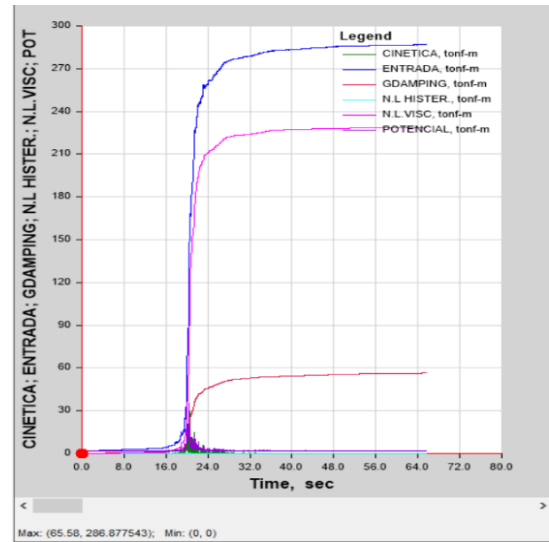
SISMO DE 1966 EW

$$Energia\ Disipada = \frac{230.41\ Tonf.m}{285.52\ Tonf.m} = 80.70\%$$



SISMO DE 1966 NS

$$Energia\ Disipada = \frac{228.58\ Tonf.m}{286.88\ Tonf.m} = 79.68\%$$



En los gráficos 4.42 y 4.43 Los porcentajes de energía muestran que la disipación de energía sísmica por parte de los dispositivos es prácticamente muy similar para todas las disposiciones tanto lineales y no lineales con esto se contrasta que los disipadores para todas las disposiciones están trabajando de manera correcta.

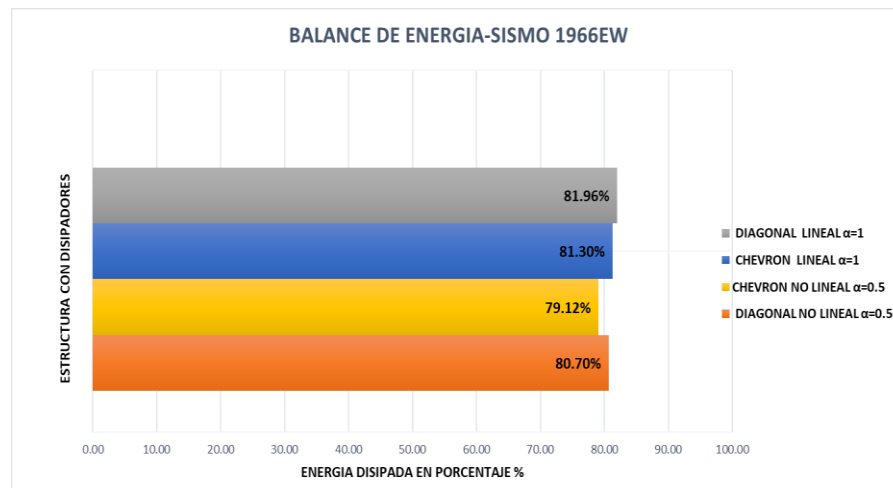


Figura 4.42 Disipación de la Energía Sísmica en la Edificación con Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal – Sismo 1966 EW

Fuente: Elaborado por el autor

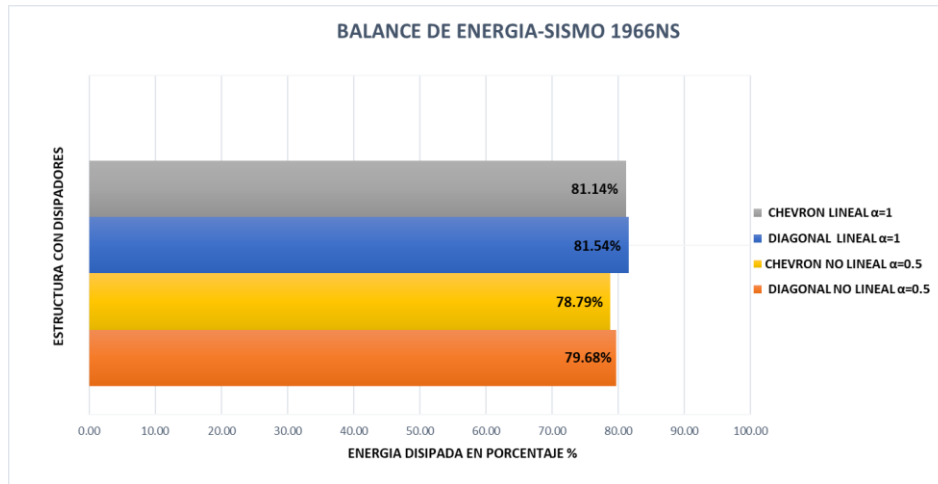


Figura 4.43 Disipación de la Energía Sísmica en la Edificación con Disipadores para cada tipo de Disposición, comportamiento Lineal y no Lineal – Sismo 1966 NS

Fuente: Elaborado por el autor

Se verificó el porcentaje de energía disipada y se contrastó que para todas las disposiciones tanto lineales y no lineales absorben aproximadamente el 80% de la energía sísmica de entrada siendo prácticamente muy similares en este aspecto demostrando así la eficiencia de estos dispositivos.

4.3.6 Alternativa Viable

Culminado el análisis Tiempo-Historia no lineal, se concluye que las respuestas tanto a nivel de derivas, desplazamientos relativos, aceleraciones, fuerzas cortantes, fuerzas axiales en columnas, momentos flectores en vigas y cortantes basales que actúan en la edificación se reducen notablemente con la **disposición diagonal Simple no lineal $\alpha=0.5$** mostrando un buen comportamiento sísmico en comparación con las demás propuestas, teniendo como ventaja adicional su facilidad de instalación y economía a esto sumado que no genera sobreesfuerzos a la viga a comparación de la disposición Chevron. Por lo tanto, esta disposición será la **mejor alternativa** para el diseño final de la edificación.

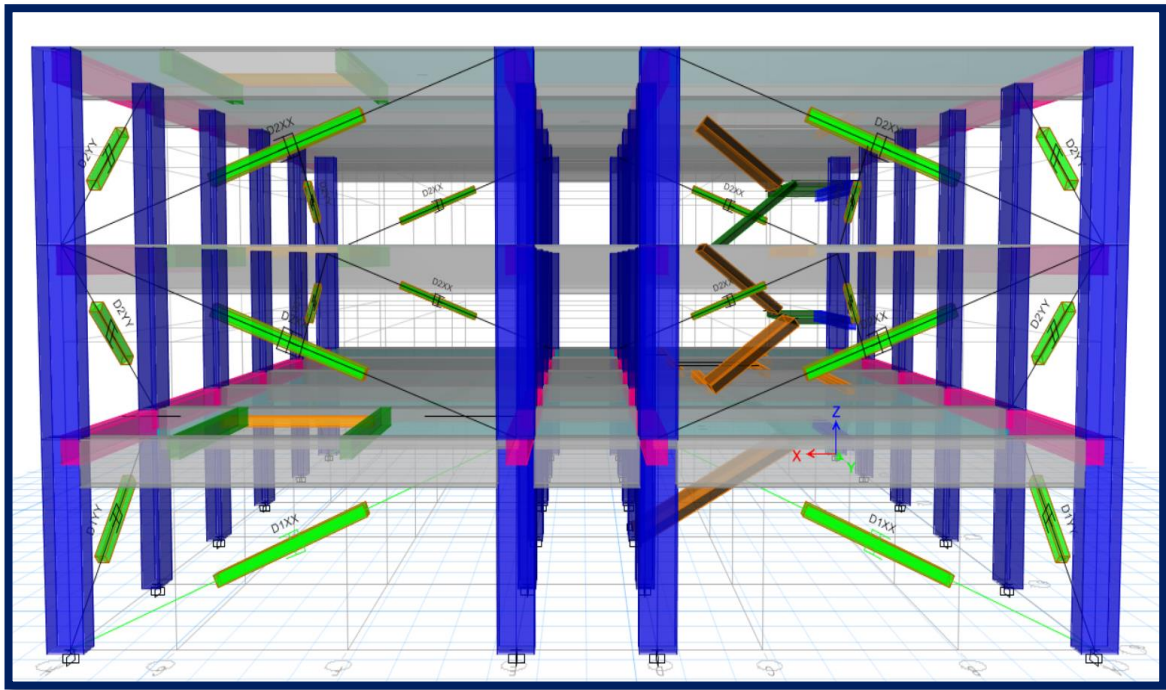


Figura 4.44: Estructura con disipadores sísmicos de Disposición Diagonal Simple no Lineal $\alpha=0.5$ - Modelo 3D

Fuente: Elaborado por el autor

4.3.6.1 Verificación de la Deriva Objetivo

En las siguientes tablas mostramos las derivas máximas y mínimas obtenidas para cada registro y dirección del análisis Tiempo Historia No Lineal con la inclusión de los disipadores fluidos viscosos en disposición Diagonal Simple no lineal $\alpha=0.5$.

Se puede apreciar que con la incorporación de los dispositivos de disipación se logra reducir considerablemente las derivas inelásticas en ambas direcciones siendo 0.4% en el primer nivel de la dirección XX y 0.42% en el segundo nivel de la dirección YY obteniéndose resultados menores al 0.5% para todos los niveles que era la limitante establecida por HAZUS para un estado operacional con daño leve de una estructura esencial para un sismo catalogado como diseño.

Tabla 43. Derivas máximas y mínimos obtenidas del análisis Tiempo Historia No Lineal para cada registro en la dirección XX – Modelo con la inclusión Disipadores Viscosos.

DRIFT EN DIRECCION XX															
RESULTADO	PISO	1966 EW	1966 NS	1970 EW	1970 NS	1974 EW	1974 NS	ZAR 74 EW	ZAR 74 NS	2001 EW	2001 NS	2005 EW	2005 NS	ICA 2007 EW	ICA 2007 NS
		Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X
MAXIMOS	T3	0.001852	0.002512	0.001841	0.001796	0.002341	0.002292	0.002617	0.00157	0.001965	0.001753	0.001877	0.001536	0.001549	0.001738
	T2	0.002999	0.004017	0.003426	0.003257	0.004113	0.00404	0.004594	0.002633	0.003267	0.002738	0.003233	0.002551	0.002855	0.003184
	T1	0.003365	0.004457	0.003827	0.003646	0.004595	0.004563	0.005179	0.002854	0.003622	0.003064	0.003606	0.002884	0.003221	0.003593
RESULTADO	PISO	1966 EW	1966 NS	1970 EW	1970 NS	1974 EW	1974 NS	ZAR 74 EW	ZAR 74 NS	2001 EW	2001 NS	2005 EW	2005 NS	ICA 2007 EW	ICA 2007 NS
		Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X
MINIMOS	T3	0.002071	0.002125	0.001787	0.002436	0.002084	0.001644	0.002157	0.002032	0.00203	0.001922	0.001958	0.00218	0.001726	0.001905
	T2	0.003697	0.003306	0.003206	0.004073	0.003759	0.002746	0.003692	0.003101	0.003489	0.003025	0.003164	0.003667	0.002825	0.002921
	T1	0.004148	0.003674	0.003574	0.004533	0.004182	0.003091	0.004151	0.003387	0.003869	0.003363	0.003484	0.004081	0.003147	0.003238

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 44. Promedio de las Derivas máximas obtenidas del análisis Tiempo Historia No Lineal para cada registro y dirección XX – Modelo con la inclusión Disipadores Viscosos

DRIFT MAXIMO EN DIRECCION XX																	
PISO	1966 EW	1966 NS	1970 EW	1970 NS	1974 EW	1974 NS	ZAR 74 EW	ZAR 74 NS	2001 EW	2001 NS	2005 EW	2005 NS	ICA 2007 EW	ICA 2007 NS	PROMEDIO	HAZUS (MAX)	
	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	Dir - X	
T3	0.002071	0.002512	0.001841	0.002436	0.002341	0.002292	0.002617	0.002032	0.00203	0.001922	0.001958	0.00218	0.001726	0.001905	0.00213	0.005	CUMPLE
T2	0.003697	0.004017	0.003426	0.004073	0.004113	0.00404	0.004594	0.003101	0.003489	0.003025	0.003233	0.003667	0.002855	0.003184	0.00361	0.005	CUMPLE
T1	0.004148	0.004457	0.003827	0.004533	0.004595	0.004563	0.005179	0.003387	0.003869	0.003363	0.003606	0.004081	0.003221	0.003593	0.00403	0.005	CUMPLE

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 45. Derivas máximas y mínimos obtenidas del análisis Tiempo Historia No Lineal para cada registro en la dirección YY – Modelo con la inclusión Disipadores Viscosos.

DRIFT EN DIRECCION YY															
RESULTADO MAXIMOS	PISO	1966 EW	1966 NS	1970 EW	1970 NS	1974 EW	1974 NS	ZAR 74 EW	ZAR 74 NS	2001 EW	2001 NS	2005 EW	2005 NS	ICA 2007 EW	ICA 2007 NS
		Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y
	T3	0.003506	0.002806	0.002853	0.002798	0.003248	0.003429	0.002222	0.003773	0.002322	0.002491	0.00202	0.002517	0.002531	0.002316
	T2	0.005074	0.004253	0.004096	0.003938	0.004743	0.004978	0.00298	0.005548	0.003192	0.00344	0.002933	0.003487	0.003648	0.003346
	T1	0.004669	0.004109	0.004045	0.003697	0.004501	0.004759	0.002816	0.005147	0.002964	0.003118	0.002891	0.003275	0.003537	0.003251
RESULTADO MINIMOS	PISO	1966 EW	1966 NS	1970 EW	1970 NS	1974 EW	1974 NS	ZAR 74 EW	ZAR 74 NS	2001 EW	2001 NS	2005 EW	2005 NS	ICA 2007 EW	ICA 2007 NS
		Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y
	T3	0.002478	0.002915	0.003295	0.002687	0.002458	0.00297	0.002517	0.00301	0.002176	0.002774	0.002879	0.002539	0.002612	0.002302
	T2	0.003509	0.004355	0.004837	0.00369	0.003453	0.004223	0.003569	0.004145	0.003066	0.003949	0.004129	0.0035	0.003661	0.003266
	T1	0.00342	0.004255	0.004557	0.00346	0.003158	0.004097	0.003337	0.00384	0.002874	0.003743	0.003758	0.00324	0.003391	0.003176

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 46. Promedio de las Derivas máximas obtenidas del análisis Tiempo Historia No Lineal para cada registro y dirección YY – Modelo con la inclusión Disipadores Viscosos

DRIFT MAXIMO EN DIRECCION YY																	
PISO	1966 EW	1966 NS	1970 EW	1970 NS	1974 EW	1974 NS	ZAR 74 EW	ZAR 74 NS	2001 EW	2001 NS	2005 EW	2005 NS	ICA 2007 EW	ICA 2007 NS	PROMEDIO	HAZUS (MAX)	
	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	Dir - Y	
T3	0.003506	0.002915	0.003295	0.002798	0.003248	0.003429	0.002517	0.003773	0.002322	0.002774	0.002879	0.002539	0.002612	0.002316	0.00292	0.005	CUMPLE
T2	0.005074	0.004355	0.004837	0.003938	0.004743	0.004978	0.003569	0.005548	0.003192	0.003949	0.004129	0.0035	0.003661	0.003346	0.00420	0.005	CUMPLE
T1	0.004669	0.004255	0.004557	0.003697	0.004501	0.004759	0.003337	0.005147	0.002964	0.003743	0.003758	0.003275	0.003537	0.003251	0.00396	0.005	CUMPLE

Fuente: Elaborado por el autor

4.3.7.1 Verificación del amortiguamiento

Culminado el análisis tiempo historia no lineal en el software ETABS 2016.V2 y habiéndose reducido de manera notable las derivas con respuestas muy por debajo de la deriva objetivo, ahora para contrastar que realmente estos resultados obtenidos son fehacientes y coherentes se verificara el amortiguamiento real que asumen los dispositivos para cada dirección mediante la carga pulso.

Es importante mencionar que los especialistas en la materia consideran que para la obtención del amortiguamiento mediante la carga pulso es solo un método aproximado debido a que la estructura se somete a un ensayo de vibración libre por un lapso muy corto cosa que no ocurre en la realidad, recomendando así a otros investigadores que no se ciñan estrictamente a este método de comprobación.

La función a utilizarse es la siguiente:

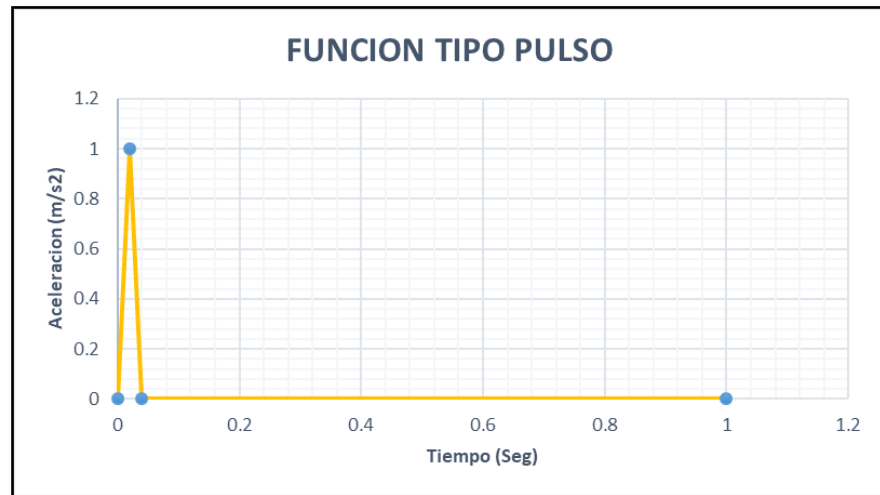


Figura 4.45: Ensayo de la Estructura a Vibración Libre
Fuente: Elaborado por el autor

En la figura 4.46 mostramos la función tiempo vs amplitud máxima de la edificación obtenidas con la función pulso:

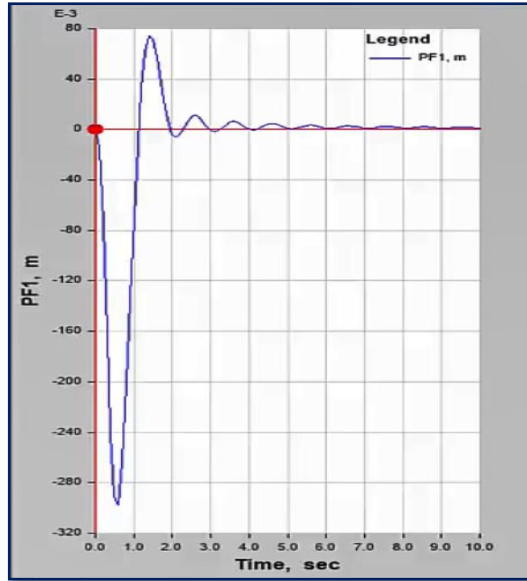


Figura 4.46: Función Tiempo VS Amplitud Máxima de la Estructura
Fuente: Elaborado por el autor

Se obtendrá el amortiguamiento efectivo del sistema con la siguientes formulas:

$$\delta = \ln \frac{x(t)}{x(t+T)}$$

$$\delta = \frac{\zeta \omega_n 2\pi}{\omega_d} = \frac{2\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}$$

$$\zeta = \frac{\delta}{\sqrt{4\pi^2 + \delta^2}}$$

Donde:

n: Número de ciclos

x(t): Amplitud del primer ciclo

x(t+T): Amplitud del enésimo ciclo

δ : Decremento logarítmico

ξ : Amortiguamiento efectivo

Remplazando los valores obtenidos después de 3 ciclos de vibración son:

DIRECCION XX

NUMERO DE CICLOS	n	3.00
AMPLITUD DEL PRIMER CICLO	$X(t)$	0.297000
AMPLITUD DEL ENESIMO CICLO	$X(t+T)$	0.000185
DECREMENTO LOGARITMICO	δ	7.381132
AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO	ξ_{eef}	0.364623
AMORTIGUAMIENTO VISCOSO	$\xi_{vis} \%$	31.46229

DIRECCION YY

NUMERO DE CICLOS	n	3.00
AMPLITUD DEL PRIMER CICLO	$X(t)$	0.312000
AMPLITUD DEL ENESIMO CICLO	$X(t+T)$	0.0000324
DECREMENTO LOGARITMICO	δ	9.1726
AMORTIGUAMIENTO EFECTIVO	ξ_{eef}	0.437564
AMORTIGUAMIENTO VISCOSO	$\xi_{vis} \%$	38.75639

Efectivamente se corrobora que el amortiguamiento viscoso que asumen los disipadores son muy similares a los resultados hallados en la etapa de análisis con lo que se comprueba que los dispositivos si están trabajando de manera correcta y eficaz por ende las respuestas tanto a nivel de derivas, aceleración, desplazamientos, fuerzas son adecuadas y coherentes.

4.3.7.2 Factor de reducción de la respuesta (B_D)

Debido al amortiguamiento añadido al sistema por parte de los dispositivos las respuestas a nivel de aceleraciones disminuyeron considerablemente. En la figura 4.47 y 4.48 podemos ver las aceleraciones de techo para la edificación convencional y con disipadores para el sismo 1966 EW en la dirección XX respectivamente:

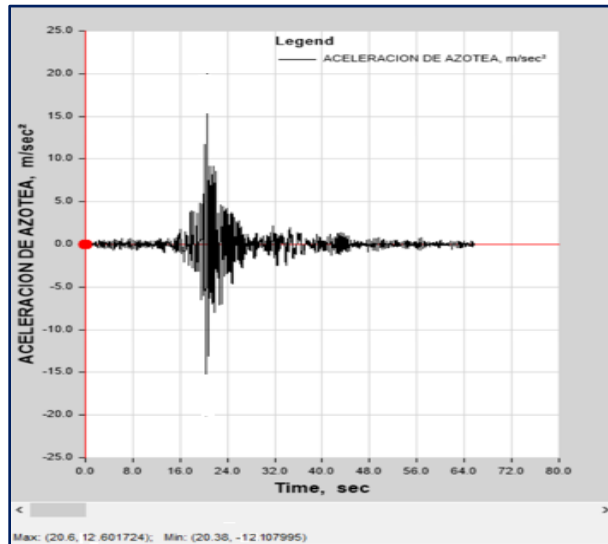


Figura 4.47: Aceleración máxima de Azotea de la estructura Convencional-Dirección XX
Fuente: Elaborado por el autor

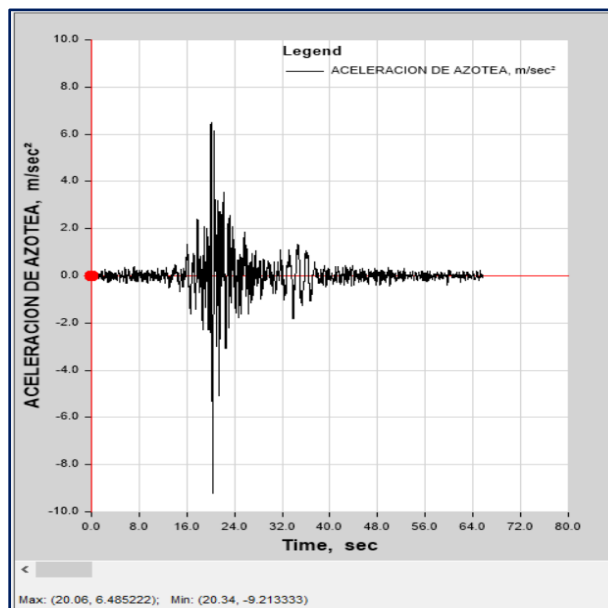


Figura 4.48: Aceleración máxima de Azotea de la estructura Con Disipadores-Dirección XX
Fuente: Elaborado por el autor.

El factor de reducción de la respuesta puede obtenerse mediante la siguiente expresión:

$$B_D(Q_o, \xi, T_o) = \frac{c(Q_o, \xi_{SB=5\%}, T_o)}{c(Q_o, \xi, T_o)}$$

Donde C es el coeficiente sísmico de diseño, Q_o y T_o son el factor de ductilidad y el periodo de vibración respectivamente. Análogamente calculamos factor de reducción con la siguiente expresión:

$$B_x = \frac{Sa(\xi = 5\%)}{Sa(\xi = 37\%)} = \frac{12.60 \text{ m/s}^2}{6.48 \text{ m/s}^2} = 1.94$$

De la misma manera en la figura 4.49 y 4.50 podemos ver las aceleraciones de techo para la edificación convencional y con disipadores para el sismo 1966 NS en la dirección YY respectivamente:

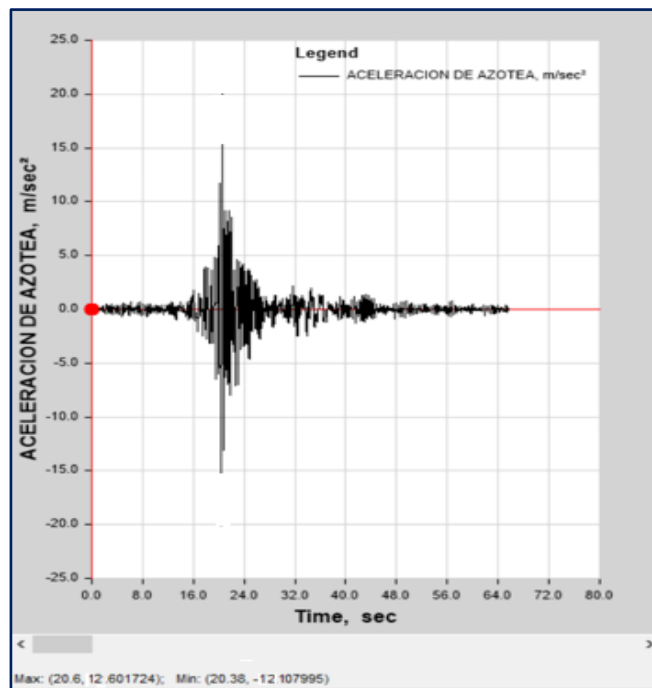


Figura 4.49: Aceleración máxima de Azotea de la estructura Convencional-Dirección YY
Fuente: Elaborado por el autor

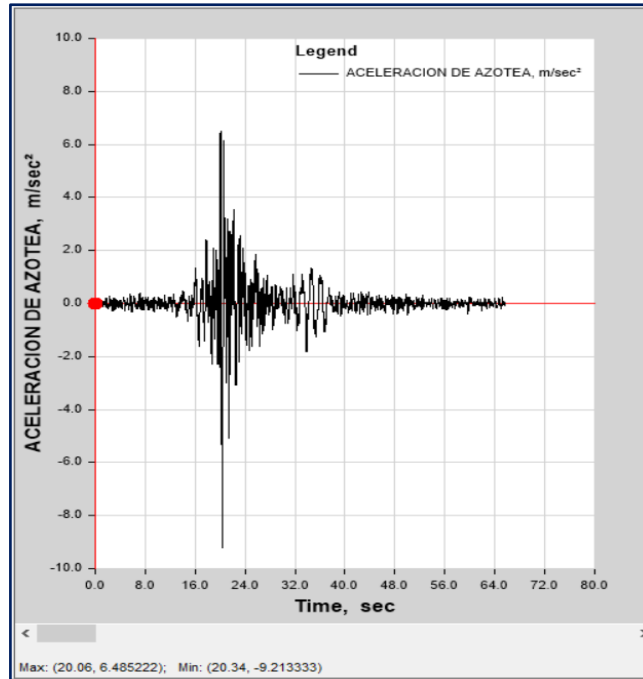


Figura 4.50: Aceleración máxima de Azotea de la estructura Con Disipadores-Dirección YY
Fuente: Elaborado por el autor.

Similarmente calculamos factor de reducción con la siguiente expresión:

$$B_y = \frac{S_a(\xi = 5\%)}{S_a(\xi = 44\%)} = \frac{13.14 \text{ m/s}^2}{6.41 \text{ m/s}^2} = 2.05$$

Se puede contrastar que los factores de reducción de la respuesta debido al amortiguamiento adicionado por el sistema de disipación de energía son muy parecidos a los factores inicialmente calculados.

Estos factores de reducción obtenidos luego del análisis Tiempo Historia no Lineal son los que modifican el espectro de diseño. En las siguientes figuras mostramos los espectros de diseño con el amortiguamiento añadido, los espectros elásticos $R=1$ y espectros inelásticos $R=8$ contemplados por la norma E030.

Consecuentemente podemos apreciar que la cortante de diseño para el caso de estructuras nuevas también será mucho menor comparado con la cortante de la edificación convencional con ello podemos contrastar la efectividad de estos dispositivos.

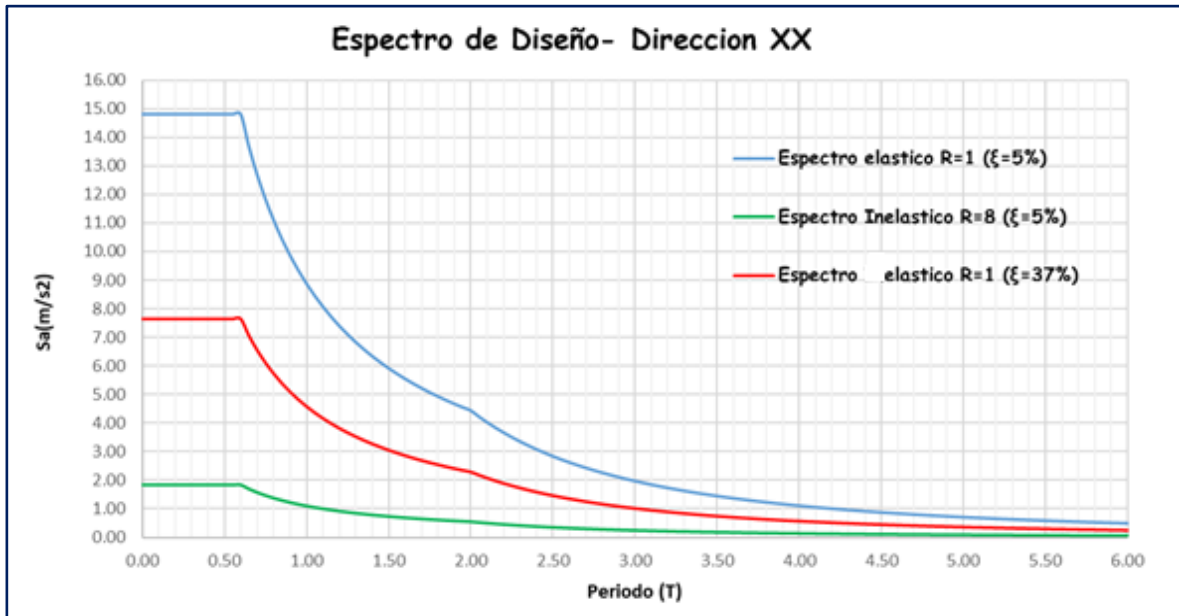


Figura 4.51: Espectros de Pseudoaceleraciones para la Dirección XX
Fuente: Elaborado por el autor.

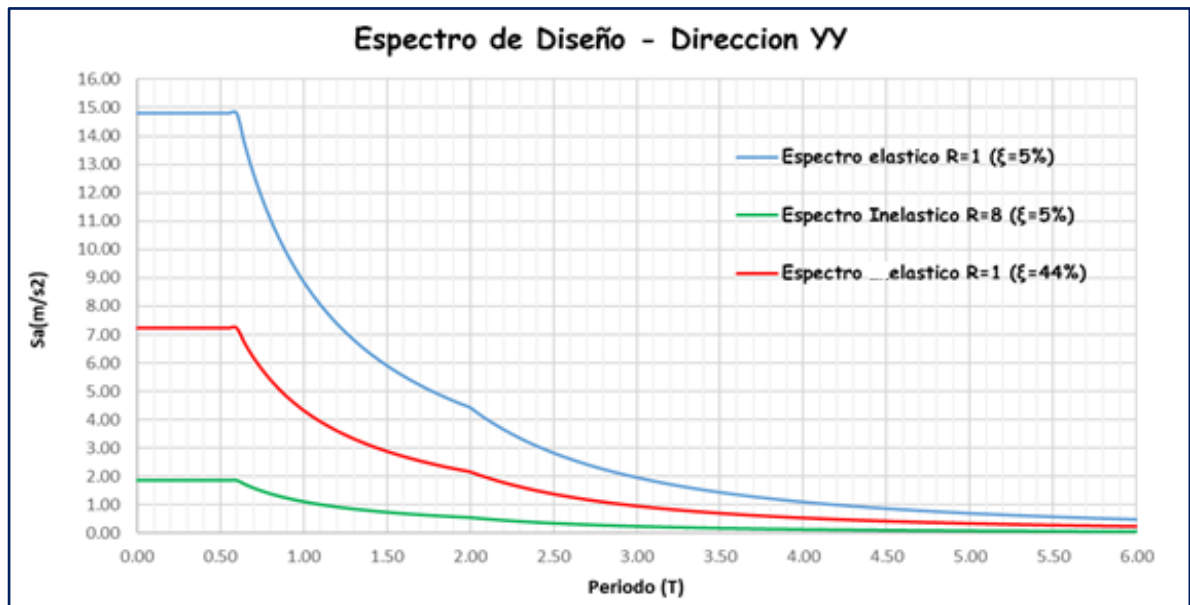


Figura 4.52: Espectros de Pseudoaceleraciones para la Dirección YY
Fuente: Elaborado por el autor.

4.3.7.3 Comportamiento Histórico

Se obtuvieron los lazos histeréticos en todos los pórticos y niveles de la edificación se contrasto que las curvas de los lazos en la dirección XX, si bien existen algunas inclinadas de forma diagonal se mantiene la tendencia elíptica con curvas paralelas al eje de las abscisas.

En la dirección YY los lazos histeréticos se manifiestan con curvas sinuosas y tienen una representación muy similar a la de un disipador no lineal $\alpha=0.5$ dependiente de la velocidad, por lo que se comprueba que los dispositivos tendrán un buen comportamiento sísmico y trabajarán de forma adecuada, así mismo los lazos son muy similares para todos los registros. A continuación, se muestran las curvas histeréticas de todos los disipadores de cada nivel para el sismo de ICA 2007:

DIRECCION XX - SISMO ICA 2007 EW

PISO 1- EJE 1-1 DISIPADORES K25-K28

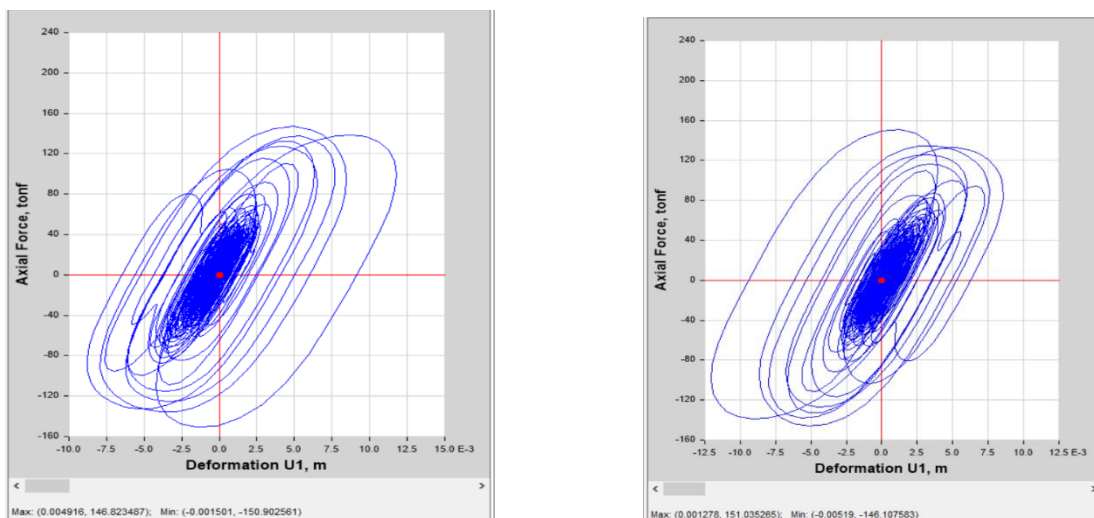


Figura 4.53: Curva Histerética para disipadores K25 (izquierda) - K28 (derecha)
Fuente: Elaborado por el autor

PISO 2 - EJE 1-1 DISIPADORES K26-K29

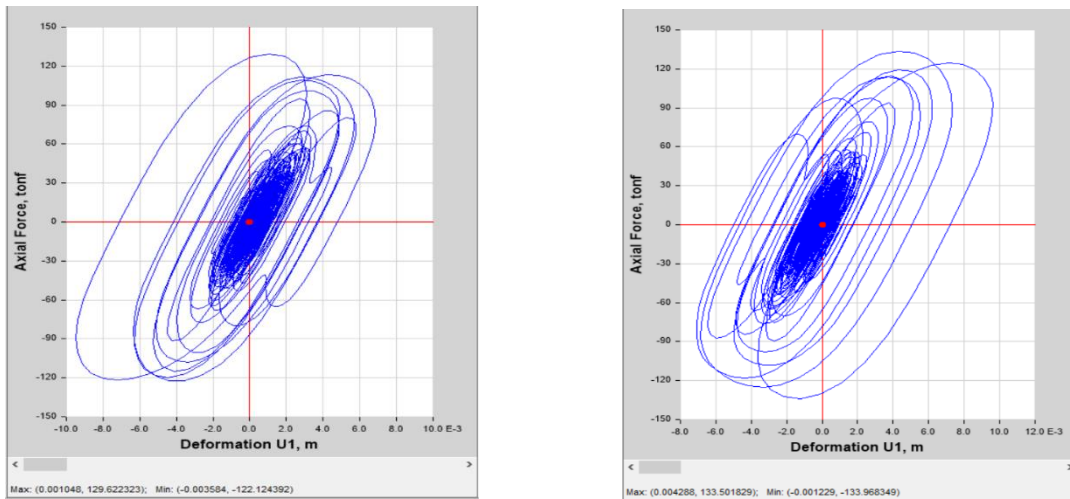


Figura 4.54: Curva Histerética para disipadores K26 (izquierda) – K29 (derecha)
Fuente: Elaborado por el autor

PISO 3 - EJE 1-1 DISIPADORES K27-K30

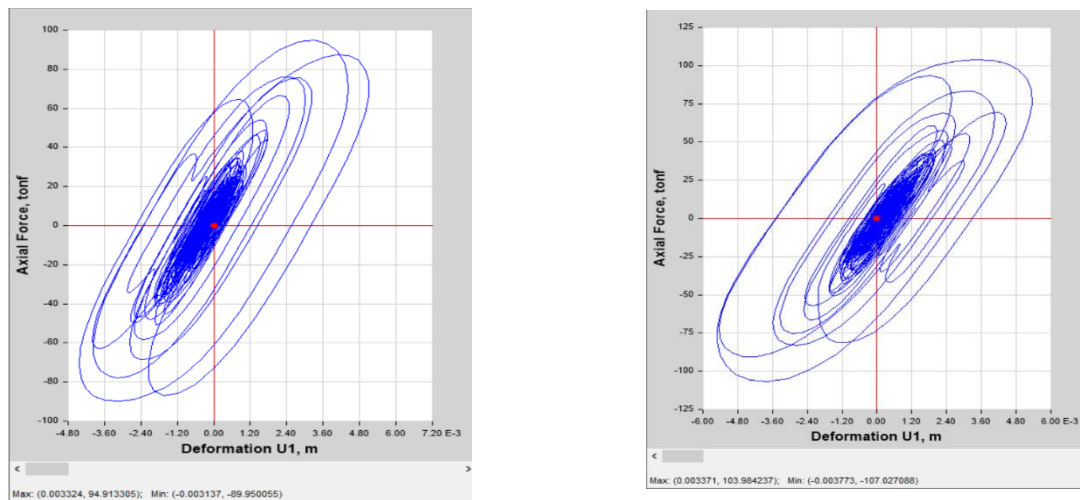


Figura 4.55: Curva Histerética para disipadores K27 (izquierda) – K30 (derecha)
Fuente: Elaborado por el autor

PISO 1- EJE 6-6 DISIPADORES K7-K10

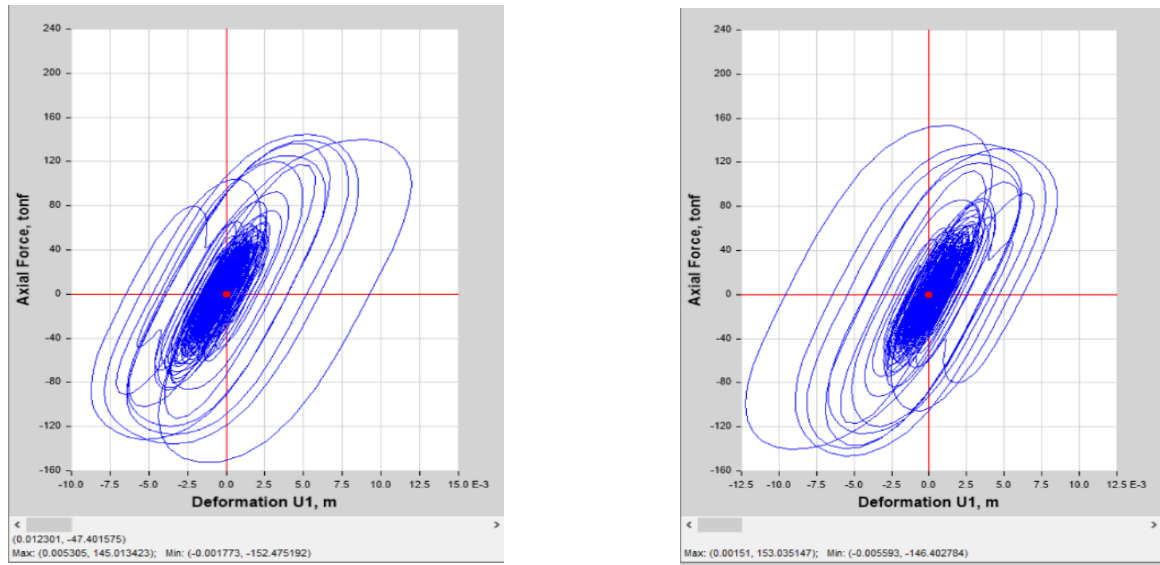


Figura 4.56: Curva Histerética para disipadores K7 (izquierda) – K10 (derecha)
Fuente: Elaborado por el autor

PISO 2- EJE 6-6 DISIPADORES K8-K11

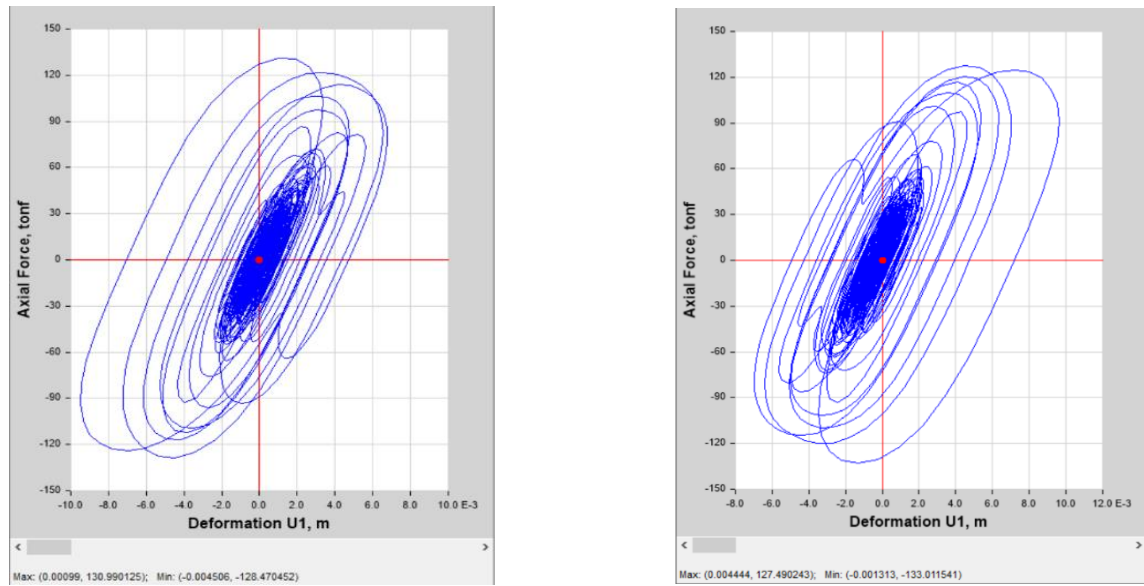


Figura 4.57: Curva Histerética para disipadores K8 (izquierda) – K11 (derecha)
Fuente: Elaborado por el autor

PISO 3- EJE 6-6 DISIPADORES K9-K12

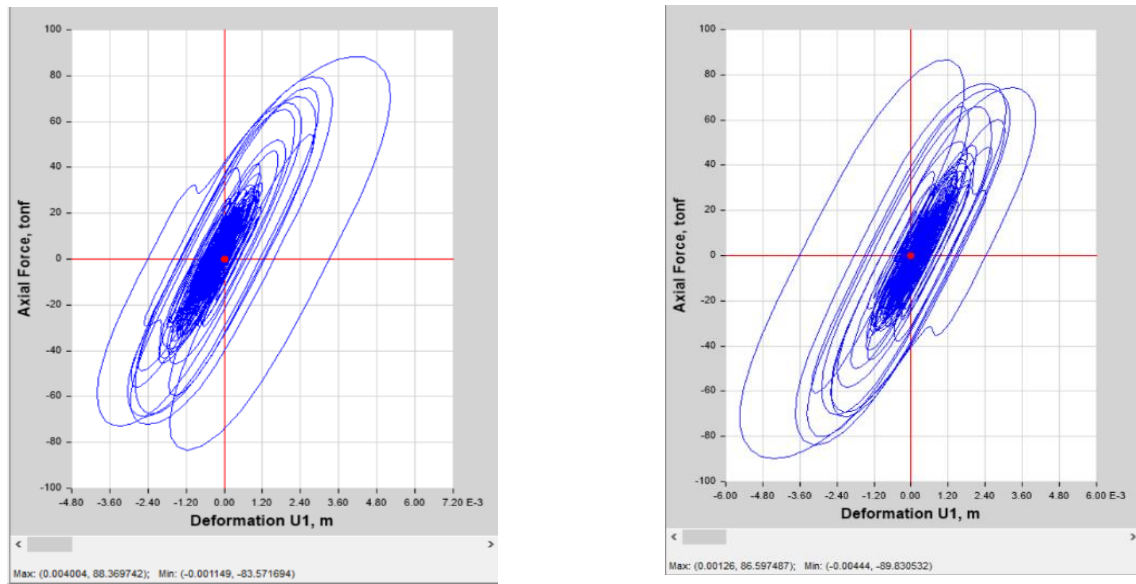


Figura 4.58: Curva Histerética para disipadores K9 (izquierda) – K12 (derecha)
Fuente: Elaborado por el autor

DIRECCION YY - SISMO ICA 2007 NS

PISO 1 - EJE A-A DISIPADORES K1-K4

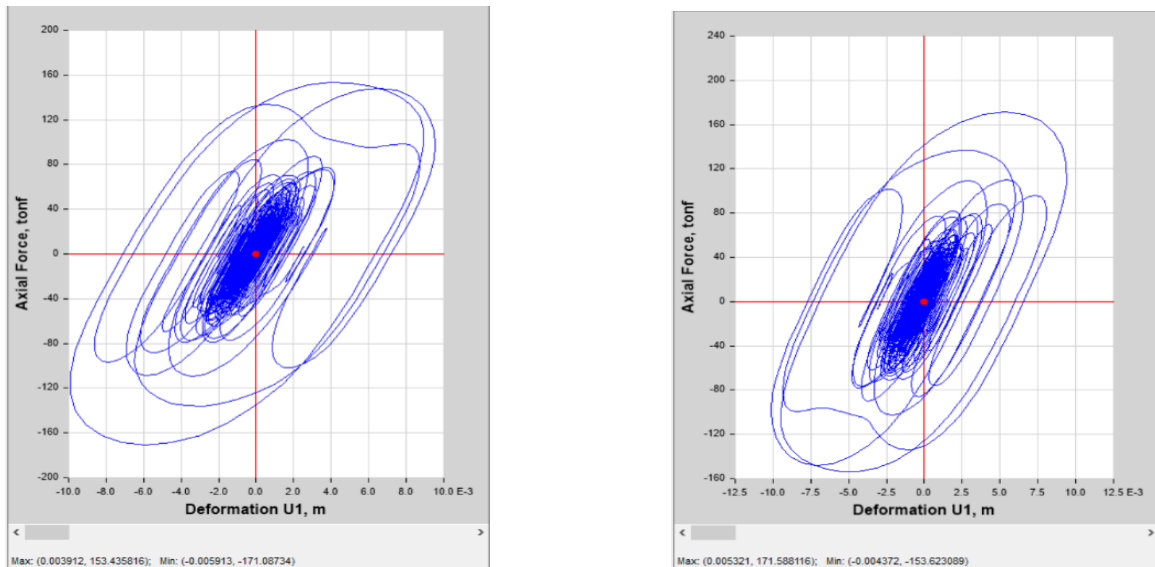


Figura 4.59: Curva Histerética para disipadores K1 (izquierda) – K4 (derecha)
Fuente: Elaborado por el autor

PISO 2 - EJE A-A DISIPADORES K2-K5

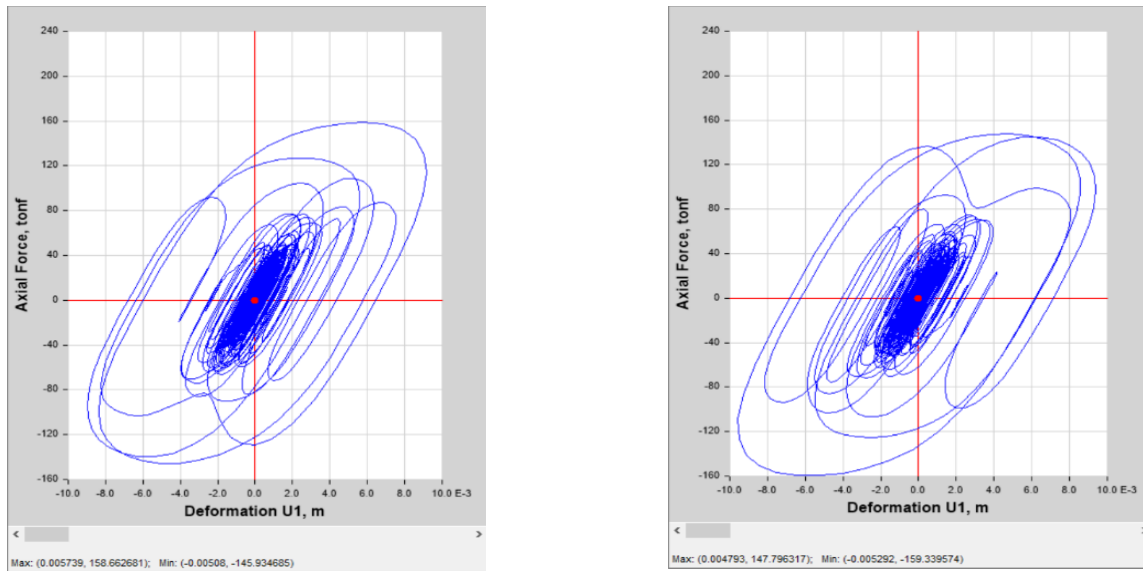


Figura 4.60: Curva Histerética para disipadores K2 (izquierda) – K5 (derecha)
Fuente: Elaborado por el autor

PISO 3 - EJE A-A DISIPADORES K3-K6

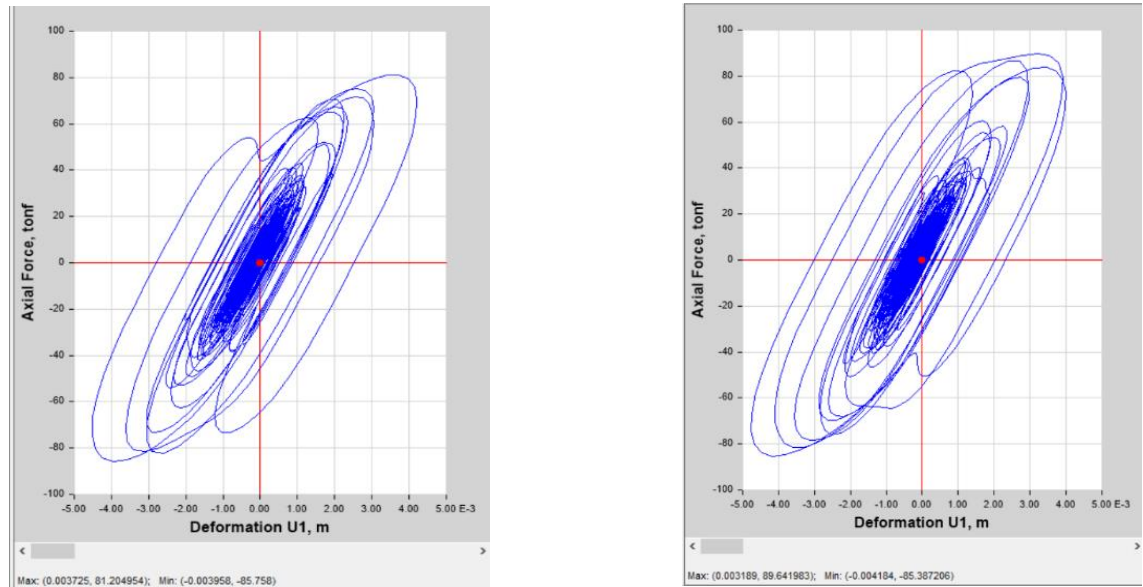


Figura 4.61: Curva Histerética para disipadores K3 (izquierda) – K6 (derecha)
Fuente: Elaborado por el autor

PISO 1 - EJE H-H DISIPADORES K13-K16

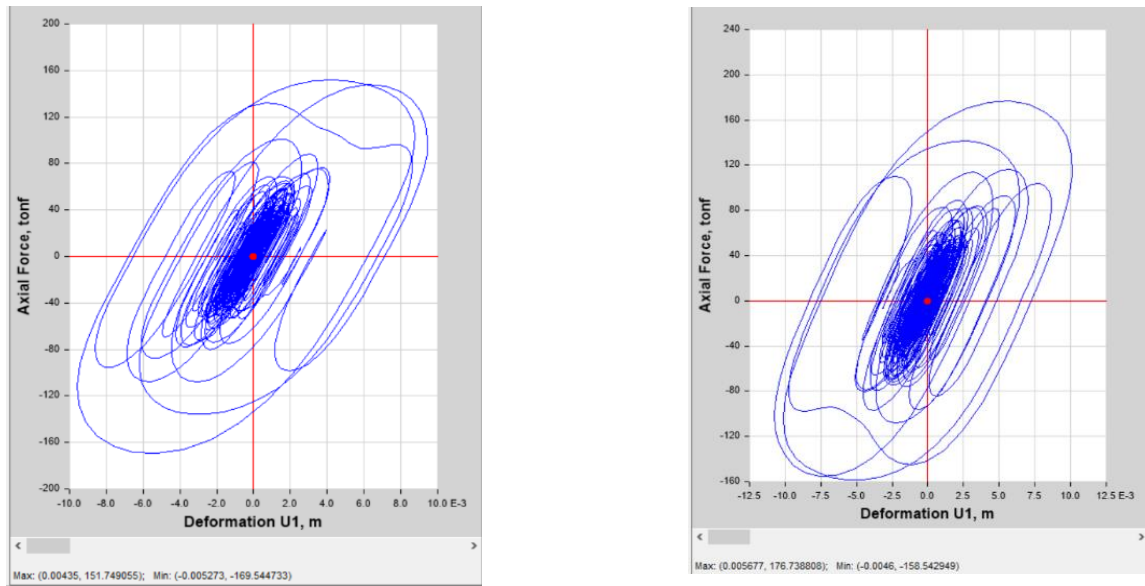


Figura 4.62: Curva Histerética para disipadores K13 (izquierda) – K16 (derecha)
Fuente: Elaborado por el autor

PISO 2 - EJE H-H DISIPADORES K14-K17

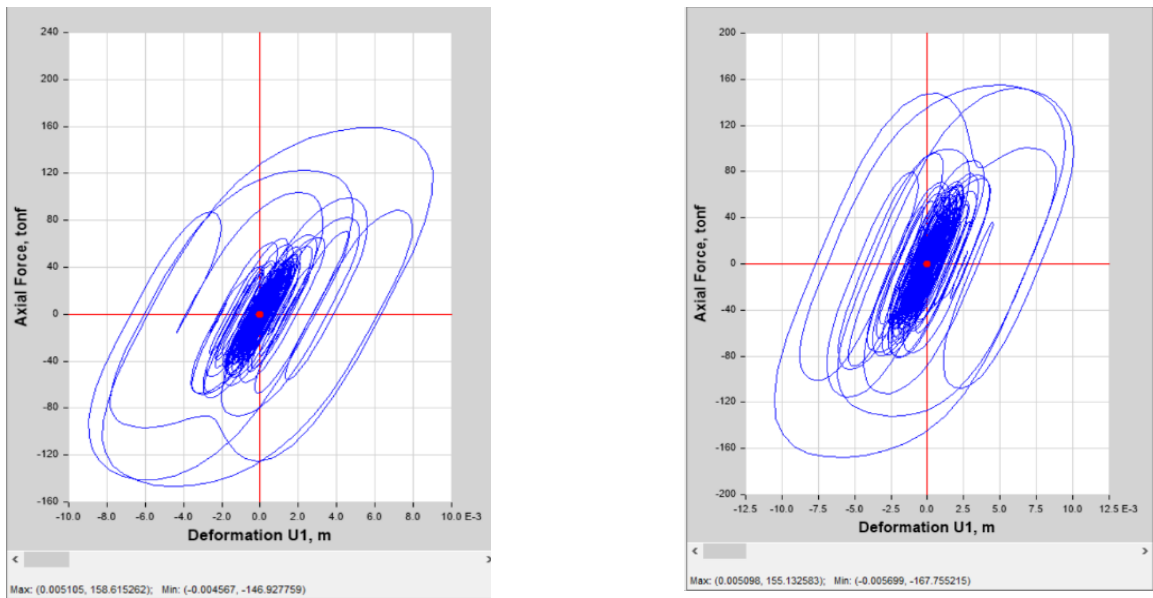


Figura 4.63: Curva Histerética para disipadores K14 (izquierda) – K17 (derecha)
Fuente: Elaborado por el autor

PISO 3 - EJE H-H DISIPADORES K15-K18

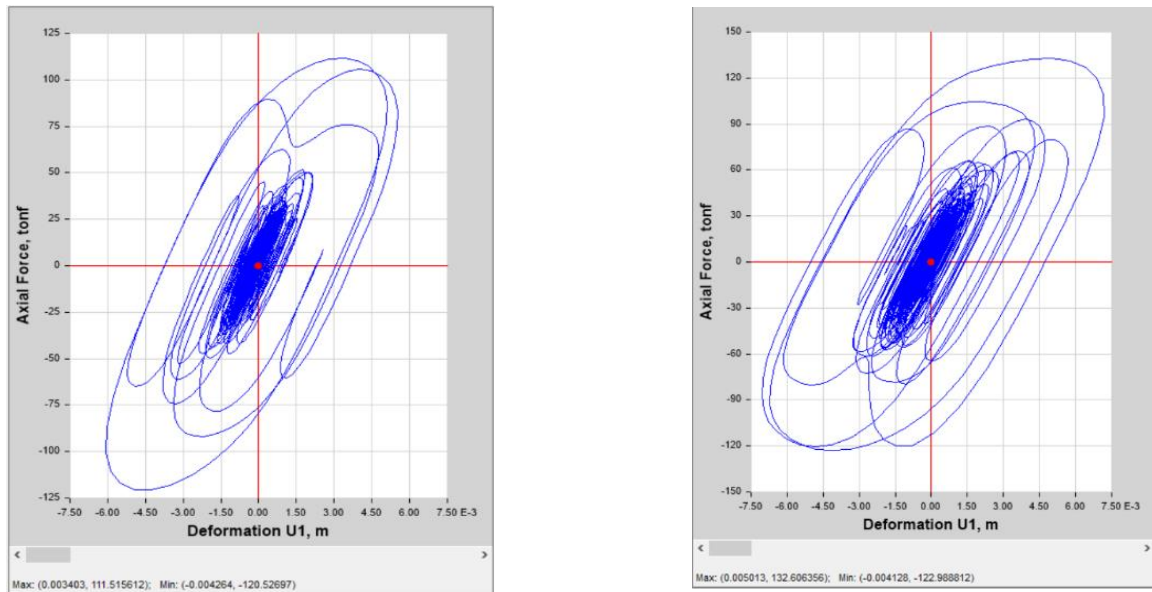


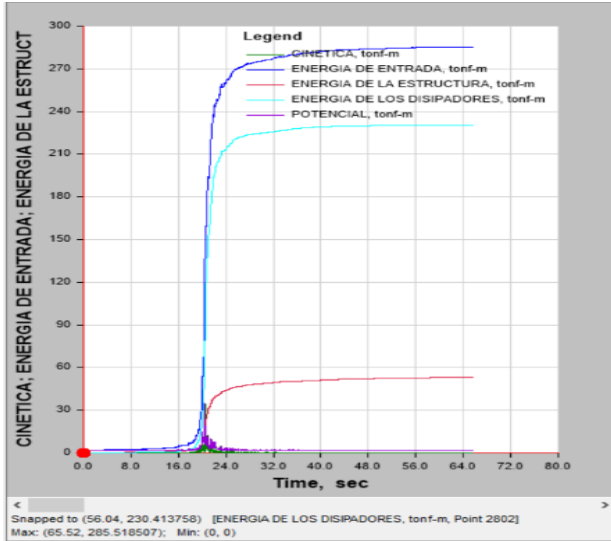
Figura 4.64: Curva Histerética para disipadores K15 (izquierda) – K18 (derecha)
Fuente: Elaborado por el autor

4.3.7.4 Balance de Energía

Se determinará el balance energético para cada dirección y registro sísmico, la energía de entrada del sismo, la energía cinética, energía potencial, energía de la estructura y la energía disipada por el dispositivo para así contrastar que estos dispositivos absorben hasta un 80 % de la fuerza sísmica.

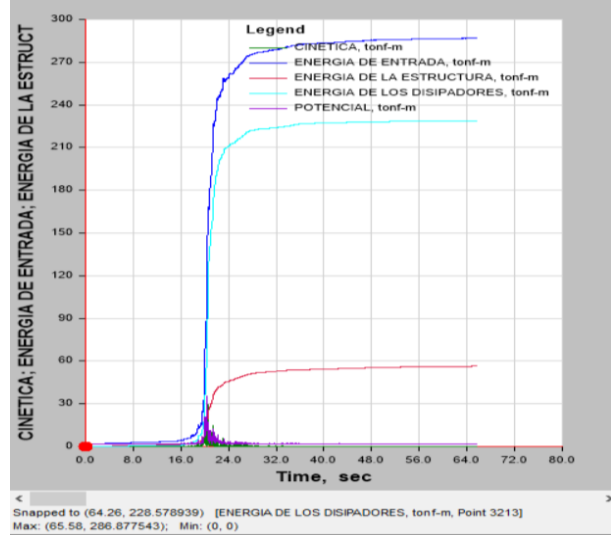
SISMO DE 1966 EW

$$\text{Energía Disipada} = \frac{230.41 \text{ Tonf.m}}{285.52 \text{ Tonf.m}} = 80.70\%$$



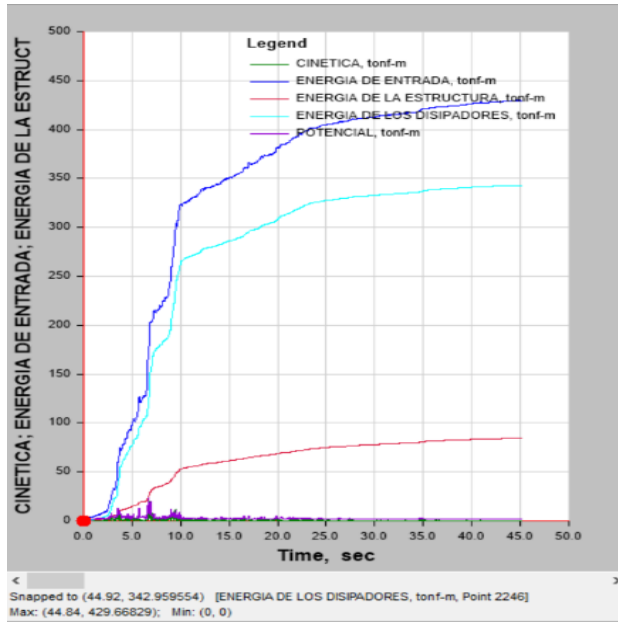
SISMO DE 1966 NS

$$\text{Energía Disipada} = \frac{228.58 \text{ Tonf.m}}{286.88 \text{ Tonf.m}} = 79.68\%$$



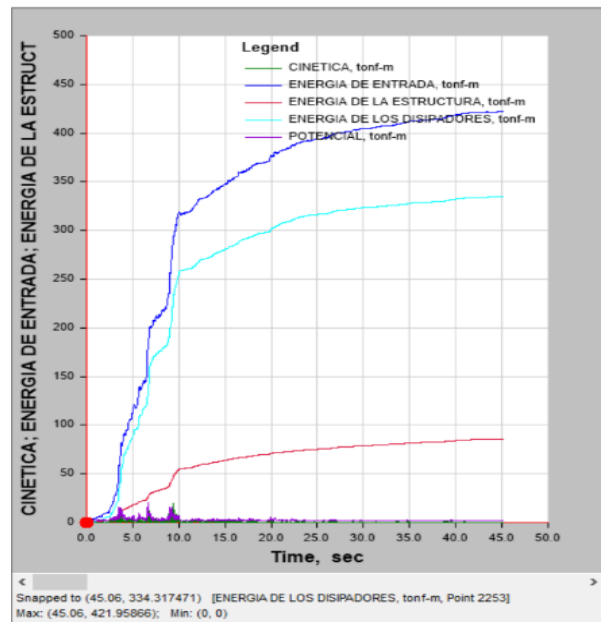
SISMO DE 1970 EW

$$\text{Energía Disipada} = \frac{342.96 \text{ Tonf.m}}{429.67 \text{ Tonf.m}} = 79.82\%$$



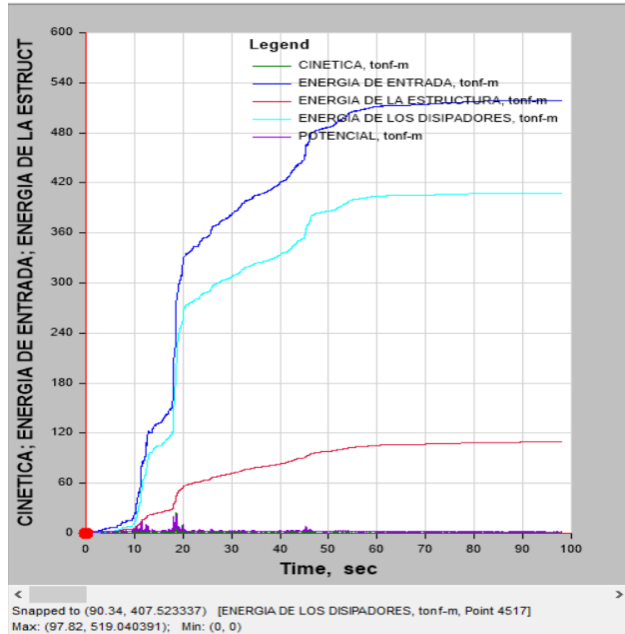
SISMO DE 1970 NS

$$\text{Energía Disipada} = \frac{334.32 \text{ Tonf.m}}{421.96 \text{ Tonf.m}} = 79.23\%$$



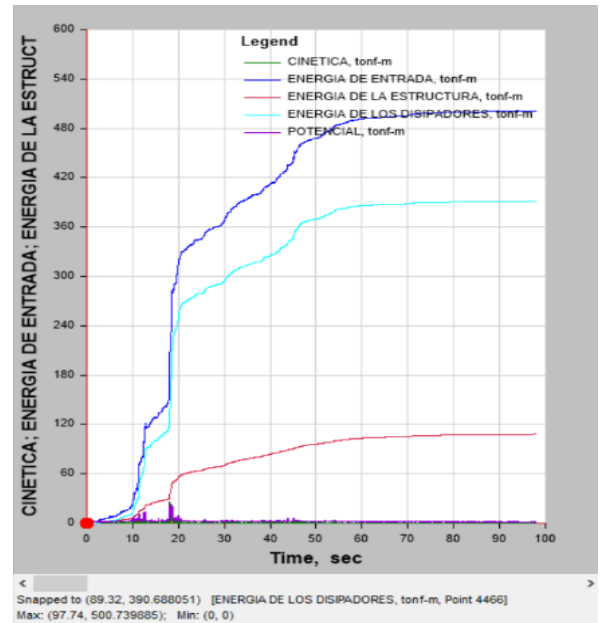
SISMO DE 1974 EW

$$Energia\ Disipada = \frac{407.52\ Tonf.m}{519.04\ Tonf.m} = 78.51\%$$



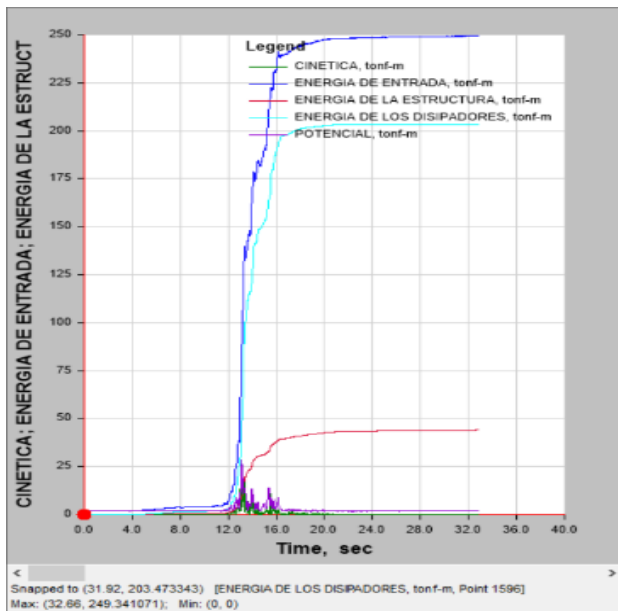
SISMO DE 1974 NS

$$Energia\ Disipada = \frac{390.69\ Tonf.m}{500.74\ Tonf.m} = 78.02\%$$



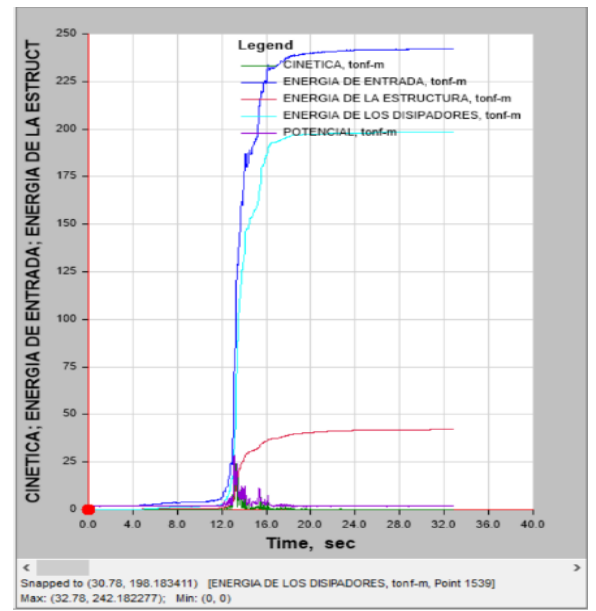
SISMO DE ZAR 1974 EW

$$Energia\ Disipada = \frac{203.47\ Tonf.m}{249.34\ Tonf.m} = 81.60\%$$



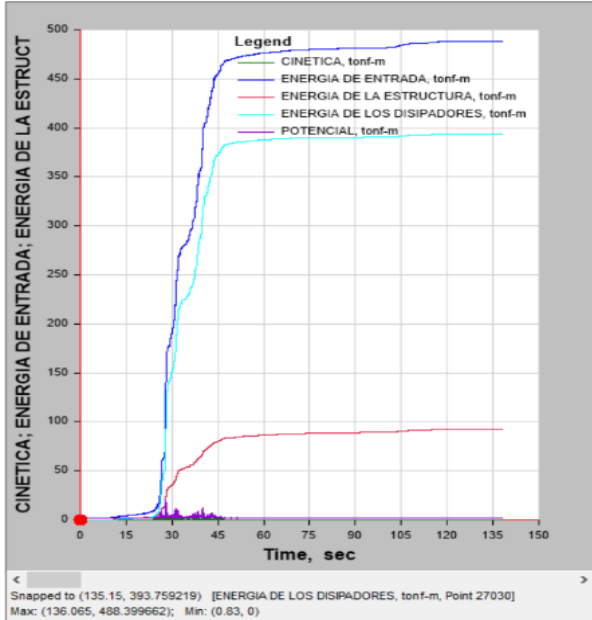
SISMO DE ZAR 1974 NS

$$Energia\ Disipada = \frac{198.18\ Tonf.m}{242.18\ Tonf.m} = 81.83\%$$



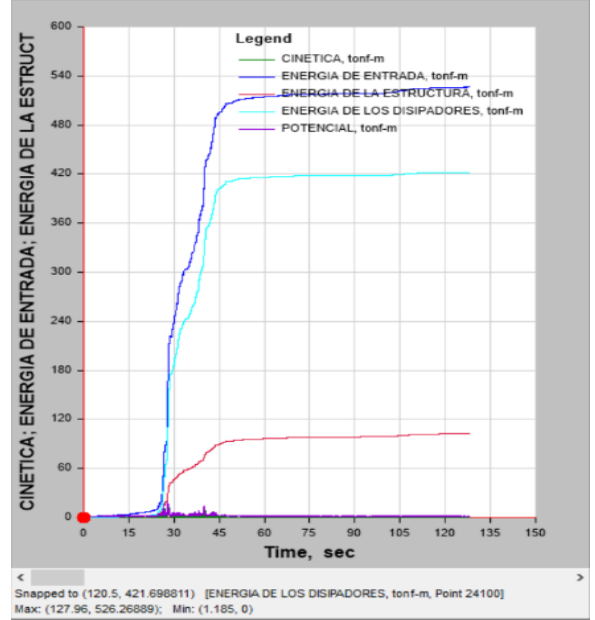
SISMO DE 2001 EW

$$Energia\ Disipada = \frac{393.76\ Tonf.m}{488.40\ Tonf.m} = 80.62\%$$



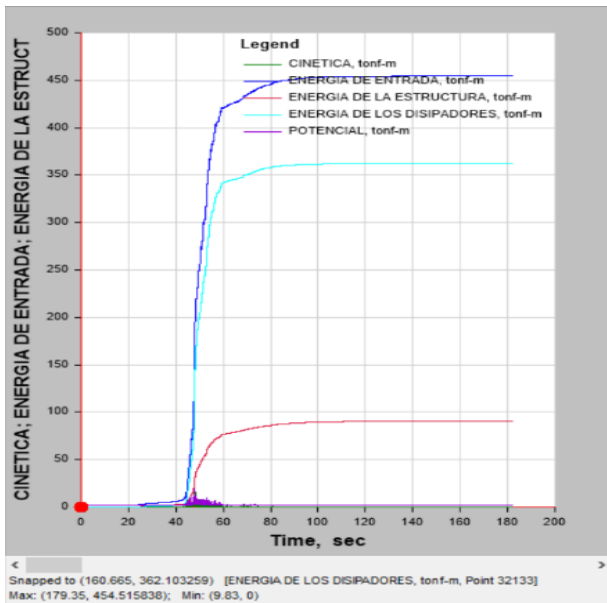
SISMO DE 2001 NS

$$Energia\ Disipada = \frac{421.70\ Tonf.m}{526.27\ Tonf.m} = 80.13\%$$



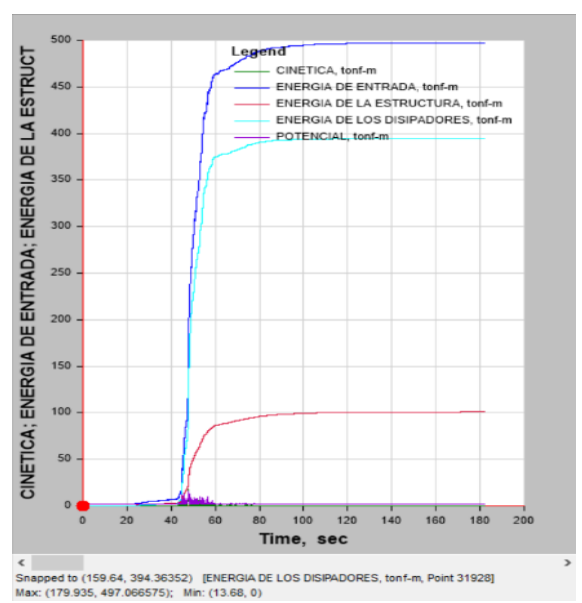
SISMO DE 2005 EW

$$Energia\ Disipada = \frac{362.10\ Tonf.m}{454.52\ Tonf.m} = 79.67\%$$



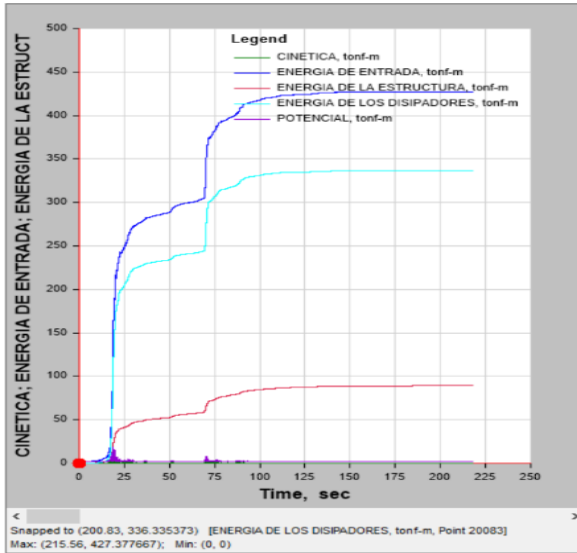
SISMO DE ZAR 2005 NS

$$Energia\ Disipada = \frac{394.36\ Tonf.m}{497.07\ Tonf.m} = 79.34\%$$



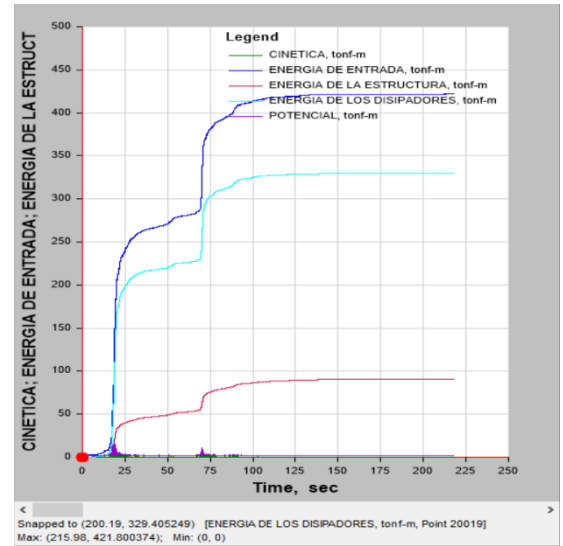
SISMO DE ICA 2007 EW

$$Energia\ Disipada = \frac{336.34\ Tonf.m}{427.38\ Tonf.m} = 78.70\%$$



SISMO DE ICA 2007 NS

$$Energia\ Disipada = \frac{329.41\ Tonf.m}{421.80\ Tonf.m} = 78.10\%$$



DIRECCIÓN XX

Tal como lo indica la norma la respuesta total se obtiene con el promedio de energía de todos los registros Sísmicos E-W:

$$Disipacion\ de\ energia = \frac{\sum \% Energia\ disipada\ (SISMOS\ EW)}{7}$$

$$Disipacion\ de\ energia = \frac{559.62\ \%}{7}$$

$$Disipacion\ de\ energia = 79.95\ \%$$

En la dirección XX, como era de esperarse los dispositivos de disipación absorben un 79.95% de la energía de entrada del sismo por lo que la remanente es tomada por los elementos estructurales y la fundación si se contempla la interacción suelo estructura.

DIRECCIÓN YY

Similarmente la energía total disipada se obtiene con el promedio de energía de todos los registros Sísmicos N-S:

$$Disipacion\ de\ energia = \frac{\sum \% Energia\ disipada\ (SISMOS\ NS)}{7}$$

$$Disipacion\ de\ energia = \frac{556.33\ \%}{7}$$

$$Disipacion\ de\ energia = 79.48\ \%$$

En la Dirección YY los dispositivos de disipación absorben un 79.48% de la energía de entrada del sismo siendo efectiva su incorporación para la mejora del desempeño estructural de la edificación.

4.3.7.5 Fuerza en los Disipadores

Se extraen las fuerzas axiales máximas que actúan en los dispositivos para cada dirección y registro sísmico para luego obtener la fuerza promedio y así aproximarlos a los valores enteros más cercanos en unidades kip establecidos por TAYLOR DEVICES. A manera de ejemplo en las figuras 4.65 y 4.66 se ilustran las fuerzas axiales para cada dirección del sismo de 1966 E-W, asimismo en las tablas 47 y 48 se muestran las fuerzas máximas y fuerzas promedios para cada nivel de techo.

DIRECCION XX

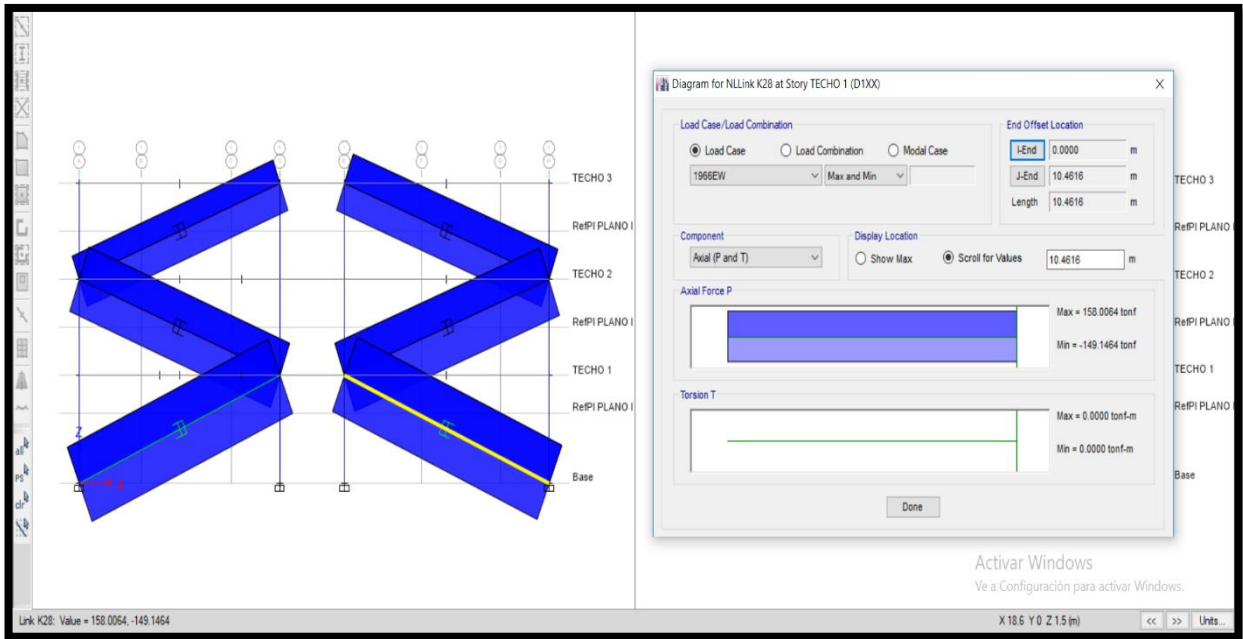


Figura 4.65: Fuerza Axial actuante de los Amortiguadores en el eje XX – Sismo 1966 EW
Fuente: Elaborado por el autor

DIRECCION YY

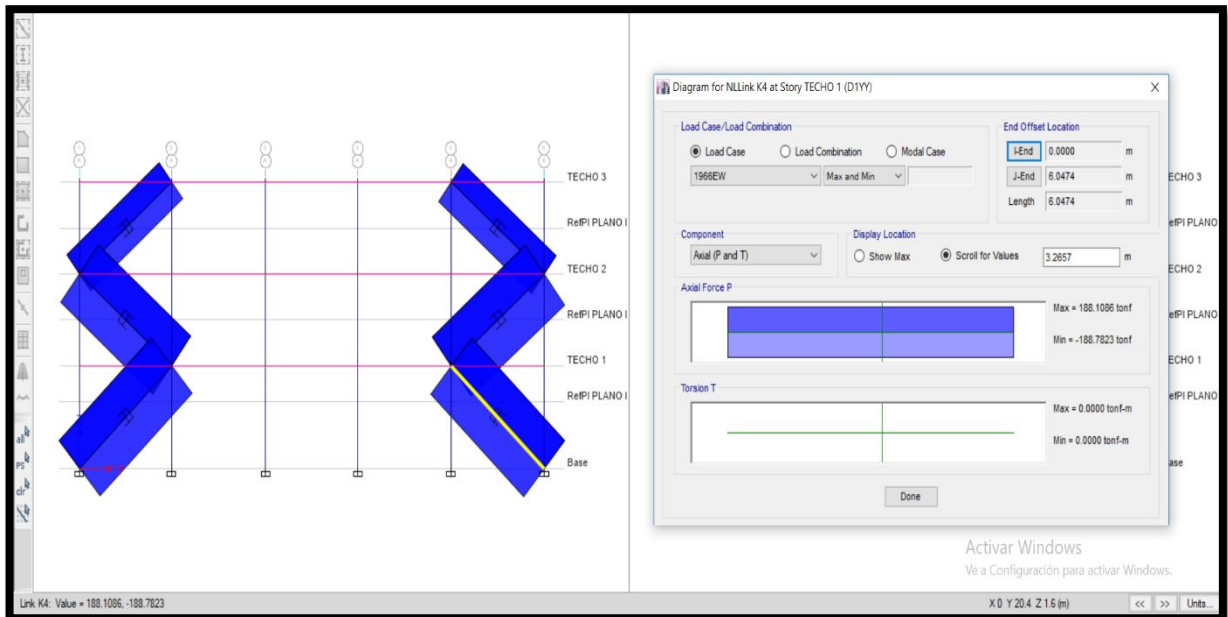


Figura 4.66: Fuerza axial actuante de los amortiguadores en el eje YY - Sismo 1966 EW
Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 47. Fuerza Axial actuante de los Amortiguadores aproximados a TAYLOR en la dirección XX

DIRECCION XX																				
FUERZA AXIAL MAXIMO PORTICO 1-1																				
DISIPADOR	NIVEL	1966 EW	1966 NS	1970 EW	1970 NS	1974 EW	1974 NS	ZAR 74 EW	ZAR 74 NS	2001 EW	2001 NS	2005 EW	2005 NS	ICA 2007 EW	ICA 2007 NS	PROMEDIO	FUERZA	FUERZA TAYLOR		
		Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	(KIP)	(KIP)		
K25	1	159.49	192.56	166.13	186.86	196.32	186.86	176.07	166.60	166.44	171.90	165.14	149.31	150.90	150.91	170.39	375.65	440		
K28	1	158.01	191.82	166.44	187.64	196.78	187.64	177.15	166.07	165.61	171.71	164.39	149.30	151.04	151.04	170.33	375.51	440		
K26	2	132.86	162.85	143.74	121.22	173.45	165.81	156.07	145.13	142.02	144.44	140.51	126.33	129.62	129.62	143.83	317.10	440		
K29	2	145.08	173.78	145.66	166.52	173.19	166.52	157.15	144.81	151.22	155.19	148.61	133.61	133.97	133.97	152.09	335.30	440		
K27	3	108.98	127.26	96.09	106.38	118.93	106.38	109.81	100.68	106.10	104.51	105.81	87.89	94.91	94.91	104.90	231.27	330		
K30	3	121.79	136.67	100.38	107.89	117.38	107.89	114.43	100.36	116.43	118.26	116.18	101.76	107.03	107.03	112.39	247.78	330		
FUERZA AXIAL MAXIMO PORTICO 6-6																				
DISIPADOR	NIVEL	1966 EW	1966 NS	1970 EW	1970 NS	1974 EW	1974 NS	ZAR 74 EW	ZAR 74 NS	2001 EW	2001 NS	2005 EW	2005 NS	ICA 2007 EW	ICA 2007 NS	PROMEDIO	FUERZA	FUERZA TAYLOR		
		Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	(KIP)	(KIP)		
K7	1	154.19	189.82	165.81	190.95	196.14	190.95	180.97	158.01	165.79	175.46	161.89	151.76	154.48	152.48	170.62	376.15	440		
K10	1	155.24	191.30	166.40	190.94	196.41	190.94	180.51	159.44	167.30	176.48	163.37	152.30	153.04	153.04	171.19	377.41	440		
K8	2	138.73	152.17	140.21	166.02	168.78	166.02	160.99	131.42	145.92	153.60	140.52	132.88	130.99	130.99	147.09	324.27	440		
K11	2	136.94	168.02	142.96	168.95	172.09	168.95	161.75	134.66	145.46	153.36	140.74	133.47	133.01	133.01	149.53	329.65	440		
K9	3	87.62	109.03	89.33	120.13	123.19	120.13	119.15	86.75	87.46	93.74	88.42	87.91	88.37	88.37	99.26	218.82	330		
K12	3	93.26	103.07	93.48	125.02	127.01	125.02	122.12	94.04	88.34	94.45	90.96	92.15	89.83	89.83	102.04	224.96	330		

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 48. Fuerza Axial actuante de los Amortiguadores aproximados a TAYLOR en la dirección YY

DIRECCION YY																		
FUERZA AXIAL MAXIMO PORTICO A-A																		
DISIPADOR	NIVEL	1966 EW	1966 NS	1970 EW	1970 NS	1974 EW	1974 NS	ZAR 74 EW	ZAR 74 NS	2001 EW	2001 NS	2005 EW	2005 NS	ICA 2007 EW	ICA 2007 NS	PROMEDIO	FUERZA	FUERZA TAYLOR
		Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	(KIP)
K1	1	188.49	170.70	186.64	202.21	191.98	202.21	160.55	207.56	154.34	159.59	160.33	171.27	171.09	171.09	178.43	393.37	440
K4	1	188.78	170.47	187.42	203.23	192.44	203.26	162.95	207.91	153.88	160.99	160.38	172.15	171.59	171.59	179.07	394.79	440
K2	2	189.37	155.18	175.01	191.92	182.70	191.92	161.63	194.08	141.92	153.21	149.74	158.58	158.66	158.66	168.76	372.04	440
K5	2	198.41	163.09	176.24	189.19	185.71	189.19	154.73	200.77	155.03	152.45	159.93	158.48	159.34	159.34	171.56	378.23	440
K3	3	123.51	99.33	117.55	130.62	114.31	130.62	101.37	138.01	81.80	96.81	87.18	105.13	102.11	102.11	109.32	241.00	330
K6	3	124.17	108.17	115.93	126.53	121.87	126.53	91.87	149.36	94.92	95.20	99.67	97.23	101.78	101.78	111.07	244.87	330
FUERZA AXIAL MAXIMO PORTICO H-H																		
DISIPADOR	NIVEL	1966 EW	1966 NS	1970 EW	1970 NS	1974 EW	1974 NS	ZAR 74 EW	ZAR 74 NS	2001 EW	2001 NS	2005 EW	2005 NS	ICA 2007 EW	ICA 2007 NS	PROMEDIO	FUERZA	FUERZA TAYLOR
		Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	(KIP)
K13	1	186.71	168.77	187.84	201.05	192.52	201.05	159.20	207.05	153.67	159.70	159.28	172.36	169.54	169.54	177.73	391.83	440
K16	1	198.74	175.92	193.98	209.75	199.24	209.75	170.53	211.73	163.08	167.78	168.81	178.91	176.74	176.74	185.84	409.69	440
K14	2	191.49	160.71	176.28	190.16	182.81	190.16	148.43	199.08	148.07	149.53	153.82	154.81	158.62	158.62	168.76	372.04	440
K17	2	206.95	169.72	186.30	199.87	193.65	199.87	169.99	205.93	161.84	164.00	166.15	168.81	167.76	167.76	180.61	398.18	440
K15	3	144.84	119.86	132.81	143.87	136.27	143.87	109.36	157.22	108.72	112.48	114.06	115.06	120.53	120.53	127.11	280.22	330
K18	3	166.93	134.04	146.93	158.38	154.68	158.38	138.79	162.73	128.78	131.30	131.77	137.13	132.61	132.61	143.93	317.31	330

Fuente: Elaborado por el autor

Finalmente se determina las fuerzas axiales máximas en cada nivel para cada dirección de reforzamiento “X” de 440 kip y 330 kip, de igual manera para el eje “Y” de 440 kip y 330 kip. En la figura 4.67 y 4.68 mostramos en el catálogo de TAYLOR DEVICES donde figura las características y dimensiones de los dispositivos según la fuerza de diseño, además de la placa base que sirve de conexión con el brazo metálico.

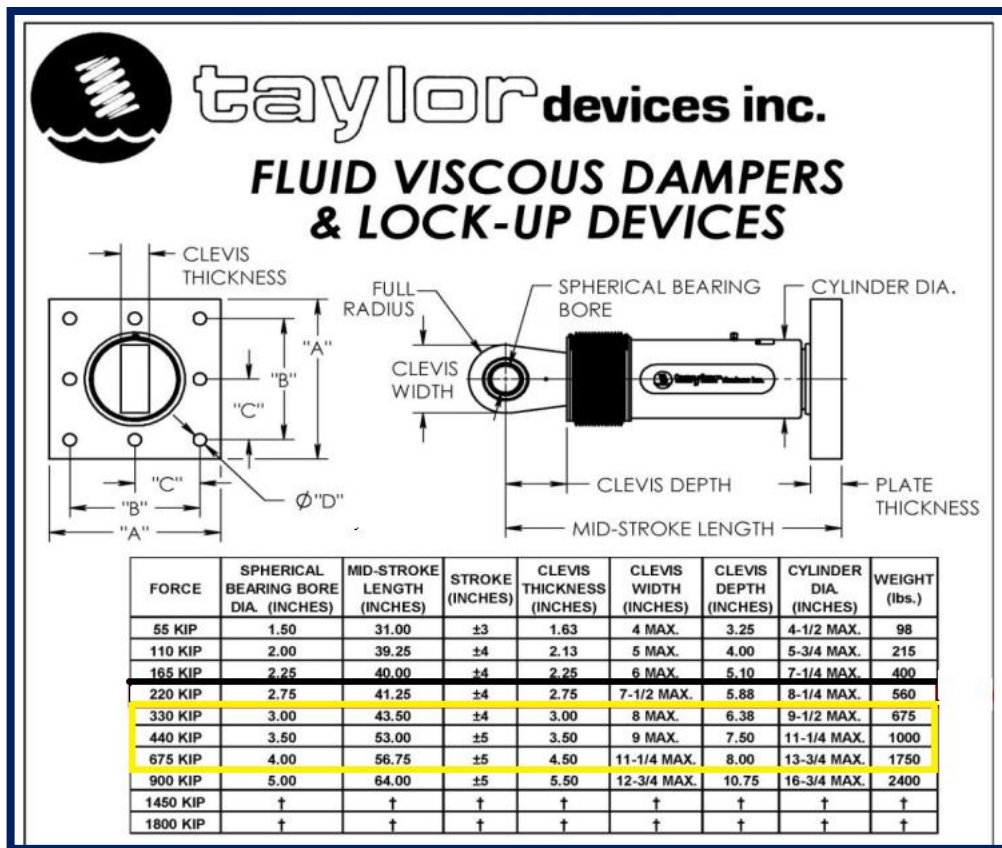


Figura 4.67: Catálogo de TAYLOR para Disipadores Sísmicos
Fuente: Elaborado por el autor

FORCE	"A"	"B"	"C"	"D"	PLATE THICKNESS (INCHES)
55 KIP	7.00±.12	5.00±.01	*	0.81±.01	1.50±.03
110 KIP	11.12±.12	8.00±.01	*	1.25±.01	1.50±.03
165 KIP	13.50±.12	10.00±.01	5.00±.01	1.12±.01	2.40±.03
220 KIP	16.50±.12	12.50±.01	6.25±.01	1.25±.01	3.00±.06
330 KIP	17.00±.12	13.00±.01	6.50±.01	1.375±.010	3.00±.06
440 KIP	18.00±.12	13.50±.01	6.75±.01	1.500±.010	4.00±.06
675 KIP	20.00±.12	16.00±.01	8.00±.01	1.63±.01	4.00±.06
900 KIP	†	†	†	†	†
1450 KIP	†	†	†	†	†
1800 KIP	†	†	†	†	†

NOTE:
VARIOUS STROKES ARE AVAILABLE, FROM ±2 TO ±36 INCHES. FORCE CAPACITY MAY BE REDUCED FOR STROKE LONGER THAN STROKE LISTED IN TABLE. ANY STROKE CHANGE FROM THE STANDARD STROKE VERSION DEPICTED CHANGES MID-STROKE LENGTH BY FIVE INCHES PER ±1 INCH OF STROKE.

EXAMPLE: 220 KIP ±4 INCHES STROKE, MID-STROKE LENGTH IS 41.25 INCHES
220 KIP ±6 INCHES STROKE,
6-4 = 2 TIMES FIVE = 10
41.25+10 = 51.25 INCHES MID-STROKE LENGTH

BELLOWS MAY BE REPLACED WITH A STEEL SLEEVE AS DESIRED STROKE LENGTHS INCREASE. CONSULT TAYLOR DEVICES FOR STROKE OVER ± 12 INCHES AND/OR FOR FORCE CAPACITIES FOR STROKE LONGER THAN LISTED IN TABLE.
* DENOTES 4-BOLT MOUNTING PATTERN
† DENOTES CUSTOM PATTERN. CONSULT FACTORY.

Figura 4.68: Catálogo de TAYLOR para la Placa Base del Dispositivo
Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 49. Numero de Dispositivos por Fuerza de Trabajo

CANTIDAD DE DISPOSITIVOS		
FUERZA (KIP)	DIRECCION XX	DIRECCION YY
330 Kip	4	4
440 Kip	8	8
	12	12
TOTAL	24	

Fuente: Elaborado por el autor

4.3.7.6 Modos y periodos del análisis no lineal con Disipadores

Prácticamente los modos fundamentales de vibración tanto traslacionales y rotaciones se mantienen perenne con ellos demostramos que el sistema con disipadores de fluido viscoso solo añade amortiguamiento a la edificación mas no rigidez.

Tabla 50. Formas de Vibración, Periodos y Masas Participativas de la Edificación con Disipadores

MODOS DE VIBRACION Y MASA PARTICIPATIVAS														
Case	Mode	Period	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ	Sum RX	Sum RY	Sum RZ
		sec												
Modal	1	0.499	0.0001	0.8635	2.54E-06	0.0001	0.8635	2.54E-06	0.0256	1.83E-06	0.0023	0.0256	1.83E-06	0.0023
Modal	2	0.45	0.9057	0.0001	0.0001	0.9058	0.8636	0.0001	0	0.0184	3.56E-05	0.0256	0.0184	0.0023
Modal	3	0.416	4.22E-05	0.0019	9.87E-07	0.9058	0.8656	0.0001	4.70E-05	1.07E-05	0.8974	0.0256	0.0185	0.8997
Modal	4	0.134	0.0001	0.0913	0.001	0.9059	0.9569	0.0011	0.0721	0.0008	0.0098	0.0977	0.0193	0.9095
Modal	5	0.126	0.0037	0.0036	0.047	0.9096	0.9604	0.0481	0.0016	0.0069	0.0017	0.0993	0.0262	0.9112
Modal	6	0.1	9.02E-07	0.0226	0.001	0.9096	0.983	0.0491	0.0092	0.0027	0.0736	0.1085	0.029	0.9848
Modal	7	0.069	1.01E-05	0.0009	0.244	0.9096	0.9839	0.2931	0.0037	0.0002	0.0003	0.1122	0.0291	0.9851
Modal	8	0.068	9.35E-06	0.0101	0.0223	0.9097	0.994	0.3154	0.0003	0.0001	0.0101	0.1124	0.0293	0.9952
Modal	9	0.047	0.0001	9.28E-07	0.0668	0.9098	0.994	0.3822	0.0002	0.1747	0	0.1126	0.2039	0.9952
Modal	10	0.043	7.69E-06	0.0004	0.0009	0.9098	0.9944	0.3831	0.0015	0.0048	0.0004	0.1141	0.2087	0.9956
Modal	11	0.039	0.0003	0	0.0421	0.9101	0.9944	0.4252	5.54E-06	0.095	9.70E-07	0.1141	0.3037	0.9956
Modal	12	0.037	0.0001	2.57E-05	0.055	0.9932	0.9917	0.5376	0.0067	0.0014	0.0001	0.1573	0.1497	0.8752

Fuente: Elaborado por el autor

4.3.7.7 Máximo Stroke

La deformación máxima que asumirá el dispositivo incorporado a los pórticos es de 16.13 mm y se expresa en el dispositivo K10 del primer nivel en la dirección XX para el sismo de 1974 E-W. A continuación, en la figura 4.69 se muestra el lazo histerético siendo el desplazamiento máximo de 50 mm para estos dispositivos, lo cual indica que la correcta eficiencia de trabajo que tendrán los disipadores en la edificación.

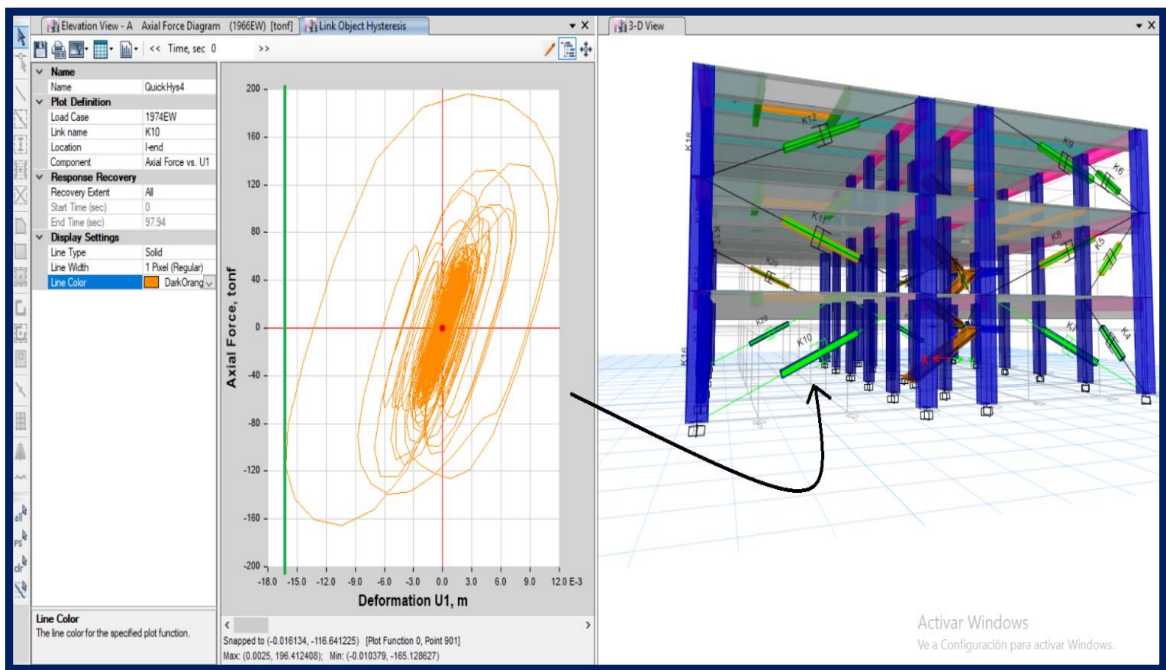


Figura 4.69: Máximo Stroke en el disipador K10 - 16.13 mm
Fuente: Elaborado por el autor

4.3.8 Diseño de los Elementos de Acero

a) Elección del Dispositivo

Para el reforzamiento de la edificación se utilizarán 2 tipos de dispositivos 330 kip y 440 kip. A continuación, en las tablas mostramos las características del disipador,

así como la placa base que es indispensable para la conexión entre el brazo metálico y el dispositivo.

Tabla 51. Características de los dispositivos de 330 kip y 440kip

<i>Force</i>	<i>Spherical Bearing Bore Dia. (cm)</i>	<i>Mid- Stroke Length (cm)</i>	<i>Stroke (inches)</i>	<i>Clevis Thickness (cm)</i>	<i>Clevis Width (cm)</i>	<i>Clevis Depth (cm)</i>	<i>Cylinder Dia (cm)</i>	<i>Weight (lbs)</i>
330 Kip	7.62	110.49	.+4	7.62	20.32	16.21	27.94	675
440 Kip	8.89	134.62	.+5	8.89	22.86	19.05	28.58	1000

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 52. Características de la placa base de los dispositivos de 330 kip y 440kip

<i>Force</i>	<i>"A" (cm)</i>	<i>"B" (cm)</i>	<i>"C" (cm)</i>	<i>"D" (cm)</i>	<i>Plate Thickness (cm)</i>
330 Kip	43.18	33.02	16.51	3.4925	7.62
440 Kip	45.72	34.29	17.15	3.81	10.16

Fuente: Elaborado por el autor

4.3.8.1 Diseño de Brazos Metálico

Se procede a diseñar los brazos metálicos que están expuestas a esfuerzos de tracción y compresión generada en el disipador para un sismo máximo esperado (1.5 sismo de diseño), estipulada así por el ASCE 7-10.

Se obtienen las fuerzas en los disipadores para cada registro y se promedian los resultados como se ha venido haciendo anteriormente para todas las respuestas del análisis tiempo historia no lineal. Para la dirección XX se observa que la fuerza máxima es de 256.79 Ton y se ubica en el dispositivo K10 del nivel uno, así mismo para la dirección YY la fuerza máxima actuante es de 278.75 Ton y se ubica en el dispositivo K16 del nivel uno. A continuación, en la tabla 53 se resumen las respuestas a nivel de fuerzas axiales obtenidas para cada registro sísmico y dirección:

Tabla 53. Fuerzas Axiales máximas actuantes en cada Dispositivo para cada Registro en la Dirección XX y YY.

DIRECCION XX																
FUERZA AXIAL MAXIMO PORTICO 1-1																
DISIPADOR	NIVEL	1966 EW	1966 NS	1970 EW	1970 NS	1974 EW	1974 NS	ZAR 74 EW	ZAR 74 NS	2001 EW	2001 NS	2005 EW	2005 NS	ICA 2007 EW	ICA 2007 NS	PROMEDIO
		Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton
K25	T1	239.24	288.84	249.20	280.29	294.48	280.29	264.11	249.90	249.66	257.85	247.71	223.97	226.35	226.37	255.59
K28	T1	237.02	287.73	249.66	281.46	295.17	281.46	265.73	249.11	248.42	257.57	246.59	223.95	226.56	226.56	255.50
K26	T2	199.29	244.28	215.61	181.83	260.18	248.72	234.11	217.70	213.03	216.66	210.77	189.50	194.43	194.43	215.75
K29	T2	217.62	260.67	218.49	249.78	259.79	249.78	235.73	217.22	226.83	232.79	222.92	200.42	200.96	200.96	228.14
K27	T3	163.47	190.89	144.14	159.57	178.40	159.57	164.72	151.02	159.15	156.77	158.72	131.84	142.37	142.37	157.35
K30	T3	182.69	205.01	150.57	161.84	176.07	161.84	171.65	150.54	174.65	177.39	174.27	152.64	160.55	160.55	168.59
FUERZA AXIAL MAXIMO PORTICO 6-6																
DISIPADOR	NIVEL	1966 EW	1966 NS	1970 EW	1970 NS	1974 EW	1974 NS	ZAR 74 EW	ZAR 74 NS	2001 EW	2001 NS	2005 EW	2005 NS	ICA 2007 EW	ICA 2007 NS	PROMEDIO
		Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton
K7	T1	231.29	284.73	248.72	286.43	294.21	286.43	271.46	237.02	248.69	263.19	242.84	227.64	231.72	228.72	255.93
K10	T1	232.86	286.95	249.60	286.41	294.62	286.41	270.77	239.16	250.95	264.72	245.06	228.45	229.56	229.56	256.79
K8	T2	208.10	228.26	210.32	249.03	253.17	249.03	241.49	197.13	218.88	230.40	210.78	199.32	196.49	196.49	220.63
K11	T2	205.41	252.03	214.44	253.43	258.14	253.43	242.63	201.99	218.19	230.04	211.11	200.21	199.52	199.52	224.29
K9	T3	131.43	163.55	134.00	180.20	184.79	180.20	178.73	130.13	131.19	140.61	132.63	131.87	132.56	132.56	148.89
K12	T3	139.89	154.61	140.22	187.53	190.52	187.53	183.18	141.06	132.51	141.68	136.44	138.23	134.75	134.75	153.06
DIRECCION YY																
FUERZA AXIAL MAXIMO PORTICO A-A																
DISIPADOR	NIVEL	1966 EW	1966 NS	1970 EW	1970 NS	1974 EW	1974 NS	ZAR 74 EW	ZAR 74 NS	2001 EW	2001 NS	2005 EW	2005 NS	ICA 2007 EW	ICA 2007 NS	PROMEDIO
		Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton
K1	T1	282.74	256.05	279.96	303.32	287.97	303.32	240.83	311.34	231.51	239.39	240.50	256.91	256.64	256.64	267.65
K4	T1	283.17	255.71	281.13	304.85	288.66	304.89	244.43	311.87	230.82	241.49	240.57	258.23	257.39	257.39	268.61
K2	T2	284.06	232.77	262.52	287.88	274.05	287.88	242.45	291.12	212.88	229.82	224.61	237.87	237.99	237.99	253.13
K5	T2	297.62	244.64	264.36	283.79	278.57	283.79	232.10	301.16	232.55	228.68	239.90	237.72	239.01	239.01	257.35
K3	T3	185.27	149.00	176.33	195.93	171.47	195.93	152.06	207.02	122.70	145.22	130.77	157.70	153.17	153.17	163.98
K6	T3	186.26	162.26	173.90	189.80	182.81	189.80	137.81	224.04	142.38	142.80	149.51	145.85	152.67	152.67	166.61
FUERZA AXIAL MAXIMO PORTICO H-H																
DISIPADOR	NIVEL	1966 EW	1966 NS	1970 EW	1970 NS	1974 EW	1974 NS	ZAR 74 EW	ZAR 74 NS	2001 EW	2001 NS	2005 EW	2005 NS	ICA 2007 EW	ICA 2007 NS	PROMEDIO
		Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton	Ton
K13	T1	280.07	253.16	281.76	301.58	288.78	301.58	238.80	310.58	230.51	239.55	238.92	258.54	254.31	254.31	266.60
K16	T1	298.11	263.88	290.97	314.63	298.86	314.63	255.80	317.60	244.62	251.67	253.22	268.37	265.11	265.11	278.75
K14	T2	287.24	241.07	264.42	285.24	274.22	285.24	222.65	298.62	222.11	224.30	230.73	232.22	237.93	237.93	253.13
K17	T2	310.43	254.58	279.45	299.81	290.48	299.81	254.99	308.90	242.76	246.00	249.23	253.22	251.64	251.64	270.92
K15	T3	217.26	179.79	199.22	215.81	204.41	215.81	164.04	235.83	163.08	168.72	171.09	172.59	180.80	180.80	190.66
K18	T3	250.40	201.06	220.40	237.57	232.02	237.57	208.19	244.10	193.17	196.95	197.66	205.70	198.92	198.92	215.90

Fuente: Elaborado por el autor

DIRECCION X

El perfil metálico utilizado es un perfil de sección hueca HSS20X0.375, el cual cuenta con las siguientes características para su verificación y diseño:

Donde:

<i>Area del perfil metalico (in²)</i>	A	21.5
<i>Radio del perfil metalico (in)</i>	r	6.95
<i>Longitud de diseño (in)</i>	L	352.7559
<i>Modulo de elasticidad del acero (ksi)</i>	<i>E_c</i>	29000
<i>Esfuerzo de fluencia (ksi)</i>	<i>F_y</i>	50
<i>Resistencia en tension (Ksi)</i>	<i>F_u</i>	65

Para facilidades del proceso constructivo se uniformizará los brazos metálicos por lo que se diseñó para la fuerza más desfavorable en todos los niveles para cada dirección, el cual se ubica en el dispositivo K10 con una fuerza axial máxima de 256.79 Toneladas.

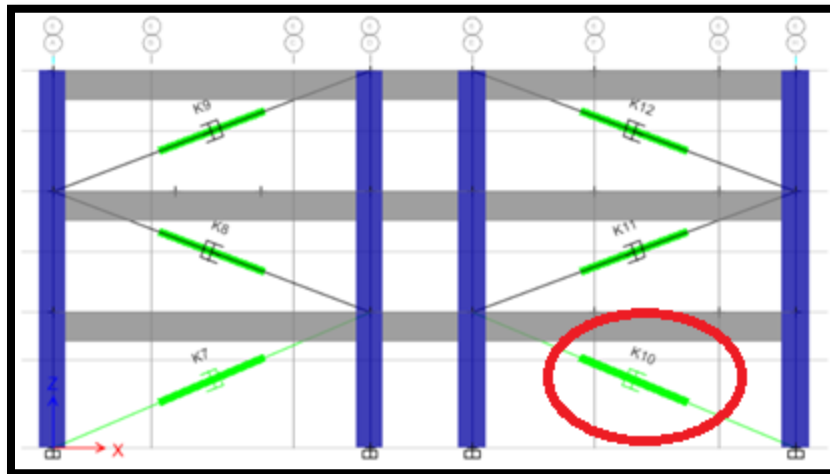


Figura 4.70: Brazo Metálico a diseñar del Dispositivo K10
Fuente: Elaborado por el autor

$$F_e = \frac{\pi^2 * E}{\left(\frac{L}{r}\right)^2}$$

Remplazando en las formulas tenemos:

$$F_e = \frac{\pi^2 * 29000}{\left(\frac{352.76}{6.95}\right)^2}$$

$$F_e = 110.10 \text{ ksi}$$

$F_e > 50 \text{ ksi}$ (Trabaja en el rango de pandeo inelástico)

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

$$106.59 \leq 113.43 \quad \text{Ok cumple}$$

Ahora se calcula el esfuerzo de pandeo por flexión con la siguiente formula

$$F_{cr} = 0.658^{\frac{F_y}{F_e}} * F_y = 0.658^{\frac{50}{110.10}} * 50 = 41.416 \text{ ksi}$$

Calculado los esfuerzos nominales en tracción y compresión axial tenemos:

$$\phi P_n = \phi * F_{cr} * A$$

$$\phi T_n = \phi * F_y * A$$

Obtenemos:

$$\phi P_n = 0.85 * 41.416 * 21.5 = 756.88 \text{ kips} = 343.536 \text{ Ton}$$

$$\phi T_n = 0.9 * 50 * 21.5 = 967.5 \text{ kips} = 439.14 \text{ Ton}$$

Se corrobora que el perfil es satisfactorio:

<i>Resistencia de diseño (Ton)</i>	ϕP_n	343.536	\geq	256.79	Ok cumple
<i>Resistencia a la Traccion (Ton)</i>	ϕT_n	439.139	\geq	256.79	Ok cumple

DIRECCION Y

El perfil metálico utilizado es un perfil de sección hueca HSS9.625X0.500, el cual cuenta con las siguientes características para su verificación y diseño:

Donde:

<i>Area del perfil metalico (in²)</i>	A	13.4
<i>Radio del perfil metalico (in)</i>	r	3.24
<i>Longitud de diseño (in)</i>	L	122.4409
<i>Modulo de elasticidad del acero (ksi)</i>	<i>E_c</i>	29000
<i>Esfuerzo de fluencia (ksi)</i>	<i>F_y</i>	50
<i>Resistencia en tension (Ksi)</i>	<i>F_u</i>	65

Similarmente para facilidades del proceso constructivo se uniformizará los brazos metálicos por lo que se diseñado para la fuerza más desfavorable en todos los niveles para cada dirección, el cual se ubica en el dispositivo K16 con una fuerza axial máxima de 278.75 Toneladas.

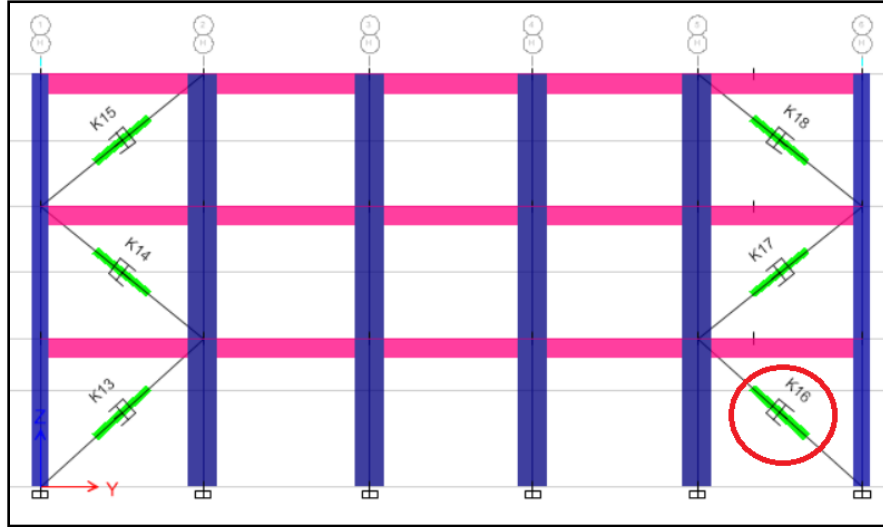


Figura 4.71: Brazo Metálico a diseñar del Dispositivo K16
Fuente: Elaborado por el autor

$$F_e = \frac{\pi^2 * E}{\left(\frac{L}{r}\right)^2}$$

Remplazando en las formulas tenemos:

$$F_e = \frac{\pi^2 * 29000}{\left(\frac{122.44}{3.24}\right)^2}$$

Fe = 200.42 ksi

$F_e > 50 \text{ ksi}$ (Trabaja en el rango de pandeo inelástico)

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

79.36 ≤ 113.43 **Ok cumple**

Ahora se calcula el esfuerzo de pandeo por flexión con la siguiente formula

$$F_{cr} = 0.658^{\frac{F_y}{F_e}} * F_y = 0.658^{\frac{50}{200.42}} * 50 = 45.04 \text{ ksi}$$

Calculado los esfuerzos nominales en tracción y compresión axial tenemos:

$$\phi P_n = \phi * F_{cr} * A$$

$$\phi T_n = \phi * F_y * A$$

Obtenemos:

$$\phi P_n = 0.85 * 45.042 * 13.4 = 513.03 \text{ kips} = 232.86 \text{ Ton}$$

$$\phi T_n = 0.9 * 50 * 13.4 = 603 \text{ kips} = 273.696 \text{ Ton}$$

Se corrobora que el perfil no es satisfactorio:

Resistencia de diseño (Ton)	ϕP_n	232.860	\geq	278.75	No cumple
Resistencia a la Tracción (Ton)	ϕT_n	273.696	\geq	278.75	No cumple

Por lo tanto, cambiar perfil metálico.

Cambiando al perfil metálico de sección hueca HSS10X0.625, el cual cuenta con las siguientes propiedades para su nueva verificación y mostradas en la figura 4.72:

Area del perfil metalico (in ²)	A	17.2
Radio del perfil metalico (in)	r	3.34
Longitud de diseño (in)	L	122.4409
Modulo de elasticidad del acero (ksi)	E_c	29000
Esfuerzo de fluencia (ksi)	F_y	50
Resistencia en tension (Ksi)	F_u	65




Table 1-13
Round HSS
Dimensions and Properties

HSS20-HSS10

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. ⁴	in. ³
HSS20×0.500	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
HSS18×0.500	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
HSS16×0.625	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
HSS14×0.625	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
HSS12.750×0.500	0.465	65.48	17.9	27.4	339	53.2	4.35	70.2	678	106
>0.375	0.349	49.61	13.6	36.5	262	41.0	4.39	53.7	523	82.1
>0.250 ^f	0.233	33.41	9.16	54.7	180	28.2	4.43	36.5	359	56.3
HSS10.750×0.500	0.465	54.79	15.0	23.1	199	37.0	3.64	49.2	398	74.1
>0.375	0.349	41.59	11.4	30.8	154	28.7	3.68	37.8	309	57.4
>0.250	0.233	28.06	7.70	46.1	106	19.8	3.72	25.8	213	39.6
HSS10×0.625	0.581	62.64	17.2	17.2	191	38.3	3.34	51.6	383	76.6
>0.500	0.465	50.78	13.9	21.5	159	31.7	3.38	42.3	317	63.5
>0.375	0.349	38.58	10.6	28.7	123	24.7	3.41	32.5	247	49.3
>0.312	0.291	32.31	8.88	34.4	105	20.9	3.43	27.4	209	41.9
>0.250	0.233	26.06	7.15	42.9	85.3	17.1	3.45	22.2	171	34.1
>0.188 ^f	0.174	19.72	5.37	57.5	64.8	13.0	3.47	16.8	130	25.9

Figura 4.72: Propiedades del perfil HSS10x0.625 en la Dirección Y
Fuente: AISC Steel Construction Versión 14.

Con este nuevo perfil se continua la iteración de los cálculos anteriormente realizados y se corrobora que el perfil cumple con las demandas actuales por lo que su diseño es satisfactorio:

Resistencia de diseño (Ton)	ϕPn	300.742	≥	278.75	ok cumple
Resistencia a la Tracción (Ton)	ϕTn	351.311	≥	278.75	ok cumple

Se culminó con la verificación donde se obtuvieron esfuerzos axiales de tracción y compresión nominales son mayores a los actuantes por lo tanto el diseño de los perfiles queda conforme para ambas direcciones.

De manera complementaria se requiere el diseño de las planchas y anclajes destinadas a las juntas o uniones del sistema para su montaje. Además, se necesita

personal especializado para su instalación, lo cual a la fecha en el Perú las empresas pioneras en este servicio son DISIPA y CDV REPRESENTACIONES ubicada en la capital de Lima. La Empresa principal de la fabricación de estos dispositivos es TAYLOR en Estados Unidos.

4.3.9 Presupuesto de proyecto

Los costos de la edificación con la incorporación de los disipadores sísmicos se obtuvieron manejando ratios por metro cuadrado de área construida, para un área techada total de 1559.52 m². El precio de los dispositivos se obtuvieron por medio de las cotizaciones de las empresas proveedoras.

Tabla 54. Costo Unitario del Sistema por metro Cuadrado de Área Techada

ITEM	CANTIDAD	P.U (US\$)	P.PARCIAL(US\$)	P.TOTAL(US\$)
DISIPADOR 330 KIP	8	\$ 4,200.00	\$ 33,600.00	\$ 142,400.00
DISIPADOR 440 KIP	16	\$ 5,000.00	\$ 80,000.00	
CONEXIONES +MONTAJE	24	\$ 1,200.00	\$ 28,800.00	
AREA (m2)	519.84			
N.PISOS	3			
AREA TECHADA (m2)	1559.52			
COSTO POR (m2) DE AREA TECHADA	\$ 91.31			

Fuente: Elaborado por el autor

Tabla 55. Presupuesto Total del Proyecto con los Dispositivos

ESPECIALIDAD	RATIO(US\$/m2)	AREA (m2)	P.PARCIAL(US\$)
ESTRUCTURAS	180	1559.52	\$ 280,713.60
ARQUITECTURA	170	1559.52	\$ 265,118.40
INSTALACION ELECTRICAS	20	1559.52	\$ 31,190.40
INSTALACION SANITARIAS	30	1559.52	\$ 46,785.60
SISTEMA DE DISIPACION SISMICA	91.31	1559.52	\$ 142,399.77
		COSTO DIRECTO	\$ 766,207.77
		GG(8%)	\$ 61,296.62
		UTILIDAD(5%)	\$ 38,310.39
		SUB TOTAL	\$ 865,814.78
		IGV (18%)	\$ 155,846.66
		PRESUPUESTO DE OBRA	\$ 1,021,661.44
		INCIDENCIA	0.139380587

Fuente: Elaborado por el autor

Para el caso del reforzamiento estructural de la edificación se bordea un costo aproximado de \$142,399.77 dólares, para la construcción de una nueva edificación con la inclusión de estos dispositivos el costo es de \$ 1,021,661.44 dólares, además con ello también se deduce que el costo con estos dispositivos se incrementa en 13.94% del presupuesto total.

Los costos por reparaciones estructurales y daños materiales de la edificación luego de un sismo severo pueden llegar fluctuar hasta un 40% del presupuesto total del proyecto, a esto sumado las incertidumbres de ocurrencia de sismos posteriores que comprometan a la edificación a sufrir grandes daños durante toda su vida útil.

De lo mencionado anteriormente se concluye que con la inclusión de sistemas de protección sísmica a la edificación en este caso los disipadores de energía se genera un costo beneficio en el proyecto a esto sumado que estos sistemas no necesitan mantenimiento durante su vida útil, además de proteger a la estructura de posibles daños ocasionado por las posibles réplicas o sismos posteriores de menor o mayor magnitud al actual.

4.4 Análisis e interpretación de resultados

Se culminó el análisis para la mejora del desempeño estructural con la incorporación de los disipadores en **disposición diagonal** y se evaluó los siguientes resultados:

- Se alcanzó derivas menores a la del objetivo que era 0.5%
- Los lazos Histeréticos muestran un adecuado comportamiento formando curvas elípticas con una relativa inclinación, pero con tendencia al eje horizontal de las abscisas.
- Se logró obtener aproximadamente el 80% de la disipación de la energía sísmica en ambos ejes XX y YY.

- El máximo Stroke obtenido en la dirección más desfavorable fue de 16.13 mm siendo 50 mm el límite máximo. Se concluye que los dispositivos trabajan de manera efectiva.

Por lo tanto, se contrasto que la elección del disipador en la disposición diagonal simple es adecuada por lo que no es necesario el cambio de la disposición y se mantendría como la **mejor alternativa**.

4.5 Contrastación de la Hipótesis

4.5.1 Hipótesis General

Hipótesis Alterna (Ha):

La incorporación de los disipadores fluido viscosos **si influyen favorablemente** en el desempeño estructural de Institución Educativa Politécnico Regional del Centro.

Hipótesis Nula (Ho):

La incorporación de los disipadores fluido viscosos **no influye favorablemente** en el desempeño estructural de Institución Educativa Politécnico Regional del Centro.

4.5.2 Hipótesis Especifica

Hipótesis especifica 1:

Hipótesis Alterna (Ha):

La incorporación de los disipadores fluido viscosos **si influyen positivamente** en la demanda sísmica de los pabellones de Institución Educativa Politécnico Regional del Centro

Hipótesis Nula (Ho):

La incorporación de los disipadores fluido viscosos **no influye positivamente** en la demanda sísmica de los pabellones de Institución Educativa Politécnico Regional del Centro

Hipótesis específica 2:

Hipótesis Alterna (Ha):

La incorporación de los disipadores fluido viscosos **si influyen favorablemente** en el objetivo de desempeño de los pabellones de Institución Educativa Politécnico Regional del Centro.

Hipótesis Nula (Ho):

La incorporación de los disipadores fluido viscosos **no influyen favorablemente** en el objetivo de desempeño de los pabellones de Institución Educativa Politécnico Regional del Centro.

Hipótesis específica 3:

Hipótesis Alterna (Ha):

La incorporación de los disipadores fluido viscosos **si influyen mejorablemente** en la deriva objetivo de los pabellones de Institución Educativa Politécnico Regional del Centro

Hipótesis Nula (Ho):

La incorporación de los disipadores fluido viscosos **no influyen mejorablemente** en la deriva objetivo de los pabellones de Institución Educativa Politécnico Regional del Centro

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Discusión

- Para la determinación de los niveles y objetivos e desempeño no basamos con la norma del comité Visión 2000 del SEAOC, 1995 ya que establece niveles de desempeño para distintos niveles de demanda sísmica según a la importancia de la edificación y el estado de daño a obtenerse; a diferencia de nuestra norma E030 que engloba a todo tipo de edificaciones donde para un solo nivel de amenaza sísmica establece un solo nivel de desempeño el cual es el de resguardo de vida. Además, que para el reforzamiento estructural de edificaciones existentes te conduce a tomar otros criterios y procedimientos diferentes a esta.
- El amortiguamiento viscoso obtenido para el eje YY es de 39.91% estando muy cerca del límite máximo recomendable que es 20% al 40%, pero consideramos que es un valor relativo que va depender del análisis ,ademas que es una edificación existente con estructuración fija donde se realizó los cálculos contemplando este amortiguamiento.
- Para el cálculo de la fuerza de diseño que actúan en los dispositivos de disipación de energía no tuvo que usarse factores de seguridad que amplifican las fuerzas para compensar errores mínimos en el cálculo y la correcta instalación del dispositivo en la edificación, esto debido a que el fabricante de los dispositivos TAYLOR ya incluyen sus propios factores de amplificación para cada fuerza en el amortiguador.

- La norma E030 considera para el análisis estructural secciones brutas sin incluir el efecto del agrietamiento, para nuestro caso esta consideración pierde validez debido a que es una estructura existente por lo que tuvo que considerarse las secciones fisuradas que establecen la norma ACI318 M-05 tanto para las vigas y columnas que son los principales elementos que brindan rigidez a la edificación.

CONCLUSIONES

1. De la investigación se concluye que con la implementación de los disipadores fluido viscoso se mejora de manera exitosa el desempeño sísmico de la edificación debido a la reducción de la demanda sísmica producto del amortiguamiento adicionado por los disipadores, además que se alcanzó el objetivo de desempeño esto limitado con la deriva objetivo del 0.5% , con reducciones considerables de los desplazamientos excesivos que presentaba la estructura y que abordaban hasta una deriva del 1 % en la dirección "X" y 1.10% en la dirección "Y" sin la inclusión de estos dispositivos.
2. Con respecto a la demanda sísmica con el amortiguamiento del 32.40% en la dirección X y 39.91% en Y esto produjo una reducción del espectro de respuesta por un factor $B=2$ y $B=2.2$ respectivamente, por lo que las solicitaciones a nivel de desplazamiento, aceleraciones y esfuerzos también se redujeron. No obstante, solo en los pórticos que incluyen disipadores se amplificara la carga axial.
3. Con la incorporación de los disipadores fluido viscosos se alcanzó el objetivo que desempeño de la edificación la cual según el comité Visión 2000 del SEAOC la cataloga como estructura esencial, lo cual mantendrá un estado funcional con presencia de daños leves después del terremoto.
4. Se llegó a alcanzar la deriva objetivo en la edificación esto expresada en los drifts de entrepiso que llegaron hasta un máximo del 0.4% en la dirección XX y 0.42% en la dirección Y, y que están por debajo de la deriva establecida por HAZUS que lo limita a una deriva máxima del 5% para presentar un daño leve post sismo.

RECOMENDACIONES

1. Debido a que la estructura no presentaba derivas muy excesivas y que solo llegaban a un máximo del 1.1% durante la presente investigación no hubo problemas en la obtención de buenos resultados incorporando a la estructura los disipadores fluido viscosos en disposición diagonal, debido a que solo basto incrementarle amortiguamiento a la edificación existente. No obstante, existirá casos en los que no será suficiente añadirle amortiguamiento al sistema sino también rigidez para alcanzar la deriva objetivo. Por lo tanto, se recomienda para futuras investigaciones reforzar estructuras con otros sistemas como los disipadores de plastificación, fricción o sistemas con aislamiento sísmico y evaluar el costo beneficio para su elección ya que no siempre las mejores tecnologías son las más costosas.
2. Si se busca ser más conservador en el diseño se recomienda para el análisis tiempo – Historia no lineal utilizar registros de los sismos más potentes ocurridos en el mundo como son el de Chile 2010 y Japón 2011 para así obtener respuestas de desplazamientos, aceleraciones y esfuerzos mucho mayores, con ello garantizar de antemano un buen comportamiento sísmico de la edificación.
3. En la presente investigación se usó registros sísmicos manejando criterios que guardan similitud tanto con la magnitud y con el tipo de suelo del proyecto que en este caso es un suelo S2, por lo que se recomienda para futuras investigaciones seleccionar registros adecuado que guarden relación tanto con el tipo suelo, magnitud, duración y la densidad de frecuencias.
4. Para el reforzamiento estructural mediante disipadores sísmicos se recomienda optimizar la cantidad total de amortiguadores al sistema con el objetivo que trabajen efectivamente. Además, las ubicaciones de estos dispositivos deben guardar armonía con la arquitectura.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **Villarreal, Genner y Oviedo, Ricardo (2009)** “Edificaciones con dispositivos pasivos de disipación de energía”. 1.a ed. Lima: Grafica Norte. 127pp
2. **Chávez, Jean Piers (2017):** “Diseño Sismo resistente de edificios con Disipadores de Fluido Viscoso”. 1.a ed. Lima: Grupo Universitario. 389 pp
3. **Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT-2011)** :“Sistemas de aislación sísmica y Disipación de Energía”. en la Cámara Chilena de la Construcción
4. **EE. UU Taylor device inc.** Building design for damping proceeding of the Boston society of civil engineers.1999,66 pp
5. **Taylor D.** Structural applications of fluid viscous dampers. Taylor Devices, Inc. North Tonawanda, NY. USA, 2003.
6. “Minimum Design Loads for Building and Other Structures”, ASCE/SEI 7-10, Capitulo 18, Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia, Usa,2010. (Requisitos de diseño sísmico de estructuras con sistemas de amortiguación)
7. **Etabs.** Computers and structures inc (CD-ROM). Version 16.0.2 California: University of California Berkeley,2016. Programa computacional.
8. **Seismomatch (CD-ROM).** Versión 1.3.0 Programa computacional.
9. **Seismosignal (CD-ROM).** Versión 4.3.0 Programa computacional.
10. Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción SENCICO. Norma Técnica de Edificación NTE-E030. Diseño Sismorresistente. Lima: 2016 (vigente).
11. **Boza y Galán (2013),** “Diseño de un edificio aporticado con Disipadores en arreglo Chevron”, en la escuela de grado de la Pontificia Universidad Católica del Perú. (Tesis)

12. Guevara y Torres (2012), “Diseño de un edificio aporticado con Disipadores de fluido-viscoso en disposición diagonal”, en la escuela de grado de la Pontificia Universidad Católica del Perú(Tesis)

13. Vera R., Ramírez H., Martínez J., Miranda S. Prueba experimental de un dispositivo disipador de energía de tipo marco interior ante cargas laterales. 2^{do} Congreso Iberoamericano de Ingeniería Sísmica. España, 2001.

14. Villarreal Castro Genner. Interacción suelo-estructura en edificios altos. Asamblea Nacional de Rectores. Lima – Perú, 2007.

15. Sánchez P., Sonzogni V. Análisis sísmico no-lineal de estructuras de edificios. XVII Jornada. Argentina de Ingeniería Estructural. Rosario – Santa Fe. Argentina, 2002.

16. Bozzo L. Análisis y diseño de estructuras equipadas con disipadores de energía SL. Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima – Perú, 2002

17. Santana Tapia (2012), “Diseño Sísmico por Desempeño de Estructuras de Albañilería Confinada – 2012”, en la escuela de Post Grado de la Universidad Nacional de Ingeniería. (Tesis)

18. Navarro y Fernando (2006), “Desempeño sísmico de un edificio aporticado de 6 pisos diseñado con las normas peruanas de edificaciones - 2006”, en la escuela de grado de la Pontificia Universidad Católica del Perú (Tesis)

ANEXOS

anexo 1: Matriz de Consistencia

INFLUENCIA DE LOS DISIPADORES FLUIDO VISCOSOS EN EL DESEMPEÑO SISMICO DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA POLITÉCNICO REGIONAL DEL CENTRO-HUANCAYO

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION
<p>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:</p> <p>¿De qué manera los disipadores fluido viscosos influyen en el desempeño sísmico de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro en el distrito de El Tambo - Huancayo en el año 2018?</p> <p>FORMULACIÓN DE LOS PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</p> <p>1. ¿De qué manera influye los disipadores fluido viscosos en la demanda sísmica de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro en el distrito El Tambo - Huancayo en el año 2018?</p> <p>2. ¿Cómo influyen los disipadores fluido viscosos en los objetivos de desempeño de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro en el distrito de El Tambo - Huancayo en el año 2018?</p> <p>3. ¿Cuál es la influencia de los disipadores fluido viscosos en la deriva objetivo de Institución Educativa Politécnico Regional del Centro en el distrito de El Tambo - Huancayo en el año 2018?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar de qué manera los disipadores fluido viscosos influyen en el desempeño sísmico de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro del distrito del Tambo - Huancayo en el año 2018</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>1 Evaluar de qué manera influye los disipadores fluido viscosos en la demanda sísmica de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro del distrito del Tambo - Huancayo en el año 2018</p> <p>2 Determinar cómo influyen los disipadores fluido viscosos en el objetivo de desempeño de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro del distrito del Tambo - Huancayo en el año 2018</p> <p>3 Determinar cuál es la influencia de los disipadores fluido viscosos en la deriva objetivo de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro del distrito del Tambo - Huancayo en el año 2018</p>	<p>ANTECEDENTES</p> <p>VILLARREAL, Genner y OVIEDO, Ricardo (2009) realizaron la investigación. "Edificaciones con dispositivos pasivos de disipación de energía".</p> <p>Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT-2011) realizaron la Investigación plasmada en el documento Técnico CDT N°29. "Sistemas de aislación sísmica y Disipación de Energía". en la Cámara Chilena de la Construcción</p> <p>Boza y Galán (2013), realizó la investigación: "Diseño de un edificio aporticado con Disipadores en arreglo Chevron"</p> <p>MARCO REFERENCIAL</p> <p>TEORICO</p> <p>SISTEMAS MODERNOS DE PROTECCION SISMICA</p> <p>-Enfoque sismorresistente tradicional</p> <p>-Balance energético</p> <p>-Sistemas de control estructural</p> <p>-Disipadores histeréticos</p> <p>-Disipadores visco elásticos</p> <p>DISIPADORES FLUIDO VISCOSOS</p> <p>-Ecuación general</p> <p>-Componentes de los disipadores fluido viscoso</p> <p>-Amortiguamiento efectivo</p> <p>-Curva de histéresis</p> <p>-Coeficiente de amortiguamiento no lineal</p> <p>-Rigidez de brazo metálico</p> <p>DESEMPEÑO SISMICO</p> <p>-Objetivos de desempeño</p> <p>-Niveles de amenaza sísmica</p> <p>-Niveles de desempeño</p> <p>-Importancia de la estructura</p> <p>-Relación daño-deriva.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL</p> <p>La incorporación de los disipadores fluido viscosos influye favorablemente en el desempeño sísmico de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro en el distrito de El Tambo - Huancayo en el año 2018.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECIFICO</p> <p>1 La incorporación de los disipadores fluido viscosos influyen positivamente en la demanda sísmica de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro en el distrito de El Tambo - Huancayo en el año 2018.</p> <p>2 La incorporación de los disipadores fluido viscosos influyen favorablemente en el objetivo de desempeño de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro en el distrito de El Tambo - Huancayo en el año 2018.</p> <p>3 La incorporación de los disipadores fluido viscosos influyen mejorablemente en la deriva objetivo de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro en el distrito de El Tambo - Huancayo en el año 2018.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>DISIPADORES FLUIDO VISCOSO</p> <p>DIMENSIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> Disposición CHEVRON BRACE Disposición DIAGONAL SIMPLE <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>DESEMPEÑO SISMICO</p> <p>DIMENSIONES</p> <ul style="list-style-type: none"> Demanda sísmica Objetivos de Desempeño Deriva Objetivo <p>c) VARIABLE INTERVINIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> Sismo de diseño Daño estructural Objetivos de desempeño de la edificación 	<p>TIPO DE INVESTIGACION:</p> <ul style="list-style-type: none"> Investigación aplicada. <p>NIVEL DE INVESTIGACION:</p> <ul style="list-style-type: none"> Explicativo <p>DISEÑO DE INVESTIGACION:</p> <ul style="list-style-type: none"> No Experimental -Transversal (Correlacional –causal) <p>POBLACION: Para la presente investigación, la población estará compuesta por la infraestructura de los pabellones de la Institución Educativa Politécnico Regional del Centro del distrito de Tambo, provincia de Huancayo, Departamento de Junín. Estas edificaciones esenciales Tipo A2 (centros educativos) de 1 a 3 niveles a la presente fecha existen 12 pabellones.</p> <p>MUESTRA: El tipo de muestreo fue NO PROBABILISTICO-Intencional o de conveniencia.</p> <p>La muestra para la presente investigación es el pabellón "A" - el número de pisos (3 niveles), su sistema estructural (a porticado).</p> <p>TECNICAS DE RECOLECCION DE DATOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> Fase de pre campo: Asesoría de la investigación, Instrumentos de recolección de datos, recopilación de la información bibliográfica Fase de campo: Recopilación de datos de campo, cuestionario, entrevistas Fase de gabinete: procesamiento de la información de campo mediante software y hojas de cálculo. <p>TECNICAS DE ANALISIS E INTERPRETACION DE DATOS:</p> <p>El procesamiento se realizará incorporando los datos recolectados a los programas tales con el ETBAS 2016.V2 que nos proporciona cuadros y gráficos de datos de la estructura analizada, EXCEL que también nos proporcionan gráficos y hojas de cálculo para la presente investigación.</p>

anexo 2: Operacionalización de Variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS
VARIABLE INDEPENDIENTE Disipadores fluido viscosos	1. DISPOSICIÓN CHEVRON BRACE	1.1 ACOPLAMIENTO EN DIRECCION HORIZONTAL 1.2 ELEVADA EFICIENCIA 1.3 SOBRE ESFUERZA A LA ESTRUCTURA	1. ¿La disposición Chevron Brace solo se adapta a un acoplamiento en dirección horizontal? 2. ¿Con la disposición Chevron Brace siempre se obtienen una gran eficiencia de trabajo? 3. ¿La disposición Chevron Brace sobre esfuerza todos los elementos del pórtico?
	2. DISPOSICIÓN DIAGONAL SIMPLE	2.1 MENOS EFECTIVA 2.2 DISPOSICION MAS ECONOMICA 2.3 NO ADICIONA SOBREESFUERZOS A LA ESTRUCTURA	1. ¿La disposición Diagonal Simple es menos efectiva debido a la inclinación del disipador? 2. ¿Que tanto económica a nivel de costos son las estructuras con esta disposición? 3. ¿Los elementos estructurales no se ven esforzados con la disposición diagonal simple? 4. ¿Con esta disposición no hay necesidad de reforzar ningún elemento estructural?
VARIABLE DEPENDIENTE Desempeño Sísmico	1. DEMANDA SISMICA	1.1 SISMO FRECUENTE 1.2 SISMO OCACIONAL 1.3 SISMO RARO 1.4 SISMO MUY RARO	1. ¿Es importante analizar a la estructura frente a un sismo frecuente? 2. ¿Es importante analizar a la estructura frente a un sismo ocasional? 3. ¿Es indispensable analizar a la estructura para un sismo catalogado como raro? 4. ¿Qué tipo de estructuras deben diseñarse contemplando un sismo muy raro?
	2.OBJETIVO DE DESEMPEÑO	2.1 ESTRUCTURAS BÁSICAS 2.2 ESTRUCTURAS ESENCIALES 2.3 ESTRUCTURAS CRITICAS	1. ¿Las estructuras básicas están preparadas para mantenerse operacional luego de un sismo raro? 2. ¿Las estructuras esenciales están preparadas para ostentar un buen comportamiento sísmico frente a sismo frecuente u ocasional? 3. ¿Resulta factible mantener totalmente operacional a estructuras criticas después de un sismo raro?
	3.DERIVA OBJETIVO	3.1 PARA UN ESTADO DE DAÑO LEVE 3.2 PARA UN ESTADO DE DAÑO MODERADO 3.3 PARA UN ESTADO DE DAÑO EXTENSO 3.4 PARA UN ESTADO DE DAÑO COMPLETO	1. ¿Es posible analizar y diseñar estructuras que sufran daño leve frente a cualquier tipo de sismo? 2. ¿El estado de daño moderado implica que la estructura necesite algún reforzamiento? 3. ¿Las estructuras aporticadas son más vulnerables a sufrir daños extensos? 4. ¿Un estado de daño completo implica que la estructura sufra un colapso total?

anexo 3: Cuestionario

10. ¿Es indispensable analizar a la estructura para un sismo catalogado como raro?
- A) VERDADERO B) FALSO
11. ¿Qué tipo de estructuras deben diseñarse contemplando un sismo muy raro?
- A) VERDADERO B) FALSO
12. ¿Las estructuras básicas están preparadas para mantenerse operacional luego de un sismo raro?
- A) VERDADERO B) FALSO
13. ¿Las estructuras esenciales están preparadas para ostentar un buen comportamiento sísmico frente a sismo frecuente u ocasional?
- A) VERDADERO B) FALSO
14. ¿Resulta factible mantener totalmente operacional a estructuras críticas después de un sismo raro?
- A) VERDADERO B) FALSO
15. ¿Es posible analizar y diseñar estructuras que sufran daño leve frente a cualquier tipo de sismo?
- A) VERDADERO B) FALSO
16. ¿El estado de daño moderado implica que la estructura necesite algún reforzamiento?
- A) VERDADERO B) FALSO
17. ¿Las estructuras aperticadas son más vulnerables a sufrir daños extensos?
- A) VERDADERO B) FALSO
18. ¿Un estado de daño completo implica que la estructura sufra un colapso total?
- A) VERDADERO B) FALSO

anexo 4: panel fotográfico



PABELLON ADMINISTRATIVO



**VISTA LATERAL DEL
PABELLON
ADMINISTRATIVO**



COLUMNAS 45 cm X 80 cm EN LA DIRECCION YY



COLUMNAS 45 cm X 80 cm EN LA DIRECCION XX



**COBERTURA DEL ULTIMO TECHO
LOSA ALIGERA E=20 cm**



**VIGAS PRINCIPALES 45 cm X 90 cm
EN LA DIRECCION XX**



MODIFICACION DE LA TABIQUERIA DEBIDO AL MAL ESTADO DE AMBIENTES DEL TERCER NIVEL SEPARADOS CON DIVISIONES DE TRIPLEY.



AUDITORIO DEL COLEGIO UBICADO EN EL SEGUNDO NIVEL CONSIDERADO CON S/C=400 Kg/m²



VIGA 45 cm X 90 cm PARA UNA LUZ DE 9.30 m.



LOSA ALIGERADA EN MAL ESTADO ESTO SE MANIFIESTA POR FILTRACIONES DEL ÚLTIMO TECHO AFECTANDO AL REVESTIMIENTO DE LAS PAREDES DEL TERCER NIVEL

anexo 5: Entrevistas

ENTREVISTA AL ING. JUAN ALEJANDRO, MUÑOZ PELAEZ

(Docente Principal de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú y Gerente de Proyectos de **PRISMA INGENIERIA**)

Esta entrevista tiene por objetivo absolver las consultas y complementar el conocimiento de posteriores investigadores, inversionistas, diseñadores, ingenieros y constructores en materia de aislación sísmica y disipación de energía en estructuras. Se le formulo una serie de preguntas esenciales sobre sistemas de protección sísmica (disipadores y aisladores de energía) las cuales mostramos a continuación:

PREGUNTA 01

Bach. Royer Belito: ¿Cuál es la diferencia entre un aislador de base y un disipador de energía?

Ing Alejandro Muñoz: Los aisladores sísmicos generan una interfaz flexible entre el suelo y la superestructura, en términos simplistas estos actúan como un escudo protector evitando que gran parte de los movimientos generados por un sismo se transfieran a la estructura logrando así reducir las derivas (daño) de entrepiso hasta un 2/1000 y con ello obtener un excelente comportamiento sísmico de la estructura. En el caso de los disipadores sísmicos, permiten el ingreso total de la fuerza sísmica a la edificación actuando estos inmediatamente con la disipación de energía por medio de calor, pero el aporte a la reducción de la energía de sísmica es relativamente menor comparado con una edificación con aisladores donde sí se obtienen resultados excelentes.

PREGUNTA 02

Bach. Royer Belito: Los aisladores sísmicos reducen notablemente las respuestas tanto a nivel de desplazamientos, fuerzas y aceleraciones en comparación con los disipadores sísmicos por lo que demuestran mejor eficacia en el desempeño Sísmico de una edificación. ¿Cómo aplicarlo a estructuras existentes?

Ing Alejandro Muñoz: Bueno si bien el reforzamiento de estructuras con aisladores sísmicos ya se ha venido aplicando desde hace muchos años en obras importantes como son el CITY HALL o el PUENTE GOLDEN en Estados Unidos. En el Perú no existe una norma que contemple el diseño y proceso de este método de reforzamiento, adicional a esto el proceso constructivo sería muy costoso y complejo por lo que es necesario buscar otras alternativas de reforzamiento como por ejemplo utilizando los disipadores sísmicos o un reforzamiento convencional incrementando muros de corte o secciones de columnas mediante el encamisado, todo depende de la evaluación estructural y económica con el objetivo de obtener el equilibrio costo beneficio de la edificación.

PREGUNTA 03

Bach. Royer Belito: ¿Que beneficio que se consigue con el uso de estos sistemas de protección Sísmica?

Ing Alejandro Muñoz: Con estos sistemas de protección sísmica se consigue una mejora considerable en el comportamiento sísmorresistente de las estructuras. Esto expresada en una reducción en los daños a elementos estructurales, no estructurales y en los contenidos de los edificios. Por ejemplo, en el caso de hospitales el costo de los equipos de la industria medica pueden abordar hasta un 70% del costo Total de la edificación, por lo que de nada serviría que la estructura quede con daños leves luego del sismo pero que se produzcan gran cantidad de daños en contenidos. Por ello la implementación de aisladores que por cierto no son nada baratos es una de las mejores alternativas de protección sísmica.

PREGUNTA 04

Bach. Royer Belito: ¿Una estructura con estos dispositivos retornan a su mismo lugar luego de un terremoto?

Ing Alejandro Muñoz: Si bien en el caso de un dispositivo elastomérico cuenta con propiedades elásticas y de restauración que le permiten volver a su posición original estos aisladores siempre quedarán desplazados, ya que durante un terremoto ingresarán a un rango no lineal por lo que siempre exhibirán un desplazamiento relativo fuera de su eje vertical. Similarmente ocurren con los disipadores, pero estos desplazamientos son mínimos.

PREGUNTA 05

Bach. Royer Belito: ¿Es posible la aplicación de aisladores en suelos blandos y de malas propiedades geotécnicas?

Ing Alejandro Muñoz: De ser aplicable, lo puede ser para todo tipo de estructuras y suelos, esto va depender mucho del análisis y de cómo se interpreta la interacción suelo estructura de la edificación para considerar la flexibilidad del suelo. Pero no es recomendable debido a que los suelos blandos filtran altas frecuencias producidas por los sismos y producen frecuencias con periodos largos que afectan y dañan de gran manera a las edificaciones.

PREGUNTA 06

Bach. Royer Belito: ¿Qué opinión tiene respecto a los disipadores de Fluido Viscoso en comparación con la variedad de disipadores que existen en el mercado?

Ing Alejandro Muñoz: Bueno no es adecuado mencionar que tal o aquel disipador es bueno a malo respecto al desempeño sísmico y a las respuestas que se logran con estos porque cada uno tiene sus ventajas y desventajas, ya depende del criterio del ingeniero estructural decidir con cual o tal disipador mejor le parezca. A mi criterio personal considero que los disipadores fluido viscosos son muy buenos en muchos aspectos como por ejemplo que pueden seguir trabajando sin ninguna dificultad después de un sismo y estar preparados para otro o posibles réplicas, también tiene la ventaja de ser ensayados uno por

uno y así asegurar que trabajaran con normalidad cosa que no ocurre con los disipadores de plastificación de metales.

Pero la contrapartida es que son demasiado caros y pueden fluctuar en promedio los \$ 6000 dólares por dispositivo en comparación con los disipadores de plastificación que solo pueden costar \$ 100 dólares.

PREGUNTA 07

Bach. Royer Belito: ¿Qué tipo de estructuras son adecuadas para la aplicación de aislamiento sísmico y disipación de energía?

Ing Alejandro Muñoz: En general todo tipo de estructura, nueva o existente, donde se requiera proteger su contenido y/o que necesite continuar operando durante o inmediatamente después de ocurrido un sismo severo, así como estructuras donde el propietario o inversionista solicite alcanzar objetivos de desempeño superiores al de la normativa nacional vigente, tales como protección de la inversión y/o protección de la operación, son apropiadas para la incorporación de sistemas de protección sísmica. En general, el uso de aisladores sísmicos ha demostrado ser eficiente para reducir demandas sísmicas en estructuras no demasiado altas, mientras los disipadores de energía, típicamente resultan más eficientes cuando se utilizan en estructuras esbeltas o flexibles, o que se encuentran ubicadas en suelos de baja competencia geotécnica

PREGUNTA 08

Bach. Royer Belito: ¿Cuánto es la vida útil en promedio de estos dispositivos?

Ing Alejandro Muñoz: Por lo general estos dispositivos son diseñados para una vida útil mínima de 50 años. Esta condición debe ser exigida por el diseñador en las especificaciones técnicas de los dispositivos, y garantizada por el fabricante del producto.

PREGUNTA 09

Bach. Royer Belito: ¿Cómo es el comportamiento de edificios altos con sistemas de disipación y aislación sísmica?

Ing Alejandro Muñoz: Bueno si bien se ha demostrado que los aisladores tienen un buen comportamiento en edificios de medianas alturas, un edificio alto tiene la desventaja de sufrir tracciones en los dispositivos debido a que la fuerza sísmica tiende a levantarlo en el nivel de aislamiento, por lo que para este tipo de edificaciones otros especialistas prefieren optar por distintas alternativas como los disipadores de energía tal es el caso de la Torre Mayor en México. Sin embargo, no habría ninguna dificultad en implementar aisladores en edificios altos como ya se ha venido construyendo tal es el caso del edificio Ñuñoa de 28 pisos en Chile o el edificio Yokohama de 33 pisos en Japón, entonces si es factible desarrollar estos sistemas en estructuras altas, la recomendación es mantener la relación de esbeltez $H/b < 3$ y eliminar según el análisis las posibles tracciones en los dispositivos ya que estos no están diseñados para soportar estos esfuerzos.

PREGUNTA 10

Bach. Royer Belito: ¿Dónde se colocan los aisladores sísmicos y los disipadores de energía de una estructura?

Ing Alejandro Muñoz: Los aisladores suelen instalarse a nivel de cielo del primer subterráneo o entre las fundaciones y la superestructura. Por su parte, los disipadores se instalan en puntos específicos distribuidos en toda la altura de la estructura, generalmente en los pórticos, a fin de controlar efectos de torsión. Una excepción a esta configuración corresponde a los disipadores de masa sintonizada, que suelen ubicarse a nivel de techo de las estructuras. En

el caso de puentes, los sistemas de aislación sísmica y disipación de energía son instalados entre las cepas y el tablero.

PREGUNTA 11

Bach. Royer Belito: ¿Cuál sería su recomendación para realizar el análisis Tiempo-Historia en la cantidad de registros a utilizar y cuáles serían los principales factores a tomar en cuenta para la selección de estos, en el caso de Huancayo el suelo común a encontrar es el S2?

Ing Alejandro Muñoz: Realizar el análisis Tiempo-Historia con tres juegos registros quedo desplazada ya que se ha demostrado que no se obtienen resultados muy finos, además en el tratamiento de resultados siempre gobernara el registro que arroja las mayores respuestas, es como si se trabajase con un solo registro sísmico. Tanto la norma Chilena, la Neozelandesa y la Norteamérica recomiendan en utilizar como mínimo 7 juegos de registros ya que se obtienen resultados más representativos.

Ahora si bien en el Perú no se cuenta con un banco de registros considerables, para el caso de un Suelo S2, podría trabajarse con registros sintéticos escalados a la máxima aceleración de terreno, que sean sismos característicos de un suelo S2 y tener en consideración la similitud en la magnitud de estos. Los sismos seleccionados deben ser de subducción, aunque mi recomendación también sería trabajar con registros chilenos si se quiere ser más estrictos en el análisis.

PREGUNTA 12

Bach. Royer Belito: ¿Para la obtención de la Deriva objetivo en el caso del reforzamiento de estructuras existentes es recomendable la metodología Hazus del Comité Visión 2000?

Ing Alejandro Muñoz: La metodología Hazus del Comité Visión 2000 es un método que fija la deriva de manera general, ya que es imposible lograr que una

edificación con una antigüedad de 40 o 50 años y que experimenten derivas muy grandes como 11/1000 o 12/1000 pueda exhibir derivas por debajo del 5/1000 con estos dispositivos, aunque teóricamente es posible, el problema está en que estas estructuras ya presentan secciones fisuradas debido al tiempo que estuvieron expuestas. También no es suficiente que después del análisis se obtenga las derivas propuestas según Hazus y se diga que realmente la estructura ya presentara un buen comportamiento sísmico. Se debe realizar un segundo balance para asegurar que la poca energía que el sismo le deja a la estructura no lo comprometa a sufrir daños considerables.

El refuerzo de la estructura existente no siempre será compatible con la del diseño en el análisis con el espectro elástico reducido debido al amortiguamiento añadido, lo ideal es que con el refuerzo de la estructura existente se defina mecanismos de plasticidad y así de ser el caso usar un análisis pushover, para saber en que pórticos se formaran las primeras rotulas plásticas para verificar que no se formen puntos críticos que perjudiquen el trabajo en los disipadores.

PREGUNTA 13

Bach. Royer Belito: ¿Con estos dispositivos se logran reducir los costos de la edificación?

Ing Alejandro Muñoz: No existen códigos que orienten a la reducción de los costos de inversión con la incorporación de estos sistemas de protección. Más que esto, los dispositivos están orientados a la mejora considerable de las respuestas de la estructura frente a terremotos, es garantizar un diseño seguro contra estos eventos. Si bien en estructuras nuevas se podría optimizar el diseño debido a la reducción de la demanda sísmica, aunque si se quiere ser más conservador mi recomendación sería que se diseñe la estructura protegida como si no tuvieran estos dispositivos como lo contemplan otros códigos internacionales.

PREGUNTA 14

Bach. Royer Belito: ¿Cómo es la estructuración y el proceso constructivo de ascensores y escaleras en un edificio con aisladores?

Ing Alejandro Muñoz: En el caso de contar con sótanos la placa de ascensores forman parte de la superestructura por lo que es posible bajar el nivel de aislación localmente de manera de incluir el pozo de los ascensores en la superestructura colocándose en la cimentación de estos generalmente aisladores deslizantes. Las escaleras típicamente se apoyan en la superestructura aislada y se deslizan sobre la estructura bajo el nivel de aislación creándose una junta de separación para lograr el movimiento independiente de estos.

PREGUNTA 15

Bach. Royer Belito: ¿En el caso de incendios que medidas se utilizan para la protección de estos dispositivos?

Ing Alejandro Muñoz: Las medidas de protección contra incendios de los dispositivos son los mismos de los elementos estructurales de las áreas donde estos son instalados. Es decir, si los elementos estructurales del sector donde se encuentran los aisladores sísmicos se encuentran protegidos para un determinado nivel de resistencia al fuego, el mismo nivel de protección contra fuego debe considerarse para el sistema de protección sísmica. En el caso de los aisladores elastoméricos existen mantas de protección que tiene la capacidad de sufrir una mínima deformación por efecto de desplazamiento del aislador ante un sismo.



Mg. Juan Alejandro, Muñoz Peláez - Docente principal en la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú y Gerente de Proyectos de PRISMA INGENIERIA

anexo 6: Estudio de Mecánica de Suelos

1.0 GENERALIDADES:

1.1 Objetivo:

El presente informe tiene por objetivo el Estudio de Mecánica de Suelos del Proyecto: **MEJORAMIENTO, INTEGRAL DEL SERVICIO EDUCATIVO DE LA I.E. POLITECNICO REGIONAL DEL CENTRO EL TAMBO – HUANCAYO**, tiene los siguientes objetivos específicos:

Inferir el perfil estratigráfico del suelo, y de los bancos de materiales con la finalidad de auscultar el tipo de terreno o material; y realizar el muestreo correspondiente.

Determinar en campo y laboratorio las características físico- mecánicas de las muestras de suelo que son necesarias para el desarrollo del proyecto.

Determinar la capacidad portante del terreno donde se emplazarán las estructuras del proyecto mencionado.

1.2 Normatividad:

El estudio de suelos se realiza de acuerdo a las Normas E-050 de Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), Normas E-030 de Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) aprobado en Junio del año 2006 por Decreto Supremo N° 011-2006, modificada con Decreto Supremo N°002-2014.

Los ensayos de laboratorio se realizan de acuerdo a los procedimientos estándar de la American Society For Testing and Materials (ASTM), mientras que la clasificación de los suelos se realizan en el SUCS y en AASHTO. Los sondeos y el muestreo se realizan con el personal capacitado, usándose herramientas manuales como instrumentos de Laboratorio dentro de las instalaciones de CONLAGE (Laboratorio de Control de Calidad Geo-Eluni).

Laboratorio de Control de Calidad
Ing. Fidel Gregorio Flores Sullca
DIB N° 2034
GEO-ELUNI

Los cálculos de la capacidad admisible del terreno se basan en las teorías clásicas de mecánica de suelos de Terzaghi y Meyerhof (Ver el procedimiento del cálculo de capacidad portante dentro del presente informe y como parte de los resultados del análisis de CONLAGE; de la misma manera se presentan el uso de tablas y fórmulas utilizadas en el desarrollo de los cálculos de características físicas y mecánicas de los suelos en forma conjunta con los resultados de laboratorio). Los ensayos químicos y especiales de suelos y aguas se solicitan a las Instituciones de apoyo tanto públicas como privadas; mientras que los ensayos estándar se realizan en el laboratorio CONLAGE de la Empresa Geo Eluni.

1.3 Ubicación y Descripción del Área en Estudio:

La extensión del proyecto se encuentra ubicada dentro de la I.E. POLITECNICO REGIONAL DEL CENTRO, dentro de la jurisdicción del Municipio Distrital de El Tambo.

Distrito : El Tambo

Provincia : Huancayo

Región : Junín

La topografía de la Ciudad Universitaria de Daniel Alcides Carrión es propia de un terreno con topografía de pendientes poco pronunciadas y poco planas, con pendiente en forma positiva que parte del Nor Este hacia el Sur Oste debido a la configuración de la ubicación del valle formado en su forma geológica.

Laboratorio de Control de Calidad
Geo Eluni (CONLAGE)



Ing. Fidel Gregorio Flores Sulca
CIP. N° 72034
Director de Laboratorio - CONLAGE

1.4 Acceso al Área de Estudio:

El acceso al área de estudio es partiendo de la ciudad de Lima y siguiendo la carretera central hacia Huancayo, específicamente. I.E. POLITECNICO REGIONAL DEL CENTRO se encuentra ubicada en el Distrito de EL TAMBO, y esta se encuentra en la ciudad de Huancayo, siendo la ruta más común "Lima-La Oroya-Huancayo".

2.0 GEOLOGÍA Y SISMICIDAD DEL ÁREA EN ESTUDIO:

2.1 Antecedentes Geológicos y Geodinámica:

Para establecer la geomorfología y la lito estratigrafía del lugar del proyecto, se han revisado las informaciones existentes, que luego fueron verificadas durante la inspección in situ.

El valle del Mantaro se encuentra flanqueado por los cerros circundantes en el área del proyecto; los mismos que sobresalen en las partes altas del valle formado por los ríos y deshielos geológicos.

A continuación se presentan las formaciones existentes:

El complejo Marañón (PE-e) se hace presente con la formación de esquistos con la presencia de rocas desintegradas pertenecientes de la Era tema Neo-Proterozoico, tienen una coloración marrón tanto clara como oscura y la combinación de las mismas con Orientación de Norte 76° Este y Buzamiento 45° NO; así mismo se hace presente los depósitos aluviales (Qr-al) en la localidad de Pasco por presentarse exactamente en la zona franja de la quebrada accidentada con material diversificado en tamaño con litología homogénea debido a la edad geológica de dichas quebradas, englobados en una matriz gravosa como lo analizado en las exploraciones y arenosa que se distribuye irregularmente en las vertientes del territorio, habiéndose formado

Laboratorio de Control de Calidad
(CONLAG)

Ing. Paulina Mercedes Sulca
DIP. N° 72034
Director del Laboratorio - CONLAG

por alteración y desintegración in situ de las rocas ubicadas en las laderas superiores adyacentes y la acción de la gravedad formando en la parte baja conglomerados de material para cantera.

2.2 Sismicidad:

Los parámetros geotécnicos del Distrito de El Tambo que pertenece a la provincia de Huancayo; que se requieren para el diseño sismo resistente, consisten en los datos referidos al tipo de suelos encontrados en las exploraciones.

Estos datos se encuentran en el Mapa de Zonificación Sísmica Nacional del Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma E-030 mencionada líneas arriba con sus modificatorias), que se reproduce en la siguiente figura.



Fig. 01: Mapa de Zonificación Sísmica del Perú

Laboratorio de Control de Calidad
Geo Eluni (CONLAGE)

Ing. Fidel Gregorio Flores Sulca
CIP. N° 72034
Director de Laboratorio - CONLAGE

El proyecto dentro del Departamento de Junín se encuentra dentro de la Zona Sísmica 2 con un Factor de Zona de 0.3 que es la aceleración máxima del suelo con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años según el Reglamento Nacional de Edificaciones en la parte de Sismicidad E-030.

No es necesario realizar estudios de microzonificación sísmica en el lugar del proyecto, por cuanto éste no corresponde a una reconstrucción post sismo, tal como lo sugiere la Norma E-030.

Los perfiles estratigráficos de los sondeos y las condiciones litográficas de la geología regional, muestran estratos de suelos intermedios de menos de 20m, que descansan sobre fondos rocosos.

2.3 Análisis Sísmico:

La zona en estudio se encuentra en la Zona 2 en la Zonificación Sísmica del Perú con un factor de zona = 0.3, los parámetros geotécnicos corresponden a un suelo de perfil tipo S2, con periodo predominante de $T_s = 0.6$ seg. Y factor de suelo $S = 1.2$ para ser usado en las Normas de diseño Sismo-Resistente.

El análisis sísmico se ha efectuado de acuerdo a la nueva norma E-030, que contempla lo siguiente:

$$V = \frac{ZUCS}{R_d} P$$

Donde:

V= Fuerza Cortante en la base

Z= Factor de Zona

U= Factor de Uso 1.50 (Edificación esencial)

Laboratorio de Control de Calidad
Geo Luni (CONLAGE)

Ing. Fidel Gregorio Flores Sulca
CIP. N° 72034
Director de Laboratorio - CONLAGE

C= Factor de Ampliación Sísmica R= Coeficiente de Reducción por ductilidad

Con el siguiente valor mínimo: $C/R \geq 0.10$

Para el coeficiente de reducción "R", se ha considerado la diferencia entre tipos de elementos sismo resistente en cada dirección. Así se tiene que en el sentido longitudinal coincidente con pórticos de concreto armado, se adopta un coeficiente $R = 10$, mientras que para el sentido transversal donde se han ubicado muros, le corresponde un coeficiente $R = 6$.

3.0 INVESTIGACIÓN DE CAMPO:

Los trabajos de campo tiene como objetivos principales, primero, tomar un conocimiento in situ de las características y variedades de suelos que conforman el terreno donde se proyectan las diferentes obras y en segundo lugar, tomar las muestras representativas para su experimentación en laboratorio. Para ello se ha realizado seis (06) calicatas a cielo abierto de acuerdo al área techada que sustenta la normativa vigente E050 como se puede presenciar en el cuadro de sustento de número de investigaciones líneas abajo, distribuidos convenientemente en el área del terreno distanciado en base al plano del levantamiento topográfico, donde se ubicó, referenciándolo respecto a puntos fijos como BM ubicados con sus respectivas coordenadas de la misma manera se puede presenciar en el plano la ubicación de las mimas con coordenadas.

3.1 Tipo de Edificación:

Para la cantidad de puntos se basó en la normativa vigente E050 en el capítulo 2 de la tabla 1 que se anexa a continuación.

Laboratorio de Control de Calidad
Geo Eluni (CONLAGE)

Ing. Fidel Gregorio Flores Sulca
CIP. N° 72084
Director de Laboratorio - CONLAGE

TABLA 01: TIPO DE EDIFICACIÓN PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN (RNE E050)

TABLA 1 TIPO DE EDIFICACIÓN PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN (TABLA 6)					
CLASE DE ESTRUCTURA	DISTANCIA MAYOR ENTRE APOYOS * (m)	NÚMERO DE PISOS (Incluidos los sótanos)			
		≤ 3	4 a 8	9 a 12	> 12
APORTICADA DE ACERO	< 12	C	C	C	B
PÓRTICOS Y/O MUROS DE CONCRETO	< 10	C	C	B	A
MUROS PORTANTES DE ALBAÑILERÍA	< 12	B	A	---	---
BASES DE MÁQUINAS Y SIMILARES	Cualquiera	A	---	---	---
ESTRUCTURAS ESPECIALES	Cualquiera	A	A	A	A
OTRAS ESTRUCTURAS	Cualquiera	B	A	A	A
<ul style="list-style-type: none"> • Cuando la distancia sobrepasa la indicada, se clasificará en el tipo de edificación inmediato superior. 					
TANQUES ELEVADOS Y SIMILARES		≤ 9 m de altura		> 9 m de altura	
		B		A	

Se puede apreciar que el tipo de Edificación es del Tipo C ya que se tiene una estructura proyectada de pórticos de concreto con un número de pisos menor o igual a 3.

3.2 Número de Investigación:

Del mismo modo se extrae de la Tabla 02 del RNE E050 la normativa aplicable NTP 339.134:1999. (Suelos; método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería SUCS). De la misma manera se utilizan las tablas 5 de los ensayos de laboratorio y la tabla 6 de la cantidad de puntos de investigación. Teniendo el tipo de edificación C y asumiendo que el área sea techada en su totalidad tendremos el siguiente análisis.

Laboratorio de Control de Calidad
Geo Eluni (CONLAGE)
Ing. Fidel G. Flores Sulca
DIP. N° 72084
Director de Laboratorio - CONLAGE

El número de puntos de investigación según la Tabla N°6 y el tipo de edificación, corresponde a una calicata cada 225m² a 800m² de área techada del proyecto.

TABLA 02: NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN (TABLA N° 06 RNE E050)

TABLA 6 NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	
Tipo de edificación (Tabla 1)	Número de <i>puntos de investigación</i> (n)
A	uno por cada 225 m ² de área techada
B	uno por cada 450 m ² de área techada
C	uno por cada 800 m ² de área techada
Urbanizaciones para Viviendas Unifamiliares de hasta 3 pisos	3 por cada hectárea de terreno por habilitar

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, el especialista de mecánica de suelos proyecto la elaboración de 06 calicatas.

En los registros de excavación se han notado el espesor de los estratos de suelo aplicando el procedimiento de campo (visual-manual) se han obtenido la clasificación de los suelos (Sistema Unificado de Clasificación de suelos–SUCS), aspecto que se corrobora con los ensayos de laboratorio.

La muestra distribuida representativa de suelo, se ha obtenido en cantidad suficiente una vez realizado el cuarteo respectivo para realizar los ensayos correspondientes, habiendo sido debidamente identificada y embalsada en bolsa plástica y de polietileno para su conservación y traslado al laboratorio CONLAGE para su posterior desarrollo.

Laboratorio de Control de Calidad
Geo Eluni (CONLAGE)

Ing. Fidel G. Flores Sulca
CIP. N° 72034
Director de Laboratorio - CONLAGE

La relación de calicata: C-1 a C-6 (donde estas calicatas corresponden a las cargas más concentradas de las estructuras proyectadas) que se ejecutó hasta una profundidad variable dentro del área del proyecto, conforme a los Términos de Referencia del Estudio y conforme las exigencias de la transmisión de esfuerzos para cimentaciones superficiales.

3.3 Trabajos de Campo y Gabinete:

El trabajo consiste en:

- Recopilación y evaluación de la información existente.
- Prospección geológica – geotécnica de la zona.
- Ubicación y ejecución de pozos exploratorios.
- Toma de muestras alteradas de sub rasante.
- Realización de ensayos de campo y laboratorio.
- Análisis y evaluación de la información recopilada – determinación del perfil estratigráfico.

- Trabajo de gabinete, elaboración del informe.

De las calicatas se tomó una muestra de cada estrato, para los ensayos estándar y especiales.

Con relación a la ubicación de las calicatas en el área del terreno se recomienda ver los planos anexos.

Una vez realizado los ensayos de granulometría y límites se obtiene una clasificación de los suelos de cada estrato, se presenta un resumen de dichos ensayos que se pueden verificar en los anexos de certificados de laboratorio.

Laboratorio de Control de Calidad
Geo Eluni (CONLAGE)

Fidel Gregorio Flores Sulca
CIP. N° 72034
Director de Laboratorio - CONLAGE

4.0 CIMENTACIONES DE LAS ESTRUCTURAS A TOMAR EN CUENTA PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA:

En conformidad a las características de las estructuras del proyecto, según las Normas Técnicas mencionadas líneas arriba y sus modificatorias, según las características técnicas del Proyecto y a las características del sub suelo que fueron encontrados dentro del área del proyecto, se calcularán las capacidades admisibles con los resultados obtenidos de los ensayos para las cimentaciones de las estructuras; es importante tener en cuenta lo siguiente:

Pórticos de Concreto Armado:

Tipo	: Superficial aislada.
Distancia entre columnas	: Máximo de 10.00m.
Ancho mínimo (B)	: 2.00 m.
Largo mínimo (L)	: Independiente

Profundidad de desplante (Df) : 2.00m. (mínimo) de acuerdo al tipo de material encontrado en la calicata realizada.

Teniendo en cuenta que los depósitos superficiales aluviales con presencia de Arcillas, Limos y la presencia de Gravas mal graduadas y Gravas Limosas; del lugar se tiene en cuenta la existencia de calicatas que no se encuentran densificados para lo cual se hará uso de tablas para el cálculo de sus características físicas mecánicas de los suelos que se anexan posteriormente, mientras que los inferiores residuales limosos plásticos se encuentran con menos humedad y poseen mayor consolidación, por lo cual se adjuntan certificados de laboratorio que confirman dicho análisis.

Ing. Fidel Graciano Flores Sulca
N° 72084
Director de Laboratorio - CONLAGE

Se consideran las siguientes características que se han tomado en cuenta para los valores de las características de los suelos:

CUADROS ADJUNTOS N° 01

VALORES DEL MODULO DE DEFORMACIÓN (M) PARA SUELOS ARENOSOS Y ARCILLOSOS CUATERNARIOS								RELACION O MODULO DE POISON			
TIPO DE SUELO	VALOR DEL MODULO M (10 ² Kpa) SEGÚN RELACION DE VACIOS E _o							MATERIAL	u	MATERIAL	u
	0.41 - 0.50	0.51 - 0.60	0.61 - 0.70	0.71 - 0.80	0.81 - 0.90	0.91 - 1.00	1.01 - 1.10				
GRAVAS Y ARENAS	460	400	300					Arcilla Humeda	0.10 a 0.30	Arena Fina	0.25
ARENAS MEDIAS	460	400	300					Arcilla Arenosa	0.20 a 0.35	Arena Gruesa	0.15
ARENAS FINAS	370	280	250					Arcilla Saturada	0.45 a 0.50	Rocas	0.15 a 0.25
ARENAS ARCILLOSA	210 / 90	150 / 70	100 / 50					Limo	0.30 a 0.35	Loess	0.10 a 0.30
ARCILLAS ARENOSAS	230 / 100	180 / 80	140 / 65	120 / 55	100 / 50	80 / 40		Limo Saturado	0.45 a 0.50	Concreto	0.15 a 0.25
ARCILLAS		220 / 95	170 / 75	130 / 60	105 / 50	95 / 45	80 / 40	Arena Suelta	0.20 a 0.35	Acero	0.28 a 0.31
								Referencia Bibliográfica:		Aena Densa	0.30 a 0.40
								Ing. Carlo Crespo Vilalaz; Mecánica de suelos y ciment.			

Fuente: Equipo de trabajo CONLAGE

Laboratorio de Control de Calidad
Geo Eluni (CONLAGE)

Ing. Fidel Guerrero Flores Sulca
CIP. N° 72034
Director de Laboratorio - CONLAGE

5.0 ENSAYOS DE LABORATORIO:

Las propiedades físico-mecánicas de las muestras, se determinaron mediante los procedimientos establecidos en el manual de ensayos de materiales, el Reglamento Nacional de Edificaciones y sus modificatorias mencionadas líneas arriba.

TABLA N° 03. ENSAYOS REALIZADOS A LAS MUESTRAS EXTRAIDAS

ENSAYO REALIZADO	NTP	MTC E	ASTM	
CONTENIDO DE HUMEDAD	339.127:2006	108	D	2216
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO	339.128.2006	107	D	422
LIMITE LIQUIDO	339.129.2006	110	D	4318
LIMITE PLASTICO	339.129.2006	111	D	3318
PESO ESPECIFICO	339.143:2006	132	D	854
CLASIFICACION SUCS	339.134.2006		D	2487
CLASIFICACION AASHTO			M	145
CLASIFICACION VISUAL - MANUAL	339.150:2006		D	2488

Fuente: Equipo de trabajo CONLAGE.

CUADRO 02. SE PRESENCIA EL RESUMEN DE LOS ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN.

IDENTIFICACIÓN				ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				HUM.	LÍMITES DE PLASTICIDAD			CLASIFICACIÓN	
CALICATA	MUESTRA	ELEMENTO	PROF.	% QUE PASA TAMIZ				NATURAL	LL	IP		SUCS	AASHTO
				N° 04	N° 10	N° 40	N° 200						
C-01	E-0: ORGÁNICA	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	0.00m a 0.20m										Pt
	E-1: M-01		0.20m a 1.50m	94.12	91.52	84.75	75.64	3.97	27.00	11.00	CL	A-6	
	E-2: M-02		1.50m a 2.60m	100.00	94.20	26.26	10.40	4.75	NP	NP	SP SM	A-1-b	
C-02	E-0: ORGÁNICA	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	0.00m a 0.30m										Pt
	E-1: M-04		0.30m a 1.30m	77.94	72.37	60.42	47.45	4.96	26.00	10.00	SC	A-4	
	E-2: M-05		1.30m a 2.30m	100.00	97.67	34.65	14.14	5.60	NP	NP	SM	A-1-b	
C-03	E-0: ORGÁNICA	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	0.00m a 0.25m										Pt
	E-1: M-07		0.25m a 2.10m	60.49	45.10	19.99	9.65	4.60	19.00	5.00	SP SC	A-1-a	
C-04	E-0: ORGÁNICA	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	0.00m a 0.20m										Pt
	E-1: M-10		0.20m a 2.00m	42.27	34.97	22.33	12.35	3.90	NP	NP	GM	A-1-a	
C-05	E-0: ORGÁNICA	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	0.00m a 0.20m										Pt
	E-1: M-12		0.20m a 1.20m	86.96	81.96	70.65	57.43	5.53	33.00	5.00	CL ML	A-4	
C-06	E-0: ORGÁNICA	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	0.00m a 0.20m										Pt
	E-1: M-16		0.20m a 1.00m	78.28	70.91	54.17	41.63	6.48	34.00	16.00	SC	A-6	
	E-2: M-17		1.00m a 2.30m	100.00	99.59	57.45	21.93	9.69	NP	NP	SM	A-2-4	

Fuente: Equipo de Trabajo CONLAGE.

Laboratorio de Control de Calidad
Geo Eluni (CONLAGE)

Ing. Fidel Flores Flores Sulca
CIP. N° 12034
Director de Laboratorio - CONLAGE

Luego de los ensayos estándares practicados a las muestras, se presentan los ensayos de mayor importancia para el cálculo de las capacidades admisible, es importante detallar que los resultados de laboratorio son realizados en muestras que se pueden trabajar como también el uso de tablas que se anexan para poder asumir valores en muestras gravosas.

CUADRO 03. Vista de Resultados de Laboratorio

IDENTIFICACIÓN			CLASIFICACIÓN		CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS						
CALICATA	MUESTRA	PROF.	SUCS	AASHTO	Ym	ϕ	ϕ' (NF)	C	M	u	Eo
					(Ton/m ³)						
C-01	E-1: M-01	0.20m a 1.50m	CL	A-6	2.308	23.18	23.18	0.05050	100.00	0.35	0.65
	E-2: M-02	1.50m a 2.60m	SP SM	A-1-b	2.412	27.26	27.26	0.00360	300.00	0.20	0.65
	E-3: M-03	2.60m a 3.00m	SP	A-1-b	2.424	27.32	27.32	0.00330	300.00	0.20	0.65
C-02	E-1: M-04	0.30m a 1.30m	SC	A-4	2.376	26.73	26.73	0.00270	100.00	0.25	0.65
	E-2: M-05	1.30m a 2.30m	SM	A-1-b	2.402	27.15	27.15	0.00350	250.00	0.25	0.65
	E-3: M-06	2.30m a 3.00m	GP GM	A-1-a	2.528	32.00	32.00	0.00000	300.00	0.20	0.65
C-03	E-1: M-07	0.25m a 1.10m	SP SC	A-1-a	2.424	27.63	27.63	0.00230	250.00	0.25	0.65
	E-2: M-08	1.10m a 2.25m	CL	A-6	2.353	22.59	22.59	0.05000	100.00	0.35	0.65
	E-3: M-09	2.25m a 3.00m	SM	A-2-4	2.437	26.84	26.84	0.00300	250.00	0.25	0.65
C-04	E-1: M-10	0.20m a 2.00m	GM	A-1-a	2.609	31.25	31.25	0.00150	300.00	0.20	0.65
	E-2: M-11	2.00m a 3.00m	GP GM	A-1-a	2.554	32.00	32.00	0.00100	300.00	0.20	0.65
C-05	E-1: M-12	0.20m a 1.20m	CL ML	A-4	2.265	23.95	23.95	0.03000	100.00	0.30	0.65
	E-2: M-13	1.20m a 2.10m	CL	A-6	2.254	22.95	22.95	0.05000	100.00	0.35	0.65
	E-3: M-14	2.10m a 2.60m	SP SM	A-1-b	2.353	27.36	27.36	0.00300	300.00	0.20	0.65
	E-4: M-15	2.60m a 3.00m	GP	A-1-a	2.595	32.75	32.75	0.00100	300.00	0.20	0.65
C-06	E-1: M-16	0.20m a 1.00m	SC	A-6	2.319	25.88	25.88	0.00500	100.00	0.25	0.65
	E-2: M-17	1.00m a 2.30m	SM	A-2-4	2.389	27.12	27.12	0.00300	250.00	0.25	0.65
	E-3: M-18	2.30m a 3.00m	GP GC	A-2-6	2.554	31.85	31.85	0.00150	300.00	0.20	0.65

Fuente. Equipo de trabajo CONLAGE.

6.0 ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN:

6.01 Profundidad de la Cimentación:

Conforme lo manifestado en el numeral 4.0, las profundidades de desplante (Df) serán:

En zapatas rectangulares con un profundidad de desplantes de 2.00m, a partir del cual se tiene presencia de tipos de suelos con mejores características con presencia de Arenas y Gravas de baja o sin la presencia de plasticidad, con mayor densidad que las capas superiores y menor humedad.

Laboratorio de Control de Calidad
GEO ELUNI (CONLAGE)
Ing. Fidel G. Flores Sulca
CIP. N° 2034
Director de Laboratorio - CONLAGE

Debemos mencionar que no se encontró el nivel freático alto.

6.02 Tipo de Cimentación:

Las zapatas aisladas tendrán las dimensiones mínimas ($B=2.00m$ y $L=Independiente$).

Se recomienda si fuese necesario el uso de zapatas conectadas de capacidades máximas de carga para así contrarrestar los asentamientos diferenciales, además poder unificar la infraestructura.

También se puede tomar como criterio de cimentación la elaboración de losa con doble parrilla armada en toda el área de la construcción.

6.03 Análisis de la capacidad admisible de carga:

Para analizar las características geotécnicas de la cimentación, se tomará en cuenta las recomendaciones establecidas en los Términos de Referencia y los tipos de cimientos a usar.

También se tomarán en cuenta las Normas E-050 del RNE - Suelos y Cimentaciones con sus modificaciones, en lo que concierne a la profundidad de desplante y los conceptos geotécnicos.

De la estratigrafía descrita en la calicata, se escoge la profundidad de desplante (2.00 como mínimo) para la estructura proyectada ya que ésta profundidad garantiza el soporte del suelo con un tipo de adecuado del terreno con mejores características; de todas maneras no esta ajeno poder profundizar mucho más ya que garantice la estabilidad de las estructuras, de tal manera que el esfuerzo transmitido sea menor o igual que la capacidad admisible y que los asentamientos a ocurrir sean menores o iguales que los máximos permisibles.

Instituto de Control de Calidad
Ing. Fidel Guerrero Flores Sulca
Directo

La capacidad admisible del suelo y los asentamientos a ocurrir en los cimientos, son calculados usando las teorías clásicas del tramo elástico de la curva esfuerzo

– deformación, que van acompañadas de tablas cuyos valores se realizan con valores intermedios y así poder tener un valor estimado de la capacidad admisible, como también se anexan resultados de laboratorio que apoyen a las teorías.

Consideraciones iniciales:

La capacidad admisible del terreno de cimentación, se calculará para las calicatas realizadas ya que éstas representan las calicatas con mayor capacidad de carga de las estructuras proyectadas y así poder realizar el cálculo de capacidad del suelo (C-01 al C-06), en las profundidades de desplante (Df) necesarios o recomendados según se acompañan en el presente informe.

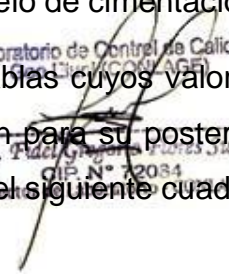
Las propiedades geotécnicas del terreno de cimentación, se toman en función de los resultados de los ensayos de campo y de laboratorio como del tipo de terreno.

Los cálculos se realizan usando las teorías clásicas de Tezaghi y Meyerhof para cimientos corridos y aislados, obteniéndose las capacidades últimas (Qult) y las capacidades admisibles (Qadm) en Kg/cm², considerando un factor de seguridad (FS) de 3 conforme lo recomiendan los Términos de Referencia y el RNE.

En estas teorías, los parámetros geotécnicos de importancia son el coeficiente de fricción interna (ϕ) y la cohesión (C) del suelo de cimentación.

La fricción interna se puede hallar mediante el uso de tablas cuyos valores nos darán valores estimados, dichas tablas se presentan para su posterior evaluación. Los valores que relacionaremos tenemos en el siguiente cuadro:

Laboratorio de Control de Calidad
Ingeniería Civil (C.O.V. 0001)
Ing. Piedad Angulo Paredes Jaldón
CIP. N° 2034



CUADRO N° 04 RESULTADOS DE VALORES DE LAS CALICATAS

IDENTIFICACIÓN				CLASIFICACIÓN		HUM.	LÍMITES DE PLASTICIDAD			CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS						
CALICATA	DESCRIPCIÓN	MUESTRA	PROF.	SUCS	AASHTO	%	NATURAL	LL	IP	Ym (Ton/m ³)	φ	φ' (NF)	C (kg/cm ²)	M (kg/cm ²)	u	Eo
							%									
C-01	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	E-1: M-01	0,20m a 1,50m	CL	A-6	3,97	27,00	11,00	2,308	23,18	23,18	0,05050	100,00	0,35	0,65	
		E-2: M-02	1,50m a 2,60m	SP SM	A-1-b	4,75	NP	NP	2,412	27,26	27,26	0,00360	300,00	0,20	0,65	
C-02	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	E-1: M-04	0,30m a 1,30m	SC	A-4	4,96	26,00	10,00	2,376	26,73	26,73	0,00270	100,00	0,25	0,65	
		E-2: M-05	1,30m a 2,30m	SM	A-1-b	5,60	NP	NP	2,402	27,15	27,15	0,00350	250,00	0,25	0,65	
C-03	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	E-1: M-07	0,25m a 1,10m	SP SC	A-1-a	4,60	19,00	5,00	2,424	27,63	27,63	0,00230	250,00	0,25	0,65	
C-04	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	E-1: M-10	0,20m a 2,00m	GM	A-1-a	3,90	NP	NP	2,609	31,25	31,25	0,00150	300,00	0,20	0,65	
C-05	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	E-1: M-12	0,20m a 1,20m	CL ML	A-4	5,53	33,00	5,00	2,265	23,95	23,95	0,03000	100,00	0,30	0,65	
C-06	ELEMENTOS ESTRUCTURALES	E-1: M-16	0,20m a 1,00m	SC	A-6	6,48	34,00	16,00	2,319	25,88	25,88	0,00500	100,00	0,25	0,65	
		E-2: M-17	1,00m a 2,30m	SM	A-2-4	9,69	NP	NP	2,389	27,12	27,12	0,00300	250,00	0,25	0,65	

Fuente: Equipo de trabajo CONLAGE

Por razones de seguridad para las calicatas se considera un valor de peso volumétrico, ángulo de fricción y valores de cohesión mínimos como indica en la tabla como el análisis correspondiente en laboratorio (halladas mediante iteración en tablas y proceso de laboratorio que se adjuntan en anexos), igualmente analizadas, porque a menor profundidad el confinamiento es menor y por ende la fricción interna.

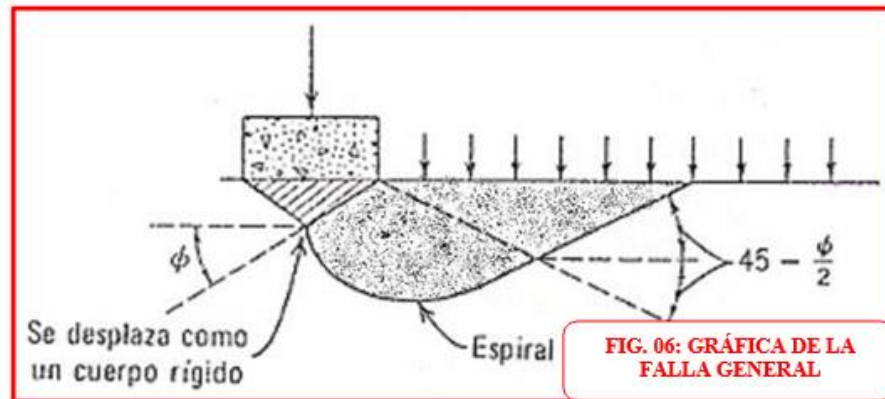
6.04 Cálculo de la capacidad admisible de carga:

Para calcular la capacidad admisible del suelo de cimentación se utilizará la teoría de Terzaghi para falla general.

Laboratorio de Control de Calidad
Geo Eluni (CONLAGE)

Ing. Fidel Gregorio Flores Sulca
OIP N° 12034
Director de Laboratorio - CONLAGE

FIG. 06: GRÁFICA DE LA FALLA GENERAL



Utilizando el método de la cuña según la hipótesis de Terzaghi:

Factores de carga para cimientos rugosos y cohesivos, casos más típicos encontrados en la práctica son combinadas, se tiene:

$$Q_{ult} = C \times N_c + D_1 \times m_1 N_q + 0.5 \times B \times m_1 \times N_y$$

$$Q_a = Q_{ult}/F.S$$

Donde:

Q_{ult} = Capacidad última

C = Cohesión de suelo

D = Profundidad de desplante

m = Peso específico volumétrico del suelo (cada estrato)

B = Ancho de cimentación

N_c, N_q, N_y = Factores de capacidad de carga que depende de la fricción

$F.S.$ = Factor de seguridad.

Laboratorio de Control de Calidad
Geo Eluni (CONLAGE)

Ing. Fidel Gregorio Flores Sulca
CIP. N° 72034
Director de Laboratorio - CONLAGE

De los ensayos realizados de las muestras obtenidas de la calicata, del ensayo de corte directo y referencia bibliográficas del comité alemán de Defensa y del Grundbau Taschenbuch (tablas adjuntas para los valores de los ángulos de fricción de materiales y la cohesión de los mismos) se tiene lo siguiente:

CUADRO N° 05: RESUMEN DE LOS FACTORES DE CAPACIDAD ADMISIBLE

CALICATA	ESTRATO	CLASIFICACIÓN		Y	Φ	C	FACTORES		
		SUCS	AASHTO				Nc	Nq	Ny
C-01	E-01	CL	A-6	2.31	23.18	0.05050	20	10	7.81
	E-02	SP SM	A-1-b	2.41	27.26	0.00360	29.7	16	13.98
	E-03	SP	A-1-b	2.42	27.32	0.00330	30.9	18	15.13
C-02	E-01	SC	A-4	2.38	26.73	0.00270	27.3	15	11.03
	E-02	SM	A-1-b	2.4	27.15	0.00350	29.9	16	14.82
	E-03	GP GM	A-1-a	2.53	32	0.00000	43.2	29	23.92
C-03	E-01	SP SC	A-1-a	2.42	27.63	0.00230	30.8	18	15.02
	E-02	CL	A-6	2.35	22.59	0.05000	18.9	9.8	5.22
	E-03	SM	A-2-4	2.44	26.84	0.00300	26.9	15	12.32
C-04	E-01	GM	A-1-a	2.61	31.25	0.00150	41.1	25	24.18
	E-02	GP GM	A-1-a	2.55	32	0.00100	43.3	28	28.91
C-05	E-01	CL ML	A-4	2.27	23.95	0.03000	22	10	8.13
	E-02	CL	A-6	2.25	22.95	0.05000	19.9	9.9	5.62
	E-03	SP SM	A-1-b	2.35	27.36	0.00300	29.9	16	14.82
	E-04	GP	A-1-a	2.6	32.75	0.00100	50.8	35	37.78
C-06	E-01	SC	A-6	2.32	25.88	0.00500	25.1	14	10.08
	E-02	SM	A-2-4	2.39	27.12	0.00300	30.7	17	15.01
	E-03	GP GC	A-2-6	2.55	31.85	0.00150	43.8	29	29.36

Laboratorio de Control de Calidad
Geo Eluni (CONLAGE)

Ing. Fidel Gregorio Flores Sulca
O.P. N° 72034
Director de Laboratorio - CONLAGE

7.0 CONCLUSIONES

7.1 Tener en cuenta que el estudio de mecánica de suelos es netamente para el área del Proyecto.

7.2 Los parámetros sísmicos utilizados son de la Zona 02 cuyo Factor de Zona resulta 0.3; **el Tipo de Suelo es Intermedio S2**, con periodo predominante de $T_s = 0.6$ seg. Y factor de suelo $S = 1.2$ para ser usado en las Normas de diseño Sismo-Resistente.

Factor de Uso A-1.50.

7.3 De acuerdo al tipo de edificación y el área del terreno como el punto de vista del especialista se tiene 06 calicatas como puntos a investigar.

7.4 En los perfiles estratigráficos se encontraron materiales desde arcilla hasta grava de diversas dimensiones como se puede apreciar en el panel fotográfico adjunto.

CALICATA	TIPO DE SUELO			Df (m)	Qadm (Kg/cm ²)
	SUCS	AASHTO	DESCRIPCIÓN		
C-01	SP-SM	A-1-b	Combinación de Arena mal Graduada con Arena Limosa Inorgánica sin presencia de plasticidad.	2.20	2.32
C-02	SM	A-1-b	Arena Limosa Inorgánica sin presencia de plasticidad.	1.40	2.03
C-03	SM	A-2-4	Arena Limosa Inorgánica sin presencia de plasticidad.	2.30	2.17
C-04	GM	A-1-a	Grava Limosa Inorgánica sin presencia de plasticidad.	1.50	3.09
C-05	SP-SM	A-1-b	Combinación de Arena mal Graduada con Arena Limosa Inorgánica sin presencia de plasticidad.	2.50	2.33
C-06	GP-GC	A-2-6	Combinación de Grava mal Graduada con Grava Limosa Inorgánica sin presencia de plasticidad.	2.40	2.8

Fuente: Equipo de trabajo CONLAGE

7.5 El asentamiento permisible es de 2 cm.

Laboratorio de Control de Calidad
Geo Eluni (CONLAGE)

Ing. Fidel Gregorio Flores Sulca
O.P. N° 72084
Director de Laboratorio - CONLAGE

8.0 RECOMENDACIONES

8.1 Se recomienda no utilizar los resultados del estudio de mecánica de suelos en construcciones aledañas al proyecto ya que fue realizado únicamente para dicho proyecto.

8.2 Se recomienda tener en cuenta los parámetros de diseño sísmico presentados para la parte de cimentación estructural.

8.3 Se recomienda poder tener en cuenta la elaboración de calicatas adicionales si fuese necesario en lugares estratégicos de acuerdo a la conveniencia del especialista que lo requiera.

8.4 Se recomienda poder realizar una limpieza de la capa posterior de 0.30m en promedio ya que se trata de un material orgánico.

8.5 Se recomienda poder uniformizar las excavaciones de las estructuras en no menor a $D_f = 2.00\text{m}$ ya que en dicha profundidad se tienen estratos de mejores características.

8.6 Se necesario tener en cuenta la dimensión mínima de la zapata que no será menor a $B=2.00\text{m}$ de lado debido al tipo de terreno encontrado en las excavaciones.

8.7 Se recomienda si fuese necesario el uso de zapatas conectadas de capacidades máximas de carga para así contrarrestar los asentamientos diferenciales, además poder unificar la infraestructura.

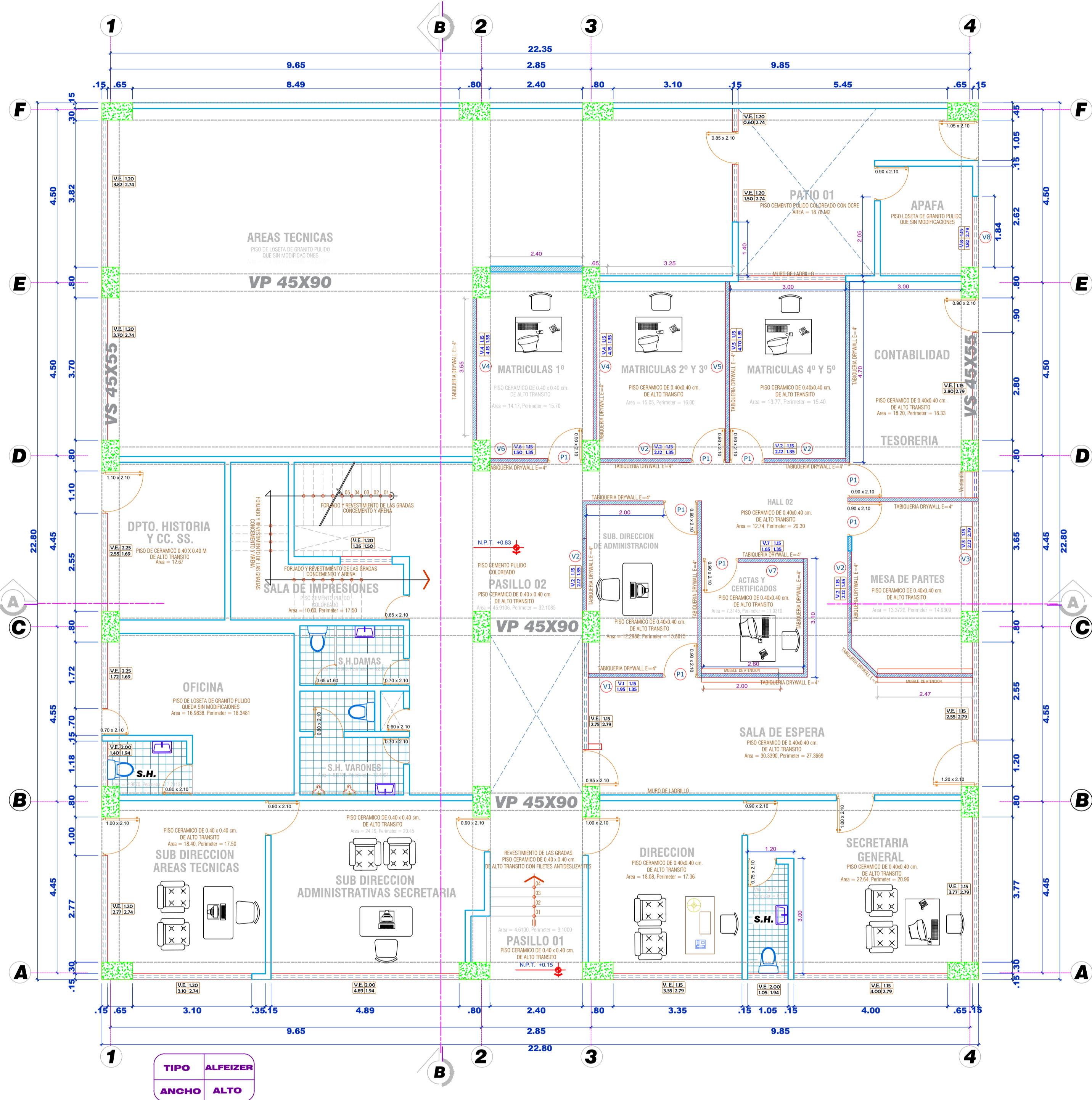
8.8 También se puede tomar como criterio de cimentación la elaboración de losa de cimentación.

Laboratorio de Control de Calidad
Geo Eluni (CONLAGE)



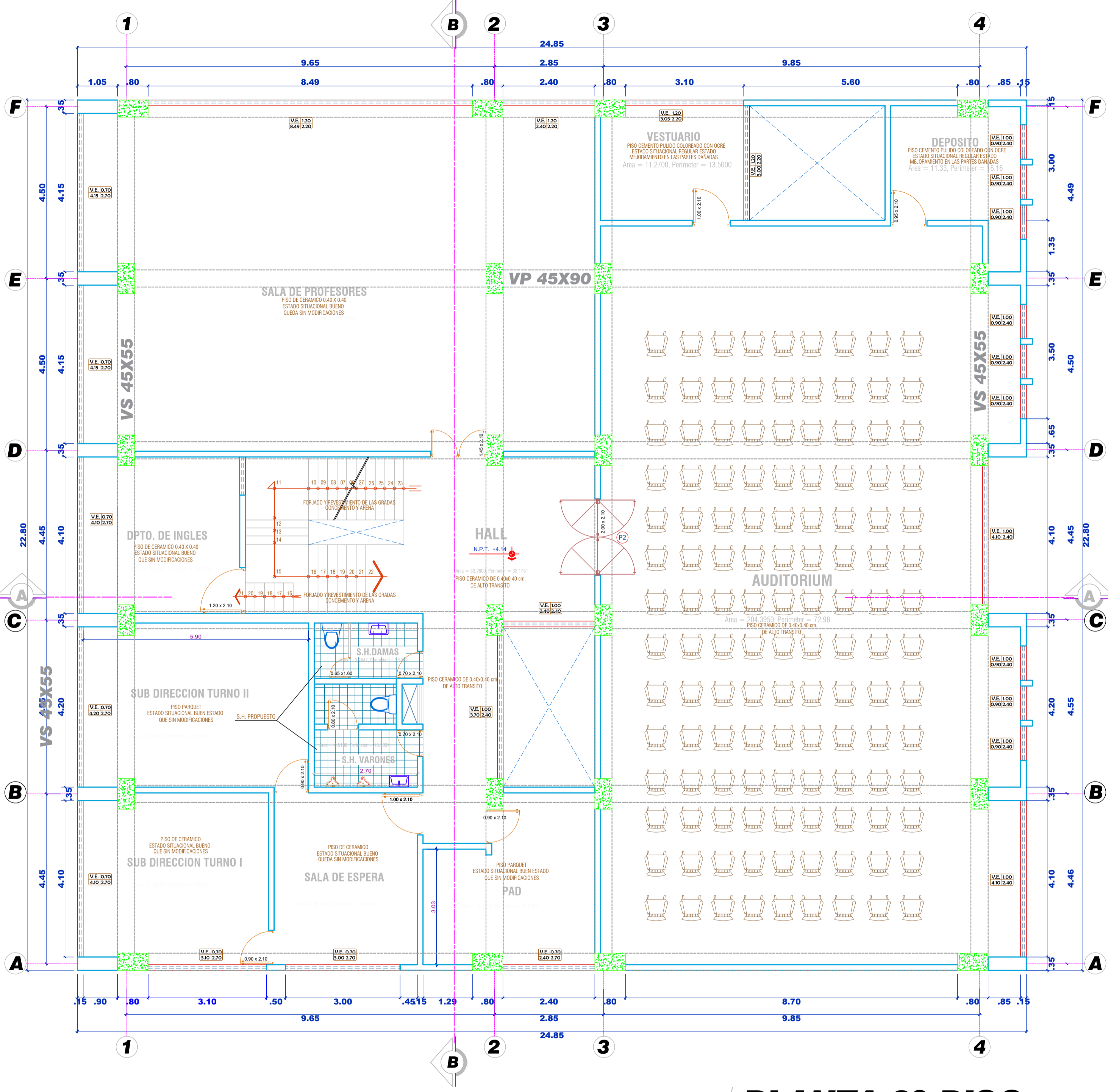
Ing. Fidel Gregorio Flores Sulca
OIP. N° 72034
Director de Laboratorio - CONLAGE

anexo 7: Planos del Proyecto



PLANTA 1º PISO

ESC.: 1/50



PLANTA 2º PISO

ESC.: 1/50

CUADRO DE NUEVOS VANOS

TIPO	ALTO	ANCHO/LARGO	ALFEIZER	MATERIAL	AMBIENTE	CANTIDAD
PUERTA						
(P1)	2.10	0.90		MADERA	1er. nivel-PAB. ADMINIST.	8
(P2)	2.10	2.00		VIDRIO TEMPLADO	AUDITORIUM	1
VENTANA						
(V1)	1.35	1.95	1.15	METALICO	SUB-DIRECC. DE ADMINIST.	1
(V2)	1.35	2.12	1.15	METALICO	SUB-DIRECC. DE ZOO/SANIT. MESA DE PARTES	4
(V3)	2.79	2.12	1.15	METALICO	MATRICULAS 2º, 3º, 4º y 5º	1
(V4)	1.35	4.15	1.15	METALICO	MATRICULAS 1º	2
(V5)	1.35	4.70	1.15	METALICO	MATRICULAS 4º Y 5º	1
(V6)	1.35	1.50	1.15	METALICO	MATRICULAS 1º	1
(V7)	1.35	1.65	1.15	METALICO	ACTAS Y CERTIFICADOS	1
(V8)	2.79	2.12	1.15	METALICO	APAFA	1

LEYENDA



PROYECTO: "MEJORAMIENTO INTEGRAL DEL SERVICIO EDUCATIVO DE LA I.E.P. POLITECNICO REGIONAL DEL CENTRO, EL TAMBO-HUANCAYO"

PLANO: PLANTAS DEL 1ER AL 2DO PISO-PABELLON ADM. SITUACION CON PROYECTO

DIST.: EL TAMBO

PROV.: HUANCAYO

DEP.: JUNIN

PROYECTISTA: CONSORCIO: AVISAC

ING. LUIS VILLANUEVA TORRES
CIP. N° 71505

DIBUJO: M.A.C.B.

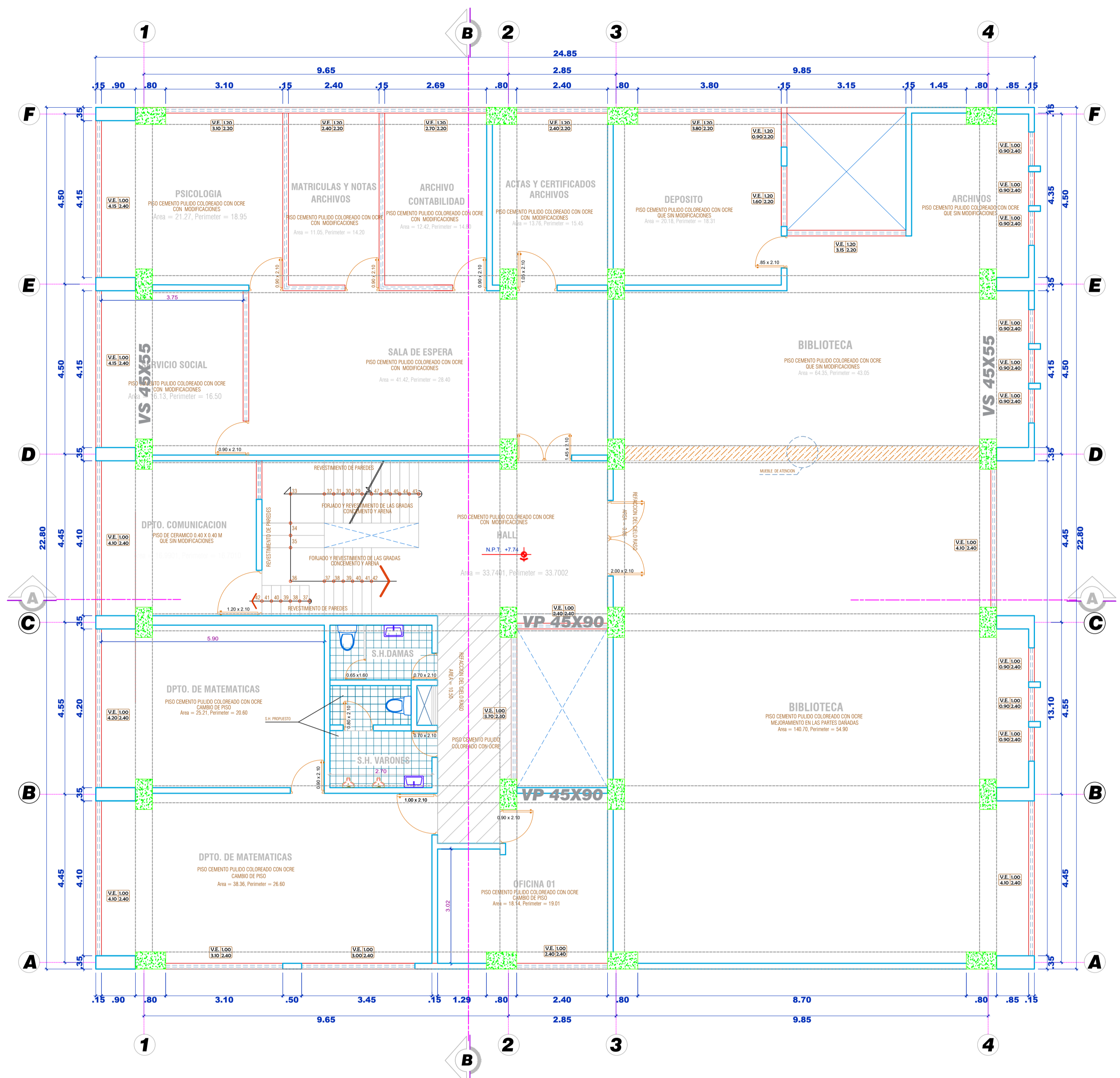
ESCALA: INDICADA

FECHA: NOVIEMBRE - 2009

CODIGO: ADMINISTRATIVO

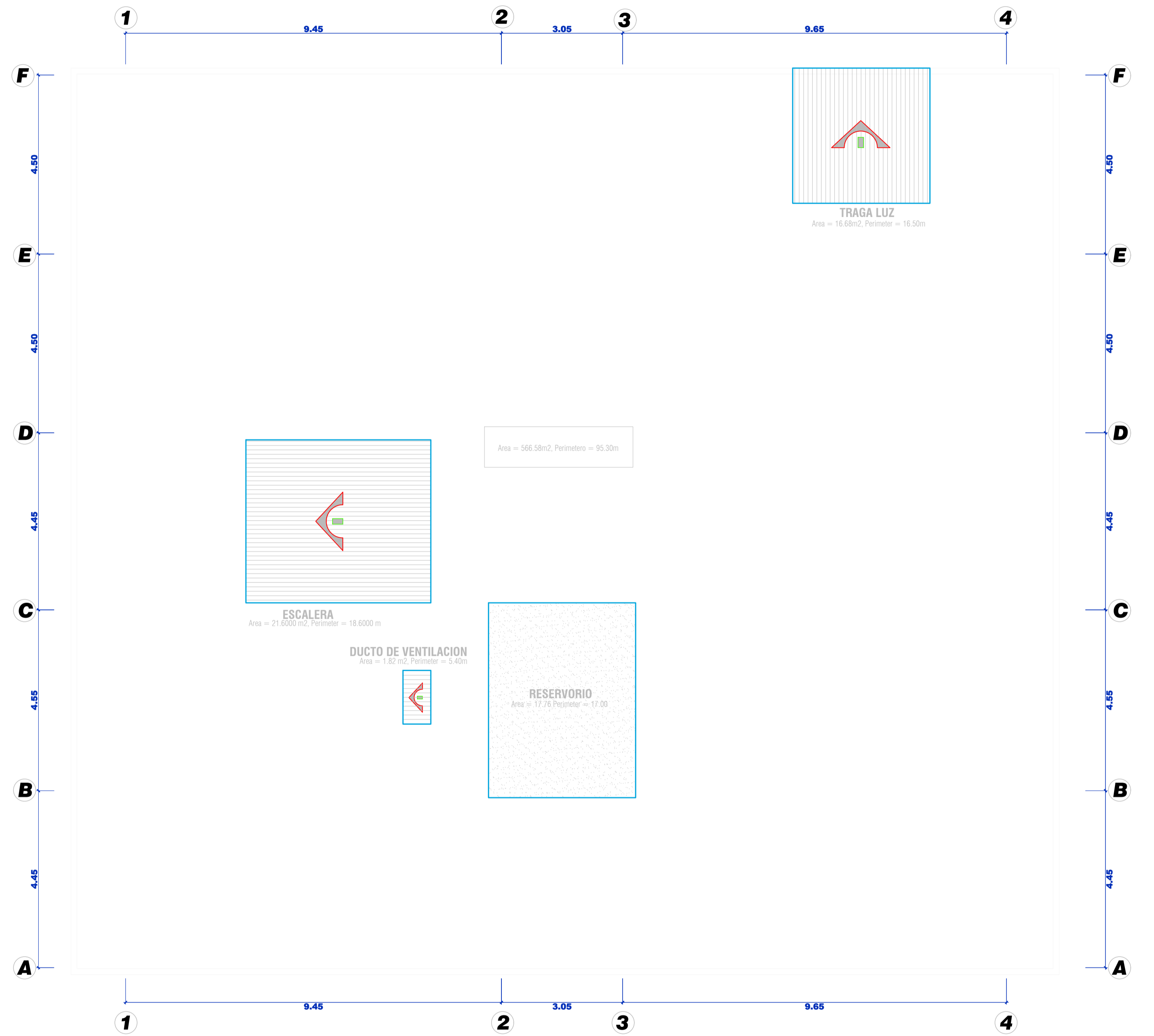
A

01



PLANTA 3° PISO

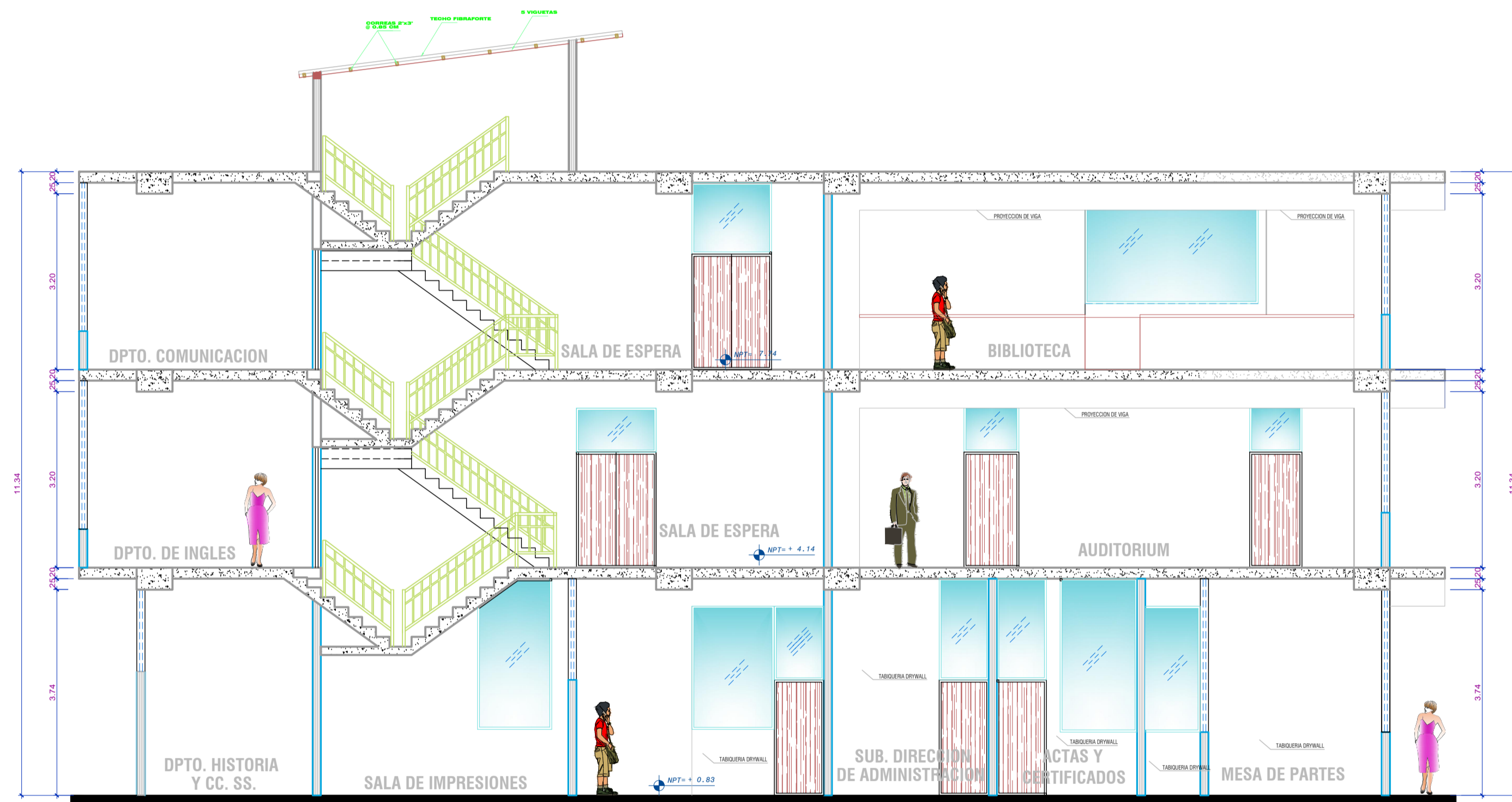
ESC.: 1/50



AZOTEA

ESC.: 1/50

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO INTEGRAL DEL SERVICIO EDUCATIVO DE LA I.E.P. POLITECNICO REGIONAL DEL CENTRO, EL TAMBO-HUANCAYO"		CODIGO: ADMINISTRATIVO A 02
	PLANO: PLANTAS DEL 3ER PISO Y AZOTEA-PABELLON ADM. SITUACION CON PROYECTO	PROYECTISTA: ING. LUIS VILLANUEVA TORRES CIP. N° 71505	
DIST.: EL TAMBO PROV.: HUANCAYO DEP.: JUNIN	DIBUJO: M.A.C.B.	ESCALA: INDICADA	FECHA: NOVIEMBRE - 2009



CORTE A -A

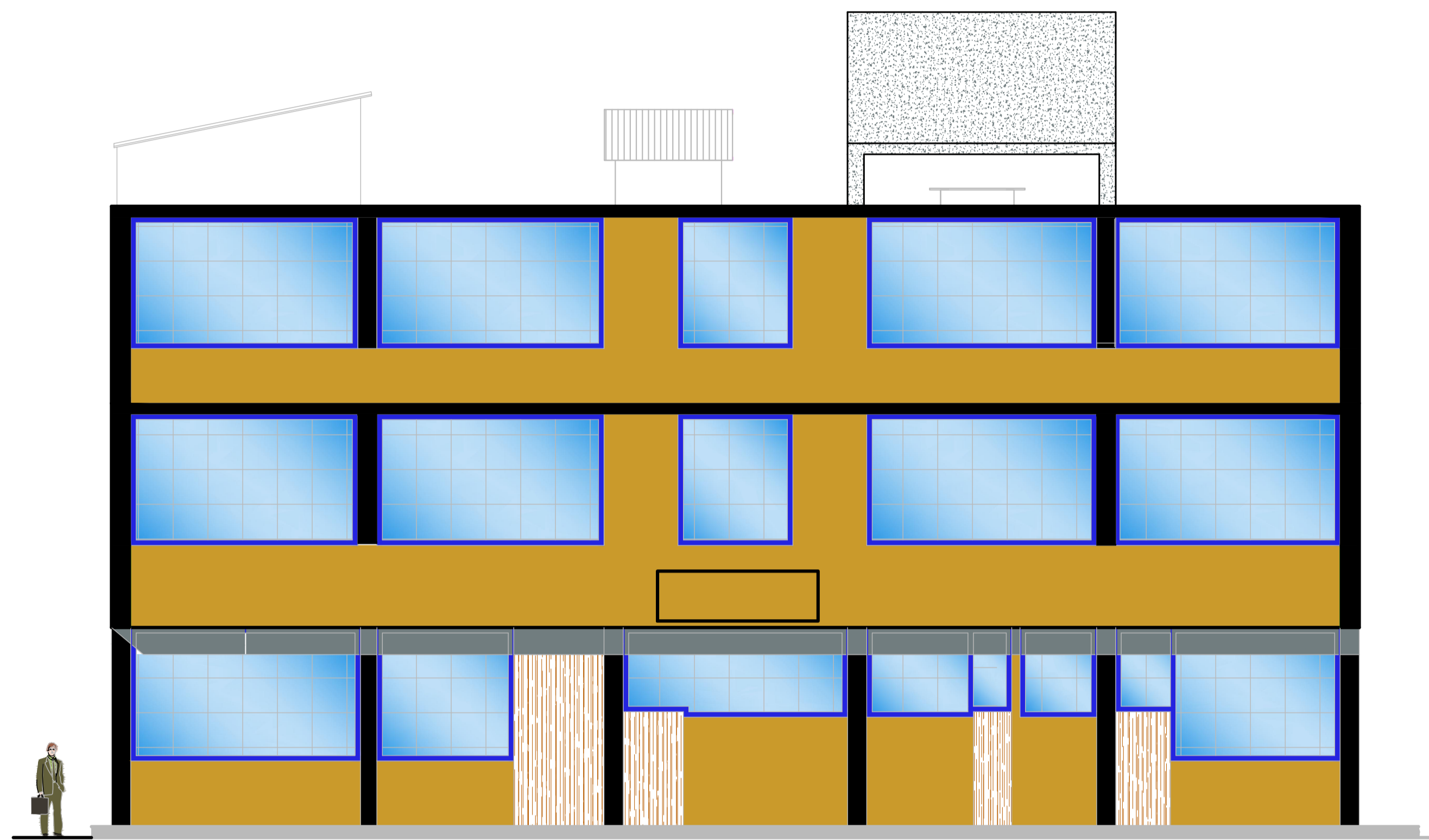
ESC.: 1/50



CORTE B-B

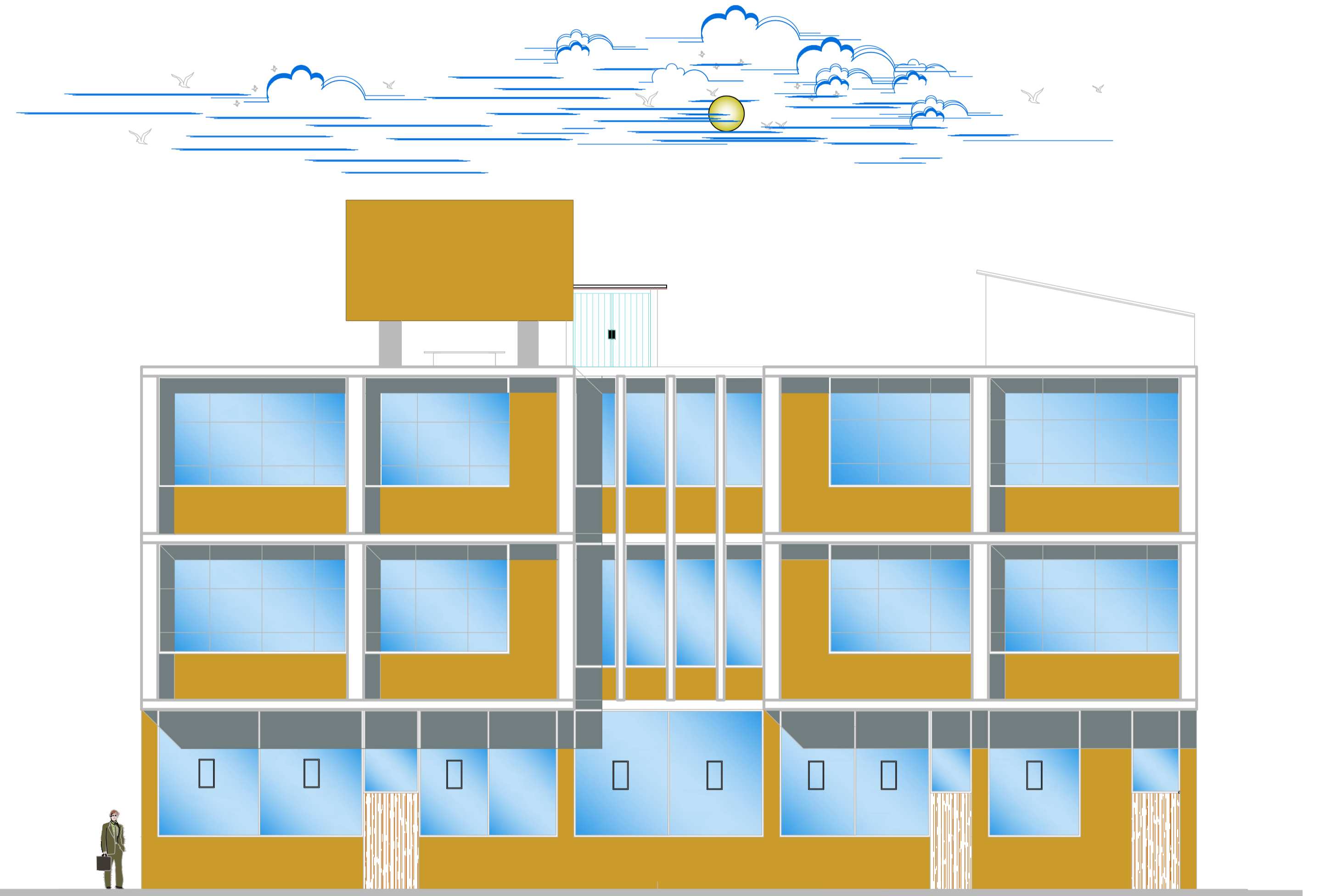
ESC.: 1/50

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO INTEGRAL DEL SERVICIO EDUCATIVO DE LA I.E.P. POLITECNICO REGIONAL DEL CENTRO, EL TAMBO-HUANCAYO"		CODIGO: ADMINISTRATIVO A 03
	PLAN: ELEVACION Y CORTES PABELLON ADMINISTRATIVO SITUACION CON PROYECTO	PROYECTISTA: CONSORCIO: AIVISAC ING. LUIS VILLANUEVA TORRES CIP. N° 71505	
DIST.: EL TAMBO PROV.: HUANCAYO DEP.: JUNIN	DIBUJO: M.A.C.B.	ESCALA: INDICADA	FECHA: NOVIEMBRE - 2009



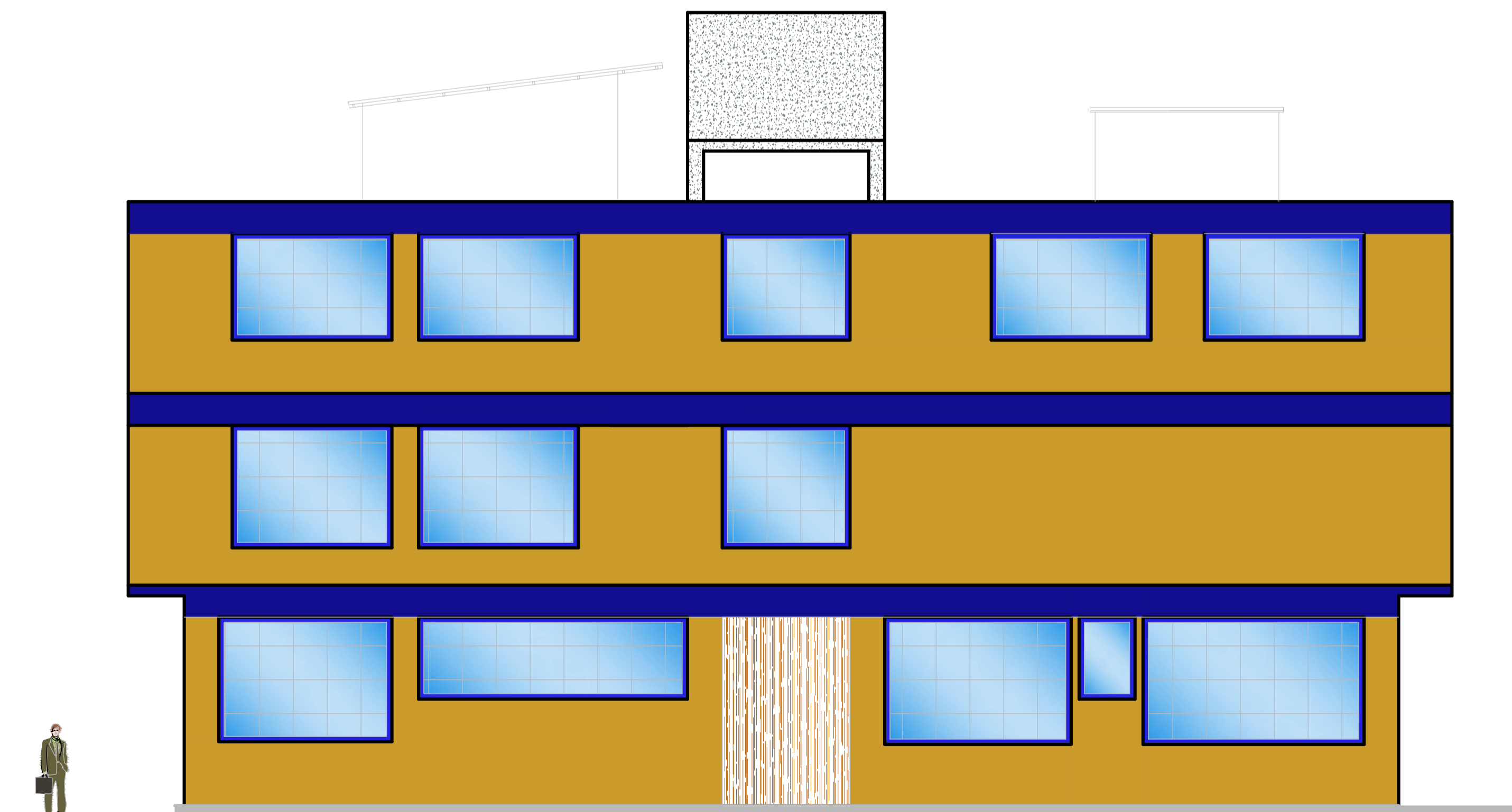
ELEVACION PATIO PRINCIPAL

ESC.: 1/75



ELEVACION JR. DEUSTUA

ESC.: 1/75



ELEVACION PASADIZO ENTRADA PRINCIPAL

ESC.: 1/75

	PROYECTO: "MEJORAMIENTO INTEGRAL DEL SERVICIO EDUCATIVO DE LA I.E.P. POLITECNICO REGIONAL DEL CENTRO, EL TAMBO-HUANCAYO"			CODIGO: ADMINISTRATIVO
	PLANO: ELEVACION ADMINISTRATIVO SITUACION CON PROYECTO		PROYECTISTA: CONSORCIO: AIVISAC ING. LUIS VILLANUEVA TORRES CIP. N° 71505	
	DIST. EL TAMBO PROV. HUANCAYO DEP. JUNIN	DIBUJO: M.A.C.B. ESCALA: INDICADA FECHA: NOVIEMBRE - 2009		